

УДК 631.861; 628.477

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.44>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ МІКРОКОМПОСТУВАННЯ З ПОДАЛЬШИМ БЕЗТРАНСФЕРНИМ ВИКОРИСТАННЯМ КОМПОСТУ

Тихомирова Т.С. – к.т.н., доцент,

доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

orcid.org/0000-0001-9124-9757

Разно М.Р. – аспірант кафедри хімічної техніки та промислової екології,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

orcid.org/0009-0004-9721-7210

У статті досліджено процес мікрокомпостування органічних відходів, які утворюються в індивідуальних домогосподарствах. Процес мікрокомпостування відбувається у невеликих ямах, що в подальшому дозволяє безтрансферне використання утвореного компосту, наприклад для висадки ягідних куців. У роботі досліджено процес компостування суміші органічних відходів, які складаються переважно з зелених садових відходів та харчових відходів в умовах відсутності традиційного компоненту компосту –гною та без додаткового зволоження та періодичного перемішування компосту.

Було встановлено, що процес компостування у ямах розміром 80х80, глибиною 50 см йде повільніше, ніж аналогічний процес у купах при закладанні однакового за складом компосту. Про це свідчить різниця у вологості між зразкам компосту, в тому числі через один рік після початку процесу компостування. У перші 20 днів після закладки різниця у вологості зразків не суттєва та не перевищує 2,5 мас.%; через 30 днів після закладки компосту вологість зразків з ями на 5 мас.% менша, ніж у зразків з купи. У наступні дні різниця у вологості зразків збільшується, досягаючи 20,1 мас.% через 90 днів після закладки. Максимальна вологість компосту у ямах в процесі дослідження становила 56 мас.% на 130 добу від закладки та далі не збільшувалась.

Процес мінералізації органічної речовини також у ямах йде повільніше, ніж у купах, про що свідчить різниця у вмісті нітрогену, фосфору та калію у зразках компосту. Через рік, у компості, який формувался у ямі, та компостом, який формувался у купі різниця між вмістом К становить 18 мг/кг; Р – 2 мг/кг; N – 17 мг/кг. Не дивлячись на менший вміст N, K, P у зразках компосту, який формувался у ямах у невеликих об'ємах, отриманий компост є дозрілим органічним добривом, про що також свідчить значення рН водної витяжки через 360 днів після закладки компосту, рН = 7,2.

Доцільність подальшого безтрансферного використання утвореного компосту було доведено при висадці в ями куців чорної смородини. Через рік після висадки спостерігалось в цілому кращий розвиток куців у ямах з компостом, ніж у контрольних висадках у непідготовлений ґрунт.

Поширення технології мікрокомпостування, в тому числі в умовах відсутності такої складової компосту, як гній та без додаткового зволоження, є перспективним для індивідуальних домогосподарств, особливо на деокупованих територіях при відновленні традиційного присадибного сільського господарства та для домогосподарств, де кількість утворених відходів є невеликою.

Ключові слова: мікрокомпостування; органічні відходи; безтрансферне використання; деокуповані території; індивідуальні домогосподарства.

Tykhomyrova T.S., Razno M.R. Microcomposting process research with further non-transferable compost use

Organic waste generated in individual households' microcomposting process is researched in this work. The microcomposting process takes place in small pits, which subsequently allows for the non-transferable compost to be used, for example, for planting berry bushes. The composting process for an organic waste mixture, which consists mainly of green garden waste and food waste in the absence of the traditional compost component – manure and without additional moistening

and periodic compost` mixing was researched in this work. It was found that the composting process in pits measuring 80x80, 50 cm deep is slower than a similar process in piles when laying compost of the same composition. This is evidenced by the difference in moisture content between compost samples, including one year after the start of the composting process. In the first 20 days after laying, the difference in samples` moisture content is not significant and does not exceed 2.5 wt.%; 30 days after composting, the moisture content of samples from the pit is 5 wt.% lower than that of samples from the piles. In the following days, the difference in moisture content increases, reaching 20.1 wt.% 90 days after composting. The maximum moisture content of compost in the pits during the study was 56 wt.% on the 130th day after composting and did not increase further. The organic matter mineralization process also proceeds more slowly in the pits than in the piles, as evidenced by the difference in the nitrogen, phosphorus, and potassium content in the compost samples. After a year, in the compost formed in the pit and the compost formed in the piles, the difference between the K content is 18 mg/kg; P – 2 mg/kg; N – 17 mg/kg. Despite the lower content of N, K, and P in the compost samples, which were formed in small volumes in the pits, the resulting compost is a mature organic fertilizer, as also evidenced by the pH value of the water extract 360 days after the compost was laid, pH = 7.2.

The further transfer-free use feasibility of the formed compost was proven when planting blackcurrant bushes in the pits. A year after planting, generally better development of the bushes was observed in the pits with compost than in the control plantings in unprepared soil.

The microcomposting technology spread, including in the manure absence and without additional moistening, is promising for individual households, especially in de-occupation territories during the traditional household agriculture restoration and for households where the waste generated amount is small.

Key words: microcomposting; organic waste; non-transferable use; deoccupied territories; individual households.

Постановка проблеми. Процес компостування органічних відходів переважно відбувається у спеціально обладнаних буртах або контейнерах чи у купах на поверхні ґрунтів. Матеріальні та трудові витрати більші при облаштуванні буртів чи закупівлі спеціальних контейнерів для компостування ніж при улаштуванні куп, проте процес складування у купи вимагає певних спеціальних навичок. Описані вище витрати або необхідність спеціальних навичок призводить до того, що при невеликих обсягах органічних відходів, особливо в індивідуальних домогосподарствах, процес компостування майже не використовується. Альтернативним методом компостування є здійснення такого процесу у заглибленнях у ґрунтах, тобто у ямах, в тому числі без додаткового зволоження. Ефективність компостування у невеликих ямах та вплив отриманого компосту на локальну родючість ґрунтів є маловивченим, особливо при безтрансферному використанні отриманого компосту для вирощування плодових кущів або дерев.

Аналіз публікацій. У роботі [1, с. 75] автори довели можливість компостування різноманітних органічних відходів прямим методом закладання відходів у ями з наступним накриттям ям поліетиленовою плівкою, а також дослідили процеси компостування в умовах нестачі традиційних складових компосту та вологи, в тому числі на деокупованих територіях. Автори [2, с. 3] відзначають, що компостування у ямах відбувається повільніше, у порівнянні з іншими методами, зрілість та якість компосту у ямах на 60-ту добу гірша, ніж при інших досліджених способах компостування. При аеробному процесі компостування харчових відходів у домашніх умовах на 21 добу утворюється компост з слаболужним середовищем, який може потребувати ще додаткового періоду дозрівання [3, с. 4]. Компостування у побутових умовах є ефективним методом зменшення обсягів органічної фракції твердих побутових відходів, які потребують захоронення на полігонах. Прискорення процесу компостування за допомогою мікробіологічних препаратів як елемент підвищення поширеності компостування досліджено авторами у [4, с. 212]. Модульні установки з автоматичною подачею гною та вивантаженням

компосту, аерацією та змішуванням досліджено авторами [5, с. 2], доведено їх ефективність та можливість прямого використання отриманого компосту безпосередньо на полях, поблизу місць утворення гною та його компостування.

Використання при компостуванні не тільки рослинних решток та харчових відходів, а й відходів великотоннажних виробництв харчової галузі, наприклад дріжджових клітин рідких відходів дріжджового виробництва є комплексним підходом до управління відходами різних галузей та призводить до інтенсифікації процесу утворення дозрілого компосту [6, с. 54]

Метою даної роботи є дослідження процесу мікрокомпостування органічних відходів у невеликих ямах та ефективність його безтрансферного використання.

Матеріали та методи. Склад досліджуваного компосту був у всіх ямах наступний: гілки малинових кущів – 15 мас.%; харчові відходи які не містять дріжджів – 25 мас.%; свіжі зелені садові відходи – 35 мас.%; целюлоза – 10 мас.%; харчові відходи, які містять дріжджі (хліб пшеничний білий вищого та першого гатунку) – 10 мас.%; сухе опале листя фруктових дерев, окрім гороху волоського – 5 мас.%. Компост не містив тваринного посліду (гною) для моделювання процесу компостування в умовах деокупованих територій, де тваринництво відновлюється повільними темпами й спостерігається нестача або повна відсутність такого елементу компосту [1, с.73]. Зволоження – тільки природна атмосферна волога; початок закладання компосту – квітень 2023 року, тривалість накопичення компосту у ямах перед закриттям шаром ґрунту – 48 годин.

Компостування відбувалось у ямах, які викопувались безпосередньо у місцях майбутньої висадки ягідних кущів. Розмір ями становив 80x80 см, глибина 50 см (рис. 1а). Кількість закладених ям – 5 шт на відстані 1 м одна від одної. Нижній шар компосту складався з гілок середнього розміру та опалого листя (рис. 1б), далі шар харчових відходів та дрібних зелених садових решток, переважно трави (рис. 1в). Верхній шар компостної ями – ґрунт, без накриття полімерними матеріалами, відстань до краю ями ≤ 10 см (рис. 1г) з метою створення штучного заглиблення для утримання атмосферної вологи. В якості контрольного зразку використовувався компост, утворений у купі (рис. 1д).

Дослідження проводились у Харківській області, Харківський район у період з 2023 по 2025 рр. Механічний тип ґрунту у місцевості проведення дослідження – легкоглинистий, тип ґрунту – сірі опідзолені.

Вологість компосту визначалась ваговим методом за різницею мас зразків до та після сушки до постійної маси за температури 105°C згідно стандартної методики, описаної у [6, с.57], а також експрес методом з використанням портативного приладу для визначення параметрів ґрунтів Intelgent soil detector виробництва Китайської народної республіки (рис. 2а). Вміст окремих хімічних елементів у ґрунтах та компості визначався експрес методом з використанням портативного приладу YG-09 виробництва Китайської народної республіки (рис. 2б). Значення рН компосту визначали по водній витяжці електрометричним методом [7, с. 14] та безпосередньо у місці досліджень портативним приладом Intelgent soil detector (рис. 2а).

Результати досліджень. Процес компостування супроводжується збільшенням вологості компосту. Вода, так само як й вуглекислий газ та енергія, продукується мікроорганізмами, які розкладають органічну речовину [6, с.55]. Чим інтенсивніше відбувається перша, мезофільна стадія компостування, тим більша вологість компосту у визначений момент часу. Проведені у перші 3 місяці дослідження показали, що вологість зразків компосту, відібраних з середнього шару



Рис. 1. Дослідні компостні ями та компостна купа

а – розміри компостної ями; б – перший дренажний шар гілок куцив малини; в – шар харчових відходів та свіжих зелених відходів; г – верхній шар ґрунту; д – компостна купа

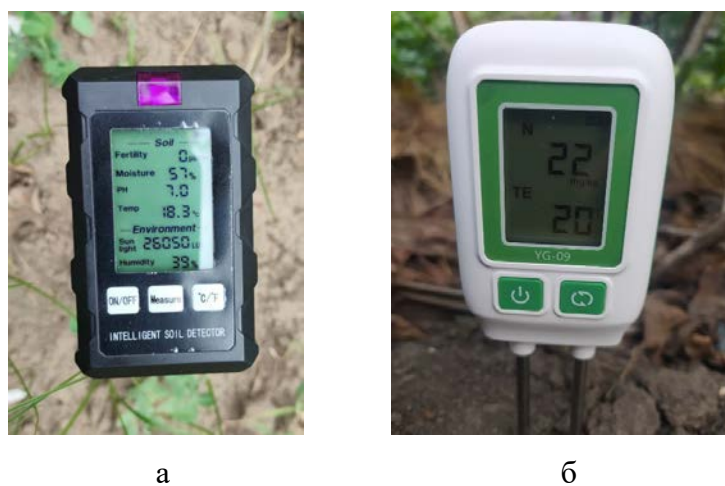


Рис. 2. Портативні прилади для аналізу параметрів ґрунтів

а – портативний прилад Inteleger soil detector; б – портативний прилад YG-09

ями та середнього шару купи суттєво відрізняються (табл.1). Процес мікрокомпостування у ямах йде повільніше, ніж у купах. У перші 20 діб після закладки різниця у вологості зразків не суттєва та не перевищує 2,5 мас.% (табл.1).

Проте вже через 30 діб після закладки компосту вологість зразків з ями на 5 мас.% менша, ніж у зразків з купи.

Таблиця 1

Зміна вологості зразків компосту в залежності від умов компостування

Місце утворення компосту	Вологість, мас.% через діб від закладки								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Яма	25,2	26,8	29,5	33,3	36,8	39,4	42,2	44,1	45,3
	25,0	26,0	29,0	33,0	36,0	39,0	42,0	44,0	45,0
Купа	27,3	28,4	34,8	38,3	44,8	50,5	56,2	60,6	65,4
	27,0	28,0	32,0	38,0	44,0	50,0	56,0	60,0	65,0

Примітка 1- визначено ваговим методом; 2 – визначено експрес-методом

У наступні дні різниця у вологості зразків збільшується, досягаючи 20,1 мас% через 90 діб після закладки.

Максимальна вологість компосту у ямах в процесі дослідження становила 56 мас% на 130 добу від закладки та далі не збільшувалась.

Процес перетворення органічної речовини під час формування компосту також супроводжується втратою органічної складової, переважно вуглекислого газу й, відповідно, збільшенням неорганічної складової компосту. Окрім вологості компосту про інтенсивність процесу компостування можуть свідчити зміни у вмісті певних хімічних елементів. У даній роботі було досліджено зміну вмісту калію (K), фосфору (P) та нітрогену (N) на різних етапах формування компосту в ямах та у купі (рис.3). N, K, P входять до групи найважливіших мікроелементів, нестача яких призводить до неможливості отримання високих врожаїв та високого рівня укорінення сільськогосподарських рослин [8, с. 147]

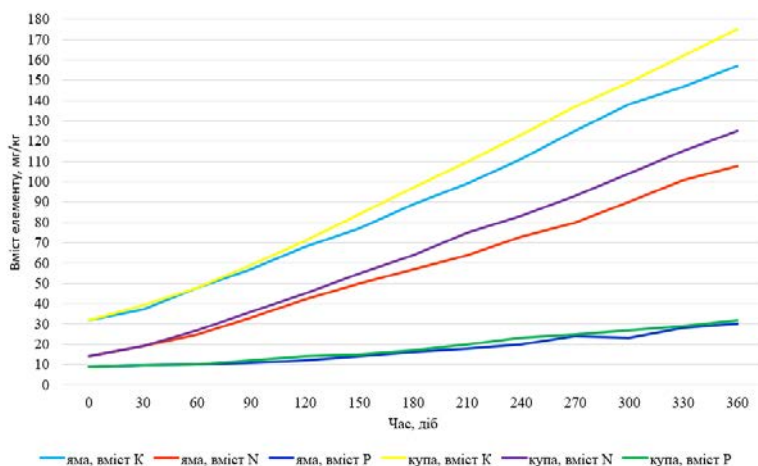


Рис. 3. Динаміка зміни вмісту калію, фосфору та нітрогену у компості різного ступеню зрілості в залежності від місця утворення та часу

Ґрунт, у якому відбувалось компостування характеризується дуже низьким вмістом мінеральних речовин: нітрогену – 5 мг/кг; фосфору – 6 мг/кг; калію – 20 мг/кг. За таких умов міграція вказаних елементів з ґрунту в компост є малоімовірним. Швидкість накопичення N, K, P у ямі менша за швидкість накопичення у купі (рис.3). Проте, різниця у швидкості накопичення спостерігається тільки після 60 діб компостування, а суттєвою різниця стає після 180 діб. Наприклад, у момент часу 240 діб від початку компостування вміст K у зразках компосту з ями на 12 мг/кг менша, ніж у зразках з купи; вміст N у зразках компосту з ями на 10 мг/кг менша, ніж у зразках з купи. Вміст фосфору зростає не так інтенсивно, як двох інших компонентів, що може бути зумовлено відсутністю гною у складі досліджуваного компосту. Через рік, у компості, який формувався у ямі, та компостом, який формувався у купі різниця між вмістом K становить 18 мг/кг; P – 2 мг/кг; N – 17 мг/кг. Не дивлячись на менший вміст N, K, P у зразках компосту, який формувався у ямах у невеликих об'ємах, отриманий компост є дозрілим органічним добривом, про що також свідчить значення рН водної витяжки через 360 днів після закладки компосту, рН = 7,2 (табл. 2). Оптимальне значення рН дозрілого компосту лежить в межах від 6 до 8 або навіть до 8,5 [1, с.75; 6, с.58]. різниця у значенні рН компосту, який утворився у купі та компосту, який формувався у ямі є незначним в кінці першого року формування.

Таблиця 2

рН водної витяжки компосту в залежності від місця формування

Місце утворення компосту	Значення рН у момент часу від початку формування, діб			
	90	180	300	360
яма	5,4 ¹	5,9	6,7	7,2
	5,5 ²	6,0	6,5	7,0
купа	5,7	6,1	6,8	7,3
	5,5	6,0	6,5	7,0

Примітка: 1 – значення рН, визначене в лабораторії; 2 – значення рН, визначене експрес методом

Безтрансферне використання утвореного у ямі компосту показало свою ефективність при посадці ягідних кущів. Для цього етапу досліджень через 1 рік після початку формування компосту, у квітні 2024 року, була проведена посадка кущів чорної смородини (*Ribes nigrum*) раннього сорту Мрія Київська безпосередньо у ями з компостом на глибину 40 см, зверху вкладався шар ґрунту товщиною 10 см. При посадці проводилось додаткове зволоження місця посадки у розрахунок 5 л води на один кущ. Саджанці мали висоту 25 см, одну гілку та 7 листових бруньок на ній, корінь довжиною до 7-10 см. Для порівняння було здійснено посадку таких саме саджанців смородини чорної звичайним методом на тій самій дослідній ділянці у ями розміром 50х50 см на глибину 40 см. Як було вказано вище, ґрунт на дослідній ділянці характеризується дуже низьким вмістом N, K, P та має легкоглинистий механічний тип. Експозиція відносно сонця, періодичність додаткового зволоження, температурний режим були однаковими для всіх кущів у період з квітня 2024р. по травень 2025р. Кількість посаджених кущів – по 5 у кожні з умов.

Через один рік візуальне спостереження за кущами чорної смородини показало, що наземна частина кущів чорної смородини краще розвивається при

посадці у ями з компостом (рис.4а), ніж при посадці у простий необроблений ґрунт (рис.4б). Добре укорінення кущів у ямах з компостом через один рік призводить до появи 8 нових гілок-відростків на поверхні, що на 50% більше ніж у кущів, посаджених у непідготовлений ґрунт. Висота наземної частини кущів, посаджених у ями з компостом в середньому на 3-5 см менша, ніж у кущів посаджених у непідготовлений ґрунт (рис.4а, 4б). Проте така не значна різниця може бути, втому числі, за рахунок пріоритетного розвитку кущем однієї головної гілки, що може свідчити про не повноцінне укорінення. Також на 30 – 40% відрізняється площа листової пластинки – у кущів, посаджених в ями з компостом вона більша (рис.4в).

Завдяки мікрокомпостуванню, тобто протіканню процесу перетворення органічної речовини у невеликих об'ємах, вдається запобігти локальному перегріву кореневої системи на пізніх стадіях дозрівання компосту при висадці кущів через 1 рік після закладання компосту. Під час дослідів спостерігалось 100% укорінення кущів, які висаджувались у ями з компостом, через 1 рік так само 100% кущів мають зелену наземну частину. При висадці кущів у не підготовлений ґрунт через 1 рік тільки 60% кущів мають зелену наземну частину.

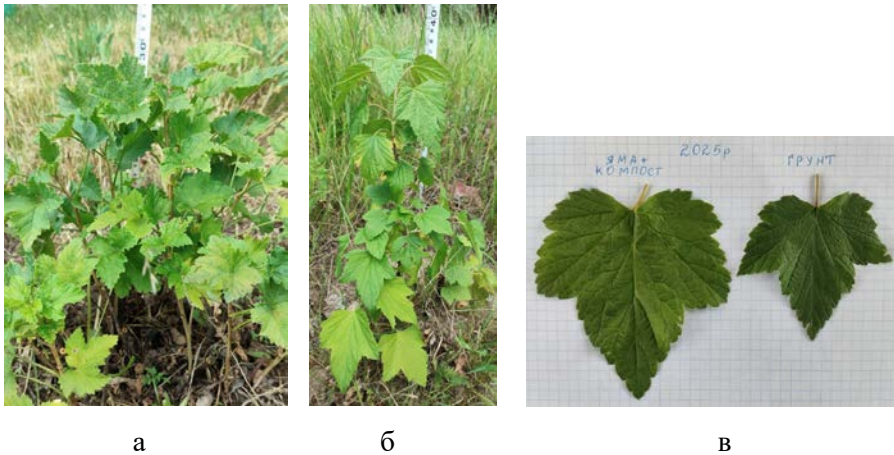


Рис. 4. Візуальна оцінка стану кущів смородини в залежності від умов висадки через 1 рік
а – висаджені у яму з компостом; б – висаджені у непідготовлений ґрунт;
в – різниця у площі листів

Висновки і рекомендації: Результати дослідження показали доцільність проведення компостування органічних відходів, в тому числі свіжих зелених та харчових, у невеликих ямах з подальшим безтрансферним використанням утвореного компосту для висадки ягідних кущів, зокрема чорної смородини. Процес мікрокомпостування у ямах протікає повільніше, ніж у традиційних купах, проте отриманий у підсумку через 1 рік компост є дозрілим та має рН на рівні 7,2. Також було доведено можливість компостування органічних відходів без додавання гною, який є традиційним компонентом компосту.

Поширення технології мікрокомпостування, в тому числі в умовах відсутності такої складової компосту, як гній та без додаткового зволоження, є перспективним для індивідуальних домогосподарств, особливо на деокуповних територіях при відновленні традиційного присадибного сільського господарства.

Простота здійснення мікрокомпостування у ямах також дозволяє уникнути небезпечного та шкідливого процесу спалювання невеликої кількості садових відходів в індивідуальних домогосподарствах, коли закладання компостної купи видається не раціональним та безперспективним з-за малої кількості органічних відходів.

Мікрокомпостування з подальшим безтрансферним використанням компосту на місці утворення у ямах також може бути реалізовано в умовах урбанізованих території для опалого листя та подальшої висадки багаторічних трав'янистих рослин або декоративних кущів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Тихомирова Т. С., Шестопапов О. В., Разно М. Р., Кочетов М. С. Дослідження впливу складу компосту на його здатність покращувати якість ґрунтів. *Аграрні інновації*. 2024. №25. С.72-78.
2. Mengistu, T., Gebrekidan, H., Kibret, K. *et al.* Comparative effectiveness of different composting methods on the stabilization, maturation and sanitization of municipal organic solid wastes and dried faecal sludge mixtures. *Environmental System Research*. 2018. №5. P.1–8. URL: <https://doi.org/10.1186/s40068-017-0079-4>
3. Margaritis M., Dimos V., Malamis D., Loizidou M. An experimental investigation of the composting process in an innovative home composting System: The influence of additives. *Cleaner Materials*. 2023. Vol.8. P.1–8. URL: <https://doi.org/10.1016/j.clema.2023.100185>.
4. Корбут М.Б., Давидова І.В. Популяризація процесу компостування органічних відходів у побутових умовах. *Екологічні науки*. 2021. №1(34). С. 210 – 214.
5. Скляр О. Г., Курукін В. С. Аналіз технологій прискореного компостування гною (посліду). 2021. Електронний ресурс. Код доступу: www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/skljar2021_2.pdf
6. Пасенко А.В., Солошич І.О., Дігтяр С.В., Івасенко Ю.Д. Інноваційний напрямок комплексного використання відходів дріжджового виробництва та біопрепарату «Радород» в процесі компостування листяного опаду. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Т.27(2). С 54–60.
7. Воробець М.М., Сема О.В., Сачко А.В. Стандартизація, сертифікація, метрологія та управління якістю : методрекомендації до лабораторних робіт. Чернівці, 2021. 32 с.
8. Пінковський Г.В., Машенко Ю.В. Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2019. Вип.107. С. 145–150.