



DOI: 10.31388/2220-8674-2023-2-16

УДК 631.95

І. Р. Тетервак, аспірант ORCID: 0009-0009-0616-8983
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного*
e-mail: illia.tetervak@tsatu.edu.ua, тел.: 068-245-08-15

ПРОБЛЕМА НАЯВНОСТІ ПАТОГЕНІВ У КОМПОСТІ

Анотація. Постійне зростання побутових відходів, спалювання відходів сільського господарства (солома, стебла кукурудзи або соняшника і тд.), спалювання відходів лісового та садового господарств (деревні залишки, тріска, кора, листя, тирса тощо) – це проблеми, які доцільно і безпечно вирішити природним способом, а саме компостуванням.

У статті наведено приклади основних патогенів, які виникають у процесі компостування. Для вирішенні цієї проблеми підібрано ряд дій, які дозволяють зменшити рівень патогенних організмів на різних етапах виробництва компосту. Також, представлена інформація про ефективність використання аераторів та біопрепаратів при виробництві компосту, які відповідають європейським стандартам. Застосування наведених дій при виробництві компосту дозволяє збільшити його якість не тільки за рахунок зменшення патогенних мікроорганізмів, а також збільшує рівень основних елементів живлення, як для рослин так і для ґрунту, що є запорукою виготовлення якісного органічного добрива.

Ключові слова: компост, патоген, термофільні умови, мезофільні умови, біоагент, антагоністи, біоактиватор.

Постановка проблеми. На сьогодні у сільському та лісовому господарстві є проблеми з використанням відходів (викидів). Відходи деревини – природний і немінучий продукт біологічного кругообігу життєвих матеріалів і енергії [4-5]. Вирішення проблеми таких господарств з відходами дозволить зменшити шкоду, яку наносять навколишньому середовищу шляхом їх спалювання. Ці питання можна вирішити завдяки процесу компостування. Використання викидів при виготовленні компосту дозволить зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, а також залучити у процес вирощування сільськогосподарських та лісгосподарських культур органічних



добрив власного виробництва.

Спосіб поставок продукції плодівництва на зовнішні ринки – це процедура сертифікації всіх виробничих процесів за стандартом GLOBAL G.AP [6]. Стандарт передбачає, що відходи використовуються для поліпшення садового ґрунту після компостування, а метод компостування повинен гарантувати, що вони не становлять ризику для навколишнього середовища. Так, у статті 6.2.4 базового модуля «Ліквідація відходів і контроль забруднення навколишнього середовища» АФ.6 цього стандарту визначено контрольну точку «Чи організована переробка і компостування органічних відходів...», критеріями відповідності даній контрольній точці є те, що відходи компостуються та використовуються для поліпшення ґрунту, а метод компостування повинно гарантувати відсутність екологічного ризику [6]. Для отримання якісного та безпечного компосту, який можна використовувати як органічне добриво для садів, було розроблено термодинамічну модель процесу перетворення відходів у добриво [1].

Аналіз останніх досліджень. Сільськогосподарські та лісогосподарські відходи мають великий енергетичний потенціал. Однією з умов отримання якісного компосту є використання матеріалів, що задовольняють низку вимог щодо уникнення розвитку негативних мікроорганізмів і подальшого зараження рослин та ґрунту.

В даний час викиди утилізуються в основному шляхом спалювання, що призводить до негативних змін в біосфері. А за критеріями, визначеними стандартом GLOBALG.AP [6], який передбачає наявність науково обґрунтованого процесу поводження з відходами, тобто технології їх переробки на деревну тріску, компостування та використання отриманого компосту (добрива) у заходах щодо поліпшення садового ґрунту. Процедури управління викидами та контроль забруднення навколишнього середовища повинні бути задокументовані.

Компостування має ряд недоліків через, які підприємці уникають його, а саме тривалий виробничий цикл, отримання продукту нестабільної якості, необхідність фінансових витрат (яка не одразу окупається), а також недостатність висвітлення цієї проблеми серед науковців. Усунення патогенних мікроорганізмів під час компостування має вирішальне значення для безпечного використання органічних добрив та продовольчої безпеки. Тим не менш, простих, недорогих та екологічно чистих методів знищення патогенів надзвичайно мало [11-12]. Процес компостування, якщо ним керувати таким чином, щоб досягти адекватних температурних умов, може призвести до значного зниження рівня багатьох патогенних мікроорганізмів, як рослин, так і людини [13]. За даними



північноамериканських регуляторних органів (Агентство з охорони навколишнього середовища США та Рада міністрів навколишнього середовища Канади), очікується, що інактивація патогенів відбудеться, якщо всі частинки компосту підтримуватимуть температуру вище 55°C протягом щонайменше 3 днів. Була висунута гіпотеза, що це може бути або результатом неадекватних вимог до часових і температурних умов, або труднощів у забезпеченні дотримання часових і температурних критеріїв для всіх частинок компосту [9-11].

Приготування якісного компосту, це дуже складний процес який вимагає використання правильної технології, а також дотримання ряду серйозних вимог, недотримання яких призведе до розвитку патогенів, які в подальшому можуть заразити ґрунт, а також рослини, які будуть удобрюватись.

Формулювання мети статті. Підвищити якість біологічного добрива шляхом визначення методів запобігання та боротьби з патогенами та негативними факторами на різних етапах створення компосту.

Основна частина. Компостування – це метод який дозволяє отримувати органічні добрива з відходів (викидів). Існує дуже багато методів компостування, які відрізняються складом мінеральних домішок, органічних матеріалів, способами дотримання необхідної вологості, температури та доступу кисню, а також підвищення вмісту необхідних мікробіологічних речовин. Компост застосовується як ефективне добриво під будь-які види сільськогосподарських рослин, а у садівництві для підживлення плодових дерев. Економічно вигідно його застосовувати на місці де його виготовляють. Готовий компост (рис.1), що зброджувався у термофільних та мезофільних умовах, буде сприяти розмноженню дощових черв'яків, діяльність яких є корисною для рослин. Компост покращує структуру ґрунту [7,8].



Рисунок 1. Готовий компост



Крім того, найчастіше компост має не тільки удобрювальні властивості, але й здатність пригнічувати захворювання рослин, так звану супресивність. Супресивні компости, на відміну від пестицидів, не впливають негативно на ґрунт і рослини, що виростають на ньому.

Враховуючи, що для створення термофільних умов необхідні додаткові енергетичні витрати, доцільно компостувати суміш харчових відходів із додаванням мікробіологічного препарату у мезофільних умовах [1,15-16]. Варто також наголосити на виборі методу виготовлення компосту, а саме анаеробному і аеробному. Аеробний метод вважається кращим за анаеробний так, як протікає швидше, а також при використанні цього методу ми уникаємо створення негативних факторів (гниль, насіння бур'янів, глисти, яйця шкідників), які зберігаються в процесі, а потім і потрапляють у ґрунт разом із добривом [9-11]. Аеробний метод хоч і краще, але за це він вимагає більше фінансових затрат, а також більш складна з технологічної точки зору, адже потребує постійного зволоження та регулювання температур.

Для приготування якісної компостної суміші необхідно підтримувати температуру – на різних етапах 15-50⁰С, слідкувати за відсутністю насіння бур'янів, забезпечити вологість від 40% до 60% [2] і доступ кисню до всіх слоїв суміші. а також забезпечити відсутність розвитку патогенів. Окрім цілі отримати компост, який буде багатим на біологічні речовини необхідно також регулювати розвиток поганих бактерій, та не допускати їх розвитку більше допустимих значень, а краще досягати такої якості компосту де рівень патогенів буде прагнути до нуля.

Патоген - це біологічний агент, що спричинює хворобу в іншому організмі. Термін патоген використовують для біоагентів, які руйнують нормальну життєдіяльність тварин або рослин. До патогенних мікроорганізмів, що викликають захворювання рослин, належать бактерії, мікроскопічні гриби, віруси, а також ооцісти та віроїди. Проте до 85% захворювань сільськогосподарських рослин спричинено саме мікроскопічними грибами. До таких захворювань відносяться синьогнійна паличка, збудник сальмонельозу, кишкова паличка, стрептокок, стафілокок, яйця гельмінтів і ін. [14-16]. Запобігти появі патогенів можна на різних етапах виготовлення компосту.

Для пригнічення патогенів використовують антагоністи. Антагоністи – це мікроорганізми, що пригнічують життя й розвиток інших мікроорганізмів. Наприклад, антагоністи входять до складу деяких біоактиваторів для компосту. За результатами досліджень (рис.2) встановлено, що рівень патогенних мікроорганізмів в готовому компості при використанні біопрепарату значно знизився, а деяких характерних патогенів – не було виявлено [9].

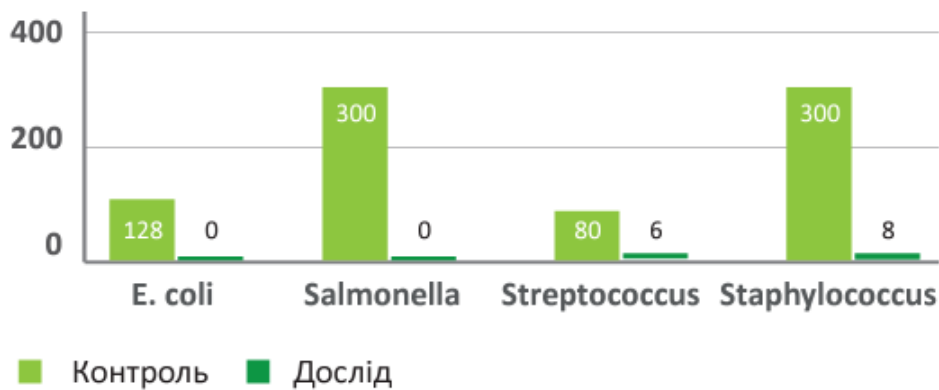


Рисунок 2. Бактеріологічні показники гною і компосту

На гістограмі видно, що використання біопрепарату при виготовленні компосту з використанням гною великої рогатої худоби (ВРХ) демонструє значне зменшення рівня бактерій стрептококів та стафілококів до 6-8%, а також запобігає виникненню такої хвороби, як кишкова паличка і сальмонельоз.

Біоактиватори компосту- це біологічний препарат, підтримуючий та прискорюючий компостування. Зазвичай вони містять високу дозу натуральних бактерій с додаванням ферментів, поживних речовин та мінералів [10-13].

Зазвичай такі препарати проникають у всю компостну масу і виділяючи ферменти прискорюють біодеградацію, насичують компост додатково азотом та пригнічують розвиток негативних біологічних агентів. Використання біопрепаратів сприяє позитивній динаміці рівня поживних елементів на різних етапах компостування (рис. 3) [9].

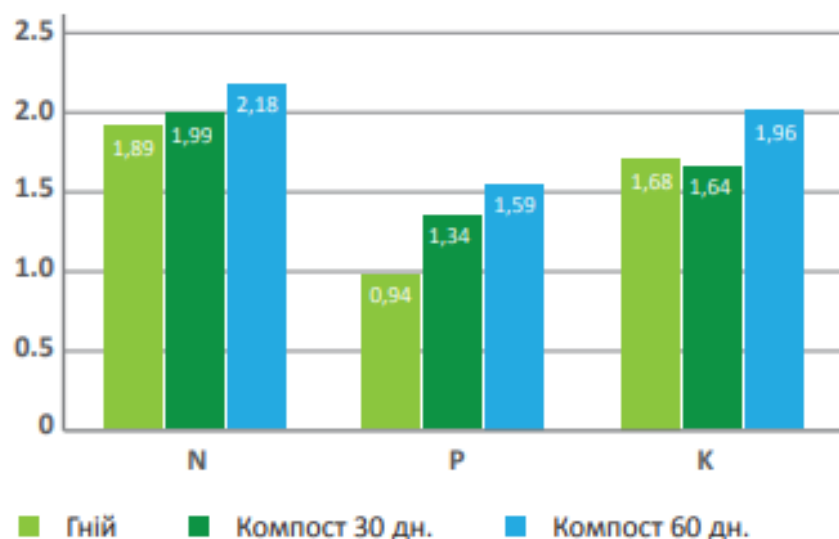


Рисунок 3. Динаміка основних елементів живлення (%) в процесі компостування підстилкового гною ВРХ.

З рисунку 3 видно результати впливу біопрепарату на утворення компосту. Кількість загального азоту (N), фосфору (P) та калію (K) збільшилася за рахунок використання у біопрепараті природних бактерій, а саме: азотофіксуючих, фосфор- та каліймобілізуєчих бактерій [9].

На первинних етапах це використання матеріалу для компосту, який не викликає появу патогенів. Під час процесу компостування заходами для знищення патогенів є регулювання температури та вологості, а також регулярне перемішування та насичення киснем. Для насичення киснем компосту використовують так звані аератори, або перемішувачі (рис.4).



Рисунок 4. Приклад причіпного аератора

Це не просто ворущарки або навантажувачі, а спеціальні агрегати. Аератори бувають різних типів: самохідні, причіпні та навісні, кожен з яких підходить для різних підприємств в залежності від їх потужностей. Аератори хоч і вимагають додаткового фінансування, але в заміні ми отримуємо пришвидшений процес ферментації, більш рівномірне дозрівання та відсутність появи анаеробних патогенів [7].

Компостування – це не тільки можливість отримати цінне біологічне добриво, а й ефективний та корисний для навколишнього середовища спосіб утилізації викидів. Якісний компост вносить мільйони спор корисних бактерій, які оновлюють ґрунтову мікрофлору, а також створює поживну базу для мікроорганізмів, які живуть у ґрунті. Компост який не містить патогенів та зроблений за правильною технологією з урахуванням всіх умов повинен мати коричневий колір, бути розсипчастим та мати свіжий запах землі. Якщо, компост має неприємний запах або недостатньо розсипчастий, це означає, що у ньому не достатньо якогось компоненту – азоту, повітря або води.

Висновки. Запорукою якісного органічного добрива є запобігання появі негативних біологічних об'єктів (патогенів).

Встановлено, що для запобігання появі патогенів у компостній



суміші під час приготування компосту необхідно регулювати температуру та вологість, а також регулярно перемішувати та насичувати киснем компост за рахунок використання аераторів.

В результаті використання біопрепаратів рівень патогенних мікроорганізмів зменшується, пришвидшується процес утворення компосту та збільшується кількість необхідних основних елементів живлення (азоту, фосфору, калію).

При виділенні достатніх коштів, використанні правильних технологій та постійному догляді можна досягти дійсно якісного та корисного біодобрива, яке окрім внесення корисних речовин не нашкодить рослинам і ґрунту.

Список використаних джерел

1. Бондаренко Л. Ю., Стручаєв М. І., Вершков О. О., Філіпов Д. О. Підвищення ефективності використання відходів плодової деревини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21, т. 1. С.74–83.

2. Брич К., Василенко І. Розробка ефективної рецептури дозрівання компосту (маленькими літерами). *Молодий вчений*, 2020. Вип. 4, 217-220. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-4-80-46>

3. Сагдеева О. А., Крусір Г. В., Цикало А. Л. Дослідження процесів компостування харчової складової твердих побутових відходів. *Техногенно-екологічна безпека*, 2018. № 4(2). С. 13–23. DOI: 10.5281/zenodo.1244572.

4. Попик О. В. Еколого-економічні аспекти поводження з опалим листям на урбанізованих територіях. *Економічні інновації*: зб. наук. пр. Одеса: ІПРЕД НАН України, 2014. Вип. 58. С. 266–272.

5. Тетервак І. Р. Особливості біоенергетики та її потенціал. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. С. 85–86.

6. Global G.A.P. Интегрированная система управления сельскохозяйственным производством [Integrated Farm Assurance Standard (IFA)]. Общий базовый модуль для сельхозпредприятий – Растениеводство – Фрукты и овощи. Контрольные точки и критерии соответствия [Действует с 01.07.2017]. Кельн, 2017. 163 с. URL: https://www.globalgap.org/uk_en/.

7. Бондаренко Л. Ю., Тетервак І. Р., Огляд агрегатів для покращення кисневого балансу компостної суміші. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2023. Вип. 12, том 3. №10. URL: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/issue/view/26>.

8. Riama Rita Manullang, Rusmini dan Daryono. Combination Microorganism As Local Bio Activator Compost Kirinyuh. *International*



Journal Of Scientific & Technology Research. Volume 7, Issue 6, June 2018

9. Шульга Ю. Ефективні біотехнологічні рішення для компостування гною. Журнал про корів, №3. 2019 р.

10. Babet Greff, Erika Lakatos, Jenő Szigeti & László Varga. Co-composting with herbal wastes: Potential effects of essential oil residues on microbial pathogens during composting. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2021. Vol. 51 (5). <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1732780>

11. Wichuk K. M., Dary McCartney A review of the effectiveness of current time–temperature regulations on pathogen inactivation during composting. *Journal of Environmental Engineering and Science*. 2007. Vol. 6 (5) <https://doi.org/10.1139/S07-011>

12. Qiumei Liu, Xunyang He, Dejun Li. Unearthing the mechanisms underlying calcium carbonate therapies for eliminating pathogens during composting. *Chemical Engineering Journal*. 2023. Vol. 451 (6) <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.139087>

13. Kristine M. Wichuk, Jalpa P. Tewari, Daryl McCartney. Plant Pathogen Eradication During Composting: A Literature Review. *Compost Science & Utilization*. 2011. Vol. 19 (4) <https://doi.org/10.1080/1065657X.2011.10737008>

14. Sunar N. M., Stentiford E. I., Stewart D. I., Fletcher L. A. The process and pathogen behavior in composting: a review. In: *Proceeding UMT-MSD 2009 Post Graduate Seminar 2009*. Universiti Malaysia Terengganu, Malaysian Student Department UK & Institute for Transport Studies University of Leeds, 2014. Pp. 78–87 <https://doi.org/10.48550/arXiv.1404.5210>

15. Lisa M. Avery, Philippa Booth, Colin Campbell, David Tompkins, Rupert L. Hough. Prevalence and survival of potential pathogens in source-segregated green waste compost. *Science of The Total Environment* 2012. Vol. 431 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.05.020>

16. Muriel Lepesteur. Human and livestock pathogens and their control during composting. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 2021. Vol. 52 (10) <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1862550>

Стаття надійшла до редакції 21.04.2023 р.

I. Tetervak

Dmytro Motornyi Tavsia state agrotechnological university

SOLVING PROBLEMS OF PATHOGENS IN COMPOST

Summary

The constant growth of household waste, the incineration of agricultural waste (straw, corn or sunflower stalks, etc.), the incineration of forestry and gardening waste



(wood residues, wood chips, bark, leaves, sawdust, etc.) are problems that can be solved naturally and safely, namely by composting.

The article provides examples of the main pathogens that arise in the composting process. To solve this problem, a number of actions have been selected to reduce the level of pathogens at different stages of compost production. Also, information is provided on the effectiveness of using aerators and biological products in compost production that meet European standards. Compost bioactivators are biological products that support and accelerate composting. They usually contain a high dose of natural bacteria with the addition of enzymes, nutrients and minerals. Typically, such preparations penetrate the entire compost mass and by releasing enzymes accelerate biodegradation, the figures above show the results of using a biological product that not only reduces the level of pathogenic organisms, but also accelerates the process of compost formation and increases the amount of essential nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium).

To solve the problem of regulating the temperature and humidity of compost, it is proposed to use aerators. These are not just agitators or loaders, but special units. Aerators are of different types: self-propelled, trailed and mounted, each of which is suitable for different enterprises depending on their capacity. The application of the above actions in the production of compost allows to increase its quality not only by reducing pathogenic microorganisms, but also increases the level of basic nutrients for both plants and soil, which is the key to the production of high-quality organic fertilizer. Only with the allocation of sufficient funds, the use of the right technologies and proven materials, and constant care can a truly high-quality and useful biofertilizer be achieved that, in addition to providing nutrients, will not harm plants and soil.

Key words: compost, pathogen, thermophilic conditions, mesophilic conditions, bioagent, antagonists, bioactivator.