

УДК 504.054

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.1-58.51>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОБУТОВОГО КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Разно М.Р., Тихомирова Т.С., Босюк А.С., Шестопалов О.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків

mykola.ravno@mit.khpi.edu.ua, tetiana.tykhomyrova@khpi.edu.ua,

Alona.Bosiuk@mit.khpi.edu.ua, oleksii.shestopalov@khpi.edu.ua

Розглядається процес побутового компостування органічних відходів рослинного походження як ефективний спосіб зменшення твердих побутових відходів та покращення родючості ґрунту. Стаття висвітлює основні етапи формування компосту, включаючи закладку органічної маси, її розкладання та використання отриманого добрива. У роботі представлено фотографічні матеріали, які ілюструють динаміку процесу компостування, а також вплив отриманого компосту на ріст рослин. Проаналізовано розвиток компосту в різні періоди: вигляд однорічного та дворічного компосту, поповнення компостних куч травою та іншими органічними відходами, стан компосту після зимового періоду, а також підготовка нових компостних куч та використання готового матеріалу на третій рік. Результати дослідження підтверджують позитивний вплив компосту на агрохімічні властивості ґрунту, що відображено у підвищенні схожості та приросту біомаси культурних рослин. Встановлено, що внесення весною просіяного компосту сприяє інтенсивнішому розвитку рослин, зокрема гірчиці та картоплі. У статті запропоновано апробовану схему індивідуального компостування рослинних відходів, що включає формування шарів з різних типів органічної маси: трави, харчових відходів, важкоферментуємих відходів (товсте бадилля, листя, гілля), які пересипаються тонким шаром ґрунту для прискорення процесів розкладання. Таким чином, проведене дослідження демонструє практичну значущість та екологічну ефективність побутового компостування органічних відходів рослинного походження. Одержані результати можуть бути використані для впровадження екологічно безпечних технологій переробки органічних відходів у приватному господарстві. *Ключові слова:* компостування, органічні відходи, ґрунт, біомаса, агрохімічні властивості, екологія, родючість ґрунтів, відходи рослинництва.

Study of the process of domestic composting of organic waste of plant origin. Razno M., Tykhomyrova T., Bosiuk A., Shestopalov O.

The process of household composting of organic waste of plant origin is considered as an effective way to reduce solid household waste and improve soil fertility. The article highlights the main stages of compost formation, including the incorporation of organic matter, its decomposition and the use of the resulting fertiliser. The paper presents photographic materials illustrating the dynamics of the composting process, as well as the impact of the resulting compost on plant growth. The paper analyses the development of compost in different periods: the appearance of one-year and two-year compost, replenishment of compost heaps with grass and other organic waste, the state of compost after the winter period, as well as the preparation of new compost heaps and the use of the finished material in the third year. The results of the study confirm the positive impact of compost on the agrochemical properties of the soil, which is reflected in increased germination and biomass growth of cultivated plants. It was found that the application of sifted compost in spring promotes more intensive development of plants, in particular mustard and potatoes. The article proposes a tested scheme of individual composting of plant waste, which includes the formation of layers of different types of organic mass: grass, food waste, hard-to-ferment waste (thick tops, leaves, branches), which are covered with a thin layer of soil to accelerate the decomposition process. Thus, the study demonstrates the practical significance and environmental efficiency of household composting of organic waste of plant origin. The results obtained can be used to implement environmentally friendly technologies for processing organic waste in private households. *Key words:* composting, organic waste, soil, biomass, agrochemical properties, ecology, soil fertility, crop waste.

Вступ. Актуальною проблемою сьогодення є зменшення обсягів твердих побутових відходів, зокрема органічних, які утворюються в побутових умовах і можуть стати джерелом забруднення навколишнього середовища при неналежній утилізації. Одним з найбільш ефективних і екологічно безпечних методів переробки органічних відходів є компостування, що дозволяє не лише зменшити обсяг відходів, а й отримати природне добриво, яке сприяє покращенню родючості ґрунтів. В Україні близько 40% побутових відходів є органічними. Однак, оскільки 92% відходів потрапляють на звалища, більшість органічних відходів втрачається, що створює санітарні ризики та сприяє поширенню інфекцій [1]. Іншою проблемою є те, що в сільських та приватних

домогосподарствах утворюються відходи рослинництва, такі як скошена та газонна трава, бур'яни та бадилля культурних рослин з городу, опале листя, дрібне гілля після обрізки кущів та дерев, перезрілі фрукти та овочі, які можливо утилізувати на власній ділянці. Тому дослідження процесу побутового компостування є важливим для вирішення екологічних та економічних проблем, пов'язаних з утилізацією органічних відходів [2, 3].

Постановка проблеми. Незважаючи на численні переваги компостування, у побутових умовах цей процес часто не отримує належної уваги або реалізується з низькою ефективністю через недотримання оптимальних умов (температура, вологість, склад відходів тощо) [4, 5]. Важливим є дослідження різ-

них факторів, що впливають на ефективність побутового компостування, а також розробка рекомендацій щодо оптимізації цього процесу. Тому виникає необхідність у проведенні дослідження, яке дозволить детально вивчити процес компостування органічних відходів рослинного походження та розробити практичні рекомендації для його впровадження в домашніх господарствах з метою підвищення екологічної ефективності та зниження обсягів відходів.

Актуальність дослідження. Актуальність дослідження зумовлена проблемою неефективного управління твердими побутовими відходами, зокрема їх органічною складовою. Одним із найефективніших рішень є компостування – процес виробництва добрив з органічних відходів, що сприяє покращенню ґрунту та зменшенню біоорганічної частки сміття. Важливим кроком у популяризації компостування є впровадження системи роздільного збору відходів [6, 7]. Швидке зростання кількості органічних відходів, таких як залишки їжі, листя, гілки та інші рослинні рештки, є серйозною проблемою для довкілля, оскільки їхнє накопичення та неправильне утилізування призводять до забруднення ґрунтів, води та атмосфери [8–10]. У зв'язку з цим, компостування органічних відходів набуває особливої значущості як ефективний метод зменшення обсягу побутових відходів і збереження природних ресурсів. Завдяки компостуванню можливо не тільки зменшити забруднення, але й отримати органічне добриво, яке підвищує родючість ґрунтів і сприяє розвитку сільського господарства без використання хімічних добрив.

Тому дослідження процесу побутового компостування органічних відходів рослинного походження є актуальним, оскільки дозволяє знайти оптимальні умови для цього процесу, а також розробити рекомендації для його широкого впровадження у побутових умовах, що має значний потенціал для зменшення екологічного навантаження та покращення стану навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед сучасних дослідників, які вивчають компостування як ефективний метод управління відходами, можна відзначити роботи М. В. Гаценка [11], М. К. Лінника [12] та В. В. Шацького [13]. Вони приділяють велику увагу різним аспектам технології компостування, таким як механізація приготування матеріалу, оптимізація параметрів процесу, правильне формування куп компосту, а також складу і співвідношенню основних поживних речовин у субстраті. Зарубіжні науковці також активно досліджують компостування як ефективний метод переробки органічних відходів та їх використання для покращення ґрунтів. Наприклад, автори [14] вивчали вплив аерації та температурного режиму на швидкість розкладу органічних матеріалів, тоді як [15] досліджували оптимальне співвідношення вуглецю до азоту (C:N) для покращення процесу компостування, [16] проаналі-

зували різні типи мікроорганізмів, що беруть участь у біодеградації органічних відходів, підкреслюючи важливість мікробної активності у формуванні якісного компосту. Сучасні дослідження, як вітчизняні, так і зарубіжні, підтверджують, що компостування є ефективним, екологічно безпечним та перспективним методом переробки органічних відходів, який може значно зменшити їхній негативний вплив на довкілля.

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Попри значний розвиток досліджень у галузі утилізації органічних відходів, побутове компостування залишається недостатньо вивченим і не завжди ефективно впроваджується на практиці в домашніх господарствах. Більшість існуючих досліджень орієнтовані на великомасштабне компостування в промислових умовах або на розробку теоретичних моделей, що не враховують специфічних умов побутових господарств [17]. Однак в умовах обмеженого простору, ресурсів і різноманіття відходів, які утворюються на домашніх ділянках, процес компостування часто виявляється не таким ефективним, як у промислових умовах.

На сьогоднішній день ще не достатньо вивчені механізми, які дозволяють забезпечити стабільність процесу компостування на малих обсягах відходів, а також підвищити ефективність використання компосту як добрива [18] в домашньому господарстві.

Таким чином, нерозв'язаними залишаються питання оптимізації процесу побутового компостування органічних відходів, зокрема в умовах обмежених ресурсів, а також розробка практичних рекомендацій для підвищення ефективності компостування в домашніх умовах, що і становить основний фокус цієї статті.

Новизна. Новизна дослідження полягає в детальному аналізі процесу побутового компостування органічних відходів рослинного походження, зокрема через надання фотографічних прикладів на різних етапах компостування. Вперше в роботі представлено порівняння різних вікових груп компосту (однорічного та дворічного) з використанням наочної документації процесу, що дозволяє оцінити зміни в якості та структурі компосту протягом часу. Окрім того, новизною є розробка схем та методик для оптимізації компостування в умовах домашнього господарства, зокрема через використання різних шарів органічних відходів та ґрунту. Впровадження просіяного компосту в ґрунт також дозволяє підтвердити підвищення схожості та приросту біомаси на прикладі гірчиці та картоплі, що вказує на значне покращення якості ґрунту.

Мета і задачі дослідження. Мета даного дослідження полягає у вивченні процесу побутового компостування органічних відходів рослинного походження, визначенні основних факторів, що впливають на його ефективність, та розробці прак-

тичних рекомендацій для поліпшення цього процесу в умовах домашнього господарства. Це необхідно для зниження обсягів органічних відходів, їх ефективної утилізації та отримання екологічно чистого добрива, що сприяє збереженню навколишнього середовища та підвищенню родючості ґрунтів.

Для досягнення зазначеної мети потрібно було вирішити наступні задачі:

- провести аналіз процесу побутового компостування органічних відходів рослинного походження в умовах домашнього господарства;
- дослідити зміни в якості компосту на різних етапах (однорічний, дворічний компост) через фотодокументацію;
- розробити схему оптимізації процесу компостування в побутових умовах з використанням різних типів органічних відходів і ґрунту;
- оцінити вплив використання компосту на підвищення родючості ґрунтів;
- розробити рекомендації для покращення ефективності побутового компостування органічних відходів у домашніх господарствах.

Викладення основного матеріалу. Компостування – це біохімічний процес перетворення різних компонентів органічних відходів у відносно стабільні гумусоподібні речовини, які можна використовувати як доповнення до ґрунту або органічне добриво [19, 20]. Як ефективний метод утилізації органічних відходів, компостування сприяє зменшенню обсягів відходів, що потрапляють на звалища, мінімізує ризики забруднення ґрунтових вод, знижує викиди парникових газів і забезпечує отримання екологічно цінного продукту [21]. Крім того, цей процес дозволяє зменшити потребу в хімічних добривах, покращуючи родючість ґрунту та його структуру за рахунок збагачення органічними речовинами.

У ході дослідження було проведено аналіз процесу компостування органічних відходів у побутових умовах. Дослідження підтвердило, що правильне поєднання цих параметрів сприяє прискоренню розкладу органічних матеріалів і отриманню високоякісного компосту.

На основі отриманих даних було розроблено та апробовано методику індивідуального компостування рослинних відходів, що включає формування компостної маси з різних типів органічних відходів та їхню послідовну обробку. Було встановлено, що використання шарового методу закладки відходів із чергуванням зелених (багатих на азот) та коричневих (багатих на вуглець) компонентів забезпечує рівномірний розклад та високу ефективність компостування.

Методика дослідження. Дослідження процесу компостування органічних відходів проводилося з використанням експериментального методу у реальних побутових умовах. Для дослідження було створено компостні купи з поділом на шари:

- трав'яні залишки та харчові відходи органічного походження;
- важкоферментовані відходи (товсте бадилля, листя, дрібне гілля дерев);
- пересипка тонким шаром ґрунту.

Компостування відбувалося протягом трьох років із періодичним поповненням новими відходами. Оцінка стану компосту здійснювалася на різних етапах дозрівання (однорічний, дворічний та трирічний компост). Фіксація візуальних змін проводилася за допомогою фотографування на ключових етапах процесу (осінь, зима та весна). Також аналізувалася структура компосту, його колір, вологість, запах та ступінь розкладу органічних залишків.

Після трьох років дозрівання компост було просіяно та розподілено за фракціями: крупна (7–15 мм); середня (3–7 мм) та дрібна (менше 3 мм).

Отримані зразки досліджувалися візуально та за допомогою мікроскопа.

Було проведено польові експерименти із внесенням просіяного компосту у ґрунт перед посадкою гірчиці та картоплі. Візуально оцінювалася схожість та приріст біомаси рослин у порівнянні з контрольними ділянками без внесення компосту. Отримані дані систематизовано, проаналізовано та подано у вигляді фотографій, що ілюструють процес компостування, структуру дозрілого компосту та його вплив на рослинність.

Методика дозволила комплексно оцінити процес компостування, встановити оптимальні умови для його реалізації та підтвердити ефективність отриманого компосту як органічного добрива.

Результати дослідження. Дослідження процесу побутового компостування органічних відходів рослинного походження продемонструвало ефективність поступового розкладу біоматеріалів у контрольованих умовах. Аналіз результатів базується на фотознімках процесу компостування на різних етапах, що відображають зміни структури та властивостей компостної маси протягом трьох років.

На рис. 1 зафіксовано основні етапи перетворення органічних відходів у готовий компост.

У вересні 2022 року (рис. 1а) зафіксовано вигляд дворічного компосту (праворуч) і однорічного компосту (ліворуч), що демонструє поступову зміну структури органічної маси. У грудні 2022 року (рис. 1б) показано процес поповнення компосту після осіннього прибирання ділянки, що є важливим етапом для забезпечення рівномірного розкладу матеріалів. У березні 2023 року (рис. 1в) зафіксовано вигляд компостної маси після зими, що демонструє природну ферментацію та зменшення об'єму органічної сировини. У квітні 2023 року (рис. 1г, 1д) відображено процес закладання нової компостної купи та використання готового компосту на третій рік.

Подібну динаміку підтверджують фотографії (рис. 2), що демонструють аналогічні зміни в червні



Рис. 1. Фотографії процесу компостування: а – вигляд дворічного (справа) та однорічного (зліва) компосту (25.09.2022); б – поповнення компосту після збору врожаю та прибирання городу (01.12.2022); в – вигляд компосту після зими (18.03.2023); г, д – закладка нової купи компосту та використання компосту на 3 рік (квітень 2023)

2023 року: компост різного ступеня дозрівання, поповнення сировини травною, а також підготовку нового матеріалу до компостування.

На фотографіях висушених зразків (рис. 3) продемонстровано фізичні властивості компосту на третьому році дозрівання. Вигляд непросіяного компосту свідчить про різномірність фракцій (рис. 3а), тоді як просіяний матеріал (рис. 3б, 3в) має рівномірнішу структуру, придатну для внесення в ґрунт.

Мікроскопічний аналіз просіяного компосту різних фракцій (рис. 3г, 3д, 3е) показує його якісний склад, а саме:

- фракції 7–15 мм містять частково розкладені органічні залишки;
- фракції 3–7 мм є більш гомогенними та мають високу вологоємність;
- фракції менше 3 мм характеризуються високою насиченістю поживними речовинами, що свідчить про їхню придатність як ґрунтового покращувача.

Обговорення. Аналіз результатів дослідження процесу компостування (рис. 1 та рис. 2) свідчить, що при компостуванні в домашніх умовах без особливих зусиль протягом двох років відбувається достатньо повне перетворення органічного матеріалу (товсте бадилля рослин, залишків городини та харчових відходів) у майже однорідний за складом компост. Вже на третій рік можна використовувати

його для внесення у ґрунт після попереднього просіювання. Аналіз гранулометричного складу компостних решток (рис. 3) показує, що переважна більшість маси (близько 85%) має частинки менше 3 мм, які зручно вносити в ґрунт.

Результати дослідження, наведені на рис. 4, демонструють позитивний вплив внесення просіяного компосту на розвиток рослин завдяки поповненню ґрунту органічними речовинами. Візуальний аналіз зростання гірчиці (рис. 4а) показав суттєве збільшення біомаси в зонах внесення компосту, що свідчить про покращення поживного середовища. Подібна тенденція спостерігається у випадку картоплі (рис. 4б), де зафіксовано підвищену схожість та прискорений ріст рослин на початковому етапі зростання.

Такий ефект пояснюється високим вмістом органічних речовин та поживних елементів у компості, які сприяють активному розвитку кореневої системи та покращують структуру ґрунту. Крім того, компост допомагає утримувати вологу, що є критично важливим фактором під час проростання насіння.

З урахуванням заборони на спалювання органічних відходів, які утворюються в індивідуальних господарствах (буряну, сухого бадилля та листя) використання методу компостування є перспективним для утилізації сільськогосподарських та харчових відходів. Проведені дослідження та успішна



Рис. 2. Фотографії процесу компостування: а – поповнення компосту першого року травною; б – вигляд наступної порції дворічного (справа) та однорічного (зліва) компосту (16.06.2023); в – вигляд дворічного компосту після зими (18.03.2023); г, д – закладка нової кучи компосту та використання компосту на 3 рік (квітень 2023)

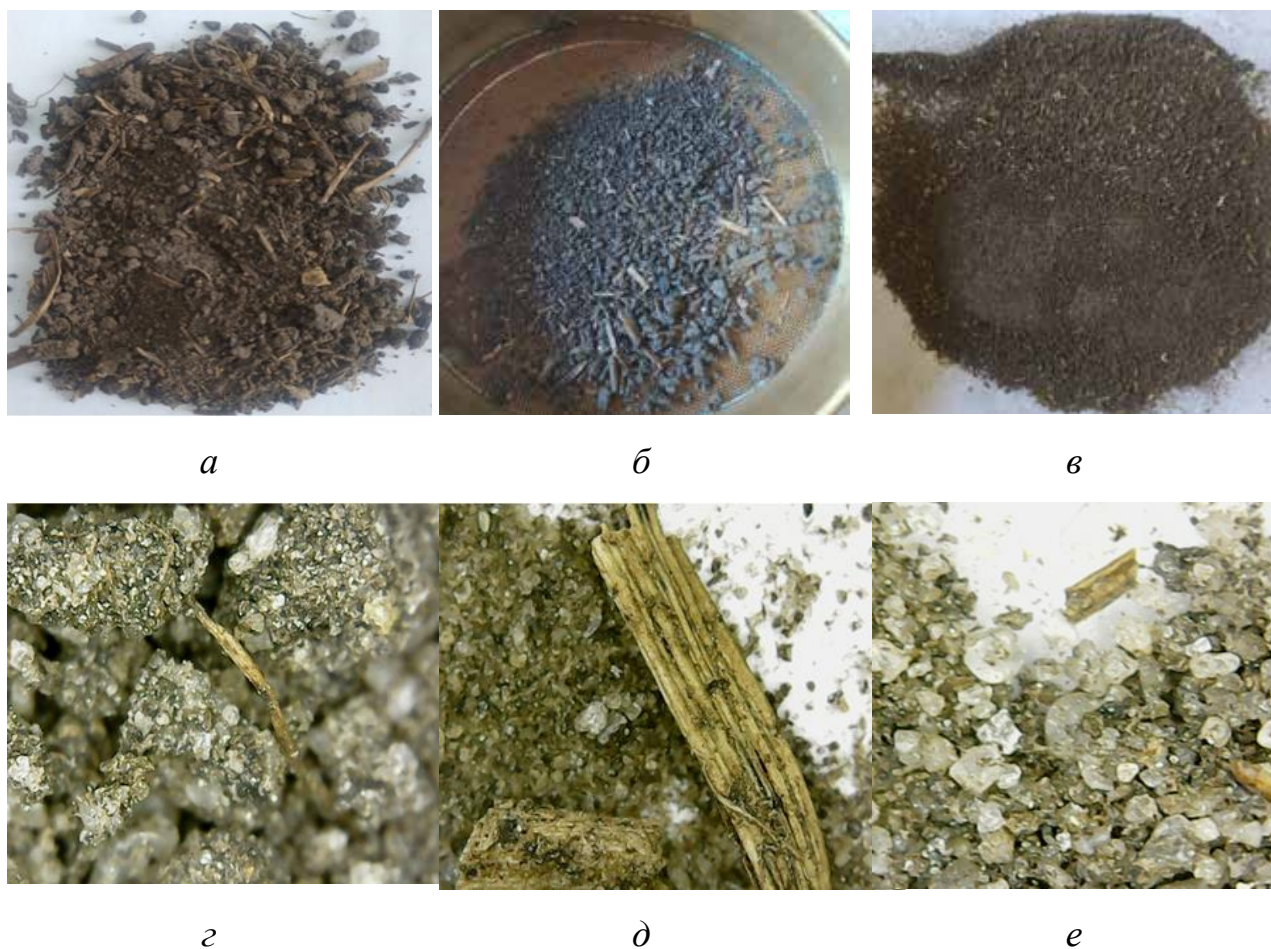


Рис. 3. Фотографії висушених зразків компосту на третій рік: а – вигляд не просіяного компосту на третій рік; б, в – фотографії просіяного компосту через сито 3 мм, г, д, е – фотографії під мікроскопом просіяного компосту різних фракцій (б – від 7 до 15 мм, в – від 3 до 7 мм, г – менше 3 мм)



Рис. 4. Приклади підвищення схожості та приросту біомаси після внесення весною просіяного компосту:
а – візуальне підвищення приросту біомаси гірчиці; б – схожість та підвищення приросту біомаси картоплі

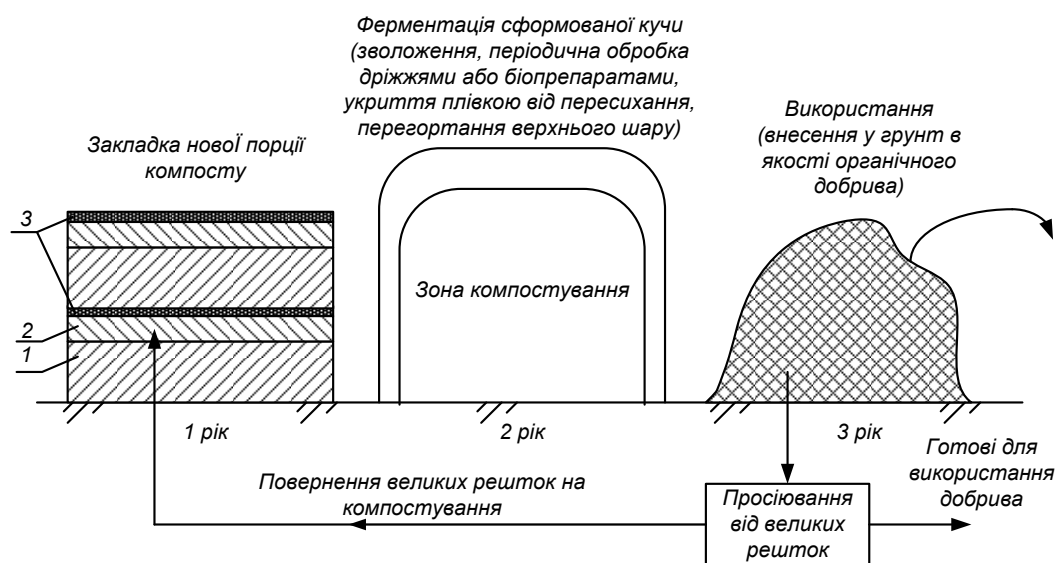


Рис. 5. Схема апробованого способу індивідуального компостування рослинних відходів:
1 – шар трави, харчові відходи органічного походження; 2 – важкоферментуємі відходи (товсте бадилля рослин, листя та дрібне гілля дерев) 3 – пересипка тонким шаром ґрунту

апробація способу кучного компостування дозволяють запропонувати схему індивідуального компостування (рис. 5), яка передбачає створенню трьох невеличких компостних куч. Перший рік рекомендується накопичення відходів протягом сезону або року (з весни до зими). Під час заповнення рослинними рештками доцільно використовувати поділ відходів на три основні компоненти, які укладаються шарами по мірі їх утворення:

- шар свіжої трави та харчових відходів – забезпечує джерело азоту, що прискорює процес розкладання;
- важкоферментовані відходи (товсте бадилля, листя, гілля) – уповільнюють процес розкладання, регулюючи баланс між швидкорозкладними та стійкими органічними матеріалами;
- пересипка тонким шаром ґрунту – сприяє утворенню стабільного мікробного середовища, що підтримує рівномірне дозрівання компосту.

На першому етапі укладається основний шар компостної купи, який складається з подрібненої трави та харчових відходів органічного походження (наприклад, залишки овочів, фруктів, кухонних відходів). Цей шар активно розкладається завдяки великій кількості азоту, що міститься в траві та харчових відходах, що сприяє швидкому розкладу матеріалів.

Другий шар складається з відходів, які важче піддаються ферментації, таких як товсте бадилля рослин, сухе листя та дрібне гілля дерев. Ці матеріали поступово розкладаються завдяки мікроорганізмам, але цей процес займає більше часу. Розміщення важкоферментуючих відходів дозволяє створити рівномірну структуру компосту та покращує аерацію, що важливо для нормального розкладу всіх компонентів.

Третій етап передбачає пересипку кожного шару компосту тонким шаром ґрунту. Це допомагає утримувати вологу, сприяє кращому розкладу органічних матеріалів та забезпечує контакт з корисними мікроорганізмами, що стимулюють процес компостування. Ґрунт також допомагає утримувати теплоту в купі, що необхідно для активного розкладу відходів.

Таким чином, протягом року з весни до зими накопичуються відходи для компостування, останні верхні шари формуються залишками бадилля та овочей пізньої осенню (рис. 1б) та протягом зими поповнюються лише залишками харчових відходів. На наступний рік з весни починається формування наступної кучі відходів (рис. 1г), а накопичені відходи у попередній рік вже не поповнюються відходами, лише зволожнюються та періодично укриваються плівкою. Для прискорення процесів ферментації за необхідністю (при наявності дрібних гілок фруктових дерев чи товстого бадилля, наприклад, соняшника чи кукурудзи) доцільно раз на 1–2 місяці обробляти кучу біопрепаратами або розчином з дріжджами чи просто додавати ґрунт. На третій рік (рис. 1д) ферментовану масу з весни можна вносити у ґрунт в якості органічного добрива. Для однорідності бажано перед внесенням у ґрунт просіяти кучу через сито чи сітку від великих решток та гілок, які залишились і повернути їх у нову кучу. Запропонований принцип компостування зводиться до створення трьох куч (рис. 1д):

– нової, яка створюється на початку кожного року і призначена для накопичення відходів;

– ферментуючої, яка протягом року після накопичення перегниває та перетворюється у компост;

– готового компосту, який можна використовувати в якості органічного добрива або субстрату для культурних рослин, висадки кущів або кімнатних рослин.

Таким чином, запропонована схема забезпечує достатньо ефективний і збалансований процес компостування, що дозволяє отримати високоякісне органічне добриво для подальшого використання в домашньому господарстві без потреби додаткових витрат на процес компостування. Перевагою запропонованого методу є те, що утилізація відходів не потребує багато місця для облаштування складування відходів і не потребує додаткових засобів чи споруд. Недоліком методу є тривалий час компостування (більше року до внесення у ґрунт), однак при запропонованій організації накопичування та ферментації цей недолік не є суттєвим.

Головні висновки.

1. Проведений аналіз процесу побутового компостування органічних відходів рослинного походження в умовах домашнього господарства. Отримані результати підтверджують достатню для практичного використання ефективність компостування для утилізації органічних відходів та їхнього перетворення на якісне добриво.

2. Спостереження за змінами компосту протягом трьох років підтверджують практичне повне перетворення органічних решток на субстрат на рівні 85% та дозволяють оптимізувати процес компостування шляхом дотримання правильної структури закладки матеріалів та контролю вологості.

3. Використання запропонованої технології дозволило отримати якісний компост, придатний для покращення структури ґрунту та підвищення його родючості. Внесення дозрілого компосту сприяє покращенню родючості ґрунту та мінімізує екологічні ризики, пов'язані з неправильним поводженням із біовідходами.

4. Візуальна оцінка підвищення родючості ґрунтів підтверджена спостереженням приросту біомаси на рівні 10–15% та прискореній схожості та вегетації рослин на ранніх етапах.

5. Запропонована схема компостування забезпечує оптимальний час та співвідношення компонентів, що сприяє рівномірному дозріванню та збереженню поживних речовин у кінцевому продукті.

Література

1. Горобець О.В., Галіцький В.А. Перспективні напрями утилізації органічних відходів. *Наука. Молодь. Екологія: 2016 рік* : матеріали ХІІ Всеукр. наук.–практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 27 трав. 2016 р. Житомир : ЖНАЕУ, 2016. С. 97–102.
2. Білецька Г.А., Матюшенко І.В. Компостування органічних відходів у побутових умовах. *Природничий альманах. Сер. Біологічні науки*. 2019. Вип. 26. С. 16–23.
3. Li W., Gao X., Fan R., Gai J., Li G., Luo W., Qi C., Xu Z. Cornstalks regulate bacterial dynamics to benefit organic humification in food waste digestate composting. *Environmental Technology & amp*. 2025. Vol. 37. P. 104044. DOI: 10.1016/j.eti.2025.104044

4. Павленко С. І., Ляшенко О.О., Лисенко Д.М., Харитонов В.І. Аналіз і обґрунтування технологічних процесів компостування сільськогосподарських органічних відходів тваринного походження. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Сер. Технічні науки*. 2011. Вип. 9. С. 94–104.
5. Xiao Y., Zeng G.-M., Yang Z.-H., Shi W.-J., Huang C., Fan C.-Z., Xu Z.-Y. Continuous thermophilic composting (CTC) for rapid biodegradation and maturation of organic municipal solid waste. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100, № 20. P. 4807–4813. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.05.013
6. Кращі європейські практики управління відходами / А. Войціховська, О. Кравченко, О. Мелень-Забрамна, М. Панькевич. Львів : Компанія «Манускрипт», 2019. 64 с.
7. Організація ефективного поводження з відходами: як діяти органам місцевого самоврядування / А. Войціховська, Н. Куць, М. Панькевич, Л. Тимошук. Львів : Компанія «Манускрипт», 2018. 108 с.
8. Органічні відходи: визначення, вплив на навколишнє середовище та способи їх переробки. *Infotech* : веб-сайт. URL: https://infotech-web.com/uk/advices/11610-organic-waste-definition-impact-on-the-environment-and-how?utm_source=chatgpt.com (дата звернення 22.02.2025 р.)
9. Chikae M., Ikeda R., Kerman K., Morita Y., Tamiya E. Estimation of maturity of compost from food wastes and agro-residues by multiple regression analysis. *Bioresource Technology*. 2006. Vol. 97, № 16. P. 1979–1985. DOI: 10.1016/j.biortech.2005.09.026
10. Zhu L., Liu L., Tan C., Li C., Le B., Yao X., Hu B. Sustainable decentralized food waste composting using a pulse alternating ventilation pilot-scale device: Case study based on LCA and LCC analysis. *Bioresource Technology*. 2025. Vol. 419. P. 132078. DOI: 10.1016/j.biortech.2025.132078
11. Гапенко М.В. Компостування органічної речовини. Мікробіологічні аспекти. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2014. Т.19. Вип. 1. С. 11–20.
12. Лінник М.Г., Семчук М.М. Технології і технічні засоби виробництва та використання органічних добрив : монографія. Київ, 2012. 244 с.
13. Шацький В.В., Поволоцький А. А. Основні вимоги до процесу та біотехнічної системи компостування органічної сировини. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2015. Т.157. С. 140–146.
14. He L., Huang G.-H., Zeng G.-M., Lu H.-W. Identifying optimal regional solid waste management strategies through an inexact integer programming model containing infinite objectives and constraints. *Waste Management*. 2009. Vol. 29. № 1. P. 21–31. DOI: 10.1016/j.wasman.2008.02.003
15. Iqbal J., Hu R., Feng M., Lin S., Malghani S., Ali I. M. Microbial biomass, and dissolved organic carbon and nitrogen strongly affect soil respiration in different land uses: A case study at Three Gorges Reservoir Area, South China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2010. Vol. 137. № 3–4. P. 294–307. DOI: 10.1016/j.agee.2010.02.015
16. Kumar M., Ou Y.-L., Lin J.-G. Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio. *Waste Management*. 2010. Vol.30. № 4. P. 602–609. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.11.023
17. Guo W., Zhou Y., Zhu N., Hu H., Shen W., Huang X., Zhang T., Wu P., Li Z. On site composting of food waste: A pilot scale case study in China. *Resources, Conservation and Recycling*. 2018. Vol.132. P. 130–138. DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.01.033
18. Li Z., Lu H., Ren L., He L. Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review. *Chemosphere*. 2013. Vol. 93. № 7. P. 1247–1257. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2013.06.064
19. Tiquia S. M. Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition. *Chemosphere*. 2010. Vol.79. № 5. P. 506–512. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2010.02.040
20. Coelho C., Cavani L., Halle A. ter Guyot G., Ciavatta C., Richard C. Rates of production of hydroxyl radicals and singlet oxygen from irradiated compost. *Chemosphere*. 2011. Vol. 85. № 4. P. 630–636. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.07.007
21. He X., Xi B., Wei Z., Guo X., Li M., An D., Liu, H. Spectroscopic characterization of water extractable organic matter during composting of municipal solid waste. *Chemosphere*. 2011. Vol. 82. № 4. P. 541–548. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2010.10.057