

ОЦІНКА НЕБЕЗПЕКИ ПРОНИКНЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ЗА МЕЖІ ОРНОГО ШАРУ

В.В.САБАДАШ – к.т.н., доцент,
М.С.МАЛЬОВАНИЙ – д.т.н., професор,
НЕДАЛЬ Хуссейн Мусалам Аль Хасанат – аспірант,
Національний університет «Львівська політехніка»

Постановка проблеми. Майже всі мінеральні добрива є водорозчинними солями, і тому використання їх рослинами безпосередньо пов'язане з швидкістю їх розчинення та міграції в ґрунті, а отже, є залежним від кількості опадів у період внесення мінеральних добрив та під час вегетаційного періоду. Надмірна кількість опадів призводить до швидкого розчинення добрив, їх вимивання з ґрунту, проникнення в природне середовище. Наслідком такого руху мінеральних добрив є погіршення якості врожаю і забруднення біосфери. Зважаючи на небезпеку забруднення навколишнього середовища, складовими частинами мінеральних добрив слід урахувати те, що в ґрунті частково відбувається розкладання нітратів з утворенням нітрогену оксиду (I), що спричинює руйнування озонового шару, акумуляція фосфатів у ґрунті внаслідок утворення малорозчинних сполук, вимивання розчинних складових у підземні води та поверхневий змив мінеральних добрив [1]. Попередньо проводилися детальні дослідження в цьому напрямі, що стосувалися міграції добрив у ґрунтовому шарі. Механізми дифузії компонентів мінеральних добрив описано системою рівнянь [2, 3].

$$\begin{cases} \frac{\partial C}{\partial \tau} = D\varepsilon \frac{\partial^2 C}{\partial Z^2} \\ C|_{\tau=0} = C_0 \\ \left(\frac{\partial C}{\partial Z}\right)_{Z=0} = 0 \\ C|_{Z=0} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Рішенням цієї системи є рівняння [2]:

$$\frac{C}{C_n} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{Z}{2D\varepsilon\sqrt{\tau}}\right) \quad (2),$$

де C – концентрація іона;
 Z – глибина, м;
 D – коефіцієнт дифузії, м²/с;
 τ – час, с.

Отже, для ефективного використання мінеральних добрив необхідно регулювати швидкість надходження мінеральних добрив у ґрунтове середовище. Для цього найбільш доцільно застосовувати добрива пролонгованої дії

Проблема виготовлення та застосування капсульованих добрив піднімається вже десятиріччями, проте дотепер не виготовлено конкурентоздатних та безпечних для навколишнього середовища продуктів. Основними причинами, які стримують застосування капсульованих добрив у сільському господарстві, є їх висока вартість порівняно з гранульованими добривами та складність створення якісного покриття, товщина якого коливається в межах $1 \cdot 10^{-5} \dots 1 \cdot 10^{-4}$ м [4]. Одночасно, незважаючи на перевитрату добрив, пов'язану з їх вимиванням, гранульовані добрива все ще залишаються конкурентоздатними порівняно із капсульованими. Але вони переважно не відповідають параметрам та вимогам європейських норм для добрив пролонгованої дії European standard EN 13266:2001.

Провівши детальний аналіз відомих способів нанесення покриття на гранульовані мінеральні добрива, ми надали перевагу нанесенню покриття на гранульоване добриво у псевдозрідженому стані, який не вимагає значних енергетичних затрат і дозволяє отримати рівномірний якісний шар покриття. Ці затрати обмежуються збільшенням тиску в системі в межах першої та другої критичних швидкостей руху частинок у псевдозрідженому стані.

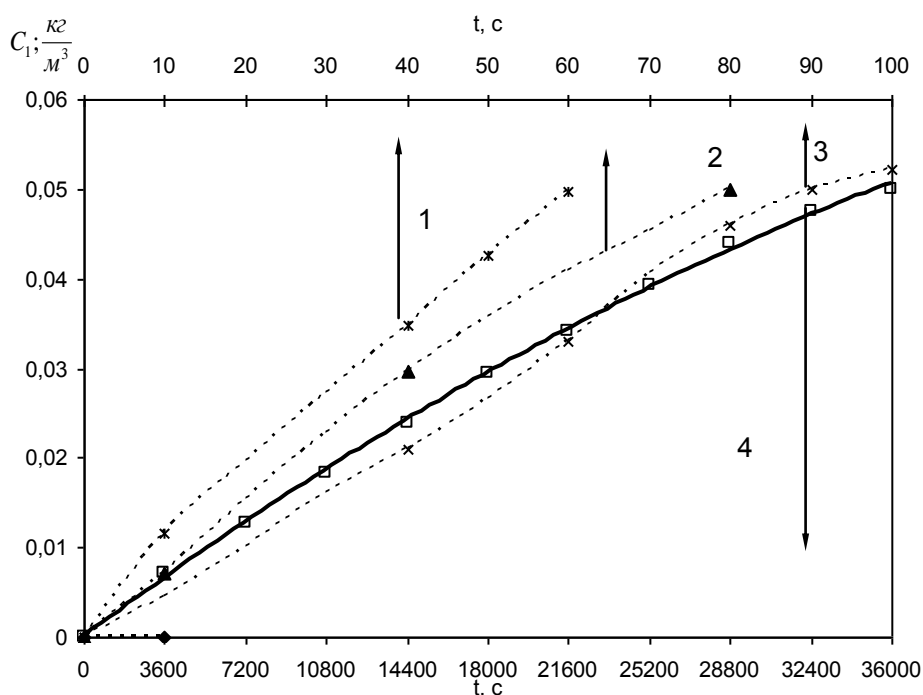
Дослідженнями [5] встановлена перспективність використання для плівкоутворюючої композиції суміші сульфатне мило – природний дисперсний мінерал. Як мінерал доцільно використовувати природні дисперсні сорбенти (бентоніти) або фосфоритну муку. Оптимальним співвідношенням для обох видів дисперсних мінералів є масове співвідношення мінерал: сульфатне мило (0,4 – 0,6). Таке співвідношення дозволить досягти необхідної механічної міцності покриття, оптимізувати тепловитрати на випаровування вологи сульфатного мила та отримати плівкоутворюючий матеріал з в'язкістю, достатньою для нанесення його на частинку добрива, яка підлягає капсулюванню.

Завдання і методика досліджень. Мета роботи полягала у дослідженні розчинності гранульованих та капсульованих мінеральних добрив, механізму дифузії мінеральних речовин у ґрунтового середовищі, а також у визначенні коефіцієнта дифузії компонента у дисперсній системі тверде тіло-рідина в стаціонарному режимі.

Для дослідження розчинності добрив у воді використовували аміакову селітру, нітроамофоску, карбамід та капсули нітроамофоски з оболонкою із суміші фосфоритної муки Ратнівського родовища (Україна) крупністю (залишок на ситі 0,18 мм) 10%, та сульфатного лігніну. Визначення концентрації розчинених речовин проводили потенціометричним (Na^+ , NO_3^-) та фотометричним методами (P_2O_5 , NH_4^+). Для цього гранульовані добрива (аміакова селітра, нітроамофоска, карбамід) та покриті оболонкою із суміші фосфориту та сульфатного лігніну нітроамофоску поміщали в ємність з дистильованою водою та визначали концентрацію NO_3^- іонометричним методом [4].

Результати досліджень. Дані проведених нами експериментальних досліджень представлені на рис.1 та рис. 2.

Як видно з рис.1 (криві 1 – 3), гранульоване добриво в однакових умовах (постійна температура та вологість) розчиняється близько трьох хвилин, у той час як концентрація вивільненого компонента капсульованого добрива $C_{1 \text{ капс}} = C_{1 \text{ гран}}$ досягалася через 10 годин (крива 4). Для порівняння модельна частинка нітроамофоски, з якої були виготовлені капсульовані добрива, розчинялася через 12 секунд. З цього випливає, що гранульовані добрива дуже швидко розчиняються в ґрунті, що сприяє поверхневому змиву добрив під час дощів та вимиванню добрив у підземні водоносні горизонти.



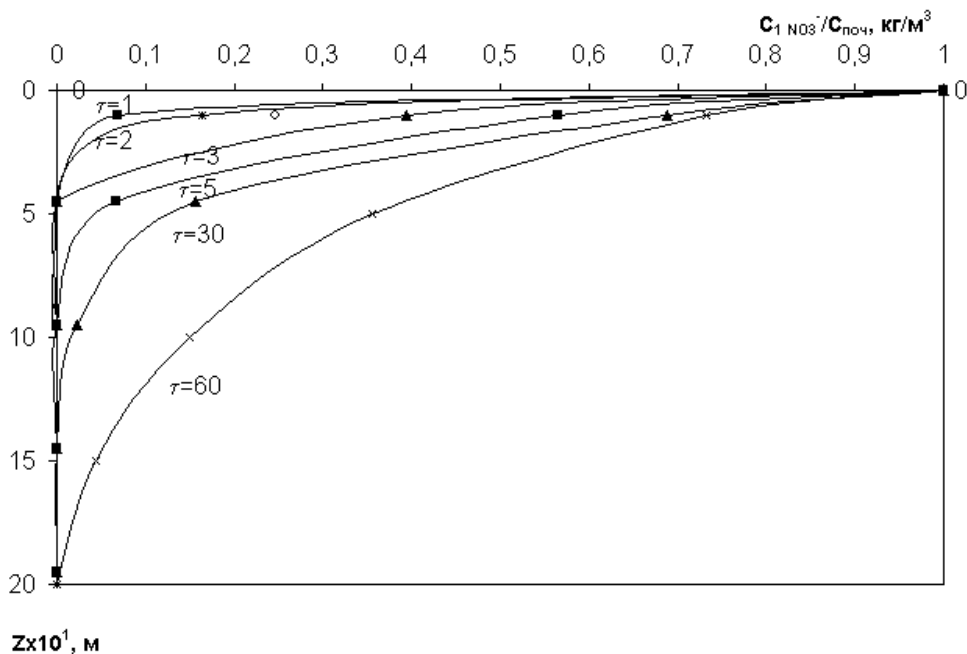
*гранульовані добрива – 1 – NH_4NO_3 , 2 – нітроамофоска, 3 – карбамід;
добриво – 4 – нітроамофоска, покрита сумішшю лігніну та фосфориту
($\delta=50\text{мкм}$)*

Рисунок 1. Кінетика розчинності у воді мінеральних добрив:

Аналізуючи експериментальні дані, можна стверджувати про достатню ефективність покриття для регулювання швидкості вивільнення добрива.

Для можливості оцінки небезпеки надто швидкого розчинення мінеральних добрив досліджували міграцію компонентів мінеральних добрив у ґрунтового середовищі. В умовах експерименту у вимірювальні комірки з модельним середовищем ґрунту з пористістю 0,4 вносили гранули амоній нітрату. Через 1, 2, 3, 5, 30 та 60 діб визначали концентрацію нітрат іону за методикою [4] на глибині 1, 5,

10, 15, 20 та 25 см від поверхні ґрунту. Кінцеві результати експериментальних досліджень представлені на рис. 2.



(■ – $\tau=1$, * – $\tau=2$, ○ – $\tau=3$, Δ – $\tau=6$, ▲ – $\tau=15$, ■ – $\tau=30$, x – $\tau=60$)

Рисунок 2. Розподіл концентрації NO_3^- профілем ґрунту за умови $t = \text{const}$

Аналізуючи дослідні дані (точки) та профілі концентрацій, розраховані експериментально за рівнянням (2), можна стверджувати про задовільну збіжність результатів. Розподіл вивільненого іона в ґрунті описується граничними умовами II роду. Небезпечним моментом є те, що в процесі проходження фронту дифузії за межі кореневої системи рослин проходить проскок мінеральних добрив, які пізніше мігрують у підземні води. Розраховане нами на основі аналізу експериментальних даних середнє значення коефіцієнта дифузії становило $1,4 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$.

Незважаючи на те, що згідно з експериментальними даними компонент досить повільно проникає у підземні ґрунтові шари, у реальних умовах, крім молекулярної дифузії, має місце конвективний масоперенос забруднюючих речовин та процес фільтрації ґрунтової води крізь мінеральну породу до підземних водоносних горизонтів.

Висновки та пропозиції. У зв'язку з існуючими екологічними проблемами застосування добрив запропоновано використання капсульованих добрив з метою регулювання їх концентрації у середовищі вивільнення. Розглядаючи задачу визначення коефіцієнта дифузії, необхідно виходити з того, що перенесення речовини в рідкому середовищі проходить шляхом молекулярної дифузії. Приведено аналіз останніх публікацій щодо міграції добрив у ґрунтовому середовищі та застосування добрив пролонгованої дії. Досліджено кінетику розчинення гранульованих та капсульованих мінеральних доб-

рив. Розраховано розподіл концентрації мінеральних добрив у ґрунті. Проведено статистичний аналіз експериментальних та теоретичних даних. Значення середньоквадратичного відхилення δ склало 0,1 %, що свідчить про задовільну збіжність результатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Городній М.М. Шидула М.К. Агроекологія. – К.: Вища школа, 1993.
2. Люта О.В., Сабадаш В.В., Гумницький Я.М. Математичне прогнозування міграції компонентів у вертикальному профілі ґрунту // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення енергетичної ефективності харчових і хімічних виробництв". – Одеса. – 2007 – С. 202.
3. Гумницький Я.М., Люта О.В., Математичні моделі міграції компонентів добрив у ґрунтового середовищі // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2008. – Вип. 32. – С.6 – 9.
4. Гумницький Я.М., Мельничук В.В., Нагурський О.А. Застосування капсульованих добрив для екологічно безпечного стимулювання росту рослин // Вісник НУ Львівська політехніка. Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2002. – № 461. – С. 279-281.
5. Мальований М.С., Пилипенко Ю.В., Недадь Хуссейн Мусалам Аль Хасанат. Екологічні аспекти застосування мікрокапсульованих добрив пролонгованої дії // Таврійський науковий вісник. – Херсон: Айлант, 2010. – Вип. 68. – С.131-138.