

УДК 631.333

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ РОЗПАДУ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ПРИ КОМПОСТУВАННІ

Ляшенко О.О.

Інститут механізації тваринництва УААН

Коломієць С.М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Анотація – в роботі представлено математичну модель кінетики розпаду органічних сполук компосту в системах періодичної дії, на основі якої запропоновано методичку визначення тривалості процесу компостування.

Ключові слова – компост, органічна речовина, кінетика розпаду, тривалість процесу, математична модель.

Постановка проблеми. В основі процесів прискореного твердофазного компостування раціонально підготовлених сумішей з тваринницьких і рослинних відходів лежать мікробіологічні і хіміко-фізичні екзотермічні процеси та перетворення органічних сполук. Інтенсивність цих процесів, у тому числі і біодеградації органічних складових, залежить від цілого ряду впливових факторів, таких як: структура вихідної компостної суміші, вологість, аерація, температура, відношення С:N (вуглецю і азоту), баланс поживних речовин. Це спонукає до того, що процес компостування, у певній мірі, повинен бути керованим на всіх стадіях переробки. Не вдаючись до деталізації впливу цих факторів, обмежимося гіпотезою, що всі вони підтримуються на раціональних рівнях.

Аналіз останніх досліджень. Сучасне тваринництво потребує переоснащення технологічного устаткування та постановки його на промислову основу на новому технічному рівні. Компостні суміші вміщують певну частину органічних речовин, тому процес розпаду органічної речовини при компостуванні має певний вплив на технологічний процес компостування. Ступінь розпаду органіки залежить від відносної швидкості її розпаду та тривалості процесу компостування.

Формулювання цілей статті. Мета статті – показати механізм моделі розпаду органічних сполук компосту, на основі якої запропоновано методику визначення тривалості процесу компостування.

Основна частина. При розробці математичної моделі розпаду органіки для систем компостування періодичної дії, вдамося до таких припущень: наявність поживних речовин повинна бути достатньою на всіх стадіях процесу; швидкість розпаду органічної речовини (розвиток мікробних популяцій) пропорційна ресурсу поживних речовин; технологічні параметри компостної системи не обмежують максимального зростання популяцій мікроорганізмів на стадії саморозігрівання.

Враховуючи те, що будь-які компостні суміші вміщують певну частину органічних речовин, які не піддаються повному розпаду, фундаментальне диференціальне рівняння розпаду органіки може бути подане у наступному вигляді:

$$dr/dt = -k_r(r - r_{\text{неп}}),$$

де k_r - відносна швидкість розпаду органіки;

r - вміст органічних складових у сухій речовині компосту;

$r_{\text{неп}}$ - вміст органічних складових сухої речовини, які не піддаються розпаду.

Для визначення змінного параметра r_t інтегруємо рівняння (1):

$$\int_{r_0}^{r_t} \frac{dr}{r - r_{\text{неп}}} = -\int_0^t k_r dt, \quad (2)$$

де межами інтегрування позначено: r_0 - початковий вміст органічної речовини; r_t - вміст органічної речовини на момент часу t . Після інтегрування і відповідних перетворень отримаємо рівняння, яке описує кінетику зміни (розпаду) органіки:

$$r_t = r_{\text{неп}} + (r_0 - r_{\text{неп}})e^{-k_r t}$$

Позначивши через коефіцієнт β ступінь розпаду органічних сполук, як відношення органіки яка розпалася ($r_0 - r_t$) на момент часу t до загальної кількості органіки здатної до розпаду ($r_0 - r_{\text{неп}}$):

$$\beta = (r_0 - r_t) / (r_0 - r_{\text{неп}}).$$

З урахуванням відношення (4), шляхом математичних перетворень рівняння (3) отримаємо визначення коефіцієнта β :

$$\beta = 1 - e^{-k_r t}. \quad (5)$$

Таким чином, ступінь розпаду органіки залежить від відносної швидкості її розпаду k_r , та тривалості процесу компостування t . Разом з тим, максимально граничне значення коефіцієнта β залежить від компонентного складу здатних до біологічного розпаду органічних сполук в вихідних компостних сумішах. З результатів власних досліджень та літературних даних відомо, що β_{max} змінюється у межах від 0,4 до 0,6 (це стосується, наприклад, перепрілого гною або перегною). Але доводити компости до такого стану з агротехнічної точки зору недоцільно із-за високих втрат органіки та азоту, тобто зниження його удобрювальних якостей.

Швидкість розпаду органіки на різних температурних стадіях процесу компостування також змінюється. Це обумовлено генетичними особливостями розвитку і життєдіяльності різноманітної мікрофлори (психрофіли, мезофіли та термофіли). Так наприклад, за результатами власних досліджень встановлено, що на термофільній стадії $k_r = 0,02 \dots 0,25$, на мезофільній $k_r = 0,01 \dots 0,15$, а на психрофільній $k_r \leq 0,01$. Відповідно змінюється тривалість кожної послідовної стадії компостування та всього процесу в цілому. Розглядаючи тривалість i -тої стадії компостування як функцію $t_i = f(k_{ri}, \beta_i)$, загальна тривалість процесу компостування визначиться:

$$t_{\Sigma} = \sum t_i, \quad (6)$$

$$\text{де} \quad t_i = \frac{1}{k_{ri}} \ln \left(\frac{1}{1 - \beta_i} \right). \quad (7)$$

Для визначення прогнозованого параметра t_i , з урахуванням різної швидкості розпаду органічних сполук, характерних для кожної температурної стадії компостування, нами запропонована номограма, яка представлена на рисунку 1. Алгоритм визначення t_i позначено на номограмі.

При розробці технологічного регламенту для конкретної системи компостування з агротехнічно-обґрунтованим ступенем розпаду органічної речовини, у тому числі з урахуванням температурних стадій процесу, за допомогою номограм визначаються раціональні терміни тривалості кожної зі стадій та тривалість процесу переробки в цілому за формулою (6).

Номограмою можна скористатись у виробничих умовах з метою оцінки дозрілості компосту за сумарним ступенем розпаду органіки $\beta_{\Sigma} = \sum \beta_i$. При цьому, коли відома тривалість кожної з температурних стадій процесу, за зворотним алгоритмом визначаються параметри β_i . У

відповідності з отриманими результатами корегується технологічний процес шляхом скорочення або збільшення поточної температури стадії та всього процесу в цілому.

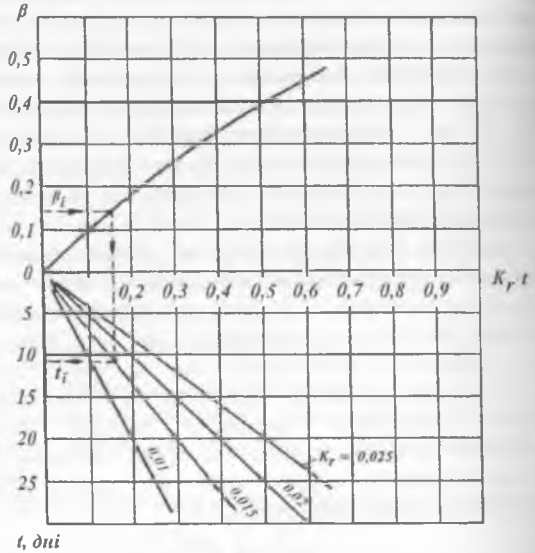


Рис. 1. Номограма визначення тривалості стадій компостування ступенем розпаду органіки.

В узагальненому вигляді рівняння відносної швидкості розпаду органіки можна отримати після перетворення рівняння (3) і розділення його на параметр r_0 (початковий вміст органічної речовини в компостній суміші):

$$\frac{r_0 - r_t}{r_0} = \frac{r_0 - r_{\max}}{r_0} (1 - e^{-K_r t}).$$

Позначимо: через α_t – відносний вміст органічної речовини компостній суміші, яка піддалась розпаду, на момент часу t процесу компостування:

$$\alpha_t = \frac{r_0 - r_t}{r_0},$$

а через α_{\max} – максимально можливий ступінь розпаду органічної речовини:

$$\alpha_{\max} = \frac{r_a - r_{\text{пер}}}{r_a}$$

Остаточно отримаємо рівняння:

$$\alpha_i = \alpha_{\max} (1 - e^{-k_i t}) \quad (8)$$

За розрахунками, з аналізу масового балансу, кількість органіки, яка максимально може піддатись розпаду, становить близько 50,93 масових одиниці, тобто 51%. Отже, максимальний розрахунковий рівень розпаду органічної речовини приймаємо $\alpha_{\max} = 0,51$.

Відповідно рівняння (8) набуває вигляду:

$$\alpha = 0,51(1 - e^{-k_i t})$$

Визначивши, за результатами досліджень, коефіцієнт швидкості розпаду органічної речовини для даної компостної суміші, можна побудувати кінетичну залежність ступеня розпаду органічної речовини протягом терміну переробки t .

Висновки. Отримано математичну залежність для прогнозування тривалості процесу компостування в залежності від бажаного ступеня розпаду органічної речовини. На базі моделі побудовано номограму для визначення мікробіологічного терміну переробки $t = f(K, \beta)$.

Знайдено напівемпіричну залежність кінетики розпаду органічної речовини α , від максимально можливого ступеню її розпаду.

Література

1 Смирнов О.П., Кошевой Э.А., Фришман Л.И. Сооружения по подготовке к использованию отходов животноводства. -К.: Урожай, 1989.- 152 с.

2 Коваленко В.П. Механизация обработки безподстильного навоза. -М.: Колос, 1984.- 159 с.

MODEL DEGRADATIONS OF COMPOST ORGANIC MATTER

O. Lyashenko, S. Kolomiets

Summary

This paper presents a mathematical model of kinetic degradations organic matter on discontinuous composting systems and thinks out calculated method of residence time composting process on this basis.