

Innovative direction of complex use of waste of yeast production and bio-preparation "Radorod" in the leaf fall composting process

A. Pasenko✉ | I. Soloshych | S. Dihtyar | Yu. Ivashenko

Article info

Correspondence Author

A. Pasenko

E-mail:

pasenko2000@ukr.net

Kremenchuk Mykhailo
Ostrohradskyi National
University,
Pershotravneva Str., 20,
Kremenchuk, 39600, Ukraine

Citation: Pasenko, A., Soloshych, I., Dihtyar, S., & Ivashenko, Yu. (2024). Innovative direction of complex use of waste of yeast production and bio-preparation "Radorod" in the leaf fall composting process. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 54–60. doi: 10.31210/spi2024.27.02.09

Modern approaches to the processing of waste of plant origin and organic waste of yeast production, which are valuable secondary raw materials for various branches of the economy, are analyzed. The paper proposes the complex use of waste from yeast production and biological preparation "Radorod" in the technology of composting vegetable waste. Biopreparation "Radorod" is a biodynamic fertilizer, which is produced by the method of aerobic mesophilic fermentation of organic raw materials, livestock waste with the addition of biological mass of plant origin. A positive effect of using a biological preparation containing actinomycetes in a complex with yeast cells of liquid waste in a ratio of 1 : 1 by mass was established. The synergistic effect of the complex bioagent contributes to the acceleration compared to the control of the process of aerobic oxidation of the organic component during composting of plant waste. There is an increase in the processes of mineralization of the plant substrate, an increase in the ash content of the product by 22.02–24.87 %. The simultaneous use of the biological preparation "Radorod" and yeast suspension as an analogue of liquid waste from yeast production in the technology of composting plant residues accelerates the process of aerobic oxidation of their organic component compared to the control, which is due to the biochemical activity of microorganisms-biodescriptors of the compost material, whose participation in mineralization processes is enhanced under the influence biologically active substances of *Saccharomyces cerevisiae* and is replaced by introduction of *Actinomyces* species with biological preparation "Radorod". The resulting compost-fertilizer is sufficiently mineralized, enriched with nutrient compounds, and can be used in agriculture. The proposed eco-technological solution allows for the comprehensive disposal of waste from various branches of production, shortens the ripening time of compost, provides a natural stimulating effect on the bioagent of compost formation and obtains a quality product for further use in the agro-industrial complex.

Keywords: ecology, waste, innovative biotechnology, composting, resource conservation, biological preparation, microorganisms, fertilizer.

Інноваційний напрямок комплексного використання відходів дріжджового виробництва та біопрепарату «Радород» в процесі компостування листяного опаду

A. В. Пасенко | I. О. Солошич | С. В. Дігтяр | Ю. Д. Івашенко

Кременчуцький
національний університет
імені Михайла
Остроградського,
м. Кременчук, Україна

Проаналізовано сучасні підходи щодо переробки відходів рослинного походження та органічних відходів дріжджового виробництва, які є цінною вторинною сировиною для різних галузей господарства. У роботі запропоновано комплексне використання відходів дріжджового виробництва та біопрепарату «Радород» в технології компостування рослинних відходів. Біопрепарат «Радород» – це біодинамічне добриво, яке виготовляють методом аеробної мезофільної ферментації органічної сировини, відходів тваринництва з додаванням біологічної маси рослинного походження. Встановлено позитивний ефект використання біопрепарату з вмістом актиноміцетів у комплексі з дріжджовими клітинами рідких відходів у співвідношенні 1 : 1 за масою. Синергійний вплив комплексного біоагенту сприяє прискоренню у порівнянні з контролем процесу аеробного окиснення органічної складової під час компостування рослинних відходів. Спостерігається посилення процесів мінералізації рослинного субстрату, підвищення зольності продукту на 22,02–24,87 %. Одночасне застосування біопрепарату «Радород» і дріжджової суспензії як аналога рідких відходів дріжджового виробництва в технології компостування рослинних залишків прискорює у порівнянні з контролем процес аеробного окиснення їх органічної складової, що обумовлено біохімічною активністю мікроорганізмів-біодеструкторів компостного матеріалу, участь яких у процесах мінералізації посилюється під впливом біологічно активних речовин *Saccharomyces cerevisiae* та змінюється внесенням видів роду *Actinomyces* біопрепаратом «Радород». Отриманий компост-добриво достатньо мінералізований, збагачений поживними сполуками, і може застосовуватися у сільському господарстві. Запропоноване еколого-технологічне рішення дозволяє комплексно утилізувати відходи різних галузей виробництва, скоротити час дозрівання компосту, забезпечує природну стимулюючу дію на біоагент компостування та отримати якісний продукт для подальшого застосування в агропромисловому комплексі.

Ключові слова: екологія, відходи, інноваційна біотехнологія, компостування, ресурсозбереження, біопрепарат, мікроорганізми, добриво

Бібліографічний опис для цитування: Пасенко А. В., Солошич І. О., Дігтяр С. В., Івашенко Ю. Д. Інноваційний напрямок комплексного використання відходів дріжджового виробництва та біопрепарату «Радород» в процесі компостування листяного опаду. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 54–60.

Вступ

Відходи рослинного походження утворюються в аграрному та комунальному секторах економіки, на підприємствах харчової галузі, а також на території приватних господарств. З відходів рослинного походження отримують понад 100 найменувань різних продуктів харчування, кормів, добрив та іншої продукції. Причому з одного й того ж виду відходів можна одержувати різні за призначенням продукти. Важливим екологічним питанням є скорочення викидів, зменшення залишкових відходів під час переробки вторинної рослинної сировини [1]. Це стає можливим за рахунок впровадження нових технологічних рішень та екологічно безпечного поводження з рослинними відходами. Для переробки органічних відходів, у тому числі рослинного походження, широко застосовують біотехнологічні процеси із застосуванням біохімічного потенціалу мікроорганізмів [2–3]. Багато розробок запроваджено у напрямках удосконалення технологічних ліній процесів компостування, метаногенезу, отримання органо-мінеральних добрив, кормових добавок з відходів агропромислового комплексу та комунальних господарств [4, 5]. Рослинні відходи можуть ефективно використовуватися як субстрат для вирощування розсади та кімнатних квітів, в якості мульчі, як матеріал для укриття взимку багаторічних культур, матеріал для теплих грядок для раннього висаджування розсади, ґрунтова суміш для високих грядок городніх культур, добриво для газону, що поліпшує структуру ґрунту. Проте, не дивлячись на значну кількість технологічних розробок з переробки та утилізації відходів рослинного походження, на сьогодні залишається відкритим питання пошуку технічного рішення щодо комплексної екологічно безпечної біотрансформації відходів за умов енерго-ї ресурсозбереження.

Пошук нових інноваційних рішень пов'язаний із скороченням термінів реалізації процесів біоконверсії органічних відходів. Тому новітні дослідження екологічної біотехнології стосуються визначення біохімічно активних біоагентів, що інтенсифікують та оптимізують природні процеси біодеструкції відходів з отриманням ресурсоцінної продукції [6]. Наведене прикладне технологічне питання є актуальним для переважної більшості сільськогосподарських та комунальних господарств у розрізі поводження з листовим опадом, який у великих кількостях протягом сезону накопичується і потребує збору, транспортування та переробки. Заборонений метод термічного знешкодження рослинних відходів є небезпечним з точки зору утворення значної кількості парникових та інших газів. Першочерговим завданням є запобігання утворенню в процесі переробки листового опадку токсичних газів, зниження викидів парникових газів в атмосферне повітря [7]. Такі гази як бензопірен, діоксини, оксиди нітрогену й сірки та вуглекислий газ мають значний негативний вплив не тільки на навколишнє середовище, а й на життєдіяльність людей, рослин та тварин в цілому. Внаслідок підвищення вмісту парникових газів в атмосферному повітрі змінюється клімат та порушується темпе-

ратурний режим на планеті Земля. Вуглекислий газ і вода поглинають інфрачервоне випромінювання Сонця і, таким чином, зберігають значну кількість тепла на Землі. Тенденція до зростання вмісту вуглекислого газу в атмосфері може призвести до збільшення середньої температури на поверхні Землі, що може мати негативний вплив на довкілля, життєдіяльність людей, тварин та ріст рослин.

Тому більш доцільним та екологічно безпечним шляхом поводження з вказаними відходами є переробка опалого листя за умов мінімізації негативного впливу на довкілля. З позицій енерго- та ресурсозбереження оптимальним способом біоконверсії листового опадку є технологія компостування з використанням природного потенціалу біоагентів деструкції рослинного субстрату [8]. Життєдіяльність різноманітних мікроорганізмів у скупченнях рослинних відходів призводить до глибокої мінералізації органічних сполук до певної кількості складових компостного продуктів, в цілому, до понад 100 компонентів. Екологічним завданням є прискорення процесів біодеструкції відходів з високим виходом продукту та попередження потрапляння вуглекислого газу а атмосферне повітря. У роботі перше завдання пропонується вирішувати додаванням біологічно активних компонентів до компостного субстрату, а друге – розробкою технологічно прийнятної схеми асиміляції вуглекислого газу у продукційних процесах технологій рослинництва агропромислових виробництв.

Одним із шляхів реалізації запропонованих технологічних рішень є процес компостування листового опадку з комплексним використанням дріжджових клітин рідких відходів дріжджового виробництва та біопрепарату «Радород», який містить культуру актиноміцетів-редуцентів з потужним ферментним комплексом. Компостування – це природний аеробний процес розкладання органічних відходів в аеробних умовах за участю біологічних організмів. Компост утворюється як результат часткового розкладання окремих складових, що містять органічну речовину й неорганічні баластові речовини. У відходах зазвичай існує своя ендогенна змішана культура мікроорганізмів-редуцентів. Мікробна активність зростає, коли вміст вологи і концентрація кисню досягають необхідного рівня. Крім кисню і води мікроорганізмам для росту й розмноження необхідна наявність джерел карбону, нітрогену, фосфору, калію та інших елементів. Ці потреби в мінеральних сполуках часто задовольняються речовинами, що містяться у відходах [9]. Споживаючи органічні відходи як харчовий субстрат, мікроорганізми розмножуються і продукують воду, вуглекислий газ, деякі органічні сполуки та енергію. Частина енергії, що виходить при біологічному окисленні сполук карбону, витрачається на метаболічні процеси, решта – виділяється у вигляді тепла. Компост як кінцевий продукт компостування містить найбільш стабільні органічні сполуки, продукти розпаду, біомасу мертвих мікроорганізмів, деяку кількість живих мікроорганізмів і продукти

хімічної взаємодії цих компонентів, тому вважається цінним мінерально збагаченим для рослин добривом.

Для інтенсифікації процесу компостування доцільно використовувати відходи дріжджового виробництва. Підприємства з виробництва хлібопекарських дріжджів працюють майже у кожній області України. Технологічний цикл цих підприємств призводить до накопичення значної кількості стічних вод, що характеризуються наявністю органічних забруднень, високої концентрації сполук нітрогену, сульфатів, хлоридів. Також стічні води дріжджових підприємств містять певну кількість мікроорганізмів, зокрема дріжджів, які мають здатність до розмноження й продовження життєдіяльності при надходженні у навколишнє середовище. Збільшення кількості мікроорганізмів у природних водоймах внаслідок скидання вказаних стічних вод після очищення призводить до зменшення кількості розчиненого кисню у воді, що в подальшому спричинює загибель водних організмів [10–11].

Тому досить перспективним питанням є утилізація стічних вод дріжджових виробництв шляхом застосування як джерела дріжджової культури при компостуванні рослинних відходів. Для інтенсифікації процесу деструкції органічних відходів та збагачення добрива цінними речовинами доцільно також поєднувати використання стоків

дріжджового виробництва з біопрепаратом «Радород», який є джерелом низки поживних сполук та мікроорганізмів, серед яких мікроорганізмидеструктори роду *Actinomyces* [12–14].

Ці процеси здатні забезпечити інтенсифікацію процесу біорозкладу органічної сировини, зменшити тривалість процесу та підвищити якість, цінність добрива, збагативши його корисними мінеральними елементами та органічними сполуками.

Мета дослідження

Метою роботи є дослідження можливості комплексного використання біопрепарату «Радород» та рідких відходів дріжджового виробництва для переробки рослинних відходів з отриманням добрива.

Матеріали і методи

У роботі для моделювання процесу переробки відходів рослинного походження шляхом компостування були відібрані зразки опалого листя Тополі чорної *Populus nigra*. В процесі приготування компостної суміші було використано культуру дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* та біопрепарат «Радород», багатий мікроорганізмами роду *Actinomyces* (рис. 1).



Рис. 1. Біопрепарат «Радород»

Використання дріжджів при компостуванні ґрунтується на здатності збагачувати складові компосту різноманітними мікро- та макроелементами, які в подальшому застосуванні у якості добрив позитивно впливають на темпи зростання сільськогосподарських культур. Завдяки своєму збагаченому корисними речовинами хімічному та біохімічному складу, вони мають здатність навіть прискорювати ріст рослин, що має велике значення в сільськогосподарській сфері [15].

Біодинамічне добриво «Радород» – концентрат води та колоїдного гумусу, який виготовлений методом біологічної ферментації органічної сировини. В даному препараті визначено присутність

біохімічно активної групи мікроорганізмів – актиноміцетів, які поводять себе як біодеструктори. Як *Saccharomyces cerevisiae*, так і *Actinomyces* належать до целюлозоруйнуючих мікроорганізмів, які здатні розщеплювати целюлозу за допомогою целюлаз. Використання актиноміцетів та дріжджів забезпечить продовження розкладу рослинних залишків після того, як целюлоза в органічному матеріалі буде вичерпана, що, в свою чергу, призведе до пришвидшення та інтенсифікації біодеструкції рослинних залишків [12, 16–20].

В експерименті досліджували 6 зразків компосту різного складу:

1) опале листя (контроль без додавання препаратів);

- 2) опале листя, дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*;
- 3) опале листя, біопрепарат «Радород»;
- 4) опале листя, дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* та біопрепарат «Радород» у співвідношенні 1 : 1;
- 5) опале листя, дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* та біопрепарат «Радород» у співвідношенні 1 : 2;
- 6) опале листя, дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* та біопрепарат «Радород» у співвідношенні 2 : 1.

При співвідношенні 1 : 1 препарати вносили в однакових об'ємах; при співвідношенні 1 : 2 – 60 мл дріжджової суспензії та 140 мл розчину Радороду; при співвідношенні 2 : 1 – 140 мл дріжджової суспензії та 60 мл розчину «Радород» відповідно. Дослідження проводили в лабораторних умовах в емностях за умов аерації протягом місяця.

При проведенні експерименту були використані наступні методи: висушування до постійної маси, визначення рН, вологості та зольності субстрату, гравіметричний метод.

Розрахунок вологості у зразках за формулою, %:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \% \quad (1),$$

де m_1 та m_2 – відповідно маса наважки зразка до висушування та після висушування, г.

Показник зольності визначали за формулою, %:

$$A^a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \%, \quad (2)$$

де m_1 , m_2 , m_3 – маса тигля відповідно прожареного, з наважкою вихідної проби, із зольним залишком після прожарювання, г.

Результати та їх обговорення

Протягом дослідження процесу компостування визначали динаміку змін показників маси компостного матеріалу у різних пробах. Результати показали, що найбільші втрати маси спостерігались у пробах з додаванням комплексної суміші *Saccharomyces cerevisiae* та *Actinomyces* (рис. 2).

У всіх пробах із додаванням біоагентів в ролі яких є дріжджові клітини стічних вод дріжджового виробництва та мікроорганізми, які містяться в біопрепараті «Радород», відчутне посилення процесів мінералізації органічної складової рослинних відходів. Це свідчить про позитивний ефект від використання такого комплексу додаткових для компосту сполук. Таким чином, на основі отриманих даних підтверджено наявність ефекту інтенсифікації компостування при застосуванні суміші дріжджових відходів і біопрепарату «Радород».

Показник вологості визначався ваговим методом з висушування матеріалу проб до постійної маси в лабораторних умовах за температури 100–105 °С (рис. 3).

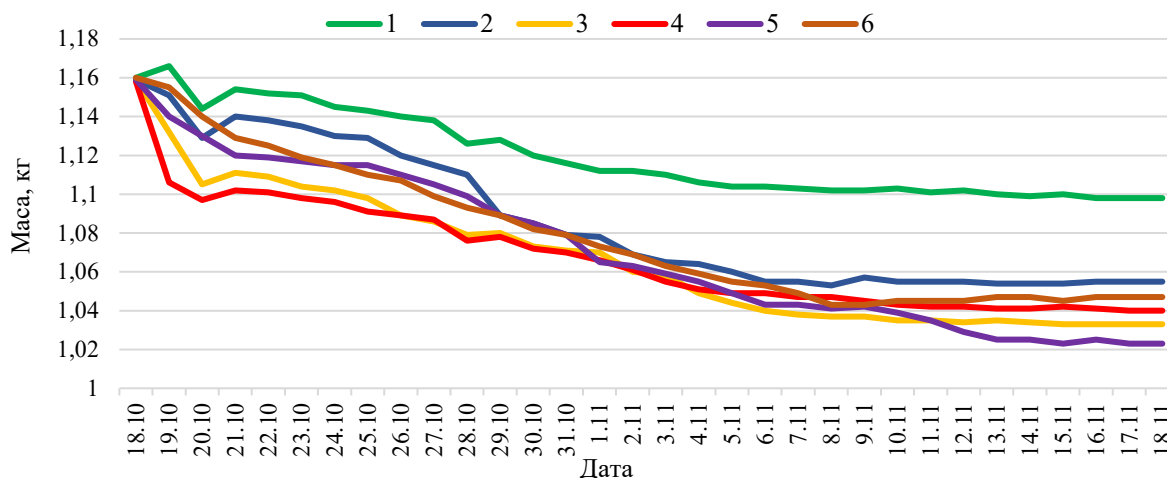


Рис. 2. Динаміка зміни маси компостних зразків (1, 2, 3, 4, 5, 6 – номер проби компосту)



Рис. 3. Визначення вологості компостних зразків

Визначення динаміки вологості у компостному матеріалі показало, що показник вологості протягом місяця у різних пробах змінювався по-різному. У контрольній пробі показник вологості найнижчий, що свідчить про повільний процес деструкції листяного опаду. В пробах з комплексом суміші *Saccharomyces cerevisiae* та *Actinomyces* показник вологості найбільший, тобто процес деструкції органічної речовини з розпадом на CO₂ і H₂O проходить інтенсивно. Результати занесені до **таблиці 1**.

Таблиця 1

Показники вологості досліджуваних зразків компосту

№ проби	Проба	Вологість, %
1	Контроль	30,70
2	Дріжджі	35,02
3	«Радород»	40,16
4	Дріжджі+«Радород» (1 : 1)	43,31
5	Дріжджі+«Радород» (1 : 2)	45,56
6	Дріжджі+«Радород» (2 : 1)	42,77

Також було проведено визначення кислотності субстрату компостування для оптимізації відповідності утвореного добрива нормам. Оптимальна кислотність компосту повинна бути близька до нейтральної і становити від 6,5 до 8,5 рН. Процес визначення рН відбувався за допомогою рН-метра та універсальних індикаторних смужок (**рис. 4**). Для визначення рН смужку папірця необхідно змочити досліджуваним розчином та порівняти її колір зі шкалою. За збігом забарвлення знаходять приблизне значення рН розчину.



Рис. 4. Лабораторний рН-метр для визначення кислотності досліджуваного субстрату

В процесі визначення кислотності встановлено, що внесення в компост комплексу із дріжджової суспензії та біопрепарату «Радород» сприяє зниженню рН, що пояснюється прискоренням аеробного розкладання органічної речовини компосту з утворенням органічних кислот. Контрольний зразок має найбільше значення кислотності. Це може свідчити про менш швидкий перебіг процесу деструкції рослинної сировини з виділенням побічних продуктів у вигляді органічних кислот.

Результати рН досліджуваних проб занесені до **таблиці 2**.

Таблиця 2

Показники рН досліджуваних проб компосту

№ проби	Проба	рН
1	Контроль	8
2	Дріжджі	7,5
3	«Радород»	7,5
4	Дріжджі+«Радород» (1 : 1)	7
5	Дріжджі+«Радород» (1 : 2)	6,5
6	Дріжджі+«Радород» (2 : 1)	7

Також важливим аспектом дослідження було визначення показників зольності компостних зразків. Визначення зольності проводилося за стандартною методикою із застосуванням термічної обробки експериментальних зразків та вагового методу (**рис. 5**).



а



б



в

Рис. 5. Визначення зольності проби із біологічними агентами *Saccharomyces cerevisiae* та *Actinomyces*
а – муфельна піч; б – термічна обробка проби;
в – зольний залишок проби

У процесі компостування субстрат втрачає у вигляді кінцевих продуктів розкладу, таких як CO₂ і H₂O, близько 40 % маси органічної речовини, при цьому відповідно збільшується зольність компосту, тобто мінералізована неорганічна компосту. Таким

чином, чим більше значення зольності, тим ефективнішим був процес біодеструкції рослинних відходів.

В експерименті встановлено, що показник зольності зростає при застосуванні комплексу з вмістом клітин *Saccharomyces cerevisiae* та *Actinomyces*, що свідчить про позитивний ефект компостування та його інтенсифікацію при внесенні біоагентів. Результати досліджень із визначення показника зольності наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Показник зольності досліджуваних проб компосту

№ проби	Проба	Зольність, %
1	Контроль	22,02
2	Дріжджі	25,17
3	«Радород»	26,60
4	Дріжджі+«Радород» (1 : 1)	27,24
5	Дріжджі+«Радород» (1 : 2)	27,50
6	Дріжджі+«Радород» (2 : 1)	26,87

Отже, отримані дані свідчать про те, що комплекс біологічних агентів з *Saccharomyces cerevisiae* та *Actinomyces* інтенсифікує процес компостування органічної речовини з утворенням ресурсоцінного добрива за умов мінімізації тривалості та обсягів використання сировини. Це біотехнологічне рішення є перспективним, екологічним, економічно доцільним, відповідає принципам маловідходного виробництва та ресурсозбереження. Використання даного комплексу біологічних агентів в процесі компостування допоможе отримати цінне мінералізоване добриво для сільського господарства та утилізувати відходи агросектору, комунальних господарств, а саме, опале листя та рослинні рештки, а також рідкі відходи виробництва дріжджів.

Висновки

Проаналізовано сучасні підходи щодо переробки відходів рослинного походження та органічних відходів дріжджового виробництва, які є цінною вторинною сировиною для різних галузей господарства.

Встановлено позитивний синергійний вплив суспензії дріжджових клітин та актиноміцетів на процес компостування органічної сировини. Одночасне застосування біопрепарату «Радород» і дріжджової суспензії як аналога рідких відходів дріжджового виробництва в технології компостування рослинних залишків прискорює у порівнянні з контролем процес аеробного окиснення їх органічної складової, що обумовлено біохімічною активністю мікроорганізмів-біодеструкторів компостного матеріалу, участь яких у процесах мінералізації посилюється під впливом біологічно активних речовин *Saccharomyces cerevisiae* та змінюється внесенням видів роду *Actinomyces* біопрепаратом «Радород». Найбільші втрати маси компосту внаслідок мінералізації відходів спостерігається у пробах з додаванням суміші «дріжджі+Радород», знижується рН компосту, підвищується у порівнянні з контролем вологість на 39–48 % і зольність – на 22,02–24,87 %.

У всіх пробах з додаванням суміші «дріжджі + Радород» спостерігається посилення процесів мінералізації рослинних відходів, що доводить еколого-економічну доцільність використання відходів виробництва дріжджів для інтенсифікації процесу компостування.

Запропонована технологічне рішення дозволяє комплексно утилізувати відходи різних галузей виробництва, скоротити час дозрівання компосту, забезпечує природну стимулюючу дію біоагенту на процес мінералізації рослинних відходів та отримати якісний компост-добриво для подальшого застосування в агропромисловому комплексі.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Prudnikov, S. V., Trembovetska, G. M., & Sakharova, S. M. (2002). Secondary raw materials: which way will we choose? *Food and Processing Industry*, 3, 12–13.
2. Digtar, S., Pasenko, A., Novokhatko, O., Maznytska, O., & Nykyforova, O. (2021). The use of multisubstrate mixtures for methane biosynthesis by an adapted complex of microorganisms for obtaining organic fertilizer. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Chemistry, Chemical Technology and Ecology*, 2 (6), 52–59. <https://doi.org/10.20998/2079-0821.2021.02.07>
3. Tokarchuk, D., Prishlyak, N., & Palamarenko, Y. (2020). Prospects for use of crop waste for biogas production in Ukraine. *Agrosvit*, 22, 51. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.22.51>
4. Horobets, O. (2020). Classification of agricultural waste and the choice of the technology for their recycling. *Ecological Sciences*, 31 (4). <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.35>
5. Zhuk, P. V. (2022). Agricultural waste in Ukraine: generation volumes and recycling issues. *Socio-Economic Problems of the Modern Period of Ukraine*, 3 (155), 21–28. <https://doi.org/10.36818/2071-4653-2022-3-4>
6. Kornienko, I. M., Yastremska, L. S., Kuznietsova, O. O., Baranovskiy, M. M., & Vizer, A. K. (2022). Biokonversiaia orhanichnykh vidkhodiv – yevropeyskiy dosvid ta Ukrainski praktyky. *Technologies and Engineering*, 3, 37–51. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2022.3.4>
7. Popyk, O. V. (2014). Ecological and economic aspects of handling fallen leaves in urbanized areas. *Economic Innovations*, 58, 266–271.
8. Diakonov, V. I., Diakonov, O. V., & Skrypnyk, O. S. (2015). Utylizatsiia roslynnykh i derevnykh vidkhodiv parkovoi zony mista. *Komunalne Hospodarstvo Mist. Seriya: Tekhnichni Nauky ta Arkhitektura*, 124, 49–52.
9. Gatsenko, M. V. (2014). Composting of organic matter. Microbiological aspects. *Agricultural Microbiology*, 19 (1), 11–20.
10. Poshtarenko, A. V. (2015). The impact of the food industry on environmental safety of natural waters. *Problems of Ecological Biotechnology*, 2, 118–127.
11. Karanov, Yu., Koshel, M., Dobrilovskiy, B., & Bashmakova, S. (2000). Cleaning wastewater of yeast factories. *Food and Processing Industry*, 7, 22–23.
12. Pasenko, A. V., Dihtyar, S. V., Sakun, O. A., Nykyforova, O. O., & Tsybmal, I. I. (2021). Microbiological aspect of ecological biotechnology of applying "Radorod" biological preparation in the agrarian sphere. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 110–117. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.13>
13. Sokolova, V. I., & Krusir, G. V. (2019). Research of the composting process using the drug "Baikal EM". *Problems of forming a healthy lifestyle among young people, coll. materials of the XII All-Ukrainian science and practice conf. young scientists and students from international participation*. (Odessa, October 03–05 2019). (pp. 374–376). Odessa [in Ukrainian]
14. Sokolova, V. I., & Krusir, G. V. (2019). Research on the effectiveness of the drug «Baikal EM» in the composting process. *Vseukrainska naukovo-praktychna Internet-konferentsiia zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh uchenykh*. (26 lystop. 2019 r.) (p. 134). Kharkiv: Kharkivskiy derzhavnyi universytet kharchuvannia ta torhivli [in Ukrainian].

15. Shatskyi, V. V., & Povolotskyi, A. A. (2015). Basic requirements for the process and biotechnical system of composting organic raw materials. *Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture Named After Petro Vasylenko*, 157, 140–146.
16. Kovalov, M. M., Mostipan, M. I., & Kulyk, H. A. (2020). Obtaining bio-compost by pre-treating base materials with EM preparations. *Agricultural Innovations*, 3, 39–44. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.3.7>
17. Horobets O. V., Galitskyi V. A. (2016). Prospective directions for the utilization of organic waste. *Nauka. Molod. Ekolohiia, zbirnyk materialiv KhII Vseukrainsko. naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh*. (pp.97–102.). Zhytomyr: ZhNAEU [in Ukrainian]
18. Sendetska, O. V. (2013). Ways of increasing the efficiency of production and application of organic fertilizers produced by the method of vermiculture and biological fermentation of organic agro-industrial waste. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*, 4 (55), 71–75.
19. Kukharets, V. V. (2016). Consideration of innovative aspects of bio-raw material conversion in an agricultural organic enterprise. *Organic production and food safety, materials IV International science and practice conference*. (May 12–13. 2016). (pp. 439–442). Zhytomyr.
20. Vasylenko, O. V., & Dubin, O. M. (2014). Utilization of organic residues as a way to solve ecological problems of agriculture. *Proceedings of the Uman National University of Horticulture*, 76, 111–116.

ORCID

- A. Pasenko  <https://orcid.org/0000-0003-1108-0408>
- I. Soloshych  <https://orcid.org/0000-0002-8842-5120>
- S. Dihtyar  <https://orcid.org/0000-0002-6872-2865>
- Yu. Ivasenko  <https://orcid.org/0009-0000-6582-2572>



2024 Pasenko A. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.