

### Висновки

Для покращення агроекологічного стану орних земель Рівненської області та призупинення деградаційних процесів пропонуємо в поліській частині щорічно проводити вапнування кислих ґрунтів на площі 31,7 тис. га із внесенням 3,6 т/га  $\text{CaCO}_3$ , лісостеповій – 17 тис. га і 6,0 т/га  $\text{CaCO}_3$  відповідно.

Для проведення вапнування рекомендується використовувати вапнякові матеріали, в основному, місцевого виробництва, що суттєво здешевлює виконання цього агрозаходу.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Природа Рівненської області / за ред. К.І. Геренчука. – К.: Вища школа, 1976. – 156 с.
2. Кваша М.К. Ґрунти Рівненської області. – Львів: Каменяр, 1970. – 99 с.
3. Городній М.М. Агрохімія: Підручник. – 4-те вид., переробл. та доп. – К.: Арістей, 2008. – 936 с.
4. Медведєв В.В., Лісовий М.В. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства. – Харків, Штрих, 2001. – 34 с.
5. Трускавецький Р.С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції. – Харків: ППВ "Нове слово", 2003. – 60 с.
6. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / За ред. С.М. Рижука, М.В. Лісового, Д.М. Бенцаровського. – К., 2003. – 64 с.
7. Рижук С.М., Трускавецький Р.С., Балюк С.А., Бенцаровський Д.М. Перспективи хімічної меліорації // Вісн. аграрн. науки. – 2002. - №1. – С. 5–8.

УДК 631.812, 504.062:574

Мальований М. С., Бунько В. Я., Нагурський О. А. (Україна, Львів)

### ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ДОБРИВ ПРОЛОНГОВАНОЇ ДІЇ, КАПСУЛЬОВАНИХ ПЛІВКОЮ НА ОСНОВІ МЕЛЕНИХ МІНЕРАЛІВ ТА ЗВ'ЯЗУЮЧОГО ОРГАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

**Вступ.** Масштабне застосування синтетичних мінеральних добрив для відновлення природного балансу речовин у штучних екосистемах породжує ряд екологічних проблем. Найгостріша з них – це забруднення довкілля залишковими агрохімікатами [1]. Одним із перспективних рішень даної проблеми є створення капсульованих мінеральних добрив.

**Аналіз попередніх досліджень.** Для отримання оболонки капсульованих добрив пропонується застосування суміші природних мелених мінералів (фосфорит, глауконіт, палигорскіт) із відходом целюлозно-картонного виробництва (сульфатне мило) та відходом виробництва харчових продуктів (меляса). Утворена з цих речовин плівка раніше в таких цілях не застосовувалась і, відповідно, в літературі немає відомостей за цією тематикою. Для теоретичного опису процесу використовується понятійний та математичний апарат, приведений у працях [2, 3].

**Мета роботи.** Метою даної роботи є визначення коефіцієнту внутрішньої дифузії компонентів легкорозчинного мінерального добрива аміачної селітри через плівку, утвореної із суміші фосфорит - сульфатне мило - меляса, глауконіт - сульфатне мило - меляса та палигорскіт - сульфатне мило - меляса у співвідношенні 5:1:1. Для цього необхідно зробити теоретичний опис процесів, та дослідити експериментально кінетику вивільнення аміачної селітри з капсули, нанесеної на поверхню гранули.

**Матеріал і результати дослідження.** 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 [3]. 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 –  $C_n$ ;
- дифузія компоненту через оболонку до її зовнішньої границі; концентрація речовини на зовнішній поверхні оболонки –  $C_b$ ;
- 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 [2]:

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

де  $D_2$  – коефіцієнт дифузії компоненту в полімері,  $\text{м}^2/\text{с}$ ,  $\beta$  – коефіцієнт масовіддачі компоненту в рідкій фазі,  $\text{м}/\text{с}$ ,  $C_n$  – концентрація компоненту на зовнішній поверхні оболонки,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $M_\tau$  – маса добрива, що розчиняється всередині капсули в будь-який момент часу,  $\text{кг}$ ,  $\delta$  – товщина капсули,  $\text{м}$ .

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,  $\text{кг}$ ,  $W_p$  – об'єм розчинника,  $\text{м}^3$ .

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,  $\text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$ :

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

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  $\beta$ .

Масопередача в розчин, що покриває оболонку ззовні, проходить шляхом природної конвекції. Значення коефіцієнту масовіддачі  $\beta$  визначали експериментально [3]. Для цього частинку гранули аміачної селітри витримували в посудині з дистильованою водою певний час  $\tau$ . Потім її виймали, висушували до постійної маси і зважування визначали втрату маси  $\Delta M$ . 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,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Оскільки час розширення  $\tau$  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  $\beta = 17,85(\pm 0,03) \times 10^{-5}$   $\text{м}/\text{с}$ . 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  $\mu\text{м}$ . З метою максимально точного розрахунку площі розчинення, для досліджень відбирали частинки правильної кулястої форми діаметром  $3 \times 10^{-3}$   $\text{м}$ . За результатами досліджень будували графіки залежності величини  $\ln[C_s/(C_s - C_p)]$  від часу проведення процесу  $\tau$ . В результаті отримали залежності представлені на рисунках 1, 2, 3, причому тангенс кута нахилу кривої дорівнює величині  $-kF/W_p$ . Для різних плівкоутворюючих сумішей отримані середні значення коефіцієнтів дифузії, приведені в табл. 1.

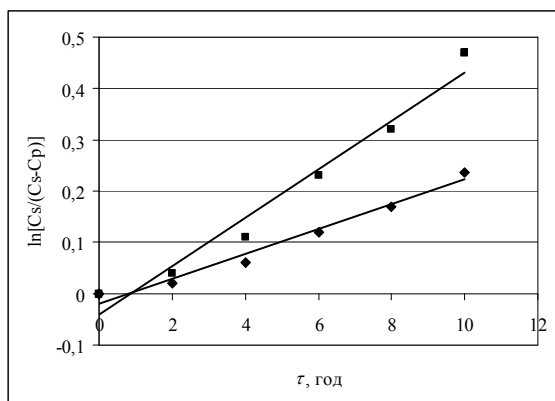


Рис. 1. Графічні залежності, використовувані для знаходження коефіцієнту масопередачі через оболонку фосфорит - сульфатне мило – меляса

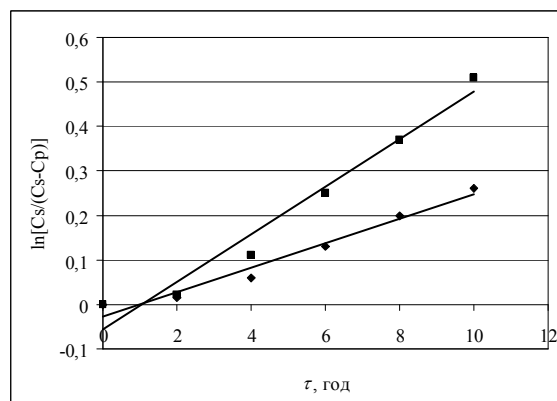


Рис. 2. Графічні залежності, використовувані для знаходження коефіцієнту масопередачі через оболонку глауконіт - сульфатне мило - меляса

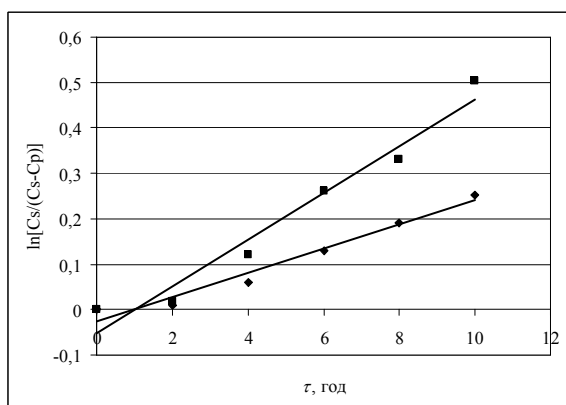


Рис. 3. Графічні залежності, використовувані для знаходження коефіцієнту масопередачі через оболонку палигорскіт - сульфатне мило – меляса

Практично однакове значення коефіцієнту дифузії в оболонках з різними мінералами можна пояснити тим, що вони відіграють роль наповнювачів. Провідність оболонки визначається головним чином властивостями звязуючих компонентів – сульфатного мила та меляси.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів дифузії нітроамофосу через оболонку

Плівкоутворююча суміш, співвідношення 5:1:1	Фосфорит - сульфатне мило - меляса		Глауконіт - сульфатне мило - меляса		Палигорскіт - сульфатне мило - меляса	
	10	20	10	20	10	20
Маса покриття, % маси добрива	10	20	10	20	10	20
Коефіцієнт масопередачі, $k \times 10^6$ м/с,	1,47	2,92	1,83	3,59	1,72	3,46
Коефіцієнт дифузії $D_2 \times 10^{10}$ , м <sup>2</sup> /с	2,08		9,74		8,62	

**Висновки.** Отримана аналітична залежність, яка може бути використана для розрахунку процесу вивільнення компонентів добрива через оболонку. Визначено експериментальним шляхом коефіцієнт дифузії компонентів нітроамофосу в оболонці та коефіцієнт масовіддачі від поверхні оболонки в процесі розчинення капсульованого добрива. Отримані результати дозволять теоретичним шляхом розраховувати величину покриття на гранулах мінеральних добрив в залежності від необхідної інтенсивності та часу повного їх розчинення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Писаренко В.Н. Экологические проблемы при использовании минеральных удобрений: Пути возможного загрязнения окружающей среды удобрениями и мероприятия по его предотвращению / Писаренко В.Н., Писаренко П.В., Писаренко В.В. - Полтава.: Агроекология, 2008.
2. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. - М.: Химия, 1985. - 448 с.
3. Гумницький Я.М., Нагурский О.А., Демчук И.А. Массоперенос из твердой шарообразной частицы, покрытой нерастворимой полимерной оболочкой. // Теретические основы химической технологии. Москва, 1997, т.31, №4, с.380-383.