

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут агроєкології та землеустрою
Кафедра агрохімії, ґрунтознавства та землеробства

05-01-247М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи з освітньої компоненти

«Агрохімія»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня

за освітньо-професійною програмою «Агрономія»

спеціальності 201 «Агрономія»

денної та заочної форм навчання

з елементами дуальної освіти

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості

ННІАЗ

Протокол № 1 від 30.08.2022 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до самостійної роботи з освітньої компоненти «Агрохімія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агрономія» спеціальності 201 «Агрономія» денної та заочної форм навчання з елементами дуальної освіти [Електронне видання] Фурманець О. А. – Рівне : НУВГП, 2023. – 60 с.

Укладач: Фурманець О. А., кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства.

Відповідальна за випуск: Колесник Т. М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувачка кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства.

Керівник групи забезпечення
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

Колесник Т. М.

© О. А. Фурманець, 2023
© НУВГП, 2023

ЗМІСТ

	Вступ	3
1	Опис освітньої компоненти	4
2	Мета і завдання освітньої компоненти	4
3	Рекомендації до виконання самостійної роботи	5
4	Зміст питань, що виносяться на самостійне опрацювання	6
5	Рекомендована література	57
6	Інформаційні ресурси	60

Вступ

Освітня компонента «Агрохімія» спрямована на опанування здобувачем освіти знань щодо асортименту та особливостей застосування основних агрохімічних засобів у сучасному виробництві (добрива, меліоранти, бактеріальні продукти) та практичних навичок агрохімічного аналізу ґрунту, рослин та добрив.

Вивчення дисципліни складається з лекційних, лабораторних занять та самостійної роботи над курсом.. Робота здобувачів освіти на лекції передбачає: сприйняття інформації, фіксації її у вигляді конспекту з подальшим осмисленням. На лабораторних роботах здобувач освіти повинен навчитися працювати із типовим обладнанням, виконувати поширені агрохімічні аналізи, брати участь у дискусії за темою, що розглядається, аналізувати первинні отримані результати та ставити запитання з приводу позначеної проблеми. Самостійна робота здобувача освіти над курсом проводиться у вільний від аудиторних занять час та передбачає: засвоєння лекційного матеріалу за допомогою конспекту, методичних вказівок та запропонованої літератури; підготовку до практичних занять; аналіз періодичних видань, науково-популярної літератури, тощо. Самостійно опрацьовувати курс «Агрохімія» здобувач освіти може за допомогою основної та додаткової літератури, що наведена наприкінці методичних вказівок.

Інформація з основних проблемних питань курсу наведена у цих методичних вказівках.

Проблемні питання можуть бути додатково опрацьовані на консультаціях викладача.

1.Опис освітньої компоненти

Ступінь вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Освітня програма	Агрономія
Спеціальність	201 Агрономія
Рік навчання, семестр	3-ий рік навчання, 2 семестр
Кількість кредитів	4,5 кредити
Лекції	30 годин д.ф.н./8 год з.ф.н.
Практичні/семінари	30 годин д.ф.н./8 год з ф.н.
Самостійна робота	75 годин д.ф.н./119 год з.ф.н.
Форма навчання	Денна/заочна з елементами дуальної освіти
Форма підсумкового контролю	Екзамен
Мова викладання	Українська

2.Мета і завдання освітньої компоненти

Метою освітньої компоненти “Агрохімія” є ознайомлення майбутніх фахівців - агрономів з особливостями біохімічних процесів і взаємозв’язків в системі ґрунт-рослина-добриво, з метою підвищення продуктивності сільськогосподарських культур і збільшення врожайності та підтримання високої технологічної якості продукції.

Основними завданнями навчальної дисципліни є:

- набуття знань щодо основних характеристик добрив і способів їх ефективного використання;
- усвідомлення фізіологічних основ застосування органічних та мінеральних добрив, їх класифікації, властивостей та використання;

- знання агрохімічних властивостей основних типів ґрунтів України, їх агрохімічної характеристики та заходів щодо регулювання родючості;

- розуміння особливостей агрохімічного забезпечення сільськогосподарського виробництва, технологій, схем та машин для застосування добрив.

Освітня компонента «Агрохімія» формує наступні компетентності:

- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

- навички здійснення безпечної діяльності;

- здатність використовувати базові знання основних підрозділів аграрної науки (рослинництво, землеробство, селекція та насінництво, агрохімія, плідівництво, овочівництво, ґрунтознавство, кормовиробництво, механізація в рослинництві, захист рослин);

- здатність науково обґрунтовано використовувати добрива та засоби захисту рослин з урахуванням їх хімічних і фізичних властивостей та впливу на навколишнє середовище.

3. Рекомендації до виконання самостійної роботи

Розподіл годин самостійної роботи для здобувачів освіти *денної/дуальної* форми навчання:

- підготовка до аудиторних занять – 0,5 год./1 год. занять = $0,5 \cdot (30+30) = 30$ год.

- підготовка до контрольних заходів – 6 год. на 1 кредит ЄКТС = $6 \cdot 4,5 = 27$ год.

- опрацювання окремих тем програми або її частин, які не розглядаються на лекціях – $75-30-27 = 18$ год.

Розподіл годин самостійної роботи для здобувачів освіти *заочної* форми навчання:

- підготовка до аудиторних занять – 0,5 год./1 год. занять = $0,5 \cdot (8+8) = 8$ год.

- підготовка до контрольних заходів – 6 год. на 1 кредит ЄКТС = $6 \cdot 4,5 = 27$ год.

- опрацювання окремих тем програми або її частин, які не розглядаються на лекціях – $119-8-27 = 84$ год.

Теми для самостійної роботи

№	Теми самостійної роботи	Кількість годин
<i>Змістовий модуль 1</i>		
1	Історія розвитку агрохімії	2/10
2	Відношення сільськогосподарських культур до реакції	2/8
3	Технологічні властивості добрив	2/10
4	Азотний фонд ґрунту. Повільнодіючі азотні добрива.	2/8
5	Типи сировини для виробництва фосфорних добрив	2/10
6	Рідкі стартові добрива та їх ефективність	2/10
7	Мікродобрива на халатній основі	2/8
8	Бактеріальні препарати на основі штамів <i>Bacillus</i> .	2/8
9	Ґрунти і субстрати для використання в культивацийних спорудах	2/12
Всього		18/84

Оцінка рівня освоєння здобувачами освіти питань, які виносяться на самостійне опрацювання проводиться на модульних контролях.

4. Зміст питань, що виносяться на самостійне опрацювання

Тема 1. Історія розвитку агрохімії

З перших кроків древнього землеробства основною проблемою було пошук шляхів підтримання і відновлення родючості земель які оброблялись.

Перші спогади, які збереглися до наших днів свідчать, що древнім грекам були відомі прийоми обробітку ґрунту. Аристотелем (384-322 рр. до н.е.) описані особливості ведення агрономії, живлення рослин. На його думку рослинам необхідні чотири стихії: повітря, вода, земля і вогонь. Він був одним із перших, хто звернув увагу на живлення рослин. Порівнюючи життя рослин і тварин, він зробив висновок, що рослини коренями беруть із ґрунту готову поживу і тому в їх організмі не утворюються

екскременти. Незважаючи на примітивність, теорія Аристотеля панувала в науці понад 20 століть.

Феофастом (372-287 рр. до н.е.) описано на яких ґрунтах і які культури краще висівати, як підтримувати родючість ґрунту, про роль гною. Його публікації «Дослідження про рослини» вважаються найбільш ранніми із ботанічних і агрономічних повідомлень того періоду.

Новий погляд на живлення рослин висловив французький учений *Бернар Паліссі* (1563), який вважав, що основою життя і росту всіх посівів є сіль, яка утворюється під час розкладання гною. Визначити склад потрібних солей було неможливо, оскільки не було наукових даних, проте погляди Б.Паліссі було покладено в основу подальшого розвитку теорії живлення рослин.

Водну теорію живлення рослин вперше сформулював *Ян Бантист Ван Гельмонт* (1626). Він провів перший агрохімічний експеримент, але через відсутність відомостей про вуглецеве живлення рослин, нехтуванням кореневого живлення він дійшов помилкових висновків.

Більше 450 років тому (1656) хімік *Р. Глаубер* (1604-1670) звернув увагу на селітру і висловив думку, що ця речовина є основною поживою для рослин і головним фактором підвищення врожайності. Проте це передбачення пройшло поза увагою агрономів XVII ст. і тільки більше ніж через 100 років після відкриття азоту було вивчено його роль в житті рослин.

В 1789 р. *Рюккетом* запропонована теорія виродження ґрунту, яка по своїй суті була близькою до теорії Ю. Лібіха. На його думку кожна рослина для свого росту і розвитку вимагає властивого для неї складу ґрунту, а окремі з них при багаторічній беззмінній культурі знижують її родючість, в той час як інші на цьому ж ґрунті забезпечують непогані врожаї. Зниження родючості ґрунту за його висновком можна призупинити внесенням добрив які необхідні рослині.

Заслуговують на увагу погляди німецького вченого *Шпренгеля*. В своїй книзі «Вчення про добрива» він вказував на те, що рослини з неорганічних речовин, які отримують з ґрунту і повітря, утворюють органічні тіла з допомогою світла, тепла, електроенергії і води. Ним пояснено причини зниження врожаю при монокультурі. На питання, звідки рослини беруть необхідний їм вуглекислий газ - з повітря чи з ґрунтового розчину, відповів швейцарський вчений *Т. Сосюр* (1767-1845). Він довів, що джерелом вуглекислого газу є не ґрунт, а атмосферне повітря, що рослини дихають і при розкладанні вуглекислого газу засвоюють не лише вуглець, а й водень і кисень.

Поява в 1840 р. книги *Ю. Лібіха* «Хімія в додаток до землеробства і фізіології» остаточно завершила тривале панування гумусової теорії живлення рослин на заміну якої він запропонував теорію мінерального живлення.

Ю. Лібіх надавав великого значення багатогранній сукупності факторів, які впливають на врожай (географічна широта місцевості, її місцезнаходження над рівнем моря, річна кількість опадів та розподіл їх протягом року, температурний режим, фізичні, хімічні і геологічні властивості ґрунту), тобто з врахуванням комплексної оцінки факторів його родючості.

Потребу рослини в елементах живлення, таких як азот, фосфор, калій, сірка, кальцій, магній, залізо, мідь одночасно встановили німецькі вчені *Н. Кноп* (1817-1891) та *Ю. Сакс* (1832-1897), у 1859 р., вирощуючи рослини у водних культурах. Для піщаних культур поживна суміш розроблена *Г. Гельрігелем*, а для ґрунтових - *П. Вагнером* агрохіміки використовують і сьогодні.

Одночасно з вивченням вуглецевого мінерального живлення в XVIII ст. агрохіміки звернули увагу на живлення рослин азотом. Французький вчений *Ж. Б. Буссенго* (1802-1887) довів, що рослини не можуть жити тільки атмосферним азотом, їм необхідний азот ґрунту. Він дійшов висновку, що азот необхідний рослинам так само, як і інші елементи живлення, і що потреба рослин в азоті забезпечується за рахунок азоту ґрунту. *Ж. Б. Буссенго* помітив відмінність між злаковими і бобовими рослинами за відношенням до азоту: всі рослини, крім бобових, використовують азот із ґрунту. Крім польових дослідів він проводив численні дослідження по азотному живленню рослин в спеціальних посудинах започаткувавши тим самим вегетаційний метод досліджень. Дослідження *Ж. Б. Буссенго* дістали підтвердження в працях англійських агрохіміків *Дж. Б. Лооза* (1814-1900) і *Дж. Г. Гельберата* (1817-1901).

Паралельно з розвитком теорії живлення рослин в сільськогосподарській практиці розпочали використовувати мінеральні добрива. В середині XIX ст., крім чилійської селітри, в країнах Західної Європи застосовують суперфосфат, а в 1855 році - калійні добрива, виготовлені із природних покладів калійних солей.

Засновником теорії вуглецевого живлення рослин є російський вчений *М. В. Ломоносов* (1753), який зробив значний внесок в розвиток агрохімії з питань родючості ґрунтів і матеріалістичного уявлення про склад рослин, тварин, ґрунтів і добрив. Вчений вперше звернув увагу на утворення гумусу та походження чорноземів, довів, що чорнозем утворюється внаслідок розкладання тваринних і рослинних решток.

Особлива роль в розробці теорії вуглецевого живлення рослин належить російському вченому *К. А. Тімірязеву* (1843-1920). Вивчаючи інтенсивність процесу фотосинтезу залежно від якісного складу сонячного випромінювання, він дійшов висновку про космічну роль рослин.

Теорія мінерального живлення рослин запропонована в 1770 р. російським вченим *А. Т. Болотовим* в книзі «Про удобрення земель» полягала в тому, що пожива рослин в ґрунті складається з води і часточок

деяких земляних і мінеральних речовин. Родючість ґрунтів він рекомендував визначати шляхом проведення дослідів з добривами пов'язуючи її з біологічними особливостями рослин.

У 1809 р. російський вчений *А. П. Пошман* в книзі «Настанова про приготування сухих і вологих туків, які служать удобренням наших полів» висловлював думки про значення мінеральних речовин в житті рослин. Він вважав, що лужно-соляні речовини є поживою для рослин в ґрунті. Йому належить ідея спеціального виготовлення штучних мінеральних добрив

Афонін М. І. (1739-1810) був першим російським професором, який викладав курс агрохімії в Московському університеті. В основі його досліджень - органічна речовина ґрунту та її значення в землеробстві.

Павлов М. Г. (1793-1840), професор Московського університету значну увагу приділяв агрономічній хімії, живленню рослин і застосуванню добрив. Ним започаткована дослідна справа в Росії.

В 40-х роках ХІХ ст. започатковано експериментальне агрохімічне вивчення окремих видів мінеральних добрив Менделєєвим *Д. І.*, Енгельгартом *О. М.*, Зайкевичем *А. Е.*, Костичевим *П. А.*

Дослідження впливу на родючість ґрунту добрив, вапна, а також травосіяння проводились під керівництвом російського хіміка *Д. І. Менделєєва* (1834-1907). Він дійшов висновку, що за допомогою добрив можна поліпшувати родючість будь-яких ґрунтів, підвищуючи врожай.

Вагомий внесок в розвиток вчення про ґрунт і його властивості зробив російський вчений *П. А. Костичев* (1845-1895). Він обґрунтував систему заходів щодо підвищення родючості ґрунту, організував в 1878 р. першу в Росії агрохімічну лабораторію, де провів дослідження по характеристиці фосфорних сполук ґрунту, хоч відомий він більше як засновник агрономічного ґрунтознавства. В 1884 році видана ним книга «Вчення про добрива» в якій він справедливо відмічає необхідність, поряд із внесенням добрив, мобілізацію поживних речовин ґрунту. Він був першим російським агромікробіологом, який заснував біологічний напрямок в агрономічній хімії.

Агрохімічні властивості ґрунту вивчав *К. К. Гедройц* (1872-1932). Він створив вчення про ґрунтовий вбирний комплекс, теоретично обґрунтував в 1911 р. необхідність вапнування ґрунтів, хімічну меліорацію солонців та їх вбирну здатність, встановив її види і закономірності. Одержані ним результати дослідження кругообігу в природі сірки і хлору, кореневих виділень, особливості вуглекислого газу, які пов'язані із поглинальною здатністю коренів, не втратили свого значення ще й досі

Засновник агрохімії в Росії *Д. М. Прянишников* (1865-1948) розвинув її фізіолого-біологічні напрямки з питань живлення рослин і застосування добрив в землеробстві. До *Д. М. Прянишнікова* в теорії

азотного живлення рослин панував напрямок, згідно з яким нітратне живлення вважалось єдиною можливим джерелом.

Багаторічні дослідження, проведені Д. М. Прянишниковим та його учнями в Московській сільськогосподарській академії, дали вичерпне пояснення порівняльної дії аміачних і нітратних добрив на рослини. З'ясувалося, що умови їх ефективного застосування неоднакові. Нітратні добрива ефективніше застосовувати на початку росту рослин і на кислих ґрунтах, а аміачні - тільки на стадії, коли молоді рослини почнуть синтезувати вуглеводи, внаслідок окислення яких утворюються органічні кислоти, які зв'язують аміак.

Д.М. Прянишников вперше довів, що з власних фосфоритів можна виробляти промисловий суперфосфат, що заперечувалось в той час технологами, які орієнтувались виключно на імпорту сировину. Ще в 1908 р. він передбачав, що розкладання фосфориту не сірчаною (як при виробництві суперфосфату), а азотною кислотою повинно забезпечити добування подвійного суперфосфату, який містить азот і фосфор без домішок гіпсу. Аналогічна ідея закордонного інженера-технолога була запатентована лише через два роки.

Напрямок науки, що вивчає кругообіг і баланс дефіцитних для рослин речовин в землеробстві, Д.М. Прянишников вважав головним в агрохімії. Він підкреслював, що кругообіг речовин включає надходження речовин в ґрунт (насіння, добрива) і винос їх врожаєм. Азот у вигляді нітратів і аміаку надходить також з опадами, а атмосферний азот - завдяки життєдіяльності бульбочкових бактерій і вільноживучих азотфіксуючих бактерій в ґрунті. Фосфор і калій надходять лише з насінням і добривами.

Значний вклад в розвиток агрохімії вніс *І.С.Шулов* (1874-1940): питання живлення рослин мікроелементами, та часткове засвоєння ними органічних сполук (1913); відкриття синтетичного живлення коренів за допомогою мічених атомів; адсорбційна теорія поступлення речовин в кореневу систему, яка базується на іонному обміні між кореневими волосками і оточуючим ґрунтовим розчином. Він детально дослідив питання позитивного впливу азотнокислого амонію на використання вищими рослинами важкорозчинних фосфатів; розвитку і морфологічних ознак кореневої системи і надземних органів при азотному живленні; засвоєння вищими рослинами азоту аспарагіну, поглинання рослинами фосфорної кислоти органічних сполук, а також питання про кореневі виділення.

У 1931 р. вперше в системі сільськогосподарського виробництва (НІДІФ завжди належав хімічній промисловості) відкрито Всесоюзний науково-дослідний інститут добрив і агроґрунтознавства (ВІДА), агрохімічний підрозділ якого очолювали учні Д. М. Прянишнікова. У ВІДА, який зібрав видатних учених-агрохіміків, багато зроблено І.Г. Дикусаром (азотний обмін в рослинах), Ф. В. Чириковим (фосфор в ґрунті), А. Л.Масловою (калій в ґрунті), Е. В. Бобко (мікроелементи), Д.

А.Сабініним (живлення рослин), О. Ф. Тулиним (фізика ґрунту), О. К. Кедровим-Зіхманом (вапнування), І. П.Мамченковим (органічні добрива), В. М. Клечковським, П. М. Смирновим, О. В. Петербурзьким та іншими вченими.

Дослідження *Дикусара І. Г.* (1897-1973) по азотному живленню рослин і його вплив на врожай високо оцінили Прянишников Д. М., Сабінін Д. А., Опарин А.І.

Владимиров О. В. (1904-1952) встановив умови які впливають на засвоєння рослинами аміачного і нітратного азоту, вплив форм калійних добрив на обмін речовин в рослинах, роль аміачного, нітратного азоту, калію та інших елементів на обмін речовин та нагромадження в них окислених і відновлених органічних сполук.

Фосфатний режим ґрунтів та підвищення ефективності фосфорних добрив вивчав *Чиріков Ф. В.* (1883-1964). Він встановив ефективність внесення фосфоритів при різних співвідношеннях кальцію і фосфору в рослинах, особливості перетворення фосфатів в ґрунті при тривалому внесенні фосфорних добрив на різних типах ґрунтів, всесторонньо вивчив процеси перетворення фосфатів в ґрунті при використанні гранульованого суперфосфату, дію фосфорних добрив в сівозміні, пролонгованість різних фосфатів.

Значний вклад у вирішення проблеми оптимізації фосфорного живлення рослин вніс *Соколов А. В.* (1898-1980). Він всесторонньо вивчав роль фосфатів в посушливих умовах, взаємозязок фосфорного живлення рослин із вапнуванням дерново-підзолистих ґрунтів, приділяв увагу і аналізував причини ефективності гранульованих фосфорних добрив при локальному їх внесенні, встановив географію дії добрив на різних типах ґрунтів

Проблему вапнування кислих ґрунтів вивчав *Кедров-Зіхман О. К.* (1885-1964). За результатами його досліджень встановлена можливість широкого використання магнієвмісних сполук для вапнування ґрунтів, вплив вирощування сільськогосподарських культур на ґрунтову кислотність, склад увібраних катіонів, дії мікроелементів на культурні рослини в умовах вапнування кислих дерново-підзолистих ґрунтів.

Агрохіміками Росії проведена значна робота по вивченню питань пов'язаних з використанням органічних добрив. Провідна роль у вирішенні даної проблеми належить лабораторії органічних добрив ВІУА під керівництвом *І. П. Мамченкова* (1896-1980). На основі вивчення процесів, які протікають при зберіганні гною розроблені і реалізовані найбільш раціональні способи його приготування і зберігання, компостування з фосфоритним борошном і суперфосфатом іншими органічними компонентами, що дозволило одержувати добрива високої якості.

Питаннями ефективного використання сидератів крім, Прянишнікова Д. М., активно вивчали Е. К Алексєєв, С. П. Кулжинський,

В. Н. Прокошев, Ф. Ф. Юхимчук. Результати їх досліджень і нині мають велике науково-практичне значення.

В першій половині ХХ ст. виникла необхідність вивчення ефективності і широкого виробничого випробування мікродобрив. Вивчено їх вплив на ріст і розвиток рослин, біохімічні процеси в рослинних організмах і умов високої ефективності мікродобрив в різних ґрунтово-кліматичних зонах. Цій проблемі присвятили свою наукову діяльність Я. В. Пейве, М. Я. Школьник, Е. В. Бобко, О. К. Кедрова-Зіхман, А. В. Соколова, П. А. Власюк, М. В. Каталимов і багато інших дослідників. За результатами їх досліджень в землеробстві широко використовуються борні, мідні і марганцеві добрива, встановлена висока ефективність цинкових добрив на карбонатних чорноземах, молібдену при вирощуванні бобових культур.

Фундаментальні роботи *Пейве Я. В.* (1906-1976), якого заслужено вважають засновником вчення по вивченню ролі мікроелементів в живленні рослин, фіксації азоту бульбочковими бактеріями. Йому належить методика визначення рухомих форм калію в ґрунті, розроблені методи визначення вмісту засвоюваних рослинами форм мікроелементів, масового аналізу ґрунтів на вміст мікроелементів, які знайшли широке застосування при вирішенні практичних завдань підвищення продуктивності землеробства.

Серед вчених які внесли вагомий внесок в розробку і впровадження нових методів в експериментальну агрохімію гідне місце займає *Кірсанов О. Т.* (1880-1941). Ним розроблений метод визначення рухомих фосфатів в ґрунті, який широко використовується і даний час науковими установами та в системі агрохімічної служби.

Вдосконаленню методології агрохімічних досліджень присвятив свою наукову діяльність *Клечковський В. М.* (1900-1972). Засновник фундаментальних досліджень будови атомів, розробник методології і застосування методу мічених атомів в агрохімії і біохімії. В його наукових дослідженнях особливе місце займає створення і розвиток радіоекології і агрохімії радіоактивних радіоіотопів в різних галузях біологічних і сільськогосподарських наук. Ним започатковані основні закономірності поведінки радіонуклідів в ґрунті і рослинах, величина нагромадження радіонуклідів в різних органах рослин. Фактори які знижують перехід радіонуклідів з ґрунту в продукцію рослинництва. Результати цих досліджень залишаються актуальними і в даний час, особливо при вирощуванні рослин на сільськогосподарських угіддях підданих радіоактивному забрудненню.

Вавілов М. І. (1887-1943) вивчаючи ефективність хімічного захисту рослин вказував на вплив добрив на імунітет рослин, звертаючи особливу увагу на роль макро- і мікроелементів, кислотність ґрунтового розчину. За результатами польових досліджень по ефективності мінеральних і органічних добрив, вапнування ґрунтів ним були встановлені регіони

найбільш ефективного використання добрив на фоні сівозмін та інших агротехнічних прийомів.

Новий напрямок наукових досліджень – агрогеохімічний створив професор Московського університету *Ковда В. А.* (1904-1991). Глобальні фундаментальні проблеми ґрунтового покриву, його біосферних і геохімічних функцій він розглядав з позиції життєзабезпечення людства на планеті, з рішенням нагальних практичних завдань які стоять перед ним. Основними з них, за результатами його досліджень, є оптимізація хімічного складу ґрунту шляхом застосування агрохімічних засобів, система науково обґрунтованих сівозмін, періодичне вирощування сидератів, збагачення ґрунту сполуками кальцію.

Значний вплив на розвиток хімізації землеробства як в Росії так і в Україні зіграла географічна сітка дослідів з добривами початок якої покладено *Д. І. Менделєєвим*, пізніше *Д. М. Прянишниковим*, *А. М. Лебедянцевим*. Результати цих досліджень стали основою для прогнозування виробництва і застосування мінеральних добрив і науково обґрунтованого їх розподілу по регіонах. Висока їх ефективність забезпечується завдяки вирішенню комплексних науково обґрунтованих проблем: встановлений вплив мінеральних і органічних добрив на біопродуктивність ґрунтів; розроблені нормативи окупності добрив врожаєм; вивчені агрохімічні і фізіолого-біохімічні основи оптимізації живлення рослин; розроблені методи комплексної ґрунто-рослинної діагностики живлення сільськогосподарських культур; сформульовані і науково обґрунтовані екологічні функції агрохімії; встановлена зональна продуктивність сівозмін в залежності від рівня внесення добрив в поєднанні з хімічною меліорацією ґрунтів, іншими технологічними прийомами агротехніки.

Дослідження з вивчення умов росту і розвитку рослин на території України розпочалися в XVIII ст., коли були організовані так звані «аптекарські городи» та акліматизаційні сади. Перший такий город було відкрито в Лубнах на Полтавщині в 1721 р., який згодом переріс в Лубенську дослідну станцію лікарських рослин, що існує і понині.

У 1886 р. засновано Немерчанську сільськогосподарську дослідну станцію, яка в 1956 р. перейменована на Вінницьку державну сільськогосподарську дослідну станцію. В 1888 р. організовано Дербчинське дослідне поле на Поділлі, ініціатором створення якого був професор Київського університету *С. М. Богданов*, а першим директором - відомий засновник дослідної справи в Україні вчений-агроном *В.Г.Ротмістров*. Тоді ж були організовані Морочанське, Новотаволзьке, Херсонське та інші дослідні поля. Під керівництвом *В. В. Докучаєва* на основі експедиційних досліджень було створено Старобільську і Великоанадольську лісові науково-дослідні ділянки, програму наукової діяльності яких склав *П. Ф. Бараков*.

На початку ХХ ст. в Україні організовано нові дослідні установи, в програмі досліджень яких важливе місце займали питання ґрунтознавства та агрохімії: в 1904-1905 рр. - Верхньодніпровське і Роменське дослідні поля та Сумську дослідну станцію; в 1907 р. - Прилуцьке дослідне поле; в 1908 р. - Харківську селекційно-дослідну станцію та Слов'яно-сербське дослідне поле; в 1914 р. - Уманську селекційно-дослідну станцію та ін. Протягом цього періоду створено понад 25 сільськогосподарських наукових установ. Важливого значення набули колективні досліді, що організовувалися сільськогосподарськими товариствами, повітовими і сільськогосподарськими навчальними закладами, повітовими земствами, дослідними полями та дослідними станціями. Широкого поширення набули колективні досліді в Катеринославській, Київській, Полтавській, Чернігівській та інших губерніях.

У 1901 р. створено Київську мережу дослідних установ під керівництвом О. І. Душечкіна в п'яти губерніях бурякосіючих районів. *О. І. Душечкін* (1847-1956), працюючи керівником Київської хімічної лабораторії, вивчав природу фосфорних сполук ґрунту, використання фосфорних добрив під цукрові буряки та інші культури, один із перших дослідив роль мікроорганізмів в перетворенні поживних речовин ґрунту, обґрунтував їх вплив на врожай, запропонував ранньовесняне підживлення озимих культур азотними добривами.

З метою налагодження методичного керівництва дослідною роботою Київської мережі в 1912 р. було відкрито Миронівську дослідну станцію (тепер Миронівський інститут пшениці ім. В.М.Ремесла).

Третьою мережею дослідних установ була Подільська станція, що мала в своєму розпорядженні відкриту в 1904 р. контрольно-насіну і дещо пізніше хімічну лабораторії. Тоді в Україні було 18 сільськогосподарських дослідних станцій і 33 дослідних поля.

У цей період українські вчені працювали особливо плідно.

У 20-30-х роках ХХ ст. відбувається подальше розширення мережі сільськогосподарських наукових установ: Миколаївська дослідна станція садівництва, Білоцерківська селекційно-дослідна станція цукрових буряків, Устимівська дослідна станція та ін.

Наприкінці 30-х - на початку 40-х років в Україні було відкрито ще майже 30 сільськогосподарських наукових установ, переважно науково-дослідних інститутів. Серед них Український НДІ ґрунтознавства та агрохімії в Харкові (тепер носить ім'я О.Н.Соколовського), який започаткував дослідження з питань регулювання хімічних умов родючості ґрунту, поновлення структури фізичних і біологічних властивостей, вапнування кислих та гіпсування солонцюватих і солончакуватих ґрунтів; Науково-дослідний інститут цукрових буряків в Києві; Український НДІ зернового господарства в Дніпропетровську, які розпочали роботи з вивчення ефективних доз, форм і способів застосування добрив під цукрові буряки фабричні та висадки, зернові та інші культури.

Вагомий внесок в дослідження з теорії і практики родючості ґрунтів, ефективного використання макро- і мікроелементів, створення нових видів добрив зробили П. А. Власюк, О. М. Грінченко, Г. С. Гринь, Т. Т. Демиденко, М. К. Крупський, О. М. Можейко, А. В. Манорик, Ф. П. Мацків, С. С. Рубін, М. Г. Холодний, М. М. Шкварук та ін.

Значний вклад в розвиток агрохімічної науки в даний час вносять співробітники Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім.О.Н.Соколовського».

Носко Б. С. розробив теоретичні засади перетворення фосфору добрив в ґрунтах, нові підходи до розв'язання проблем фосфору в землеробстві, обґрунтував науковий прогноз змін і цілеспрямоване регулювання фосфатного режиму ґрунтів шляхом оптимізації доз фосфорних добрив, розробив агрохімічне районування сільськогосподарської території України та основні методичні засади великомасштабного агрохімічного обстеження ґрунтів.

Лисовий М. В. досліджує теорію і практику застосування мінеральних добрив в землеробстві України, розробив теоретичні основи і нормативи їх ефективного застосування для провідних сільськогосподарських культур, встановив географічні закономірності впливу ґрунтово-кліматичних умов на ефективність добрив.

Фатсєв А. І. розкрив динаміку різних форм азоту в ґрунті, міграцію нітратів добрив в системі ґрунтової води та баланс азоту добрив в системі добрива-ґрунт-повітря, агрохімічні аспекти локального застосування мінеральних добрив, мікроелементів.

Основними напрямками наукових досліджень *Шевчука М. Й.* – використання нетрадиційних сировинних ресурсів в сільському господарстві (озерні сапропелі, природні низькофосфатні агоруди, органо-мінеральні добрива). Значна частина його досліджень присвячена радіологічним аспектам ведення сільськогосподарського виробництва на радіаційно забруднених землях.

Лабораторією органічних добрив інституту розробляються нові види органо-мінеральних добрив нового покоління (за участю амінокислот, біологічно активних речовин) пролонгованої дії, вивчається їх вплив на біопродуктивність ґрунтів.

Значний внесок в агрохімічну науку внесли вчені Київської школи агрохіміків:

Городній М. М., Копилевич В. А., Бикін А. В. розробили нові види добрив (біогумусу, ріверму, нітроамофоски з біогумусом, мікроелементами);

Лисовал А. П. вивчав живлення рослин і трансформацію поживних речовин, розробив методи прогнозування врожаю;

Дегодюк Е. Г. досліджує географічні закономірності дії добрив залежно від типу ґрунтів і погодних умов, агрономічну доцільність

використання сорбентів нового покоління - спученого перліту та вермикуліту;

Кавецький В. М. започаткував розвиток нового напрямку - аналітична хімія пестицидів, вивчав поведінку залишків пестицидів в системі ґрунт-рослина-людина, впровадив сучасні фізико-хімічні методи визначення (хроматографія, полярографія), вивчав кінетику розкладу пестицидів в ґрунті і рослинах;

Прістер Б. С. розробив сучасні аналітичні методи аналізу – полярографічний, екстракційно-фотометричний, нейтронно-активаційні та гамма-спектрометричні. Ним започатковано новий науковий напрямок – реабілітація радіоактивно забруднених територій.

Наукові розробки Лазурського О. В., Кудзінова Ю. К., Гамаюнової В. В., Берднікова О. М., Карасюка І. М., Дмитренка П. О., Гуревича С. М., Гриба М. І., Горшкова П. О., Витриховського П. І., Вишенського О. М., Філіп'єва І. Д., Севастьянової В. В., Гончаренка В. Ю., Колоши І.Л., Господаренка М. О., Лебеденця П. П., Недвиги М. В., Крилової Г. І., Кулішова М. М., Копитка П. Г., Делеменчука М. І., Горбачової О. Ю. Польового В. М., присвячені системам удобрення сільськогосподарських культур в різних зонах України та ефективному використанню добрив.

В сучасних умовах головним завданням агрономічної хімії є подальше підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва при одночасному дотриманні стабільної родючості ґрунтів, підвищення якості продукції та забезпечення охорони навколишнього середовища, подальша розробка теоретичних положень агрохімії і фізіології мінерального живлення рослин з метою оптимізації застосування добрив та реалізації потенційної продуктивності сільськогосподарських культур.

Широке впровадження агрохімічних досліджень у виробництво є основою розвитку хімізації землеробства, правильного і високоефективного використання органічних та мінеральних добрив в сучасних інтенсивних енергозберігаючих і ґрунтозахисних технологіях вирощування сільськогосподарських культур з метою підвищення врожайності і покращення якості сільськогосподарської продукції, збереження чистоти навколишнього середовища.

Питання для самоконтролю.

1. Які вітчизняні вчені вивчали питання живлення рослин мікроелементами?
2. Хто розробив теоретичні засади фосфорного удобрення?
3. Який період відзначився найбільш інтенсивним розвитком агрохімічної науки?
4. Назвіть сучасних вчених-агрохіміків, що працюють в зоні Лісостепу.

Тема 2. Відношення сільськогосподарських культур до реакції ґрунтового розчину

Урожай сільськогосподарських культур залежить від показника рН ґрунту, оскільки він визначає: доступність поживних речовин (потенціал токсичності); активність мікроорганізмів; сприйнятливість організмів до захворювань; потенційну шкоду культурі, яку завдають деякі гербіциди.

Засвоєння елементів живлення рослинами відбувається за відповідної реакції ґрунтового середовища. Вважають, що оптимальні значення рН для засвоєння рослинами елементів живлення з ґрунту такі: азоту – 6-8; фосфору – 6,25; калію і сірки – 6-8,5; кальцію і магнію – 4,5-6; бору, міді та цинку – 5-7; молібдену – 7-8,5.

За ступенем кислотності та лужності ґрунти поділяють на десять груп (табл. 1).

За логарифмічною шкалою, ґрунт із рН 6 у 10 разів кисліший, ніж із рН 7, а ґрунт із рН 5 у 100 разів кисліший, ніж із рН 7.

Відомі рідини мають такі показники рН: сік лимонний – 3, сік апельсиновий – 4, молоко – 6, чиста вода – 7, морська вода – 8, мильний розчин – 9. У чистій атмосфері без домішок опади підкислюються вуглекислим газом і рН досягає рівня 5,6-6,0.

Таблиця 1

Групування ґрунтів за ступенем кислотності та лужності (С. А.Балюк, Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко та ін., 2012)

Група	Колір на картограмі	Ступінь кислотності ґрунтів	Параметри рН	
			водного	сольового
1	Червоний	Дуже сильнокислі	< 4,5	< 4,0
2	Рожевий	Сильнокислі	4,5-5,0	4,0-4,5
3	Оранжевий	Середньокислі	5,0-5,5	4,5-5,0
4	Жовтий	Слабокислі	5,5-6,0	5,0-5,5
5	Світло-зелений	Дуже слабокислі	6,0-6,5	5,5-6,0
6	Зелений	Нейтральні	6,5-7,0	6,0-7,0
7	Голубий	Слаболужні	7,0-8,0	-
8	Синій	Середньолужні	8,0-8,5	-
9	Фіолетовий	Сильнолужні	8,5-9,0	-
10	Коричневий	Дуже сильнолужні	> 9,0	-

Карту, на якій нанесено ареали кислих ґрунтів за ступенем кислотності називають картограмою кислотності. Її використовують: 1) під час розробки проектів меліорації; 2) нарізання полів сівозмін і

планування розміщення сільськогосподарських культур; 3) бонітування та оцінювання земель; 4) диференціації вапнування та застосування добрив.

Для кожного виду рослин є сприятливіший для росту і розвитку інтервал реакції ґрунтового середовища. Для більшості рослин і ґрунтових мікроорганізмів оптимальною є слабокисла і дуже слабокисла реакція ґрунтового середовища (рНсол 6–7). Проте відомі культури, для яких найліпшим є кисліше середовище, але вони добре ростуть за широкого інтервалу рН (табл. 2).

Таблиця 2

Оптимальна реакція (рН) ґрунтового середовища для сільськогосподарських культур (С. А. Балюк, Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко та ін., 2012)

Культура	Оптимальний рівень рН	Допустимі відхилення рН в інтервалі	
		кислотному	лужному
Рис	4,0-6,0	3,8	6,3
Люпин	4,5-6,0	4,2	6,4
Картопля	5,0-6,5	4,8	7,0
Овес	5,0-7,7	4,6	8,0
Льон	5,5-6,5	5,0	6,8
Морква	5,5-7,0	5,0	7,5
Жито озиме	5,5-7,5	5,0	7,7
Просо	5,5-7,5	5,2	8,0
Вика	5,7-6,4	5,5	7,0
Соняшник	6,0-6,8	5,5	7,3
Конюшина	6,0-7,0	5,5	7,5
Кукурудза	6,0-7,0	5,5	7,5
Горох	6,0-7,0	5,8	7,6
Пшениця яра	6,0-7,5	5,5	7,8
Буряк кормовий	6,2-7,5	5,5	8,0
Помідор	6,3-6,7	5,8	7,2
Пшениця озима	6,3-7,5	5,8	7,8
Огірок	6,4-7,0	5,6	7,5
Цибуля	6,4-7,9	6,0	8,2
Соя	6,5-7,1	6,0	7,5
Ячмінь	6,8-7,5	6,0	8,0
Буряк цукровий	7,0-7,5	5,7	8,2
Люцерна	7,0-8,0	6,0	8,8

За відношенням до кислотності ґрунту, а відповідно, і за реакцією на вапнування, сільськогосподарські культури умовно поділяють на п'ять

Перша група культур – це найчутливіші до кислотності ґрунту рослини, які потребують нейтральної або слаболужної реакції ґрунтового розчину (люцерна, буркун, буряк, часник, капуста білоголова, салат, шпинат, селера, гірчиця, яблуня, вишня, слива, смородина). Вони активно реагують на внесення вапна навіть на слабокислих ґрунтах.

Рослини-кальцієфіли (айстра степова, порізняк проміжний, модрина європейська, кунжут, виноград, маслина та ін.) пристосовані до життя на ґрунтах, збагачених кальцієм, а також у місцях виходу вапняків, крейди та інших кальцієвмісних порід.

Друга група культур – потребує слабкислої та близької до нейтральної реакції ґрунтового розчину. Вони добре реагують на вапнування не лише сильно- і середньокислих, а й слабкислих ґрунтів (пшениця, кукурудза, ячмінь, соя, горох, соняшник, квасоля, боби кормові, вика, конюшина, лисохвіст, огірок, цибуля, капуста цвітна, груша, агрус).

Третя група культур – слабкочутливі до підвищеної кислотності ґрунтового розчину (жито, овес, просо, гречка, тимофіївка, редиска, помідор, морква, суніця). Вони задовільно ростуть у досить широкому діапазоні рН ґрунтового розчину – від кислих до слабколужних (рН 4,5-7,5), але найкращі для їх росту ґрунти зі слабкислою і близькою до нейтральної реакцією (рН 5,5-6,0). Ці культури позитивно реагують на вапнування середньокислих ґрунтів, що пояснюється не лише зниженням кислотності, й ефектом поліпшення мінерального живлення рослин після вапнування.

Четверта група культур – потребує вапнування лише середньо- і сильнокислих ґрунтів, але погано переносить у ґрунті надлишок кальцію. Так, картопля не реагує на невелику кислотність, а льон навіть краще росте за слабкислої реакції ґрунтового розчину. На перевапнованих ґрунтах, зокрема за недостатнього внесення мінеральних добрив, насамперед калійних, знижується якість продукції: бульби картоплі дуже пошкоджуються паршею і в них знижується вміст крохмалю, а льон уражується кальцієвим хлорозом, що погіршує якість волокна. Це пов'язано не стільки з нейтралізацією кислотності, стільки зі зменшенням доступності з ґрунту бору, цинку, міді і підвищенням концентрації іонів кальцію в ґрунтовому розчині, що ускладнює надходження в рослини катіонів, наприклад калію і магнію. В сівозмінах з великою часткою картоплі й льону у разі внесення високих норм мінеральних добрив, зокрема калійних, вапнування можна проводити повною нормою. Для цього найліпше використовувати доломітове борошно, яке містить кальцій і магній. При вапнуванні знижується доступність для рослин сполук бору, цинку, міді з ґрунту, що потребує внесення їх з добривами.

Виконання цих умов сприяє підвищенню продуктивності всіх культур сівозміни.

П'ята група культур – досить стійкі до кислого середовища. Рослини- ацидофіти: люпин, серадела, картопля, льон, щавель, рис та інші ростуть на ґрунтах з рН 4,0-6,0, а оптимальним для них є рН 4,5-5,0. Вони погано ростуть на лужних і навіть нейтральних ґрунтах. Для них потреба у вапнуванні виникає лише на дуже сильнокислих ґрунтах. Наявність катіонів кальцію в ґрунтовому розчині знижує схожість насіння цих культур і негативно впливає на їх початковий ріст.

Деякі рослини потребують особливо кислих умов для росту (чорниця, рододендрони, каштани). Тому в деяких випадках може з'явитися необхідність у зниженні рН ґрунту. Наприклад, щоб поліпшити ріст чорниці необхідний рН ґрунту 5 і нижче. Показник рН можна знизити за допомогою елементарної сірки.

Загалом більшість вирощуваних сільськогосподарських культур позитивно реагує на ліквідацію надлишкової кислотності ґрунту після вапнування.

Негативна дія кислотності ґрунту на рослини складається з прямої дії підвищеної концентрації іонів водню і багатьох побічних чинників. Прямим її наслідком є погіршення розвитку кореневої системи та її вбирної здатності. Особливо чутливі рослини до підвищеної кислотності ґрунту на початку росту. Погіршується ріст і галуження кореневої системи, фізико-хімічний стан плазми клітин кореня, знижується їх проникність, тому погіршується поглинання рослинами поживних речовин ґрунту і добрив.

За високої кислотності розчину іони водню, проникаючи у великій кількості в тканини рослин, підкислюють клітинний сік. Це гальмує біохімічні процеси в рослині. Кисла реакція ослаблює синтез білкових речовин, у рослинах зменшується вміст загального азоту, а кількість небілкового азоту збільшується; пригнічується перетворення моноукрів на складні органічні сполуки. Кисла реакція негативно впливає на закладання генеративних органів.

Побічна токсична дія кислотності ґрунту багатостороння. Кислі ґрунти мають гірші властивості (фізичні, фізико-хімічні, структуру, ємність поглинання, буферність), знижується діяльність корисних ґрунтових мікроорганізмів, зокрема азотфіксуювальних, мінералізація органічних речовин, що зменшує доступність для рослин елементів живлення.

За підвищеної кислотності ґрунту збільшується рухливість у ньому алюмінію, заліза, мангану. До високої концентрації в ґрунтовому розчині алюмінію особливо чутливі конюшина, люцерна, жито і пшениця (під час перезимівлі), ячмінь, горох, буряк, льон, гречка. Вони пригнічуються вже за вмісту алюмінію 20-30 мг/кг ґрунту. При цьому також погіршується

фосфорне живлення рослин. Це пояснюється зв'язуванням доступних фосфатів алюмінієм і залізом у нерозчинні та важкорозчинні оксиди.

Слід зазначати, що між чутливістю до кислотності та рухливістю алюмінію в ґрунті немає прямої залежності. Наприклад, льон віддає перевагу кислому ґрунту, але дуже чутливий до наявності в ньому алюмінію і мангану, а кукурудза стійка до вмісту алюмінію, але потерпає від високої кислотності ґрунту. Капуста білоголова середньочутлива до вмісту мангану, але потерпає за високої кислотності ґрунту.

У кислих ґрунтах зменшується рухливість молібдену, тому його може не вистачати для живлення рослин, зокрема бобових. У ґрунтах з кислою реакцією, особливо піщаних і супіщаних, мало рухомих сполук кальцію й магнію, внаслідок чого порушується живлення рослин цими макроелементами.

Отже, для отримання високих урожаїв і підвищення ефективності добрив потрібно проводити вапнування кислих ґрунтів, у тому числі й чорноземів. Декальцинація чорноземів, особливо орного шару, є результатом періодичного промивання верхньої частини профілю і різко від'ємного балансу кальцію в землеробстві.

Питання для самоконтролю.

1. Який механізм негативної дії підвищеної кислотності на рослини?
2. Яким чином можна змінити рН ґрунту?
3. Які культури мають найбільшу чутливість до підвищеної кислотності ґрунту?

Тема 3. Технологічні властивості добрив

Для характеристики мінеральних добрив користуються показниками їх якості. Фізичні властивості мінеральних добрив – це сукупність фізичних, фізико-механічних і фізико-хімічних властивостей, що визначають їх поведінку під час зберігання, транспортування і внесення в ґрунт.

До основних технологічних властивостей мінеральних добрив належать: колір, щільність, розмір гранул, сипкість, розсіюваність, злежуваність, гігроскопічність, вологість, міцність гранул, гранулометричний (фракційний) склад, хімічний склад, коефіцієнт тертя (ковзання) по поверхні різних матеріалів, критична швидкість.

Колір добрива встановлюють візуально (мають на увазі його зміну під час транспортування та зберігання).

Щільність мінеральних добрив коливається в широких межах – від 0,6 до 2,0 т/м³. Проте основні форми добрив мають близькі значення цього показника: аміачна селітра – 0,8-1,0 т/м³; суперфосфат – 1,0–1,2; калій хлористий, калійна сіль змішана – 0,9-1,0 т/м³.

Розмір гранул мінеральних добрив коливається від 1 до 4 мм. Зі збільшенням розміру понад 4 мм міцність гранул зменшується, що призводить до їх руйнування та погіршення якості розсіювання.

Сипкість добрив – здатність вільно сипатись під дією сили гравітації. Ця властивість залежить насамперед від вологості мінеральних добрив, оскільки вона призводить до втрати сипкості, здатності сипатися крізь отвори висівних апаратів і до утворення склепінь. Характеристикою сипкості добрив є кут природного нахилу. Для порошкоподібних добрив він становить до 35°, для гранульованих – до 40°.

Розсіюваність добрив – здатність добрив проходити крізь вузькі отвори висівних апаратів та крізь лійки без утворення склепінь. Її оцінюють за десятибальною шкалою гігроскопічності. Що вищий бал за цією шкалою, то вища гігроскопічність та нижча розсіюваність добрив.

Розсіюваність оцінюють також за кутом природного нахилу добрив: < 40° – розсіюваність рівномірна; 40-45 – доволі рівномірна; 45-55 – нерівномірна; > 55° – розсіюваність неможлива більшістю сівалок.

Порівняно добру розсіюваність мають суперфосфат, калій хлористий пресований; посередню – аміачна селітра, калійна сіль змішана; погану – сульфат амонію, хлористий амоній.

Злежуваність – властивість добрив утворювати фазові контакти зчеплення між часточками мінеральних добрив за певних зовнішніх умов. Добрива, здатні злежуватися, промисловість випускає гранульованими або з добавками різних речовин. Перед внесеннями у ґрунт злежані добрива подрібнюють і просіюють крізь сита з отворами 3–5 мм.

Гігроскопічність – властивість добрив поглинати вологу з визначеною інтенсивністю з навколишнього середовища за певних температури і вологості. За цим показником добрива поділяють на три групи: дуже гігроскопічні (нітрофоска, сульфат амонію, аміачна селітра, карбамід), середньо гігроскопічні (суперфосфат подвійний, калійна сіль змішана), слабо гігроскопічні (суперфосфат гранульований, калій хлористий).

Вологість – це вміст у добриві хімічно не зв'язаної та не хемосорбованої води. Найбільша вологість добрив, за якої вони ще не виявляють негативних для висівання властивостей, така, %: сульфат амонію – до 1; аміачна селітра – до 2; амофос – до 15; фосфоритне борошно – до 10; суперфосфат гранульований – до 15; суперфосфат подвійний – до 8; калій хлористий – до 3.

Міцність гранул – здатність добрив зберігати розмір і форму під дією зовнішніх сил.

Гранулометричний (фракційний) склад – співвідношення різних за розміром часточок (фракцій) добрива, виражене у відсотках.

Хімічний склад – вміст у добривах елементів живлення, домішок і води.

Коефіцієнт тертя часточок добрива по металу змінюється від 0,47 (калій хлористий) до 0,6 (аміачна селітра); по дереву – від 0,5 до 0,58 (суперфосфат).

Критична швидкість добрив залежить від розміру їх часточок і становить від 3,7 до 11,3 м/с. Добрива мають велику парусність. Наприклад, коефіцієнт парусності великих гранул суперфосфату становить 0,07, дрібних – 0,73.

Вміст елементів живлення – відображає наявність елементів живлення, які засвоюються рослинами і розчиняються у воді, нейтральному цитратному розчині, розчині цитратної кислоти, 2%-му розчині мурашиної кислоти. У більшості країн світу елементи живлення виражають в елементах. В Україні таке позначення використовують лише для азоту. Інші елементи живлення виражають у перерахунку на оксиди – P2O5, K2O тощо. Для перерахунку вмісту елементів живлення з оксидів і солей на елементи живлення і навпаки користуються такими коефіцієнтами:

$N = NO_3 \times 0,226$	$NO_3 = N \times 4,427$
$N = NH_3 \times 1,822$	$NH_3 = N \times 1,215$
$N = NH_4 \times 0,776$	$NH_4 = N \times 1,288$
$P = P_2O_5 \times 0,436$	$P_2O_5 = P \times 2,291$
$P = PO_4 \times 0,026$	$PO_4 = P \times 3,066$
$K = K_2O \times 0,830$	$K_2O = K \times 1,205$
$Ca = CaO \times 0,713$	$CaO = Ca \times 1,399$
$Mg = MgO \times 0,603$	$MgO = Mg \times 1,658$
$S = SO_3 \times 0,401$	$SO_3 = S \times 2,497$
$Mn = MnO \times 0,775$	$MnO = Mn \times 1,291$
$Cu = CuO \times 0,799$	$CuO = Cu \times 1,252$
$B = B_2O_3 \times 0,311$	$B_2O_3 = B \times 3,212$

Відсотковий склад комплексних добрив найчастіше записують скорочено. Вміст елементів живлення виражають цифрами, розділеними між собою рисками.

При цьому перша цифра завжди вказує вміст N, друга – P2O5, третя – K2O. У двокомпонентних добривах відсутній елемент позначають нулем. Співвідношення елементів живлення у комплексних добривах також виражають цифрами, наприклад, якщо склад добрива 10–15–10, це означає, що воно містить 10 % N, 15 – P2O5 і 10 % K2O, а співвідношення елементів живлення у ньому становить 1 : 1,5 : 1.

Під сільськогосподарські культури добрива вносять у певних кількостях, що визначаються нормами і дозами. Норма добрив – це загальна кількість добрив, внесених під сільськогосподарські культури за

період їх вирощування, а кількість добрив, внесених за один раз, називають дозою добрив. Норму або дозу добрив у діючій речовині (зазвичай обчислену з точністю 5 кг/га) вказують у вигляді підрядкового індексу, наприклад N90P60K90. Для перерахунку мінерального добрива на 100%-й вміст діючої речовини, величину фізичної маси мінерального добрива множать на відсоток вмісту діючої речовини і ділять на 100.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні технологічні параметри добрив?
2. Чому сипкість та розсіюваність відносять до важливих характеристик добрива?
3. Як перерахувати вміст фосфору у добриві знаючи вміст оксиду у ньому?

Тема 4. Азотний фонд ґрунту. Повільнодіючі азотні добрива.

Азотний фонд ґрунту становлять органічні та мінеральні сполуки азоту, що містяться в ньому, і визначається генетичними властивостями ґрунтів, залежить від швидкості мінералізації органічних речовин, яку схематично можна подати:

Білки, гумусові речовини → Амінокислоти → Аміді → Аміак →
Нітрити → Нітрати → Молекулярний азот ($N_2 \uparrow$).

Основна частина азоту міститься в ґрунті у вигляді складних органічних речовин, на частку яких припадає 93-97% загального його вмісту і тільки 3-7% становлять мінеральні сполуки азоту. За даними І.В.Тюріна, в окультурені ґрунти щорічно надходить 5-8 т/га рослинних решток. В підзолистих ґрунтах їх частка становить 7-8, в чорноземах - 1-2% всієї кількості органічної речовини орного шару ґрунту. Маса ґрунтових мікроорганізмів в горизонті 0-20 см становить від 0,7 до 8 т/га, або 1-2% запасів органічної речовини ґрунту.

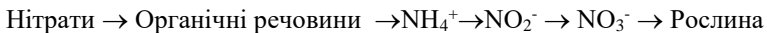
Накопичення азоту в ґрунті відбувається різними шляхами. Насамперед джерелом азоту для ґрунту є азот атмосфери. Над кожним гектаром земної поверхні в атмосфері є близько 70 тис.т азоту. Проте молекулярний азот рослини (крім бобових) не засвоюють. Зв'язується молекулярний азот повітря під час грозових розрядів та азотфіксуючими мікроорганізмами, що вільно живуть в ґрунті, особливо бульбочковими бактеріями.

Кількість зв'язаного азоту, що утворюється в атмосфері під час грозових розрядів, до 2-5 кг/га щорічно. Цей азот у вигляді аміаку і нітратів разом з опадами надходить в ґрунт.

Велике значення має зв'язування (фіксація) молекулярного азоту азотфіксуючими бактеріями (азотобактер, клостридіум тощо). Щорічно вони поповнюють ґрунт від 5 до 15 кг азоту на 1 га.

Бульбочкові бактерії, що живуть в симбіозі з бобовими рослинами (біологічний синтез азоту), можуть синтезувати за вегетаційний період від 70 до 200 кг і більше азоту на 1 гектарі.

У першому випадку кругообіг азоту відбувається в межах ґрунту. Рослини використовують азот у вигляді іонів NO_3^- і NH_4^+ , які входять до складу органічних речовин. Азотовмісні сполуки рослинних решток під впливом амонійфіксуючих бактерій перетворюються на NH_3 і NO_3^- і включаються в кругообіг:



У внутрішньогосподарському кругообігу беруть участь і тварини. Азот, що виноситься з ґрунту, повертається разом з гноєм, який мінералізується, утворюючи аміак - нітрати, які й використовуються рослинами.

В органічній речовині ґрунту розрізняють:

- *негуміфіковані органічні речовини*. До їх складу входять нерозкладені і напіврозкладені рештки рослинного або тваринного походження та тіла мікроорганізмів. Загалом на негуміфіковану частину органічної речовини припадає близько 10-15% її загального вмісту;

- *органічну речовину специфічного походження - гумус (перегній)*, вміст якого становить 85-90% загальної кількості органічної речовини. Гумус є основним резервом накопичення в ґрунті азоту, фосфору, калію, сірки, кальцію, магнію та інших елементів живлення. Загальний запас гумусу від 6,6 до 35,8 т/га залежно від типу ґрунту. Найменший його вміст в підзолистих ґрунтах, найбільший - в чорноземах.

У ґрунтах Полісся запаси гумусу в метровому шарі становлять 100-200 т/га, а загального азоту 4-6 т/га в супіщаних ґрунтах і 2-3 т/га в піщаних. В ґрунтах Лісостепу запаси гумусу в метровому шарі становлять: в чорноземах глибоких - 500-600 т/га, чорноземах опідзолених - 400-450, в темно-сірих ґрунтах - 300-350 т/га, із запасами азоту відповідно - 25-30, 20-25 і 15-20 т/га. Вміст загального фосфору (P_2O_5) в чорноземах глибоких 20-25, в темно-сірих лісових і чорноземах опідзолених-15-20 т/га. Валовий вміст калію в ґрунтах Лісостепу високий і становить 1,8-2,5% в сухому ґрунті. В ґрунтах Степової зони запаси гумусу в чорноземах звичайних становлять 330-600 т/га, чорноземах південних - 300-400 і темно-каштанових ґрунтах - 250-300 т/га, а азоту - відповідно 16-33, 15-20 і 12-15 т/га.

Внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів в ґрунті азот органічних речовин трансформується в мінеральні сполуки. *Розкладання органічних*

речовин ґрунту під впливом мікроорганізмів (бактерій, актиноміцетів, плісневих грибів) до аміаку називається амоніфікацією. Типовими представниками мікроорганізмів є *Vac. vulgare*, *Vac. putrificus*, *Vac. subtilis*, *Vac. mesentericum*, *Vac. micoides*. Представниками плісневих грибів є *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*. Під впливом протеолітичних ферментів, які виділяються мікроорганізмами, білки гідролізуються до амінокислот. В свою чергу, амінокислоти під впливом спеціальних ферментів дезамінуються, в результаті чого вивільняється аміак і утворюються органічні кислоти.

Амонійний азот в ґрунті зазнає нітрифікації - окислення аміаку до азотної кислоти та її солей. Нітрифікація відбувається під впливом аеробних бактерій, для яких окислення є джерелом енергії. Спочатку за допомогою бактерій роду *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis* і *Nitrosospira* аміак окислюється до HNO_2 , а потім бактерії роду *Nitrobacter* окислюють HNO_2 до HNO_3 .

Отже, азотний фонд ґрунту складається з таких форм азоту:

- мінеральний азот (NH_4^+ , NO_3^-) - доступний для рослин; він характеризує забезпеченість ґрунтів азотом на період визначення;

- легкогідролізований азот ґрунту - резерв для поповнення мінеральних форм азоту; цей азот складається з NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- амідів, амінокислот і характеризує забезпеченість ґрунту азотом протягом всього періоду вегетації;

- важкогідролізований азот - резерв для збагачення ґрунтів на мінеральні форми азоту; це - азот амінів, частина необмінного аміаку та азот гуммінів;

- негідролізований азот (гуміни, меланіни, бітуми, необмінний амоній) - майже не бере участі в азотному обміні між ґрунтом і рослиною.

Азот рослини використовують як в окисленій, так і у відновленій формі у вигляді солей азотної кислоти і солей амонію. Крім того, рослини використовують розчинні у воді амінокислоти.

Кількість нітратного азоту, яка накопичується в ґрунті, залежить від вмісту гумусу в ньому, а також від удобрення рослин. Як правило, нітратів утворюється тим більше, чим вища родючість ґрунту.

Повільнодіючі азотні добрива

Сечовино-формальдегідне добриво (карбамідформ, уреаформ) - це продукт конденсації сечовини $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ і формальдегіду (CH_2O) із вмістом азоту 37-40%, в тому числі водорозчинного 8-10 відсотків. Конденсація відбувається в концентрованих розчинах при еквімолярному співвідношенні сечовини і формальдегіду, підкисленні реакційного середовища до рН 3, при температурі 30-60°C. При конденсації утворюється суміш, в склад якої входять залишки молекул сечовини з'єднаних між собою метиленовими групами (CH_2) і містять метоксильні групи (CH_2OH). В кислому середовищі утворюється монометилсечовина

CONHCH₂NH₂OH, яка конденсується із сечовиною в метилendisечовину NH₂CONHCH₂NHCONH₂ з виділенням води.

Кротононілідентсечовина (КДС) виробляють конденсацією кротонового альдегіду і сечовини. Добриво містить близько 30% азоту, повільно розчиняється у воді (0,06 г у 100 мл води при 20⁰C).

Ізобутилідентсечовина (ІБДС) містить 32% азоту. Добувають як побічний продукт виробництва 2-етилгексанолу. Погано розчиняється у воді (0,1 г у 100 мл води). Добриво білого забарвлення, гранульоване, розмір гранул 1-2 мм.

Оксамід (амід шавлевої кислоти) містить 31,8% азоту. Це порошок білого кольору, погано розчиняється у воді (0,04-0,1 г у 100 мл води). Як добриво використовується в гранульованому вигляді. Добувають синтезом метану й аміаку. При внесенні в ґрунт весь азот оксаміду поступово переходить в доступну для рослин форму.

Використання повільнодіючих добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур має ряд переваг:

- внесення повної дози азоту під запрограмований врожай в один прийом значно скорочує затрати;

- із-за пониженої розчинності цих добрив у воді зводяться до мінімуму втрати азоту через звітрювання, вимивання, а також перехід азоту у важкорозчинні органічні сполуки. Повільнодіючі добрива суттєво знижують забруднення ґрунтових та інших водних джерел нітратами і іншими формами азоту, особливо на легких за гранулометричним складом ґрунтах;

- при використанні повільнодіючих азотних добрив підвищується коефіцієнт використання азоту добрив рослинами, запобігається нагромадження надлишкової кількості його в рослинах, особливо в нітратній формі.

Питання для самоконтролю

1. Чим представлений азотний фонд ґрунту?
2. Чому окремі добрива називають повільно діючими?
3. Назвіть основні види повільно діючих азотних добрив.

Тема 5. Типи сировини для виробництва фосфорних добрив

Основною фосфатною сировиною для виробництва фосфорних добрив є *апатит-нефелінові і апатитові руди*, які при порівняно не складних методах збагачення забезпечують високоякісні концентрати.

Фосфоритоносні агроруди, представлені мікрозернистими, жовновими, моллюсковими і залишково метасоматичними типами, і не поступаються апатит-нефеліновим і апатитовим рудам за вмістом корисного компоненту, однак характеризуються поганим збагаченням. У фосфоритових концентратах вміст фосфорного ангідриду нижчий, ніж в апатитах, а кількість присутніх домішок значно вища.

За запасами і якістю найбільше промислове значення мають апатит-нефелінові руди, які займають третину загальносоюзних (Росія, Казахстан) розвіданих об'ємів, 9 з яких - родовищах Хібінської групи, Кольського півострова Мурманської області.

Апатити-породи ендегенного походження, часто кристалізуються з іншими мінералами, найчастіше із нефеліном. В чистому мінералі вміст P_2O_5 сягає 42%, у промислових рудах в зв'язку із іншими домішками 14,22 - 18,41%. Емпірична формула апатиту $Ca_5(PO_4)_3F$ або $[Ca_3(PO_4)_2]_3 \times CaF_2$. Фтор кальцію може заміщуватись хлоридом, карбонатом, хлор апатитом, карбонат апатитом і гідроксил апатитом. Це - безколірний, найчастіше зеленуватий або жовто-зелений мінерал з кристалами у вигляді шестигранної призми високої міцності. Хімічне або термічне видалення фтору приводить до руйнування його кристалічної решітки. Це - найкраща сировина для виробництва розчинних фосфорних добрив.

Нефелін $(KNa)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ - алюмосилікат із вмістом 5-6% K_2O . На кислих ґрунтах його можна використовувати в якості калійного добрива. У воді він нерозчинний, проте при внесенні в кислий ґрунт калій стає доступний рослинам.

Апатит-нефелінові руди за своїм складом - багатоконпонентні. Крім фосфору і алюмінію вони містять: титан, стронцій, рідкоземельні елементи, фтор. В даний час розробляється 6 родовищ.

Другим за промисловим значенням типом фосфатних руд є мікрозернисті фосфорити групи родовищ об'єднаних Каратаутським фосфоритоносним басейном, який знаходиться на півдні Казахстану. Розвідані запаси по 11 родовищах із вмістом P_2O_5 від 23 до 30%. За мінералогічним складом руди переважно кремністо-карбонатні, для них характерне тонке вкраплення фосфатних речовин в карбонаті і кремнеземі.

Існуючі методи їх збагачення дозволяють збільшити вміст P_2O_5 лише на 3-5% при виході 60-80%. Фосфорити Карату в основному використовуються для електротермічної переробки на жовтий фосфор. Отримана таким чином рудна маса лише частково іде на флотацию, з якої одержують фосфоритне борошно та кормові фосфати. Промислово розробляються три родовища і три проходять підготовку до експлуатації.

Крім даних фосфатних руд, розвідані родовища жовтових фосфоритів (36 родовищ) із загальними запасами, які становлять 28,5% загальносоюзних. Знаходяться вони в європейській частині (Волжський і Дніпровсько-Донецький фосфоритоносні басейни) і на північному заході

Казахстану (Актюбинський фосфоритоносний басейн). Чотири з них: Єгоровське (в Московській), В'ятсько-Камське (в Кіровській), Полпінське (в Брянській) і Чілісайське (в Актюбинській області) експлуатуються.

Середній вміст P_2O_5 в жовтових рудах становить від 6 до 17%. Освоєні промислові способи збагачення жовтових фосфоритів (промивка, сортування, часткова флотація) при виході 60-70% отримують концентрати із вмістом 20-23% P_2O_5 , які придатні для виробництва фосфоритного борошна.

Сировинні запаси України

На Україні розвідані і підготовлені до освоєння родовища апатитовмісних руд: Новополтавське (Запорізька обл.), Стремигородське (Житомирська обл.). Крім того, є ряд перспективних на апатити районів і виявлено ряд апатитопроявів на яких оконтурені Видиборське і Федорівське родовища на Житомирщині.

Новополтавське родовище апатиторідкоземельних руд із запасами 6,2 млн.т P_2O_5 та середнім вмістом P_2O_5 - 9,65%. Розвідано 9 великих і 7 дрібних рудних тіл пластовидної і жилородовидної форми. Потужність 25-140 м із глибиною залягання до 800 м.

Стремигородське родовище знаходиться в Коростенському районі Житомирської області із запасами майже 600 млн. т руди при середньому вмісті P_2O_5 - 2,7% при глибинах 50-70 м. Мінеральний склад представлений: плагіоклазом, піроксенном, темно-кольоровими слюдами. Хімічний склад: TiO_2 - 1,5-5,7; P_2O_5 - 0,2-3,7; FeO - 2,3-20,2; SiO_2 - 31,7-37,4; Al_2O_3 - 1,7-2,6; CaO - 1,8-9,8; MgO - 6,2-13,0; K_2O - 0,3-1,3; Na_2O - 0,2-3,9; Fe_2O_3 - 1,8-21,6%.

На українському кристалічному щиті крім районів Новополтавського і Стремигородського родовищ виявлено цілий ряд районів перспективних на присутність апатитів. Це Чернігівська зона на південь від Новополтавки, Криворозько-Кременчуцька, Інгулецько-Казанківська, Кіровоградська та інші.

Найбільш цікавими є Володарська ділянка в Приазов'ї у Володарському і Першотравневому районах Донецької області, де апатит представлений 4,5-20,0% P_2O_5 . Прогнозні ресурси до глибини 200 м становлять 21,1 млн. т P_2O_5 при вмісті в руді 2,48% P_2O_5 .

Присутні апатитоносні руди і в Придністров'ї, зокрема Проскуринський, Антоновський масиви із вмістом P_2O_5 в руді 1-6 відсотка.

Фосфорити на Україні поширені в багатьох регіонах. Це - гірська порода осадового походження в склад якої входять кристалічні і аморфні кальцієві фосфати з домішкою кремнію, глинистих частинок та інших мінералів.

Складається із фосфоритів, різних мінералів (кварцу, кальциду, доломіту, халцедону, глауконіту) та органічної речовини, яка надає їм темного, бурувато-сірого, або жовтуватого забарвлення. Основну масу

фосфоритів становлять фосфати кальцію, які мають кристалічну будову типу апатиту. Фосфати фосфоритів, утворюють мікроскопічні і субмікроскопічні кристалики волокнистої, голкуватої або іншої форми.

За вмістом P_2O_5 розрізняють багаті фосфорити (понад 24%), середньої якості (18-24%), та бідні (5-18%). На Україні виділено 6 основних фосфоритоносних районів: Придністровський, Харківсько-Донецький, Чернігівський, Сумський, Закарпатський і Кримський. Придністровський фосфоритоносний район охоплює Хмельницьку, Вінницьку, Чернігівську, Івано-Франківську, Тернопільську області. Найбільшим в цьому районі є Незвиське родовище. В Харківсько-Донецькому районі найбільше значення мають Ізюмські фосфорити.

В Чернігівській області промислове значення має Кролевецьке родовище, а з Сумських родовищ - Стецьківська дільниця.

Фосфорити утворились в результаті мінералізації скелетів живих істот та осадженням фосфорної кислоти кальцієм з води. Вони мають як аморфну так і кристалічну форму. Аморфні фосфорити легше піддаються розкладу і мають кращу перспективу при безпосередньому використанні на добриво без додаткової хімічної переробки.

На Україні здавна відомі родовища двох типів фосфоритів: жовнових і валунно-галькових або конкреційних. В останній період виявлені і інтенсивно вивчаються зернисті фосфорити.

Жовнові фосфорити мають широке розповсюдження на Волинсько-Рівненській, Києво-Каневській, Деснянській та Північно-Донецькій площадках. В Північно-західному регіоні Волині давно відоме Ратнівське родовище жовнових фосфоритів. Тут попередніми стадіями розвідки виявлено 4 промислові ділянки із загальними прогнозними ресурсами 121,6 млн. т агроруди, 60,5 млн.т жовнів із середнім вмістом в них P_2O_5 - 6,75%.

На Києво-Каневській площадці виявлені переважно палеогенові фосфорити, які здебільшого належать київській свиті і лише на південному сході Черкащини є фосфорити сеноманської верхньої крейди. Це порівняно дрібні фосфатопроявлення з низькою якістю руд, які часто залягають на глибині більше 10 і навіть 50 м.

На Деснянській площадці розповсюджені жовнові і перемиті галькові, в основному палеогенові фосфорити і лише в північній частині-крейдяного віку. В Чернігівській області багаточисленні фосфоритовиявлення тягнуться вздовж р. Десна. В 30-х роках минулого століття Кролевецьке родовище жовнових фосфоритів розроблялося. Потужність фосфоритоносного горизонту 0,2-0,74 м, в середньому - 0,56 м який належить до відкладів палеогену і представлений пісками, опоками і глинами. Середній вміст P_2O_5 - 16-17%. Вихід жовнів 77%, з середньою глибиною залягання від 8 до 80 м.

Певну перспективу має і Тернопільська область. Поряд із багаточисленними фосфоритовиявленнями, переважно в верхньому

сеномані виділяється Незвиське родовище. Крім нижньосеноманського шару жовтових фосфоритів, у верхньому сеномані присутній шар губкових фосфоритів - фосфатизованих губок із вмістом 8-10% P_2O_5 . В 30-х роках розпочиналась його промислова експлуатація.

Головним регіоном поширення *валунно-галькових (конкреційних) фосфоритів є Поділля*. Вони одержали навіть назву “подільських”. Із їх розробки і використання розпочиналась вітчизняна фосфатна промисловість.

Подільські фосфорити здавна кустарно добувались місцевим населенням і лише частково перероблялись, а в основному вивозились за кордон. Початок їх промислової розробки припадає на кінець 19 століття (80 роки). З 1914 по 1921 роки фосфоритна промисловість Поділля характеризується різким спадом, більша частина рудників (шахт) не експлуатувалась.

В 1983-1995 роках на території України проведені широкі пошукові роботи *зернистих фосфоритів*, які відносяться до верхньокрейдяних покладів. Виявлено шість родовищ з сумарними запасами (ресурсами) 29,5 млн. т P_2O_5 . На їх базі можливе будівництво великих і малих рентабельних гірничо-збагачувальних фабрик (підприємств).

Карпільське родовище знаходиться в Амвросієвському районі Донецької області. Руда за мінеральним складом належить до фосфорит-глауконітового типу. Проте глауконіт, що домінує в кінцевому концентраті містить лише 30% фосфору, а 70% знаходиться у фосфориті. Це - пісок сірувато-зеленого кольору, дрібнозернистий, алевритистий, карбонатний з численними зернами фосфориту, рідкими жовнами, галькою кварцу, вапняку. Містить 5,0-9,7% P_2O_5 (середнє - 6,1%). Запаси руди становлять 38,1 млн. т, або 2,32 млн. т P_2O_5 .

Розроблена технологія збагачення є маловідходною. Вміст фосфору в агроруді становить 73,8% при середній якості 15,3% P_2O_5 з яких 13,0% - засвоювані. За вмістом лімітуючих компонентів відповідає марці “В” технічних умов на “Агрофоску”.

Осіківське родовище знаходиться в Старобешівському районі Донецької області де реальні промислові запаси фосфору зосереджені на трьох ізольованих ділянках, руди яких відрізняються за технологічними властивостями. Середня потужність продуктивного пласта (4,9-6,1 м) - 5,5 м. Загальні запаси руди (8,62+18,74+2,1 млн. т) - 29,46 млн. т із вмістом P_2O_5 (5,61; 5,95; 5,83%) - 5,8 відсотки.

Фосфорити Волино-Подільського району представлені чотирма родовищами які мають близькі умови залягання рудного пласта, його якісні параметри та ступінь геологічної вивченості. Вміст P_2O_5 в залежності від глибини залягання становить 2,4-7,15% P_2O_5 .

Білогірське родовище знаходиться на території Білогірського та Теофіпольського районів Хмельницької області. Продуктивні відклади залягають на глибині 12,4-57,0 м із потужністю пласта фосфатонесних

пісків до 3 м. Вміст P_2O_5 коливається в межах від 1,05 до 10,6%. Концентрат, що одержують із фосфоритної руди містить 17,5% P_2O_5 із виходом 73,6%. Сумарні запаси по двох прогнозних ділянках - 152 млн. т агроруди, або 9,4 млн. т P_2O_5 .

Родовище Матейки знаходиться на території Маневицького району Волинської області. Продуктивні відклади нижньосеноманського під'ярусу залягають на глибині 51,9-82,1 м на піщано-глинистих породах. Родовище охоплює широку смугу розвитку фосфатонесних агроруд (пісків) потужністю до 28 м які містять 1,13-9,55% P_2O_5 .

Концентрат виготовлений із агроруди містить 17,2% P_2O_5 із виходом 71,2%. Фосфатні частки і глауконіт складають в концентраті 91%. Прогнозні ресурси фосфоритів по двох ділянках за регіональними кондиціями становлять 95,6 млн. т або 5,9 млн. т P_2O_5 .

Здолбунівське родовище розташоване на території Здолбунівського і Гоцанського районів Рівненської області, продуктивні відклади якого залягають на глибинах 6,4-82,4 м на піщано-глинистих породах. Потужність рудного пласта в межах 0-3,2 м із вмістом в агроруді 0,36-8,53% P_2O_5 .

Концентрат, який одержаний із руди, належить до глауконіт-фосфатного типу, майже цілком складається з фосфатних часток та глауконіту із вмістом 16,2% P_2O_5 . Вихід із руди - 29,2%. Прогнозні ресурси по чотирьох ділянках становлять 122,7 млн. т або 7,1 млн. т P_2O_5 .

Мінеральний склад фосфоритонесних агроруд зернистого типу і вміст корисного компоненту визначають якісні показники продуктів збагачення. Технологічна переробка руди дає можливість отримувати два типи концентратів: первинного і глибокого збагачення, тобто кінцевий концентрат

Перший одержують під час знешламлювання руди і характеризується він досить низьким вмістом фосфору 4,9-10,5% P_2O_5 і високим (93-96%) виходом з руди. В другому - фосфор міститься на рівні 15,3-17,5% P_2O_5 із виходом з руди 64-78 відсотків.

За речовинним складом виділяються два типи концентратів: кварц - глауконіт-фосфоритовий та фосфорит-глауконітовий. Перший характеризує переважну більшість руд, другий - руду Карпівського родовища.

Вміст P_2O_5 у концентратах всіх родовищ більше 19% з яких на засвоювані форми припадає в залежності від родовища 38-96 відсотків.

Поряд із вмістом фосфору в концентратах присутній калій. Відзначаються присутність даного елемента фосфоритонесні агроруди Карпівського та Осиківського родовищ, де його вміст становить 1-2% K_2O .

За своєю екологічністю фосфорити України відзначаються низьким вмістом шкідливих, зокрема елементів першого класу небезпеки (Cd, As,

Hg, Pb, F, Zn). Вміст кадмію в концентратах становить менше 4, миш'яку - 1,3-7,4, ртуті - 3, свинцю 1-20 г/т. Рівень радіоактивності 400-576 Бк/кг. Фактичний вміст фтору у фосфоритах України близько 1%, а в концентратах до 3,3%. При внесенні фосфорних концентратів в рекомендованих дозах із вмістом 3,3% фтору його вміст в ґрунті не перевищуватиме 0,3 г/м², (0,0001%). Саме в силу цієї причини фтор не створює екологічної проблеми під час використання фосфорних концентратів, як мінеральних добрив.

Збереження і розвиток інтенсивного сільського господарства України вимагає значної кількості мінеральних добрив. Якщо для виробництва необхідними ресурсами калійних і сірчанних агроуд вона забезпечена, то у відношенні фосфатної сировини, крім фосфатшлаків, виробництво її в Україні практично не проводилося і вона повністю забезпечувалась за рахунок поставок з Росії хібіньських і ковдорських апатитових концентратів, кінгісепського фосфоконцентрата, а також фосфоритного борошна з Брянського фосзаводу, ВПО "Фосфати", КВО "Фосфорит" якісний склад яких представлений в.

Альтернативою російським апатитам, північно африканській сировині і будь яким іншим фосфоритонесним агроудам може стати імпортна знефторена екстракційна кислота, що містить 53-55% фосфору (в перерахунку на P₂O₅) і суперфосфорна кислота (70-72% P₂O₅). Ці кислоти варто закуповувати за кордоном, щоб на їх основі на вітчизняних підприємствах виробляти фосфорні добрива, мінімально забруднюючи навколишнє середовище.

Дуже привабливим із хіміко-екологічних позицій одержання з фосфоритів і апатитів фосфорних добрив є відносно новий безкислотний спосіб, який дасть змогу переробляти фосфатну сировину України без її попереднього трудомісткого збагачення. При механічній активації руди відбуваються фізико-хімічні перетворення, в результаті яких 60-80% фосфориту перетворюється у цитратнорозчинну форму і засвоюється рослинами.

Уже проводиться розробка фосфоритонесних агроуд на Донеччині, як побічного продукту при виробництві цементу. Розпочато добування зернистих фосфоритів на Рівненщині. Проводяться підготовчі роботи для розробки жовнових фосфоритів Ратнівського родовища на Волині.

Ефективність застосування фосфорних добрив.

Ефективність фосфорних добрив залежить від їх властивостей, способів внесення, зональних особливостей ґрунтів, а також від оптимально встановлених доз. Ґрунти, добре забезпечені фосфором за рахунок внесення добрив, здатні тривалий період забезпечувати сільськогосподарські культури оптимальним фосфорним живленням. Фосфор значно пом'якшує дію екстремальних погодних умов на культурні рослини, високий врожай яких може сформуватись навіть в

умовах посухи, низьких або високих температур. В світовому землеробстві в ряді країн, особливо Європи, підвищення фосфатного рівня ґрунтів в сівозміні часто досягається шляхом періодичного внесення підвищених доз фосфорних добрив. Цьому сприяє ряд факторів: наявність в ґрунті фосфору в доступній для рослин формі; незначна його міграція по профілю ґрунту і відсутність втрат в навколишнє середовище; достатня вивченість оптимального вмісту рухомих його форм в ґрунті для різних сільськогосподарських культур і кількості фосфорних добрив, необхідної для оптимального фосфатного рівня для кожного типу ґрунту. На відміну від азоту не існує природних джерел поповнення запасів фосфору в ґрунті. Тому основним шляхом підтримання оптимального живлення рослин фосфором - внесення мінеральних та органічних добрив. Агрономічною наукою фосфор, як біогенний елемент, найбільш вивчений. Проте як з точки зору агрохімії, так і екології фосфору і фосфорних добрив існує ще ряд невирішених проблем:

- низький коефіцієнт використання елементів живлення з підвищених доз фосфорних добрив як окремими культурами, так і в агроценозі;
- періодичне внесення високих доз фосфорних добрив (зафосфачування) ґрунтів порушує баланс інших біогенних елементів, що негативно впливає на засвоєння рослинами елементів живлення;
- присутність у фосфорних добривах шкідливих домішок різних елементів, в тому числі і важких металів, які забруднюють ґрунт, природні водойми і ґрунтові води. Частина їх надходить в рослини, знижуючи якість продукції і кормів для тварин;
- іммобілізація (ретроградація) фосфатів в ґрунті в результаті хімічного поглинання. Найбільш інтенсивно ці процеси відбуваються на карбонатних чорноземах, червоноземах, кислих дерново-підзолистих ґрунтах з високим вмістом полуторних окислів алюмінію і заліза;
- мобілізація фосфатів ґрунту для живлення культурних рослин, що має важливе значення для тих регіонів і на таких типах ґрунтів, де в результаті систематичного внесення високих доз фосфорних добрив створились значні його запаси, які значно перевищують оптимальний фосфатний рівень. Існують і інші проблеми раціонального використання фосфорних добрив.

Оптимізація фосфорного живлення сільськогосподарських культур визначається їх вирощуванням в спеціалізованих сівозмінах в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. При цьому якщо труднощі оптимізації живлення рослин азотом пов'язані із високою рухомістю нітратів в ґрунті, то створення необхідного фосфатного рівня шляхом внесення підвищених доз добрив сприяє зв'язуванню інших біогенних елементів (цинку, міді та інших), тобто до порушення балансу поживних елементів в ґрунті, до погіршення умов живлення іншими елементами. В такому випадку необхідно оптимізувати живлення рослин фосфором з врахуванням вмісту в ґрунті в доступній для рослин формі і інших елементів.

Розробка системи удобрення та застосування науково-обґрунтованих доз фосфорних добрив тісно пов'язані з комплексом агротехнічних, хімічних і біологічних методів мобілізації фосфору ґрунту накопиченого внаслідок систематичного внесення фосфорних добрив. Наприклад, застосування фізіологічно кислих азотних і калійних добрив в поєднанні із мікроелементами суттєво мобілізує ґрунтові запаси фосфору на зафосфачених чорноземах, сірих опідзолених і каштанових ґрунтах, що дає змогу тривалий період отримувати високі врожаї сільськогосподарських культур без додаткового внесення фосфорних добрив. Вапнування кислих дерново-підзолистих ґрунтів також мобілізує фосфати ґрунту, зв'язані полуторними окислами алюмінію і заліза.

ґрунти з високим вмістом фосфатів вимагають особливих агрохімічних рішень щодо їх ефективного використання. При вирішенні даного питання важливо враховувати такі особливості:

- об'єктивна оцінка ефективності фосфорних добрив можлива не лише по продуктивності окремих культур, але і сівзміни в цілому;

- методи оцінки фосфатного рівня ґрунту і оптимізації фосфорних добрив різні і залежать від особливостей (методів) визначення рухомих форм фосфору в ґрунті;

- для повної оцінки даного питання необхідно враховувати не лише вміст рухомих форм фосфору по прийнятому для даного ґрунту методу, але і ступінь його рухомості в слабо сольових витяжках.

На дерново-підзолистому легкосуглинковому ґрунті оптимальний вміст рухомих форм фосфору в орному шарі 10-15 мг/100 г ґрунту. На таких ґрунтах при дотриманні відповідної агротехніки і забезпечення рослин азотом і калієм продуктивність сівзміни, за даними наукових установ, становить 45-50 ц зернових одиниць основної продукції. При вищому вмісті рухомих форм фосфору окупність фосфорних добрив різко знижується.

Оптимальний фосфатний режим на сірих опідзолених ґрунтах близький режиму дерново-підзолистих при визначенні одного рекомендованого методу Кірсанова. Аналогічна кількість оптимального вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті встановлена і для чорноземів, але при визначенні їх за методом Чірікова. Рівень їх на карбонатних чорноземах і каштанових ґрунтах становить від 3 до 4,5 мг/100 г ґрунту (по методу Мачігіна).

При оптимізації фосфорного живлення необхідно використовувати і інші показники, які визначають фосфатний режим ґрунту:

- балансовий коефіцієнт використання (коефіцієнт балансу, коефіцієнт виносу, який вказує яку частину становить винос поживних речовин від внесених з добривами).

- коефіцієнт компенсації повернення, або інтенсивність балансу, величина, обернена коефіцієнту балансовому

Коефіцієнт балансу це міра ефективності добрив при відповідному вмісті поживних елементів в певних ґрунтових умовах.

Майже на всіх типах ґрунтів України фосфорні добрива забезпечують економічно виправдані прирости врожаю сільськогосподарських культур, проте найефективніші вони при внесенні на дерново-підзолистих ґрунтах і чорноземах.

При використанні фосфорних добрив спостерігається така залежність: чим вищий вміст рухомих форм фосфору в ґрунті, тим нижча їх ефективність. Підвищення вмісту фосфору на 10 мг/кг ґрунту забезпечує зростання врожаю озимої пшениці на 0,8-1,0 ц/га, цукрових буряків - на 8-9 ц/га, але така закономірність проявляється тільки до певної межі. Так, при узагальненні численних дослідів з удобренням озимої пшениці було встановлено, що її продуктивність після внесення фосфору понад 120 кг/га не зростала навіть тоді, коли дози азотно-калійних добрив підвищували в 1,2-2,0 рази.

При вмісті рухомого фосфору більше 10 мг/100 г ґрунту, приріст врожаю від внесення фосфорних добрив нестійкий, а при 15 мг ефективність добрив майже не проявляється. Проте навіть і при досить високих запасах рухомого фосфору в ґрунті концентрація фосфатіонів в ґрунтовому розчині для повного забезпечення на перших етапах росту і розвитку молодих рослин може бути недостатньою. Тому обов'язковим агротехнічним заходом на всіх типах ґрунтів є стартове (рядкове) внесення фосфорних добрив (суперфосфату гранульованого) в дозі 7-20 кг P_2O_5 . Рядкове (припосівне) внесення 1 ц/га гранульованого суперфосфату забезпечує додатковий приріст 5-6 ц/га зерна, тоді як при розкидному внесенні - 1-2 ц/га.

В умовах нестійкого і недостатнього зволоження ефективність добрив в значній мірі залежить від глибини заробки їх у вологий ґрунт. В зв'язку з малою рухомістю фосфатів в ґрунті перенесення частини фосфору з основного удобрення в підживлення, або заміна ним основного удобрення недоцільна навіть тоді, коли використовуються його легкодоступні рослинам форми. Так, при внесенні суперфосфату на 0-8 і 16-24 см засвоєння фосфору з верхнього шару ґрунту в початкові фази росту рослин проходило в 10 разів краще, ніж з нижнього; наприкінці вегетації спостерігалися переваги від глибокого внесення добрив. В умовах зрошення і достатнього зволоження значної різниці у використанні фосфору із суперфосфату при глибокому і мілкому внесенні не встановлено. Отже, рядкове удобрення використовується для поліпшення умов живлення рослин фосфором на початкових етапах вегетації, а основне - для забезпечення протягом всього вегетаційного періоду.

Для основного удобрення використовують всі форми фосфорних добрив. Напіврозчинні і нерозчинні фосфорні добрива насамперед використовують під люпин, гречку, жито, горох, гірчицю, що засвоюють його краще ніж інші культури. Ефективність фосфорних добрив

підвищується під час внесення їх на фоні гною або інших органічних добрив. При цьому відбувається зв'язування заліза і алюмінію органічними речовинами, що зменшує осадження нерозчинних фосфатів і підвищує їх рухомість.

Ефективність фосфорних добрив залежить від рН ґрунтового розчину. На дерново-підзолистих ґрунтах позитивна дія фосфорних добрив, внесених під озиму пшеницю, підвищується із зменшенням кислотності до рН = 5,6, а на лужних вона знижується.

На слабокислих і лужних ґрунтах ефективність малорозчинних фосфорних добрив порівняно із суперфосфатом знижується. Тому їх вносять на кислих ґрунтах, щоб використати кислотність ґрунтового розчину для підвищення їх розчинності. Суперфосфат на кислих ґрунтах вносять локально до сівби, або одночасно із сівбою. Рядкове удобрення забезпечує розподіл добрив біля насіння рослин і скорочує тривалість взаємодії із ґрунтом до періоду їх активного засвоєння. Позитивний вплив локалізації добрив пояснюється зниженням фіксації фосфору в результаті взаємодії добрива з меншим об'ємом ґрунту, створення поблизу коренів рослин зон з підвищеним вмістом рухомих фосфатів. Локальне внесення фосфорних добрив під зернові, картоплю та інші культури на 20-25% підвищує їх ефективність.

Для ліквідації дефіциту фосфору використовують фосфоритне борошно, місцеві види добрив (зернисті та жовнові фосфорити). На значних площах воно досить ефективне, що підтверджується численними дослідженнями наукових установ і практикою передових господарств. Його вносять для фосфоритування ґрунтів (до 300 кг/га P_2O_5) під картоплю, цукрові буряки. Наступні культури в сівозміні використовують його післядію, що дає змогу створювати оптимальний рівень забезпеченості ґрунтів фосфором. Місцеві фосфорити, використання яких з кожним роком зростає, діють на ґрунт комплексно, оскільки в своєму складі крім фосфору вони мають кальцій, калій, магній та інші необхідні рослинам елементи живлення.

Застосування фосфорних добрив забезпечує підвищення врожаю, поліпшення його якості, прискорює розвиток кореневої системи, підвищує стійкість рослин проти грибкових захворювань, прискорює дозрівання рослин.

Фосфорні добрива вносять в оптимальних дозах з урахуванням потреб рослин, оскільки при їх надмірній кількості за перший рік рослини використовують лише 10-25% фосфору, а за рахунок післядії – до 60%. Вносити їх в запас недоцільно. Ефективність дії фосфатів зумовлюється концентрацією їх рухомих форм (H_2PO_4) в ґрунтовому розчині. При цьому загальна концентрація фосфатів (у перерахунку на P_2O_5) в ґрунтовому розчині дуже мала - 0,05-1,0 мг/л.

На чорноземах Центрально-чорноземної зони близько 54,7% ґрунтів із середнім вмістом рухомих фосфатів, що визначаються за методом

Чірікова. Ґрунтів із низьким вмістом фосфатів 20,8 і лише 2,8% - з дуже низьким вмістом. При достатньому вмісті в ґрунті рухомого фосфору його щорічне внесення у вигляді добрив порівняно з азотом незначне. Однак в такому разі рослини чутливі до внесення фосфорних добрив.

Питання для самоконтролю

1. Де зосереджені основні запаси фосфоровмісних руд в Україні?
2. Які перспективи виробництва фосфорних добрив в Україні?
3. За яких умов використання ефективність фосфорних добрив найвища?
4. Перерахуйте основні агро руди
5. Яка концентрація фосфору у природних рудах?

Тема 6. Рідкі стартові добрива та їх ефективність

Застосування стартових добрив є ключем для досягнення максимального урожаю. Їх внесення сприяє збільшенню доступності поживних речовин і покращенню росту кореневої системи рослин на ранніх етапах розвитку.

Сьогоднішня ситуація на ринку добрив створює завдання отримання максимальної економічної віддачі від кожної вкладеної в добрива гривні, що можливо за рахунок впровадження нових форм добрив, методів їх використання, вдосконалення норм та схем застосування.

Одним із найсучасніших і найбільш ефективних підходів оптимізації живлення рослин сьогодні є використання рідких стартових добрив (Starter fertilizer), що забезпечує внесення невеликої кількості поживних речовин в насінневе ложе одночасно з посівом. Ця практика поширена в багатьох країнах світу, особливо в США та Канаді.

Існує багато переваг рідких форм стартових добрив перед сухими гранульованими формами, особливо в умовах недостатнього зволоження. Рівномірність внесення, швидке проникнення до кореневої системи, високий коефіцієнт використання рослинами поживних речовин забезпечують майже повне їх засвоєння

В Україні вперше виробництво таких добрив під маркою «Квантум-Діафан» запроваджено науково-виробничою компанією «Квадрат». Найбільш поширеними марками добрив рідких добрив є:

- марка NPK (5-20-5);
- марка NPK (8-24-0);
- марка NPK (9-18-9);
- марка NPK (10-10-10);
- марка NPK (3-18-18).

Переваги рідких добрив:

- низькі норми внесення (10–40 кг/га);
- мінімум шкідливих домішок та баластних солей (хлоридів, сульфатів);
- низький сольовий індекс та нейтральний рН;
- наявність збалансованої кількості азоту та калію відповідно до потреб;
- можливість сумісного внесення з біологічно активними речовинами, пестицидами та необхідними для ефективного старту мікроелементами, насамперед цинком.

Щорічно об'єм виробництва рідких добрив зростає

Поширеним способом унесення стартових добрив із сівбою є метод «5 x 5» (5 см нижче від насіння та 5 см убік). Загальна назва цього методу в США – «2 x 2 дюйми». Така дистанція зумовлена передусім надмірною концентрацією добрива та великим ризиком опіку молодих корінців, що проростають. Для ефективного поглинання рослиною у початковий період розвитку поживні речовини повинні перебувати у безпосередній близькості до кореневої системи, але цього зазначена технологія не забезпечує. Найвищий коефіцієнт використання елементів живлення з добрив гарантує спосіб ультралокального внесення рідких стартерів у зону висіву насіння (технологія POP-UP або IN-FURROW)

Завдяки POP-UP можна вносити високоефективні форми поживних речовин, при цьому знизити норми внесення та затрати на застосування добрив.

Внесення стартових добрив за технологією POP-UP рекомендовано:

- на погано дренованих або холодних ґрунтах;
- на ґрунтах з низьким вмістом Р (нижче від 20 мг/кг) та К (нижче від 130 мг/кг);
- на ґрунтах з надзвичайно високим або низькими показниками рН;
- за високої ймовірності впливу стресових факторів (низької кількості опадів на момент посіву);
- у разі використання no-till технологій або при мінімальній обробці ґрунту.

Основна ціль – фосфор

У стартовому живленні фосфор є основним поживним елементом, оскільки він практично не рухливий у ґрунті й за температури меншої, ніж +14°C майже не засвоюється, але саме фосфор у край необхідний для росту коренів. Невелика кількість азоту та калію в стартовому добриві забезпечує збалансоване живлення рослинам, не викликаючи пошкодження, та посилює поглинання фосфору.

Відомо, що під час проростання рослини живляться за рахунок запасних поживних речовин у насінні (цукрів та крохмалю), при цьому молода рослина швидко їх використовує та потребує додаткових джерел елементів живлення для ефективного розвитку. Ріст кореневої системи за

низької температури ґрунту майже не відбувається, тому коефіцієнт поглинання доступних сполук із ґрунтового розчину слабкою кореневою системою невисокий. Через низьку рухливість засвоєння фосфору корневими волосками можливе з відстані 1–2 мм від них. Тому важливо забезпечити розміщення поживних речовин у доступній формі в безпосередній близькості до кореневої системи. Крім того, переважна частина фосфору практично не доступна через низьку розчинність фосфатів заліза, алюмінію та кальцію та інших сполук, що призводить до ситуації, коли фосфор, хоч і присутній у відносно великих кількостях, та все одно залишається у дефіциті.

Із ґрунту фосфор може засвоюватися кореневою системою у вигляді ортофосфатів. Тобто будь-які форми фосфору повинні перейти в ортоформу і тільки потім будуть повноцінно засвоюватися корінням рослин (зокрема, корневими волосками). У рідких добривах як джерело фосфору використовуються або безпосередньо ортофосфати, або поліфосфати (атоми фосфору, з'єднані в ланцюги різної довжини і конфігурації). Інакше кажучи, поліфосфати є просто ланцюгами молекул ортофосфату, утвореними шляхом видалення молекули води, які під впливом ферментів ґрунту перетворюються назад у окремі ортофосфати.

Поліфосфати у виробництві рідких добрив застосовуються передусім з метою підвищення концентрації фосфорного компонента. Однак, незважаючи на високу концентрацію, такі розчини мають низький термін зберігання (до 6 місяців) та виготовляються з неочищеної суперфосфорної кислоти. Перехід поліфосфатів у доступну для рослин ортоформу відбувається шляхом гідролізу, і швидкість цього процесу залежить від низки факторів (зокрема, температури, рН, мікрофлори ґрунту, наявності ферментів, колоїдних речовин, іонного складу ґрунту). В умовах холодного ґрунту процес гідролізу 50% поліфосфатів може зайняти до 30–40 днів.

Рідкі добрива дуже відрізняються за своїми характеристиками (сольовим індексом, наявністю домішок, формами фосфору) і тому не всі придатні для використання за POP-UP технологією. Крім того, високі концентрації поліфосфатних добрив, використаних як стартові, можуть призвести до опіків молоді кореневої системи.

Для безпечного застосування разом із висівом насіння підходять лише спеціалізовані добрива, зокрема рідкі безбаластні добрива з низьким сольовим індексом. Така форма починає діяти і засвоюватися відразу після внесення, навіть у холодному ґрунті на відміну від добрив на основі поліфосфатів.

Системи внесення рідких добрив

Важливим фактором при внесенні добрив є рівномірність їх розподілу. Норми внесення мікродобрив настільки малі, що вносити їх у сухому вигляді дуже проблематично, тому їх вносять в рідкому вигляді, в межах 20 – 50 л/га. За таких норм внесення, просапною сівалкою з

міжряддям 70 см, на погонний метр припадає 1,4-3,5 мл, і без спеціального обладнання рівномірність внесення не відстежити.

Ефективність сухих мінеральних добрив дуже залежить від своєчасності та кількості опадів. Якщо опади випадуть вже після формування кореневої системи рослини, то добриво не встигне розчинитися в ґрунті для підгодівлі рослини під час вегетаційного періоду (особливо під час посіву озимих культур).

Рішенням вище зазначених задач є внесення рідких комплексних добрив (РКД) за допомогою спеціальних систем. Система дозволяє впровадити технологію внесення рідких добрив на просапних сівалках і посівних комплексах, де добриво буде працювати вже безпосередньо в місці закладки насіння.

Переваги внесення РКД, паралельно з висівом:

- Можливість вносити низькі норми добрив, що важливо при внесенні мікроелементів;
- Висока рівномірність внесення добрива, як наслідок – рівномірні сходи та відсутність внутрішньовидової конкуренції;
- Висока ефективність завдяки внесенню в рідкому вигляді;
- Можливість внесення не тільки макроелементів, а також необхідних мікроелементів;
- Можливість одночасного внесення гербіцидів разом з азотними добривами, що добре позначається на боротьбі з бур'янами;
- Легкість переобладнання сівалок і культиваторів;
- Можливість провокації сходів при внесенні по насінневому ложу;
- Інтегрування системи контролю висіву в систему внесення РКД.

Системи контролю висіву з внесенням РКД орієнтовані на будь-які типи посівних комплексів (просапні, зернові, пневматичні), а також культиватори для внесення КАС. Застосувати систему внесення РКД можливо на будь-якій конфігурації сільгосп машини за допомогою управління дозуванням продукту.

Система контролю і внесення РКД складається з наступних компонентів:

- Панель оператора, займається обробкою і відображенням інформації;
- Контролер, виконує функції силового управління насосами та іншим устаткуванням, а також частковою обробкою даних;
- Електричний насос мембранного типу, спеціально сконструйований для роботи з агресивними рідинами;
- Головний витратомір електромагнітного типу або механічний, не має рухомих елементів.
- Секційні витратоміри, по одному витратоміру на кожен лінійний внесений добрив. Застосовується для розрахунку рівномірності внесення добрив.

– Зворотні клапани, підтримують тиск в системі вище 0,7 бара і перешкоджають мимовільному витіканню добрив;

– Дозуючі шайби, задають діапазон можливих норм внесення добрив з урахуванням заданого діапазону швидкостей.

Електричний насос качає рідину з бака в колектор через головний витратомір. У колекторі рідина рівномірно розподіляється між секціями, проходячи через секційні витратоміри, клапани, та дозуючі шайби.

Постійна норма внесення добрив і точність дозування досягається завдяки управлінню продуктивністю електричного насоса, яким керує контролер. Контролер керує насосом в залежності від швидкості агрегату і витрати рідини через головний витратомір.

Секційні витратоміри працюють незалежно, і служать для контролю рівномірності внесення добрив. Їх чутливість дозволяє контролювати відхилення навіть у кілька відсотків.

Клапана на виході з секційного витратоміра призначені підтримувати залишковий тиск в системі для виключення витікання рідини з бака під власною вагою, після відключення насоса.

Дозуючі шайби призначені для створення тиску в магістралі та рівномірного розподілу рідини по секціям. Згідно законів фізики, витрата рідини через отвір залежить від її щільності та в'язкості, тиску, а також діаметра отвору.

Питання для самоконтролю

1. Які переваги рідких форм добрив?

2. Чому внесення РКД потребує спеціального додаткового обладнання?

3. Чим зумовлена висока ефективність припосівного внесення фосфору?

Тема 7. Мікродобрива на хелатній основі

Практика показала, що солі мікроелементів на основі неорганічних кислот за своєю ефективністю поступаються хелатним з'єднанням металів. Одержані в такий спосіб мікродобрива вносять дозами в 2-10 разів меншими від традиційних, при аналогічній ефективності. Для виробництва мікроелементів на хелатній основі використовують ЕДТА (етилендіамінтетраоцтова кислота), ОЕДФ (гідроксилетилідендифосфонова кислота), ДТПА (етилендіамінпентаоцтова кислота) і ЕДДНМА (етилендіамін і 2-гідрокси-4-метилфеніл оцтова кислота).

ЕДТА - на її основі виробляють хелати, які використовують на ґрунтах з рН менше 8, причому для кожного мікроелемента стійкі сполуки можуть утворюватись тільки при певних значеннях рН (для прикладу, комплекс заліза з ЕДТА ефективний в боротьбі із хлорозом лише на

помірно кислих ґрунтах; в лужному середовищі він не стабільний. Характерними особливостями при застосуванні ЕДТА: комплекси з молібденом порівняно не міцні, в лужному середовищі розкладаються; піддаються гідролізу; хелати Са і Mg на основі ЕДТА – розчинні; ЕДТА не стійкі до дії мікроорганізмів ґрунту; проявляють антивірусну активність. ЕДТА використовуються західними виробниками, перш за все завдяки відносно низькій ціні.

ОЕДФ прийнята за основу в бувшому СРСР. За її участю виробляють стабільні індивідуальні хелати мікроелементів, а також композиції різного складу і співвідношення. По своїй структурі вона найбільш близька природнім сполукам на основі поліфосфатів (при її розкладі утворюються хімічні сполуки, які легко засвоюються рослинами). Хелати на цій основі використовують на ґрунтах з рН 4,5-11. Характерною особливістю ОДТА в порівнянні з ЕДТА є утворення стійких комплексів з молібденом і бором та стійкість до дії мікроорганізмів ґрунту.

Диференційовані умови розчинності комплексів ОЕДФ дозволяють виробляти мікродобрива пролонгованої дії. Специфічність взаємодії ОЕДФ можуть змінювати фізико-хімічні і гранулометричні властивості мінеральних добрив. Застосовувати хелати на основі ОЕДФ в розчинах на дуже твердих природних водах не можна, проте їх підкислення усуває даний недолік. ОЕДФ є слабким хелатоутворюючим агентом для заліза, міді, цинку. В поживному розчині, або прикореневій зоні вони легко заміщуються кальцієм та магнієм і ефективність їх значно знижується.

Хелати на основі ЕДТА, ОЕДФ володіють унікальними властивостями в поєднанні з добре розробленою теоретичною і експериментальною базою та економічною доцільністю їх застосування.

ЕДДНМА (етилендіаміні (2-гідрокси-4-метилфеніл) оцтова кислота). Хелати на її основі використовують при рН від 3,5 до 11, проте їх вартість досить висока.

В Україні зареєстровані і поставляються препарати які містять в своєму складі мікроелементи:

АДОБ (хелати цинкуII та залізаII), виробник ПП-Ц «АДОБ», Польща;

Басфоляр (N-6-36, P₂O₅-0-12, K₂O-0-6% + мікроелементи), виробник - ПП-Ц «АДОБ», Польща;

Вуксал суспензія (N-30, K₂O-22,5, MgO-4,5, СаО-24,0%), виробник – фірма «Аглюкон ГмбХ», Німеччина. На зернових та зернобобових культурах рекомендується використання Вуксал Мікроплант (N-7,5; K₂O-15; MgO-4,5; S-7,8; В-0,45; Cu-0,75; Fe-1,5; Mn-2,25; Мо-0,015; Zn-1,5), як стресовий адаптоген, та Вуксал Комбі Бор (N-30; K₂O-22,5; MgO-3; В-1,5; Cu-0,075; Fe-0,15; Mn-0,0015; Мо-0, як препарат для кращого зав'язування та виповненості насіння зернобобових культур.

Гідрокомплекс (N-12,4, P₂O₅-11,4, K₂O-17,7 + мікроелементи), виробник – фірма «Yara Porsgrunn Norway», Норвегія;

Дісолвін (халат заліза, 6-11%), виробник-фірма «Аско Нобель», Голландія;

Еколіст (N-10-6, S-5, Mg-1,7, Ca-0,5, B-0,4%), виробник - фірма «Екоплон», Польща;

Екоплант (P₂O₅-7,66, K₂O-49,29, MgO-10,03, CaO-12,26%), виробник-ТОВ «Екотерра», Україна;

Кристалічні халатні добрива серії «Форте» (хелат заліза TOP-12, (Fe-120 г/кг), халат заліза-8 (Fe-80 г/кг), халат марганцю-14 (Mn-140 г/кг), халат цинку-14 (Zn-140 г/кг), халат міді-12 (Cu-120 г/кг), виробник-ТОВ «Інтермаг», Польща;

Кристалон (N-3-20, P₂O₅-5-40, K₂O-8-38% + мікроелементи), виробник-фірма «NU3 B.V.», Норвегія;

Лифдріп (N-10-20, P₂O₅-8-20, K₂O-20-42% + мікроелементи, виробник-фірма Фрарімпекс, Франція;

Ман Топ + прилипач «Арма» (Mn-10,8, S-2,6), виробник-фірма Агропланта, Німеччина;

Мастер (N-3-30, P₂O₅-5-40, K₂O-6-45% + мікроелементи), виробник-фірма «Валагро», Італія. Поставляється в Україну із різним співвідношенням NPK, збалансованих для живлення рослин на різних фазах розвитку на різних типах субстратів (грунт, торфосуміш, мінеральна вата, перліт і т.д). Не містить хлору і натрію, а мікроелементи присутні у формі ЄДТА.

Міком, мікродобриво на основі комплексонатів мікроелементів (Co, Cu, Zn, Mn, Mo, B), виробник - ЗАТ «Діорея», Україна;

Монокальційфосфат (P₂O₅-52, K₂O-34 + мікроелементи), виробник-фірма «Ротем Амферт Невег Лтд», Ізраїль;

Мочевин К №1 (N-11-13, P₂O₅-0,1-0,3, K₂O-0,05-0,15 + мікроелементи 0,1%, бурштинова кислота-0,1%), виробник НВО «Агронауковець», Україна;

Реаком, мікродобриво на основі комплексонатів мікроелементів: Co, Cu, Zn, Mn, Mo, B, виробник - НВЦ «Реаком», Україна;

Рексолін (комплекс мікроелементів: B-0,5, Co-0,04, Cu-1,5, Zn-1,5, Fe-4,0, Mo-0,1, Mg-5,4 в хелатній формі), виробник-фірма «Азо Нобель B.V.», Голландія;

Тенсо Коктейль (мікроелементи B-0,52, Cu-0,53, Ca-2,57, Fe (ЕДТА)-2,10, Fe (ДТРА) – 1,74, Mn-2,57, Mo-0,13, Zn-0,53), виробник-фірма «NU3 B V, Норвегія;

Фізіожівлін (N-19,1, K₂O-16,5, + мікроелементи), виробник-Інститут фізіології рослин і генетики НАНУ;

Фолігрін NPK (N-70 г/л, P-30 г/л, K-39 г/л + мікроелементи: B, Co, Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, Ni, Mg), виробник - «Пример Кемікл Ко. ЛТД», Кіпр;

Цевіт макро + мікро універсал (N-50-200 г/л, P₂O₅-20-30 г/л, K₂O-50-120 г/л + мікроелементи: S, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Mo), виробник- АКТОВ «Супло», Польща.

Препарат Брексіл, який реєструє компанія «Агросол» (екологічно безпечні хелати у вигляді водорозчинних гранул) на основі нового для України хелата ЛПКК (лігнінполікарбоксилова кислота) яка випускається компанією «Валагро»).

Його висока ефективність пояснюється унікальною структурою молекул здатних розчинятися як у воді, так і в жирах, проникаючи через восковий наліт, який вкриває листя. Обробка огірків Брексілом Са у фазі плодоношення в дозі 1,0-1,5 кг/га підвищує лежкість і транспортабельність плодів.

Вивчення засвоюваності рослинами мікроелементів із солей металів і хелатних сполук на основі різних хелатів, показало, що сполуки на основі цитратів засвоюються в 6 разів краще, а на основі ЕДТФ, ОЕДФ, ДТПА (диетилентриамінпентаоцтова кислота) – у 8 разів краще ніж на основі ЕДТА.

Використовують мікродобрива на хелатній основі шляхом:

- передпосівної обробки посівного матеріалу одночасно із протруюванням;
- некореневої обробки вегетуючих рослин окремо, або разом із засобами захисту;
- поєднання в бакових сумішах при гідропонному вирощуванні тепличних овочів і в системах краплинного зрошення.

На ринок України мікродобрива на основі хелатних сполук поставляються в:

- рідкому стані – розчини і суспензії з 2-6% вмістом металів;
- сухі - кристалічні, або порошкоподібні речовини із вмістом металів 6-15%.

За хімічним складом вони бувають:

- добрива (NPK + мікроелементи), що містять постійну (фіксовану) кількість мікроелементів у всьому асортименті і різні варіанти NPK, а також Mg, S, Ca та інші елементи для некореневого підживлення;
- препарати, що містять лише мікроелементи: комплексні – які містять композицію мікроелементів у визначених співвідношеннях і використовуються як для некореневого підживлення, так і для передпосівної обробки посівного матеріалу; монодобрива – хелатні з'єднання окремих металів(Fe, Zn, Cu) для усунення перших симптомів хвороб (хлороз), або нестачі даних елементів у ґрунті;
- препарати, що містять крім мікроелементів біологічно активні речовини (стимулятори, ферменти та інші сполуки).
- із добрив групи NPK + мікроелементи на ринку України представлені Кристалонами (Гідро–Агри, Норвегія–9 найменувань),

Акварини (Буйський хімічний завод, Росія–16 найменувань), Вуксал (Аглюкон, Німеччина), Еколист (Екоплон, Польща).

Добрива серії Кристалон – це порошкоподібні речовини для некореневого підживлення рослин. Із 9 найменувань найбільш поширені, особливий, жовтий, коричневий які мають однаковий склад по мікроелементах (0,174%) + Mg, S, із різним вмістом N P K.

Кристалон особливий, Акварин 5, Майстер особливий рекомендується використовувати на азотофільних культурах (пшениця озима, ячмінь озимий і ярий, кукурудза, огірки, ріпак ярий, цукрові буряки) шляхом некореневого підживлення з дозою: Кристалон -3-5, Акварин - 2-3, Майстер -1,5-2,0 кг/га.

Комплексні повністю розчинні у воді Акварини Буйського хімічного заводу поставляються в Україну із різним співвідношенням макро -і мікроелементів.

Добрива серії Вуксал (Німеччина) - це водна суспензія макро -і мікроелементів для позакореневого живлення рослин, де мікроелементи перебувають в хелатній формі і легко засвоюються рослинами. Вони стійкі до змивання, захищені від випаровування, швидко та рівномірно проникають в рослину, мають ефект реактивації. Основні формуляції Вуксалу які представлені на ринку України: Вуксал Комбі Б (N-30, K₂O-22,5, MgO-3, B-1,5, CuO-0,075, Fe-0,15, Mn-0,075, Mo-0,015, Zn-0,075); Вуксал Мікоплант (N-7,5, K₂O-15, MgO-4,5, S-7,8, B-0,45, Cu-0,75, Fe-1,5, Mn-0,01, Mo-0,015, Zn-1,5); Вуксал Кальцій (N-16, CaO-24, MgO-3, B-0,08, Cu-0,064, Fe-0,08, Mn-0,16, Mo-0,0016, Zn-0,032); Вуксал Комбі Fe (N-16, K₂O-32, MgO-3, B-0,03, Cu-0,08, Fe-1,6, Mn-0,08, Mo-0,0016, Zn-0,087). При позакореному підживленні у фазі кущіння - виходу в трубку 0,5-1,0 л/га, на гектар мікроелементів вноситься в 7 разів більше, ніж при використанні кристалону, але в 4 рази менше, ніж при застосуванні комплексних мікродобрив, що містять тільки мікроелементи.

Серія італійських добрив *Плантафол* (N₂₀P₂₀K₂₀+мікро-1 кг/га) поставляється в декількох модифікаціях, розроблених для різних умов вирощування і фаз розвитку рослин. Добриво *містить 0,275% мікроелементів, прилипач*, а незначний вміст мікроелементів компенсується здатністю рівномірно розподілятися на рослинах, за рахунок присутності в складі поверхнево активних речовин. Плантафол відноситься до високо хімічно чистих і повністю розчинних добрив розроблених для позакореневого підживлення вегетуючих рослин.

Доза використання 0,15-0,35 кг на літр води. Кількість розчину залежить від об'єму і щільності листової поверхні і може становити від 300 до 1000 л/га. Використовують при позакореному підживленні на ранніх фазах розвитку помідорів поєднуючи його внесення із препаратом Майстер (N₁₈P₁₈K₁₈+ Mg₃+мікро).

При вирощуванні цибулі нестачу мікроелементів компенсують внесенням препаратів серії Майстер «N₁₃P₄₀K₁₃+мікро в дозі 2-3 кг/га у

фазу формування цибулини, а в період її росту підживлення повторюють кожні 10-12 днів. За 3-4 тижні до збирання, для підвищення лежкості, рослини обробляють хелатом ЛРСА Брексил Са в дозі 0,5 кг/га.

Для збільшення обсягів виробництва овочевої продукції поряд з основними добривами велике значення мають комплексні добрива які містять мікроелементи. Серед них на ринок України поставляються: Терафлекс, Гідрофлекс, Спід фол та Новалон.

Новалон – повністю розчинне комплексне добриво із вмістом мікроелементів у формі хелатів для використання в різних системах поливу та позакореневого живлення рослин. Він забезпечує: швидкий та рівномірний ріст і розвиток рослин за рахунок високої ефективності засвоєння поживних речовин та низької концентрації солей при фертигації; одержання ранньої та високоякісної продукції за рахунок збалансування поживних речовин і відсутності хлоридів. Кожна його марка характеризується певними особливостями використання.

Рексолін («Азо-Нобель», Нідерланди) крім хелатів мікроелементів, добриво містить 5,4 г магнію, а також бор і молібден в неорганічній формі. Доза внесення 0,35 кг/га.

Реаком (Україна) пропонує рідкі комплексні добрива на базі ОЕДФ з оптимізацією складу мікроелементів кожної культури з врахуванням ґрунтово-кліматичних умов. В асортименті представлені добрива для передпосівної обробки посадкового матеріалу, некореневого підживлення рослин, комплекси для гідропонних теплиць, моно препарати. Рекомендована доза використання для передпосівної обробки насіння 3-4 л/т, а для некореневого підживлення – 4-6 л/га. Враховуючи фунгіцидні властивості Реакому норму отрутохімікатів при обробці посівного матеріалу зменшують на 30-40 відсотків.

В групу препаратів, які зареєстровані під торговою маркою «*Реастім*» входять окрім мікроелементів стимулятори росту (гетеро -і гіперауксини, буринова кислота, гіберелін, гумінові кислоти).

Для вирощування овочевих культур при різних системах фертигації компанія «Терра ЛТД» зареєструвала добрива *Терафлекс і Гідрофлекс*. Це сипучі кристалічні порошки повністю розчинні у воді. В залежності від марки містять спеціально розраховану кількість макро, - мезо, -та мікроелементів. В добривах ряду Терафлекс дуже високий вміст мікроелементів в хелатній формі. Гідрофлекси поставляються чотирьох марок із різним вмістом і співвідношенням макро, -і мікроелементів. Найбільш ефективне їх використання із нітратом кальцію при гідропонних системах вирощування овочевих культур.

Використання *Еколисту* РК-1 шляхом позакореневого підживлення кукурудзи на фоні N₉₀P₉₀K₁₂₀ в дозі 9 л/га в поєднанні із сечовиною (6 л/100 л розчину) у фазі 5-6 листків; Еколист Стандарт (4 л/га) + Еколист моно бор, або моно цинк (1 л/га) через 10 днів після попереднього обприскування. Під озимий і ярий ріпаки рекомендується вносити

добрива Еколист позакоренево після відновлення весняної вегетації та через 10 днів після першого обприскування і у фазі зеленого бутона. Доза витрати, в залежності від марки, 4,5-10,0 л/га із одночасним внесенням 15-18 кг/га сечовини.

Фірмою Цеоліт налагоджено промислове виробництво рідких комплексних добрив для закритого і відкритого ґрунту *Цеовіт моно*: Fe, Mn, Zn, B, Cu, Co, Mo, Si і спеціальні (мікро картопля, еколист сад, еколист суниця), мікроелементи яких перебувають в хелатній формі.

Крім розчинів нових мікродобрив В.А.Копілевичем (1990-1993) розроблені способи одержання твердих аміачно-фосфатних комплексних сполук типу $[Cu_3(NH_3)_3(H_2O)_3(PO_4)_2](1-2)H_2O$; $[Zn_3(NH_3)_4(H_2O)(PO_4)_2]$; $[Co_3(NH_3)_5(H_2O)(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ та подвійних амонійних фосфатів і дифосфатів мікроелементів: $CuNH_4PO_4 \cdot H_2O$; $Cu_3(NH_4)_2(P_2O_7) \cdot 3H_2O$; $Mn_3(NH_4)_2(P_2O_7)_2 \cdot 4H_2O$; $Mn(NH_4)_2P_2O_7 \cdot 2H_2O$; $Zn_3(NH_4)_2(P_2O_7)_2 \cdot 3H_2O$.

Ефективність використання мікродобрив

Застосування мікродобрив - важлива складова частина організації ефективної системи збалансованого живлення рослин повним комплексом елементів, необхідних для застосування інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Перші дослідження, які показали позитивний вплив мікроелементів на ріст і розвиток рослин, проведені в другій половині XIX століття, а їх детальне вивчення розпочалось з 30 років XX століття. З цього періоду мікроелементи набувають широкого застосування в США, бувшому СРСР, Великобританії, Франції, Швеції, Німеччині, Польщі, Болгарії. В Україні застосування мікроелементів і сьогодні залишається на початковій стадії.

Практика показала, що мінеральні солі мікроелементів по своїй ефективності поступаються хелатним сполукам мікроелементів. Доведено, що комплексонати (хелати) мікроелементів у дозах в 2-10 разів менших від мінеральних солей (в еквіваленті по мікроелементах), забезпечують рівнозначні прирости врожаю основних сільськогосподарських культур.

Застосування мікроелементів у формі солей відносно не дорого, проте має деякі недоліки: мікроелементи у вигляді солей – малорозчинні, важкодоступні рослинам і ефективні тільки на ґрунтах із слабкислою і кислою реакцією ґрунтового розчину; систематичне використання солей може призвести до токсичного ефекту в рослинах і забрудненню ґрунтів побічними шкідливими речовинами (Na^+, Cl^-); змішування різних солей призводить до їх взаємодії; утворення нерозчинних сполук недоступних рослина.

Мікроелементи в хелатній формі взаємодіють з катіонами металів молекул органічних кислот (хелатів) з утворенням стійких сполук хелатів (від грецького слова «chele» - клешня). Одержані в такий спосіб комплексні сполуки розчинні у воді і повністю засвоюються рослинами. Органічна молекула ніби захвачує метал в “клешню”, а мембрана клітини

“впізнає” такий омплекс як сполуку наближену біологічним структурам; іон металу засвоюється рослиною, а хелат розкладається на прості сполуки.

В дослідженнях Волинського інституту АПВ два позакореневих підживлення цукрових буряків водорозчинним швидкодіючим комплексним добривом «Акварін буряковий» в поєднанні із сечовиною та бором (по 4 кг/га) отримано приріст врожаю коренів 60 ц/га та 12 ц/га цукру, з чистим прибутком 650 грн./га.

Мікроелементи та мікродобрива не тільки сприяють збільшенню врожаю рослин, а й поліпшують якість сільськогосподарської продукції. Тому зусилля вчених спрямовані на пошук нових видів та форм мікродобрив, які виявляють ефективну дію при мінімальних концентраціях металу - мікроелемента, що використовується. Це зумовлено тим, що більшість мікроелементів - важкі метали, які за певних концентрацій токсичні для живих організмів.

Застосування мікродобрива «Реаком-С-бурякове» в дослідженнях інституту цукрових буряків (Воронін В.Н. та інші 2006) забезпечувало приріст врожаю коренеплодів в порівнянні з контролем (без мікроелементів) при дражуванні насіння-17, а при інкрустації-62 ц/га. Додатковий збір цукру становив відповідно 7,9 і 6,0 ц/га.

Сумським інститутом АПВ при позакореновому підживленні цукрових буряків комплексонатом «Реакомом-Р-бурякове» у фазі змикання листя в міжряддях, одержано приріст коренеплодів 44 ц/га і на 0,4% підвищення цукристості коренів, що забезпечило 640 гривень чистого прибутку з гектара. Кожна витрачена на обробку вегетуючих рослин гривня окупувалась 7,44 гривнями чистого прибутку.

Некореневі підживлення ріпаку ярого мікродобривами Еколист, за даними інституту землеробства УААН, забезпечували приріст врожаю на рівні 25,8 відсотків.

Дослідження, проведені останнім часом на кафедрах агрохімії та агроєкології, неорганічної й аналітичної хімії НАУ, свідчать, що одним із перспективних напрямів одержання нових високоефективних мікродобрив є синтез комплексних сполук мікроелементів, де стан металу ніби моделюється за його природними сполуками. Встановлено, що ефективність міді значно зростає порівняно із сульфатом міді, якщо її використовувати у вигляді аміачно-фосфатних комплексних сполук, які додаються до розчину карбамідно-аміачної суміші під час позакоренового підживлення озимої пшениці. Це проявляється в збільшенні вмісту в зерні білку, клейковини та її якості при економішньому використанні мідних добавок.

Одночасно помітно змінюється харчова цінність білку озимої пшениці за рахунок перерозподілу амінокислот і зростання частки не замінимих амінокислот: валіну, лейцину, ізoleyцину, треоніну, метіоніну, лізину, фенілаланіну, триптофану.

Внесення мікродобрив серії Вуксал (Мікоплант, Комбі Б) в дозі 0,5-1,0 л/га на посівах зернових (пшениця озима, ячмінь ярий) забезпечує приріст врожаю на рівні 3-10 ц/га, сої – 3,5 ц/га. Економічна ефективність від застосування Вуксалу 205-718 грн/га.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні хелатанти, що використовуються у виробництві мікродобрив
2. Які елементи хелатуються важко?
3. Чим зумовлена цінність добрив на хелатній основі?

Тема 8. Бактеріальні препарати на основі штамів *Bacillus*.

Bacillus amyloliquefaciens - це вид бактерії роду *Bacillus*, який є джерелом рестриктази . Він також синтезує природний антибіотик - протеїнову барназу , широко вивчену рибонуклеазу, яка утворює дуже щільний комплекс зі своїм внутрішньоклітинним інгібітором барстаром , і плантазолсцин , антибіотик з селективною активністю відносно *Bacillus anthracis* .

Він використовується в сільському господарстві, аквакультурі і гідропонії для боротьби з кореневими патогенами, такими як *Ralstonia solanacearum* , *Pythium* , *Rhizoctonia solani* , *Alternaria tenuissima* і *Fusarium*, а також для поліпшення умов розвитку кореневої стійкості до сольового стресу. Він вважається сприяючим зростанню ризобактеріями і має здатність швидко колонізувати коріння.

B. amyloliquefaciens вважається біоконтролюючими бактеріями-колонізаторами коренів і використовується для боротьби з деякими патогенами коренів рослин в сільському господарстві, аквакультурі і гідропонії. Було показано, що це дає рослинам переваги як для ґрунту, так і для гідропоніки. Він є антагоністом проти бактеріальних і грибових патогенних мікроорганізмів і може запобігти інфекції шляхом конкурентного виключення або витіснення небажаного патогенного мікроорганізму. Було показано, що він ефективний проти кількох корневих патогенних мікроорганізмів, які завдають шкоди врожайності сільськогосподарських культур у ґрунті і гідропонії, таких як *Ralstonia solanacearum* в помідорах, *Rhizoctonia solani* в салаті, *Pythium* в помідорах, *Alternaria tenuissima* по-англійськи пляс і *Fusarium* у бананах і огірках. мабуть, також поліпшується стійкість коренів до абіотичного стресу, що дозволяє рослинам, таким як кукурудза, переносити високі концентрації солі в гідропонних застосуваннях, а також знижує концентрацію солі в рослинній тканині.

Bacillus thuringiensis, var. kurstaki.

У 1970 році американський дослідник Dulmage описав високовірулентну культуру *Bacillus Thuringiensis* var. *alesti* (за сучасною класифікацією, subspecies *kurstaki*) штам HD-1 (серотип H3a3b), виділену з гусениць бавовняної моли (*Pectinophora gossypiella* Saund.), загинувших в лабораторії під час природної епізотиї. За даними Dulmage препарат, приготований на основі бацил штаму HD-1 по біологічній активності був у 20 разів ефективніше в боротьбі проти бавовняної моли і деяких видів совок, ніж комерційні бактеріальні препарати, що випускалися тоді промисловістю.

У 1976 році на основі партії Z-2 був здійснений промисловий випуск дослідної партії нового інсектицидного препарату, названого лепідоцидом. Пізніше методом індукованої селекції з подальшим стабілізуючим відбором був отриманий штам Z-52, перевершує вихідний штам Z-2 за основними біологічними показниками, зокрема відрізняється більш високою (у 4 рази) патогенністю для лускокрилих комах шкідників, менш тривалим періодом росту і т. п. На основі штам Z-52 з 1983 року розпочато промисловий випуск високоефективного препарату лепідоцид, яка знайшла широке застосування в сільському і лісовому господарстві.

Діюча речовина біологічних пестицидів (бактеріальний інсектицид), у вигляді спорово-кристалічного комплексу. Використовується в сільському, лісовому та особистих присадибних господарствах для боротьби зі шкідливими комахами.

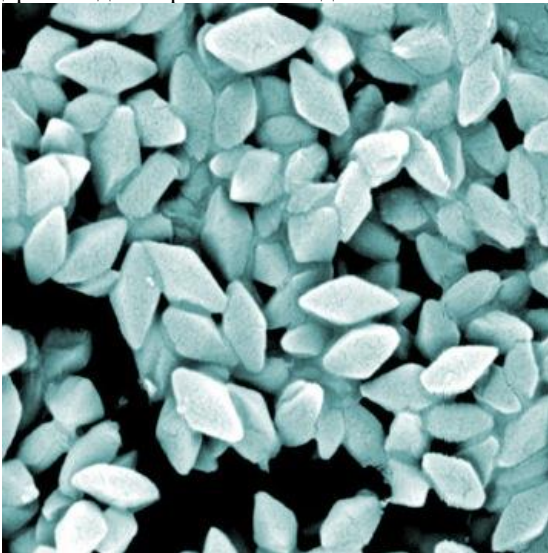


Рис. 1. Bacillus thuringiensis - спору і бінірамідальні кристали.

Препарати містять *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki* представляють собою спорово-кристалічний комплекс третього серотипу бактерії.

Вивчення фізико-біологічних властивостей штамів показало, що вони відносяться до аеробних мезофільних мікроорганізмів, добре розвиваються на звичайних середовищах при рН 6,7-7,2 (межі рН 5,7-8,2) і температурі 30-32°C.

Бацили мають високу амілолітичну і низьку протеолітичну активність:

- при зростанні на поживних середовищах не виробляють індол і сірководень;
- ферментують до кислоти без газу:
 - рибоза;
 - глюкоза;
 - фруктоза;
 - мальтоза;
 - трегалозу;
 - крохмаль;
 - гліцерин.
- але не зброджують:
 - сахароза;
 - маннозу;
 - саліцин та інші.

Виділяють в культуральну рідину протеази, які мають казеїнолітичну, фібринолітичну і гемолітичну (гемоліз типу β) активність; не здатні до синтезу лецитинази, розкладають глюкозид ескулу і сечовину; не продукують термостабільний β -екзотоксин.

Препарати на основі *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki* мають кишкову дію, ефективність якого проявляється тільки при попаданні в кишечник комахи при його активному харчуванні. Специфічність дії на гусениць лускокрилих пов'язана зі своєрідністю їх травної системи, яка має комбінацію рН, вміст солей і ферментів, необхідну для розкладання і активації токсину бактерії.

Активований у кишечниковому тракті токсин викликає пошкодження внутрішньої оболонки кишечника гусениці, в результаті чого порушується осмотична рівновага, що призводить до просочування лужного вмісту кишечника в тіло гусениці. Це просочування може привести до загибелі комахи або викликати у нього такі зміни, які створюють умови для розвитку спор, що містяться в препараті, або розвиток постійної присутньої в комасі кишкової мікрофлори, в результаті чого проявляється септицемія.

Загибель гусені в залежності від дози препарату може наступати не відразу (1-4 дні), однак ушкодження, завдані кишечниковому тракту,

порушують здатність гусениці перетравлювати їжу і викликають припинення харчування і тим самим знижується пошкодженість культури.

Найбільш висока ефективність проявляється проти личинок молодших віків при температурі повітря 18-30°C. Масова загибель комах настає на 2-5-ту добу. У препаратів на основі *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki* спостерігається вплив і на наступні покоління комах – шкідників рослин: у популяціях з'являються потворні лялечки, а метелики дають нездатне до продовження роду потомство, змінюється також співвідношення статей, знижується плодючість самок. Препарати на основі *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki* зберігають свою активність на оброблених рослин протягом 8-10 днів.

Резистентності до препаратів на основі *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki* спостерігається.

Препарати на основі *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki* застосовуються проти гусениць і личинок молодших віків листовійок, пядениц, вовнянок, коконопрядів, молей, вогнівок, пильщиків та ін. на листяних і хвойних породах (дуб, береза, черемшина та інші); зареєстровані для боротьби з шкідниками картоплі (картопляна міль), капусти та інших овочевих культур (капустяна совка (гусені 1-2 віку), капустяний білан, вогнівки (гусені 1-2 віку), капустяна міль), яблуні, сливи, абрикоса, черешні, груші та інших плодових дерев (американський білий метелик (гусениці 1-3 віку), плодова та яблунева міль (гусениці 1-3 віку), п'ядуна, золотогузки, шовкопряди (гусениці 1-3 віку), листовійки весняної групи).

Препарати випускаються у вигляді порошку, рідини, суспензійного і суспензійно-масляного концентратів. Останні набули широкого поширення в практиці захисту лісу для проведення великомасштабних авіаційних обробок і для аерозольного способу за допомогою генераторів регульованої дисперсності.

В особистих підсобних господарствах препарати на основі *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki* використовуються проти шкідників капусти, буряків, моркви (лучний метелик, вогнівки, капустяна міль, капустяна совка), яблуні (яблунева плодожерка) та інших овочевих, плодових та лікарських культур.

Препарати на основі бактерій, зокрема, Лепідоцид, Сумісні в бакових сумішах з іншими біологічними препаратами та хімічними пестицидами. Особливо в тих випадках, коли захисні обробки проводяться в ранні терміни, при температурі нижче 10-13°C, а також при проведених обробок проти комплексу лускокрилих, що знаходяться на різних стадіях розвитку. При використанні Лепідоцид в бакових сумішах з інсектицидами іншого механізму дії, норма витрати того й іншого компонента при приготуванні суміші знижується.

Bacillus thuringiensis, var. *kurstaki* накопичується в рослинах і не впливає на їх розвиток, швидко розкладається в ґрунті. Речовина

нешкідлива для людини і теплокровних, не робить шкідливого токсичного впливу на риб, бджіл і ентомофагів (токсичний для тутового і дубового шовкопряда).

При надходженні у шлунок середньомісячна доза для білих мишей перевищує 15г/кг маси тіла, для білих щурів $9,7 \pm 1,9$ г/кг. При повторному надходженні в шлунок великих доз (1/10 ЛД50) може проявлятися помірна кумулятивна токсичність $K_{\text{кум}}=3,1$, у концентрації вище 0,1% надає подразнюючу дію на шкіру, при потраплянні в очі викликає роздратування кон'юктиви.

Препарати на основі бактерій виробляються методом глибинного культивування з наступним концентруванням натуральної рідини і стандартизацією препарату.

Bacillus pumilus є грампозитивною, аеробною, спороутворюючою бацилою, яка зазвичай зустрічається в ґрунті.

Спори *B. pumilus* - за винятком мутантного штаму ATCC 7061 - зазвичай демонструють високу стійкість до стресів навколишнього середовища, включаючи вплив ультрафіолету, висихання і присутність окислювачів, таких як перекис водню. Встановлено, що штами *B. pumilus*, виявлені в Лабораторії реактивного руху НАСА, особливо стійкі до перекису водню .

Було виявлено, що штам *B. pumilus*, виділений з чорних тигрових креветок (*Penaeus monodon*), володіє високою солестійкістю та інгібує ріст морських патогенів, включаючи *Vibrio alginolyticus*, при спільному культивуванні.

B. pumilus містить одну кільцеву хромосому, що включає близько 4000 генів і 3600-3900 білків з різною довжиною в діапазоні від 3,7 до 3,8 Мбр. 41% пар основ ДНК у *B. pumilus* є GC. Клітинна структура *B. pumilus* схожа з іншими видами *Bacillus*, такими як *B. subtilis*, *B. megaterium* і *B. cereus*, зовнішній шар поперечних зв'язків пептидоглікану в *B. pumilus* покритий тейхоєвою і липотейхоєвою кислотами, так само як інші грампозитивні бактерії. Ці кислоти містять поліглікозилфосфати з моно- і дисахаридами як їх мономерів, які можуть грати роль в адгезії до різних поверхонь, таких як клітини-господарі. З іншого боку, ці фосфатні групи на поверхні *B. pumilus* можуть забезпечувати сумарний негативний заряд на поверхні клітини, що дозволяє захоплювати деякі важливі катіони, такі як Ca^{2+} і Mg^{2+} , які необхідні для життєдіяльності клітини.

Штам *Bacillus pumilus* GB34 використовується в якості активного інгредієнта в сільськогосподарських фунгіцидах. Зростання бактерії на коренях рослин запобігає проростання спор ризоктонії і *Fusarium* .

Bacillus pumilus (ATCC 27142) може використовуватися (як біологічний індикатор або скорочено «ВІ») для моніторингу процесів стерилізації гамма-, електронним пучком (електронним променем) або рентгенівським випромінюванням. Тим не менш, актуальність цієї

практики швидко зменшилася за останні 30 років через відкриття організмів дикого типу, таких як *Deinococcus radiodurans*.

Питання для самоконтролю

1. Яка загальна специфіка дії бактерій *Bacillus*?
2. Які переваги використання *Bacillus Amiloliquafaciens* в порівнянні із іншими?
3. Чи можуть бактеріальні продукти замінити хімічні у схемах вирощування культур?

Тема 9. Ґрунти і субстрати для використання в культивацийних спорудах

Нині дедалі більшого розвитку набуває малооб'ємний метод вирощування рослин у захищеному ґрунті. Проте деякі тепличні комбінати і фермерські господарства ще й досі вирощують рослини на поживних ґрунтах.

Для вирощування основних культур у спорудах захищеного ґрунту використовують природні ґрунти, різні види торфу, суміші торфу із супіщаними або суглинковими ґрунтами, торфогноєві компости, суміш торфу з тирсою, тирсу й кору дерев, штучні та мінеральні субстрати (табл. 3).

Таблиця 3

Субстрати, які використовують у захищеному ґрунті

Органічні	Мінеральні інертні	Штучні
Природні ґрунти	Пісок	Поліфенольна піна
Торф	Ґравій	Поліуретанова піна
Деревинні волокна, відходи деревопереробки	Пемза	Карбамід-формальдегідна група
Соснова кора	Базальтова вата	Оазис (піна на основі фенолу)
Кокосові волокна	Перліт	
Солома	Цеоліт	
Жом	Вермикуліт	
Лузга, рисові оболонки	Набухаючі глини	
Компост		
Змішаний субстрат		

В умовах промислового овочівництва до ґрунтів ставлять особливі вимоги. Так, вони мають добре утримувати рослини, мати стійку

структуру та оптимальне співвідношення фаз (тверда – 20–30 %, рідка – 40–50, газоподібна – 30–35 % об'єму). Грунти також мають виявляти високу ємність катіонного обміну – 500–1000 смоль/кг маси сухої речовини, що дає змогу створювати більший запас елементів живлення та запобігти їх втратам унаслідок вимивання.

Природні ґрунти зазвичай не задовольняють вимоги щодо вирощування культур у теплицях через недостатню пористість і високу щільність. Їх використовують лише після докорінного поліпшення внесенням високих норм (300 т/га) органічних матеріалів (гнойовий компост, торф, кора, тирса, солома та ін.).

Досить широко у тепличному господарстві застосовують насипні ґрунти, основою яких є різні види торфів. Їх змішують з легкими природними ґрунтами, гнойовим компостом, різними розпушувальними матеріалами. Насипні тепличні ґрунти поділяють на три групи: органічні, мінеральні та органо-мінеральні.

Органічні ґрунти мають один або кілька органічних компонентів (торф, тирса, кора, солома, лігнін). Під час експлуатації ґрунтів на основі деревних відходів потрібно ретельно стежити за азотним режимом, оскільки вони мають несприятливе співвідношення вуглецю й азоту (за $C : N = 25 : 1$ настає азотне голодування рослин).

Мінеральні насипні ґрунти складаються з гумусового шару природних ґрунтів легкого гранулометричного складу з невеликою кількістю органічного матеріалу.

Органо-мінеральні ґрунти – це суміш торфу та інших органічних матеріалів з мінеральним компонентом у різних співвідношеннях, що забезпечує отримання тепличного ґрунту з певними пористістю та щільністю нестабільної культури.

Торф – основний компонент ґрунтів. Проте не можна застосовувати торф з високим ступенем розкладання (понад 40 %) і високою зольністю (більш як 12 %), а також, якщо він містить 5–6 % валового заліза або більш як 1 % його рухомих сполук.

Найсприятливіші властивості мають органо-мінеральні ґрунти, які складаються з суміші торфу (50–60 %) з легкими супіщаними або піщаними ґрунтами (20–30 %) і гнойовим компостом (20–30 % за об'ємом). Суміші торфу з піском також мають низку позитивних якостей. Пісок легко і рівномірно змішується з торфом. У таких сумішах більше доступної вологи і ліпша водопроникність. Тому для тривалого використання готують ґрунт, що складається з суміші торфу (60–80 % за об'ємом), суглинку (20–40 %), піску (20–40 %) або 10–30 % суглинку з додаванням 10–30 % піску.

За тривалістю використання ґрунти бувають щорічно змінні, свіжі (2–4 роки), зрілі (4–8 років), тривалого використання (8–12 років) і беззмінні.

Залежно від складу ґрунтів їх щільність коливається від 0,2 до 1,2 г/см³; оптимальні умови для розвитку рослин складаються за щільності ґрунту 0,4-0,6 г/см³.

За тривалого використання тепличні ґрунти ущільнюються, їх вологоємність і повітропроникність знижуються. Щорічні втрати органічної речовини досягають 15 % загального вмісту, або близько 60 т/га. Для підтримання відповідних властивостей ґрунтів застосовують розпушувальні та структуроутворювальні матеріали, наприклад тирсу.

Гній – найважливіше органічне добриво. Гній великої рогатої худоби перед застосуванням у теплицях має пройти біотермічне оброблення шляхом компостування впродовж 4–6 міс.

Рідкий гній компостують з тирсою, корою, торфом у співвідношенні 3 : 1,2 : 1,1 : 1. Для отримання однорідної маси бурт 1–2 рази перемішують.

Найпоширенішими сорбентами, що використовуються в сільському господарстві, є цеоліти, бентонітові глини та їх різновиди, сапоніти, спучені вермикуліт і перліт (агроперліт) та ін.

Вермикуліт – продукт вивітрювання гідрослюди. Це лускуватий залізо-магнієвий шаруватий алюмосилікат, до складу якого входять силіцій, а також агрономічно-цінні елементи – магній, кальцій, калій, фосфор і мікроелементи – манган, молібден, мідь, бор, цинк, важкі метали відсутні або містяться у слідових кількостях.

Після термічної обробки за температури 800–1000 °С вермикуліт спучується, збільшуючись в об'ємі у 8-10 разів, що забезпечує йому значну внутрішню поверхню та унікальні адсорбційні властивості. Насипна щільність спученого перліту залежить від фракції і становить 100-250 кг/м³, загальна ємність водопоглинання – 400–450 % до власної маси, ємність катіонного обміну залежно від фракції – 150– 500 моль/кг. Спучений вермикуліт має низьку щільність, тепло- і звукопровідність, високу термостійкість. Він нетоксичний, хімічно інертний, у ґрунті стійкий.

У відкритому ґрунті його використовують як меліорант, сорбент і добриво на ґрунтах різного гранулометричного складу в чистому вигляді і в сумішках з мінеральними добривами. У процесі експлуатації вермикуліт виділяє в поживний розчин у невеликих кількостях калій і магній. Особливо ефективний вермикуліт на ґрунтах, забруднених радіонуклідами і важкими металами, нітратами. Він знижує надходження в рослину канцерогенів в 1,5–2 рази. Без застосування мінеральних добрив оптимальна доза спученого перліту досить висока і становить до 40 м³/га, а при локальному внесенні разом з мінеральними добривами вона може бути на порядок нижча. Ефективним є використання спученого вермикуліту для вирощування розсади, саджанців, дражування насіння.

Спучений вермикуліт недовговічний, з часом сильно забруднюється корневими виділеннями і накопичує інфекції. Він

подовжує термін використання торфогрунтів і ґрунтів у 2–3 рази, тривалість дії добрив у ґрунтах – в 1,5–2 рази. Запобігає засоленню і злежуванню ґрунтів, розвитку плісняви, грибів, розмноженню шкідників, підвищенню кислотності ґрунту. Вермикуліт здатний адсорбувати надлишкові поживні речовини.

Агроперліт отримують у результаті спучення за температури 1000–1200 вС вулканічного піску з родовищ Закарпаття. Як природний сорбент, він має багато спільних властивостей зі спученим вермикулітом, проте є їй відмінності, тому вони вигідно доповнюють один одного. Насипна щільність агроперліту 180–250 кг/м³, ємність водопоглинання – 300 %, ємність катіонного обміну – 40–70 смоль/кг. Цей алюмосилікат містить менше біогенних елементів порівняно з вермикулітом.

Технологія застосування агроперліту у відкритому ґрунті аналогічна як і спученого перліту. За відсутності вермикуліту він може бути повним його заміником для приготування ґрунтосумішей при вирощуванні розсади, для добавляння в ком пости, а також як підстилка для свійських птиці і тварин.

Цеоліти. Ефективність застосування цеолітів як природних гідро алюмосилікатів карстової будови, у структурі яких є порожнини й канали молекулярного розміру, зайняті рухомими катіонами й молекулами води, досить суперечлива.

Питання для самоконтролю

1. Які основні сорбенти використовуються у сільському господарстві?
2. Чим зумовлений позитивний вплив органічних добрив на ґрунт?
3. Чому компостування підвищує поживну цінність органічного матеріалу?

5. Рекомендована література

Основна

1. Агрохімія : підручник / М. М. Городній та ін. К. : ТОВ «Алефа», 2003. 778 с.
2. Шевчук М. Й., Веремєєнко С. І., Лопушняк В. І. Агрохімія : підручник / в двох частинах. Луцьк : «Надстиря», 2013. 632 с.
3. Агрохімія / М. М. Городній та ін. К. : Вища школа, 1995. 525 с.
4. Агрохімія / І. М. Карасюк та ін. К. : Виш. школа, 1995. 470 с.
5. Смирнов П. М., Муравин Є. А. Агрохимия. М. : Агропромиздат, 1967. 583 с.
6. Радов А. С., Пустовой И. В., Корольков А. В. Практикум по агрохимии. М. : Колос. 1978. 350 с.
7. Veremeenko S., O Furmanets. Changes in the Agrochemical Properties of Dark Gray soil in the Western Ukrainian Forest-Steppe under the effect of Long-Term Agricultural Use. *Eurasian Soil Science*. 2014. V. 47(5). P. 483–490.
8. Господаренко М. М. Агрохімія. К. : Сік груп, 2018. 560 с.
9. Євпак І. в. Основи агрохімії : навч. посібник. К. : 2007, 204 с.
10. Карасюк І. М. та ін. Агрохімічний аналіз ґрунту, рослин і добрив на лабораторно-практичних заняттях з агрономічної хімії. К. : Нічлава, 2001. 192 с.

Допоміжна література

11. Веремєєнко С. І., Шершун М. Х., Фурманець О. А. Кліматичні особливості агроєкосистем Західного Лісостепу на прикладі Рівненської області : монографія. Рівне : Волинські обереги, 2016. 136 с.
12. Власюк П. А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. К. : Наукова думка, 1969. 515 с.
13. Dobermann, A., & Nelson, R. (2013). Opportunities and solutions for sustainable food production. *Sustainable Development. Solutions. Network* : Paris, France. 24 [in English].
14. Фурманець О. А. Ефективність застосування рідких комплексних добрив при вирощуванні кукурудзи на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся. *Таврійський науковий вісник*, № 124. С. 104–111.
15. Фурманець О. А. Продуктивність жита озимого на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся за різних доз основного удобрення. *Вісник НУВГП*, №1(97), 2022. С. 114–122.
16. Фурманець О. А., Піддубняк В. А. Вплив строків внесення та доз азотних добрив на врожайність озимого жита в умовах промивного водного режиму. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Херсон : видавничий дім «Гельветика». № 110. С. 104–109.
17. Фурманець О. А., Піддубняк В. А. Вплив вапнякового шламу на кислотність дерново-підзолистого супіщаного ґрунту Західного Полісся

України. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Херсон : видавничий дім «Гельветика». № 104. С. 85–88.

6. Інформаційні ресурси

18. Законодавство України. URL: <http://rada.gov.ua/>
19. Сторінка курсу на навчальній платформі НУВГП: <https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=4676>
20. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbu.gov.ua/>
21. Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека (м. Рівне, пл. Короленка, 6). URL: <http://libr.rv.ua/>
22. AgLeader Technologies: <https://www.agleader.com/>
23. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Нова-ка, 75). URL: http://nuwm.edu.ua/MySQL/page_lib.php
24. Каталог НД України: <http://csm.kiev.ua/nd/nd.php?b=1>
25. OECDiLibrary: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-andfood/data/oecd-agriculture-statistics_agr-data-en
26. Сторінка НУВГП «Якість освіти». <http://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-dobrochesnistj>