

Міністерство освіти і науки України
Національний університет “Львівська політехніка”

На правах рукопису

ТИМЧУК ІВАН СТЕПАНОВИЧ

УДК 502.56/568:631.812.12

АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА КАПСУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ
ДОБРИВ В УМОВАХ ЗАХОДУ УКРАЇНИ

03.00.16 – екологія

Дисертація
на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Науковий керівник:
доктор технічних наук, професор
Мальований М. С.

Львів – 2016

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ГД – гранульоване добриво (нітроамофоска),

КД №1 – капсульоване добриво №1;

КД №2 – капсульоване добриво №2;

КД №3 – капсульоване добриво №3.

Г+Д – система дослідження “грунт – добриво”;

Г+Р+Д – система дослідження “грунт – рослина – добриво”;

K_{ef} – коефіцієнт ефективності використання добрива;

НІР – найменша істотна різниця

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА АГРОЕКО-СИСТЕМИ / ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ/	12
1.1. Роль мінеральних добрив в агроecosистемах	12
1.2. Наслідки негативного впливу мінеральних добрив в агроландшафтах	16
1.3. Шляхи усунення негативних наслідків застосування мінеральних добрив та підвищення їх ефективності	23
1.4. Вплив добрив на мікробіоту ґрунту	26
Висновки до розділу 1	28
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	29
2.1. Загальна характеристика об'єкту та предмету дослідження	29
2.2. Характеристика капсулоутворюючих матеріалів та нітроамофоски	31
2.3. Методика капсулювання добрива в апараті з активною гідродинамікою	37
2.4. Методика польових досліджень	39
2.5. Методика дослідження впливу добрив на кінетику росту рослин	39
2.6. Методика виконання мікробіологічних досліджень	40
2.7. Кліматичні умови вегетаційного періоду	41
Висновки до розділу 2	42
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ВПЛИВУ КАПСУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА АГРОЕКОСИСТЕМИ	44
3.1. Особливості формування частинки капсульованого добрива із використанням різного складу капсулоутворюючої композиції в апараті з активною гідродинамікою	44
3.2. Аналіз балансу внесення різних видів мінеральних добрив в	

агроекосистему та втрати їх у навколишнє середовище	46
3.3. Аналіз впливу капсульованих комплексних мінеральних добрив на ґрунт	49
3.3.1. Вплив капсульованих мінеральних добрив на зміну рН ґрунту	49
3.3.2. Вплив внесення капсульованих мінеральних добрив на вміст елементів живлення в ґрунті	53
3.3.3. Вплив матеріалу оболонки капсули добрив на ґрунтове середовище агроекосистеми	56
3.4. Аналіз впливу капсульованих мінеральних добрив на мікрофлору ґрунту	61
3.5. Аналіз впливу капсульованих мінеральних добрив на умови росту й розвитку рослин	71
3.5.1. Вплив капсульованих мінеральних добрив на кінетику росту рослин	71
3.5.2. Вплив капсульованих мінеральних добрив на якісні показники продукції рослинництва	77
Висновки до розділу 3	80
РОЗДІЛ 4. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КАПСУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ В ЕКОСИСТЕМАХ ПОЛЬОВИХ І ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР	83
4.1. Оцінка ефективності застосування капсульованих мінеральних добрив для досліджених культур	83
4.2. Вплив капсульованих мінеральних добрив на агроекосистему картоплі	85
4.3. Вплив капсульованих мінеральних добрив на агроекосистему ячменю ярого	89
4.4. Вплив капсульованих мінеральних добрив на агроекосистему сої	94
4.5. Вплив капсульованих мінеральних добрив на агроекосистему	

кукурудзи	99
4.6. Вплив капсульованих мінеральних добрив на агроекосистему моркви	104
4.7. Вплив капсульованих мінеральних добрив на агроекосистему буряків столових	108
Висновки до розділу 4	111
ВИСНОВКИ	114
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	118
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	119
ДОДАТКИ	145

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.

Актуальність теми. 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 в західній частині України, обґрунтування економічно доцільних та екологічно безпечних норм їх внесення під польові й овочеві культури є актуальним завданням сьогодення. Це значно зменшить або упередить негативний вплив хімізації землеробства на ландшафтні агроекосистеми і дасть змогу зекономити кошти на захист довкілля.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота відповідає науковому напряму кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету «Львівська політехніка» «Масообмін в системах з твердою фазою» і виконана відповідно до науково-технічної програми «Капсулювання мінеральних добрив з метою забезпечення екологічної безпеки навколишнього середовища» (номер державної реєстрації 0108U001392) на замовлення Міністерства освіти і науки України (2013 р.).

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 агроекосистемах.

Для досягнення зазначеної мети необхідно було виконати такі завдання:

- дослідити процес капсулювання мінеральних добрив капсулоутворювальною композицією різного складу;
- дослідити процес вивільнення елементів живлення з мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, в ґрунтовому середовищі агроекосистем;
- дослідити вплив мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, на зміну рН ґрунту;
- дослідити вплив мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, на фізіологічну активність загальної та азотфіксуючої мікробіоти ґрунту;
- виконати агроекологічні дослідження впливу мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, на ріст та розвиток рослин;
- виконати польові агроекологічні випробування впливу мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, на агроекосистеми різних сільськогосподарських культур;
- дослідити екологічні та економічні переваги застосування різних

капсульованих добрив в умовах західної частини України.

Об'єкт дослідження – капсульовані мінеральні добрива в агроекосистемах польових та овочевих культур.

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

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використано такі методи дослідження: аналітико-синтетичні методи – оцінка ступеня забруднення навколишнього природного середовища мінеральними добривами; лабораторні – визначення фізико-хімічними, хімічними та мікробіологічними методами властивостей вивільнення основних елементів живлення і впливу капсульованих мінеральних добрив на мікрофлору ґрунту; польові – вивчення продуктивності сільськогосподарських культур (картоплі, ячменю ярого, кукурудзи, сої, моркви та буряку столового) залежно від застосування капсульованих мінеральних добрив; статистичні – встановлення на основі дисперсійного та регресійного методів вірогідності отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше:

- ✓ 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;
- ✓ експериментально встановлено, що процес вивільнення доступних рухомих форм калію, фосфору й азоту з мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, в системах «ґрунт–добриво» та «ґрунт–добриво–рослина» триває рівномірно упродовж вегетації культур;

- ✓ 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.

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

Удосконалено методичні підходи у дослідженнях ефективності застосування капсульованих форм мінеральних добрив у польових умовах в агро-єкосистемах польових та овочевих культур (картоплі, ячменю ярого, кукурудзи, сої, моркви та буряку столового).

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено систему конкретних технічних рішень щодо виготовлення мінеральних добрив, які необхідно покривати оболонкою різного складу з метою застосування в агротехнологіях для внесення відповідних видів добрив під конкретні культури. Результати дослідження передано до Інституту сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук (Оброшино, Львівська обл.) для використання з метою удосконалення застосовування в агротехнологіях. Наукові результати дисертації адаптовані до навчального процесу підготовки фахівців з екології, охорони навколишнього середовища та збалансованого природокористування у Національному університеті «Львівська політехніка» та застосовуються у викладанні дисципліни «Агроєкологія» на кафедрі екології та збалансованого природокористування.

Особистий внесок здобувача. Особистий внесок здобувача полягає у встановленні закономірностей впливу різних видів капсульованих добрив на компоненти агроєкосистеми, виконанні лабораторних і польових досліджень, опрацюванні отриманих результатів, їх аналізі та впровадженні. На використанні матеріали досліджень інших авторів у роботі є відповідні по-

кликання. Формулювання теми, мети, постановка завдань та обговорення результатів здійснені разом із науковим керівником д.т.н., професором Мальованим М.С.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації обговорювалися на: 2-му Міжнародному конгресі «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (Львів, 2012); I-й Міжнародній конференції молодих вчених EcoTour-2013 (Львів, 2013); 5-му Міжнародному екологічному форумі «Чисте місто. Чиста ріка. Чиста планета» (Херсон, 2013); Міжнародній науково-практичній конференції «Соціально-екологічні проблеми переходу до сталого розвитку: реалії та перспективи XXI століття» (Київ-Ялта, 2013); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України» (Львів-Оброшино, 2014).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 10 працях, з них статті в наукових фахових виданнях України – 4, статті в наукових періодичних виданнях інших держав – 1, тези доповідей та матеріали конференцій – 5.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Матеріали дисертаційної роботи викладено на 147 с. машинописного тексту, ілюстровано 43 рисунками, текст містить 28 таблиць, у списку використаної літератури наведено 226 літературних джерел, у т. ч. 22 – латиницею, дисертація містить 2 додатки.

РОЗДІЛ 1

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА АГРОЕКОСИСТЕМИ

/ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ/

1.1. Роль мінеральних добрив в агроecosистемах

Як відомо, популяції всіх видів, що займають певний простір на поверхні Землі, утворюють біоценоз, який у взаємодії з середовищем існування утворює екосистему або біогеоценоз. Популяції, що займають простір, на якому виконуються сільськогосподарські роботи, складають агроценоз, який утворює відповідну агроecosистему. Сукупність всіх агроecosистем на Землі утворює агросферу. Академік Созінов О.О. [1] визначає агросферу як сукупність територій, на яких унаслідок впливу антропогенного фактору функціонують переважно модифіковані людиною форми живої речовини, спеціалізовані для ефективної трансформації сонячної енергії в необхідну для існування людства продукцію. Головним завданням створення та існування агроecosистем (і агросфери загалом) є виробництво продуктів харчування і сировини [2].

Академік Моїсєєв М.М. [3] вважав, що створення нинішньої цивілізації стало результатом розв'язання однієї з глобальних екологічних криз на початку голоцену (10-12 тис. років тому) унаслідок переходу до аграрного виробництва. у цей час людина якісно змінила свою екологічну нішу – вона винайшла землеробство та скотарство, тобто створила штучні біогеохімічні цикли (штучний кругообіг речовин у природі). Власне тільки після створення штучних екосистем – агроecosистем – Людина виділилась з Природи і перестала жити так, як живуть інші живі істоти на Землі [4].

Агроecosистема – це штучна або змішана система рослинних, тваринних і мікробіологічних угруповань з невираженим або відсутнім механізмом саморегулювання, проектна продуктивність яких підтримується за рахунок прямих і опосередкованих енергетичних інвестицій, при припиненні або

критичному зниженні яких вона деградує, втрачає свої проектні властивості [1].

У сільськогосподарських екосистемах ланцюги живлення залучені до сфери діяльності людини. В них змінена екологічна піраміда, на вершині якої стоїть людина, що є специфічною ознакою будь-якої сільськогосподарської екосистеми [5]. При умовному розгляді агроекосистеми як поєднання природної екосистеми з антропогенною енергією неважко виявити, що питомі витрати енергії в доіндустріальному сільському господарстві були порівнянні з енерговитратами в природних екосистемах. З переходом на інтенсивне ведення сільського господарства енерговикористання набагато зросло [6].

Хімічні елементи, вивезені з продуктами рослинництва і тваринництва за межі аграрних ландшафтів, виключаються з біологічного колообігу сільськогосподарських екосистем [7]. Із харчовими відходами й екскрементами людей вони надходять у каналізаційні системи міст, інших населених пунктів, залучаються до геологічного колообігу.

Біологічний колообіг порушується також у результаті припливу до сільськогосподарських екосистем мінеральних добрив, пестицидів та інших речовин [8 - 10]. У них змінюється баланс хімічних речовин приплив – відплив. Це впливає на геохімічний стан й аграрні ландшафти, стан флори і фауни, біологічну продуктивність і відтворювальну здатність культурних рослин, свійських тварин, якість продукції рослинництва і тваринництва [11].

В аграрних ландшафтах змінений потік енергії. В них разом із сонячною енергією використовують додаткові енергетичні ресурси для обробітку, зрошення, осушення, удобрення ґрунту, захисту рослин від шкідників, хвороб, бур'янів тощо [12 - 14].

Сільськогосподарські екосистеми різняться від природних характером їх регулювання та керування ними. Природні біоценози є саморегульовальними, самовідтворювальними системами. В усіх сільськогосподарських екосистемах (польових, садових, пасовищних, фермських) механізми

саморегулювання і самовідтворення порушені [15]. Процеси, які відбуваються в агроекосистемах, регулюються не стільки механізмами саморегулювання і самовдосконалення, скільки людиною [16]. Людина виконує роль “внутрішнього” і “зовнішнього” регулятора. В міру поглиблення інтенсифікації і спеціалізації сільськогосподарського виробництва характер керування агроекосистемами змінювався, ставав дедалі менше “внутрішнім” і все більше “зовнішнім”. Основним регулятором сільськогосподарських економічних екосистем був фермер, зацікавлений у тім, щоб передати ферму своїм нащадкам у найліпшому стані [17].

Сільськогосподарські екосистеми, керовані фермерами, пристосовувались до місцевих екологічних умов, реагували на них адекватно. Останнім часом регуляційні функції від фермера переходять до інших власників – корпорацій, кооперативів, федерального уряду, які знаходяться далеко від господарств (ферм) і зацікавлені не стільки у збереженні сільськогосподарських угідь, скільки в отриманні максимальної кількості рослинницької і тваринницької продукції [18].

У результаті різних агротехнічних впливів на ґрунт людини, пов'язаних з його обробіткою, удобренням, меліорацією, створюється штучна родючість. Із моменту, коли ту чи іншу цілину ділянку починають обробляти, ґрунт стає засобом виробництва і продуктом праці людини [19]. Він дедалі більше втрачає свої первинні ознаки природно-історичного тіла і крім природної набуває штучної родючості, які практично невіддільні одна від одної. За використання природної і штучної родючості ґрунту культурними рослинами вона стає справжньою (ефективною) і вимірюється величиною врожаю [20, 21].

Від стану агроекосистем залежить кількість і якість продуктів харчування. Можливість їх забруднення пов'язана із застосуванням у землеробстві засобів хімізації та техногенним впливом. Локальне техногенне забруднення – найбільш потужний чинник деградації ґрунтів, але ґрунти орних угідь найчастіше не підпадають під його дію. Техногенне забруднення

на регіональному рівні охоплює більше площ орних ґрунтів, але рівень їх забруднення, як правило, не високий. У мінеральних добривах забруднюючі речовини наявні у формі домішок [22].

Однією із складових, яка може мати негативний вплив на агроєкосистему є мінеральні добрива [23 - 25]. З огляду на це в літературі сформульовані основні теоретичні положення екологічної та економічної ефективності [26] використання мінеральних добрив та засобів хімічного захисту рослин у сільському господарстві, що є основними чинниками забруднення ґрунтів хімічними речовинами, у тому числі важкими металами [27, 28].

В контексті економічних та екологічних чинників неоднозначно розглядається поняття “вплив мінеральних добрив на агроєкосистему”. З позицій економічних [29] завдяки внесенню мінеральних добрив зростає врожайність та поліпшуються якісні показники сільськогосподарської продукції, а з позицій охорони навколишнього середовища збільшення кількості внесених мінеральних добрив призводить до зростання екологічного навантаження на агроєкосистеми [31]. Тому специфічність цього аспекту та його неоднозначність спричиняє відсутність повного розуміння змісту та суті поняття. Разом з тим, проблема впливу мінеральних добрив на агроєкосистему є достатньо складною та багатогранною, вона виникла в останні десятиліття розвитку людства [28]. Наукове обґрунтування поняття “вплив мінеральних добрив на агроєкосистему” важливе, як у теоретичному так і практичному значенні, оскільки, воно з однієї сторони пов’язане з допустимим рівнем антропогенної дії на земельні та природні ресурси, а з другої – із роллю конкретного фактора цього впливу [32].

За територіальним охопленням негативний вплив мінеральних добрив на агроєкосистему можна поділити на чотири підпункти: глобальний, що охоплює всю планету; національний, що стосується окремо взятих держав; регіональний, що відноситься до тих чи інших регіонів цих держав; локальний, що торкається окремих місцевостей. В загальному ж,

сільськогосподарське виробництво перетворилось у складний комплекс антропогенних впливів на агроєкосистеми [33].

Численні експериментальні дослідження свідчать про те, що внесення науково обґрунтованих норм добрив не впливає негативно на агроєкосистеми. Проте систематичне та нераціональне використання високих норм добрив може спричинити серйозні порушення в біогеохімічному циклі поживних речовин у природному середовищі [34, 35]. Загроза таких порушень можлива, насамперед, у районах інтенсивного ведення аграрного виробництва, а також за недотримання сівозмін, насичення польових сівозмін технічними культурами, в овочевих сівозмінах і приміських зонах великих міст, а також за умов нераціонального і непрофесійного використання добрив.

1.2. 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 [36 - 38]. 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 [39, 40]. 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 % [41]. З цим пов'язано ряд екологічних проблем, таких як: засолення ґрунтів, проникнення компонентів добрив у підземні водні горизонти, їх змив поверхневими водами, забруднення водою 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 [42, 43].

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 [44, 45]. Внутрішні водойми стають надзвичайно вразливими, оскільки у воді найбільшою мірою нагромаджується розчині 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 популяцій синьо-зелених ціанобактерій, які у процесі життєдіяльності продукують токсини [46, 47]. 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 [48, 49].

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 [50 - 52], 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 [53]. 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 мірою 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 % [54 - 56].

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. [57, 58].

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 [59], які не допускають забруднення вод залишками добрив.

З неправильним використанням добрив пов'язано ряд екологічних проблем [60], таких як засолення ґрунтів, вимивання калійних та нітратних

добрив у підземні водоносні горизонти, глобальним наслідком цієї проблеми є забруднення нітратами Чорного моря. В переважній більшості випадків вище перераховані наслідки виникають не від надмірної кількості добрив, а через неправильне їх використання [61].

Внаслідок внесення високих доз мінеральних добрив в орному і підорному шарах ґрунту нагромаджується більше фосфору і калію. У випадку поверхневого внесення добрив значно збільшуються втрати поживних речовин. Вони збільшуються також у випадку дренажу території і можуть досягати значних величин (особливо втрати азоту). Часто хімічні сполуки проникають глибоко в підґрунтові води [62, 63].

Обсяг забруднення природних водойм фосфорними добривами, порівняно з азотними, незначний. Велика кількість фосфору надходить у водоймища в результаті водної та вітрової ерозії. Фосфор добрив у великій кількості закріплюється самим ґрунтом у вигляді осадів фосфатів, комплексних сполук з гумусовими речовинами, адсорбується ґрунтовими колоїдами та поглинається мікрофлорою ґрунту [64, 65].

Залежно від типу ґрунту, кількості опадів та технології внесення фосфорних добрив (доз, строків, форм, способів внесення тощо) у деяких сільськогосподарських районах уміст фосфору у річковій воді (навесні) становить 0,12-0,16 мг/л (ГДК фосфору в питній воді 10 мг/л). В наш час промисловість випускає новий вид добрив - поліфосфати [66 - 68]. Вони утворюються також після мінералізації органічних речовин у ґрунті. Ці добрива виявлено також у завищеній концентрації у мікрофлорі ґрунту. Поліфосфати, як добрива, переводять у розчин зв'язані з органічною речовиною елементи [69, 70]. Руїнування органічного комплексу ґрунту, переведення його в рухомі форми та винесення з ґрунту – явища, шкідливі з точки зору екології, оскільки це підсилює міграцію мінеральних добрив.

Основною проблемою за вертикальної і горизонтальної міграції є занадто швидке виведення біогенних елементів в агроєкосистему і подальше їх вимивання у водні горизонти [71, 72].

Калій добрив та калій ґрунту вимиваються як азот і фосфор атмосферними опадами і виносяться ґрунтовими водами. Оскільки калій разом з іншими елементами живлення викликає евтрофікацію природних водоймищ, його кількість повинна бути обмеженою. Допустима концентрація калію в питній воді становить 1-2 мг/л [73].

На вимивання калію з ґрунту впливають фізико-механічні властивості ґрунту, зокрема, гранулометричний склад, водопроникність. З важких ґрунтів він вимивається менше, ніж з легких. Поверхневі стічні води більше вимивають калій з ґрунту, а ґрунтові і підґрунтові – калій добрив. Внесення великих доз калійних добрив може зумовити підвищену концентрацію хлорид-іонів, порушити співвідношення між катіонами $\text{Ca}^{2+}:\text{K}^+$, $\text{Mg}^{2+}:\text{K}^+$, витіснити кальцій і магній з ґрунтового комплексу, а також посилити їх міграцію профілем ґрунту. Фахівці стверджують, що основним джерелом забруднення водоймищ калієм є добрива [74, 75].

Промисловість усі мінеральні добрива виробляє у твердому і рідкому стані. У процесі підготовки до внесення у ґрунт їх агрегатний стан не змінюється, однак частина поживних речовин добрив і окремі домішки можуть звітрюватися, забруднюючи атмосферу [76, 77]. Найбільша кількість легких речовин виділяється з азотних добрив, таких, як аміачна вода та аміак. Значна кількість азотних добрив (до 50–60 %) не використовується в рік внесення, а тому може втрачатися з ґрунту внаслідок вимивання (нітрати) або звітрювання (N_2O , N_2) в результаті денітрифікації. Частина азоту добрив закріплюється у ґрунті в органічній формі [78, 79]. Біологічне закріплення азоту (ґрунтовими мікроорганізмами) чітко виражене в амонійних та аміачних добривах.

Втрати газоподібного азоту в результаті денітрифікації помітно посилюються під час випадання дощу, коли у ґрунті створюються анаеробні умови. Втрати азоту більшою мірою характерні для ґрунтів, не зайнятих рослинністю, і за умови поверхневого способу внесення добрив. Азотні добрива, внесені у великих дозах, змінюють властивості ґрунту [80, 81]. У

випадку внесення великих доз азотних добрив посилюється міграція профілем ґрунту фульвокислот та гумінових кислот, катіонів кальцію та магнію [82]. Особливо яскраво це проявляється на кислих ґрунтах. У випадку внесення добрив, що містять нітрати, сульфати та хлориди, збільшуються втрати кальцію і магнію, оскільки аніони таких добрив не утримуються ґрунтом (особливо нітрат - та хлорид-іони) і в процесі розчинення добрив у воді зв'язуються з еквівалентною кількістю катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , тощо [83]. Мінеральні добрива, насамперед азотні, різнобічно впливають на мікрофлору ґрунту, здебільшого активізують життєдіяльність мікроорганізмів і мікрофауни [84 - 86]. Найсильніше впливають на біологічну активність ґрунту органічні добрива.

Отже, надмірну кількість добрив слід розглядати як потенційне джерело вимивання поживних речовин і забруднення навколишнього середовища. Зі збільшенням доз добрив коефіцієнт використання азоту зменшується, а втрати, як абсолютні, так і відносні, зростають. Втрати азоту в докілья вимірюються тисячами тонн лише на території України [87, 88]. Причому це не тільки втрати зв'язаного азоту, на виробництво якого затрачено відповідну кількість енергії, природного газу, але й втрати врожаю [89].

За впливом на навколишнє середовище науковці поділяють добрива на добрива директивної та індирективної дії [90, 91].

Добрива директивної дії містять у своєму складі токсичні домішки (Cd, Pb, As, F, Cl-, радіонукліди тощо). Вони спричиняють забруднення верхніх шарів ґрунту, негативно впливають на наземні екосистеми (якість рослинної продукції, біоаккумуляцію поллютантів у трофічних ланцюгах), спричиняють вертикальну та горизонтальну міграцію токсикантів і міогенів, погіршують якість ґрунтових і поверхневих вод [92, 93].

Добрива індирективної дії є фізіологічно кислими, або лужними солями, тобто під їхнім впливом змінюється реакція ґрунтового середовища, активізується рухомість біогенів та токсикантів, змінюється напрям та інтенсивність синтезу, або розкладання гумусних сполук. Такі добрива

негативно впливають на ґрунтові екосистеми: змінюється ферментативна та мікробіологічна активність, інтенсивність процесів ґрунтоутворення тощо [94, 95].

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 [96].

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 [97, 98]. 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 [99, 100].

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 [101 - 103].

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 [104]. Від того, як будуть збережена і відтворена родючість ґрунту зараз залежатиме те, якою вона

залишитися нащадкам, залежатиме майбутнє нашої держави, добробут і суспільний розвиток наступних поколінь українського народу.

1.3. 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 [105, 106], збереженням значної кількості трудових, сировинних та енергетичних ресурсів, а також зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище [107, 108].

Водорозчинні добрива найбільш легко засвоюються рослинами, однак унаслідок вимивання з ґрунту дощовими водами частина їх втрачається непродуктивно [109, 110]. 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 [111, 112]. 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 [113, 114].

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 [115 - 118].

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 [119, 120].

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. [121]. 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 [122 -124].

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 [125, 126].

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 [127, 128]. 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 оболонки і кількості речовини, яка капсулюється, та інших параметрів процесу: температури, ступеня диспергування, в'язкості середовища, наявності ПАР, тощо [129, 130].

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 [131].

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 [132,133].

1.4. Вплив мінеральних добрив на мікробіоту ґрунту

Відомо, що разом з урожаєм з ґрунту вилучається певна кількість поживних елементів: азоту, фосфору, калію, сірки, кальцію, магнію та ін. Відновлювати ці втрати необхідно внесенням у ґрунт фосфатів, нітратів, солей калію і т. ін. у кількості, еквівалентній вилученій з урожаєм [134, 135].

Розв'язання проблеми раціонального та ефективного використання мінеральних добрив можливе тільки на основі комплексного підходу, в якому важливе значення мають мікробіологічні дослідження. Ґрунтові мікроорганізми є обов'язковим компонентом будь-якої агроєкосистеми, вони мають потужний ферментативний апарат, виконують різноманітні функції в кругообігу речовин, забезпечуючи постійне функціонування агроєкосистеми загалом. Внесення мінеральних добрив стрімко інтенсифікує мікробіологічні процеси в ґрунті [136, 137]. Це до певних меж можна розглядати як позитивне явище, якщо ставити завдання збільшення врожайності.

Однак, гонитва за максимальною продуктивністю, безконтрольне застосування хімічних добрив з порушенням правил агротехніки призводить до перенасичення ґрунтів цими препаратами, а через них - до забруднення водного та повітряного басейнів, зміни хімічного складу рослинної продукції та отримання їжі, шкідливої для здоров'я людини. Особливу увагу необхідно надавати азотним добривам як найнебезпечнішим для всієї екосистеми. Насамперед, це негативний вплив на мікроорганізми, які беруть участь у трансформації азоту в біосфері та процесах азотфіксації, амоніфікації, нітрифікації, денітрифікації [138 - 139]. Збільшення дози добрив зменшує чисельність мікроорганізмів ґрунту та їх біомасу, негативно впливає на стан мікроорганізмів, більша частина яких гине.

У відповідь на зміни умов життєдіяльності в мікробних ценозах ґрунтів порушується природна рівновага між представниками різних еколого-трофічних угруповань, які відповідають за основні біологічні процеси: азотфіксацію, нітрифікацію, розкладання целюлози, гуміфікацію та ін.

Зменшується також активність ферментів, пов'язаних з цими процесами [141 - 143].

Характер впливу мінеральних добрив на чисельність мікроорганізмів залежить від сукупного впливу різних екологічних факторів: типу ґрунту, його вологості та температури, ступеня окультурення ґрунту, виду культури. Але для характеристики стану ґрунту, в якому використовують мінеральні добрива [144, 145]., важливі не тільки показники чисельності різних фізіологічних груп мікроорганізмів, а й аналіз їхнього видового складу. Внесення мінеральних добрив може мало позначатися на кількості мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп, але істотно змінити їхній видовий склад. На думку багатьох дослідників, мінеральні добрива істотно впливають на видовий склад [146 - 148] спороутворюючих бактерій і особливо бактерій роду *Bacillus*.

Підвищення рН призводить до зменшення кількості неспороутворюючих бактерій і збільшення відносного вмісту спорових мікроорганізмів та грибів. Зниження рН до 4 гальмує діяльність *Nitrobacter*, унаслідок чого в ґрунті нагромаджуються нітрити. Порушується структура спільноти мікроорганізмів, які розкладають целюлозу; відбувається пригнічення грибів роду *Aureobasidium* і стимуляція деяких мікоміцетів. Причому зменшується також різноманітність ґрунтових грибів, зберігаються переважно види з активним метаболізмом та здатністю виділяти токсичні речовини [149]. З розвитком фітотоксичних грибів пов'язано явище токсикозу ґрунтів, що проявляється у послабленні проростання насіння й інтенсивності розвитку рослин. У дерново-підзолистих ґрунтах це *Penicillium funiculosum* і *Penicillium vermiculatum* [150, 151], у сіроземах - *Aspergillus ustus*, *Stachybotris*, у чорноземі - *Aspergillus ustus*. Зменшується також кількість ціанобактерій, витісняються, у першу чергу, азотфіксатори. Вапнування цих ґрунтів позитивно впливає на чисельність амоніфікаторів, азотфіксаторів, нітрифікаторів [152, 153].

Високі дози НРК призводять до збільшення кількості фітопатогенних

бактерій, наприклад, *Verticillium*, *Fusarium*, що є причиною масового захворювання злаків [154, 155].

Негативний вплив високих доз азотних, калійних та інших мінеральних добрив, а також тривале їх застосування проявляється в активізації токсинуотворюючих мікроорганізмів і збільшенні їх вмісту у ґрунті, що призводить до мікробного токсикозу ґрунту [156 -158].

Висновки до розділу 1

В результаті аналізу наукової літератури щодо негативного впливу мінеральних добрив на агроєкосистеми встановлено, що перспективним методом зменшення цього негативного впливу є капсулювання добрив. Огляд літератури показав, що існуюча інформація не повною мірою відображає вплив капсульованих добрив на агроєкосистему, зокрема, щодо економічної та екологічної ефективності їх застосування для різних сільськогосподарських культур у випадку використання капсулоутворюючої композиції різного складу, впливу цих різних типів капсульованих добрив на мікрофлору ґрунту. Тому у дисертаційній роботі необхідно дослідити процес капсулювання мінеральних добрив капсулоутворюючою композицією різного складу; вивчити особливості процесу вивільнення елементів живлення із мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, в ґрунтовому середовищі; дослідити вплив мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, на фізико-хімічні властивості ґрунту; фізіологічну активність загальної та азотфіксуючої мікрофлори ґрунту. Необхідно виконати агроєкологічні дослідження впливу мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, на агроєкосистему, а також встановити вплив капсульованих добрив на агроєкосистеми, до складу яких входять різні види сільськогосподарських культур у процесі польових агроєкологічних випробувань.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальна характеристика об'єкту та предмету дослідження

Об'єктом дослідження є капсульовані мінеральні добрива в агроecosистемах. Оскільки розвиток агротехнологій і забезпечення людства продуктами харчування на сьогоднішній день неможливий без використання мінеральних добрив, для забезпечення сталого розвитку все більш актуальним стає проблема екологічно та економічно оправданих норм внесення мінеральних добрив, їх оптимальних форм, технологій внесення, які поряд із отриманням високих врожаїв забезпечували й екологічну безпеку агрокомплексу. Однією із перспективних технологій, яка дає можливість виконати це завдання, є застосування капсульованих мінеральних добрив. Тому предметом дослідження було встановлення закономірностей впливу мінеральних добрив, капсульованих композицією різного складу, на екологічні процеси у ґрунті й екобезпеку рослинницької продукції. Для розв'язання цього завдання стало необхідним виконання комплексу досліджень, структурна схема яких представлена на рис. 2.1. Відповідно до цієї схеми розв'язували поставлене завдання у процесі виконання трьох етапів досліджень: підготовчого, який включав теоретичний аналіз, вибір досліджених форм добрив та напрацювання дослідних партій; лабораторного, в результаті якого встановлювали агроecологічні характеристики застосування капсульованих мінеральних добрив. Позитивні результати лабораторних досліджень обґрунтували виконання третього заключного етапу – агроecологічних досліджень нових типів добрив у польових умовах.

Виходячи із аналізу даних попередніх досліджень [159 - 185] і аналізу розроблених патентів [186 - 198] нами запропоновано 3 види покриття нітроамофоски для забезпечення пролонгованої дії і відповідно 3 типів капсульованого добрива (КД):

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

Масова частка капсули у всіх випадках складала 10 % від маси базового добрива (нітроамофоски).

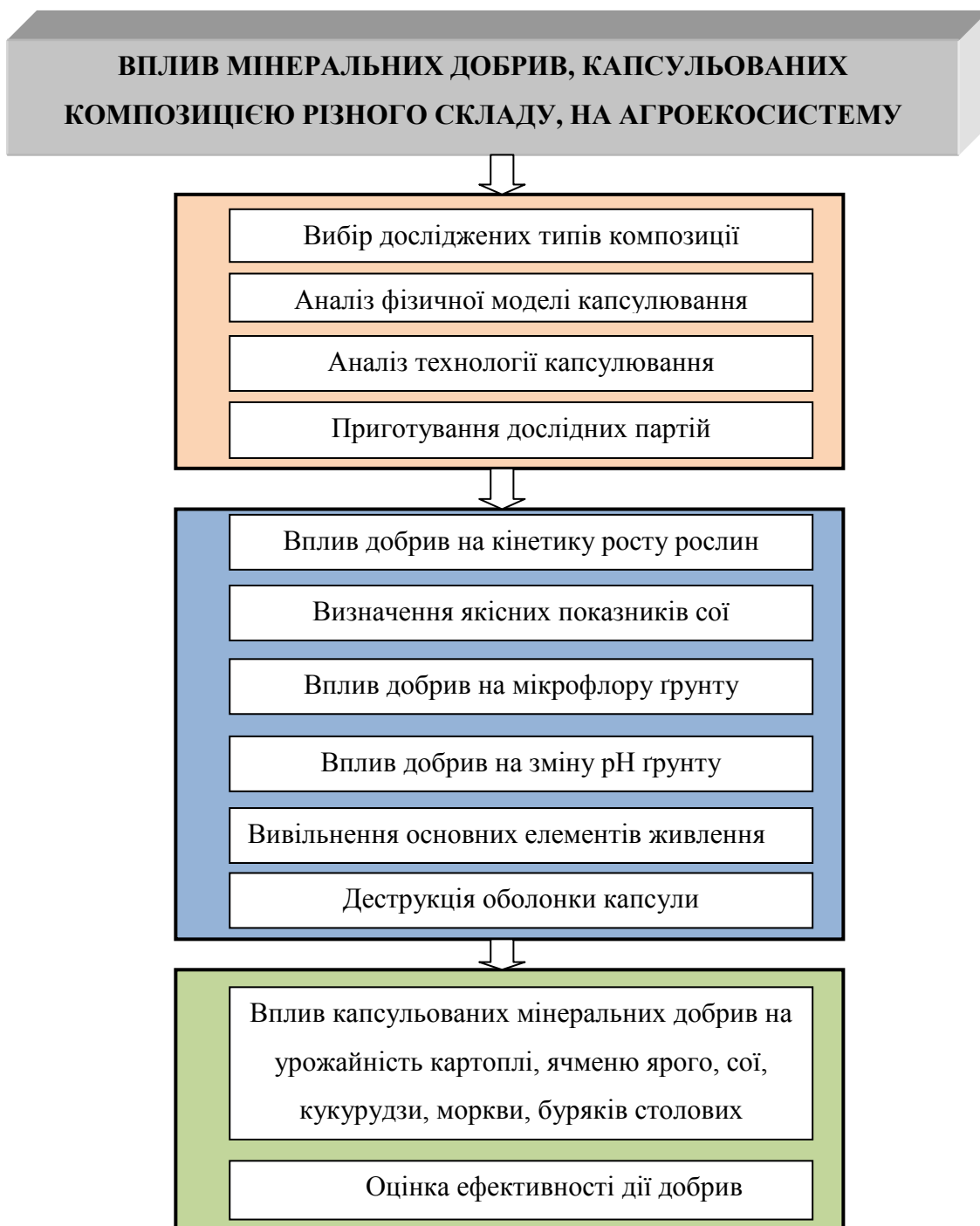


Рис. 2.1. Структурно-логічна схема дисертаційного дослідження.

2.2. Характеристика капсулоутворюючих матеріалів та нітромофоски

Полістирол. Продукт полімеризації стиролу. Виробляють його з рідкого стиролу, вихідною сировиною для якого є нафта та кам'яне вугілля.

Полістирол – тверда, пружна, безбарвна, прозора, гнучка та негігроскопічна речовина, термопластичний матеріал, який має високі діелектричні властивості і непогану морозостійкість (до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$).

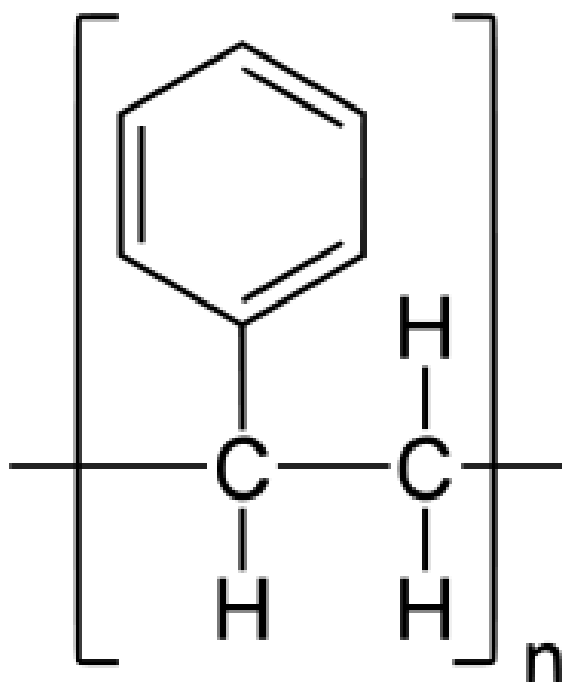


Рис. 2.2. Графічна формула полістиролу

Він легко диполімеризується у процесі нагрівання, тобто, розкладається зі створенням початкового мономера. Будучи матеріалом термопластичним, полістирол легко піддається формуванню. З нього одержують пластичні маси, які широко застосовують в електротехнічній промисловості, для виготовлення предметів побутового призначення (посуд, фігурки, дитячі іграшки і т. ін.), різнокольорових облицювальних плиток для будівництва та ін.

Структурна формула полістиролу: $(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-)_n$, мономер цього полімеру – стирол: $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$. Він є поєднанням ненасиченого вуглеводню з ароматичним: полімер можна розглядати як етилен, в молекулі якого один атом водню замінений ароматичним радикалом фенілом – C_6H_5 , або як бензол, в молекулі якого один атом водню замінений радикалом вінілом $\text{CH}_2=\text{CH}-$. Створюється він радикальною полімеризацією мономера.

Цеоліт. Цеоліти – велика група мінералів, водні алюмосилікати кальцію і натрію (ці іони заміщуються іноді K , Ba , Sr та ін.). Під час їх нагрівання

вода виділяється поступово, без руйнування кристалічної решітки.

Цеоліти використовують як адсорбенти, іонообмінники, сита молекулярні, каталізатори, для одержання цементу тощо. Їх використовують у найрізноманітніших галузях промисловості та сільського господарства. Зокрема, у процесі крекінгу нафти для розділення газових сумішей; для осушення газів та очищення природних вод; у виробництві полімерів; у хімічній промисловості – для вилучення з повітря кисню і азоту, необхідних для виробництва аміаку і аміачної селітри, для вилучення ізотопів стронцію і цезію з відходів атомної промисловості та ін. Цеоліти отримали досить широке застосування як каталізатори багатьох процесів нафтохімії і нафтопереробки і як гетерогенні каталізатори. В аналітичній хімії використовують цеоліт-модифіковані електроди; для виявлення газів; для розділових і концентраційних методів.

У сільському господарстві – ефективний засіб для збільшення повітропроникності ґрунту, регулюють рівень вологості ґрунту, зберігають адсорбовані лужні та лужноземельні катіони. Складові хімічні елементи цеоліту легко засвоюються рослинами. Крім того, він має здатність підвищувати ефективність використання інших елементів, що вносять як з органічними, так і неорганічними добривами. Завдяки властивості високого ступеня іонного обміну, поживні речовини добрив ефективно адсорбуються і зберігаються, повільно, селективно але надійно живлячи рослини. Унаслідок застосування цеоліту припиняється вимивання добрив з ґрунту, відновлюється і збільшується здатність ґрунту до обміну поживних речовин для рослин, оберігаються від гниття корені рослин, зберігається пористість ґрунту, зменшується інтенсивність міграції радіонуклідів та важких металів [199].

Вивченням фізико-хімічних властивостей цеолітів, встановлено, що їх застосування покращує умови зберігання мінеральних добрив, особливо аміачної селітри і сечовини. Додавання цеолітів у кількості 2 - 5 % від маси мінеральних добрив додатково робить ці добрива комплексними – з

добавкою мікроелементів і пролонгуюючою їх дією [200].

Для досліджень ми використовували цеоліт Сокирницького родовища, яке в Закарпатті, і є одним із найбільших в світі родовищем природних цеолітів. Нижче наведені основні фізико-хімічні властивості цеолітів цього родовища:

- мольне відношення $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ – 9,2;
- склад катіонів: $\text{K}+\text{Na}>\text{Ca}+\text{Mg}$;
- максимальна ємність H_2O у відношенні до пари води – 5,8 ммоль/г; після активізації – 5,6 ммоль/г;
- границя термостабільності – 800 °С.

Оксидний склад цеоліту Сокирницького родовища (масова частка, %) представлено в табл. 2.1 [199].

Таблиця 2.1

Оксидний вміст цеоліту Сокирницького родовища

Оксид	Вміст, %	Оксид	Вміст, %
SiO_2	70,21	TiO_2	0,14
Al_2O_3	12,27	MnO	0,073
Fe_2O_3	1,2	P_2O_5	0,033
FeO	0,55	Na_2O	1,77
K_2O	3,05	SO_3	0,10
$\text{CaO}+\text{MgO}$	10,09	–	–

Цеолітові породи представлені двома туфовими горизонтами висотою 70-80 м, розділені пластом туфоартилітів висотою близько 20 м. Продукти продуктивної товщі заглиблюються у західному напрямі під кутом 7 - 11°. Покривні породи представлені суглинками, глинами, галечниками, аргілітами.

Мінеральний склад цеолітової породи представлений клиноптилолітом – 60 - 90 %, кварцом і польовим шпатом – 6 - 7 %, глинистими мінералами – 2 - 6 %, плагіоклазом – до 2 %.

Клиноптилоліт зберігає структуру і не змінює дифрактометричних характеристик після прожарювання до температури 550 °С продовж 3-х годин. Клиноптилоліт – це мінерал, що належить до групи природних цеолітів і має брутто формулу $(\text{Na}_3\text{K}_3)(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96})\cdot 24\text{H}_2\text{O}$ [201]. Головні елементи структури клиноптилоліту подано на рис. 2.3.

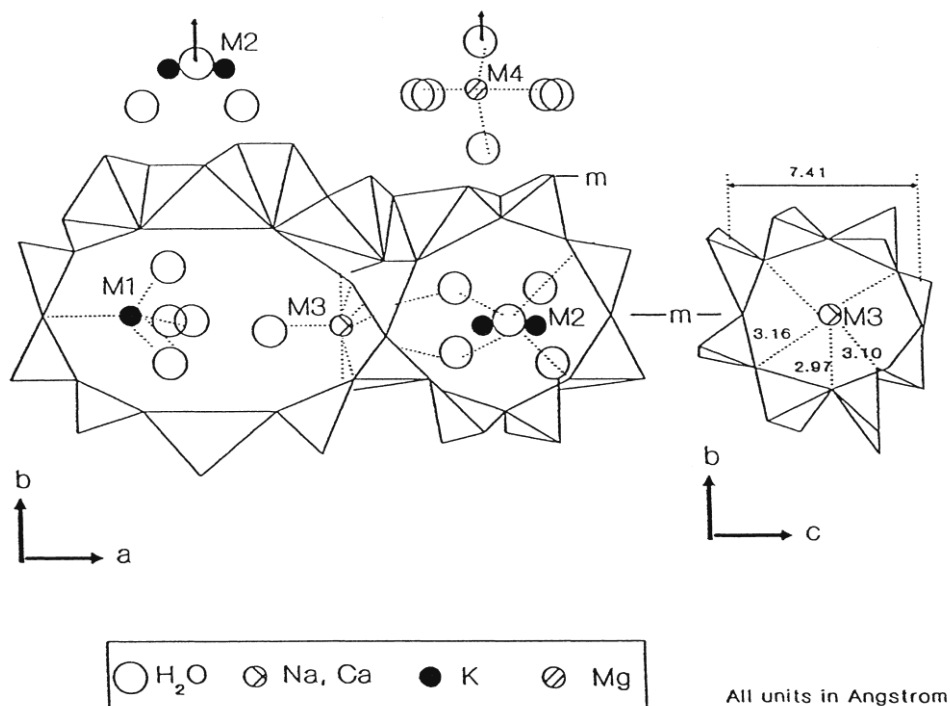
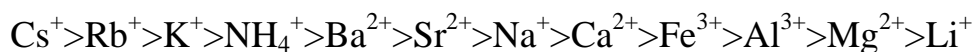


Рис. 2.3. Головні елементи структури клиноптилоліту (M1-M4 вказують на молекулярні зв'язки лужноземельних елементів з водою у кристалі цеоліту) [199].

Мінерал відомий своїми селективними іонообмінними властивостями, де обмін амонію є одним з найбільш ефективних. Автори [199, 201] зазначають, що у іонному обміні для різних катіонів сорбційна здатність клиноптилоліту зменшується у послідовності:



Через положення іону амонію у цій послідовності, він може ефективно затримуватись на клиноптилоліті, тоді як інші катіони, такі як кальцій,

магній, залізо, залишаються у рідкій фазі і, таким чином, не займають центри іонного обміну. Єдиний іон, що є переважно у воді та стоках і краще адсорбується на клиноптилоліті є K^+ .

Сульфатне мило. Як зв'язуючий компонент використовували відходи виробництва із Жидачівського целюлозно-паперового комбінату, які збираються з поверхні чорних лугів після варіння целюлози із хвойних та листяних порід дерев. В літературних джерелах ці відходи зустрічаються під назвою сульфатне мило. Найбільш розповсюджене сульфатне мило з деревини сосни. На вигляд це мазеподібна темно-коричнева рідина. Складовою частиною є суміш натрієвих солей, жирних смоляних кислот та неомилюючих речовин.

Фізико-хімічні показники сульфатного мила:

- відносна густина за температури $20^{\circ}C$ $d_4^{20} = 0,6...1$;
- помірно розчиняється у воді;
- температура самозаймання $400^{\circ}C$;
- в'язкість за $20^{\circ}C$ – $0,1...1,0$ Па·с, а за $80^{\circ}C$ – $0,09...0,45$ Па·с;
- складна органічна суміш з вмістом 50-55 % Na
- солі вищих жирних кислот (переважно олеїнової, ліноленової та смоляних кислот);
- масова частка жирних, смоляних кислот та неомилюючих речовин не менше 45 %;
- масова частка води не більше 35 %;
- масова частка загальних лугів в перерахунку на NaOH не більше 9 %.

Вихід на 1т целюлози: 100 – 120 кг із сосни, 40 – 60 кг із ялини, 20 – 40 кг із листяних порід.

Основною складовою, яка визначає зв'язуючі властивості сульфатного мила, є лігнін. Тому надалі у дисертаційній роботі, говорячи про зв'язуюче ми умовно будемо використовувати поняття «сульфатне мило» та «лігнін» як синоніми. Лігнін – аморфна, поліфункціональна високомолекулярна

ароматична сполука, що складається з фенілпропанових структурних одиниць, є речовиною непостійного складу. Це кінцевий продукт рослинного метаболізму. Основна частина лігніну у вигляді лігносульфінових сполук переходить у сульфідний луг. Лігносульфоніти утворюють комплекси з іонами низки металів. Склад лігніну, який використовували в дослідженнях представлений в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Хімічний склад 100 г сухої речовини лігніну

Речовина	Вміст, %
Нітратний азот	1,5
Рухомий фосфор	1,9
Калій	46,4
Кальцій	29,4
Магній	18,3
Цинк	1,1
Марганець	0,6
Мідь	0,1
Залізо	0,7

Характеристика фізичного стану лігніну:

- питома маса – 0,2 - 0,3 к/м³;
- кислотність – 1,9 - 2,2.

Крім того, лігнін містить редуруючі речовини, полісахариди метоксильних, карбоксильних та фенолових груп, золи і кислоти. Загальний вміст органічних сировин становить 78–97 %.

Характеристика нітроамофоски. Це потрійне фізіологічно нейтральне висококонцентроване універсальне азотно-фосфорно-калійне гранульоване мінеральне добриво, повністю розчинне у воді, містить поживні речовини в однаковому співвідношенні (1:1:1). Поживні елементи містяться у формі водорозчинних і легкодоступних для рослин сполук. Нітроамофоску

використовуються на різних ґрунтах, під різні сільськогосподарські культури, у садівництві, як припосівне добриво та для підживлення рослин під час вегетації. Дози добрив розраховують за даними агрохімічного аналізу ґрунту, кліматичних умов, біологічних потреб і запланованої врожайності культури.

Технічна характеристика NPK 16:16:16 [46]

Хімічний склад (масова частка, %) [31]:

- загального азоту (N): – 16 ;
- засвоювані фосфати (P₂O₅): – 16;
- загального калію (K₂O) – 16;
- загальних сульфатів (SO₄) – 7;
- води – 1

Таблиця 2.3

Гранулометричний склад нітроамофоски [57]

Гранулометричний склад	Масова частка, %
від 5 до 3 мм	70,5
від 1 до 2 мм	26,7
менше 1 мм	2,8

Отже, нітроамофоска один з найпоширеніших універсальних видів мінеральних добрив, який ефективно використовують у технології вирощування на більшості сільськогосподарських культур для забезпечення рослин основними елементами живлення, стабільного розвитку і збільшення врожаю.

2.3. Методика капсулювання добрива в апараті з активною гідродинамікою

Покриття частинок мінерального добрива здійснювали відповідною композицією – капсулоутворювачем в апараті з активною гідродинамікою,

принципова схема якого наведена на рис. 2.4.[165, 167]

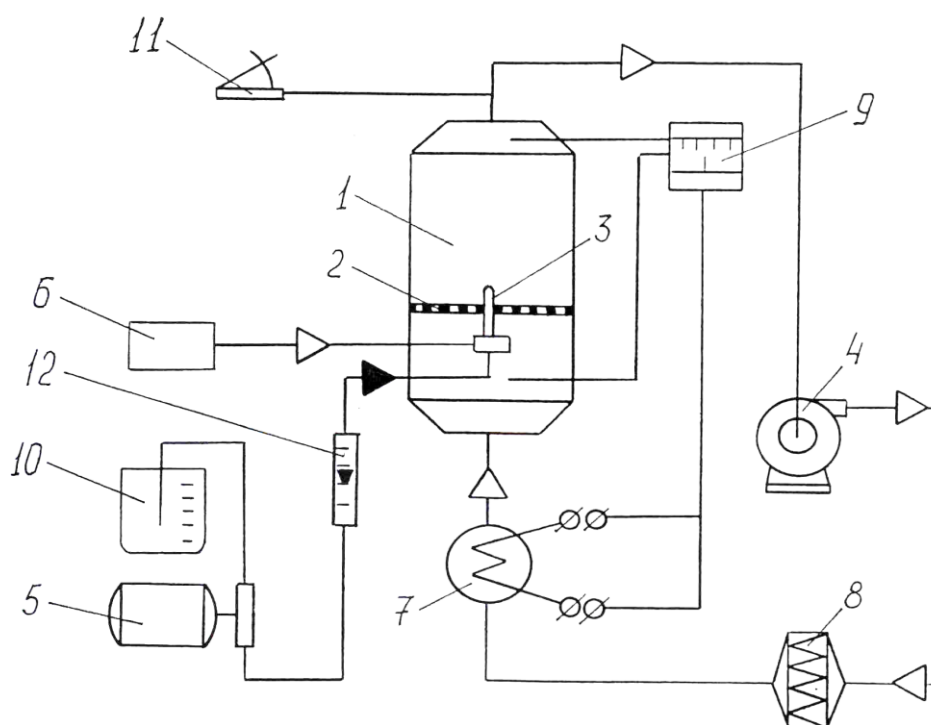


Рис. 2.4. Схема експериментальної установки для нанесення покриття на тверді частинки кулястої форми:

- 1 – продукто́вий 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.

Установка складається з продуктового резервуару (1) циліндричного типу, всередині якого вмонтовано газорозподільчу решітку (2) разом з пневматичною форсункою (3). Псевдозріджуюче повітря підігрівається в калорифері (7) і прокачується через апарат вентилятором (4). Заданий температурний режим підтримується автоматичною системою (9). Витрата псевдозріджуючого повітря контролюється за допомогою дифманометра (11), під'єданого до трубки Піто.

Плівкоутворююча композиція з мірника (10) насосом-дозатором (5)

подається до розпилюючої форсунки (3). Контроль її витрати здійснюється ротаметром (12). Розпилення суспензії забезпечується стисненим повітрям, що поступає з компресора (6). Капсулювання твердих частинок виконували за робочої температури 50 – 60 °С, числі псевдозрідження 2,5 - 3,0 та інтенсивності зрошення $2,0 \times 10^{-3}$ кг/с.

Робочу камеру апарату завантажували частинками загальною масою 0,4 кг, встановлювали необхідний температурний режим та здійснювали подачу плівкоутворюючої композиції насосом-дозатором до розпилюючої форсунки. Процес капсулювання тривав до використання необхідної кількості плівкоутворюючої композиції.

2.4. Методика польових досліджень

Дослідження виконували відповідно до методики [202], продовж 2013 р. на темно-сірому опідзоленому глеюватому легкосуглинковому ґрунті лабораторії захисту рослин Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН з вивченням продуктивності таких культур: картопля, морква, буряки столові, ячмінь ярий, соя, кукурудза.

Дослід включав такі варіанти:

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

Детальніше схема досліду для кожної культури описана в розділі 4.2-4.7

2.5. Методика дослідження впливу добрив на кінетику росту рослин

Вегетаційний дослід впливу добрив на кінетику росту рослин виконували у чотирьох паралельних дослідах. Норма внесення добрив становила з розрахунку 1000 кг/га. Добрива вносили одноразово під час сівби

культури. Ґрунт – темно-сірий опідзолений глеюватий легкосуглинковий.

Схема досліду включала 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).

В горщечки, об'ємом $1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$, висівали крес-салат. Температурний режим під час вегетації коливався від 13 до 19 °С. Продовж вегетації виконували догляд та спостереження за рослинами (прорідження, розпушування ґрунту, поливання $0,075\text{-}0,15 \text{ кг/м}^3$). Регулярно відмічали (фотографували) та порівнювали розмір наземної частини рослин, їх розвиток та масу. За результатами дослідження робили висновки щодо ефективності застосування капсульованих добрив.

2.6. Методика виконання мікробіологічних досліджень

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 [203]. 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; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,2; NaCl

– 0,2; K_2SO_4 – 0,1; $CaCO_3$ – 5; агар – 20.

2.7. Кліматичні умови вегетаційного періоду

Погодні умови 2013 р. були нерівнозначні у відношенні росту та дозрівання сільськогосподарських культур порівняно до середніх багаторічних показників. Так, середня місячна температура повітря в квітні була на 2,5 °С вищою за норму, а кількість опадів – на 4 мм меншою за багаторічні. В травні температура була на 2,9 °С вища за норму, а кількість опадів, які випали за місяць, була на 6,8 мм більша від норми. Червень характеризувався порівняно теплою та вологою погодою (опадів випало на 47,1 мм більше від норми, а температура повітря продовж місяця була на 2,0 °С вища норми). Температура повітря в липні була на 2,8 °С вища багаторічної, а кількість опадів – на 61,6 мм менша від норми. Температура повітря в серпні була на 2,5 °С вища норми, а кількість опадів – на 42,2 мм менша від норми. Метеорологічні умови характеризувались у вересні була порівняно прохолодною та вологою. Температура повітря була на 1,3 °С нижча норми, а кількість опадів – на 20,5 мм більша норми. Метеорологічні дані представлені Львівською гідрогеологомеліоративною станцією, пункт спостереження – Оброшино наведено в рис.2.5, рис.2.6.

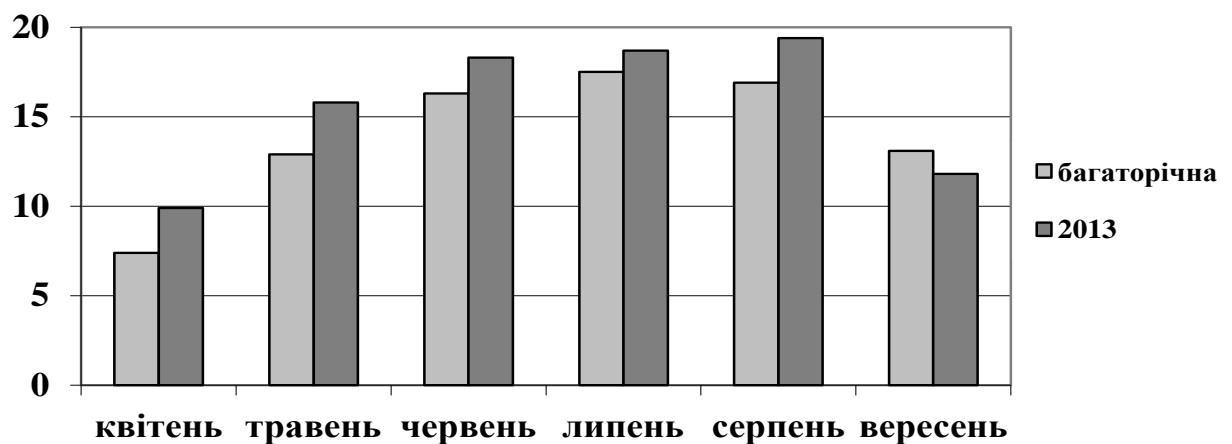


Рис. 2.5. Температура повітря протягом вегетації, °С

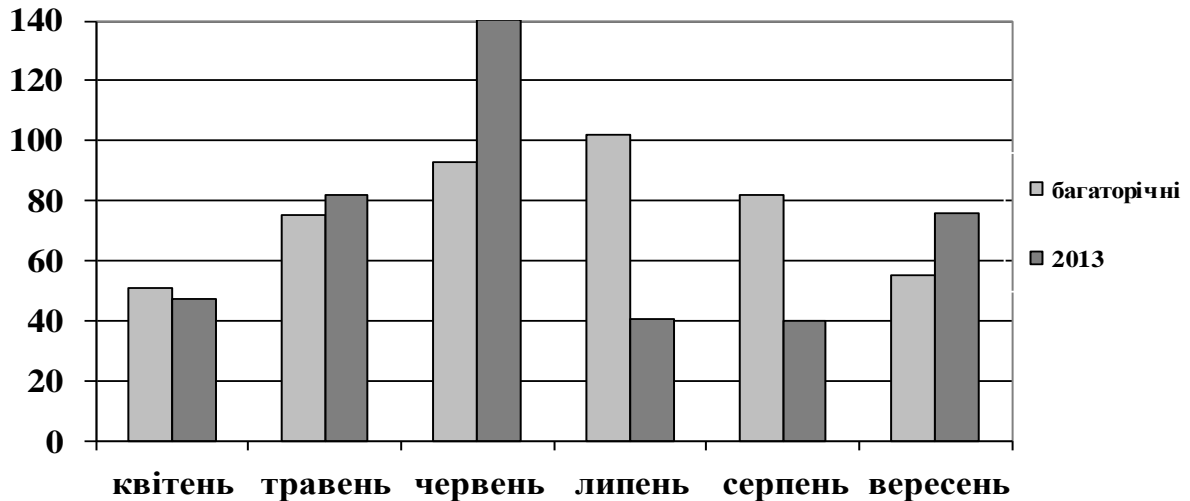


Рис. 2.6. Опади протягом вегетаційного періоду, мм

Можна зробити висновок, що порівняно з середніми багаторічними даними спостереження іншими роками вегетаційний період 2013 року був теплішим, кількість опадів і запаси вологи в ґрунті була достатньою для початку вегетації, а на кінці вегетації – у 2 рази менша за норму.

Висновки до розділу 2

Відповідно до мети дисертаційної роботи наведено загальну характеристику об'єкту та предмету дослідження, встановлено послідовність виконання теоретичних та експериментальних досліджень. Показано, що для створення оболонки в складі капсулоутворюючих складників доцільно застосовувати полістирол, сульфатне мило (відхід целюлозно-паперового виробництва) та природний мінерал – цеоліт. В зв'язку з цим виконано аналіз фізико-хімічних властивостей цих компонентів капсулоутворюючої композиції та базового добрива, яке покривали плівкою – нітроамофоски.

Аналізували і підбирали методику виконання капсулювання добрива в апараті з активною гідродинамікою, із використанням якої були нароблені дослідні партії капсульованих добрив. Саме ці капсульовані добрива використовували для лабораторних та польових досліджень. Розроблена методика польових досліджень мінеральних добрив, капсульованих

композиціями різного складу, методика лабораторних досліджень, метою яких було встановлення впливу добрив на кінетику росту рослин. Розроблена методика мікробіологічних досліджень.

Результати дослідження описані у розділі 2, знайшли своє відображення у публікаціях автора [204 – 213].

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ВПЛИВУ КАПСУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА АГРОЕКОСИСТЕМИ

3.1. Особливості формування частинки капсульованого добрива із використанням різного складу капсулоутворюючої композиції в апараті з активною гідродинамікою

Виходячи із можливої структури добрива пролонгованої дії, створеного з використанням описаних вище матеріалів, нами розглянуто фізичну модель частинки добрива пролонгованої дії, яка утворюється у процесі нанесення капсули в апараті з активною гідродинамікою.

Капсула, яка складається із частинки “базового” добрива, оточеного ексцентрично розміщеною оболонкою із запропонованих нами речовин (рис. 3.1).

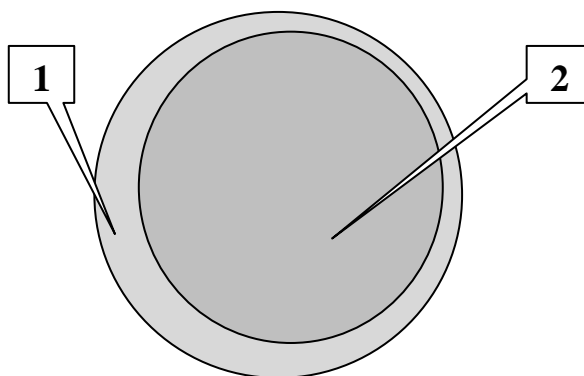


Рис. 3.1. Модель частинки добрива пролонгованої дії:
(1 – оболонка; 2 – частинка “базового” мінерального добрива).

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 відповідно до методик, описаних у підрозділі 2.4.

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 №.7802107 за умови 20-кратного збільшення дослідних зразків.

Результати дослідження наведені на рис. 3.2, свідчать, що частинка покривалася суцільною плівкою і відповідає фізичній моделі, наведеній на рис. 3.1.

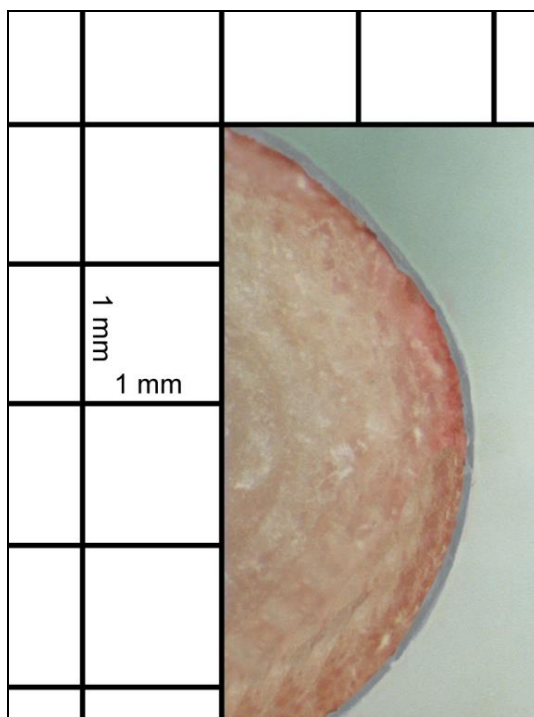


Рис. 3.2. Мікрофотографія капсульованого добрива (20-кратне збільшення).

У середньому товщина покриття частинки досліданого зразка становила 0,1 - 0,2 мм (рис. 3.2). 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.

3.2. Аналіз балансу внесення різних видів мінеральних добрив в агроєкосистему та втрати їх у навколишнє середовище

За даними [214] в середньому для всіх сільськогосподарських культур коефіцієнт використання добрив становить: азотних – 50 – 60 %, фосфорних 75 – 90 %, калійних – 60 – 80 % . Для здійснення аналізу втрат залишкової кількості мінеральних добрив у навколишнє середовище нами для розрахунку прийнято втрати азотних добрив – 50 %, фосфорних – 15 %, калійних – 20 %).

Найбільш небезпечними, з погляду екології, є азотні добрива. Азот з добрив залучається до ґрунтового колообігу, а невикористані рослинами внесені азотні добрива розподіляються таким чином [214]:

- 50 % іmobilізуються в ґрунтовій органічній субстанції;
- 50 % втрачаються у вигляді проміжних сполук процесів

денітрифікації та амоніфікації.

У результаті здійснення процесів денітрифікації та амоніфікації утворюються газоподібні форми азоту у вигляді сполук NH_3 і NO_x , які дифундують до атмосфери, а також у вигляді іону NO_3^- , який вимивається в глибини ґрунтового профілю. Частина вимитого азоту в результаті процесів денітрифікації також потрапляє в атмосферу у вигляді оксидів. Оксиди азоту належать до газів, які спричиняють парниковий ефект. Враховуючи масштаби застосування азотних мінеральних добрив, їх вклад в потепління клімату на планеті є суттєвим (кількість промислово зв'язаного азоту сягає 92×10^6 т/р, що складає 60 % біологічно зв'язаного азоту [215]). Таким чином основного ефекту капсулювання досягають для азотних добрив. Завдяки капсулюванню зменшується їх розкладання. Звичайно, для комплексних добрив спостерігається ще й значний ступінь збереження інших основних елементів живлення рослин (калію та фосфору), оскільки у випадку розкладу азотної складової ці елементи подрібнюються. Це створює умови для збільшення ймовірності їх вимивання ґрунтовими водами (в розчиненому чи суспензійному стані).

У наукових літературних джерелах не знайдено інформації, яка б однозначно вказувала на ступінь зменшення втрат в навколишнє середовище у випадку застосування капсульованих мінеральних добрив. Однак Yigal G. [216] вказує, що із капсульованих мінеральних добрив втрачається на 0,25 - 0,5 менше діючої речовини, ніж із традиційного добрива. Якщо прийняти втрату діючої речовини із капсульованого добрива на 0,35 менше, ніж із традиційного гранульованого. Із врахуванням цього втрати діючої речовини із капсульованих добрив складуть: азотних добрив – 32,5 %, фосфорних – 9,75 %, калійних – 13 %. За даними [203] капсульоване мінеральне добриво здебільшого містить 80 % за масою діючої речовини і 20 % плівкоутворювача. Виконані нами балансові розрахунки використання традиційних гранульованих та капсульованих мінеральних добрив показали, що оскільки вважаємо, що за внесення комплексного добрива, у якому міститься по 0,33

частини азотної, фосфорної та калійної складової, втрати кожної із них для традиційного гранульованого комплексного добрива (за масою) складуть:

азотна складова - $0,33 \times 50 = 16,5 \%$;

фосфорна складова - $0,33 \times 15 = 4,95 \%$;

калійна складова - $0,33 \times 20 = 6,6 \%$.

Загальні втрати із 100 % внесеного традиційного гранульованого комплексного добрива складають $16,5 + 4,95 + 6,6 = 28,05 \%$.



Рис. 3.3. Баланс внесення різних видів мінеральних добрив в агроєкосистему.

Втрати кожної із складових для капсульованого комплексного добрива (за масою) складуть:

азотна складова - $0,33 \times 0,8 \times 32,5 = 8,58 \%$;

фосфорна складова - $0,33 \times 0,8 \times 9,75 = 2,57 \%$;

калійна складова - $0,33 \times 0,8 \times 13 = 3,43 \%$.

Загальні втрати із 100 % внесеного традиційного гранульованого комплексного добрива складуть $8,58 + 2,57 + 3,43 = 14,58 \%$.

На основі виконаних нами розрахунків та вивчених літературних джерел розроблено логічну модель внесення та екологічно безпечного використання різних видів добрив в агроєкосистемі (рис. 3.3.).

Отже, теоретично розрахована частка втрати мінерального добрива у навколишнє середовище за умови його капсулювання зменшується з 28,05 до 14,58 %, що у 2 рази менше, ніж за використання гранульованого добрива.

3.3. Аналіз впливу капсульованих комплексних мінеральних добрив на ґрунт

3.3.1. Вплив капсульованих мінеральних добрив на зміну рН ґрунту

Актуальна кислотність обумовлена присутністю в ґрунтовому розчині вільних іонів у формі H^+ і OH^- . Вона визначає реакцію ґрунтового розчину і характеризується величиною рН, що представляє собою негативний логарифм концентрації водневого іона. Визначення рН ґрунтового розчину має величезне значення, оскільки саме актуальна кислотність ґрунтів визначає життєдіяльність мікроорганізмів та умови існування рослин.

Дослідження з вивчення зміни рН ґрунту залежно від застосування різних видів добрив виконано у двох “ґрунт – добриво” і “ґрунт – добриво – рослина”.

Визначення рН ґрунтового розчину виконано згідно ДСТУ ISO 10390-2001: “Якість ґрунту. Визначання рН”.

Похибка вимірювання рН у двох окремо підготованих суспензіях відповідала вимогам, наведених у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Допустима похибка вимірювання рН

Рівень рН	Допустиме відхилення
$\text{pH} \leq 7,00$	0,15
$7,00 < \text{pH} < 7,50$	0,20
$7,50 \leq \text{pH} \leq 8,00$	0,30
$\text{pH} > 8,00$	0,40

Отримані нами результати дослідження рН ґрунту в системі “ґрунт – добриво” наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Зміна рН ґрунту в системі “ґрунт – добриво”

Тип ґрунту	Варіант	рН ґрунту через, діб			
		0	30	60	90
1	Контроль (без добрив)	6.02	5.93	5.73	5.84
	ГД		5.41	5.10	5.08
	КД №1		5.51	5.06	5.03
	КД №2		5.57	5.12	5.04
	КД №3		5.47	5.01	4.99
2	Контроль (без добрив)	5.40	5.39	5.05	5.01
	ГД		4.82	4.32	4.41
	КД №1		4.92	4.52	4.46
	КД №2		5.03	4.44	4.45
	КД №3		4.86	4.52	4.48
3	Контроль (без добрив)	4.45	4.54	4.40	4.29
	ГД		4.49	4.14	4.10
	КД №1		4.53	4.13	4.09
	КД №2		4.56	4.18	4.14
	КД №3		4.63	4.19	4.12

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

У системі “грунт – добриво” дослідження виконано на трьох найпоширеніших типах ґрунтів Львівської області (за даними Львівської філії Державної установи “Інституту охорони ґрунтів України”): темно-сірому опідзоленому, ясно-сірому опідзоленому і дерново-підзолисту ґрунтах. У всіх дослідних варіантах у системі “грунт – добриво” встановлено тенденцію до зменшення рівня рН ґрунтового розчину, яке б могло спричинити засолення ґрунтів у разі тривалого їх використання у таких змодельованих лабораторних умовах.

Отже, в усіх варіантах з часом кислотність ґрунту збільшується. На початковому етапі (30 днів) на усіх типах ґрунту варіант з гранульованим добривом найбільше підкислює ґрунтове середовище порівняно з капсульованими добривами. Але на наступних етапах (60 і 90 днів) рівень кислотності ґрунту вирівнюється майже у всіх зразках, в яких застосовували добрива, тільки на контролі він менший.

Не менш важливо як впливають види капсульованих мінеральних добрив на ґрунт у системі “грунт – добриво– рослина”.

Результати досліджень рН ґрунту в системі “грунт – добриво– рослина” наведено у табл. 3.3 і на рис. 3.4.

Таблиця 3.3

Зміна рН ґрунту в системі “грунт – добриво – рослина”

Варіант досліджу	рН ґрунту через, діб		
	0	30	60
1. Контроль	5,38	5,5	6,44
2. ГД		5,0	6,47
3. КД №1		5,1	6,50
4. КД №2		5,2	6,46
5. КД №3		5,2	6,41

В системі “грунт – добриво – рослина” дослідження виконано на темно-сірому опідзоленому ґрунті, в якому висаджували насіння крес-салату. В цій

системи встановлено, що в усіх дослідних зразках на завершальних етапах дослідження зростає рівень рН ґрунтового розчину і прямував до нейтрального (рН = 6,5-7,5).

Нами виявлено, що у всіх варіантах з добривом на 30 добу рН ґрунту зменшився порівняно до контролю. У варіантах з капсульованими добривами зміна була меншою на 0,1 - 0,2 порівняно до гранульованих мінеральних добрив. На 60-ту добу дослідження рН ґрунту у всіх варіантах вирівнявся в результаті життєдіяльності рослин.

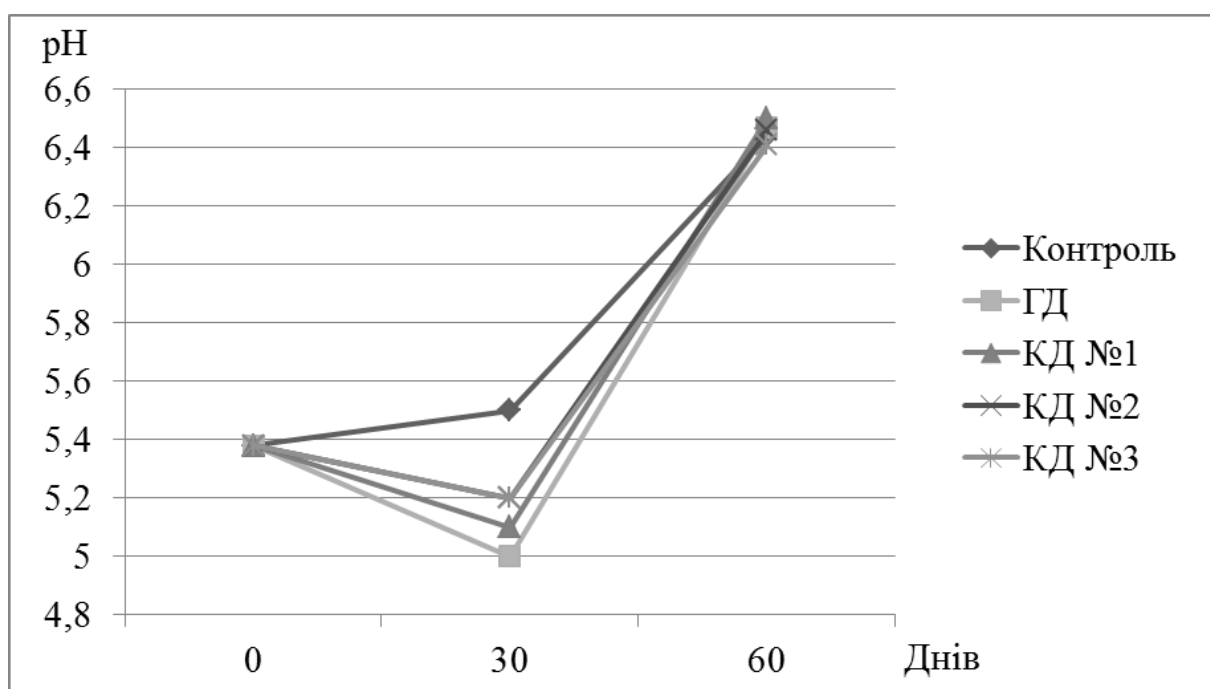


Рис. 3.4. Зміна рН ґрунту в системі “ґрунт – добриво – рослина” під впливом капсульованих мінеральних добрив.

У системі “ґрунт – добриво – рослина” нами встановлено загальну тенденцію до зменшення кислотності ґрунту. У кінцевому результаті в усіх зразках, тобто, внаслідок симбіозу рослин з мікроорганізмами рівень кислотності зменшувався і прямував до нейтральної реакції ґрунтового середовища.

У двох дослідях нами встановлено різні тенденції щодо зміни рівня рН ґрунту на контролі (рис. 3.5).

На рис. 3.5 наведена зміна кислотності ґрунтового середовища на контролі у двох системах.

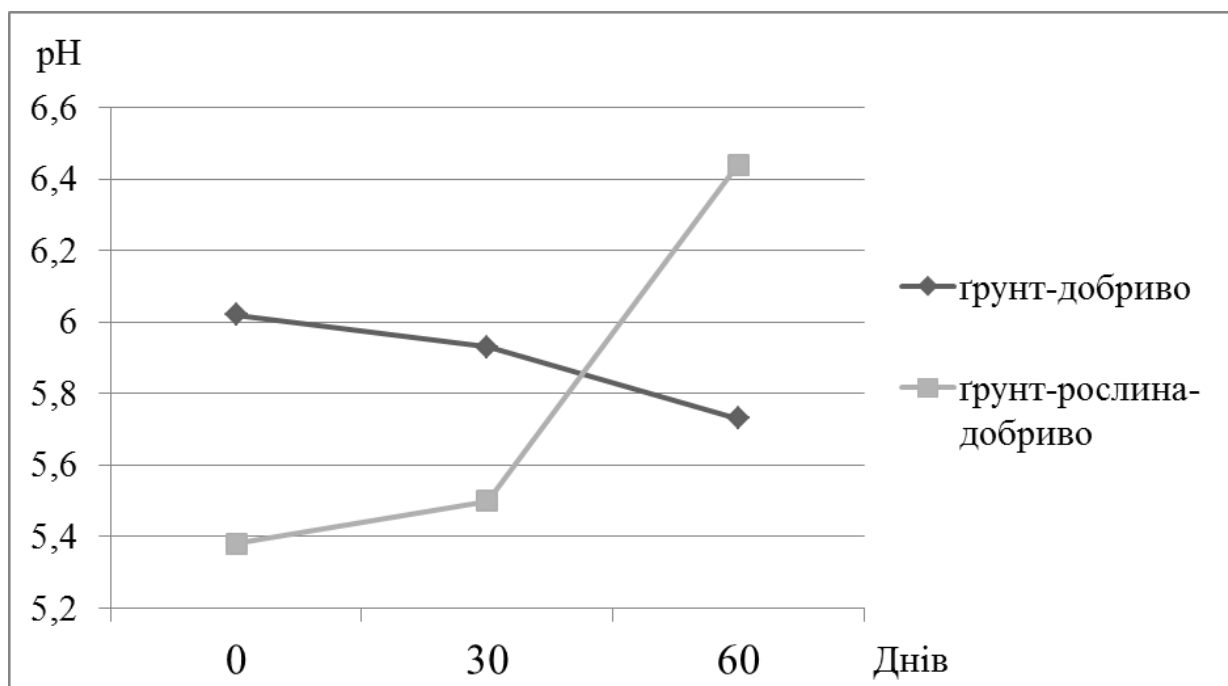


Рис. 3.5. Зміна рН ґрунту на контролі у двох дослідженнях.

Отже аналіз загальної зміни кислотності ґрунту у двох системах дослідження, свідчить, що на початкових етапах дослідження всі види капсульованих добрив мають слабший вплив на зміну кислотності ґрунту порівняно з гранульованими, а, отже, не так агресивно впливають на ґрунтову мікрофлору і рослинний покрив.

3.3.2. Вплив внесення капсульованих мінеральних добрив на вміст елементів живлення в ґрунті

Своєчасне забезпечення елементами живлення для росту і розвитку рослини має важливе значення. Адже надмірна кількість елементів живлення може призвести до токсикації рослини, а недостатня кількість елементів призведе до сповільнення росту й розвитку рослини.

Нами виконано дослідження вивільнення основних елементів живлення

з добрив таких як P_2O_5 , K_2O , NO_2 , у двох системах “грунт – добриво” та “грунт – добриво – рослина”.

Результати дослідження процесу вивільнення елементів у системі “грунт – добриво” наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Вивільнення елементів живлення в системі “грунт – добриво”, мг/кг ґрунту

Тип ґрунту	Варіант досліджу	P_2O_5				K_2O				NO_2			
		0 діб	30 діб	60 діб	90 діб	0 діб	30 діб	60 діб	90 діб	0 діб	30 діб	60 діб	90 діб
1	Контроль (без добрив)	211	206	210	218	294	230	236	237	103	113	92	75
	ГД		244	268	281		386	323	320		196	112	78
	КД №1		238	266	273		362	344	330		190	128	75
	КД №2		250	265	276		354	312	325		205	125	75
	КД №3		244	289	300		435	390	385		184	115	78
2	Контроль (без добрив)	198	192	195	201	47	51	53	50	92	89	70	68
	ГД		250	264	279		230	194	186		131	94	67
	КД №1		238	250	273		183	175	177		151	104	70
	КД №2		233	272	284		217	194	175		193	114	67
	КД №3		244	266	280		228	193	172		128	91	63
3	Контроль (без добрив)	122	116	120	125	66	86	79	77	86	75	65	59
	ГД		237	240	236		258	205	202		204	117	64
	КД №1		227	230	243		203	216	217		187	134	107
	КД №2		234	245	243		222	213	200		168	140	112
	КД №3		216	213	240		229	211	206		215	134	114

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

Отримані результати дослідження свідчать про те, що в системі “грунт – добриво”, за штучно створених кліматичних умов, спостерігається така загальна тенденція вивільнення елементів живлення:

- рухомі сполуки фосфору (P_2O_5) постійно нагромаджуються у зразках відповідно до тривалості досліду, але у зразках з гранульованим добривом більша кількість P_2O_5 вивільняється на початкових етапах, а у варіантах з капсульованим добривом – на етапі 60 і 90 днів;
- кількість рухомих сполук калію (K_2O) в усіх варіантах з добривом на початковому етапі (30 днів) значно зростає, особливо у гранульованих добривах, а на наступних етапах (60 і 90 днів) спадає до рівня 12 - 66 мг/кг ґрунту. Це пояснюється нагромадженням рухомих форм калію і перетворенням їх на важкодоступні форми. В капсульованих добривах (особливо КД № 1 і КД № 2) перепад доступних форм калію менший – 6 - 30 мг/кг ґрунту через повільніше вивільнення доступних форм елементів живлення;
- кількість рухомого лужногідролізованого азоту (NO_2) – постійно зменшується у зразках відповідно до тривалості досліду, що пояснюється постійним споживанням його мікрофлорою ґрунту. Також потрібно звернути увагу на те, що на етапі 60 діб показники у варіантах з КД № 1 і КД № 2 на 10 - 33 мг/кг ґрунту NO_2 більше, ніж у варіантах з гранульованим добривом.

Дослідження процесу вивільнення елементів в системі “грунт – добриво – рослина” які проводили на темно сірому опідзоленому ґрунті наведено в табл. 3.5.

На початкових етапах дослідження просте гранульоване добриво вивільняє більшу кількість елементів живлення. Так, у варіанті з гранульованим добривом на 30 - ту добу досліду P_2O_5 вивільнилося на 11 - 16 мг/кг ґрунту більше, ніж в капсульованих добривах; K_2O – на 29 - 36 мг/кг ґрунту більше, ніж в капсульованих добривах; вивільнена кількість NO_2 тільки була на рівні 3 - 6 мг/кг ґрунту.

Таблиця 3.5

Вивільнення елементів живлення в системі “грунт – добриво – рослина”,
мг/кг ґрунту

Варіант дослідку	P ₂ O ₅			K ₂ O			NO ₂		
	0 діб	30 діб	60 діб	0 діб	30 діб	60 діб	0 діб	30 діб	60 діб
Контроль	144	154	128	55	51	40	123	134	113,2
ГД		244	153		132	52		143	117,6
КД №1		227	177		97	48		140	148,4
КД №2		227	163		96	65		140	128,8
КД №3		233	177		103	55		137	125,1

Після 60 - ти діб кількість вивільнених елементів живлення значно змінилася у всіх варіантах капсульованих добрив і становила більшу кількість, ніж в простому гранульованому добриві. Так, у варіантах з капсульованими добривами на 60 - ту добу дослідку: P₂O₅ вивільнилося на 10 - 24 мг/кг ґрунту більше; K₂O – на 3 - 13 мг/кг ґрунту більше; кількість NO₂ – на 8 - 31 мг/кг ґрунту більше, ніж в гранульованому добриві. Це пояснюється тим, що на початкових етапах гранульоване добриво швидше розчинилося і вивільнило велику кількість поживних елементів, які не змогли повною мірою засвоїтися рослинами і надмірна їх кількість вивелася системою поливу за межі кореневої системи рослин, а в капсульованих добривах процес вивільнення тривав повільніше, що забезпечило краще засвоєння елементів живлення.

3.3.3. Вплив матеріалу оболонки капсули добрив на ґрунтове середовище агроєкосистеми

Нами досліджено 3 види капсульованих комплексних мінеральних добрив: капсульоване добриво №1 – полістирол (80 %) + лігнін (20 %), капсульоване добриво №2 – полістирол (60 %) + лігнін (20 %) +

цеоліт (20 %), капсульоване добриво №3 – лігнін (45 %) + цеоліт (55 %).

Капсула складала 10 % від маси добрива. Склад капсули яких і кількість внесення їх на гектар разом із добривами наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Вміст основних складових капсули у ґрунті за норми внесення капсульованого мінерального добрива 0,2 т/га

Вид добрива	Складові оболонки	Кількість внесення, кг/га
1. Капсульоване добриво №1	Вторинний полістирол	16
	Гідролізний лігнін	4
2. Капсульоване добриво №2	Вторинний полістирол	12
	Гідролізний лігнін	4
	Цеоліт	4
3. Капсульоване добриво №3	Гідролізний лігнін	9
	Цеоліт	11

У процесі застосування капсульованих мінеральних добрив в ґрунті залишається матеріал оболонки. У всіх видах, створених нами добрив, використовували такі основні компоненти:

1. Цеоліт;
2. Гідролізний лігнін;
3. Вторинний полістирол .

Цеоліт – це мінерал природного походження, який поліпшує родючість ґрунтів і затримує вологу.

Цеоліти природного походження застосовують для комплексної хімічної меліорації ґрунтів легкого гранулометричного складу, процес ґрунтується на високій вбирній здатності меліоранту, його хімічній спорідненості з ґрунтами та аналогічній структурі увібраних основ. Вміст обмінних катіонів кальцію, магнію, калію і натрію в цеолітовому борошні дозволяє зменшити ґрунтову кислотність ґрунту уже першого року його внесення. Пояснюється це високою активністю наявних катіонів, які швидко обмінюються на катіони

водню ґрунтового розчину та вбирного комплексу. Відповідно до зменшення величини й рівня кислотності у ґрунті цеоліт сприяє збільшенню вмісту кальцію. Внесення цеоліту разом з мінеральними добривами сприяє утриманню і нагромадженню в ґрунті рухомих сполук поживних елементів, що надалі має позитивний вплив на обсяги врожаю сільськогосподарських культур [217].

Цеоліти використовують для зниження негативного впливу важких металів на рослинний організм [218]. Вони мають велику буферну ємність і здатність поглинати елементи – забруднювачі, таким чином, зменшуючи їх надходження до рослини. Крім того, цеоліти є джерелом поживних елементів, а також речовин, які покращують фізичний стан ґрунту. Фракційний склад і щільність цеолітів з часом суттєво не змінюється, що дає можливість їх використання протягом тривалого часу [219, 220]. Тому перехід цеоліту в склад ґрунту тільки покращував структуру та якість ґрунту.

Лігнін – це унікальний комплекс речовин, який складається з полісахаридів, особливої групи речовин, що відносяться до так званого лігногумінового комплексу, моноцукрів, різних мінеральних і органічних кислот різної насиченості, а також певної частини золи. Гідролізний лігнін – це стружкоподібна маса з вологістю приблизно 55-70 %. За своїм складом це комплекс речовин, в який входять власне лігнін рослинної клітини, частина полісахаридів, група речовин лігногумінового комплексу, невідмиті після гідролізу моноцукри, мінеральні та органічні кислоти, зольні та інші речовини. Вміст у лігніні власне лігніну коливається в межах 40-88 %, полісахаридів – від 13 до 45 %, смолистих і речовин лігногумінового комплексу – від 5 до 19 % і зольних елементів – від 0.5 до 10 %. Зола гідролізного лігніну в основному наносна. Гідролізний лігнін характеризується великим обсягом пор, що наближається до пористості деревного вугілля, високою реакційною здатністю в порівнянні з традиційними вуглецевими відновниками і вдвічі більшим в порівнянні з деревиною вмістом твердого вуглецю, що досягає 30 %, тобто майже

половини вуглецю деревного вугілля [221]. Лігнін є основною складовою частиною здерев'янілих тканин вищих рослин. Велика його кількість міститься у вторинних шарах клітинної стінки і в міжклітинній речовині. Лігніни різних родин, родів і видів рослин відмінні між собою за хімічною природою. За кількістю в природі він посідає третє місце після клітковини. В аеробних умовах лігнін можуть розкладати багато представників класу Basidiomycetes. Наприклад, є дані про те, що за помірної температури лігнін розкладають чимало видів вищих грибів. Він розкладається також бактеріями та грибами родів *Alternaria*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*. Лігнін деполімеризується на прості ароматичні речовини за рахунок екзогенних ферментів мікроорганізмів. Окиснювальне руйнування лігніну призводить до утворення гумінових кислот, які є складниками гумусу ґрунтів [157]. Виходячи із цього перехід лігніну у склад ґрунту не створює негативного впливу на його структуру та властивості.



Рис. 3.6. Залишки оболонок капсули КД №1 після 90-ти денного вегетаційного періоду (2013 р.).

Вважається, що полістирол не становить прямої небезпеки для навколишнього середовища [222]. Він створює незначне вторинне механічне забруднення часточками капсул. Нами встановлено, що товщина оболонки становить 0,1-0,2 мм, процес вторинної переробки полістиролу і наявність в складі оболонки гідролізного лігніну і цеоліту значно прискорюють процес механічної і біологічної деструкції полістиролу.

За даними [223] полістирол у складі оболонки продовж вегетаційного періоду розкладається на 27 - 42 %.

Загальний вигляд залишку полістиролу після розкладання капсульованого мінерального добрива, у складі капсулоутворюючої композиції якого він містився, наведено на рис. 3.6 та рис. 3.7.



Рис. 3.7. Залишки оболонок капсули КД №2 після 90-ти денного вегетаційного періоду (2013 р.) .

Для прикладу за умови внесення капсульованого мінерального добрива №2 під зернові з нормою внесення 200 кг/га частка полістиролу, яка потрапляє в ґрунт, становить 0,96 г/м². Для порівняння маса 100 одноразових стаканчиків становить 300 г.

Отже на основі аналізу літературних даних і попередніх досліджень можна зробити висновок, що використання таких матеріалів для виготовлення оболонки капсульованого добрива не створює небезпеки для навколишнього середовища, але і забезпечує покращення структури та якості ґрунту, сприяє утворенню гумінових кислот.

3.4 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 [224].

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 сталюю температурою 21 °С і відносною вологістю повітря 90 % (рис. 3.8).



$t = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$
Вологість
повітря – 90 %

Рис. 3.8. Зберігання зразків в системі “ґрунт – добриво” (2013 р.).

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 [225]. Температурний режим був на рівні 15 - 18 °С. Для цього досліду було відібрано темно-сірий опідзолений ґрунт в горщики для внесення 4 видів добрив нормою у перерахунку 1000 кг/га і насіння крес-салату (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Зберігання зразків в системі “ґрунт – добриво – рослина” (2013 р.).

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.

Визначення чисельності мікроорганізмів виконано за методикою, яка детально описана в розділі 2.6.

Отримані результати в системі “грунт – добриво”, наведені на рис. 3.10 і рис. 3.11, табл. 3.6 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. 3.10.).

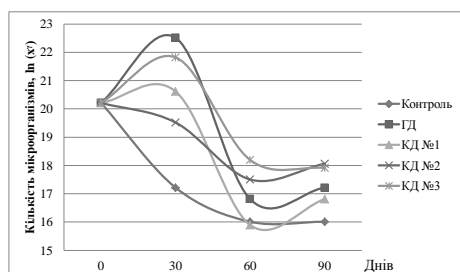


Рис. 3.10. Логарифмічна залежність зміни загальної чисельності мікрофлори ясно-сірого опідзоленого ґрунту в системі “грунт – добриво” (2013 р.).

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. 3.11.).

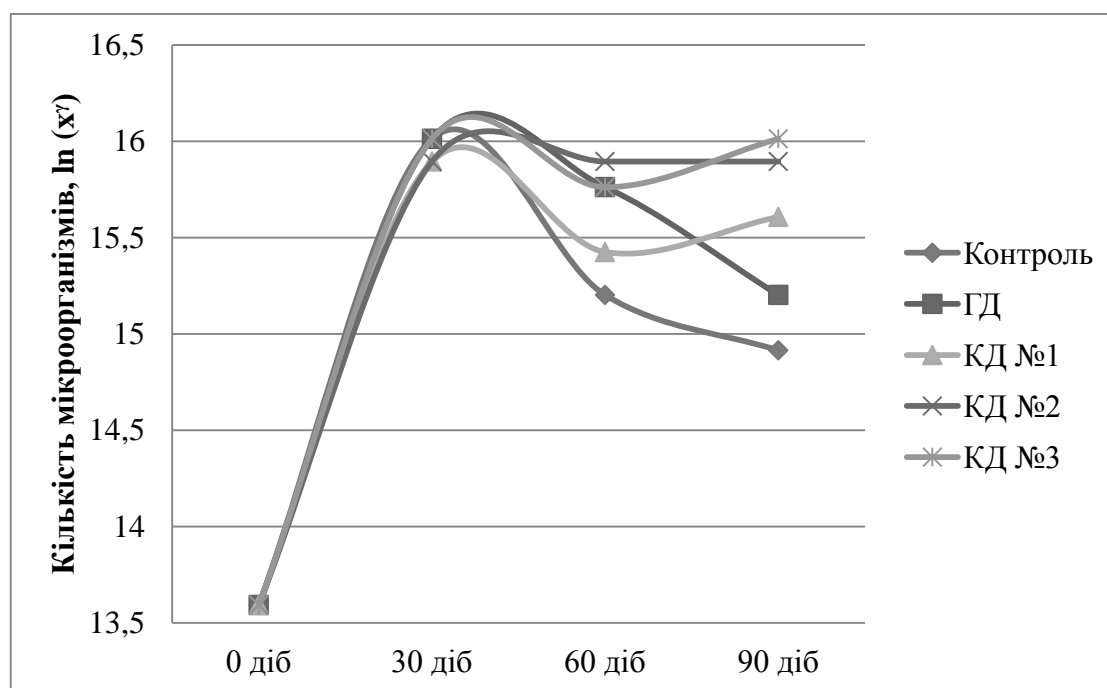


Рис. 3.11. Логарифмічна залежність зміни чисельності азотфіксуючої мікрофлори ясно-сірого опідзоленого ґрунту в системі “ґрунт – добриво”.

Дослідження, виконані на трьох типах ґрунтів у системі “ґрунт – добриво” (табл. 3.7), в усіх досліджуваних варіантах з добривом на 30-ту добу дослідження 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.

Таблиця 3.7

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 $9 \times 10^6 - 2 \times 10^8$ і в рази була вищою ніж на контролі $7 \times 10^6 - 9 \times 10^6$ КУО на 1 г ґрунту.

Кількість азотфіксуючих мікроорганізмів майже не змінювалася за час проведення дослідів. 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. 3.12, рис. 3.13, табл. 3.8.

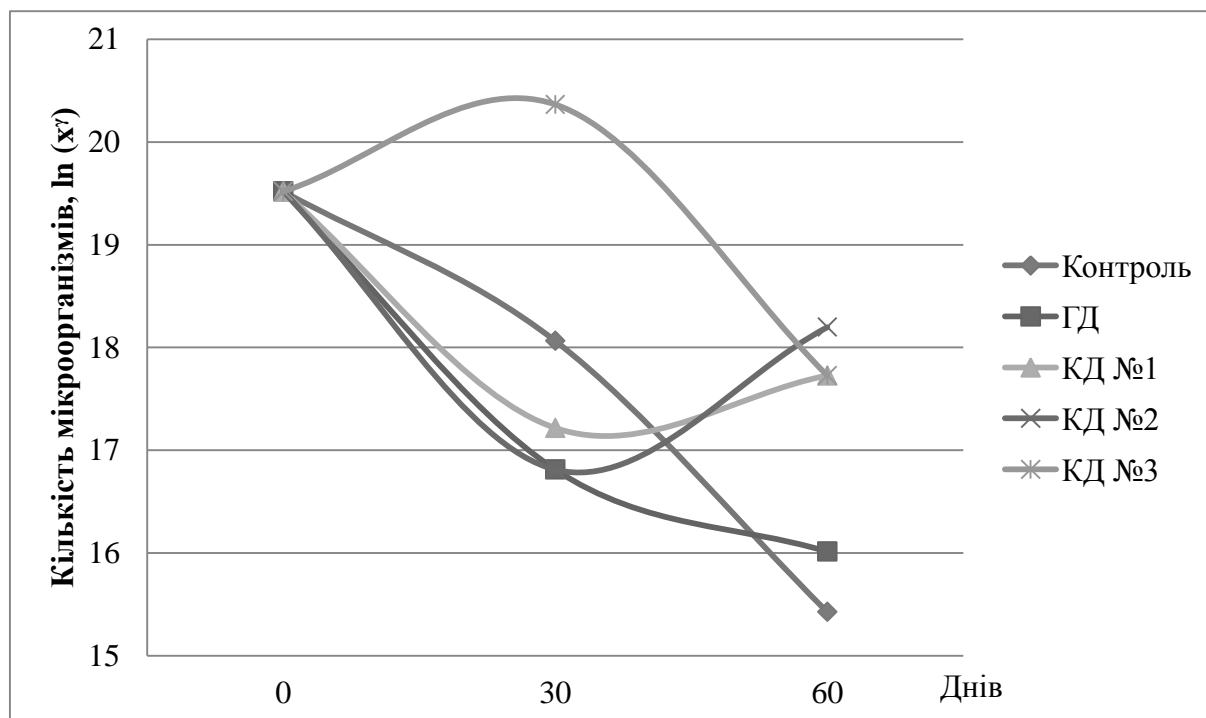


Рис. 3.12. Логарифмічна залежність зміни загальної чисельності мікрофлори ґрунту в системі “ґрунт – добриво – рослина”.

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 досліду 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”.

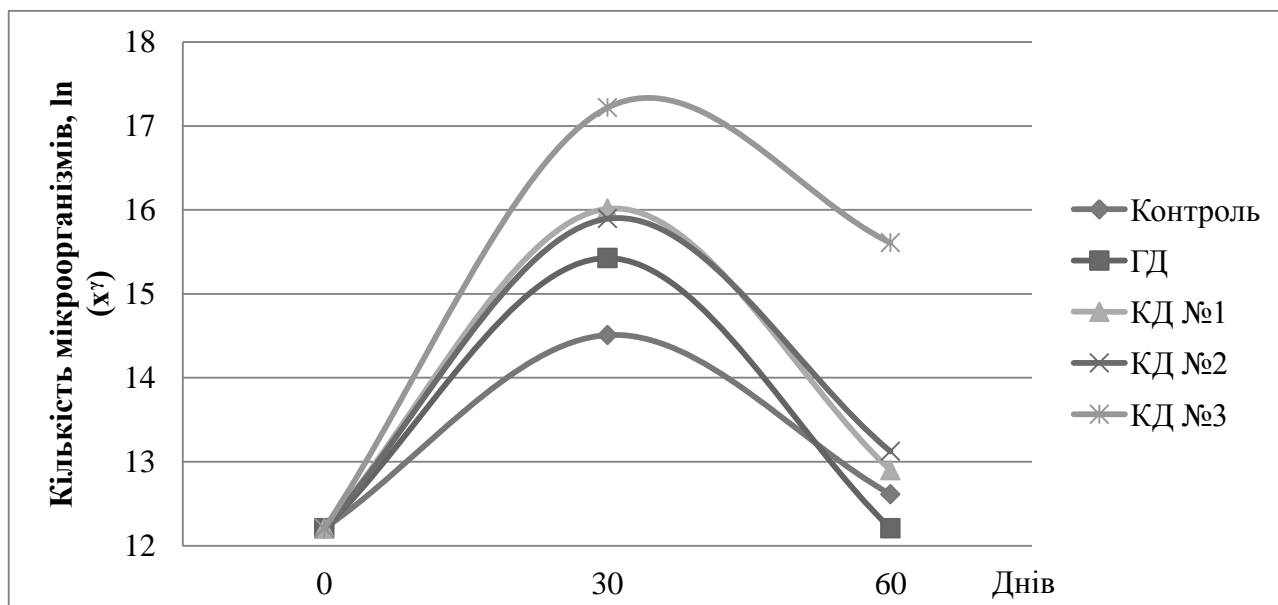


Рис. 3.13. Логарифмічна залежність зміни чисельності азотфіксуючої мікрофлори ґрунту в системі “ґрунт – добриво – рослина”.

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.

Таблиця 3.8

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.

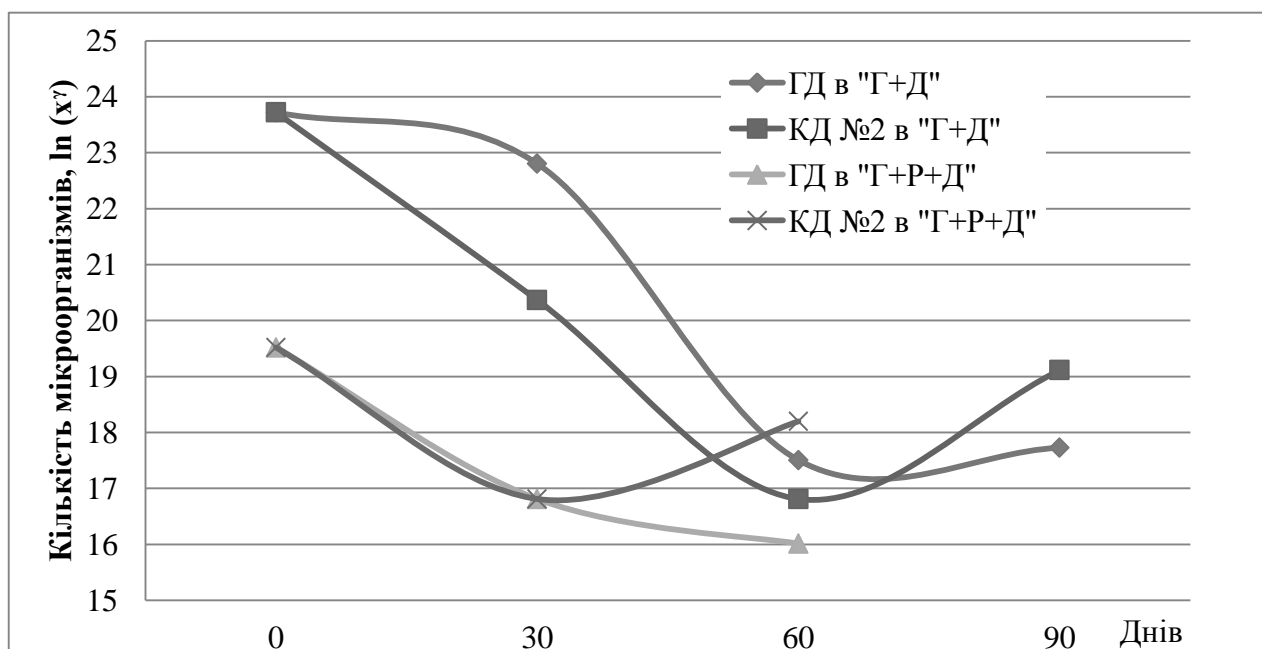


Рис. 3.14. Логарифмічна залежність зміни загальної чисельності мікрофлори ґрунту в двох системах.

Певний вплив на зміну загальної чисельності мікрофлори від застосування у варіантах капсульованого добрива №2 наведено на рис. 3.14. 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.

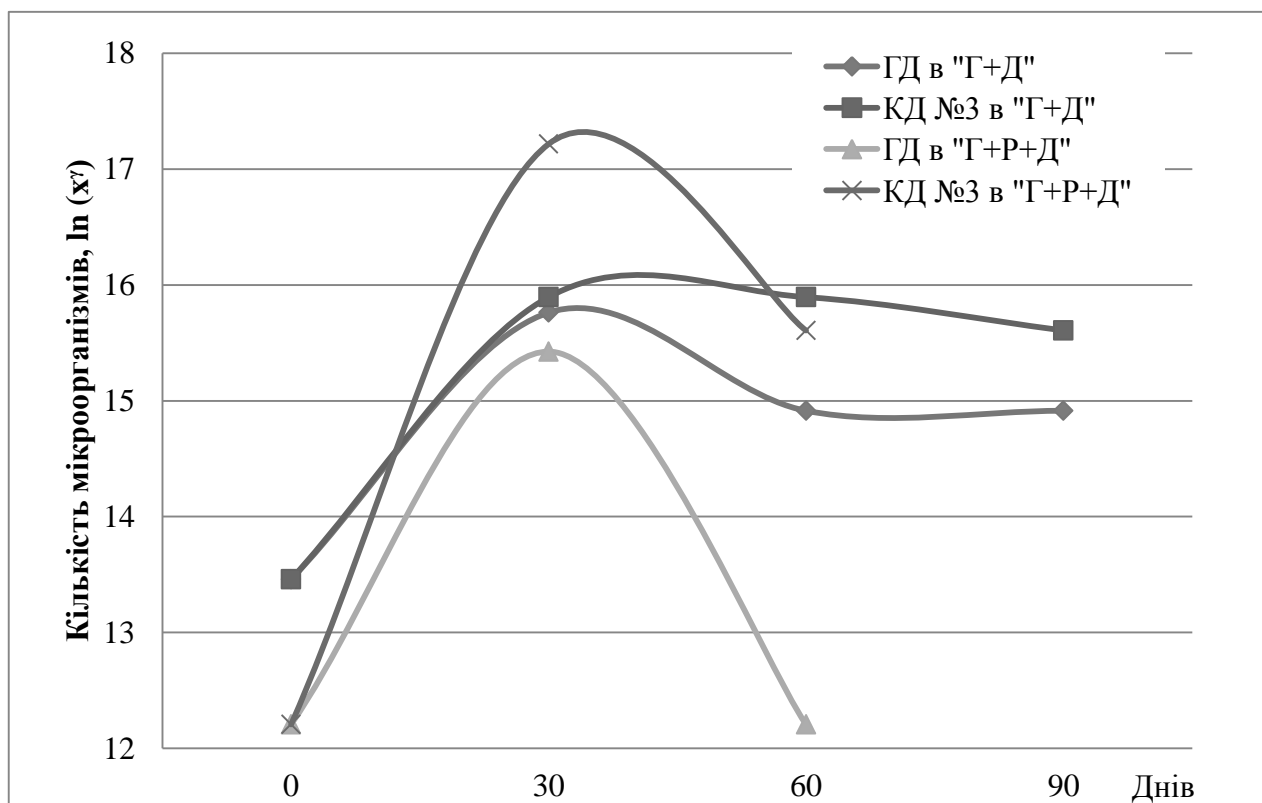


Рис. 3.15. Логарифмічна залежність зміни чисельності азотфіксуючої мікрофлори ґрунту в двох системах.

Встановлено, що у варіантах з капсульованим добривом №3 сприятливіший вплив на чисельність азотфіксуючої мікрофлори ґрунту у двох дослідних системах порівняно з простим гранульованим добривом (рис. 3.15).

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.

3.5. Аналіз впливу капсульованих мінеральних добрив на умови росту й розвитку рослин

3.5.1. Вплив капсульованих мінеральних добрив на кінетику росту 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 [226].

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. 3.16 – 3.22.

Як видно з рис. 3.16.- 3.18. 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.

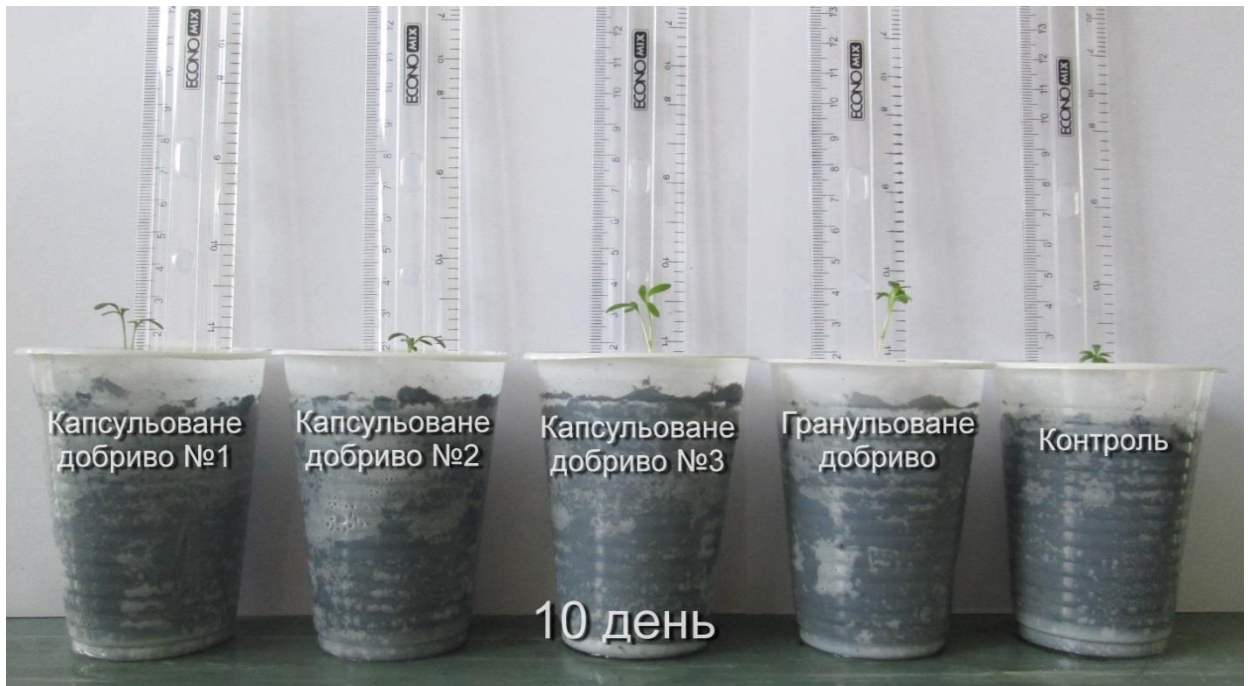


Рис. 3.16. Загальний вигляд рослин крес-салату на 10 день.

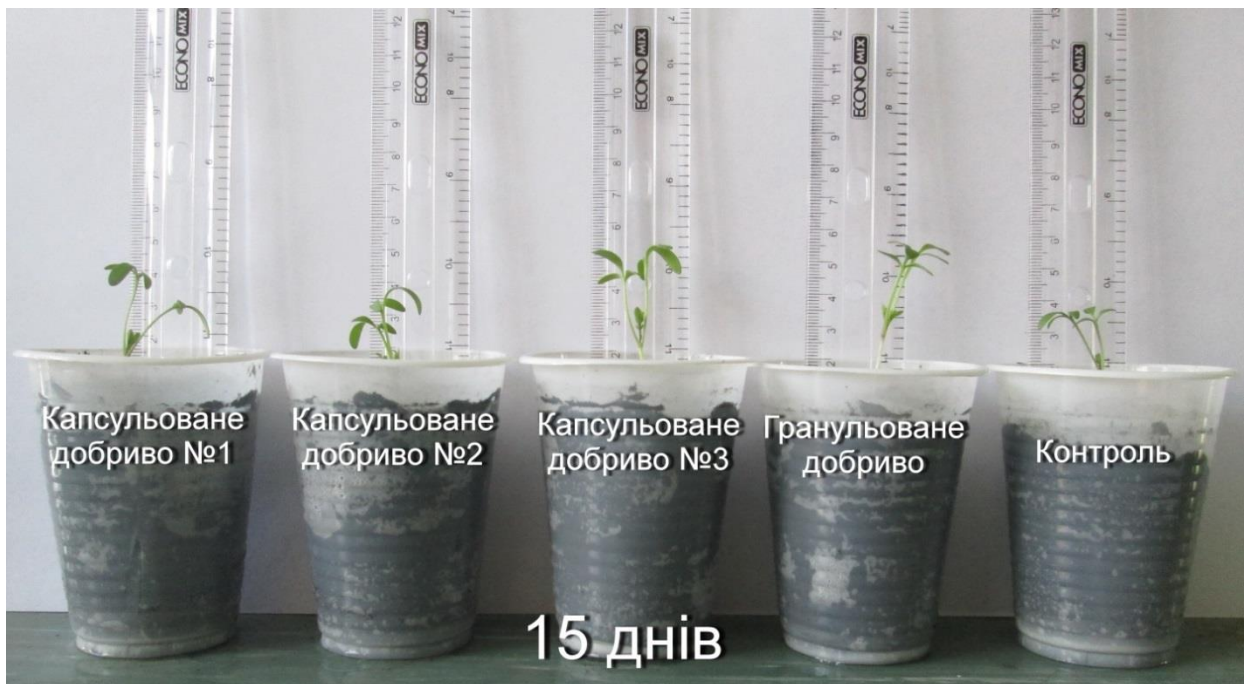


Рис. 3.17. Загальний вигляд рослин крес-салату на 15 день

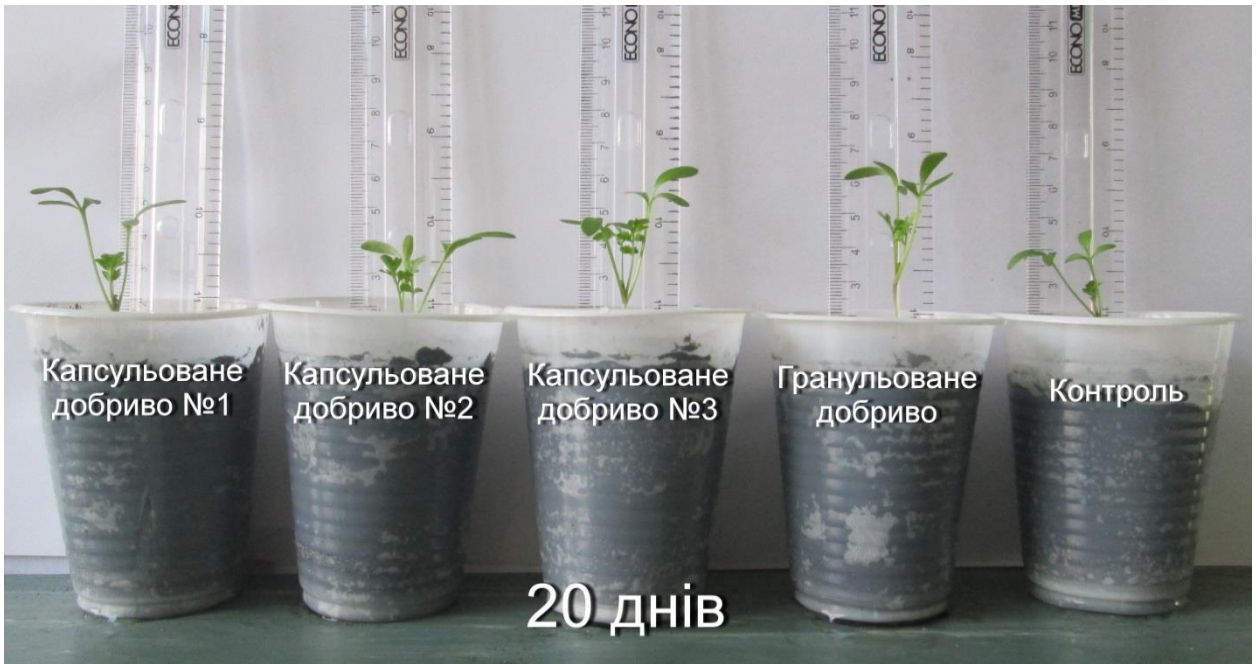


Рис. 3.18. Загальний вигляд рослин крес-салату на 20 день.

На рис. 3.19. 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.

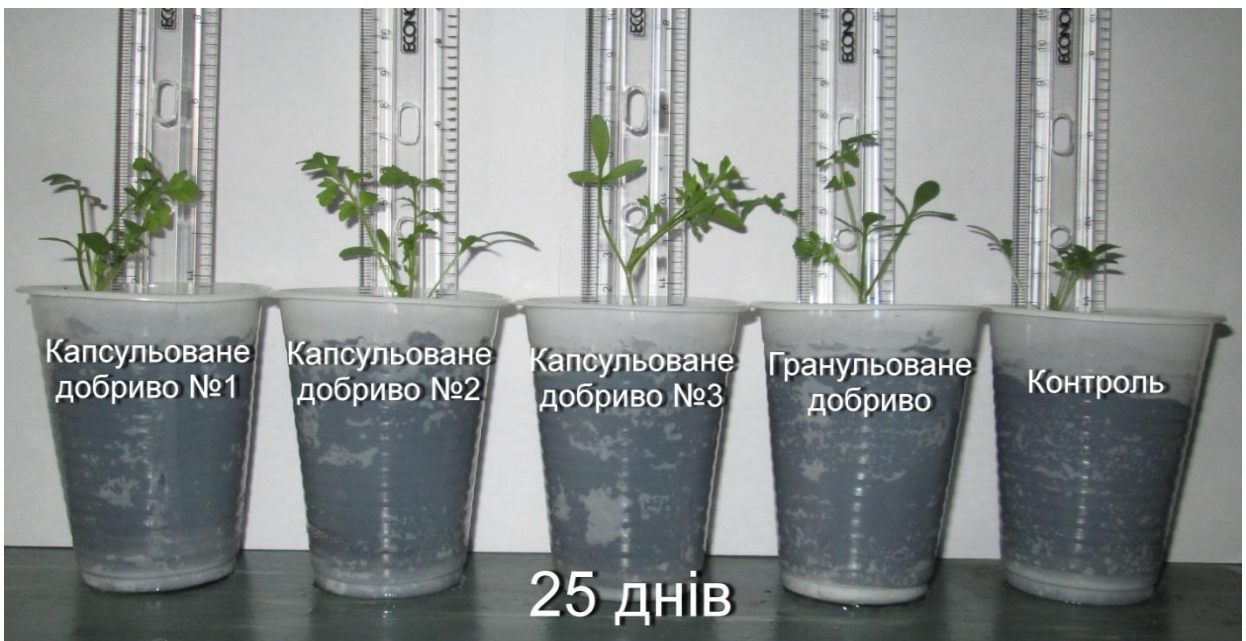


Рис. 3.19. Загальний вигляд рослин крес-салату на 25 день.

Рослини крес-салату (рис. 3.20.) на всіх зразках, крім контролю, показували приблизно однакову висоту, але на зразках з капсульованими добривами №1 і №2 рослини були стійкішими і більш розвинутими.

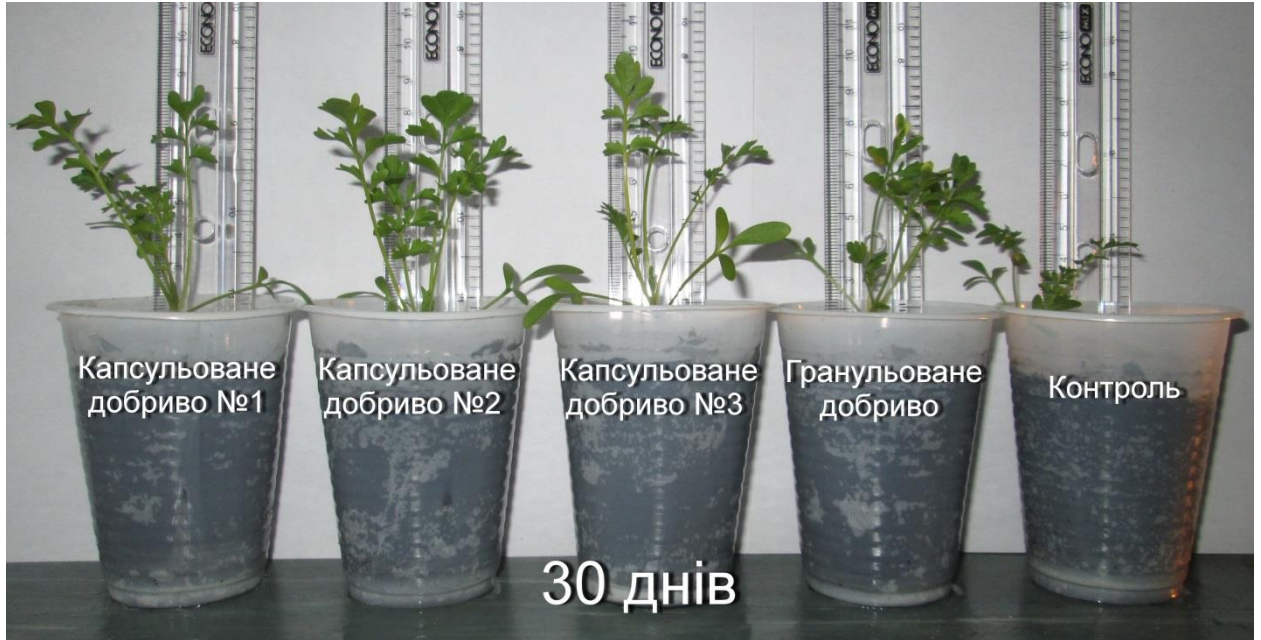


Рис. 3.20. Загальний вигляд рослин крес-салату на 30 день.



Рис. 3.21. Загальний вигляд рослин крес-салату на 35 день.



Рис. 3.22. Загальний вигляд рослин крес-салату на 45 день.

На 35 день (рис. 3.21) і 45 день (рис. 3.22) – на завершальному етапі дослідів 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. 3.23 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.

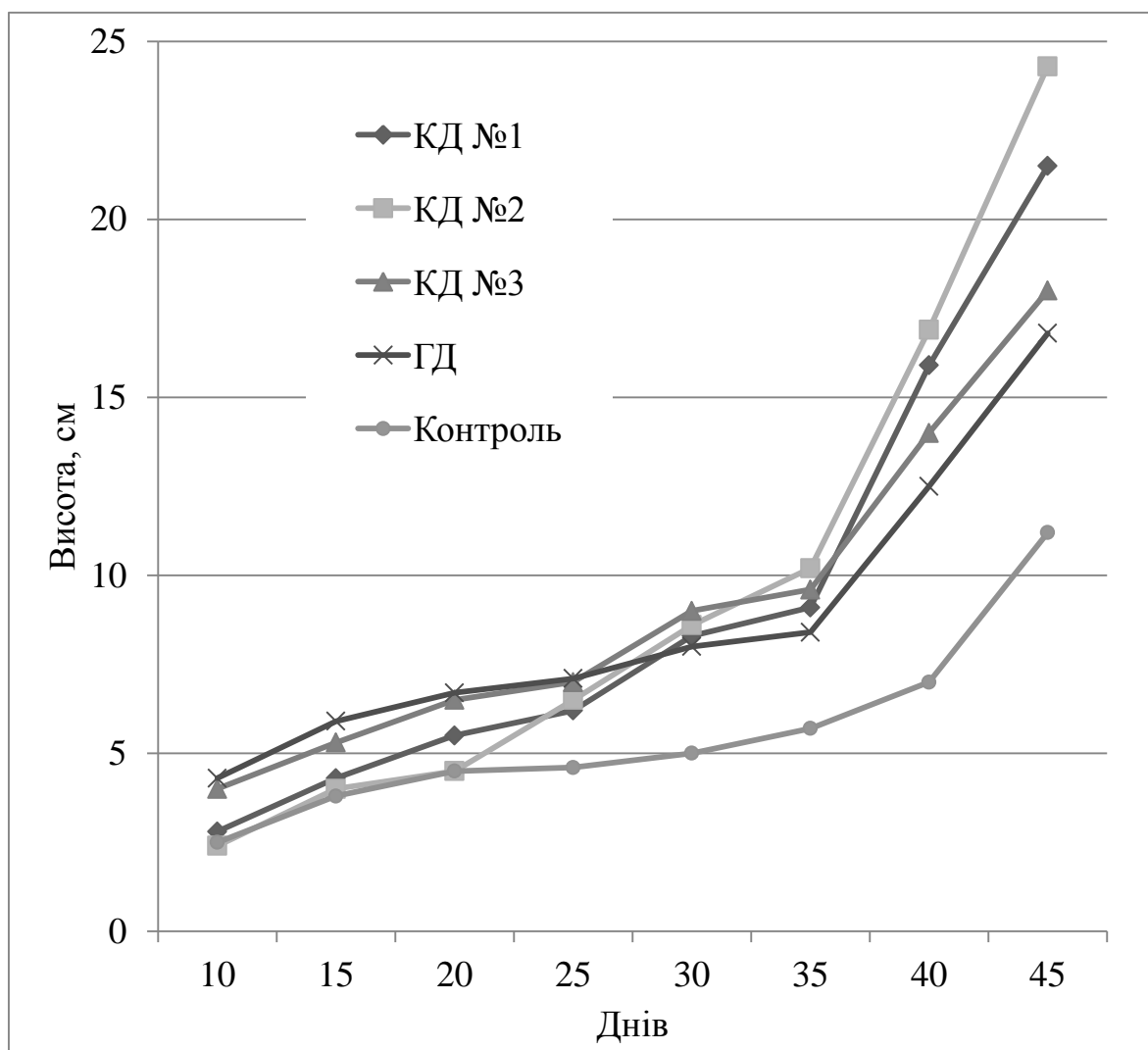


Рис. 3.23. Кінетика росту крес-салату в залежності від типу добрив, які застосовували: **◆** - капсульовані добрива №1 (КД №1); **■** - капсульовані добрива №2 (КД №2); **▲** - капсульовані добрива №3 (КД №3); **×** - гранульовані добрива; **●** - контроль (без добрив).

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.

3.5.2. Вплив капсульованих мінеральних добрив на якісні показники продукції рослинництва

Капсульовані мінеральні добрива мали певний вплив на показники якості продукції рослинництва. Серед досліджуваних культур яскраво виражений вплив у посівах сої (табл. 3.9 і рис. 3.24)

Встановлено, що вміст білку в насінні сої був найвищим у варіанті з капсульованим добривом №1 і становив 37,61 %. Дещо менший вміст білку (36,23 %) був у варіанті сої з капсульованим добривом №3.

Таблиця 3.9

Вплив добрив на якісні показники зерна сої

Варіант досліджу	Вміст білку, % на суху речовину	Вміст олії, % на суху речовину
1. Контроль (без добрив)	33,58	17,97
2. ГД	34,85	19,11
3. КД №1	37,61	21,74
4. КД №2	35,82	21,05
5. КД №3	36,23	21,33
НІР ₀₅	0,76	1,14

На варіанті сої з капсульованим добривом №2 вміст білку становив 35,82 %. На варіанті з гранульованим добривом – 34,85 %. Найменший вміст білку в сої відмічено на контролі – 33,58 %.

За вмістом олії у зерні сої в перерахунку на суху речовину високі показники отримано від використання усіх видів капсульованих добрив. Найбільший вміст олії в зерні сої одержано у варіанті з капсульованим добривом №1 – 21,74 %, дещо менше – у варіанті з капсульованим добривом №3 – 21,33 % і капсульованим добривом №2 – 21,05 %. У варіанті з

гранульованим добривом – 19,11 %, а на контролі – 17,97 %.

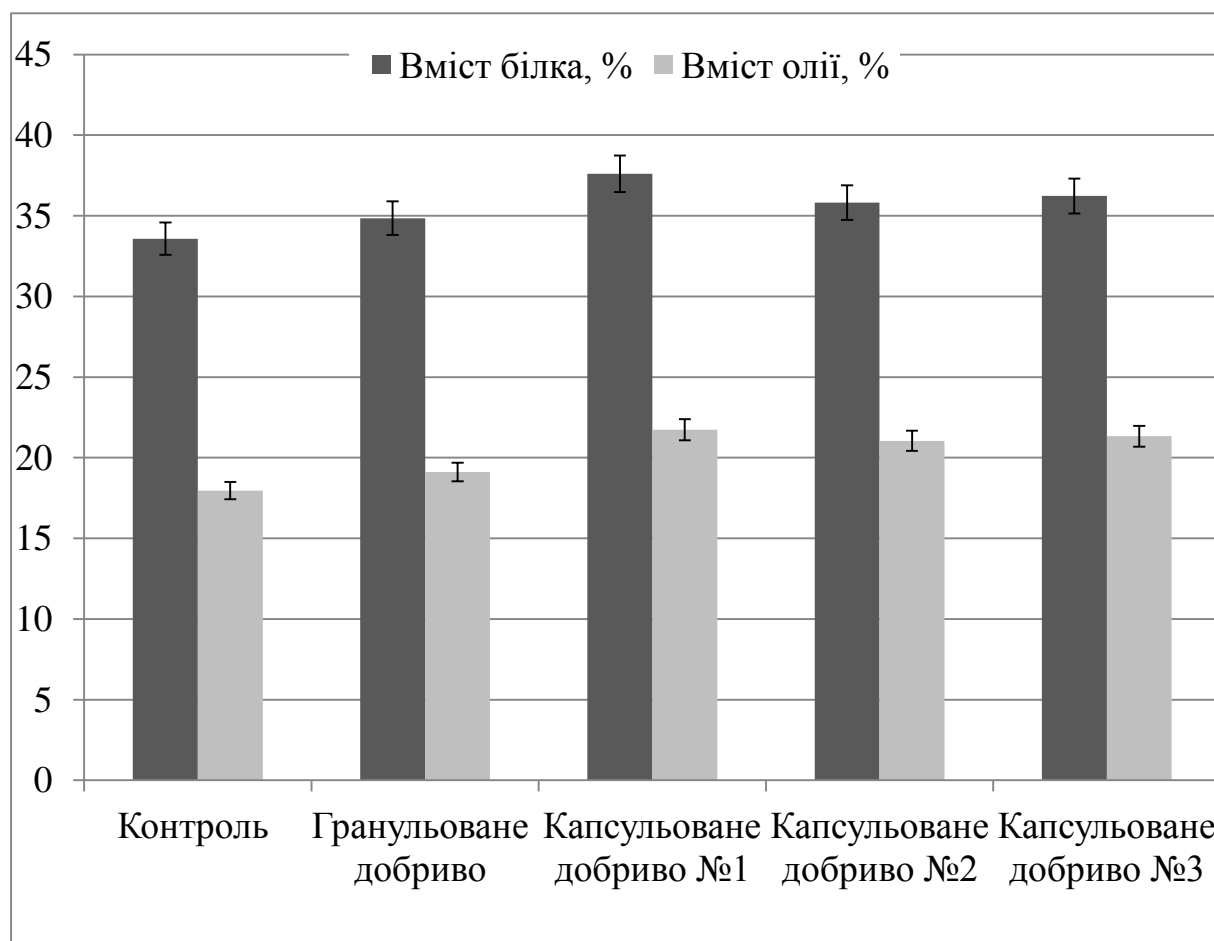


Рис. 3.24. Вплив добрив на якісні показники сої, % (2013 р.).

Картопля – сільськогосподарська культура яку в Україні вважають “другим хлібом”.

Тому надзвичайно важливо отримувати продукцію високої якості. Адже картопля добре реагує на фон мінерального живлення

Нами встановлено, що в усіх варіантах, на яких використовували капсульовані добрива, показники якості бульб були вищими, ніж у варіанті використання простого гранульованого добрива. Проте, найвищі результати одержано у варіанті з добривом, до складу капсулоутворюючої композиції якого входила більша частка полістиролу. Він, мабуть, забезпечував більшу механічну міцність оболонки і, відповідно, подовжував термін її функціонування без руйнування і тривале вивільнення поживних елементів у процесі вегетації картоплі.

Окрім того, отримані результати дослідження свідчать, що добрива мали значний вплив на кількість та фракційний склад картоплі (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Вплив добрив на фракційність картоплі

Варіант дослідю	Середня кількість бульб з 10-ти кущів, шт.			Середня вага бульб з 10-ти кущів, кг		
	усього.	товарна фракція ≥ 35 мм	дрібна фракція < 35 мм	всього.	товарна фракція ≥ 35 мм	дрібна фракція < 35 мм
1. Контроль (без добрив)	106	67	39	10,78	10,06	0,72
2. ГД	118	75	43	13,26	12,34	0,92
3. КД №1	133	83	50	14,13	13,50	0,63
4. КД №2	128	95	33	16,42	15,78	0,64
5. КД №3	126	79	47	14,00	13,18	0,82

Якщо на контролі загальна кількість бульб з 10-ти кущів становила у середньому 106 штук, то у варіанті з гранульованим добривом – 118, у варіантах 3, 4 і 5 з капсульованими добривами відповідно – 133, 128 та 126 штук. При цьому найвищою товарністю бульб картоплі була у варіанті з капсульованим добривом №2.



Рис. 3.25. Кількість бульб з одного куща картоплі: контроль (зліва), КД №2.

Таку ж закономірність встановлено нами і за середньою масою бульб картоплі з 10-ти кущів. Так, у варіанті з гранульованим добривом вона була на 2,48 кг більша, ніж на контролі, а у варіантах 3, 4 і 5 з капсульованими добривами – відповідно на 3,44, 5,72 та 3,12 кг більша. Найвищу врожайність одержано у варіанті застосування капсульованого добрива №2 (рис. 3.25).

Отже, застосування капсульованих мінеральних добрив у посівах сої, збільшує не тільки кількість продукції, але й покращує її основні якісні показники. Капсульовані мінеральні добрива на посівах картоплі збільшують врожайність і покращують товарність бульб (кількість товарної фракції картоплі розміром ≥ 35 мм збільшилась на: капсульоване добриво №1 – 23,9 %, капсульоване добриво №2 – 41,8 %, капсульоване добриво №3 – 17,9 % в порівнянні до контролю).

Висновки до розділу 3

На основі аналіз мікроструктури капсульованих частинок, отриманих у апараті з активною гідродинамікою (апарат киплячого шару), встановлено, що для всіх видів дослідних капсулоутворюючих композицій отримано капсулу із рівномірно нанесеним покриттям. Змінюючи режим капсулювання у апараті можна досягти зміну товщини оболонки капсули, чим досягається різний термін пролонгаційної дії добрива.

Дослідженнями зміни кислотності ґрунту, у двох системах “ґрунт – добриво” і “ґрунт – добриво – рослина” встановлено, що на початкових етапах дослідження всі види капсульованих добрив мають слабший вплив на зміну кислотності ґрунту порівняно з гранульованими, а, отже, не так агресивно впливають на мікрофлору ґрунту і рослинний покрив, а з прином часу цей вплив нівелюється.

Дослідженнями з вивільнення основних елементів живлення з добрив встановлено, у варіантах з капсульованими добривами на 60 - ту добу досліді вивільнилося: P_2O_5 – на 10 - 24 мг/кг ґрунту більше; K_2O – на 3 - 13 мг/кг

грунту більше; NO_2 – на 8 - 31 мг/кг ґрунту більше, ніж в гранульованому добриві. Це пояснюється тим, що на початкових етапах гранульоване добриво швидше розчинилося і вивільнило велику кількість поживних елементів, які не змогли повною мірою засвоїтися рослинами і надмірна їх кількість вивелася системою поливу за межі кореневої системи рослин. У капсульованих добривах процес вивільнення тривав повільніше, що забезпечило ефективніше засвоєння елементів живлення, з меншим негативним впливом на довкілля.

Аналіз деструкції оболонки капсули в ґрунтовому середовищі показав, що вона не має негативного впливу на структуру та якісні показники ґрунтів.

Дослідженнями впливу добрив на мікробіологічну активність ґрунту встановлено, що підвищена норма внесення капсульованих мінеральних добрив, яка становила у перерахунку 1000 кг/га, не завдала шкоди загальній і азотфіксуючій мікрофлорі ґрунту та позитивно вплинула на кількість мікроорганізмів в окремих варіантах. Найбільший вплив на зміну загальної чисельності мікрофлори ґрунту у двох системах дослідження виявлено у варіанті з капсульованим добривом №2. Оптимальні умови для ефективного розвитку азотфіксуючої мікрофлори ґрунту у двох системах дослідження забезпечував варіант з капсульованим добривом №3.

На основі агрохімічних лабораторних досліджень встановлено, що усі види капсульованих добрив мали вищу ефективність впливу на рослини, ніж звичайне гранульоване, що, очевидно, пов'язано із значним вимиванням гранульованого добрива із зони живлення рослин, яке спричиняє нестачу поживних речовин у субстраті. Тому у випадку застосування гранульованого добрива спостерігається скачок в рості рослини та її видовження (на 10 день дослідження висота рослин на 72 % вища порівняно з контролем) на початковому етапі, а надалі – ріст рослин відстає від рослин, підживлених капсульованими добривами (рослини з капсульованим добривом №2 на 45 % вищі порівняно з гранульованим добривом). В той же час капсульовані добрива пролонговано вивільняли елементи живлення, що дало змогу в

більшою мірою засвоїти їх рослинам, які у цьому випадку рівномірно розвивалися продовж усього періоду вегетації.

Встановлено, що якісні показники зерна сої в варіантах використання капсульованих добрив у порівнянні з гранульованим (вміст білка вищий на 35 – 38 %, вміст олії вищий на 21 – 21,7 %). Найвищий результати одержано у варіанті з добривом, до склад капсулоутворюючої композиції якого входила більша частка полістиролу, який, мабуть, забезпечував більшу механічну міцність оболонки і, відповідно, подовжував термін її функціонування без руйнування і тривале вивільнення поживних елементів у процесі вегетації сої.

Експериментальні та теоретичні результати, які наведені в цьому розділі детально висвітлені в публікаціях [204 – 213].

РОЗДІЛ 4

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КАПСУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ В ЕКОСИСТЕМАХ ПОЛЬОВИХ І ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР

4.1. Оцінка ефективності застосування капсульованих мінеральних добрив для досліджених культур

Для оцінки ефективності дії добрив використано коефіцієнт ефективності використання добрив, який розраховано за формулою 4.1 [33].

$$k_{ef} = \frac{UP - UP_0}{G_{d.p.}}, \quad (4.1)$$

де K_{ef} – коефіцієнт ефективності використання добрива, тонн урожаю/тонн діючої речовини;

UP_0 – врожайність у базовому варіанті (контроль, без застосування добрив), т/га;

UP – урожайність за певної застосованої агротехнології, т/га;

$G_{d.p.}$ – кількість внесеної діючої речовини добрива, т.

Іншими словами, коефіцієнт ефективності використання добрив характеризує кількість діючої речовини добрива, витраченої на одиницю збільшення врожаю. Коефіцієнт ефективності свідчить про ефективність застосованої агротехнології.

Результати підрахунку коефіцієнту ефективності використання добрива наведено в табл. 4.1.

Відповідно до зроблених нами розрахунків (табл. 4.1), коефіцієнт ефективності використання добрив (K_{ef}) у полі картоплі для гранульованого добрива складав 33,43, що в 1,5 рази менше ніж у варіанті використання КД №1, у 2,6 рази менше, ніж з КД №2 і у 1,4 рази менше, ніж з КД №3.

Для ярого ячменю K_{ef} для гранульованого добрива становив 1,96, що в 2,7 рази менше, ніж у варіанті використання КД №1, у 4,5 рази менше, ніж з

КД №2 і у 1,7 рази менше, ніж з КД №3.

Таблиця 4.1

Коефіцієнт ефективності використання різних видів добрив

№	Культури	K_{ef} , т урожаю/т діючої речовини			
		ГД	КД №1	КД №2	КД №3
1	Картопля	33,43	50,16	84,47	48,23
2	Ячмінь ярий	1,96	5,44	8,71	3,27
3	Соя	1,70	10,26	9,72	7,22
4	Кукурудза	6,39	8,93	10,23	18,12
5	Морква	47,38	68,84	87,72	63,76
6	Буряки столові	23,85	50,83	61,36	57,01

Для сої K_{ef} для гранульованого добрива становив 1,7, що в 6 рази менше, ніж у варіанті використання КД №1, у 5,7 рази менше, ніж з КД №2 і у 4,2 разів менше, ніж з КД №3.

Для кукурудзи K_{ef} для гранульованого добрива становив 6,39, що в 1,4 рази менше, ніж у варіанті використання КД №1, у 1,6 рази менше, ніж з КД №2 і у 2,8 рази менше, ніж з КД №3.

Для моркви K_{ef} для гранульованого добрива становив 47,38, що у 1,5 рази менше, ніж у варіанті використання КД №1, в 1,9 рази менше, ніж з КД №2 і у 1,4 рази менше, ніж з КД №3.

Для буряків столових K_{ef} для гранульованого добрива становив 23,85, що у 2,1 рази менше ніж у варіанті використання КД №1, у 2,6 рази менше ніж з КД №2 і у 2,4 рази менше ніж з КД №3.

Отже, для дослідних культур коефіцієнт ефективності використання добрива для капсульованих добрив значно перевищує (а в деяких випадках більше, ніж у 4 рази) цей же показник для гранульованих добрив, оскільки за меншої кількості внесеної діючої речовини врожайність зростає. Це свідчить про високу господарську ефективність використання капсульованих видів добрив в агротехнологіях вирощування сільськогосподарських культур.

З цією метою найефективніше застосовувати КД №1 на посівах сої; КД №2 у посівах картоплі, у посівах ячменю ярого і буряків столових; КД №3 у посівах кукурудзи.

4.2. Вплив капсульованих мінеральних добрив на агроекосистему картоплі

Картопля – важлива продовольча, технічна і кормова культура. Вона має важливе значення у раціоні харчування всіх груп населення. Недарма її в народі називають “другим хлібом”. Бульби картоплі широко використовують у різноманітних галузях промисловості для виробництва крохмалю, спирту, молочної кислоти, ацетону. Використовують картоплю і для годівлі худоби.

Полеві дослідження проводили згідно методик [202] на дослідних полях Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН.

Ґрунт – темно-сірий опідзолений глеюватий легкосуглинковий. Вміст гумусу – 2,9, рН = 5,8.

Попередник – озима пшениця.

Для дослідження використано сорт Щедрик – ранній столовий сорт картоплі, який отримали в результаті схрещування багатовидового гібрида 85.291с12 із сортом Багряна. Період вегетації (від садіння до відмирання бадилля) становить 103 дні. Бульби сорту округлі, жовті, з білим м'якушем, квітки білі. Маса товарної бульби 100 - 110 г. Сорт також придатний для переробки на картоплепродукти. Смакові і якісні показники добрі – 4,1 бали. Характерною особливістю сорту Щедрик є висока посухостійкість.

Дослід включав п'ять варіантів:

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

5. капсульоване добриво №3 (10 % капсула, склад: лігнін-цеоліт).

Норма внесення кожного виду добрива – 0,8 т/га.

Облікова площа кожної ділянки – 25 м². Повторення – трикразове.

Густота насаджень – 50 тис кущів на 1 га.

Період вегетації картоплі тривав з 30.04.2013 по 21.08.2013 р.

Для оцінки впливу внесення надлишкової кількості добрив у агроєкосистему картоплі доцільно виконати аналіз динаміки рухомості елементів живлення, можливі міграції за межі екосистеми (в гідросферу та атмосферу), вміст нітратів у продукції. Динаміка рухливості елементів живлення та особливості їх вивільнення в системах “грунт – добриво” та “грунт – добриво – рослина” детально описані у розділі 3.3.2, зроблено узагальнення щодо особливостей динаміки рухливості елементів живлення у цих системах. Тому, на нашу думку, досліджувати ці характеристики для агроєкосистем із окремими культурами (картопля, ячмінь ярий, соя, кукурудза, морква, буряки столові) недоцільно.

Встановлено, що вміст нітратів у бульбах картоплі змінювався залежно від виду застосовуваного добрива (табл. 4.2). Вміст нітратів суттєво не змінювався у випадку застосування різних видів добрив, що по всій ймовірності пов'язано із незначною відмінністю в кількості засвоєних картоплею елементах живлення (рис. 4.1).

Таблиця 4.2

Середній уміст нітратів у бульбах картоплі (2013 р.)

Вид добрива	ГДК	Контроль	ГД	КД №1	КД №2	КД №3
Вміст нітратів, мг/кг	250	41,2	43,8	42,8	43,1	43,7

Нами здійснено аналіз балансу розподілу гранульованих та капсульованих мінеральних добрив в агроєкосистемі картоплі за методикою, описаною у розділі 3.2, дані розрахунків наведені на рис. 4.1.

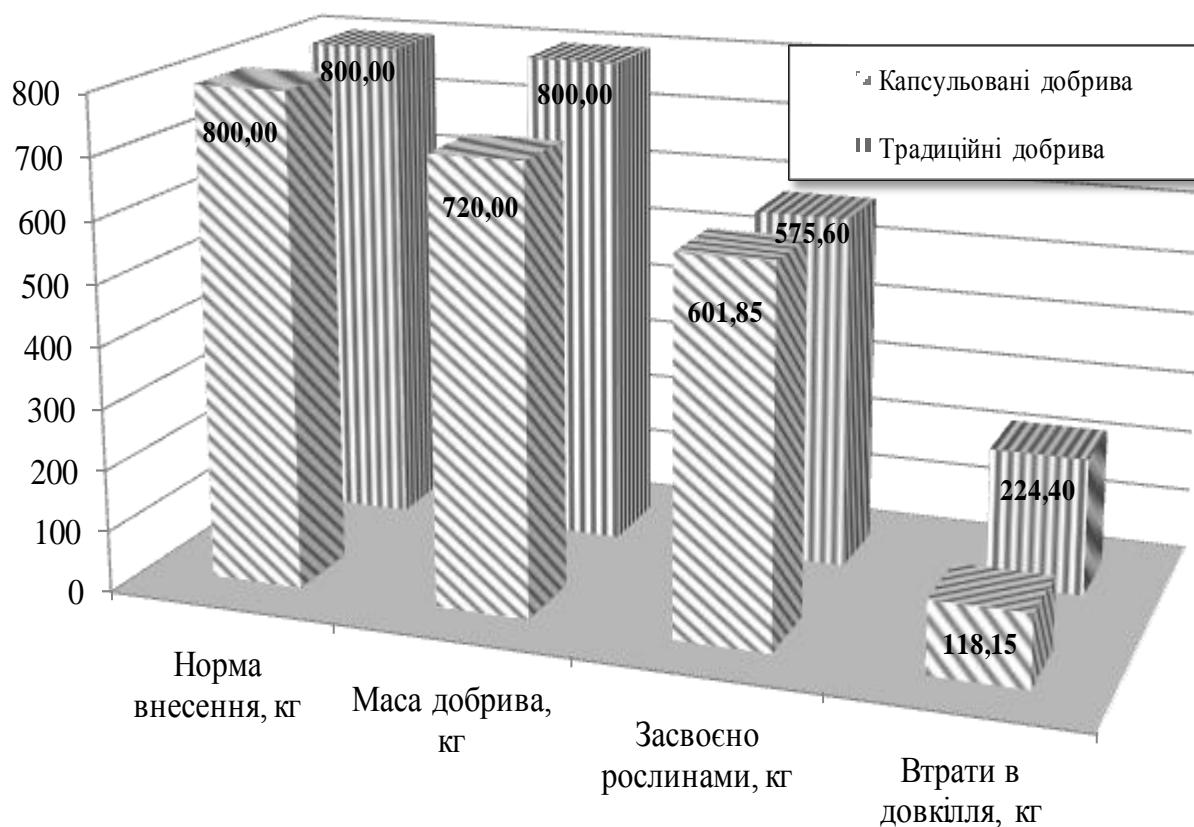


Рис.4.1. Баланс використання мінеральних добрив (гектарна норма) в агроекосистемі картоплі.

Як видно із рис.4.3, засвоєння добрив рослинами у варіанті застосування капсульованих добрив в агроекосистемі картоплі збільшується на 4,4 % (за рахунок їх пролонгованого вивільнення із оболонки), що зменшує ризик "голодування" рослин в період активного вимивання добрив ґрунтовими та поверхневими водами. Одночасно втрати в гідросферу та атмосферу у варіанті застосування капсульованих добрив зменшуються на 106,3 кг/га, або на 47,4 % менше, ніж зо використання звичайних мінеральних добрив.

На основі аналізу отриманих нами результатів впливу добрив на розвиток та урожайність картоплі в агроекосистемі встановлено, що врожайність картоплі у варіантах з капсульованими добривами була різною (табл. 4.3, рис. 4.2).

Приріст врожаю у варіанті застосування гранульованих добрив складав у середньому 13,64 т/га, тоді як і варіантах з капсульованим добривом у середньому 17,71 – 31,02 т/га. Особливо слід відмітити результати на варіанті

з капсульованим добривом №2, на якому приріст врожаю порівняно до контролю становив 31,02 т/га (34 %).

Таблиця 4.3

Вплив добрив на врожайність картоплі (2013 р.)

Варіант досліджу	Урожайність, т/га	Приріст врожаю	
		т/га	%
1. Контроль (без добрив)	59,29	–	–
2. ГД	72,93	13,64	18
3. КД №1	77,71	18,42	24
4. КД №2	90,31	31,02	34
5. КД №3	77,00	17,71	23
НІР ₀₅	1,35		

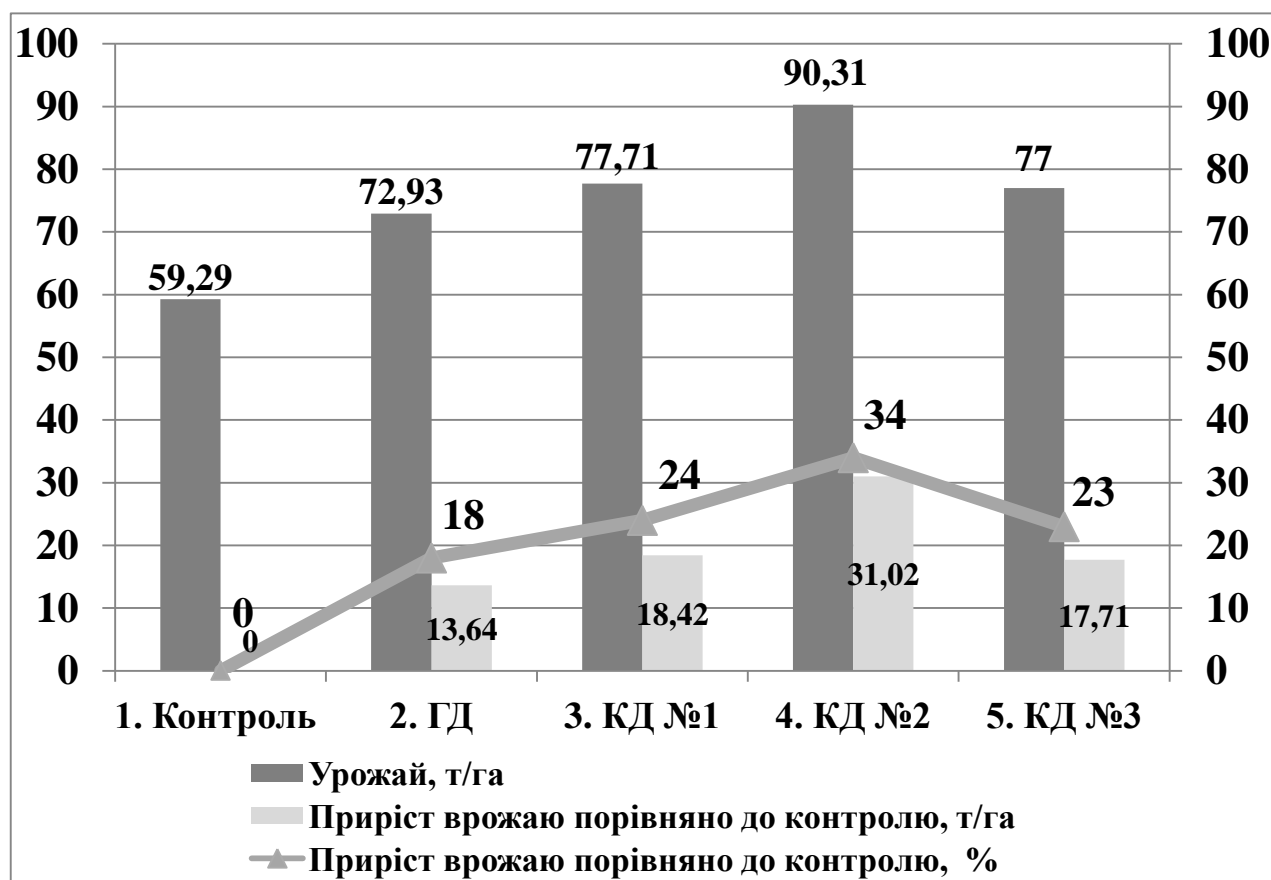


Рис. 4.2. Вплив добрив на врожайність картоплі.

Встановлено, що усі види капсульованих добрив забезпечують вищі результати завдяки рівномірному вивільненню елементів живлення. Оскільки кількість опадів на початку вегетаційного періоду була надмірною (рис. 2.6), це могло спричинити значне вимивання гранульованих добрив. Значне зменшення опадів у липні-серпні в поєднанні з нестачею елементів живлення спричиняло пригнічення росту і розвитку рослин картоплі на цьому варіанті.

Таким чином, за відповідних метеорологічних умов вегетаційного періоду 2013 року картопля сорту Щедрик найоптимальніше середовище для забезпечення елементами живлення мало капсульоване добриво №2, до складу оболонки якого, крім полістиролу, входив лігнін і природний сорбент.

4.3. Вплив капсульованих мінеральних добрив на агроecosистему ячменю ярого

Ячмінь ярий належить до найбільш поширених сільськогосподарських культур у світовому землеробстві, який вирощують ще з доісторичних часів. У світовій структурі посівних площ ячмінь займає четверте місце після пшениці, рису та кукурудзи, а в Україні за цим показником він поступається лише пшениці озимій. Такий значний ареал поширення ячменю пов'язаний з його універсальним використанням.

Зерно ячменю ярого є основною сировиною для солодової промисловості (пиво, віскі). Він є однією з основних зернофуражних культур, оскільки має більш збалансований амінокислотний склад порівняно з іншими злаками та придатний для годівлі майже усіх сільськогосподарських тварин [64].

Польові дослідження нами виконані за загальноприйнятими методиками [202] на дослідних полях Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, 2013 р.

Ґрунт – темно-сірий опідзолений глеюватий легкосуглинковий. Вміст гумусу – 2,9, рН = 5,8.

Попередник – картопля.

Дослідження виконано за такою схемою розміщення варіантів:

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

Норма внесення кожного виду добрив – 0,2 т/га.

Облікова площа кожної ділянки – 25 м². Повторність – трикратна.

У дослідженні використано пристосований для умов Західного Лісостепу сорт ячменю ярого Святогор. (рис.4.3).



Рис. 4.3. Посіви ячменю ярого у досліді із застосуванням різних видів добрив.

Норма висіву – 4,5 млн. шт./га. Технологія вирощування – загальноприйнята для умов зони, в якій проводили дослідження. Продовж вегетації виконували фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин культури. Облік врожаю ячменю ярого здійснено у варіантах поділянково.

Веgetаційний період культури тривав з 27 квітня 2013 по 30 липня 2013 року (94 дня).

Застосування різних видів мінеральних добрив мало вплив на тривалість фенофаз ячменю ярого (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Вплив різних видів добрив та тривалість фенофаз ячменю ярого (2013 р.)

Фенологічна фаза	Варіант дослідю				
	Контроль	ГД	КД №1	КД №2	КД №3
Сівба	27.04	27.04	27.04	27.04	27.04
Початок сходів	03.05	02.05	03.05	03.05	02.05
Повні сходи	06.05	05.05	06.05	06.05	05.05
Кущіння	19.05	18.05	19.05	19.05	18.05
Вихід у трубку	31.05	29.05	30.05	29.05	30.05
Початок колосіння	12.06	12.06	12.06	13.06	13.06
Повне колосіння	15.06	15.06	16.06	17.06	16.06
Молочна стиглість	28.06	29.06	01.07	02.06	30.06
Воскова стиглість	15.07	17.07	20.07	21.07	18.07
Повна стиглість	24.07	24.07	29.07	29.07	25.07
Збирання врожаю	30.07	30.07	30.07	30.07	30.07

Усі варіанти за настанням фенофаз можна поділити на дві групи:

- перша (ГД, КД №1) на початкових фазах (сходи, кущіння) фази тривалість була меншою порівняно до контролю і другої групи варіантів. Це пояснюється тим, що дані види добрив швидше розчиняються в ґрунтовому середовищі і виділяють поживні елементи, які забезпечують

швидший розвиток рослин. У наступні фази розвитку рослин ячменю ярого, починаючи від колосіння, у даних варіантах основна кількість добрив була вже розчинена, тому час настання і тривалість фенологічних фаз не дуже відрізнялися від показників на контролі;

- друга (КД №2, КД №3) – початкові фази (сходи, кущіння) тривали довше порівняно з першою групою, що пов'язано з повільнішим вивільненням елементів живлення. Починаючи від колосіння, фази розвитку наступали пізніше і тривали довше через повільне вивільнення елементів живлення з добрив, які оптимально забезпечували розвиток рослин.

Нами проводився аналіз балансу розподілу гранульованих та капсульованих мінеральних добрив в агроєкосистемі ярого ячменю із використанням методики, описаної в розділі 3.2. Дані розрахунків наведені на рис. 4.4.

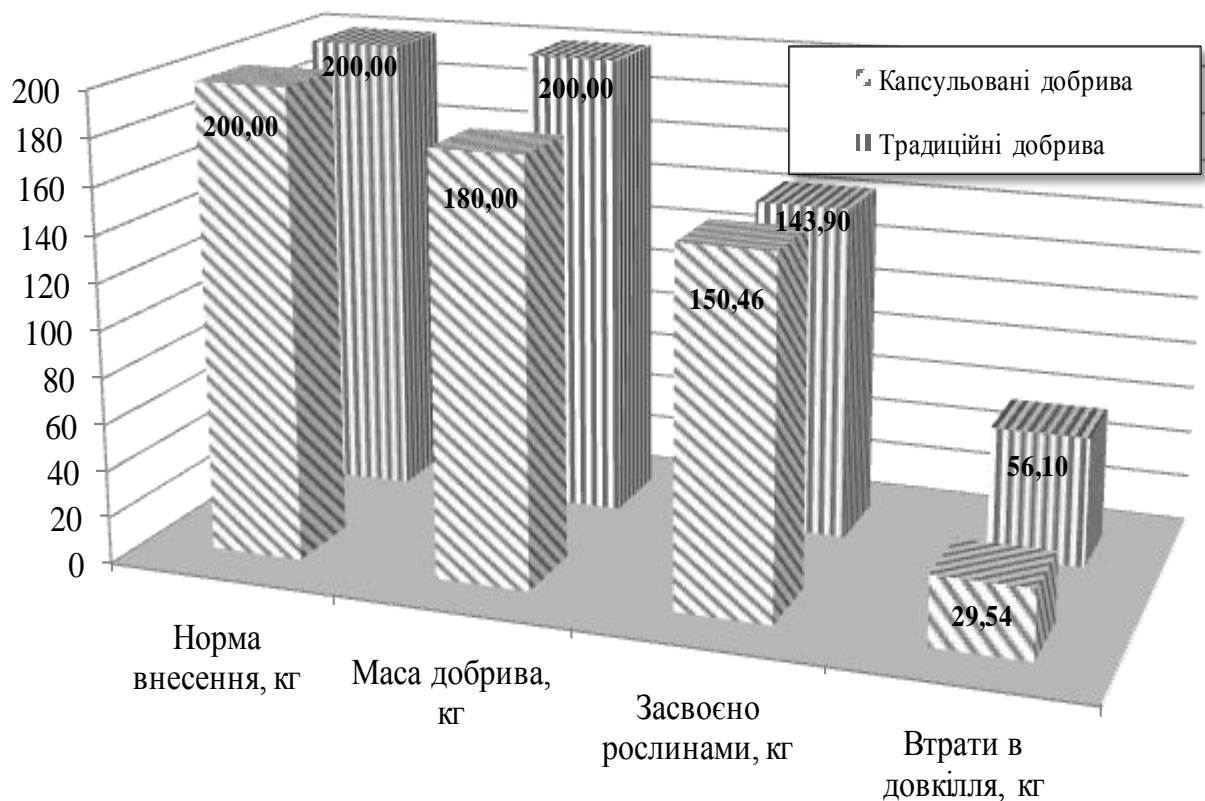


Рис. 4.4. Баланс добрив (гектарна норма) в агроєкосистемі ячменю ярого.

Для оцінки впливу внесення надлишкової кількості добрив у агроєкосистему ячменю ярого доцільно провести аналіз динаміки рухомості

елементів живлення, можливі втрати за межі екосистеми (в гідросферу та атмосферу). Динаміка рухливості елементів живлення та особливості їх вивільнення в системах “грунт – добриво” та “грунт – добриво – рослина” детально досліджені в розділі 3.3.2, на основі аналізу даних досліджень зроблені узагальнення щодо особливостей динаміки рухливості елементів живлення в цих системах. Тому на нашу думку досліджувати ці характеристики для агроекосистем із окремими культурами (картопля, ярий ячмінь, соя, кукурудза, морква, столовий буряк) недоцільно.

Як видно із рис. 4.4, засвоєння рослинами у випадку застосування капсульованих добрив в агроекосистемі ярого ячменю збільшується на 4,4 % (за рахунок їх пролонгованого вивільнення із оболонки), що зменшує ризик "голодування" рослин в період активного вимивання добрив ґрунтовими та поверхневими водами.

Втрати в гідросферу та атмосферу у випадку застосування капсульованих добрив зменшуються на 26,6 кг/га (47,4 %) менше ніж при використанні звичайних добрив.

В табл. 4.5 представлені результати впливу добрив на врожайність ячменю ярого.

Таблиця 4.5

Вплив мінеральних добрив на врожайність ячменю ярого

Варіант досліджу	Врожайність, т/га	Приріст урожаю		Маса 1000 насінин, г
		т/га	%	
1. Контроль (без добрив)	2,7	–	–	42,2
2. ГД	2,9	0,2	7,4	42,7
3. КД №1	3,2	0,5	18,5	45,2
4. КД №2	3,5	0,8	29,6	45,6
5. КД №3	3,0	0,3	11,1	43,5
НІР ₀₅	0,09			0,4

За погодних умов 2013 р. в усіх варіантах використання капсульованих добрив склалися сприятливі умови, ніж за внесення простого гранульованого добрива. Приріст врожаю ячменю ярого, становив: у варіанті з капсульованим добривом №1 – 0,5 т/га (18,5 %), з капсульованим добривом №2 – 0,8 т/га (29,6 %) і з капсульованим добривом №3 – 0,3 т/га (11,1 %) порівняно до контролю. Найвищі результати одержали у варіанті з капсульованим добривом №2, до складу капсулоутворюючої композиції якого входив, крім лігніну та природного сорбенту, і полістирол, який, мабуть, забезпечував більшу механічну міцність оболонки і, відповідно, подовжував термін її функціонування без руйнування. У цьому ж варіанті отримано і найвищу масу 1000 насінин – 45,6 г.

Отже, за даних погодних умов для оптимального розвитку ячменю ярого сорту Святогор доцільно використовувати капсульоване добриво №2, яке дозволяє збільшити врожайність культури на 20 %.

4.4. Вплив капсульованих мінеральних добрив на агроєкосистему сої

Соя за валовими зборами зерна та посівними площами є головною зернобобовою культурою світу. Загальна площа її вирощування понад 50 млн. га і більше, ніж в 40 країнах. Таке велике поширення сої пояснюється універсальністю її використання як важливої продовольчої, технічної та кормової культури. Зумовлено це винятково сприятливим поєднанням у насінні органічних та мінеральних речовин.

Висока цінність сої визначається, насамперед, великим вмістом повноцінного білку, який за амінокислотним складом наближається до білків тваринного походження і добре засвоюється людиною та тваринами [102].

Тому важливо знати як впливають різні види капсульованих мінеральних добрив на продуктивність сої сорту Іванка та якість зерна.

Польові дослідження виконували за загальноприйнятою методикою

[202] на дослідних полях Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, 2013 року.

Ґрунт – темно-сірий опідзолений глеюватий легкосуглинковий. Вміст гумусу – 2,9, рН = 5,8. Попередник – картопля. Норма висіву – 600 тис шт./га.

Догляд за посівами – загальноприйнятий для Західного Лісостепу України. Продовж вегетації виконували фенологічні спостереження за ростом й розвитком рослин сої. Облік урожаю сої у варіантах здійснювали поділянково.

Веgetаційний період культури тривав з 14 травня по 01 жовтня 2013 року, що становило 140 днів.

Дослід включав п'ять варіантів:

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

Норма внесення кожного виду добрив – 0,2 т/га.

Площа облікової ділянки – 25 м². Повторення – триразове.

Результати впливу різних видів добрив на настання і тривалість фенологічних фаз розвитку сої наведено у таблиці 4.6.

Встановлено, що добрива по різному впливали на час настання і тривалість фенофаз. Висівали культуру за недостатньої кількості вологи, але починаючи з 3-ї декади травня до 2-ї декади червня випало більше двохмісячної норми опадів. Це дало стрімкий старт для розвитку культури, особливо у тих варіантах, де добрива вивільнили основну кількість поживних елементів – з гранульованим добривом і КД №3. у цих варіантах порівняно з іншими, повні сходи з'явилися на 1-2 дні раніше.

Таблиця 4.6

Вплив різних видів добрив та тривалість фенофаз сої

Фенологічна фаза	Варіант досліджу				
	Контроль (без добрив)	ГД	КД №1	КД №2	КД №3
Сівба	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05
Початок сходів	26.05	25.05	26.05	25.05	25.05
Повні сходи	01.06	30.05	01.05	31.05	30.05
Початок бутонізації	26.06	27.06	29.06	29.06	28.06
Кінець бутонізації	30.06	01.07	03.07	02.07	02.07
Цвітіння	02.07	04.07	07.07	06.07	05.07
Утворення бобів	14.07	16.07	19.07	19.07	16.07
Кінець утворення бобів	21.08	21.08	25.08	25.08	22.08
Дозрівання	26.09	28.09	30.09	30.09	29.09
Збирання врожаю	01.10	01.10	01.10	01.10	01.10

У наступних фазах розвитку сої кількість опадів була незначною, тому постійне підживлення капсульованими добривами у варіантах з КД №1 і КД №2 значно подовжило період вегетації, особливо у фазу бутонізації та утворення бобів. А продовження розвитку цих основних “критичних” для сої фенологічних фаз сприяло кращому розвитку рослин і, відповідно, отриманню більшого врожаю.

Для оцінки впливу внесення надлишкової кількості добрив у агроєкосистему сої зроблено аналіз динаміки рухомості елементів живлення, можливі втрати за межі екосистеми (в гідросферу та атмосферу). Динаміку рухливості елементів живлення та особливості їх вивільнення в системах “ґрунт – добриво” та “ґрунт – добриво – рослина” наведено у розділі 3.3.2. Тому на нашу думку досліджувати ці характеристики для агроєкосистем із окремими культурами (картопля, ярий ячмінь, соя, кукурудза, морква, столовий буряк) недоцільно.

Нами здійснено аналіз балансу розподілу гранульованих та капсульованих мінеральних добрив в агроecosистемі сої із за методикою, описаною у розділі 3.2. Дані розрахунків наведені на рис. 4.5.

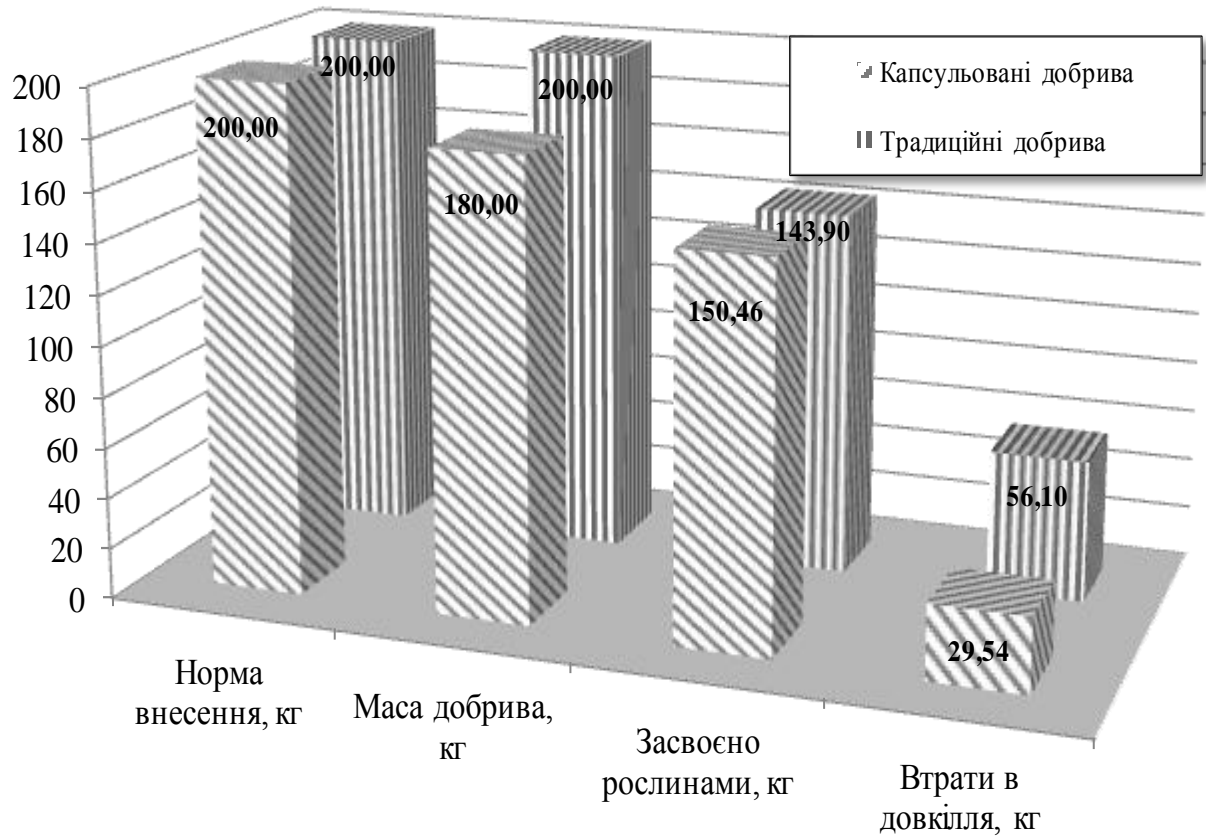


Рис. 4.5. Баланс добрив (гектарна норма) в агроecosистемі сої.

Як видно із рис. 4.5, засвоєння добрив рослинами у варіантах застосування капсульованих добрив в агроecosистемі сої збільшується на 4,4 % (за рахунок їх пролонгованого вивільнення із оболонки), що зменшує ризик "голодування" рослин у період активного вимивання добрив ґрунтовими та поверхневими водами. Одночасно втрати в гідросферу та атмосферу у варіанті застосування капсульованих добрив зменшуються на 26,6 кг/га (47,4 %) менше ніж при використанні звичайних гранульованих добрив.

В таблиці 4.7 показано, як змінювалася врожайність сої та маса 1000 насінин залежно від використовуваних добрив.

Таблиця 4.7

Вплив добрив на урожайність сої

Варіант	Врожайність, т/га	Прибавка урожаю до контролю		Маса 1000 насінин, г
		т/га	%	
1. Контроль	2,03	–	–	143,87
2. ГД	2,20	0,17	8,6	161,81
3. КД №1	2,97	0,94	46,5	164,91
4. КД №2	2,92	0,89	44,1	164,22
5. КД №3	2,69	0,66	32,7	165,49
НІР ₀₅	0,06			1,72

На основі виконаного дослідження нами встановлено, що за метеорологічних умов періоду вегетації сої в усіх варіантах використання капсульованих добрив проявило себе краще, ніж просте гранульоване добриво. Проте, найвищі результати одержано на варіанті з добривом, до складу капсулоутворюючої композиції якого входила більша частина полістиролу, який, мабуть, забезпечував більшу механічну міцність оболонки і, відповідно, подовжував термін її функціонування без руйнування і тривале вивільнення поживних елементів у процесі вегетації сої.

Соя – культура специфічна тим, що вона здатна сама себе забезпечити азотом, але для цього необхідно, щоб добре розвивалися бульбочкові бактерії. Капсульовані добрива позитивно впливають на розвиток бульбочок з двох причин: по-перше – добрива забезпечили постійне та поступове забезпечення рослини фосфором і калієм, які є однією з умов стабільного розвитку бульбочок; по-друге – на початку вегетації сої внесення високих доз азоту пригнічує розвиток бульбочок і просте гранульоване добриво може негативно впливати на розвиток бульбочкових бактерій. Однак невисока доза добрив тільки позитивно впливає на розвиток азотфіксаторів.

Отже, за метеорологічних умов 2013 року у посівах сої найперспективніше застосовувати капсульовані мінеральні добрива №1 і №2, які забезпечують зростання врожайності сої у середньому відповідно на 46,5 і 44,1 % порівняно до контролю.

4.5. Вплив капсульованих мінеральних добрив на агроєкосистему кукурудзи

Кукурудза – одна з найдавніших рослин, яку вирощує людина. Вона була для мешканців Америки тим, чим рис – для Азії. Це одна з найвисокопродуктивніших злакових культур універсального призначення, яку разом з рисом і пшеницею відносять до одного з “трьох найголовніших хлібів людства”.

Посівна площа під кукурудзою в Україні нині сягає майже 3,5 млн. га. Це приблизно 14 % ріллі, хоча за останні десять років їхні розміри коливалися у межах 10 – 17 % [12].

Полеві дослідження нами виконано відповідно до загальноприйнятої методики [202] на дослідному полі Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, 2013 року

Ґрунт – темно-сірий опідзолений глеюватий легкосуглинковий. Вміст гумусу – 2,9, рН = 5,8. Попередник – кормові буряки. Гібрид кукурудзи Делітоп.

Норма висіву – 80 тис. н./га, спосіб сівби – широкорядний, ширина міжрядь – 70 см. Норма внесення кожного виду добрив – 0,2 т/га. Площа облікової ділянки – 25 м². Повторення – триразове.

Технологія вирощування – загальноприйнята для умов Західного Лісостепу України. Продовж вегетації виконували фенологічні спостереження за ростом та розвитком рослин кукурудзи. Обліковували врожаю кукурудзи поділянково з кожного варіанту.

Веgetаційний період тривав з 07 травня по 20 жовтня 2013 року, або 165

днів.

Дослід включав п'ять варіантів:

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

Встановлено що добрива значно впливали на час настання і тривалість фенологічних фаз розвитку кукурудзи (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Вплив різних видів добрив на тривалість фенофаз кукурудзи

Фенологічна фаза	Варіант досліджу				
	Контроль без добр.	ГД	КД №1	КД №2	КД №3
Посів	07.05	07.05	07.05	07.05	07.05
Сходи	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05
Викидання волоті	25.07	27.07	28.09	29.07	28.07
Початок цвітіння волоті	27.07	29.07	31.07	31.07	30.07
Повне цвітіння волоті	29.07	01.08	03.08	03.08	02.08
Початок цвітіння качанів	28.06	30.07	31.07	31.07	31.07
Повне цвітіння качанів	31.07	01.08	03.08	03.08	02.08
Молочна стиглість	14.08	16.08	20.08	19.08	16.08
Молочно-воскова стиглість	24.08	26.08	31.08	29.08	27.08
Воскова стиглість	09.09	12.09	17.09	15.09	13.09
Повна стиглість	08.10	12.10	17.10	15.10	12.10
Збирання врожаю	17.10	17.10	17.10	17.10	17.10

На початкові фази розвитку рослин найкраще вплинули добрива КД №3

і ГД. Вони вивільнили велику кількість елементів живлення в найбільш “критичні” фази розвитку кукурудзи (другий-пятий, шостий-восьмий листок) і, відповідно, забезпечили рослини необхідною кількістю поживних елементів, які дали потужний старт для розвитку рослин.

Інші види добрив, у зв'язку з повільнішим вивільненням елементів живлення, в “критичні” фази розвитку не змогли повноцінно забезпечити рослини поживними елементами. Але кукурудза – культура із довгим вегетаційним періодом та властивістю рослин засвоювати поживні речовини до завершення дозрівання зерна. Відповідно, до кінця періоду вегетації рослин у варіантах з КД №1 і КД №2 отримано високу врожайність.

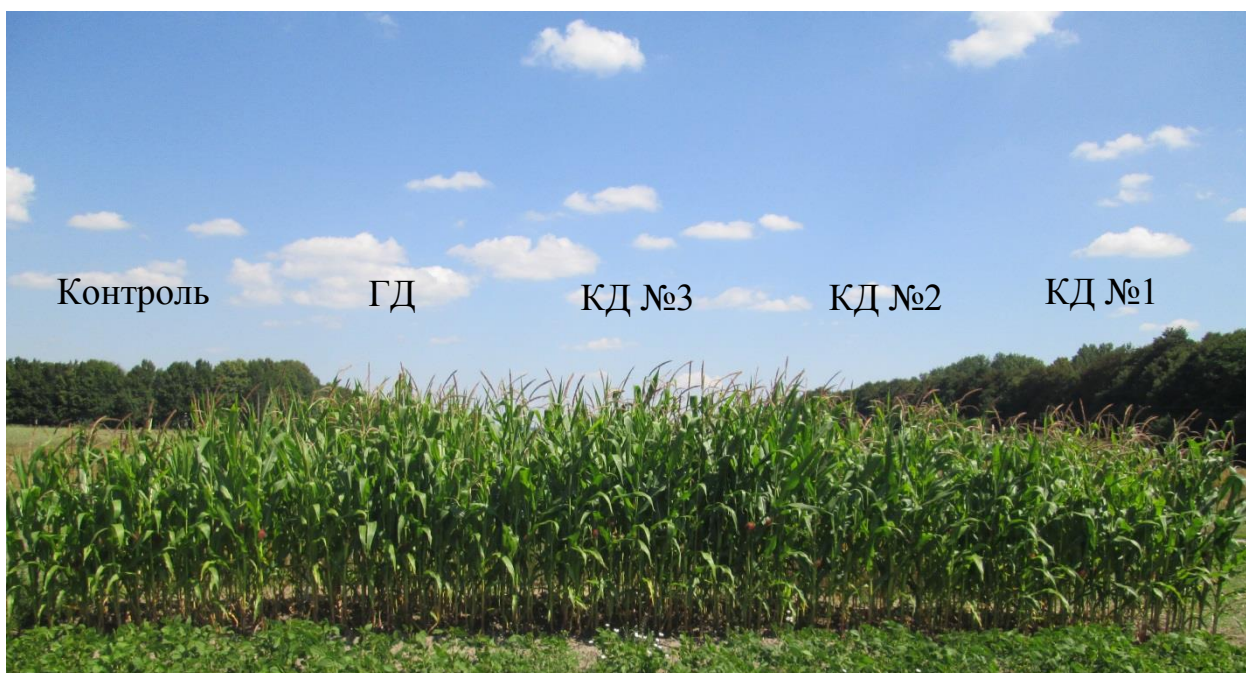


Рис. 4.6. Посіви кукурудзи на варіантах застосування різних видів мінеральних добрив (2013 р.)

Посіви кукурудзи гібриду Делітоп у фазу цвітіння волоті наведено на рис. 4.6 візуально помітно різницю у варіантах застосування добрив.

На рис 4.7 наведено посіви кукурудзи у варіантих застосування різних видів мінеральних добрив.



Рис. 4.7. Посіви кукурудзи у варіантах застосування різних видів мінеральних добрив.

На основі аналізу отриманих нами результатів дослідження впливу внесення надлишкової кількості добрив у агроєкосистеми кукурудзи виявлено динаміку рухомості елементів живлення, можливі втрати за межі екосистеми (в гідросферу та атмосферу). Динаміка рухливості елементів живлення та особливості їх вивільнення в системах “грунт – добриво” та “грунт – добриво – рослина” детально описано у підрозділі 3.3.2.

Аналіз балансу розподілу гранульованих та капсульованих мінеральних

добрив в агроecosистемі кукурудзи із використанням методики, описаної в підрозділі 3.2. Дані розрахунків наведено на рис. 4.8.

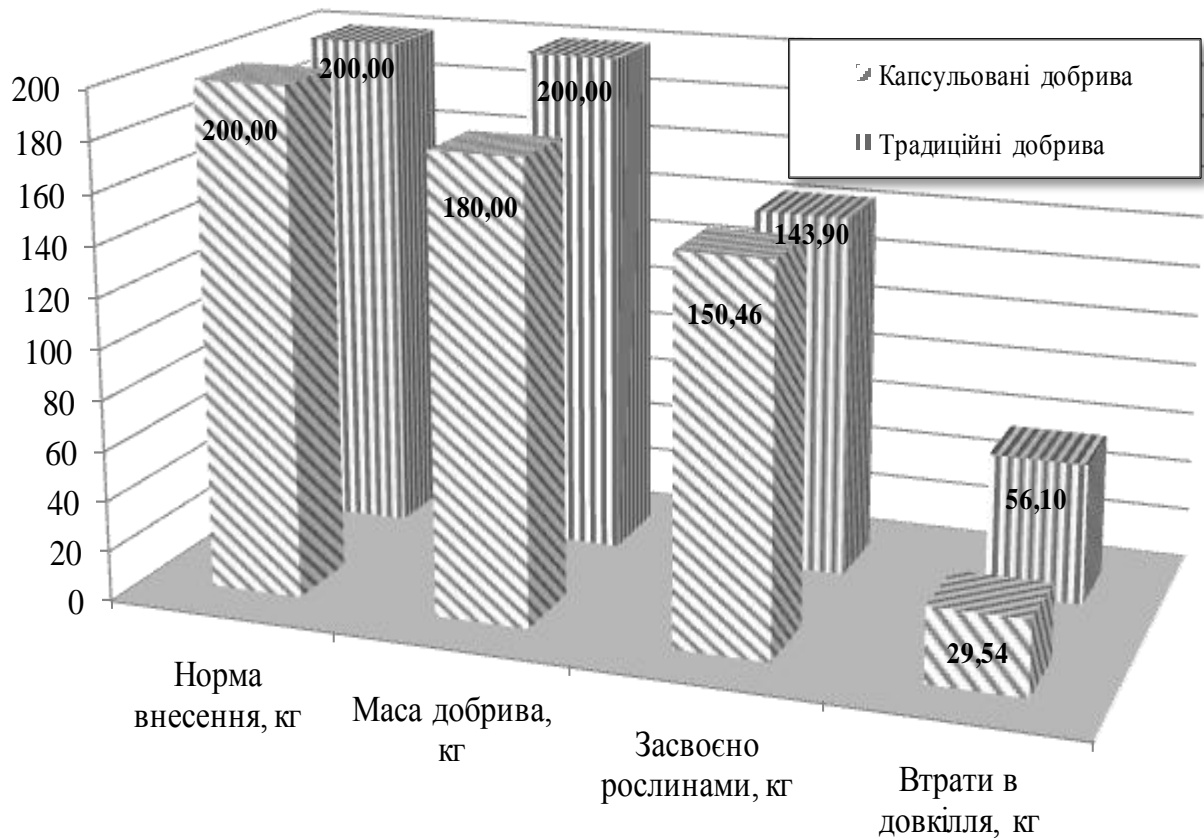


Рис. 4.8. Баланс використання добрив (гектарна норма) в агроecosистемі кукурудзи.

Встановлено, що засвоєння добрив рослинами у варіантах застосування капсульованих добрив в агроecosистемі кукурудзи збільшується у середньому на 4,4 % (за рахунок їх пролонгованого вивільнення із оболонки), що зменшує ризик "голодування" рослин в період активного вимивання добрив ґрунтовими та поверхневими водами. Одночасно втрати в гідросферу та атмосферу у випадку застосування капсульованих добрив зменшуються на 26,6 кг/га (47,4 %) порівняно до варіанту з використанням звичайних мінеральних добрив.

В табл. 4.9. представлені результати впливу різних видів добрив на врожайність кукурудзи і показник маси 1000 насінин.

Таблиця 4.9

Вплив різних видів добрив на врожайність кукурудзи

Варіант досліджу	Врожайність, т/га	Приріст врожаю		Маса 1000 насінин, г
		т/га	%	
1. Контроль (без добрив)	10,30	–	–	317,4
2. ГД	10,95	0,65	6,33	335,2
3. КД №1	11,12	0,82	7,96	339,3
4. КД №2	11,24	0,94	9,13	341,1
5. КД №3	11,96	1,66	16,15	352,1
НІР ₀₅	0,21			2,31

Нами встановлено, що всі види добрив мали добрий вплив на врожайність кукурудзи порівняно до контролю. Однак найвищі результати отримано у варіанті застосування добрива КД №3, яке у складі своєї оболонки містить тільки природні складники, лігнін і природний сорбент. Це добриво на початкових фазах забезпечило потужний старт для росту й розвитку культури, приріст врожаю відносно контролю становила 1,66 т/га (16,15 %) порівняно до контролю (10,30 т/га).

4.6. Вплив капсульованих мінеральних добрив на агроєкосистему моркви

Оскільки мінеральні добрива використовують для вирощування овочевих культур, то має певний інтерес до використання капсульованих добрив, зокрема на врожайність моркви.

Полеві дослідження виконані відповідно до загальноприйнятих методик [202] на дослідних полях Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН.

Ґрунт – темно-сірий опідзолений глеюватий легкосуглинковий. Вміст

гумусу – 2,9, рН = 5,8. Попередник – озима пшениця. Гібрид моркви Бангор F₁.

Норма висіву – 900 тис.н./га. Технологія вирощування моркви – загальноприйнята для умов Західного Лісостепу України. Облік врожаю моркви виконано поділянково з кожного варіанту.

Норма внесення кожного виду добрив – 0,6 т/га.

Площа облікової ділянки – 20 м². Повторення – трикратне.

Період вегетації моркви тривав з 25 квітня по 20 вересня 2013 року, що склало 148 днів.

Дослід включав п'ять варіантів:

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

Оцінку впливу внесення надлишкової кількості добрив у агроєкосистему моркви залежно від динаміки рухомості елементів живлення, можливі втрати за межі екосистеми (в гідросферу та атмосферу), вмісту нітратів у продукції. Динаміка рухливості елементів живлення та особливості їх вивільнення в системах “грунт – добриво” та “грунт – добриво – рослина” детально досліджено у підрозділі 3.3.2. На основі аналізу даних досліджень зроблено узагальнення щодо особливостей динаміки рухливості елементів живлення у цих системах.

Нами проводився аналіз балансу розподілу гранульованих та капсульованих мінеральних добрив в агроєкосистемі моркви із використанням методики, описаної в підрозділі 3.2. Дані розрахунків наведені на рис. 4.9.

Встановлено, що засвоєння добрив рослинами у варіанті застосування

капсульованих добрив в агроecosистемі моркви збільшується на 4,4% (за рахунок їх пролонгованого вивільнення із оболонки), що зменшує ризик "голодування" рослин у період активного вимивання добрив ґрунтовими та поверхневими водами.

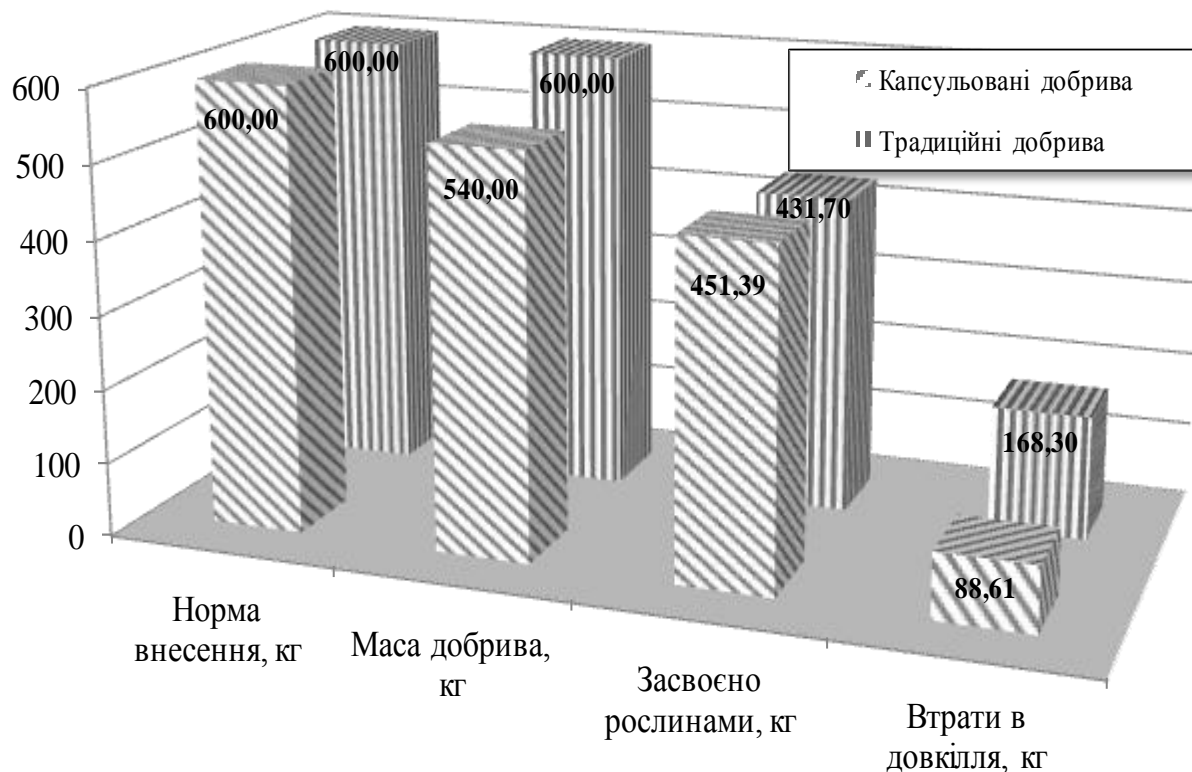


Рис. 4.9. Баланс використання добрив (гектарна норма) в агроecosистемі моркви.

Одночасно втрати у гідросферу та атмосферу у випадку застосування капсульованих добрив зменшуються на 79,7 кг/га (47,4 %) за використання звичайних мінеральних добрив.

Щодо вмісту нітратів в моркві, то встановлено, що він суттєво не змінювався (табл. 4.10) у варіантах застосування різних видів добрив, що по всій ймовірності пов'язано із незначною відмінністю в кількості засвоєних морквою елементах живлення (рис. 4.9).

Таблиця 4.10

Уміст нітратів в урожаї моркви (2013 р.).

Вид добрива	ГДК	Контроль	ГД	КД №1	КД №2	КД №3
Вміст нітратів, мг/кг	300	108,4	112,6	113,8	114,1	114,2

Результати впливу добрив на фракційний склад коренеплодів моркви наведено у табл. 4.11.

Таблиця 4.11

Вплив добрив на фракційність моркви

Варіант досліді	Середня кількість коренеплодів з 1 м ² , шт.			
	велика фракція	середня фракція	дрібна фракція	Всього
1. Контроль (без добрив)	20	38	18	76
2. ГД	26	26	14	66
3. КД №1	26	32	10	68
4. КД №2	30	34	8	72
5. КД №3	24	32	4	60

З літературних джерел відомо, що фракційний склад коренеплодів моркви залежить від трьох основних чинників: обробітку ґрунту, забезпечення вологою та поживними речовинами. Так як у наших дослідженнях перші два фактори були рівнозначними для всіх варіантів, то основним фактором впливу на фракційний склад коренеплодів було забезпечення поживними речовинами.

Встановлено, що найвищу ефективність проявили добрива у варіанті капсульованим добривом №2.

Усі види капсульованих добрив забезпечили вищі результати, ніж просте гранульоване, але найбільший приріст врожаю забезпечило капсульоване добриво № 2 (табл. 4.12).

Збільшення врожайності моркви можна пояснити тим, що насіння моркви має тверду оболонку і повільно проростає, а дане добриво максимально ефективно і своєчасно віддає елементи живлення рослині і забезпечує їй стабільний ріст і розвиток.

Таблиця 4.12

Вплив добрив на врожайність моркви

Варіант досліджу	Врожайність, т/га	Приріст врожаю	
		т/га	%
1. Контроль	61,64	–	–
2. ГД	76,14	14,5	24
3. КД №1	80,60	19,0	31
4. КД №2	85,80	24,2	39
5. КД №3	79,20	17,6	29
НІР ₀₅	1,30		

Отже, за метеорологічних умов періоду вегетації у посівах моркви найефективніше застосовувати капсульоване добриво №2, яке забезпечує високу врожайність коренеплодів (85,8 т/га) і хороший їх фракційний склад.

4.7. Вплив капсульованих мінеральних добрив на агроecosистему буряків столових

Полеві дослідження нами виконано відповідно до загальноприйнятої методики [202] на дослідному полі Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, 2013 року

Ґрунт – темно-сірий опідзолений глеюватий легкосуглинковий. Вміст гумусу – 2,9, рН = 5,8. Попередник – пшениця озима. Гібрид буряків столових Бордо F₁.

Норма висіву – 400 тис.н./га. Догляд за посівами – загальноприйнятий для зони. Облік врожаю буряків столових здійснено поділянково з кожного варіанту.

Норма внесення кожного виду добрива – 0,6 т/га.

Площа облікової ділянки – 20 м². Повторення – триразове.

Період вегетації культури тривав з 30 травня по 16 серпня 2013 року, або

78 днів.

Дослід включав п'ять варіантів:

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

Для оцінки впливу внесення надлишкової кількості добрив у агроєкосистему столового буряку доцільно провести аналіз динаміки рухомості елементів живлення, можливі втрати за межі екосистеми (в гідросферу та атмосферу), вміст нітратів у продукції. Динаміка рухливості елементів живлення та особливості їх вивільнення в системах "грунт – добриво" та "грунт – добриво – рослина" детально досліджені в підрозділі 3.3.2, на основі аналізу даних досліджень зроблені узагальнення щодо особливостей динаміки рухливості елементів живлення в цих системах. Тому на нашу думку досліджувати ці характеристики для агроєкосистем із окремими культурами (картопля, ярий ячмінь, соя, кукурудза, морква, столовий буряк) недоцільно.

Нами проводився аналіз балансу розподілу гранульованих та капсульованих мінеральних добрив в агроєкосистемі буряків столових із використанням методики, описаної в підрозділі 3.2. Дані розрахунків наведені на рис. 4.10.

Як видно із рис. 4.10, засвоєння добрив рослинами у випадку застосування капсульованих добрив в агроєкосистемі буряків столових збільшується на 4,4% (за рахунок їх пролонгованого вивільнення із оболонки), що зменшує ризик "голодування" рослин в період активного вимивання добрив ґрунтовими та поверхневими водами. Одночасно втрати в гідросферу та атмосферу у випадку застосування капсульованих добрив

зменшуються на 47,4 %.

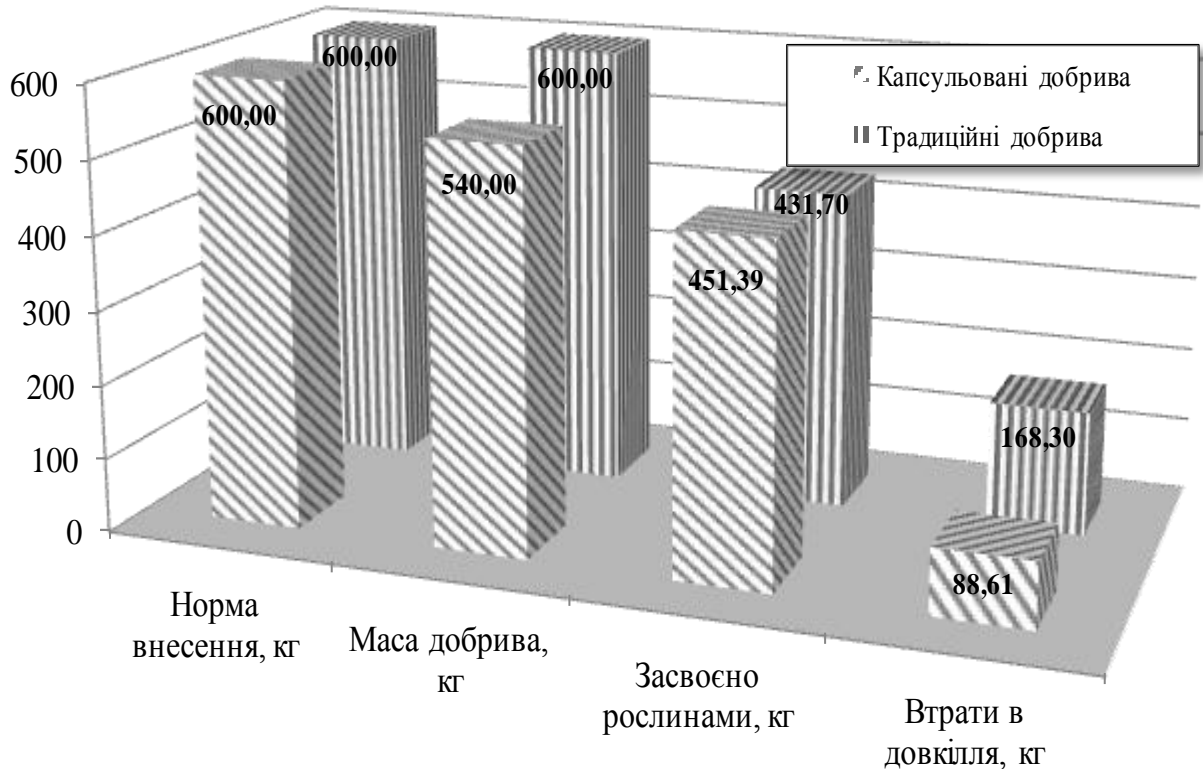


Рис. 4.10. Баланс внесення добрив (гектарна норма) в агроекосистемі буряків столових.

Щодо вмісту нітратів в буряках столових, то як показали дані досліджень, наведені у таблиці 4.13, вміст нітратів суттєво не змінювався у випадку застосування різних типів добрив, що по всій ймовірності пов'язано із незначною відмінністю в кількості засвоєних буряками столовими елементів живлення (рис. 4.10).

Таблиця 4.13

Уміст нітратів в урожаї буряку столового.

Вид добрива	ГДК	Контроль	ГД	КД №1	КД №2	КД №3
Вміст нітратів, мг/кг	1400	612	620	623	620	619

Результати дослідження впливу різних видів добрив на врожайність буряків столових наведено у табл. 4.14.

Для буряків столових “критичною” фазою розвитку є фаза шосто-

восьмого листка, розтягування меристеми кореня. У цей період розвитку рослина потребує азоту, фосфору, бору і марганцю. Завдяки ефекту пролонгації всі види капсульованих добрив ефективніше забезпечували живлення рослин і це вплинуло на збільшення врожайності.

Таблиця 4.14

Вплив добрив на врожайність буряків столових

Варіант досліджу	Урожайність, т/га	Приріст врожаю	
		т/га	%
1. Контроль	56,3	–	–
2. ГД	63,6	7,3	13,0
3. КД №1	70,3	14,0	24,9
4. КД №2	73,2	16,9	30,0
5. КД №3	72,0	15,7	27,9
НІР ₀₅	1,15		

Отже, на основі виконаного польового дослідження перспективності застосування мінеральних добрив та їх позитивного впливу на розвиток буряків столових встановлено, що за метеорологічних умов 2013 року у варіантах з капсульованим добривом №2 врожаю у середньому становив 16,9 т/га (30%), порівняно до контролю (56,3 т/га).

Висновки до розділу 4

Результати польових досліджень показали, що використання капсульованих мінеральних добрив в агроecosистемах таких культур як картопля, ячмінь ярий, соя, кукурудза, морква та буряків столових збільшують коефіцієнт засвоєння добрив рослинами у середньому на 4,4 %. Втрати в гідросферу та атмосферу у варіантах застосування капсульованих добрив зменшуються на 47,4 %, що у фізичній масі становить: у посівах картоплі – 106,3 кг/га, ячменю ярого, сої і кукурудзі – 26,6 кг/га, моркви і

буряків столових – 79,7 кг/га.

Нами не виявлено залежності вмісту нітратів від виду внесених добрив. В усіх досліджуваних культурах цей показник суттєво не змінювався і був значно нижчий від гранично допустимої норми.

Використання капсульованих мінеральних добрив значно ефективніше порівняно з гранульованим для всіх дослідних культур:

- а) приріст врожаю картоплі становив у середньому для капсульованих добрив 17,71 - 31,02 т/га, для гранульованого – 13,64 т/га порівняно до контролю. Найвищий результат отримано від використання КД №2. Приріст врожаю становив у середньому становив 31,02 т/га (34 %) порівняно до варіанту використання гранульованого добрива 17,38 т/га (23,8 %);
- б) Збільшення врожаю ячменю ярого у варіанті застосування КД №1 становила 0,5 т/га (18,5 %), з КД №2 – 0,8 т/га (29,6 %), з КД №3 – 0,3 т/га (11,1 %) порівняно до контролю, а у варіанті з гранульованим добривом – 0,2 т/га (7,4 %). Найвищий приріст врожаю з використанням КД №2 становить 0,6 т/га (20,7 %) порівняно до варіанту використання гранульованого добрива. У даному варіанті також відмічено найвищу масу 1000 насінин – 45,6 г. Від використання КД №2 і КД №3 тривалість фенологічних фаз збільшувалась;
- в) зростання врожайності сої за використання капсульованих добрив у варіанті з КД №1 становило 0,94 т/га (46,5 %), з КД №2 – 0,89 т/га (44,1 %), з КД №3 – 0,66 т/га (32,7 %) в порівнянні з контролем (2,02 т/га), а у варіанті використання гранульованого добрива – 0,17 т/га (8,6 %). Найвищу врожайність отримано у варіанті з КД №1. Приріст врожаю порівняно до варіантів використання гранульованого добрива становив 0,77 т/га (34,9 %), а найвищу масу 1000 насінин отримано у варіанті застосування КД №3 – 165,49 г;
- г) всі види застосовуваних добрив мали вищі результати порівняно до контролю у варіанті вирощування кукурудзи. Але найвищі результати

забезпечувало застосування КД №3, яке на початкових етапах забезпечило потужний старт для росту й розвитку культури. Приріст урожаю становив 1,663 т/га (16,15 %) порівняно до контролю і порівняно до гранульованого добрива – 1,011т/га (9,23 %);

- д) у посівах моркви найефективнішим було застосовування КД №2, яке забезпечило максимальний приріст врожаю коренеплодів – 24,2 т/га (39 %) порівняно до контролю і 9,7 т/га (13 %) порівняно до варіанту застосування гранульованого добрива, а також високий фракційний склад;
- е) за використання капсульованих видів добрив приріст врожаю буряків столових становив 14,0-16,9 т/га (24,9-30,0 %) порівняно до контролю, тоді як для гранульованого добрива ці показники склали 7,3 т/га (13 %). Найвищий результат отримано у варіанті застосування КД №2, приріст врожаю становив 16,9 т/га (30,0 %) порівняно до контролю і 9,6 т/га (15,1 %) порівняно до варіанту застосування гранульованого добрива

За вирощування у досліді різних культур коефіцієнт ефективності використання елементів живлення для капсульованих добрив у 2-4 рази вищий, ніж для гранульованих добрив, а також за внесення меншої кількості поживних речовин врожайність культур зростала.

Найвищу ефективність забезпечує застосування КД №1 у посівах сої; КД №2 – у посівах картоплі, ячменю ярого, моркви і буряків столових; КД №3 – у посівах кукурудзи

Експериментальні та теоретичні результати, які наведено у цьому розділі, детальніше висвітлено у публікаціях автора [204 – 213].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та відображено виконання наукового завдання щодо збільшення ефективності використання мінеральних добрив в агроекосистемах польових і овочевих культур 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. Встановлено динаміку вивільнення діючої речовини з мінеральних добрив: у всіх варіантах застосування капсульованих добрив кількість вивільнених елементів живлення після 60 діб була більшою, ніж у звичайних гранульованих (P_2O_5 – на 10–24 мг/кг ґрунту; K_2O – на 3–13 мг/кг ґрунту; NO_2 – на 8–31 мг/кг ґрунту).

3. На початкових етапах стандартне гранульоване добриво швидше розчиняється і вивільняє значну кількість діючих речовин, які залишаються незасвоєними. Непоглинена їх частина виводиться з гравітаційною ґрунтовою водою у профіль ґрунту за межі кореневої системи рослин. Із капсульованих добрив вивільнення повільніше і триваліше, що забезпечує повніше й довше засвоєння елементів живлення рослинами через кореневу систему.

4. Дослідженням зміни кислотності ґрунту у двох системах «ґрунт–добриво» і «ґрунт–добриво–рослина» встановлено, що на початкових етапах росту й розвитку рослин всі види капсульованих добрив мають слабший вплив на зміну кислотності ґрунту порівняно з гранульованими, а, отже, не

так агресивно впливають на мікрофлору ґрунту та рослинний покрив. Із плином часу вплив нівелюється.

5. 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 мікрофлори 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.

6. 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.

7. Встановлено, що використання капсульованих мінеральних добрив за ефективністю значно переважає гранульовані для всіх дослідних культур:

а) приріст врожаю картоплі сорту Щедрик на темно-сірому опідзоленому ґрунті від застосування капсульованих добрив у розрахунку 0,8 т/га становив 17,71–31,02 т/га, від гранульованого – 13,64 т/га порівняно з контролем (29,29 т/га). Найвищу врожайність отримано у варіанті використання КД № 2. Приріст врожаю становив 31,02 т/га (34 %), а у варіанті застосування гранульованого добрива – 17,38 т/га (23,8 %) порівняно з контролем;

б) збільшення врожайності ячменю ярого у варіанті застосування КД № 1 становило 0,5 т/га (18,5 %), з КД № 2 – 0,8 т/га (29,6 %), з КД № 3 – 0,3 т/га (11,1 %), у варіанті з ГД – 0,2 т/га (7,4 %) до контролю (2,7 т/га).

Найкращу врожайність одержано за використання КД № 2 – приріст врожаю порівняно з варіантом застосування ГД становив 0,6 т/га (20,7 %). Цей варіант показав найвищу масу 1000 насінин – 45,6 г. У варіанті використання КД № 2 та КД № 3 тривалість фенологічних фаз збільшувалася у середньому на 1–2 дні;

в) приріст врожаю сої у варіанті використання капсульованих добрив з КД № 1 становила 0,94 т/га (46,5 %), з КД № 2 – 0,89 т/га (44,2 %), з КД № 3 – 0,66 т/га (32,7 %), а у варіанті з ГД – 0,17 т/га (8,6 %). Найвищий врожай отримано у варіанті з КД №1 – 2,97 т/га, порівняно із застосуванням ГД приріст становив 0,77 т/га (34,9 %). Найбільшу масу 1000 насінин отримано у варіанті з КД № 3 – 165,5 г;

г) у досліді вирощування кукурудзи застосування всіх видів капсульованих мінеральних добрив забезпечило вищу врожайність, ніж на контролі. Однак найвищою вона була від застосування КД № 3, яке на початкових етапах забезпечило стрімкий старт для росту й розвитку культури. Приріст врожаю становив 1,66 т/га (16,15 %) порівняно з контролем, порівняно з ГД – 1,01 т/га (9,23 %);

д) для вирощування моркви найдоцільніше серед досліджуваних видів капсульованих мінеральних добрив застосовувати КД № 2, яке забезпечувало високу врожайність – 85,6 т/га. Приріст врожаю становив 24,2 т/га (39 %) порівняно з контролем, 9,7 т/га (13 %) – порівняно з варіантом застосування ГД. Також спостерігали поліпшення фракційного складу коренеплодів;

е) використання капсульованих видів добрив забезпечило приріст врожаю буряку столового 14,0–16,9 т/га (24,9–30,0%) порівняно з контролем, тоді як для ГД цей показник склав 7,3 т/га (13%). Найвищою врожайність була у варіанті з КД № 2: приріст урожаю становив 16,9 т/га (30,0 %) порівняно з контролем, порівняно з ГД – 9,6 т/га (15,1 %).

8. Залежності вмісту нітратів у вирощеній продукції від виду внесених добрив не виявлено. У продукції всіх дослідних культур цей показник був у

межах ГДК.

9. Застосування композиції капсульованих мінеральних добрив вагомо впливало на показники якості зерна сої: вміст білка в середньому на 35–38 %, вміст олії – на 21,0–21,7 % вищий порівняно з варіантом, де використовували звичайні гранульовані добрива. Найвищі результати одержано у варіанті, де до складу капсулоутворювальної композиції входила більша частина полістиролу, який, мабуть, забезпечував вищу механічну міцність оболонки і, відповідно, подовжував термін її функціонування без руйнування, а отже, й тривале вивільнення поживних елементів у процесі вегетації сої.

10. Застосування капсульованих мінеральних добрив в агроекосистемах картоплі, ячменю ярого, сої, кукурудзи, моркви та буряку столового збільшує коефіцієнт засвоєння добрив рослинами у середньому на 4,4 %. Втрати в гідросферу та атмосферу у варіантах застосування капсульованих мінеральних добрив зменшуються на 47,4 %, що у фізичній масі становить: на посівах картоплі – 106,3 кг/га, на посівах ячменю ярого, сої та кукурудзи – у середньому 26,6 кг/га, моркви та буряку столового – 79,7 кг/га.

11. Встановлено, що коефіцієнт ефективності використання добрива для капсульованих добрив у середньому у 2–4 рази перевищує цей показник у варіанті застосування ГД, оскільки за меншої кількості внесеної діючої речовини врожайність культур зростає. Найефективніше застосовувати КД № 1 для вирощування сої; КД № 2 – для вирощування картоплі, ячменю ярого, моркви та буряку столового; КМД № 3 – для вирощування кукурудзи.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Для зменшення антропогенного навантаження на агроєкосистеми, а саме втрат добрив у гідросферу та атмосферу доцільно використовувати капсульовані мінеральні добрива пролонгованої дії.

Використання капсульованого мінерального добрива №2 (10 % капсула, склад: полістирол-лігнін-цеоліт) на темно-сірому опідзоленому ґрунті в умовах Західного Лісостепу України забезпечує приріст врожаю польових культур порівняно з контролем: картоплі – 31,02 т/га (34 %), ячменю ярого – 0,6 т/га (20,7 %), сої – 0,893 т/га (44,1,6 %), моркви – 24,2 т/га (39 %), буряку столового – 16,9 т/га (30,0 %).

Для вирощування кукурудзи доцільно застосовувати капсульоване мінеральне добриво № 3 (10 % капсула, склад: лігнін-цеоліт), яке забезпечує приріст урожаю 1,7 т/га (16,15 %) порівняно з контролем.

Доцільно налагодити промислове виробництво капсульованого мінерального добрива № 2, яке зменшує екологічне навантаження на агроєкосистеми, забезпечує збільшення врожайності польових культур та поліпшує якість продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фурдичко, О. І. Агроекологія / Орест Іванович Фурдичко. – Київ: Аграрна наука, 2014. – 399 с.
2. Агроэкология / [В. А. Черников, Р. М. Алексахин, А. В. Голубев и др.] ; под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
3. Писаренко В.М. Агроекологія / В.М. Писаренко, П.В. Писаренко, В.В. Писаренко – Полтава, 2008. – 276 с.
4. Екотрофологія / [Димань Т. М., Барановський М. М., Білявський Г. О. и др.]. – К.: Лібра, 2006. – 304 с.
5. Andrzej Komosa, Adam Szewczuk Effect of soil potassium level and different potassium fertilizer forms on nutritional status, growth and yield of apple trees in the first three years after planting skierniewice 2002 vol 10 P.42-54.
6. Фурдичко О.І. Еколого-економічні особливості використання природних ресурсів в аграрному виробництві України / О.І. Фурдичко, О.С. Дем'янюк // Агроекологічний журнал. – 2013. – № 3. – С. 7-12.
7. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / Українська академія аграрних наук ; голова редколегії М.В. Зубець [та ін.]. – К.: Логос, 2004. – 776 с.
8. Шервуд М. А. Применение удобрений / Михаил Алексеевич Шервуд. – Киев: Пресс-Курьер Украина, 2014. – 154с.
9. Лихочвор В. В. Мінеральні добрива та їх застосування / Володимир Володимирович Лихочвор. – Львів: НВФ «Українські технології», 2008. – 312 с.
10. Бровдій В.М. Біологічний захист рослин: навчальний посібник / В.М. Бровдій, В.В. Гулій, В.П. Федоренко – Київ: Світ, 2004. – 352 с.
11. Геркіял О.М. Агрохімія / О.М. Геркіял, Г.М. Господаренко, Ю.В. Коларьков. – Умань: Уманське ВПП, 2008. – 300 с.
12. Харченко О.В., Агроекономічне та екологічне обґрунтування рівня

- живлення сільськогосподарських культур / О.В. Харченко, В.І. Прасол, О.В. Ільченко. – Суми: Університет. книга, 2009. – 126 с.
13. Писаренко В.М. Захист рослин: екологічно обґрунтовані системи / В.М. Писаренко, П.В. Писаренко. – Полтава: ІнтерГрафіка, 2002. – 288 с.
 14. Механічний обробіток ґрунту в землеробстві / [Гудзь В.П., Примак І.Д., Рошко В.Г. та ін.]. – Б.Церква: БДАУ, 2002. – 320 с.
 15. Фурдичко О.І. Якість і безпечність сільськогосподарської продукції в контексті продовольчої безпеки України / О.І. Фурдичко, О.С. Дем'янюк. – 2014. – № 1. С. 7-12.
 16. Шувар І.А. Екологічні основи збалансованого природокористування: [навч. посіб.] / І. А. Шувар, В. В. Снітинський, В. В. Бальковський – Л.; Чернівці : Книги – ХХІ, 2011. – 759 с.
 17. Тараріко О.Г. Агроєкологічний стан ґрунтів та контроль за їх родючістю / О.Г. Тараріко, В.О. Греков, Л.В. Дацько // Агроєколог. журн. – 2011. – № 3. – С. 39-44.
 18. Агроєкологічні особливості оцінки сільськогосподарських земель / Н. Палапа, О. Крикунова, С. Сенчук [та ін.] // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 2. – С. 36–39.
 19. Господаренко Г.М. Удобрення сільськогосподарських культур / Григорій Миколайович Господаренко. – К.: Вища освіта, 2010. – 191 с.
 20. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства / [За ред. В.В. Медведєва і М.В. Лісового]. – Харків, 2001. – 98 с.
 21. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України: навчальний посібник / [М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.І. Кисіль, В.А. Величко]. – К.: Урожай, 2002. – 315 с.
 22. Царенко О.М. Основи екології та економіка природокористування / О.М. Царенко, О.О. Несветов, М.О. Кадацький. – Суми: Університетська книга, 2001. – 324 с

23. Методичні вказівки з охорони родючості ґрунтів / В.О. Греков, Л.В. Дацько, В.А. Жилкін та ін. – К., 2011. – 108 с.
24. Основи органічного виробництва / [П.О. Стецишин, В.В. Рекуненко, В.В. Пандус та ін.]. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 528 с.
25. Минеев В. Г. Экологические функции агрохимии в современном земледелии / В. Г. Минеев // Агрохимия. – 2000. – №5. – С. 5-13.
26. Лісовал А.П. Система застосування добрив / А.П. Лісовал, В.М. Макаренко, С.М. Кравченко. – К.: Вища школа, 2002. – 317с.
27. Сичевський М.Є. Динаміка вмісту рухомих форм низки важких металів у ґрунтах Криму під впливом 45-річного застосування мінеральних добрив / М.Є. Сичевський, А.Л. Вінник, Ю.В. Святюк // Агроекологічний журнал. – 2012. – № 3. – С. 111-114.
28. Агрохімія і ґрунтознавство : міжвідомчий тематичний науковий збірник [Кн. 3, Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного] / [за ред. Кисіля В. І.] / Українська академія аграрних наук, Нац. наук. центр "Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського". – Харків, 2006. – 359 с.
29. Jarchow, M.E., M. Liebman, S. Dhungel, R. Dietzel, D. Sundberg, R.P. Anex, M.L. Thompson, and T. Chua (2015) Trade-offs in agronomic, energetic, and environmental performance of corn and prairie bioenergy cropping systems. *Global Change Biology Bioenergy* 7(1):57-71.
30. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення / За ред. Д. Мельничука, Дж. Хофман, М. Городнього. – К.: Арістей, 2004. – 488 с.
31. Агрохімія / [М. М. Городній, С. І. Мельник А. С. Малиновський та ін.]; за ред. М. М. Городнього. – Київ.: Алефа, 2003. – 775 с.
32. Великий В.И. Некоторые эколого-гигиенические аспекты интенсивного применения азотных минеральных удобрений в сельском хозяйстве [Текст] / В.И. Великий, И.В. Мудрый // Довкілля та здоров'я. – 1999. – Т. 11. – № 4. – С. 55-58.
33. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: монографія/

- [В.П Патики, Н.А. Макаренко, Л.І. Моклячук та ін.]; за ред. В.П Патики. – К.: Основа, 2005. – 300 с.
34. Коць С.Я. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин / С.Я. Коць, Н.В. Петерсон. – К.: Логос, 2005. – 182 с.
35. Добрива та їх використання / [Марчук І.У., Макаренко В.М., Розстальний В.Є., Савчук А.В.]. – К.: Юнівест Маркетинг, 2002. – 245 с.
36. Концепція агрохімічного забезпечення землеробства України на період до 2015 року / [за ред. Балюка С.А., Лісового М.В.]. – Харків: Міськдрук, 2009. – 37 с.
37. Булигін С.Ю. Якість земель як основа контролю землекористування / С.Ю. Булигін – Агроекологічний журнал. – 2015. – № 1. С. 36-46.
38. Бакка М.Т. Основи ведення сільського господарства та охорона земель / М.Т. Бакка, В.П. Стрельченко – Житомир, 2000. – 312 с
39. Яворов В.М. Агрохімія. Питання, відповіді, тестові завдання / Віктор Яворов. – Кам'янець Подільський: ФОП Сисин О.В., 2012. – 112 с .
40. 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.
41. Баланс поживних речовин в ґрунтах України та його динаміка / В.О. Греков, Н.Д. Дацько, Н.Д. Пошедів, М.О. Дацько // Охорона родючості ґрунтів – 2008. – Вип. 4. – С. 46-50.
42. Мілютенко Т.Б. Міграція біогенних елементів з ґрунту за різних систем удобрення / Т.Б. Мілютенко, О.А. Демидов, О.В. Шерстобоева // Агроекологічний журнал. – 2014. – № 1. – С. 60-64.
43. Ягодин Б.А. Агрохімія. / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко; под ред. Б.Я. Ягодина. – М.: Колос, 2002. – 582 с.
44. Ґрунтознавство з основами геології та географія ґрунтів [вид. 3-те випр., і допов.] : навч. посіб. / Топольний Ф. П. [та ін.]. – Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2014. – 383 с.

45. Наткіна Н. Мінеральні добрива негативно впливають на довкілля / Н. Наткіна // Фермерське господарство. – 2010. – №18. – С. 15.
46. Господаренко Г.М. Агрохімія мінеральних добрив / Григорій Михайлович Господаренко. – К.: Науковий світ, 2003. – 136 с.
47. 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
48. Global overview on nutrient management / Prepared by the Global Partnership on Nutrient Management in collaboration with the International Nitrogen Initiative, 2013. – 128 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gpa.unep.org/gpnm.html>
49. Чучвага І.Г. Екологічно доцільні дози мінерального азоту для вирощування жита озимого / І.Г. Чучвага, К.І. Волкогон // Агроекологічний журнал. – 2013. – № 2. – С. 75-79.
50. Практикум з ґрунтознавства : [навч. посібник] / О.Ф. Гнатенко, М.В. Капштик , Л.Р. Петренко, С.В. Вітвицький – К.: НАУ, 2002. – 230 с.
51. Jarchow, M.E. and M. Liebman (2012) Tradeoffs in biomass and nutrient allocation in prairies and corn managed for bioenergy production. Crop Science 52:1330-1342.
52. Гринь С.О. Проблеми деградації ґрунтового покриву та шлях поліпшення якості ґрунтів / С.О. Гринь, П.В. Кузнецов, В.Ю.Стаднік. – «Молодий вчений». – 2015. – № 11 (26), Ч. 1. – С 58-62.
53. Медленнодействующие удобрения / Г. В. Пироговская, И. И. Котович, А. И. Краевский и др. – Минск : Бел.НИИПА, 2000. – 361 с.
54. Господаренко Г. М. Вплив азотних добрив на поживний режим чорнозему опідзоленого та врожай нуту [Електронний ресурс] / Г.М. Господаренко, С.В. Прокопчук // Вісник Уманського національного університету садівництва. - 2014. - № 1. - С. 3-8. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vumnuc_2014_1_3.pdf

55. Ященко Л. А. Динаміка сполук фосфору у лучно-чорноземному карбонатному ґрунті за післядії добрив у сівозміні [Електронний ресурс] / Л. А. Ященко, А. С. Осецька // Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер. : Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство. - 2013. - № 2. - С. 100-104.
56. Сучасні системи удобрення сільськогосподарських культур у сівозмінах з різною ротацією за основними ґрунтово-кліматичними зонами України: рекомендації / [За ред. А.С. Заришняка, М.В. Лісового]. – К. : Аграрна наука, 2008. – 120 с.
57. Муравин Е. А. Агрохімія / Е. А. Муравин – М.: Колос, 2003. – 384 с.
58. 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.
59. Ґрунтознавство з основами геології : навчальний посібник / [О.Ф. Ігнатенко, М.В. Капшик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвицький]. – К.: Оранта, 2005. – 648 с.
60. Карпіщенко О. І. Еколого-економічні проблеми використання мінеральних добрив [Електронний ресурс] / О. І. Карпіщенко, О. О. Карпіщенко // Вісник Сумського державного університету. Сер. : Економіка. – 2013. – № 2. – С. 5 - 11.
61. Макаренко Н.А. Толерантність ґрунтів відносно біохімічно активних речовин, джерелом яких можуть виступати мінеральні добрива/ Н.А. Макаренко // Агроекологічний журнал. – 2002. – № 3. – С. 35-40.
62. Моклячук Л. І. Агроекологічна оцінка викидів сполук активного азоту у секторі сільського господарства України / Л.І. Моклячук, О.М. Жукорський, В.О. Пінчук, О.І. Мінералов, О.П. Кейван, О.А. Марченко // Агроекологічний журнал. – 2012. – № 2. – С. 36-42.
63. Иванина В.В. Влияние системы удобрения на стабильность азотного фонда чернозема типичного выщелоченного / В.В. Иванина, Н.К. Шиманская, Г.Н. Мазур. – Агробиология. – 2013. – № 11(104). –

С. 16-18

64. Лопушняк В.І. Вплив рівня Мінерального живлення ячменю ярого на вміст рухомих сполук фосфору і темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу України / В.І. Лопушняк, Н.І. Вега. – Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2015. – Вип. 2. том 1. Ч.2. – С. 30-37.
65. Наземцева Я. О. Моделювання міграції пестицидів у ґрунтах від джерел постійного забруднення [Електронний ресурс] / Я. О. Наземцева, Д. О. Лазненко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2013. - № 4(10). - С. 12-15.
66. Носко Б. С. Використання фосфоритів родовищ України на чорноземних ґрунтах / Носко Б. С., Христенко А. О., Максимова В. П. [та ін.] // Вісник аграрної науки. – 2001. – №1. – С. 34-36.
67. Dietzel, R., M. Liebman, R. Ewing, M. Helmers, R. Horton, M. Jarchow, and S. Archontoulis (in press) How efficiently do corn- and soybean-based cropped systems use water? A systems modeling analysis. *Global Change Biology*.
68. Sven G. Sommer, Jan K. Schjoerring, O.T. Denmead Ammonia Emission from Mineral Fertilizers and Fertilized Crops *Advances in Agronomy* Volume 82, 2004, Pages 557–622
69. Лопушняк В.І. Екологічний стан темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних систем удобрення / В.І. Лопушняк // Агроекологічний журнал. – 2013. – № 3. – С. 47-52.
70. Минеев В. Г. Экологические функции агрохимии в современном земледелии / Василий Григорьевич Минеев // Агрохимия. – 2000. – №5. – С. 5-13.
71. Оліфір Ю. М. Вплив різних видів органічних та органо-мінеральних добрив на урожайність, якість бульб картоплі та поживний режим ґрунту [Електронний ресурс] / Ю.М. Оліфір, А.Й. Габриель, О.Й. Качмар, Р.В. Ільчук // Картоплярство України. - 2012. - № 1-2. - С. 30-34.

72. P. Iovieno , L. Morra, A. Leone, L. Pagano, A. Alfani Effect of organic and mineral fertilizers on soil respiration and enzyme activities of two Mediterranean horticultural soils, *Biology and Fertility of Soils* May 2009, Volume 45, Issue 5, pp 555-561
73. Шевчук О.В. Динаміка вмісту калію в темно-сірому опідзоленому ґрунті в умовах післядії різних видів добрив / О.В. Шевчук // *Агроєкологічний журнал*. – 2013. – № 2. – С. 103-115.
74. Павлюк Ю. Е. Техногенна небезпека гірничих виробок калійних мінеральних добрив [Електронний ресурс] / Ю.Е. Павлюк, Н.О. Ференц, В.М. Мелько // *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. – 2013. – № 7. – С. 199-202.
75. Моклячук Л.І. Втрати азоту у сільському господарстві України / Л.І. Моклячук, В.О. Пінчук, М.М. Марткоплішвілі. – *Агроєкологічний журнал* // 2013. – № 3. – С. 19-23.
76. Нагорнюк О.М. Методи оцінки рівнів екологічної небезпеки сільськогосподарських територій / О.М. Нагорнюк // *Агроєкологічний журнал*. – 2012. – № 3. – С. 78-79.
77. Макаренко Н.А. Екотоксикологічна оцінка мінеральних добрив / Н.А. Макаренко // *Екологія: проблеми адаптивно-ландшафтного землеробства / Матеріали міжнародної наукової конференції 16-18 червня 2005р.* – Житомир: Державний агроєкологічний університет, 2005. – С. 30-34.
78. Цикл азоту в ризосферному ґрунті рослин кукурудзи / Т.Б. Мілютенко, О.В. Шерстобоева, В.В. Волклгон, О.М. Бердніков // *Агроєкологічний журнал*. – 2013. – № 3. – С. 88-94.
79. Малюга Ю. Е. Теоретическое обоснование эффективности азотных удобрений пролонгированного действия в лесном и сельском хозяйстве Украины: Моногр. / Юрий Егорович Малюга. – Х.: Новое слово, 2006. – 438 с.
80. Galichechi, S. Nitrogen fertilizer the effects on growing potato [Text] /

- S. Galichecki, M. Gashti azar // *Journal of Biology and today's world*. – 2013. – Vol. 2. – P. 335–338.
81. Копитко П.Г. Удобрення плодкових і ягідних культур / Петро Григорович Копитко. – К.: Вища школа, 2001. — 206 с.
82. Співвідношення Стк/Сфк у ґрунтах України як показник рухомості мікроелементів / А.І. Фітєєв, Д.О. Семенов, М.М. Мірошніченко та ін. // *Вісник аграрної науки*. – 2013. – № 7. – С. 16-19.
83. Телегуз О.В. Агроекологічна оцінка ґрунтів : монографія / О.В. Телегуз, М.Г. Кіт. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013 – 257 с.
84. Winiarski A. Metody zwiekszania wykorzystania azotu z nawozow mineralnych zwiazane z technologia ich wytwarzania I stosowania / Winiarski A. // *Prace Nauk. ITN I NMPWr*. 1994. - 40. - 69 s.
85. Kornienko, Y. Mathematical modeling of continuous formation of multilayer humic-mineral solid composites [Text] / Y. Kornienko, R. Sachok, V. Rayda, O. Tsepkało // *Chemistry & Chemical Technology*. – 2009. – Vol. 4. – P. 335–338.
86. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. / L. Bouwman, K.K. Goldewijk, K.W. Van Der Hoek et al. – 2011. – 56 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1012878108
87. Пліско І.В. Вартість основних поживних речовин у ґрунтах України / І.В. Пліско, Л.В. Дацько, О.С. Дем'янюк – *Агроекологічний журнал* // 2013. – № 1. – С. 55-60.
88. Фатеев А.И. Локальный способ внесения удобрений. Почвенно-агрохимические аспекты / Анатолий Иванович Фатеев. – Харьков: Міськдрук, 2002. – 160 с.
89. Шувар І. А. Проблема азотного живлення рослин // *Агробізнес сьогодні*. – 2014. – №9(280). – С.35- 37.
90. Агрохімічний аналіз / [Городній М.М., Лісовал А.П., Бикін А.В. та ін.].

- К.: Арістей, 2005. – 468 с.
91. Jarchow, M.E., M. Liebman, V. Rawat, and R.P. Anex (2012) Functional group and fertilization affect the composition and bioenergy yields of prairie plants. *Global Change Biology Bioenergy* 4:671-679.
 92. Шевчук М. Й. Агрохімія : навчальний посібник / М.Й. Шевчук, С.І. Веремєєнко ; за ред. М.Й. Шевчука. Рівне: [Національний університет водного господарства та природокористування], 2008. – 223 с.
 93. Глущенко Л. Д. Ефективність застосування водорозчинних добрив під основні сільськогосподарські культури за умов зміни клімату [Електронний ресурс] / Л.Д. Глущенко, Р.В. Олєпир, О.І. Лєнь, В. М. Вакулєнко, Б.Б. Котвіцький // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2013. – № 3. - С. 89-92.
 94. Доценко О. В. Гумусний стан чорнозему типового під впливом тривалого внесення добрив [Електронний ресурс] / О. В. Доценко // Вісник аграрної науки. - 2012. - № 12. - С. 75-76.
 95. Семенов А.М. Диагностика здоровья и качества почвы / А.М. Семенов, В.М. Семенов, А.Х.К. Ван Бругген. – Агрoхимия. – 2011. – № 12. – С. 4-20.
 96. Позняк С. П. Грунтознавство і географія ґрунтів : підручник [2 ч.] / Степан Павлович Позняк // Л.: ЛНУ ім. І. Франка, 2010. – 268 с
 97. Бондарєва О.Б. Міграція та накопичення свинцю і калію у ґрунті і рослинах під впливом добрив/ О.Б. Бондарєва, Л.І Коновалєнко, О.М Мілігула // Агрoекологічний журнал. – 2012. – № 3. – С. 20-23.
 98. Будзяк О. С. Дєградація земельно-ресурсного потенціалу України / О. С. Будзяк // Збірник наукових праць “Економіка природокористування і охорони довкілля”. – 2012. – С. 78-83.
 99. Лопушняк В.І. Динаміка біологічних показників родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту під впливом різних систем удобрення / В.І. Лопушняк // Сучасні проблеми збалансованого природо-

користування: зб. наук. пр. Подільського державного аграрно-технічного університету. – 2012. – С. 320–323.

100. 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.
101. Національна доповідь “Про стан родючості ґрунтів України” / Редкол. С.А. Балюк, В.В. Медведєв, О.Г. Тараріко та ін. – К., 2010. – 111 с.
102. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії : Підручник [2-ге вид., пер. і доп.] / [В.П. Гудзь, А.П. Лісовал, В.О. Андрієнко, М.Ф. Рибак] ; За ред. В.П. Гудзя. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 408 с.
103. 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.
104. Лісовал А.П. Методи агрохімічних досліджень / Анатолій Петрович Лісовал. – К.: Видав. центр НАУ, 2001. – 247 с.
105. Городній М.М. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення / М. М. Городнього. – Київ: Алефа, 2004. – 140 с.
106. Assessing our nitrogen inheritance / M.A Sutton, S.M. Howard? J.W. Erisman et al. // The European Nitrogen Assessment. – Cambridge University Press, 2011. – P. 1-6.
107. Телегуз О.В. Оцінка екологобезпечного використання орних земель Львівської області / О. В. Телегуз // Наук. вісн. Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки. - 2010. - № 15. - С. 25-32.
108. Степаненко Т.О. Розвиток екологізації сільсько-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.
109. Шувар І. А. Як часто ми забуваємо, що родючість ґрунту відновлюється вкрай повільно, а виснажується - досить швидко [Електронний ресурс] / І. Шувар // *Зерно і хліб*. - 2013. - № 4. - С. 27-29. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Zikh_2013_4_10.pdf
110. 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.
111. 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.
112. Khiari, L. Phosphorus transformations in acid light-textured soils treated with dry swine manure [Text] / L. Khiari, L.-E. Parent // *Canadian Journal of Soil Science*. – 2005. – Vol. 85. – P. 75–87.
113. Сайдак Р.В. Залежність ефективності добрив від гідротехнічних умов / Р.В. Сайдак. – *Агроєкологічний журнал*. – 2014. – № 4. С. 74-78.
114. Pare, M. C. Physical properties of organo-mineral fertilizers – Short Communication [Text] / M. C. Pare, S. E. Allaire, L. Khiari, C. Nduwamungu // *Canadian Biosystems Engineering*. – 2009. – Vol. 51. – P. 3.21–3.27.
115. Daigh, A.L.M., X. Zhou, M.J. Helmers, C.H. Pederson, R. Horton, M. Jarchow, and M. Liebman (in press) Subsurface drainage nitrate and total reactive phosphorus losses in bioenergy-based prairies and corn systems. *Journal of Environmental Quality*.
116. Заречений В.Г. Виробництво фосфоровмісних мінеральних добрив підприємствами України та їх використання в сільському господарстві : монографія / [Володимир Григорович Заречений та ін] ; за ред. Зареченого В.Г. – Суми: УК, 2004. – 189 с.
117. 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.
118. Шувар І. А. Біологізація землеробства – шлях до формування сталих агроєкосистем на локальному і глобальному рівнях [Електронний ресурс] / І. А. Шувар // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Ѓжицького. - 2011. - Т. 13, № 1(2). - С. 393-399.
119. Шевчук М. Й. Ефективність використання фосфоритонесних агроруд / М. Й. Шевчук, В. А. Гаврилюк // Вісник аграрної науки. – 2002. – №3. – С. 10-12.
120. 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.
121. Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур / В.Ф. Камінський, В.Ф. Сайко, І.П. Шевченко та ін.; за ред. В.Ф. Камінського. – К.: “Едельвейс”, 2012. – 196 с.
122. Захаренко В. А. Мировые тенденции производства и использования минеральных удобрений / В. А. Захаренко // Агрехимия. – 2000. – №5. – С. 14-15.
123. Господаренко Г.М. Основи інтегрованого застосування добрив / Григорій Михайлович Господаренко. – К.: ЗАТ ”Нічлава”, 2002. – 342 с
124. 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.
125. Гумницький Я.М. Регулювання швидкості вивільнення компонентів з капсульованих мінеральних добрив / Я.М. Гумницький, О.В. Люта,

- В.В. Сабадаш // Вісник НУ «Львівська політехніка» Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2006. – №553. – С. 187-190.
126. Регенерація ґрунтів шляхом використання вторинної сировини та природних мінералів. – К.: Інформаційний вісник Федерації органічного руху України, №5, 2007. – С. 6-7
127. Люта О.В. Вплив метеорологічних умов на міграцію компонентів мінеральних добрив у ґрунтового середовищі / О.В. Люта, Я.М. Гумницький // Вісник НУ «Львівська політехніка» Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2008. – №609. – С. 250-253.
128. Sims, J. T. 2000. Soil fertility evaluation. In: Handbook of soil science / Malcolm E Sumner editor in chief. CRC PRESS, p. D-113-D-153.
129. Гаврилюк В.А. Органо-мінеральні добрива – комплексне вирішення використання сировинних ресурсів / В.А. Гаврилюк, С.М. Демчук // Агроекологічний журнал. – 2013. – № 4. – С. 78-81.
130. 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.
131. 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.
132. 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.
133. Скрипка О. О. Порівняльний аналіз перспектив розвитку ринку мінеральних добрив України та Франції [Електронний ресурс] / О. О. Скрипка // Вісник Одеського національного університету. Економіка. - 2012. - Т. 17, Вип. 3-4. - С. 74-80.
134. Швартау В. В. Мінеральні добрива в Україні [2-ге вид., доп.] /

- В. В. Швартау, Ж. З. Гуральчук. – К.: Логос, 2007. – 330 с.
135. Бобко О.О., Екологічні дослідження застосування мінеральних добрив / О.О. Бобко, В.Л. Вишнівська, Ю.Л. Вишнівська // Збірник матеріалів II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. – Вінниця. – 2010. – С. 1-3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/2vze/zb_m/0140_zb_m_2VZE.pdf
136. Курдиш І.К. Інтродукція мікроорганізмів у агроєкосистеми / Іван Кирилович Курдиш. – Київ: Наукова думка, 2010. – 253 с.
137. Носко Б.С. Азотний режим ґрунтів і його трансформація в агроєкосистемах / Борис Семенович Носко. – Харків : ННЦ "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського", 2013. – 128 с.
138. Особенности взаимодействия растений и азотфиксирующих микроорганизмов / [С.Я. Коць, С.К. Береговенко, Е.В. Кириченко, Н.Н. Мельникова]. – К.: Наукова думка, 2007. – 316 с.
139. Забруднення навколишнього природного середовища хімічно активним азотом із сільськогосподарських джерел: проблема та шляхи розв'язання / Л.І. Моклячук, С.М. Лукін, Н.П. Козлова, М.М. Марткоплішвілі // Агроєкологічний журнал. – 2014. – № 1. С. 13-20.
140. Біологічний азот / [В.Л. Пати́ка, С.Я. Коць; В.В. Волкогон та ін.]. – К.: Світ, 2003. – 422 с.
141. Шувар І. А. Біологічний азот у ґрунті: причини дефіциту. Агробізнес сьогодні. – 2014. – №8(279). – С.37- 39.
142. Пармінська Л. М. Патогенна мікрофлора ґрунту: вплив систем удобрення пшениці озимої на її видовий склад у короткоротаційних сівозмінах [Електронний ресурс] / Л. М. Пармінська // Карантин і захист рослин. - 2012. - № 11. - С. 1-3.
143. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобияльный симбиоз / [С.Я. Коць, В.В. Моргун, В.Ф. Патыка и др.]. – К.: Логос, 2010. – Т. 1.

– 508 с.

144. Сабадаш В. В. Вплив гранульованих і капсульованих мінеральних добрив на фізико-хімічні властивості ґрунту та функціонування ґрунтової мікрофлори / В. В. Сабадаш, І. Б. Русин [и др.] // Сільський господар : щомісячний журнал: науково-виробничі, інформаційні, практичні поради, реклама та оголошення. – 2011. – № 5. – С. 14-17
145. Deciphering the biochemical spectrum of novel cyanobacterium-based biofilms for use as inoculants Radha Prasanna*, Arun Kumara, Santosh Babua, і інші Biological Agriculture & Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems Volume 29, Issue 3, 2013 pages 145-158
146. Вага Л.І. Динаміка чисельності азотобактера в агрофітоценозі пшениці озимої за різних систем удобрення / Л.І. Вага // Агроекологічний журнал. – 2013. – № 1. – С. 61-64.
147. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В.В. Вологон, О.В. Надкернична, Л.М. Токмакова та ін.; за наук. ред. В.В. Вологона. – К.: Аграр. наука, 2010. – 464 с.
148. Ізюмова О.Г. Активність мікробних популяцій ґрунту за аеротехногенного впливу/ О.Г. Ізюмова // Агроекологічний журнал. – 2011. – Спец. вип. – С. 78-81.
149. Балюк С.А. Концепція екологічного ризику деградації ґрунтового покриву України / С.А. Балюк, Г.А. Верніченко // Вісн. аграр. науки. – 2011. – № 6. – С. 5–11.
150. Лопушняк В. Оцінка мікробіологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за використання ферментованих добрив [Електронний ресурс] / В. Лопушняк, Н. Засекін // Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер.: Агрономія. - 2013. - № 17(1). - С. 170-174. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vlnau_act_2013_17\(1\)__34.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vlnau_act_2013_17(1)__34.pdf)
151. Ковалець Ю. Гумусовий стан дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся України / Ю. Ковалець // Вісник Львівського НАУ: Агрономія.

– 2012. – № 16. – С. 520-525.

152. Минеев В.Г. Актуальные задачи агрохимии в условиях современного земледелия / В.Г. Минеев // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 1. – С. 3-9.
153. Скрильник Є. Органо-мінеральні добрива: перспективи їхнього застосування / Є. Скрильник // Пропозиція. – 2010. – № 12. – С. 68-70.
154. Волкогон К.І. Розвиток мікроорганізмів азотного циклу в ризосфері пшениці озимої під впливом мінеральних добрив та бактеріальних препаратів / К.І. Волкогон // Агроекологічний журнал. – 2013. – № 3. С. 95-101.
155. Фурдичко О.І. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України / О.І. Фурдичкою – К.:ДіА, 2014. – 432 с.
156. Острога Р. А. Органические и органо-минеральные удобрения [Электронный ресурс] / Р. А. Острога, С. И. Якушко // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. - 2012. . - Вип. 41(2). - С. 242-246.
157. Сільськогосподарська мікробіологія і збалансований розвиток агроєкосистеми / В.Ф. Петриченко, І.А. Тихонович, С.Я. Коць та ін. // Вісник аграрної науки. – 2012. – № 8. – С 5-11.
158. Сільськогосподарська мікробіологія : здобутки та перспективи : збірник наукових праць / [ред. В.В. Волкогон]. – Чернігів :ЦНП, 2011. – 435 с.
159. Острога Р. О. Режимні параметри процесу капсулювання мінеральних добрив органічною оболонкою [Текст] / Р.О. Острога, М.П. Юхименко // Вісник Сумського державного університету. – 2013. – № 1. – С. 56–60.
160. Ostroha R. Mechanism of film formation during granules capsulation in fluidized bed [Text] : матер. III міжн. конф. / R. Ostroha, M. Yukhymenko // Хімія та хімічні технології. ССТ-2013. – Національний університет

«Львівська політехніка», 2013. – С. 148–149.

161. Острога Р. О. Кінетика капсулювання гранульованих мінеральних добрив органічною оболонкою [Текст] / Р. О. Острога // Вісник Національного технічного університету «Харківського політехнічного інституту». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2014. – № 7 (1050). – С. 146–151.
162. Встановлення оптимального складу плівкоутворюючої композиції капсульованого мінерального добрива / В. Я. Бунько М. С. Мальований, О. А. Нагурський В. М. Друзюк // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2012. – №. 4(75). – С. 135-139.
163. Острога Р. О. Капсулювання азотовмісних добрив суспензією курячого посліду в апараті киплячого шару [Електронний ресурс] / Р. О. Острога, М. П. Юхименко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2014. - № 2(6). - С. 11-15.
164. Острога Р.О. Особливості процесу капсулювання мінеральних добрив органічною оболонкою [Текст] / Р.О. Острога, М.П. Юхименко // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма III Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 22-25 квітня 2014 р.: у 2-х ч. / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2014. — Ч.2. — С. 90.
165. Нагурський О. А. Гідродинаміка дисперсного шару в процесі зрошення рідиною. Експериментальне дослідження [Текст] / О. А. Нагурський // Хімічна промисловість України. - 2011. - № 2. - С. 25-29
166. Нагурський О. А. Капсульовані мінеральні добрива. Кінетика вивільнення компонентів із полідисперсних сумішей [Текст] / О. А. Нагурський // Хімічна промисловість України. - 2012. - № 3. - С. 69-73.
167. Нагурський, О. А. Особливості капсулювання гранульованих мінеральних добрив в апаратах киплячого шару / О. А. Нагурський, М. С. Мальований, В. Я. Бунько // Хімічна промисловість України. -

2012. - № 5. - С. 55-58.

168. Нагурський О. А. Експериментальні дослідження кінетики дифузійного вивільнення компонентів капсульованих мінеральних добрив [Електронний ресурс] / О. А. Нагурський, Я. М. Гумницький // Вопросы химии и химической технологии. - 2012. - № 2. - С. 202-204.
169. Гумницький Я. М. Капсулювання дисперсних матеріалів та екстрагування цільових компонентів з капсульованих частинок [Електронний ресурс] / Я. М. Гумницький, О. А. Нагурський // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. - 2012. - Вип. 41(1). - С. 83-87.
170. Нагурський О. А. Кінетика тепло- та масообміну процесу капсулювання дисперсних матеріалів в стані псевдо зрідження [Електронний ресурс] / О. А. Нагурський, Я. М. Гумницький // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. - 2012. - Вип. 41(2). - С. 200-206.
171. Нагурський О. А. Кінетика нарощування оболонки на поверхні частинок матеріалу під час капсулювання у стані псевдо зрідження [Електронний ресурс] / О. А. Нагурський // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. - 2013. - Вип. 43(1). - С. 140-142.
172. Нагурський О. А. Капсульовані мінеральні добрива. Кінетика вивільнення компонентів із полідисперсних сумішей / О.А. Нагурський // Хімічна промисловість України. – 2012. – №3 (110). – С. 69-73.
173. Острога Р. О. Кінетика капсулювання гранульованих мінеральних добрив органічною оболонкою / Р. О. Острога // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2014. – №7 (1050). – С. 146-151.
174. Овчинников Л.Н. Капсулирование минеральных удобрений во взвешеном слое : монография / Л.Н. Овчинников, А.Г. Липин. – Иваново: ГХТУ, 2011. – 140 с.

175. Гумницький Я.М. Регулювання інтенсивності вивільнення компонентів із капсульованих мінеральних добрив у навколишнє середовище / Я.М. Гумницький, О.В. Люта, В.В. Сабадаш // Экотехнологии и ресурсосбережение. – К.: – 2007. – №6. – С. 65–68.
176. Люта О.В. Математична модель процесу міграції мінеральних добрив у природному ґрунтовому середовищі / О.В. Люта, Я.М. Гумницький, В.В. Сабадаш // Вопросы химии и химической технологии. – Дніпропетровськ: – 2008. – №2. – С.195-198.
177. Гумницький Я.М. Вимивання компонентів мінеральних добрив із ґрунтового природного середовища / Я.М. Гумницький, О.В. Люта, В.В. Сабадаш // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – К.: – 2009. – №1. – С. 62-65.
178. Сабадаш В.В. Фізико – хімічна інтерпретація зміни кінетики вивільнення компонента з полімерних капсул під впливом водневого показника середовища / В.В. Сабадаш, О.В. Люта // Вісник НУ «Львівська політехніка» Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2005. – №536. – С. 136-139.
179. Гумницький Я.М. Регулювання масопровідності полімерної оболонки капсульованих добрив / Я.М. Гумницький, О.В. Люта, В.В. Сабадаш // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: – 2006. – вип. 28. – Т.2. – С. 201.
180. Гумницький Я.М. Дослідження міграції мінеральних добрив у ґрунтовому середовищі / Я.М. Гумницький, В.В. Сабадаш, О.В. Люта, О.В. Гебій // Вісник НУ «Львівська політехніка» Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2007. – №590. – С. 246-250.
181. Гумницький Я.М. Математичні моделі міграції компонентів добрив у ґрунтовому середовищі / Я.М. Гумницький, О.В. Люта // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: – 2008. – вип. 32. – С. 6-9.
182. Гумницький Я.М. Регулювання проникливості полімерних оболонок

- капсульованих мінеральних добрив / Я.М. Гумницький, О.В. Люта, В.В. Сабадаш // Тези доповідей III Української науково-технічної конференції з технології неорганічних речовин "Сучасні проблеми технології неорганічних речовин". – Дніпропетровськ: – 2006. – С. 80.
183. Гумницький Я.М. Міграція забруднень у ґрунтовому середовищі / Я.М. Гумницький, О.В. Люта, В.В. Сабадаш // Збірка доповідей конференції Екологічна безпека: моніторинг, оцінка ризику, перспективні природоохоронні технології. НУЛП. – Львів: – 2007. – С. 83-84.
184. Люта О.В. Математичне прогнозування міграції компонентів у вертикальному профілі ґрунту / О.В. Люта, В.В. Сабадаш, Я.М. Гумницький // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення енергетичної ефективності харчових і хімічних виробництв". – Одеса: – 2007. – С. 202.
185. Gumnitsky Y., Lyuta O., Sabadash V. Regulated mass transfer through polymeric capsules // Materiały konferencyjne XIX Ogólnopolska konferencja Inżynierii Chemicznej i Procesowej. – Rzeszow: – 2007. – p. 179-183.
186. Патент на корисну модель 32170 Україна, МПК 7 C05G 3/100. Полімерна дисперсія для капсулювання добрив / Сабадаш В.В., Гумницький Я.М., Люта О.В.; заявник і патентовласник НУ "Львівська політехніка". – № 200713797; заяв. 10.12.2007, опубл. 12.05.2008, Бюл. №9. – 2с.
187. А.С.1574583 СССР, МКИ C05G3/04. Способ получения фосфорных удобрений на основе цеолита/Сихарулидзе Н.Г., Пейкришвили Г.М., Гвасалия Л.И. и др.-№4348638/23-26, заявл.2612-87, опубл.30.06.90, Бюл.№24.
188. А.С. 1574534 СССР, МКИ C01B33/34. Способ получения модифицированного клиноптилолита/ Сихарулидзе Н.Г., Пейкришвили Г.М., Патарадзе М.Ш. и др.-№4390215/23-26, заявл. 11.03.88, опубл.

30.06.90, Бюл.№24.

189. Патент 2165912 Россия, МПК7 C05G3/04, C05B19/00. Способ получения гранулированного азотно-фосфорного удобрения/Иванов И.В., Сукманов В.Е., Романовская Т.И., Юрьева В.И., Резеньков М.И., Муравьев В.А.- №2000113426/12, заявл.19.05.00, опубл.27.04.01.
190. Патент 50030 Украина, МПК6 C05F3/00, C01B33/36. Комплексне добриво / Цейтлін М.С., Мазур Г.А.-№2000127037, заявл. 07.12.00, опубл.17.06.02.
191. Патент 50223 Украина, МПК6 C05G3/00. Органо-мінеральне добриво/Соболев В.О., Ткаченко В.І., Корбут М.А.-№2001118054, заявл.26.11.01, опубл.15.10.02.
192. А.С. 266446 ЧСФР, МКИ C05D9/00, C055C9/02. Spusob vygoty zasobnito hnojiva/Dubsky Ferdinand, Mostecky Jiri.-№3597-88.0, заявл.26.05.88, опубл.27.07.90.
193. А.С. 1613443 СССР, МКИ C05C9/02 Способ получения медленнодействующих комплексных удобрений для теплиц/Лубис Б.А., Бечюс П.П., Гедвилас В.С. и др.-№4433441/30-26, заявл.18.04.88, опубл.15.12.90, Бюл.№46.
194. Заявка 99119746/12 Россия, МПК7 C05B13/06. Комплексное стеклянное удобрение пролонгированного действия/Зарогатский Л.П., Карапетьян Г.О., Лимбах И.Ю., Писарев И.Н., Карапетьян К.Г., Докукина А.Ф., Смирнова З.А.-№99119746/12, заявл. 02.09.99, опубл.27.07.01.
195. U.S.Patent N2648609, K1.B05C 9/06. Method of applying coatings to edible tablets and the like/ Wurster D.E.
196. Патент 78081 Украина, МПК: C05F 5/00. Полімерна дисперсія для капсулювання добрив / Мальований М.С., Нагурський О.А., Бунько В.Я., Свянтко І.М, -№201209514, заявл. 06.08.12, опубл.11.03.13.
197. Патент 56191 Украина, МПК: C05G 3/00. Полімерна дисперсія для

- капсулювання добрив / Мальований М.С., Нагурський О.А., Сабадаш В.В., Святко І.М, Недадь Хуссейн Мусалам Аль Хасанат-№201005938, заявл. 17.05.2010, опубл. 10.01.2011.
198. Патент 39866 Україна, МПК: МПК: C05G 3/00. Полімерна дисперсія для капсулювання добрив / Мальований М.С., Гавриляк М.Я., Нагурський О.А., Сабадаш В.В., Святко І.М, Гумницький Я.М. – №200812277, заявл. 17.11.2008, опубл. 10.03.2009.
199. Цеолиты. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://ruthengazeta.narod.ru/Sokur1.htm>
200. Шпак А. П. Апатиты : Монографія / Анатолій Петрович Шпак, Владимир Леонидович Карбовский, Владимир Васильевич Трачевский. К.: Академперіодика, 2002. – 414 с.
201. Semmens M. Modeling ammonium exchange and regeneration on clinoptilolite / M. Semmens, J. Klieve, D. Schnobrich, G. W. Tauхе // Water Research. – 1981. – № 15(6). – p. 655–666.
202. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта [5-е изд., доп. и перераб.] / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
203. Сеги Й. Методы почвенной микробиологии / Й. Сеги. – М.: Колос, 1983. – 296 с.
204. Тымчук І.С. Капсулирование удобрений – путь к снижению загрязнения и повышению урожайности / І.С. Тымчук, М.С. Мальований // Устойчивое развитие: Варна. – 2014. – № 23. – С. 151-156.
205. Тимчук І.С. Вплив капсулювання мінеральних добрив на продуктивність ярого ячменю / І.С. Тимчук, М.С. Мальований // Сільський господар. – Львів . – 2014. – № 5-6. – С. 32-35
206. Тимчук І.С. Вплив капсулювання мінеральних добрив на продуктивність сої / І.С. Тимчук, М.С. Мальований // Сільський господар – Львів . – 2014. – № 7-8. – С. 16-19
207. Тимчук І.С. Негативний вплив мінеральних добрив на агроєкосистему і

- його мінімізація методом капсулювання добрив // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького – 2012. – С. 116-123
208. Тимчук І.С. Вплив капсульованих мінеральних добрив на мікрофлору ґрунту / І.С. Тимчук, М.С. Мальований, М.В. Пристай, В.Л. Носко // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування – 2014.- Випуск 3 (67). - С. 22-29.
209. Вплив на агроєкосистеми капсульованих мінеральних добрив. / І.С. Тимчук, М.С. Мальований // 2-й Міжнародний конгрес “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”: збірник матеріалів. – НУ “Львівська політехніка”. – Львів “ЗУКЦ”, 2012. – С. 152.
210. Капсулювання мінеральних добрив – шлях до зниження їх негативного впливу на довкілля / І.С. Тимчук, М.С. Мальований // Екологія і туризм: матеріали I міжнародної конференції молодих вчених EсоTour-2013 / М-во освіти і науки України, НУ “Львівська політехніка”. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – С. 36-37.
211. Доцільність використання капсульованих мінеральних добрив / І.С. Тимчук, М.С. Мальований // Чисте місто. Чиста ріка. Чиста планета.: збірник матеріалів форуму. – Херсон: ХТПП, 2013. – С. 507-509.
212. Еколого-економічні аспекти використання природних сорбентів у агротехнологіях / І. Тимчук, М. Мальований, З. Одноріг, Т. Гажула // Тези Міжнародної конференції “Соціально-екологічні проблеми переходу до сталого розвитку: реалії та перспективи XXI століття”. – НУБіПУ, 24-27 вересня 2013 р. Херсон: Грінь Д.С. – С. 76-78.
213. Вплив капсульованих мінеральних добрив на урожайність столового буряку / І.С. Тимчук // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених “Актуальні проблеми агропромислового виробництва України”. – Львів-Оброшино: [Б.в.], 2014. – С. 74.

214. Городній М.М. Агроекологія / М.М. Городній, М.К. Шикула. – К.: Вища школа, 1993. – 347 с.
215. Mengel K. Impacts of intensive plant nutrient management on crop production and environment/ K.Mengel : Materials 14-th International Congress [“Congress of Soil Science”], (Stuttgart, 12 - 18 August 1990), Stuttgart, 1990. – P. 89-93.
216. Yigal G. How to boost nitrogen use efficiency / Gat Yigal, Zukerman Zvi // International journal of fertility and menopausal studies. – 2004. - № 400. - P.147-151.
217. Вислободська М. М. Хімічна меліорація ґрунтів з використанням природного цеоліту / М. М.Вислободська ; за заг. ред. В. В. Снітинського, В. І. Лопушняка // Вчені Львівського державного аграрного університету виробництва : каталог наукових розробок . – Львів : ЛНАУ, 2010. – Вип. 10. – С. 9–10.
218. Кузьменко Є. І. Вплив субстратів на розвиток винограду в умовах антропогенного забруднення [Електронний ресурс] / Є. І. Кузьменко // Збірник наукових праць [Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків]. – 2012. – Вип. 15. – С. 12-14. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/znpicb_2012_15_3.pdf
219. Челищев Н. В. Ионнообменные свойства минералов / Н. В. Челищев. – М.: Наука, 1973. – 204 с.
220. Григора Т. И. Действие и последствие цеолита – клиноптиллолита на плодородие дерново–подзолистой почвы / Т. И. Григора // Земледелие. – Киев, 1985. – № 60. – С. 31–35.
221. Азаров В.І. Хімія деревини і синтетичних полімерів / В.І. Азаров, А.В. Буров, Л.В. Оболенська. – С. - Петербург, 1999. – 190 с.
222. Полистирол. Технические условия : ТУ 2214-126-05766801-2003 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://elarus.ru/info/standards/tu-2214-126-05766801-2003/>
223. Biological degradation of plastics: A comprehensive review [Електронний

ресурс] / Aamer Ali Shah , Fariha Hasan, Abdul Hameed, Safia Ahmed. – 2008. – № 26. – P. 246-265 – Режим доступа : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975008000141>

224. Звягинцев Д.Г. Биология почв /Д.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 445 с
225. 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.
226. 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.

ДОДАТКИ

3756



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, тел. (380-32) 237-49-93, 258-27-58, факс: (380-32) 258-26-80
 ел. пошта: coffice@lp.edu.ua, інтернет: www.lp.edu.ua

01.09.2015 № 67-ОІ-1439

на № _____

До спеціалізованої вченої ради
 К 36.814.02 Львівського національного
 аграрного університету

ДОВІДКА

про використання у навчальному процесі
 Національного університету «Львівська політехніка»
 результатів досліджень та розробок, одержаних
 при виконанні дисертаційної роботи
 Тимчука Івана Степановича

Основні положення та результати дисертаційного дослідження Тимчука Івана Степановича на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія, впроваджені у навчальний процес Національного університету «Львівська політехніка» та застосовуються при викладанні дисципліни «Агроєкологія» на кафедрі екології та збалансованого природокористування Національного університету «Львівська політехніка» для студентів спеціальності 7.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища». Зокрема, у навчальному процесі використовується аналіз впливу капсульованих мінеральних добрив на агроєкосистеми (розділ 7, Тема "Негативний вплив застосування добрив на довкілля").

Проректор з науково-педагогічної роботи
 Національного університету
 «Львівська політехніка»

Давидчак О.Р.

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Директор Інституту
сільського господарства
Карпатського регіону НААН
член кор. НААН, доктор с.-г. наук
С.М. СЕДІЛО
"02" вересня 2015 р.



АКТ

передачі матеріалів дисертаційної роботи Тимчука І.С. для
використання в науково-дослідній роботі

Цим актом стверджується, що Тимчук І.С. передав в Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН результати дисертаційної роботи "Агроекологічна оцінка капсульованих мінеральних добрив в умовах заходу України"

Матеріали дисертації будуть використані для проведення науково-дослідної роботи лабораторії землеробства і відтворення родючості ґрунтів по завданнях ПНД 02 "Землеробство" та ПНД 08 "Сталий розвиток Карпатського регіону"

Зав. лабораторії землеробства
і відтворення родючості ґрунтів,
канд. с.-г. наук

Качмар О.Й.