

ШИФР «ПРОЛОНГОВАНА ДІЯ»

СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА РОБОТА

на тему:

**«ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ
ДОВКІЛЛЯ МІНЕРАЛЬНИМИ ДОБРИВАМИ
ШЛЯХОМ ЇХ КАПСУЛЮВАННЯ»**

2020 рік

АНОТАЦІЯ

Актуальність роботи. Нагромаджений досвід свідчить, що мінеральні добрива – один із найефективніших засобів збільшення урожайності та поліпшення якості окремих параметрів продукції рослинництва. Застосуванням мінеральних добрив можна керувати процесом живлення рослин, змінювати якість урожаю та впливати на родючість, фізико-хімічні й біологічні властивості ґрунту. Результати наукових досліджень вітчизняних учених свідчать, що завдяки використанню мінеральних добрив врожай основних сільськогосподарських культур збільшується в середньому на 40–50 %. Водночас мінеральні добрива істотно впливають на навколишнє природне середовище, особливо через забруднення компонентів екосистем хімічними агентами. Своєчасно незасвоєні рослинами залишки добрив потрапляють у водойми, а азотні – ще й в атмосферу у вигляді оксидів нітрогену. Частка засвоєння елементів живлення рослинами становить близько 0,4–0,6, тобто майже половина не бере участі в малому біотичному циклі кругообігу, стає потенційним забруднювачем агроекосистем. Отже, необґрунтоване застосування надмірної кількості мінеральних добрив призводить до значного негативного впливу на навколишнє природне середовище, сільськогосподарську продукцію, тваринний світ і, зрештою, на здоров'я людини.

Негативний вплив від використання мінеральних добрив можна суттєво зменшити використанням нових форм – добрив пролонгованої дії. Вони спроможні подовжити тривалість дії хімічних агентів упродовж вегетаційного періоду, зменшити обсяг і частоту внесення, а також запобігти міграції елементів живлення за межі малого біотичного циклу удобрюваної агроекосистеми і потраплянню в інші компоненти ландшафту. Такі форми добрив також запобігають змиву і вимиванню поживних речовин дощовими, талими та ґрунтовими водами. Отже, випробування екологічної безпеки й агрономічної ефективності розроблених капсульованих мінеральних добрив за умов достатнього зволоження й інтенсивного землеробства, обґрунтування економічно доцільних та екологічно безпечних норм їх внесення під культурні

рослини є актуальним завданням сьогодення. Це значно зменшить або упередить негативний вплив хімізації землеробства на агроєкосистеми і дасть змогу зекономити кошти на захист довкілля.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є екологічна оцінка зменшення негативного впливу мінеральних добрив унаслідок застосування капсульованих форм на основі з'ясування їх поведінки й ефективності в агроєкосистемах.

Для досягнення зазначеної мети необхідно було виконати такі завдання:

- дослідити процес капсулювання мінеральних добрив капсулоутворювальною композицією різного складу;
- дослідити вплив мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, на фізіологічну активність загальної та азотфіксуючої мікробіоти ґрунту;
- виконати агроєкологічні дослідження впливу мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, на ріст та розвиток рослин;
- дослідити екологічні та економічні переваги застосування різних капсульованих добрив в умовах західної частини України.

Об'єкт дослідження – капсульовані мінеральні добрива.

Предмет дослідження – закономірності впливу мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, на екологічні процеси в ґрунті й екобезпеку рослинницької продукції.

Наукова частина роботи полягає у наступному:

1. Експериментально досліджено позитивний вплив створених капсульованих форм мінеральних добрив на загальну й азотфіксуючу мікрофлору ґрунту у двох системах: «ґрунт–добриво» – на темно-сірому опідзоленому, ясно-сірому опідзоленому і дерново-підзолистому ґрунтах; «ґрунт–добриво–рослина» – на темно-сірому опідзоленому ґрунті.

2. Встановлено позитивний вплив мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, на зміну рН у бік алкалізації темно-сірого опідзоленого, ясно-сірого опідзоленого та дерново-підзолистого ґрунтів.

3. Отримало подальший розвиток розуміння закономірностей впливу капсульованих форм мінеральних добрив на живлення рослини, кругообіг і втрати хімічних елементів в агроекосистемах зони Західного Лісостепу.

Загальна характеристика наукової роботи. Наукова робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаної літератури.

Ключові слова: капсульовані добрива, лігнін, цеоліт, вплив на довкілля.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	6
1. Наслідки негативного впливу мінеральних добрив в агроландшафтах	7
2. Шляхи усунення негативних наслідків застосування мінеральних добрив та підвищення їх ефективності	10
3. Особливості капсулювання добрива та формування частинки капсульованого добрива	13
4. Вплив капсульованих мінеральних добрив на кінетику росту культурних рослин	16
5. Аналіз впливу капсульованих мінеральних добрив на мікрофлору ґрунту.	22
ВИСНОВКИ	4
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	19

ВСТУП

У наш час для забезпечення людства продуктами харчування в галузі сільськогосподарського виробництва переважають методи його інтенсифікації, у зв'язку з цим все більше використовують засоби хімічного захисту та мінеральні добрива. Останні, у свою чергу, є основним засобом для збільшення врожайності на 40 - 50 % та поліпшення якості сільськогосподарської продукції. Але використання мінеральних добрив спричинює ряд екологічних проблем. Забруднення навколишнього середовища в процесі використання мінеральних добрив відбувається в основному через недосконалість властивостей та хімічного складу добрив, внаслідок порушення технології виробництва, зберігання та застосування мінеральних добрив. Унаслідок вимивання мінеральних добрив зазнають забруднення ґрунті води і це призводить до еутрофікації водойм.

В останні роки цій проблемі надають значної уваги в нашій країні і за її межами. Науковці багатьох країн розробляють комплекси заходів, спрямованих на запобігання забруднення навколишнього природного середовища мінеральними добривами. Одним із способів зменшення негативного впливу мінеральних добрив на агроєкосистеми є покриття їх водорозчинною капсулою. Необхідною умовою для створення капсули є її безпечність для агроєкосистеми, необхідні фізико-механічні властивості, ефективність пролонгованого вивільнення поживних речовин. Нами запропоновано використовувати у складі капсулоутворюючої композиції вторинні матеріали, які дають змогу зменшити вартість, а також забезпечити відповідні фізико-механічні властивості добрива. Було вибрано три основні капсулюючі композиції і на їх основі створено три види добрив для випробування їхнього впливу на агроєкосистеми.

1. Наслідки негативного впливу мінеральних добрив в агроландшафтах.

Останніми роками в Україні значно зросли обсяги виробництва сільськогосподарської продукції, що зумовлено зростанням цін на продовольство у світі та зростаючою привабливістю аграрного сектора для інвестицій. У зв'язку з інтенсифікацією аграрного виробництва та переведенням галузі на промислову основу зростає небезпека забруднення навколишнього середовища агрохімічними засобами. Це пов'язано зі зростанням надходження в агроєкосистеми пестицидів, мінеральних добрив та інших агрохімічних засобів на тлі дуже низького рівня використання органічних добрив як джерела поповнення запасів органічних речовин у ґрунтах [1]. Забруднення навколишнього природного середовища відбувається не лише під час використання добрив, а на всіх технологічних етапах виробництва, транспортування і використання агрохімікатів.

Відомо, що з добрив, внесених в ґрунт, тільки частина засвоюється рослинами. У середньому для всіх сільськогосподарських культур коефіцієнт використання добрив становить: азотних 50 - 60 %, фосфорних 10 - 25 %, калійних 50 - 60 %. З цим пов'язано ряд екологічних проблем, таких як: засолення ґрунтів, проникнення компонентів добрив у підземні водні горизонти, їх змив поверхневими водами, забруднення водойм тощо. Майже всі мінеральні добрива є водорозчинними солями і тому безпосереднє використання їх рослинами пов'язане з швидкістю їх розчинення та міграцією в ґрунті, а, отже, є залежним від кількості опадів в період внесення добрив та під час вегетаційного періоду [2].

Надмірна кількість опадів призводить до швидкого розчинення добрив, їх вимивання з ґрунту та забруднення навколишнього середовища. Наслідком такої міграції мінеральних добрив є погіршення якості врожаю та його зменшення. Внутрішні водойми стають надзвичайно вразливими, оскільки у воді найбільшою мірою нагромаджується розчинні речовини, насамперед, азотисті. В зв'язку з цим зростає евтрофікація водойм та концентрація нітратів у питній воді.

Евтрофікація водоймищ найчастіше проявляється цвітінням води. Воно зумовлено значним збільшенням популяції синьо-зелених ціанобактерій, які у процесі життєдіяльності продукують токсини [3]. Дані токсини впливають на центральну нервову систему, порушують вуглеводневий та білковий обмін, а також належать до високотоксичних природних сполук.

Токсичний вплив вод евтрофікованого водоймища може бути зумовлений також нагромадженням нітратів і нітритів. У період активної життєдіяльності та після відмирання водорості поповнюють водоймище значною кількістю азотовмісних речовин, у тому числі й біологічно активними амінами. Останні, унаслідок взаємодії з нітратами і нітритами, утворюють висококанцерогенні нітрозаміни [4].

Недостатня кількість опадів, у свою чергу, призводить до розчинення мінеральних добрив переважно за рахунок ґрунтових вод. За таких умов значна кількість добрив взагалі не розчиняється і засолює ґрунт, а це, на думку деяких вчених, викликає посилення денітрифікації, а разом з цим і виділення в атмосферу великої кількості оксиду нітрогену (I), який руйнує озоновий шар.

Одним із шляхів запобігання забруднення навколишнього середовища мінеральними добривами є використання добрив з контрольованою розчинністю, зокрема капсульованих [5]. Застосування капсульованих добрив дозволяє вивільняти компонент з контрольованою швидкістю, що збільшує вірогідність його засвоєння рослиною, також продовжує час дії добрива і зменшує їх вимивання до водних басейнів. Добрива в більшій мірі виконують свою основну функцію – забезпечення рослин поживними речовинами та поліпшення родючості ґрунту.

Існує багато причин зниження коефіцієнту використання компонентів добрив. Так, тільки нерівномірне внесення добрив знижує їх ефективність: простих – на 35 - 45 %, складних – на 28 - 35 %, фосфорних та калійних – на 15 - 20 %.

Розробляючи засоби ефективного використання добрив необхідно враховувати вимоги не тільки землеробства, але й охорони навколишнього

середовища. Фахівці в галузі агрохімії стверджують, що з добрив, внесених в ґрунт тільки частина використовується рослинами. [6].

Збільшення доз добрив призводить не лише до ще більших втрат поживних речовин, а й до зниження коефіцієнта використання добрива. Тому питання подальшого підвищення рівня хімізації слід тісно пов'язувати з вивченням поведінки добрив у ґрунті та системою *ґрунт – добриво – рослина*. З одного боку, внесення добрив повинно забезпечити оптимальний рівень кореневого живлення культур сівозміни, з іншого – потрібно домагатися, щоб потреба рослин в елементах живлення була забезпечена витратами для підтримування родючості ґрунту за допустимих їх витрат [7], які не допускають забруднення вод залишками добрив.

Ґрунт – основний засіб виробництва продуктів харчування людини і корму для тварин, а також один з основних природних ресурсів Землі. Тому збереження і примноження його родючості – життєво важливе завдання людства [8].

Для ґрунту характерна самоочисна здатність, яка проявляється в протидії зміни реакції і складу ґрунтового розчину – буферності, в розкладанні чи зв'язуванні токсичних речовин на малорухомі нерозчинні нетоксичні сполуки [9]. Самоочисна здатність є функцією складу, властивостей і динаміки біоценозу ґрунту та його абіотичної частини, зокрема ґрунтового вбирного комплексу. Вона настільки вища, настільки вища родючість ґрунту. Проте, незважаючи на таку властивість, можливий і негативний вплив добрив на ґрунт, який виникає, як правило, за високого рівня насичення мінеральними добривами та безпідстилковим гноєм, а також за незадовільних умов їхнього зберігання і нераціонального використання [10].

Такий вплив може виявлятися у вигляді порушення оптимального співвідношення елементів живлення, нагромадження нітратного і нітритного азоту, важких металів і радіоактивних речовин; у вигляді антропозооепідеміологічного забруднення, у зменшенні вмісту гумусу,

ущільненні, засоленні, підкисленні, появі інших небажаних змін складу та властивостей ґрунту [11].

Збереження родючості ґрунтів має стати пріоритетним напрямом діяльності у кожному господарстві, яке зайняте у сфері агропромислового виробництва. Найважливішим завданням усіх, хто сьогодні працює в аграрному секторі, повинно стати глибоке усвідомлення великої відповідальності за екологічний стан ґрунтів [12]. Від того, як будуть збережена і відтворена родючість ґрунту зараз залежатиме те, якою вона залишиться нащадкам, залежатиме майбутнє нашої держави, добробут і суспільний розвиток наступних поколінь українського народу.

2. Шляхи усунення негативних наслідків застосування мінеральних добрив та підвищення їх ефективності.

Проблема економного використання добрив завжди була актуальною. Втрати мінеральних добрив у процесі їх застосування – це колосальна кількість енергії, яка витрачається на їх виробництво і недоотримана частина врожаю. Кожен відсоток зменшення втрат мінеральних добрив обертається мільйонами гривень економії, збереженням значної кількості трудових, сировинних та енергетичних ресурсів, а також зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище [13].

Водорозчинні добрива найбільш легко засвоюються рослинами, однак унаслідок вимивання з ґрунту дощовими водами частина їх втрачається непродуктивно [14]. Для створення в ґрунті запасу продуктивних речовин використовують мінеральні добрива довготермінової дії. Фосфатами, що тривало зберігаються у ґрунті є цитратно-, лимонно-, і особливо, важкорозчинні лимонні солі [15]. Для створення запасів азоту служать природні та штучні органічні азотовмісні сполуки. До останніх відносяться, наприклад, оксамід (діамід щавлевої кислоти $\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{CO}-\text{NH}_2$), який повільно розкладається у ґрунті з утворенням NH_4^+ і NO_3^- ; похідні піридину $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$, карбамідоформальдегідні високомолекулярні композиції – уреаформи,

карбаміформи (диметилентрисечовинна, триметилен тетрасечовинна та ін.) – продукти спільної конденсації карбаміду (сечовини) $(\text{NH}_2)\text{CO}$ чи тіокарбаміду $(\text{NH}_2)_2\text{CS}$ і формальдегіду H_2CO [16].

Вони можуть бути джерелом азоту в ґрунтах продовж тривалого часу. З цією ж метою можуть бути використані цитраторозчинні солі типу $\text{NH}_4\text{MgPO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$. Для збереження азоту в ґрунтах, запобігання швидкого вимивання його сполук, надмірного акумулювання в рослинах, використовують також інгібітори нітрифікації, які додають до амонійних та амідних добрив. Це фізіологічно активні, переважно органічні речовини (похідні піридину, триазину та ін.), які пригнічують діяльність нітрифікуючих бактерій [17].

В останній час все більшу увагу привертає проблема створення мінеральних добрив з регульованою швидкістю віддачі ними поживних елементів. Одним з перспективних видів висококонцентрованих мінеральних добрив може бути триаміноксид фосфору (V) (триамідфосфорил) $\text{PO}(\text{NH}_2)_3$ (43.1 % N, 74.06 % P_2O_5). Він гідролізується через діамідо- і моноамідо-фосфати до ортофосфату амонію і в результаті цього діє сповільнено [18].

Сповільненого переходу будь-яких водорозчинних речовин до ґрунтового розчину можна досягнути покриттям гранул добрива плівками з високомолекулярних сполук (капсулюванням добрив), чи у випадку використання гранульованих добрив, отриманих з порошків з добавками з цих же сполук (наприклад, поліакриламід) чи речовин, що полімеризуються. Проникні для води і водних розчинів полімерні плівки, що покривають гранули водорозчинних добрив, сповільнюють перехід поживних речовин до ґрунту більшою, чи меншою мірою, залежно від товщини і складу полімерної плівки. Непроникні плівки, знаходячись у ґрунті, повинні з тією чи іншою швидкістю руйнуватися, після чого вміст добрива починає надходити до ґрунтового розчину. У цьому випадку відбувається процес регулювання не інтенсивності розчинення мінеральних добрив, а початок цього процесу [19].

Капсулювання – це технологічний процес поміщення частинки однієї речовини в оболонку з іншої речовини, інертної у відношенні до першої.

Капсулювання передбачає ізоляцію частинок капсульованої речовини від навколишнього середовища та одну від одної без регламентації структури, розмірів та форми складових елементів капсули – ядра та оболонки. Ізоляція частинок від навколишнього середовища та між собою створюється за допомогою дифузійної перешкоди, яка утруднює, або повністю виключає взаємодію капсульованої речовини з навколишнім середовищем [20].

Основний компонент капсули може знаходитися у будь-якому агрегатному стані. Капсулювання може застосовуватися для гідридів, солей кислот, основ, багатьох класів органічних сполук (моно- та високомолекулярних), які являють собою каталізатори, стабілізатори, пластифікатори, оливи, рідке та тверде паливо, розчинники, барвники, пестициди, добрива, лікарські препарати, ароматизатори, харчові добавки, волокна, ферменти та мікроорганізми. До складу мікрокапсули може входити інертний наповнювач, який є середовищем, в якому диспергувалася речовина у процесі мікрокапсулювання, або необхідний для подальшого функціонування активної речовини. Уміст капсульованої речовини в мікрокапсулах, звичайно, складає 50-90 %, але може сягати і 95-98 % від маси капсули. Дана величина може коливатися залежно від умов процесу виготовлення, співвідношення кількості матеріалу оболонок і кількості речовини, яка капсулюється, та інших параметрів процесу: температури, ступеня диспергування, в'язкості середовища, наявності ПАР, тощо [21].

Основним завданням процесу капсулювання мінеральних добрив є створення добрив з регульованою швидкістю вивільнення елементів живлення, але паралельно капсулюванням можна покращити ряд основних фізичних характеристик мінерального добрива [22].

Капсулювання добрива збільшує їх міцність, а також зменшує гігроскопічність і злежуваність, що відповідно дає можливість зберігати добрива триваліший час без втрати їх якісних показників і значно зберегти витрати на зберігання і транспортування добрив. Також покращується сипкість добрив, що забезпечує рівномірність їхнього внесення відповідною технікою [23].

3. Особливості капсулювання добрива та формування частинки капсульованого добрива.

Виходячи із можливої структури добрива пролонгованої дії, створеного з використанням вторинного полістиролу, лігніну і цеоліту, нами розглянуто фізичну модель частинки добрива пролонгованої дії, яка утворюється у процесі нанесення капсули в апараті з активною гідродинамікою, принципова схема якого наведена на рис. 1.

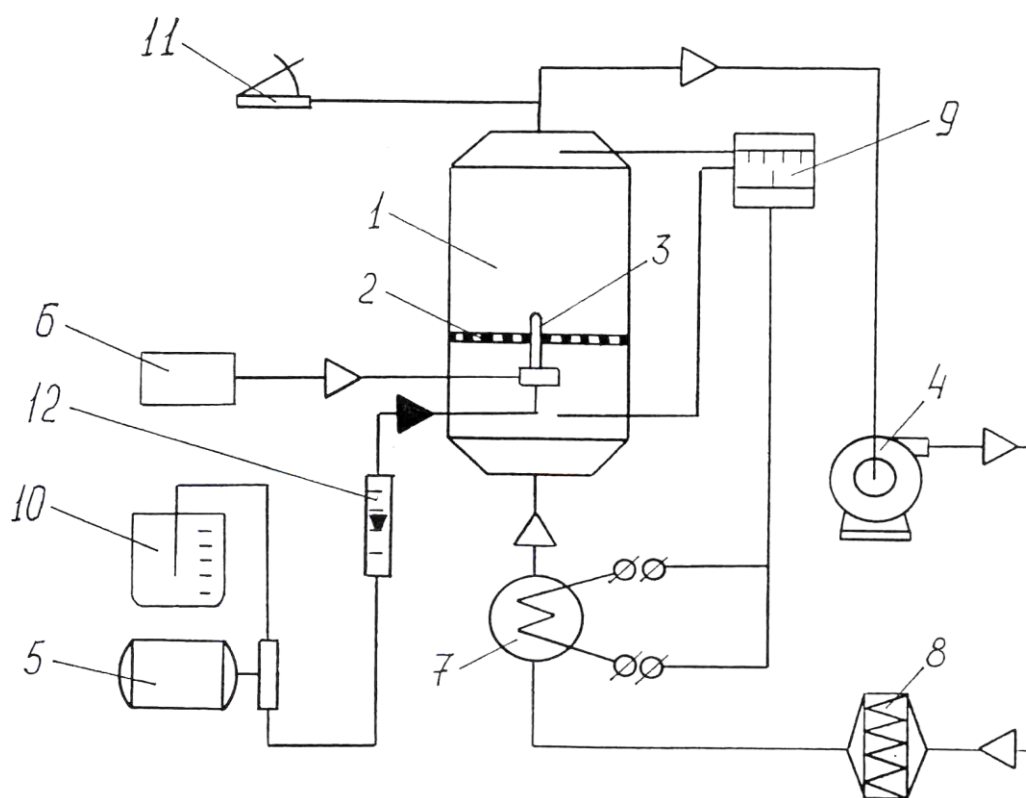


Рис. 1. Схема експериментальної установки для нанесення покриттів на тверді частинки кулястої форми:

- 1 – продуктивний резервуар; 2 – газорозподільча решітка;
- 3 – форсунка; 4 – вентилятор; 5 – насос-дозатор;
- 6 – компресор; 7 – калорифер; 8 – фільтр; 9 – автоматична система управління температурним режимом;
- 10 – мірник; 11 – дифманометр; 12 – ротаметр.

Капсула, яка складається із частинки “базового” добрива, оточеного ексцентрично розміщеною оболонкою із запропонованих нами речовин (рис. 2).

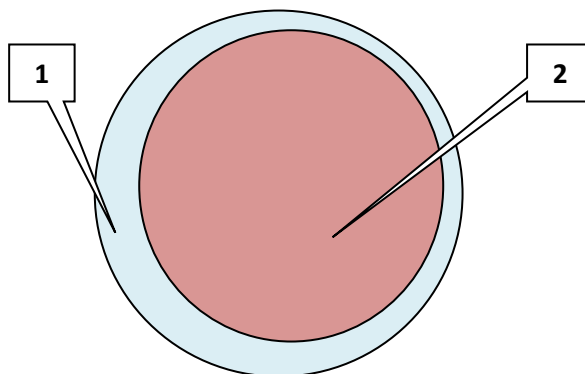


Рис. 2. Модель частинки добрива пролонгованої дії:
(1 – оболонка; 2 – частинка “базового” мінерального добрива).

Нами розроблено 3 види покриття нітроамофоски для забезпечення пролонгованої дії:

1. Капсульоване добриво №1 – полістирол (80 %) + лігнін (20 %);
2. Капсульоване добриво №2 – полістирол (60 %) + лігнін (20 %) + цеоліт (20 %);
3. Капсульоване добриво №3 – лігнін (45 %) + цеоліт (55 %).

У першому і другому варіантах для розчинення та доведення капсулюючої суспензії до однорідного стану використовували розчинник CCl_4 .

У третьому варіанті використовували воду.

Проби всіх трьох варіантів дослідного добрива виготовляли на дослідній установці, де нанесення покриття здійснювали апаратом з активною гідродинамікою.

Нами виконано мікроскопічні дослідження капсульованих частинок мінеральних добрив, для яких, як капсулоутворюючу композицію, використовували суміш на основі полістиролу та лігніну. Дослідження виконано на мікроскопі марки МБС-2 No.7802107 за умови 20-кратного збільшення дослідних зразків.

Результати дослідження наведені на рис. 3, свідчать, що частинка покривалася суцільною плівкою і відповідає фізичній моделі, наведеній на рис. 2.

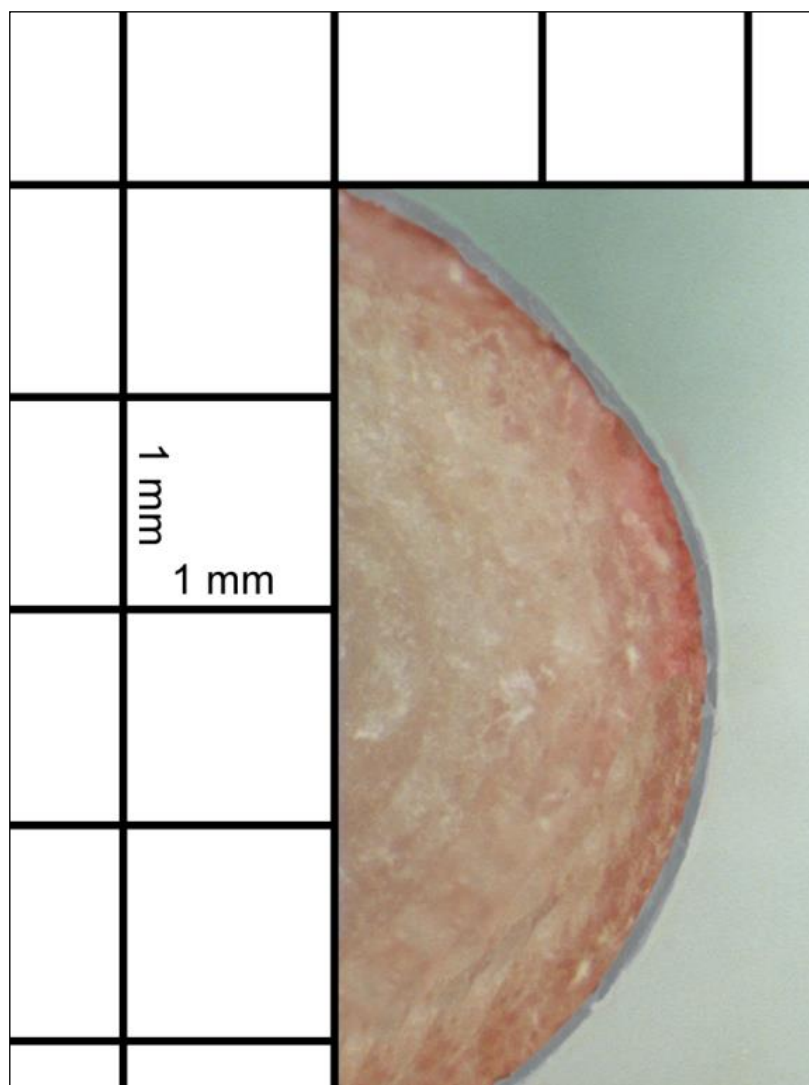


Рис. 3. Мікрофотографія капсульованого добрива (20-кратне збільшення).

У середньому товщина покриття частинки досліданого зразка становила 0,1 - 0,2 мм (рис. 3). У процесі капсулювання частинок мінерального добрива в апараті киплячого шару, змінюючи режими гранулювання та подачі капсулоутворюючої суміші, є можливість змінювати товщину шару капсули, чим досягають різного терміну пролонгації дії капсульованого добрива.

У процесі капсулювання нами візуально встановлено, що покриття кожного типу капсулюючих сумішей було рівномірним для всіх виготовлених композицій.

Для першого варіанту капсулоутворюючої композиції характерним є утворення однорідної, гладкої плівки білого кольору.

Для другого варіанту утворена плівка була однорідною, але з невеликими вкрапленнями (опуклостями) і мала кремове забарвлення.

Для третього варіанту утворена плівка була шорсткою і мала червоно-коричнєве забарвлення.

4. Вплив капсульованих мінеральних добрив на кінетику росту культурних рослин.

З метою дослідження впливу капсульованих мінеральних добрив на кінетику росту й розвитку рослин нами відтворено режими підживлення та поливання рослин, які наближені до умов в тепличних господарствах [24].

Дослід включав 5 варіантів:

- 1.Контроль (без добрив);
- 2.Нітромофоска (N:P:K = 16:16:16);
- 3.Капсульоване добриво №1 (10 % полістирол+лігнін);
- 4.Капсульоване добриво №2 (10 % полістирол+лігнін+цеоліт);
- 5.Капсульоване добриво №3 (10 % лігнін+цеоліт).

Рисунки зміни загального вигляду рослин в процесі лабораторних агрохімічних досліджень на окремих етапах цих досліджень представлені на рис. 4 – 10.

Як видно з рис. 4.- 6. на початковому етапі розвитку рослин крес-салату краще себе проявили зразки, в яких було внесено просте гранульоване добриво і капсульоване добриво №3, у зв'язку з тим, що вони швидше розчиняються і забезпечують рослину більшою кількістю поживних елементів. Слід відмітити, що хоча рослини і були вищими, але товщина стебла і розгалуженість рослин співпадала із зразками з капсульованими добривами №1 та №2.

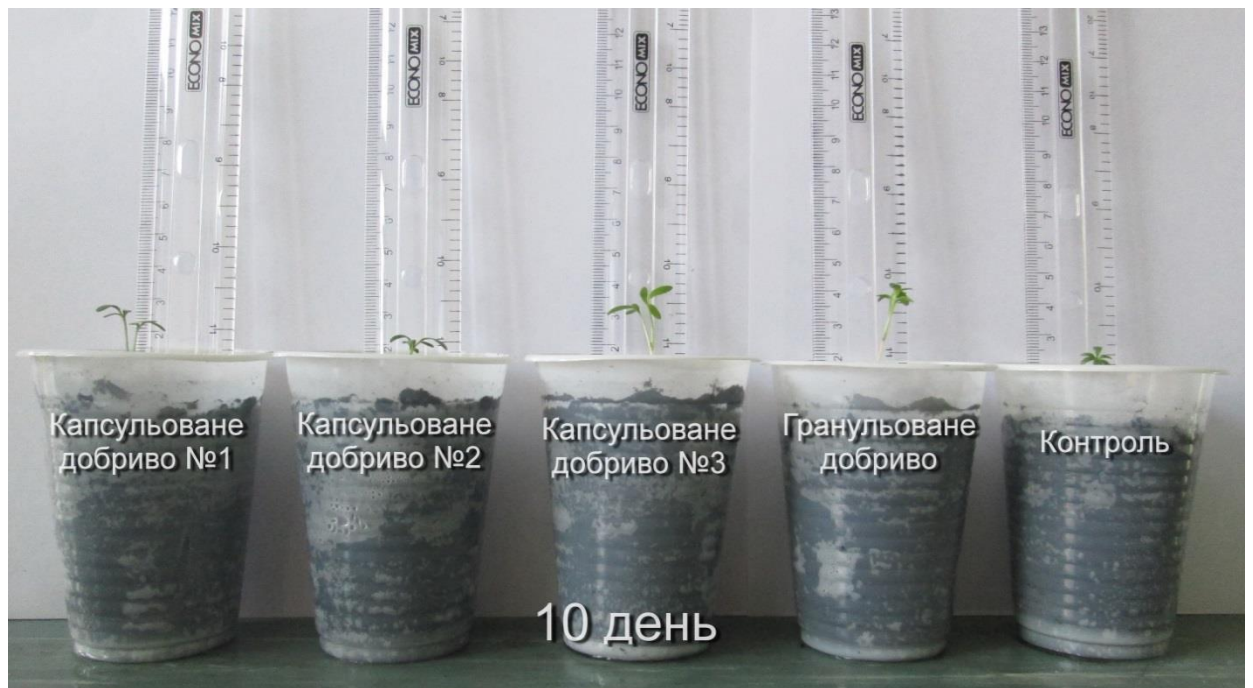


Рис. 4. Загальний вигляд рослин крес-салату на 10 день.

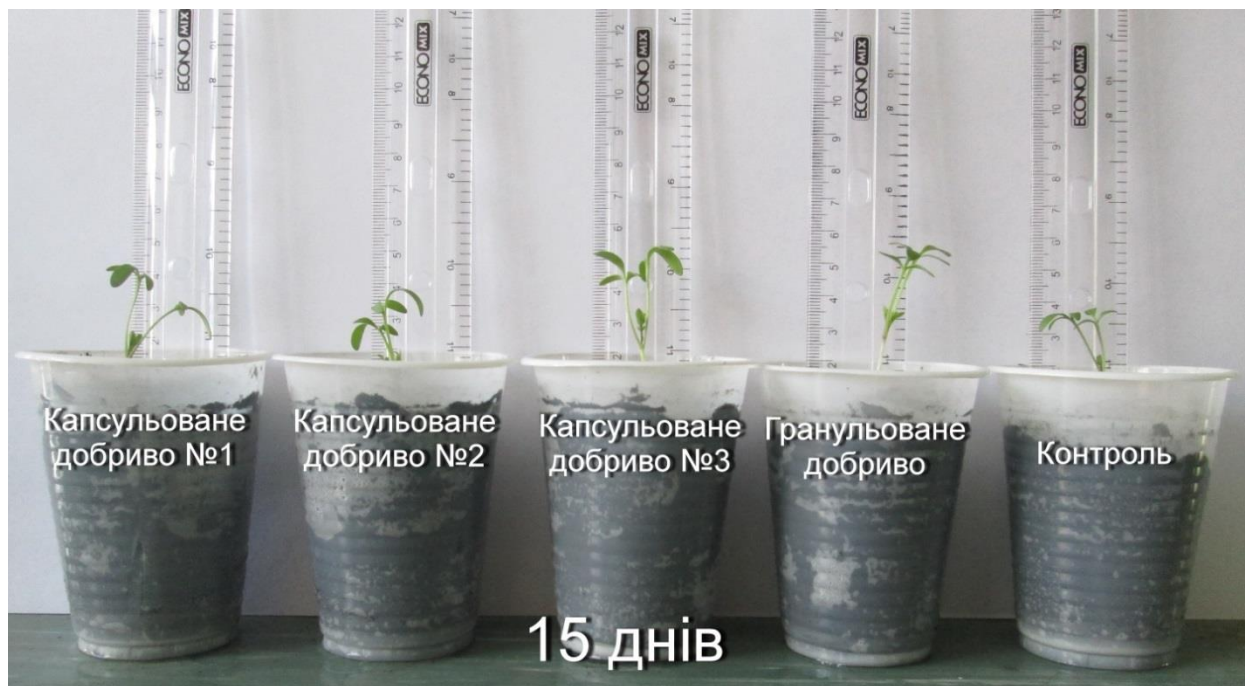


Рис. 5. Загальний вигляд рослин крес-салату на 15 день

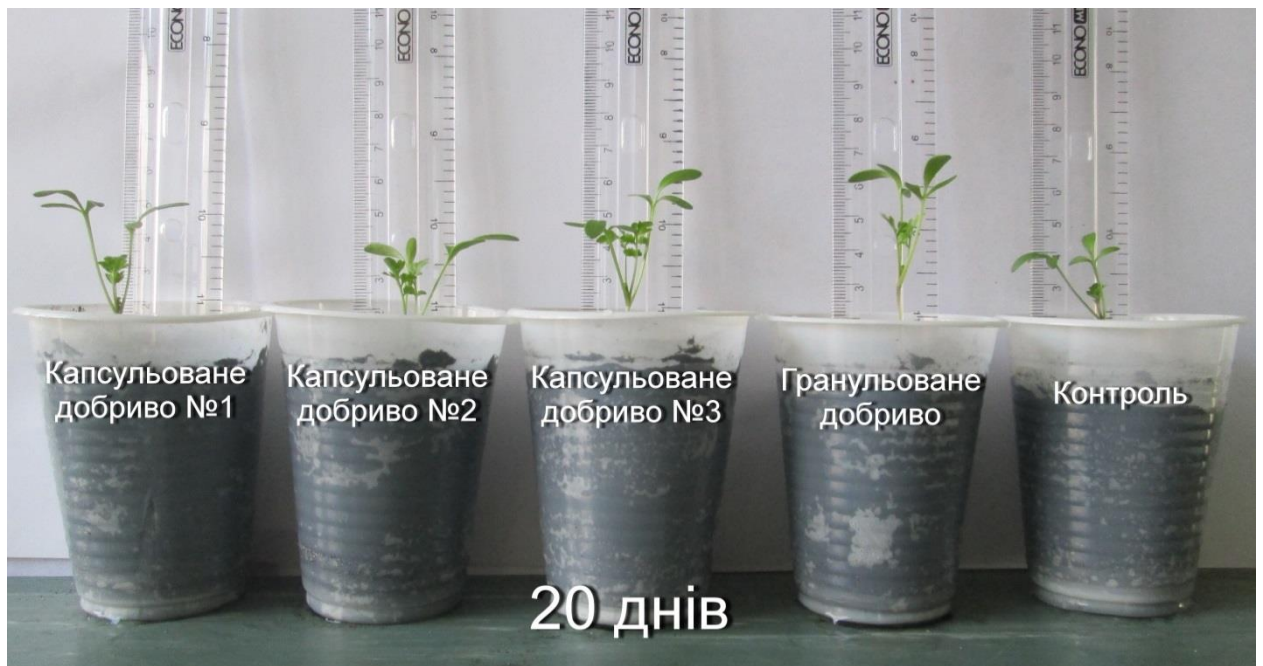


Рис. 6. Загальний вигляд рослин крес-салату на 20 день.

На рис. 7. ми бачимо, що рослини крес-салату найвищі на тих самих зразках, але рослини, де були внесені капсульовані добрива №1 і №2, мали більш розвинуте стебло і більш розгалужені.

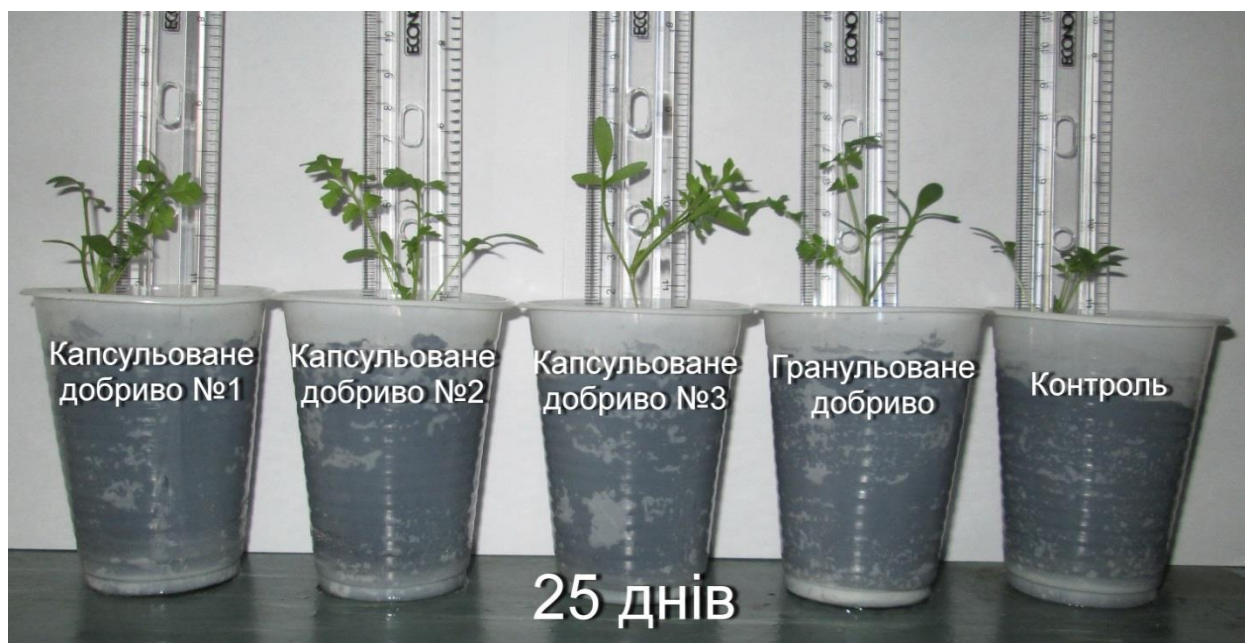


Рис. 7. Загальний вигляд рослин крес-салату на 25 день.

Рослини крес-салату (рис. 8.) на всіх зразках, крім контролю, показували приблизно однакову висоту, але на зразках з капсульованими добривами №1 і №2 рослини були стійкішими і більш розвинутими.



Рис. 8. Загальний вигляд рослин крес-салату на 30 день.



Рис. 9. Загальний вигляд рослин крес-салату на 35 день.



Рис. 10. Загальний вигляд рослин крес-салату на 45 день.

На 35 день (рис. 9) і 45 день (рис. 10) – на завершальному етапі дослідження найкращий розвиток рослин крес-салату показали зразки, в яких було внесено капсульоване добриво №2 (висота рослини на 35 день – 10,2 см, на 45 день дослідження – 24,3 см). Також добре проявив себе зразок з капсульованим добривом №1 (висота рослини на 35 день – 9,1 см, на 45 день дослідження – 21,5 см).

На рис. 11 представлено середні дані паралельних експериментів. Дані досліджень свідчать про те, що всі види капсульованих добрив показали себе краще, ніж звичайне гранульоване. Це можна пояснити тим, що у випадку застосування гранульованих добрив значна їх частина вимивається, спричиняючи нестачу поживних речовин у субстраті. А капсульовані добрива завдяки здатності пролонгації, вивільняли елементи живлення повільніше і це давало змогу рослині в більш повній мірі засвоїти їх. Рослини рівномірно розвивалися протягом всієї вегетації, а у випадку застосування гранульованого

добрива ми спостерігали на початковому етапі скачок в рості рослини і її видовження.

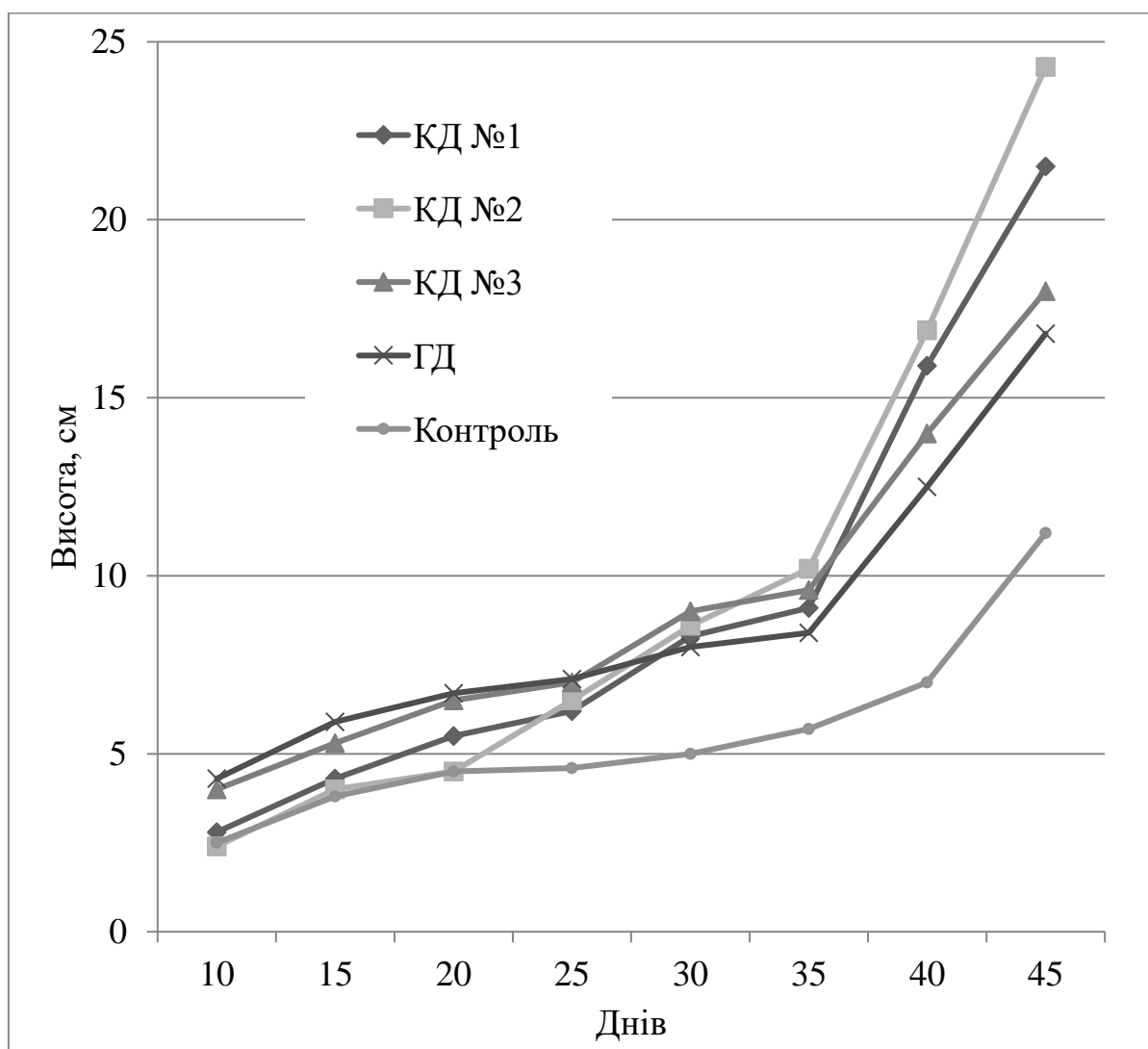


Рис. 11. Кінетика росту крес-салату в залежності від типу добрив, які застосовували: **◆** - капсульовані добрива №1 (КД №1); **■** - капсульовані добрива №2 (КД №2); **▲** - капсульовані добрива №3 (КД №3); **×** - гранульовані добрива; **●** - контроль (без добрив).

Таким чином на основі наших досліджень встановлено, що найефективнішими виявились капсульовані добрива, а саме КД №2 (висота рослин на 45 день досліджень – 24,3 см) і КД №1(висота рослин на 45 день досліджень – 21,5 см), вони забезпечували стабільний процес вивільнення поживних речовин для рослин і сприяли поступовому засвоєнню їх.

5. Аналіз впливу капсульованих мінеральних добрив на мікрофлору ґрунту.

Ґрунтові ресурси землевласники розглядають в основному як джерело і спосіб отримання прибутку. Процеси інтенсифікації сучасного землеробства призвели до значних екологічних проблем, пов'язаних з деградацією ґрунтів і виснаженням їх родючості. Ґрунт – це живе середовище, яке розвивається за своїми законами.

Одним із найбільш важливих чинників родючості ґрунту є активність мікроорганізмів. Завдяки їх діяльності у ґрунті нагромаджуються поживні речовини (азот, калій, фосфор та ін.) у формі, доступній для рослин.

Відомо, що мінеральні добрива, як джерело живлення, особливо у ґрунтах із високим вмістом органічних речовин, стимулюють діяльність мікроорганізмів. Під впливом добрив рослини розвиваються краще, а їх кореневі екsudати активізують розвиток мікрофлори. Однак, така активація за умов надлишку елементів мінерального живлення в ґрунтах, недостатньо забезпечених джерелами вуглецевих сполук, призводить до негативних наслідків. За цих умов мікрофлора сприяє інтенсифікації низки небажаних процесів, у т.ч. посилює мінералізацію гумусу і, як наслідок, погіршує структуру, зменшує родючість та із використанням органічних сполук корневих тканин може гальмувати розвиток рослин [25].

Нами досліджено залежність зміни мікрофлори ґрунту під впливом гранульованих та капсульованих мінеральних добрив з метою перевірки гіпотези про те, що добрива не чинять шкідливого впливу на мікрофлору ґрунту.

Виконано два комплекси досліджень. В першій серії досліджень впливу добрив на мікроорганізми ми ізолювали погодні фактори в системі “ґрунт – добриво”. Для цього було вибрано 3 види найбільш поширених ґрунтів у Львівській області: темно-сірі опідзолені, ясно-сірі опідзолені та дерново-підзолисті.

В кожний тип ґрунту вносили 4 види добрив нормою у перерахунку 1000 кг/га. Зразки витримували в боксі зі сталою температурою 21 °С і відносною вологістю повітря 90 % (рис. 12).



$t = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$

Вологість

повітря – 90 %

Рис. 12. Зберігання зразків в системі “ґрунт – добриво”.

Вологість ґрунту підтримували на рівні у день відбору зразків, яка становила: для темно-сірого опідзоленого ґрунту – 17,2 %, ясно-сірого опідзоленого – 17,6 %, дерново-підзолистого – 12,8 %.

Для виконання другої серії досліджень ми вивчали вплив добрив на мікроорганізми в системі “ґрунт – добриво – рослина”. В дослідженнях відтворювали режими розпушування та поливу рослин, що практикують в тепличних умовах [26]. Температурний режим був на рівні 15 - 18 °С. Для цього досліді було відібрано темно-сірий опідзолений ґрунт в горщики для внесення 4 видів добрив нормою у перерахунку 1000 кг/га і насіння крес-салату (рис. 13).



Рис. 13. Зберігання зразків в системі “грунт – добриво – рослина”.

Схема досліду для кожного типу ґрунту передбачала внесення різних видів добрив і включала п’ять варіантів:

- контроль (без добрив);
- гранульоване добриво (нітроамофоска);
- капсульоване добриво № 1 (10 % капсула, склад: полістирол-лігнін);
- капсульоване добриво № 2 (10 % капсула, склад: полістирол-лігнін-цеоліт);
- капсульоване добриво № 3 (10 % капсула, склад: лігнін-цеоліт).

Капсулювання нітроамофоски здійснювали в апараті киплячого шару періодичної дії циліндрично-конічного типу з направляючим циліндром.

Для визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті застосовували метод висівання ґрунтових суспензій на агаризовані поживні середовища. Для цього 1 г ґрунту вносили у колбу зі 100 мл стерильної водопровідної води, колбу збовтували впродовж 10 хв. Після осадження частинок ґрунту (через 30 сек.) 1 мл суспензії переносили в пробірку з 9 мл стерильної водопровідної води. Вміст ретельно перемішували, 1 мл суспензії переносили в 2-у пробірку з 9 мл стерильної води і так до отримання потрібної концентрації. Потім 0,1 мл водної суспензії з кожної пробірки наносили на поверхню чашки Петрі з поживним середовищем і добре розтирали шпателем. Чашки Петрі переносили у термостат за температури 30°C на 7 діб. Після цього підраховували кількість колоній із

врахуванням розведення [27]. Для визначення чисельності загальної мікрофлори використовували поживний агар, а для азотфіксувальної мікрофлори – агаризоване середовище Ешбі такого складу (г/л): маніт – 20; K_2HPO_4 – 0,2; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,2; NaCl – 0,2; K_2SO_4 – 0,1; $CaCO_3$ – 5; агар – 20.

Отримані результати в системі “грунт – добриво”, наведені на рис. 14 і рис. 15, табл. 1 свідчать про позитивний вплив добрив на мікробіологічну активність ґрунтів.

В ясно-сірому опідзоленому ґрунті в системі “грунт – добриво” просте гранульоване добриво спричиняє стрімке коливання зміни кількості мікроорганізмів – від 6×10^9 до 2×10^7 КУО/1г ґрунту продовж 30-ти діб. Найкраще за даних умови проявило себе капсульоване добриво № 2, яке вивільняло елементи живлення стабільно і не спричиняло різких змін кількості мікроорганізмів. Крім цього на 90-ту добу у даному варіанті встановлено найбільшу кількість мікроорганізмів – 2×10^7 КУО/1г ґрунту (рис. 14.).

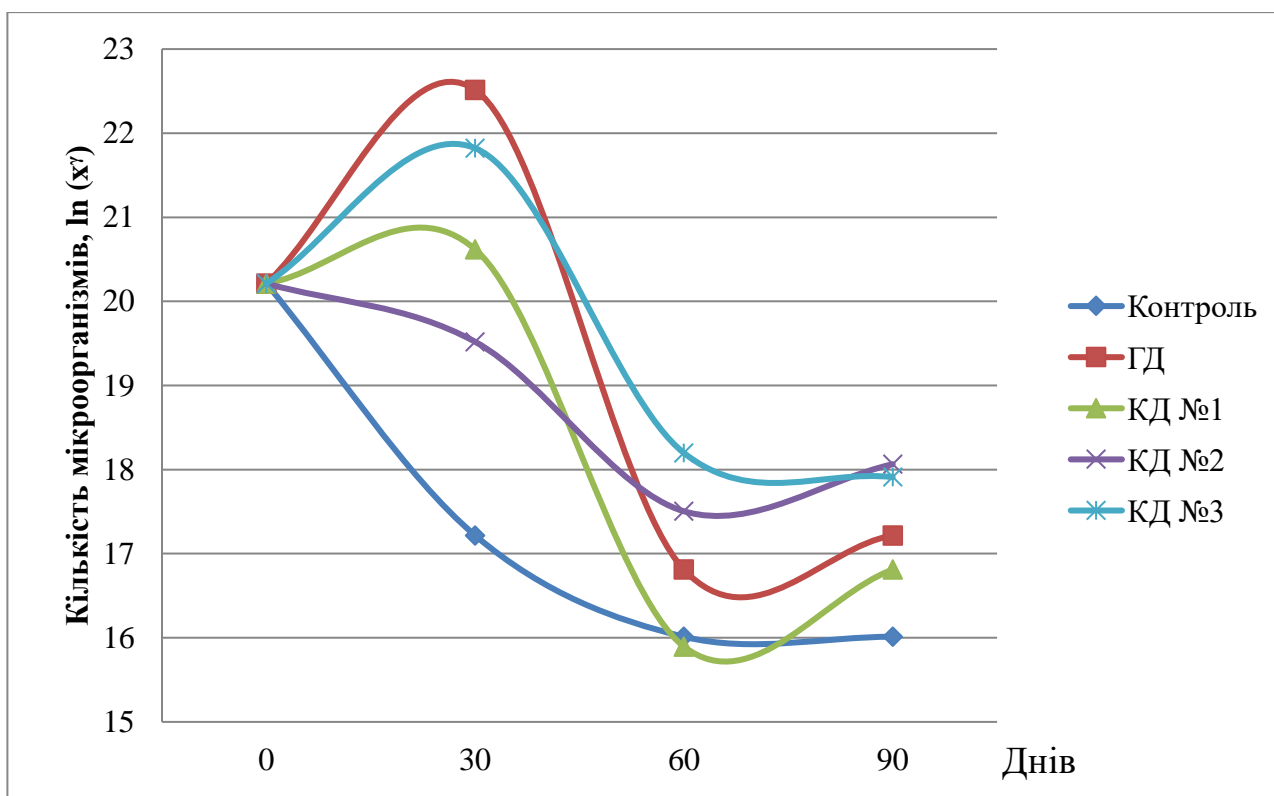


Рис. 14. Логарифмічна залежність зміни загальної чисельності мікрофлори ясно-сірого опідзоленого ґрунту в системі “грунт – добриво” .

У ясно-сірому опідзоленому ґрунті в системі “ґрунт – добриво” на початковому етапі протягом 30-ти діб у всіх варіантах значно збільшилася чисельність азотфіксуючої мікрофлори, проте на етапі 90 діб найкраще проявили себе варіанти з капсульованим добривом № 3 і № 2, в яких виявлено найбільшу їх чисельність – 9×10^6 і 8×10^6 КУО/1 г ґрунту відповідно, в порівнянні в дану фазу досліджень на варіанті з гранульованим добривом відмічено кількість мікроорганізмів 4×10^6 КУО/1 г ґрунту, для порівняння кількість мікроорганізмів на контролі становила 3×10^6 КУО/1 г ґрунту (рис. 15).

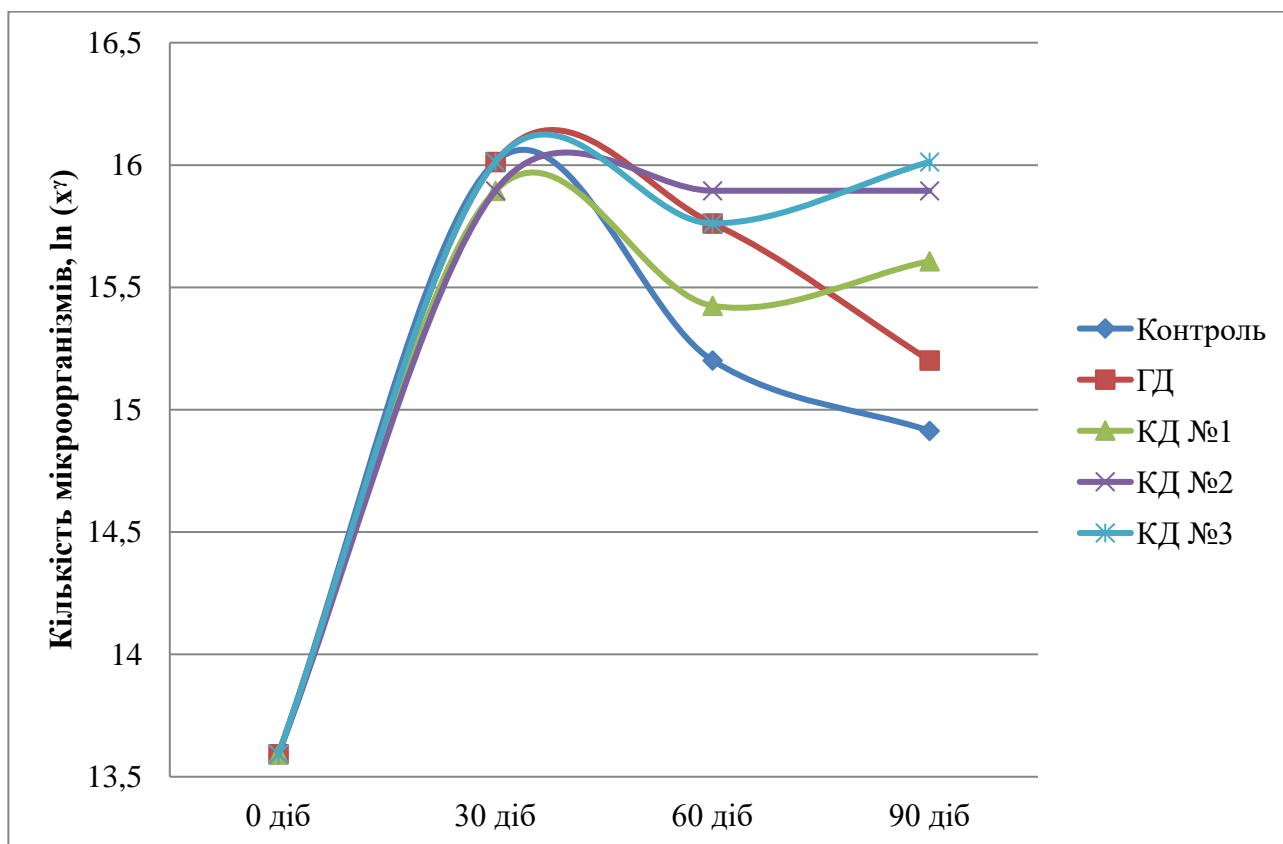


Рис. 15. Логарифмічна залежність зміни чисельності азотфіксуючої мікрофлори ясно-сірого опідзоленого ґрунту в системі “ґрунт – добриво”.

Дослідження, виконані на трьох типах ґрунтів у системі “ґрунт – добриво” (табл. 1), в усіх досліджуваних варіантах з добривом на 30-ту добу досліду встановлено, що загальна кількість мікроорганізмів була вищою і становила 3×10^8 - 2×10^{10} , а на контролі – 2×10^7 - 3×10^7 КУО на 1 г ґрунту.

Зміна чисельності мікроорганізмів в системі “грунт – добриво”

№	Варіант	Загальна мікрофлора, КУО/1г ґрунту				Азотфіксувальна мікрофлора, КУО/1 г ґрунту			
		0 діб	30 діб	60 діб	90 діб	0 діб	30 діб	60 діб	90 діб
1	Контроль	4×10^8	4×10^7	8×10^6	7×10^6	3×10^5	5×10^6	9×10^6	7×10^6
	ГД		9×10^9	3×10^7	5×10^7		9×10^6	9×10^6	7×10^6
	КД №1		5×10^9	9×10^6	4×10^7		4×10^6	7×10^6	4×10^6
	КД №2		6×10^9	2×10^7	3×10^7		6×10^6	6×10^6	9×10^6
	КД №3		9×10^9	9×10^6	9×10^6		7×10^6	9×10^6	8×10^6
2	Контроль	6×10^8	3×10^7	9×10^6	9×10^6	8×10^5	9×10^6	4×10^6	3×10^6
	ГД		6×10^9	2×10^7	3×10^7		9×10^6	7×10^6	4×10^6
	КД №1		9×10^8	8×10^6	2×10^7		8×10^6	5×10^6	6×10^6
	КД №2		3×10^8	4×10^7	7×10^7		8×10^6	8×10^6	8×10^6
	КД №3		3×10^9	8×10^7	6×10^7		9×10^6	7×10^6	9×10^6
3	Контроль	2×10^{10}	2×10^7	6×10^6	8×10^6	7×10^5	9×10^6	9×10^6	8×10^6
	ГД		8×10^9	4×10^7	5×10^7		7×10^6	3×10^6	3×10^6
	КД №1		6×10^8	4×10^6	7×10^7		7×10^6	5×10^6	7×10^6
	КД №2		7×10^8	2×10^7	2×10^8		8×10^6	8×10^6	6×10^6
	КД №3		2×10^{10}	4×10^7	7×10^7		9×10^6	4×10^6	8×10^6

Примітки. 1 – темно-сірий опідзолений ґрунт; 2 – ясно-сірий опідзолений ґрунт; 3 – дерново-підзолистий ґрунт.

На 90-ту добу досліджень встановлено, що загальна кількість мікроорганізмів у варіантах з капсульованими добривами на всіх типах ґрунтів становила 9×10^6 - 2×10^8 і в рази була вищою ніж на контролі 7×10^6 - 9×10^6 КУО на 1 г ґрунту.

Кількість азотфіксуючих мікроорганізмів майже не змінювалася за час проведення дослідю. Наприклад, кількість азотфіксаторів на 90 добу дослідження

в варіантах з капсульованим добривом – 4×10^6 - 9×10^6 КУО на 1 г ґрунту, а на контролі становила 3×10^6 - 8×10^6 КУО на 1 г ґрунту.

Результати дослідження виконані нами у системі “ґрунт – добриво – рослина” наведені на рис. 16, рис. 17, табл. 2.

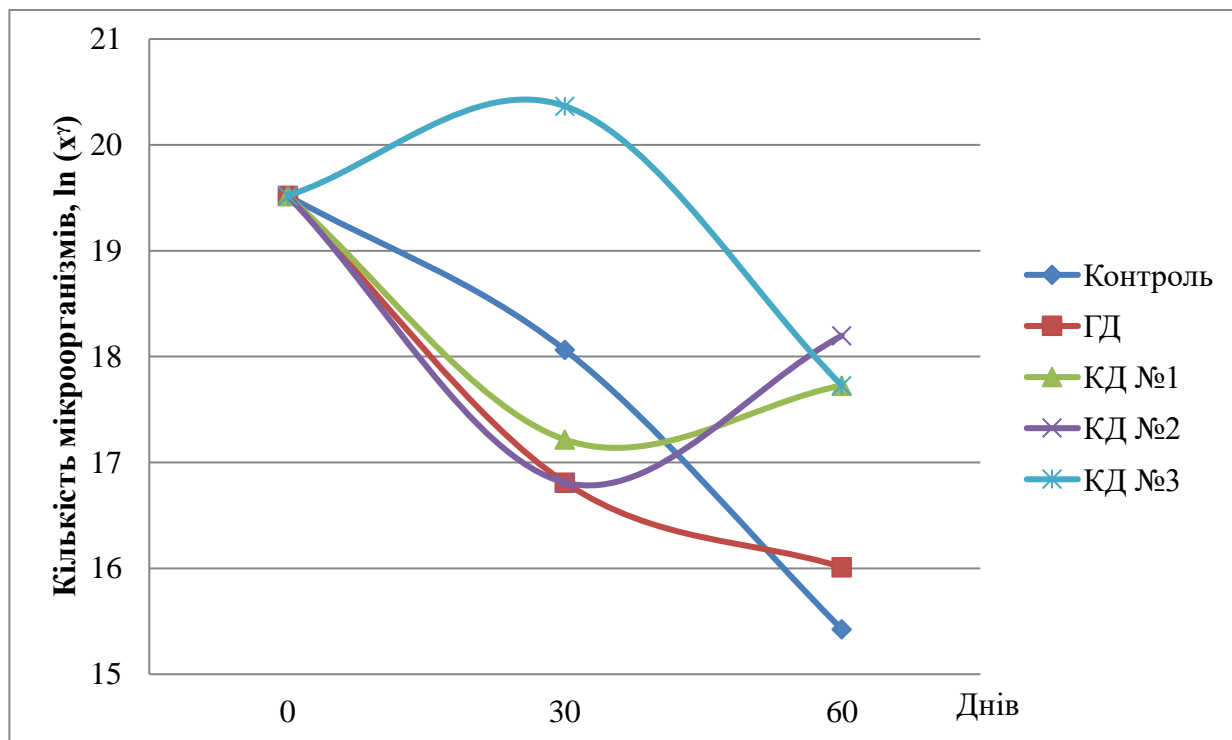


Рис. 16. Логарифмічна залежність зміни загальної чисельності мікрофлори ґрунту в системі “ґрунт – добриво – рослина”.

Отримані результати свідчать про те, що на початковому етапі дослідження в усіх варіантах відбулося зменшення загальної чисельності мікрофлори ґрунту, тільки у варіанті з капсульованим добривом №3 їх чисельність збільшилася від 3×10^8 до 7×10^8 КУО/1 г ґрунту.

На 60-ту добу дослідження чисельність загальної мікрофлори ґрунту в контролі і у варіанті з гранульованим добривом зменшились до 5×10^6 і 9×10^6 КУО/1 г ґрунту. На варіантах з капсульованим добривом №2 і №1 вона збільшилася і становила 8×10^7 і 5×10^7 КУО/1 г ґрунту відповідно. На варіанті з капсульованим добривом №3 чисельність загальної мікрофлори ґрунту знизилась до 5×10^7 КУО/1 г ґрунту.

Таким чином, у даному досліді найкраще проявило себе у варіанті застосування капсульованого добрива №2, де забезпечено найбільше зростання загальної чисельності мікрофлори ґрунту в системі “ґрунт – добриво – рослина”.

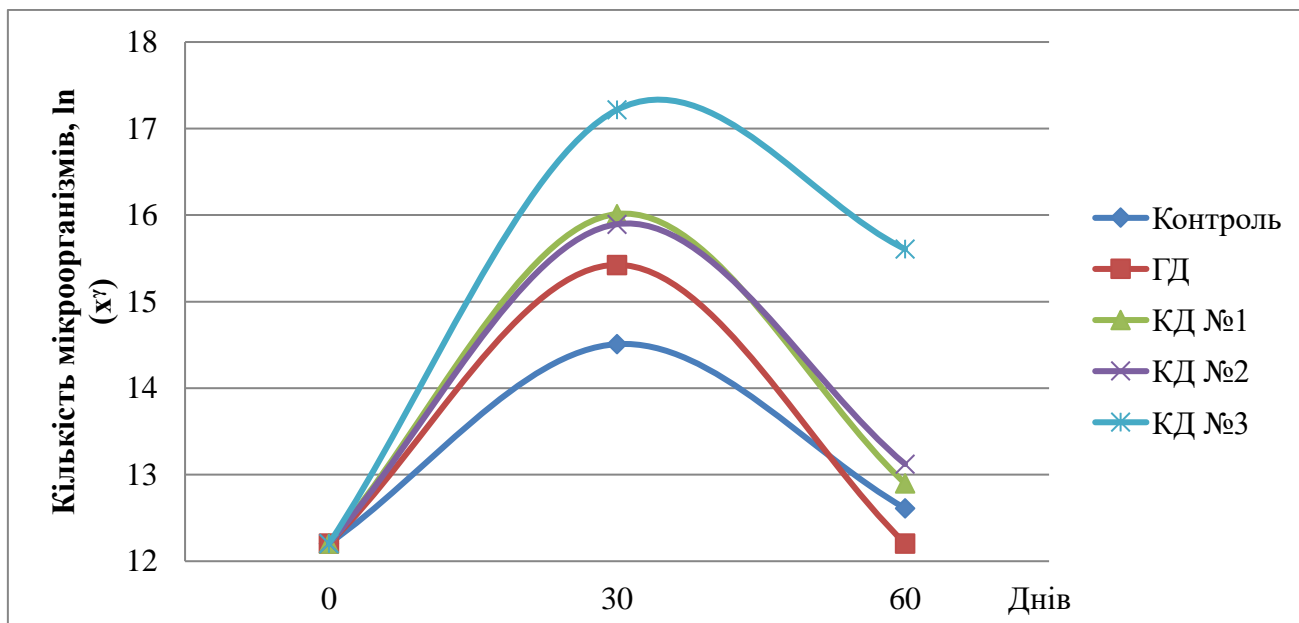


Рис. 17. Логарифмічна залежність зміни чисельності азотфіксуючої мікрофлори ґрунту в системі “ґрунт – добриво – рослина”.

Нашими дослідженнями встановлено, що чисельність азот фіксуючої мікрофлори ґрунту в системі “ґрунт – добриво – рослина” у всіх варіантах була практично на одному рівні, за винятком варіанту з капсульованим добривом №3. Тут встановлено на порядок більшу чисельність азотфіксуючої мікрофлори порівняно до контролю та інших варіантів.

Капсульоване добриво №3 після 30 діб експозиції проявило високий ефект як за загальною кількістю мікроорганізмів, так і азотфіксуючої мікрофлори. Це можливо зумовлено тим, що до складу оболонки капсули входить 45% гідролізного лігніну, який є поширеною природною сполукою і активізує розвиток мікроорганізмів. Результати у варіантах з іншими добривами були близькими до контролю.

Зміна чисельності мікроорганізмів в системі “грунт – добриво – рослина”,
КУО/1 г ґрунту

Варіант досліджу	Загальна к-ть мікрофлори			Азотфіксуюча мікрофлора,		
	0 діб	30 діб	60 діб	0 діб	30 діб	60 діб
Контроль (без добрив)	3×10^8	7×10^7	5×10^6	2×10^5	2×10^6	3×10^5
ГД		2×10^7	9×10^6		5×10^6	2×10^5
КД №1		3×10^7	5×10^7		9×10^6	4×10^5
КД №2		2×10^7	8×10^7		8×10^6	5×10^5
КД №3		7×10^8	5×10^7		3×10^7	6×10^6

Після 60 діб кількість загальної мікрофлори у всіх варіантах застосування капсульованих добрив була вищою, ніж на контролі.

Кількість азотфіксуючої мікрофлори тільки у варіанті з капсульованим добривом №3 порівняно до контролю була вищою. В інших варіантах досліджу відхилення було незначним порівняно до контролю.

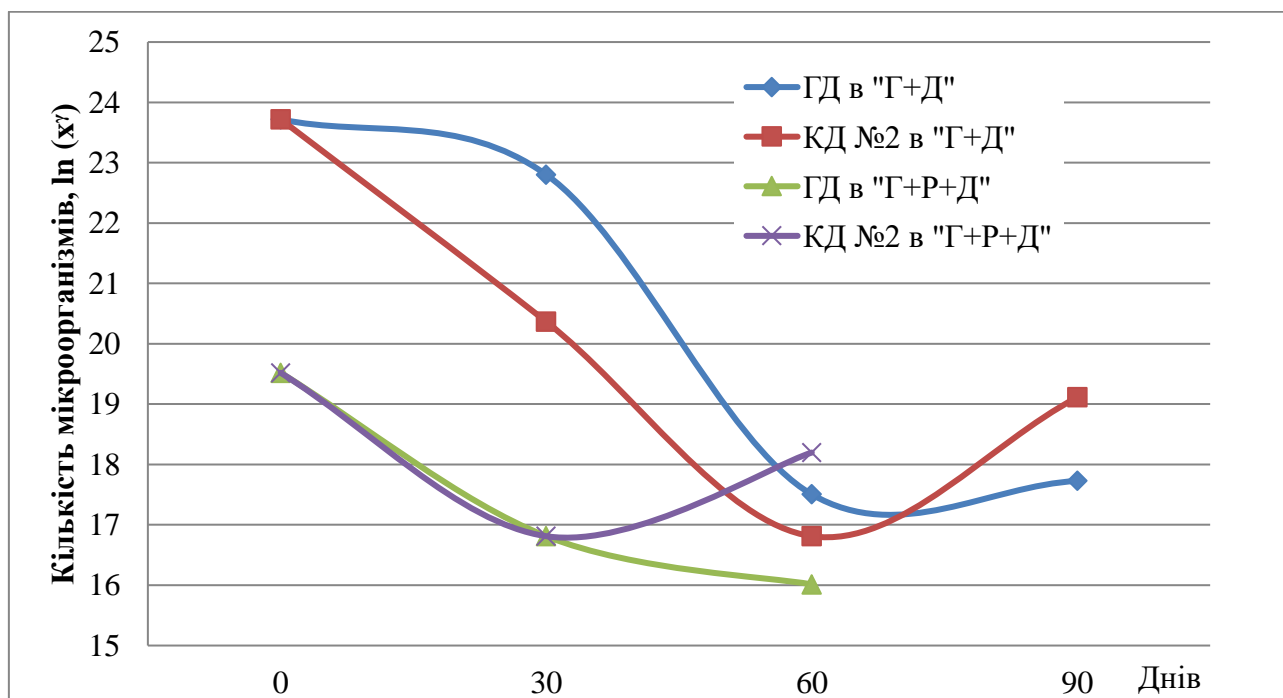


Рис. 18. Логарифмічна залежність зміни загальної чисельності мікрофлори ґрунту в двох системах.

Певний вплив на зміну загальної чисельності мікрофлори від застосування у варіантах капсульованого добрива №2 наведено на рис. 18. На початку експозиції вона зменшується, але пізніше значно збільшується порівняно до варіантів з простим гранульованим добривом, у якому чисельність загальної мікрофлори ґрунту зменшується продовж тривалості дослідження.

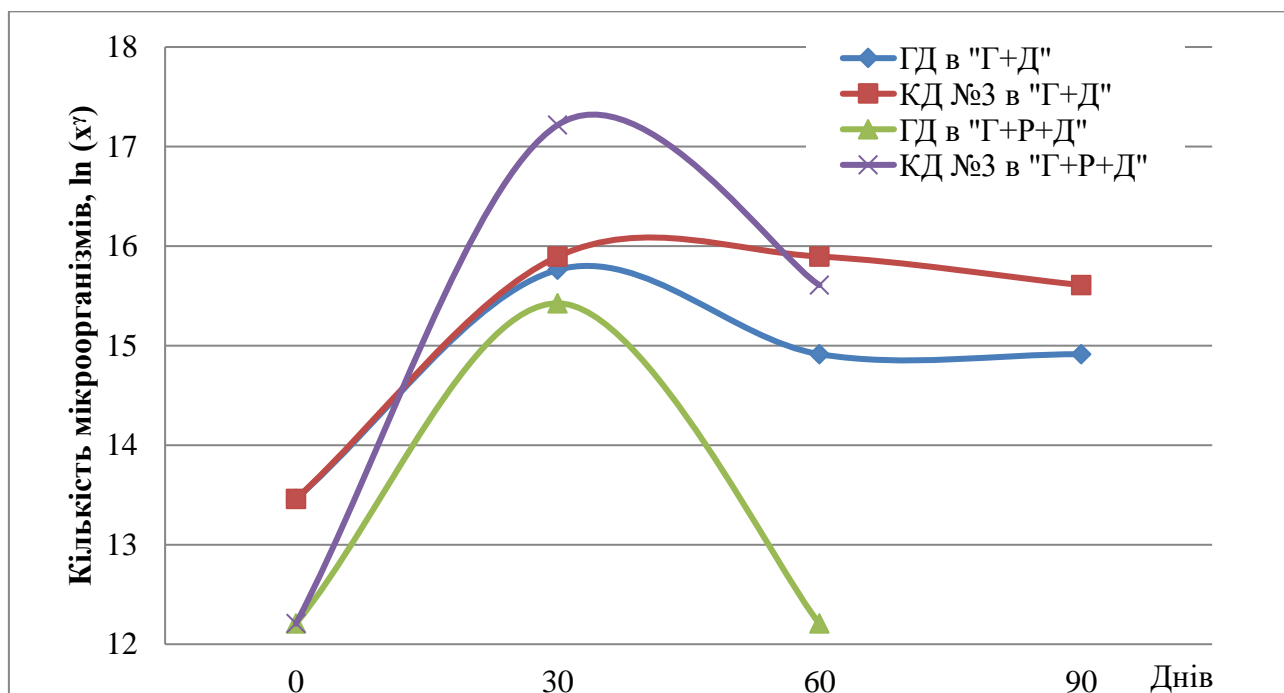


Рис. 19. Логарифмічна залежність зміни чисельності азотфіксувальної мікрофлори ґрунту в двох системах.

Встановлено, що у варіантах з капсульованим добривом №3 сприятливіший вплив на чисельність азотфіксувальної мікрофлори ґрунту у двох дослідних системах порівняно з простим гранульованим добривом (рис. 19).

Таким чином, підвищена норма внесення капсульованих мінеральних добрив, яка становила у розрахунку 1000 кг/га, не завдала шкоди загальній і азотфіксуючій мікрофлорі ґрунту та позитивно вплинула на кількість мікроорганізмів в окремих варіантах. Зокрема варіант з капсульованим добривом №2, у якому встановлено більший вплив на зміну загальної чисельності мікрофлори ґрунту у двох досліджуваних системах. У варіанті з капсульованим добривом №3 встановлено найкращі умови для розвитку азотфіксуючої мікрофлори ґрунту у двох системах дослідження.

ВИСНОВКИ

У науковій роботі наведено теоретичне узагальнення та відображено виконання наукового завдання щодо збільшення ефективності використання мінеральних добрив на основі удосконалення та внесення капсульованих мінеральних добрив, а також зменшення техногенного навантаження на довкілля, поліпшення якості і здешевлення продукції. На основі всебічного аналізу отриманих результатів доходимо таких висновків:

1. На основі аналізу мікроструктури капсульованих частинок, отриманих в апараті з активною гідродинамікою (апарат киплячого шару), встановлено, що для всіх видів дослідної капсулоутворювальної композиції отримано капсулу з рівномірно нанесеним покриттям. Зміною режиму капсулювання в апараті можна досягти зміни товщини оболонки капсули, а, отже, різного терміну пролонгаційної дії добрив.
2. Усі форми капсульованих добрив мали переваги над звичайним гранульованим, що, очевидно, пов'язано зі значним вимиванням гранульованого добрива зі зони живлення рослин, яке спричинює нестачу поживних речовин у субстраті. Унаслідок застосування гранульованого добрива встановлено скачок росту рослин та їх видовження на початковому етапі. Надалі динаміка росту спадає порівняно зі зростанням рослин, підживлених капсульованими добривами. Важливо, що капсульовані добрива пролонговано вивільняли елементи живлення й уможлилювали повніше їх засвоєння рослинами й рівномірніший розвиток упродовж вегетації..
3. Підвищена норма внесення капсульованих мінеральних добрив (1000 кг/га) не мала негативного впливу на загальну та азотфіксуючу мікрофлору ґрунту, але позитивно позначилася на кількості мікроорганізмів в окремих варіантах. Найбільший вплив на зміну кількості загальної мікро-флори ґрунту у двох системах дослідження встановлено у варіанті застосування КД № 2. Оптимальні умови для ефективного розвитку азотфіксуючої мікрофлори ґрунту виявлено у варіанті застосування КД № 3.

ЛІТЕРАТУРА

1. Булигін С.Ю. Якість земель як основа контролю землекористування / С.Ю. Булигін – Агроєкологічний журнал. – 2015. – № 1. С. 36-46.
2. Jarchow, M. E. Nitrogen fertilization increases diversity and productivity of prairie communities used for bioenergy [Text] / M. E. Jarchow, M. Liebman // GCB Bioenergy. – 2013. – Vol. 5. – P. 281–289.
3. Мілютенко Т.Б. Міграція біогенних елементів з ґрунту за різних систем удобрення / Т.Б. Мілютенко, О.А. Демидов, О.В. Шерстобоева // Агроєкологічний журнал. – 2014. – № 1. – С. 60-64.
4. Maria Tomaszewskaa, , Anna Jarosiewicz Encapsulation of mineral fertilizer by polysulfone using a spraying method Desalination Volume 198, Issues 1–3, 30 October 2006, Pages 346–352
5. Медленнодействующие удобрения / Г. В. Пироговская, И. И. Котович, А. И. Краевский и др. – Минск : Бел.НИИПА, 2000. – 361 с.
6. Jarchow, M. E. Nitrogen fertilization increases diversity and productivity of prairie communities used for bioenergy [Text] / M. E. Jarchow, M. Liebman // GCB Bioenergy. – 2013. – Vol. 5. – P. 281–289.
7. Ґрунтознавство з основами геології : навчальний посібник / [О.Ф. Ігнатенко, М.В. Капштик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвицький]. – К.: Оранта, 2005. – 648 с.
8. Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів : підручник [2 ч.] / Степан Павлович Позняк // Л.: ЛНУ ім. І. Франка, 2010. – 268 с
9. Будзяк О. С. Деградація земельно-ресурсного потенціалу України / О. С. Будзяк // Збірник наукових праць “Економіка природокористування і охорони довкілля”. – 2012. – С. 78-83.
10. Рациональне використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів: організаційно-економічні, екологічні й нормативно правові аспекти / [колективна монографія]; за ред. С.А. Балюка, А.В. Кучера. – Х. 2015. – 432 с.
11. Національна доповідь “Про стан родючості ґрунтів України” / Редкол. С.А.

- Балюк, В.В. Медведєв, О.Г. Тараріко та ін. – К., 2010. – 111 с.
12. Лісовал А.П. Методи агрохімічних досліджень / Анатолій Петрович Лісовал. – К.: Видав. центр НАУ, 2001. – 247 с.
 13. Степаненко Т.О. Розвиток екологізації сільського-подарських земель в Україні / Т.О. Степаненко // Управління земельними ресурсами в контексті сталого розвитку територій : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 24–26 верес. 2013 р.) – Х. : Друкарня Мадрид, 2013. – С. 191-193.
 14. Тихоненко Д. Г. Фізичні основи родючості ґрунтів [Електронний ресурс] / Д. Г. Тихоненко, В. В. Дегтярьов, В. А. Величко // Вісник аграрної науки. - 2012. - № 11. - С. 6-9.
 15. Технологія фосфоровмісних добрив, кислот і солей : підручник / [І. М. Астрелін, Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, О. Я. Лобойко та ін.]; за ред. Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО. – Харків: Підручник НТУ «ХПІ», 2011. – 288 с.
 16. Сайдак Р.В. Залежність ефективності добрив від гідротехнічних умов / Р.В. Сайдак. – Агроекологічний журнал. – 2014. – № 4. С. 74-78.
 17. Власян С. В. Технологія одержання азотного добрива з кальційвмісного відходу виробництва кальцієвої селітри [Електронний ресурс] / С.В. Власян, А.Б. Шестозуб, М.Д. Волошин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2013. - № 6(10). - С. 13-16.
 18. Fioramonti J. Probiotics: what are they? What are their effects on gut physiology? / Fioramonti J., Theodorou V., Bueno L. // Best Practice & Research Clinical Gastroenterology. – 2003. – Vol. 17, № 5, P. 711-724.
 19. Краєвський О. О. Еколого-економічна ефективність використання гранульованих азотних добрив з органічними домішками [Електронний ресурс] / О. О. Краєвський, В. А. Осіпов, О. І. Краєвський // Вісник Сумського державного університету. Сер. : Економіка. - 2013. - № 2. - С. 20 -23.
 20. Регенерація ґрунтів шляхом використання вторинної сировини та природних мінералів. – К.: Інформаційний вісник Федерації органічного руху України, №5, 2007. – С. 6-7

21. Юркевич Є.О. Шляхи покращання екологічного стану ґрунту / Є.О. Юркевич, Н.П. Коваленко // Вісн. Житомир. нац. агроеколог. ун-ту : наук.-теорет. зб. / ЖНАЕУ. – Житомир, 2011. – Вип. 2, т. 1 (29). – С. 299-306.
22. Ващук В.В. Утилізація відходів споживання виробів з полістиролу у виробництві капсульованих мінеральних добрив / В.В. Ващук, О.А. Нагурський // Збірник матеріалів міжнародної наук-пр конф «1-й всеукр з'їзд екологів. Вінниця «УНІВЕРСУМ», 04-07.10.06, с.135-138.
23. Dietzel, R., M.E. Jarchow, and M. Liebman (2015) Above- and below-ground growth, biomass, and nitrogen use in maize and reconstructed prairie cropping systems Crop Science 55:1-14.
24. Тараріко О.Г. Методика агрохімічного обстеження тепличних ґрунтів і субстратів та особливості застосування добрив / О.Г. Тараріко, С.А. Балюк, В.І. Кисіль – К.: ДІА, 2005. – 205 с.
25. Звягинцев Д.Г. Биология почв /Д.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 445 с
26. Агрохимическое обслуживание защищенного грунта и пути его улучшения / Н.М. Глунцов, Д.И. Ежов, Л.В. Дмитриева и др. // Применение удобрений и питание овощных культур в защищенном грунте. – М., 1975. – С. 3-12.
27. Сеги Й. Методы почвенной микробиологии / Й. Сеги. – М.:Колос, 1983. – 296 с.