

УДК 621.548:591.5.631.22

Таргоня В., д-р с.-г. наук, Рудик Л., мол. наук. співробітник (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Результати експериментальних досліджень біотермічного компостування органічної маси

У статті наведено результати експериментальних досліджень біотермічного компостування, а саме: впливу експозиції ферментації та розмірів часток наповнювача на зміну температури субстрату; впливу експозиції ферментації та співвідношення вуглецю до азоту (С:N) на зміну температури субстрату; впливу експозиції ферментації та кратності повітрообміну на зміну температури субстрату.

Ключові слова: біотермічне компостування, експозиція ферментації, розмір часток наповнювача, співвідношення С:N, кратність добового повітрообміну.

Суть проблеми. Розробленням технологій утилізації сільськогосподарських органічних відходів займалися багато вчених, але останнім часом значну увагу приділяють рециркуляційним методам поводження з відходами [1-3, 6-8].

Одним з найбільш поширених є процес біотермічної ферментації (компостування), який базується на біоконверсних процесах перетворення органічної речовини різноманітного походження в кінцеві продукти з властивостями, наближеними до гумінових речовин.

Разом з тим аеробна переробка органістких відходів дозволяє отримувати низькопотенційне тепло, яке доцільно та можливо використовувати в господарських цілях для зменшення енергозалежності та підвищення енергоефективності малих тваринницьких ферм.

Мета дослідження – визначити вплив таких чин-

ників, як розмір часток наповнювача, співвідношення С:N, кратність повітрообміну на процес компостування з примусовою аерацією.

Матеріали і методи. Для дослідження біотермічного компостування використовували свинячий послід з соломою, що слугує наповнювачем, та примусову аерацію [1].

Результати досліджень. Одним з реальних шляхів збільшення виробництва органічних добрив є створення і впровадження технологій компостування різноманітних органічних відходів. Компостування – це керований процес зі створенням і підтримкою оптимальних умов для мікробіологічних процесів (вологості, температури, рівня CO₂ структури, складу і наявності поживних речовин) та мінімізацією терміну переробки відходів.

Першим кроком до керування процесом є приготування раціонального складу вихідних компостних сумішей з урахуванням параметрів зазначених впливових чинників.

Для детальнішого дослідження процесу біотермічної ферментації була використана компостна система типу «бурт з примусовою аерацією», закладена в умовах ферми на базі УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, що є досить простою і недорогою.

За допомогою подрібнювача наповнювач було порізане на дрібні частини відповідного розміру (табл. 1) і закладено пошарово в три бурти згідно з розмірами. Використовували свинячий гній, який мав високу вологість, та наповнювач для того, щоб надати йому рихлості (рис. 1). Показники визначали за СОУ 74.3-37-268:2005 [5].

В таблиці 1 надано результати впливу експозиції ферментації та розмірів часток наповнювача на зміну температури субстрату. Ферментація тривала 50 діб.

Таблиця 1

Результати дослідження впливу експозиції ферментації та розмірів часток наповнювача на зміну температури субстрату

Експозиція ферментації, діб	Розмір подрібнення часток наповнювача, мм		
	60	20	10
	Температура ферментації, °C		
0	28,4	28,4	28,4
5	36,6	41,7	54,4
10	37,2	48,8	65,6
15	37,2	59,4	71,1
20	37,3	56,1	66,1
25	37,8	48,9	62,1
30	38,3	44,4	52,6
35	38,9	42,8	43,9
40	38,9	40,6	37,8
45	38,9	40,4	34,4
50	40	40,2	32,2



Рис. 1 – Бурт з примусовою аерацією для біотермічного компостування

На рис. 2 наведено графік впливу експозиції ферментації та розмірів часток наповнювача на зміну температури субстрату, з якого видно, що при розмірі наповнювача 10 мм процес біотермічної ферментації має температуру 71 °C, а при розмірі 60 мм температура досягає лише 40 °C.

Із застосуванням методу математичного моделювання процесу ферментації отримано регресійні залежності для різного розміру подрібнення часток наповнювача:

$$t_{10} = 0,0026T^3 - 0,242T^2 + 5,7247T + 29,715 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,9923$$

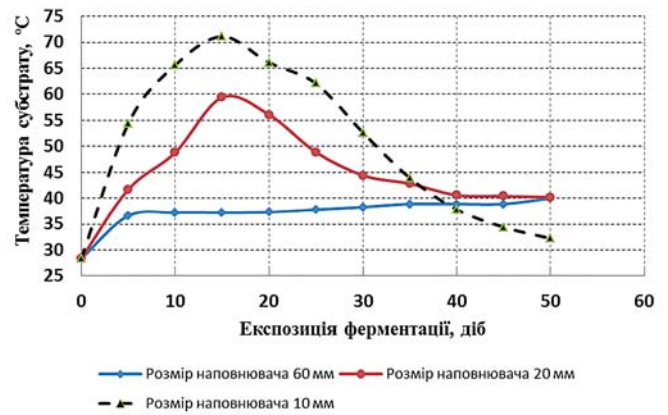


Рис. 2 – Графік впливу експозиції ферментації та розмірів часток наповнювача на зміну температури субстрату

$$t_{20} = 0,0017T^3 - 0,1536T^2 + 3,7279T + 27,763 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,9276$$

$$t_{60} = 0,0004T^3 - 0,0336T^2 + 0,9423T + 30,077 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,8549,$$

де R^2 – достовірність апроксимації.

За рівняннями регресії (1, 2, 3) було побудовано поверхню відгуку (рис. 3).

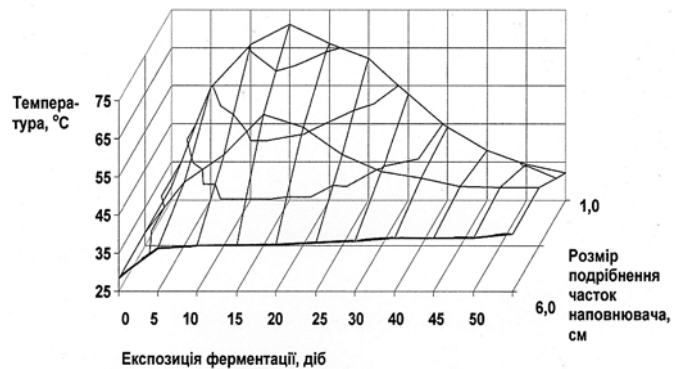


Рис. 3 – Площина відгуку впливу експозиції ферментації та розмірів часток наповнювача на зміну температури субстрату

Аналіз отриманих результатів показує, що із зменшенням часток наповнювача збільшується температура в процесі компостування і сам процес компостування скорочується.

Інтенсивність процесу ферментації залежить від активності мікроорганізмів, які потребують вуглецю для отримання енергії і різних речовин для утворення нових клітин, а також азоту для синтезу кліткових білків. У меншій мірі їм потрібен фосфор, калій, магній, сірка та інші елементи. У більшості процесів ферментування ці потреби задовольняються за рахунок вхідного складу органічних відходів, а саме – завдяки відповідному відношенню C:N.

В таблиці 2 наведено результати впливу експозиції ферментації та співвідношення C:N на зміну температури субстрату.

На рис. 4 зображено результати експериментальних досліджень, наведених в таблиці 2, де показано вплив експозиції ферментації та співвідношення C:N на зміну температури субстрату, що свідчить про те, що при співвідношенні C:N/30:1 процес біотермічної

Таблиця 2
Результати дослідження впливу експозиції ферментації та співвідношення C:N на зміну температури субстрату

Експозиція ферментації, діб	Співвідношення C:N		
	60:1	40:1	30:1
	Температура ферментації, °C		
0	28,4	28,4	28,4
5	36,6	41,7	54,4
10	37,2	48,8	65,6
15	37,2	59,4	71,1
20	37,3	56,1	66,1
25	37,8	48,9	62,1
30	38,3	44,4	52,6
35	38,9	42,8	43,9
40	38,9	40,6	37,8
45	38,9	40,4	34,4
50	40,0	40,2	32,2

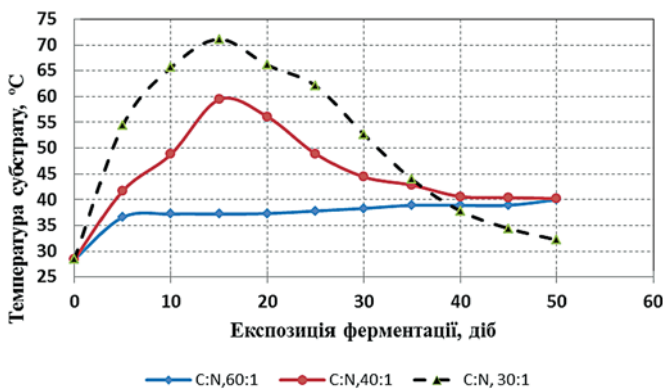


Рис. 4 – Графік впливу експозиції ферментації та співвідношення C:N на зміну температури субстрату

ферментації має температуру 71 °C, а при C:N/60:1 температура досягає лише 40 °C.

Із застосуванням методу математичного моделювання процесу ферментації отримали регресійні залежності для різного співвідношення C:N.

$$t_{30:1} = 0,0033T^3 - 0,2907T^2 + 6,3583T + 29,271 \quad (4)$$

$$R^2 = 0,9966$$

$$t_{40:1} = 0,0015T^3 - 0,1412T^2 + 3,4499T + 26,708 \quad (5)$$

$$R^2 = 0,8729$$

$$t_{60:1} = 0,0011T^3 - 0,0992T^2 + 2,3386T + 26,710 \quad (6)$$

$$R^2 = 0,8927,$$

де R^2 – достовірність апроксимації.

За рівняннями регресії (4, 5, 6) було побудовано поверхню відгуку (рис. 5).

Аналіз отриманих результатів показує, що із найменшим співвідношенням C:N/30:1 збільшується температура в процесі компостування та співвідношення за своїми показниками наближується до показників гумусу.

Для метаболізму аеробних мікроорганізмів, що беруть участь у ферментуванні, необхідний кисень. Аерація може відбуватися природною дифузійною повітря в компостовану масу методом перемішування субстрату вручну, за допомогою механізмів або примусовою аерацією. Природної дифузії часто буває недостатньо для адекватної аерації на ранніх стадіях процесу, що веде до анаеробіозу в центральних зонах

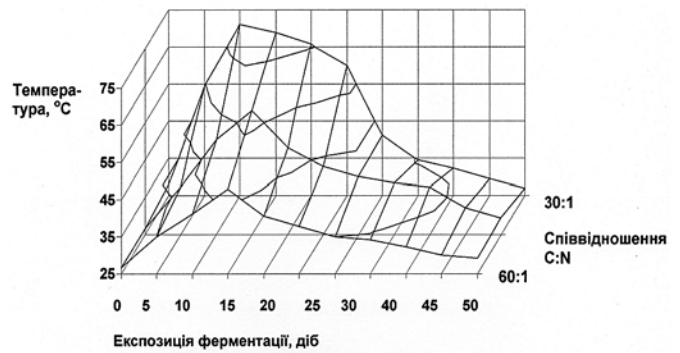


Рис. 5 – Площина відгуку впливу експозиції ферментації та співвідношення C:N на зміну температури субстрату

компостованої маси. Аерація має й інші функції в процесі ферментування. Потік повітря забирає двоокис вуглецю і воду, утворювані в процесі життєдіяльності мікроорганізмів, а також відводить тепло завдяки випарювальному перенесенню. Потреба кисню міняється протягом процесу: низька в мезофільній стадії, виростає до максимуму в термофільній стадії і падає до нуля за час вистигання і дозрівання.

В таблиці 3 наведено результати впливу експозиції ферментації та кратності добового повітрообміну на зміну температури субстрату.

Таблиця 3
Результати дослідження впливу експозиції ферментації та кратності добового повітрообміну на зміну температури субстрату

Експозиція ферментації, год	Кратність добового повітрообміну		
	50	25	0 (природна аерація)
	Температура ферментації, °C		
0	22	22	22
5	56,1	48,9	32,2
10	71,1	53,3	43,3
15	60	51,7	45,7
20	43,3	55,5	50,6
25	37,8	54,4	48,4
30	32,2	57,2	48,8
35	31,1	54,4	46,1
40	31,7	52,8	45
45	31,1	51,7	43,3
50	31	48,9	40,6

На рис. 6 зображено результати експериментальних досліджень таблиці 3, де показано вплив експозиції ферментації та кратності добового повітрообміну на зміну температури субстрату, що свідчить про те, що за різної кратності добового повітрообміну процес біотермічної ферментації проходить по-різному: температуру 71 °C маємо при кратності 50 разів на добу і процес біотермічної ферментації триває 10 днів, а з використанням природної аерації температура досягає лише 50 °C протягом 50-ти днів.

Із застосуванням методу математичного моделювання процесу отримано регресійні залежності для різної кратності добового повітрообміну:

$$t_{50} = 0,0212T^3 - 0,0002T^4 - 0,8236T^2 + 10,747T + 22,086 \quad (7)$$

$$R^2 = 0,9698$$

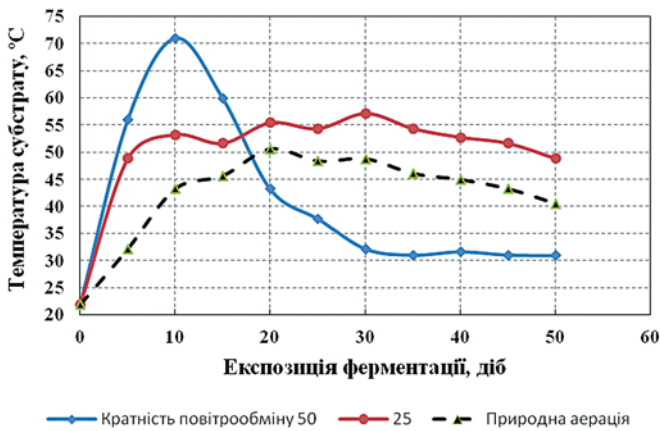


Рис. 6 – Графік впливу експозиції ферментації та кратності добового повітрообміну на зміну температури субстрату

$$t_{25} = 0,00117t^3 - 0,1129t^2 + 3,3423t + 27,111 \quad (8)$$

$$R^2 = 0,8541$$

$$t_0 = 0,00077t^3 - 0,0839t^2 + 2,7602t + 21,706 \quad (9)$$

$$R^2 = 0,9846,$$

де R^2 – достовірність апроксимації.

За рівняннями регресії (7, 8, 9) побудовано поверхню відгуку (рис. 7).

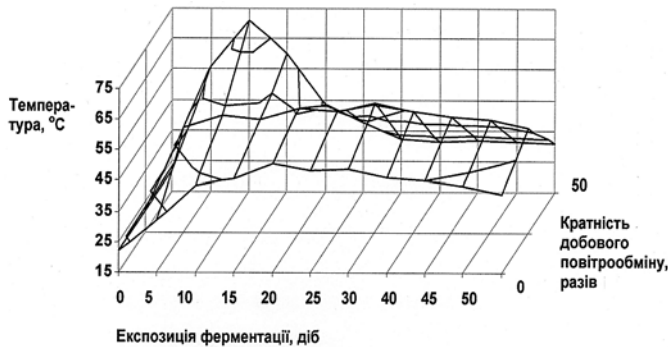


Рис. 7 – Площина відгуку впливу експозиції ферментації та кратності добового повітрообміну на зміну температури субстрату

Аналіз отриманих результатів показує, що за кратності повітрообміну 50 разів на добу процес біотермічного компостування проходить протягом десяти днів та досягає найбільшої температури.

Висновки. За результатами експериментальних досліджень процесу ферментації (біотермічного окислення) в біоенергетичній установці з примусовою аерацією, що їх проводили в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, визначено оптимальні параметри біотермічної ферментації: відношення C:N в субстраті становить від 25:1 до 30:1; розмір часток – 10 мм для систем з примусовою аерацією; вологість – 50-70%; висота шару субстрату – 1,5 м (у випадку примусової аерації висота шару субстрату має перешкоджати перегріванню до температури більше 60 °C); інтенсивність аерації – 25-50-кратний добовий повітрообмін маси – пористої структури суміші під тиском до 1,5 кПа на 1,0 м товщини шару; температура – 55 °C; тривалість термофільної фази контролюється за досягненням середньодобових температур суміші у межах від 50 до 55 °C.

Список літератури

1. Розроблення екологічно орієнтованих техніко-технологічних рішень отримання теплової енергії шляхом біотермічної ферментації гною для малих тваринницьких ферм [Текст]: звіт про НДР (заключ.) / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого; наук. керівник В.С. Таргоня. – Дослідницьке, 2013. – 92 с.
2. Ляшенко О.О. Основні положення процесу прискореного біотермічного компостування сільськогосподарських органічних відходів // О.О. Ляшенко, Г.Є. Мовсесов // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. наук. праць ІМТ НААН. – 2011. – 2(8). – С. 124-133.
3. Ляшенко О.О. Математичне моделювання біотермічних процесів компостування: огляд та загальні положення / О.О. Ляшенко // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. наук. праць ІМТ НААН. – 2011. – 2(8). – С. 165-177.
4. Ляшенко О.О. Дослідження процесу біотермічного компостування органічних відходів / О.О. Ляшенко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА. – 2002. – Вип. 7. – С.99-104.
5. Техніка сільськогосподарська. Обладнання для видалення і переробки гною. Методи випробувань: СОУ 74.3-37-268:2005. – [Чинний від 2005-12-23]. – К.: Мінагрополітики України, 2005. – 102 с.
6. Richard T.L. The kinetics of solid-state aerobic biodegradation: A dissertation in partial fulfillment of the requirements for the degree doctor of philosophy / Richard Thomas Lehman. – Cornell University. – 1997. – 380 p.
7. Mason I.G. A study of power, kinetics, and modelling in the composting process: A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree doctor of philosophy / Mason Ian George. – University of Canterbury. – 2007. – 436 p.
8. Hamelers H.V.M. Modeling composting kinetics: A review of approaches / Reviews in Environmental Science and Biotechnology. – 2004. – v. 3. – P. 331-342.

Анотація. В статтю приведені результати експериментальних досліджень біотермічного компостування, а саме: вплив експозиції ферментації та розмірів частинок наповнювача на зміну температури субстрату; вплив експозиції ферментації та співвідношення C:N на зміну температури субстрату; вплив експозиції ферментації та кратності воздухообміну на зміну температури субстрату.

Summary. The results of experimental studies composting. The results of experimental studies biothermal composting, namely the impact of the exposure of fermentation and the size of the filler particles on the substrate temperature change, the impact of exposure of fermentation and the ratio C: N to change the temperature of the substrate, the influence of exposure fermentation and multiplicity of air temperature change on the substrate.

Стаття надійшла до редакції 10 лютого 2014 р.