

УДК 574.4.055 : 581.13 : 631.8/.95

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.34>

## АКТИВІЗАЦІЯ ТРОФІЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У СИСТЕМІ «СУБСТРАТ – РОСЛИНА» ЗА ДІЇ БІОПРЕПАРАТІВ ПІД ЧАС ОЗДОРОВЛЕННЯ АГРОЦЕНОЗІВ

**Цизь О.М.** – к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри овочівництва,  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
**Іванова Т.В.** – к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри екобіотехнології  
та біорізноманіття,  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
**Патика М.В.** – д.с.-г.н., професор, член-кореспондент  
Національної академії аграрних наук України,  
завідувач кафедри екобіотехнології та біорізноманіття,  
Національний університет біоресурсів і природокористування України

*Мета.* Дослідити активізацію трофічних зв'язків у системі «субстрат – рослина» за дії біопрепаратів під час оздоровлення агроценозів. Серед засобів, що використовуються у біоконверсії ґрибних субстратів, важливу роль відіграють мікробні агенти поліфункціональної дії, які забезпечують трофічну структуру метаболізму біологічних систем, індукцію стійкості щодо фітопатогенів та біопротекторну дію. Представлено важливий напрям сучасного рослинництва у плані розкриття адаптаційного потенціалу інноваційних біологічних засобів із метою отримання екологічно безпечної продукції. Мікробні агенти поліфункціональної дії застосовують для забезпечення трофічної структури метаболізму біологічних систем у ризосфері рослин, індукції їх системної стійкості щодо фітопатогенів, біопротекторної дії.

*Методи.* Мікробіологічні (метод внесення 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). *Результати.* Підтверджено успішність досліджень щодо формування біологічно-оптимізованого субстрату за рахунок природного консорціуму ґрунтових мікроорганізмів. «Екстракон-Універсал» підживлює рослини та прискорює процеси трансформації органічної речовини у біогумус. У модельних умовах встановлено ефективне формування рослинно-мікробних систем. Спостерігається поліпшення живлення та функціонального стану рослин, стимуляція росту і розвитку їх надземної та кореневої маси під час вегетації, «ефект ризосфери». Прогнозований біологічний ефект біопрепарату «Екстракон-Універсал» на основі консорціуму мікроорганізмів, який є екологічно стабільним, гомеостатичним коровим природним комплексом та тісно пов'язаний метаболічними взаємовідносинами й не втрачає свої біологічні складники протягом тривалого періоду (протягом року): оздоровлення агроценозів, активізація трофічних зв'язків у системі «ґрунт – рослина».

**Ключові слова:** консорціум ґрунтових мікроорганізмів, компостування, ґрибівництво, поліфункціональні властивості, агроценоз.

### **Tsyz O.M., Ivanova T.V., Patyka M.V. Activation of trophic connections in the "substrate-plant" system under the action of biologicals in the recovery of agroecosystems**

*Purpose.* Investigation of the activation of trophic bonds in the substrate-plant system by the action of biologicals for the healing of agroecosystems. Among the agents used in the bioconversion of fungal substrates, microbial agents of multifunctional action play an important role. They provide a trophic structure for the metabolism of biological systems, induction of resistance to phytopathogens, and bioprotective effect. We present an important direction of modern crop production in terms of unlocking the adaptive potential of innovative biological products. The main goal is to obtain environmentally friendly products. Microbial agents of multifunctional action are used to provide trophic structure of metabolism of biological systems in the rhizosphere of plants, induction of their systemic stability against phytopathogens.

*bioprotective action. Methods. Microbiological (method of introduction of preparations for destruction of agricultural residues, obtaining pure culture, study of the cultural properties of colonies), obtaining aqueous extracts from substrates, the method of "rolls", biochemical (determination of fluorescence induction of leaf chlorophyll), statistical (leaf area), method of leaf area. Results. We have confirmed the success of research on the formation of biologically optimized substrate due to the natural consortium of soil microorganisms. Extracon-Universal feeds plants and accelerates the processes of transformation of organic matter into biohumus. Under model conditions, the effective formation of plant-microbial systems is established. We observe improvement of nutrition and functional state of plants, stimulation of growth and development of their aboveground and root mass during vegetation, "rhizosphere effect". We predicted the biological effect of the biological product Extracon-Universal (ecologically stable, homeostatic crustal natural complex, closely related to metabolic relationships and does not lose its biological components for a long period (during the year)): recovery of agrocenosis, activation of the soil-plant system.*

**Key words:** *consortium of soil microorganisms, composting, mushrooming, polyfunctional properties, agrocoenosis.*

**Постановка проблеми.** Для вирощування грибів використовують спеціальні субстрати на основі рослинних і тваринних компонентів. Глобальною проблемою грибних ферм є утилізація відпрацьованого субстрату після культивування. Через недостатню наукову обізнаність фермери продовжують зберігати відпрацьовані субстрати на звалищах поруч із виробництвом.

Одним зі шляхів біоконверсії відпрацьованого грибного субстрату є його використання як органічного добрива, сировини для отримання біопалива, як середовище для вирощування вермикюльтури тощо. Це, своєю чергою, відкриває перспективи вивчення екології мікробних угруповань, дає можливість оцінки адаптивного потенціалу мікрофлори агроценозу, створити моделі, що визначать роль мікробного комплексу в розвитку рослин, та розробити технології щодо управління мікробіологічними процесами [1–4].

**Постановка завдання. Мета статті** – дослідження впливу біопрепарату «Екстракон-Універсал» на відпрацьовані грибні субстрати як основи повернення субстратів у біологічний кругообіг у вигляді екологічно безпечних добрив.

Дослідження проводили на кафедрі екобіотехнології та біорізноманіття Національного університету біоресурсів і природокористування України. Використовували комплекс сучасних і загальноприйнятих фізико-хімічних, мікробіологічних, фізіолого-біохімічних методів досліджень [5; 6]. Об'єкт дослідження – відпрацьований грибний субстрат. Для трансформації субстрату застосовували біопрепарат «Екстракон-Універсал», що володіє поліфункціональним комплексом ферментів, який здатний трансформувати органічні речовини в гумусоподібну Морфологічні ознаки консорціуму ґрунтових мікроорганізмів визначали шляхом мікроскопіювання. Біопрепарат у вигляді гомогенної сухої форми вносили у попередньо зволожений відпрацьований грибний субстрат (вологість до 60–70%) у відношенні 10:1, добре перемішували та залишали у термостаті на 7–10 діб. За рахунок активізації біоагентів препарату відбувається трансформація рослинних залишків без процесів гниття [5; 6]. Як модельні об'єкти у дослідженні використали пшеницю м'яку озиму (*Triticum aestivum L.*) emend. сорту Смутлянка та салат посівний листовий (*Lactuca sativa L. var. Secalina*) Дабі, внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2019 р.

Водні витяжки з відпрацьованого грибного субстрату готували за класичною методикою з ґрунтом. Отриману витяжку з відпрацьованого грибного субстрату фільтрували [7]. Простерилізоване насіння салату і пшениці розміщували на фільтрувальний папір. Через 16 діб після внесення насіння пшениці озимої та салату

листяного на середовища водних витяжок нами був проведений облік біометричних параметрів [8]. Для визначення фізіологічних показників росту і розвитку рослин (індукції флуоресценції хлорофілу) використаний прилад «Флоратест» [9]. Дослідження індукції флуоресценції хлорофілу в листковому апараті проводять за допомогою спеціальних приладів – флуорометрів, за методикою, описаною О.В. Брайном [9]. Дослідження мікроскопії зразків проводили на мікроскопах «Цейс» у відділі екології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України та EVOS FL у лабораторії фітовірусології та біотехнології НУБіП України за збільшення  $\times 20$ . Статистичний аналіз проводили, використовуючи програму Statistica 8.0, а для обчислювання даних – Microsoft Office Excel.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Показниками високих морфологічних потенційних можливостей, від яких залежить продуктивність сільськогосподарських культур, є величина органів фотосинтезу, стан кореневої системи. Застосування біопрепарату «Екстракон-Універсал» у грибних субстратах продемонструвало позитивний вплив на біометричні показники рослин пшениці та салату.

Встановлено, що під час використання витяжки з відпрацьованого грибного субстрату довжина коріння на 4% більша порівняно з контролем, найбільше значення довжини коріння спостерігається у першому варіанті середніх даних і становить 175,77 мм. Під час використання витяжки з ферментованого «Екстракон-Універсалом» відпрацьованого грибного субстрату довжина коріння порівняно з контролем більша на 34,8%, найбільше значення довжини коріння спостерігається у першому варіанті і становить 219,67 мм. За рахунок збільшення кореневої системи збільшується площа живлення рослин. Це відбувається через те, що біопрепарат «Екстракон-Універсал» розрахований для внесення у ґрунт і за його використання активізується корисна мікрофлора ґрунту, яка трансформує компоненти відпрацьованого грибного субстрату. Вони поглинаються рослинами та позитивно впливають на живлення кореневої системи рослин.

За морфологічними відмінностями різних біотест-рослин салату, вирощених із додаванням 10%-го розчину маточної культури, характеризувалися більш щільним шаром кореневих волосків порівняно з контрольними рослинами. Передпосівне замочування насіння у розчині маточної культури консорціуму ґрунтових мікроорганізмів (10,0%) сприяє суттєвій стимуляції енергії проростання (62,0% до контролю), призводячи також до суттєвого фізіологічного ефекту, що виявляється у поліпшенні росту корінців і зростанні щільності кореневих волосків п'ятидобових проростків. Позакоренева обробка насіння тест-рослини салату із застосуванням біому консорціуму ґрунтово-корисних мікроорганізмів у складі субстратного комплексу має синергічний фізіологічний ефект, прискорюючи ріст проростків та сприяючи зростанню активності оксидо-редуктаз – каталази й пероксидази у тканинах.

З використанням витяжки з відпрацьованого грибного субстрату довжина стебла модельного об'єкту (пшениця) більша на 24,2% порівняно з контролем, при цьому найбільше значення довжини стебла спостерігається у четвертому варіанті і становить 121,25 мм. За використання витяжки з ферментованого «Екстракон-Універсалом» відпрацьованого грибного субстрату довжина стебла модельного об'єкту більша за контроль на 10,6%, найбільше значення довжини стебла спостерігається у третій повторності 100,5 мм. Слід зазначити, що початок вегетації рослин у більшому ступені пов'язаний з якістю посівного матеріалу, але за рахунок формування рослинно-мікробних систем дає можливість якісно формувати

онтогенез рослин та його фізіологічні процеси за рахунок агрономічно-цінних мікроорганізмів, що підтверджується розвитком кореневої системи під час застосування біопрепарату «Екстракон-Універсал».

Аналіз діаграми засвідчує істотне збільшення довжини стебел салату за використання витяжки із грибного компосту – 1,51 см. При цьому обробка ферментованим «Екстракон-Універсалом» – на 0,29 см, найменша істотна різниця становила 1,16.

Найбільша маса проростків пшениці, на 20,6% більша за контроль, була визначена у варіанті з використанням витяжки з ферментованого «Екстракон-Універсалом» грибного субстрату. Це свідчить про те, що використання витяжки з відпрацьованого грибного субстрату, ферментованого біопрепаратом «Екстракон-Універсал», сприяє кращому розвитку проростків у цілому.

Для вимірювання з 20-ти рослин було відібрано п'ять, зважено на електронних вагах і виведено середню масу одного проростка. Згідно з отриманими даними, можна зробити висновки, що більш поживне середовище сприяло збільшенню маси проростка, а також збільшенню повітряно-сухої маси. Так, сира маса у варіанті з ферментованою витяжкою збільшилася на 10,3 мг порівняно з варіантом на дистильованій воді і на 3 мг порівняно з неферментованою витяжкою. НІР становить 8,12, отже, істотною є лише різниця між проростками на ферментованій витяжці і на дистильованій воді. Щодо повітряно-сухої маси, то НІР становила 0,46, а отже, істотної різниці між варіантами немає.

Фоновий рівень флуоресценції дав змогу з'ясувати реальний фізіологічний та функціональний стан рослин. Так, за фізіологічними ростовими показниками рослин пшениці і салату, отриманими після вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу, була побудована крива індукції флуоресценції хлорофілу Каутського (рис. 1), яка показує залежність інтенсивності флуоресценції та інших фізіологічних процесів рослин у варіантах дослідження.

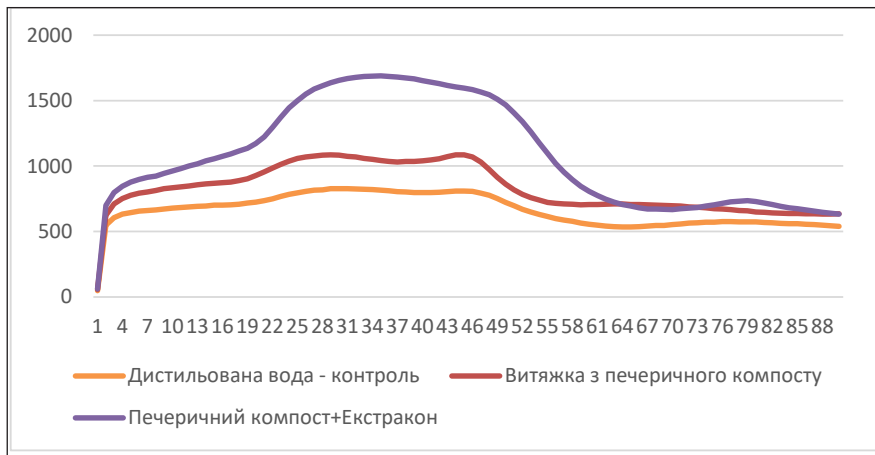


Рис. 1. Індукція флуоресценції хлорофілу (ІФХ) у листках проростків салату: 1 – дистильована вода (контроль); 2–5% екстракт відпрацьованого компосту; 3–5% екстракт відпрацьованого компосту, ферментованого «Екстракон-Універсалом»

Із даного графіку можна зробити висновок, що найбільшу життєздатність мали проростки салату, вирощені на середовищі з ферментованим «Екстраконом-Універсалом» грибним компостом.

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 слугувало основою широкого використання ефекту Каутського в дослідженнях фотосинтезу. Показано, що максимальний уміст хлорофілу та інтенсивність фотосинтезу спостерігається у третьому варіанті – пшениці озимої, що росла на середовищі витяжки з ферментованого «Екстракон-Універсалом» грибного субстрату. До складу препарату входять мікроскопічні бактерії та гриби, які володіють комплексом корисних в агрономічному аспекті властивостей. Мікроміцети *Trichoderma* – це активні целюлозоруйнівні біоагенти, які володіють здатністю до розкладання рослинних решток. Вони виділяють комплекс целюлозолітичних ферментів, які починають розкладання соломи одразу після внесення препарату та протягом усього періоду існування грибів у ґрунті. Істотною перевагою мікроміцетів роду *Trichoderma* є їхня фунгіцидна активність, що забезпечує знезараження рослинних решток. Бактеріальний складник препарату представлений бактеріями *Pseudomonas*. Ці мікроорганізми є активаторами корисної мікрофлори субстрату за рахунок синтезу значної кількості біологічно-активних сполук, таких як ферменти, фітогормони, вітаміни та речовини антибіотичної природи, які пригнічують розвиток фітопатогенів.

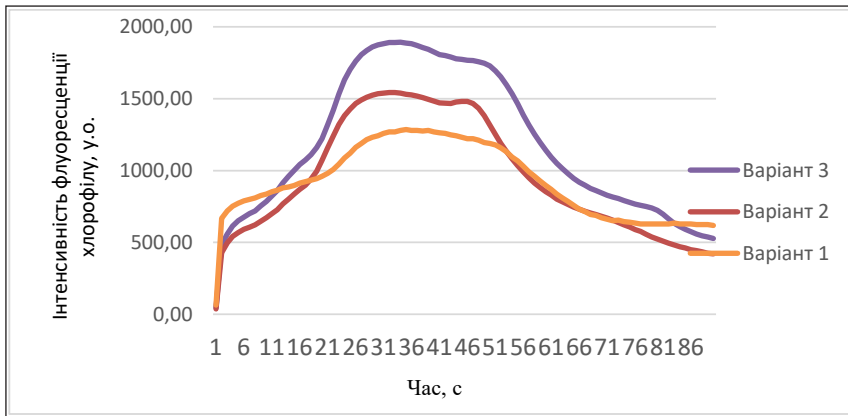


Рис. 2. Індукційні зміни кривих флуоресценції хлорофілу листків пшениці озимої: 1-й варіант – контроль (дистильована вода); 2-й варіант – витяжка з неферментованого грибного субстрату; 3-й варіант – витяжка з ферментованого «Екстракон-Універсалом» грибного субстрату

Комплексна робота бактерій та мікроміцетів дає змогу прискорити процеси розкладання органічних решток, залишаючи у субстраті вуглець та азот рослинного походження. На додачу препарат поліпшує фітосанітарний стан субстрату у цілому за рахунок ефективної конкуренції з фітопатогенною мікрофлорою та покращення трансформації.

**Висновки і пропозиції.** Вивчення трофічних зв'язків у системі «ґрунт – рослина» за дії біопрепаратів в оздоровленні агроценозів дає можливість говорити, що найбільш ефективним є використання адаптованої культури консорціуму мікроорганізмів, у якій субстратом-носієм є природні матеріали.

Субстрат після вирощування грибів є середовищем для життєдіяльності мікроорганізмів, а після їх трансформації – органічною матрицею, джерелом амінокис-



лот, лігніну та поліфенолів, з яких у подальшому утворюються гумусові речовини. Органічна біомаса збагачує ґрунт істотними запасами сполук вуглецю та азоту. Повертаючи органічну речовину до субстрату за допомогою мікроорганізмів, що входять до складу біопрепарату «Екстракон-Універсал», відновлюються біологічні цикли. Прогнозований біологічний ефект біопрепарату, у тому числі ефект ризосфери, активізації трофічних зв'язків у системі «ґрунт – рослина», в агровиборництві становитиме 80%. Трансформація соломи, рослинних решток під час застосування консорціуму ґрунтових мікроорганізмів відбувається від 30 днів до 6–8 місяців.

У такий спосіб використання біопрепарату «Екстракон» у різних агроценозах ефективно формуватиме рослинно-мікробні системи. Ураховуючи фактор ризосфери, консорціум ґрунтових мікроорганізмів взаємодіє з рослинами і забезпечує повноцінний режим живлення. Коренева система засвоює необхідні органічні та мінеральні сполуки, перетворюючи їх на доступніші. Доведено позитивну дію «Екстракона» у поліпшенні функціонального стану рослин, стимулюванні росту і розвитку надземної маси та кореневої системи, цілеспрямовану активізацію корисної мікрофлори за рахунок першочергового її заселення на субстрат і трансформації речовин у гумусоподібну субстанцію.

Перспектива досліджень полягає у відновленні функціональної структури ґрунтової мікрофлори (видового складу) і текстури біоценозу (розподілу по ґрунтовому профілю) за рахунок іммобілізації речовин полісахаридної природи в процесі трансформації соломи. Розроблення біотехнологій для контролю ризосферної системи і рівня взаємодій середовища та мікробіоти дає можливість ініціювати природні механізми («природна інженерія») і, таким чином, впливати на формування складу ризосферних і ґрунтових мікробних угруповань. Напрямами оздоровлення ґрунтів і поліпшення фітосанітарного стану агроценозів, зниження різнобічних впливів стресових чинників є застосування біологічних препаратів, що містять асоціації, змішані бактеріальні та мікроміцетні культури або консорціуми мікроорганізмів («Екстракон») із різною функціональною спрямованістю, агрономічно цінних мікробних продуцентів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гайденок, О.М. Біоконверсія соломи із виробництвом гливи звичайної. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2006. Вип. 17. С. 95–99.
2. 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.
3. Пат. № 115917. МПК (2017. 01) Спосіб утилізації відходів грибного виробництва з отриманням кормопродукту і біогумусу / В.Г. Спиридонов, С.Д. Мельничук, заявник і патентовласник – В.Г. Спиридонов, С.Д. Мельничук. № 115917 заявл. 22.12.16 ; опубл. 25.04.2017. 5 с.
4. Пат. №134560 Україна, МПК (2019. 01) Спосіб трансформації органічних речовин печеричних субстратів в біогумус / Т.В. Іванова, М.В. Патики, К.О. Підмаркова; заявник і патентовласник – Національний університет біоресурсів і природокористування України. № 134560; заявл. 21.12.18; опубл. 27.05.2019. 9 с.
5. 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.
6. Іванова Т.В., Підмаркова К.А., Патики М.В. Біоконверсія органічних речовин печеричних субстратів у біогумус за допомогою біопрепарату «Екстракон-Уні-

версал». *Вісник аграрної науки*. 2019. № 12. С. 30–34. URL : <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201912-04>.

7. Іванова Т.В., Пати́ка М.В. Аеробна конверсія непридатних субстратів гриба шийтаке (*Lentinula Edodes*) за впливу препарату «Екстракон-Універсал». *Продовольча індустрія АПК*. 2019. № 5–6. С. 20–25. URL : [https://prodindustrii.at.ua/publ/prodovolcha\\_industrija\\_apk\\_5\\_6\\_2019/1-1-0-59](https://prodindustrii.at.ua/publ/prodovolcha_industrija_apk_5_6_2019/1-1-0-59).

8. Pereima 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. Vol. 10. № 6. P. 45–52. DOI : 10.15407/biotech10.06.045.

9. Роль *Linum usitatissimum* L. у формуванні мікробних угруповань підзолистих ґрунтів / Ю.В. Круглов та ін. *Мікробіологічний журнал*. 2008. № 70(1). С. 59–70.

10. Орлова О.В., Воробйова Н.І., Свиридова О.В. Структура та функціонування мікробних угруповань при розкладанні соломи злаків у дерново-підзолистому ґрунті. *Сільськогосподарська біологія*. 2015. № 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.