

# ТЕХНІЧНІ НАУКИ

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-4-80-46>

УДК 631.879.4

**Брич К.А.**

КЗ «НВК «Загальноосвітній навчальний заклад І-ІІ ступенів – академічний ліцей № 15» Кам'янської міської ради

**Василенко І.А.**

Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»

## РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ РЕЦЕПТУРИ ДОЗРІВАННЯ КОМПОСТУ

**Анотація.** У статті розглянута проблема накопичення твердих побутових відходів в Україні та можливість її вирішення шляхом сортування та переробки утворених відходів. Компостування – один зі способів переробки органічної складової твердих побутових відходів. Цей спосіб реалізований у НВК – академічний ліцей № 15 м. Кам'янське завдяки перемозі у проєкті «КОПОЛА» та розробленні рецептур ощадного і швидкого компостування. Здійснене порівняння показників зразків готового добрива з нормативними. До всіх компостерів закладалась однакова вторинна органічна сировина: очистки сирих овочів та фруктів; шкаралупа сирих яєць; заварка від чаю; залишки крупи чи каші без додавання масла; скошена трава; папір, картон; зів'ялі квіти; опале листя; тоненькі гілочки у незначній кількості. Параметри готового продукту відповідають нормативним. Після дозрівання та дослідження зразків компосту був перевірений їх вплив на зростання та розвиток рослин, за такими показниками як: проростання насіння, зростання рослини, розмір листя та довжина головного кореня. Дані експерименту вказують, що усі рецептури компосту мають однаковий позитивний вплив на розвиток рослин. У результаті проведених досліджень: визначений вплив компонентів компосту на інтенсивність дозрівання добрива та розроблені економічно вигідні рецептури; визначені показники безпеки добрива для рослин та людини; досліджені якісні характеристики добрив (на зразках квасолі звичайної) та вплив компонентів розроблених рецептур компосту на зростання та розвиток рослин; визначені економічні переваги розроблених рецептур. Результати досліджень показали, що розроблені рецептури є ефективними та вигідними для компостування органічної складової твердих побутових відходів від ідалень навчальних закладів (дошкільні навчальні заклади, школи, ВНЗ), кухні приватного будинку або квартири для утилізації відходів та підживлення зелених насаджень (сад, город, кімнатні рослини). Технологія може бути застосована для кафе/ресторанів, які мають свій сад, оранжерею, вирощують власні продукти харчування.

**Ключові слова:** тверді побутові відходи, сміття, звалища, органічні відходи, компостування, добриво.

**Brich Kateruna**

Educational Complex – Academic Lyceum № 15

**Vasylenko Inna**

Ukrainian State University of Chemical Technology

## DEVELOPMENT OF AN EFFECTIVE COMPOUND MATURE RECIPE

**Summary.** The article deals with the problem of solid waste accumulation in Ukraine and the possibility of solving it by sorting and processing the generated waste. Composting is one way of processing the organic component of municipal solid waste. This method was implemented at the Educational Complex – Academic Lyceum № 15 in Kamianske, thanks to the victory in the KOMPOLA project and the development of savings and rapid composting recipes. Comparison of samples of finished fertilizer samples with regulatory ones was made. All composters have the same secondary organic raw materials: purification of raw vegetables and fruits; the shell of raw eggs; tea brewing; cereals or cereals without the addition of butter; mowed grass; paper, cardboard; faded flowers; fallen leaves; thin twigs in small numbers. The parameters of the finished product comply with the normative ones. After ripening and compost samples were examined, their effects on plant growth and development were examined, using indicators such as seed germination, plant growth, leaf size, and root length. Experiment data indicate that all compost formulations have the same positive impact on plant development. As a result of the conducted research: the influence of compost components on the intensity of fertilizer ripening was determined and economically advantageous formulations were developed; determined fertilizer safety indicators for plants and humans; the qualitative characteristics of fertilizers (on samples of common beans) and the influence of components of the developed compost formulations on plant growth and development were investigated; the economic benefits of the formulations developed. Research results show that the formulations developed are effective and profitable for the composting of the organic component of municipal solid waste from the canteens of schools (preschools, schools, universities), kitchens of a private house or apartment for waste disposal and feeding green space (garden, garden, rooms plants). The technology can be applied to cafes / restaurants that have their own garden, greenhouse, grow their own food.

**Keywords:** solid household waste, garbage, landfill, organic waste, composting, fertilizer.

**Постановка проблеми.** Останнім часом в Україні загострилась проблема сміття пов'язана з: неефективністю сміттєзбору на місцевому рівні; нерозвиненістю загальної культури громадян. Одним з чинників збереження довкілля є зменшення накопичення побутових відходів шляхом переробки сміття, якій передують його сортування.

Відповідно до Закону України «Про відходи» будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються у процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення чи вивезення та яких їх власник повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення, називають відходами [1].

Окрім офіційних звалищ, за які відповідають певні служби, існують ще так звані «стихийні» звалища. Їх часто можна спостерігати на прибудинкових територіях чи лісопаркових зонах. За них ніхто не відповідає, суміш з різноманітних видів сміття розкладається, отруюючи повітря, воду та ґрунти. Тому, розумне використання ресурсів має стати повсякденною звичкою.

За даними спеціальних служб, на одного мешканця міста Кам'янське припадає 50 кг твердих побутових відходів на рік. Тара одноразового використання становить близько 6% усіх твердих побутових відходів, близько 50% негорючих відходів і приблизно 90% сміття на узбіччях дороги, яке не розкладається природним шляхом. Переважну більшість таких відходів складають у спеціально відведених місцях, оскільки їх переробка не налагоджена. В Україні відкриті звалища, на жаль, стали найпоширенішим явищем. У місті Кам'янське налічується одне звалище зареєстроване законом, це Миське звалище, проте дуже багато «стихийних» звалищ. Кардинальним вирішенням проблеми сміття є вторинна переробка відходів.

Органічні відходи утилізують шляхом компостування або висушування, але у місті Кам'янське, на жаль, такі методи не поширені. Щоб призупинити процес накопичення сміття в межах НВК – академічний ліцей № 15, учням ліцею та співробітникам було запропоновано прийняти участь в міській програмі щодо впровадження роздільного збирання побутових відходів – «Крок до сталого розвитку міста Кам'янське». А у 2018 р. ліцей увійшов до числа переможців проекту «КОМПО-ЛА» та як винагороду отримав у подарунок компостер. Але запропонована рецептура компостування не є вигідною з точки зору економічних витрат та витрат часу. Тому виникла ідея: розробити оптимальну та економічно вигідну рецептуру компостування для заготівлі компосту з відсортованої органічної сировини і його використання у межах навчального закладу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблематикою статті займалися Кравчук В.І., Таргоня В.С., Роженко В.П., Таргоня С.В., Роженко І.В., Коняхін Г.Ф., Верещакін В.Л., Яценко Р.А., Мартинова Ф.М. та ін. В публікаціях [2; 3; 4] наведені технології отримання компосту за допомогою штаблів аеробних мікроорганізмів та хробаків. Ці способи компостування відомі, але мають недоліки у їх застосуванні на території ліцею. Насамперед, вони передбачають значні економічні витрати для придбання мікроорганізмів та хробаків, а також утеплення компостера у зимовий період спеціальними матеріалами.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Для ефективної реалізації поставленої мети необхідно: вдосконалити та проаналізувати систему збору ТПВ; розробити рецептуру органічного добрива з відсортованих органічних відходів, що утворюються у межах ліцею; дослідити вплив біологічно-активних речовин у складі добрив на зростання, розвиток рослин та на вміст шкідливих речовин з подальшим визначенням безпечності біомаси; дослідити перевагу органічних добрив над мінеральними та бактеріальними добривами.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є дослідження можливості запровадження вторинної переробки відсортованої органічної сировини, шляхом застосування розробленої рецептури виготовлення органічних добрив у НВК – академічний ліцей № 15 (м. Кам'янське).

**Виклад основного матеріалу.** Розкладання органічних відходів у ґрунті і тілі полігонів обумовлене неприродними умовами, адже вони мають анаеробний характер, це призводить до того, що органічні відходи в товщі землі або під шарами відходів не можуть розкладатись в повному обсязі, оскільки аеробні бактерії, які можуть здійснювати глибоке окиснення органічної складової, не здатні виживати без доступу кисню в товщі відходів [4]. Дослідження показало, що впродовж 5–6 років лише менше ніж третина органічних відходів розкладається. Зазвичай в сприятливих природних умовах розкладання органічних відходів відбувається менше ніж за рік. Майже всі види органічних відходів можуть бути перероблені у цінні продукти у разі використання певних технологій [5].

Як правило, компостування застосовується для твердих і напівтвердих органічних відходів, таких як тваринний гній, сільськогосподарські залишки та муніципальні відходи, в яких суцільний вміст твердої речовини зазвичай перевищує 5%. Іншими словами, компостування – це технологія, призначена для перетворення органічних твердих відходів в стабільний, подібний гумусу продукт, який в основному використовується для покращення складу ґрунту. Як біохімічний процес він лімітується мікробними популяціями і факторами зовнішнього середовища.

При цьому процесам життєдіяльності мікроорганізмів сприяють:

- наявність вологи – здійснюється за рахунок додаткового зрошення;
- наявність кисню у всіх точках середовища – здійснюється за рахунок перемішування;
- зменшення витрат тепла – здійснюється за рахунок термоізоляції;
- збільшення питомої поверхні – здійснюється за рахунок подрібнення.

Агрохімічні властивості компосту не поступаються традиційним органічним добривам, таким як гній, пташиний послід і торф, а в деяких аспектах і перевершують їх.

На першому етапі дослідження була вивчена запропонована рецептура № 1 (вона додавалася у вигляді інструкції до користування компостером) та дія біопрепаратів – рецептура № 2. На наступному етапі виконана розробка власних рецептур компостування № 2 та № 3.

Рецептура № 1. Каліфорнійські хробаки допомагають відходам швидше перетворитися на компост (вермикомпостування) з високими агрохіміч-

ними властивостями. На відміну від звичайних дощових хробаків, їм необхідна різноманітна їжа, вони швидко працюють, але можуть замерзнути у компостері взимку. Компостування можливе і без залучення хробаків, але їх присутність значно прискорює процес [6]. У даному випадку основним недоліком технології є економічні витрати на придбання хробаків (400–800 грн за 1 сім'ю) та утеплення компостера. У тому випадку, коли температура повітря довгий час буде складати 100С нижче нуля, то утеплення може бути недостатнє, хробаки загинуть, а компостування потрібно буде починати з початку. Згідно правил, даний компостер може бути розташований лише на відкритому ґрунті.

Рецептура № 2. Біопрепарати для прискорення дозрівання компосту складаються зі спеціальних бактерій, вирощених в лабораторних умовах, що висушуються за особливими технологіями і змішуються з поживними для мікроорганізмів мінеральними речовинами. Завдання бактерій для компосту полягає в прискоренні компостування, тобто, в прискоренні перегнивання органічних відходів. Крім швидкого приготування компосту (1–3 місяці) вони нейтралізують неприємні запахи навколо компостної маси, знищують насіння бур'янів і хвороботворні мікроорганізми, повертають в ґрунт необхідні для зростання рослин мікроелементи. Рослини, вирощені на такому компості будуть більш стійкі до захворювань і шкідників, або перепадів температури і вологості. Вартість порції біопрепарату може сягати до 300 грн у залежності від виробника.

Рецептура № 3. На сьогодні існує безліч різноманітних добавок до складу яких входять мікроорганізми, для прискорення компостування. Вони прискорюють процеси в 3–5 разів. Але це додаткові грошові витрати, які не завжди доречні для бюджетних організацій та власників присадибних ділянок. Тому, було запропоновано використати у якості мікробіологічної добавки дріжджі з підживленням їх цукром. Замість цукру можна застосовувати цукорвмісні джеми та варення, що не придатні для вживання у їжу, або мед. Дріжджі – це мікроскопічні гриби, які здатні виробляти ферменти, вони здійснюють перетворення цукру в кінцеві продукти – етиловий спирт і вуглекислий газ. Крім цього, в дріжджах міститься значна кількість вітамінів, мікроелементів, білків, вуглеводів та жирів. Економічні витрати у такому разі значно менші або відсутні повністю, якщо використовувати залишки, що не можна застосувати під час приготування страв.

Рецептура № 4. Бананова шкірка містить багато фосфору і калію і зовсім немає азоту. Перші два елементи дуже необхідні для ефективного цвітіння і зав'язування плодів. Тому, таке добриво необхідне для тих, хто має свій плодовий сад або квіт-

ник. Отже, запропоновано до вторинної сировини додавати подрібнену шкірку від бананів та молочнокислі бактерії. Обидва компоненти можна легко отримати, якщо окремо відсортовувати шкірки від бананів (наприклад, у ліцеї діти вживають їх щоденно у вигляді перекусу). Молочнокислі продукти (кефір, скисле молоко) завжди знайдуться на кухні у вигляді залишків (відходів).

Суміш органічних відходів з мікробіологічними добавками необхідно періодично перемішувати (раз на 2 тижні) і зволожувати відстояною водою, що має температуру 20–250С. Вологість суміші потрібно підтримувати на рівні 70–75%, ці параметри контролюються за допомогою розробленого електронного пристрою на базі платформи Arduino.

Наступним етапом дослідження є порівняння показників зразків готового добрива з нормативними. Перш за все, слід зазначити, що до всіх компостерів закладалась однакова вторинна органічна сировина: очистки сирих яєць; заварка від чаю; залишки крупи чи каші без додавання масла; скошена трава; папір, картон; зів'ялі квіти; опале листя; тонькі гілочки у незначній кількості. Також дотримувались однакові умови дозрівання. Відрізнялись лише рецептури компостування. Результати досліджень відображені у табл. 1.

Вологість компосту визначалась за методом визначення вологості ґрунтів ваговим методом. Зразки компостів № 1 та № 2 відповідали нормі, а рецептури № 3 та № 4 перевищили норму з незначним відхиленням, що не виявляє негативного впливу на зростання рослин. Звичайно, у промислових масштабах, надлишкова волога збільшує об'єм добрива та впливає на витрати для його транспортування, але наш дослід направлений переважно на використання добрив у місті їх утворення (школа, присадибна ділянка тощо). Інші параметри повністю відповідають нормативним. Окремо слід зазначити, що рецептура № 1 передбачає виготовлення компосту протягом 6 місяців, а рецептури № 2, № 3 та № 4 – до 3-х місяців.

Після дозрівання та дослідження зразків компосту був перевірений їх вплив на зростання та розвиток рослин, за такими показниками як: проростання насіння, зростання рослини, розмір листя та довжина головного кореня. Для цього досліду використовували насіння квасолі. У чотири контейнери з однаковим ґрунтом було поміщено відповідно 10 насінин квасолі звичайної та внесені добрива. Номер контейнера відповідав номеру рецептури компосту. Умови пророщування у всіх піддослідних були однакові. Спостерігались результати, занесені до табл. 2.

Таблиця 1

## Порівняння показників зразків готового добрива з нормативними

Показник	Рецептура №1	Рецептура №2	Рецептура №3	Рецептура №4	Норма
Термін дозрівання	6 місяців	1–3 місяці	3 місяці	3 місяці	–
pH	6,9	7,5	7,1	7,8	6,5–8,5
Амонійний азот	0,9	0,8	0,2	0,5	<1,2%
Азот	1,8	1,9	2,0	2,0	1,5–3,0%
Органічні речовини	70	72	75	74	70–75%
Вологість	72	70	77	78	70–75%

Джерело: розробка авторів

## Вплив різних видів компосту на процес зростання та розвитку квасолі звичайної

Показник	Рецептура № 1	Рецептура № 2	Рецептура № 3	Рецептура № 4
Проростання насіння	9 насінин	9 насінин	9 насінин	9 насінин
Зріст рослин (см)	28	29	29	28
Розмір листя (см <sup>2</sup> )	6,5	6	6,5	6,5
Довжина головного кореня (см)	27	28	28	27

Джерело: розробка авторів

Дані експерименту вказують, що усі рецептури компосту мають однаковий позитивний вплив на розвиток рослин.

Якщо підрахувати вартість компостування згідно рецептур (у розрахунку на 100 кг відходів), то ми побачимо такі показники:

– Для компостування за рецептурою № 1 потрібно придбати родину каліфорнійських хробаків, їх вартість коливається від 400 до 800 грн, також придбати матеріали для утеплення компостера на зимовий період для того, щоб під час морозів живі організми не загинули – близько 500 грн.

– Для заготівлі компосту згідно рецептури № 2 нам доведеться придбати біопрепарат, вартість якого може сягати 300 грн за упаковку.

– Для рецептури № 3 витрати можуть скласти 0–55 грн. У разі використання залишків продуктів витрати складатимуть 0 грн та дозволять їх переробити разом з іншими відходами.

– Для рецептури № 4 витрати сягатимуть 0–90 грн. Окреме сортування шкірок від бананів та використання залишків кисломолочних продуктів дозволить зробити цю технологію безвитратною. Окрім того, учні ліцею будуть долучені до збирання відходів бананів та спостерігати свій вклад у загальну справу.

**Висновки і пропозиції.** Отже, у ході проведених досліджень:

– визначений вплив компонентів компосту на інтенсивність дозрівання добрива та розроблені економічно вигідні рецептури;

– визначені показники безпечності добрива для рослин та людини. Параметри готового продукту відповідають нормативним, не значне відхилення має вологість компосту. Термін компостування згідно рецептури № 1 складає 6 місяців, а згідно рецептур № 2, № 3 та № 4 – 3 місяці;

– досліджені якісні характеристики добрив (на зразках квасолі звичайної) та вплив компонентів розроблених рецептур компосту на зростання та розвиток рослин. На піддослідних зразках помітно, що зростання та розвиток рослин відбувається майже рівномірно, що свідчить про якість усіх зразків;

– визначені економічні переваги рецептур № 3 та № 4.

Результати досліджень показали, що розроблені рецептури є ефективними та вигідними для компостування органічної складової твердих побутових відходів від ідалень навчальних закладів (дошкільні навчальні заклади, школи, ВНЗ), кухні приватного будинку або квартири для утилізації відходів та підживлення зелених насаджень (сад, город, кімнатні рослини). Технологія може бути застосована для кафе/ресторанів, які мають свій сад, оранжерею, вирощують власні продукти харчування.

## Список літератури:

1. Микитюк М.О., Злотин О.З., Бровдій В.М. Екологія людини: Підруч. для вищ. навч. закл. Харків: Ранок, 1998. 254 с.
2. Деклараційний патент на корисну модель № 33219 Україна, МПК А01К 067/033 (2008.01). Спосіб верми-компостування підстилкового гною / Кравчук В.І., Таргоня В.С., Роженко В.П., Таргоня С.В., Роженко І.В. – № 200802170; заявл. 20.02.2008, опубл. 10.06.2008. Бюл. № 11.
3. Деклараційний патент на корисну модель № 94969 Україна, МПК(2014.01) С05F 3/00. Спосіб компостування органічних відходів / Коняхін Г.Ф., Верещагін В.Л., Яценко Р.А., Мартинова Ф.М. – № 2014059204; заявл. 02.06.2014, опубл. 10.12.2014. Бюл. № 23.
4. Наказ Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 21.03.2006 № 54 «Про затвердження Правил надання послуг із збирання та вивезення твердих побутових відходів», затверджених наказом № 54 від 21.03.2000 р. Держкомітету архітектури та житлової політики, 2000.
5. Наказ Держстандарту України від 29 лютого 1996 р. № 89 «Державний класифікатор України Класифікатор відходів ДК 005-96» (Зміна № 2 до Класифікатора відходів (КВ) ДК 005-96 від 22.01.2008), 2008.
6. Миронов В.В. Влияние режимов подготовки на агрохимический состав компоста. *Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация.* 2005. № 2. С. 146–148.

## References:

1. Mykytyuk, M.O., Zlotin, O.Z., & Brovdij, V.M. (1998). *Ekologiya lyudyny* [Human ecology]. Xarkiv: Ranok. (in Ukrainian)
2. Deklaracijnyj patent na korysnu model no 33219 Ukrayina, MPK A01K 067/033 (2008.01). Sposib vermykompostuvannya pidstylkovogo gnoyu / Kravchuk V.I., Targonya V.S., Rozhenko V.P., Targonya S.V., Rozhenko I.V. – no 200802170; zayavl. 20.02.2008, opubl. 10.06.2008. Byul. no 11.
3. Deklaracijnyj patent na korysnu model no 94969 Ukrayina, MPK(2014.01) S05F 3/00. Sposib kompostuvannya organichnyx vidxodiv / Konyaxin G.F., Vereshhagin V.L., Yacenko R.A., Martynova F.M. – no 2014059204; zayavl. 02.06.2014, opubl. 10.12.2014. Byul. no 23.
4. Nakaz Derzhavnogo komitetu budivnyctva, arxitektury ta zhytlovoi polityky Ukrayiny vid 21.03.2006 no. 54 «Pro zatverdzhennya Pravyil nadannya poslug iz zbyrannya ta vyvezennya tverdix pobutovyx vidxodiv», zatverdzhenykh nakazom № 54 vid 21.03.2000 r. Derzhkomitetu arxitektury ta zhytlovoi polityky, 2000.
5. Nakaz Derzhstandartu Ukrayiny vid 29 lyutogo 1996 r. no 89 «Derzhavnyj klasyfikator Ukrayiny Klasyfikator vidxodiv DK 005-96» (Zmina no 2 do Klasyfikatora vidxodiv (KV) DK 005-96 vid 22.01.2008), 2008.
6. Myronov, V.V. (2005). Vlyyanye rezhymov podgotovky na agrokymicheskyj sostav komposta [Influence of preparation regimes on the agrochemical composition of compost]. *Vestnyk VGU. Seryya: Xymyya. Byologyya. Farmacya*, no. 2, pp. 146–148.