

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ДВОРОВОГО КОМПОСТУВАННЯ ХАРЧОВИХ ТА ЗЕЛЕНИХ ВІДХОДІВ

Шевченко В.Г.¹, Лагутенко О.Т.², Щепотко С.Ю.²

¹Український державний університет імені Михайла Драгоманова
вул. Пирогова, 9, 01601, м. Київ

²Гімназія «Троєщина» II-III ступенів Деснянського району
вул. Олександрів Екстер, 14В, 02232, м. Київ
v.h.shevchenko@udu.edu.ua, lagutenkoot@ukr.net, schepotkos@gmail.com

Проблема переробки органічних відходів є одним із екологічних викликів, з яким стикаються багато країн, зокрема і Україна. Органічні відходи, такі як харчові рештки, рослинні залишки, можуть створювати значне навантаження на навколишнє середовище, якщо їх не утилізувати належним чином. Використання органічних відходів для компостування може значно зменшити їхній негативний вплив на довкілля. Такий тип відходів, при правильному поводженні з ними, може приносити користь навколишньому середовищу, сприяючи збереженню ресурсів, зменшенню обсягів твердого побутового сміття, зниженню викидів парникових газів (зменшення обсягів утворення метану в анаеробних умовах на сміттєзвалищах). Компостування дозволяє отримувати органічні добрива для рослинницької галузі сільського господарства та зеленого міського будівництва. Хоча цей процес утилізації органічних відходів має багато переваг, але він також супроводжується певними проблемами, зокрема, сезонними обмеженнями та довготривалим процесом розкладання. Виробники та торговельні мережі пропонують широкий вибір біопрепаратів для прискорення та полегшення процесу компостування. В роботі проаналізовано результати спостережень за процесом компостування органічних відходів (харчових та зелених) у побутовому компостері, який було розміщено на подвір'ї гімназії «Троєщина» Деснянського району міста Києва. Експеримент проводився в умовах низьких температур повітря (період дослідження листопад-грудень 2024 року). Температура компостної маси впродовж листопада була вищою на 9,1 °C, грудня – на 4,4 °C порівняно з температурою повітря. Встановлено, що ферментація органічних відходів відбувається, оскільки температура компостної маси не опускалася нижче 3,8 °C. Ефективність біопрепаратів «Еколайн Компост» та «ProBio Бокаші» в умовах низьких температур на початковому етапі формування компосту підтверджена. *Ключові слова:* сортування та переробка відходів, органічні відходи, компостування, компостер, компост, біопрепарати, температурний режим компостування, культура поводження з відходами.

Features of the application of bioproducts for yard composting of food and green waste. Shevchenko V., Lagutenko O., Shchepotko S.

The problem of organic waste recycling is one of the environmental challenges faced by many countries, including Ukraine. Organic waste, such as food scraps and plant residues, can create a significant burden on the environment if not disposed of properly. The use of organic waste for composting can significantly reduce their negative impact on the environment. This type of waste, when properly managed, can benefit the environment by contributing to resource conservation, reducing the volume of solid household waste, and reducing greenhouse gas emissions (reducing the formation of methane under anaerobic conditions in landfills). Composting allows you to obtain organic fertilizers for the crop sector of agriculture and green urban construction. Although this process of organic waste disposal has many advantages, it is also accompanied by certain problems, in particular, seasonal restrictions and a long-term decomposition process. Manufacturers and retail chains offer a wide range of biological products to accelerate and facilitate the composting process. The paper analyzes the results of observations of the composting process of organic waste (food and green) in a household composter, which was placed in the courtyard of the Troyeshchyna gymnasium in the Desnyanskyi district of Kyiv. The experiment was conducted in conditions of low air temperatures (study period November-December 2024). The temperature of the compost mass during November was 9,1°C higher, in December – 4,4°C higher compared to the air temperature. It was established that the fermentation of organic waste occurs, since the temperature of the compost mass did not fall below 3,8°C. The effectiveness of the biological products «Ecoline Compost» and «ProBio Bokashi» in conditions of low temperatures at the initial stage of compost formation has been confirmed. *Key words:* waste sorting and recycling, organic waste, composting, composter, compost, biological products, composting temperature regime, waste management culture.

Постановка проблеми. Частка органічних відходів у загальному обсязі міських відходів значно варіює (приблизно від 20 до 50%) залежно від країни, культури споживання та рівня розвитку системи управління відходами. На сьогодні відсутні точні дані про кількість даного типу відходів, що захоплюються на сміттєзвалищах України. Впровадження системи роздільного збору таких матеріалів та наступне компостування органічних відходів доз-

волить зменшити: обсяги утворення залишків, що підлягають вивезенню; викиди парникових газів зі звалищ, які шкідливі для нашого довкілля та спричиняють глобальне потепління; забруднення довкілля, яке може мати негативний вплив на здоров'я та самопочуття людей.

В Україні найбільш поширено дворове компостування, особливо серед мешканців сільської місцевості та дачників, які виготовляють компост на територіях

власних садиб або на дачах. Також малими фермерськими господарствами традиційно здійснюється компостування органічних відходів, а готовий компост використовується для удобрення ґрунтів як спосіб покращення їх якості і підвищення врожайності.

Розкладання органічних матеріалів здійснюється за допомогою мікроорганізмів при певних температурах. Для прискорення процесу компостування рекомендовано використовувати різноманітні біопрепарати, які містять мікроорганізми, здатні розкладати органічні речовини.

Актуальність дослідження. Правильний температурний режим є важливим для досягнення ефективного компостування та отримання якісного компосту. Дослідження впливу температури повітря на процес компостування є актуальним, оскільки не всі біопрепарати ефективні у холодну пору року.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Утилізація органічних відходів перебуває під контролем держави та компетентних органів. Зокрема, Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури України був прийнятий Наказ «Про затвердження правил компостування біовідходів їх утворювачами на присадибних, дачних і садових ділянках» № 489 від 13.06.2023 року [1]. Також є багато успішних проектів та ініціатив, які передбачають окремий збір органічних відходів з наступним їхнім компостуванням. Дворове компостування є такою екологічною ініціативою, яка враховує європейський підхід до поводження з відходами та відповідає Цілям сталого розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з основних джерел забруднення природного середовища є тверді побутові відходи, які є сумішшю органічних та неорганічних компонентів різноманітного складу. Найбільшою проблемою є переробка органічної складової твердих побутових відходів, оскільки потрапляючи в навколишнє середовище, вони швидко піддаються природним процесам біодеградації та несприятливо впливають на довкілля (неприємний запах, забруднення ґрунтів і поверхневих вод, підвищення ризику поширення збудників захворювань інше) [2].

Згідно з аналітичними даними в складі твердих побутових відходів усереднений вміст харчових відходів складає 35% за масою. Причому, максимальна їх частка відмічається в зимовий період – до 40%, мінімальна – в літній період – 30% [3, с. 65]. Харчові відходи містять велику кількість вологи, що значно впливає на вогкість сміття, яка коливається в межах 30-58% (максимум восени). Тому такі відходи доцільно відокремлювати від загальної маси твердих побутових відходів (роздільний збір), оскільки при спільному зборі, зберіганні і транспортуванні ресурсно-цінні компоненти (папір, ганчір'я тощо) втрачають свої якості та стають непридатними для вторинної переробки [3, с. 63].

Сортування відходів та впровадження системи роздільного збору є ключовим фактором покращення їхньої переробки. В працях З. Маслюкової [4], Сяоя Цао [5], Тахсін Саяра [6] здійснено огляд глобальних тенденцій, аналіз чинників, переваг і недоліків, стратегій ефективного використання та майбутніх перспектив компостування органічних відходів. Найбільш оптимальним є поєднання сортування та біологічних методів переробки таких матеріалів. Біологічні методи переробки органічних відходів є екологічно безпечними, оскільки їх використання не супроводжується утворенням нових токсичних речовин та забрудненням довкілля шкідливими сполуками [7].

Компостування – процес розкладання органічних компонентів відходів мікроорганізмами в присутності кисню повітря (аеробне компостування) з утворенням компосту, тепла, води та вуглекислого газу. Аеробне компостування поділяють на дворове (місцеве) та централізоване. Компостування найбільш придатне для знешкодження відходів сільського господарства, переробної промисловості, харчової фракції органічних відходів, деревини, листя, трави тощо [8]. В результаті перероблення таких природних матеріалів отримують якісний гумус, придатний до використання в якості добрива у сільському господарстві, садівництві, ландшафтному будівництві [9].

Одним із недоліків компостування органічних відходів є значний проміжок часу, який необхідний для отримання компосту (4-18 місяців) [2]. Суттєво скоротити термін компостування дозволяє використання різноманітних біопрепаратів. Вони містять у своєму складі ферменти, ефективні мікроорганізми, спеціалізовані дріжджі та гумінові кислоти. Тому в технології компостування особлива увага приділяється підтримці необхідної температури для активної роботи мікроорганізмів. Деякі препарати потребують створення особливих умов (більш ретельного контролю температури та вологості, перемішування компостного матеріалу).

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Здійснено апробацію методу дворового компостування органічних відходів (харчових та зелених) із застосуванням біопрепаратів «Еколайн Компост» та «ProBio Бокаші». Дослідження дозволить популяризувати досвід гімназії «Троєщина» в переробці органічних відходів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослід з компостування харчових та зелених відходів здійснювали в період листопад-грудень 2024 року. До екологічної ініціативи були залучені керівництво гімназії, працівники їдальні, вчителі та здобувачі освіти.

Пластиковий компостер садовий Composter IKL220C виробництва Польщі (Prosperplast) об'ємом 220 л встановили у внутрішньому дворі гім-

назії «Троєщина». Для компостування використували органічні відходи рослинного походження: опале листя дерев, скошена трава, харчові відходи. Відходи укладали в компостер шарами, чергуючи «коричневі» відходи (опале листя) і «зелені» відходи (траву, залишки овочів, харчові відходи), не дуже щільно для забезпечення надходження повітря і аеробного процесу розкладу органічних решток. На 220 л об'єму заповненого компостера доливали до 5 л води за потреби. Компостну масу періодично перемішували (кожні 2 тижні), щоб забезпечити доступ кисню і рівномірне прогрівання.

Для прискорення процесу компостування використано біопрепарати «Еколайн Компост» та «ProBio Бокаші». «Еколайн Компост» (виробник ТОВ «Еколайн», Україна) – біопрепарат, що містить бактерії з високою працездатністю та життєстійкістю, пригнічує ріст хвороботворних бактерій, нешкідливий для людини, тварин, навколишнього середовища. «ProBio Бокаші» (виробник компанія «Пробіотики Україна», Україна) – біопрепарат, що містить комплекс «ефективних мікроорганізмів» (ЕМ): молочнокислі бактерії й дріжджові гриби, забезпечує низькотемпературний процес ферментації (ЕМ починають діяти вже за температури від +2 °C). Поєднання ЕМ

Таблиця 1

**Результати спостережень за температурним режимом процесу компостування
(біопрепарат «Еколайн Компост», листопад 2024 року)**

День	Середньодобова температура повітря, °C	Температура всередині компостної маси, °C				Заходи по догляду за компостом
		Нижня частина	Середня частина	Верхня частина	Середній показник	
1	10,5	12,2	11,5	10,8	11,5	біопрепарат
2	8,8	13,0	12,5	10,6	12,0	
3	3,6	13,6	13,0	10,4	12,3	
4	4,5	13,9	13,3	10,0	12,4	
5	2,2	13,0	13,0	9,5	11,8	
6	5,1	12,2	12,6	8,4	11,1	
7	5,7	12,1	12,5	8,3	11,0	полив
8	4,1	12,2	12,6	8,6	11,1	
9	5,0	12,5	12,6	8,8	11,3	
10	3,5	13,0	12,5	8,6	11,4	
11	1,6	12,8	12,4	8,4	11,2	
12	3,0	12,6	12,1	8,0	10,9	
13	3,0	12,6	12,0	7,6	10,7	
14	1,0	12,4	11,0	7,2	10,2	біопрепарат
15	1,0	12,4	10,8	6,8	10,0	перемішування
16	3,0	12,0	11,6	7,2	10,3	
17	4,9	11,8	11,8	7,0	10,2	
18	3,0	11,4	11,6	6,6	9,9	
19	2,9	11,0	11,4	6,2	9,5	
20	8,7	10,7	11,0	6,0	9,2	полив
21	1,4	8,8	10,2	5,0	8,0	
22	-0,6	6,9	9,1	4,5	6,8	
23	0,1	6,8	8,4	4,0	6,4	
24	-1,1	6,4	8,0	3,8	6,0	
25	-2,3	6,0	7,8	3,3	5,6	
26	-3,3	5,0	7,6	3,0	5,0	
27	-3,4	4,5	7,4	2,5	4,8	
28	0,4	5,0	6,8	3,0	4,9	перемішування
29	0,3	5,2	7,4	2,2	4,9	
30	0,4	5,3	6,9	2,0	4,7	
Середнє	2,6	10,2	10,7	6,6	9,1	

і сухих пшеничних висівок, які пройшли процес ферментації за типом сквашування молока і дріжджового бродіння, дозволяє забезпечити достатнє виживання мікроорганізмів під час потрапляння в нове середовище.

Ефективність процесу компостування оцінювали за допомогою моніторингу температурного режиму компостної маси за допомогою електронного харчового термометра Digital Thermometer WT-1.

Викладення основного матеріалу. Температура компостної маси є важливим показником процесу компостування, оскільки вона відображає активність мікроорганізмів, і залежить від стадії процесу.

На початковій стадії (аеробне розкладання) температура компосту може підніматися до 50-60 °С внаслідок інтенсивної діяльності термофільних бактерій, які активно розкладають білки, вуглеводи і ліпіди. Під час основної стадії температура різко підвищується і може досягати 70 °С. На пізніших стадіях, коли основна частина органічних речовин розкладена і діяльність бактерій уповільнюється, температура компосту знижується до 30-40 °С. Температуру в середині компостної маси вимірювали в трьох точках (в нижній, середній та верхній частині) щоденно о 10.00 годині впродовж місяця листопада (табл. 1) та грудня (табл. 2) 2024 року.

Таблиця 2

**Результати спостережень за температурним режимом процесу компостування
(біопрепарат «ProBio Бокаші», грудень 2024 року)**

День	Середньодобова температура повітря, °С	Температура всередині компостної маси, °С				Заходи по догляду за компостом
		Нижня частина	Середня частина	Верхня частина	Середній показник	
1	0,8	3,1	5,3	6,2	4,8	біопрепарат
2	1,0	3,2	5,5	6,3	5,0	
3	-1,7	3,0	5,3	6,0	4,8	
4	-3,4	2,8	4,9	5,5	4,4	
5	-2,4	2,9	5,1	5,7	4,6	
6	-1,0	3,1	5,2	5,8	4,7	
7	2,1	3,3	5,4	5,8	4,8	полив
8	0,0	3,1	5,3	6,0	4,8	
9	0,3	3,1	5,4	6,1	4,9	
10	0,1	3,1	5,3	6,1	4,8	
11	-0,2	3,0	5,0	6,0	4,7	
12	-1,5	3,0	4,8	5,6	4,5	
13	-4,4	2,8	4,4	5,5	4,2	
14	-6,6	2,6	4,0	5,3	4,0	біопрепарат
15	-1,0	2,8	4,0	5,5	4,1	перемішування
16	3,3	3,0	4,2	4,4	3,9	
17	4,1	3,1	4,2	4,5	3,9	
18	2,1	3,0	4,4	4,5	4,0	
19	4,6	3,2	4,7	4,6	4,2	
20	2,7	3,2	4,5	4,5	4,1	полив
21	1,7	3,1	4,5	4,4	4,0	
22	-2,2	3,0	4,4	4,2	3,9	
23	-2,3	3,0	4,4	4,1	3,8	
24	0,6	3,1	4,5	4,3	4,0	
25	-0,1	3,1	4,4	4,3	3,9	
26	0,0	3,1	4,6	4,4	4,0	
27	0,4	3,2	4,7	4,4	4,1	
28	0,0	3,2	4,7	4,4	4,1	перемішування
29	-0,6	3,2	4,6	4,3	4,0	
30	0,3	3,2	4,8	4,4	4,1	
31	1,3	3,3	5,0	4,5	4,3	
<i>Середнє</i>	<i>-0,1</i>	<i>3,1</i>	<i>4,8</i>	<i>5,1</i>	<i>4,3</i>	

Одночасно нами велися спостереження за середньодобовою температурою повітря, оскільки температура ззовні компостера також впливає на температурний режим компостної маси.

Температура повітря в період дослідження була підвищеною і значно відрізнялася від середніх багаторічних температур (перевищення норми на 1,2 °C в листопаді, на 3,1 °C – в грудні). Однак в окремі періоди спостерігали зниження температурних показників: до мінус 3,4 °C в останній декаді листопада та мінус 6,6 °C – в середині грудня. Впродовж листопада спостерігається поступове зниження температури повітря, однак температура компосту стабільно перевищувала температуру повітря на 6,5 °C. В грудні відзначається більш сталий температурний режим зовнішнього середовища, при цьому температура компостної маси була вищою на 4,4 °C порівняно з температурою повітря.

Контроль температури в компостній масі показав, що на температурні показники в різних частинах компостної маси впливають заходи по догляду: полив та перемішування компосту сприяють його незначному прогріванню (в середньому на 0,2 °C), вирівнюванню температур в різних частинах компостної маси. Однак температура компостної маси (середній показник) істотно залежить від температури повітря.

Графічне зображення результатів моніторингу температури демонструють, що незважаючи на іноді різкі перепади температурних показників атмосферного повітря, температура компостної маси колива-

лася в незначних межах впродовж листопада, залишаючись більш-менш стабільною впродовж грудня. Це створювало гарні умови для життєдіяльності мікроорганізмів, які входили до складу біопрепаратів «Еколайн Компост» (рис. 1) та «ProBio Бокаші» (рис. 2).

Недостатньо висока температура компостної маси (10,7 °C в листопаді та 4,8 °C в грудні) вказувала на те, що процес компостування лише на початковій стадії.

Підсумки. За результатами проведених нами спостережень доведено вплив температури повітря на температурні умови та перебіг процесу компостування. Встановлено пряму залежність температури компостної маси від температури повітря, однак температура компостної маси впродовж листопада була вищою на 6,5 °C, грудня – на 4,4 °C порівняно з температурою повітря. Рівномірному прогріванню і аерації компостної маси сприяло перемішування компосту, оскільки щоразу відзначалося вирівнювання температур в різних частинах компостної маси.

Впродовж листопада-грудня 2024 року середньодобова температура повітря максимально знижувалася до мінус 6,6 °C. Про ефективність біопрепаратів «Еколайн Компост» та «ProBio Бокаші» в умовах низьких температур на початковому етапі формування компосту та нормальний перебіг процесу ферментації органічних відходів свідчить той факт, що температура компостної маси не опускалася нижче 3,8 °C.

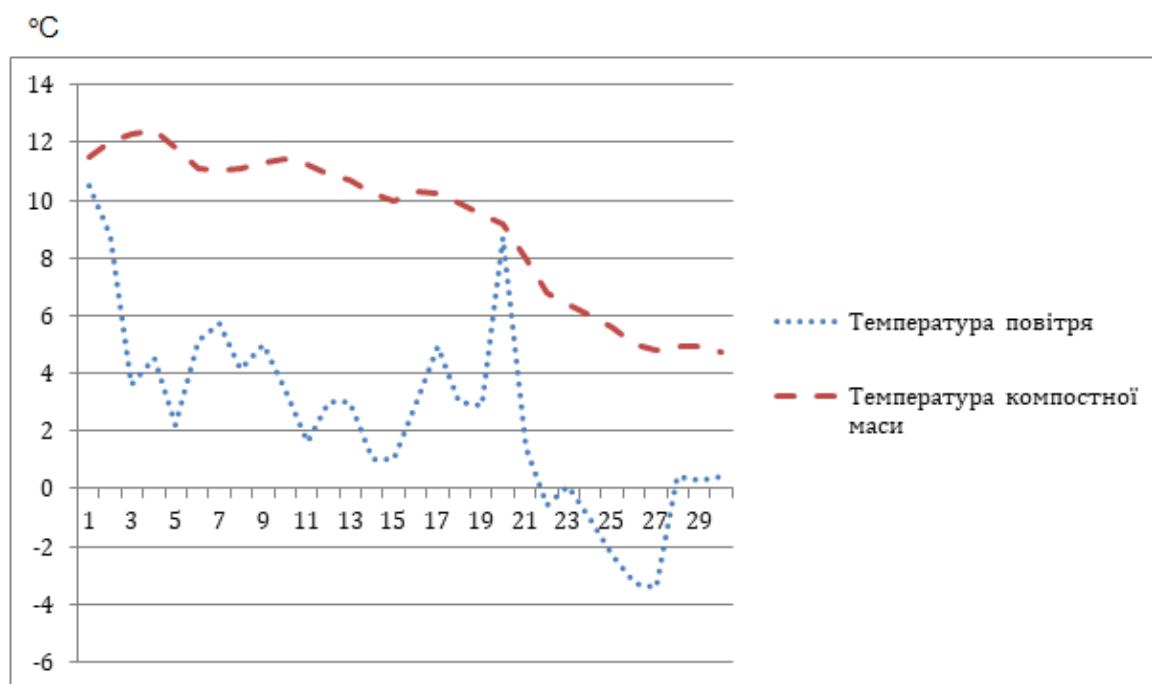


Рис. 1. Графік залежності температури компостної маси від температури повітря («Еколайн Компост», листопад 2024 року)

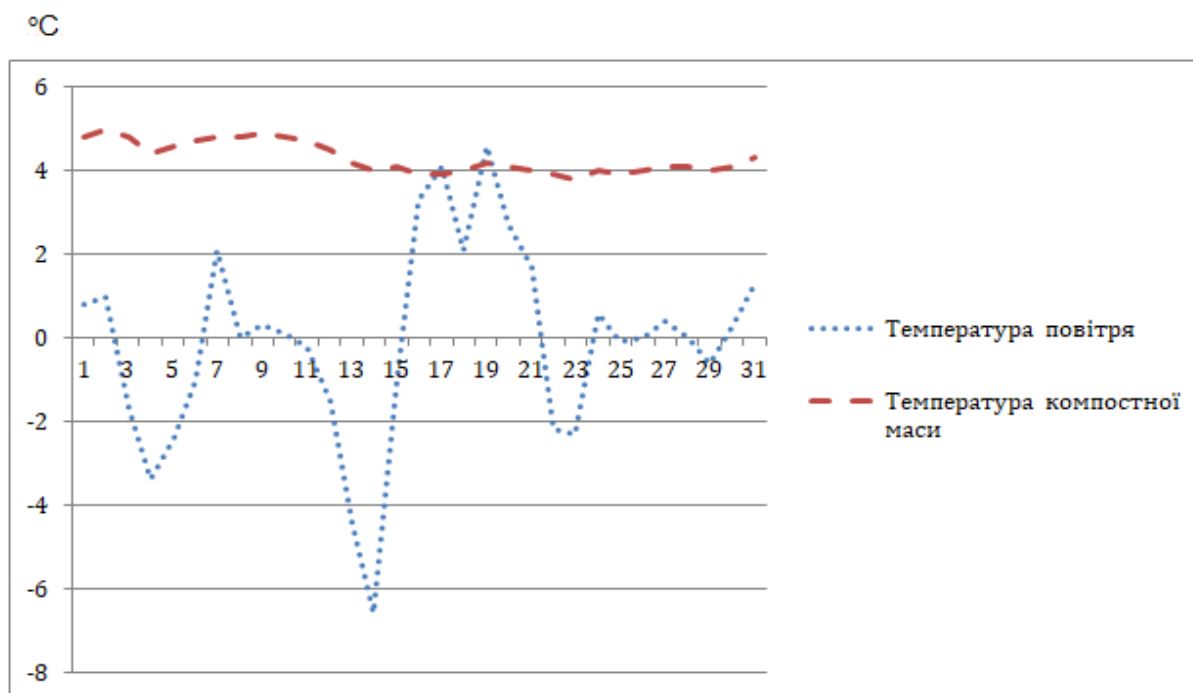


Рис. 2. Графік залежності температури компостної маси від температури повітря («ProBio Бокаші», грудень 2024 року)

Проведене дослідження продемонструвало необхідність дотримання нормативних документів з компостування, створення розвиненої інфраструктури для сортування та переробки

сміття, поширення екологічних знань та формування культури поводження з відходами. дворового компостування із застосуванням біопрепаратів.

Література

1. Наказ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 13.06.2023р. № 489 «Про затвердження Правил компостування біовідходів їх утворювачами на присадибних, дачних і садових ділянках». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1271-23#Text>
2. Бузіна І. М., Рябченко В. С. Переробка органічної складової твердих побутових відходів шляхом компостування. *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика* (20 листопада 2020 р.). С. 29-30.
3. Поводження з відходами: курс лекцій. / Укладач: О. В. Рибалова. Х: НУЦЗУ, 2016. 530 с.
4. Masliukova Z., Chetveryk H., Neokleous A., & Otto, F. Obtaining and use of compost from the organic component of household waste. *Scientific Horizons*. 2021.24(3), 87-96. DOI: 10.48077/scihor.24(3).2021.87-96.
5. Xiaoxia Cao, Paul N. Williams, Yuanhang Zhan, Scott A. Coughlin, John W. McGrath, Jason P. Chin, Yingjian Xu Municipal solid waste compost: Global trends and biogeochemical cycling. *Soil & Environmental Health*. 2023. Volume 1, Issue 4, 100038. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sch.2023.100038>.
6. Tahseen Sayara, Rezaq Basheer-Salimia, Fatima Hawamde and Antoni Sánchez Recycling of Organic Wastes through Composting: Process Performance and Compost Application in Agriculture. *Agronomy*, 2020, 10, 1838. DOI: 10.3390/agronomy10111838.
7. Сільськогосподарська біотехнологія. Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт. / Укладач: О. І. Каратєєва. Миколаїв: Миколаївський національний аграрний університет, 2023. С. 61-62.
8. Бунчак О. М. Екологічне обґрунтування виробництва і застосування органічних добрив із вмістом тривалентного хрому в агроценозах Західного Лісостепу: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук зі спеціальності 03.00.16 «Екологія» – Кам'янець-Подільський; Інститут захисту рослин НААН України, Київ, 2021. С. 30.
9. Інноваційно-технологічні засади вирощування нішевих культур за органічного землеробства в умовах Полісся: науково-практичні рекомендації / О. І. Савчук, В. І. Ратошнюк, В. І. Герасимчук, Т. Ю. Приймачук, Т. А. Штанько, В. В. Ратошнюк. *Інститут сільського господарства Полісся НААН*. – Житомир: Видавничий дім «Бук-друку», 2023. С. 21-22.