

Екологія

УДК 628.477:658.567.1

DOI <https://doi.org/10.32782/NSER/2024-4.14>

ОСОБЛИВОСТІ БІОКОНВЕРСІЇ ВІДХОДІВ ОВОЧІВНИЦТВА

Василенко Ольга Володимирівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності
Уманського національного університету садівництва
ORCID ID: 0000-0002-2584-810X
Scopus author ID: 57223364826

Фещенко Василь Васильович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
директор ПП «Поділля-агрохімсервіс»
ORCID ID: 0009-0001-2199-8565

Балабак Олександр Анатолійович

доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності
Уманського національного університету садівництва
ORCID ID: 0000-0002-7435-9783
Scopus author ID: 57209657812

Балабак Алла Василівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності
Уманського національного університету садівництва
ORCID ID: 0000-0002-7483-277X

У статті проаналізований вплив мікробіологічних препаратів на процес ферментації органічних відходів овочівництва. Для проведення досліджень з метою виробництва компосту був приготований органічний субстрат, що складався з рослинних залишків після вирощування моркви та буряку столового з додаванням екскрементів великої рогатої худоби, видалених за допомогою гідрозмиву (гноївки), у співвідношенні 1:1. Була досліджена ефективність трьох мікробіологічних препаратів, як-от: біопрепарат «Microzute Компост Детач», біопрепарат «Водограй 200 К» та біопрепарат «Тамір». Це біологічні прискорювачі компостування, що підвищують швидкість і гігієнічну ефективність біоферментації відходів, від різних виробників. Біопрепарати містять висококонцентрований комплекс живих природних термофільних аеробних мікроорганізмів і натуральних ферментів харчового класу – позаклітинних білків, що володіють здатністю до розщеплення органічних субстратів: целюлози, лігніну, волоса, жирів, білка, волокон.

Органічні відходи піддаються впливу мікроорганізмів, у результаті дії яких висока температура, яка створюється під час компостування, вбиває у твердих складниках усю патогенну мікрофлору, яйця гельмінтів, насіння рослин. Серед досліджуваних варіантів застосування біопрепаратів найвища температура субстрату на 15 день експозиції була у варіанті з «Microzute Компост Детач» – 71 °С.

Масова кількість одержаного продукту зменшується на 48–67% (у варіантах із додаванням мікробіологічних препаратів) через збільшення ефективності ферментації та випаровування вологи. Кращим варіантом дослідження є варіант із додаванням мікробіологічного препарату «Водограй 200 К» – субстрату стало менше на 67%. Причому вихідний компост із додаванням мікробіологічних препаратів більш однорідний, а компост контрольного варіанту із частково нерозкладеними компонентами. Окрім того, термін компостування із застосуванням мікробіологічних препаратів

знижується залежно від виду препарату: за застосування біопрепарату «Тамір» він знизився на 18 днів, біопрепарату «Microzyme Компост Детач» – на 26 днів, а «Водограй 200 К» – на 31 день.

Ключові слова: біоконверсія, відходи овочівництва, компостування, ферментація, мікробіологічні препарати.

Vasylenko O. V., Feshchenko V. V., Balabak O. A., Balabak A. V. Features of bioconversion of vegetable waste

The article analyzes the effect of microbiological preparations on the fermentation process of organic vegetable waste. An organic substrate consisting of plant residues after the cultivation of carrots and beets with the addition of cattle excrement removed by water washing (manure) in a ratio of 1:1 was prepared for conducting research for the purpose of compost production. The effectiveness of three microbiological preparations was investigated: the biological preparation “Microzyme Compost Detach”, the biological preparation “Vodogray 200 K” and the biological preparation “Tamir”. These are biological composting accelerators that increase the speed and hygienic efficiency of biofermentation of waste, from various manufacturers. Biopreparations contain a highly concentrated complex of living natural thermophilic aerobic microorganisms and natural enzymes of food grade – extracellular proteins that have the ability to break down organic substrates: cellulose, lignin, hair, fats, protein, fibers.

Organic waste is exposed to complex microorganisms, as a result of which the high temperature created during composting kills all pathogenic microflora, helminth eggs, plant seeds in the solid components, and the smell is removed. Among the studied options for the usage of biological preparations, the highest temperature of the substrate on the 15th day of exposure was in the option with “Microzyme Compost Detach” – 71 °C.

The mass amount of the obtained product decreases by 48–67% (in variants with the addition of microbiological preparations) due to an increase in the efficiency of fermentation and evaporation of moisture. The best variant of the study is the variant with the addition of the microbiological preparation “Vodogray 200 K” – the substrate was reduced by 67%. Moreover, the original compost with the addition of microbiological preparations is more homogeneous, and the compost of the control variant with partially undecomposed components. In addition, the term of composting with the use of microbiological preparations decreases depending on the type of preparation: for the use of the biological preparation “Tamir” it decreased by 18 days, the biological preparation “Microzyme Compost Detach” – by 26 days, and “Vodogray 200 K” – by 31 days.

Key words: bioconversion, vegetable waste, composting, fermentation, microbiological preparations.

Постановка проблеми та її актуальність.

Очікується, що попит на продукти харчування до 2050 р. збільшиться на 35–56% через зростання кількості населення в усьому світі [12]. Ця тенденція приведе до збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції. Згідно з FAO-STAT, протягом 2000–2020 рр. виробництво овочів уже зросло на 65% (1,128 млн тонн у 2020 р.) [7].

Сільськогосподарські овочеві культури утворюють значні залишки, які складаються із частин рослин, що залишаються на полі після збору врожаю і сильно відрізняються за своїми властивостями та швидкістю розкладання, наприклад, стебла та листя. Приблизно 25% поживних речовин, які поглинають рослини, зазвичай зберігається у стеблах та інших рослинних залишках, які, безперечно, є важливими джерелами вуглецю [5; 11].

Найсумнішим є те, що велика частина цих відходів може бути спалена, не перетворюючись на якусь енергію, придатну для використання. Тому поточна відсутність в аграрних виробників оптимальної стратегії поводження з ними не може бути причиною невжиття заходів щодо запобігання втратам тисяч тонн такого роду відходів, а також причиною «мовчазного погодження» на подальшу

деградацію навколишнього середовища. На жаль, переробка органічних решток виробництва овочів у нашій країні досить примітивна, хоча, згідно зі Стратегією поводження з відходами визначено цілі, які діють превентивно в напрямі зменшення утворення нових відходів.

Директива Європейського Союзу [6] про захоронення відходів, яка забороняє розміщення відходів, що здатні до біорозкладання, на звалищах, заохочує компостування й інші методи оброблення біологічних решток. Компост – це органічне добриво, що утворюється шляхом контрольованого біоокислювального розкладання різних сумішей, що складаються переважно з різних рослинних залишків, які іноді змішують з органічними добривами, і яке містить обмежену кількість мінеральних речовин. Компостування рекомендовано в органічному землеробстві як засіб боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами. Спалювання органічних решток заборонено в органічному землеробстві, тобто всі органічні відходи в господарствах повинні бути компостовані та повернуті назад у ґрунт у вигляді компосту [8].

Натепер як в Україні, так і за кордоном для оптимізації та прискорення процесів ферментації для ефективного компостування широко

використовуються біологічно активні препарати на основі мікроорганізмів і їх метаболітів. Тому дослідження особливості впливу мікробіологічних препаратів на процеси компостування рослинних залишків овочевих культур є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Визнання компостування як основного способу біоконверсії органічних відходів відбувається на основі результатів наукових досліджень багатьох вітчизняних науковців [1–3]. За результатами їхніх досліджень можна зробити висновок, що основні переваги компостування – це можливість отримувати високоефективні органічні добрива, покращення властивостей ґрунтів, отримання стабільних урожаїв. Це вигідно й ефективно, але має низку недоліків, основними з яких є довготривалість перебігу процесу. Проте у США, європейських і азійських країнах компостування застосовується досить широко, а більшість праць закордонних науковців у цій тематиці присвячені дослідженням кращих комбінацій елементів компосту та способів прискорення процесу компостування [4; 9; 10; 13].

Мета статті. Метою роботи є встановлення впливу мікробіологічних препаратів на процес ферментації органічних відходів овочівництва.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Для проведення досліджень з метою виробництва компосту був приготовлений органічний субстрат, що складався з рослинних залишків після вирощування моркви та буряку столового з додаванням екскрементів великої рогатої худоби, видалених за допомогою гідрозмиву (гноївки), у співвідношенні 1:1. Органічні компоненти попередньо були ретельно подрібнені до пастоподібного стану.

Нами була досліджена ефективність трьох мікробіологічних препаратів: біопрепарату «Microzyme Компост Детач», біопрепарату «Водограй 200 К» і біопрепарату «Тамір». Це біологічні прискорювачі компостування, що підвищують швидкість і гігієнічну ефективність

біоферментації відходів, від різних виробників. Біопрепарати містять висококонцентрований комплекс живих природних термофільних аеробних мікроорганізмів і натуральних ферментів харчового класу – позаклітинних білків, що володіють здатністю до розщеплення органічних субстратів: целюлози, лігніну, волоса, жирів, білка, волокон.

Ми досліджували умови, за яких відбувався повний цикл компостування у спеціальних посудинах (табл. 1).

Контроль за температурним режимом показав різке підвищення значень – до 68° – у процесі компостування (рис. 1).

За температури навколишнього середовища 15–20 °С запахи практично зникли на 10–14 день досліджень за застосування всіх запропонованих варіантів мікробіологічних препаратів. Температурні режими в ємностях відповідали термофільному процесу – 55–72 °С.

Отже, органічні відходи піддаються впливу комплексних мікроорганізмів, у результаті дії яких висока температура, яка створюється під час компостування, вбиває у твердих складниках усю патогенну мікрофлору, яйця гельмінтів, насіння рослин. У готовому добриві-компості стабілізується й оптимізується склад поживних речовин, підвищується щільність продукту до коефіцієнта 0,6–0,8 (початкове значення 0,4). Серед досліджуваних варіантів застосування біопрепаратів найвища температура субстрату на 15 день експозиції була у варіанті з «Microzyme Компост Детач» – 71 °С.

Окрім того, що додавання мікробіологічних препаратів впливає на температуру субстрату, який компостується, змінюється й маса субстрату на виході (рис. 2).

Масова кількість одержаного продукту зменшується на 48–67% (у варіантах із додаванням мікробіологічних препаратів) через збільшення ефективності ферментації та випаровування вологи. Кращим варіантом дослідження є варі-

Таблиця 1

Характеристика умов і процесу компостування

Показники	Застосування мікробіологічних препаратів			
	Без внесення (контроль)	«Тамір»	«Водограй 200 К»	«Microzyme Компост Детач»
Кількість внесеної за 1 раз води, л/кг	0,3	0,3	0,3	0,3
Кількість перемішувань, разів	8	8	8	8
Характеристика готового компосту (запах)	присутній	відсутній	відсутній	відсутній
Зменшення маси суміші, %	–	48	67	54
Фракційний склад	є частково не розкладені компоненти однорідна маса темного кольору			

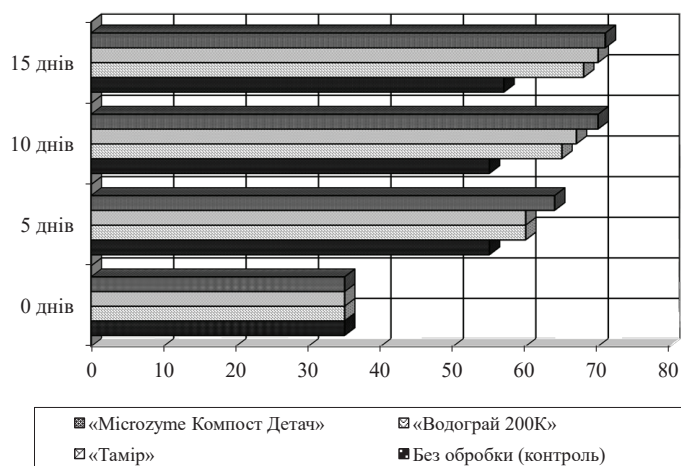


Рис. 1. Динаміка зміни температури компосту залежно від додавання мікробіологічних препаратів

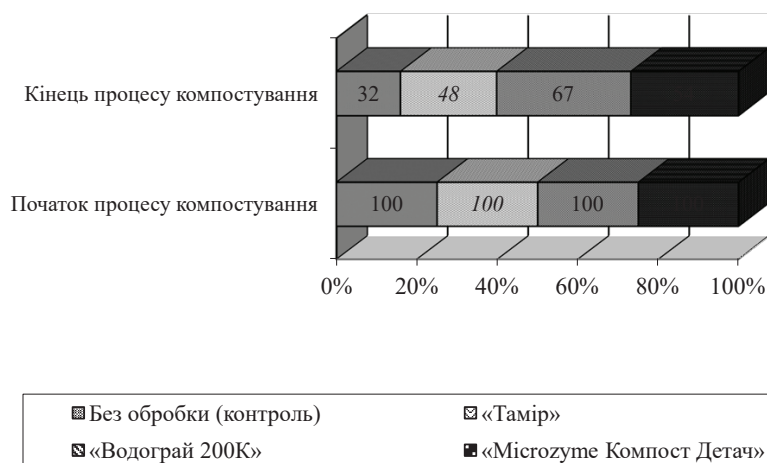


Рис. 2. Залежність об'єму зменшення маси суміші після процесу компостування від внесення мікробіологічних препаратів, %

ант із додаванням мікробіологічного препарату «Водограй 200 К» – субстрату стало менше на 67%. Причому вихідний компост із додаванням мікробіологічних препаратів більш однорідний, а компост контрольного варіанту із частково нерозкладеними компонентами. Окрім того, термін компостування із застосуванням мікробіологічних препаратів знижується залежно від виду препарату: за застосування біопрепарату «Тамір» він знизився на 18 днів, біопрепарату «Microzume Компост Детач» – на 26 днів, а «Водограй 200 К» – на 31 день.

Отже, на підставі суб'єктивного оцінювання результатів спостереження можна зробити висновок, що досліджувані мікробіологічні препарати здатні прискорити процеси ферментації компостів із субстратів, що містять післязбиральні рештки овочевих рослин.

Висновки. У результаті проведеного дослідження детально розглянуто наслідки впливу мікробіологічних препаратів на процес ферментації відходів овочівництва. Додавання мікробіологічних препаратів підвищує температуру субстрату, який компостується, а також змінюється маса субстрату на виході. Кращим варіантом дослідження є варіант із додаванням мікробіологічного препарату «Водограй 200 К» – субстрату стало менше на 67%. Причому вихідний компост із додаванням мікробіологічних препаратів більш однорідний, ніж компост контрольного варіанту.

Щоб скоротити тривалість періоду ферментації органічних решток, можна пропонувати виробництву технологію компостування відходів овочівництва із застосуванням мікробіологічних препаратів для отримання органічних добрив, а саме препарату «Водограй 200 К».

Література:

1. Білецька Г.А., Матюшенко І.В. Компостування органічних відходів у побутових умовах. *Природничий альманах*. Серія «Біологічні науки». 2019. Вип. 26. С. 16–23.
2. Корбут М.Б., Давидова І.В. Популяризація процесу компостування органічних відходів у побутових умовах. *Екологічні науки*. 2021. № 7 (34). С. 210–214. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.35>.
3. Дослідження процесів компостування харчової складової твердих побутових відходів / О.А. Сагдєєва та ін. *Техногенно-екологічна безпека*. 2018. № 4 (2). С. 13–23.
4. Potential of windrow food and green waste composting in Tunisia / N.E.H. Chaher et al. *Environmental Science Pollution Research*. 2020. P. 1–13.
5. Crop residue harvest for bioenergy production and its implications on soil functioning and plant growth : A review / M.R. Cherubin et al. *Scientia Agricola*. 2018. № 75. P. 255–272.
6. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources. *Official Journal of the European Union*. 2009. L 140 (52). P. 16–62.
7. FAOSTAT Crops and Livestock Products. 2021. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (дата звернення: 23.07.2024).
8. Impacts of crop residues on soil health : A review / B. Fu et al. *Environmental Pollutants and Bioavailability*. 2021. № 33. P. 164–173.
9. Waste Management through Composting: Challenges and Potentials / S.A. Modupe et al. *Sustainability*. 2020. № 12. P. 4456. DOI: 10.3390/su1211445.
10. Composting: The way for a sustainable agriculture / M. Pergolaa et al. *Applied Soil Ecology*. 2018. № 123. P. 744–750. DOI: 10.1016/j.apsoil.2017.10.016.
11. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation : A review / P.K. Sath et al. *Bioresources and Bioprocessing*. 2018. № 5. P. 1–15.
12. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050 / M. van Dijk et al. *Nature Food*. 2021. № 2. P. 494–501.
13. Biotic and abiotic catalysts for enhanced humification in composting: A comprehensive review / Vu Khac Hoang Bui et al. *Journal of Cleaner Production*. 2023. Vol. 402. P. 136832. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136832>.

References:

1. Biletska, G.A., & Matyushenko, I.V. (2019). Kompostuvannia orhanichnykh vidkhodiv u pobutovykh umovakh [Composting of organic waste in domestic conditions]. *Pryrodnychiy almanakh. Seriya "Biologichni nauky"*. 26: 16–23 [in Ukrainian].
2. Korbut, M.B., & Davydova, I.V. (2021). Populyaryzatsiia protsesu kompostuvannia orhanichnykh vidkhodiv u pobutovykh umovakh [Popularization of the composting process of organic waste in household conditions]. *Ekologichni nauky*. 7 (34): 210–214. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.35> [in Ukrainian].
3. Sahdieieva, O.A., Krusir, H.V., & Tsykalo, A.L. (2018). Doslidzhennia protsesiv kompostuvannia kharchovoi skladovoi tverdykh pobutovykh vidkhodiv [Study of processes of composting of the food component of solid household waste]. *Tekhnogenno-ekologichna bezpeka*. 4 (2): 13–23 [in Ukrainian].
4. Chaher, N.E.H., Chakchouk, M., Nassour, A., Nelles, M., & Hamdi, M. (2020). Potential of windrow food and green waste composting in Tunisia. *Environmental Science Pollution Research*. 1–13.
5. Cherubin, M.R., Oliveira, D.M.D.S., Feigl, B.J., Pimentel, L.G., Lisboa, I.P., & Gmach, M.R. (2018). Crop residue harvest for bioenergy production and its implications on soil functioning and plant growth: A review. *Scientia Agricola*. 75: 255–272.
6. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources (2009). *Official Journal of the European Union*, L 140 (52): 16–62.
7. FAOSTAT Crops and Livestock Products. 2021. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (access date: 23.07.2024).
8. Fu, B., Chen, L., Huang, H., Qu, P., & Wei, Z. (2021). Impacts of crop residues on soil health: A review. *Environmental Pollutants and Bioavailability*. 33: 164–173.
9. Modupe, S.A., Oluwaseyi, S.O., Olubukola, O.B., & Ol, O. (2020). Waste Management through Composting: Challenges and Potentials. *Sustainability*. 12: 4456. <https://doi.org/10.3390/su1211445>.
10. Pergolaa, M., Persiana, A., Palesea, A.M., Di Meoc, V., Pastorea, V., D'Adamo, C., & Celanob, G. (2018). Composting: The way for a sustainable agriculture. *Applied Soil Ecology*. 123: 744–750. DOI: 10.1016/j.apsoil.2017.10.016.
11. Sath, P.K., Duhan, S., & Duhan, J.S. (2018). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: A review. *Bioresources and Bioprocessing*. 5: 1–15.
12. van Dijk, M., Morley, T., Rau, M.L., Saghai, Y. (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nature Food*. 2: 494–501.
13. Vu Khac Hoang Bui, Hai Bang Truong, Seongjin Hong, Xiaowei Li, Jin Hur. (2023). Biotic and abiotic catalysts for enhanced humification in composting: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*. 402: 136832. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136832>.