

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

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ДЕРКАЧ СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ**

УДК 579.64:631.86/87:631.95

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

03.00.07 – мікробіологія  
(сільськогосподарські науки)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук  
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.



С. М. Деркач

Науковий керівник – Волкогон Віталій Васильович, доктор с.-г. наук, професор,  
член-кореспондент НААН

Чернігів – 2019

## 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.

У дисертаційній роботі досліджено особливості сукцесій угруповань мікроорганізмів при компостуванні органічних субстратів на основі курячого посліду. Показано відмінності у розвитку мікроорганізмів різних еколого – трофічних груп у компостах в залежності від співвідношення C : N. Експериментальним шляхом обґрунтовано необхідність включення до курячого посліду соломи і торфу у певних співвідношеннях при компостуванні; при цьому, крім оптимізації вуглецево-азотного співвідношення, досягаються оптимальні показники консистенції та однорідності субстрату.

Для з'ясування особливостей сукцесії мікробіоти при компостуванні субстратів на основі курячого посліду в динаміці досліджено чисельність амоніфікувальних бактерій, мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту, мікроміцетів, азотфіксувальних та денітрифікувальних бактерій, мікроорганізмів, що гідролізують орґанофосфати та розчиняють мінеральні сполуки фосфору, целюлозолітичних бактерій, а також активність таких процесів, як емісія CO<sub>2</sub>, активність потенційної денітрифікації, зміни співвідношень C : N у субстраті.

Встановлено, що інтенсивніше мікробіологічні процеси протікають за оптимізації співвідношення C : N у субстраті, що забезпечує не лише достатню кількість необхідного джерела вуглецю для розвитку мікробіоти в компостованих

сумішах, а й іммобілізацію мінеральних сполук азоту, що сприяє покращенню характеристик отримуваних компостів.

Характер сукцесії мікроорганізмів у компостованих субстратах свідчить про поступове розкладання складних органічних сполук одними мікроорганізмами та створення джерел живлення для інших. Це дозволяє зробити висновок, що виділення і скринінг активних штамів агрономічно корисних бактерій та мікроміцетів для подальшого удосконалення технологій компостування доцільно проводити відповідно до етапів активного розвитку мікроорганізмів у компостованих сумішах: амоніфікувальних – протягом першого-другого місяців компостування, азотфіксувальних та целюлозолітичних – протягом 7-го, мікроміцетів – 4-го та 7-го місяців компостування. Відповідно, і сприятливі умови для інтродукції агрономічно цінних мікроорганізмів до компостованих сумішей будуть різними, залежно від функціональних особливостей мікроорганізму і поставленої мети. Так, оптимальними періодами для інтродукції амоніфікаторів є другий місяць компостування, азотфіксувальних мікроорганізмів – 6-й, целюлозолітичних – 1-й або 4 – 5-й, мікроміцетів – 1 – 2-й і 5 – 6-й місяці компостування. Інтродукція мікроорганізмів у ці періоди, дозволить збагатити компости корисною мікробіотою.

У ході досліджень виділено 150 ізолятів – представників роду *Trichoderma* Pers. Серед отриманих ізолятів за здатністю активно руйнувати целюлозовмісний субстрат (фільтрувальний папір та соломку) у порівнянні з відомим штамом *Trichoderma harzianum* Rifai 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 *T. harzianum* 128/1 і *T. harzianum* 128/2.

Асоціація грибів *T. harzianum* 128 здатна до активного синтезу низки целюлозолітичних ферментів. *T. harzianum* 128/1 і *T. harzianum* 128/2 проявляють меншу целюлозолітичну активність за окремого культивування, ніж в асоціації. Так, для асоціації *T. harzianum* 128 пік загальної целюлозолітичної активності

припадає на 10 добу і становить 0,330 IU/ml при культивуванні в середовищі з фільтрувальним папером та 0,313 IU/ml при культивуванні в середовищі з пшеничною соломою. Для *T. harzianum* 128/1 ці показники складають 0,281 та 0,232 IU/ml і для *T. harzianum* 128/2 0,190 та 0,164 IU/ml відповідно.

Проведені дослідження свідчать про відсутність фітотоксичності асоціації грибів *T. harzianum* 128. Більше того, встановлено здатність асоціації грибів *T. harzianum* 128 до синтезу позаклітинних фітогормонів.

Отримані результати свідчать про високу антагоністичну активність *T. harzianum* 128 до *Nigrospora oryzae* Berk. 3000, *Fusarium oxysporum* Schltdl. та до *Fusarium culmorum* Sacc. 50716.

Досліджувані штами мікроміцетів 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.

Для розробки технології компостування субстрату на основі курячого посліду за участі *T. harzianum* 128 проведено дослідження з оптимізації технологічних параметрів. З цією метою визначено оптимальну кількість всіх складових компосту для забезпечення максимальної інтенсифікації процесу компостування.

Чисельність мікроміцетів інтродукованої асоціації зростає у 76 разів при компостуванні, що свідчить про їх активний розвиток у компостованому субстраті. Максимальний розвиток інтродуцента спостерігається при внесенні асоціації *T. harzianum* 128 на 2-й місяць компостування і становить наприкінці компостування 9,7 млн. КУО/г сухого компосту. Зазначена особливість дозволяє розробляти технології керованого компостування органічної речовини за впливу селекціонованої активної целюлозолітичної асоціації мікроміцетів.

Встановлено здатність асоціації грибів *T. harzianum* 128 активно впливати на швидкість мінералізації органічних речовин, що входять до складу компосту.

Результати щомісячного визначення інтенсивності розкладання 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 рази) перевищує контрольні показники.

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

Встановлено, що експериментальні компости, одержані за участі асоціації *T. harzianum* 128, містять високі концентрації речовин рістстимулювальної дії. Оцінка експериментального компосту як потужного джерела фізіологічно активних речовин обумовлює особливі підходи до принципів його застосування у виробництві. Експериментально показано, що найдоцільнішим є застосування компосту локально (для зручності – у гранулах).

Ефективність експериментального добрива перевіряли протягом трьох років у польових дослідах з картоплею на базі Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, а також у дослідах, розміщених у 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 урожайності картоплі у середньому за три роки склав 31,6 % у порівнянні з контролем.

Вплив експериментального компосту на ріст і розвиток рослин картоплі проявлявся у збільшенні площі асиміляційної поверхні та вмісту хлорофілів у листках рослин. Так, за використання нового біодобрива збільшувався вміст суми хлорофілів *a* і *b* на 45%, площі асиміляційної поверхні на 39,3 % у порівнянні з контролем. Прискорений ріст і розвиток рослин картоплі можна пояснити дією рістстимуляторних 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. Інтенсифікується перебіг окремих біохімічних процесів. Так, зокрема, відмічено зниження концентрації нітратів в отриманій продукції, що може свідчити про активізацію діяльності азотасиміляторних ферментів рослин, унаслідок чого нітрати залучаються до метаболічних процесів.

Таким чином, у ході виконання дисертаційної роботи визначено особливості сукцесій угруповань мікроорганізмів при компостуванні курячого посліду. Селекціоновано активні целюлозоруйнівні мікроорганізми, досліджено активність їх целюлазного комплексу, інтенсивність продукування антибіотичних речовин та фітогормонів. Обґрунтовано можливість забезпечення керованого процесу компостування курячого посліду за дотримання термінів інтродукції до субстрату активних штамів целюлозолітичних мікроорганізмів. У ході досліджень розроблено ефективну технологію біокомпостування курячого посліду. Отриманий компост характеризується покращеними агрохімічними характеристиками, високим вмістом агрономічно цінних мікроорганізмів та фізіологічно активних речовин. Дослідження ефективності експериментального компосту свідчить про перспективи його використання у сільськогосподарському виробництві.

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

## 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 investigates the peculiarities of successions of microorganisms groups during composting of organic substrates based on chicken litter. It shows the differences in the development of microorganisms of different ecological trophic groups in compost according to the ratio of C: N. There was experimentally proved necessity of adding of straw and peat to chicken litter during composting, which also allows achieving optimal carbon-nitrogen ratio, as well as optimal consistency and homogeneity of the substrate.

In order to find out the features of microbiota succession during composting of substrates based on chicken litter, we investigated in dynamics the number of ammonifiers, microorganisms which mainly take up mineral forms of nitrogen, micromycetes, diazotrophs and denitrifiers, microorganisms which hydrolyze organophosphates and dissolve mineral compounds of phosphorus, cellulosolytic bacteria. Also we studied the activity of such processes as the CO<sub>2</sub> emission, the activity of potential denitrification, changes in the ratio C : N in substrate.

It has been determined that microbiological processes proceed more intensively with the optimization of C : N ratio in the substrate. It provides sufficient amount of necessary carbon source for the development of microbiota in composted mixtures, as well as immobilization of mineral nitrogen compounds, which improves the characteristics of the obtained compost.

The nature of the succession of microorganisms in composted substrates indicates the gradual decomposition of complex organic compounds by certain microorganisms and the creation of nutrient sources for another. This allows us to conclude that the selection and screening of active strains of agronomically useful bacteria and micromycetes for further improvement of composting technologies should be carried out in accordance with the stages of active development of microorganisms in composted mixtures: ammonifiers – during the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> months of composting, diazotrophs and cellulosolytic microorganisms - during the 7<sup>th</sup>, micromycetes – during the 4<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> months of composting. Accordingly, the favorable conditions for the introduction of agronomically valuable microorganisms to compost mixtures will be different, depending on the functional characteristics of the microorganism and the goal of the introduction. Thus, the optimal periods for the introduction are: the 2<sup>nd</sup> month of

composting for ammonifiers; the 6th month for diazotrophs; the 1<sup>st</sup> or 4<sup>th</sup> -5<sup>th</sup> for cellulolytic microorganisms; the 1<sup>st</sup> - 2<sup>nd</sup> and 5<sup>th</sup> - 6<sup>th</sup> months of composting for micromycetes. The introduction of microorganisms during these periods enables to enrich the compost with useful microbiota.

In the course of research, there were identified 150 isolates – representatives of the genus *Trichoderma* Pers.. Among obtained isolates, we selected 11, according to their ability to actively destroy the cellulosic substrate (filter paper and straw) in comparison with the known strain *Trichoderma harzianum* Rifai F-2455. Isolate *Trichoderma* sp. 128 has the highest activity among the investigated micromycetes. Further studies with mentioned isolate showed that it is an association of two strains of micromycetes identified as *T. harzianum* 128/1 i *T. harzianum* 128/2.

Fungi association *T. harzianum* 128 is capable for active synthesis of a number of cellulolytic enzymes. *T. harzianum* 128/1 and *T. harzianum* 128/2 show less cellulolytic activity while cultivated separately than in the association. Thus, for the association of *T. harzianum* 128, the peak of total cellulolytic activity occurs on the 10<sup>th</sup> day and amounts 0,330 IU/ml when cultivated in a medium with filter paper, and 0.313 IU / ml when cultivated in a medium with wheat straw. These measures are 0.281 and 0.232 IU/ml for *T. harzianum* 128/1 and 0.190 and 0.164 IU / ml for *T. harzianum* 128/2 correspondingly.

The conducted studies show absence of phytotoxicity in the association of fungi *T. harzianum* 128. Moreover, the ability of fungi association *T. harzianum* 128 to the synthesis of extracellular phytohormone was determined.

The obtained results indicate high antagonistic activity of *T. harzianum* 128 to *Nigrospora oryzae* Berk. 3000, *Fusarium oxysporum* Schltdl. and *Fusarium culmorum* Sacc. 50716.

Investigated strains of micromycetes belong to the group of avirulent microorganisms that are not capable for invasion to the internal organs of the studied homoiothermic animals ( $LD_{50}$  intraperitoneally  $\geq 1 \times 10^8$  CFU / mouse,  $LD_{50}$  per os  $> 1 \times 10^8$  CFU / mouse). According to the obtained results about the absence of virulence (without consideration of the levels of toxicity, toxigenicity, allergenicity, dysbiotic



effect), strains *T. harzianum* 128/1 та *T. harzianum* 128/2 can be considered as nonpathogenic.

In order to develop the composting technology of substrate based on chicken litter with the participation of *T. harzianum* 128 we have conducted the study of optimization of technological parameters. For this purpose, the optimal number of all components of the compost has been determined to ensure the maximum intensification of the composting process.

The number of micromycetes of the introduced association increases by 76 times during composting, which indicates their active development in the composted substrate. The maximum development of the introduced species is observed with the introduction of *T. harzianum* 128 on the 2<sup>nd</sup> month of composting and amounts to 9.7 million CFU / g of dry compost at the end of the composting. This feature makes it possible to develop the technologies of controlled composting of organic matter under the influence of selected active cellulolytic micromycetes association.

There had been identified the ability of the fungi association *T. harzianum* 128 to influence the speed of the mineralization of organic compounds of the compost. The results of the monthly evaluation of the intensity of straw decomposition in the composted substrate show that, starting from the third month of composting (when the introduced microorganisms develop rapidly), in the substrate composted with the association *T. harzianum* 128 the straw decomposition intensity significantly exceeds (in 1.8 - 2.5 times) the benchmarks.

The introduction of the association *T. harzianum* 128 to the composted substrate encourages the accumulation of carbon and nitrogen in the compost, which increases its value.

It had been determined that the experimental composts obtained with the usage of association of *T. harzianum* 128 contain high concentrations of growth-stimulating substances. The evaluation of experimental compost as a intense source of physiologically active substances causes special approaches to the principles of its application in production. It has been experimentally shown that the most rational is local usage of compost (for convenience, in granule form).

The efficiency of experimental fertilizers has been checked during three years in field experiments with potatoes on the basis of the Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Production of the NAAS, as well as in experiments conducted at LLC “Agrofirma KOLOS” (Kyiv region, Skvirskyi district). The obtained results demonstrate the highest growth of potato yield with the application of compost obtained under the influence of *T. harzianum* 128. Thus, the average growth of potato yields over three years amounts 31.6% in comparison with control.

The effect of the experimental compost on the growth and development of potato plants appeared in the increase of the assimilative surface area and the content of chlorophylls in the leaves of plants. Thus, with the usage of new biofertilizer, we observed 45% increase in the content of chlorophylls *a* and *b*, and 39.3% increase of the assimilative surface area in comparison with the control. Accelerated growth and development of potato plants can be explained by the action of growth-stimulating substances accumulated in the compost.

The usage of compost obtained under the influence of *T. harzianum* 128 in potato growing technology improves the quality of product, in particular, increases the content of starch and ascorbic acid in potato tubers. The course of certain biochemical processes is intensified. Thus, in particular, there has been noted a decrease in the concentration of nitrates in the obtained product, which may indicate the activation of nitrogen assimilating enzymes of the plants. It results the involvement of nitrates into the metabolic processes.

Therefore, in the course of the thesis carrying-out, the characteristics of the successions of groups of microorganisms during in the composting of chicken litter had been determined. We have selected active cellulolytic microorganisms, investigated the activity of their cellulasic complex, the intensity of production of antibiotic substances and phytohormones. There has been proved the possibility of controlled process of chicken litter composting in case of following the terms of introduction of active strains of cellulolytic microorganisms into the substrate. In the course of research the effective technology of biocomposting of chicken litter has been developed. The resulting compost is characterized by improved agrochemical characteristics, high

content of agronomically valuable microorganisms and physiologically active substances. The study of the effectiveness of experimental compost proves the prospects of its usage in agricultural production

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

## 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 дослід 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 курячого 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 дослід 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 C12N1/14, C12R1/885, C05F17/00, **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 C05F15/00, C05F11/02, C05F11/08, C05F 17/00, C12R 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 курячого 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 курячого 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 IV 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 X 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.

## ЗМІСТ

|   |     |
|---|-----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ, СКОРОЧЕНЬ.....  | 17  |
| ВСТУП.....  | 18  |
| РОЗДІЛ 1 КОМПОСТИ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ.....  | 25  |
| 1.1 Технології компостування органічної речовини .....  | 27  |
| 1.2 Мікробіологічні аспекти технологій компостування органічної речовини .....  | 41  |
| РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....  | 52  |
| 2.1 Методи дослідження.....   | 52  |
| 2.2 Умови проведення модельних, польових і виробничих дослідів.....   | 62  |
| РОЗДІЛ 3 ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ МІКРООРГАНІЗМІВ ПРИ КОМПОСТУВАННІ СУБСТРАТІВ НА ОСНОВІ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ .....                        | 66  |
| 3.1 Оптимізація органічних субстратів на основі пташиного посліду за співвідношенням С/Н .....                                      | 66  |
| 3.2 Сукцесії мікроорганізмів при компостуванні субстратів на основі курячого посліду .....  | 69  |
| РОЗДІЛ 4 СЕЛЕКЦІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ, ЗДАТНИХ ДО АКТИВНОЇ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ І РОЗВИТКУ В КОМПОСТОВАНИХ СУБСТРАТАХ..... | 79  |
| РОЗДІЛ 5 ТЕХНОЛОГІЯ БІОКОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ НА ОСНОВІ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ.....   | 105 |
| РОЗДІЛ 6 ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО БІООРГАНІЧНОГО ДОБРИВА ПРИ ВИРОЩУВАННІ КАРТОПЛІ.....                                       | 117 |

|  |     |
|--|-----|
| РОЗДІЛ 7 ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ<br>ЗАСТОСУВАННЯ ОТРИМАНОГО БІООРГАНІЧНОГО ДОБРИВА ПРИ<br>ВИРОЩУВАННІ КАРТОПЛІ ..... | 123 |
| РОЗДІЛ 8 ОБГОВОРЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....  | 142 |
| ВИСНОВКИ.....  | 153 |
| ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....  | 155 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....  | 156 |
| ДОДАТКИ.....   | 193 |



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ, СКОРОЧЕНЬ

KP – культуральна рідина

CO<sub>2</sub> – вуглекислий газ

ВРХ– велика рогата худоба

HP<sub>05</sub>– найменша істотна різниця

МПА– м'ясо пептонний агар

КАА – крохмале-аміачний агар

СА – сусло- агар

НРК – діюча речовина азот-фосфор-калій

КУО – колонієутворююча одиниця

ЄМ мікроорганізми – ефективні мікроорганізми (Effective Microorganisms)

IAA – Indole-3-aceticacid, Індол-3-оцтова кислота (ІОК)

ICal – Indole-3-carboxaldehyde, Індол-3-карбоксальдегід

IC – Indole-3-carbinol, Індол-3-карбінол

ICA – Indole-3-carboxylicacid, Індол-3-карбоксилова кислота

IAA-hydr. – Indole-3-aceticacidhydrazide, Індол-3-оцтової кислоти гідрозид

IBut –Indole-3-butyricacid, Індол-3-масляна кислота

АВА, АБК – abscisicacid; абсцизова кислота

Z – Zeatin – зеатин

ZR – trans-Zeatin-ribose, зеатинрибозид

Kin – Kinetin, кінетин

IPA –N<sup>6</sup>-(2-Isopentenyl) adenine, ізопентеніл-аденін

IPAr – N<sup>6</sup>-(2-Isopentenyl) adenosine, ізопентеніл-аденозин

ГК<sub>3</sub>, ГК<sub>4</sub> та ГК<sub>7</sub> – гіберелові кислоти

од./мл( за 60 хв) – екзоглюканазна активність

од./мл( за 30 хв) – ендоглюканазна та β-глюкозидазна активність

## ВСТУП

За останнє десятиліття птахівництво в Україні набуло бурхливого розвитку. Про це свідчать дані Державної Служби Статистики України. Так, поголів'я птиці з 123,3 млн. у 1998р. зросло до 202,5 млн. у 2017 р., що складає 76,5%. Такий активний розвиток птахівництва вплинув на значне накопичення відходів виробництва, зокрема посліду – на рівні 1,5 млн. тон на рік [1].

Послід є цінною сировиною, тож частина його використовується для виготовлення добрив. Проте застосування свіжого пташиного посліду пригнічує розвиток культурних рослин унаслідок вмісту в ньому низки токсичних органічних сполук. Тож позитивна дія посліду проявляється лише після того, як у ґрунті пройдуть процеси мінералізації органічної речовини. У зв'язку з цим більшість підприємств накопичують відходи у кар'єрах або в буртах. Це спричиняє розвиток патогенної мікробіоти в субстраті (збудники сальмонельозу, колі-бактеріозу, туберкульозу та ін.), що з точки зору як ветеринарії, так і гуманної медицини та гігієни є неприпустимим. За такого нераціонального використання відбуваються значні втрати азоту в посліді та утворення аміаку, який забруднює довкілля, а розчинюючись у воді, потрапляє у ґрунт, тим самим порушуючи рівновагу в екосистемах [2 – 6].

Отже, накопичення відходів птахівництва є нагальною проблемою практично для всіх регіонів України, ігнорування якої в найближчий час може призвести до екологічної катастрофи. Вирішити її можна шляхом розробки і впровадження технологій компостування пташиного посліду [7, 8].

Існує низка технологій переробки пташиного посліду, що відрізняються за характером ферментації органічної речовини, використанням додаткових компонентів, тривалістю технологічних процесів, якістю вихідної продукції [2].

Найпростішим шляхом переробки пташиного посліду та виготовлення біоорганічного добрива з нього є спонтанна ферментація в буртах на відкритих або критих майданчиках. Іншим напрямом є контрольована ферментація в

закритих камерах, з використанням керованих каналів, або напівзакритих камер. Для недопущення анаеробних процесів у буртах, компостування інколи супроводжують продуванням субстрату повітрям. Використання механізації дозволяє зробити процес безперервним, але він є енергоємним та неекономічним [2, 3]. До того ж, за інтенсивного продування субстрату повітрям у ньому зростає температура до 80°-90°C, що практично пастеризує компост. З точки зору знешкодження патогенних організмів, це є позитивним моментом технології, однак при цьому знищується також і корисна мікробіота. Таким чином, отримуваний компост втрачає якості збагаченого мікроорганізмами добрива і задовольняє лише агрохімічні вимоги.

Науковці ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» НААН для птахофабрик рекомендують спосіб переробки посліду шляхом термічного сушіння до вологості 15 – 20 %. На думку авторів, такий спосіб забезпечує підвищення меліоративних та удобрювальних якостей посліду і його знезараження [9]. Також розроблено технології компостування, які передбачають ферментацію органічної речовини шляхом розігріву субстрату до 50 – 80°C з наступним його змішуванням з бактеріальною культурою [10 – 13]. Проте зазначені підходи не дозволяють отримати біоорганічне добриво високої якості, оскільки застосування бактеріальної культури зводиться до її механічного внесення після завершення процесу компостування без вивчення особливостей приживаності мікроорганізмів у субстраті. У деяких випадках як бактеріальні культури використовують біопрепарати серії ЄМ-технологій – Байкал та Таймир, проте невизначеність їх складу робить процес компостування некерованим і не дозволяє у повній мірі збагатити компост агрономічно-цінними мікроорганізмами [14, 15].

Якість та безпека кінцевого продукту в більшості випадків визначає домінуюча мікробіота. На жаль, жодна з існуючих сьогодні технологій практично не враховує особливостей мікробіологічних процесів, які проходять протягом періоду компостування посліду. Тому, на наш погляд, вирішення проблеми утилізації посліду можливе шляхом контролювання стану мікробіоти посліду під

час біоферментації. Перспективним може бути покращення продукту за інтродукції до субстрату мікроорганізмів, здатних прискорити процес компостування, а також представників мікробіоти, які є корисними для розвитку рослин. Такий спосіб може дозволити 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» 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 2013 – 2015 рр. (ДР № 113U001089) та 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).

**Методи дослідження:** Метод індукції – використовували для визначення кращих варіантів досліду; метод синтезу – узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків; експерименту – дослідження об'єкту і процесів, що відбуваються в ньому; польового досліду – визначення оптимальних доз біоорганічного добрива; лабораторні досліді (мікробіологічні – визначення чисельності представників окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів; хроматографічні – визначення емісії  $N_2O$  і  $CO_2$ , визначення вмісту позаклітинних фітогормонів); спектрофотометричний – визначення вмісту хлорофілів у рослинах; хімічні – для визначення вмісту аскорбінової кислоти, нітратів, вуглецю та азоту; біохімічні (активність екзоглюконази, ендоглюконази,  $\beta$ -глюкозидази); методи світлової мікроскопії; математичної статистики – для аналізу і оцінки достовірності отриманих результатів.

**Об'єкт дослідження** – процеси біологічної ферментації органічної речовини.

**Предмет дослідження** – спрямованість мікробіологічних процесів при ферментації пташиного посліду.

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

**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, 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. в. н. Н.О. Кравченко за допомогу у визначенні вірулентності споро-міцеліальних сумішей грибів, к.б.н. Н.О. Леоновій за допомогу у визначенні активності продукування

мікроорганізмами позаклітинних фітогормонів, к. е. н. Ю.М. Халепу за надані консультації при розрахунках економічної та біоенергетичної ефективності застосування отриманих біодобрих у технології вирощування картоплі.

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертації були представлені на IX науковій конференції молодих вчених "Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві" (м. Чернігів, 2013 р.); X Міжнародній науковій конференції студентів і аспірантів "Молодь і поступ біології" (м. Львів, 2014 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених "Перспективні напрями розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва" (м. Тернопіль, 2014 р.); X 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); XI 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 (сільськогосподарські і біологічні науки)" (с. Крути, 2016 р.); міжнародній конференції, присвяченої 150 річчю від дня народження видатного вченого агробіолога, одного із дієвих організаторів академічної науки в Україні – професора С.Л. Франкфурта (м. Київ, 2016 р.); XV з'їзді товариства мікробіологів України ім. С.М. Виноградського (м. Одеса, 2017 р.); XII науковій конференції молодих вчених "Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві" (м. Чернігів, 2017 р.); XIV международной научно – практической конференции daRostim "Биологически активные препараты для растениеводства" (г. Минск, 2018 г.); XI з'їзді ґрунтознавців та агрохіміків України (м. Харків, 2018 р.); на звітних сесіях Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (2013 – 2015 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.



## РОЗДІЛ 1

### КОМПОСТИ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Широке застосування добрив і пестицидів в аграрному виробництві забезпечило значне підвищення урожайності сільськогосподарських культур як у нашій країні, так і за кордоном. Унаслідок застосування агрохімікатів рівень урожайності зернових колосових культур у країнах Західної Європи досяг 5 – 6 т/га. У той же час виявилося, що надмірне застосування добрив та незбалансоване живлення рослин знижує якість рослинницької продукції, а неправильне зберігання та використання хімічних речовин може призвести до забруднення довкілля. У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку альтернативних засобів забезпечення культурних рослин елементами живлення та підвищення урожайності завдяки наявним ресурсам [16 – 22].

Сучасному землеробству пропонується нова, альтернативна система удобрення сільськогосподарських культур, зокрема біологічна [23 – 25]. Застосування цієї системи передбачає обмеження використання хімічних засобів і збільшення частки органічних добрив, мікробних препаратів, збільшення площ посівів бобових культур та залучення до сівозмін сидеральних культур [26, 27].

Особливої уваги заслуговує такий вид добрив як компости. Виробництво компостів є ключовим питанням для сталого розвитку сільського господарства та управління ресурсами [28, 29]. При компостуванні в органічній масі підвищується відносний вміст доступних для рослин елементів живлення (азоту, фосфору, калію та ін.), знищується патогенна мікрофлора та яйця гельмінтів, зменшується кількість целюлози та пектинових речовин, добрива стають сипучими, що полегшує їх внесення у ґрунт [18, 29 – 36].

Позитивний вплив компостів проявляється насамперед у тому, що вони сприяють накопиченню в ґрунті гумусу. Крім того, за тривалого, системного використання компостів покращуються фізико-хімічні властивості ґрунтів: збільшуються запаси поживних речовин, знижується кислотність, покращується агрегатний склад [37 – 43].

Слід особливо підкреслити, що з компостами вноситься величезна кількість корисних мікроорганізмів [44 – 53]. Як відомо, саме мікроорганізми відіграють важливу роль в основних ґрунтових процесах, що визначають умови кореневого живлення рослин. Інтенсивність і спрямованість мікробіологічних процесів сприяють кращому використанню рослинами мінеральних і органічних речовин. Не меншу роль мікробіота відіграє і як продуцент фізіологічно активних речовин (фітогормонів, антибіотичних речовин та ін.) [54 – 57].

Компости використовують практично під всі культури. Вносять їх шляхом розкидання по свіжозораному полю, (наприклад, перед садінням картоплі), під зяблеву оранку, в лунки при садінні розсади. За удобрювальними властивостями компости не поступаються гною, а деякі з них (наприклад, торфогнойові з фосфоритним борошном) переважають [58 – 63].

При визначенні місця внесення компосту в сівозміні необхідно враховувати біологічні особливості і економічне значення кожної культури. Органічні добрива дуже цінні для культур, чутливих до високої концентрації солей у ґрунтовому розчині, особливо на початку їх росту і розвитку, і відрізняються подовженим вегетаційним періодом, а також для рослин, чутливих до живлення вуглекислотою. Наприклад, торфо-гноївкові компости цінні для всіх сільськогосподарських культур, особливо для овочевих, картоплі, кукурудзи. Вносять їх як під оранку (15–25 т/га), так і під культивуацію (10–15 т/га) або ж у лунки (5 т/га) при садінні картоплі, капусти та інших культур [64 – 68].

Типовим прикладом успішного і перспективного для сільськогосподарського використання є такий продукт компостування органічної речовини як біогумус, який отримується за переробки органічної речовини (відходів сільськогосподарського виробництва) червоним каліфорнійським гібридом дощового черв'яка *Eisenia foetida* Savigny. Біогумус характеризується високими агрохімічними показниками, вмістом агрономічно цінних мікроорганізмів та фізіологічною (щодо рослин) активністю [69 – 76].

Норми внесення біогумусу залежать від поставленої мети. Під овочеві культури в захищеному ґрунті вносять 3 – 3,5 т/га відсіяного чистого біогумусу і

4,5 т/га вихідного вермикомпосту. Оскільки біогумус є натуральним гранульованим добривом (при дотриманні відповідної вологості) з доброю сипучістю, його зручно використовувати для локального внесення за допомогою сівалки. При цьому норма внесення скорочується до 200 – 300 кг/га, що є рекордно економним для органічного добрива. За рекультивації ґрунтів вносять 3 т/га біогумусу один раз в 4 роки [18, 70 – 71, 75, 76].

Згідно досвіду низки країн виробництво біогумусу якщо і не приносить великого прибутку, то все ж є доволі рентабельним. В Європі останнім часом, у зв'язку з тим що населення стає все більш вимогливим до якості продуктів харчування, підвищеною популярністю користується продукція, отримана без застосування мінеральних добрив та будь-яких інших хімічних засобів. У результаті, у багатьох країнах, зокрема таких як Іспанія та Італія, росте кількість так званих біологічних господарств, що широко застосовують вермикультивування [73 – 76].

Таким чином, використання компостів сприяє вирішенню низки важливих сільськогосподарських завдань, пов'язаних з утилізацією відходів сільського господарства та інших органічних відходів, з отриманням додаткових органічних добрив і покращенням їх якості. Це значно підсилює супутній екологічний ефект, попереджує негативні для довкілля наслідки сільськогосподарського та промислового виробництва, дозволяє економити на добуванні нової сировини шляхом утилізації відходів [77 – 86].

### **1.1. Технології компостування органічної речовини**

Компостування – це один із найважливіших прийомів отримання місцевих добрив. Воно необхідне для зберігання (зменшення втрат) поживних речовин в одних добривах при їх мінералізації (гній, гноївка тощо) і посилення доступності для рослин елементів живлення в складніших (торф, солома або інший інертний органічний матеріал) [87].

Усі матеріали органічної природи можна компостувати. Проте не всі з цих матеріалів використовуються. За оцінкою А. Баркера на нашій планеті кожен рік накопичується 827 млн. тон матеріалів, придатних до компостування, в

основному за рахунок сільського господарства, міських відходів та промисловості. Проте для компостування використовується лише 140 млн. тон речовини, тобто 17% [88].

Більшість сільськогосподарських та побутових відходів придатні для компостування [89– 93]. Для компостування можна використовувати різні відходи діяльності людини:

- дерев'яні обрізки, гілки, які потрібно додатково подрібнити, тріски, кора, обпилювання, стружка, плодові вичавки, попіл від спалювання дерев'яних гілок тощо [94, 95].
- харчові й овочеві відходи, кавові й чайні рештки, газетний папір, картон, паперові рушники, молочні продукти, осад стічних вод, мул тощо [87– 95].
- відходи сільського господарства (гідролізований лігнін, відходи виробництва пальмової олії, відходи цукрового та бавовняного виробництв, скошена трава, листя, бур'яни, зіпсований корм, картопляне та інше бадилля, стрижні кукурудзи, солома, гній ВРХ, послід птахів, гній свиней, гній овець, сапропель, тощо) [96 – 112].

Для компостування не варто використовувати батарейки, акумулятори, вугільний попіл, вироби з пластику, металу, скла, кераміки, будівельне сміття, тютюнові недопалки та інші матеріали, що не розкладаються [113 – 120].

Сьогодні існує низка технологій компостування органічної речовини. Всі вони мають як подібні, так і відмінні риси. Технології компостування прямо залежать від того, які матеріали використовуються для здійснення даного процесу.

Частіше за все компост складається з двох головних компонентів, неоднакових за резистентністю до розкладання організмами [59, 121 – 126]. Один із них (торф, дернова земля, солома, хвоя, листя, відходи фастфуду, тощо) відіграє в основному роль наповнювача (поглинача вологи і аміаку і без компостування слабо розкладається) та додаткового джерела вуглецю; інший, багатий на мікробіоту, містить достатню кількість здатних до розкладання азотистих

органічних сполук (фекалії, гноївка, послід птахів тощо) [127 – 137]. У таких компостах переважає перший компонент (торф, солома, листя, тощо). Другого беруть менше (інколи 10 – 15% загальної маси компосту) і лише для того, щоб викликати «спалах» мікробіологічних процесів розкладання органічних речовин [138 – 142]. При цьому оптимізація відношення вуглецю до азоту має принципове значення. Для оптимального перебігу мікробіологічних процесів при компостуванні відношення вуглецю до азоту має становити 20 :1 – 30:1 [143 – 147]. Такий вид компостування забезпечує отримання великої кількості високоякісних органічних добрив за рахунок менш цінних і більш інертних матеріалів, які самі по собі представляють невисоку удобрювальну цінність.

Під час утримання тварин на фермах часто використовується підстилка. Вона не тільки створює м'яке і тепле лігво для тварин, а й є органічним субстратом, який покращує якість гною або посліду за рахунок збалансування співвідношення вуглецю до азоту, що в майбутньому позитивно впливатиме на процеси компостування отриманих субстратів. Для підстилки найчастіше використовується солома. Окрім поглинальної здатності солома містить органогенні елементи. Наприклад, солома озимої пшениці містить 0,5 % азоту, 0,2 % фосфору ( $P_2O_5$ ), 0,9 % калію ( $K_2O$ ), 0,28 % кальцію ( $CaO$ ) [148 – 159].

Не менше значення має підстилка з торфу. Вбирна здатність соломи озимої пшениці і жита нижча, ніж торфу. Так, 100 частин сухої солом'яної підстилки можуть увібрати 200 – 300 частин води, а 1 кг соломи зв'язує 8 – 10 г аміаку, тоді як 100 частин підстилки низинного торфу вбирають 500 – 700, а верхового торфу – 1000 – 1500 частин води, 1 кг торфу вбирає більше 40 г аміаку [160– 166].

Торфо-гнійні компости – найбільш поширений вид компостів. Приготування їх є одним із найважливіших прийомів збільшення отримання високоякісного органічного добрива. Під впливом гною азот торфу швидко стає більш рухомим і, як наслідок, доступним для рослин. Для компостування торфу з гноєм співвідношення гною і торфу взимку складає 1:1, а влітку 1:3. Для цих компонентів використовується пошарове компостування, або осередкове. При пошаровому компостуванні торф і гній укладають штабелями по 4–5 м. Шар

торфу сягає 50 см. Висота штабеля складає 1,5–2,0 м. Верхній шар повинен бути із торфу. При осередковому компостуванні гній укладають у вигляді суцільного чи переривчатого осередку всередині штабеля торфу. Більш якісні торфо-гнійні компости отримують при додаванні до них при укладці штабеля фосфоритного борошна (15–30 кг на 1 т компосту) [167, 168].

Способи підготовки гною та інших органічних відходів були розроблені ще на початку ХХ століття. Найбільш поширеним є компостування в купах та буртах, яке відноситься до відкритих систем і виникло як результат простого накопичення і природного зберігання гною. Способи накопичення і зберігання гною в купах поділяються на три різновидності: звичайне накопичення; підготовка “холодного” ущільненого гною; підготовка “гарячого” гною за методом Кранца. Ці способи досліджувались в експериментально-виробничих умовах у науково-дослідному інституті органічних добрив Ф.Т. Перетуріним та І.О. Мамченковим у 30-х роках минулого століття [169, 170].

Компостування шляхом поступового накопичення в купах ще й сьогодні базуються на будь-якому довільному складанні гною в купи і є низько технологічним, обумовленим великими втратами азоту, а також забрудненням довкілля. Спосіб холодного зберігання гною полягає у тому, що гній укладається в купу висотою до 1 м, шириною не менше 1-1,5 м і водночас ущільнюється, на перший шар укладається другий також висотою в 1 м і знову ущільнюється. Всього накопичується 3 – 4 шари. За такої технології розпад гною відбувається повільно, оскільки доступ повітря в середину купи обмежений або відсутній, температура не перевищує 25 – 30°C, а наприкінці зберігання еквівалентна температурі навколишнього середовища. Ці два способи слід віднести до анаеробного компостування. Готування “гарячого” гною за методом Кранца відрізняється тим, що гній пухко укладається в купу висотою 0,8-1,0 м і шириною не менше 1,5 м. На другу-третю добу температура в середині маси гною підвищується до 60-65°C. Після цього маса ущільнюється, а поверх неї формується другий пухкий шар. Температура знову підвищується за 2-3 доби до 60-65°C. Після цього останній шар знову ущільнюється, на нього таким чином

укладається третій, четвертий, і так до шести і більше шарів. Після ущільнення шарів температура в купях починає спадати, знижуючись до 20-30°C протягом 3-4 місяців до кінця зберігання. В той же час, температура всередині купи деякий час може утримуватись на рівні 60-65°C. Більшість бактерій, що розкладають гній, гинуть, і подальша мінералізація субстрату після ущільнення уповільнюється. Компостування в буртах було і залишається найбільш поширеним завдяки своїй відносній простоті і можливості використання у різних природно – кліматичних зонах [59, 169, 170].

Деякі пошукові роботи були спрямовані на розробку різноманітних способів прискорення процесу компостування. Так, наприклад, спосіб розроблений Беккері, на першій стадії передбачав анаеробний процес ферментації, а потім аеробну обробку. Для цього в закритій ємності періодично відкривались вентиляційні люки для надходження повітря. Але за таких умов аеробний процес протікав лише в поверхневих шарах на глибині 2,5-5,0 см. Контейнер Беккері мав люк зверху для завантаження маси і отвір збоку для вивантаження. Пізніше цей процес було модифіковано, щоб забезпечити циркуляцію газів та рециркуляцію утвореної стічної рідини. Аналогічні системи використовувалися для компостування твердих побутових відходів з природною аерацією в заглиблених штабелях. В основі штабеля створювали горизонтальні дренажно–вентиляційні канали на відстані 2,0-2,5 м один від одного. В кінці кожного з каналів влаштовувались вертикальні стояки діаметром 150-200 мм з висотою на 1,5 м вище штабеля. Під час біотермічного процесу тепле повітря по каналах через стояк виходило в атмосферу. Швидкість проникнення свіжого повітря в штабель складала 0,3 мм/с, а швидкість руху через стояк – від 1,0 до 2,0 м/с. Дослідження дозволили з'ясувати, що впродовж доби відбувається восьмикратний повітрообмін, який підтримує нормальний біотермічний процес [170 – 172].

При компостуванні гною з мінеральними добривами нагромаджуються значна кількість водорозчинних не лише мінеральних, але і органічних речовин, які доступні безпосередньо рослинам, чи дуже легко, за дії ґрунтової мікробіоти,

можуть бути трансформовані в доступні для рослин форми. За даними І.П. Сомова та А.Є. Фоміна, вміст водорозчинних фосфатів у компостній масі із свіжого кінського гною після 70 днів зберігання склав 1619 мг на 1 кг сухої речовини, з них органічного фосфору – 1288 мг; при компостуванні гною з суперфосфатом вміст водорозчинного фосфору збільшився до 2762 мг, у тому числі органічного фосфору до 2697 мг на 1 кг сухої речовини; при компостуванні гною з фосфором і азотом ці величини склали відповідно 6913 і 7000 мг [58, 59].

Доза внесення фосфоритного борошна для компостування визначається залежно від якості гною та вмісту  $P_2O_5$  у фосфоритному борошні. Важливо, щоб у гектарній нормі готового компосту містилося 30 – 90 кг  $P_2O_5$ . Але значна частина фосфору фосфоритного борошна залишається нерозчинною і не може бути використана рослинами. Тому технології компостування гною з фосфоритним борошном повинні вдосконалюватися [58, 59].

У 1936 – 1937 рр. в Українському науково-дослідному інституті соціалістичного землеробства А.І. Душечкіним були проведені дослідження, якими встановлено, що компостування гною з суперфосфатом зводить втрати азоту майже повністю, а кількість аміачного азоту збільшується майже в 2 рази. Компостування гною з фосфоритним борошном та суперфосфатом дає можливість зменшити втрати азоту не тільки під час зберігання, але і при вивозі і розкиданні в полі. До того ж, при цьому значно розширюються масштаби і райони використання фосфоритного борошна, яке в такому вигляді можна використовувати на всіх ґрунтах [58].

Важливе значення має також компостування деяких органічних матеріалів з мінеральним вапном. Використовують його для збагачення компостів дефіцитними поживними елементами живлення рослин і для нейтралізації надмірної кислотності, яка може пригнічувати розвиток мікроорганізмів. До таких компостів належать гнійно-фосфоритні, торфофосфоритні, торфо-вапняні, торфо-зольні, збагачені торф'яні компости та ін. [58, 59, 173].

У зв'язку з бурхливим розвитком птахівництва в Україні (накопичення 1,5 млн. тон посліду на рік ) доцільно використовувати для компостування послід



птахів, особливо це стосується курячого посліду [1]. Як і гній, послід містить всі основні поживні речовини, необхідні рослинам, але в значно більших кількостях. Вміст поживних речовин у посліді сильно варіює в залежності від складу кормів, якими годують птахів. Чим більше концентрованих кормів у раціоні птахів, тим більше в посліді азоту і фосфору, і менше води. В посліді гусей та качок, що живляться в основному травою, міститься менше поживних речовин і більше води, ніж у посліді курей, які споживають більше зерна. Протягом року від кожної курки накопичується 6 – 7 кг посліду, качки – 7 – 9 і гуся – 10 – 12 кг. Всі поживні речовини в пташиному посліді містяться в придатних для засвоєння рослинами сполуках. Основна частина азоту в ньому представлена у вигляді сечової кислоти, яка при зберіганні перетворюється спочатку в сечовину, а потім у вуглекислий амоній. Останній за несприятливих умов розкладається на аміак, вуглекислий газ і воду, що призводить до втрат азоту і це обов'язково треба враховувати при виробництві компостів, додаючи необхідну кількість торфу та соломи, тирси або інших органічних матеріалів рослинного походження для врівноваження співвідношення C:N (20:1) та з метою використання поглинальної здатності додаткових матеріалів, які вбирають вологу та газ. При зберіганні у великих купах пташиний послід швидко розігрівается і азот швидше втрачається. Багато азоту втрачається також при періодичному промерзанні і відтаванні посліду, який зберігається у невеликих купах [59, 174 – 187].

Сьогодні існує низка технологій переробки пташиного посліду, що відрізняються за характером ферментації органічної речовини, використанням додаткових компонентів, тривалістю технологічних процесів, якістю вихідної продукції. Оскільки курячий послід має вузьке співвідношення C:N (9:1), при виготовленні компостів передбачається оптимізація співвідношення вуглецю до азоту, як 20:1. З метою корегування в субстраті співвідношення C:N до посліду додають органічний матеріал (солому і/або торф, тирсу, тощо) у розрахункових кількостях [2, 4, 5, 8 – 13, 19, 35, 36, 107, 109, 110, 129, 131, 138, 139, 145, 152, 153, 155, 170, 184, 186, 187].

Перспективним матеріалом для компостування є сміття та фекалії, що в значних кількостях накопичуються, особливо у великих містах. До сміття належать різні кухонні відходи, помий, папір, зола, тощо. За складом поживних речовин і удобрювальними якостями сміття наближається до гною. Але швидкість його розкладення залежить від співвідношення компонентів, що входять до його складу. Так, сміття з великою кількістю кухонних відходів і пилу розкладається швидше. Його можна використовувати як добриво безпосередньо, без компостування. Сміття, в якому багато паперу, ганчірок, стружки, розкладається повільно і його попередньо потрібно компостувати. Міське сміття у вигляді основного добрива вносять у ґрунт завчасно (наприклад, під ярові з осені під зяб). Особливо це необхідно, коли застосовують некомпостоване сміття на важких ґрунтах. Дози некомпостованого сміття під різні культури такі ж, як і гною (20 – 60 т на 1 га). Після компостування дози сміття зменшують до 15 – 20 т на 1 га. [188 – 194].

Щодо фекалій, то в масі вигрібних ям у середньому міститься 0,5 – 0,8% азоту, 0,2 – 0,4% фосфору ( $P_2O_5$ ) і 0,2 – 0,3% калію ( $K_2O$ ). Фекалії належать до швидкодіючих органічних добрив. Азот в них на 70 – 80% представлений аміаком і сечовиною. Частіше за все фекалії перетворюють у добрива двома протилежними способами - висушуванням чи розбавленням водою. В країнах Сходу і Західної Європи дуже часто їх піддають висушуванню, перетворюючи в порошок, тим самим позбавляючись від маси води і роблячи це добриво більш транспортабельним. Таке добриво отримало назву пудрети. На сучасних земельних ділянках фекалії, як правило, видаляють по каналізаційній системі у вигляді побутових стічних вод. Використання їх на зрошенні – один із найефективніших способів використання фекалій як добрива. Завдяки цьому рослина одночасно може бути забезпечена водою і всіма поживними елементами. В одному кубічному метрі стічних вод міститься 60 – 100 г азоту (N), 10 – 20 г фосфору ( $P_2O$ ), 20 – 40 г калію ( $K_2O$ ), 60 – 110 г кальцію ( $CaO$ ), 25 – 50 г магнію ( $MgO$ ) і 60 – 70 г хлору (Cl) [194].

Як видно з наведених даних, у фекаліях міститься відносно багато азоту. Ось чому вони добре діють на силосні культури, коноплю та інші рослини, що відрізняються підвищеною потребою в азоті. Разом з тим, у фекаліях міститься значна кількість хлору, і тому вони малопридатні для удобрення табаку, картоплі, ягідників, які негативно реагують на вміст хлору в поживному середовищі [195].

Взагалі як з санітарної, так і з агрономічної точки зору, краще фекалії застосовувати у вигляді компостів, що запобігає втратам азоту, і крім того, за час компостування відбувається знезараження субстрату. Фекальні маси – чудовий компонент для компостування з торфом, соломою, тирсою та іншими органічними матеріалами, що погано розкладаються. Таке компостування дозволяє отримати високоякісне органічне добриво. Це кращий спосіб попередження втрат азоту з фекалій та їх знезараження. Протягом 2 – 3 місяців після закладки компосту в ньому повністю гинуть збудники хвороб і майже повністю зникає неприємний запах [196 – 199].

Торфо-фекальний компост – сильнодіюче (та швидкодіюче) органічне добриво. Для компостування з нечистотами підходять усі види торфу. Кількість фекалій при виготовленні цих компостів залежить від вологості і ступеня розкладу торфу. Чим вологіший торф і чим вище ступінь його розкладу, тим менше фекалій необхідно для компостування, і навпаки. Частіше за все на 1 т низинного торфу з вологістю 70% беруть приблизно 0,5 т фекалій. При використанні недостатньо розкладеного торфу тієї ж вологості, дозу фекалій можна довести до 2 т, а при вологості 50% – до 3,5 т на 1 т торфу. За більш тривалого зберігання компосту кількість фекальної маси можна зменшити до 10–15% маси торфу [59, 167, 168].

Способи виготовлення торфо-фекальних компостів такі, як і торфу з гноївкою. При осередковому компостуванні штабель торфу заввишки до 2 м укладають за допомогою бульдозера. Бульдозером роблять поглиблення посередині штабеля і засипають його торф'яною крошкою після заповнення фекальною масою. Приблизно через місяць компост перемішують бульдозером для отримання однорідної маси. При пошаровому компостуванні кожний шар

торфу поливають фекальною масою. Фекалії використовують також для виготовлення збірних компостів із матеріалів, що важко розкладаються. На підготовлену площукладають торф або перегнійну землю шаром 10 – 15 см (ширина штабеля 3 – 4 м), потім шаром 20–30 см – матеріал, підготовлений для компостування (різноманітні відходи побуту чи сільського господарства). Його зволожують розбавленою у воді фекальною масою. Якщо матеріал, що компостується, бідний на вапно, то добавляють також вапно чи попіл у кількості 2–3% його маси. Зволожений матеріал покривають землею чи торфом шаром 5–6 см. Потім накладають новий шар призначеного для компостування матеріалу, який також обробляють фекальною масою. Так продовжують доти, поки штабель не досягне висоти 1 – 1,5 м. Через 1,5 – 2 місяця після закладки штабеля компостну купу перемішують (бульдозером). По мірі висихання штабель періодично зволожують гноївкою чи водою. Збірний компост вважається готовим, коли він перетворюється в добре розкладену темну однорідну масу. Свіжо-приготовлені торфо-фекальні компости за санітарними умовами не можна використовувати для підкормки овочевих культур та картоплі. У вигляді основного добрива їх вносять під зернові у дозі 10–15 т; під овочеві, коренеплоди та кукурудзу її збільшують до 20–30 т на га. Кожна тона торфо-фекального компосту (при співвідношенні у ньому торфу і фекалій 2:1) за удобрювальними властивостями може бути прирівняна приблизно до 1,5 т гною ВРХ [59, 123, 167, 170].

В останні роки найбільше застосування знайшли технології компостування на механізованих майданчиках з твердим покриттям, розрахованих на навантаження від спеціальних технічних засобів, що застосовуються для механізації процесів. Компостування запроваджувалось із застосуванням козлових кранів ККС-Ф-2 (ПОУ - 40), які рухаючись уздовж спеціальних секцій для компостування гною, проводять всі технологічні операції. Секції попередньо заповнені гноєм, додатково завантажуються за допомогою козлового крана вологопоглинальним матеріалом (торф, солома тощо). Надалі компоненти змішуються і вивантажуються на компостний майданчик. Суміш витримується до

завершення біотермічних процесів, а потім краном завантажується в транспортні засоби. Для виробництва компостів можуть бути використані: штабелювальна машина МТФ - 71, шнековий аератор змішувач СА-100, машина для готування компостів МПК – Ф - 1 (модифікація навантажувача безперервної дії ПНД-250), бульдозери–навантажувачі типу ПФП, екскаватори типу ПЕ, стаціонарні змішувачі типу С. Компостування у напіввідкритих спорудах тунельного типу є одним із технологічних напрямів системи компостування, що виконуються у вигляді видовжених горизонтальних ємностей, контейнерів та тунелів [170].

У Франції широке розповсюдження знайшла технологія, розроблена фірмою OTV (відома під назвою “Solida”). Компостування здійснюється у ємностях довжиною 8 м, глибиною і шириною по 4 м. Товщина шару оброблюваної маси – від 2 до 3,5 м. Змішування проводиться лопатевим колесом (потужність приводу 18,4 кВт) яке пересувається уздовж секції, а перевантаження – шнеком, розташованим усередині колеса. Суміш перевантажується щодобово або через 2-3 дні в сусідню секцію. У залежності від цього тривалість оброблення в системі секцій складає від 8 до 14 діб, після чого суміш вивантажується на відкриті майданчики для дозрівання протягом 1-1,5 місяця [170, 200].

Тунельну систему для заключного компостування після біобарабанів розробила японська фірма “Kaneko Agricultural machinery”. Ширина тунельної камери – 2,3 м, а довжина може бути 10, 30 та 50 м у залежності від застосування однієї з трьох моделей пересувних установок для компостування типу “Compro-changer”. Установка обладнана конвеєром і вентилятором. Автоматично пересуваючись уздовж камери, вона підбирає і перевантажує через себе масу, яка через 6-10 діб зміщується з одного кінця камери у протилежний [170, 201].

Низку технологічних рішень процесу механічної аерації в системах тунельного типу запропоновано фахівцями інших японських фірм. Пересувні платформи оснащуються робочими органами з вертикальними шнеками, горизонтальними барабанами, багатоківшевыми похилими конвеєрами та одноківшевыми перекидачами [170].

Компостування в контейнерах у більшості випадків використовується у присадибних та фермерських господарствах для перероблення різноманітних присадибних відходів, незначних обсягів гною та посліду. Таке компостування відноситься до низькотехнологічних систем з невисокою трудоемністю виконання операцій та виробленням компостного продукту середньої якості. Цей технологічний процес передбачає виробництво компосту в мезофільно-термофільних умовах з природною аерацією та періодичним змішуванням чи без нього. Для готування компостних сумішей з більш-менш великими обсягами накопичених відходів у деяких випадках можуть бути використані фронтальні тракторні навантажувачі. Враховуючи різноманітність присадибних органічних відходів, у т.ч. з відмінностями за фізико-хімічними властивостями, спеціального регулювання вихідних компостних сумішей не проводять. Основні технологічні вимоги базуються на наступному: запобігання ущільнення маси, забезпечення надходження свіжого повітря та підтримування вологості компостної суміші, яке не викликає утворення стоку [170, 172, 200].

Одним із напрямів модернізації та забезпечення високої механізації компостування було створення горизонтальних ферментаційних біобарабанів. Свого часу вони знайшли розповсюдження у Європі: Данії, Швеції, Норвегії, ФРН, Великобританії, а також в Японії, Австралії та інших країнах. Найвідомішою є конструкція біобарабанів розроблених фірмою “Dano” (Данія). Діаметр барабана – 3,5 м, довжина – 28 м, частота обертання від 0,6 до 2 хв. Внутрішня порожнина виконується з перегородками, валом-мішалкою або з привареними шкребками. Для інтенсифікації процесу застосовується керована протитокова аерація, що дозволяє дотримуватися біотермічного режиму до 60°C. За таких умов і достатній теплоізоляції тривалість компостування подрібнених відходів змінюється від однієї до шести діб. Добова продуктивність одиночного біобарабана 20-50 т, комплектно встановлених – до 130 т (630 м<sup>3</sup>). Не дивлячись на переваги технології з використанням біобарабанів, вона у деяких випадках передбачає стадію додаткового дозрівання компосту в буртах з тривалістю від декількох тижнів до трьох місяців. До того ж, капіталовкладення в цю технологію

досить вагомі і перевищують у 5-10 разів витрати на компостування в буртах [170, 77, 202].

Одним із шляхів знезараження та підвищення якості компосту є залучення до компостування вермикультури. Останнім часом як за кордоном, так і в Україні значно зріс інтерес до так званої «біотехнології гумусу» чи вермикультури, – штучному розведенні дощових черв'яків на різноманітних органічних відходах. Зараз у сільському господарстві відбувається немовби друге «відкриття» дощових черв'яків [203 – 206].

Окрім Червоного каліфорнійського гібриду дощового черв'яка на даний момент селекціоновані й інші технологічні види *Lumbricus rubellus* Hoffmeister та *E. foetida*. Усі ці види, згідно з систематикою, належать до кільчастих червів, до групи вищих черв'яків. Вони входять до класу малощетинкових червів – олігохет, у родину *Lumbricidae* Rafinesque-Schmaltz [71, 72].

Після переробки органічних відходів дощовими черв'яками отримують біогумус – дрібнозернистий продукт темного кольору без запаху і з гарною водотривкою структурою. Біогумус не повинен містити патогенної мікрофлори і яєць гельмінтів. При цьому з 1 т органічної сировини можна отримати 600 кг готового органічного добрива з 30% вмістом гумусових речовин. У порівнянні з традиційними органо – мінеральними компостами в біогумусі значно вищий вміст рухомих форм елементів живлення рослин. Черв'яки виділяють із рослинних решток і ґрунту кальцій, знижуючи тим самим кислотність середовища – рН копролітів становить 6,4, а ґрунтових частинок – 6,0. Коефіцієнт гуміфікації при традиційних засобах переробки органічного матеріалу як правило не перевищує 10%, а в сировині, заселеній черв'яками, він збільшується в 1–2,5 рази. Висока чисельність дощових черв'яків у ґрунті корелює з інтенсивним гумусоутворенням і формуванням тонкозернистого гумусу мулевого типу [73].

Вермикультивування є надзвичайно перспективним напрямком. Як відомо, норма внесення біогумусу не перевищує 5 т/га, що в 8 – 10 разів менше норми внесення гною ВРХ. Окрім того, біогумус є значно чистішим з санітарної точки зору органічним добривом по відношенню до різноманітних видів гною,

пташиного посліду і навіть компостами на їх основі, оскільки практично не містить яєць гельмінтів і патогенної мікрофлори, в той час як збудники хвороб тварин зберігаються у гної і пташиному посліді влітку від 7 до 20 діб, а в осінньо – зимовий період – від 19 до 69 діб. Яйця гельмінтів у рідкому гної зберігають життєздатність 12 і більш місяців, а в гної весняно–літнього періоду – 4 – 5 місяців [74, 75].

Таким чином, переробка відходів тваринницьких комплексів дощовими черв'яками є вигідною як з точки зору екології (відсутність аміаку в атмосфері і надлишку нітратів у ґрунтах і ґрунтових водах), так і в плані дотримання санітарних норм застосування органічних добрив. Технологія вермикультивування є повністю безвідходною, адже окрім основного свого продукту – біогумусу – дозволяє використовувати і біомасу черв'яків, що містить до 60% протеїнів і до 14% жирів, як цінну харчову добавку птахам, рибі і свиням [69, 71, 75, 207 – 213].

Отже, компостувати можна практично всі органічні відходи людської діяльності, окрім тих, що містять значну кількість отруйних речовин (солі важких металів, отрутохімікати, тощо). Виробництво органічних добрив (компостів) є надзвичайно перспективним напрямом, оскільки вирішує низку екологічних проблем, і разом з тим – нестачу органічних добрив, як результат – і продовольчу проблему, що в наш час, безперечно, є актуальним.

В цілому ж можна дійти висновку, що всі сучасні технології компостування органічної речовини базуються на оптимізації складу субстрату за співвідношенням C:N, вологості субстрату, використання перемішування та аерації. Важливим залишається мікробіологічний аспект, особливо при виготовленні компостів за інтродукції агрономічно цінних мікроорганізмів, оскільки з'ясування оптимальних умов для їх інтродукції матиме вирішальне вплив на приживаність та розвиток інтродуцентів в органічних субстратах, що дасть змогу отримувати біоорганічні добрива високої якості з запрограмованими властивостями.



## 1.2. Мікробіологічні аспекти в технологіях компостування органічної речовини

Відомо, що компостування являє собою динамічний мікробіологічний процес, який відбувається завдяки активності мікроорганізмів різних груп: бактерій, актиноміцетів, грибів, дріжджів та ін. Вивчення популяції бактерій, грибів і актиноміцетів, що беруть участь у компостуванні, проведено низкою дослідників. З'ясовано, що домінуючою формою мікроорганізмів є мезофіли. До 90 % їх кількості належить до бацил, різнопігментних бактерій і оліготрофів [1; 2]. На початку компостування переважають аеробні бактерії, у наступних стадіях чисельність бактерій знижується [18, 28, 74, 95, 214, 215, 219]. У деяких випадках при компостуванні органічної речовини кількість мікроорганізмів істотно не змінюється, проте мікробна різноманітність може змінюватися протягом різних фаз компостування. Точна природа і кількість мікроорганізмів залежить від субстрату і попередника сукцесійної ніші [65, 74, 95, 215, 219, 224, 262, 268].

Важливим фактором є температура, оскільки більшість мікроорганізмів гине, якщо температура піднімається вище  $+55^{\circ}\text{C}$ , але деякі з них витримують високі температури і навіть висушування. Як відомо, мікроорганізми розділяються на групи за температурними діапазонами. Для психрофілів оптимальними температурами є нижчі за  $+20^{\circ}\text{C}$ , для мезофілів – від  $+20$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  і термофілів — вище  $+40^{\circ}\text{C}$  [215, 219]. Тому процес компостування зручно розділяти на стадії згідно з температурним режимом.

*Мезофільна стадія.* На початку компостування температура в субстраті перебуває на рівні показників навколишнього середовища. Мікроорганізми, що домінують у вихідному субстраті, починають швидко розмножуватися, а температура зростає до  $+40^{\circ}\text{C}$ . За рахунок виділення мікроорганізмами органічних кислот відбувається підкислення середовища [216, 219].

*Термофільна стадія* (стадія розпаду). За цієї стадії відбувається зростання температури вище  $+40^{\circ}\text{C}$ , що спричиняє відмирання мезофілів і домінування термофільних мікроорганізмів. При досягненні температури  $+60$ – $70^{\circ}\text{C}$

відбувається зменшення чисельності грибів-деструкторів целюлози і лігніну. Натомість, процес компостування починає здійснюватися бацилярними формами бактерій. Іноді температура всередині бурта (гряди) за рахунок хімічних процесів може сягати  $+90^{\circ}\text{C}$ , при цьому ріст мікроорганізмів інгібується. За таких умов відбувається розпад білків, який супроводжується виділенням аміаку і тому встановлюється лужне рН середовища. У ході термофільної стадії найшвидше розкладаються цукри, крохмаль, жири, білки, після чого починають трансформуватися складніші сполуки. При цьому інтенсивно виділяється метан, аміак, вуглекислий газ. Тривалість стадії залежить від багатьох параметрів (виду субстрату, ступеню подрібненості, вологості, аерації, температури навколишнього середовища і т. д.) і коливається від 1 до 2 тижнів [216, 219, 226].

*Стадія затухання.* Температура знижується до рівня навколишнього середовища. За цієї стадії відбувається зниження рН. Розвиваються гриби і актиноміцети, що розкладають полісахариди, геміцелюлозу і целюлозу до моноцукрів, які можуть бути використані іншими мікроорганізмами [216, 219, 226].

*Стадія дозрівання.* Під час цієї стадії проходять складні процеси трансформації лігніну, а також білків відмерлих мікроорганізмів, що забезпечує синтез гумінових кислот [216, 217, 219, 226].

Тривалість кожної із стадій компостування є різною. Перші три стадії (мезофільна, термофільна і стадія затухання) проходять швидко, заключна стадія – дозрівання, може тривати кілька місяців [219].

Таким чином, під час компостування спочатку спостерігається збільшення чисельності термофілів (термофільна фаза), з настанням зрілості компосту відбувається зменшення мікробної біомаси. Під час компостування мікроорганізми використовують органічні речовини як трофічне джерело, це супроводжується виділенням тепла, вуглекислого газу, водяної пари, утворенням перегною і є результатом росту і діяльності мікроорганізмів. Моніторинг мікробних сукцесій є важливим для ефективного управління процесом компостування, оскільки мікроорганізми відіграють ключову роль при

компостуванні і поява в субстраті деяких мікроорганізмів відображає ступінь дозрівання компосту. Збільшення концентрації бактерій і грибів свідчить про настання мезофільної фази, під впливом винятково температури і рН. Під час початкової фази компостування субстрат має температуру навколишнього середовища, рН як правило менше 7. Мезофільні гриби, бактерії та актиноміцети є домінуючими серед активних деструкторів свіжих відходів органічних матеріалів. Відходи, що містять рослинні рештки, часто мають низький початковий рівень рН (4.5-5), що стимулює проліферацію грибів. Взаємодія між різними функціональними групами мікроорганізмів залежить від поживних ресурсів і біохімічних механізмів органічних і неорганічних перетворень [218 – 227].

Мікроорганізми на всіх стадіях компостування забезпечують ферментацію органічної речовини. Взагалі в компостуванні бере участь більше 2000 видів бактерій і не менше 50 видів грибів [219]. Тому мікробіоту компосту можна вважати визначальною у ферментації органічної речовини і отриманні кінцевого продукту.

Внесення додаткових компонентів до компосту має значний вплив на протікання мікробних процесів. Так, М.А. Коровкіним показано, що при компостуванні гною з фосфоритним борошном, активізується життєдіяльність мікроорганізмів, у результаті чого на кінець компостування кількість їх зростає. Якщо у гної після півторамісячного зберігання в лабораторних умовах кількість мікроорганізмів складала 44,6 млн. КУО/г субстрату, то в гної з 5% фосфоритного борошна їх кількість вже була на рівні 63,2 млн. Таким чином, дане компостування сприяло створенню кращих умов для розвитку мікробіоти, що в свою чергу підвищувало якість компостів. Також спостерігалось незначне зменшення кількості спорових форм бактерій та зростання чисельності грибів і актиноміцетів [58]. Проте такий підхід є дещо застарілий, оскільки базується на розвитку спонтанної мікробіоти в субстраті [219].

Сьогодні в технологіях компостування широкого використання набуло додавання агрономічно цінних мікроорганізмів з метою пришвидшення процесу

біоферментації органічного субстрату та покращення якісних показників отриманих компостів [219, 228 – 251].

И.В. Волчатовою із співав. [252] в Іркутському інституті хімії ім. А.Е. Фаворського СО РАН розроблено спосіб отримання органо – мінерального добрива з гідролізованого лігніну. Так, гідролізований лігнін піддають впливу асоціації непатогенних мікроорганізмів. Як мінеральні добавки для живлення мікроорганізмів і підвищення ефективності удобрювальної дії компосту в гідролізований лігнін вносять фосфор, калій, азот і вапно або вуглекислий кальцій у співвідношенні гідролізований лігнін: мінеральні добавки 19:0,8 – 19:1,2. В отриману суміш після нейтралізації вносять мікробіологічну закваску у вигляді асоціації непатогенних мікроорганізмів: *Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J.Schröt, *Phanerochaete chrysosporium* Burds, *Penicillium citreovirede* Biourge, *Trichosporon cutaneum* Beurm D-46, *T. cutaneum* 5, *Streptomyces asterosporus* Preobrazhenskaya в масовому співвідношенні гідролізований лігнін : закваска 19:0,1. Спосіб дозволяє вирішити проблему екологічно раціонального використання лігнінцелюлозних відходів, розширити асортимент добрив, отримати добриво, що містить поживні елементи, основна частина яких знаходиться в доступній для рослин формі.

Відомий спосіб отримання компосту, де відходи птахівничих або тваринницьких господарств змішують з матеріалами, що забезпечують твердофазну ферментацію отриманої суміші на основі мікроорганізмів. Як стимулятор компостування використовують консорціум на основі взятих в рівних пропорціях штамів бактерій *Bacillus subtilis* Ehrenberg ВКПМ-В-1948, грибів *Trichosporon cutaneum* Beurm ВСБ-775, *Trichoderma viride* Pers МКФ-2001-3, *Fusarium sambucinum* Fuckel ВКПМ №F-867 і дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ВКПМ у. 1218, який вносять в органічні субстрати у вигляді рідкої суспензії або висушеної біомаси в концентрації від 0,005 до 0,05% від маси суміші, витримують при температурі 20-65°C і вологості 35-50% протягом 4-7 діб у залежності від складу субстрату. До компосту також додають доломітову крихту в кількості 5 % від маси субстрату [253].

Г.Н. Морщакова із співав. [254] розробили спосіб отримання компосту на основі відходів птахівницьких і тваринницьких господарств із застосуванням біотехнологічних прийомів. Спосіб полягає у тому, що відходи птахівничих і тваринницьких господарств змішують з вологопоглинаючими матеріалами і проводять твердофазну ферментацію суміші з використанням стимулятора на основі мікроорганізмів. Як стимулятор компостування використовують консорціум на основі штамів бактерій *Bacillus subtilis* Ehrenberg П-1, *Clostridium butyricum* Miyairi П-2, *Micrococcus urea* Schroeter П-3 і штаму гриба *Sporotrichum pruinosum* J.C. Gilman П-4 у вигляді водної суспензії клітин або сухого порошку в концентрації 0,05 - 0,1% по масі від компостованого субстрату. Суміш компостують при температурі 20-70°C і вологості 50-60% протягом 5-7 діб. На думку авторів, винахід дозволяє інтенсифікувати процес компостування і поліпшує якість продукту.

Співробітники Якутського науково – дослідного інституту сільського господарства ім. М.Г. Сафонова розробили спосіб компостування, який передбачає біоконверсію гною з соломою протягом 3 місяців при температурі до 50°C. Біоконверсію здійснюють за використання штаму бактерій *Bacillus subtilis* Ehrenberg ТНП-3-ДЕП з розрахунку 1 млрд мікробних клітин на 1 т компостованої органічної речовини. Процес біоконверсії проводять в аеробних умовах під впливом мікробіоти, тобто при доступі повітря в мезофільному режимі [255].

О.М. Кулагіна із співав. [11] розробили спосіб біологічної переробки пташиного посліду. Спосіб передбачає змішування пташиного посліду з волого поглинаючим матеріалом з подальшою аеробною ферментацією суміші в присутності мікроорганізмів при перемішуванні до природного зниження температури ферментованої суміші до 20 – 30°C. При цьому використовують консорціум штамів *Bacillus subtilis* Ehrenberg В – 168, *Bacillus mycoides* Flügge В – 691, *B. Mycoides* В – 46, *Streptococcus thermophilus* Orla-Jensen В – 907, *Candida tropicalis* Berkhout Y – 1520, *Candida utilis* Henneberg Y – 2441. Мікроорганізми вносять у рівних співвідношеннях з титром  $1 \times 10^8 - 1 \times 10^9$  КУО/мл на 1 т

пташиного посліду. Автори вважають, що даний спосіб дає можливість отримати високоефективне органічне добриво.

Відомий спосіб мікробіологічної переробки пташиного посліду, який включає внесення мікробної культури *Pseudomonas sp.* Migula 114 в пташиний послід з подальшим перемішуванням. Через 5 діб після внесення *Pseudomonas sp.* 114 вносять культуру *Azotobacter chroococcum* Beijerinck В 35. Титр інтродукованих мікробних культур складає для *Pseudomonas sp.*  $1,1 \times 10^9$  КУО/мл і для *A. chroococcum* В 35 –  $10^8$  КУО/мл. Об'ємне співвідношення культур 2:1. Перед внесенням культур мікроорганізмів кожен з них розбавляють водою у співвідношенні 1:2. Мікробіологічну переробку пташиного посліду здійснюють протягом 15 діб. Автори вважають, що винахід дозволяє прискорити процес біоконверсії і одночасно збільшити біологічну активність продукту переробки, а також забезпечити його екологічну безпеку [238].

М.Я. Тремасов із співав. [256] пропонують спосіб мікробіологічної переробки пташиного посліду, що здійснюється за використання культур мікроорганізмів які розбавляють водою з подальшим внесенням у пташиний послід. Як інтродуценти використовують штам дріжджів *Candida krusei* Castellani 96 і харчові дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* Meyen у співвідношенні 1:1 з титром  $10^8$  КУО/мл. Мікробні культури вносять у кількості 2 мл на тонну посліду одноразово з наступним пошаровим укладанням пташиного посліду з додаванням 20% вологопоглинального матеріалу. Автори вважають, що вищевказані заходи дозволяють отримати якісне органічне добриво.

Відомі також інші способи біологічної переробки пташиного посліду. Так, один із них включає послідовне пошарове укладання посліду і вологопоглинаючого органічного матеріалу, формування, принаймні, одного бурту і внесення мікроорганізмів у вигляді суспензії, перемішування суміші, біологічний розігрів аеробну ферментацію суміші. Аеробну ферментацію суміші ведуть до природного зниження температури субстрату до 25-30°C. Для інтродукції використовують консорціум штамів *Bacillus subtilis* Ehrenberg B-168, *Bacillus mycoides* Flügge B-691, *Streptomyces sp.* Waksman Ac-154, *Mucor*

*psychrophilus* Milko F-1441, *Candida utilis* Henneberg Y-2441 у кількості  $1 \times 10^6$  –  $1 \times 10^7$  клітин в 1 мл на 1 т пташиного посліду. Автори вважають, що винахід дозволяє скоротити час переробки пташиного посліду і поліпшити якість біокомпосту [257].

О.Д. Сидоренко із співав. [258] розробили спосіб отримання органічного добрива шляхом утилізації целюлозовмісних промислових відходів. Спосіб включає змішування целюлозовмісних промислових відходів з ґрунтом з подальшим введенням в приготовлену суміш мікроорганізмів. Перед введенням до суміші мікроорганізмів в неї додатково вносять біокомпост, отриманий за переробки пташиного посліду, гною великої рогатої худоби, торфу і тирси. Для інтродукції застосовують целюлозолітичні мікроорганізми *Clostridium thermocellum* Viljoen та *Streptomyces sp.* Waksman. Як целюлозовмісні промислові відходи використовують паперовий скоп. Приготовлену суміш зволожують до 60-65%. Спосіб згідно винаходу дозволяє прискорити процес утилізації целюлозовмісних промислових відходів та підвищити якість отриманого органічного добрива.

Дж. Блейя пропонує додавання до компостованих субстратів гриби роду *Trichoderma* Pers.. На прикладі інтродукції *Trichoderma harzianum* Rifaі автор показує, що даний прийом чинить вплив на структуру бактеріального угруповання компосту (відбувається зростання чисельності хітинолітичних бактерій) та дає можливість протидіяти розвитку фузаріозу [46].

А. Берналь із співав. [47] стверджують, що додавання специфічних мікроорганізмів, таких як *Trichoderma harzianum* Rifaі, до органічних субстратів прискорює процес компостування, а отримані компости збільшують врожайність та зменшують захворюваність рослин, але механізми таких біостимуляторів та ефекти біоконтролю ще не повністю зрозумілі. Застосування компосту та / або інокуляція з *T. harzianum* модулюють антиоксидантну систему захисту в рослинах дині. Комбінація компосту на основі цитрусів та триходерми показала біостимуляторний ефект, який співвідноситься із збільшенням ферментів рециклізації аскорбата (моногідрозосорбат редуктази, дегідроаскорбат редуктази)

та пероксидази. Крім того, інокуляція обох компостів триходермою збільшила активність антиоксидантних ферментів, особливо тих, які задіяні в переробці аскорбату.

Співробітниками університету Аннамалай (Індія) показано можливість застосування як інтродуцентів до компостованих субстратів консорціуму лігнінолітичних грибів *Aspergillus niger* Tiegh., *Aspergillus flavus* Link, *Phanerochaete chrysosporium* Burds. та *Trichoderma viride* Pers.. На думку авторів застосування вищезазначених грибів дозволяє прискорити процес компостування органічних субстратів та покращити якість отримуваних компостів [48].

Н.Н. Терещенко пропонує використовувати *Trichoderma viride* Pers. як інтродуцент при компостуванні органічного субстрату на основі гною ВРХ. На думку автора, попереднє компостування суміші торфу з гноєм за допомогою *T. viride* – перспективний прийом прискорення переробки органічного субстрату в процесі вермикультивування, що сприяє підвищенню ефективності виробництва компосту, при чому це прискорення темпів переробки органічного субстрату не знижує якості одержуваної продукції. Навпаки, попередня ферментація органічного субстрату *T. viride* (ВК-2) обумовлює збільшення вмісту в вермикомпості основних елементів живлення рослин на 30 – 35%, а спільне культивування черв'яків і *T. viride* (ВК-3) забезпечує майже 10% -е підвищення рістстимуляторної активності компосту. За сумою отриманих позитивних ефектів як найбільш перспективний для використання в практиці вермикультивування можна рекомендувати попередню ферментацію органічного субстрату за участі *T. viride* (ВК-2), що забезпечує найбільше накопичення у вермикомпості доступних для рослин елементів живлення без зниження рістстимуляторної активності [212].

О. Дж. Санчес із співав. [239] пропонує використовувати мікроорганізми для інокуляції в залежності від їх функціональної спрямованості. Так, при компостуванні органічних субстратів з додаванням фосфоритів автори пропонують інтродукувати в такий субстрат гриби *Aspergillus brasiliensis* Varga, *Aspergillus flavus* Link, *Aspergillus awamori* Nakaz., *Aspergillus nidulans* Winter, *Trichoderma viride* Pers., *Trichoderma harzianum* Rifai та *Phanerochaete*



*chrysosporium* Burds. На думку авторів такий прийом дозволяє мобілізувати інтродуцентами сполуки фосфору в доступні для рослин форми.

Співробітники Федерального університету Мінас – Жерайс (Бразилія) пропонують вносити в органічні субстрати *Bacillus cereus* Frankland, *Bacillus megaterium* de Bary, *B. cereus* + *B. megaterium*. Автори вважають, що бактеріальні інокулянти мають позитивний вплив на процес компостування: сприяють розкладанню целюлози і геміцелюлози, викликають зміни в температурі компосту, зменшують втрати азоту [240].

Й. Айкайте-Стонайтене. [241] розробили технологію компостування органічного субстрату з підвищеним вмістом жиру (на рівні 20%). Автори пропонують вносити мікроорганізми, які будуть прискорювати біодеградацію жиру в компостованому матеріалі. Пропонується використовувати *Enterobacter aerogenes* Normaeche E13, *Arthrobacter* sp. Conn та *Bacillus coagulans* Hammer (S1). Процес компостування за цією технологією може тривати від 1 до 1,5 років.

Співробітники університету Вісва – Бхараті (Індія) для виробництва компостів на основі пшеничної соломи пропонують використовувати консорціум бактерій *Bacillus subtilis* Ehrenberg B1U/1, *B. Subtilis* D3L/1 та ізолят *Pseudomonas* sp. Migula RAT/5. Пропонується використання ізолятів як стартової культури. На думку авторів, консорціум є більш ефективний, ніж кожен ізолят окремо, а використання вищеописаного підходу є достатньо перспективним [242].

Співробітниками інституту Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН розроблено технологію вермикомпостування за інтродукції до органічного субстрату на основі гною ВРХ та фосфоритного борошна фосфатмобілізуючих бактерій роду *Pseudomonas* Migula, що значно підвищує якість компосту за рахунок переведення фосфору в доступні для рослин форми та продукування інтродукованими бактеріями речовин рістстимулювальної дії [211].

Існує також ціла низка технологій компостування, де використовуються біопрепарати серії ЄМ-технологій. Група цих препаратів отримала загальну назву – ефективні мікроорганізми (Effective Microorganisms) [14, 229, 232, 236,

237]. Так, один із способів переробки пташиного посліду і свинячого гною в органічне добриво передбачає змішування пташиного посліду кліткового та підлогового утримання птиці з подальшою добавкою для поліпшення якості органічного добрива і подальшого компостування, свинячого гною та мікробного препарату «Байкал-ЕМ-1». Попередньо послід з підстилкою від підлогового утримання птиці зрошують суспензією препарату «Байкал-ЕМ-1» у воді в співвідношенні 1:10, а послід від кліткового утримання птиці та свинячий гній зрошують нерозбавленим препаратом «Байкал-ЕМ-1». При цьому використовують послід з підстилкою від підлогового утримання птиці з вологістю 20-30%, послід від кліткового утримання птиці з вологістю 60-65%, свинячий гній з вологістю 80-87%, які беруть у наступному співвідношенні (мас.%) : пташиний послід з підстилкою від підлогового утримання птиці 30-40, пташиний послід від кліткового утримання птиці 40-60, свинячий гній 10-20. Отриману суміш піддають природному компостуванню в теплу пору року протягом не менше 30 діб і протягом не менше 60 діб –у холодну пору року. На думку авторів винахід забезпечує одночасну переробку пташиного і свинячого гною в органічне добриво [259].

Співробітники Кубанського державного аграрного університету ім. І.Т. Трубіліна пропонують технологію переробки підстилкового свинячого гною в органічне добриво, використовуючи препарат ЄМ-технологій «Таймир». На думку авторів, застосування препарату у кількості 0,5 л/т органічного субстрату дозволяє оптимізувати процес компостування та скоротити терміни дозрівання компосту [237].

К. Чжао із співав. [243] пропонують технологію компостування кухонних відходів за використання препарату ЄМ-технологій. До складу препарату входять консорціум із 12 штамів родів *Bacillus* Cohn, *Brevibacterium* Breed, *Paenibacillus* Ash, *Lysinibacillus* Ahmed, *Aspergillus* P. Micheli, *Phlebia* Fr.. На думку авторів інтродукція до органічного субстрату на основі кухонних відходів вище згаданих інокулянтів дозволяє пришвидшити процес компостування та покращити якість отриманого компосту.

М. Л. Юшох із співав. [245] розробили технологію компостування рисової соломи з козячим гноєм та зеленими відходами за інтродукції препарату ЄМ – технологій. Автори вказують на те, що компостування за використання препарату ЄМ сприяє скороченню термінів компостування та покращенню якості готового компосту.

У роботах багатьох дослідників показано, що видовий склад і структура угруповань бактерій і грибів може швидко змінюватися при переході від однієї фази компостування до іншої. Швидкість сукцесії і структура мікробних угруповань залежать, перш за все, від типу органічного субстрату і умов компостування (абіотичні і біотичні чинники), а також систем компостування. В літературі є дані про хід сукцесійних процесів у результаті розкладу листового опаду, побутових відходів і гною ВРХ [260 – 264].

Проте загалом мало відомо про мікроорганізми і їх діяльність на конкретних етапах процесу компостування. Визначення різноманітності і структури мікробних угруповань, їх схожість у зрілих компостах, отриманих із різних видів сировини та за допомогою різних технологій компостування дає підставу для вирішення низки екологічних питань і являє значний інтерес для науковців [260 – 264].

Не дивлячись на велику кількість вищенаведених розробок у напрямі компостування, слід зазначити, що більшість технологій практично не враховують мікробіологічні аспекти у повній мірі, оскільки інтродукція агрономічно цінних мікроорганізмів до компостованих субстратів має спонтанний характер, при цьому не враховуються сукцесійні зміни під час процесу компостування. Важливим залишається визначення оптимальних термінів для інтродукції мікробних інокулянтів, оскільки саме це матиме вирішальний вплив на максимальний розвиток внесених мікроорганізмів, а отже і на процес компостування. Такий підхід щодо поведінки інтродукованого до компостованого субстрату мікроорганізму може дозволити не лише забезпечити утилізацію відходів, а й отримати ефективне та безпечне біоорганічне добриво, збагачене корисною мікробіотою та фізіологічно активними речовинами.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Представлені в дисертації 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.

#### 2.1. Методи дослідження

При вивченні мікробіологічних особливостей компостування органічної речовини в динаміці досліджували зміни в чисельності представників окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів: амоніфікувальних бактерій — на м'ясо-пептонному агарі (МПА), мікроорганізмів, що засвоюють мінеральні форми азоту — на крохмалоаміачному агарі (КАА), мікроміцетів — на сусло-агарі (СА) [265]. Кількість мікроорганізмів, що розчиняють важкодоступні сполуки фосфору, визначали на середовищі Муромцева [266]. Облік чисельності азотфіксуювальних бактерій проводили методом граничних розведень на напіврідкому середовищі Ешбі за використання ацетиленового тесту [267]. Чисельність целюлозоруйнівних бактерій досліджували на рідкому середовищі Імшенецького та Солнцевої [268]. Облік денітрифікувальних мікроорганізмів – на рідкому середовищі Гільтая за використання реактиву Грісса [269].

Біологічну активність у компостованих субстратах визначали газохроматографічно за продукуванням  $\text{CO}_2$  [268, 269].

Вміст вуглецю та азоту в компостах вивчали в динаміці методом Анстена в модифікації Пономарьової і Ніколаєвої [270].

Для визначення ефективності розкладання целюлозовмістних субстратів гриби культивували в колбах у продовж 21 доби за температури  $26^\circ\text{C}$  на рідкому середовищі Чапека-Докса наступного складу (г/л):  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 2;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 1,0;  $\text{MgSO}_4$  – 0,5;  $\text{KCl}$  – 0,5;  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,001; pH – 4,5 – 5 [271]. Як єдине джерело

вуглецевого живлення використовували пшеничну солому або фільтрувальний папір (1 % від об'єму середовища культивування), повторність чотирьохкратна. Після культивування залишки целюлозовмісного субстрату відділяли від культуральної рідини, висушували до постійної маси та розраховували відсоток їх деструкції за формулою [272]:

$$A = \left(1 - \frac{A_0 - A_1}{A_0}\right) * 100,$$

де  $A_0$  – початкова маса субстрату;

$A_1$  – кінцева маса субстрату.

При відборі активних целюлозоруйнівних ізолятів мікроміцетів як позитивний контроль використовували відомий штам – *T. harzianum* F-2455 (наданий Депозитарієм мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України).

Для визначення целюлозолітичної активності гриби культивували в пробірках при температурі 26°C на рідкому модифікованому середовищі Чапека наступного складу (г/л):  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 2;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 1,0;  $\text{MgSO}_4$  – 0,5;  $\text{KCl}$  – 0,5;  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,001, де єдиним джерелом вуглецю були фільтрувальний папір (Фільтрак, ГДР) 8,0 г/л або подрібнена солома пшениці ярої, 25,0 г/л (що за вмістом целюлози еквівалентно 8,0 г/л фільтрувального паперу). Розчином 10%  $\text{HCl}$  доводили значення рН до 7,0. Супернатант отримували шляхом центрифугування культуральної рідини (5000 g) 25 хв. [271, 273].

Вимірювання целюлозолітичної активності проводили з інтервалом в чотири дні протягом 3-х тижнів культивування.

Для визначення загальної целюлозолітичної активності до 50 мг фільтрувального паперу («Фільтрак») додавали 1 мл супернатанту, 1 мл 0,05 М натрій-цитратного буфера та інкубували протягом 1 год ( $t = 40^\circ\text{C}$ ) [271, 273].

Для визначення екзоглюканазної активності до 50 мг авіцелу (мікрокристалічна целюлоза, «Евалар») додавали 1 мл супернатанту, 1 мл 0,05 М натрій-цитратного буфера та інкубували протягом 1 год ( $t=40^{\circ}\text{C}$ ) [271, 273].

Ендоглюканазну активність визначали за дії фермента на Na-карбоксиметилцелюлазу («Sigma»): 1 мл 0,5%-го розчину Na-КМЦ в 0,05 М натрій-цитратному буфері та 1 мл супернатанту інкубували протягом 30 хв ( $t = 40^{\circ}\text{C}$ ) [271, 273].

Для визначення  $\beta$ -глюкозидазної (целобіазної) активності до 1 мл 0,025%-го розчину целобіози («Merck») в 0,05 М натрій-цитратному буфері додавали 1 мл супернатанту та інкубували протягом 30 хв ( $t = 40^{\circ}\text{C}$ ) [271, 273].

Дослідження проводили відповідно до методик та рекомендацій IUPAC [273].

Кількість редукуючих цукрів визначали за методом Шомоді-Нельсона в перерахунку на глюкозу. Калібрувальну криву будували за стандартними розчинами глюкози. Кількість глюкози для встановлення  $\beta$ -глюкозидазної активності встановлювали глюкозо-пероксидазиним методом [271, 273, 303].

Активність целюлозолітичних ферментів виражали в міжнародних одиницях (IU), які відповідають такій кількості ферменту, що каталізує утворення 1 мкмоль редукуючих цукрів (або 1 мк моль глюкози для визначення  $\beta$ -глюкозидазної активності) за 1 хв інкубування [271, 273].

У дослідах з компостування визначали інтенсивність розкладу соломи. У різні періоди компостування, а саме на 2-, 3-, 4-, 5-, 6- і 7-й міс. проведення досліду відбирали зразки компостованого субстрату, поміщали у посудину з водою та перемішували. Після цього з поверхні знімали рештки соломи, а напіврозкладені залишки вимивали з компосту за використання сита 0,25 мм. Обидві фракції рослинних решток висушували до постійної маси, зважували і розраховували вміст щодо початкової маси соломи. Відсоток розкладання порівнювали з таким у контрольному варіанті (без інтродукції асоціації *T. harzianum* 128).

Ідентифікацію ізолюваних грибів роду *Trichoderma* проводили за А.В. Олександровою, використовуючи морфологічні і культуральні ознаки, що характерні для зазначеного роду [274].

Фітотоксичність асоціації *T. harzianum* 128 визначали біопробою на паростках кукурудзи. Для цього гриби культивували на поживному середовищі Чапека впродовж 7 днів. Перед визначенням токсичності культуральну рідину відділяли від міцелію фільтруванням. Перед цим насіння кукурудзи промивали і замочували впродовж 5 годин у теплій воді, після чого насіння розкладали в кювети на вологий фільтрувальний папір зародком вгору і пророщували 2 доби в термостаті при температурі +26°C. Для досліду використовували паростки з довжиною 1 – 2 см [271].

Для визначення фітотоксичної активності грибів кінці коріння (точку росту і меристематичну зону) паростків кукурудзи поміщали на 1 годину в культуральну рідину. Контрольні паростки поміщали у воду і стерильне поживне середовище. Після цього паростки розкладали в кювети на вологий фільтрувальний папір, кювети ставили в термостат (+26°C). Через добу вимірювали довжину коріння в досліді і контролі та розраховували фітотоксичну активність інгібування росту коріння за формулою (%) [271].

$$A_{\phi} = 100 - \frac{D_x - D_n}{D_k - D_n} \times 100 ,$$

де  $D_x$  – середня довжина коріння паростків через добу в досліді (мм);  $D_k$  – середня довжина коріння паростків через добу в контролі (мм);  $D_n$  – початкова довжина коріння паростків (мм) [271].

Для визначення фітогормонального складу продуктів метаболізму *T. harzianum* 128 гриби культивували протягом 10 діб за температури +26°C у рідкому поживному соєвому середовищі [275]. Титр мікроміцетів після ферментації складав  $(5-6) \times 10^6$  КУО в 1 мл культуральної рідини. 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.

Для визначення вмісту позаклітинних фітогормонів: ауксинів, цитокінінів, гіберелінів і абсцизової кислоти (АБК) їх виділяли із супернатанту культуральної рідини мікроорганізмів шляхом екстракції наступними розчинниками: етилацетатом (ауксини, АБК), рН 3,0; етилацетатом (гібереліни), рН 2,5; н-бутанолом (цитокініни), рН 8,0 [276, 277]. Екстракти випарювали під вакуумом при 40-45°C. Сухий залишок перерозчиняли у 80%-у етанолі, переносили у мікропробірки. Отримані екстракти зберігали за температури – 24°C і використовували для накопичувальної тонкошарової хроматографії з подальшим проведенням якісного і кількісного визначення фітогормонів методом вискоєфективної рідинної хроматографії (HPLC/MS).

Попереднє очищення і концентрування фітогормональних екстрактів (накопичувальна тонкошарова хроматографія) проводили на пластинках із силікагелем марки "Silufol UV<sub>254</sub>" (*Chemapol*, Чехія) у суміші розчинників, застосованих послідовно: хлороформ, 12,5% водний аміак, етилацетат: оцтова кислота (20:1). Очищені таким чином фітогормональні екстракти аналізували методом вискоєфективної рідинної хроматографії (HPLC/MS).

HPLC/MS аналіз фітогормональних екстрактів проводили у Центрі колективного користування при Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

Для порівняння використовували стандартні синтетичні фітогормони *Sigma* (Німеччина) і *Acros Organic* (Бельгія):

- *ауксини* – IAA – Indole-3-acetic acid, Індол-3-оцтова кислота (ІОК);
  - ICal – Indole-3-carboxaldehyde, Індол-3-карбоксальдегід;
  - IC – Indole-3-carbinol, Індол-3-карбінол;
  - ICA – Indole-3-carboxylic acid, Індол-3-карбоксиловакислота;
  - IAA – hydr. – Indole-3-acetic acid hydrazide, Індол-3-оцтової кислоти гідрозид;
  - IBut – Indole-3-butyric acid, Індол-3-маслянакислота;
- *абсцизову кислоту* – ABA – abscisic acid; абсцизова кислота;
- *цитокініни* – Z – Zeatin – зеатин;



ZR –*trans*-Zeatin-riboside, зеатинрибозид;

Kin –Kinetin, кінетин;

IPA –N<sup>6</sup>-(2-Isopentenyl) adenine, ізопентеніл-аденін;

IPAr – N<sup>6</sup>-(2-Isopentenyl) adenosine, ізопентеніл-аденозин;

- *гібереліни* – Gibberellicacids, гіберелові кислоти ГК<sub>3</sub>, ГК<sub>4</sub> та ГК<sub>7</sub>.

Якісне і кількісне визначення ауксинів та АБК проводили методом високоефективної рідинної хроматографії (HPLC) з використанням рідинного хроматографа Agilent 1200 (Agilent Technologies, США). Як рухомих фаз використовували метанол (А) та 1% розчин оцтової кислоти у воді (В). Розділення проводили на хроматографічній колонці Zorbax SB-C18 (2,1мм×150мм, 3 мкм) (Agilent Technologies, USA), швидкість потоку через колонку 0,25 мл/хв, температура термостату 30°C, об'єм інжекції 2 мкл. Елюювання проводили в градієнтному режимі: 0 хв – А (30%) : В (70%); 25 хв – А(30%) : В (70%); 35 хв – А (100%) : В (0%); 35 хв – А (100%) : В (0%).

Детекцію сполук проводили з використанням діодно-матричного детектора з реєстрацією сигналу при 254 та 280 нм та фіксацією спектрів поглинання в діапазоні 191-700 нм. Для визначення молекулярних мас досліджуваних пігментів використовували мас-спектрометричний детектор Agilent G1956B (Agilent Technologies, USA). Іонізацію проводили в режимі ESI та APCI з фіксацією позитивних іонів у режимі SCAN в діапазоні 100-1200 m/z. Калібрування проводили з використанням стандартних розчинів ауксинів та АБК.

Якісне і кількісне визначення цитокінінів здійснювали методом високоефективної рідинної хроматографії (HPLC) з використанням рідинного хроматографа Agilent 1200 (Agilent Technologies, США). Як рухомих фаз використовували метанол (А) та 0,1% розчин мурашиної кислоти у воді (В). Розділення проводили на хроматографічній колонці Zorbax SB-C18 (2,1мм×150мм, 3 мкм) (Agilent Technologies, USA), швидкість потоку через колонку 0,25 мл/хв, температура термостату 30°C, об'єм інжекції 2 мкл. Елюювання проводили в градієнтному режимі: 0 хв – А (20%) : В (80%); 25 хв – А(70%) : В (30%); 35 хв – А (100%) : В (0%); 35 хв – А (100%) : В (0%).

Детекцію сполук проводили з використанням діодно-матричного детектора з реєстрацією сигналу при 254 та 280 нм та фіксацією спектрів поглинання в діапазоні 191-700 нм. Для визначення молекулярних мас досліджуваних фітогормонів використовували мас-спектрометричний детектор Agilent G1956B (Agilent Technologies, USA). Іонізацію проводили в режимі ESI та APCI з фіксацією позитивних іонів у режимі SCAN в діапазоні 100 – 1200 m/z. Калібрування здійснювали з використанням стандартних розчинів цитокінінів.

Якісне і кількісне визначення гіберелінів проводили методом високоефективної рідинної хроматографії (HPLC), з використанням рідинного хроматографа Agilent 1200 (Agilent Technologies, США) та мас-спектрального детектора Agilent G1956B. Розділення здійснювали на колонці ZorbaxSB-C18 (2,1мм×150мм, 3 мкм) (Agilent Technologies, США), швидкість потоку рухомої фази через колонку – 0,35 мл/хв, температура термостату колонки 30°C, об'єм інжекції 3 мкл. Елюювання проводили у системі ацетонітрил (А) / вода+мурашина кислота (В) у градієнтному режимі: витримували 20% А впродовж 5 хв, далі змінювали вміст А градієнтно від 20 до 80% за 10 хв з наступним збільшенням А до 100% за 0,5 хв. Таке співвідношення залишали впродовж наступних 8,5 хв.

Детекцію гіберелінів здійснювали за допомогою діодно-матричного детектора з реєстрацією сигналу при довжині хвилі 198 та 210 нм. Мас-спектрометричний аналіз проводили з реєстрацією позитивних і негативних іонів у співвідношенні m/z (маса-заряд) у діапазоні 190 – 400 нм. Флуоресцентний детектор використовували у режимі екстинції при 210 нм, емісії – при 410 нм.

Молекулярні маси досліджених гіберелінів визначали за допомогою одноквадрупольного мас-спектрометричного детектора. Іонізацію проводили в режимі електростатичного розпилення (ESI) з формуванням негативних іонів. Детектування іонів здійснювали у режимах SCAN та SIM (selected ion monitoring) у діапазоні 200 ÷ 500 m/z. ГК<sub>3</sub>, ГК<sub>4</sub> та ГК<sub>7</sub> реєстрували шляхом порівняння часу утримання, значень молекулярних мас іонів, спектральних характеристик отриманих піків. Кількісний вміст ГК<sub>3</sub>, ГК<sub>4</sub> і ГК<sub>7</sub> визначали методом зовнішнього калібрування з використанням режиму SIM за іонами 345, 331 та 329 m/z.

Отримані показники вмісту фітогормонів перераховували на 1 г сухої біомаси асоціації грибів *T. harzianum* 128 та *T. viride* F100001.

Біотести для виявлення фітогормонів (ауксинів, цитокінінів і геберілінів) проводили згідно методичних вказівок [276, 278].

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 [279 – 283]. Перевірку патогенних властивостей асоціації проводили з використанням безпородних статевозрілих білих мишей масою 18–20 г шляхом уведення споро-міцеліальної суспензії грибів в ізотонічному розчині хлориду натрію перорально через зонд та внутрішньочеревно шляхом ін'єкцій. Для цього споро-міцеліальні суспензії грибів, що входять до складу асоціації, отримували при культивуванні впродовж 3 діб в аеробних умовах на сусло-агарі з масовою часткою сухих речовин 3,5%, рН 5,0 за температури 26°C. Суспензію споро-міцеліальної суміші гриба готували на стерильному ізотонічному розчині хлориду натрію, інгредієнти якої попередньо двічі відмивали від метаболітів та осаджували шляхом центрифугування упродовж 20 хвилин за 2000 об/хв. Концентрацію колонійутворюючих одиниць (КУО) визначали шляхом їх підрахунку в камері Горяєва [265, 269]. Миші попередньо були адаптовані до умов утримання упродовж 14 діб. Догляд за тваринами проводили щоденно протягом 20 діб після введення досліджуваного матеріалу [279, 282].

Споро – міцеліальні суспензії грибів, що входять до складу асоціації *T. harzianum* 128 застосовували у дозах  $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$  та  $1 \times 10^8$  КУО на одну тварину [280].

Усі досліді на тваринах проводили з урахуванням «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», схвалених на Національному конгресі з біоетики [284] із дотриманням міжнародних вимог Європейської конвенції «Про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» [285].

Вірулентність, що є загально визнаною умовною мірою патогенності, досліджуваних штамів гриба встановлювали за рівнем дози життєздатних мікробних клітин, яка викликає загибель 50% заражених тварин ( $LD_{50}$ ). Критерієм авірулентності мікроорганізму слугували відсутність інфекційної патології внутрішніх органів та загибелі мишей упродовж 20 діб.

Інфективність (інвазивність) штаму визначали шляхом встановлення можливості дисемінації клітин мікроорганізму у тканини внутрішніх органів тварин після зараження з моделюванням можливого природного шляху проникнення (per os) у макроорганізм.

По закінченню терміну спостереження за поведінковими реакціями та фізіологічним станом мишей проводили їх вимушений забій, патологоанатомічний розтин, мікроскопічні дослідження мазків-відбитків внутрішніх органів та висіви зразків тканин на елективне живильне середовище.

Антагоністичні властивості грибів вивчали методом зустрічних культур [286]. Вивчення антагоністичних властивостей асоціації *T. harzianum* 128 проводили по відношенню до таких фітопатогенних грибів як представники родів *Fusarium* Link (збудники фузаріозного в'янення картоплі; кореневих гнилей люпину та гороху; фузаріозу люцерни та гороху; фузаріозної кореневої гнилі пшениці, фузаріозу колосу пшениці, вівса і тритикале) та *Nigrospora* Zimm. (збудник нігроспорозу кукурудзи і сорго). Для порівняння досліджували активність виробничого штаму *T. viride* F100001. Так, зокрема, антагоністичні властивості перевіряли по відношенню до штамів *N. oryzae* 3000 і *F. culmorum* 50716, надані відділом фізіології і систематики мікроміцетів Інституту мікробіології і вірусології НАН України та до штаму *F. oxysporum*, наданий лабораторією рослинно – мікробних взаємодій Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України.

Біометричні показники рослин визначали вимірювально-ваговим методом, площу листової поверхні обліковували методом висічок [287, 288].

Визначення вмісту хлорофілів *a* і *b* у листках картоплі проводили спектрофотометричним методом [289].

Вміст крохмалю у бульбах картоплі визначали за методом Еверса [290]. Вміст аскорбінової кислоти визначали методом, що базується на редуруючих властивостях вітаміну С [291].

Вміст нітратів у бульбах визначали потенціометричним методом [292].

Розрахунки економічної ефективності проводили за методиками [293 – 298], які базуються на порівнянні результатів, отриманих від певного агрозаходу із врахуванням витрат на його проведення. До уваги приймали такі основні показники економічної ефективності: витрати на виробництво, виручка та прибуток із розрахунку на 1 га посівної площі, рентабельність виробництва та окупність додаткових витрат, пов'язаних із застосуванням біоорганічного добрива. При розрахунку витрат, пов'язаних із застосуванням біоорганічного добрива, також враховано зміну як показників, безпосередньо пов'язаних із внесенням біодобрива (вартість біодобрива, витрати на внесення, витрати на збирання і транспортування додаткової продукції тощо), так і зміну накладних витрат, які в процесі калькуляції собівартості продукції розподіляють пропорційно прямо. З цією метою було розраховано повну собівартість одиниці продукції, оскільки прибуток, який є основним кінцевим показником економічної ефективності, є різницею між ціною та повною собівартістю продукції. Застосування такого методологічного та методичного підходу дещо підвищує розрахунковий рівень затрат на застосування біодобрива, але в той же час, сприяє об'єктивнішій оцінці економічної ефективності досліджуваного агрозаходу.

Технологічні операції, витрати ресурсів і методику калькуляції продукції здійснювали за нормативами Національного наукового центру «Інституту аграрної економіки» НААН [293, 294] з урахуванням конкретних особливостей технологій та ресурсного забезпечення. Ціни на ресурси і сільськогосподарську продукцію прийнято на рівні середніх фактичних, що склалися у 2018 році.

Визначення оцінки енергетичної ефективності проводили за відповідними методиками [299 – 302]. Для цього технологічні операції (час роботи техніки та

знарядь) і витрати ресурсів (що були використані для економічної оцінки) нами були перераховані в енергетичні еквіваленти. Ціни на ресурси і сільськогосподарську продукцію середньорівневі на 2018 рік [303].

Статистичну обробку одержаних результатів проводили за Б. Доспеховим [304] використовуючи дисперсійний аналіз. Результати модельних і польових дослідів обраховували методом двохфакторного дисперсійного аналізу, а також за допомогою комп'ютерної програми (Microsoft Office Excel 2003 – 2007).

Для оцінки достовірності відмінностей між варіантами дослідів вираховували найменшу істотну різницю (НІР) по формулі :

$$НІР_{05} = mdt_{05}$$

$md$  – похибка різниці;

$t_{05}$  – критерій Стюдента

## **2.2. Умови проведення модельних, польових і виробничих дослідів**

У модельному досліді вивчали особливості сукцесії мікроорганізмів у ході компостування курячого посліду. Виявлення закономірностей розвитку мікроорганізмів, передусім, потрібне для того, щоб з'ясувати етапи їх інтенсивного розвитку та встановити оптимальні періоди для інтродукції агрономічно цінних мікроорганізмів.

Компостування передбачало попереднє встановлення у субстраті оптимального співвідношення С : N на рівні 20 : 1, оскільки курячий послід має вузьке його співвідношення і складає 9,6:1. Його оптимізацію здійснювали шляхом змішування посліду з торфом і/або соломою, як джерелом вуглецю, у розрахованих кількостях.

Модельні досліді з компостування органічних субстратів на основі пташиного посліду проводили в пластикових контейнерах, куди поміщали по 5 кг курячого посліду вологістю 60 – 70%. З метою оптимізації співвідношення С : N на рівні 20 : 1 у відповідності до варіантів досліді 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 досліді – чотирьохкратна.

Суспензію *T. harzianum* 128 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). Споро-міцеліальну суспензію вносили у кількості 2% від маси сухої компостованої суміші.

Схема досліду № 1 (2013 р.) з компостування органічних субстратів на основі курячого посліду включала наступні варіанти:

1. Контроль (курятний послід) із співвідношенням С:N=9,6:1;
2. Компостна суміш №1 (курятний послід з соломою і торфом) із співвідношенням С:N=20:1;
3. Компостна суміш №2 (курятний послід з торфом) із співвідношенням С:N=20:1.

Схема досліду № 2 (2014 р.) з компостування органічних субстратів на основі курячого посліду за інтродукції агрономічно цінних мікроорганізмів включала наступні варіанти:

1. Контроль (компостна суміш №1 без внесення селекціонованих мікроорганізмів);

Інтродукція до компостної суміші №1 *T. harzianum*128:

2. у 1-й місяць компостування;
3. на 2-й місяць компостування;
4. на 3-й місяць компостування;
5. на 4-й місяць компостування.

Схема досліду № 3 (2015 р.) 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.

Ефективність різних доз експериментальних біокомпостів при вирощуванні картоплі сорту Беллароза перевіряли в умовах польових дрібноділянкових

дослідів на дерново-середньоопідзоленому пилювато-супіщаному окультуреному ґрунті Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (вміст гумусу – 1,02 %; легкогідролізованого азоту (за Тюріним і Коновою) – 57,0 – 58,0 мг; рухомих форм фосфору (за Кірсановим) – 330,0 мг  $P_2O_5$ ; 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  $9m^2$ , повторність дослідів чотирьохкратна.

Сорт картоплі Беллароза – ранній, високоврожайний, посухостійкий, занесений до Реєстру сортів рослин України в 2003 році. Придатний для вирощування в зоні Полісся та Лісостепу [305]. Заявлена товарна урожайність 16,9–32,6 т/га. Вміст крохмалю – 12,6–15,7% [306].

Дослідження проводили за наступними схемами:

Схема досліду № 4 Вплив різних доз експериментального біокомпосту на продукційний процес картоплі сорту Беллароза (2015 рр.)

1. Контроль;
2. Компост з *T. harzianum* 128, 1 гранула/рослину;
3. Компост з *T. harzianum* 128, 3 гранули/рослину;
4. Компост з *T. harzianum* 128, 5 гранул/рослину;
5. Компост з *T. harzianum* 128, 7 гранул/рослину;
6. Компост з *T. harzianum* 128, 10 гранул/рослину;
7. Компост з *T. harzianum* 128, 15 гранул/рослину;
8. Компост з *T. harzianum* 128, 20 гранул/рослину.

Схема досліду № 5 Вплив експериментальних біокомпостів на продукційний процес картоплі сорту Беллароза (2016 – 2017рр.)

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;

Маса однієї гранули складала 0,5 г.



Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень у період 2015–2017 рр. наведено в додатках А та Б [307].

## **РОЗДІЛ 3**

### **ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ МІКРООРГАНІЗМІВ ПРИ КОМПОСТУВАННІ СУБСТРАТІВ НА ОСНОВІ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ**

#### **3.1. Оптимізація органічних субстратів на основі пташиного посліду за співвідношенням C:N**

Для з'ясування особливостей компостування курячого посліду з різним співвідношенням C:N необхідним є вивчення процесів трансформації сполук біогенних елементів у досліджуваних субстратах.

Для оптимального перебігу процесів компостування важливе значення має вуглецево – азотний баланс (співвідношення C:N) у компостованому субстраті. Оптимальним є співвідношення від 20 до 30:1. Чим ширше співвідношення елементів у субстратах, ти повільніше мінералізуються органічні сполуки. За вузького співвідношення C:N мінералізація проходить швидко, проте втрачається значна частина азоту внаслідок утворення аміаку і його подальшого вивітрювання.

Отже, оптимізація компостованих субстратів за співвідношенням C:N є важливим прийомом, який дозволяє створити оптимальні умови для протікання мікробіологічних процесів, вплив яких є вирішальним для отримання якісних компостів.

Оптимізація, як правило, здійснюється за використання органічних матеріалів з широким співвідношенням C:N, таких як солома, торф, відходи паперової та лісозаготівельної галузей. Всі вище перераховані компоненти змішуються у розрахункових кількостях з гноєм ВРХ, послідом птахів, фекаліями тощо. Причому для оптимізації можна комбінувати різні складові. Даний технологічний прийом, крім отримання якісних органічних добрив, має й екологічний ефект за рахунок утилізації місцевих органічних відходів [60, 100, 107].

У наших дослідженнях проведено вивчення ефективності поєднання курячого посліду з соломою та торфом. Відповідно, схема досліду 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;

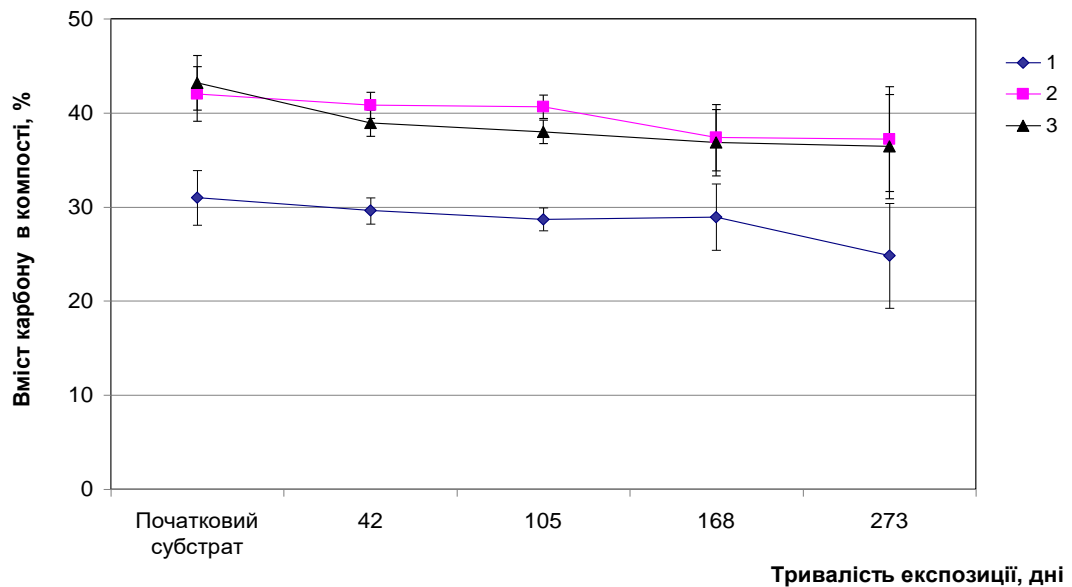
Компостна суміш №2 (курячий послід з торфом) із співвідношенням С:N=20:1.

З метою дослідження особливостей перебігу процесів трансформації сполук окремих біогенних елементів у ході компостування визначали вміст Нітрогену, Карбону та зміни їх співвідношення у компості. Протягом періоду компостування відмічали зміни їх вмісту у порівнянні з початковою кількістю. Результати дослідження динаміки вмісту Карбону свідчать про його втрати у ході ферментації субстрату (рис. 3.1). У всіх варіантах досліду найбільші втрати спостерігаються протягом першого місяця компостування, що пояснюється активним розвитком мікроорганізмів (передусім, амоніфікаторів). Так, протягом першого місяця компостування найбільші втрати Карбону відмічаються у варіанті компостування суміші №2 і складають 9,2 % від початкового його вмісту. Починаючи з 168 доби компостування відбувається стабілізація вмісту Карбону (вміст елементу в компостах, отриманих за поєднання посліду з соломою і/або торфом знаходиться на рівні 36,4 – 37,2%).

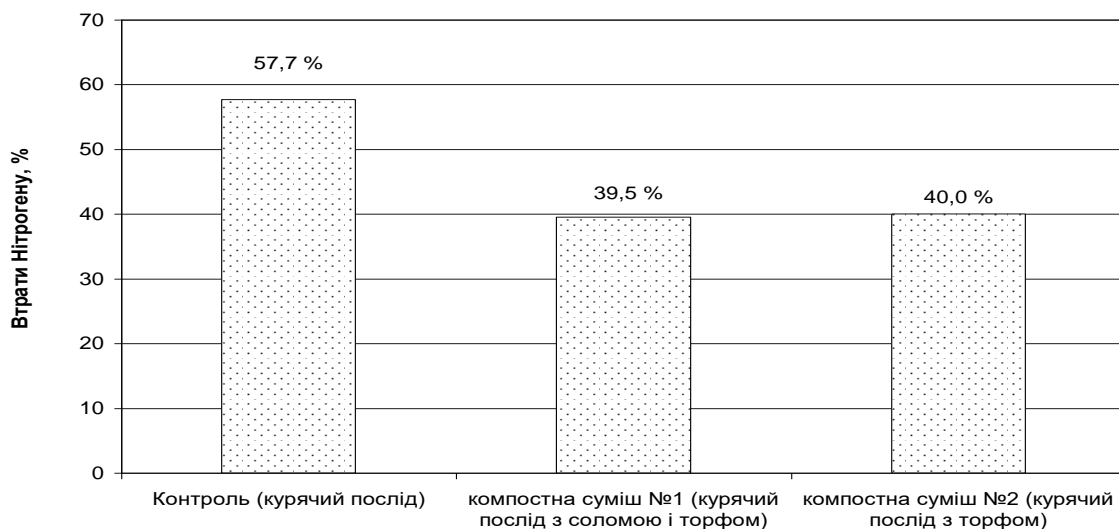
Щодо вмісту Карбону у контрольному компості (без додавання інших компонентів), то як і протягом всього періоду компостування, так і на його кінцевих стадіях відмічаються активні втрати елементу, які складають 20,2 % від початкової кількості.

Отримані результати визначення вмісту Нітрогену у компості також свідчать про втрати цього елементу у ході компостування (рис. 3.2). Найбільші втрати Нітрогену спостерігаються у варіанті компостування посліду без додавання карбонвмісних компонентів. Так, у посліді відмічаються втрати Нітрогену на 57,7 % у порівнянні з початковим вмістом. Щодо компостів з

оптимізованим співвідношенням C:N, спостерігаються значно менші втрати Нітрогену, що пов'язано із біологічним зв'язуванням цього елементу. Так, у кінцевому компості з оптимізованим співвідношенням C:N вміст Нітрогену зменшився на 39,5 – 40,0%.



**Рис. 3.1. Вплив особливостей компостування на вміст Карбону у компості**  
 1 – контроль (курячий послід); 2 – компостна суміш №1 (курячий послід з соломою і торфом); 3 – компостна суміш №2 (курячий послід з торфом)



**Рис. 3.2. Вплив особливостей компостування на втрати Нітрогену у компості**

Незважаючи на втрати Нітрогену і Карбону в ході компостування у кінцевому компості зберігається їх співвідношення. У посліді, що компостувався без добавлення додаткових джерел Карбону, вузьке співвідношення C:N (9 : 1) спостерігалось як на початку ферментації, так і на кінцевому етапі. Позитивний вплив на компостування посліду мало застосування соломи і/або торфу, що забезпечило не лише достатню кількість необхідного джерела Карбону для розвитку мікробіоти даних субстратів, а й дозволило зберегти оптимальне співвідношення Карбону до Нітрогену протягом всього періоду компостування (близько 20 : 1).

Логічно може постати питання: як взагалі унеможливити втрати Нітрогену та Карбону в компостованих субстратах? В принципі це цілком можливо, але в такому випадку як джерело карбону слід використовувати легкозасвоювані органічні сполуки, наприклад, вуглеводи. Зрозуміло, що це нереально з економічних міркувань, тож як джерело Карбону доцільно використовувати вуглецевмісні матеріали, що мають низьку вартість.

### **3.2. Сукцесії мікроорганізмів при компостуванні субстратів на основі пташиного посліду**

У модельному досліді вивчали особливості сукцесії мікроорганізмів у ході компостування курячого посліду. Виявлення закономірностей розвитку мікроорганізмів, передусім, потрібне для того, щоб з'ясувати етапи їх інтенсивного розвитку та встановити оптимальні періоди для інтродукції агрономічно цінних мікроорганізмів.

Для вивчення сукцесії мікробіоти при компостуванні курячого посліду в динаміці досліджували чисельність представників окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів (амоніфікувальних бактерій, мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми Нітрогену, мікроміцетів, азотфіксувальних та денітрифікувальних бактерій, мікроорганізмів, що гідролізують фосфати, целюлозолітичних бактерій), а також активність таких процесів, як інтенсивність дихання, активність потенційної денітрифікації.

Отримані результати свідчать про неоднорідність розвитку мікроорганізмів

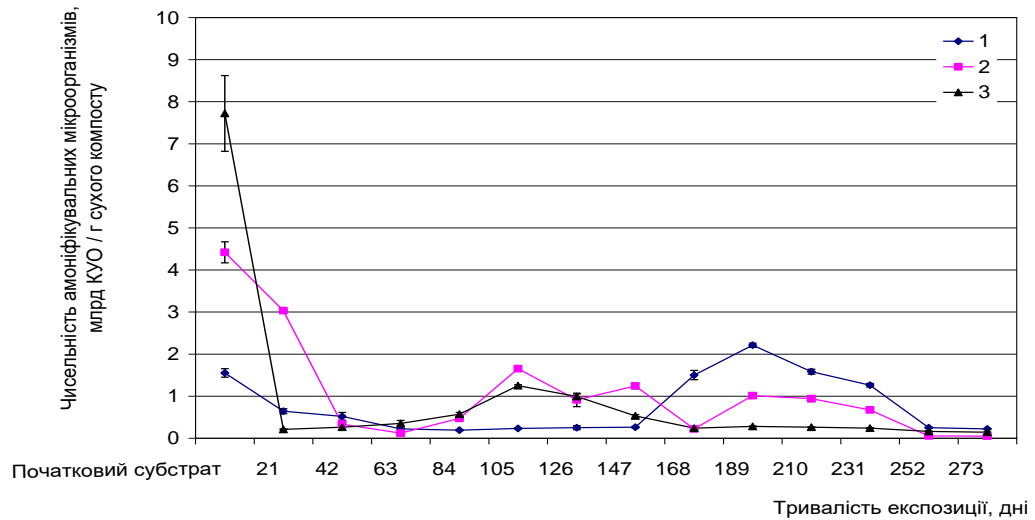
у залежності від співвідношення C:N у компості. Так, облік чисельності амоніфікувальних бактерій та кількості мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми Нітрогену, свідчить, що при компостуванні посліду (без оптимізації співвідношення C:N) спостерігається незначне зростання чисельності представників цих груп мікроорганізмів на початкових стадіях (1-й місяць) з подальшим їх зниженням до кінцевого періоду компостування (рис. 3.3 і 3.4). Протягом першого місяця (21 – 42 доби) компостування чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів у посліді складає 1,5 млрд. КУО/г сухого компосту. При подальшому компостуванні їх чисельність знижується до 0,52 млрд. КУО / г сухого компосту і залишається в цих межах до кінця терміну досліджень. Такі дані свідчать не про трансформацію органічної речовини, а скоріше про її зберігання.

Щодо компостування курячого посліду з соломою та торфом, то протягом четвертого (105 діб) та шостого місяців (168 діб) спостерігається збільшення чисельності амоніфікувальних бактерій та кількості мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми Нітрогену (рис. 3.3 і 3.4). Так, чисельність амоніфікаторів у цьому варіанті зростає з 0,4 млрд. КУО/г суміші на 3-му місяці компостування (що є на рівні показників чисельності амоніфікувальних бактерій у чистому посліді) до 1,65 млрд КУО/г суміші на 4-му місяці. Через 6 місяців компостування відбувається чергове зростання кількості амоніфікаторів (з 0,22 млрд КУО/г суміші у 5-му місяці до 1,01 млрд. КУО/г суміші).

На нашу думку, це пояснюється наявністю в субстратах різних компонентів, відповідно, торфу і соломи.

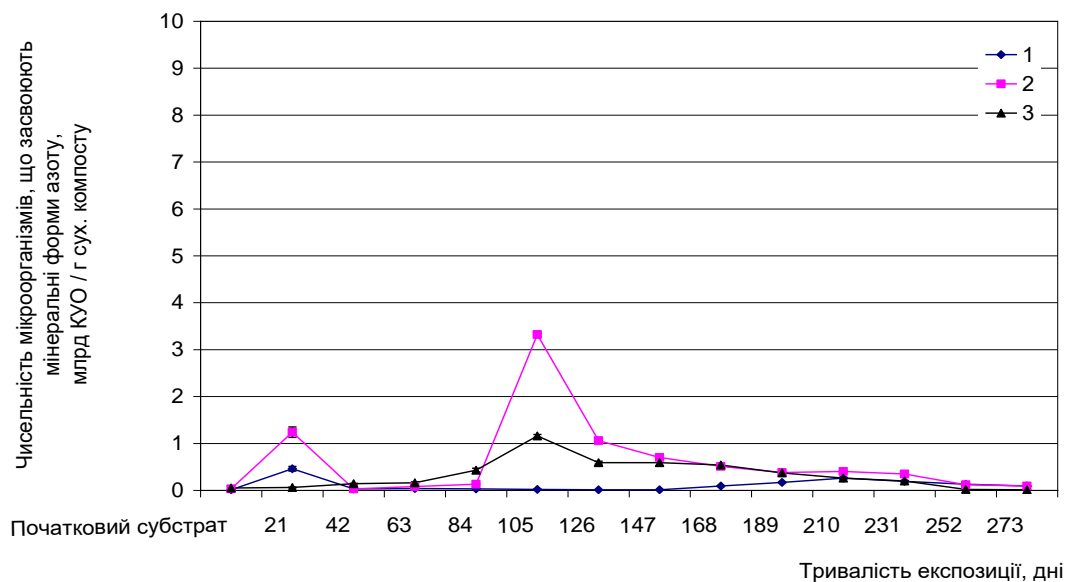
Щодо кількості мікроорганізмів, які засвоюють переважно мінеральні форми Нітрогену, то при компостуванні посліду з соломою і торфом спостерігається стрімкий їх розвиток протягом 4-го місяця компостування (рис. 3.4). Зростання їх чисельності відбувається з 0,13 млрд. КУО/г суміші (3-й місяць компостування) до 3,32 млрд. КУО/г суміші у 4-му. Дещо нижчі показники чисельності представників цієї групи мікроорганізмів у варіанті компостування

посліду з торфом.



**Рис. 3.3. Вплив співвідношення C:N у компостованих субстратах на чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів**

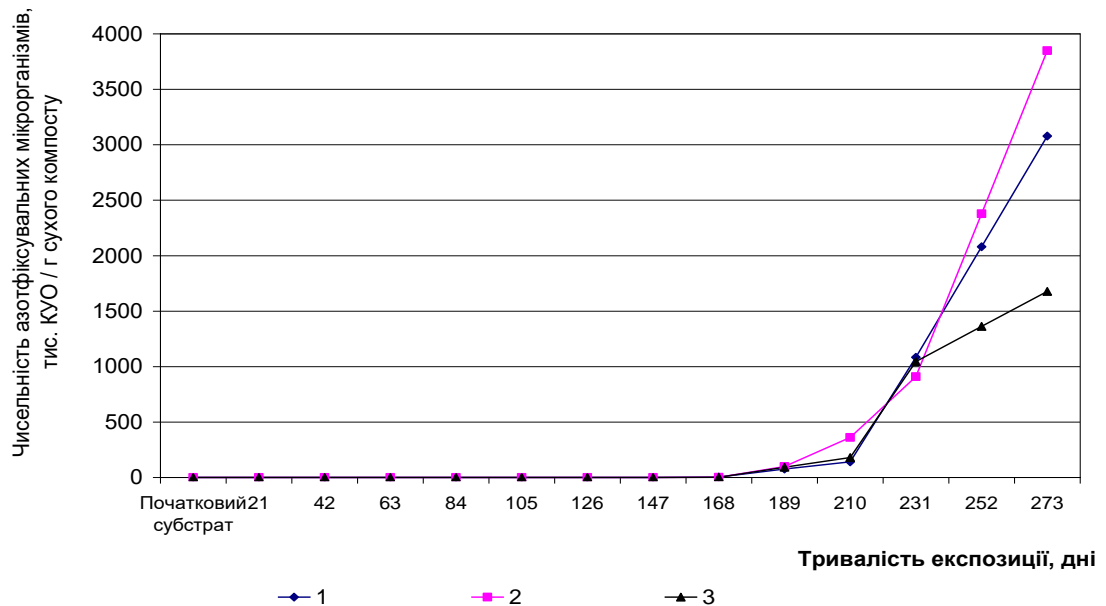
1 – контроль (курячий послід); 2 – компостна суміш №1 (курячий послід з соломною і торфом); 3 – компостна суміш №2 (курячий послід з торфом)



**Рис. 3.4. Вплив співвідношення C:N у компостованих субстратах на чисельність мікроорганізмів, що переважно засвоюють мінеральні форми Нітрогену**

1 – контроль (курячий послід); 2 – компостна суміш №1 (курячий послід з соломною і торфом); 3 – компостна суміш №2 (курячий послід з торфом)

Результати досліджень свідчать, що початкові стадії компостування характеризуються динамічними процесами трансформації сполук Нітрогену. Цей елемент у субстратах в основному знаходиться в легкодоступних формах, що дозволяє мікроорганізмам використовувати його без залучення енергетично високо затратних процесів. Це підтверджують результати обліку чисельності азотфіксувальних бактерій (рис. 3.5).



**Рис. 3.5. Вплив співвідношення С:N у компостованих субстратах на чисельність азотфіксувальних мікроорганізмів**

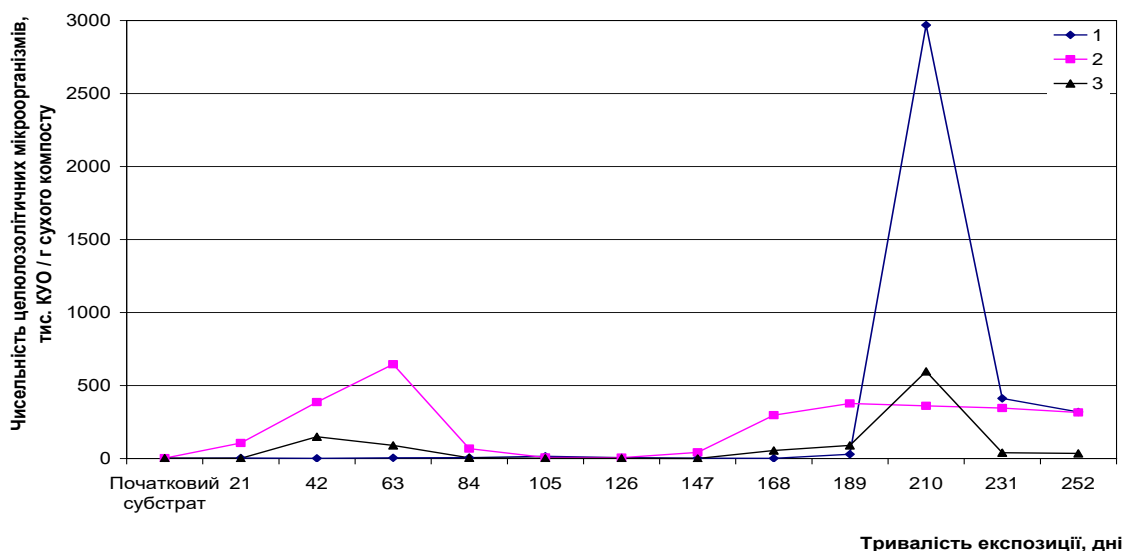
1 – контроль (курячий послід); 2 – компостна суміш №1 (курячий послід з соломкою і торфом); 3 – компостна суміш №2 (курячий послід з торфом)

Так, протягом 5-ти місяців компостування у всіх дослідних варіантах кількість цих мікроорганізмів знаходиться на рівні від 1 до 10 млн КУО / г субстрату. Починаючи з 6-го місяця компостування (168 доба) спостерігається активний розвиток азотфіксаторів, чисельність яких сягає від 1 млрд до 3,5 млрд КУО / г субстрату. Це свідчить про зменшення доступного Нітрогену у компостованих субстратах (мінеральні сполуки Нітрогену частково втрачені, частково трансформувалися в органічні) і необхідність забезпечувати метаболізм за рахунок зв'язування азоту з повітря.

У ході компостування вивчали також чисельність целюлозолітичних



бактерій. Отримані результати свідчать, що їх чисельність у посліді (без оптимізації C:N) протягом тривалого часу (190 діб) залишається стабільно низькою і лише на 7-й місяць зростає з 28,8 до 2968,7 тис. КУО / г сухого компосту (рис. 3.6). На нашу думку, це пояснюється особливостями розкладу тирси, яку використовували на птахофабриці як підстилку. Щодо чисельності целюлозолітичних мікроорганізмів у сумішах з оптимізованим співвідношенням Карбону до Нітрогену (C:N=20:1), то протягом 2-х перших місяців компостування відмічається зростання їх кількості з 2,5 – 2,6 тис. КУО / г на початку компостування до 148,9 тис. КУО/г у суміші посліду з торфом та до 385,7 тис. КУО / г у суміші з соломною і торфом. Активний розвиток целюлозолітичних бактерій у сумішах з соломною і/та торфом на початкових стадіях компостування можна пояснити наявністю Карбону в торфі і соломі. У наступному місяці спостерігається зниження їх чисельності до початкового вмісту.



**Рис. 3.6. Вплив співвідношення C:N у компостах на розвиток целюлозолітичних мікроорганізмів**

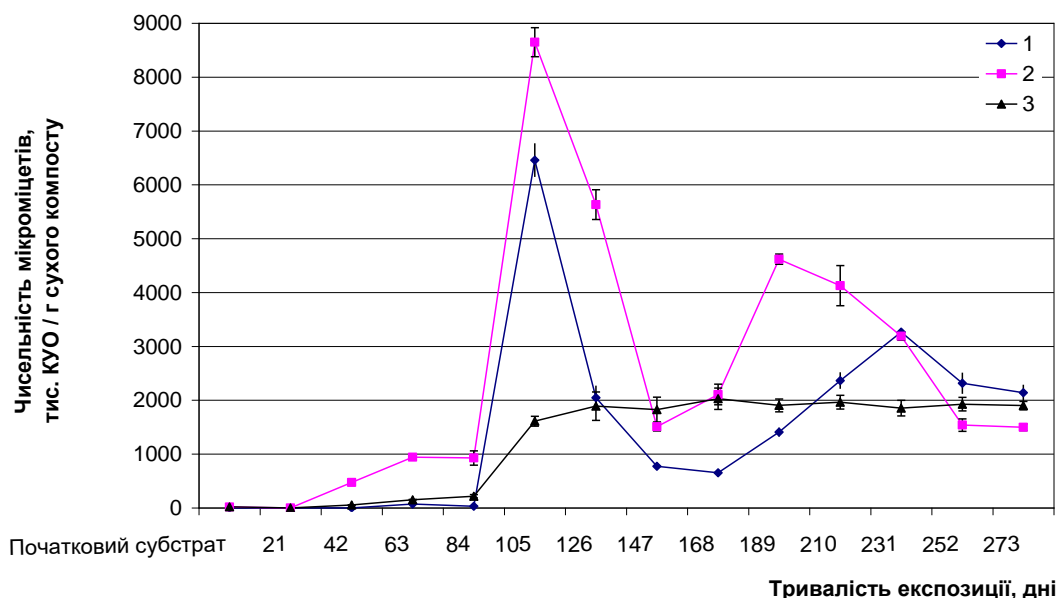
1 – контроль (курячий послід); 2 – компостна суміш №1 (курячий послід з соломною і торфом); 3 – компостна суміш №2 (курячий послід з торфом)

Зростання у всіх варіантах протягом 7-го місяця біокомпостування

чисельності целюлозолітичних бактерій, ймовірно, можна пояснити деструкцією складних органічних сполук.

Протягом періоду компостування також проводили облік чисельності фосфатмобілізівних мікроорганізмів, але отримані результати свідчать про низьку їх кількість у субстратах, що може свідчити про відсутність відповідних умов для їх розвитку.

Іншою досліджуваною групою мікроорганізмів є мікроміцети. Особливості їх розвитку полягають у поступовому зростанні чисельності протягом 3-х місяців компостування (рис. 3.7).



**Рис. 3.7. Вплив співвідношення C:N у компості на розвиток мікроміцетів у компостованих субстратах**

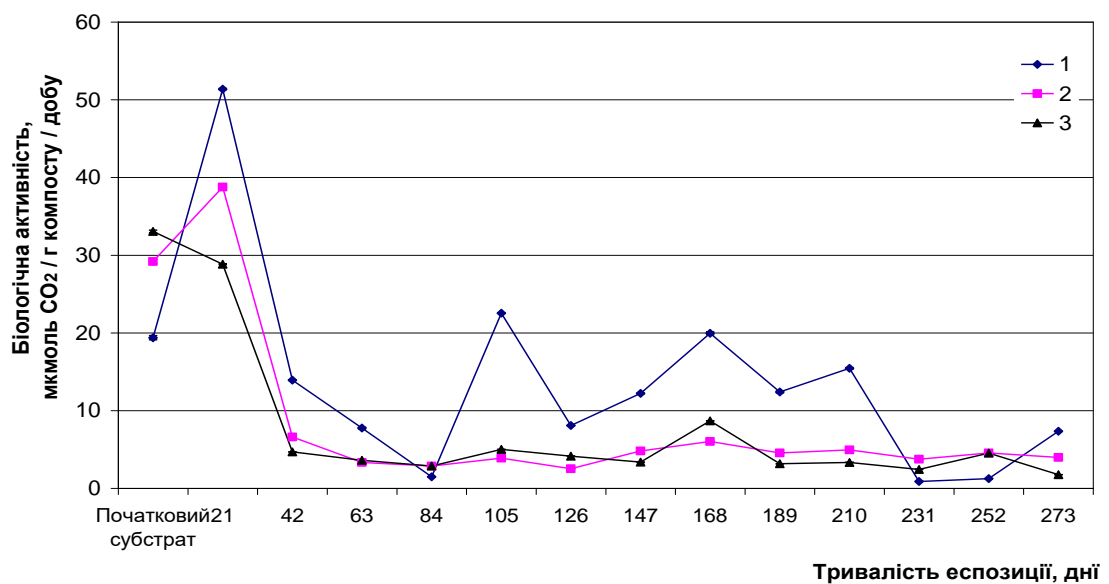
1 – контроль (курячий послід); 2 – компостна суміш №1 (курячий послід з соломкою і торфом); 3 – компостна суміш №2 (курячий послід з торфом)

Максимальні показники чисельності грибів відмічено під час 4-го місяця компостування (105 діб). Так, найвища їх кількість спостерігається у суміші №1 – 8649 тис. КУО / г. Дещо нижчі показники у варіанті з послідом – 6458 тис. КУО / г, а у суміші №2 – 1610 тис. КУО / г. Високу чисельність мікроміцетів у суміші №1 можна пояснити наявністю у субстраті соломи, що є

джерелом Карбону для мікроміцетів.

Подальший розвиток грибів у різних варіантах компостованих субстратів є неоднорідним. Так, протягом 7-го місяця компостування (189 – 210 діб) у посліді і суміші №1 спостерігається відносне зростання кількості мікроміцетів, що можна пояснити розкладанням складних органічних сполук (що обговорювалося вище). У суміші №2 чисельність грибів залишалася сталою з 4-го до 8-го місяця компостування (105 – 273 доби).

Особливості розвитку мікроорганізмів у компостованих субстратах підтверджуються результатами визначення їх біологічної активності (рис. 3.8).



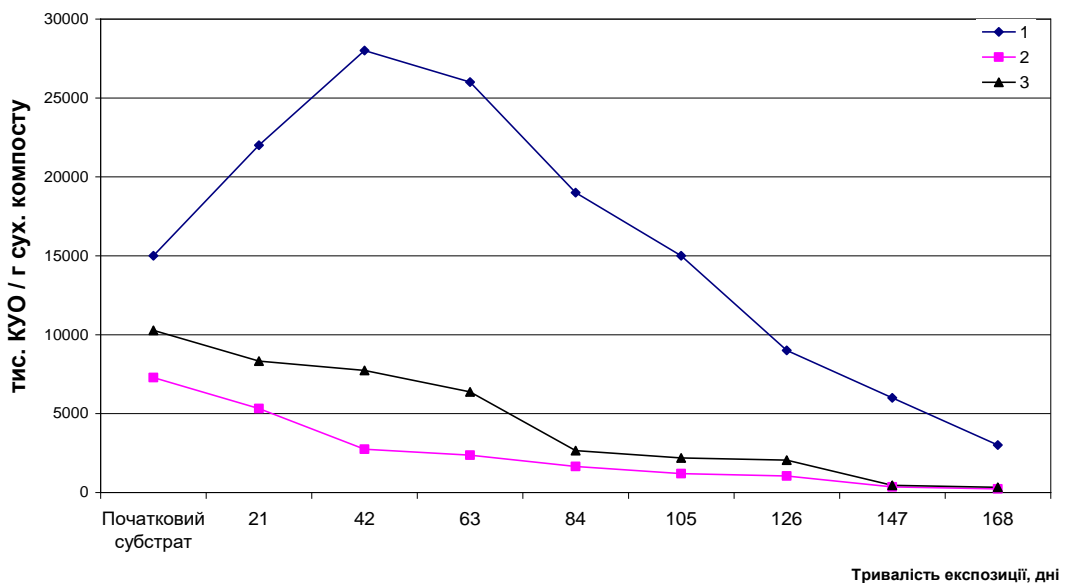
**Рис. 3.8. Вплив співвідношення C:N у компостах на біологічну активність (емісію CO<sub>2</sub>)**

1 – контроль (курячий послід); 2 – компостна суміш №1 (курячий послід з соломкою і торфом); 3 – компостна суміш №2 (курячий послід з торфом)

Так, найвищі показники інтенсивності «дихання» спостерігаються протягом 3 – 4 і 6 – 7 місяців компостування. Отримані дані корелюють з періодами активного розвитку амоніфікувальних бактерій, мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми Нітрогену, целюлозолітичних мікроорганізмів, і в т. ч. мікроміцетів.

На кінцевому етапі компостування у всіх варіантах досліді спостерігається зменшення чисельності представників усіх досліджуваних груп мікроорганізмів і зниження інтенсивності емісії  $\text{CO}_2$ , що є свідченням закінчення процесу компостування.

Підтвердженням цьому є також і характер розвитку денітрифікувальних мікроорганізмів (рис. 3.9)



**Рис. 3.9. Вплив співвідношення С:N у компостах на чисельність денітрифікаторів**

1 – контроль (курячий послід); 2 – компостна суміш №1 (курячий послід з соломою і торфом); 3 – компостна суміш №2 (курячий послід з торфом)

Слід підкреслити, що оптимізація субстрату за вуглецево-азотним співвідношенням в цілому сприяє зменшенню чисельності денітрифікаторів. Так, у варіанті без оптимізації субстрату вуглецевмісним матеріалом (курячий послід) чисельність денітрифікаторів була максимальною і сягала 28 млн. КУО / г компосту. А у варіантах з додаванням вуглецевмісних матеріалів максимальна чисельність денітрифікаторів була значно меншою і склала 5,3 млн. КУО / г компосту (курячий послід, оптимізований торфом і соломою) та 8,2 млн. КУО / г

компосту для варіанту, де вуглецево-азотне співвідношення оптимізували додаванням торфу.

### Висновки до розділу 3

1. Оптимізація співвідношення C:N за внесення до курячого посліду соломи і/або торфу забезпечує оптимальні умови для розвитку мікробіоти та проходження мінералізаційних процесів у компостованих субстратах.

2. Компостування посліду без встановлення співвідношення C:N=20:1 забезпечує розвиток представників більшості досліджених груп мікроорганізмів лише на початкових стадіях компостування і характеризується поступовим зниженням їх кількості. Такі результати свідчать про низький рівень мінералізації органічної речовини. Це є підставою для висновку, що курячий послід недоцільно компостувати у чистому вигляді.

3. У компостах з оптимізованим співвідношенням C:N, досліджена сукцесія мікроорганізмів свідчить про поступове розкладання складних органічних сполук одними мікроорганізмами та створення джерел живлення для інших. Спільною характерною рисою для розвитку всіх досліджуваних груп мікроорганізмів є те що, у варіантах з оптимізованим співвідношенням Карбону до Нітрогену спостерігається 2 періоди активного розвитку мікроорганізмів (4 і 6 – 7-й місяці компостування) та їх спаду (5 та 8 місяці компостування).

4. Зазначені особливості розвитку мікроорганізмів дозволяють зробити висновки, що виділення активних штамів амоніфікувальних мікроорганізмів з компостованих субстратів доцільно здійснювати протягом першого-другого місяців компостування, азотфіксувальних та целюлозолітичних – протягом 7-го, а мікроміцетів – 4 та 7-го місяців компостування. Відповідно, і сприятливі умови для інтродукції агрономічно цінних мікроорганізмів до компостованих сумішей будуть різними, залежно від виду мікроорганізму і поставленої мети. Так, оптимальними періодами для інтродукції амоніфікаторів є другий місяць компостування, азотфіксувальних мікроорганізмів – 6-й, целюлозолітичних – 1 –й або 4 – 5-й, мікроміцетів – 1 – 2-й і 5 – 6-й місяці компостування. Інтродукція мікроорганізмів у ці періоди, на нашу думку, дозволить збагатити компости

корисною мікробіотою.

Основні результати розділу нами опубліковано у наукових працях [308 – 312].

## РОЗДІЛ 4

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

Як відомо, одними з найактивніших мікроорганізмів, здатних здійснювати інтенсивну мінералізацію рослинних решток та інших органічних матеріалів, є представники роду *Trichoderma*, 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, зокрема енергія проростання, схожість насіння, маса надземної частини та кореневої системи, зростає вміст хлорофілів, білків, вуглеводів [48, 97, 212]. У зв'язку з цим основна увага в подальших дослідженнях була зосереджена на пошуку активних штамів триходерми.

У ході досліджень нами виділено 150 ізолятів – представників роду *Trichoderma*. Всі ізоляти виділено з напіврозкладеної пшеничної соломи і можуть розглядатися як потенційні агрономічно цінні мікроорганізми для інтродукції до компостованих субстратів з метою прискорення процесу компостування.

Ізоляти перевіряли за здатністю руйнувати целюлозовмісний субстрат (фільтрувальний папір та соломку) у порівнянні зі штамом *T. harzianum* F-2455. Із 150 ізолятів відібрано 11 найактивніших (додаток В).

Як свідчать результати дослідів (табл. 4.1), найбільшою активністю серед досліджених мікроміцетів володіє ізолят *Trichoderma sp.* 128.

Проведення подальших досліджень з ізолятом *Trichoderma sp.* 128 показало, що це асоціація двох штамів мікроміцетів. Слід відмітити, що штами, які входять до складу асоціації (*Trichoderma sp.* 128/1 і *Trichoderma sp.* 128/2), проявляють меншу деструктивну здатність у випадку, коли використовуються окремо (табл. 4.2), а за їх одночасного застосування спостерігається синергізм у забезпеченні процесів мінералізації.

Для більш глибокого розкриття механізму деструкції рослинних решток асоціацією грибів *Trichoderma sp.* 128 нами досліджено продукування ферментів целюлазного комплексу в динаміці.

Таблиця 4.1

### Целюлозолітична активність грибів

| Мікроорганізми                       | Маса соломи до ферментації, г | Маса соломи після ферментації, г | Ступінь розкладання соломи, % |
|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Без мікроорганізмів, контроль        | 1,033                         | 0,898                            | 13                            |
| <i>T. harzianum</i> F-2455           | 1,014                         | 0,801                            | 21                            |
| <i>Trichoderma sp.</i> 26            | 1,057                         | 0,898                            | 15                            |
| <i>Trichoderma sp.</i> 124           | 1,061                         | 0,901                            | 15                            |
| <i>Trichoderma sp.</i> 140           | 1,026                         | 0,800                            | 22                            |
| <i>Trichoderma sp.</i> 158           | 1,063                         | 0,903                            | 15                            |
| <i>Trichoderma sp.</i> 130           | 1,032                         | 0,804                            | 22                            |
| <i>Trichoderma sp.</i> 127           | 1,011                         | 0,899                            | 11                            |
| <i>Trichoderma sp.</i> 147           | 1,044                         | 0,803                            | 23                            |
| <i>Trichoderma sp.</i> 122           | 1,085                         | 0,868                            | 20                            |
| Асоціація <i>Trichoderma sp.</i> 128 | 1,043                         | 0,698                            | 33                            |
| <i>Trichoderma sp.</i> 128/1         | 1,055                         | 0,759                            | 28                            |
| <i>Trichoderma sp.</i> 128/2         | 1,074                         | 0,794                            | 26                            |



Як відомо, активність целюлазного ферментного комплексу мікроорганізмів значною мірою залежить від складу целюлозовмісного субстрату, періоду культивування та фізіологічних особливостей штаму [273].

Таблиця 4.2

**Синергізм асоціації *Trichoderma sp.* 128 при розкладанні  
фільтрувального паперу та пшеничної соломи впродовж 21 доби на рідкому  
середовищі Чапека-Докса**

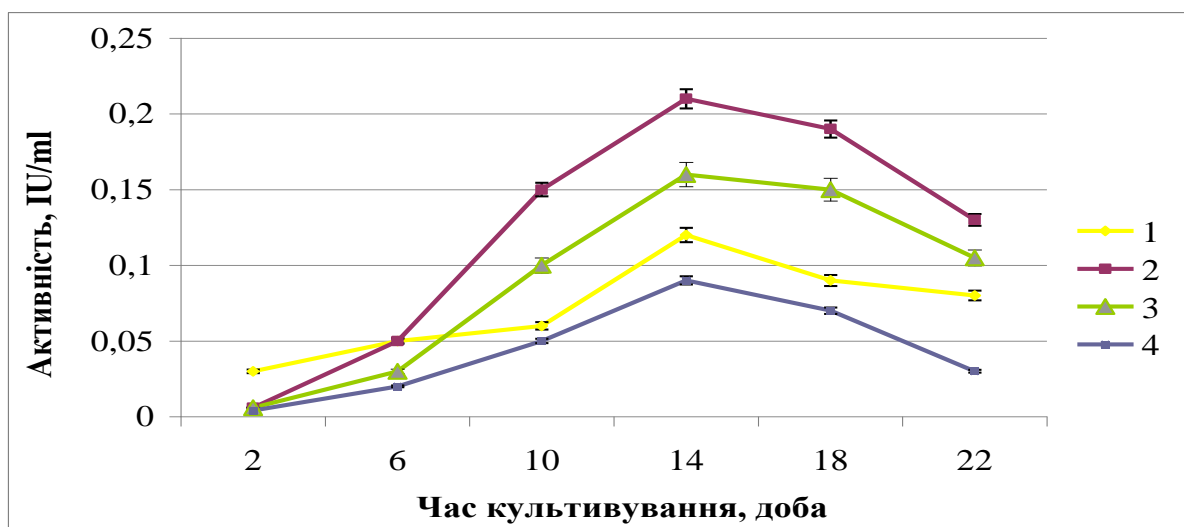
| Варіанти дослідів   | Розкладання соломи, % | Розкладання фільтрувального паперу, % |
|---|-----------------------|---------------------------------------|
| Без мікроорганізмів, контроль                               | 13                    | 15                                    |
| <i>Trichoderma sp.</i> 128/1 + <i>Trichoderma sp.</i> 128/2 | 33                    | 40                                    |
| <i>Trichoderma sp.</i> 128/1                                | 28                    | 34                                    |
| <i>Trichoderma sp.</i> 128/2                                | 26                    | 29                                    |

Здатність мікроорганізмів до синтезу екзоглюканази вказує на їх високий целюлозолітичний потенціал [313, 314].

Як свідчать одержані результати (рис. 4.1 і 4.2), найвищі показники екзоглюканазної активності спостерігалися на 14 добу при культивуванні мікроміцетів як на фільтрувальному папері, так і на пшеничній соломі, і складали для *T. harzianum* F-2455 – 0,122 та 0,041 IU/ml, для асоціації *Trichoderma sp.* 128 – 0,213 та 0,194 IU/ml, для *Trichoderma sp.* 128/1 – 0,163 та 0,152 IU/ml, для *Trichoderma sp.* 128/2 – 0,090 та 0,072 IU/ml відповідно.

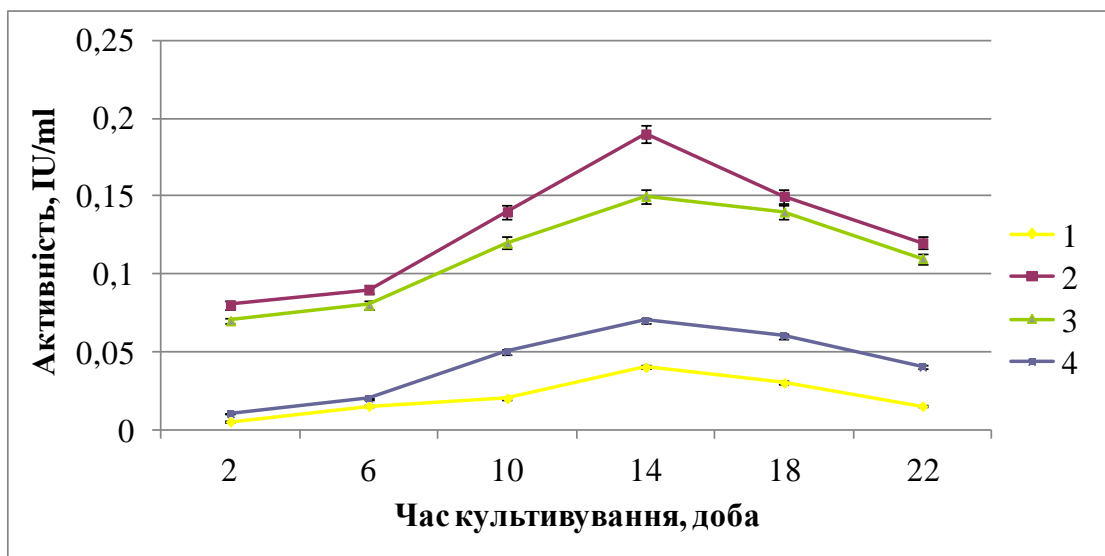
Такий фермент як ендоглюканаза забезпечує розклад аморфних форм целюлози до целобіози [313]. За культивування грибів на середовищі з фільтрувальним папером найвищу ендоглюканазну активність відмічали на 10 добу – відповідно, показники становили: для *T. harzianum* F-2455 – 0,184 IU/ml, для асоціації

*Trichoderma sp.* 128 – 0,331 IU/ml, для *Trichoderma sp.* 128/1 – 0,282 IU/ml, для *Trichoderma sp.* 128/2 – 0,194 IU/ml (рис. 4.3).



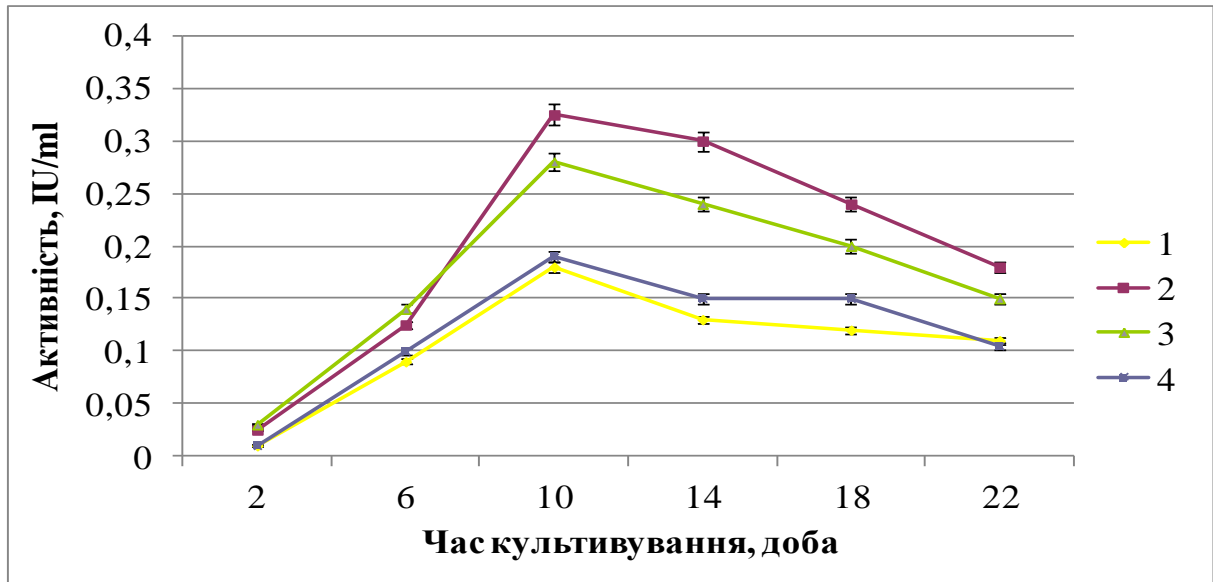
**Рис. 4.1. Екзоглюканазна активність грибів (за використання фільтрувального паперу)**

1 – *T. harzianum* F-2455; 2 – асоціація *Trichoderma sp.* 128; 3 – *Trichoderma sp.* 128/1; 4 – *Trichoderma sp.* 128/2



**Рис. 4.2. Екзоглюканазна активність грибів (за використання пшеничної соломи):** 1 – *T. harzianum* F-2455; 2 – асоціація *Trichoderma sp.* 128; 3 – *Trichoderma sp.* 128/1; 4 – *Trichoderma sp.* 128/2

Максимум ендоглюканазної активності за використання пшеничної соломи як єдиного джерела вуглецю спостерігали на 14 добу (рис. 4.4): для *T. harzianum* F-2455 – 0,174 IU/ml, для асоціації *Trichoderma* sp. 128 – 0,250 IU/ml, для *Trichoderma* sp. 128/1 – 0,213 IU/ml, для *Trichoderma* sp. 128/2 – 0,172 IU/ml.

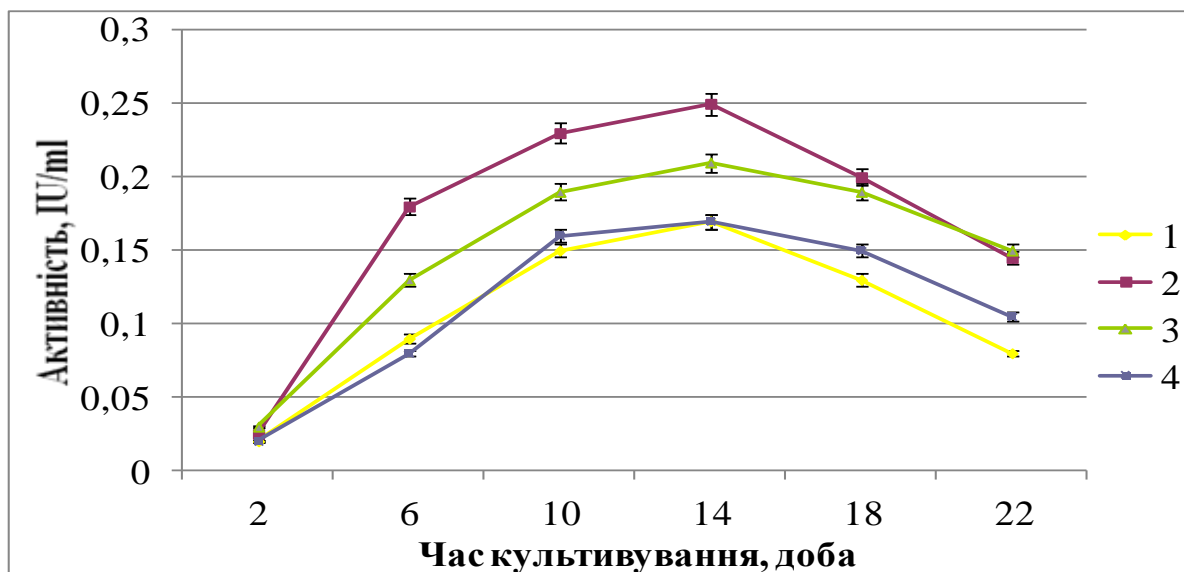


**Рис. 4.3. Ендоглюканазна активність грибів (за використання фільтрувального паперу)**

1 – *T. harzianum* F-2455; 2 – асоціація *Trichoderma* sp. 128; 3 – *Trichoderma* sp. 128/1; 4 – *Trichoderma* sp. 128/2

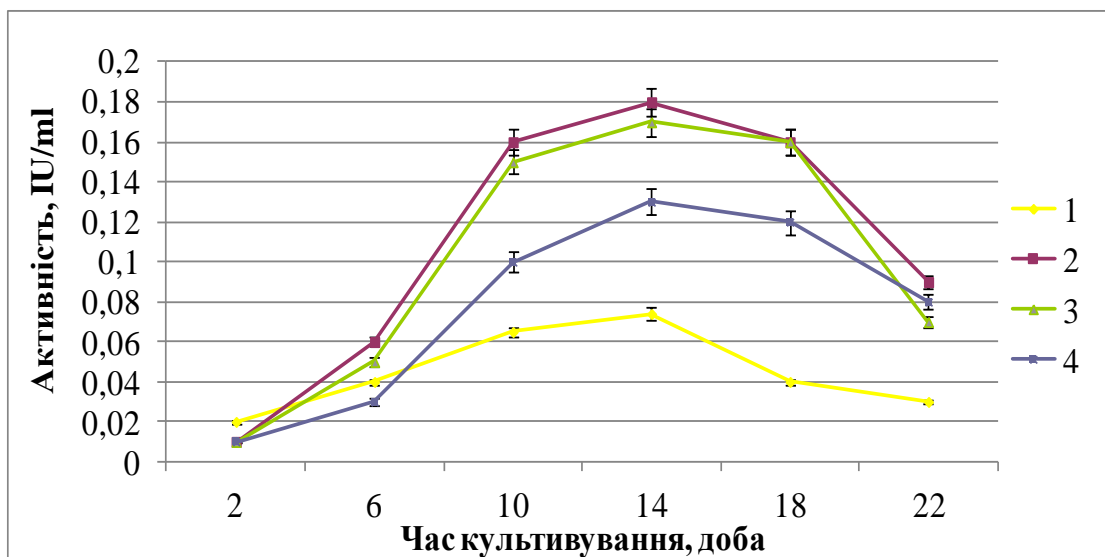
Ендоглюканаза і екзоглюканаза забезпечують первинний етап розкладу целюлози. Одним із продуктів її деградації є целобіоза, яка за дії ферменту  $\beta$ -глюкозидази гідролізується до глюкози [272]. У зв'язку з цим важливим є визначення активності даного ферменту у досліджуваних мікроміцетів.

На відміну від ендо- і екзоглюканазної активності,  $\beta$ -глюкозидазна активність досліджуваних грибів була вищою за їх культивування на середовищі з пшеничною соломою, ніж з фільтрувальним папером. Максимальні значення активності спостерігали на 14 добу: для *T. harzianum* F-2455 – 0,070 та 0,094 IU/ml, для асоціації *Trichoderma* sp. 128 – 0,182 та 0,291 IU/ml, для *Trichoderma* sp. 128/1 – 0,173 та 0,250 IU/ml, для *Trichoderma* sp. 128/2 – 0,133 та 0,154 IU/ml відповідно (рис. 4.5, 4.6).



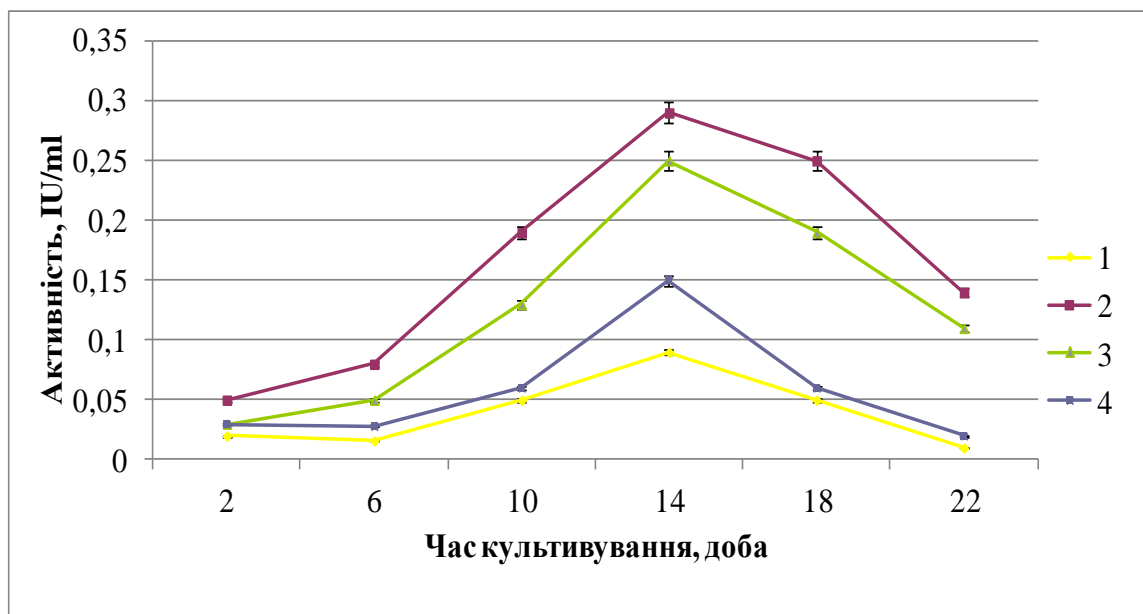
**Рис. 4.4. Ендоглюканазна активність грибів (за використання пшеничної соломи)**

1 – *T. harzianum* F-2455; 2 – асоціація *Trichoderma* sp. 128; 3 – *Trichoderma* sp. 128/1; 4 – *Trichoderma* sp. 128/2



**Рис. 4.5.  $\beta$ -глюкозидазна активність грибів (за використання фільтрувального паперу)**

1 – *T. harzianum* F-2455; 2 – асоціація *Trichoderma* sp. 128; 3 – *Trichoderma* sp. 128/1; 4 – *Trichoderma* sp. 128/2



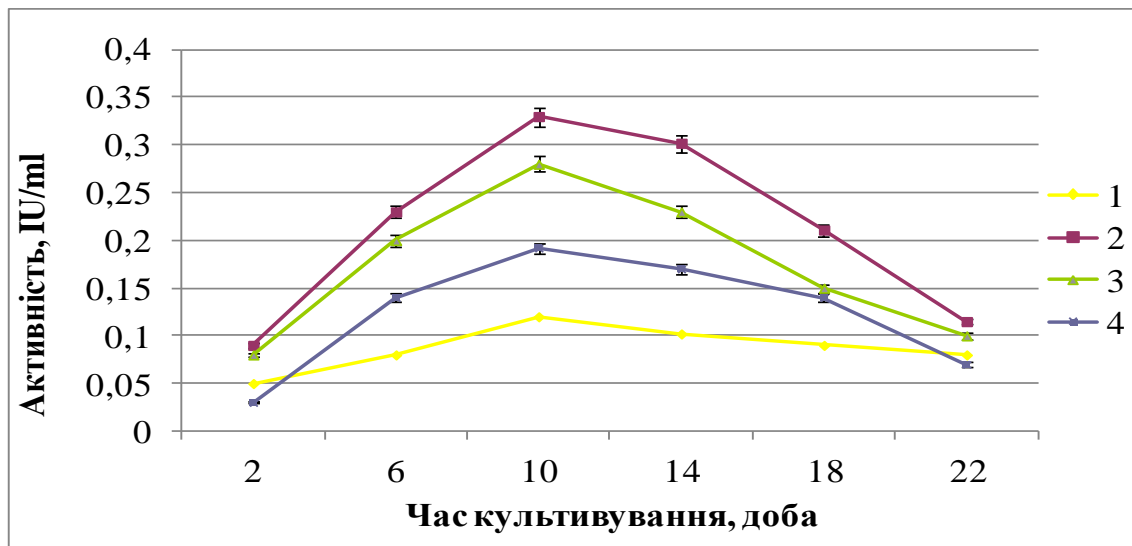
**Рис. 4.6.  $\beta$ -глюкозидазна активність грибів (за використання пшеничної соломи)**

1 – *T. harzianum* F-2455; 2 – асоціація *Trichoderma* sp. 128; 3 – *Trichoderma* sp. 128/1; 4 – *Trichoderma* sp. 128/2

Досліджували також загальну целюлазну активність мікроміцетів. Цей показник є інтегральною оцінкою ефективності целюлазного комплексу [272]. Отримані дані вказують на прояв найвищої загальної целюлазної активності на 10 день культивування грибів (рис. 4.7 і 4.8). Так, загальна целюлазна активність грибів становила для *T. harzianum* F-2455 – 0,122 та 0,090 IU/ml, для асоціації *Trichoderma* sp. 128 – 0,330 та 0,313 IU/ml, для *Trichoderma* sp. 128/1 – 0,281 та 0,232 IU/ml, для *Trichoderma* sp. 128/2 – 0,190 та 0,164 IU/ml відповідно.

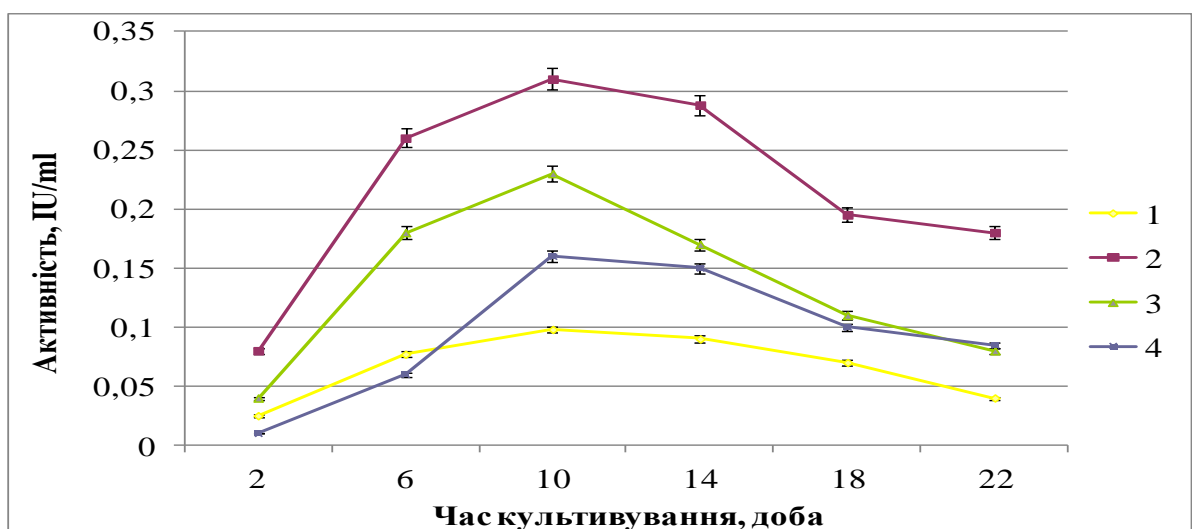
Отже, отримані результати свідчать, що асоціація грибів *Trichoderma* sp. 128 здатна до синтезу низки целюлозолітичних ферментів. Варто відмітити синергічну взаємодію штамів, що входять до складу асоціації.

Найбільш ілюстративним показником всього целюлазного комплексу є загальна целюлазна активність, за дослідження якої чітко простежується, що *Trichoderma* sp. 128/1 та *Trichoderma* sp. 128/2 проявляють меншу активність за окремого культивування, ніж в асоціації.



**Рис. 4.7. Загальна целюлазна активність грибів (фільтрувальний папір)**

1 – *T. harzianum* F-2455; 2 – асоціація *Trichoderma* sp. 128; 3 – *Trichoderma* sp. 128/1; 4 – *Trichoderma* sp. 128/2



**Рис. 4.8. Загальна целюлазна активність грибів (пшенична солома)**

1 – *T. harzianum* F-2455; 2 – асоціація *Trichoderma* sp. 128; 3 – *Trichoderma* sp. 128/1; 4 – *Trichoderma* sp. 128/2

Так, для асоціації *Trichoderma* sp. 128 пік загальної целюлозолітичної активності спостерігали на 10 добу і становив 0,330 IU/ml при культивуванні з фільтрувальним папером та 0,313 IU/ml при культивуванні на середовищі з пшеничною соломою. У всіх випадках культивування асоціації *Trichoderma* sp.

128 з пшеничною соломою продукування целюлозолітичних ферментів було нижчим, окрім  $\beta$ -глюкозидазної активності, що є типовим для багатьох грибів.

Важливою ознакою агрономічно цінних мікроорганізмів є відсутність їх фітотоксичності. Токсичними вважаються культури бактерій чи грибів, які спричиняють зниження схожості насіння або пригнічення росту паростків і коріння не менш ніж на 30% у порівнянні з контролем [269, 271]. Як свідчать отримані результати, нативна культуральна рідина (КР) гальмує розвиток коріння кукурудзи (тал. 4.3).

Таблиця 4.3

Результати визначення фітотоксичності асоціації грибів *Trichoderma sp.* 128

| Варіанти дослідів   | Довжина коріння, см | Аф, % |
|---|---------------------|-------|
| Контроль (замочування насіння у воді)                                   | 2,69                | —     |
| Замочування насіння в поживному середовищі                              | 2,73                | —     |
| Замочування насіння в КР <i>Trichoderma sp.</i> 128, розбавлений водою: |                     |       |
| Нативна КР  | 2,52                | 10,0  |
| КР, 1:10  | 2,75                | -3,5  |
| КР, 1:100   | 2,91                | -13,0 |
| КР, 1:1000  | 3,14                | -26,7 |
| КР, 1:10 000  | 2,85                | -9,5  |
| КР, 1:100 000   | 2,73                | -2,3  |
| НІР <sub>05</sub>   | 0,03                |       |

У той же час, розбавлення КР водою сприяє розвитку коріння порівняно з контрольним варіантом (замочування насіння у воді). При цьому вплив КР на ріст коренів має параболічний характер, що є типовим для прояву дії фітогормонів та синтетичних стимуляторів росту і розвитку рослин. Найбільший приріст довжини коренів спостерігали за розведення КР у співвідношенні 1 : 1000. Отримані

результати свідчать, що досліджувана асоціація мікроміцетів не має фітотоксичних властивостей. Більше того, КР грибів має рістстимулювальний ефект.

Важливим при дослідженні особливостей агрономічно цінних мікроорганізмів є також відсутність їх патогенності.

Досліджуваний рід мікроорганізмів (*Trichoderma* Pers.) не включено до переліку небезпечних біологічних об'єктів, які можуть інфікувати людей і тварин або бути для них токсичними чи алергічними чинниками. Проте поряд з відомими метаболітами грибів роду *Trichoderma* виявляються нові ще не вивчені продуценти, які, в свою чергу, потребують детального вивчення, особливо з огляду на те, що за деякими повідомленнями окремі штами – представники роду *Trichoderma* можуть становити загрозу для здоров'я людини [315].

У зв'язку з цим нами проведено дослідження можливої патогенності асоціації *Trichoderma* sp. 128. За період спостереження після введення споро – міцеліальної суспензії гриба *Trichoderma* sp. 128/1 перорально у дозах  $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$  та  $1 \times 10^8$  КУО в  $1 \text{ см}^3$  тварини добре поїдали корм, мали жвавий вигляд. Достовірна різниця у масі та температурі тіла дослідних і контрольних тварин, а також у загальному стані організму та поведінці була відсутня.

Середня летальна доза за перорального введення культури гриба *Trichoderma* sp. 128/1 становить  $\text{LD}_{50} \text{ per os} > 1 \times 10^8$  клітин / мишу (табл. 4.4).

Для внутрішньочеревних ін'єкцій застосовували такі ж концентрації, як і для перорального введення. Упродовж періоду спостереження тварини мали жвавий вигляд, блискучий хутряний покрив та добрий апетит. Різниці в масі та в температурі тіла, а також в загальному стані організму та поведінці дослідних і контрольних тварин не відзначали. Однак на 4 та 9 добу у групах тварин, яким вводили досліджуваний матеріал у дозах  $1 \times 10^8$  та  $1 \times 10^7$  клітин на мишу відповідно, виявлено загибель тварин (табл. 4.4). При патологоанатомічному дослідженні внутрішніх органів загиблих тварин були встановлені видимі зміни поверхні та паренхіми печінки: орган місцями блілого кольору з крововиливами.



Таблиця 4.4

Результати дослідження вірулентності *Trichoderma sp. 128/1*

| Матеріал для введення         | Кількість мишей, гол. | Доза            |          | Спосіб введення     | Курс введення, діб | Кількість мишей, гол. |                |        |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------|----------|---------------------|--------------------|-----------------------|----------------|--------|
|                               |                       | см <sup>3</sup> | млн. КУО |                     |                    | захворіло             | загинуло       | вижило |
| Споро–міцеліальна суспензія   | 5                     | 1,0             | 100,0    | в/ч <sup>1</sup>    | 1                  | 1                     | 1 <sup>2</sup> | 4      |
|                               | 5                     | 1,0             | 10,0     | в/ч                 | 1                  | 1                     | 1 <sup>3</sup> | 4      |
|                               | 5                     | 1,0             | 1,0      | в/ч                 | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                               | 5                     | 1,0             | 100,0    | per os <sup>1</sup> | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                               | 5                     | 1,0             | 10,0     | per os              | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                               | 5                     | 1,0             | 1,0      | per os              | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
| Контроль (ізотонічний розчин) | 5                     | 1,0             | 0        | в/ч                 | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                               | 5                     | 1,0             | 0        | per os              | 1                  | 0                     | 0              | 5      |

\*Примітка: 1) в/ч – внутрішньочеревне введення, per os – введення через рот; 2) загинула 1 тварина на 4 добу після ін'єкції; 3) загинула 1 тварина на 9 добу після ін'єкції.

Всі тварини дослідних і контрольних груп, які залишилися живими після закінчення терміну спостереження, були вбиті, проведено їх розтин і дослідження внутрішніх органів. Результати розтину показали відсутність видимих змін у внутрішніх органах досліджуваних тварин.

Мікробіологічні дослідження внутрішніх органів дослідних тварин через 20 діб після початку досліджень засвідчили, що штам *Trichoderma sp.* 128/1 не інфективний, не дисемінує і не розмножується в організмі теплокровних. Внутрішньочеревне та пероральне введення суспензії живих клітин та спор штаму не призвело до інвазії у внутрішні органи тварин, а ін'єкційно введені дози споро – міцеліальної суміші гриба в макроорганізм елімінувалися упродовж 20 діб (строк спостереження).

Отримані результати свідчать про авірулентність штаму *Trichoderma sp.* 128/1 для досліджених теплокровних тварин ( $\text{ЛД}_{50} \text{ в/ч} \geq 1 \times 10^8 \text{ КУО} / \text{мишу}$ ,  $\text{ЛД}_{50} \text{ per os} > 1 \times 10^8 \text{ КУО} / \text{мишу}$ ).

Таким чином, згідно отриманих результатів та відповідних нормативних документів (додаток Г) штам гриба *Trichoderma sp.* 128/1 належить до групи авірулентних мікроорганізмів, не здатних до інвазії у внутрішні органи досліджених теплокровних тварин. Згідно даних щодо відсутності вірулентності, без урахування рівнів токсичності, токсигенності, алергенності, дисбіотичної дії штам *Trichoderma sp.* 128/1 може вважатися непатогенним [313].

Щодо штаму *Trichoderma sp.* 128/2 то за період спостереження після введення споро – міцеліальної суспензії гриба *Trichoderma sp.* 128/2 перорально у дозах  $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$  та  $1 \times 10^8$  КУО у  $1 \text{ см}^3$  тварини добре поїдали корм, мали жвавий вигляд. Достовірна різниця у масі та температурі тіла дослідних і контрольних тварин, а також у загальному стані організму та поведінці була відсутня. Тварини були активними, фізіологічні функції організму у нормі, клінічних ознак токсикозу не відмічено. Середня летальна доза за перорального введення культури гриба *Trichoderma sp.* 128/2 становить  $\text{ЛД}_{50} \text{ per os} > 1 \times 10^8$  клітин / мишу (табл. 4.5).

Для внутрішньочеревних ін'єкцій застосовували ті ж концентрації, що і для перорального введення. Впродовж періоду спостереження тварини добре поїдали корм, мали жвавий вигляд та блискучий хутряний покрив. Достовірна різниця в масі та температурі тіла дослідних і контрольних тварин, а також в загальному стані організму та поведінці була відсутня. Проте на 10 та 19 добу у групах, яким вводили досліджуваний матеріал у дозах  $1 \times 10^8$  та  $1 \times 10^7$  клітин на мишу відповідно, було виявлено загибель тварин (табл. 4.5). При проведенні патологоанатомічного розтину загиблих тварин не встановлено видимих патологічних змін в усіх внутрішніх органах, крім печінки: поверхня та паренхіма органу була блілого кольору з наявністю крапчастих крововиливів.

Всі миші дослідних і контрольних груп, які залишилися живими після закінчення терміну спостереження, були вбиті, проведено їх розтин і дослідження внутрішніх органів.

Результати розтину показали:

- серце знаходиться в межах анатомічної норми;
- легені в об'ємі не збільшені, поверхні гладенькі, спайок не відмічено, долі легко відокремлюються одна від одної;
- шлунок, петлі тонкого і товстого кишечника зовні без змін, на розрізі малюнок слизової незмінений;
- печінка темно-коричневого кольору, не збільшена, нормальної консистенції, середнього кровонаповнення, поверхня гладенька;
- нирки бобоподібної форми, не збільшені, поверхні гладенькі, на розрізі чіткий малюнок кіркової і мозкової зон, межа між зонами не згладжена;
- селезінка пружної консистенції, не збільшена, на розрізі пульпа помірно повнокровна і темного кольору.

Таблиця 4.5

Результати дослідження вірулентності *Trichoderma sp.* 128/2

| Матеріал для введення         | Кількість мишей, гол. | Доза            |          | Спосіб введення     | Курс введення, діб | Кількість мишей, гол. |                |        |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------|----------|---------------------|--------------------|-----------------------|----------------|--------|
|                               |                       | см <sup>3</sup> | млн. КУО |                     |                    | захворіло             | загинуло       | вижило |
| Споро–міцеліальна суспензія   | 5                     | 1,0             | 100,0    | в/ч <sup>1</sup>    | 1                  | 1                     | 1 <sup>2</sup> | 4      |
|                               | 5                     | 1,0             | 10,0     | в/ч                 | 1                  | 1                     | 1 <sup>3</sup> | 4      |
|                               | 5                     | 1,0             | 1,0      | в/ч <sup>1</sup>    | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                               | 5                     | 1,0             | 100,0    | per os <sup>1</sup> | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                               | 5                     | 1,0             | 10,0     | per os              | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                               | 5                     | 1,0             | 1,0      | per os              | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
| Контроль (ізотонічний розчин) | 5                     | 1,0             | 0        | в/ч                 | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                               | 5                     | 1,0             | 0        | per os              | 1                  | 0                     | 0              | 5      |

\*Примітка: 1) в/ч – внутрішньочеревне введення, per os – введення через рот; 2) загинула 1 тварина на 10 добу після ін'єкції; 3) загинула 1 тварина на 19 добу після ін'єкції.

Мікробіологічні дослідження внутрішніх органів дослідних тварин через 20 діб після початку досліджень засвідчили, що штам *Trichoderma sp.* 128/2 не інфективний, не дисемінує і не розмножується в організмі теплокровних. Внутрішньочеревне та пероральне введення суспензії живих клітин штаму не призвело до інвазії у внутрішні органи тварин, а ін'єкційно введені дози споро – міцеліальної суміші гриба в макроорганізм елімінувалися упродовж 20 діб (строк спостереження).

Отримані результати свідчать про авірулентність штаму *Trichoderma sp.* 128/2 для досліджених теплокровних тварин ( $LD_{50}$  в/ч  $\geq 1 \times 10^8$  КУО / мишу,  $LD_{50}$  per os  $> 1 \times 10^8$  КУО / мишу).

Таким чином, згідно отриманих результатів та відповідних нормативних документів (додаток Г) штам гриба *Trichoderma sp.* 128/2 належить до групи авірулентних мікроорганізмів, не здатних до інвазії у внутрішні органи досліджених теплокровних тварин. Згідно даних щодо відсутності вірулентності, без урахування рівнів токсичності, токсигенності, алергенності, дисбіотичної дії штам *Trichoderma sp.* 128/2 може вважатися непатогенним [315].

Проведення досліджень з визначення морфолого-культуральних властивостей асоціації мікроміцетів *Trichoderma sp.* 128 дозволило встановити наступне.

1. Активний ріст асоціації спостерігається вже на другий день після посіву. Міцелій спочатку білий, потім зеленішає. На 4 – 5 день ріст стає інтенсивнішим і чашка Петрі заростає на 100 %, забарвлення стає жовтішим. *Trichoderma sp.* 128/1 розвивається спочатку інтенсивніше за *Trichoderma sp.* 128/2 і росте більше по краю чашки, а *Trichoderma sp.* 128/2 розвивається переважно в центрі чашки і на 4 – 5 день за рівнем інтенсивності росту наближається до показників *Trichoderma sp.* 128/1. Отже, на 4 – 5 день їх співвідношення становить приблизно 1 : 1. Штами грибів відрізняються за швидкістю росту та відмінності в забарвленні колоній. Так, міцелій асоціації стає зелено-малахітовим на 3 – 4 день росту, а жовто-зелений відтінок

з'являється на 3 – 5 день росту, що обумовлено початком спороношення штаму *Trichoderma sp.* 128/2.

2. Штам *Trichoderma sp.* 128/1 швидкорослий, активний ріст колоній відмічається на другий день. Радіус колоній на сусло-агарі на 3 добу становить 43,5-50,0 мм (за температури 26 °C), 27,7-35,0 мм (за температури 35 °C). Міцелій безбарвний, сланкий, ватоподібний. Спорношення з'являється на 3 – 4 день росту. Колір стає зелено-малахітовим. Зворотня сторона колоній має жовтий відтінок. Пігмент у середовище не виділяється. Конідієносці безбарвні, гладенькі, злегка звивисті, 4,0 – 8,0 мкм у діаметрі, деревоподібно розгалужені через рівні проміжки, гілочки розташовані по дві – три, іноді по одній, прямі чи дещо зігнуті, розходяться під прямим кутом до конідієносця. Фіаліди розташовані на гілочках мутовками по 2 – 6, рідко по одній. Амбулоподібні до яйцеподібних, широкі та короткі, роздуті в середині 3,5 – 7,5 × 2,5 – 4,0 мкм, термінальні пляшкоподібні можуть бути більш витягнуті - до 10,0 мкм. Шийка витягнута, вузька 0,5 – 2,0 мкм у довжину. Конідії зелені, зібрані в голівки, округлі, яйцеподібні до коротко еліптичних, дрібні 2,0 – 3,5 × 1,5 – 2,7 мкм, гладенькі.

3. Колонії штаму *Trichoderma sp.* 128/2 помірнорослі, активний ріст відмічається на третій день. Радіус колоній на сусло-агарі на 3 добу становить 34,8 – 40,0 мм (за температури 26 °C), 22,7 – 28,0 мм (за температури 35 °C). Міцелій безбарвний, сланкий, ватоподібний. Спорношення з'являється на 3 – 5 день росту. Колір жовто-зелений. Зворотня сторона колоній має жовтий відтінок. Пігмент у середовище не виділяється. Конідієносці безбарвні, гладенькі, злегка звивисті 4,0 – 8,0 мкм у діаметрі. Деревоподібно розгалужені, через рівні проміжки, гілочки розташовані по дві – три, іноді по одній, прямі чи дещо зігнуті, розходяться під прямим кутом до конідієносця. Фіаліди розташовані на гілочках мутовками по 2 – 6, рідко по одній. Амбулоподібні до яйцеподібних, широкі та короткі, роздуті в середині 3,5 – 7,5 × 2,5 – 4,0 мкм, термінальні

пляшкоподібні можуть бути більш витягнуті – до 10,0 мкм. Шийка витягнута, вузька, 0,5 – 2,0 мкм у довжину. Конідії зелені, зібрані в голівки, округлі, яйцеподібні до коротко еліптичних, дрібні 2,0 – 3,5 × 1,5 – 2,7 мкм, гладенькі.

Фізіолого-біохімічні властивості асоціації.

Штами, що входять до складу асоціації є аеробами. За здатністю до засвоєння вуглеводів, сполук азоту та фосфору суттєво не відрізняються між собою. Штами добре засвоюють глюкозу, фруктозу, сахарозу, мальтозу, крохмаль, маніт. Желатину розріджують, молоко не коагулюють. Засвоюють амонійну і нітратну форми азоту. Засвоюють різноманітні фосфорні сполуки та однозаміщений фосфорнокислий калій. Оптимальна температура для росту і біосинтезу целюлаз становить +26 – 27 °С. Оптимальний рН поживних середовищ для росту і біосинтезу ферментів 5,0 - 5,5.

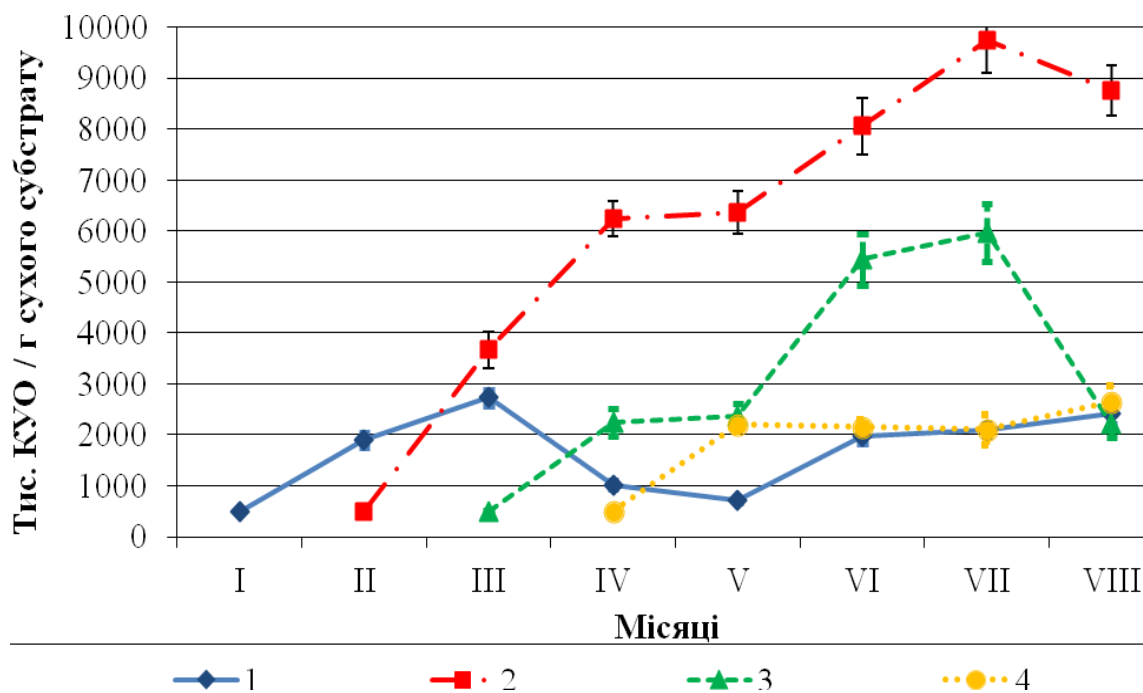
Штами грибів, які входять до асоціації, резистентні до пеніциліну та стрептоміцину та не патогенні щодо теплокровних тварин.

За культурально-морфологічними та фізіолого-біохімічними властивостями досліджувані штами ідентифіковано як *Trichoderma harzianum* 128/1 та *T. harzianum* 128/2, асоціацію мікроміцетів, відповідно – *T. harzianum* 128.

При довгостроковому зберіганні культуру рекомендується зберігати на скошеному сушло-агарі з вмістом сухих речовин 3 – 4 %, рН 6,4-7,0 в холодильнику за температури + 4 – 6 °С, пересівати через 10 – 12 місяців.

Асоціацію грибів *T. harzianum* 128 депоновано у Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного Національної академії наук України (вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ) 6 жовтня 2015 року з присвоєнням реєстраційного номеру *T. harzianum* ІМВ К-14. Асоціація також зберігається в Національній колекції корисних ґрунтових мікроорганізмів Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України за № 268.

Дослідження розвитку *T. harzianum* 128 у компостованій суміші курячого посліду з соломою і торфом свідчить про можливість успішної інтродукції цієї асоціації мікроміцетів до компостованої суміші, особливо за внесення культури на 2 – й місяць компостування (рис. 4.9). Внесення асоціації *T. harzianum* 128 у кількості 128 тис. КУО/г субстрату на другий місяць компостування сприяло стрімкому зростанню чисельності інтродукованих мікроміцетів, яке на сьомий місяць компостування сягало 9744 тис. КУО/г сухого компосту. Важливо, що в цей час компостування органічного субстрату в даному варіанті досліді закінчувалося, на відміну від контролю.



**Рис. 4.9.** 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.

Отже, інтродукція асоціації *T. harzianum* 128 на 2-й місяць компостування забезпечує інтенсивний розвиток мікроміцетів у компостованому субстраті і збагачення отриманого компосту мікроорганізмами, активними щодо розкладу органічної речовини. Такий



розвиток мікроміцетів цілком узгоджується з висновками щодо успішності інтродукції тих чи інших мікроорганізмів безпосередньо перед початком відповідних сукцесійних змін в угрупованні мікроорганізмів, про що йшла мова в попередньому розділі.

Перед початком і наприкінці компостування визначали вміст вуглецю в субстраті. Як свідчать отримані результати, за інтродукції асоціації *T. harzianum* 128 до субстрату на основі пташиного посліду вміст вуглецю у готовому компості був вищим ніж у контролі (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Вміст вуглецю у компості залежно від умов компостування, %**

| Варіанти дослідів   | Початковий субстрат | Готовий компост |
|---|---------------------|-----------------|
| Без інтродукції асоціації<br><i>T. harzianum</i> 128 (контроль) | 47,2                | 38,3            |
| За інтродукції асоціації<br><i>T. harzianum</i> 128             | 47,2                | 42,7            |

Паралельно визначали вміст азоту в початковому субстраті та готових компостах. Отримані результати свідчать, що втрати сполук цього елементу за інтродукції асоціації *T. harzianum* 128 є суттєво меншими в порівнянні з контролем (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

**Вміст азоту в компості залежно від умов компостування, %**

| Варіанти дослідів   | Початковий субстрат | Готовий компост |
|---|---------------------|-----------------|
| Без інтродукції асоціації<br><i>T. harzianum</i> 128 (контроль) | 3,25                | 1,98            |
| За інтродукції асоціації<br><i>T. harzianum</i> 128             | 3,25                | 2,23            |

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

Слід відмітити, що інтродукція асоціації *T. harzianum* 128 до компостованого субстрату на основі пташиного посліду, соломи і торфу забезпечує скорочення терміну компостування.

Інтенсифікація процесу компостування органічної речовини, як вже зазначалося вище, супроводжується накопиченням у компості інтродуцента. Теоретично, це може також сприяти накопиченню в компості фізіологічно активних речовин. Це припущення опосередковано підтверджується результатами визначення вмісту фітогормонів у культуральній рідині асоціації *T. harzianum* 128 (табл. 4.8).

У досліді здатність до синтезу фітогормонів асоціації грибів *T. harzianum* 128 порівнювали зі штамом *T. viride* F100001. Отримані результати свідчать про здатність досліджуваних мікроорганізмів до синтезу позаклітинних фітогормонів. Так, асоціація *T. harzianum* 128 продукує значну кількість ауксинів (в сумі кількість індоліл-3-оцтової кислоти (ІОК), індол-3-оцтової кислоти гідразиду, індол-3-карбоксилової кислоти, індол-3-карбінолу у досліджуваної асоціації мікроміцетів у 13,5 раза вища за відповідний показник у *T. viride* F100001). Принагідно слід зазначити, що індол-3-оцтової кислоти гідразид здатен гальмувати розвиток фітопатогенних грибів та бактерій [315]. Відомо також, що ауксини здатні позитивно впливати на формування кореневої системи рослин.

Дослідженнями встановлено, що асоціація *T. harzianum* 128 здатна до синтезу ізопентеніладеніну. Ця речовина, що відноситься до класу цитокінінів, здатна стимулювати синтез хлорофілу в рослинах, отже потенційно може позитивно вплинути на продукційний процес сільськогосподарських культур [317].

Встановлено, що асоціація *T. harzianum* 128 у незначних кількостях продукує гіберелові кислоти - ГК<sub>3</sub> (0,34 мкг/г сухої біомаси) і ГК<sub>4</sub> – 0,23 мкг/г сухої біомаси).

Таблиця 4.8

**Результати аналізу вмісту позаклітинних фітогормонів, що синтезуються ґрунтовими грибами**

| Варіанти досліду                               | Вміст фітогормонів, мкг/г сухої біомаси продуцента |                |         |                    |                      |       |
|--|--|----------------|---------|--------------------|----------------------|-------|
|  | Ауксини  |                |         |                    |                      |       |
|  | IAA  | IAA-hydr.      | ICA     | ICal               | IC                   | Сума  |
| Контроль<br>(соєве середовище)                 | 0,09   | —              | 0,33    | 0,16               | —                    | 0,58  |
| <i>T. viride</i> F100001<br>(соєве середовище) | 1,02   | —              | —       | —                  | 0,34                 | 1,36  |
| <i>T.harzianum</i> 128<br>(соєве середовище)   | 0,89   | 16,3           | 0,63    | —                  | 0,51                 | 18,33 |
| <i>T.harzianum</i> 128<br>Ролана-Тома          | —  | —              | 0,40    | —                  | —                    | 0,40  |
| Абсцизова кислота                              |  |                |         |                    |                      |       |
| Контроль<br>(соєве середовище)                 | 0,37   |                |         |                    |                      |       |
| <i>T. viride</i> F100001<br>(соєве середовище) | 24,0   |                |         |                    |                      |       |
| <i>T.harzianum</i> 128<br>(соєве середовище)   | 5,30   |                |         |                    |                      |       |
| <i>T.harzianum</i> 128<br>Ролана-Тома          | —  |                |         |                    |                      |       |
| Цитокініни                                     |  |                |         |                    |                      |       |
|  | Зеатин   | Зеатин-рибозид | Кінетин | Ізопентеніл-аденін | Ізопентеніл-аденозин |       |
| Контроль<br>(соєве середовище)                 | —  | —              | —       | —                  | —                    |       |
| <i>T. viride</i> F100001<br>(соєве середовище) | —  | —              | —       | 14,2               | —                    |       |
| <i>T.harzianum</i> 128<br>(соєве середовище)   | 0,88   | —              | —       | 5,6                | —                    |       |
| <i>T.harzianum</i> 128<br>Ролана-Тома          | —  | —              | —       | —                  | —                    |       |

| Продовження табл. 4.8                          |                                       |                                       |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
|  | Гібереліни                            |                                       |
|  | Гіберелова кислота (ГК <sub>3</sub> ) | Гіберелова кислота (ГК <sub>4</sub> ) |
| Контроль<br>(соєве середовище)                 | 0,02                                  | 0,36                                  |
| <i>T. viride</i> F100001<br>(соєве середовище) | 0,07                                  | 0,38                                  |
| <i>T.harzianum</i> 128<br>(соєве середовище)   | 0,34                                  | 0,23                                  |
| <i>T.harzianum</i> 128<br>Ролана-Тома          | Слідові кількості                     | 0,17                                  |

Також асоціація грибів *T. harzianum* 128 здатна до синтезу абсцизової кислоти. Зависокий вміст абсцизової кислоти може гальмувати ріст і розвиток рослин, у той же час вона є відомою антистресовою речовиною і наявність її в культуральній рідині може свідчити про ініціювання стійкості рослин до стресових умов за використання компосту, збагаченого *T. harzianum* 128 [316].

Отже, фітогормони, що продукує асоціація *T. harzianum* 128, можуть позитивно впливати на ріст і розвиток рослин, відігравати захисну роль за несприятливих умов навколишнього середовища. Здатність асоціації *T. harzianum* 128 до продукування фітогормонів може опосередковано свідчити про збагачення компостованого субстрату на фітогормони, що позитивно впливатиме на якість готового компосту, тому виникла необхідність у визначенні їх вмісту у компості, отриманому за впливу *T. harzianum* 128. З цією метою проводили біотести на визначення вмісту ауксинів, цитокінінів і гіберелінів.

Отримані результати біотестів демонструють наявність у компості, отриманому за впливу селекціонованої асоціації *T. harzianum* 128, значної кількості ауксинів і цитокінінів. За обробки колеоптилів пшениці екстрактом біокомпосту у розведенні 1 : 16 спостерігається приріст їх довжини на 27 % відносно контролю (обробка водою) (табл. 4.9).

**Результати ауксинового біотесту на колеоптелях пшениці**

| Варіанти дослідів                                  | Приріст колеоптилів пшениці, % |
|--|--------------------------------|
| Контроль (вода)                                    | –                              |
| ІОК $10^{-5}$ М                                    | 22,0                           |
| Компост, отриманий без інтродукції мікроорганізмів | 8,5                            |
| Компост з <i>T. harzianum</i> 128                  | 27,0                           |

Примітка : екстракт компостів отримували за співвідношення до води 1 : 16.

Наявність цитокінінів у біокомпості визначали за допомогою цитокінінового біотесту на сім'ядолях огірка. Отримані результати свідчать про приріст маси сім'ядолей на 120 % за їх обробки екстрактом компосту, отриманого за впливу *T. harzianum* 128, по відношенню до контролю (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

**Результати цитокінінового біотесту на сім'ядолях огірка**

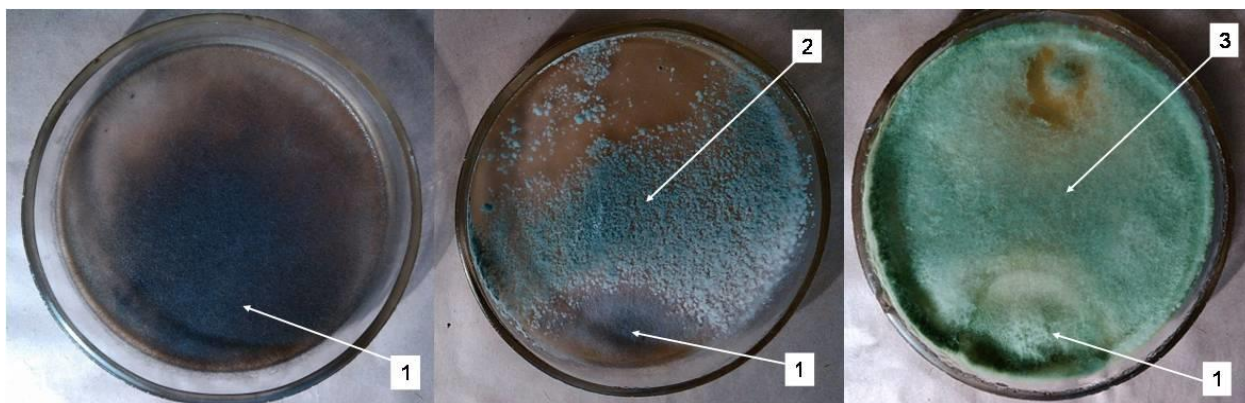
| Варіанти дослідів                                  | Приріст маси сім'ядолей огірка, % |
|--|-----------------------------------|
| Контроль (вода)                                    | –                                 |
| БАП $10^{-4}$ М                                    | 196,3                             |
| Компост, отриманий без інтродукції мікроорганізмів | 74,0                              |
| Компост з <i>T. harzianum</i> 128                  | 120,1                             |

Примітка : екстракт компостів отримували за співвідношення до води 1 : 16.

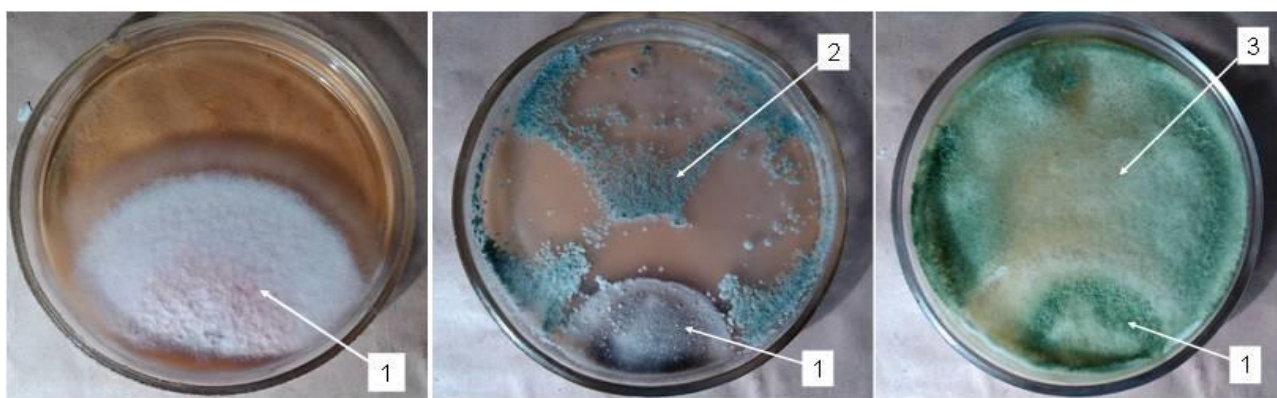
Результати гіберелінового біотесту на мезокоптилях кукурудзи показали, що гібереліни у компості присутні в незначних кількостях.

Таким чином, результати біотестів демонструють, що інтродукція *T. harzianum* 128 до компосту сприяє накопиченню в ньому фітогормонів ауксинової і цитокінінової природи.

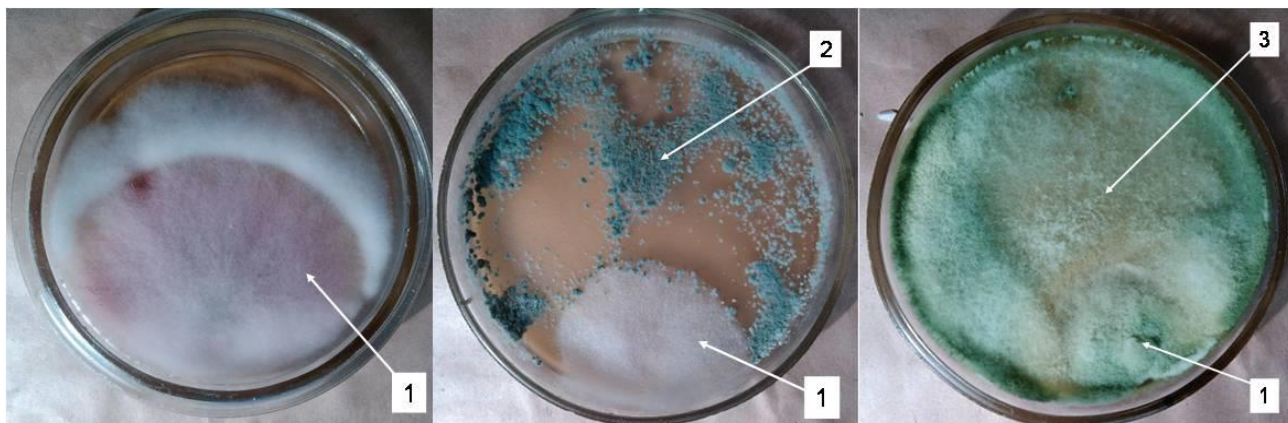
Отримані результати також свідчать про високу антагоністичну активність *T. harzianum* 128 до *N. oryzae* 3000 (рис. 4.10), *F. oxysporum* (рис. 4.11) та до *F. culmorum* 50716 (рис. 4.12), що є важливою передумовою створення технологій компостування органічної речовини з метою отримання компостів, які крім належних агрохімічних характеристик, володітимуть комплексом цінних властивостей, зокрема, й антагоністичною активністю.



**Рис. 4.10. Вплив грибів роду *Trichoderma* на розвиток *N. oryzae* 3000:**  
1 – *N. oryzae* 3000; 2 – *T. viride* F100001 (біоагент препарату Триходермін);  
3 – *T. harzianum* 128



**Рис. 4.11. Вплив грибів роду *Trichoderma* на розвиток *F. oxysporum*:**  
1 – *F. oxysporum*; 2 – *T. viride* F100001 (біоагент препарату Триходермін); 3 –  
*T. harzianum* 128



**Рис. 4.12. Вплив грибів роду *Trichoderma* на розвиток *F. culmorum* 50716:**  
 1 – *F. culmorum* 50716; 2 – *T. viride* F100001 (біоагент препарату Триходермін); 3 – *T. harzianum* 128

Слід зазначити, що антагоністична активність (щодо збудників захворювань сільськогосподарських культур) асоціації мікроміцетів *T. harzianum* 128 є вищою за показники *T. viride* F100001, який є біологічною основою препарату Триходерміну (табл. 4.11).

Таблиця 4.11

**Антагоністична активність мікроміцетів**

| Фітопатогенні мікроміцети | Бал | Тип реакції |
|---------------------------|-----|-------------|
| <i>T. viride</i> F100001  |     |             |
| <i>N. oryzae</i> 3000     | 4   | D           |
| <i>F. oxysporum</i>       | 4   | D           |
| <i>F. culmorum</i> 50716  | 4   | D           |
| <i>T. harzianum</i> 128   |     |             |
| <i>N. oryzae</i> 3000     | 5   | E           |
| <i>F. oxysporum</i>       | 5   | E           |
| <i>F. culmorum</i> 50716  | 5   | E           |

### Висновки до розділу 4

1. Ізольовано та ідентифіковано асоціацію грибів *T. harzianum*128, яка володіє целюлозолітичними властивостями та здатна активно розвиватися в органічному субстраті на основі пташиного посліду.

2. Інтродукція *T. harzianum*128 є доцільною на другий місяць компостування суміші посліду з торфом і соломою; за цих умов максимальна чисельність інтродукованого мікроорганізму на сьомий місяць компостування знаходиться на рівні 9,7 млн. КУО/г сухого субстрату; на восьмий місяць терміну компостування кількість цього мікроорганізму залишається достатньо високою (8,8 млн. КУО/г сухого субстрату), цей час співпадає із завершенням процесу компостування органічної речовини.

3. Інтродукція *T. harzianum*128 до компостованих субстратів сприяє збереженню біогенних елементів у компостованому субстраті.

4. Встановлено здатність асоціації грибів *T. harzianum*128 до синтезу позаклітинних фітогормонів.

5. Інтродукція *T. harzianum*128 до компосту сприяє накопиченню в ньому фітогормонів ауксинової і цитокінінової природи.

6. Асоціація грибів *T. harzianum*128 володіє антагоністичною активністю до окремих збудників хвороб сільськогосподарських культур.

7. Збагачення компостів на основі пташиного посліду асоціацією *T. harzianum* 128 є перспективним біотехнологічним прийомом, здатним забезпечити як прискорення утилізації відходів птахівництва, так і отримання компостів з покращеними якісними характеристиками.

Основні результати розділу відображено у відповідних публікаціях [318 – 326].



## РОЗДІЛ 5

### ТЕХНОЛОГІЯ БІОКОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ НА ОСНОВІ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ

Щоб одержати максимально ефективний компост, необхідно дотримуватися певних умов процесу компостування. Технологія біокомпостування і отримання біоорганічного добрива передбачає три основні етапи:

- попередня підготовка компостованої суміші;
- інтродукція асоціації *T. harzianum* 128;
- виготовлення гранульованого біодобрива.

#### **1. Попередня підготовка компостованої суміші**

Як вже зазначалося в попередніх розділах, принциповим моментом для отримання якісного компосту є встановлення бажаного для проходження мінералізаційних процесів співвідношення С : N. Оптимальним співвідношенням цих елементів вважається 20 : 1 – 30 : 1 [327, 328]. Необхідно враховувати, що для росту і розвитку мікроорганізмів вуглецю потрібно більше, ніж азоту. Вуглець ними використовується як джерело енергії і елемент живлення, а азот лише як поживний елемент. При збільшенні співвідношення сповільнюється процес деструкції складних органічних речовин при незначних втратах азоту. При вужчому співвідношенні розклад прискорюється, але різко зростають втрати азоту [131, 133, 135, 143].

Проблема компостування посліду полягає в тому, що він незбалансований за співвідношенням вуглецю до азоту (в середньому співвідношення С : N на рівні 9,6 : 1). Одним із дешевих і доступних джерел вуглецю практично для всіх регіонів України може бути солома та торф [161, 162, 312].

Безперечно, можна використовувати й інші джерела вуглецю, або ж один із наведених. Проте використання лише однієї соломи призведе до утворення надзвичайно великих об'ємів компостованих субстратів. До того ж, досягти однорідності такої суміші практично неможливо. Використання торфу дозволяє зменшити об'єми субстрату. Крім того, як і солома, торф виконує також і функції поглинача низки поживних речовин, що сприяє їх збереженню в процесі компостування. Це дозволяє інтенсифікувати мінералізаційні процеси, оскільки як аборигенні, так і інтродуковані до субстрату мікроорганізми за цих умов здатні інтенсивно розвиватися.

Торф – багатий на вуглець матеріал, вуглецю в ньому більше, ніж у соломі (45,0% у соломі і 70,5% у торфі) він щільніший, його легше перемішати з послідом, він швидше розкладається, швидше зв'язується з азотом посліду, втрати азоту призупиняються набагато раніше, ніж при змішуванні з соломою.

Проте дослідження, наведені в попередніх розділах, показують, що оптимальним варіантом для оптимізації перебігу мікробіологічних процесів при компостуванні є поєднання з послідом соломи і торфу. Додавання до посліду лише торфу має гірший вплив на мікробіоту компосту [312].

У наших дослідженнях з метою оптимізації C : N на рівні 20 : 1 перед попередньою ферментацією свіжий пташиний послід змішували з торфом і соломою у розрахованих кількостях. На 1 тону курячого посліду брали 150 кг соломи і 380 кг торфу. Завдяки поєднанню зазначених компонентів відбувається максимальне розкладання компонентів органічного субстрату, якого неможливо досягти за відсутності одного з них або при використанні кожного окремо.

Таким чином, оптимальне співвідношення компонентів субстрату для компостування є таким :

- послід – 65%;
- торф – 25 %;
- солома – 10 %.

Отриманий субстрат укладають у бурти і витримують протягом одного місяця для здійснення попередньої ферментації.

Попередня підготовка є необхідним етапом для ефективного компостування субстрату, оскільки свіжий пташиний послід є несприятливим як для розвитку асоціації *T. harzianum* 128, так і в цілому для оптимального перебігу процесів мінералізації. Це обумовлено наступними причинами:

- інгібуванням розвитку інтродукованої асоціації аміаком, який утворюється при інтенсивному розкладанні азотних сполук;
- зниженням забезпечення мікроорганізмів, які входять до складу асоціації, киснем, що обумовлено насиченням субстрату вуглекислим газом, який вивільняється при мінералізації органічних речовин;
- розігріванням субстрату до температури від 60 С до 70°C, що знижує життєдіяльність асоціації та інших мезофільних мікроорганізмів.

Під час попередньої ферментації періодично перемішують субстрат (один раз на два тижні), що сприяє додатковому проникненню кисню в масу органічного матеріалу, забезпечуючи швидше розкладання органічної речовини а відтак – скорочення тривалості ферментації.

Вологість субстрату при первинній ферментації необхідно підтримувати на рівні 60 – 70%.

## **2. Інтродукція асоціації *T. harzianum* 128**

Для визначення необхідної кількості інтродукованих мікроміцетів з метою забезпечення їх приживаності та розвитку в процесі компостування в досліджуваному органічному субстраті вносили різні концентрації суспензії грибів *T. harzianum* 128 - у кількості від 1% до 3% від маси субстрату.

Так, при внесенні 1% водної суспензії грибів *T. harzianum* 128 від маси субстрату (з титром  $6,4 \times 10^6$  КУО/мл) (табл. 5.1) максимальний розвиток інтродуцента спостерігається за використання асоціації на 2-й місяць

компостування і становить на кінець компостування 3,9 млн. КУО/г сухого компосту.

За внесення 2% суспензії грибів *T. harzianum* 128 від маси субстрату (табл. 5.2) максимальний розвиток інтродуцента спостерігається при внесенні асоціації *T. harzianum* 128 на 2-й місяць компостування і становить на кінець компостування 9,7 млн. КУО/г сухого компосту.

Варто відмітити, що застосування суспензії грибів у кількості 3% від маси субстрату не забезпечує значного зростання кількості інтродуцента при компостуванні у порівнянні з внесенням 2% і є менш вигідним заходом з економічної точки зору (табл. 5.3).

Виходячи з отриманих даних, внесення суспензії асоціації грибів *T. harzianum* 128 з титром  $6,4 \times 10^6$  КУО/мл у кількості 2% від маси сухого субстрату є оптимальним.

Отже, після попередньої ферментації (на другий місяць компостування) до компостованої суміші вносять суспензію асоціації *T. harzianum* 128 з розрахунку 128 тис. КУО/г сухого компосту. Асоціація характеризується високою целюлозоруйнівною активністю і здатністю до активного продукування фізіологічно активних сполук, у т. ч. й фітогормонів. Як показують наші дослідження, інтенсивність розвитку триходерми є найвищою саме за дотримання цього терміну застосування мікроміцетів. Суспензію грибів *T. harzianum* 128 до компосту вносять разом із поливною водою. Це забезпечує рівномірне розосередження інокулянту в масі субстрату. Вологість субстрату після поливу повинна бути в межах від 60 до 70 %.

Отриману суміш укладають у бурти висотою 1 – 1,5 м, шириною 1,5 – 2,0 м. Збільшення розмірів бурта недоцільне, оскільки це спричиняє саморозігрів компосту, що призведе до загибелі інокулянту в субстраті.

Таблиця 5.1

**Чисельність інтродукованих мікроміцетів за різних строків інтродукції, млн. КУО/г сухого субстрату (початковий вміст інтродуцента – 1% від маси компостованого субстрату)**

| Варіанти дослідів                         | Місяці компостування |          |          |          |          |          |          |
|---|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | II                   | III      | IV       | V        | VI       | VII      | VIII     |
| Інтродукція у 1-й місяць<br>Компостування | 0,8±0,07             | 1,1±0,09 | 0,4±0,03 | 0,3±0,02 | 0,8±0,06 | 0,9±0,07 | 1,0±0,08 |
| Інтродукція у 2-й місяць<br>Компостування | -                    | 1,5±0,13 | 2,5±0,15 | 2,5±0,21 | 3,2±0,22 | 3,9±0,31 | 3,5±0,28 |
| Інтродукція у 3-й місяць<br>Компостування | -                    | -        | 0,9±0,05 | 1,0±0,07 | 2,2±0,19 | 2,4±0,20 | 0,9±0,05 |
| Інтродукція у 4-й місяць<br>Компостування | -                    | -        | -        | 0,9±0,04 | 0,9±0,05 | 1,1±0,06 | 0,9±0,09 |

Примітка: тут і в табл. 5.2 і 5.3 титр суспензії *T. harzianum* 128 –  $6,4 \times 10^6$  КУО/мл, що у перерахунку становить 64 тис. КУО/г сухого компосту (за внесення 1% інтродуцента від маси компостованого субстрату).

Таблиця 5.2

**Чисельність інтродукованих мікроміцетів за різних строків інтродукції, млн. КУО/г сухого субстрату (початковий вміст інтродуцента – 2% від маси компостованого субстрату)**

| Варіанти дослідів                      | Місяці компостування |          |          |          |          |          |          |
|--|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|  | II                   | III      | IV       | V        | VI       | VII      | VIII     |
| інтродукція у 1-й місяць компостування | 1,9±0,17             | 2,7±0,23 | 1,0±0,08 | 0,7±0,03 | 1,9±0,18 | 2,1±0,17 | 2,4±0,14 |
| інтродукція у 2-ймісяць компостування  | -                    | 3,7±0,28 | 6,2±0,56 | 6,4±0,44 | 8,1±0,71 | 9,7±0,56 | 8,8±0,62 |
| інтродукція у 3-ймісяць компостування  | -                    | -        | 2,2±0,19 | 2,4±0,21 | 5,5±0,42 | 5,9±0,63 | 2,2±0,14 |
| інтродукція у 4-й місяць компостування | -                    | -        | -        | 2,2±0,16 | 2,3±0,20 | 2,6±0,23 | 2,1±0,18 |

Таблиця 5.3

**Чисельність інтродукованих мікроміцетів за різних строків інтродукції млн. КУО/г сухого субстрату (початковий вміст інтродуцента – 3 % від маси компостованого субстрату)**

| Варіанти дослідів                      | Місяці компостування |          |          |          |          |           |          |
|--|----------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
|  | II                   | III      | IV       | V        | VI       | VII       | VIII     |
| інтродукція у 1-й місяць компостування | 2,1±0,14             | 2,9±0,26 | 1,1±0,09 | 0,8±0,07 | 2,2±0,16 | 2,3±0,19  | 2,6±0,25 |
| інтродукція у 2-ймісяць компостування  | -                    | 3,9±0,27 | 6,7±0,46 | 6,9±0,54 | 8,7±0,85 | 10,1±0,98 | 9,1±0,83 |
| інтродукція у 3-ймісяць компостування  | -                    | -        | 2,5±0,22 | 2,6±0,25 | 6,0±0,51 | 6,3±0,49  | 2,4±0,20 |
| інтродукція у 4-й місяць компостування | -                    | -        | -        | 2,4±0,23 | 2,5±0,27 | 2,9±0,31  | 2,4±0,25 |

Суміш укривають поліетиленовою плівкою або іншим аналогічним матеріалом з метою запобігання втрат вологи та утворення кірки. За неможливості забезпечення вищезазначених умов бурти укривають соломою (це сприяє стабілізації температури, проте створює перешкоди для перемішування субстрату).

3. Компостування триває шість-сім місяців із періодичним перемішуванням компостної маси один раз на 2 – 3 тижні. За великих об'ємів субстрату (а також за використання соломи для укривання буртів) можна використовувати навантажувач, за допомогою якого маса кілька разів піднімається і опускається, що дає змогу наситити субстрат киснем. Проте оптимальним є використання т. з. аераторів – машин, які забезпечують максимальне надходження повітря, сприяють механічному руйнуванню соломи і максимальній однорідності субстрату, що суттєво пришвидшує терміни компостування. Їх використання також дозволяє регулювати вологість субстрату.

Необхідною умовою ефективного компостування є підтримання вологості субстрату на рівні 60 – 70 %. Зниження або збільшення вмісту вологи в компості призводить до неповної трансформації органічної речовини та зниження якості компосту. Вологість субстрату регулярно контролюють за допомогою ґрунтових вологомірів або гравіметричним методом. Дотримання вищезазначених параметрів компостування сприяє активному розвитку інтродукованих мікроміцетів, що забезпечує не лише деструкцію органічних речовин, але й збагачення отриманого компосту фізіологічно активними речовинами.

Асоціація *T. harzianum* 128 активно впливає на швидкість мінералізації органічних речовин, що входять до складу компосту. Встановлено, що внаслідок застосування асоціації *T. harzianum* відбувається максимальне розкладання органічного субстрату. У табл. 5.4 наведено результати щомісячного визначення інтенсивності розкладання соломи у компостованому субстраті.



Таблиця 5.4

**Інтенсивність розкладання соломи у компостованому субстраті  
за інтродукції мікроорганізмів, %**

| Варіанти досліду                                | Місяці компостування |      |      |      |      |      |
|---|----------------------|------|------|------|------|------|
|   | II                   | III  | IV   | V    | VI   | VII  |
| Без інтродукції мікроорганізмів, контроль       | 5,1                  | 11,6 | 22,4 | 34,8 | 42,7 | 54,3 |
| Асоціація <i>T. harzianum</i> 128               | 5,1                  | 24,5 | 57,3 | 71,2 | 83,5 | 98,1 |
| Компонент асоціації – <i>T. harzianum</i> 128/1 | 5,1                  | 21,4 | 49,6 | 65,3 | 74,4 | 84,7 |
| Компонент асоціації – <i>T. harzianum</i> 128/2 | 5,1                  | 20,8 | 47,5 | 52,9 | 66,8 | 76,6 |

Отримані результати 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 рази) 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 характеризувався розкладом органічної речовини на рівні 98,1%. В інших варіантах, і особливо контрольному, мінералізація соломи на цей час не завершується.

Таке своєрідне «культивування» мікроміцетів у компостованому субстраті сприяє отриманню не просто компосту, який характеризується певними агрохімічними показниками, а біодобрива, в якому, крім поживних для рослин речовин, міститься значна кількість агрономічно корисних мікроорганізмів. Таке біодобриво характеризується новими якостями. Передусім, його застосування збагачує біоту ґрунтів агроценозів. При цьому

можуть активно проявлятися антагоністичні властивості *T. harzianum* 128 до низки збудників захворювань сільськогосподарських культур. Використання біодобрива в технологіях вирощування сільськогосподарських культур також може сприяти зростанню їх урожайності, оскільки компост, за рахунок інтродукції *T. harzianum* 128, буде збагаченим на окремі фітогормони, про що свідчать наші дослідження.

Отже, інтродукція асоціації *T. harzianum* 128 до компостованого субстрату на основі пташиного посліду, соломи і торфу забезпечує скорочення термінів компостування, накопичення в компості агрономічно цінних мікроорганізмів – активних продуцентів фізіологічно активних речовин. Використання такого біоорганічного добрива у технологіях вирощування сільськогосподарських культур сприятиме корекції складу угруповань мікроорганізмів у ґрунті і забезпечить культурні рослини фітогормонами та іншими сполуками.

### **3. Виготовлення гранульованого біоорганічного добрива**

Отримане в результаті компостування суміші пташиного посліду, соломи й торфу біодобриво доцільніше використовувати у вигляді гранул. Це зручно з міркувань його зберігання, фасування, а також з точки зору внесення в ґрунт за використання необхідної техніки. У зв'язку цим заключним етапом отримання біодобрива є наступні процедури.

1. Отриманий компост просіюють через механічне сито для відокремлення не перероблених часток органіки.
2. Вологу масу підсушують до рівня 45 до 50 %.
3. Підсушену масу гранулюють у грануляторі (гранули розміром 5 мм), який не розігріває субстрат.
4. Біоорганічне добриво зберігають на підприємствах у захищеному від потрапляння прямих сонячних променів сухому приміщенні за температури не вище  $+20 \pm 1$  °C протягом 12 місяців або за температури не вище 10 °C протягом 18 місяців (*підвищення температури зберігання*

небажане, оскільки це може призвести до зменшення вмісту *T. harzianum* 128, що позначиться на якісних параметрах біодобрива).

Нами у 2015 р. на базі ТОВ «Агрофірма КОЛОС» (Київська обл., Сквирський р-н) проведено виробничі випробування ефективності технології компостування пташиного посліду (рис. 5.1) за інтродукції асоціації *T. harzianum* 128 (додаток Д, Е, Є). Одержані результати свідчать, що застосування суспензії асоціації *T. harzianum* 128 у технології компостування сприяє покращенню агрохімічних та мікробіологічних показників отриманого компосту (табл. 5.5).

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, що свідчить про інтенсивний розвиток у субстраті асоціації *T. harzianum* 128 (додаток Д).



**Рис. 5.1. Виробничі випробування ефективності технології компостування пташиного посліду за інтродукції асоціації *T. harzianum* 128.**

Таблиця 5.5

**Результати виробничого дослідю**

| Варіанти дослідю                                      | Вміст вуглецю,<br>% |                       | Вміст азоту,<br>%  |                       | Чисельність<br><i>T. harzianum</i> 128,<br>тис. КУО/г сухого<br>компосту |                       |
|---|---------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--|-----------------------|
|   | початок<br>дослідю  | закінчення<br>дослідю | початок<br>дослідю | закінчення<br>дослідю | початок<br>дослідю   | закінчення<br>дослідю |
| Контроль  | 45,1                | 36,2                  | 3,04               | 1,77                  | —  | —                     |
| Компостування за<br>участі <i>T. harzianum</i><br>128 | 45,1                | 40,6                  | 3,04               | 2,02                  | 135  | 8150                  |

**Висновки до розділу 5**

1. Розроблено технологію біокомпостування органічного субстрату на основі пташиного послідю за інтродукції агрономічно цінних мікроорганізмів.

2. Застосування асоціації грибів *T. harzianum* 128 як інтродуцента дозволяє прискорити процеси компостування та покращити якісні показники готового компосту.

Основні результати розділу відображені у відповідних публікаціях [329 – 333].

## РОЗДІЛ 6

### ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО БІООРГАНІЧНОГО ДОБРИВА ПРИ ВИРОЩУВАННІ КАРТОПЛІ

Гранульоване біоорганічне добриво, отримане в результаті компостування органічного субстрату за участі асоціації *T. harzianum* 128, випробовували в технології вирощування картоплі.

Результати польового дослідження свідчать, що максимальна ефективність нового біоорганічного добрива, може бути забезпечена при дотриманні рекомендованих доз його внесення (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

**Вплив різних доз експериментального біоорганічного добрива,  
отриманого за участі асоціації *T. harzianum* 128, на урожайність картоплі  
(польовий дослід 2015 р.)**

| Варіанти дослідження                       | Урожайність,<br>т/га | Приріст до контролю |      |
|--|----------------------|---------------------|------|
|  |                      | т/га                | %    |
| Без добрив, контроль                       | 17,0                 | -                   | -    |
| Біоорганічне добриво,<br>1 гранула/рослину | 17,7                 | 0,7                 | 4,2  |
| Те саме, 3 гранули/рослину                 | 18,8                 | 1,8                 | 10,6 |
| Те саме, 5 гранул/рослину                  | 20,9                 | 3,9                 | 22,8 |
| Те саме, 7 гранул/рослину                  | 22,1                 | 5,1                 | 29,8 |
| Те саме, 10 гранул/рослину                 | 22,2                 | 5,2                 | 30,5 |
| Те саме, 15 гранул/рослину                 | 22,3                 | 5,3                 | 31,3 |
| Те саме, 20 гранул/рослину                 | 21,6                 | 4,6                 | 27,1 |
| НІР <sub>05</sub>                          | 0,6                  |                     |      |

Надмірна доза добрива не лише недоцільна з економічної точки зору, але й може призвести до затримання розвитку рослин, що пов'язано з високим вмістом у ньому речовин фітогормональної дії. Тому в технології вирощування картоплі біодобриво рекомендується вносити локально та обмежено – у кількості 7–10 гранул на 1 бульбу при садінні бульб. Застосування 15 гранул добрива забезпечує таку ж урожайність, як і внесення 10 гранул, а збільшення їх кількості до 20 вже призводить до зниження урожайності культури, що свідчить про передозування фізіологічно активними речовинами.

У польових дослідках показано, що біоорганічне добриво комплексно впливає на ріст і розвиток рослин картоплі, зокрема на процес фотосинтезу та показники площі асиміляційної поверхні. Так, за використання нового біодобрива у листках спостерігається збільшення вмісту суми хлорофілів *a* і *b* на 45% відносно показників контролю (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

**Вплив експериментальних біокомпостів на вміст хлорофілів *a* і *b* в  
листках картоплі (польовий дослід 2015 р., фаза бутонізації)**

| Варіанти дослідів   | Вміст хлорофілів, мг/100 г листової маси |          |            |
|---|--|----------|------------|
|   | <i>a</i>                                 | <i>B</i> | <i>a+b</i> |
| Без добрив, контроль  | 75,8                                     | 22,9     | 98,7       |
| Курячий послід, 10 гранул                                     | 81,2                                     | 31,8     | 113,0      |
| Компост, отриманий без інтродукції мікроорганізмів, 10 гранул | 96,0                                     | 41,5     | 137,5      |
| Компост з <i>T. harzianum</i> 128, 10 гранул                  | 99,2                                     | 43,9     | 143,1      |
| НПР <sub>05</sub>   | 2,6                                      | 1,8      | 3,5        |

Застосування біоорганічного добрива, збагаченого грибами *T. harzianum* 128, сприяло збільшенню площі асиміляційної поверхні рослин картоплі на 39,3% (при значеннях контролю 45,3 тис. м<sup>2</sup>/га) (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

**Вплив експериментальних біокомпостів на асиміляційну поверхню листків картоплі (польовий дослід 2015 р., фаза бутонізації)**

| Варіанти дослідів   | Площа листкової поверхні, тис. м <sup>2</sup> /га |
|---|---|
| Без добрив, контроль  | 45,3  |
| Курячий послід, 10 гранул                                     | 51,7  |
| Компост, отриманий без інтродукції мікроорганізмів, 10 гранул | 59,5  |
| Компост з <i>T. harzianum</i> 128, 10 гранул                  | 63,1  |
| НІР <sub>05</sub>   | 2,3   |

Покращення показників росту і розвитку рослин картоплі, за використання біоорганічного добрива позитивно вплинуло на урожайність культури. В середньому за три роки досліджень (табл. 6.4) найбільший вплив на врожайність картоплі спостерігали у варіанті із застосуванням 10 гранул біодобрива, збагаченого асоціацією *T. harzianum* 128 (приріст до контролю – 31,6%).

Застосування біоорганічних добрив сприяло покращенню якості продукції, зокрема підвищенню вмісту крохмалю та аскорбінової кислоти у бульбах картоплі. Так, збільшення вмісту крохмалю до контрольного показника сягає 2,9 %. При порівнянні вмісту крохмалю у бульбах, відібраних з варіанту з експериментальним біодобривом, до показника позитивного контролю (варіант, де вносили компост, отриманий без інтродукції мікроорганізмів) відмічаємо різницю в 2,1 % (табл. 6.5).

Таблиця 6.4

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

| Варіанти дослідів   | 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                   |
| <i>HIP</i> <sub>05</sub>                                      | 1,04                | 1,08    | 1,15    |                     |                        |

Таблиця 6.5

**Вплив біоорганічного добрива на вміст крохмалю у бульбах***(польовий дослід 2015 р.)*

| Варіанти дослідів   | Вміст крохмалю, % |
|---|-------------------|
| Без добрив, контроль  | 12,9              |
| Курячий послід, 10 гранул                                     | 13,1              |
| Компост, отриманий без інтродукції мікроорганізмів, 10 гранул | 13,7              |
| Компост з <i>T. harzianum</i> 128, 10 гранул                  | 15,8              |
| <i>HIP</i> <sub>05</sub>                                      | 0,1               |



Отримані дані свідчать про позитивний вплив експериментального біодобрива на вміст аскорбінової кислоти у бульбах. Так, вміст вітаміну С достовірно збільшився на 3,9 мг-% у порівнянні з показниками контролю і на 1,1 мг-% порівняно до варіанту із застосуванням компосту, не збагаченого асоціацією грибів *T. harzianum* 128 (табл. 6.6).

Таблиця 6.6

**Вплив біоорганічного добрива на вміст аскорбінової кислоти у бульбах картоплі (польовий дослід 2015 р.)**

| Варіанти дослідів   | Вміст аскорбінової кислоти, мг-% |
|---|----------------------------------|
| Без добрив, контроль  | 13,80                            |
| Курячий послід, 10 гранул                                     | 15,60                            |
| Компост, отриманий без інтродукції мікроорганізмів, 10 гранул | 16,60                            |
| Компост з <i>T. harzianum</i> 128, 10 гранул                  | 17,70                            |
| НІР <sub>05</sub>   | 0,19                             |

Застосування біоорганічного добрива, збагаченого грибами *T. harzianum* 128, сприяє зниженню вмісту нітратів у бульбах картоплі на 24,0% (при показниках у контролі – 93 мг/кг) (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

**Вплив біоорганічного добрива на вміст нітратів у бульбах картоплі (польовий дослід 2015 р.)**

| Варіанти дослідів   | Вміст NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг |
|---|--|
| Без добрив, контроль  | 93   |
| Курячий послід, 10 гранул                                     | 96   |
| Компост, отриманий без інтродукції мікроорганізмів, 10 гранул | 81   |
| Компост з <i>T. harzianum</i> 128, 10 гранул                  | 75   |
| НІР <sub>05</sub>   | 3,3  |

Зниження вмісту нітратів у продукції може свідчити про активізацію діяльності азотасиміляторних ферментів рослин, внаслідок чого нітрати залучаються до метаболічних процесів рослин.

Отже, застосування експериментального біоорганічного добрива в технології вирощування картоплі сприяє зростанню врожайності культури та покращенню якісних показників продукції – збільшується вміст крохмалю і аскорбінової кислоти та зменшується кількість нітратів. Це свідчить про значні перспективи розробленої технології компостування курячого посліду та застосування біоорганічного добрива при вирощуванні картоплі. Доцільність використання біокомпосту в технологіях вирощування інших сільськогосподарських культур буде перевірено нами в подальших дослідженнях.

### **Висновки до розділу 6**

1. Інтродукція асоціації *T. harzianum* 128 до компостованого субстрату на основі пташиного посліду, соломи і торфу забезпечує скорочення терміну компостування, накопичення в компості агрономічно цінних мікроорганізмів – активних продуцентів фізіологічно активних речовин. Наслідком дотримання розробленого регламенту компостування є отримання біоорганічного добрива, перспективного для використання в сільськогосподарському виробництві.

2. Використання експериментального біоорганічного добрива, отриманого за розробленого способу компостування курячого посліду, у технології вирощування картоплі, сприяє оптимізації продукційного процесу картоплі.

Основні результати розділу відображені у відповідних публікаціях [319, 329, 331, 334 – 336].

## **РОЗДІЛ 7**

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

Оцінка економічної та біоенергетичної ефективності компостів, виготовлених за різними технологіями приготування, при вирощуванні картоплі проведена нами за результатами дослідження впливу їх застосування на урожайність бульб, наведених у попередніх розділах даної роботи.

Основні показники економічної ефективності застосування компостів у технологіях вирощування картоплі ми досліджували за використання загальноуживаних в економічній науці методологічних та методичних підходів [295, 296], які ґрунтуються на порівнянні результатів від застосування певного засобу виробництва із витратами на його застосування. З цією метою нами розраховано загальні розміри результатів та витрат на виробництво картоплі за усіх наведених вище варіантів технологій приготування компостів, щоб на цій основі шляхом порівняння визначити додаткові результати та витрати. При цьому економічний результат на першому етапі оцінки економічної ефективності визначено як виручку від реалізації продукції. У свою чергу розмір витрат розраховано шляхом калькулювання повної собівартості виробництва і реалізації продукції згідно чинної методики [298]. До складу витрат включено як прямі (витрати на придбання матеріалів, оплату праці тощо), так і накладні (з розподілом) види витрат (загальновиробничі та загальногосподарські тощо). За такого методичного підходу дещо зростає отриманий розрахунковий рівень собівартості продукції, але, в той же час, отримані результати розрахунків є більш об'єктивними та повними.

Економічна ефективність компостів, виготовлених за різними технологіями приготування, при вирощуванні картоплі нами досліджена за такими основними показниками: собівартість однієї тонни бульб

(відношення витрат на виробництво продукції до її виробленого обсягу), прибуток із розрахунку на 1 га посадкової площі (різниця між виручкою від реалізації продукції та витратами на її виробництво й реалізацію), рівень рентабельності виробництва (відношення прибутку до витрат, виражене у відсотках), окупність додаткових витрат по прибутку (відношення додаткового прибутку, отриманого при застосуванні компостів, до додаткових витрат, пов'язаних із їх застосуванням).

З урахуванням того, що урожайні дані, які використані для визначення результативних показників, отримано в дослідях на невеликих за розмірами ділянках, для оцінки економічної ефективності за різних варіантів приготування компосту нами змодельовано виробничі умови за використання типових технологій. Тому отримані економічні показники є розрахунковими (умовними). При цьому типові технологічні операції, нормативні розміри витрат ресурсів і алгоритм калькулювання собівартості продукції прийнято на основі методики Національного наукового центру «Інститут аграрної економіки» НААН [293, 294] із включенням додаткових операцій та відповідних витрат, пов'язаних із виробництвом та застосуванням компостів і внесених добрив згідно умов дослідів. Розрахунки проведено за цінової ситуації 2018 року.

Результати розрахунку основних показників економічної ефективності вирощування картоплі за використання компостів, виготовлених за різних технологій приготування, наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

**Економічна ефективність вирощування картоплі за використання різних варіантів виробництва компосту**

| Показники  | Контроль<br>(значення) | Компост без Триходерми |                                |                | Компост із Триходермою |                                |                | Компост із<br>Триходермою по<br>відношенню до<br>компосту без<br>Триходерми |                |
|--|------------------------|------------------------|--------------------------------|----------------|------------------------|--------------------------------|----------------|---|----------------|
|  |                        | значення               | відхилення до<br>контролю, +/- |                | значення               | відхилення до<br>контролю, +/- |                | абсолютне   | відносне,<br>% |
|  |                        |                        | абсолютне                      | відносне,<br>% |                        | абсолютне                      | відносне,<br>% |   |                |
| Урожайність,<br>т/га                             | 17,7                   | 21,0                   | +3,3                           | +18,6          | 23,3                   | +5,6                           | +31,6          | +2,3  | +9,6           |
| Розрахунковий<br>обсяг витрат на<br>1 га, грн.   | 51541                  | 52805                  | +1264                          | +2,5           | 53302                  | +1761                          | +3,4           | +497  | +0,9           |
| Собівартість<br>1 т, грн.                        | 3086                   | 2667                   | -419                           | -13,6          | 2456                   | -630                           | -20,4          | -211  | -7,9           |
| Розрахунковий<br>розмір виручки<br>на 1 га, грн. | 61673                  | 73121                  | +11448                         | +18,6          | 80138                  | +18465                         | +29,9          | +7017   | +9,6           |

| Продовження табл. 7.1  |       |       |            |        |       |            |        |            |       |
|--|-------|-------|------------|--------|-------|------------|--------|------------|-------|
| Розрахунковий<br>розмір<br>прибутку на<br>1 га, грн.         | 10133 | 20316 | +10183     | +100,5 | 26835 | +16702     | +164,8 | +6519      | +32,1 |
| Розрахунковий<br>рівень<br>рентабельність,<br>%              | 19,7  | 38,5  | +18,8 в.п. | х      | 50,3  | +30,6 в.п. | х      | +11,9 в.п. | х     |
| Окупність<br>додаткових<br>витрат<br>прибутком,<br>грн./грн. | х     | 8,05  | х          | х      | 9,48  | х          | х      | 13,12      | х     |

Як можна бачити із наведених даних, за всіх варіантів виробництво бульб є прибутковим. У той же час у контролі показник рівня рентабельності досить низький для конкурентоспроможного виробництва картоплі. При застосуванні компосту, отриманого без інтродукції *T. harzianum* 128 спостерігається помітне підвищення усіх показників економічної ефективності виробництва. Так, унаслідок зростання врожайності на 18,6 % за менших темпів росту витрат на виробництво і реалізацію продукції із розрахунку на 1 га посадкової площі (на 2,5 %) собівартість одиниці продукції знизилася на 13,6 %. Зазначене у поєднанні зі збільшенням виручки від реалізації продукції (пропорційно до росту урожайності) забезпечило підвищення розміру прибутку із розрахунку на 1 га посадкової площі на 100,5 % і рівня рентабельності виробництва бульб – на 18,8 в.п. (відсоткових пункти). При цьому окупність додаткових витрат додатковим прибутком склала 8,05 грн./грн., тобто на кожну додаткову гривню, витрачену на виробництво і застосування даного варіанту компосту, отримано 8,05 грн. додаткового прибутку.

Далі, порівнюючи результати застосування компосту із Триходермою при вирощуванні картоплі, спостерігаємо значне покращення усіх основних показників економічної ефективності по відношенню до контролю. Так, урожайність бульб підвищилася на 31,6 % за значно меншого росту витрат із розрахунку на 1 га посадкової площі (на 3,4 %). За такого поєднаного впливу наведених чинників собівартість 1 т бульб зменшилася на 630 грн., або на 20,4 %. Відповідно до росту рівня урожайності збільшився і обсяг виручки від реалізації продукції – на 18465 грн./га. За комплексного впливу зазначених факторів прибутковість виробництва підвищилася на 16702 грн./га (на 164,8 %), а рівень рентабельності зріс на 30,6 в.п. При цьому окупність додаткових витрат додатковим прибутком склала 9,48 грн./грн. Отже, застосування нового біоорганічного добрива при вирощуванні картоплі сприяло значному підвищенню ефективності виробництва.

Крім цього, ми порівняли між собою ефективність компостів, виготовлених за різними технологіями приготування (з Триходермою та без неї). Так, при застосуванні компосту з Триходермою урожайність бульб зросла на 1,9 т/га ,або на 9,6 % у порівнянні із варіантом застосування компосту без Триходерми. При цьому витрати із розрахунку на 1 га посадкової площі підвищилися лише на 497 грн./га (на 0,9 %) що сприяло зменшенню собівартості 1 т бульб на 211 грн. (на 7,9 %). За відповідного до росту урожайності збільшення обсягу виручки від реалізації додаткової продукції комплексний вплив наведених факторів сприяв підвищенню прибутковості виробництва на 6519 грн./га (на 32,1 %), а рівня рентабельності – на 11,9 в.п. При цьому окупність додаткових витрат склала 13,12 грн./грн. по отриманому додатковому прибутку. Отже, за результатами порівняльної оцінки застосування компостів, виготовлених за різними технологіями приготування, при вирощуванні картоплі можна зробити висновок, що нове біоорганічне добриво сприяє підвищенню економічної ефективності виробництва у порівнянні з компостом без Триходерми.

На підставі результатів проведеної оцінки економічної ефективності застосування компостів у технологіях вирощування картоплі слід зазначити, що підвищення усіх її основних показників у порівнянні з контрольним варіантом обумовлено, передусім, зміною рівня урожайності з відповідними надходженнями від реалізації продукції та розміру витрат на її виробництво і реалізацію. При цьому слід мати на увазі, що внаслідок можливих цінових коливань або ж змін у технологіях виробництва компостів можливою є і зміна показників економічної ефективності. З урахуванням наведеного доцільним є, на нашу думку, визначення кількісного впливу вказаних чинників (рівня урожайності та розміру витрат), у ролі факторів першого порядку (як таких, що здійснюють безпосередній вплив), на відхилення досліджених показників економічної ефективності. Слідуючи логіці причинно-наслідкових зв'язків слід зазначити, що в даному випадку зв'язок між факторами та результатами є прямим функціональним, тобто таким, який



можна виразити за допомогою математичних формул за використання простих арифметичних дій (додавання, віднімання, множення, ділення). Для такої ситуації можна скористатися методикою детермінованого факторного аналізу [297]. Для цього нами застосовано прийом ланцюгових підстановок способу різниць, як один із найбільш наочних.

На підставі вищенаведеного для розрахунку впливу зміни рівня урожайності картоплі та розміру грошових витрат із розрахунку на 1 га посадкової площі на відхилення рівня собівартості 1 т бульб за використання нового біоорганічного добрива у порівнянні з контролем та компостом без Триходерми можна скористатися наступною двофакторною детермінованою моделлю:

$$C=V/Y,$$

де:

- С – рівень собівартості 1 т бульб, грн.;
- В – розмір грошових витрат із розрахунку на 1 га посадкової площі, грн.;
- У – урожайність картоплі, т/га.

Відповідні розрахунки наведено в таблиці 7.2. За результатами розрахунків можна зробити висновок, що за використання нового біоорганічного добрива за рахунок підвищення розміру грошових витрат із розрахунку на 1 га посадкової площі собівартість одиниці продукції зросла на 106 грн./т у порівнянні з контролем та на 25 грн./т – у порівнянні із компостом без Триходерми. Але за рахунок підвищення урожайності собівартість 1 т бульб знизилася на 736 грн. у порівнянні з контролем та на 236 грн. – у порівнянні із компостом без Триходерми. В цілому ж взаємодія зазначених протилежно спрямованих впливів обумовила загальне зниження собівартості продукції на 630 грн./т у порівнянні із контролем та на 211 грн./т – у порівнянні з компостом без Триходерми.

Таблиця 7.2

**Розрахунок впливу зміни розміру грошових витрат на 1 га та рівня урожайності на відхилення рівня собівартості 1 т картоплі за використання експериментального біоорганічного добрива**

| Показники  | Умовні<br>позначення<br>та формули<br>розрахунку | Експериментальне<br>біоорганічне добриво по<br>відношенню до |                               |
|--|--|--|-------------------------------|
|  |  | контролю   | компосту<br>без<br>триходерми |
| Урожайність картоплі в контролі,<br>т/га   | $Y_k$  | 16,7   | 19,8                          |
| Урожайність картоплі за<br>використання експериментального<br>біоорганічного добрива, т/га             | $Y_{\Pi}$  | 21,7   | 21,7                          |
| Витрати на 1 га посадкової площі в<br>контролі, грн.   | $B_k$  | 51541  | 52805                         |
| Витрати на 1 га посадкової площі за<br>використання експериментального<br>біоорганічного добрива, грн. | $B_{\Pi}$  | 53302  | 53302                         |
| Повна собівартість 1 т картоплі в<br>контролі, грн.  | $C_k = B_k / Y_k$                                | 3086   | 2667                          |
| Повна собівартість 1 т картоплі за<br>використання експериментального<br>біоорганічного добрива, грн.  | $C_{\Pi} = B_{\Pi} / Y_{\Pi}$                    | 2456   | 2456                          |
| Розрахункова (умовна) собівартість<br>1 т картоплі, грн.   | $C_{\text{ум}} = B_{\Pi} / Y_k$                  | 3192   | 2692                          |
| Загальне відхилення собівартості<br>одиниці продукції, грн./т  | $\Delta C_{\text{заг}} = C_{\Pi} - C_k$          | -630   | -211                          |

| <i>Продовження табл. 7.2</i>                                    |                               |      |      |
|---|-------------------------------|------|------|
| Відхилення собівартості за рахунок зміни витрат на 1 га, грн./т | $\Delta C_B = C_{ум} - C_K$   | +106 | +25  |
| Відхилення собівартості за рахунок зміни урожайності, грн./т    | $\Delta C_y = C_{п} - C_{ум}$ | -736 | -236 |

Для визначення кількісного впливу досліджуваних чинників на зміну розміру прибутку із розрахунку на 1 га посадкової площі за використання експериментального біоорганічного добрива у порівнянні з контролем та компостом без Триходерми ми застосували наступну трифакторну детерміновану модель:

$$П = Ц * У - В, \text{ грн.},$$

де:

- П – розмір прибутку із розрахунку на 1 га площі посадки, грн.;
- Ц – реалізаційна ціна 1 т картоплі, грн.

При цьому, в даному випадку, за фактично однакових цін реалізації, наведена модель є по суті двофакторною і відображає вплив саме досліджуваних чинників.

Відповідні розрахунки наведено в таблиці 3. Із наведених даних видно, що розмір прибутку із розрахунку на 1 га посадкової площі за рахунок зростання рівня витрат у варіанті із використанням експериментального біоорганічного добрива зменшився на 1762 грн./га у порівнянні з контролем та на 496 грн./га у порівнянні із застосуванням компосту без Триходерми. У той же час, завдяки росту рівня урожайності розмір прибутку на 1 га площі посадки при застосуванні експериментального біоорганічного добрива підвищився на 18464 та 7015 грн. відповідно, внаслідок чого отримано загальне збільшення розміру прибутку на 16702 та 6519 грн./га відповідно.

Для визначення кількісного впливу зміни досліджуваних факторів на відхилення рівня рентабельності (Р) виробництва картоплі за використання

експериментального біоорганічного добрива в порівнянні з контролем та варіантом із застосуванням компосту без Триходерми нами застосовано наступну класичну двофакторною детерміновану модель:

$$P = \Pi / B * 100 \%$$

Для спрощення процедури розрахунків і виокремлення впливу саме досліджуваних факторів (урожайності та розміру витрат із розрахунку на 1 га посадкової площі) ми трансформували наведену модель у наступний її вигляд:

$$P = \Pi / B * 100 \% = ((C * Y) - B) / B * 100 \% = (C * Y / B - 1) * 100 \%$$

Таблиця 7.3

**Розрахунок кількісного впливу зміни розміру витрат на 1 га посадкової площі та рівня урожайності на відхилення розміру прибутку на 1 га за використання експериментального біоорганічного добрива**

| Показники  | Умовні позначення та формули розрахунку | Компост із Триходермою по відношенню до |                         |
|--|---|---|-------------------------|
|  |   | контролю                                | компосту без триходерми |
| Урожайність в контролі, т/га   | $Y_k$                                   | 16,7                                    | 19,8                    |
| Урожайність бульб за використання компосту із Триходермою, т/га                | $Y_{\Pi}$                               | 21,7                                    | 21,7                    |
| Витрати на 1 га посадкової площі в контролі, грн.                              | $B_k$                                   | 51541                                   | 52805                   |
| Витрати на 1 га посадкової площі за використання компосту із Триходермою, грн. | $B_{\Pi}$                               | 53302                                   | 53302                   |
| Реалізаційна ціна 1 т картоплі, грн.   | $C$                                     | 3693                                    | 3693                    |

| Продовження табл. 7.3   |   |        |       |
|---|---|--------|-------|
| Прибуток на 1 га посадкової площі в контролі, грн.                              | $\Pi_k = \Pi * Y_k - B_k$                             | 10133  | 20316 |
| Прибуток на 1 га посадкової площі за використання компосту із Триходермою, грн. | $\Pi_{\Pi} = \Pi * Y_{\Pi} - B_{\Pi}$                 | 26835  | 26835 |
| Розрахунковий (умовний) прибуток на 1 га посадкової площі, грн.                 | $\Pi_{\text{ум}} = \Pi * Y_{\Pi} - B_k$               | 28597  | 27331 |
| Загальне відхилення прибутку, грн./га   | $\Delta \Pi_{\text{заг}} = \Pi_{\Pi} - \Pi_k$         | +16702 | +6519 |
| Відхилення прибутку за рахунок зміни урожайності, грн./га                       | $\Delta \Pi_{\text{в}} = \Pi_{\text{ум}} - \Pi_k$     | +18464 | +7015 |
| Відхилення прибутку за рахунок зміни витрат на 1 га посадкової площі, грн./га   | $\Delta \Pi_{\text{в}} = \Pi_{\Pi} - \Pi_{\text{ум}}$ | -1762  | -496  |

Подібно до попереднього випадку за однакових цін реалізації наведена трифакторна модель є, фактично, двофакторною.

Відповідні розрахунки наведено в табл. 7.4.

Таблиця 7.4

**Визначення впливу зміни розміру витрат на 1 га посадкової площі та рівня урожайності на відхилення рівня рентабельності виробництва картоплі за використання експериментального біоорганічного добрива**

| Показники                    | Умовні позначення та формули розрахунку | Експериментальне біоорганічне добриво по відношенню до |                         |
|------------------------------|---|--|-------------------------|
|                              |   | контролю   | компосту без триходерми |
| Урожайність в контролі, т/га | $Y_k$                                   | 16,7   | 19,8                    |

| <i>Продовження табл. 7.4</i>   |   |       |       |
|--|---|-------|-------|
| Урожайність за використання експериментального біоорганічного добрива, т/га                      | $Y_{\Pi}$   | 21,7  | 21,7  |
| Витрати на 1 га посадкової площі в контролі, грн.  | $B_K$   | 51541 | 52805 |
| Витрати на 1 га посадкової площі за використання експериментального біоорганічного добрива, грн. | $B_{\Pi}$   | 53302 | 53302 |
| Реалізаційна ціна 1 т картоплі, грн.   | $\Pi$   | 3693  | 3693  |
| Рівень рентабельності виробництва в контролі, %  | $P_K = (\Pi * Y_K / B_K - 1) * 100$               | 19,7  | 38,5  |
| Рівень рентабельності виробництва за використання експериментального біоорганічного добрива, %   | $P_{\Pi} = (\Pi * Y_{\Pi} / B_{\Pi} - 1) * 100$   | 50,3  | 50,3  |
| Розрахунковий (умовний) рівень рентабельності, %   | $P_{\text{ум}} = (\Pi * Y_{\Pi} / B_K - 1) * 100$ | 55,5  | 51,8  |
| Загальне відхилення рівня рентабельності, в.п.   | $\Delta P_{\text{заг}} = P_{\Pi} - P_K$           | +30,6 | +11,8 |
| Відхилення рівня рентабельності за рахунок зміни урожайності, в.п.                               | $\Delta P_y = P_{\text{ум}} - P_K$                | +35,8 | +13,3 |
| Відхилення рівня рентабельності за рахунок зміни витрат на 1 га посівів, в.п.                    | $\Delta P_B = P_{\Pi} - P_{\text{ум}}$            | -5,2  | -1,5  |

Наведені в табл. 7.4 дані свідчать, що при застосуванні експериментального біоорганічного добрива рівень рентабельності

виробництва картоплі унаслідок підвищення розміру витрат із розрахунку на 1 га посадкової площі зменшився на 5,2 в.п. у порівнянні з контролем та на 1,5 – у порівнянні із застосуванням компосту без Триходерми. В той же час, завдяки росту урожайності, рівень рентабельності виробництва підвищився значно вищими темпами – на 35,8 та на 13,3 в.п. відповідно, що забезпечило загальне збільшення на 30,6 та 11,8 в.п. відповідно.

Слід підкреслити, що показники економічної ефективності виробництва значною мірою підлягають впливу кон'юнктурних факторів (вартість матеріально-технічних ресурсів та оплата праці, ціни реалізації продукції тощо). Тому коливання ринкової кон'юнктури і дуже актуальне для картоплярства сезонне коливання цін реалізації продукції будуть позначатися і на рівні економічної ефективності виробництва. Задля нівелювання впливу ринкових факторів і для більш об'єктивної оцінки нового засобу виробництва доцільним є доповнення аналізу економічної ефективності дослідженням біоенергетичної ефективності технологій приготування компостів при вирощуванні картоплі. З цією метою нами розраховано наступні основні показники біоенергетичної ефективності виробництва картоплі: витрати антропогенної енергії із розрахунку на 1 т продукції, коефіцієнт енергетичної ефективності (відношення енерговмісту господарськи цінної частини врожаю до витрат антропогенної енергії на його отримання), коефіцієнт енергетичної ефективності додаткових витрат антропогенної енергії (відношення енерговмісту додаткового врожаю картоплі до додаткових витрат антропогенної енергії на його отримання за використання компостів). Відповідні розрахунки були нами проведені за використання методик [299 – 302], які передбачають переведення витрат усіх видів матеріально-технічних та людських ресурсів і господарськи цінної частини врожаю (бульб) із натурального виразу в енергетичні еквіваленти за відповідними нормативами. Результати розрахунків наведено в табл. 7.5.

Таблиця 7.5

**Біоенергетична ефективність вирощування картоплі за використання різних технологій приготування компосту**

| Показники                                       | Контроль<br>(значення) | Компост без Триходерми |                             |                | Експериментальне біоорганічне добриво |                             |                | Експериментальне біоорганічне добриво по відношенню до компосту без Триходерми |             |
|---|------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------|----------------|--|-------------|
|   |                        | значення               | відхилення до контролю, +/- |                | Значення                              | відхилення до контролю, +/- |                | абсолютне  | відносне, % |
|   |                        |                        | Абсолютн<br>е               | відносне,<br>% |                                       | абсолютне                   | відносне,<br>% |  |             |
| Урожайність,<br>т/га                            | 17,7                   | 21,0                   | +3,3                        | +18,6          | 23,3                                  | +5,6                        | +31,6          | +2,3   | +11,4       |
| Витрати антропогенної енергії на 1 га, МДж.     | 44018                  | 46028                  | +2010                       | +4,6           | 46502                                 | +2484                       | +5,6           | +473   | +1,1        |
| Витрати антропогенної енергії на 1т бульб, МДж. | 2636                   | 2325                   | -311                        | -11,8          | 2143                                  | -493                        | -18,7          | -182   | -6,9        |



| <i>Продовження табл. 7.5</i>   |       |       |        |       |       |        |       |        |       |
|--|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| Енерговміст<br>урожаю, МДж/га  | 61089 | 72428 | +11340 | +18,6 | 79379 | +18290 | +29,9 | +6950  | +11,4 |
| Коефіцієнт<br>енергетичної<br>ефективності                                 | 1,388 | 1,574 | +0,186 | +13,4 | 1,707 | +0,319 | +23,0 | +0,133 | +8,4  |
| Коефіцієнт<br>енергетичної<br>ефективності<br>додаткових<br>витрат енергії | x     | 5,64  | x      | x     | 7,36  | x      | x     | 14,7   | x     |

Як можна бачити із представлених даних (табл. 7.5), застосування компостів при вирощуванні картоплі сприяє суттєвому підвищенню всіх основних показників енергетичної ефективності виробництва. Зазначене підтверджується, передусім, тим, що коефіцієнти енергетичної ефективності в обох варіантах з використанням компостів є помітно вищими у порівнянні із контрольним варіантом. Зокрема, за використання компосту без Триходерми зазначене перевищення склало 0,186 або 13,4 %, а при застосуванні експериментального біоорганічного добрива – 0,319, або 23,0 %. Зростає і віддача додаткових витрат антропогенної енергії: енерговміст додаткового урожаю картоплі перевищує енергетичні витрати на його отримання у 5,64 рази при застосуванні компосту без Триходерми і в 7,36 разів – за використання нового біоорганічного добрива. При цьому, в розрізі різних варіантів технологій приготування, компост із Триходермою у порівнянні із компостом без неї забезпечує окупність додаткових витрат антропогенної енергії енергією додаткового урожаю на рівні 14,7.

Виявлене нами значне підвищення рівня енергетичної ефективності вирощування картоплі за використання експериментального біоорганічного добрива досягається, передусім, завдяки тому, що додаткові витрати антропогенної енергії, пов'язані із його застосуванням, є суттєво меншими за енерговміст додаткового урожаю бульб у порівнянні з усіма іншими варіантами дослідів. Для визначення кількісного впливу зазначених чинників на підвищення рівня біоенергетичної ефективності технологій виробництва картоплі ми застосували вже згадану вище методику детермінованого факторного аналізу.

Визначення кількісного впливу зміни розміру енерговмісту отриманого з 1 га посадкової площі урожаю бульб та понесених додаткових витрат антропогенної енергії для цього на відхилення коефіцієнта енергетичної ефективності виробництва за використання експериментального біоорганічного добрива у порівнянні з контролем та варіантом із застосуванням компосту без Триходерми ми провели за допомогою наступної двофакторної детермінованої моделі:

$$KEE=EY/BE,$$

де:

- КЕЕ – коефіцієнт біоенергетичної ефективності виробництва картоплі;
- ЕУ – енерговміст урожаю бульб, МДж/га;
- ВЕ – витрати антропогенної енергії, МДж/га.

Відповідні розрахунки наведено в табл. 7.6.

Таблиця 7.6

**Розрахунок впливу зміни розміру енерговмісту урожаю з 1 га та витрат антропогенної енергії на 1 га посадкової площі на відхилення рівня коефіцієнта біоенергетичної ефективності виробництва картоплі за використання експериментального біоорганічного добрива**

| Показники  | Умовні позначення та формули розрахунку | Експериментальне біоорганічне добриво по відношенню до |                         |
|--|---|--|-------------------------|
|  |   | контролю   | компосту без Триходерми |
| Енерговміст урожаю бульб в контролі, МДж/га  | $EU_k$                                  | 61089  | 72428                   |
| Енерговміст урожаю картоплі за використання експериментального біоорганічного добрива, МДж/га                          | $EU_{\Pi}$                              | 79379  | 79379                   |
| Витрати антропогенної енергії на 1 га посадкової площі в контролі, МДж.  | $BE_k$                                  | 44018  | 46028                   |
| Витрати антропогенної енергії на 1 га посадкової площі за використання експериментального біоорганічного добрива, МДж. | $BE_{\Pi}$                              | 46502  | 46502                   |
| Коефіцієнт енергетичної ефективності в контролі  | $KEE_k = EU_k / BE_k$                   | 1,388  | 1,574                   |

| <i>Продовження табл. 7.6</i>   |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| Коефіцієнт енергетичної ефективності за використання експериментального біоорганічного добрива         | $KEE_{\pi} = EY_{\pi}/BE_{\pi}$                        | 1,707  | 1,707  |
| Розрахунковий (умовний) коефіцієнт енергетичної ефективності   | $KEE_{\text{ум}} = EY_{\pi}/BE_k$                      | 1,803  | 1,725  |
| Загальне відхилення коефіцієнта енергетичної ефективності  | $\Delta KEE_{\text{заг}} = KEE_{\pi} - KEE_k$          | +0,319 | +0,133 |
| Відхилення коефіцієнта енергетичної ефективності за рахунок зміни витрат антропогенної енергії на 1 га | $\Delta KEE_{\text{вс}} = KEE_{\pi} - KEE_{\text{ум}}$ | -0,096 | -0,018 |
| Відхилення коефіцієнта енергетичної ефективності за рахунок зміни енерговмісту урожаю                  | $\Delta KEE_{\text{сy}} = KEE_{\text{ум}} - KEE_k$     | +0,415 | +0,151 |

З аналізу даних табл. 7.6 видно, що за рахунок збільшення розміру витрат антропогенної енергії з розрахунку на 1 га посадкової площі у варіанті з використанням експериментального біоорганічного добрива коефіцієнт енергетичної ефективності знизився на 0,096 пункти у порівнянні із контролем та на 0,018 – у порівнянні із застосуванням компосту без Триходерми, але за рахунок підвищення енерговмісту урожаю він зріс на 0,415 та 0,151 пункти відповідно, забезпечивши загальне зростання на 0,319 та 0,133 пункти відповідно.

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 без Триходерми.

### **Висновки до розділу 7**

1. Застосування компосту, отриманого за пропонованого удосконаленого способу його приготування, в технологіях вирощування сільськогосподарських культур, зокрема картоплі, є дієвим засобом підвищення економічної та біоенергетичної ефективності виробництва.

Основні результати розділу опубліковані у наукових працях [331].

## РОЗДІЛ 8

### ОБГОВОРЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Метою дисертаційної роботи є оптимізація складу угруповань мікроорганізмів при компостуванні курячого посліду з урахуванням спрямованості й інтенсивності перебігу мікробіологічних процесів, у т.ч. за інтродукції до субстрату селекціонованих мікроорганізмів, та створення технології керованого компостування посліду для отримання біоорганічного добрива з високим вмістом агрономічно корисних мікроорганізмів та фізіологічно активних сполук.

Відомо, що для оптимального перебігу процесів мінералізації-синтезу органічної речовини важливе значення має вуглецево – азотний баланс (співвідношення С : N) у компостованому субстраті. Оптимальним вважається співвідношення від 20 до 30:1 [327, 328]. Виходячи з цього, насамперед, нами були з'ясовані особливості компостування курячого посліду з різним співвідношенням С : 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. Важливими є також і підсилення інтенсивності поглинання низки поживних речовин за використання зазначених компонентів суміші.

Для вивчення сукцесії мікробіоти при компостуванні субстратів на основі курячого посліду в динаміці досліджували чисельність представників окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів (амоніфікувальних бактерій, мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми азоту, мікроміцетів, азотфіксувальних та денітрифікувальних бактерій, мікроорганізмів, що гідролізують фосфати, целюлозолітичних бактерій), а також активність таких процесів, як інтенсивність дихання, активність потенційної денітрифікації у субстраті.

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. Отримані результати свідчать про неоднорідність розвитку мікроорганізмів у залежності від співвідношення C : N у компості.

Інтенсивніше мікробіологічні процеси протікали у варіанті досліду, 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 в компостованій суміші, а й дозволило зберегти оптимальне співвідношення вуглецю до азоту протягом усього періоду компостування (близько 20 : 1).

Своєрідним показником ступеня інтенсивності мінералізаційних процесів у компостованих субстратах є чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів. Особливістю їх розвитку було два періоди 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 і деяке відновлення, 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 рази залежно від терміну компостування. Період відновлення чисельності протеолітичних бактерій (друга хвиля розвитку, що обумовлена 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 призупинення мінералізаційних процесів, тоді як у контролі вони лише розпочинаються. 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 високо

затратних процесів. Це підтверджується особливостями розвитку протеолітичних бактерій.

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.

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.

Протягом компостування також проводили облік чисельності фосфатимобілізівних мікроорганізмів, але отримані результати свідчать про низьку їх кількість у субстратах, що може свідчити про відсутність відповідних умов для їх розвитку.

У ході компостування вивчали особливості розвитку целюлозолітичних бактерій. Отримані результати свідчать, що їх чисельність 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. Активний розвиток целюлозолітичних бактерій у сумішах з соломом і/та торфом на початкових стадіях компостування можна пояснити наявністю вуглецю в торфі і соломі. 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.

Слід зауважити, що найвища чисельність мікроміцетів спостерігається в оптимізованому субстраті (суміші посліду з соломою і торфом) – на рівні 8649 тис. КУО/г сухого компосту. Значна чисельність мікроскопічних грибів у оптимізованому за співвідношенням С : N субстраті, безперечно, пояснюється вмістом додаткових компонентів, до складу яких входить вуглець, що є джерелом енергії і основою синтезу органічних речовин для мікроорганізмів.

Особливості розвитку мікроорганізмів у компостованих субстратах підтверджуються результатами визначення біологічної активності. Так, найвищі показники інтенсивності продукування CO<sub>2</sub> 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 досліджування спостерігається зменшення чисельності представників усіх досліджуваних груп мікроорганізмів і зниження інтенсивності процесів біологічної денітрифікації та емісії CO<sub>2</sub>, що є свідченням настання стадії затухання процесу компостування.

Варто зазначити, що оптимізація субстрату за вуглецево-азотним співвідношенням сприяла зменшенню чисельності денітрифікаторів і активності біологічної денітрифікації. Безперечно, це пояснюється можливістю іммобілізації сполук азоту за надходження до субстрату додаткової кількості Карбону.

Таким чином, оптимізація співвідношення С : 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 суцесійних змін мікробних угруповань. З доступних нам літературних джерел відомо, що ця обставина не береться до уваги, і для збагачення компостів, як правило, пропонується механічне добавлення біомаси мікроорганізмів, без урахування можливостей їх розвитку в субстратах. 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 бактерій – шостий, мікроміцетів – період упродовж першого – другого місяців компостування. Інтродукція відповідних представників мікробіоти у ці періоди, на нашу думку, дасть змогу збагатити компости корисними мікроорганізмами.

Наші подальші дослідження передбачали скринінг мікроорганізмів, здатних до розвитку в компостованих субстратах і активної мінералізації органічної речовини. Основну увагу було приділено грибам роду *Trichoderma*. У ході досліджень виділено 150 ізолятів – представників зазначеного роду. Серед отриманих ізолятів за здатністю активно руйнувати целюлозовмісний субстрат (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, за їх одночасного застосування спостерігається синергізм у забезпеченні процесів мінералізації.

Для глибшого розкриття механізму деструкції рослинних решток асоціацією грибів *T. harzianum* 128 нами досліджено в динаміці продукування ферментів целюлазного комплексу. 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 на 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,  $\beta$ -глюкозидазна активність досліджуваних мікроміцетів була вищою за їх культивування на середовищі з пшеничною соломою, ніж 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.

Дослідження загальної целюлазної активності мікроміцетів є інтегральною оцінкою ефективності целюлазного комплексу. Отримані дані вказують на прояв найвищої загальної целюлазної активності на 10 день культивування грибів. Так, загальна целюлазна активність грибів становила для *T. harzianum* F-2455 – 0,122 та 0,090 IU/ml, для асоціації *T. harzianum* 128 – 0,330 та 0,313 IU/ml, для *T. harzianum* 128/1 – 0,281 та 0,232 IU/ml, для *T. harzianum* 128/2 – 0,190 та 0,164 IU/ml відповідно.

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.

Найбільш ілюстративним показником ефективності целюлазного комплексу є загальна целюлазна активність, за дослідження якої чітко простежується, що *T. harzianum* 128/1 та *T. harzianum* 128/2 проявляють меншу активність за окремого культивування, ніж в асоціації. Так, для асоціації *T. harzianum* 128 пік загальної целюлозолітичної активності припадав на 10 добу і становив 0,330 IU/ml при культивуванні з фільтрувальним папером та 0,313 IU/ml при культивуванні на середовищі з пшеничною соломою. У всіх випадках культивування асоціації *T. harzianum* 128 з пшеничною соломою продукування целюлозолітичних ферментів було нижчим, окрім  $\beta$ -глюкозидазної активності, що є типовим для багатьох грибів.

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.

Не менш важливим показником агрономічно цінних мікроорганізмів є відсутність фітотоксичності. Наші дослідження свідчать про відсутність фітотоксичності асоціації грибів *T. harzianum* 128. Більше того, встановлено здатність асоціації грибів *T. harzianum* 128 до синтезу позаклітинних фітогормонів.

Фітогормони, що продукує асоціація *T. harzianum* 128, можуть позитивно впливати на ріст і розвиток рослин, відігравати захисну роль за несприятливих умов навколишнього середовища. Здатність асоціації *T. harzianum* 128 до

продукування фітогормонів, що встановлено нами за використання інструментальних методів досліджень, може опосередковано свідчити про можливість збагачення компостованого субстрату на фітогормони, що позитивно впливатиме на якість готового компосту.

Отримання компостів із запрограмованими властивостями є важливим при підготовці органічних добрив. При цьому надзвичайно бажаним, крім вищеписаних 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 *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. Зазначена особливість дозволяє розробляти технології керованого компостування органічної речовини за впливу селекціонованої активної целюлозолітичної асоціації мікроміцетів. Це є принципово новим підходом до процесів компостування органічної речовини, оскільки існуючі технології передбачають інтродукцію активних штамів без врахування приживаності інтродуцента та сукцесійних змін в мікробних угрупованнях компосту на момент внесення інтродуцента.

Для розробки технології компостування субстрату на основі курячого посліду за участі *T. harzianum* 128 було необхідним проведення досліджень з

оптимізації технологічних параметрів. З цією метою нами визначено оптимальну кількість всіх складових компосту для забезпечення максимальної інтенсифікації процесу компостування. Також визначено тривалість компостування.

Максимальний розвиток інтродуцента спостерігається за внесення асоціації *T. harzianum* 128 на 2-й місяць компостування і становить наприкінці компостування 9,7 млн. КУО/г сухого компосту.

Асоціація *T. harzianum* 128 активно впливає на швидкість мінералізації органічних речовин, що входять до складу компосту. Встановлено, що внаслідок застосування асоціації *T. harzianum* відбувається максимальне розкладання органічного субстрату. Результати щомісячного визначення інтенсивності розкладання 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.

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

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

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, спостерігалось 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 рістстимулюючих речовин, що накопичені 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. Певною мірою це може свідчити про активізацію діяльності азотасиміляторних ферментів рослин, внаслідок чого нітрати залучаються до метаболічних процесів рослин.

Таким чином, у ході виконання дисертаційної роботи визначено особливості сукцесій угруповань мікроорганізмів при компостуванні курячого посліду. Селекціоновано активні целюлозо руйнівні мікроорганізми, досліджено активність їх целюлазного комплексу, інтенсивність продукування антибіотичних речовин та фітогормонів. Обґрунтовано можливість забезпечення керованого процесу компостування курячого посліду за дотримання термінів інтродукції до субстрату активних штамів целюлозолітичних мікроорганізмів. У ході досліджень розроблено ефективну технологію біокомпостування курячого посліду. Отриманий компост характеризується покращеними агрохімічними

характеристиками, високим вмістом агрономічно цінних мікроорганізмів та фізіологічно активних речовин. Дослідження ефективності експериментального компосту свідчить про перспективи його використання у сільськогосподарському виробництві.



## 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 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.

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 ефективне, 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. Запропонований агрозахід є дієвим засобом підвищення економічної та енергетичної ефективності виробництва.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Поголів'я худоби та птиці. Тваринництво (1990 – 2017 рр.) : за даними Державної Служби Статистики України. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
2. Мерзлая Г. Е., Лысенко В. П. Ресурсы птицефабрик для производства органических удобрений. *Агрохимический вестник*. 2005. № 3. С. 12–13.
3. Петриченко В. Ф., Панасик Я. Я. Сучасні системи землеробства України: навчальний посібник. В. : ФОП Данилюк В. Г., 2009. 256 с.
4. Агеечкин А. Д., Титов О. М., Лысенко В. П. Производство, выгодное для птице фабрик. *Птицеводство*. 2004. № 2. С. 40–41.
5. Владелец В. В., Махонько Н. И. Санитарно-биологические аспекты охраны окружающей среды в районах размещения птицеводческих фабрик. *Гигиена и санитария*. 1979. № 9. С. 71–73.
6. Володавец В. В., Калина Г. П., Гипп Е. К. Микробное загрязнение сточных вод животноводческого комплекса на различных этапах биологической очистки. *Гигиена и санитария*. 1979. № 2. С. 68–69.
7. Гончар М. Т. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства. Л. : Вища школа, 1986. 141 с.
8. Moore P. A., Daniel T. C., Sharpley A. N., Wood C. W. Poultry manure management: Environmentally sound options. *J Soil and Water Cons.* 1995. Vol. 3. P. 321–327.
9. Рациональные способы обработки помета и использование его в качестве удобрения сельскохозяйственных культур в условиях Левобережной Лесостепи УССР: методические рекомендации. Харьков, 1983. 18 с.
10. Биоорганическое удобрение: пат. 2360893 Российская Федерация. МПК СО5F3/00, СО5F11/10, В. В. Мохов, Е. В. Фомичёва; заявители и патентообладатели: В. В. Мохов, Е. В. Фомичёва. №2007144781/12; заявл: 03.12.2007; опубл. 10.07.2009, Бюл. №11.
11. Способ биологической переработки птичьего помета: пат. 2322427 Российская Федерация. МПК С12N1/20, СО5F11/08, Е. М. Кулагина, С. Ю.

Егоров, С. А. Азизов, В. П. Барабанов; заявитель и патентообладатель: ООО «Байлык». №2006126973/13; заявл. 14.07.2006; опубл. 20.04.2008, Бюл. № 11.

12. Состав для производства органоминерального удобрения: пат. 2283294 Российская Федерация. МПК СО5F11/00, Л. В. Родненко, А. Н. Салюков, П. П. Сапелкин, С. И. Симаненков, В. Н. Чёрных, В. А. Попов, Б. В. Путин, Н. Д. Коновалов; заявитель и патентообладатель: Акционерное общество «Принт». №2004110645/12; заявл. 07.04.2004; опубл. 10.09.2006, Бюл. № 25.

13. Поточковий спосіб виробництва органо-мінерального добрива: пат. 41493 Україна. МПК СО5F 3/00, І. В. Юрченко; заявник і патентовласник: І. В. Юрченко. № u 200814521; заявл. 16.12.2008; опубл. 25.05.2009, Бюл. № 10.

14. Мусина Н. Ю. Практическая биотехнология в сельском хозяйстве, экологии, здравоохранении. Микробиологические препараты «Байкал ЭМ 1», «Тамир», «ЭМ-Курунга». *Агробиотехнология и пути внедрения биотехнологий в сельскохозяйственное производство*: сборник трудов. Москва, 2006. С. 11–13.

15. Никольский К. С., Рябков В. В. Изучение влияния физико-химических свойств, нативной природы органогенных материалов и микробиологических добавок на процесс компостирования и на свойства получаемых конденсированных (твердых) органических удобрений. *Химия растительного сырья*. 2005. №4. С. 85 – 91.

16. Воробьев С. А., Черверная А. М. Агрохимические основы специализации севооборотов. *Биологическое земледелие*. М. : Агропромиздат, 1987. С. 22–29.

17. Сайко В. Ф., Дегедюк Е. Г. Теоретичні основи і практичні аспекти розвитку «біологічного» землеробства в Україні. *Землеробство*. 1994. Вип. 69. С. 3–7.

18. Гаценко М. В. Луценко Н. В., Волкогон В. В. Роль фосфатмобілізувальних мікроорганізмів в оптимізації вермикомпостування органіки, збагаченої фосфоритами. Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування : Зб. наук. праць Уманського держ. університету / М-во аграрної політики України, Академія

наук вищої освіти України, Уманський державний аграрний університет. Київ, 2008. С. 229–235.

19. Moore P. A., Daniel T. C., Edwards D. R., Miller D. M. Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter. *Journal of Environmental Quality*. 1995. Vol. 24. P. 239–300.

20. Агафонов Е. В., Каменев Р. А., Манашов Д. А. Использование индюшиного помета в земледелии Ростовской области. пос. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2015. 47 с.

21. Radziemska M., Mazur Zb. Effect of compost from by-product of the fishing industry on crop yield and microelement content in maize. *J. Ecol. Eng.* 2015. Vol. 16, No. 4. P. 168–175.

22. Gautam S. P., Bundela P. S., Pandeyet A. K. Composting of municipal solid waste of Jabalpur city. *Global J. Environ Res.* 2010. Vol. 4, No. 1. P. 43–46.

23. Döring T. F. A fresh start for organic farming research. *Organic Farming*. 2014. Vol. 1, No. 1. P. 1–2.

24. Kalinichenko A., Minkova O., Kalinichenko O. Development of Ukrainian organic products sector in the international context. *Socio-Economic Problems and the State*. 2015. Vol. 13, No. 2. P. 68–75.

Режим доступу: <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2015/15kaatic.pdf>

25. Москалевська Ю. П., Патика М. В., Танчик С. П. Особливості формування мікробного комплексу чорнозему типового в агроценозі буряка цукрового. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 1. С. 67–70.

Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd\\_2015\\_1\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_1_7)

26. Шерстобоева О. В. Екологічні, економічні та соціальні передумови біологічного землеробства. *Агроекологічний журнал*. 2007. № 1. С. 67–70.

27. Данилишин Б. М., Дорогунцов С. І., Міщенко В. С. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України / під заг. ред. Б.М. Данилишина. К.: РВПС України, 1999. 276 с.

28. Ryckeboer J., Mergaert J., Coosemans J., Deprins K., Swings J. Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin. *Journal of Applied Microbiology* 2003. Vol. 94. P. 127–137.
29. Araújo A. S. F., Santos V. B., Monteiro R. T. R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. *European journal of soil biology*. 2008. Vol. 44, № 2. P. 225–230.
30. Vinhal-Freitas I. C., Wangen D. R. B., Ferreira A. de S., Corrêa G. F., Wendling B. Microbial and enzymatic activity in soil after organic composting. *R. Bras. Ci. Solo*. 2010. Vol. 34. P. 757–754.
31. Гаценко М. В., Волкогон В. В. Оптимізація вермикомпостування органіки, збагаченої фосфоритами, за впливу фосфатмобілізувальних мікроорганізмів. *Мікробіологічний журнал*. 2010. №3. С. 14–19.
32. Технологія біокомпостування гною ВРХ з фосфоритами за впливу фосфатмобілізувальних мікроорганізмів: практичні рекомендації / уклад.: В. В. Волкогон, М. В. Гаценко, Н. В. Луценко та інші. Чернігів, 2011. 17с.
33. Городній М. М., Сердюк А. Г., Вовкотруб М. П. Агроекологія. К.: Вища школа, 1993. 415 с.
34. Попов П. Д., Хохлов В. И., Егоров А. А. Органические удобрения: справочник. М.: Агропромиздат, 1998. 206 с.
35. Шувар І. А., Бунчак О. М., Сендецький В. М., Тимофійчук О. Б., Бахмат О. М., Колісник Н. М. Виробництво та використання органічних добрив: монографія / за заг. ред. І. А. Шувара. Івано – Франківськ: Симфонія Форте, 2015. 596 с.
36. Мамченко И. П. Компосты, их приготовление и применение. Л.: Сельхозиздат, 1962.
37. Kanwal S., Matiullah S. I., Ahmad K. I. Aerobic composting of water lettuce for preparation of phosphorus enriched organic manure. *African Journal of Microbiology Res.* 2011. Vol. 5, No. 14. P. 1784–1793.

38. Bundela P. S., Gautam S. P., Pandey A. K., Awasthi M. K., Sarsaiya S. Municipal solid waste management in Indian cities – A review. *International Journal Of Enviromental Sciences*. 2010. Vol. 1, No. 4. P. 591–606.
39. Barral M. T., Paradelo R., Moldes A. B., Domínguez M., Díaz-Fierros F. Utilization of MSW compost for organic matter conservation in agricultural soils of NW Spain. *Resources, Conservation and Recycling*. 2009. Vol. 53, No. 9. P. 529–534.
40. Strachel R., Wyszowska J., Baćmaga M. The role of compost in stabilizing the microbiological and biochemical properties of zinc-stressed soil. *Water Air Soil Pollut*. 2017 P. 228–349.
41. Eusufzai M. K., Fujii K. Effect of organic matter amendment on hydraulic and pore characteristics of a clay loam soil. *Open Journal of Soil Science*. 2012. Vol. 2. P. 43–46.
42. Valarini P. J., Curaqueo G., Segue A., Manzano K., Rubio R., Cornejo P., Borie F. Effect of compost application on some properties of a volcanic soil from central south chile. *Chilean journal of agricultural research*. 2009. Vol. 69, No. 3. P. 416–425.
43. Белюченко И. С. Сложный компост как важный источник обогащения почвенного покрова питательными веществами. *Научный журнал КубГАУ*. 2014. С. 17.–21. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/40.pdf>
44. Aryantha I. P., Cross R., Guest D. I. Suppression of *Phytophthora cinnamomi* in potting mixes amended with uncomposted and composted animal manures. *Phytopathology*. 2000. Vol. 90, No. 7. P. 775–782.
45. Zaccardelli M., De Nicola F., Villecco D., Scotti R. The development and suppressive activity of soil microbial communities under compost amendment. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2013. Vol. 13, No. 3. P. 730–742.
46. Blaya J., López-Mondéjar R., Lloret E. Changes induced by *Trichoderma harzianum* in suppressive compost controlling *Fusarium* wilt. *Pesticide biochemistry and physiology*. 2013. Vol. 107, No. 1. P. 112–119.



47. Bernal Vicente A., Pascual J. A., Tittarelli F. *Trichoderma harzianum* T-78 supplementation of compost stimulates the antioxidant defence system in melon plants. *J. Sci Food Agric.* 2015. Vol. 95, No. 11. P. 2208–2214.
48. Prabhakaran D., Manivannan S. Effect of inoculating lignocellulolytic fungus on nutrient changes during different phases of composting of poultry droppings amended with bagasse. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2014. Vol. 3, No. 9. P. 582–595.
49. Litterick A. M., Harrier L., Wallace P., Watson C. A., Wood M. The role of uncomposted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production – A Review. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 2004. Vol. 23, No. 6. P. 453–479.
50. Akhtar M. Plant growth and nematode dynamics in response to soil amendments with neem products, urea and compost. *Bioresource Technolog.* 1999. Vol. 69. P. 181–183.
51. Cooper J. M., Warman P. R. Effects of three fertility amendments on soil dehydrogenase activity, organic C and pH. *Canadian Journal of Soil Science.* 1997. Vol. 77, No. 2. P. 281–283.
52. Zhen Z., Liu H., Wang N., Guo L., Meng J., Ding N., Wu G., Jiang G. Effects of manure compost application on soil microbial community diversity and soil microenvironments in a temperate cropland in china. *LOS ONE.* 2014. Vol. 9, No. 10. P. 11–22.
53. De Brito A. M. A., Gagne S., Antoun H. Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and on the incidence of plant growth-promoting rhizobacteria. *Appl Environ Microbiol.* 1995. Vol. 61, No. 1. P. 194–199.
54. Mandic L., Djukić D., Beatovic I., Jovovic Z., Pesakovic M., Stevovic V. Effect of different fertilizers on the microbial activity and productivity of soil under potato cultivation. *African Journal of Biotechnology.* 2011. Vol. 10, No. 36. P. 6954–6960.

55. Edesi L., Järvan M., Lauringson E., Akk E., Tamm K. The effect of solid cattle manure on soil microbial activity and on plate count microorganisms in organic and conventional farming systems. *Int.J.Curr.Microbiol. App.Sci.* 2013. Vol. 2, No. 12. P. 476–488.
56. Sharma A., Saha T. N., Arora A., Shah R., Nain L. Efficient microorganism compost benefits plant growth and improves soil health in calendula and marigold. *Horticultural Plant Journal.* 2017. Vol. 3, No. 1. P. 67–72.
57. Arslan E. I., Öbek E., Kirbağ S., Ipek U., Topal M. Determination of the effect of compost on soil microorganisms. *International Journal of Science & Technology.* 2008. Vol. 3, No. 2. P. 151–159.
58. Обогащенные компосты / под ред.: П. А. Власика, А. В. Манорика. К. : ГИСЛУ ССР, 1961.
59. Агрохимия / под ред.: П. М. Смирнова, А. В. Петербургского. М.: «Колос», 1975.
60. Лозановская И. Н. Теория и практика использования органических удобрений. Москва, 1988. 96 с.
61. Марченко В. В., Опально В. Г. Виробництво і використання компостів при вирощуванні польових культур. *Агроном.* 2007. № 4. С. 124–127.
62. Лер Р. Переработка и использование сельскохозяйственных отходов / рус. перевод под ред. А. Н. Шамко. М.: Колос, 1979. 415 с.
63. Мерзлая Г. Е., Афанасьев Р. А. Эффективность удобрений на основе осадков сточных вод. Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: материалы III Международн. науч. экологической конф., Краснодар, 2013. С. 15-19.
64. Чекмарев П. А., Родионов В. Я., Лукин С. В. Применение органических удобрений в Белгородской области. *Техника и оборудование для села.* 2011. № 9. С. 31–33.
65. Хараман А. В., Леонов В. В. Использование органических удобрений и биологизация земледелия в Белгородской области. *Достижения науки и техники АПК.* —2012. № 12. С. 12–14.

66. Youssef M. A., Eissa M. A. Comparison between organic and inorganic nutrition for tomato. *Journal of Plant Nutrition*. 2017. Vol. 40, № 13. P. 678–684.
67. Delate K., Cambardella C., McKern A. Effects of Organic fertilization and cover crops on an organic pepper system. *Hort Technology*. 2008. Vol. 18, № 12. P. 215–226.
68. Sarwar G., Hussain N., Schmeisky H., Muhammad S. H. Use of compost an environment friendly technology for enhancing rice-wheat production in pakistan. *Pak. J. Bot.* 2007. Vol. 39, № 5. P. 1553–1558.
69. Мезитян Н. А. К вопросу о взаимоотношении дождевых червей с паразитами корневой системы растений. *Известия АН МССР Сер. биол. и хим. наук*. 1978. №5, С. 67–71.
70. Zahedifard M., Sharafzadeh S., Zolfibavariani M., Zare M. Influence of nitrogen and vermicompost on grain and oil yield of rapeseed CV. RGS003. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.* 2014. Vol. 3, No. 7. P. 54–57.
71. Повхан М. Ф., Мельник И. А., Андриенко В. А. Вермикультура: производство и использование. К. : УкрИНТЭН, 1994. 128 с.
72. Игонин А. Биопереработка навоза (и другой органики) с помощью технологических дождевых червей. *Международный агрономический журнал*. 1991. № 5. С. 100–104.
73. Карпець І. П., Мельник І. А., Головенко В. І. Вермикультура як засіб виробництва біогумусу, кормового білка й оздоровлення навколишнього середовища. К.: УкрІНТЕІ, 1993. 142 с.
74. Кузьмина Н. В., Верховцева Н. В. Микробиологические свойства вермикомпостов. *Агрохимический вестник*. 2002. № 2 С. 14.
75. Мельник И. А., Ковалев В. Б. Влияние вермикультуры и биогумуса на плодородие почвы и развитие растений. *Защита растений*. 1991. № 1. С. 13–14.
76. Низкий С. Е., Немыкина Н. Д. Изучение влияния вермикомпоста на рост и продуктивность сои. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013. № 2. С. 46–48.

77. Пузік В. К., Рожков Р. В., Долгова Т. А. Знешкодження та утилізація відходів в агросфері: навч. Посібник. Х.: ХНАУ, 2014. 220 с.
78. Nigussie A., Kuiper T. W., de Neergaard A. Agricultural waste utilisation strategies and demand for urban waste compost: Evidence from smallholder farmers in Ethiopia. *Waste Management*. 2015. Vol. 44. P. 82–93.
79. Jayasinghe G. Y. Utilization of agricultural waste compost as an alternative potting media component with coir dust for leafy vegetable ipomoea aquatica. *Journal of Plant Nutrition*. 2014. Vol. 37 P. 1601–1611.
80. Shaban D., Abou H., Sawan M. O. The utilization of agricultural waste as one of the environmental issues in Egypt. *Journal of Applied Sciences Research*. 2010. Vol. 6, No. 8. P. 1116–1124.
81. Al-Barakah F. N., Radwan S. M. A., Abdel-Aziz R. A. Using biotechnology in recycling agricultural waste for sustainable agriculture and environmental protection. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*. 2013. Vol. 2, No. 12. P. 446–459.
82. Singh S., Nain L. Microorganisms in the conversion of agricultural wastes to compost. *Proc Indian Natn Sci Acad*. 2014. Vol. 80, No. 2. P. 473–481.
83. Elfeki M., Elbestawy E., Tkadlec E. Bioconversion of Egypt's agricultural wastes into biogas and compost. *Pol. J. Environ. Stud*. 2017. Vol. 26, No. 6. P. 2445–2453.
84. Saravanan P., Sathish K., Ignesh A., Ajithan C. Eco-friendly practice of utilization of food wastes. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention*. 2013. Vol. 2, No. 1. P. 14–17.
85. Badar R., Qureshi S. A. Utilization of composted agricultural waste as organic fertilizer for the growth promotion of sunflower plants. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2015. Vol. 3, No. 5. P. 184–187.
86. Loncaric R., Kanisek J., Loncaric Z. Mineral or organic fertilization: financial aspects. *European Scientific Journal*. 2013. Vol. 1. P. 133–138.
87. Мишустин Е. Н., Емцев В. Т. Микробиология. М. : «Колос», 1970. 20 с.

88. Ahmad R., Jilani G., Arshad M., Zahir Z. A., Khalid Az.. Bio-conversion of organic wastes for their recycling in agriculture: an overview of perspectives and prospects. *Annals of Microbiology*. 2007. Vol. 57, № 4. P. 471–479.
89. Филонюк В. А., Осмоловский Д. Ю. Очистка населенных мест от твердых бытовых отходов: метод. рекомендации. Минск: БГМУ, 2007. 20 с.
90. Отходы производства и потребления: учебно-методическое пособие / сост. С. Ю. Огородникова. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. 94 с.
91. Севостьянов С. М, Дёмин Д. В, Татаркин И. В. Компостирование обработанных аминокислотными реагентами осадков сточных вод. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2013. Вып. 15 С. 1432–1435.
92. Выгузова М. А. Разработка технологии производства биогумуса в установке непрерывного действия. *Научный журнал Куб ГАУ*. 2012. Вып. 81. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/04.pdf>
93. Dhananjaya P. S., Ratna P. Bioconversion of agricultural wastes into high value biocompost: a route to livelihood generation for farmers. *Adv Recycling Waste Manag.* 2017. Vol. 2, № 3. P. 10–15.
94. Hariz A. M. R., Ong H. K., Ain A. B. N. and Fauzi J. Application of agro-waste compositional data to predict composting efficiency. *J. Trop. Agric. and Fd. Sc.* 2013. Vol. 41, № 2. P. 329–339.
95. Bernal M. P., F'aredes C., SBnchez-Monedero M. A. & Cegarra J. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*. 1998. Vol. 63 P. 91–99.
96. Bernal M. P., Alburquerque J. A., Moral R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100. P. 5444–5453.
97. Brij L. Sh., Sujeet P. S., Mukut L. Sh. Bio-degradation of crop residues by *Trichoderma* species vis-a` vis Nutrient quality of the prepared compost. *Sugar Tech.* 2012. Vol. 14, № 2. P. 174–180.

98. Shaban D., Abou H. and Sawan O. M. The utilization of agricultural waste as one of the environmental issues in Egypt (A Case Study). *Journal of Applied Sciences Research*. 2010. Vol. 6, № 8. P. 1116–1124.
99. Sönmez I., Kaplan M. The effects of some agricultural wastes composts on carnation cultivation. *African Journal of Agricultural Research*. 2011. Vol. 6, № 16. P. 3936–3942.
100. Goyal S., Dhull S. K., Kapoor K. K. Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresource Technology*. 2005. Vol. 96 P. 1584–1591.
101. Клинков А. С., Беляев П. С., Однолько В. Г., Соколов М. В., Макеев П. В., Шашков И. В. Утилизация и переработка твёрдых бытовых отходов: учебное пособие. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. 188 с.
102. Биотехнология и микробиология анаэробной переработки органических коммунальных отходов: коллективная монография / общ. ред. и сост.: А. Н. Ножевниковой, А. Ю. Каллистова, Ю. В. Литти, М. В. Кевбрина. М.: Университетская книга, 2016. 320 с.
103. Reynolds W. D., Drury C. F., Tan C. S. and Yang X. M. Temporal effects of food waste compost on soil physical quality and productivity. *Can. J. Soil Sci.* 2015. Vol. 95 P. 251–268.
104. Gonawala S. S., Jardosh H. Organic waste in composting: a brief review. *International Journal of Current Engineering and Technology*. 2018. Vol. 8, № 1. P. 36–38.
105. Torkashvand A. M. Improvement of compost quality by addition of some amendments. *AJCS*. 2010. Vol. 4, № 4. P. 252–527.
106. Baca M. T., Fornasier F. and de Nobili M. Mineralization and humification pathways in two composting processes applied to cotton wastes. *Journal of fermentation and bioengineering* 1992. Vol. 74, № 3. P. 179–184.
107. Steiner C., Das K. C., Melear N. and Lakly D. reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. *Journal of Environmental Quality*. 2010. Vol. 39. P. 1236–1242.

108. Kohlstock D. M., Schmitz T. and Kraft E. Organic waste for compost and biochar in the eu: mobilizing the potential. *Resources*. 2015. Vol. 4. P. 457–475.
109. Jindo K., Suto K., Kazuhiro M., García C., Sonoki T., Sanchez-Monedero M. A. Chemical and biochemical characterisation of biochar-blended composts prepared from poultry manure. *Bioresource Technology*. 2012. Vol. 110. P. 396–404.
110. Khan N., Clark I., Sánchez-Monedero M. A., Shea S., Meier S., Bolan N. Maturity indices in co-composting of chicken manure and sawdust with biochar. *Bioresource Technology*. 2014. Vol. 168. P. 245–251.
111. Фомина И. Г. Компостирование осадка сточных вод в лабораторных условиях с наполнителем из отходов табака и фасоли. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна*. 2014. № 10. С. 141–144.
112. Березюк О. В., Березюк Л. Л. Моделювання поширеності компостування як методу поводження з твердими побутовими відходами. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2016. № 1. С. 33–38.
113. Riber C., Petersen C., Christensen T. H. Chemical composition of material fractions in Danish household waste. *Waste Management*. 2009. Vol. 29. P. 1251–1257.
114. Meyer-Kohlstock D., Hädrich G., Bidlingmaier W., Kraft E. The value of composting in Germany – Economy, ecology, and legislation. *Waste Management*. 2014. Vol. 15. P. 536–539.
115. Vaverková M., Adamcová D., Zloch J. How do degradable / biodegradable plastic materials decompose in home composting environment? *Journal of Ecological Engineering*. 2013. Vol. 15, № 4. P. 82–89.
116. Лінник М. Г., Семчук М. М. Технології і технічні засоби виробництва та використання органічних добрив. Ніжин, 2012. 244 с.
117. Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами: Постанова Кабінету Міністрів України від 04.03. 2004 р. № 265. URL: Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-%D0%BF>.
118. Березюк О. В., Березюк Л. Л. Возможность использования удобрений, полученных компостированием твердых бытовых отходов. *Стратегия научно-технологического развития сельского хозяйства и природопользования: взгляд в*

*будущее*: сборник материалов международной научно-практической конференции, г. Екатеринбург, 15-16 февраля 2017 г. Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2017. С. 16–19.

119. Сагдеева О. А., Крусір Г. В., Цикало А. Л., Лойєнбергер Г. Дослідження процесів компостування харчової складової твердих побутових відходів. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 2018. № 4 (2). С. 13–21.

120. Березюк, О. В., Лемешев М. С. Визначення регресійної залежності необхідної площі під обладнання для компостування твердих побутових відходів від його продуктивності. *Инновационное развитие территорий: материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф.*, 25–27 февраля 2014 г. Череповец: ЧГУ, 2014. С. 55–58.

121. Белюченко И. С. Отходы быта и производства как сырье для подготовки сложных компостов : монография. Краснодар: КубГАУ, 2015. 405 с.

122. Городний Н. М., Мельник И. А., Повхан М. Ф. Биоконверсия органических отходов в биоиндустриальном хозяйстве. К.: Урожай, 1990. 256 с.

123. Белюченко И. С. Агрегатный состав сложных компостов. *Научный журнал КубГАУ*. 2013. № 93. С. 10–32.

124. Белюченко И. С. Использование отходов быта и производства для создания сложных компостов с целью повышения плодородия почв. *Тр. КубГАУ*. 2012. Т. 1, № 38. С. 68–72.

125. Белюченко И. С. Сложный компост и его роль в улучшении почв. *Экол. Вестник Сев. Кавказа*. 2012. № 2. С. 75–86.

126. Беловежец Л. А. Перспективные способы переработки вторичного лигноцеллюлозного сырья. *Химия растительного сырья*. 2010. № 2. С. 5–16.

127. Anwar Z., Irshad M., Bilal M., Irshad U., Hafeez F. & Owens G. Changes in availability of plant nutrients during composting of cow manure with poplar leaf litter. *Compost science & utilization*. 2017. Vol. 25. P. 36–45.

128. Adediran J. A., Taiwo L. B. & Sobulo R. A. Effect of organic wastes and method of composting on compost maturity, nutrient composition of compost and yields



of two vegetable crops. *Journal of Sustainable Agriculture*. 2003. Vol. 22, №4. P. 95–109.

129. Azeem M., Chaudhry A. N., Faheem M., Imran M., Riaz A., Satti A. Nutrients release pattern during co-composting of poultry litter and different sources of fast food wastes. *International Journal of Biosciences*. 2014. Vol. 5, №12. P. 105–115.

130. Santos C., Goufo P., Fonseca J., Pereira J. L. S., Ferreira L., Coutinho J., Trindade H. Effect of lignocellulosic and phenolic compounds on ammonia, nitric oxide and greenhouse gas emissions during composting. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 171. P. 548–556.

131. Ch'ng H. Y., Ahmed O. H., Kassim S. and Ab Majid N. M. Co-composting of pineapple leaves and chicken manure slurry. *International Journal Of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 2013. Vol. 2. P. 2195–3228.

132. Hafidi M., Amir S., Jouraiphy A., Winterton P., El Gharous M., Merlina G., Revel J. C. Fate of polycyclic aromatic hydrocarbons during composting of activated sewage sludge with green waste. *Bioresource Technology*. 2008. Vol. 99. P. 8819–8823.

133. Huang G. F., Fang M., Wu Q T., Zhou L. X., Liao X. D. & Wong J. W. C. Co-composting of pig manure with leaves. *Environmental Technology*. 2015. Vol. 22. P. 1203–1212.

134. Hubbe M. A., Nazhad M., Sanchez C. Composting as a way to convert cellulosic biomass and organic waste into high-value soil amendments: A review. *Bioresource*. 2010. Vol. 5, №4. P. 2808–2854.

135. Li-li B., Tie-jun Y., Bin W., Lin B., De-gui T. and Xiang-chao F. Evaluation and comparison of composting rabbit manure mixed with mushroom residue and rice straw. *J. Agr. Sci. Tech*. 2013. Vol. 15. P. 1069–1081.

136. Noble R., Hobbs P. J., Mead A. and Dobrovin-Pennington A. Influence of straw types and nitrogen sources on mushroom composting emissions and compost productivity. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*. 2002. Vol. 29. P. 99–110.

137. Pandey A. K., Gaiind S., Ali A., Nain L. Effect of bioaugmentation and nitrogen supplementation on composting of paddy straw. *Biodegradation*. 2009. Vol. 20. P. 293–306.
138. Rodriguez. E. G., Vazquezand M. and Ravina M. D. Co-composting of barley wastes and solid poultry manure. *Bioresource Technology*. 2000. Vol. 75. P. 223–225.
139. Rodriguez. E. G., Vazquezand M. and Ravina M. D. Co-composting of chestnut burr and leaf litter with solid poultry manure. *Bioresource Technology*. 2001. Vol. 78. P. 107–109.
140. Wong J. W., Mak K. F., Chan N. W., Lam A., Fang M., Zhou L. X., Wu Q. T., Liao X. D. Co-composting of soybean residues and leaves in Hong Kong. *Bioresource Technology*. 2001. Vol. 76. P. 99–106.
141. Zhang Y., He Y. Co-composting solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. *Bioresource Technology*. 2006. Vol. 97. P. 2024–2031.
142. Tiquia S. M. & Tam N. F. Y. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. *Bioresource Technology*. 1998. Vol. 65. P. 43–49.
143. Eiland F., Klamer M., Lind A. M., Leth M., Bååth E. Influence of initial C/N ratio on chemical and microbial composition during long term composting of straw. *Microb Eco*. 2001. Vol. 41, №3. P. 272–280.
144. Cifuentes R., de León R., Porres C., Rolz C. Windrow composting of waste sugar cane and press mud mixtures. *Sugar Tech*. 2013. Vol. 15, №4. P. 406–411.
145. Ogunwande G. A., Ogunjimi L. A. O. and Fafiyebi J. O. Effects of turning frequency on composting of chicken litter in turned windrow piles. *Int. Agrophysics*. 2008. Vol. 22. P. 159–165.
146. Fan R., Luo J., Yan S., Wang T., Liu L., Gao Y. & Zhang Z. Use of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) compost as a peat substitute in soilless growth media. *Compost Science & Utilization*. 2015. Vol. 23. P. 237–247.

147. Tripetchkul S., Pundee K., Koonsrisuk S. and Akeprathumchai S. Co-composting of coir pith and cow manure: initial C / N ratio vs physico-chemical changes. *International Journal Of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 2012. Vol. 1. P. 1–15.
148. Ключ С. В. Визначення частки соломи та рослинних відходів для енергетичного використання. *Відновлювана енергетика*. 2013. № 4. С. 82–85.
149. Qian X., Shen G., Wang Z., Guo C., Liu Y., Lei Z., Zhang Z. Co-composting of livestock manure with rice straw: Characterization and establishment of maturity evaluation system. *Waste Management*. 2014. Vol. 34. P. 530–535.
150. Roca-Pérez L., Martínez C., Marcilla P., Boluda R. Composting rice straw with sewage sludge and compost effects on the soil–plant system. *Chemosphere*. 2009. Vol. 75. P. 781–787.
151. Czekala W., Dach J., Janczak D., Smurzyńska A., Kwiatkowska A., Kozłowski K. Influence of maize straw content with sewage sludge on composting process. *Journal of water and land development*. 2016. Vol. 30. P. 43–49.
152. Petric I., Sestan A., Sestan I. Influence of wheat straw addition on composting of poultry manure. *Process Safety and Environmental Protection*. 2009. Vol. 87. P. 206–212.
153. Ogunwande G. A., Ogunjimi L. A. O. and Osunade J. A. Fate of compost nutrients as affected by co-composting of chicken and swine manures. *Int. Agrophys*. 2014. Vol. 28. P. 177–184.
154. Vukobratović M., Lončarić Z., Vukobratović Ž., Lončarić R., Čivić H. Composting of wheat straw by using sheep manure and effective microorganisms. *Agronomski glasnik*. 2008. Vol. 4. P. 365–376.
155. Petric I., Sestan A., Sestan I. Influence of initial moisture content on the composting of poultry manure with wheat straw. *Biosystems engineering*. 2009. Vol. 104. P. 125–134.
156. Zhu N. Effect of low initial C / N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. *Bioresource Technology*. 2007. Vol. 98. P. 9–13.

157. Watanabe T., Man L. H., Vien D. M., Khang V. T., Ha N. N., Linh T. B. and Ito O. Effects of continuous rice straw compost application on rice yield and soil properties in the Mekong delta. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2009. Vol. 55. P. 754–763.
158. Li-li B., Tie-jun Y., Bin W., Lin B., De-gui T. and Xiang-chao F. Evaluation and comparison of composting rabbit manure mixed with mushroom residue and rice straw. *J. Agr. Sci. Tech.* 2013. Vol. 15. P. 1069–1081.
159. Webster G. R. The effect of sawdust straw, compost and manure on the yield and chemical composition of strawberries and on soil moisture, acidity and organic matter content. *Canadian Journal of Plant Science*. 1961. Vol. 41. P. 42–49.
160. Гнеушев В. О. Торфові ресурси України і шляхи їх раціонального використання. *Альтернативні та відновлювані джерела енергії*. Рівне: 2002. С. 22–27.
161. Паламарчук І. К. Торф'яно-болотний фонд: раціональне використання і охорона. К. : Урожай, 1986. 137 с.
162. Сивий М. Торфові ресурси України: сучасний стан, перспективи використання. *Наукові записки*. 2012. №1. С. 81–86.
163. Торфово-болотний фонд УРСР, його районування та використання / за ред. Г. І. Білика. К. : Наукова думка, 1973. 264 с.
164. Хоха Ю., Яковенко М., Лук'янчук Д. Геолого-геохімічні та геотехнологічні особливості торф'яних родовищ Львівської області. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2013. № 3-4. С. 56–61.
165. Використання торфу та торфових родовищ. Частина 1: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2007. 175 с.
166. Raviv M., Zaidman B. and Kapulnik Y. The use of compost as a peat substitute for hal organic vegetable transplants production. *Compost Science & Utilization*. 1998. Vol. 6, № 1. P. 46–52.
167. Mathur S. P., Patni N. K., Levesque M. P. Static pile, passive aeration composting of manure slurries using peat as a bulking agent. *Biological Wastes*. 1990. Vol. 34. P. 323–333.

168. Tittarelli F., Rea E., Verrastro V., Pascual J. A., Canali S., Ceglie F. G., Trinchera A. and Rivera C. M. Compost-based nursery substrates: effect of peat substitution on organic melon seedlings. *Compost Science & Utilization*. 2009. Vol. 7, № 4. P. 220–228.
169. Прянишников Д. Н. Избранные сочинения: в 3 т. Москва: Госсельхозиздат, 1952. Т.1: Агрохимия. 692 с.
170. Павленко С. І., Ляшенко О. О., Лисенко Д. М., Харитонов В. І Аналіз іобґрунтування технологічних процесів компостування сільськогосподарських органічних відходів тваринного походження. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2011. № 9. С. 94–104.
171. Утилизация твердых отходов: в 2 т. / под ред. Д. Вилсона. М. : Стройиздат, 1985. Т.1: Утилизация твердых отходов. 336 с.
172. Кузьменкова А. М. Использование компоста из твердых бытовых отходов. М.: Россельхозиздат, 1976. 62 с.
173. Holes A., Szegi T., Fuchs M., Gulyás M., Aleksza L. Effects of different biochars, compost and lime treatments on the chemical properties of sandy soils. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 2014. Vo 1, № 2. P.49–55.
174. Лінник М. К. Удосконалення технологій використання органічних відходів для удобрення ґрунтів. *Механізація та електрифікація сільськогосподарства*. 2013. № 97. С. 528–535.
175. Скрильник Є. Як отримати якісний перегній. *Вісник цукровиків України*. 2012. № 11. С. 16–18.
176. Клименко М. О., Долженчук В. І., Глущенко М. К. Застосування органічних добрив та їх роль у підвищенні родючості ґрунтів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2013. № 2. С. 3–9.
177. Концепція агрохімічного забезпечення землеробства України на період до 2015 року. Харків: Вид. КП «Міськдрук», 2009. 37 стор.

178. Рибаківа О. А. Облікові аспекти оприбуткування і використання пташиного посліду. *Агросвіт*. 2015. № 19. С. 72–77.

179. Повх О. В. Інтегроване застосування органічних добрив та мікробіологічних препаратів в сучасних агротехнологіях. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. № 16. С. 287–295.

180. Гаврилюк В. А., Абрамович О. В. Ферментовані органічні добрива як фактор підвищення продуктивності овочевих культур. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2012. № 9. С. 63–66.

181. Спосіб виробництва органічного добрива з відходів деревини: пат. 112300 Україна. МПК C05F 15/00, М. Б. Свинтух, Р. Б. Гевко, І. С. Брошак, А. О. Вітровий, І. В. Любезна; заявники і патентовласники: М. Б. Свинтух, Р. Б. Гевко, І. С. Брошак, А. О. Вітровий, І. В. Любезна. № u201606288; заявл. 09.06.16; опубл. 12.12.16, Бюл. № 23.

182. Теучеж А. А. Применение птичьего помета в качестве органического удобрения. *Научный журнал КубГАУ*. 2017. № 128. С. 1–18.

183. Суховеркова В. Е. Способы утилизации птичьего помета, представленные в современных патентах. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2016. № 9. С. 45–55.

184. Delgado M. M., Martin J. V., De Imperial R. M., L.-Cófreces C. and García M. C. Phytotoxicity of uncomposted and composted poultry manure. *African Journal of Plant Science*. 2010. Vol. 4, № 5. P. 154–162.

185. Indriyati L. T. Chicken manure composts as nitrogen sources and their effect on the growth and quality of komatsuna (*Brassica rapa* L.). *J. ISSAAS*. 2014. Vol. 20, № 1. P. 52–63.

186. Guerra-Rodríguez E., Va'zquez M. and Di'az-Ravín'a M. Dynamics of the co-composting of barley waste with liquid poultry manure *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2003. Vol. 83. P. 166–172.

187. Abdel-Dayem E. A., Erriquens F., Verrastro V., Sasanelli N., Mondelli D., Cocozza C. Nematicidal and fertilizing effects of chicken manure, fresh and composted olive mill wastes on organic melon. *Helminthologia*. 2012. Vol. 49, № 4. P. 259–269.

188. Наумовська О., Роннова А. Шляхи вирішення утилізації і переробки побутового сміття сільських територій. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарства України*. 2013. № 17 С. 335–340.

189. Мелехин А. Г., Бартова Л. В., Надь Д. Отведение и утилизация фекального стока на дачном участке. *Вестник ПНИПУ Строительство и архитектура*. 2013. № 2. С. 33–39.

190. Yadav K. D., Mistry N. J., Pandya D. and Ganvit P. Composting of food and vegetable waste. *The JUP Journal of Environmental Scienses*. 2010. Vol 4, № 4. P. 27–38.

191. De Siqueira T. M. O., Assad M. L. R. C. L. Composting of municipal solid waste in the state of sao paulo (Brazil). *Ambiente & Sociedade*. 2010. Vol 18, № 4. P. 235–258.

192. Danso G. K., Otoo M., Ekere W., Ddungu S. and Madurangi G. Market feasibility of faecal sludge and municipal solid waste-based compost as measured by farmers willingness-to-pay for product attributes: evidence from Kampala, Uganda. *Resources*. 2017. Vol 6, № 31. P. 1–17.

193. Nath S. K., Al-Muyeed A. and Sanya P. R. Co-composting of faecal sludge and municipal organic waste in Sakhipur municipality, Bangladesh. *Faecal Sludge Management Conference*. 2017. P. 19–26.

194. Nartey E. G., Amoah P., Ofosu-Budu G. K., Muspratt A., Pradhan S. K. Effects of co-composting of faecal sludge and agricultural wastes on tomato transplant and growth. *Int J Recycl Org Waste Agricult*. 2017. Vol 6, № 1. P. 23–36.

195. Cofie O. O., Kone D., Rothenberger S., Moser D., Zubruegg C. Co-composting of faecal sludge and organic solid waste for agriculture: Process dynamics. *Water research*. 2009. Vol 43. P. 4665–4765.

196. Vinnerås B. Comparison of composting, storage and urea treatment for sanitising of faecal matter and manure. *Bioresource Technology*. 2007. Vol. 98, № 17. P. 3317–3321.

197. Cofiea O. O., Agbottaha S., Strauss M., Esseku H., Montangero A., Awuah E., Kone D. Solid-liquid separation of faecal sludge using drying beds in Ghana: Implications for nutrient recycling in urban agriculture. *Water research*. 2006. Vol. 40 P. 75–82.
198. Grau F., Drechsel N., Haering V., Trautz D., Weerakkody W. J. S. K., Drechsel P., Marschner B., Dissanayake D. M. P. S. and Sinnathamby V. Impact of fecal sludge and municipal solid waste co-compost on crop growth of *Raphanus sativus* L. and *Capsicum annuum* L. under stress conditions. *Resources*. 2017. Vol. 6, № 26. P. 1–12.
199. Elving J., Ottoson J. R., Vinneras B., Albiñá A. Growth potential of faecal bacteria in simulated psychrophilic / mesophilic zones during composting of organic waste. *Journal of Applied Microbiology*. 2010. Vol. 108, № 1. P. 1974–1981.
200. Туровский И. С., Букреева Т. Е., Астахова А. В. Биотермическая обработка осадков сточных вод. *Мелиорация и водное хозяйство*. Сер.: Комплексное использование и охрана водных ресурсов: Обзорная информация. М.: 1989. Вып. 1. 58 с.
201. Система сооружений для компостирования навоза (Hi-Speed fermentation and odorlesscompost making system). Реф. информ. с.-х. комплексы, предприятия, здания и сооружения. Госстрой СССР. ЦИНИС, 1978. №22. с. 31–33.
202. Лопес де Гореню В. О. Повышение эффективности производства органических удобрений на основе навоза КРС в усовершенствованных биореакторах барабанного типа: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / НИПТИМЭСХ НЗ РФ. Санкт-Петербург: Пушкин, 1995. 17 с.
203. Терещенко Н. Н. Эколого-микробиологические аспекты вермикомпостирования. Новосибирск: Изд-во СО РАСХН, 2003. 116 с.
204. Штам бактерій *Pseudomonas putida* для одержання біоорганічного добрива: пат. 98052 Україна. МПК C12N 1/20, C05F 15/00, C05F 17/00, C12R 1/40, М. В. Гаценко, Н. В. Луценко, В. В. Волкогон; заявник і патентовласник: Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. № а 201012764; заявл. 28.10.10; опубл. 10.04.12, Бюл. № 7.



205. Якушев А. В., Благодатский С. А., Бызов Б. А. Действие дождевых червей на физиологическое состояние микробного сообщества при вермикомпостировании. *Микробиология*. 2009. Т. 78, № 4. С. 565–574.

206. Aira M., Monroy F., Dominguez J., Mato S. How earthworm density affects microbial biomass and activity in pig manure. *European journal of soil biology*. 2002. № 38. P. 7–10.

207. Максимов С. Л. Вермитехнологии в Белорусии. *Органическое сельское хозяйство Белорусии: перспективы развития*: матер. междунар. науч.-практ. конф., Минск / сост. Н. И. Перечина. Минск: Донарит, 2012. С. 50–53.

208. Способ получения бактериального удобрения на основе биогумуса: пат. 2286982 Российская Федерация. МПК C05F 11/08, C05G3/04, C12N 1/20, А. Г. Кощаев; заявитель и патентообладатель: Кубанский государственный аграрный университет. № 2004135696/13; заявл. 06.12.04; опубл. 10.11.06, Бюл. № 11.

209. Vivas A, Moreno B, Garcia Rodriguez S, Benitez E. Assessing the impact of composting and vermicomposting on bacterial community size and structure, and microbial functional diversity of an olive-mill waste. *Bioresour technol*. 2009. Vol. 100 (3). P. 1319–1326.

210. Гаценко М. В., Волкогон М. В., Луценко Н. В., Волкогон В. В. Вплив *Pseudomonas putida* 17 на накоплення фітогормонів у вермикомпості. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2011. Вип. 13 С. 82–91.

211. Біоорганічне добриво «Фосфогумін»: пат. 97198 Україна. МПК C05F 15/00, C05F 17/00, C05F 3/00, C05F 11/00, C05F 11/08, C05B 15/00, C05B 17/00, В. В. Волкогон, М. В. Гаценко, Н. В. Луценко; заявник і патентовласник: Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. № а 201012767; заявл. 28.10.2010; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.

212. Терещенко Н. Н., Бубина А. Б., Юнусова Т. В. Интродукция *Trichoderma viride* – эффективный прием повышения биологической активности вермикомпоста. *Достижения науки и техники АПК*. 2010. № 12. С. 31 – 33.

213. Pramanik P. Changes in organic – C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. *Bioresource Technology*. 2007. № 98. P. 2485–2494.

214. Шацький В. В., Поволоцький А. А. Основні вимоги до процесу та біотехнічної системи компостування органічної сировини. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2015. № 157. С. 140–146.

215. Сидоренко О. Д. Микробиологические основы получения компостов. *Агрохимический вестник*. 1997. № 6. С. 3–4.

216. Коваленко В. П., Петренко И. М. Компостирование отходов животноводства и растениеводства: монография. Краснодар: КГАУ, 2001. 148 с.

217. Игошина О. В. Сукцессия сообществ беспозвоночных при компостировании и вермикомпостировании. Дождевые черви и плодородие почв: матер. II Междунар. науч.-практ. конф. (17–19 марта 2004 г.). Владимир, 2004. С. 84–86.

218. Tiquia S. M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. *Journal of Applied Microbiology*. 2005. Vol. 99, No. 4. P. 816–828.

219. Гаценко М. В. Компостування органічної речовини. Мікробіологічні аспекти. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2014. № 19. С. 11–20.

220. Архипченко И. А. Микробиологическая переработка отходов животноводства. *Вестник сельскохозяйственной науки*. 1988. № 2 (377). С. 136–142.

221. Былинкина В. Н. Микробиологические процессы, обуславливающие потери азота при хранении навоза. *Микробиологические процессы при хранении навоза : труды всесоюзного института сельскохозяйственной микробиологии* / под ред. М. П. Корсаковой. 1935. Т. 6, Вып. 2. С. 40–58.

222. Alfreider A., Peters S., Tebbe C. C., Insam H. and A. R. Microbial community dynamics during composting of organic matter as determined by 16s ribosomal DNA Analysis. *Compost Science & Utilization*. 2002. Vol. 10, No. 4. P. 303–312.

223. Anastasi A, Varese G. C, Marchisio V. F. Isolation and identification of fungal communities in compost and vermicompost. *Mycologia*. 2005. Vol. 97 (Jan-Feb). P. 33–44.
224. Peters S., Koschinsky S., Schwieger F. Tebbe C. C. Succession of microbial communities during hot composting as detected by pcr-single-strand-conformation polymorphism-based genetic profiles of small-subunit rna genes. *Applied and environmental microbiology*. 2000. Vol. 66, No. 3. P. 930–936.
225. Nakasak K., Nag K., Karita S. Microbial succession associated with organic matter decomposition during thermophilic composting of organic waste. *Waste Manage Res*. 2005. Vol. 23. P. 48–56.
226. Tiquia S. M. Microbiology of Composting. Berlin: Springer-Verlag, 2002. P. 62–85.
227. Atalia K. R., Buha D. M., Bhavsar K. A., Shah N. K. A review on composting of municipal solid waste. *Journal of environmental science, toxicology and food technology*. 2015. Vol. 9, № 5. P. 20–29.
228. Кириенко О. А., Ганин Г. Н. Использование фототрофных бактерий для приготовления компоста из осадка сточных вод. *Вестник ДВО РАН*. 2013. № 5. С. 122–126.
229. Рафикова Г. Ф., Столярова Е. А., Логинов О. Н. «Биосептилон» и «Биокомпост 21» – продукты бытовой биотехнологии. *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2. С. 10 – 15.
230. Биопрепарат-активатор компостирования растительного материала и разложения стерни, способ его получения и консорциум бактерий для получения биопрепарата-активатора компостирования растительного материала и разложения стерни: пат. 2162833 Российская Федерация. МПК C05F11/08, C05F3/00, C12N1/20, C12P39/00, Е. В. Чекалина, И. В. Егоров; заявители и патентообладатели: Е. В. Чекалина, И. В. Егоров. № 98112979/13; заявл. 01.07.1988; опубл. 10.02.2001, Бюл. № 10.
231. Никольский К. С., Рябков В. В. Изучение влияния физико-химических свойств, нативной природы органогенных материалов и микробиологических

добавок на процесс компостирования и на свойства получаемых конденсированных (твердых) органических удобрений.

*Химия растительного сырья*. 2005. № 4. С. 85–91.

232. ЭМ-Технология – биотехнология XXI века. Сборник материалов по практическому применению препарата «Байкал ЭМ-1» / сост. С. А. Сухамера. Алматы, 2006. 68 с.

233. Шевчук М. И., Ковальчук Н. С., Колесник Т. Н. Влияние микробиологических препаратов на повышение агрохимической эффективности ферментированного органического удобрения. *Scientific Journal «Science Rise»*. 2015. № 14. С. 42 – 50.

234. Волкогон В. В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2005. № 1-2. С. 6–29.

235. Штам бактерій *Pseudomonas putida* для одержання біоорганічного добрива: пат. 98052 Україна. МПК (2012.01) C12N 1/20 (2006/01), C05F 15/00, C05F 17/00, C12R 1/40 (2006.04), М. В. Гаценко, Н. В. Луценко, В. В. Волкогон; заявник і патентовласник: Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. № а201012764; заявл. 28.10.10; опубл. 10.04.12, Бюл. № 7.

236. Мерзлая Г. Е., Лысенко В. П., Афанасьев Р. А. Биопрепараты для компостирования птичьего помёта. *Птицеводство*. 2014. № 3. С. 39 – 44.

237. Пономарева Ю. В., Баранова С. Б., Теучеж А. А. Применение биопрепарата «Тамир» для ускоренной переработки подстилочного и бесподстилочного свиного навоза в органическое удобрение. *«Технология Животноводства»*. 2010. № 5. С. 44 – 46.

238. Способ микробиологической переработки птичьего помета: пат. 2437864 Российская Федерация. МПК C05F11/08, C05F3/00, A01C3/00, В. И. Дмитриев, И. В. Мартынова, Л. И. Кочкина; заявитель и патентообладатель: ООО "Микробиотех". № 2010133029/13; заявл. 05.08.2010; опубл. 27.12.2011, Бюл. № 36.

239. Sánchez Ó. J., Ospina D. A., Montoya S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Manag.* 2017. № 69. P. 136–153.
240. de Q. Ribeiro N., Souza T. P., Cost L. M., de Castro C. P., Dias E. S. Microbial additives in the composting process. *Ciênc. agrotec.* 2017. Vol. 41, № 2. P. 159–168.
241. A.-Stanaitienė J., Grigiškis S., Levišauskas D., Čipinytė V., Baškys E., Kačkytė V. Development of fatty waste composting technology using bacterial preparation with lipolytic activity. *Journal of environmental engineering and landscape management.* 2010. Vol. 18, № 4. P. 296–305.
242. Pan I., Dam B., Sen S. K. Composting of common organic wastes using microbial inoculants. *Biotech.* 2012. Vol. 2, № 2. P. 127–134.
243. Zhao K., Zhang Y., Tang H., Zhou C., Cao A., Zhao G., Guo H. Development of a novel compound microbial agent for degradation of kitchen waste. *Braz J Microbio.* 2017. Vol. 48, № 3. P. 442–450.
244. Nuniek H. Composting of corn by-product using EM 4 and microorganism *Azotobacter sp.* as composting organism. International conference on natural resources and life sciences. Surabaya, 2016. P. 158–166.
245. Jusoh M. L. C., Manaf L. A., Latiff P. A. Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. *Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering.* 2013. Vol.10, №17. P. 1–9.
246. Juliastuti S. R. Organic fertilizer from bioethanol solid waste, agricultural waste, and banana peels waste by bio-act EM 4 and *Aspergillus niger*. International Conference on natural resources and life sciences. UBAYA, 2016. P. 193–201.
247. Singh S., Nain L. Microorganisms in the conversion of agricultural wastes to compost. *Proc Indian Natn Sci Acad.* 2014. Vol.80, №2. P. 473–481.
248. Abu-Bakar N. -A., Ibrahim N. Indigenous microorganisms production and the effect on composting process *AIP Conference Proceedings.* 2013. Vol.1571, №1. P. 283–286.

249. Karnchanawong S., Nissaikla S. Effects of microbial inoculation on composting of household organic waste using passive aeration bin. *Int J Recycl Org Waste Agricult.* 2014. Vol. 3, №4. P. 113–119.

250. Kavitha R., Subramanian P. Bioactive compost – a value added compost with microbial inoculants and organic additives. *Journal of Applied Sciences.* 2007. Vol. 7, №17. P. 2514–2518.

251. Hersanti T. S., Turmuktini T., Fitriatin B. N., Purwanto M. R. S. Application of bioameliorant and biofertilizers to increase the soilhealth and rice productivity. *Hayati Journal of Biosciences.* 2016. Vol. 23, № 4. P. 181–184.

252. Способ получения органо–минерального удобрения: пат. 2192403 Российская Федерация. МПК C05F11/08, C12N1/20, C12N1/20, C12R1:645, C12R1:80, И. В. Волчатова, С. А. Медведева, Э. И. Коломиец, А. Г. Лобанок; заявитель и патентообладатель: Иркутский институт химии СО РАН. № 2000116745/13; заявл. 23.06.2000; опубл. 10.11.2002, Бюл. № 31.

253. Способ получения компоста: пат. 2266883 Российская Федерация. МПК C05F11/08, C12N1/20, C12N1/14, C12N1/16, Г. И. Воробьева, Е. Л. Листов, Т. Л. Стрельникова, А. Г. Богомолов; заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью "ЭкоПолигон". №2004104997/13; заявл. 27.07.2005; опубл. 27.12.2005, Бюл. № 36.

254. Способ получения компоста: пат. 2197453 Российская Федерация. МПК C05F11/08, Г. Н. Морщакова, Л. Н. Капотина, Т. Л. Стрельникова; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное унитарное предприятие "Государственный научно-исследовательский институт биосинтеза белковых веществ". № 2001111635/13; заявл. 03.05.2001; опубл. 27.01.2003, Бюл. №1.

255. Способ приготовления биологически активного органического удобрения: пат. 2376270 Российская Федерация. МПК C05F11/08, А. И. Степанов, М. П. Неустроев, Е. И. Прибылых, Э. Г. Иванов, Н. П. Тарабукина, С. И. Парникова; заявитель и патентообладатель: Государственное научное учреждение Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН. №2007145896/13; заявл. 10.12.2007; опубл. 20.12.2009, Бюл. №1.

256. Способ микробиологической переработки птичьего помета: пат. 2522523 Российская Федерация. МПК C05F11/08, М. Я. Трemasов, Л. Е. Матросова, А. А. Иванов, В. Ю. Титова, А. В. Иванов, А. М. Трemasова, Э. И. Семенов; заявитель и патентообладатель: ФГБУ "ФЦТРБ-ВНИВИ". № 2013101084; заявл. 09.01.2013; опубл. 20.07.2014, Бюл. №20.

257. Способ биологической переработки птичьего помета: пат. 2445295 Российская Федерация. МПК C05F3/00, C05F11/08, C12N1/20, А. Б. Федоров, Е. М. Кулагина, В. Ю. Титова; заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью "СКАРАБЕИ". № 2010135318; заявл. 23.08.2010; опубл. 20.03.2011, Бюл. №8.

258. Способ получения органического удобрения путем утилизации целлюлозосодержащих промышленных отходов: пат. 2257366 Российская Федерация. МПК C05F11/08, C05F11/00, C05F15/00, О. Д. Сидоренко, В. П. Земцов, Н. В. Голубцов; заявители и патентообладатели: О. Д. Сидоренко, В. П. Земцов, Н. В. Голубцов. № 2004121617/12; заявл. 15.07.2004; опубл. 27.07.2005, Бюл. №21.

259. Способ переработки птичьего помета и свиного навоза в органическое удобрение: пат. 2409537 Российская Федерация. МПК C05F3/00, П. А. Подгорнов, Н. Ф. Уфимцева, Т. Р. Анаприенко; заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью "РАВИС-птицефабрика Сосновская". № 2009126086; заявл. 07.07.2009; опубл. 20.01.2011, Бюл. № 2.

260. Atkinson Ch. F., Jones D. D., Gauthier J. J. Biodegradabilities and microbial activities during composting of oxidation ditch sludge. *Compost science & utilization*. 1996. Vol. 4, № 1. P. 84–96.

261. Neher D. A., Weicht T. R., Bates S. T., Leff J. W., Fierer N. Changes in bacterial and fungal communities across compost recipes, preparation methods, and composting times. *Plos one*. 2013. Vol. 8, № 11. P. 1–10.

262. Tiquia S. M. Microbial community dynamics in manure composts based on 16s and 18s rdna t-rflp profiles. *Environmental Technology*. 2005. Vol. 26. P. 1101–1113.

263. Anusuya D., Geetha M. Isolation and identification of fungal communities from vegetable wastes composts. *IJSIT*. 2014. Vol. 3, № 3. P. 203–207.

264. De Bertoldi M., Vallini G., Pera A. Technological aspects of composting, including, modelling and microbiology. Composting of agricultural and other waste: Proc. of a Seminar organized by the Commission of the Europe. Communities, Directorate-general science, research and development, Environmental research program (Oxford. U.K., 19-20 March, 1984) / Ed. by J.K.R. Gasser. London / New York, 1985. P.27–41.

265. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М.: Агропромиздат, 1987. 239 с.

266. Методические указания по выделению микроорганизмов, растворяющих труднодоступные минеральные и органические соединения фосфора. Ленинград, 1981. 17 с.

267. Калининская Т. А., Редькина Т. В., Белов Ю. М. Применение ацетиленового метода для количественного учета разных групп азотфиксаторов методом предельных разведений. *Микробиология*. 1981. Т. 50, № 5. С. 924–927.

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

269. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : монографія / Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М та ін.; за наук ред. В. В. Волкогона. К.: Аграрна наука, 2010. 464 с.

270. Городній М. М., Лісовал А. П., Бикін А. В. Агрохімічний аналіз / під заг. ред. М. М. Городнього. К. : Арістей, 2005. 476 с.

271. Методы экспериментальной микологии: справочник / под ред. В. И. Билай. К. : Наук. Думка, 1982. 561 с.

272. Жданова Н. М., Олішевська С. В., Василевська А. І., Айзенберг В. Л., Курченко І. М. Скрінінг штамів мікроміцетів, що здатні рости та руйнувати целюлозовмісний субстрат. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2008. № 3. С. 58–64.



273. Пати́ка В. Ф., Копилов Є. П., Скуловатов О. В. Целюлозолітична активність ґрунтового гриба *Chaetomium globosum*. Вісник Уманського національного інституту садівництва. 2016. № 1. С. 28–30.

274. Александрова А. В., Великанов Л. Л., Сидорова И. И. Ключ для определения видов рода *Trichoderma*. Микология и фитопатология. 2006. Т. 40, вып. 6. С. 457–459.

275. Драговоз И. В., Яворская В. К., Антонюк В. П., Курчий Б. А. Гормональные соединения, продуцируемые ассоциацией микроорганизмов из ризосферы женьшеня. Физиология и биохимия культ. растений. 2009. Т. 41, № 5. С. 393–399.

276. Методические рекомендации по определению фитогормонов. Киев: Ин-т ботаники АН УССР, 1988. 78 с.

277. Lee I. J., Foster K. R., Morgan P. W. Photoperiod control of gibberellin levels and flowering in sorghum. *Plant Physiol.* 1998. Vol. 116, № 3. P. 1003–1011.

278. Плотникова І. В. Біологічні методи визначення ауксинів. Український ботанічний журнал. 1977. Т. XXXIV, № 6. С. 630–631.

279. Положение о порядке учета, хранения, обращения, отпуска и пересылки культур бактерий, вирусов, риккетсий, грибов, простейших, микоплазм, бактериальных токсинов, ядов биологического происхождения. – МЗ СССР, 1980.

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

281. Обоснование критериев оценки патогенности мицелиальных грибов-продуцентов и допустимости их применения в промышленности : метод. рекоменд. Ангарск, 1986.

282. Кожемякін Ю. М., Хромов О. С., Філоненко М. А., Сайфетдінова Г. А. Науково-практичні рекомендації з утримання лабораторних тварин та роботи з ними. К. : МОЗУ, Фармкомітет, 2002. 156 с.

283. Методические указания по экспериментальному обоснованию ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах производственной и окружающей среды. М., 1991.

284. Денисенко С. В. Біоетичне ставлення до лабораторних тварин у навчальному процесі. *Вісник ВДНЗУ «Українська медична стоматологічна академія»*. 2013. Т. 13, №2. С. 242–245.

285. Хендель Н. Регламентация проведения экспериментов над тваринами: міжнародні та національні правові стандарти. *Український часопис міжнародного прав*. 2013. С. 71–76.

286. Симонян С. А., Мамиконян Т. С. Взаимодействие компонентов микосинузий в эксперименте. *Микология и фитопатология*. 1982. Т. 16. С. 219–225.

287. Моисейченко В. Ф., Трифонова М. Ф., Заверюха А. Х., Ещенко В. Е. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос, 1996. 336 с.

288. Ермантраут Е. Р., Бобро М. А., Гопцій Т. І. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. Посібник. Х. : Харк. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва, 2008. 64 с.

289. Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М. Краткий справочник по физиологии растений. К. : Наукова думка, 1973. 592 с.

290. Методические указания по определению качества растительной продукции для зональных агрохимических лабораторий. Москва, 1975. 76 с.

291. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Смирнова-Иконникова М. И. Методы биохимического исследования растений / под. ред. А. И. Ермакова. Л.: Колос, 1972. 456 с.

292. Методические указания по определению нитратов и нитритов в продукции растениеводства. Москва, 1989. 25 с.

293. Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві теорія, методологія, практика. Т.2 Нормативна собівартість і ціни на сільськогосподарську продукцію / за ред. П. Т. Саблука, Ю. Ф. Мельника, М. В. Зубця, В. Я. Месель–Веселяка. К., 2008. 650 с.

294. Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві теорія, методологія, практика. Т.1 Теорія ціноутворення та технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур / за ред. П. Т. Саблука, Ю. Ф. Мельника, М. В. Зубця, В. Я. Месель–Веселяка. К., 2008. 698 с.

295. Трибель С. О., Січкарьова Д. Д., Секунд М. П., Іващенко О. О. Методика випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибеля. К.: Світ, 2001. 448 с.

296. Определение экономической эффективности в земледелии и животноводстве разработок по сельскохозяйственной микробиологии: методические рекомендации. Ч.: УкрНИИСХМ УААН, 1991. 98 с.

297. Купалова Г. І. Теорія економічного аналізу: навч. посіб. К.: Знання, 2008. 639 с.

298. Методичні рекомендації з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) сільськогосподарських підприємств (Затверджено наказом Міністерства аграрної політики України від 18 травня 2001 р. № 132). Режим доступу: <http://www.uazakon.com/big/text1528/pg1.htm>

299. Тараріко Ю. О. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва: науково-методичне забезпечення / за ред. Ю. О. Тараріко, О. М. Несмашна, Л. Д. Глущенко. К.: Аграрна наука, 2005. 200 с.

300. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства / под ред. Е. И. Базарова, Е. В. Глинки. М., 1983. 45 с.

301. Жученко А.А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве / под. ред. А. А. Жученко, Э. Ф. Казанцев, В. Н. Афанасьев. К.: Штиинца, 1983. 82 с.

302. Городній М.М. Агрохімія: підручник. / за ред. М. М. Городнього. К.: Арістей, 2008. – 936 с.

303. Державна служба статистики України. Кількість, робочий час та оплата праці найманих працівників у листопаді 2017 року. Статистичний бюлетень. Державна служба статистики України; 2017. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

304. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

305. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні у 2010 році. К.: ТОВ"Алефа", 2010. 243 с.

306. Анисимов Б. В., Еланский С. Н., Зейрук В. Н., Кузнецова М. А., Симаков Е. А., Склярова Н. П., Яшина И. М. Сорта картофеля, возделываемые в России: 2013.Справочное издание. М.: Агроспас, 2013. 144 с.

307. Архив погоды в Чернигове. Режим доступа: <http://rp5.ua/> Архив погоды в Чернигове.

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

309. Деркач С. М., Гаценко М. В., Луценко Н. В., Штанько Н. П., Волкогон В. В. Дослідження сукцесій мікроорганізмів при компостуванні курячого 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.

310. Деркач С. М., Гаценко М. В., Луценко Н. В., Штанько Н. П., Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти компостування птишиного 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.

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

312. 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.
313. Борзова Н. В., Варбанець Л. Д. Целюлозодеградуєчі системи мікроорганізмів: біосинтез, властивості та структурнофункціональні особливості. *Біотехнологія*. 2009. Т. 2, № 2. С. 23–41.
314. Йовенко А. С. Целюлозолітична активність гриба-антагоніста *Chaetomium cochliodes*, біоагента мікробного препарату хетоміка. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2016. Вип. 24. С. 18–23.
315. Кравченко Н. О., Копилов Є. П., Головач О. В., Дмитрук О. М. Оцінка патогенності ґрунтового гриба *Trichoderma viride* 505. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2014. Вип. 20. С. 23–28.
316. Білявська Л. О., Надкернична О. В., Копилова О. Б. Біосинтез фітогормонів ґрунтовими грибами *Cladosporium cladosporioides*. *Мікробіологічний журнал*. 2017. Том 79, № 3. С. 3–13.
317. Аверина Н. Г., Яронская Е. Б. Биосинтез тетрапирролов в растениях. М.: Беларус. Наука, 2012. 413 с.
318. Деркач С. М., Волкогон В. В., Наконечна Л. Т., Луценко Н. В., Штанько Н. П. Розвиток *Trichoderma harzianum* 128 на різних етапах компостування курячого посліду. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2015. Вип. 21. С. 3–7.
319. 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.
320. 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.

321. М'ягка М. В. Добриво на грибах. *The Ukrainian Farmer*. 2018. № 4. С. 72–74.

322. 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.

323. 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.

324. 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.

325. 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.

326. 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.

327. Waksman S. A. Soil microbiology. London: Chapman & Hall, Limited. 1952. 356 p. Режим доступу: <https://doi.org/10.1002/jpln.19540660213>

328. Берестецкий О. А., Возняковская Ю. М., Доросинский Л. М. Биологические основы плодородия почвы. М.: Колос, 1984. 287 с

329. Біоорганічне добриво: пат. 113809 Україна. МПК C05F15/00, C05F11/02, C05F11/08, C05F 17/00, C12R 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.

330. Асоціація грибів *Trichoderma harzianum* для одержання біоорганічного добрива: пат. 114247 Україна. МПК C12N1/14, C12R1/885, C05F17/00, 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.

331. 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.

332. Волкогон В. В., Дімова С. Б., Деркач С. М., М'ягка М. В. Спосіб переробки пташиного посліду за участі асоціації грибів *Trichoderma harzianum* 128. *Аграрна наука – виробництво*. 2017. № 1. С. 12.

333. 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.

334. 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.

335. 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.

336. 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.



## ДОДАТКИ

Додаток А

## Середньомісячна температура повітря у 2015-2017 роках

|                        |          | Температура повітря, °С |          |          |                      |
|------------------------|----------|-------------------------|----------|----------|----------------------|
|                        |          | 2015 рік                | 2016 рік | 2017 рік | Середньо-багаторічна |
| Місяць                 | Січень   | -1,7                    | -6,7     | -4,3     | -4,2                 |
|                        | Лютий    | -0,4                    | -2,1     | -2,3     | -1,6                 |
|                        | Березень | 4,5                     | 3,9      | 5,6      | 4,7                  |
|                        | Квітень  | 9,2                     | 10,9     | 9,9      | 10,0                 |
|                        | Травень  | 15,9                    | 14,5     | 14,1     | 14,8                 |
|                        | Червень  | 20,2                    | 20,7     | 18,9     | 19,9                 |
|                        | Липень   | 22,7                    | 21,5     | 18,7     | 20,9                 |
|                        | Серпень  | 19,5                    | 21,2     | 22,0     | 21,0                 |
|                        | Вересень | 16,2                    | 14,4     | 15,0     | 15,2                 |
|                        | Жовтень  | 6,2                     | 5,8      | 7,9      | 6,6                  |
|                        | Листопад | 3,9                     | 0        | 3,3      | 2,4                  |
|                        | Грудень  | 0,3                     | -3,7     | 1,5      | -1,9                 |
| За рік                 |          | 9,7                     | 8,7      | 9,2      | 9,2                  |
| За вегетаційний період |          | 17,5                    | 17,8     | 16,7     | 15,8                 |

## Додаток Б

**Середньомісячна кількість опадів у 2015-2017 роках**

|                        |          | Кількість опадів, мм |          |          |                      |
|------------------------|----------|----------------------|----------|----------|----------------------|
|                        |          | 2015 рік             | 2016 рік | 2017 рік | Середньо-багаторічна |
| Місяць                 | Січень   | 46,2                 | 48,2     | 30,9     | 41,8                 |
|                        | Лютий    | 88,7                 | 47,4     | 61,0     | 65,7                 |
|                        | Березень | 15,3                 | 12,1     | 16,0     | 14,5                 |
|                        | Квітень  | 4,2                  | 12,7     | 31,2     | 16,0                 |
|                        | Травень  | 18,7                 | 112,7    | 5,7      | 45,7                 |
|                        | Червень  | 34,0                 | 6,2      | 5,2      | 15,1                 |
|                        | Липень   | 17,1                 | 12,3     | 18,3     | 15,9                 |
|                        | Серпень  | 22,3                 | 81,3     | 18,55    | 40,7                 |
|                        | Вересень | 25,8                 | 7,3      | 41,0     | 24,7                 |
|                        | Жовтень  | 50,5                 | 135,5    | 32,1     | 72,7                 |
|                        | Листопад | 58,5                 | 15,9     | 41,6     | 38,7                 |
|                        | Грудень  | 15,2                 | 12,0     | 39,1     | 22,1                 |
| За рік                 |          | 374,7                | 503,6    | 78,95    | 319,1                |
| За вегетаційний період |          | 74,0                 | 225,2    | 340,65   | 296,3                |

## Целюлозолітична активність грибів

| Мікроорганізми                    | Маса<br>соломи до<br>ферментації,<br>г | Маса соломи<br>після<br>ферментації,<br>г | Ступінь<br>розкладання<br>соломи, % |
|-----------------------------------|--|---|-------------------------------------|
| Без мікроорганізмів, контроль     | 1,033                                  | 0,898                                     | 13                                  |
| <b><i>T. harzianum</i> F-2455</b> | <b>1,014</b>                           | <b>0,801</b>                              | <b>21</b>                           |
| <i>Trichoderma</i> sp. 1          | 1,031                                  | 0,835                                     | 19                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp. 2          | 1,044                                  | 0,897                                     | 14                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp. 3          | 1,027                                  | 0,862                                     | 16                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp. 4          | 1,013                                  | 0,831                                     | 18                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp. 5          | 1,021                                  | 0,847                                     | 17                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp. 6          | 1,014                                  | 0,862                                     | 15                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp. 7          | 1,051                                  | 0,820                                     | 22                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp. 8          | 1,032                                  | 0,826                                     | 20                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp.9           | 1,061                                  | 0,870                                     | 18                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp. 10         | 1,072                                  | 0,804                                     | 25                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp. 11         | 1,063                                  | 0,819                                     | 23                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp. 12         | 1,042                                  | 0,875                                     | 16                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp. 13         | 1,023                                  | 0,798                                     | 22                                  |
| <i>Trichoderma</i> sp. 14         | 1,033                                  | 0,888                                     | 14                                  |

| <i>Продовження табл.</i>  |       |       |    |
|---------------------------|-------|-------|----|
| <i>Trichoderma sp. 15</i> | 1,041 | 0,822 | 21 |
| <i>Trichoderma sp. 16</i> | 1,044 | 0,846 | 19 |
| <i>Trichoderma sp. 17</i> | 1,052 | 0,884 | 16 |
| <i>Trichoderma sp. 18</i> | 1,046 | 0,795 | 24 |
| <i>Trichoderma sp. 19</i> | 1,035 | 0,756 | 27 |
| <i>Trichoderma sp. 20</i> | 1,063 | 0,893 | 16 |
| <i>Trichoderma sp. 21</i> | 1,024 | 0,891 | 13 |
| <i>Trichoderma sp. 22</i> | 1,043 | 0,834 | 20 |
| <i>Trichoderma sp. 23</i> | 1,036 | 0,808 | 22 |
| <i>Trichoderma sp. 24</i> | 1,042 | 0,854 | 18 |
| <i>Trichoderma sp.25</i>  | 1,047 | 0,824 | 21 |
| <i>Trichoderma sp. 26</i> | 1,057 | 0,898 | 15 |
| <i>Trichoderma sp.27</i>  | 1,055 | 0,791 | 25 |
| <i>Trichoderma sp.28</i>  | 1,073 | 0,815 | 24 |
| <i>Trichoderma sp.29</i>  | 1,024 | 0,870 | 15 |
| <i>Trichoderma sp. 30</i> | 1,015 | 0,822 | 19 |
| <i>Trichoderma sp.31</i>  | 1,044 | 0,804 | 23 |
| <i>Trichoderma sp. 32</i> | 1,013 | 0,841 | 17 |
| <i>Trichoderma sp.33</i>  | 1,031 | 0,763 | 26 |
| <i>Trichoderma sp. 34</i> | 1,025 | 0,882 | 14 |

| <i>Продовження табл.</i>  |       |       |    |
|---------------------------|-------|-------|----|
| <i>Trichoderma sp.35</i>  | 1,033 | 0,806 | 22 |
| <i>Trichoderma sp. 36</i> | 1,063 | 0,861 | 19 |
| <i>Trichoderma sp.37</i>  | 1,021 | 0,878 | 14 |
| <i>Trichoderma sp. 38</i> | 1,036 | 0,829 | 20 |
| <i>Trichoderma sp.39</i>  | 1,032 | 0,815 | 21 |
| <i>Trichoderma sp. 40</i> | 1,024 | 0,788 | 23 |
| <i>Trichoderma sp.41</i>  | 1,076 | 0,829 | 22 |
| <i>Trichoderma sp. 42</i> | 1,053 | 0,800 | 24 |
| <i>Trichoderma sp.43</i>  | 1,044 | 0,856 | 18 |
| <i>Trichoderma sp. 44</i> | 1,031 | 0,876 | 15 |
| <i>Trichoderma sp.45</i>  | 1,014 | 0,761 | 25 |
| <i>Trichoderma sp. 46</i> | 1,051 | 0,841 | 20 |
| <i>Trichoderma sp.47</i>  | 1,066 | 0,885 | 17 |
| <i>Trichoderma sp. 48</i> | 1,054 | 0,906 | 14 |
| <i>Trichoderma sp.49</i>  | 1,018 | 0,814 | 20 |
| <i>Trichoderma sp. 50</i> | 1,012 | 0,789 | 22 |
| <i>Trichoderma sp.51</i>  | 1,027 | 0,822 | 20 |
| <i>Trichoderma sp. 52</i> | 1,057 | 0,803 | 24 |
| <i>Trichoderma sp.53</i>  | 1,063 | 0,882 | 17 |
| <i>Trichoderma sp. 54</i> | 1,028 | 0,864 | 16 |

| <i>Продовження табл.</i>  |       |       |    |
|---------------------------|-------|-------|----|
| <i>Trichoderma sp.55</i>  | 1,055 | 0,865 | 18 |
| <i>Trichoderma sp. 56</i> | 1,017 | 0,875 | 14 |
| <i>Trichoderma sp.57</i>  | 1,034 | 0,807 | 22 |
| <i>Trichoderma sp. 58</i> | 1,039 | 0,758 | 27 |
| <i>Trichoderma sp.59</i>  | 1,071 | 0,921 | 14 |
| <i>Trichoderma sp. 60</i> | 1,046 | 0,868 | 17 |
| <i>Trichoderma sp.61</i>  | 1,035 | 0,890 | 14 |
| <i>Trichoderma sp. 62</i> | 1,028 | 0,833 | 19 |
| <i>Trichoderma sp.63</i>  | 1,042 | 0,854 | 18 |
| <i>Trichoderma sp.64</i>  | 1,061 | 0,817 | 23 |
| <i>Trichoderma sp.65</i>  | 1,051 | 0,841 | 20 |
| <i>Trichoderma sp. 66</i> | 1,063 | 0,808 | 24 |
| <i>Trichoderma sp. 67</i> | 1,053 | 0,853 | 19 |
| <i>Trichoderma sp. 68</i> | 1,021 | 0,837 | 18 |
| <i>Trichoderma sp. 69</i> | 1,014 | 0,862 | 15 |
| <i>Trichoderma sp. 70</i> | 1,012 | 0,759 | 25 |
| <i>Trichoderma sp. 71</i> | 1,051 | 0,841 | 20 |
| <i>Trichoderma sp. 72</i> | 1,016 | 0,803 | 21 |
| <i>Trichoderma sp. 73</i> | 1,013 | 0,770 | 24 |
| <i>Trichoderma sp. 74</i> | 1,027 | 0,801 | 22 |

| <i>Продовження табл.</i>  |       |       |    |
|---------------------------|-------|-------|----|
| <i>Trichoderma sp. 75</i> | 1,046 | 0,795 | 24 |
| <i>Trichoderma sp. 76</i> | 1,023 | 0,849 | 17 |
| <i>Trichoderma sp. 77</i> | 1,037 | 0,871 | 16 |
| <i>Trichoderma sp. 78</i> | 1,041 | 0,822 | 21 |
| <i>Trichoderma sp. 79</i> | 1,048 | 0,859 | 18 |
| <i>Trichoderma sp. 80</i> | 1,034 | 0,889 | 14 |
| <i>Trichoderma sp. 81</i> | 1,031 | 0,773 | 25 |
| <i>Trichoderma sp. 82</i> | 1,024 | 0,799 | 22 |
| <i>Trichoderma sp. 83</i> | 1,056 | 0,908 | 14 |
| <i>Trichoderma sp. 84</i> | 1,032 | 0,815 | 21 |
| <i>Trichoderma sp. 85</i> | 1,034 | 0,879 | 15 |
| <i>Trichoderma sp. 86</i> | 1,061 | 0,859 | 19 |
| <i>Trichoderma sp. 87</i> | 1,047 | 0,879 | 16 |
| <i>Trichoderma sp. 88</i> | 1,038 | 0,862 | 17 |
| <i>Trichoderma sp. 89</i> | 1,053 | 0,906 | 14 |
| <i>Trichoderma sp. 90</i> | 1,043 | 0,834 | 20 |
| <i>Trichoderma sp. 91</i> | 1,062 | 0,818 | 23 |
| <i>Trichoderma sp. 92</i> | 1,035 | 0,766 | 26 |
| <i>Trichoderma sp. 93</i> | 1,031 | 0,784 | 24 |
| <i>Trichoderma sp. 94</i> | 1,041 | 0,895 | 14 |

| <i>Продовження табл.</i>   |       |       |    |
|----------------------------|-------|-------|----|
| <i>Trichoderma sp. 95</i>  | 1,012 | 0,860 | 15 |
| <i>Trichoderma sp. 96</i>  | 1,015 | 0,802 | 21 |
| <i>Trichoderma sp. 97</i>  | 1,042 | 0,834 | 20 |
| <i>Trichoderma sp. 98</i>  | 1,034 | 0,786 | 24 |
| <i>Trichoderma sp. 99</i>  | 1,056 | 0,876 | 17 |
| <i>Trichoderma sp. 100</i> | 1,051 | 0,851 | 19 |
| <i>Trichoderma sp. 101</i> | 1,013 | 0,871 | 14 |
| <i>Trichoderma sp. 102</i> | 1,021 | 0,766 | 25 |
| <i>Trichoderma sp. 103</i> | 1,024 | 0,788 | 23 |
| <i>Trichoderma sp. 104</i> | 1,064 | 0,862 | 19 |
| <i>Trichoderma sp.105</i>  | 1,070 | 0,888 | 17 |
| <i>Trichoderma sp.106</i>  | 1,026 | 0,780 | 24 |
| <i>Trichoderma sp.107</i>  | 1,030 | 0,803 | 22 |
| <i>Trichoderma sp.108</i>  | 1,045 | 0,857 | 18 |
| <i>Trichoderma sp.109</i>  | 1,034 | 0,827 | 20 |
| <i>Trichoderma sp.110</i>  | 1,053 | 0,853 | 19 |
| <i>Trichoderma sp.111</i>  | 1,066 | 0,917 | 14 |
| <i>Trichoderma sp.112</i>  | 1,023 | 0,849 | 17 |
| <i>Trichoderma sp.113</i>  | 1,043 | 0,845 | 19 |
| <i>Trichoderma sp.114</i>  | 1,041 | 0,895 | 14 |



| <i>Продовження табл.</i>                   |              |              |           |
|--|--------------|--------------|-----------|
| <i>Trichoderma sp.115</i>                  | 1,062        | 0,903        | 15        |
| <i>Trichoderma sp.116</i>                  | 1,013        | 0,841        | 17        |
| <i>Trichoderma sp.117</i>                  | 1,050        | 0,788        | 25        |
| <i>Trichoderma sp.118</i>                  | 1,023        | 0,839        | 18        |
| <i>Trichoderma sp.119</i>                  | 1,040        | 0,811        | 22        |
| <i>Trichoderma sp.120</i>                  | 1,067        | 0,790        | 26        |
| <i>Trichoderma sp.121</i>                  | 1,021        | 0,786        | 23        |
| <i>Trichoderma sp. 122</i>                 | 1,085        | 0,868        | 20        |
| <i>Trichoderma sp.123</i>                  | 1,078        | 0,873        | 19        |
| <i>Trichoderma sp. 124</i>                 | 1,061        | 0,901        | 15        |
| <i>Trichoderma sp.125</i>                  | 1,031        | 0,887        | 14        |
| <i>Trichoderma sp.126</i>                  | 1,045        | 0,763        | 27        |
| <i>Trichoderma sp. 127</i>                 | 1,036        | 0,799        | 21        |
| <b>Асоціація <i>Trichoderma sp 128</i></b> | <b>1,043</b> | <b>0,698</b> | <b>33</b> |
| <b><i>Trichoderma sp. 128/1</i></b>        | <b>1,055</b> | <b>0,759</b> | <b>28</b> |
| <b><i>Trichoderma sp. 128/2</i></b>        | <b>1,074</b> | <b>0,794</b> | <b>26</b> |
| <i>Trichoderma sp.129</i>                  | 1,047        | 0,890        | 15        |
| <i>Trichoderma sp.130</i>                  | 1,032        | 0,804        | 22        |
| <i>Trichoderma sp. 131</i>                 | 1,035        | 0,890        | 14        |
| <i>Trichoderma sp.132</i>                  | 1,067        | 0,875        | 18        |

| <i>Продовження табл.</i>   |       |       |    |
|----------------------------|-------|-------|----|
| <i>Trichoderma sp.133</i>  | 1,032 | 0,815 | 21 |
| <i>Trichoderma sp.134</i>  | 1,017 | 0,824 | 19 |
| <i>Trichoderma sp.135</i>  | 1,046 | 0,785 | 25 |
| <i>Trichoderma sp. 136</i> | 1,024 | 0,870 | 15 |
| <i>Trichoderma sp.137</i>  | 1,043 | 0,876 | 16 |
| <i>Trichoderma sp.138</i>  | 1,027 | 0,822 | 20 |
| <i>Trichoderma sp.139</i>  | 1,042 | 0,792 | 24 |
| <i>Trichoderma sp.140</i>  | 1,056 | 0,800 | 22 |
| <i>Trichoderma sp.141</i>  | 1,054 | 0,875 | 17 |
| <i>Trichoderma sp.142</i>  | 1,037 | 0,861 | 21 |
| <i>Trichoderma sp. 143</i> | 1,031 | 0,794 | 23 |
| <i>Trichoderma sp.144</i>  | 1,028 | 0,853 | 17 |
| <i>Trichoderma sp.145</i>  | 1,046 | 0,879 | 16 |
| <i>Trichoderma sp.146</i>  | 1,035 | 0,890 | 14 |
| <i>Trichoderma sp.147</i>  | 1,048 | 0,803 | 23 |
| <i>Trichoderma sp. 148</i> | 1,041 | 0,874 | 16 |
| <i>Trichoderma sp.149</i>  | 1,052 | 0,894 | 15 |
| <i>Trichoderma sp. 150</i> | 1,023 | 0,767 | 25 |

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Директор Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН



В. В. Волкогон

13 вересня 2015 р.

**ВИСНОВОК**

**щодо патогенних властивостей штаму *Trichoderma harzianum* 128/1 за результатами дослідження вірулентності для безпородних білих мишей**

Штам міцеліального гриба *Trichoderma harzianum* 128/1 надано для випробування лабораторією ґрунтової мікробіології ІСМАВ НААН.

Досліджуваний рід і вид мікроорганізмів не включено до переліку небезпечних біологічних об'єктів, які можуть інфікувати людей і тварин або бути для них токсичними чи алергічними чинниками [1–3]. Щоб підтвердити відсутність патогенної дії *Trichoderma harzianum* 128/1 для теплокровних лабораторних тварин, досліджували один із показників патогенності – вірулентність культури мікроорганізму на моделі білих мишей [4–8]. Для досліджень використовували споро-міцеліальну суміш гриба у вигляді зависі в ізотонічному розчині хлориду натрію.

Перевірку патогенних властивостей штаму виконано з використанням безпородних статевозрілих білих мишей вагою 18–20 г шляхом введення зависі споро-міцеліальної суміші гриба в ізотонічному розчині хлориду натрію перорально через зонд та внутрішньочеревно шляхом ін'єкцій. Миші попередньо були адаптовані до умов утримання упродовж 14 діб. Догляд за тваринами проводили щоденно протягом 20 діб після введення досліджуваного матеріалу [5, 7].

Визначали вірулентність споро-міцеліальної суміші гриба, отриманої при культивуванні штаму впродовж 3 діб в аеробних умовах на сусло-агарі за температури  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  та рН 7,0. Суспензію споро-міцеліальної суміші гриба готували на стерильному ізотонічному розчині хлориду натрію, інгредієнти якої попередньо були двічі відмиті від метаболітів та осаджені шляхом центрифугування упродовж 20 хвилин за 2000 об/хв. Концентрацію клітин встановлювали за підрахунком у камері Горяєва.

Критерієм авірулентності мікроорганізму слугували відсутність інфекційної патології внутрішніх органів та загибелі мишей упродовж 20 діб.

Інфективність (інвазивність) штаму визначали шляхом встановлення можливості дисемінації клітин мікроорганізму у тканини внутрішніх органів тварин після зараження з моделюванням можливого природного шляху проникнення (per os) у макроорганізм.

По закінченню терміну спостереження за поведінковими реакціями та фізіологічним станом мишей проводили їх вимушений забій, патологоанатомічний розтин, мікроскопічні дослідження мазків-відбитків внутрішніх органів та висіви зразків тканин на елективне живильне середовище.

За період спостереження після введення споро-міцеліальної суспензії живих клітин гриба перорально у дозах  $1,0 \times 10^6$ ,  $1,0 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  колонієутворюючих одиниць (КУО) у  $1\text{см}^3$  тварини добре поїдали корм, мали жвавий вигляд. Достовірна різниця у масі та температурі тіла дослідних і контрольних тварин, а також в загальному стані організму та поведінці була відсутня. Середня летальна доза за перорального введення культури гриба *Trichoderma harzianum* 128/1 становить  $\text{ЛД}_{50} \text{ per os} > 1 \times 10^8$  клітин/мишу (Таблиця).

Таблиця. Результати дослідження вірулентності *Trichoderma harzianum* 128/1

| Матеріал для введення       | Кількість мишей, гол. | Доза            |          | Спосіб введення     | Курс введення, діб | Кількість мишей, гол. |                |        |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|----------|---------------------|--------------------|-----------------------|----------------|--------|
|                             |                       | см <sup>3</sup> | млн. КУО |                     |                    | захворіло             | загинуло       | вижило |
| Споро-міцеліальна суспензія | 5                     | 1,0             | 100,0    | в/ч <sup>1</sup>    | 1                  | 1                     | 1 <sup>2</sup> | 4      |
|                             | 5                     | 1,0             | 10,0     | в/ч                 | 1                  | 1                     | 1 <sup>3</sup> | 4      |
|                             | 5                     | 1,0             | 1,0      | в/ч                 | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                             | 5                     | 1,0             | 100,0    | per os <sup>1</sup> | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                             | 5                     | 1,0             | 10,0     | per os              | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                             | 5                     | 1,0             | 1,0      | per os              | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
| Контроль ізотонічний розчин | 5                     | 1,0             | 0        | в/ч                 | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                             | 5                     | 1,0             | 0        | per os              | 1                  | 0                     | 0              | 5      |

\*Примітка: 1) в/ч- внутрішньочеревне введення, per os – введення через рот; 2) загинула 1 тварина на 4 добу після ін'єкції; 3) загинула 1 тварина на 9 добу після ін'єкції.

Для внутрішньочеревних ін'єкцій застосовували споро-міцеліальні суспензії *Trichoderma harzianum* 128/1 у дозах  $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$  та  $1 \times 10^8$  КУО на мишу[6]. Упродовж періоду спостереження тварини мали жвавий вигляд, блискучий хутряний покрив та добрий апетит. Різниця в масі та температурі тіла, а також в загальному стані організму та поведінці дослідних і контрольних тварин не відзначали. Однак на 4 та 9 добу у групах тварин, яким вводили досліджуваний матеріал у дозах  $1 \times 10^8$  та  $1 \times 10^7$  клітин на



мишу відповідно, було виявлено загибель тварин (таблиця). При патологоанатомічному дослідженні внутрішніх органів загиблих тварин були встановлені видимі зміни поверхні та паренхіми печінки: орган місцями білого кольору з крововиливами.

Всі миші дослідних і контрольних груп, які залишилися живими після закінчення терміну спостереження, були вбиті, проведено їх розтин і дослідження внутрішніх органів.

Результати розтину показали відсутність видимих змін у внутрішніх органах досліджуваних тварин.

Мікробіологічні дослідження внутрішніх органів дослідних тварин через 20 діб після початку досліджень засвідчили, що даний штам *Trichoderma harzianum* 128/1 не інфективний, не дисемінує і не розмножується в організмі теплокровних. Внутрішньочеревне та пероральне введення суспензії живих клітин штаму не призвело до інвазії бактерій у внутрішні органи тварин, а ін'єкційно введені дози споро-міцеліальної суміші гриба в макроорганізм елімінувалися упродовж 20 діб (строк спостереження).

Отримані результати свідчать про авірулентність штаму для досліджених теплокровних тварин ( $LD_{50} \text{ в/ч} \geq 1 \times 10^8$  клітин/мишу,  $LD_{50} \text{ per os} > 1 \times 10^8$  клітин/мишу).

Таким чином, згідно отриманих результатів та відповідних нормативних документів [5, 6, 8, 9,] штам *Trichoderma harzianum* 128/1 належить до групи авірулентних мікроорганізмів, не здатних до інвазії у внутрішні органи досліджених теплокровних тварин. Згідно даних щодо відсутності вірулентності, без урахування рівнів токсичності, токсигенності, алергенності, дисбіотичної дії штам *Trichoderma harzianum* 128/1 може вважатися непатогенним. Висновок видано для депонування вищезазначеної культури гриба.


#### Література

1. Безпека роботи з мікроорганізмами I-II групи патогенності. Державні санітарні правила МОЗ України, ДСП 9.9.5.035.99.
2. Директива 90/679 Ради Європейської економічної співдружності.
3. Категорії біологічних агентів у відповідності до небезпеки та категорії контамінації. ВООЗ, Консультативний комітет небезпеки патогенів, видання 4-те, 1995.
4. Положение о порядке учета, хранения, обращения, отпуска и пересылки культур бактерий, вирусом, риккетсий, грибов, простейших, микоплазм, бактериальных токсинов, ядов биологического происхождения. – МЗ СССР, 1980.
5. Медико-біологічні дослідження виробничих штамів мікроорганізмів і токсикогігієнічна оцінка мікробних препаратів, визначення їх безпеки та обґрунтування гігієнічних нормативів і регламентів. Методичні вказівки МОЗ України. Київ, 2004.

## Продовження додатку Г

6. Методические рекомендации «Обоснование критериев оценки патогенности мицелиальных грибов-продуцентов и допустимости их применения в промышленности. г.Ангарск,1986 »
7. Кожемякін Ю.М., Хромов О.С., Філоненко М. А., Сайфетдінова Г.А. Науково-практичні рекомендації з утримання лабораторних тварин та роботи з ними. МОЗУ, Фармкомітет. Київ-2002. 156 с.
8. Методические указания по экспериментальному обоснованию ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах производственной и окружающей среды. М., 1991.
9. Постановка исследований для обоснования предельно-допустимых концентраций производственных штаммов микроорганизмов и на их основе готовых форм препаратов в воздухе рабочей зоны. Методические указания. М., 1983.

Завідувач лабораторії,  
кандидат ветеринарних наук

 Н.О. Кравченко

Провідний мікробіолог

 О.М. Дмитрук

"11" серпня 2015 року.



**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Директор Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН



В. В. Волкогон

2015 р.

**ВИСНОВОК**

**щодо патогенних властивостей штаму *Trichoderma harzianum* 128/2 за результатами дослідження вірулентності для безпородних білих мишей**

Штам міцеліального гриба *Trichoderma harzianum* 128/2 надано для випробування лабораторією ґрунтової мікробіології ІСМАВ НААН.

Досліджуваний рід і вид мікроорганізмів не включено до переліку небезпечних біологічних об'єктів, які можуть інфікувати людей і тварин або бути для них токсичними чи алергічними чинниками [1–3]. Щоб підтвердити відсутність патогенної дії *Trichoderma harzianum* 128/2 для теплокровних лабораторних тварин, досліджували один із показників патогенності – вірулентність культури мікроорганізму на моделі білих мишей [4–8]. Для досліджень використовували споро-міцеліальну суміш гриба у вигляді зависі в ізотонічному розчині хлориду натрію.

Перевірку патогенних властивостей штаму виконано з використанням безпородних статевозрілих білих мишей вагою 18–20 г шляхом введення зависі споро-міцеліальної суміші гриба в ізотонічному розчині хлориду натрію перорально через зонд та внутрішньочеревно шляхом ін'єкцій. Миші попередньо були адаптовані до умов утримання упродовж 14 діб. Догляд за тваринами проводили щоденно протягом 20 діб після введення досліджуваного матеріалу [5, 7].

Визначали вірулентність споро-міцеліальної суміші гриба, отриманої при культивуванні штаму впродовж 3 діб в аеробних умовах на сусло-агарі за температури  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  та рН 7,0. Суспензію споро-міцеліальної суміші гриба готували на стерильному ізотонічному розчині хлориду натрію, інгредієнти якої попередньо були двічі відмиті від метаболітів та осаджені шляхом центрифугування упродовж 20 хвилин за 2000 об/хв. Концентрацію клітин встановлювали за підрахунком у камері Горяєва.

Критерієм авірулентності мікроорганізму слугували відсутність інфекційної патології внутрішніх органів та загибелі мишей упродовж 20 діб.

Інфективність (інвазивність) штаму визначали шляхом встановлення можливості дисемінації клітин мікроорганізму у тканини внутрішніх органів тварин після зараження з моделюванням можливого природного шляху проникнення (per os) у макроорганізм.

По закінченню терміну спостереження за поведінковими реакціями та фізіологічним станом мишей проводили їх вимушений забій, патологоанатомічний розтин, мікроскопічні дослідження мазків-відбитків внутрішніх органів та висіви зразків тканин на елективне живильне середовище.

За період спостереження після введення споро-міцеліальної суспензії живих клітин гриба перорально у дозах  $1,0 \times 10^6$ ,  $1,0 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  колонієутворюючих одиниць (КУО) у  $1\text{см}^3$  тварини добре поїдали корм, мали жвавий вигляд. Достовірна різниця у масі та температурі тіла дослідних і контрольних тварин, а також в загальному стані організму та поведінці була відсутня. Тварини були активними, фізіологічні функції організму у нормі, клінічних ознак токсикозу не відмічено. Середня летальна доза за перорального введення культури гриба *Trichoderma harzianum* 128/2 становить  $\text{ЛД}_{50} \text{ per os} > 1 \times 10^8$  клітин/мишу (Таблиця).

Таблиця. Результати дослідження вірулентності *Trichoderma harzianum* 128/2

| Матеріал для введення       | Кількість мишей, гол. | Доза            |          | Спосіб введення     | Курс введення, діб | Кількість мишей, гол. |                |        |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|----------|---------------------|--------------------|-----------------------|----------------|--------|
|                             |                       | см <sup>3</sup> | млн. КУО |                     |                    | захворіло             | загинуло       | вижило |
| Споро-міцеліальна суспензія | 5                     | 1,0             | 100,0    | в/ч <sup>1</sup>    | 1                  | 1                     | 1 <sup>2</sup> | 4      |
|                             | 5                     | 1,0             | 10,0     | в/ч                 | 1                  | 1                     | 1 <sup>3</sup> | 4      |
|                             | 5                     | 1,0             | 1,0      | в/ч                 | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                             | 5                     | 1,0             | 100,0    | per os <sup>1</sup> | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                             | 5                     | 1,0             | 10,0     | per os              | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                             | 5                     | 1,0             | 1,0      | per os              | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
| Контроль ізотонічний розчин | 5                     | 1,0             | 0        | в/ч                 | 1                  | 0                     | 0              | 5      |
|                             | 5                     | 1,0             | 0        | per os              | 1                  | 0                     | 0              | 5      |

\*Примітка: 1) в/ч- внутрішньочеревне введення, per os – введення через рот; 2) загинула 1 тварина на 10 добу після ін'єкції; 3) загинула 1 тварина на 19 добу після ін'єкції.

Для внутрішньочеревних ін'єкцій застосовували споро-міцеліальні суспензії *Trichoderma harzianum* 128/2 у дозах  $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$  та  $1 \times 10^8$  КУО на мишу[6]. Упродовж періоду спостереження тварини добре поїдали корм, мали жвавий вигляд та блискучий хутряний покрив. Достовірна різниця в масі та температурі тіла дослідних і контрольних тварин, а також в загальному стані організму та поведінці була відсутня. Проте на 10 та 19 добу у групах, яким вводили досліджуваний матеріал у дозах  $1 \times 10^8$  та  $1 \times 10^7$  клітин на мишу відповідно, було виявлено загибель тварин (таблиця). При проведенні патологоанатомічного розтину загиблих тварин встановлено відсутність видимих патологічних змін в усіх внутрішніх органах, крім печінки: поверхня та паренхіма органу була блідою кольору з наявністю крапчастих крововиливів.



Всі миші дослідних і контрольних груп, які залишилися живими після закінчення терміну спостереження, були вбиті, проведено їх розтин і дослідження внутрішніх органів.

Результати розтину показали:

- серце знаходиться в межах анатомічної норми;
- легені в об'ємі не збільшені, поверхні гладенькі, спайок не відмічено, долі легко відокремлюються одна від одної;
- шлунок, петлі тонкого і товстого кишечника зовні без змін, на розрізі малюнок слизової незмінений;
- печінка темно-червоного кольору, не збільшена, нормальної консистенції, середнього кровонаповнення, поверхня гладенька;
- нирки бобоподібної форми, не збільшені, поверхні гладенькі, на розрізі чіткий малюнок кіркової і мозкової зон, межа між зонами не зглажена;
- селезінка пружної консистенції, не збільшена, на розрізі пульпа помірно повнокровна і темного кольору.

Мікробіологічні дослідження внутрішніх органів дослідних тварин через 20 діб після початку досліджень засвідчили, що даний штам *Trichoderma harzianum* 128/2 не інфективний, не дисемінує і не розмножується в організмі теплокровних. Внутрішньочеревне та пероральне введення суспензії живих клітин штаму не призвело до інвазії бактерій у внутрішні органи тварин, а ін'єкційно введені дози споро-міцеліальної суміші гриба в макроорганізм елімінувалися упродовж 20 діб (строк спостереження).

Отримані результати свідчать про авірулентність штаму для досліджених теплокровних тварин ( $LD_{50}$  в/ч  $\geq 1 \times 10^8$  клітин/мишу,  $LD_{50}$  per os  $> 1 \times 10^8$  клітин/мишу).


Таким чином, згідно отриманих результатів та відповідних нормативних документів [5, 6, 8, 9,] штам *Trichoderma harzianum* 128/2 належить до групи авірулентних мікроорганізмів, не здатних до інвазії у внутрішні органи досліджених теплокровних тварин. Згідно даних щодо відсутності вірулентності, без урахування рівнів токсичності, токсигенності, алергенності, дисбіотичної дії штам *Trichoderma harzianum* 128/2 може вважатися непатогенним. Висновок видано для депонування вищезазначеної культури гриба.

#### Література

1. Безпека роботи з мікроорганізмами І-ІІ групи патогенності. Державні санітарні правила МОЗ України, ДСП 9.9.5.035.99.
2. Директива 90/679 Ради Європейської економічної співдружності.
3. Категорії біологічних агентів у відповідності до небезпеки та категорії контамінації. ВООЗ, Консультативний комітет небезпеки патогенів, видання 4-те, 1995.
4. Положение о порядке учета, хранения, обращения, отпуска и пересылки культур бактерий, вирусных, риккетсий, грибов, простейших, микоплазм, бактериальных токсинов, ядов биологического происхождения. – МЗ СССР, 1980.

5. Медико-біологічні дослідження виробничих штамів мікроорганізмів і токсико-гігієнічна оцінка мікробних препаратів, визначення їх безпеки та обґрунтування гігієнічних нормативів і регламентів. Методичні вказівки МОЗ України. Київ, 2004.
6. Методические рекомендации «Обоснование критериев оценки патогенности мицелиальных грибов-продуцентов и допустимости их применения в промышленности. г.Ангарск, 1986 »
7. Кожемякін Ю.М., Хромов О.С., Філоненко М. А., Сайфетдінова Г.А. Науково-практичні рекомендації з утримання лабораторних тварин та роботи з ними. МОЗУ, Фармкомітет. Київ-2002. 156 с.
8. Методические указания по экспериментальному обоснованию ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах производственной и окружающей среды. М., 1991.
9. Постановка исследований для обоснования предельно-допустимых концентраций производственных штаммов микроорганизмов и на их основе готовых форм препаратов в воздухе рабочей зоны. Методические указания. М., 1983.

Завідувач лабораторії,  
кандидат ветеринарних наук

 Н.О. Кравченко

Провідний мікробіолог

 О.М. Дмитрук

"19" червня 2015 року.



ЗАТВЕРДЖУЮ:

Директор ТОВ «Агрофірма КОЛОС»

Центило Л.В.

1 жовтня 2015р.

## АКТ

виробничої перевірки технології компостування пташиного посліду за інтродукції асоціації *Trichoderma harzianum* 128

У 2015 році на базі ТОВ «Агрофірма КОЛОС» (Київська обл., Сквирський р-н) проведено виробничі випробування ефективності технології компостування пташиного посліду за інтродукції асоціації *Trichoderma harzianum* 128.

Схема дослідю передбачала два варіанти:

1. Компостна суміш без додаткового внесення мікроорганізмів (контроль);
2. Інтродукція до компостної суміші асоціації *T. harzianum* 128 на 2-й місяць компостування.

Компостування проводили впродовж 6 місяців. На початку дослідю та в кінці компостування в компостованій суміші визначали чисельність *T. harzianum* 128, вміст вуглецю та азоту.

Результати дослідю представлені в таблиці:

| Варіанти дослідю                                    | Вміст вуглецю, % |                | Вміст азоту, %  |                | Чисельність <i>T. harzianum</i> 128, тис. КУО/г сухого компосту |                |
|---|------------------|----------------|-----------------|----------------|---|----------------|
|   | початок дослідю  | кінець дослідю | початок дослідю | кінець дослідю | початок дослідю   | кінець дослідю |
| Контроль  | 45,1             | 36,2           | 3,04            | 1,77           | не виявлено   | не виявлено    |
| <i>T. harzianum</i> 128 на 2-й місяць компостування | 45,1             | 40,6           | 3,04            | 2,02           | 135   | 8150           |

Одержані результати свідчать, що застосування суспензії асоціації *T. harzianum* 128 у технології компостування сприяє покращенню агрохімічних та мікробіологічних показників компостованого субстрату в порівнянні з контрольним варіантом.

Мікробіолог ТОВ «Агрофірма КОЛОС»

Мікробіолог ІСМАВ НААН

Р.М. Кулініч

С.Н. Деркач





ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН

В.В. Волкогон

«10» жовтня 2016 р.



## АКТ

## про результати виробничого застосування наукової продукції

Ми, що нижче підписалися, уповноважені представники:

Дімова С.Б., завідувач лабораторії ґрунтової мікробіології ІСМАВ НААН;Деркач С.М., молодший науковий співробітник лабораторії ґрунтової мікробіології ІСМАВ НААН (від ЗАМОВНИКА)Кулініч Р.М., мікробіолог ТОВ «Агрофірма Колос» (від ВИКОНАВЦЯ)склали цей акт про результати виробничої перевірки ефективності технології компостування пташиного посліду за інтродукції асоціації *Trichoderma harzianum* 128.

Виробнича перевірка проведена на території ТОВ «Агрофірма Колос» (с.Пустоварівка, Сквирський р-н, Київська обл.).

Схема дослідів:

1. Компостна суміш без додаткового внесення мікроорганізмів (контроль)
  2. Інтродукція до компостної суміші асоціації *Trichoderma harzianum* 128
- Компостування проводили протягом 6 місяців.

## Результати виробничої перевірки

| Варіанти дослідів       | Вміст вуглецю, % |                 | Вміст азоту, %   |                 | Чисельність <i>T. harzianum</i> 128, тис. КУО/г сухого компосту |                 |
|-------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|---|-----------------|
|                         | початок дослідів | кінець дослідів | початок дослідів | кінець дослідів | початок дослідів  | кінець дослідів |
| Контроль                | 44,2             | 35,5            | 2,98             | 1,73            | не виявлено   | не виявлено     |
| <i>T. harzianum</i> 128 | 44,2             | 39,8            | 2,98             | 1,98            | 120   | 8020            |

Від ВИКОНАВЦЯ

Кулініч Р.М.

Від ЗАМОВНИКА

Дімова С.Б.

Деркач С.М.



## АКТ

## про результати виробничого застосування наукової продукції

Ми, що нижче підписалися, уповноважені представники:

Дімова С.Б., завідувач лабораторії ґрунтової мікробіології ІСМАВ НААН;

Деркач С.М., молодший науковий співробітник лабораторії ґрунтової мікробіології ІСМАВ НААН (від ЗАМОВНИКА)

Кулініч Р.М., мікробіолог ТОВ «Агрофірма Колос» (від ВИКОНАВЦЯ)

склали цей акт про результати виробничої перевірки ефективності технології компостування пташиного посліду за інтродукції асоціації *Trichoderma harzianum* 128.

Виробнича перевірка проведена на території ТОВ «Агрофірма Колос» (с.Пустоварівка, Сквирський р-н, Київська обл.).

Схема досліджу:

3. Компостна суміш без додаткового внесення мікроорганізмів (контроль)


4. Інтродукція до компостної суміші асоціації *Trichoderma harzianum* 128

Компостування проводили протягом 6 місяців.



## Результати виробничої перевірки

| Варіанти досліджу       | Вміст вуглецю, % |                 | Вміст азоту, %   |                 | Чисельність <i>T. harzianum</i> 128, тис. КУО/г сухого компосту |                 |
|-------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|---|-----------------|
|                         | початок досліджу | кінець досліджу | початок досліджу | кінець досліджу | початок досліджу  | кінець досліджу |
| Контроль                | 42,1             | 32,8            | 2,87             | 1,64            | не виявлено   | не виявлено     |
| <i>T. harzianum</i> 128 | 42,1             | 39,4            | 2,87             | 1,88            | 122   | 8560            |

Від ВИКОНАВЦЯ

 Кулініч Р.М.

Від ЗАМОВНИКА

 Дімова С.Б.  
 Деркач С.М.

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор ТОВ «Агрофірма Колос»  
В.В. Центилю  
«Агрофірма  
КОЛОС»  
03754120  
жовтня 2016 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор Інституту сільськогосподарської  
мікробіології та агропромислового  
виробництва НААН  
В.В.Волкогон  
«10» жовтня 2016 р.

### АКТ

#### про результати виробничого застосування наукової продукції

Ми, що нижче підписалися, уповноважені представники:

Дімова С.Б., завідувач лабораторії ґрунтової мікробіології ІСМАВ НААН;

Деркач С.М., молодший науковий співробітник лабораторії ґрунтової мікробіології ІСМАВ НААН (від ЗАМОВНИКА)

Паламарчук О.М., головний агроном ТОВ «Агрофірма Колос» (від ВИКОНАВЦЯ)

склали цей акт про результати виробничої перевірки ефективності біоорганічного добрива Біоком-Т при застосуванні в технології вирощування картоплі сорту Беллароза.

Виробнича перевірка проведена на території ТОВ «Агрофірма Колос» (с.Пустоварівка, Сквирський р-н, Київська обл.).

Схема досліджу:

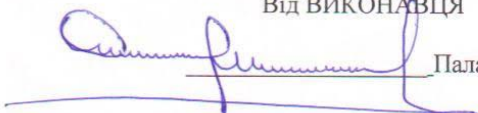
- 1.Контроль
- 2.Біоком-Т (120 кг/га).

Площа досліджу - 4 га, ґрунт – чорнозем типовий. Агрофон на обох варіантах досліджу – мінеральне удобрення в дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

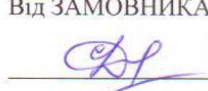

#### Результати виробничої перевірки

| Варіанти досліджу | Площа дослідної ділянки, га | Урожайність, т/га | Приріст до контролю, % |
|-------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------|
| Контроль          | 2                           | 25,4              | -                      |
| Біоком-Т          | 2                           | 30,7              | 21                     |

Від ВИКОНАВЦЯ


  
Паламарчук О.М.

Від ЗАМОВНИКА

  
Дімова С.Б.  
  
Деркач С.М.



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор ТОВ «Агрофірма Колос»  
 П.В. Центилю  
«12» жовтня 2017 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор Інституту сільськогосподарської  
мікробіології та агропромислового  
виробництва НААН  
 В.В.Волкогон  
«12» жовтня 2017 р.

### АКТ

#### про результати виробничого застосування наукової продукції

Ми, що нижче підписалися, уповноважені представники:

Дімова С.Б., завідувач лабораторії ґрунтової мікробіології ІСМАВ НААН;

Деркач С.М., молодший науковий співробітник лабораторії ґрунтової мікробіології ІСМАВ НААН (від ЗАМОВНИКА)

Паламарчук О.М., головний агроном ТОВ «Агрофірма Колос» (від ВИКОНАВЦЯ)  
склали цей акт про результати виробничої перевірки ефективності біоорганічного добрива Біоком-Т при застосуванні в технології вирощування картоплі сорту Беллароза.

Виробнича перевірка проведена на території ТОВ «Агрофірма Колос»  
(с.Пустоварівка, Сквирський р-н, Київська обл.).

Схема дослідів:

- 1.Контроль
- 2.Біоком-Т (120 кг/га).

Площа дослідів - 4 га, ґрунт – чорнозем типовий. Агрофон на обох варіантах дослідів – мінеральне удобрення в дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .



#### Результати виробничої перевірки

| Варіанти дослідів | Площа дослідної ділянки, га | Урожайність, т/га | Приріст до контролю, % |
|-------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------|
| Контроль          | 1                           | 26,3              | -                      |
| Біоком-Т          | 3                           | 32,1              | 22                     |

Від ВИКОНАВЦЯ

 Паламарчук О.М.

Від ЗАМОВНИКА

 Дімова С.Б.  
 Деркач С.М.

## 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 дослід 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 курячого 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., Центилю Л. В. Біокомпостування пташиного посліду асоціацією грибів *Trichoderma harzianum* 128. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 11. С. 13–18. (Здобувачем закладено модельні дослід 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 C12N1/14, C12R1/885, C05F17/00, **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 C05F15/00, C05F11/02, C05F11/08, C05F 17/00, C12R 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 курячого 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 курячого 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.**, Димова 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.