

УДК 635.8:631.872

© 2019

БІОКОНВЕРСІЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН ПЕЧЕРИЧНИХ СУБСТРАТІВ У БІОГУМУС ЗА ДОПОМОГОЮ БІОПРЕПАРАТУ ЕКСТРАКОН

Т.В.Іванова¹, К.А. Підмаркова², М.В. Патица³

¹кандидат сільськогосподарських наук

³доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН Національний університет біоресурсів і природокористування України вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

*e-mail: ¹tivanova1@ukr.net, ²podmarkova48@ukr.net, ³npatyka@gmail.com
ORCID: ¹0000-0002-0310-5612, ²0000-0002-1261-2958, ³0000-0002-2506-8699*

Надійшла 28.08.2019

Мета. Дослідити комплексний ефект трансформації органічної речовини та формування рослинно-мікробних систем за використання вітчизняного біопрепарату Екстракон на відпрацьованих печеричних субстратах. **Методи.** Мікробіологічні (метод унесення препаратів для деструкції сільськогосподарських залишків, отримання чистої культури, вивчення культуральних властивостей колоній), отримання водних витяжок із субстратів, метод «рулонів», біохімічні (визначення індукції флуоресценції хлорофілу листків), статистичні (площа листової поверхні, метод висічок). **Об'єктом** дослідження були відпрацьований печеричний субстрат і поліфункціональний біологічний препарат Екстракон. **Результати.** Із застосуванням витяжки з відпрацьованого печеричного субстрату довжина стебла модельного об'єкта пшениці м'якої озимої сорту Смуглянка була більшою на 24,2%, а довжина коріння — на 4% порівняно з контролем. За використання витяжки ферментованого біопрепаратом Екстракон відпрацьованого печеричного субстрату довжина стебла рослин, кореневої системи і суха маса проростків пшениці були відповідно на 10,6%, 34,8 і 20,6% більшими порівняно з контролем. Із застосуванням ферментованого біопрепаратом Екстракон відпрацьованого печеричного субстрату в рослин пшениці збільшується площа кореневої системи, що активізує корисну мікрофлору, яка ефективно трансформує всі його компоненти. **Висновки.** Запропоновано внесення біопрепарату Екстракон для ферментації і трансформації у біодобриво відпрацьованих печеричних субстратів. Використання традиційних органічних добрив із додаванням нових сприятиме поверненню органічної речовини в біологічний кругообіг та підвищенню морфометричних параметрів рослин сільськогосподарських культур.

Ключові слова: безвідходні технології, трансформація, грибівництво, біогумус.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk201912-04>

Гриби є досить цінним харчовим продуктом. Для їх вирощування використовують спеціальні субстрати на основі рослинних і тваринних компонентів. Нині досить актуальною проблемою грибних ферм є утилізація відпрацьованого субстрату після культивування грибів. Через недостатню наукову

обґрунтованість щодо використання відпрацьованих субстратів у вигляді органічних добрив грибні ферми утилізують у звалищах блоки з відпрацьованим субстратом поблизу виробництва або на території господарства. Це може призвести до негативних екологічних ризиків — поширення захворювань через

подальше неконтрольоване заселення субстратів патогенними та гнилісними грибними інфекціями на територіях звалищ.

Одним із головних шляхів біоконверсії відпрацьованого грибного субстрату є його використання як органічного добрива за вирощування різних сільськогосподарських культур. А також як сировини для отримання біопалива, середовища для вирощування вермикюльтури, для відновлення забруднених вод на водно-болотних угіддях, використання для стабілізації сильно порушених ґрунтів, для біоремедіації забруднених ґрунтів та як інгредієнтів для вирощування інших видів грибів [1–5].

Мета досліджень — дослідити комплексний ефект трансформації органічної речовини та формування рослинно-мікробних систем за використання вітчизняного біопрепарату Екстракон на відпрацьованих печеричних субстратах.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили на кафедрі екобіотехнології та біорізноманіття Національного університету біоресурсів і природокористування України. Об'єкт дослідження — відпрацьований печеричний субстрат. Для трансформації субстрату застосовували поліфункціональний біологічний препарат Екстракон вітчизняного виробництва, агентами якого є природний консорціум ґрунтових целюлозоруйнівних бактерій і мікроміцетів (*Sporocytophaga mixococcoides*, *Sorangium cellulosum*, *Cellvibrio mixtus*, *Trichoderma viridae* spp.) та гетеротрофні представники *Pseudomonas* spp. та *Bacillus* spp. Біопрепарат у вигляді гомогенної сухої форми вносили у попередньо зволожений відпрацьований печеричний субстрат (вологість до 60–70%) у співвідношенні 10:1, добре перемішували й залишали в термостаті на 7–10 діб. За рахунок активізації біоагентів препарату відбувається трансформація рослинних залишків без гнилісних процесів [6, 7]. Як модельний об'єкт у дослідженнях використали пшеницю м'яку озиму сорту Смуглянка, внесеного до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2019 році.

Водні витяжки з відпрацьованого печеричного субстрату готували за класичною методикою, як це робиться з ґрунту. Для їх отримання субстрат заливали водою, упродовж 10 хв суспензію добре перемішували

й залишали для відстоювання. Отриману витяжку з відпрацьованого печеричного субстрату фільтрували [8].

Насіння пшениці озимої стерилізували розчином $KMnO_4$. Простерилізоване її насіння розміщували на фільтрувальний папір, використовуючи модифікований метод рулонів (чашки Петрі по 5–6 рулонів у кількох повтореннях). Попередньо отримані витяжки із субстратів вносили в чашки Петрі з насінням по 10 мл у кожну. Контролем було насіння зі звичайною водою. Через 16 діб після внесення насіння пшениці озимої на середовища водних витяжок із відпрацьованого печеричного субстрату було проведено облік біометричних параметрів [9].

Для визначення фізіологічних показників росту і розвитку рослин (індукції флуоресценції хлорофілу) використано вітчизняний прилад «Флоратест» [10, 11].

З метою дослідження впливу біопрепарату Екстракон на відпрацьовані печеричні субстрати нами застосовано визначення фітотоксичності по відношенню до пшениці озимої у 3-х варіантах: I — водопровідна вода (контроль); II — витяжка з відпрацьованого неферментованого печеричного субстрату; III — витяжка з відпрацьованого печеричного субстрату, інокульованого біопрепаратом Екстракон (експозиція інокуляції упродовж тижня). Дослідження проводили в 3-х повторностях. На початку робіт нами розроблено схему досліду (рисунок). Через 16 діб після внесення насіння пшениці озимої на середовища водних витяжок із відпрацьованого печеричного субстрату нами проведено облік ростових параметрів для порівняння.

Метод унесення препаратів для деградації сільськогосподарських залишків. Після повного циклу росту і збирання плодівих тіл грибів залишаються відпрацьовані печеричні субстрати (ВПС). Для трансформації рослинних решток, що містяться у субстраті, у біогумус та активізації функції корисної мікрофлори застосовують препарати-деструктори, або поліфункціональні біопрепарати.

Біохімічні методи. Для визначення впливу різних факторів на стан рослини застосовують швидкі та інформативні методи, які дають змогу проводити оцінку стану рослин у лабораторних і польових умовах із мінімальним порушенням цілісності



Схема досліду з використання біопрепарату Екстракон для трансформації відпрацьованого субстрату печериць

досліджуваних об'єктів. Одним із них є метод індукції флуоресценції хлорофілу. Показник флуоресценції хлорофілу дає змогу досліджувати перебіг фотохімічних реакцій, пов'язаних із роботою фотосистеми 2, яка є найбільш чутливою до впливу факторів зовнішнього середовища в живих об'єктах. Зміну флуоресценції хлорофілу відображають процеси світлової та темнотної фаз.

Дослідження індукції флуоресценції хлорофілу в листовому апараті проводять за допомогою спеціальних приладів — флуорометрів за методикою [9]. Отримані результати вимірювання переносять на персональний комп'ютер, за допомогою програмного засобу Microsoft Office Excel будують криві ІФХ контролю та досліджуваних зразків і порівнюють їх.

Для статистичної обробки отриманих даних використовували програмне забезпечення Microsoft Office Excel.

Результати досліджень. Показниками високих морфологічних потенційних можливостей, від яких залежить продуктивність сільськогосподарських культур, є величина органів фотосинтезу і стан кореневої системи. Застосування біопрепарату Екстракон

у печеричних субстратах позитивно вплинуло на біометричні показники рослин пшениці.

Установлено, що з використанням витяжки з відпрацьованого печеричного субстрату довжина коріння на 4% є більшою порівняно з контролем. Найбільша вона в 1-му варіанті — 175,77 мм. За використання витяжки з ферментованого біопрепаратом Екстракон відпрацьованого печеричного субстрату довжина коріння порівняно з контролем більша на 34,8% і в 1-му варіанті становить 219,67 мм. Зі збільшенням кореневої системи збільшується площа живлення рослин. Це пояснюється тим, що біопрепарат Екстракон розрахований для внесення у ґрунт, і за його використання активізується корисна мікрофлора ґрунту, яка трансформує компоненти відпрацьованого печеричного субстрату. Вони поглинаються рослинами і позитивно впливають на живлення кореневої системи рослин.

За використання витяжки з відпрацьованого печеричного субстрату довжина стебла модельного об'єкта на 24,2% була більшою порівняно з контролем і в 4-му варіанті становила 121,25 мм. Із застосуванням витяжки з ферментованого препаратом Екстракон відпрацьованого печеричного субстрату довжина стебла модельного об'єкта була на 10,6% більшою за контроль. Найбільше значення довжини стебла спостерігається у 3-й повторності — 100,5 мм.

Найбільшою маса проростків пшениці (на 20,6% вищою за контроль) була у варіанті з використанням витяжки з ферментованого біопрепаратом Екстракон печеричного субстрату. Це свідчить про те, що її застосування сприяє кращому розвитку проростків.

Метод індукції флуоресценції хлорофілу досить зручний для використання у різних умовах, зокрема польових, що дає змогу діагностувати функціональний стан рослини в реальному часі. Основою для цього є тісний зворотний зв'язок між інтенсивністю флуоресценції хлорофілу й фотосинтетичними реакціями. Так, за фізіологічними ростовими показниками рослин пшениці, отриманими після вимірювання флуоресценції хлорофілу, було побудовано криву індукції флуоресценції хлорофілу Каутського, яка показує залежність інтенсивності флуоресценції від інших фізіологічних процесів рослин у варіантах досліду.

Форма цієї кривої часової залежності інтенсивності флуоресценції хлорофілу досить

чутлива до змін, які відбуваються у фотосинтетичному апараті рослин під час адаптації до різних умов середовища (субстрату), що було основою широкого використання ефекту Каутського в дослідженнях фотосинтезу. Показано, що максимальний уміст хлорофілу та інтенсивність фотосинтезу спостерігаються у 2-му варіанті з пшеницею озимою, що росла на середовищі витяжки з ферментованого біопрепарату Екстракон печеричного субстрату. До складу препарату входять мікроскопічні бактерії та гриби, які мають комплекс корисних в агрономічному аспекті властивостей. Мікроміцети *Trichoderma* — це активні целюлозоруйнівні біоагенти, що сприяють розкладанню рослинних решток. Вони виділяють конгломерат целюлозолітичних ферментів, які розкладають соломку одразу після внесення препарату і впродовж усього

періоду наявності грибів у ґрунті. Істотною перевагою мікроміцетів роду *Trichoderma* є їх фунгіцидна активність, що забезпечує знезараження рослинних решток. Бактеріальна складова препарату представлена бактеріями *Pseudomonas*. Ці мікроорганізми — активатори корисної мікрофлори субстрату за рахунок синтезу значної кількості біологічно активних сполук, таких, як ферменти, фітогормони, вітаміни і речовини антибіотичної природи, які пригнічують розвиток фітопатогенів.

Комплексна робота бактерій і мікроміцетів, що входять до складу препарату, дає змогу пришвидшити процеси розкладання органічних решток, залишаючи в субстраті вуглець і азот рослинного походження. Біопрепарат Екстракон поліпшує фітосанітарний стан субстрату за рахунок ефективної конкуренції з фітопатогенною мікрофлорою.

Висновки

За використання витяжки з відпрацьованого печеричного субстрату довжина стебла модельного об'єкта і довжина коріння відповідно на 24,2% і 4% більші за контроль. При використанні витяжки з ферментованого біопрепаратом Екстракон відпрацьованого печеричного субстрату довжина стебла рослин, коріння і суха маса проростків пшениці відповідно на 10,6%, 34,8 і 20,6% більші за контроль. Із застосуванням біопрепарату Екстракон із відпрацьованим печеричним субстратом у рослин пшениці збільшуються коренева

система і площа живлення, оскільки активізується корисна мікрофлора ґрунту, що трансформує компоненти відпрацьованого печеричного субстрату. Застосування біопрепарату Екстракон для ферментації відпрацьованих печеричних субстратів дає можливість отримати органічні добрива для активізації росту і розвитку сільськогосподарських рослин за рахунок формування ефективних систем із мікроорганізмами. При цьому органічні речовини повертаються в біологічний кругообіг.

Иванова Т.В.¹, Подмаркова Е.А.², Патыка Н.В.³
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина. e-mail: ¹tivanova1@ukr.net, ²podmarkova48@ukr.net, ³npatyka@gmail.com, ORCID: ¹0000-0002-0310-5612, ²0000-0002-1261-2958, ³0000-0002-2506-8699

Біоконверсія органічних речовин шампінйонних субстратів в біоумус с помощью біопрепарата Екстракон

Цель. Исследовать комплексный эффект трансформации органического вещества и формирования растительно-микробных систем при применении отечественного биопрепарата Экстракон на отработанных шампінйонных субстратах. **Методы.** Микробиологические (метод внесения препаратов для деструкции сельскохозяйственных остатков,

получения чистой культуры, изучения культуральных свойств колоний), получение водных вытяжек из субстратов, метод «рулонов», биохимические (определение индукции флуоресценции хлорофилла листьев), статистические (площадь листовой поверхности, метод насечек). Объектом исследования были отработанный шампінйонный субстрат и полифункциональный биологический препарат Экстракон. **Результаты.** При применении вытяжки из отработанного шампінйонного субстрата длина стебла модельного объекта пшеницы мягкой озимой сорта «Смуглянка» была больше на 24,2%, длина корней — на 4% больше по сравнению с контролем. При использовании вытяжки из ферментированного биопрепаратом Экстракон отработанного шампінйонного субстрата длина стебла растений, корней и сухая масса проростков пшеницы была соответственно на 10,6%, 34,8 и 20,6% больше по сравнению

с контролем. С использованием ферментированного биопрепаратом Экстракон отработанного шампиньонного субстрата у растений пшеницы увеличивается площадь корневой системы, что активизирует полезную микрофлору, которая эффективно трансформирует все его компоненты. **Выводы.** Предложено внесение биопрепарата Экстракон для ферментации и трансформации в биоудобрение отработанных грибных субстратов. Использование традиционных органических удобрений с добавлением новых будет способствовать возвращению органического вещества в биологический круговорот и повышению морфометрических параметров растений сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: безотходные технологии, трансформация, грибоводство, биогумус.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201912-04>

Ivanova T.¹, Pidmarkova K.², Patyka M.³

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine; e-mail: ¹tivanova1@ukr.net, ²podmarkova48@ukr.net, ³npatyka@gmail.com, ORCID: ¹0000-0002-0310-5612, ²0000-0002-1261-2958, ³0000-0002-2506-8699

Bioconversion of organic substances of champignon substrates into vermicompost using Extrakon product

The purpose. To study the complex effect of transformation of organic matter and formation of plant-microbial systems when using domestic product Extrakon on the used champignon substrates. **Methods.** Microbiological

(method of entering preparations for the destruction of agricultural residues, obtaining a pure culture, studying the cultural properties of colonies), obtaining water extracts from substrates, the «rolls» method, biochemical (determining the fluorescence induction of chlorophyll leaves), statistical (leaf surface area, notching method). The object of the study was the used champignon substrate and the multifunctional biological preparation Extrakon.

Results. When using extracts from the used champignon substrate, the stem length of the model object of the wheat of the soft winter variety «Smuglianka» is 24.2% longer, the root length is 4% longer compared to the control. When using extracts from the waste champignon substrate fermented with Extrakon biological product, the length of the plant stem, roots, and dry weight of wheat seedlings were 10.6%, 34.8, and 20.6% higher, respectively, compared to the control. With the use of the used champignon substrate fermented with Extrakon biological product in wheat plants, the area of the root system is increased, which activates the beneficial microflora, which in its turn effectively transforms all its components.

Conclusions. The use of Extrakon biological product for fermentation and transformation in biological fertilizer of the used mushroom substrates is proposed. The use of traditional organic fertilizers with the addition of new ones will contribute to the return of organic matter to the biological cycle and increase the morphometric parameters of crop plants.

Key words: non-waste technologies, transformation, mushroom growing, biohumus

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201912-04>

Бібліографія

1. Li T., Zhang C., Yang K.-L., He J. Unique genetic cassettes in a Thermoanaerobacterium contribute to simultaneous conversion of cellulose and monosugars into butanol. *Sci. Adv.* 4. 2018. P. 2–12. doi: 10.1126/1701475
2. Rinker D.L. Handling and using «spent» mushroom substrate around the world. *Proceedings of the Fourth International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products.* 2002, P. 43–60.
3. Іванова Т.В. Біотехнологія їстівних грибів. Київ: Компрінт, 2018. Т. 2. 165 с.
4. Іванова Т.В., Волощук Н.М. Особливості росту міцелію грибів шийтаке *Lentinula Edodes* (Berk.) Pegler в умовах *in vitro*. *Карантин і захист рослин.* 2019. № 3, 4. С. 20–25.
5. Sanguinetti M. Edible Mushrooms: Improving Human Health and Promoting Quality Life. *International J. of Microbiology.* 2015. P. 2–14. doi: 10.1155/2015/376387
6. Wing-On Ng, Sivasankari Venketachlam, John P. Munafo and other. Protocols to evaluate the nutritional and potential health benefit of edible mushrooms. *Current Biotechnology.* 2016. V. 5, № 3. P. 34–58.
7. Pereira I.V., Ivanova T.V. Stimulation of growth of species of the fungus of the genus *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. at a glucose nutrition. *Biotechnologia Acta.* 2017. 10(6). С. 45–52. doi: 10.15407/biotech10.06.045
8. Пат. № 134560 Україна, МПК (2019. 01) Спосіб трансформації органічних речовин печеричних субстратів в біогумус. Т.В. Іванова, М.В. Патица, К.О. Підмаркова; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. № 134560; заявл. 21.12.18; опубл. 27.05.2019. 9 с.
9. Круглов Ю.В., Бердников А.М., Патица В.П. та ін. Роль *Linum usitatissimum* L. у формуванні мікробних угруповань підзолистих ґрунтів. *Мікробіологічний журнал.* 2008. Т. 70. № 1. С. 59–70.
10. Орлова О.В., Воробйова Н.І., Свиридова О.В. та ін. Склад та функціонування мікробних угруповань при розкладанні соломи злаків у дерново-підзолистому ґрунті. *Сільськогосподарська біологія.* 2015. Т. 50. № 3. С. 305–314.
11. Брайон О. В. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу: методичні вказівки для студентів біологічного факультету. Київ: Київський університет, 2000. 15 с.