

УДК 625.503.56

Ольга Данилюк, к.т.н, доцент, Ірина Данилюк, к.т.н.

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

СТІЙКІСТЬ ДО СТИРАННЯ КАПСУЛЬОВАНИХ ДОБРИВ

У роботі проаналізовано стійкість до стирання та запропонована математична модель дифузії компонентів добрива через нанесену на поверхню гранул оболонку. Рішенням цієї моделі є рівняння, яке дозволяє визначити вплив оболонки на поверхні гранули мінерального добрива на кінетику його розчинення.

Ключові слова: оболонка, капсула, дифузія, масопередача.

Olga Danylyuk, Iryna. Danyliuk

ABRASION RESISTANCE OF ENCAPSULATED FERTILIZERS

In the paper analyzes the abrasion resistance and the mathematical model of diffusion through the components of fertilizer granules deposited on the surface of the shell. The decision of this model is the equation to determine the impact on the surface membrane pellet fertilizer on the kinetics of its dissolution.

Keywords: shell, capsule, diffusion, mass transfer.

Оболонка на поверхні гранули добрива зменшує інтенсивність розчинення. Для забезпечення необхідної швидкості вивільнення елементів живлення з капсульованого добрива необхідно дослідити провідність отриманого покриття. Здійснюючи теоретичний опис процесу розчинення мінеральних добрив через оболонку на поверхні гранули приймаємо, що фізичні властивості покриття залишаються незмінні.

Швидкість вивільнення компонентів живлення через оболонку в середовище розчинника залежить в тій чи іншій мірі від багатьох факторів. Процес екстрагування активного компоненту через оболонку є складним. Його умовно поділяють на три стадії, що мають свої характерні особливості. Як видно з проведених раніше експериментальних досліджень процесів екстрагування активних компонентів через полімерні оболонки визначальною є друга стадія. Тому основна увага приділялася математичному опису та експериментальному дослідженню другої стадії.

Другу стадію процесу розчинення та масоперенесення активного компоненту через оболонку в середовище розчинника можна розділити на такі етапи:

- дифузія компоненту з поверхні твердої частинки, що розчиняється всередині полімерної капсули, до внутрішньої границі оболонки; при цьому концентрація компоненту на поверхні частинки дорівнює концентрації насичення C_s , а на внутрішній поверхні оболонки – C_p ;
- дифузія компоненту через оболонку до її зовнішньої границі; концентрація речовини на зовнішній поверхні оболонки – C_h ;
- масовіддача компоненту від зовнішньої границі оболонки в середовище розчинника з концентрацією – C_p .

Відстань від поверхні частинки добрива, що розчиняється всередині капсули до її внутрішньої границі є малою, тому для спрощення будемо вважати, що концентрація розчину всередині капсули дорівнює концентрації насичення. Тоді етапом другої стадії процесу розчинення можна знехтувати. З врахуванням цього швидкість розчинення можна записати у виді системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned} -\frac{dM_{\tau}}{d\tau} &= \frac{D_2}{\delta} F(C_s - C_n); \\ -\frac{dM_{\tau}}{d\tau} &= \beta F(C_n - C_p), \end{aligned} \quad (1)$$

де D_2 – коефіцієнт дифузії компонента в полімері, м²/с, b – коефіцієнт масовіддачі компонента в рідкій фазі, м/с, C_p – концентрація компонента на зовнішній поверхні оболонки, кг/м³; M_{τ} – маса добрива, що розчиняється всередині капсули в будь-який момент часу, кг, d – товщина капсули, м.

Перше рівняння системи описує кінетику проникнення розчину компонентів добрива через оболонку, друге – перенос їх від поверхні оболонки в середовище розчинника.

Рівняння матеріального балансу даного процесу можна записати у виді:

$$M_0 = M_{\tau} + W_p C_p \quad (2)$$

де M_0 – початкова маса добрива, кг, W_p – об'єм розчинника, м³.

Рівняння (1) і (2) утворюють математичну модель дифузії компонентів добрива через нанесену на поверхню гранул оболонку. Рішенням цієї моделі є рівняння, яке дозволяє визначити вплив оболонки на поверхні гранули мінерального добрива на кінетику його розчинення:

$$\ln\left(\frac{C_s}{C_s - C_p}\right) = -\frac{kF}{W_p} \tau \quad (3)$$

де k – коефіцієнт масопередачі розчину компонентів мінерального добрива з капсульованої частинки в середовище розчинника,

$$k = \frac{1}{\frac{\delta}{D_2} + \frac{1}{\beta}} \quad (4)$$

кг/(м²с):

Визначивши коефіцієнт дифузії компонентів мінерального добрива через оболонку і задавши час розчинення за допомогою рівняння (3) можна розрахувати необхідну товщину покриття на поверхні гранули.

Проникність оболонки на поверхні гранули мінерального добрива характеризує коефіцієнт дифузії D_2 . Розрахувати його можна з рівняння (4). Для цього необхідно визначити коефіцієнти k та β .

Масопередача в розчин, що покриває оболонку ззовні, проходить шляхом природної конвекції. Значення коефіцієнту масовіддачі β визначали експериментально [3]. Для цього частинку гранули аміачної селітри витримували в посудині з дистильованою водою певний час τ . Потім її виймали, висушували до постійної маси і зважуванням визначали втрату маси ΔM . Використовуючи кінетичне рівняння [2], знаходили значення коефіцієнту масовіддачі в умовах вільної конвекції:

$$\beta = \frac{\Delta M}{FC_s \tau}, \quad (5)$$

де C_s – концентрація насичення нітроамофосу, кг/м³.

Оскільки час розширення τ був невеликий, то концентрація нітроамофосу у великому об'ємі води була настільки малою, що можна було прийняти її значення рівне нулю.

Визначене таким чином середнє, з п'яти близьких, значення коефіцієнту масовіддачі $\beta = 17,85(\pm 0,03) \times 10^{-3}$ м/с. Коефіцієнт масопередачі знаходили графічно з рівняння (3). Для цього проводили дослідження процесу вивільнення компонентів нітроамофосу через оболонку, отриману з використанням суміші фосфорит - сульфатне мило - меляса, глауконіт - сульфатне мило - меляса та палигорскіт - сульфатне мило -

меляса у співвідношенні 5:1:1. Величина покриття складала 20% і 10% маси добрива. Товщина оболонки, визначена мікроскопічним методом за допомогою шліфа, відповідно була близькою до 25 і 50 мкм. З метою максимально точного розрахунку площі розчинення, для досліджень відбирали частинки правильної кулястої форми діаметром 3×10^{-3} м. За результатами досліджень будували графіки залежності величини $\ln[C_s/(C_s - C_p)]$ від часу проведення процесу τ . В результаті отримали залежності представлені на рисунках 1, 2, 3.

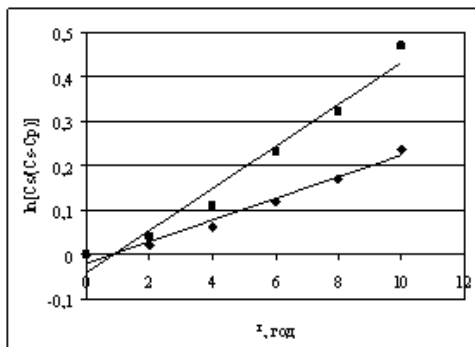


Рис. 1. Графічні залежності, використувані для знаходження коефіцієнту масопередачі через оболонку фосфорит - сульфатне мило – меляса

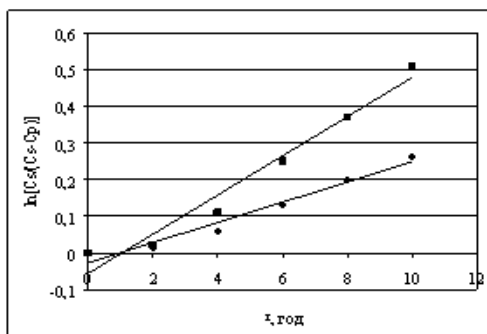


Рис. 2. Графічні залежності, використувані для знаходження коефіцієнту масопередачі через оболонку глауконіт - сульфатне мило – меляса

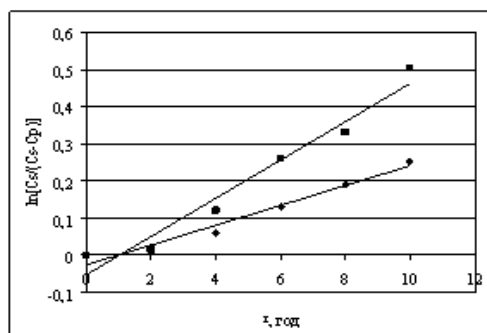


Рис. 3. Графічні залежності, використувані для знаходження коефіцієнту масопередачі через оболонку палигорскіт - сульфатне мило – меляса