

РОЗДІЛ1. ХІМІЧНИЙ СКЛАД, ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН І МЕТОДИ ЙОГО РЕГУЛЮВАННЯ

ТЕМА 1.1: ХІМІЧНИЙ СКЛАД РОСЛИН

ПЛАН:

- 1. Вміст води і сухих речовин у рослинах.**
- 2. Якісний склад урожаю сільськогосподарських культур.**
- 3. Хімічні елементи, що входять до складу рослин.**
- 4. Вміст головних елементів живлення в рослинах та винос їх з урожаєм.**
- 5. Значення хімічного аналізу рослин.**

ЛІТЕРАТУРА: Карасюк І.М., Геркіял О.М. «Агрохімія», с. 13 – 19

МЕТА:

- розширити знання хімічного складу рослин;
- сприяти формуванню пізнавального інтересу у процесі навчання;
- розвивати самостійність мислення.

Рослина — одна з форм існування живої матерії. З допомогою рослин здійснюється процес перетворення кінетичної енергії сонячних променів у потенціальну енергію органічної речовини. Продуктивність рослин безпосередньо пов'язана з фотосинтезом, інтенсивність якого залежить від забезпечення рослин факторами життя.

До основних факторів життя належать світло, тепло, повітря, вода, поживні речовини. Вони забезпечують нормальний розвиток і продуктивність рослин. Світло і тепло належать до **космічних** факторів, вода, повітря і поживні речовини — до **земних**.

Посилаючись на французького вченого Л. Грандо, К. А. Тімірязев підкреслював, що «усі завдання агрономії, якщо вникнути в їх суть, зводяться до визначення і можливо точного здійснення умов правильного живлення рослин».

Отже, поживні речовини є одним з найважливіших факторів життя рослин. Від умов живлення рослин залежать рівень їх урожайності, якість продукції. Тому для забезпечення оптимальних умов живлення рослин потрібно добре знати їх хімічний склад.

1. Вміст води і сухих речовин у рослинах

Рослини складаються з **води і сухих речовин**. Під час висушування при температурі 100—105 °С з них випаровується вода, а маса, що залишається, становить суху речовину.

Вміст води і сухих речовин у рослинах неоднаковий. Так, в зерні хлібних злаків міститься лише 12—15 % води і 85—88 % сухих речовин, тоді як в коренеплодах буряків і бульбах картоплі — відповідно 75—80 і 20—25 %, в плодах помідорів і огірків — відповідно 94—96 і 4—6 %. Вміст води і сухих речовин у рослинах залежить від групи сільськогосподарських культур, до якої вони належать, їх віку, умов вирощування та інших факторів.

В о д а в основному знаходиться в клітинах рослин і сприяє проходженню біохімічних реакцій, забезпечуючи нормальну життєдіяльність рослин у цілому. Вона є джерелом водню і кисню, що входять до складу органічних сполук, транспортує поживні речовини від коренів до листя і навпаки, підтримує стан тургору в клітинах і тканинах рослин.

Рослини використовують велику кількість води, значна частина якої витрачається на випаровування. Наприклад, на створення одного кілограма сухої речовини рослини витрачають води, кг: пшениця — 350—400, ячмінь — 300—450, овес — 450—500, просо — 220—260, кукурудза — 200—250, сорго — 180—200, картопля — 400—450, соняшник — 470—520, цукрові буряки — 200—250. Тому забезпечення рослин оптимальною кількістю води є однією з основних

умов одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур і підвищення ефективності добрив.

Сухі речовини. Вихід сухих речовин з товарною частиною врожаю основних сільськогосподарських культур коливається в досить широких межах — від 15 до 100 ц/га і більше. Якщо суху речовину рослини помістити в муфельну піч і нагріти до 500 °С, то її маса значно зменшиться за рахунок згоряння органічної частини. При цьому залишиться лише сира зола, що становить близько 5 % сухих речовин. На частку органічної частини припадає близько 95 % сухих речовин. Це білки та інші азотисті сполуки, вуглеводи (сахари, крохмаль, клітковина, пектинові речовини), жири.

2. Якісний склад урожаю сільськогосподарських культур

Сільськогосподарські культури вирощують для одержання продукції з необхідним вмістом білків, вуглеводів, жирів, вітамінів та інших речовин. Якісний склад урожаю залежить від вмісту в ньому органічних і мінеральних сполук. Так, якість цукрових буряків оцінюється за вмістом в коренеплодах цукру, бобових культур — за вмістом в зерні білка, соняшника — за вмістом в насінні жиру тощо.

Білки — це складні органічні сполуки, що складаються з амінокислот. Вони є найважливішими складовими частинами всіх живих організмів і містяться в кожній клітині. До їх складу (з розрахунку на суху масу) входять вуглець — 50—55 %, кисень — 21—24, водень — 6—7, азот — 15—18,5, сірка — 0,3—2,5 % та інші елементи. В складі рослинних білків нараховується 20 амінокислот і два аміди — аспарагін і глутамін. Важливе значення серед рослинних білків мають незамінні амінокислоти, які нездатні синтезуватися в організмах людини і тварин (валін, гістидин, лейцин, ізолейцин, лізин, метіонін, треонін, триптофан, фенілаланін). В організми людей і тварин вони надходять лише з білками рослинних харчових продуктів та кормів. Нестача навіть однієї з них гальмує синтез повноцінних білків, пригнічує розвиток організму, викликає різні захворювання, а іноді смерть.

Сільськогосподарські культури різняться між собою не лише вмістом білків, а й їх амінокислотним складом, розчинністю, перетравлюваністю тощо. За цими показниками оцінюється якість продукції рослинництва.

Установлено, що переважна кількість азоту, яка засвоюється рослиною, входить до складу білків. Проте в деяких рослинах, зокрема в бульбах картоплі, коренеплодах, овочах, значна кількість азоту перебуває у небілкових азотистих мінеральних (нітрати, амоній) і органічних (вільні амінокислоти, аміди, пептиди та ін.) сполуках. Тому для оцінки якості продукції досить часто користуються показником вмісту сирого протеїну. Вміст сирого протеїну визначають множенням процентного вмісту загального азоту в рослинах на коефіцієнт 6,25 (виходячи із середньої (16 %) кількості азоту в білках і небілкових сполуках).

Цінність зерна пшениці визначають за вмістом в ньому с и р о ї к л е й к о - в и н и , яка є важливим показником хлібопекарських якостей борошна. Сира клейковина складається з речовин, що містяться в ендоспермі зернівок пшениці. Її добувають у вигляді еластичної маси після тривалого промивання тіста водою. До 88 % маси сухої клейковини становлять білки, решта — жири, сахари, крохмаль, клітковина і мінеральні речовини. Кількість і якість клейковини залежать від сорту пшениці та умов її вирощування, зокрема від умов живлення.

Вміст сирого протеїну і сирого клейковини в зерні пшениці знаходиться в певній залежності. Кількість сирого клейковини можна визначити множенням процентного вмісту сирого протеїну в зерні на коефіцієнт 2,12. Якщо вміст клейковини в зерні підвищений, то це стимулюється державою грошовими надбавками до встановлених закупівельних цін.

В у г л е в о д и — органічні речовини, що складаються з вуглецю, водню і кисню. За розмірами молекул і властивостями їх поділяють на прості (моносахариди) і складні (полісахариди). До моносахаридів належать цукри. Вони знаходяться у невеликих кількостях в усіх сільськогосподарських рослинах, а у коренеплодах, окремих органах овочевих культур, винограді, ягодах і фруктах нагромаджуються в значних кількостях. Серед цукрів переважають глюкоза і фруктоза, що надають солодкого смаку багатьом продуктам рослинництва.

Г л ю к о з а $C_6H_{12}O_6$ в значній кількості (8—15 %) міститься у плодах винограду, звідки і походить назва «виноградний цукор». На її частку припадає майже половина загальної кількості цукрів у плодах і ягодах.

Ф р у к т о з а $C_6H_{12}O_6$ — фруктовий, або плодовий, цукор, в значній кількості нагромаджується в плодах кісточкових культур (6—10 %). Вона в 2,5—3 рази солодша за глюкозу і в 1,5 раза — за сахарозу; є основною складовою частиною бджолиного меду.

Серед полісахаридів розрізняють цук- роподібні, або олігосахариди, та нецук- роподібні, або високополімерні, сахариди.

До олігосахаридів належить с а х а р о з а $C_{12}H_{22}O_{11}$ — вуглевод з групи дисахаридів, що в природі зустрічається лише в рослинах. Найбільше сахарози міститься в коренеплодах цукрових буряків (14—22 %) і стеблах цукрової тростини (11—25 %). Тому їх вирощують для виробництва цукру. Значна кількість сахарози міститься в плодах і ягодах, а також у моркві, столових буряках, цибулі та інших овочах.

Високополімерні полісахариди — це складні сполуки, що відзначаються високим вмістом залишків молекул моносахаридів (крохмаль, клітковина, пектини тощо).

К р о х м а л ь $(C_6H_{10}O_5)_n$ — один з найважливіших харчових продуктів людини і тварин, резерв поживних речовин у більшості рослин. Він утворюється в процесі фотосинтезу в листках зелених рослин і надходить в інші органи (насіння, плоди, корені, бульби), де відкладається у вигляді зерен.

Найбільше крохмалю міститься (з розрахунку на суху масу) у бульбах картоплі (70—80 %), в зернах рису (62—86 %), пшениці (57—75%) і кукурудзи (62—70 %) Для харчових цілей крохмалі переважно виробляють з бульб картоплі і зерна кукурудзи.

К л і т к о в и н а, або целюлоза, $(C_6H_{10}O_5)_n$ — вуглевод, що становить основну масу клітинних оболонок, зумовлюючи їх механічну міцність і еластичність. Так, волокно бавовнику на 95—98 %, льону, конопель — на 80—90 % складається із клітковини. Насіння плівчастих злаків (вівса, рису, проса) містить 10—15 % клітковини, зернобобових культур — 3—5, хлібних злаків — 2—3 %. У вегетативних органах рослин вміст клітковини становить 25—40 % сухої маси.

П е к т и н о в і р е ч о в и н и містяться в основному в плодах, коренеплодах і рослинних волокнах. У шкірці плодів цитрусових, яблук, кормових кавунів вони становлять до 30 % сухої маси. Пектинові речовини використовують у харчовій промисловості при виготовленні мармеладу, джемів, осадженні казеїну з молока, виготовленні сирів, цукерок, хлібопекарських виробів, а також у фармакології.

Ж и р и — складні ефіри триатомного спирту гліцерину з жирними кислотами (олеїноюю, лінолевою, ліноленовою, пальмітиноюю, стеариноюю). До складу рослинних жирів входять, %: вуглець — 75—79, водень — 11—13, кисень — 10—12. За енергетичною цінністю рослинні жири значно перевищують вуглеводи.

Рослинні жири добувають із насіння олійних культур. Розрізняють так звані справжні олійні культури — соняшник, ріпак, кунжут, ріжій, гірчиця, льон олійний, рицина тощо. Крім того, є культури, з яких добувають олію як побічний продукт — бавовник, льон-довгунець, коноплі та ін. Цінними олійними культурами є також соя й арахіс, що характеризуються високим вмістом білків.

Вміст олії в насінні різних рослин неоднаковий і залежить від сорту, удобрення, району вирощування. Так, насіння соняшнику, ріпаку, кунжуту, арахісу містить 40—60 % олії, льону, ріжію — 25—45, сої — 15—25 %.

Якість рослинної олії залежить від вмісту жирних кислот, що різняться між собою насиченістю киснем. Чим менший вміст кисню, тим вища енергетична цінність олії. Ліолева та ліоленова жирні кислоти містяться лише в рослинній олії і є незамінними для людини, оскільки не можуть синтезуватися в її організмі.

Цінність продукції сільськогосподарських культур визначається також вмістом інших органічних сполук — вітамінів, алкалоїдів, ефірних масел тощо. Хімічний склад продукції сільськогосподарських рослин залежить від багатьох факторів. Серед них найважливішим є живлення. Застосуванням відповідних добрив можна змінювати хімічний склад рослин у потрібному напрямі. Так, при внесенні азотних добрив підвищується вміст білка в рослинах, а при внесенні фосфорних і калійних — інтенсивніше нагромаджуються крохмалі та цукри. Водночас надмірне незбалансоване живлення рослин азотом призводить до нагромадження в продуктах харчування та кормах нітратів і нітритів, що можуть викликати

захворювання людей і тварин. Тому застосування добрив повинно супроводжуватися контролем хімічного складу врожаю, що є одним з найважливіших завдань агрохімічної служби.

3. Хімічні елементи, що входять до складу рослин

Між живою та неживою природою існує матеріальний зв'язок: хімічна основа живих організмів сформована з елементів, що знаходяться у навколишньому середовищі. Дані про елементи, що входять до складу рослин, дають змогу дійти висновку про їх потребу, правильно оцінити родючість ґрунту, визначити величину врожаю сільськогосподарських культур, здійснити його програмування.

Органічна частина сухої речовини рослин складається в основному з чотирьох органогенних елементів:

вуглецю, на частку якого припадає 45 % маси сухої речовини,

кисню — 42,

водню — 6,5,

азоту — 1,5 %

Усі інші елементи, що залишаються після спалювання рослин, називаються **зольними**. Вони становлять близько 5 % маси сухої речовини, хоч їх число може перевищувати 70. Відомо, що лише 20 із них необхідні для життєдіяльності рослин, а 12 вважають умовно необхідними. До необхідних належать елементи, що не можуть бути замінені іншими і без яких рослини нездатні повністю закінчити цикл розвитку (вуглець, кисень, водень, азот, фосфор, калій, натрій, кальцій, магній, сірка, залізо, хлор, бор, мідь, марганець, цинк, молібден, ванадій, кобальт, йод). Дані ряду досліджень свідчать про позитивну дію ще 12 елементів, які вважають умовно необхідними для розвитку рослин. Це кремній, алюміній, фтор, літій, срібло, стронцій, кадмій, титан, свинець, хром, нікель, селен (Б. А. Ягодін, 1982).

Елементи живлення нагромаджуються в рослинах у різних кількостях. У зв'язку з цим їх умовно ділять на **макро- і мікроелементи**.

До **макроелементів** належать елементи, що входять до складу рослин у відносно великій кількості — від сотих часток до кількох процентів маси сухої речовини (азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка).

До **мікроелементів** належать елементи, що входять до складу рослин у значно меншій кількості — не більше тисячної частки процента (бор, марганець, мідь, цинк, молібден, залізо, кобальт тощо).

Такий умовний поділ елементів неповністю характеризує їх роль і значення у житті рослин, оскільки кожен з них має певне фізіологічне значення і не може бути замінений іншим. Тому нестача або надлишок будь-якого з них призводить до порушення життєдіяльності рослин. Наприклад, однією з причин зниження ефективності добрив в умовах інтенсивної хімізації і зменшення темпів підвищення врожайності сільськогосподарських культур є недостатня

забезпеченість рослин необхідними мікроелементами. Проте слід пам'ятати, що підвищені концентрації мікроелементів призводять до пригнічення їх розвитку і навіть отруєння.

4. Вміст головних елементів живлення в рослинах та винос їх з урожаєм

Вміст окремих елементів у рослинах залежить від біологічних і сортових особливостей культури, ґрунтово-кліматичних умов, системи удобрення та інших факторів і тому не є сталою величиною. Різні органи рослин також характеризуються неоднаковим вмістом елементів. Так, вміст азоту і фосфору значно вищий в основній продукції врожаю—зерні, коренеплодах, бульбах, ніж у побічній — соломі, гичці тощо. Калію, навпаки, більше міститься в побічній продукції врожаю — соломі і гичці, ніж у товарній.

Потребу рослин в елементах живлення визначають з допомогою хімічного аналізу, за їх вмістом в основній і побічній продукції. Вміст цих елементів у всій біомасі рослин, тобто в надземних органах і кореневій системі, характеризує загальну їх потребу в елементах живлення, тобто **біологічний винос**. Кількість елементів живлення, що знаходиться в основній і побічній продукції врожаю, становить його **господарський винос**.

В конкретних ґрунтово-кліматичних умовах господарства користуються даними обласних проектно-пошукових станцій хімізації. При цьому слід мати на увазі, що бобові рослини засвоюють 60—65 % азоту з повітря і лише 35—40 % з ґрунту.

Винос елементів живлення рослинами з одиниці площі зростає з підвищенням урожайності. Проте при вищій урожайності витрати поживних речовин на формування одиниці врожаю, як правило, зменшуються. Різні культури виносять неоднакову кількість азоту, фосфору і калію.

Дослідженнями встановлено, що за сприятливих ґрунтово-кліматичних умов при високому рівні технології вирощування досягається більш економне засвоєння рослинами елементів живлення на одиницю врожаю. Маючи дані виносу головних елементів живлення на одиницю врожаю тієї або іншої культури, можна розрахувати необхідну кількість цих елементів для вирощування запланованого врожаю.

Мікроелементи виносяться з урожаєм сільськогосподарських культур в значно менших кількостях — десятки або сотні грамів з одного гектара. Тому потреба в мікроелементах досить часто компенсується за рахунок вмісту їх у ґрунті, органічних добривах і запасів у насінні. Внесення їх з добривами забезпечує підвищення урожайності і поліпшення якості продукції.

Під час живлення сільськогосподарські культури найчастіше і в найбільшій кількості відчувають нестачу в забезпеченості **азотом, фосфором і калієм**. Тому ці елементи відносять до головних елементів живлення і в першу чергу вносять у

грунт з добривами. Проте для забезпечення збалансованого живлення рослин слід застосовувати й інші макро- і мікроелементи.

5. Значення хімічного аналізу рослин

Хімічний склад рослин досить різноманітний. Він визначається з допомогою хімічного аналізу, який проводиться для вирішення багатьох практичних і наукових питань, пов'язаних із застосуванням добрив. З допомогою хімічного аналізу можна визначити хімічний склад рослин у будь-який період їх росту, що дає змогу швидше і точніше оцінити їх стан і потребу в елементах живлення, визначити родючість ґрунту та фізіологічну доступність поживних речовин на даному полі.

Аналізуючи рослини, треба знати критичні рівні вмісту в них окремих елементів живлення в певні фази їх розвитку. Якщо аналізи проводяться в перші фази розвитку рослин, то нестачу окремих елементів живлення можна ліквідувати підживленням культур. Результати аналізу, одержані в кінці вегетації рослин, використовуються для уточнення системи удобрення наступних культур, що висіватимуться на даному полі. Хімічний аналіз рослин допомагає контролювати і оперативно впливати на формування якості сільськогосподарської продукції. Так, посилене азотне живлення пшениці в період колосіння — цвітіння є важливим заходом поліпшення якості зерна. Підживлення посівів азотними добривами дає змогу підвищити вміст білка на 1—2 %, клейковини — на 2,5 % і більше.

Між умовами, що визначають рівень урожаю та поліпшення його якості, існує складний зворотний зв'язок. Потреби в живленні для формування високого врожаю не збігаються за часом (онтогенезом) з потребами рослин для формування високоякісного продукту.

З допомогою хімічного аналізу можна своєчасно виявити тенденцію до підвищення концентрації шкідливих речовин у рослинах і запобігти нагромадженню їх у сільськогосподарській продукції більше гранично допустимих концентрацій.

Аналіз сільськогосподарської продукції проводиться також на приймальних пунктах, підприємствах переробної промисловості, в торговельній мережі з метою визначення її якості і придатності для харчових цілей.

Визначення хімічного складу і поживної цінності кормів проводиться обласними проектно-пошуковими станціями хімізації.

Контрольні запитання

1. Який вміст води і сухої речовини в різних рослинах?
2. З чого складається суха речовина рослин?
3. Як впливає хімічний склад рослин на якість сільськогосподарської продукції ї?
4. В урожаї яких культур нагромаджується значна кількість вуглеводів, зокрема глюкози, фруктози, сахарози, крохмалю, клітковини?
5. Які хімічні елементи належать до макро- і мікроелементів?
6. Як підрахувати винос елементів живлення з врожаєм сільськогосподарських культур? Яке співвідношення азоту, фосфору і калію у виносі основних культур?
7. Користуючись даними виносу елементів живлення на 1 ц продукції, підрахуйте винос азоту, фосфору і калію з урожаєм озимої пшениці — 40, 50 і 60 ц/га; з урожаєм кукурудзи — 60, 80 і 100 ц/га; з урожаєм цукрових буряків — 400 і 500 ц/га; з урожаєм капусти — 300 , 400 і 500 ц/га.
8. Для чого роблять хімічний аналіз рослин і де використовують його результати?
9. За якими показниками визначають поживну цінність кормів?

РОЗДІЛ1. ХІМІЧНИЙ СКЛАД, ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН І МЕТОДИ ЙОГО РЕГУЛЮВАННЯ

ТЕМА 1.2: ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН

ПЛАН:

- 1. Некореневе живлення рослин.**
- 2. Кореневе живлення.**
- 3. Вибіркове засвоєння поживних речовин і фізіологічна реакція солей.**
- 4. Вплив умов навколишнього середовища на засвоєння поживних речовин рослинами.**
- 5. Вимоги рослин до умов живлення.**
- 6. Діагностика живлення рослин.**
- 7. Застосування добрив як засіб регулювання умов живлення рослин**

ЛІТЕРАТУРА: Карасюк І.М., Геркіял О.М. «Агрохімія», с. 19 – 35

МЕТА:

- засвоїти особливості живлення рослин;
- пробудити пізнавальний інтерес до даної теми;
- сприяти розвитку вміння мислити, робити висновки.

Живлення — це процес надходження і васвоєння рослинами поживних речовин, необхідних для нормальної їх життєдіяльності. Він є необхідною складовою частиною загального обміну речовин у рослин. Із зовнішнього середовища рослини засвоюють лише властиві їхньому організмові речовини. Цей процес складається із засвоєння поживних речовин, перетворення їх у необхідні для рослин сполуки, транспортування і розміщення цих сполук у відповідних органах.

Для вищих зелених рослин, до яких належать усі сільськогосподарські культури, властивий автотрофний спосіб живлення, тобто вони самі синтезують органічні речовини з мінеральних сполук з допомогою сонячної енергії. Доведена можливість засвоєння рослинами деяких простих органічних сполук (вітаміни, антибіотики, фітин, окремі амінокислоти тощо). Проте практичне значення цього способу живлення рослин незначне.

Гетеротрофний спосіб живлення, тобто засвоєння готових органічних сполук, властивий, крім тварин, грибам, більшості бактерій, деяким водоростям та безхлорофілним вищим рослинам.

Усі сільськогосподарські культури за звичайних умов здійснюють живлення через кореневу систему і листя, оскільки вони перебувають одночасно у двох середовищах: коріння в ґрунті, а листя і стебло в повітрі. У зв'язку з цим розрізняють два типи живлення:

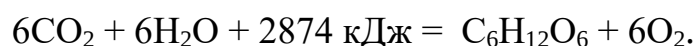
некореневе і кореневе.

Обидва вони взаємозв'язані і не можуть існувати окремо, оскільки корені живлять листки і стебла, які, в свою чергу, живлять корені, тобто в листках і коренях постійно відбуваються різноманітні біологічні процеси, продуктами яких обмінюються надземні і підземні органи рослин.

1. Некореневе живлення

Під некореневим живленням розуміють надходження поживних речовин у рослини через надземні органи

У складі сухої речовини рослини близько 45 % припадає на вуглець. Він асимілюється рослинами з атмосфери у вигляді вуглекислого газу з допомогою сонячної енергії і разом з киснем, воднем та азотом утворює органічні сполуки. Цей основний фізіологічний процес називається **фотосинтезом**, або вуглецевим живленням, рослин. При цьому світлова енергія в зелених рослинах з допомогою хлорофілу перетворюється у хімічну, що використовується для синтезу вуглеводів з вуглекислого газу і води. Утворення простих вуглеводів в процесі фотосинтезу можна записати у вигляді такого рівняння:



У результаті наступних перетворень у рослинах із простих вуглеводів утворюються більш складні, а також синтезуються інші безазотисті органічні сполуки.

Вуглекислий газ, що міститься в атмосферному і ґрунтовому повітрі, є єдиним джерелом вуглецю для синтезу органічних сполук рослинами.

При зниженні концентрації CO_2 в повітрі до 0,01 % фотосинтез практично припиняється, а з підвищенням до 1 % — значно прискорюється. Якщо вміст CO_2 в повітрі становить 5 % і більше, то фотосинтез знову послаблюється. Збільшенню вмісту CO_2 в приземному шарі повітря сприяє внесення гною, торфу та інших органічних речовин, а також деяких мінеральних добрив.

На інтенсивність фотосинтезу крім концентрації вуглекислого газу в повітрі впливають також вміст елементів мінерального живлення у ґрунті, вологозабезпеченість посівів, умови освітлення, температура повітря і ґрунту, сортові особливості культур.

Через надземні органи рослини засвоюють також сірку (у вигляді SO_4^{2-}), азот і зольні елементи з водних розчинів. На цій здатності рослин ґрунтується некореневе підживлення сільськогосподарських культур добривами.

2. Кореневе живлення

Під кореневим живленням розуміють вбирання і засвоєння рослинами з ґрунту або поживного розчину води, різних іонів і деяких органічних сполук. Так, азот може засвоюватися у вигляді аніона NO_3^- і катіона NH_4^+ . Бобові рослини здатні в процесі симбіозу з бульбочковими бактеріями засвоювати молекулярний азот атмосфери. Фосфор і сірка надходять у рослини з аніонами фосфорної і сірчаної кислот — H_2PO_4^- і SO_4^{2-} , калій, кальцій, натрій, магній, залізо — у вигляді катіонів K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Fe^{3+} , мікроелементи — у вигляді відповідних катіонів та аніонів.

Для закріплення в ґрунті і засвоєння необхідної кількості поживних речовин рослини повинні мати добре розвинену кореневу систему. Найголовнішою функцією кореневої системи є засвоєння води і розчинених поживних речовин. Крім того, в ній відбувається синтез деяких органічних речовин.

За масою, розмірами, глибиною проникнення і розгалуженням у ґрунті, морфологічними ознаками кореневі системи різних рослин дуже між собою відрізняються. Проте будова окремого корінця в усіх рослинах однакова. Верхня частина кореня зовні вкрита опробковілою тканиною і тому втрачає здатність поглинати воду і поживні речовини. Ріст кореня продовжується в наймолодшій його частині на самому кінчику, який захищений від пошкодження (при зіткненні з ґрунтом) кореневим чохликом. На відстані близько 1 мм від кінчика корінця знаходиться зона активного поділу клітин і дещо вище — зона росту, або розтягу, у якій клітини збільшуються за розміром і утримують багато води. Тут розпочинається диференціювання тканин з утворенням низхідної частини судинно - провідної системи рослин (флоеми), по якій відбувається переміщення органічних речовин з надземних органів у корінь, і висхідної частини (ксилеми),

по якій рухаються вода, поглинуті іони і синтезовані в коренях органічні сполуки в надземну частину. На відстані близько 3 мм від кінчика кореня знаходяться кореневі волоски, що являють собою тонкі вирости зовнішніх клітин діаметром 5—17 мкм і довжиною від 0,15 до 8 мм.

У багатьох рослин кореневі волоски недовговічні; через 10—20 діб після утворення вони відмирають, а замість них на іншій ділянці кореня утворюються нові. За рахунок утворення великої кількості корневих волосків в десятки разів збільшується діюча активна поверхня кореневої системи рослин, що дає змогу їй збільшити площу поглинання поживних речовин з ґрунту.

Швидкість росту коренів у однорічних польових культур може досягати до 1 см на добу. Молодий корінець поглинає необхідні рослині іони з ґрунтового розчину навколо себе в радіусі до 20 мм, а з ґрунтового вбирного комплексу (ГВК) — до 2—8 мм.

Глибина проникнення коренів у ґрунт у різних рослин досить неоднакова. Вона залежить від фізичних і агрохімічних властивостей ґрунту, його вологості та інших факторів. У більшості культурних рослин корені проникають на глибину до двох метрів і більше, але основна маса їх розміщується в шарі ґрунту завтовшки 0—40 см.

При застосуванні добрив слід враховувати особливості будови корневих систем окремих культур. Так, під рослини з слабкорозвиненою кореневою системою (огірки, цибуля) доцільніше вносити добрива мілко. Під трави, зернові та інші культури, у яких коренева система проникає на значну глибину, добрива вносять у зволожений шар ґрунту глибше, де вони краще розчиняються й активніше поглинаються рослинами.

Механізм надходження поживних речовин у рослину. Надходження елементів живлення в рослину відбувається з допомогою двох автономних механізмів. Перший — *п а с и в н и й*, коли за рахунок сили всмоктування, яка виникає під час випаровування вологи через продихи листя, іони мінеральних солей, що знаходяться в ґрунтовому розчині, разом з водою всмоктуються порожнистими міжклітинниками і порами клітинних оболонок молодих корінців. Клітинні оболонки мають легкопроникні для іонів великі пори і канали, в яких вільно рухаються і концентруються іони, що надходять з ґрунтового розчину. Звідси іони мінеральних солей надходять у середину клітин.

Роль пасивного механізму зростає при підвищенні концентрації солей у ґрунтовому розчині. Проте при внесенні добрив слід враховувати осмотичні властивості клітин. Коли концентрація розчину вища, ніж концентрація клітинного соку, то вода виділяється з клітин, а не всмоктується ними, і це призводить до в'янення рослин і навіть до їх засихання. Надходження іонів у рослини також збільшується при підвищенні інтенсивності транспірації, коли рослини всмоктують багато води, а разом з нею й іонів різних солей.

Проте у більшості випадків концентрація солей та окремих іонів у клітинному соку рослин значно вища, ніж у ґрунтовому розчині. В цьому випадку надходження поживних речовин за рахунок дифузії та осмосу практично втрачає своє значення. Починає діяти інший механізм поглинання елементів живлення — активний, при якому відбувається надходження іонів з ґрунту в рослину за рахунок їх обмінної адсорбції з іонами, що знаходяться на поверхні суміжного шару цитоплазми клітини кореня. Окремі ділянки цитоплазматичної мембрани завдяки мозаїчній структурі мають негативні і позитивні заряди, за рахунок яких одночасно може відбуватися засвоєння необхідних рослині катіонів з навколишнього середовища в обмін на інші іони. Обмінним фондом іонів у рослин при цьому є катіони водню H^+ й аніони вугільної кислоти HCO_3^- , що утворюються в процесі дихання клітин.

Поглинання іонів на поверхні цитоплазматичної мембрани має обмінний характер і не вимагає витрат енергії. В обміні беруть участь не лише іони ґрунтового розчину, а й ввібрані катіони. Їх концентрація в ґрунтовому розчині зменшується і це зумовлює витіснення аналогічних іонів із ГВК в розчин.

Дальше переміщення адсорбованих іонів із зовнішньої сторони цитоплазматичної мембрани на внутрішню здійснюється за участю спеціальних переносників і так званих іонних насосів, у функціонуванні яких важлива роль належить білкам.

Транспортування іонів відбувається в два етапи: спочатку здійснюється вибрання або виділення рослинною клітиною іонів крізь плазматичну мембрану, що оточує її (ближній транспорт), а потім рух іонів від клітини до клітини в органі інтенсивного їх асимілювання (дальній транспорт). Іони, що надійшли в клітину без змін або у формі органічних сполук, які синтезуються в коренях, переміщуються в надземні органи — стебла і листки. Активне транспортування поживних речовин із клітини в клітину відбувається з допомогою плазмодесми (цитоплазматичних тяжів), що з'єднує цитоплазму клітин рослини в єдину систему — симпласт.

При переміщенні по симпласту частина іонів і метаболітів (сполук, що утворилися в рослинах внаслідок обміну речовин) може переходити у вільний міжклітинний простір і пасивно з висхідною течією води рухатися по ксилемі до листків. У процесі фотосинтезу тут утворюються органічні сполуки, що з низхідною течією води переміщуються по флоемі до кореневої системи рослин. Отже, у рослині як у єдиному організмі відбувається обмін речовин між надземною і підземною її частинами.

Засвоєння і транспортування елементів живлення рослиною тісно пов'язані з життєдіяльністю і ростом надземних органів і кореневої системи. Дихання коренів є джерелом енергії, необхідної для активного засвоєння рослинами еле-

ментів мінерального живлення. Цим і зумовлені й тісний зв'язок між інтенсивністю засвоєння рослинами елементів живлення і дихання коренів. Так, при нестачі кисню в умовах недостатньої аерації або при надмірному зволоженні ґрунту погіршується ріст коренів і сповільнюється дихання. При цьому також зменшується і засвоєння рослинами поживних речовин.

Для нормального росту і дихання коренів необхідно, щоб до них постійно надходив з надземних органів енергетичний матеріал, яким є продукти фотосинтезу (вуглеводи та інші органічні сполуки). Якщо фотосинтез послаблений, то кількість асимілянтів і надходження їх у корені зменшується, внаслідок чого погіршується життєдіяльність і сповільнюється засвоєння поживних речовин з ґрунту.

3. Вибіркове засвоєння поживних речовин і фізіологічна реакція солей.

Різні катіони й аніони засвоюються рослинами з ґрунтового розчину в неоднаковій кількості, що зумовлюється їх значенням у синтезі органічних сполук при побудові нових тканин і органів рослини. Цим і зумовлюється вибіркова вбирна здатність рослин, яку слід враховувати при застосуванні добрив. Наприклад, якщо в ґрунтовому розчині міститься сіль $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, що є джерелом азоту і сірки для рослин, то засвоєння аніонів і катіонів може бути неоднакове. В першу чергу рослинам потрібен азот, тому катіони NH_4^+ засвоюються кореневою системою (в обмін на іони водню) інтенсивніше, ніж аніони SO_4^- . У результаті взаємодії рослин з цією сіллю в ґрунтовому розчині нагромаджуються вільні катіони H^+ , що, сполучаючись з аніонами SO_4^- , утворюють сірчану кислоту. Це призводить до підкислення розчину. Аналогічно рослини засвоюють катіони з розчинів солей NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, K_2SO_4 , KCl тощо. Отже, хімічно нейтральні солі, взаємодіючи з рослинами, в процесі живлення внаслідок вибіркового засвоєння катіонів можуть підкислювати ґрунтовий розчин.

В іншому випадку, коли джерелом азоту є NaNO_3 , рослини активніше засвоюють аніони NO_3^- , ніж катіони Na^+ . В ґрунтовому розчині знаходиться вугільна кислота, яка виділяється коренями рослин у процесі дихання або засвоюється з повітря. Вугільна кислота і вода дисоціюють на іони H^+ , OH^- і HCO_3^- . Катіони Na^+ , що в більшій кількості залишаються в розчині, разом з аніонами OH^- і HCO_3^- утворюють лужні сполуки NaOH і NaHCO_3 , які і підлужують розчин.

Отже, вибіркова поглинальна здатність рослин зумовлює фізіологічну реакцію солей, а значить, і мінеральних добрив.

Фізіологічна реакція солей проявляється при взаємодії мінеральних добрив з рослинами в процесі живлення.

Фізіологічно кислими називаються добрива, з яких рослини більше засвоюють катіони, а аніони, що залишаються у розчині, підкислюють ґрундове

середовище. Найбільш характерними фізіологічно кислими добривами є NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Фізіологічна кислотність калійних добрив KCl , K_2SO_4 та інших дещо нижча, ніж аміачних. У ґрунті фізіологічна кислотність найбільше проявляється в зоні діяльності молодих корінців.

Фізіологічно лужними називаються добрива, з яких рослини засвоюють переважно аніони, а катіони, що залишаються у розчині, підлугуюють ґрунтове середовище. До них належать NaNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ тощо.

Фізіологічно нейтральними називаються добрива, з яких рослини в однаковій кількості засвоюють катіони й аніони і вони істотно не змінюють реакції ґрунтового розчину.

Деякі добрива є біологічно кислими. До них належать амонійні та амідні добрива, що частково окислюються в ґрунті нітрифікуючими бактеріями, внаслідок чого утворюються азотна і сірчана кислоти:



Біологічне підкислення ґрунту відбувається при внесенні аміачної води, сечовини, дещо менше — сульфату амонію і ще менше — хлориду амонію, оскільки аніони двох останніх пригнічують життєдіяльність нітрифікуючих бактерій.

Реакцію добрив необхідно враховувати при їх застосуванні під сільськогосподарські культури, особливо на мало-буферних ґрунтах. Наприклад, фізіологічно кислі добрива слід застосовувати на ґрунтах з нейтральною або лужною реакцією, а фізіологічно лужні — на кислих ґрунтах.

4. Вплив умов навколишнього середовища на засвоєння поживних речовин рослинами

Засвоєння поживних речовин залежить від біологічних особливостей рослин і умов навколишнього середовища: реакції і концентрації ґрунтового розчину, вологості і температури ґрунту, аерації, наявності доступних форм поживних речовин, інтенсивності і тривалості освітлення тощо.

Вологість ґрунту і повітря. Для більшості культурних рослин оптимальна вологість ґрунту становить 65—80 % від найменшої вологоємності (для зернових — 65—75 %, овочевих — 75—80 %). На легких за гранулометричним складом ґрунтах вона нижча, ніж на важких. Зменшення вологості ґрунту нижче оптимального рівня знижує надходження елементів живлення в рослини.

Шкідлива для рослин і надмірна кількість вологи в ґрунті, яка призводить до нестачі повітря для дихання коренів і мікроорганізмів. У надмірно зволжених ґрунтах складаються несприятливі температурний і поживний режими, послаблюються процеси нітрифікації. У перезволжених ґрунтах інтенсивніше відбувається вимивання легкорозчинних сполук з кореневмісного шару.

Дуже важливо враховувати ступінь зволоженості ґрунту при використанні мінеральних добрив, особливо азотних. Вони, як відомо, прискорюють розвиток вегетативної маси, що в разі нестачі вологи призводить до її дефіциту раніше, ніж утворяться генеративні органи, і як наслідок — до недобору врожаю. Тому добрива слід вносити у вологий шар ґрунту.

У свою чергу, добрива сприяють більш економному і продуктивному використанню рослинами ґрунтової вологи. За даними багатьох досліджень, при правильному застосуванні добрив у сівозміні загальні витрати вологи на створення одиниці врожаю зменшуються на 20—25 %.

Освітлення. Здатність кореневої системи рослин засвоювати поживні речовини значною мірою залежить від фотосинтетичної діяльності листків. При нормальному освітленні засвоєння рослинами азоту, фосфору, сірки, кальцію значно вище, ніж при затіненні.

Одним з основних шляхів підвищення продуктивності фотосинтезу є збільшення до відповідних розмірів площі асимілюючих органів — листків, які забезпечують поглинання хлоропластами більшої кількості вуглекислого газу із атмосфери з допомогою сонячної енергії. Поліпшення живлення рослин сприяє збільшенню площі поверхні листка. К. А. Тімірязєв підкреслював, що рослина живиться для того, щоб рости і збільшувати поверхню своїх органів. Так, у дослідях з кукурудзою більш розвинута поверхня листків на удобрених ділянках у період вегетації поглинала більшу кількість фотосинтетично активної радіації (ФАР) .

Особливо важлива роль світла при вирощуванні овочевих культур у теплицях. Зміна інтенсивності освітлення навіть у межах однієї доби призводить до значних коливань у засвоєнні елементів живлення рослинами. В осінньо-зимовий період з невисокою інтенсивністю сонячного світла повна норма мінеральних добрив виявляється для тепличних рослин надмірною. Зменшення її на $\frac{1}{3}$ позитивно впливає на продуктивність рослин. У весняно-літній період, навпаки, норму добрив потрібно збільшувати.

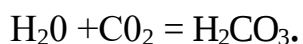
Найефективніше використовуються поживні речовини рослинами тоді, коли їх співвідношення в ґрунтовому розчині відповідає в найбільшій мірі біологічним потребам рослин. Такий ґрунтовий розчин називається фізіологічно зрівноваженим. Більшість ґрунтів характеризується фізіологічно зрівноваженим ґрунтовим розчином. Фізіологічну незрівноваженість ґрунтового розчину усувають внесенням відповідних добрив. Так, на ґрунтах з високим вмістом рухомих фосфатів рослини забезпечуються цим елементом із запасів ґрунту. Додаткове внесення фосфорних добрив практично не підвищує врожайності. Навпаки, внесення азотних і калійних добрив значно ефективніше, ніж на ґрунтах з низьким вмістом фосфору. Тому раціональне застосування добрив повинно ґрунтуватися на рівнях забезпеченості ґрунтів тими або іншими елементами і потребою в них рослин.

Реакція поживного розчину (рН). Висока концентрація іонів водню в поживному розчині ґрунту створює кисле середовище, в якому пригнічується розвиток коренів і знижується проникність плазми їх клітин, що призводить до погіршення надходження поживних речовин у рослини. В умовах підвищеної кислотності ґрунту більше проявляється антагонізм іонів, що гальмує надходження в рослину катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , K^+ . У кислих ґрунтах створюються несприятливі умови для життєдіяльності корисних мікроорганізмів, що затримує перехід поживних речовин ґрунту в доступні для рослин форми. Наприклад, для нітрифікаторів найбільш сприятливою є реакція ґрунту $\text{pH} = 6,8 \dots 7,9$; для азотфіксуючих бактерій — $\text{pH} = 6,5 \dots 7,8$; для бульбочкових бактерій люцерни і гороху — $\text{pH} = 6,6 \dots 7,0$. Тому на кислих ґрунтах послаблюється фіксація азоту повітря, затримуються процеси мінералізації органічних речовин, знижується нітрифікаційна здатність ґрунту, що погіршує умови азотного живлення рослин.

Висока кислотність збільшує розчинність сполук алюмінію і марганцю, підвищений вміст яких у розчині впливає негативно на рослини, навіть сильніше, ніж надмірна кількість водню. Рухомий алюміній пригнічує розвиток кореневих систем, підвищує в'язкість і знижує проникність цитоплазми клітин. Корені стають коротшими, значно зменшується кількість корневих волосків. Все це призводить до порушення живлення й обміну речовин у рослині.

Кореневі виділення і здатність рослин засвоювати поживні речовини з важкорозчинних сполук.

Під час дихання корені рослин виділяють CO_2 , який, взаємодіючи з водою, утворює вугільну кислоту:



Вона сприяє розчиненню сполук, поживні елементи яких стають більш доступними для рослин. Крім того, корені також виділяють невелику кількість яблучної, лимонної, щавлевої, молочної та деяких інших органічних кислот. Тому у ризосфері коріння кислотність дещо підвищується. У різних рослин характер корневих виділень різний, що й зумовлює їх неоднакову здатність засвоювати поживні речовини з важкорозчинних сполук. Наприклад, люпин, гречка і гірчиця можуть засвоювати фосфор з фосфориту (важкорозчинна сполука) навіть при нейтральній і слабколужній реакції ґрунту, а ячмінь, кукурудза і просо використовують його лише на кислих ненасичених основами ґрунтах.

Ф. В. Чиріков установив здатність окремих рослин засвоювати фосфор з фосфориту в результаті більшого використання ними кальцію з ґрунту, ніж фосфору. Ґрунтовий розчин при цьому збіднюється на кальцій, підвищується його кислотність і це поліпшує доступність фосфат-іонів. До таких рослин належать: люпин, горох, еспарцет, чина, конюшина, люцерна, коноплі, гірчиця тощо. Крім органічних кислот корені рослин виділяють сахара, амінокислоти, вітаміни, різні ферменти (каталазу, триозиназу, уреазу, інвертазу, целюлазу,

протеазу, ліпазу). З допомогою цих ферментів рослини розкладають органічні речовини до доступних для них сполук.

Роль мікроорганізмів. У сприятливих умовах маса мікроорганізмів ґрунту досягає 5—7 т на 1 га і збільшується протягом місяця в 2—3 рази. Мікроорганізми активно розкладають органічні і мінеральні сполуки ґрунту, що є для них джерелом живлення й енергетичним матеріалом. В результаті біологічного розщеплення білків у ґрунті нагромаджуються доступні для рослин сполуки азоту. Деякі мікроорганізми розщеплюють органічні сполуки, що містять фосфор, сірку та інші елементи живлення. Отже, мікроорганізми є посередниками між коренями рослин і поживними речовинами ґрунту. Водночас мікроорганізми самі споживають мінеральні речовини і перетворюють їх в органічні сполуки, потрібні для побудови свого організму, переводячи їх в недоступні для рослин форми (біологічне вбирання). Після відмирання мікроорганізмів і їх мінералізації поживні речовини знову стають доступними для рослин.

Деякі мікроорганізми, що живуть у ґрунті, для синтезу білка свого тіла використовують азот повітря. Після їх відмирання і мінералізації азот, що входив до складу цих мікроорганізмів, може безпосередньо засвоюватися рослинами.

У процесі життєдіяльності мікроорганізми ґрунту синтезують фізіологічно активні речовини. Після відмирання мікроорганізмів вони вбираються коренями рослин і використовуються в процесах внутрішньоклітинного обміну.

Поряд з корисними мікроорганізмами в ґрунті живуть паразити, збудники різних захворювань сільськогосподарських культур, а також мікроорганізми-денітрифікатори, що розкладають солі азотної кислоти з виділенням молекулярного азоту. Кількісний і видовий склад мікроорганізмів ґрунту можна регулювати впровадженням сівозмін, застосуванням добрив, вапнуванням ґрунтів.

Проте надмірне захоплення хімічними методами боротьби з бур'янами, шкідниками і хворобами сільськогосподарських культур, використання підвищених норм гербіцидів, пестицидів призводить до пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів, порушує нормальне проходження біологічних процесів, погіршує поживний режим ґрунту.

5. Вимоги рослин до умов живлення

У різні періоди росту і розвитку сільськогосподарські культури засвоюють неоднакову кількість поживних речовин. У перший період життя вони використовують поживні речовини з проростаючого насіння або коренеплодів і бульб. Під кінець вегетації багато з них перестають засвоювати поживні речовини з навколишнього середовища, але продовжують використовувати ті, що були засвоєні ними раніше. Тому тривалість періоду живлення, тобто відрізок часу, протягом

якого рослини засвоюють поживні речовини з навколишнього середовища, не завжди співпадає з вегетаційним періодом.

Тривалість та інтенсивність процесу живлення. За тривалістю періоду живлення сільськогосподарські культури істотно різняться між собою. Наприклад, цукрові буряки, картопля, кукурудза, горох, люпин, конюшина та інші культури засвоюють поживні речовини протягом усього вегетаційного періоду, тоді як у ячменю живлення практично відбувається протягом перших 50—60 діб, хоча тривалість вегетаційного періоду становить 80—90 діб.

Цю особливість культур слід враховувати при застосуванні добрив. Під культури з коротким періодом засвоєння поживних речовин бажано всю кількість добрив вносити до посіву.

Інтенсивність надходження поживних речовин у рослину в різні періоди вегетації неоднакова. Кожна культура має свій період інтенсивного засвоєння поживних речовин. Так, цукрові буряки у перший період росту засвоюють незначну кількість поживних речовин, тоді як коноплі уже до 25 червня нагромаджують максимальні їх запаси, а протягом серпня і вересня у них навіть спостерігається зменшення їх вмісту. Усі зернові культури (за винятком кукурудзи), а також льон, рання картопля, деякі овочеві культури різняться коротким періодом засвоєння основної кількості елементів живлення.

Найінтенсивніше засвоєння поживних речовин хлібними злаками припадає на період від фази виходу в трубку до колосіння.

Кукурудза, соняшник, цукрові буряки та інші культури характеризуються розтягнутим періодом живлення, який продовжується майже до кінця вегетації.

Порушення оптимального забезпечення рослин поживними речовинами в різні періоди їх росту неоднаково впливає на продуктивність сільськогосподарських культур. Якщо в перший період росту такі відхилення досить згубно діють на продуктивність рослин, то в наступні періоди вони менш шкідливі. Реакція на підвищені норми добрив з віком рослин змінюється. Це пояснюється тим, що в перші дні росту рослинам потрібна відносно невелика кількість поживних речовин, потім потреба в них збільшується до певного віку, після чого знову зменшується.

Перший період росту рослин вважається *критичним періодом живлення*, коли відсутність поживних елементів, різка їх нестача, диспропорція у співвідношенні найбільш негативно впливають на ріст і розвиток рослин. У цей період нагромадження загальної маси органічних речовин випереджає засвоєння поживних речовин з ґрунту. Компенсувати нестачу їх внесенням добрив у більш пізні фази вегетації рослин не можна.

Початковий період росту рослин особливо критичний у відношенні фосфорного живлення. Нестача фосфору в цей період значно пригнічує рослини і

навіть при наступному достатньому їх забезпеченні фосфором врожайність різко знижується.

У рослин озимої пшениці виділяють два критичних періоди. *Перший* — від появи сходів до припинення осінньої вегетації, коли рослини досить чутливі до нестачі фосфору. Забезпечення рослин фосфором у цей період (за оптимальних умов азотного живлення) позитивно впливає на засвоєння калію і підвищення їх зимостійкості. *Другий* критичний період починається під час відновлення вегетації ранньою весною і закінчується у фазу виходу в трубку. Нестача поживних речовин у цей період призводить до затримки росту і різкого зниження врожайності. Отже, молоді рослини особливо чутливі до умов живлення. У ризосфері їх коріння в цей період поживні речовини повинні бути в легкодоступних формах, але концентрація їх не повинна бути високою. Краще, коли в розчині фосфору більше, ніж азоту або калію

Період максимального вбирання — це проміжок часу, протягом якого поживні речовини найінтенсивніше засвоюються рослинами. Він співпадає за часом з періодом інтенсивного росту і нагромадження органічних речовин. Нестачу поживних речовин у цей період можна компенсувати додатковим внесенням добрив (підживлення). Це потрібно враховувати при розробці системи удобрення сільськогосподарських культур.

6. Діагностика живлення рослин

З метою оперативного керування процесом мінерального живлення культур у практиці агрохімічного обслуговування сільського господарства широко застосовуються різні методи діагностики забезпеченості рослин елементами живлення.

Грунтова діагностика передбачає аналіз ґрунту на вміст у ньому рухомих поживних речовин до внесення добрив та в період вегетації рослин. Аналізи проводяться з метою визначення доз основного удобрення з урахуванням забезпеченості ґрунту елементами живлення, а під час вегетації — визначення потреби в проведенні підживлення рослин.

Строки відбору зразків ґрунту залежать від культури і фази її розвитку. Зразки відбирають за 15—20 діб до внесення мінеральних добрив і направляють для аналізу в агрохімічну лабораторію.

На основі результатів аналізу за вмістом у ґрунті рухомих форм азоту, фосфору і калію та іншими показниками визначають норми мінеральних добрив для одержання запланованого врожаю.

При впровадженні інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, зокрема озимої пшениці, проводять аналіз ґрунту пізно восени або напровесні. За його результатами визначають потребу рослин у підживленні азотними добривами та їх дози. Дози азотних добрив для весняного підживлення визначають за різницею між необхідною кількістю, розрахованою на запланований урожай, і фактичними запасами азоту в ґрунті.

Впровадження автоматизованої системи ґрунтової діагностики на базі ЕОМ є важливим фактором удосконалення агрохімічного обслуговування господарств з метою переходу до методів наукового управління інтенсивними технологіями вирощування сільськогосподарських культур.

Рослинна діагностика — це методи визначення потреби сільськогосподарських культур у **елементах** живлення за станом самих рослин (зовнішній вигляд, темпи росту і розвитку, вміст в органах рослин поживних речовин тощо).

Цей вид діагностики як агрохімічний метод контролю за мінеральним живленням рослин є одним з найперспективніших, оскільки визначається та кількість поживних речовин, яку рослини уже засвоїли. Цим методом можна успішно контролювати умови живлення рослин протягом вегетації, особливо у відповідальні для створення врожаю фази розвитку. Рослинна діагностика може широко застосовуватися при визначенні хімічного складу рослинної продукції.

На практиці застосовують кілька видів рослинної діагностики.

Візуальна діагностика застосовується у тих випадках, коли у рослин з'являються зовнішні ознаки нестачі або надлишку елементів живлення. Ознаки голодування рослин при нестачі азоту, фосфору, калію і деяких інших елементів виявляються при огляді посівів. Вони проявляються в зміні забарвлення і форми листків, появі на них плям, смуг, у порушенні нормального розвитку органів тощо. При виявленні нестачі якого-небудь з елементів живлення проводять підживлення рослин відповідним добривом.

Біометрична, морфологічна і фенологічна діагностики передбачають реєстрацію зміни розмірів і маси рослин, темпів утворення органів і їх кількість. За цими показниками можна дійти висновку про забезпеченість рослин окремими елементами живлення.

Для запобігання голодування рослин, виявлення надмірного нагромадження в них окремих елементів живлення найбільш об'єктивною є *хімічна* діагностика, що, в свою чергу, поділяється на листову і тканинну.

Листкова діагностика передбачає проведення аналізу відібраних зразків рослин в агрохімічній лабораторії на вміст у них органічних сполук азоту і зольних елементів після озолення в суміші кислот або пероксиді водню. Вона широко застосовується для коригування доз азоту при підживленні озимих культур у різні фази їх розвитку (кущіння, виходу в трубку, колосіння і цвітіння), а також у фазі п'яти листків у ярих зернових. Зразки відбирають у суху погоду у фазах кущіння і виходу в трубку зрізують рослини по діагоналі поля в 20—30 місцях; у фазах колосіння і цвітіння (в озимих) і п'яти листків (у ярих) беруть три верхніх листки з головних і вторинних стебел з однакової кількості рослин, щоб маса зразка була не менше 100 г. Зразки підписують і разом з етикетками відправляють у районну агрохімічну лабораторію або обласну проектно-пошукову станцію хімізації, де негайно проводять їх аналіз.

Для одержання запланованого врожаю зернових культур високої якості необхідно, щоб у відібраних зразках містилась відповідна кількість головних елементів живлення.

Наприклад, для другого підживлення озимої пшениці встановлена доза азоту 30 кг/га. Листкова діагностика свідчить про те, що у фазу виходу в трубку вміст азоту в рослинах становив 3,2 % при середньому оптимальному його вмісті 4,8 %. При цьому дозу азоту слід зкоригувати, використовуючи таку формулу:

$$Д = 30 \frac{Д_{\text{опт}}}{Д_{\text{факт}}} = 30 \frac{4,8}{3,2} = 45 \text{ кг/га.}$$

Т к а н и н н а діагностика застосовується у господарствах для визначення потреби проведення некореневих азотних підживлень зернових культур. Для цього широко застосовують польову експрес- лабораторію АОП-1 або ОП-2.

В інструкції до кожної такої польової лабораторії викладена методика відбору і підготовки рослинних зразків для проведення експрес-аналізу, а також методика визначення нітратів, фосфору і калію.

У відповідні фази розвитку зернових культур по діагоналі поля в 20—30 міс-цях відбирають зразки по 100—120 рослин, з яких беруть середній зразок — 20 продуктивних, найбільш типових стебел. Кожне стебло аналізують на вміст у ньому азоту. Для цього із стебел вище другого міжвузля вирізають пластинку розміром 1 , 5 x 2 мм, кладуть її на предметне скло, додають до неї одну краплю 1 %-го розчину дифеніламіну і спостерігають за появою синього забарвлення. Інтенсивність забарвлення порівнюють з кольоровою шкалою й оцінюють кожний зразок у балах. Закінчивши аналіз усіх 20 рослин, обчислюють середньо-арифметичне значення балу, порівнюють його із шкалою і визначають потребу в азотних добривах.

Якщо бал нижче 3,5, підживлення -роводити недоцільно, оскільки при цьому виростити сильну пшеницю неможливо. Якщо середнє значення балу знаходиться в межах 3,5—4,5, слід провести два некореневих підживлення по 30 кг/га азоту: перше у фазі колосіння — цвітіння, друге — у фазі наливу зерна. При підвищенні середнього значення балу до 4,6—5,5 проводять одне підживлення з розрахунку 30 кг/га азоту у фазі колосіння — цвітіння або у фазі наливу зерна. Якщо бал перевищує 5,5, некореневе підживлення проводити недоцільно, оскільки рослини забезпечені азотом у достатній мірі, і сильне зерно пшениці можна одержати без підживлення.

7. Застосування добрив як засіб регулювання умов живлення рослин

Висока продуктивність сільськогосподарських культур досягається створенням необхідних умов для їх росту і розвитку, тобто забезпеченням усіма факторами життя, що перебувають у відповідній взаємодії і постійному взаємозв'язку з

рослинами. Взаємодія факторів у процесі росту і розвитку рослин надзвичайно складна і багатогранна. У зв'язку з цим надзвичайно складні завдання хліборобів. К- А. Тімірязєв з цього приводу писав: «Ніде, може, ні в якій іншій діяльності непотрібно зважувати на стільки різноманітних умов успіху, ніде не потрібні такі багатобічні відомості, ніде захоплення однобічною точкою зору не може призвести до такої великої невдачі, як у землеробстві».

У землеробстві встановлено ряд закономірностей дії факторів життя на процесі формування врожаю. Однією з цих закономірностей є **закон рівнозначності і незамінності факторів життя рослин**, суть якого полягає в тому, що ні один із факторів життя не може бути замінений іншим.

Досить важливе значення має **закон сукупної дії (взаємодії) факторів**, суть якого полягає в тому, що окремі фактори життя рослин діють не ізольовано, а в тісній взаємодії один з одним і рослини безперервно зазнають впливу комплексу факторів, які найкраще проявляються тільки при сумісній дії.

Повчальним щодо цього є дослід з картоплею, проведений Українським НДІ картопляного господарства. При здійсненні окремих заходів, спрямованих на підвищення врожайності, приріст урожаю становив, ц/га: від садіння великими бульбами — 15; від внесення добрив — 71; від поліпшеного догляду — 45; від кращих строків садіння — 27. Сума приростів урожаю від усіх заходів, проведених ізольовано на окремих ділянках, становила 158 ц/га. Коли ж усі заходи здійснювалися разом, приріст урожаю картоплі підвищувався до 224 ц/га.

Реакція рослин на будь-який з факторів залежить від забезпеченості їх іншими факторами. Так, оптимальна кількість добрив, потрібних рослині, залежить, зокрема, від забезпеченості її вологою. Чим більшою кількістю вологи (до певної межі) забезпечена рослина, тим вищою може бути і доза внесених добрив. Разом з цим і самі добрива, що використовуються для живлення рослин, є одним із факторів, які істотно впливають на використання рослинами вологи.

Застосування добрив є однією з умов дотримання **закону повернення поживних речовин у ґрунт**, відкритого в середині XIX ст. Ю. Лібіхом. Суть його полягає в тому, що всі речовини, використані рослинами на утворення врожаю, потрібно повертати в ґрунт.

У ґрунт поживні речовини повертаються в основному з органічними і мінеральними добривами. Вони є джерелом елементів живлення для рослин і основним засобом впливу людини на цей процес. Значення закону повернення поживних речовин особливо зростає в умовах інтенсивного землеробства в зв'язку з підвищенням урожайності культур і збільшенням виносу поживних речовин з ґрунту. При цьому виникає потреба регулювання кругообігу поживних речовин у системі ґрунт — рослина — добриво. Забезпечення позитивного балансу елементів живлення сприятиме не лише збільшенню продуктивності сільськогосподарських культур, а й підвищенню родючості ґрунту. У землеробстві України баланс фосфору позитивний, а азоту і калію пасивний. Тому,

щоб забезпечити повне повернення цих елементів у ґрунт, слід збільшити норми внесення азотних і калійних добрив.

Отже, дефіцит азоту і калію призводить до того, що формування врожаїв сільськогосподарських культур відбувається за рахунок мобілізації цих елементів із запасів ґрунту, в результаті чого його родючість зменшується. Тому в комплексі всіх заходів для оптимізації режиму живлення ґрунтів найважливіша роль належить добривам.

Регулювання біологічного кругообігу і балансу елементів живлення в результаті оптимізації їх норм і співвідношення в добривах сприятиме підвищенню врожайності і поліпшенню якості сільськогосподарської продукції. При збільшенні вмісту в ґрунті рухомого фосфору в середньому на 10 мг/кг за рахунок добрив урожайність озимої пшениці зростає на 0,9—1,1 ц/га, цукрових буряків— на 8—10 ц/га.

Отже, добрива є важливим засобом забезпечення рослин елементами живлення, головною умовою дальшого підвищення ефективної родючості ґрунту. Завдання полягає в тому, щоб наявні в господарстві добрива використовувати з найвищою ефективністю, забезпечувати високу віддачу кожного кілограма їх поживних речовин для дальшого підвищення врожайності сільськогосподарських культур і якості продукції.

Контрольні запитання

1. Що таке живлення рослин і що являє собою цей процес? Який спосіб живлення властивий рослинам?
2. Яке значення фотосинтезу як основного фізіологічного процесу утворення органічних речовин у рослинах?
3. Що являє собою кореневе живлення і яка роль кореневої системи рослин у процесі засвоєння поживних речовин?
4. У вигляді чого надходять елементи живлення в кореневу систему рослин?
5. Чому пасивне засвоєння елементів живлення не забезпечує повністю живлення рослин?
6. Назвати суть активного механізму засвоєння поживних речовин рослинами
7. Чим зумовлена вибіркова вбирна здатність рослин і як вона впливає на фізіологічну реакцію добрив?
8. Які добрива належать до фізіологічно кислих, нейтральних і лужних?
9. Як впливає вологість ґрунту і його аерація на інтенсивність засвоєння рослинами поживних речовин?
10. Як впливають температура навколишнього середовища і освітленість на живлення рослин?
11. Залежність процесу живлення від концентрації ґрунтового розчину, співвідношення в ньому поживних речовин. Який розчин є фізіологічно зрівноваженим?
12. Яке значення має реакція ґрунтового розчину в живленні рослин?
13. Роль корневих виділень у засвоєнні рослинами поживних речовин з ґрунту.
14. Яка роль мікроорганізмів у живленні рослин?
15. Назвати культури з коротким і тривалим періодом живлення. Як це слід враховувати при застосуванні добрив?
16. Для чого треба знати критичні періоди в живленні рослин і періоди максимального засвоєння поживних речовин?
17. Які завдання ґрунтової і рослинної діагностики?
18. Роль закону повернення поживних речовин у ґрунт. Яким повинен бути баланс поживних речовин у ґрунті?

РОЗДІЛ 2. АГРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ

ТЕМА 2.1: СКЛАД І ВБИРНА ЗДАТНІСТЬ ҐРУНТУ

ПЛАН:

- 1. Складові частини ґрунту (ґрунтове повітря, ґрунтовий розчин, тверда фаза).**
- 2. Вбирна здатність ґрунту.**
- 3. Ґрунтовий вбирний комплекс.**
- 4. Кислотність ґрунту, її види. Буферність ґрунту.**

ЛІТЕРАТУРА: Карасюк І.М., Геркіял О.М. «Агрохімія», с. 37 – 57

МЕТА:

- сформулювати поняття про склад і вбирну здатність ґрунту;
- виховувати професійні риси, почуття відповідальності;
- розвивати самостійність мислення.

1. Складові частини ґрунту (ґрунтове повітря, ґрунтовий розчин, тверда фаза).

Ґрунт — це трифазна система, до складу якої входять тверда, рідка (ґрунтовий розчин) і газоподібна (ґрунтове повітря) фази, що постійно взаємодіють між собою.

Ґрунтове повітря — важлива складова частина ґрунту, один з факторів життя рослин. Воно є джерелом кисню, необхідного для дихання коренів рослин, мікроорганізмів і ґрунтової фауни. За складом ґрунтове повітря близьке до атмосферного, оскільки в нормальних умовах між ґрунтом і атмосферою відбувається постійний газообмін. Проте ґрунтове повітря має і свої особливості. Воно містить значно більше CO_2 , ніж атмосферне, і менше кисню.

Підвищений вміст CO_2 в ґрунтовому повітрі зумовлений тим, що корені рослини і ґрунтові мікроорганізми при диханні споживають кисень і виділяють вуглекислий газ. Збільшення вмісту вуглекислого газу в ґрунті відбувається також внаслідок розкладання органічної речовини мікроорганізмами. У глибоких шарах ґрунту в результаті недостатнього газообміну, що зумовлюється перезволоженням або утворенням поверхневої кірки, вміст CO_2 в ґрунтовому повітрі може бути значно вищим, а кисню — нижчим.

У ґрунті може також змінюватися і вміст азоту. Зменшення вмісту азоту відбувається в результаті зв'язування його азотфіксуючими мікроорганізмами та бульбочковими бактеріями, а збільшення — в результаті розкладання білків і денітрифікації азотистих сполук під дією мікроорганізмів.

При нестачі кисню сповільнюються ріст коренів і наростання надземної маси рослин, зменшується засвоєння рослинами води і поживних речовин, площа листків і вміст у них хлорофілу. Одночасно різко знижується інтенсивність переміщення продуктів фотосинтезу з листків до коренів та інших органів.

Доведено, що з підвищенням вмісту кисню в ґрунтовому повітрі корені краще засвоюють поживні речовини. Так, у дослідях з ячменем в анаеробних умовах рослини не засвоювали поживних речовин навіть тоді, коли їх концентрація в ґрунтовому розчині перевищувала концентрацію клітинного соку. Отже, достатнє забезпечення ґрунтового повітря киснем є необхідною умовою одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур. Оптимальні умови для більшості культур складаються тоді, коли вміст кисню в ґрунтовому повітрі становить 20 %.

Вуглекислий газ атмосферного і ґрунтового повітря — єдине джерело вуглецю для синтезу рослинами органічних сполук. Як уже зазначалося, при зниженні концентрації CO_2 в повітрі до 0,01 % фотосинтез припиняється. Підвищення вмісту CO_2 до 1,0 % посилює його асиміляцію, а при концентрації CO_2 до 5 % і більше процес фотосинтезу починає послаблюватися (О. В. Петербурзький, 1981).

У ґрунтовому повітрі верхнього шару ґрунту міститься в середньому 0,3 % CO_2 . У глибших шарах вміст його підвищується до 0,5—1,5 %, тобто в 50 разів перевищує нормальний вміст його в атмосфері.

За нормальних умов газообміну між атмосферним і ґрунтовим повітрям вуглекислий газ з ґрунту надходить у приґрунтовий шар атмосфери і використовується в процесі фотосинтезу, в результаті чого підвищується врожайність сільськогосподарських культур.

Частина вуглекислого газу ґрунтового повітря розчиняється у воді, утворюючи вугільну кислоту H_2CO_3 . Вона дисоціює на іони H^+ і HCO_3^- , зумовлюючи цим підкислення ґрунтового розчину. Після цього посилюється розчинення мінеральних речовин у ґрунті. Ці поживні речовини переходять у більш доступні для рослин форми. Проте висока концентрація CO_2 в ґрунтовому повітрі (до 2—3 %) для коренів рослин і більшості аеробних мікроорганізмів токсична. Отже, ґрунтове повітря є важливим фактором життя, джерелом живлення рослин за умов, якщо нормально відбувається газообмін між ним і атмосферним повітрям.

Рідка фаза ґрунту, або ґрунтовий розчин, містить розчинені мінеральні й органічні речовини, які переміщуються в генетичних горизонтах ґрунту. Вода, маючи властивість розчиняти солі твердої фази і вбирати гази, що потрапляють у ґрунт з атмосферними опадами, утворює ґрунтовий розчин. Найчастіше в ньому містяться катіони Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , H^+ . Дуже кислі ґрунти містять також катіони Al^{3+} і Fe^{3+} , а заболочені — катіони Fe^{2+} . Залізо й алюміній знаходяться переважно у вигляді стійких комплексів з органічними речовинами. Рідка фаза всіх ґрунтів містить аніони HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} . Органічні речовини у ґрунтовому розчині представлені високодисперсними кислотами, які входять до складу гумусу, та їх солями, амінокислотами, органічними кислотами й іншими сполуками.

Отже, ґрунтовий розчин є найбільш доступним джерелом поживних речовин для рослин. Склад і концентрація солей ґрунтового розчину залежать від багатьох факторів, зокрема інтенсивності біохімічних реакцій, що відбуваються в ґрунті, складу гумусу, ґрунтоутворюючих порід, гранулометричного складу, суми ввібраних основ, наявності легкорозчинних солей, а також внесення мінеральних і органічних добрив та проведення агротехнічних заходів. Сприятливий фізико-хімічний та гранулометричний склад і помірну концентрацію ґрунтового розчину мають чорноземи, сірі опідзолені і каштанові ґрунти. Концентрація ґрунтового розчину цих ґрунтів коливається в межах 0,5—2 г/л, а осмотичний тиск не перевищує 100—300 кПа.

Осмотичний тиск ґрунтового розчину має велике значення в житті рослин. Коли він дорівнює осмотичному тиску клітинного соку або вищий за нього, то надходження води у рослини припиняється, і вони гинуть. Висота осмотичного тиску залежить від концентрації ґрунтового розчину і ступеня дисоціації речовин, що знаходяться в ньому.

Грунтовий розчин дерново-підзолистих ґрунтів має високу концентрацію іонів водню й алюмінію, а також містить вільні органічні кислоти, що надає йому кислої реакції. В ґрунтовому розчині засолених ґрунтів знаходяться гідрокарбонати, сульфати і хлориди натрію, кальцію, магнію. Концентрація солей може коливатися від 5 до 100 г/л і більше, а осмотичний тиск досягати 1—2 МПа. Грунтовий розчин засолених ґрунтів має підвищену лужність. Регулювання реакції ґрунтового розчину підзолистих ґрунтів здійснюють вапнуванням, а солонців — гіпсуванням, а також внесенням відповідно фізіологічно лужних і фізіологічно кислих добрив.

Тверда фаза ґрунту складається з мінеральної й органічної частин. Вміст хімічних елементів у твердій фазі ґрунту подано у табл. 15. Як бачимо, майже половина твердої фази ґрунту припадає на кисень, 40,1 % займають кремній та алюміній і лише 10,9% приходить ся на решту елементів.

Азот твердої фази майже повністю перебуває в органічних сполуках. Вуглець, сірка, фосфор і водень знаходяться як в органічній, так і в мінеральній частинах ґрунту. Всі інші елементи входять до складу різних мінеральних сполук.

Мінеральна частина становить 90— 99 % твердої фази ґрунту. До її складу входять ґрунтові мінерали первинного і вторинного походження у вигляді кремнію, алюмінію і заліза разом з невеликою кількістю оксидів кальцію, магнію, калію та інших елементів. Мінерали первинного походження являють собою залишки мінералів материнської породи, які ще не зруйнувалися в процесі вивітрювання (кварц, мусковіт, польовий шпат). Мінерали вторинного походження утворюються у ґрунті в результаті вивітрювання порід і взаємодії між продуктами вивітрювання (силікати й оксиди кремнію, алюмінію, заліза). Крім цього, до складу мінеральної частини твердої фази ґрунту входять карбонати, фосфати, сульфати, хлориди тощо. Від їх розчинності залежить концентрація ґрунтового розчину. І хоч розчинні солі становлять незначну частину ґрунту, вони мають велике значення для його родючості, оскільки рослинам практично доступні лише ті елементи, що легко розчиняються у воді або у слабких кислотах.

До легкорозчинних солей ґрунту належать гідрокарбонати кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, магнію $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, натрію NaHCO_3 ; карбонати калію K_2CO_3 і натрію Na_2CO_3 ; дигідрофосфати кальцію $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ і магнію $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$; фосфати амонію, калію, натрію; солі азотної і соляної кислот тощо. До важкорозчинних мінералів і солей належать карбонати кальцію CaCO_3 і магнію MgCO_3 ; фосфати заліза FePO_4 й алюмінію AlPO_4 ; та ін.

Велике значення для фізичних і фізико-хімічних властивостей ґрунту мають колоїди. Вони являють собою часточки розміром менше 0,0001—0,0002 мм і характеризуються рядом специфічних ознак. Наявність колоїдної фракції визначає такі фізико - механічні властивості ґрунту, як липкість, твердість, здатність до набухання, а також гідрофільність і буферність.

Якість мінеральних колоїдів у різних типів ґрунтів неоднакова. Дерново-підзолисті ґрунти, а також солоді містять переважно колоїди кремнезему. В чорноземах переважають колоїди глинистих мінералів. Вони разом з органічними речовинами зумовлюють адсорбційні процеси в ґрунті, його вбирну здатність, яка відіграє важливу роль при взаємодії добрив з ґрунтом. Тому важкі за гранулометричним складом ґрунти, до складу яких входять ці колоїди, містять більше кальцію, магнію, калію, натрію, фосфору та інших елементів живлення. Родючість цих ґрунтів завжди вища, ніж піщаних і супіщаних. Так, наприклад, якщо піщана фракція ґрунту містить кремнію 43,4%, кальцію — 0,3, магнію — 0,3, калію — 0,7 і фосфору — 0,02%, то у мулистій фракції їх відповідно 24,8; 1,1; 0,6; 4,1 і 0,18 %.

Органічна частина ґрунту становить 1—10 % твердої фази ґрунту. Вона на 85—90 % представлена гумусом, що утворюється під впливом біологічної діяльності рослин, мікроорганізмів і фауни ґрунту. До складу органічної частини входить велика група немінералізованих речовин (10—15 %) органічних решток, а також проміжні продукти їх розкладання (вуглеводи, сполуки, що містять азот, лігнін, ліпіди, смоли, дубильні речовини, органічні кислоти, спирти, альдегіди). Гумусові речовини складаються з гумінових кислот, фульвокислот, гумінів і бітумів.

Г у м і н о в і к и с л о т и — це високомолекулярні сполуки, що містять азот і кислоту циклічної будови. В складі гумінових кислот залежно від типу ґрунту міститься, %: С—52—62, Н — 2,8—5,8, О — 31—39, N — 2,6—5,1. Крім того, вони містять також Р, S, Fe, K, Ca та інші зольні елементи. З катіонами K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} вони утворюють солі, що називаються г у - м а т а м и . Гумінові кислоти поліпшують живлення рослин киснем і надходження мінеральних речовин у рослини, активізують процеси синтезу, сприяють ефективному використанню всіх інших факторів родючості ґрунту.

Ф у л ь в о к и с л о т и містять менше вуглецю, ніж гумінові кислоти, і підвищену кількість водню. В їх складі міститься, %: С — 44—50; О — 42— 48; Н — 4—6; N — 2,5—5,5. Фульвокислоти відрізняються від гумінових кислот також вищим вмістом здатних до обмінних реакцій карбоксильних і гідроксильних груп, активність яких залежить від реакції середовища. Фульвокислоти перебувають у ґрунті у вільному стані, мають чітко виражену кислу реакцію і добре розчиняються у воді.

Співвідношення між гуміновими кислотами і фульвокислотами в різних ґрунтах неоднакове і є характерною ознакою для певного типу ґрунтів. Так, підзолисті ґрунти містять більше фульвокислот, ніж чорноземи, тому у складі гумусу всіх ґрунтів Степу переважають гумінові кислоти.

Г у м і н и — найбільш інертна маса ґрунту, яка в основному (60—70 %) складається з нерозчинних у лугах гумінових кислот, що міцно зв'язані між

собою і з мінеральною частиною ґрунту, особливо з глинистими мінералами. Цим і пояснюється висока інертність гумінів.

Бітуми являють собою сукупність жирів, високомолекулярних жирних кислот, смол і восків. Вміст їх становить 2—4 % маси гумусу, а в деяких, особливо болотних ґрунтах, — 10—20 %.

В органічній речовині міститься близько 99 % всього азоту ґрунту. У процесі мінералізації органічні речовини під дією ферментів, що виділяються різними мікроорганізмами, відщеплюють азот і зольні елементи, які утворюють доступні для рослин форми. Крім того, в процесі розкладання органічної речовини утворюється вугільна кислота, що розчиняє деякі мінеральні речовини ґрунту.

Гумус підвищує буферність і вбирну здатність ґрунту.

2. Вбирна здатність ґрунту

Про здатність ґрунту вбирати з ґрунтового розчину різні речовини і утримувати їх у твердій фазі відомо давно. Проте суть вбирної здатності була теоретично розроблена лише на початку ХХ ст. К. К. Гедройцем.

Вбирна здатність ґрунту — властивість ґрунту вбирати і утримувати різні тверді, рідкі та газоподібні речовини. Розрізняють п'ять видів вбирної здатності: механічну, біологічну, фізичну, хімічну, обмінну. Кожна з них має важливе значення в живленні рослин, перетворенні добрив, формуванні родючості ґрунту.

Механічна вбирна здатність — це властивість ґрунту затримувати з рідин, що просочуються крізь нього, тверді часточки, в тому числі й бактерії. З усіх видів вбирання вона є найбільш простою. Ґрунт як пористе тіло діє за принципом фільтра. Якщо крізь нього пропускати рідину, в якій є дрібні тверді часточки, то вони затримуватимуться у порах і капілярах. Завдяки цьому в ґрунті при проходженні крізь нього води затримуються найцінніші колоїдні і близькі до них за розміром часточки, що багаті на поживні речовини. Механічним вбиранням зумовлюється також збереження в ґрунті нерозчинних добрив (фосфоритного борошна, вапна та ін.). При цьому добрива не вимиваються з верхнього шару ґрунту і не втрачаються. Найкращу механічну вбирну здатність мають ґрунти важкого гранулометричного складу, найменшу — легкі піщані і супіщані ґрунти.

Біологічна вбирна здатність пов'язана з діяльністю рослин і мікроорганізмів ґрунту. Суть її полягає в тому, що рослини, засвоюючи поживні речовини з ґрунту, переносять їх з допомогою коренів з глибших шарів у верхні. Це явище відіграє значну роль у підвищенні родючості ґрунтів. Мікроорганізми, використовуючи для своєї життєдіяльності не лише органічні, а й мінеральні сполуки, тимчасово перетворюють їх в органічну форму і тим самим перешкоджають їхньому вимиванню з ґрунту. Крім того, вони здатні засвоювати поживні речовини з атмосфери і збагачувати ними ґрунт. Особливо велике значення має біологічна фіксація азоту.

Біологічне вбирання відіграє важливу роль у збереженні поживних речовин (N, P, Ca, Mg, K тощо) від вимивання атмосферними опадами. Наприклад, нітратний азот закріплюється в ґрунті лише завдяки біологічному вбиранню.

Після відмирання і мінералізації рослинних залишків і мікроорганізмів увібрані ними поживні речовини знову надходять у ґрунт і можуть бути повторно використані рослинами. Це запобігає втратам легкорозчинних поживних речовин з ґрунту і поліпшує умови живлення рослин.

Фізична вбирна здатність являє собою процес молекулярної адсорбції (вбирання цілих молекул розчинених речовин, газів, водяної пари та ін.) поверхнею високодисперсних часточок ґрунту. В результаті цього змінюється лише концентрація ґрунтового розчину без зміни його хімічного складу.

Для багатьох органічних сполук (органічних кислот, спиртів та ін.) характерне позитивне фізичне вбирання. У цьому випадку молекули речовини притягуються часточками ґрунту сильніше, ніж молекули води, і концентруються біля їх поверхні.

Якщо молекули води сильніше притягуються дрібними часточками ґрунту, ніж молекули розчиненої речовини, то у цьому випадку відбувається негативне фізичне вбирання. Найчастіше воно спостерігається при взаємодії часточок ґрунту з розчинами нітратів і хлоридів, які завдяки цьому зберігають досить високу рухомість. Це явище треба враховувати при застосуванні азотних (містять азот у нітратній формі) і калійних (містять у великій кількості хлор) добрив для запобігання втрат азоту від вимивання після внесення їх у ґрунт.

Хімічна вбирна здатність — це здатність ґрунту перетворювати аніони і катіони ґрунтового розчину у важкорозчинні або нерозчинні сполуки, що випадають в осад і механічно утримуються ґрунтом. Наприклад, якщо в ґрунт внести суперфосфат, в якому фосфор міститься головним чином у вигляді легкорозчинної солі дигідрофосфату кальцію $\text{Ca}(\text{H}_2\text{P}\text{O}_4)_2$, то при взаємодії аніонів фосфорної кислоти з кальцієм, залізом або алюмінієм утворюватимуться важкорозчинні сполуки $\text{Ca}_3(\text{P}\text{O}_4)_2$, FePO_4 , AlPO_4 .

Перетворення легкорозчинних сполук в результаті хімічних реакцій у важкорозчинні називається р е т р о г р а д а ц і є ю. Проте не всі розчинні мінеральні сполуки можуть хімічно вбиратися ґрунтом, наприклад не вбираються ґрунтом усі солі азотної кислоти.

При внесенні в ґрунт різних добрив треба враховувати можливість їх хімічного вбирання. Наприклад, щоб рослини могли більше використати фосфору з легкорозчинних фосфорних добрив, їх слід вносити так, щоб якнайменше перемішувати з ґрунтом і по можливості зменшувати контакт з ним. При цьому менше фосфору із добрив буде перетворюватися в важкорозчинні сполуки.

Обмінна вбирна здатність — це здатність найдрібніших часточок твердої фази ґрунту — ґрунтових колоїдів — вбирати різні іони з

розчину в обмін на еквівалентну кількість інших іонів, які до цього були увібрані ними.

Найдрібніші часточки ґрунту — колоїди (0,0001—0,0002 мм) — відіграють важливу роль у процесах мобілізації і закріплення рухомих поживних речовин, а також у процесах живлення рослин. Своєю поверхнею вони можуть адсорбувати іони Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H^+ та інші й утримувати їх від вимивання. Одночасно адсорбовані колоїдами іони можуть обмінюватися на інші іони ґрунтового розчину або витіснятися в ґрунтовий розчин катіонами інших солей. Обмінні іони можуть засвоюватися рослинами.

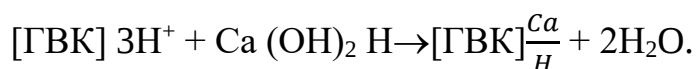
Здебільшого ґрунтові колоїдні часточки заряджені негативно, тому в процесі взаємодії солі з ґрунтом відбувається вбирання переважно позитивно заряджених іонів, тобто катіонів. Наприклад:



Обмінна вбирна здатність ґрунту має такі закономірності:

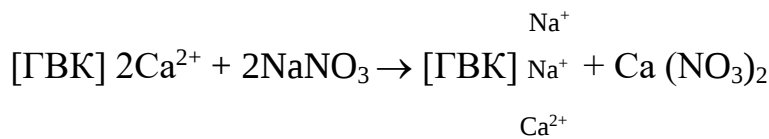
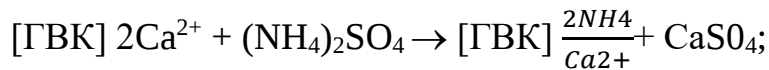
- 1) будь-який іон, увібраний ґрунтом, може бути витіснений іншим іоном;
- 2) обмін іонів з розчину нейтральних солей відбувається в еквівалентному співвідношенні, тобто 1 моль іонів з ґрунтового розчину витісняє 1 моль увібраних іонів;
- 3) чим вища концентрація в ґрунтовому розчині іонів-витіснювачів, тим більше увібраних іонів витісняється з поверхні ґрунтових колоїдів;
- 4) реакція обмінної адсорбції іонів у ґрунті відбувається досить швидко;
- 5) енергія адсорбційного вбирання ґрунтом різних іонів неоднакова. Із збільшенням атомної маси та валентності катіонів енергія вбирання зростає. За енергією вбирання, згідно з дослідженням К. К. Гедройца, катіони розміщуються в такій послідовності: Na^+ , NH_4^+ < K^+ , < Ca^{2+} , < Mg^{2+} , < Al^{3+} , < Fe^{3+} . З цього ряду винятком є лише катіон H^+ , який, незважаючи на найменшу атомну масу, має високу здатність витіснити інші увібрані катіони і за своєю активністю наближається до тривалентних катіонів.

Обмінне вбирання є найважливішим видом вбирної здатності ґрунту. Воно лежить в основі хімічної меліорації ґрунтів — вапнування і гіпсування. Так, при внесенні на кислих ґрунтах вапна відбувається його перетворення в ґрунті, в результаті чого катіони Ca^{2+} витісняють увібрані колоїдами катіони H^+ , і кислотність ґрунту знижується:



Перетворення внесених добрив у ґрунті також пов'язано з обмінною вбирною здатністю. Від неї залежить вибір норм, доз, форм і строків внесення добрив. Наприклад, щоб вирішити, яке з двох азотних добрив — сульфат амонію або

натрієву селітру — можна вносити в ґрунт з осені в умовах надмірного зволоження, треба знати, як відбуваються обмінні реакції в ґрунті:



У першому випадку утворюється нерозчинна сполука — гіпс, у другому — легкорозчинна сіль азотної кислоти. Тому з осені можна вносити сульфат амонію, оскільки азот цього добрива буде утримуватися ґрунтом. Натрієву селітру недоцільно вносити з осені, тому що аніон NO_3 не вбирається колоїдними часточками, а залишається в ґрунтовому розчині і може в осінньо-зимовий період вимиватися за межі кореневмісного шару.

У ґрунті має місце також необмінне вбирання катіонів. При обмінному вбиранні деяка частина катіонів міцно закріплюється колоїдами і стає на певний час недоступною для живлення рослин. Це явище властиве всім катіонам, але найбільш здатні до нього катіони калію й амонію. Особливо воно спостерігається під час періодичного зволоження і висушування ґрунту. Тому поверхнєве внесення в ґрунт амонійних і калійних добрив призводить до збільшення необмінного вбирання амонію і калію ґрунтом. Необмінне вбирання катіонів більш характерне для чорноземів, ніж для підзолистих ґрунтів.

При наявності в ґрунті колоїдів, що мають позитивний заряд, проявляється обмінна вбирна здатність аніонів. Здебільшого це спостерігається на кислих дерново-підзолистих ґрунтах і червоноземах, у складі яких є колоїди півторзксидів.

3. Ґрунтовий вбирний комплекс

У створенні родючості ґрунту, як було вже з'ясовано, важлива роль належить колоїдній фракції ґрунту. Колоїдні часточки адсорбують і утримують необхідні для живлення рослин іони.

Усі колоїди ґрунту поділяються на три групи: мінеральні, органічні й ор-гано-мінеральні. Кількісно переважають мінеральні колоїди ґрунту, що належать в основному до групи глинистих мінералів. Органічні колоїди ґрунту складаються з гумусових речовин, а орґано-мінеральні являють собою комплексні сполуки гумусових речовин з мінеральними.

Вміст колоїдів у ґрунті залежить від його гранулометричного складу і вмісту гумусу. Найбагатші колоїдами глинисті і суглинисті ґрунти, ґрунти з високим вмістом гумусу. Піщані та супіщані ґрунти, в яких мало мулистої фракції і гумусу, містять незначну кількість колоїдних часточок.

Уся сукупність високодисперсних мінеральних, органічних та органо-мінеральних часточок ґрунту, що бере участь у вбиранні й обміні іонів, називається ґрунтовим вбирним комплексом (ГВК).

Вбирна здатність ґрунту характеризується ємністю вбирання катіонів ґрунтом. Ємність вбирання катіонів ґрунту — це максимальна кількість обмінних катіонів, що можуть бути ввібрані ґрунтовим вбирним комплексом, виражена в мілімолях (мг-екв) на 100 г ґрунту. Наприклад, в 100 г дерново-підзолистого ґрунту в увібраному стані міститься, мг: 200 — кальцію, 24 — магнію, 3,6 — амонію, 1 — водню і 2,7 — алюмінію. Ємність вбирання (Т) такого ґрунту буде становити:

де 20 — еквівалентна маса кальцію, 12 — магнію, 18 — амонію, 1 — водню, 9 — алюмінію.

Різні ґрунти мають неоднакову ємність вбирання.

Вбирна здатність ґрунту визначає ступінь рухомості в ньому поживних речовин добрив. На ґрунтах з високою ємністю вбирання, що характерна для чорноземів, відбувається порівняно незначне вимивання поживних речовин, внесених з добривами. На ґрунтах з малою ємністю вбирання (піщаних і супіщаних) легкорозчинні добрива можуть вимиватися в нижні шари ґрунту і створювати підвищену концентрацію ґрунтового розчину. Тому азотні і калійні добрива на таких ґрунтах доцільніше вносити невеликими дозами і незадовго до початку засвоєння їх поживних речовин рослинами.

Кожному типу ґрунтів властиві певні катіони. Так, у чорноземах і каштанових ґрунтах переважають катіони Ca^{2+} і Mg^{2+} , у підзолистих — H^{+} і Al^{3+} , засолених — Na^{+} , болотних — Fe^{3+} . Проте можуть бути увібрані й інші катіони. Наприклад, у чорноземах — Na^{+} і H^{+} , у підзолистих ґрунтах — Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , у солонцях — Ca^{2+} , Mg^{2+} тощо.

Наявність у вбирному комплексі чорноземних ґрунтів переважно іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} надає їм грудочковато-зернистої структури, що поліпшує агрофізичні властивості. Навпаки, присутність іонів Na^{+} у складі ГВК веде до порушення структури, сприяє його розпиленню, погіршує фізичні властивості. За фізичними властивостями підзолисті ґрунти, у вбирному комплексі яких переважають іони H^{+} , займають проміжне місце між чорноземними і засоленими ґрунтами. При систематичному застосуванні великих доз добрив з одновалентними катіонами (K^{+} , NH_4 , Na^{+}), наприклад натрієвої селітри, сульфату амонію, каїніту, відбувається витіснення з ГВК іонів Ca^{2+} , перехід його в розчин і поступове вимивання. В результаті цього погіршуються фізичні властивості ґрунту. Водночас застосування добрив, що містять кальцій, сприяє його поліпшенню.

Склад увібраних ГВК катіонів визначає реакцію ґрунту. Реакція ґрунту — це співвідношення концентрації іонів H^{+} і OH^{-} у ґрунтовому розчині, яка виражена через рН водної або сольової суспензії ґрунту. Насичені кальцієм ґрунти мають найбільш сприятливу (нейтральну або слабколужну) реакцію. Ґрунти, у вбирному

комплексі яких у великих кількостях знаходяться іони H^+ і Al^+ , мають кислу реакцію. Якщо в ґрунті міститься значна кількість увібраних іонів K^+ і, особливо, Na^+ , то він має лужну реакцію.

Склад увібраних катіонів визначається сумою ввібраних основ і ступенем насиченості ґрунту основами.

Сума ввібраних основ — це загальна кількість усіх катіонів основ Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4 , увібраних ґрунтовым вбирним комплексом, тобто це загальна сума катіонів без водню й алюмінію. Вона виражається у мілімолях на 100 г ґрунту. Увібрані катіони відіграють важливу роль як безпосереднє джерело поживних речовин для живлення рослин. Вони не вимиваються з ґрунту і водночас порівняно легко витісняються в розчин і добре засвоюються рослинами.

Ступінь насиченості ґрунту основами показує ту частку в загальній ємності вбирання, що припадає на ввібрані основи. Вона виражається в процентах від загальної кількості ввібраних катіонів, тобто від ємності вбирання, і визначається за формулою

$$V = \frac{S}{T} \times 100.$$

де V — ступінь насиченості ґрунту основами, %;

S — сума увібраних основ, ммоль/100 г ґрунту;

T — ємність вбирання (дорівнює $S + H_r$, де H_r — показник гідролітичної кислотності, ммоль/100 г ґрунту).

Ступінь насиченості ґрунту основами є досить важливим агрохімічним показником для агрономічної оцінки ґрунтів, зокрема для визначення їх потреби у вапнуванні.

Ґрунти, що містять 75—80 % кальцію, 10—12 магнію, 6—8 водню й алюмінію, 5—9 % калію й амонію, а ґрунти Лісостепу і натрію, завжди мають достатні запаси поживних речовин, близьку до нейтральної реакцію, відзначаються високою ефективною родючістю.

4. Кислотність ґрунту

Кислотність ґрунту — це властивість, зумовлена наявністю іонів водню в ґрунтовому розчині й обмінних іонів водню та алюмінію в ґрунтовому вбирному комплексі.

Розрізняють *активну і потенціальну* кислотність ґрунту.

Активна кислотність ґрунту — це кислотність ґрунтового розчину. Вона утворюється в результаті наявності в ґрунтовому розчині вугільної кислоти, водорозчинних органічних і мінеральних кислот та гідролітично кислих солей. Органічні і мінеральні кислоти утворюються при розкладанні органічної

речовини ґрунту. Так, у результаті біологічного окислення аміаку утворюються азотиста й азотна кислоти.

У процесі росту рослин їх корені виділяють у ґрунтовий розчин вугільну кислоту й органічні кислоти, що нейтралізуються основами кальцію та магнію. Проте деяка кількість кислот залишається у вільному стані і надає ґрунтовому розчину кислої реакції. Активна кислотність змінюється залежно від інтенсивності мікробіологічних процесів, виду рослин, температури і вологості ґрунту тощо. Активна кислотність вимірюється як рН водної суспензії ґрунту.

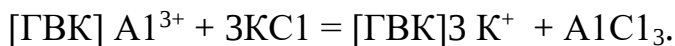
Реакція ґрунтового розчину зумовлюється концентрацією в ньому іонів H^+ і OH^- . Концентрацію іонів H^+ позначають символом рН.

водневий показник (рН)	реакція розчину
3 – 4	СИЛЬНОКИСЛА
4 – 5	КИСЛА
5 – 6	СЛАБКОКИСЛА
7	НЕЙТРАЛЬНА
7 – 8	СЛАБКОЛУЖНА
8 – 9	ЛУЖНА
9 – 11	СИЛЬНОЛУЖНА

Потенціальна кислотність зумовлена наявністю ввібраних ґрунтовим вбирним комплексом іонів H^+ і Al^{3+} і поділяється на **обмінну і гідролітичну**.

Обмінна кислотність ґрунту проявляється при обробітку його розчинами нейтральної солі. Так, якщо ґрунт обробити розчином хлориду калію, то катіони K^+ адсорбуються колоїдами ґрунту, а з ґрунтового вбирного комплексу у розчин переходять іони H^+ :

$[ГВК] H^+ + KCl = [ГВК] K^+ + HCl$. У результаті цього ґрунтовий розчин підкислюється. Крім іонів H^+ в дуже кислих ґрунтах у складі ґрунтового вбирного комплексу є іони Al^{3+} , які також можуть витіснятися в ґрунтовий розчин катіонами нейтральних солей:



У розчині хлорид алюмінію взаємодіє з водою, утворюючи слабку основу і сильну кислоту:



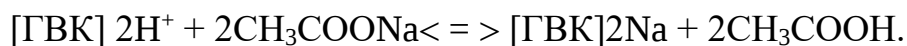
Отже, обмінна кислотність зумовлена наявністю ввібраних ґрунтовим вбирним комплексом іонів H^+ і Al^{3+} , що можуть витіснятися з нього катіонами нейтральних солей.

Обмінна кислотність характерна для дерново-підзолистих ґрунтів, червоноземів, опідзолених і деградованих чорноземів. Це прихована кислотність, що

проявляється при внесенні в ґрунт підвищеної кількості розчинних мінеральних добрив. При цьому обмінна кислотність легко переходить в активну, внаслідок чого підкислюється ґрунтовий розчин, що негативно впливає на ріст і розвиток рослин та мікроорганізмів ґрунту. Особливо токсичні для рослин іони Al^{3+} , що перейшли у ґрунтовий розчин. Тому при вапнуванні ґрунтів треба нейтралізувати не лише активну, а й обмінну кислотність.

Для визначення обмінної кислотності наважку ґрунту обробляють 1 н. розчином KCl і вимірюють рН одержаної сольової суспензії. Визначена обмінна кислотність враховує одночасно й активну кислотність. Тому вона завжди більша за активну, а рН сольової суспензії відповідно нижча за рН водної.

Г і д р о л і т и ч н а к и с л о т н і с т ь проявляється при дії на ґрунт розчину гідролітично-лужних солей. Так, 1 н. розчин KCl із ГВК витісняє не всі катіони H^+ . Частина їх досить міцно утримується колоїдами і не витісняється нейтральними солями. Їх можна витіснити, діючи на ґрунт розчином гідролітично лужної солі, наприклад ацетату натрію CH_3COONa (розчин має рН = 8,2...8,4):



Гідролітична кислотність властива для більшості ґрунтів, у тому числі і для чорноземів. Вона включає в себе менш рухому частину увібраних іонів H^+ , що важче обмінюються на катіони ґрунтового розчину, тому для рослин менш шкідлива (за відсутності обмінної кислотності).

Під час обробітку ґрунту розчином ацетату натрію в нього переходять усі катіони H^+ і Al^{3+} , що містяться в ґрунтовому розчині і в ГВК. При цьому визначається сума всіх видів кислотності (активної, обмінної і гідролітичної). Під терміном *гідролітична кислотність* розуміють *загальну кислотність ґрунту*. Кількість іонів H^+ при визначенні гідролітичної кислотності обчислюють у мілімолях на 100 г ґрунту.

Величина гідролітичної кислотності в різних ґрунтах коливається від 0,1 до 10 ммоль на 100 г ґрунту і більше. Чим більше увібраних іонів H^+ і Al^{3+} і чим менше насичений ГВК основами, тим вища гідролітична кислотність.

За показником гідролітичної кислотності встановлюють потребу ґрунту у вапнуванні та норми вапна. Його також враховують при з'ясуванні можливості застосування фосфоритного борошна.

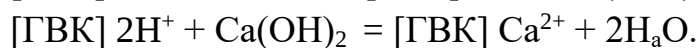
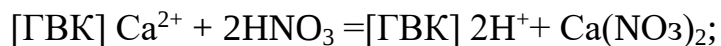
При підвищеній кислотності ґрунту пригнічується ріст і розвиток кореневої системи рослин, знижується проникність і водоутримуюча здатність цитоплазми клітин коренів, зменшується кількість корневих волосків. Це негативно впливає на живлення рослин.

Кожна культура вимагає оптимального для неї інтервалу реакції ґрунту. Значні відхилення реакції від оптимальної в ту або іншу сторону погіршують умови життя рослин, у результаті чого знижується врожайність сільськогосподарських культур.

Буферність ґрунту

Буферність — це здатність ґрунту протистояти зміні реакції ґрунтового розчину в бік підкислення або підлугування при внесенні фізіологічно кислих чи лужних добрив. Вона залежить в основному від вмісту і складу катіонів ГВК, тобто від ємності вбирання та ступеня насиченості ґрунту основами. Чим більша ємність вбирання ґрунту, тим вища його буферність. Багаті на гумус і важкі за гранулометричним складом глинисті та суглинкові ґрунти характеризуються більшою буферною здатністю. Ґрунти з невеликою ємністю вбирання — піщані та супіщані — характеризуються незначною буферністю. Реакція таких ґрунтів легко зміщується, особливо в бік підкислення. Засолені ґрунти досить стійкі до підкислення, проте легко змінюють реакцію розчину в бік підлугування.

Увібрані катіони Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ проявляють буферну дію проти підкислення, а увібраний водень — проти зміщення рівноваги реакції ґрунтового розчину в бік підлугування:



У ґрунтах, насичених основами, вільні кислоти, наприклад HNO_3 , нейтралізуються з утворенням нейтральних солей $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ в результаті вбирання ГВК катіонів H^+ кислоти в обмін на катіони Ca^{2+} , які витісняються в розчин. У ґрунтах, ненасичених основами, що характеризуються наявністю обмінної і гідролітичної кислотності, відбувається нейтралізація луку $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в результаті вбирання його катіонів в обмін на іони H^+ , які переходять у розчин і зв'язують іони OH^- з утворенням води.

На буферність ґрунту впливає вміст у ньому органічної речовини, зокрема білків. Білкові речовини, як відомо, є амфотерними електролітами, тобто одночасно мають і позитивний, і негативний заряди. Після внесення в ґрунт кислих або лужних сполук білкові речовини протидіють зміні рН ґрунтового розчину.

Завдяки біохімічному розкладанню органічних залишків і внесенню мінеральних добрив реакція ґрунтового розчину постійно змінюється. Проте у високобуферних ґрунтах ці зміни проявляються значно менше, ніж у низькобуферних. Внесення високих норм органічних добрив і проведення вапнування підвищують буферність ґрунту.

Контрольні запитання

1. Склад ґрунтового повітря та його роль у живленні рослин.
2. Чому ґрунтовий розчин є найдоступнішим джерелом поживних речовин для рослин?
3. З чого складається мінеральна частина ґрунту і яка її роль у живленні рослин?
4. Яка роль органічної частини ґрунту в його родючості і живленні рослин?
5. Назвіть види вбирної здатності ґрунту.
6. Що таке кислотність ґрунту, яка вона буває?
7. Яке значення має буферність ґрунту?

РОЗДІЛ 3. ХІМІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ ҐРУНТІВ

ТЕМА 3.1: ВАПНУВАННЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ

ПЛАН:

- 1. Відношення сільськогосподарських культур до реакції ґрунту і вапнування.**
- 2. Взаємодія вапна з ґрунтом.**
- 3. Методи визначення потреби ґрунту у вапнуванні.**
- 4. Розрахунки норм вапняних добрив.**
- 5. Вапнування ґрунтів у сівозміні.**
- 6. Вплив вапнування на продуктивність сільськогосподарських культур.**
- 7. Вапнування та ефективність добрив.**
- 8. Вапняні добрива.**
- 9. Розробка документації і технологія вапнування кислих ґрунтів**

ЛІТЕРАТУРА: Карасюк І.М., Геркіял О.М. «Агрохімія», с. 54 – 74

МЕТА:

- сформувати уявлення про хімічну меліорацію ґрунтів;
- розвивати самостійність, працелюбство;
- формувати професійні якості.

ХІМІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ ҐРУНТІВ. ВАПНУВАННЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ. ВАПНЯНІ ДОБРИВА

Вапнування як агрохімічний і меліоративний захід у сільськогосподарському виробництві відоме давно. Близько 2000 років тому римляни вносили на поля, луки і пасовища крейду і мергелі. В XVI—XVIII ст. вапнування ґрунтів широко застосовували в країнах Західної Європи. Перші відомості про використання вапна в Росії для поліпшення властивостей кислих ґрунтів були опубліковані професором Московського університету М. Г. Павловим у 1825 р. в книзі «Землеробська хімія». Пізніше, в 1865 р., І. О. Стебут у дисертації «Вапнування ґрунтів» підкреслював важливе значення цього заходу для підвищення врожайності різних сільськогосподарських культур на дерново-підзолистих ґрунтах.

У 1872 р. Д. І. Менделєєв опублікував результати своїх досліджень з вапнування кислих ґрунтів у «Працях вільного економічного товариства», де було визначено здатність вапна поліпшувати фізичні властивості орного шару ґрунту, проявляти всесторонню дію на ґрунт і рослину.

У 80—90-х роках минулого сторіччя на вапнування, як необхідний захід для підвищення врожайності і продуктивності сільського господарства на підзолистих ґрунтах, вказували О. М. Енгельгардт, П. А. Костичев, П. С. Коссович та ін. Ще тоді на дослідних станціях розпочалося широке вивчення дії вапна, що стало основою для його застосування у виробничих умовах.

Особливо широкі і планомірні дослідження з вапнування кислих ґрунтів розпочалися після Великої Жовтневої соціалістичної революції. Нині вони проводяться багатьма науково-дослідними інститутами, проектно-пошуковими станціями хімізації, іншими дослідними установами. В СРСР нараховується понад 50 млн. га кислих орних земель і близько 13 млн. га луків і пасовищ, в тому числі на Україні близько 10 млн. га, з яких 7,7 млн. га ріллі потребує вапнування. Потреба у вапнуванні ґрунтів ще більше зростає в зв'язку з інтенсифікацією сільського господарства, збільшенням виробництва і застосуванням мінеральних добрив.

Радянські вчені зробили значний внесок у вивчення теорії і практики вапнування ґрунтів. Особливої уваги заслуговують праці К. К. Гедройца, Д. М. Прянишникова, О. К. Кедрова-Зіхмана, О. Н. Соколовського, О. В. Петербурзького та їх учнів. За їх участю були повністю з'ясовані основні питання вапнування ґрунтів: установлено відношення сільськогосподарських рослин до реакції ґрунту і вапнування; визначено норми вапна для різних типів ґрунтів залежно від їх кислотності; вивчено взаємодію вапна з ґрунтом, його багатосторонній вплив на фізичні, фізико-хімічні і біологічні властивості ґрунтів і їх поживний режим; установлено ефективність вапнування при довготерміновому

використанні вапна в сівозміні і його дію на підвищення врожайності і поліпшення якості продукції, поєднання вапнування з внесенням органічних, мінеральних добрив і мікродобрив.

1. Відношення сільськогосподарських культур до реакції ґрунту і вапнування

Сільськогосподарські рослини на реакцію ґрунтового розчину реагують по-різному. Висока концентрація іонів H^+ і Al^{3+} , що зумовлюють кислі властивості ґрунтового розчину, негативно впливає на загальний ріст і розгалуження корневих систем рослин, фізико-хімічний склад цитоплазми клітин коренів, знижує нормальну її проникність, затримує процес надходження поживних речовин. Під впливом високої концентрації іонів H^+ і Al^{3+} порушуються вуглеводний і білковий обміни, що негативно впливає на утворення генеративних органів рослин, знижує врожайність і якість продукції сільськогосподарських культур.

Кисла реакція ґрунту негативно впливає на його фізичні і фізико-хімічні властивості. Колоїдна частина кислих ґрунтів бідна на основи, і в першу чергу на кальцій і магній. Тому в таких ґрунтах зменшується ємність вбирання, знижується буферність, погіршується структура, пригнічується життєдіяльність корисних мікроорганізмів і нагромадження доступних форм поживних речовин, майже повністю припиняється мінералізація органічних речовин. Водночас за умов кислої реакції в ґрунті посилено розвиваються паразити і збудники різних хвороб культурних рослин. У кислих ґрунтах знижується або зовсім припиняється фіксація азоту, внаслідок чого погіршуються умови азотного живлення рослин. Рухомі форми фосфору зв'язуються з півтораоксидами заліза і оксидами алюмінію, утворюючи малорозчинні і малодоступні для рослин сполуки фосфатів. Мінералізація органічних сполук фосфору також затримується і це призводить до погіршення умов живлення рослин фосфором.

Американські вчені Н. А. Петтінгер і Е. Труог встановили найбільш сприятливе значення рН для засвоєння рослинами основних елементів живлення з ґрунту: азоту 6,0—8,0, фосфору — 6,25, калію і сірки — 6,0—8,5, кальцію і магнію — 7,0—8,5, заліза і марганцю — 4,5—6,0, бору, міді і цинку — 5,0—7,0, молібдену — 7,0—8,5.

За відношенням до реакції середовища ґрунту і чутливістю до вапнування сільськогосподарські культури поділяються на п'ять груп.

Перша група культур — це найчутливіші до кислотності ґрунту і до вапнування культури, що вимагають нейтральної або слабколужної реакції ґрунтового розчину (люцерна, буркун, цукрові, кормові і столові буряки, бавовник, коноплі, капуста, часник, салат, шпинат, селера, гірчиця, яблуна, вишня, слива, чорна смородина).

Друга група культур — це культури, що потребують слабкокислої і близької до нейтральної реакції ґрунтового розчину. Вони досить добре реагують на вап-

нування ґрунту (озима і яра пшениця, кукурудза, ячмінь, горох, квасоля, кормові боби, вика, кормова капуста, конюшина, лисохвіст, огірки, цибуля-ріпка, цвітна капуста, груша, агрус).

Третя група культур — це культури, що переносять помірну кислотність ґрунту і позитивно реагують на високі норми. Оптимальні інтервали рН для різних сільськогосподарських культур внесення вапна, можуть задовільно рости при рН від 4,5 до 7,5, але найкраще вони ростуть в умовах слабкокислої реакції ґрунту (жито, овес, просо, гречка, тимофіївка, редис, морква, суніці).

Четверта група культур — це культури, які легко переносять помірну кислотність ґрунту, для них шкідливі високі норми внесення вапна і лише на досить кислих ґрунтах потребують вапнування невисокими нормами (картопля, льон, соняшник, тютюн, помідори, малина).

П'ята група культур — це культури, які малочутливі до підвищеної кислотності ґрунту, майже не потребують його вапнування (синій і жовтий люпин, чайні кущі, рис).

Науковими дослідженнями для кожної сільськогосподарської культури встановлено оптимальний інтервал рН (табл. 27), значення якого залежать від ґрунтово-кліматичних умов, типу ґрунтів, їх гранулометричного складу, стану окультуреності.

В умовах високої кислотності ґрунту зростає розчинність сполук алюмінію і марганцю, що посилюють її негативну дію на рослини. При цьому різко уповільнюється розвиток кореневих систем. Корені темніють, грубішають, вкриваються слизом, перетворюються в безструктурну масу, відламуються, на них зменшується кількість кореневих волосків.

Високий вміст розчинних форм алюмінію і марганцю погіршує вуглеводний, азотний і фосфорний обміни в рослинах, що негативно впливає на утворення репродуктивних органів, підвищення врожайності і поліпшення якості продукції сільськогосподарських культур. У репродуктивних органах зменшується вміст сахарів, білків, фосфатидів, нуклеопротейдів. Особливо це явище характерне для першого періоду росту і розвитку рослин, а також під час їх зимівлі. Висока концентрація розчинних форм алюмінію і марганцю різко знижує зимостійкість озимих, конюшини, люцерни та інших культур (табл. 28). Досить часто висока концентрація рухомого алюмінію і марганцю в ґрунтовому розчині зустрічається в кислих оглєсєних ґрунтах Пє редкарпаття, кислих дерново-підзолистих ґрунтах Полісся. Проте не всі сільськогосподарські культури однаково переносять підвищену концентрацію алюмінію в ґрунтовому розчині. За відношенням сільськогосподарських культур до концентрації рухомого алюмінію в ґрунтовому розчині М. С. Авдонін розподілив їх на чотири групи: 1) рослини з високою стійкістю (овес, тимофіївка);

2) рослини з середньою стійкістю (люпин, картопля, кукурудза, чумиза, просо);

3) рослини з підвищеною чутливістю (яра пшениця, гречка, ячмінь, льон, горох, квасоля); 4) рослини, найчутливіші до концентрації алюмінію (озима пшениця, жито, люцерна, конюшина, цукрові, столові і кормові буряки, соняшник).

Розчинний алюміній створює певні передумови для збільшення кислотності ґрунту, проте між чутливістю рослин до кислотності ґрунту і наявністю рухомого алюмінію в ґрунтовому розчині не завжди спостерігається відповідність. Так, кукурудза і просо негативно реагують на підвищену кислотність ґрунту, але стійкі до високої концентрації алюмінію в ґрунтовому розчині: льон досить чутливий до концентрації рухомого алюмінію в ґрунтовому розчині і разом з тим задовільно росте на кислих ґрунтах.

Внесення в ґрунт вапна зменшує надходження в корені іонів H^+ і Al^{3+} , і негативна дія останніх на рослину знижується. Подібне спостерігається і при внесенні в ґрунт фосфорних добрив, які, взаємодіючи з ґрунтовим розчином, переводять рухомі форми марганцю й алюмінію в нерозчинні сполуки твердої фази ґрунту.

Тому для поліпшення фізичних властивостей кислих ґрунтів вапнування поєднують з фосфоритуванням і внесенням органічних та мінеральних добрив.

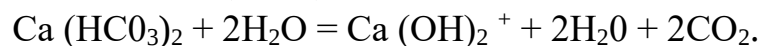
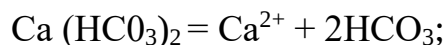
2. Взаємодія вапна з ґрунтом

Внесення в ґрунт калію і магнію у вигляді солей ($CaCO_3$, $MgCO_3$, $Ca(OH)_2$, $Me(OH)_2$, CaO і MgO) для нейтралізації його підвищеної кислотності називається вапнуванням. Під дією цих солей усувається надмірна кислотність і поліпшуються фізико-хімічні властивості ґрунту, посилюється діяльність мікроорганізмів, створюються сприятливі умови для нагромадження доступних форм поживних речовин.

Внесене в ґрунт вапно під дією вугільної кислоти, що завжди є в ґрунтовому розчині, поступово перетворюється в гідрокарбонат кальцію, який добре розчиняється у воді:



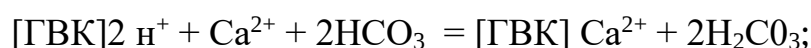
Гідрокарбонат кальцію дисоціює на іони Ca^{2+} і HCO_3^- і як гідролітично лужна сіль частково взаємодіє з водою, утворюючи гідроксид кальцію:



Гідроксид кальцію дисоціює на іони кальцію і гідроксид-іони:

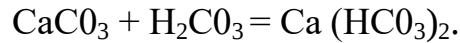


Вбирний комплекс ґрунту взаємодіє з аніонами гідрокарбонату і гідроксиду кальцію за схемою обмінного вбирання:



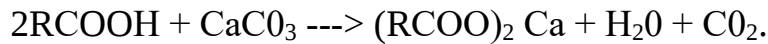


Вугільна кислота, що утворюється, нейтралізується:

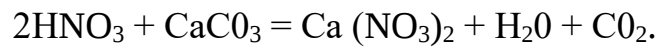


Отже, у ґрунтовому розчині, що містить гідрокарбонат кальцію, збільшується концентрація іонів OH^- і Ca^{2+} . Іони Ca^{2+} витісняють іони H^+ з ґрунтового вбирного комплексу і нейтралізують кислотність.

Вапно також взаємодіє з гумусовими і вільними органічними кислотами, що знаходяться в ґрунті, замінюючи іони H^+ карбоксильних груп на кальцій:



Так само взаємодіє вапно і з азотною кислотою, що утворюється у ґрунті в процесі нітрифікації органічних речовин:



Отже, внаслідок внесення повної норми вапна усувається активна і обмінна кислотність, зменшується гідролітична кислотність ґрунту. Слід зазначити, що гідролітична кислотність повністю не усувається навіть при внесенні високих норм вапна.

У результаті нейтралізації кислотності ґрунту рухомі форми шкідливого для рослин алюмінію, а також заліза і марганцю переходять у нерозчинний стан. Зростає насиченість ґрунту основами, посилюється життєдіяльність корисних мікроорганізмів.

Заміна у вбирному комплексі іонів H^+ на іони Ca^{2+} викликає коагуляцію колоїдів, у результаті чого поліпшується структура ґрунту, підвищується її стійкість до розмивання водою. Крім того, підвищуються водопроникність і аерація, знижується можливість утворення кірки і значно полегшується обробіток важких глинистих ґрунтів.

Після вапнування в ґрунті посилено розвиваються вільноживучі азотфіксуючі і бульбочкові бактерії, що нагромаджують азот з атмосфери, прискорюються розкладання органічних сполук і мінералізація їх азоту. Все це позитивно впливає на забезпеченість рослин біологічним азотом.

Створене під дією вапна нейтральне середовище пригнічує діяльність шкідливих мікроорганізмів і знижує зараженість сільськогосподарських рослин різними хворобами: капусти та інших хрестоцвітих — килою, картоплі і помідорів — фітофторозом, ячменю — гельмінтоспориозом, коренеплодів — коренеїдом. Проте слід пам'ятати, що високі норми вапна можуть сприяти посиленому розвитку не лише корисних, а й деяких шкідливих мікроорганізмів, наприклад збудників парші картоплі, фузаріозу льону тощо.

У результаті вапнування поліпшується також живлення рослин фосфором. Під дією вапна важкорозчинні фосфати заліза й алюмінію переходять у більш

доступні для рослин фосфати кальцію, посилюється життєдіяльність бактерій, що мінералізують органічні сполуки фосфору.

Вапно сприяє поступовому переходу калію з важкорозчинних мінералів у більш доступні для рослин сполуки. Проте при надмірному внесенні вапна в результаті антагонізму між іонами K^+ і Ca^{2+} надходження калію в рослини знижується. Надмірне внесення вапна також викликає перехід деяких мікроелементів ґрунтів у нерозчинні і недоступні для рослин форми. Тому вапнування з одночасним внесенням мікродобрих, що містять бор і марганець, підвищує ефективність цього заходу, запобігає шкідливій дії високих норм вапна на врожайність і якість продукції таких культур, як льон і картопля.

Інтенсивність взаємодії вапна з ґрунтом залежить від ступеня кислотності ґрунту, його гранулометричного складу, форм і норм вапна, способів його внесення і рівномірності перемішування з ґрунтом, вологості орного шару, тривалості взаємодії тощо. Так, на легких за гранулометричним складом ґрунтах (піщаних, супіщаних) дія вапна відбувається швидше і повніше, ніж на важкосуглинистих їх відмінах. Важливе значення при вапнуванні ґрунтів належить кальцію і магнію. Присутність кальцію в ґрунті нормалізує буферність ґрунтового розчину, сприяє прискоренню розкладання запасних білкових речовин під час проростання насіння, посилює обмін речовин, позитивно впливає на перетворення азотовмісних сполук у рослинах. Важлива роль належить кальцію у створенні клітинних оболонок, підтриманні кислотно-лужної рівноваги (буферності) в рослинних організмах.

Магній входить до складу молекули хлорофілу і бере безпосередню участь у процесах фотосинтезу. Він є також складовою частиною пектинових речовин і фітину, що нагромаджуються в насінні. Вступаючи в реакції з фосфором, магній сприяє кращому його пересуванню в рослинах. Він активізує ряд ферментів, особливо фосфатазу, посилюючи вуглеводний обмін і відновні процеси в рослинах, у результаті чого в них утворюється більше ефірних масел і жирів, впливає на нагромадження цукрів і аскорбінової кислоти в рослинах.

Сільськогосподарські культури засвоюють з ґрунту неоднакову кількість кальцію. Так, зернові (жито, пшениця, овес, ячмінь) виносять його з урожаєм 20—40 кг/га, горох, вика, квасоля, льон, гречка — 40—60, цукрові буряки, кукурудза, картопля, люпин — 60—120, люцерна, конюшина, соняшник, тютюн, коноплі — 120—250, капуста — 300—500 кг/га. Винос магнію відповідно становить, кг/га: для зернових культур — 10—15, цукрових буряків — 90—95, для конюшини і люцерни — 35—40. Засвоєння рослинами кальцію і магнію тісно пов'язане з біологічними особливостями окремих культур. Проте винос кальцію окремими культурами і реакція їх на кислотність ґрунту не завжди співпадають. Так, капуста, люцерна, конюшина засвоюють велику кількість кальцію і одночасно досить чутливі до підвищеної кислотності ґрунту. Водночас зернові культури виносять мало кальцію, але за відношенням до кислотності ґрунту вони

неоднаково чутливі: жито і овес легко переносять підвищену кислотність ґрунту, тоді як ячмінь, озима і яра пшениця її не переносять. Майже зовсім не чутливі до підкислення ґрунту люпин і картопля; вони засвоюють порівняно небагато і кальцію. На багатих кальцієм ґрунтах добре ростуть дуб, бук, еспарцет, яблуня, вишня, слива, капуста тощо.

Як відзначає Г. А. Мазур та ін. (1984), ґрунти Лісостепу, що містять 75—80 % кальцію, 10—12 магнію і лише 6—8 % водню та алюмінію, завжди мають достатні запаси поживних речовин, близьку до природної реакцію ґрунтового розчину, відзначаються високою ефективною родючістю.

Проте в процесі господарського використання ґрунти збіднюються на кальцій; збіднення їх відбувається не в результаті виносу кальцію рослинами, а головним чином внаслідок вимивання розчинних його форм у підґрунтові води. А. І. Гуменюк (1968) підрахував, що багаті на вапно ґрунти можуть щорічно його втрачати близько 4 т/га. Вимивання кальцію відбувається в основному у формі гідрокарбонату кальцію. Особливо воно посилюється після внесення у ґрунт кислих і фізіологічно кислих мінеральних добрив NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KCl та ін.

3. Методи визначення потреби ґрунту у вапнуванні

У практиці сільськогосподарського виробництва можуть бути використані такі методи визначення потреби ґрунту у вапнуванні, описані нижче.

За станом культурних рослин і наявністю в посівах характерних бур'янів. Якщо в польових лісосмугах ростуть дуб, бук, біла акація, шипшина, а на полях не спостерігається випадання культурних рослин, то такі ґрунти вапнування не потребують. Коли на полях, навіть при виконанні всіх технологічних операцій, спостерігається пригнічення і значне розрідження рослин (самовипадання), особливо таких, як конюшина, люцерна, цукрові буряки, озима пшениця тощо, то на полях слід проводити вапнування.

На кислих ґрунтах посилено розвиваються характерні бур'яни і дикі рослини — щавель, осока, жабрій, жовтець повзучий, щучник, багно, ситник, верес, польовий хвощ та ін. Значне розповсюдження їх на полях і особливо луках вказує на підвищену кислотність ґрунту і потребу його у вапнуванні.

За обмінною кислотністю, ступенем насиченості основами і гранулометричним складом ґрунту потребу ґрунту у вапнуванні визначають після його агрохімічного аналізу. Для цього треба знати обмінну і гідролітичну кислотність, ступінь насиченості основами, гранулометричний склад ґрунту. В залежності від величини обмінної кислотності потреба ґрунту у вапнуванні може бути великою ($\text{pH} = 4,5$ і нижче), середньою ($\text{pH} = 4,5 \dots 5,0$), малою ($\text{pH} = 5,1 \dots 5,5$); коли pH вищий за 5,5, вапнувати ґрунт не треба.

За ступенем насиченості основами потреба ґрунту у вапнуванні буває

- ✓ великою ($V < 50 \%$),
- ✓ середньою ($V = 50 \dots 70 \%$),

- ✓ малою ($V = 70\ldots 90 \%$);
- ✓ коли $V > 90 \%$, потреби у вапнуванні немає.

При однаковому значенні рН ґрунти, більше насичені основами, менше потребують вапнування. Наприклад, рН сольової суспензії — 5—5,5, ступінь насиченості — 55 %, потреба у вапнуванні середня; рН сольової суспензії — 5—5,5, ступінь насиченості — 85 %, потреба у вапнуванні мала.

За структурою культур сівозміни в польових сівозмінах з незначним насиченням льоном і картоплею, а також чутливих до кислотності овочевих і кормових культур при високій потребі ґрунтів у вапнуванні вапняні добрива вносять у першу чергу, на ґрунтах з середньою потребою — в другу, на ґрунтах з слабкою потребою — в останню чергу. У сівозмінах із значними площами посівів льону і картоплі при малій потребі ґрунту у вапнуванні вапняні добрива не вносять; у сівозмінах з овочевими, кормовими та іншими культурами, досить чутливими до кислотності ґрунту, вапняні добрива слід вносити в ґрунт не лише при високій, а й при середній потребі їх у вапнуванні.

4. Розрахунки норм вапняних добрив

Норми вапняних добрив можна розрахувати на основі агрохімічного аналізу ґрунту кількома методами.

1. **За рН сольової суспензії, гранулометричним складом і ступенем насиченості ґрунту основами.** Для ґрунтів Полісся та західних районів УРСР Український науково-дослідний інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського рекомендує норми вапняних добрив, зазначені в.
2. **За кривими титрування суспензії ґрунту** (метод М. І. Алямовського). Для цього беруть 10 г ґрунту, обробляють його розчином нейтральної солі (хлориду калію) і, додаючи по краплях титрований розчин $\text{Ca}(\text{OH})_2$, добиваються рН, щоб суспензія ґрунту мала відповідне значення (для сівозмін із злаковими до 6,0, а з бобовими — до 5,8). За кількістю розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$, витраченого на доведення рН суспензії до відповідного значення, обчислюють норму CaCO_3 :

$$N_{\text{сасо}_3} = aB \cdot 1,875,$$

де $N_{\text{сасо}}$, — норма вапняних добрив, т/га;

a — кількість добавленого в пробірку розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$, мл;

B — кількість, кальцію в 1 мл розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$, мг/мл;

1,875 коефіцієнт для перерахунку результатів аналізу, т/га.

3. За гідролітичною кислотністю.

На сірих лісових ґрунтах, чорноземах вилужених, опідзолених і осолоділих, де попередні методи визначення норм вапняних добрив не застосовуються, обчислення проводять за гідролітичною кислотністю. Для цього користуються формулою:

$$N_{\text{CaCO}_3} = \frac{N_{\text{г}} \cdot 50 \cdot 10 \cdot 3\,000\,000}{1\,000\,000\,000} = 1,5 N_{\text{г}}$$

де N — норма вапна, т/га;

$N_{\text{г}}$ — гідролітична кислотність, ммоль/100 г ґрунту;

50 — кількість CaCO_3 , що нейтралізує 1 ммоль іонів H^+ в 100 г ґрунту;

10 — коефіцієнт для перерахунку на 1 кг ґрунту;

3 000 000 — маса орного шару ґрунту з 1 га, кг;

1 000 000 000 — коефіцієнт для перерахунку міліграмів CaCO_3 в тонни.

При розрахунках норми CaCO_3 , якщо вапнування проводиться карбонатом кальцію, для усунення лише $2/3$ гідролітичної кислотності

$$N_{\text{CaCO}_3} = N_{\text{г}}$$

Якщо для вапнування використовують інші вапняні матеріали, то в формулу слід підставляти відповідні коефіцієнти: для MgCO_3 — 0,84, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — 0,74, CaO — 0,56.

Оптимальна норма CaCO_3 , для кожної культури встановлюється окремо. Так, при вирощуванні жита, озимої й ярої пшениці, ячменю, вівса, кукурудзи, цукрових буряків, конюшини, люцерни, кормових і столових буряків, зернобобових, капусти, цибулі норму вапняних добрив обчислюють за повною гідролітичною кислотністю. Для льону, соняшників, помідорів, моркви вона не повинна перевищувати 50—75 %, а для картоплі, люпину, серадели — 50 % повної норми, обчисленої за гідролітичною кислотністю.

5. Вапнування ґрунтів у сівозміні

Проектно-пошукові станції хімізації проводять польові дослідження ґрунтів, складають картограми полів і визначають потребу їх у вапнуванні. На основі картограм, беручи до уваги розміщення культур у сівозміні, і ґрунтових відмін на полях визначають місце, норми і способи внесення вапняних добрив.

У першу чергу вапняні добрива вносять під найчутливіші до них культури і на тих ґрунтах, потреба у вапнуванні яких велика. На легких за гранулометричним складом ґрунтах вносять повільнодіючі вапняні добрива — вапняне борошно, мергелі, на важких — палене вапно, гашене вапно, дефека́т та інші швидкодіючі вапняні добрива.

У сівозмінах з конюшиною і люцерною вапняні добрива вносять під покривну культуру або безпосередньо під конюшину і люцерну при безпокровному вирощуванні. В сівозмінах без багаторічних трав вапно вносять під цукрові

буряки, озиму пшеницю, горох, кормові боби. Кукурудза, як правило, використовує післядію внесених раніше вапняних добрив.

У зернобурякових сівозмінах повну норму вапняних добрив (за гідролітичною кислотністю) вносять під цукрові буряки один раз за ротацію. В сівозмінах з зерновими і кормовими культурами в першу чергу вапнують поля, що відводяться під найчутливіші до кислотності ґрунту культури,— багаторічні трави, коренеплоди, озиму пшеницю, зернобобові.

В овочевих сівозмінах повну норму вапняних добрив (за гідролітичною кислотністю) вносять за один раз під капусту або коренеплоди. Повна норма вапна, внесена за один раз під час основного обробітку ґрунту, швидше і майже повністю нейтралізує кислотність орного шару ґрунту на весь період ротації сівозміни. Щоб забезпечити швидке зниження кислотності ґрунту, особливо його верхнього шару, де утворюються корені рослин, вапняні добрива вносять за два рази шарами: 60—75 % норми під оранку і 25—40 % — під час передпосівної культивування ґрунту. Якщо вапняних добрив у господарстві не вистачає, їх вносять малими дозами під час культивування і боронування або локально в рядки одночасно з посівом сільськогосподарських культур. При цьому знижується кислотність лише верхнього (6—8 см) шару ґрунту поблизу проростаючого насіння в зоні розвитку коренів молодих рослин, коли вони особливо чутливі до підвищеної кислотності ґрунту. В результаті цього посилюються розвиток коренів і загальний ріст рослин не лише в початковий, а й в наступні періоди, помітно підвищується врожайність.

Невеликі кількості вапна застосовують також у суміші з мінеральними добривами для нейтралізації їх потенціальної кислотності. Цей захід перешкоджає підкисленню ґрунту і значно підвищує ефективність добрив, що вносяться в сівозміні під окремі культури. Для нейтралізації кислотності 1 т мінеральних добрив треба додати вапна, т: для сульфату амонію — 1,2, хлористого амонію — 1,4, аміачної селітри — 0,75, безводного аміаку — 1,5, аміачної води — 0,5, карбаміду — 0,8, звичайного суперфосфату — 0,1, хлористого калію — 0,15.

Льон, картопля, люпин, серадела негативно реагують на високі норми внесення вапна. В сівозмінах з цими культурами норми вапняних добрив на середньо- та важкосуглинкових ґрунтах знижують до 25—35 %, а на легких піщаних і супіщаних — на 50 %. Якщо ці культури розміщують у сівозміні не раніше ніж через 3—4 роки після внесення вапняних добрив, норму вапняних добрив на легких за гранулометричним складом ґрунтах зменшують лише на 25—30 %, а на важких і середніх — вносять повну норму. При цьому краще використовувати вапняні добрива, що містять магній або золу сланців. Наявність магнію у вапняних добривах знижує шкідливу їх дію на льон, картоплю та інші культури.

При вапнуванні культур у сівозміні слід також враховувати і форми вапняних добрив. Вапняне борошно, мергелі, дефека́т, торфотуфи тощо краще проявляють

свою дію не в перший, а на другий або третій рік після внесення. Тому їх доцільно вносити під культури, які в перший рік вапнування ґрунту майже не потребують.

У сівозмiнах, в яких однорiчний люпин, серадела та iншi сидерати використовуються на зелене добриво, вапно вносять пiд час їх приорювання.

Застосування вапна в садах слiд пов'язувати з обробiткою ґрунту. Так, в перiод закладання плантацiй плодових насаджень усю норму вапна (за гiдролiтичною кислотнiстю) розсiвають по полю, вносять органiчнi добрива i все глибоко приорюють. Якщо в перiод пiдготовки ґрунту вапняних добрив не застосовували, то їх вносять у посадковi ями або в пристовбурнi круги.

На луках i пасовищах половину норми вапняних добрив (за гiдролiтичною кислотнiстю) вносять поверхнево пiзно восени або рано навеснi i заробляють боронами. Якщо проводять докорiнне полiпшення лук i пасовищ, то повну норму вапняних добрив вносять пiд час переорювання дерену.

Повторне вапнування ґрунту при внесеннi повної норми вапняних добрив проводять через 8—10 рокiв або один раз за ротацiю сiвозмини. При внесеннi половини норми вапна вапнування повторюють через кожнi 5—6 рокiв.

6. Вплив вапнування на продуктивнiсть сiльськогосподарських культур

У результатi застосування вапняних добрив полiпшуються фiзичнi, фiзико-хiмiчнi i бiологiчнi властивостi ґрунту, в ньому нагромаджуються доступнi для рослини форми поживних речовин, кислотнiсть ґрунтового розчину зменшується до нейтрального значення рН. Все це позитивно впливає на рiст i розвиток рослин, нагромадження в них бiологiчно активних речовин, що супроводжується пiдвищенням урожайностi i полiпшенням якостi одержаної продукцiї. Пiсля вапнування сiльськогосподарськi рослини продуктивнiше використовують внесенi в ґрунт органiчнi i мiнеральнi добрива, окупнiсть яких пiдвищується на 30—40 % (І. О. Шильников, 1985).

Особливо велике значення має хiмiчна мелiорацiя в зв'язку з iнтенсифiкацiєю сiльськогосподарського виробництва. Впровадження iнтенсивних технологiй при вирощуваннi зернових культур з широким використанням хiмiчної мелiорацiї забезпечило в 1987 р. середнiй прирiст урожаю зерна озимої пшеницi 15,4 ц/га на всiй площi посiвiв УРСР. Ще вищi прирости врожаю зерна пшеницi одержано в Iвано-Франкiвськiй областi — 19 ц/га, Киiвськiй, Хмельницькiй, Тернопiльськiй, Волинськiй — 16—17 ц/га. Господарства Христинiвського району Черкаської областi, поєднуючи вапнування ґрунтiв у сiвозмiнах з внесенням органiчних i мiнеральних добрив на основi iнтенсивних технологiй, одержали по 55 ц/га озимої пшеницi на всiй площi посiву, а в колгоспi iм. Котовського її зiбрали по

73,2 ц/га. Внаслідок вапнування поліпшується якість зерна пшениці - підвищується вміст білка, сирової клейковини, зростає скловидність.

Повна норма вапняних добрив позитивно впливає на підвищення врожайності сільськогосподарських культур протягом усієї ротації сівозміни; 1 т вапна за період його дії забезпечує в середньому приріст урожаю (в перерахунку на зернові одиниці) від 5 до 6 ц/га, а окупність 1 крб. затрат досягає до 3 крб. (І. О. Шильников, 1985). На середньо- і сильнокислих ґрунтах від внесеної 1 т вапна за ротацію сівозміни приріст урожаю культур (в перерахунку на зерно) становив 1,2—1,5 ц/га.

Досить чутливі до вапнування цукрові буряки. Так, на дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах, чорноземах, реградованих, вилужених і звичайних з $pH < 6$ (сольова суспензія) одержати високий урожай цукрової сировини практично неможливо. Водночас численні дослідження, проведені в зоні бурякосіяння, свідчать, що внесення 6—10 т/га дефекату, який відповідає за гідролітичною кислотністю повній нормі вапна, підвищує врожайність цукрових буряків на 15—40, а в окремих випадках — на 70—80 ц/га. При цьому також збільшується цукристість коренів на 0,2—0,5 %.

Від поєднання основного і рядкового застосування дефекату з мінеральними добривами на чорноземах малогумусних і вилужених радгоспу «Більшовик» Калинівського району Вінницької області врожайність цукрових буряків у дослідях ВНЦ збільшилася з 328 до 396 ц/га, цукристість коренеплодів зросла з 16,4 до 16,9 %.

Найбільш чутливі до підкислення ґрунту люцерна, конюшина і білий одно-річний буркун. При застосуванні вапняних добрив для ліквідації повної кислотності ґрунту врожайність сіна цих культур збільшилася з 8 до 15 ц/га. Ефективність вапнування на підвищення врожайності сіна багаторічних трав залежить від кислотності ґрунту до вапнування, строків і способів внесення вапняних добрив.

У сівозмінах з льоном і картоплею вапняні добрива можна застосовувати під удобрену картоплю, коли вона є попередником або перед попередником льону, і навіть вносити їх безпосередньо під льон, враховуючи те, що врожайність його знижується як від надмірної кислотності ґрунту, так і від надмірного його вапнування. На кислих ґрунтах льон уражується фузаріозом, а при надлишку внесеного вапна — бактеріозом, що проявляється у зниженні його врожайності і погіршенні якості волокна. Негативна дія вапняних добрив на розвиток льону посилюється в засушливі роки. Зменшення негативної дії вапна на льон досягається внесенням добрив, що містять магній, натрій, бор та інші елементи.

Овочеві культури неоднаково реагують на внесення вапняних добрив. Найчутливіші до внесення вапна білоголова і цвітна капуста, столові буряки, морква, огірки, цибуля, часник, салат, шпинат, селера; дещо гірше реагують на внесення вапняних добрив горох, редис, ріпа, брюква, квасоля, перець, хрін.

Стійкі проти кислотності ґрунту редька, кабачки, помідори, щавель. Там, де вони ростуть, як правило, вапнування ґрунту проводити не потрібно.

Позитивна дія вапняних добрив на підвищення врожайності овочевих культур ефективніше проявляється при поєднанні вапнування з внесенням органічних і мінеральних добрив. При цьому також поліпшується якість продукції. Плоди овочів збагачуються на сахари, вітаміни, каротиноїди тощо. Найефективніша дія вапняних добрив спостерігається при застосуванні їх у сівозміні. В дослідях Українського інституту овочівництва від 1 т внесених у сівозміні вапняних добрив сумарний приріст врожаю становив 12 т овочів.

Внаслідок вапнування посилюються ріст, розвиток плодових дерев, зростає врожайність насаджень, зокрема яблунь, вишень, слив і особливо чорної смородини. Від вапнування ґрунту підвищуються врожайність і цукристість ягід винограду, плодів персика та інших плодово-ягідних культур.

Вапнування є важливим заходом у поліпшенні продуктивності лук і пасовищ. При цьому не лише підвищуються врожайність зелених кормів і заготівля сіна, а й відбувається їх збагачення кальцієм, магнієм, фосфором, що має важливе кормове значення для годівлі тварин, особливо в гірських і передгірських районах Карпат і Криму. Поліпшується склад травостою: збільшується кількість бобових рослин і зменшується кількість бур'янів, що в кінцевому результаті підвищує кормову цінність зелених кормів.

7. Вапнування та ефективність добрив

Ефективність вапнування значно зростає при правильному поєднанні внесення вапна з органічними і мінеральними добривами. Зменшуючи кислотність, вапняні добрива створюють сприятливі умови для активного розвитку мікроорганізмів ґрунту, які, в свою чергу, посилюють розкладання гною і перехід важкодоступних органічних речовин в легкодоступні для рослин сполуки. При цьому також прискорюється процес перетворення органічних речовин у гумус.

Здійснені під керівництвом акад. О. К. Кедрова-Зіхмана в 1958—1966 рр. дослідження свідчать, що ефективність гною і вапна при сумісному застосуванні значною мірою залежить як від кислотності ґрунту, так і від норми внесених добрив. У результаті внесення повної норми вапна прирости врожаю сільськогосподарських культур були близькими до суми приростів, одержаних від роздільного застосування вапна і гною. При поєднанні будь-якої норми вапна з половиною норми гною прирости врожаю були вищими, ніж від внесення повної норми гною. Оже, вапнування дає змогу економно витратити органічні добрива.

Застосовуючи половину норми вапна (3 т/га) разом з 10 т/га гною, М. М. Романенкова (1961) одержала такий самий врожай, як і при внесенні 20 т/га гною. При застосуванні повної норми вапна разом з 10 т/га гною одержаний урожай був близьким до врожаю, одержаного від внесення 40 т/га гною. Це має особливо

велике значення тоді, коли господарство не забезпечено достатньою кількістю гною або інших органічних добрив. При сумісному внесенні в кислий ґрунт гною з вапном можна зменшити кількість вапна, оскільки гній частково нейтралізує кислотність ґрунту і зв'язує рухомі форми отруйного для рослин амонію.

Ефективність поєднання вапняних добрив з гноєм проявляється не лише при одночасному їх внесенні в ґрунт. Такі добрива можна вносити на кожному полі окремо і навіть у різні роки. Високі результати одержують внаслідок застосування гною на полях, де раніше вносили вапно, і, навпаки, вапняні добрива досить ефективні там, де раніше вносили гній.

Вапняні добрива і гній треба заорювати в ґрунт у той самий день, відразу після розкидання. При цьому гашене і палене вапно краще застосовувати напередодні лущення стерні, а гній вносити тоді, коли проводиться зяблева оранка. Під час поглиблення орного шару кислих дерново-підзолистих ґрунтів норми гною і вапна слід збільшувати, оскільки підзолистий горизонт, що переміщується з орним шаром при оранці, досить збіднений на поживні речовини і має підвищену кислотність. Тому для поліпшення фізичних властивостей і зниження кислотності всього орного шару ґрунту треба додатково вносити вапно й органічні добрива.

При поєднанні внесення вапна з торфом ефективність його спостерігається лише при використанні низинного і перехідного торфів, що характеризуються вищим вмістом поживних речовин. Виготовлені з торфу і гною компости з вапном за ефективністю прирівнюються до гною.

У зв'язку із збільшенням випуску мінеральних добрив важливого значення набуває питання про взаємодію вапна з мінеральними добривами. Вона визначається цілим рядом факторів: відношенням окремих груп сільськогосподарських культур до дії вапна і мінеральних добрив, технологічними особливостями їх застосування, кислотністю ґрунту, його гранулометричним складом тощо. Найвищий ефект від сумісного застосування вапна і мінеральних добрив спостерігається на кислих ґрунтах при вирощуванні рослин, чутливих до підвищеної кислотності ґрунту.

На ґрунтовий розчин значно впливає фізіологічна реакція добрив. Так, при систематичному застосуванні сульфату амонію, аміачної селітри, хлористого амонію відбувається значне підкислення ґрунтового розчину. Вапно нейтралізує не лише кислотність ґрунту, а й фізіологічну кислотність добрив, що утворюється в ґрунтовому розчині в результаті засвоєння поживних речовин рослинами. Отже, вапнування є одним із заходів, що підсилює дію фізіологічно кислих добрив, таких як сульфат і хлорид амонію, аміачна селітра тощо.

При застосуванні аміачних форм азотних добрив у результаті реакцій обміну в ґрунтовий розчин виділяється кальцій, що може легко вимиватися з ґрунту. Щоб цього не допустити, в ґрунт слід одночасно з аміачними добривами вносити вапно.

Поєднання внесення аміачних добрив з вапном забезпечує умови, при яких у ґрунті більше нагромаджується доступних форм поживних речовин, створюється сприятлива реакція середовища, рослини краще засвоюють поживні речовини, ростуть і розвиваються, дають вищий урожай. Вапнування сприяє більш швидкому засвоєнню азоту культурними рослинами, що знижує його непродуктивні витрати.

Підвищення життєдіяльності мікроорганізмів ґрунту після вапнування посилює мінералізацію фосфору органічних сполук ґрунту, а також перетворення важкорозчинних фосфатів у більш доступні для рослин форми. Все це створює сприятливі умови для забезпечення рослин фосфором.

Вапнування сприяє перетворенню важкодоступних сполук калію у більш рухомі форми. Проте антагонізм між іонами кальцію і калію затримує засвоєння калію рослинами. Тому одночасно з вапнуванням ґрунтів слід дотримуватися оптимального співвідношення в них головних елементів живлення, в першу чергу азоту, фосфору і калію. Вапнування збільшує потребу рослин у калії. Ефективність калійних добрив зростає залежно від підвищення норм вапна. Це характерно для картоплі, льону, багаторічних трав, кукурудзи, цукрових буряків.

Внесене в ґрунт вапно по-різному впливає на рухомість і доступність для рослин мікроелементів. Так, молібден після вапнування кислих ґрунтів переходить в більш доступні для рослин форми, в результаті чого поліпшується живлення сільськогосподарських культур. Водночас бор і марганець стають для рослин менш доступними. Високі норми вапна також знижують засвоєння рослинами міді. Тому вапнування ґрунту слід поєднувати з внесенням борних, марганцевих і мідних мікродобрив. У результаті застосування бору і марганцю зростає ефективність вапнування, особливо при вирощуванні цукрових і столових буряків, моркви та інших коренеплодів. Знижується негативна дія високих норм вапна на такі культури, як картопля і льон; внесення мідних добрив підвищує врожай конюшини, кукурудзи, інших кормових культур.

Під час вапнування ґрунтів необхідно також враховувати чутливість окремих культур до наявності магнію. Особливо чутливі до внесення добрив, що містять магній, кукурудза, ячмінь, горох, цукрові буряки, картопля і льон.

Вапнування дерново-підзолистих ґрунтів дещо знижує ефективність молібдену, але не знижує доцільності передпосівної обробки насіння бобових культур цим мікродобривом, особливо для посіву на ґрунтах, на яких вапняні добрива застосовувалися давно.

8. Вапняні добрива

У практиці сільськогосподарського виробництва для вапнування кислих ґрунтів широко використовують як промислові вапняні добрива, так і місцеві меліоранти. Всі вони поділяються на три групи: тверді вапняні породи, які після

розмелювання та випалювання становлять групу промислових вапняних добрив; м'які вапняні породи, що не потребують розмелювання; відходи промисловості.

Тверді вапняні породи містять різну кількість CaCO_3 і MgCO_3 , а також домішки — пісок і глину. За вмістом оксидів кальцію і магнію вони поділяються на вапняки, доломітизовані вапняки і доломіти.

Вапняки — осадочні гірські породи, переважно морського походження, що містять 55—56 % CaO , не більше 0,9 % MgO і складаються переважно з мінералів кальциту, кремнезему, оксидів заліза та глауконіту.

Доломітизовані вапняки — такі ж самі осадочні породи, але містять 42—55 % CaO і до 9 % MgO та різні домішки.

Доломіти — осадочні гірські породи з вмістом 30—32 % CaO і 18—20 % MgO . Складаються переважно з мінералу доломіту — подвійної солі карбонатів кальцію і магнію $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ і різних домішок. Вміст магнію в доломітах і доломітизованих вапняках підвищує їх ефективність при вапнуванні кислих ґрунтів.

За вмістом домішок піску і глини вапняки, доломітизовані вапняки і доломіти поділяються на чисті вапнякові породи, коли вміст домішок не перевищує 5 %; мергелізовані породи — домішки становлять 5—25 % імергелі — вміст домішок понад 25 %.

Крейда — щільна, тверда осадочна гірська порода, що містить 90—98 % CaCO_3 і домішки магнію до 1 %, а також кварц, глауконіт та інші мінерали.

Усі тверді вапняні породи перед внесенням у ґрунт потребують переробки. При розмелюванні вапняних порід, доломітів і крейди добувають вапнякове борошно, а при їх випалюванні — палене вапно.

Вапнякове борошно — основне вапняне добриво. Відповідно до вимог ГОСТ 14050—78, випускається пилоподібне борошно двох класів та вапнякове борошно, що мало розпилюється.

Вапнякове борошно першого класу виробляється із вапняків і доломітів; нейтралізуюча здатність його не менше 85 %, вміст вологи не більше 1,5 %, добре розпилюється, при просіюванні крізь сито з отворами 1 мм повинно пройти 95 % маси.

Вапнякове борошно другого класу випускається переважно із розмеленої крейди; нейтралізуюча здатність — 85 %, вміст вологи — не більше 4 %, розпилюється, крізь сито з отворами 1 мм повинно пройти 80 % маси.

Вапнякове борошно, що мало розпилюється; нейтралізуюча здатність — 85 %, вміст вологи — 6 %, мало розпилюється, крізь сито з отворами 0,25 мм повинно пройти 50 % маси.

Ефективність вапнякового борошна залежить від тонкості помелу, рівномірності розсіювання і взаємодії з ґрунтом. Збільшення вологості вапнякового борошна погіршує рівномірність розсіювання і знижує його ефективність. Більш швидкодіючим вапняним добривом у перший рік використання є мелена крейда.

Палене і гашене вапно. При випалюванні твердих вапняних порід добувають палене вапно, основою якого є оксиди кальцію і магнію. Після розсівання його по полю і заорювання в ґрунт воно перетворюється у гашене вапно. Взаємодіючи з ґрунтовим вбирним комплексом, воно нейтралізує кислотність ґрунту.

У результаті гашення оксидів кальцію і магнію на заводах добувають вискодисперсний порошок, що містить $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і $\text{Mg}(\text{OH})_2$, — найбільш швидкодіюче вапняне добриво. Воно є побічним продуктом при виробництві хлорного вапна, нейтралізуюча здатність — 95—100 %, добре розчиняється у воді; 1 т гашеного вапна при нейтралізації кислотності ґрунту рівнозначна 1,36 т карбонату кальцію.

М'які вапняні породи — місцеві швидкодіючі меліоранти, що не потребують переробки. Це в основному породи вторинних відкладень прісноводних вапняків. Вони, як правило, легко добуваються з допомогою місцевих засобів. До м'яких вапняних порід належать вапняні туфи, гажа, мергелі, торфотуфи, природне доломітове борошно.

Вапняні туфи (джерельне вапно) — пухка, пориста маса, що складається із ніздрюватих зерен і маленьких грудочок сірого, жовтувато-бурого або іржавого кольору з високим вмістом CaCO_3 — 90—98, іноді 70—80 %. Поклади вапняних туфів залягають на понижених елементах рельєфу, в місцях виходу на поверхню джерел — долинах, балках, ярах. Перед внесенням у ґрунт вапняні туфи просіюють, великі грудки подрібнюють.

Гажа (озерне вапно) утворюється після висихання озер і боліт, що заповнювалися багатими на карбонати водами. Це дрібнозерниста маса з домішками піску, мулу й органічних речовин (до 30 % і більше) і високим вмістом води. При вивезенні на поля потребує підсушування, після чого легко розсипається на часточки, менші 0,25 мм, і добре зберігає розсипчастість. Високоєфективний меліорант. Часто ефективніший ніж вапняне борошно.

Мергелі — вапняні породи, що крім CaCO_3 і MgCO_3 містять понад 25 % піску і глини. За фізичним станом вони поділяються на тверді і розсипчасті. Нейтралізуюча здатність коливається в межах 25—75 %. Породи, що містять 50—75 % CaCO_3 , називаються *мергелями*, а 25—50 % CaCO_3 , — *глинистими мергелями*. Мергелі містять також домішки гіпсу, слюди, глауконіту, іноді азот, фосфор та інші корисні для рослин елементи.

Тверді мергелі перед внесенням у ґрунт іноді потребують розмелювання. Розсипчасті мергелі мають властивість розтріскуватись, добре поглинати воду і тому при замерзанні і наступному розмерзанні розсипаються і перетворюються на пухку породу. Тому їх після вивезення на поля залишають у штабелях, а після того як вони розсипляться в результаті температурних коливань вносять у ґрунт. Прикладом глинистого мергелю можуть бути спондилові глини Придніпров'я, що містять 12—25, іноді 60 % CaCO_3 і до 2 % MgCO_3 .

Торфотуфи (карбонатизований торф) — це низинні торфи з високим вмістом карбонатів кальцію — від 15 до 50 %. Як правило, прошарки вапна чергуються з торфовою масою, створюючи прекрасний матеріал для вапнування кислих ґрунтів. Значні запаси торфотуфів зустрічаються на Поліссі.

Природне доломітове борошно — це пухка вапняна борошниста маса жовтуватого кольору з майже однаковим вмістом CaCO_3 і MgCO_3 . Розмелювання не потребує. Окремі куски твердої породи відокремлюють на грохоті. Добриво має високу сипучість, на 98 % складається із часточок менше 0,25 мм, нейтралізуюча здатність — 95—100 %. Наявність магнію підвищує його цінність, особливо при внесенні на легких за гранулометричним складом ґрунтах при вирощуванні льону, картоплі, коренеплодів і багаторічних трав.

Відходи промисловості, що утворюються в процесі виробництва і містять значну кількість кальцію і магнію у вигляді CaCO_3 , MgCO_3 , CaO , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а також силікатів. Крім того, до їх складу входять значні кількості домішок фосфору, сірки і різних мікроелементів. За ефективністю деякі відходи промисловості навіть переважають природні мелі-оранти. Проте окремі з них містять домішки, що негативно впливають на розвиток рослин, особливо в перший період. Це слід враховувати при застосуванні їх для вапнування ґрунтів.

Металургійні шлаки — мартенівські, доменні й електроплавильні — містять значну кількість CaCO_3 , MgCO_3 , CaO , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і силікатів. Згідно з технічними умовами, металургійні шлаки повинні відповідати таким даним: вміст оксидів кальцію і магнію — не нижче 80 %, води — не більше 2 %, крізь сито з отворами 0,5 мм повинно пройти 90 %, а крізь сито з отворами 0,25 мм — 70 % маси, максимальний розмір грудок — 2 мм. В зв'язку з наявністю в шлаках магнію, сірки, фосфору, марганцю й інших елементів вони ефективніші, ніж вапняне борошно.

Мартенівські шлаки — відходи, що залишаються після виробництва сталі. До їх складу входять такі оксиди, %: кальцію — 20—70, магнію — 2—20, кремнію — 10—30, заліза — 2—15, алюмінію — 1—25, марганцю — 1—10, фосфору — 0—2,5.

Доменні шлаки утворюються в доменних печах із флюсів, золи коксу, пустої породи й агломерату. В їх складі є оксиди кальцію (30—48 %), магнію (0—12%), алюмінію (4—25%) і кремнію (30—32 %).

Мартенівські і доменні шлаки вносять у ґрунт в тонкорозмеленому стані (розмір часточок 0,25—0,5 мм).

Електроплавильні шлаки утворюються в електроплавильних печах, розмелювання не потребують, добре розсипчасті. Для відокремлення великих грудок їх слід просіювати крізь сито з отворами 0,5 мм,

Дефека́т — дефекаційні відходи, що залишаються після переробки цукрових буряків. Карбонати тут знаходяться в формі CaCO_3 і $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Крім того, до

складу дефекату входять у невеликих кількостях азот, фосфор і калій, деякі органічні речовини та мікроелементи.

Свіжий дефекаат містить близько 50 % води. При підсиханні на повітрі, коли вміст вологи знижується до 20—30 %, він стає сипучим і придатним для вапнування кислих ґрунтів. У сухому продукті міститься, %: 60—75 — кальцію, 10—15 — органічних речовин, 0,2—0,7 — N, 0,2—0,9 — P_2O_5 , 0,3—1,0 — K_2O .

Цементний пил, що вловлюється електрофільтрами в процесі виготовлення цементу. Відповідно до технічних умов нейтралізуюча здатність пилу — не нижче 60 %, вміст води — не більше 2 %, просіювання крізь сито з отворами 1 мм — 100 %. Хімічний склад цементного пилу такий, %: оксиду кальцію — 40—60, магнію — 0,6—1,5, заліза — 2—4, кремнію — 12—22, сірки — 2,5, алюмінію — 4—9, натрію — 0,5—1,0, калію — 0,5—40. Коли вміст калію вище 10—15 %, цементний пил використовують як калійне добриво для удобрення картоплі.

Зола сланців утворюється при факельному спалюванні розмелених горючих сланців на електростанціях.

Відповідно до технічних умов вміст оксидів кальцію і магнію — не менше 60 %, води — не більше 2 %, просіювання крізь сито з отворами 1 мм — 97 %.. Зола із сланців має високу сипучість, при зволоженні злежується і цементується. Хімічний склад такий, %: оксиду кальцію — 40—53, магнію — 2—3,6, калію — 1—1,5, фосфору — 0,5—1,2, натрію — 0,8—1,0, марганцю — 0,03, кремнію — 26—31, сірки — 4,3—7,2, алюмінію — 6,7—9,6, заліза — 4,7—7,0. Крім цього, до складу сланцевої золи входять бор, кобальт, молібден, мідь, титан тощо.

Зола кам'яного вугілля утворюється при спалюванні вугілля на теплових електростанціях. Має високу нейтралізуючу здатність і не потребує додаткової переробки. Хімічний склад досить різноманітний і залежить від природи і складу вугілля.

Зола торфів утворюється при використанні торфу як палива. Нейтралізуюча здатність — 30—35 %. Часто використовується як калійне добриво для удобрення полів, на яких вирощують картоплю або інші культури, що негативно реагують на вміст у добривах хлору.

Відходи сірчанорудної промисловості — флотаційні відходи з високим вмістом (до 80 %) карбонату кальцію і домішками (5—7 %) елементарної сірки. Після висушування на повітрі вносять у ґрунт за 10 діб до посіву.

На бідних сіркою ґрунтах позитивно впливає на врожай і якість сільськогосподарських культур добриво, що містить у значних кількостях сірку.

Серед відходів промислових підприємств для вапнування ґрунтів можуть бути використані: *доломітовий пил*, що утворюється при випалюванні доломітів. За нейтралізуючою здатністю 1 т доломітового пилу відповідає 1,5 т карбонату кальцію; *дунітове борошно*, що залишається після збагачування платинової руди

і містить 40—50 % оксиду магнію; *газове вапно*, що утворюється на газових заводах і має нейтралізуючу здатність до 70%; *содове вапно* — відходи содових заводів, що містять до 50 % оксидів кальцію і магнію; *білітве борошно* — відходи алюмінієвого виробництва, що містять до 40—50 % оксиду кальцію; *підзол* — відходи шкіряного виробництва, що мають нейтралізуючу здатність до 60 %; *відходи целюлозно-паперового виробництва*, що містять до 50 % оксидів кальцію і магнію; *карбідне вапно* — відходи виробництва ацетилену із карбіду кальцію, нейтралізуюча здатність 140 %; *нефелінові відходи*, що утворюються при збагачуванні апатитів, містять до 20 % кальцію і 4—5 % калію, можуть використовуватися як місцеве калійне добриво.

9. Розробка документації і технологія вапнування кислих ґрунтів

Розробка документації здійснюється в такій послідовності.

1. Проектно-пошукові станції хімізації обстежують поля господарства, визначають кислотність ґрунтів, ступінь їх насиченості основами, гранулометричний склад та інші фізико-хімічні показники.
2. На основі одержаних даних розробляють картографи кислотності ґрунтів і перспективний план їх вапнування (див. рис. 17). Визначають площі ґрунтів, що підлягають вапнуванню, встановлюють графік внесення вапняних добрив у залежності від кислотності і ступеня насиченості ґрунту основами та потреби культур сівозміни в проведенні цього заходу.
3. Обчислюють загальну потребу вапняних добрив у відповідності з нормами і формами меліорантів.
4. Визначають затрати на транспортування, навантаження, розвантаження і зберігання вапняних добрив, а також затрати на їх внесення з урахуванням зональних особливостей, марок машин і строків вапнування. Складають загальний кошторис витрат.
5. На основі зібраних даних господарство-замовник заповнює спеціальну форму «Вихідні дані для розрахунків проектно-кошторисної документації на меліорацію кислих ґрунтів» і подає її в обчислювальний центр для розрахунків на ЕОМ.
6. У відповідності з програмою після розрахунків на ЕОМ господарству видаються такі дані:

норми вапняних добрив у діючій речовині залежно від властивостей ґрунту і в фізичній масі залежно від якості меліорантів;

потребу вапняних добрив для внесення на окремих полях і потребу господарства у вапняних добривах в цілому; витрати на доставку і внесення вапняних добрив для кожного поля і господарства в цілому;

показники ефективності й окупності затрат на вапнування кислих ґрунтів: приріст урожаю в зернових одиницях, ц/га, і вартість приросту, крб/га; умовно-чистий прибуток за період ефективної дії вапняних добрив (в крб.) на вказану

площу, на 1 га, на 1 т вапна, на 1 крб. затрат; строк окупності затрат, в роках⁷. Площі після проведення вапнування приймаються за актом, що складається за відповідною формою.

Технологія застосування вапняних добрив. До початку робіт головний агроном господарства разом з представником «Сільгоспхімії» залежно від наявної форми меліорантів і технічних можливостей визначають технологію застосування вапняних добрив.

При вапнуванні пиловидними вапняними добривами застосовують прямоточну технологію. Якщо відстань від складу до поля становить 80—90 км, транспортування і внесення вапняних добрив проводять за допомогою машин АРУП-8, АРУП-10, АРУП-13; до 30 км — причіпними пневморозкидачами РУП-10, РУП-13. Агрегати працюють в окремих загінках човниковим способом. Розсіювання добрив починають з підвітряного боку поля при сталій швидкості з заданою нормою внесення при ширині смуги 10—12 м. Швидкість вітру при цьому не повинна перевищувати 6 м/с. Після закінчення внесення вапна на полі обробляють поворотні смуги, ширина яких повинна бути 25—30 м.

При використанні вапняних добрив, що погано розпилюються, або місцевих меліорантів застосовують перевальну технологію. Для перевезення і складання в бурти вапняних добрив біля поля використовують автомобілі-самоскиди, автомобілі - перевантажувачі, тракторні прицепи-самоскиди. Бурти складають з двох протилежних боків поля. Вносять вапняні добрива машинами ІРГМ-4Б, КСА-3, РУМ-16, МЕС-200; завантажують їх грейферними навантажувачами ПЕ-Ф-1.0А, ПГ-0.5Д, що начіплені на колісні трактори, або навантажувачами-бульдозерами ПБ-35 на гусеничному ході. Завантаження агрегатів проводиться з двох боків поля.

Спосіб розсіювання добрив — прямолінійний човниковий. Після закінчення внесення добрив на полі обробляють поворотні смуги шириною 8—10 м.

Внесення вапняних добрив слід проводити до початку лущення стерні або оранки з тим, щоб під час обробітку ґрунту вони краще з ним перемішувалися. В окремих випадках допускається внесення вапняних добрив після обробітку ґрунту навіть взимку. Основні агротехнічні вимоги щодо внесення вапняних добрив механізмами: нерівномірність внесення для пневморозкидачів не повинна перевищувати 30 %, для центробіжних машин — 20 %, відхилення від заданої норми внесення — не більше 20 %.

Контрольні запитання

1. Відношення сільськогосподарських культур до кислотності і вапнування ґрунтів.
2. У чому проявляється негативна дія підвищеної кислотності на рослини і властивості ґрунту?
3. Взаємодія вапняних добрив з ґрунтом і їх роль у поліпшенні фізичних властивостей ґрунту.
4. Вплив вапнування на підвищення врожайності і поліпшення якості продукції.
5. Вапнування ґрунту й ефективність органічних та мінеральних добрив.
6. Дати характеристику основним вапняним добривам.
7. Які природні матеріали і відходи виробництва використовуються для вапнування ґрунтів?
8. Визначити потребу ґрунту у вапнуванні.
9. Розрахувати норми вапна.
10. Що таке повна норма вапна і як її встановити?
11. Основні технологічні способи внесення вапняних добрив.
12. Особливості вапнування ґрунтів під окремі сільськогосподарські культури.
13. Основні агротехнічні вимоги щодо внесення вапняних добрив.

РОЗДІЛ 4. МІНЕРАЛЬНІ ДОБРИВА, ЇХ ВЛАСТИВОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ

ТЕМА 4.2: АЗОТНІ ДОБРИВА

ПЛАН:

- 1. Виробництво азотних добрив.**
- 2. Характеристика аміачних, нітратних, амідних, аміачно-нітратних добрив.**
- 3. Аміакати. Тривалодіючі азотні добрива.**
- 4. Умови ефективного застосування азотних добрив.**

ЛІТЕРАТУРА: Карасюк І.М., Геркіял О.М. «Агрохімія», с. 91 – 100

МЕТА:

- ознайомитися з виробництвом та характеристикою азотних добрив;
- пробудити пізнавальний інтерес до даної теми;
- сприяти розвитку вміння робити висновки.

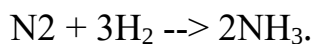
Азотні добрива

Сучасний асортимент азотних мінеральних добрив, що випускаються промисловістю, поділяється на шість груп: аміачні, амонійні, нітратні, амонійно-нітратні, амідні й аміакати. В окрему групу виділяються тривалодіючі азотні добрива.

1. Виробництво азотних добрив.

Виробництво азотних добрив ґрунтується в основному на використанні синтетичного аміаку. Пряме зв'язування азоту у вигляді його оксидів і ціанаміду кальцію коштує значно дорожче і використовується досить рідко. Джерелом азоту є атмосфера. Водень для синтезу аміаку добувають з газів при коксуванні вугілля, з води в результаті розкладання при газифікації твердого палива і мазуту, при переробці вуглеводневих газів (природного, попутного) шляхом конверсії з водяною парою, а також при електролізі води. Найчастіше для добування водню використовують природні і попутні нафтові гази.

Синтетичний аміак добувають при взаємодії хімічно чистих азоту і водню в співвідношенні 1 : 3. Для цього добути суміш з допомогою компресорів спочатку поступово стискають, а потім подають у контактну піч (камеру синтезу), де при високій температурі (400—500 °С) в присутності каталізаторів (заліза з добавками оксидів алюмінію і калію) відбувається синтез аміаку:



Потім аміак надходить у холодильник і зріджується. Нині аміак є практично єдиним джерелом зв'язаного азоту, який використовується для добування різних форм азотних добрив. Сучасне вітчизняне виробництво азотних добрив відповідає міжнародним стандартам. Основними твердими азотними добривами є аміачна селітра і карбамід. Збільшуються поставки безводного аміаку і розчинів нітрату амонію та карбаміду (КАС). Кількість деяких форм азотних добрив (натрієва і кальцієва селітри, сульфат амонію, аміачна вода) в перспективі не будуть перевищувати кількох процентів усіх поставок азоту.

2. Характеристика аміачних, нітратних, амідних, аміачно-нітратних добрив.

Аміачні добрива

До цієї групи азотних добрив належать добрива, що містять азот в аміачній формі (NH_3). Це рідкий (безводний) і водний (або аміачна вода) аміак.

Аміак рідкий NH_3 (аміак рідкий безводний, аміак зріджений, охолоджений аміак) — найбільш концентроване азотне добриво, що містить 82,3 % азоту. За зовнішніми ознаками це безбарвна летка рідина з характерним різким запахом. Під час охолодження до — 33,4 °С аміак зріджується, а при — 77,8 °С твердне і перетворюється в снігоподібну масу. При підвищенні тиску аміак переходить у

рідкий стан навіть при кімнатній температурі. Тому його зберігають і перевозять у спеціальних товстостінних сталевих цистернах або балонах, що витримують тиск до 2—3 МПа. Густина зрідженого аміаку при 20 °С — 0,61 г/см³. Це сильнодіюча отруйна речовина, суміш якої з повітрям при об'ємній концентрації аміаку 15—27 % може вибухати навіть від іскри. При попаданні на шкіру рідкий аміак викликає опіки, а при випаровуванні — обморожування.

Якщо місткостей для зберігання рідкого аміаку немає, то з нього виготовляють аміачну воду. Для цього рідкий аміак пропускають через чисту воду в спеціально обладнаних місткостях.

Рідкий аміак вносять у ґрунт спеціальними машинами марок АБА-0,5М, АБА-1, АША-2 (рис. 23). У ґрунті аміак поглинається ґрунтовим розчином і адсорбується колоїдами. При цьому утворюється гідроксид амонію, який, взаємодіючи з аніонами ґрунтового розчину, утворює різні солі. Поряд з фізико-хімічними реакціями в ґрунті відбуваються процеси нітрифікації аміаку. Швидкість і ступінь поглинання аміаку ґрун том, а також його газоподібні втрати залежать від глибини внесення в ґрунт, його гранулометричного складу, вологості і вмісту гумусу. Зріджений аміак на важких і середніх ґрунтах вносять на глибину 10—12 см. На легких ґрунтах це добриво зберігається довше у вигляді МН₃, тому можливі його газоподібні втрати; глибина внесення повинна бути не менше ніж 14—16 см. На недостатньо оброблених ділянках, перезволожених або сухих ґрунтах, а також після вапнування глибину внесення аміаку слід збільшити на 3—5 см.

У перші дні після внесення рідкого аміаку рівновага реакції ґрунту спочатку зміщується в бік підлучення до рН = 9, а потім в результаті нітрифікації амонійного азоту реакція зміщується в бік підкислення. В зоні внесення відбувається тимчасова стерилізація ґрунту, і нітрифікація припиняється. Через 1—2 тижні кількість мікроорганізмів у ґрунті відновлюється і в результаті кращого азотного живлення надалі перевищує початковий рівень. В оптимальних умовах процес повної нітрифікації аміаку закінчується протягом місяця.

У сільському господарстві рідкий аміак також використовується для амонізації грубих кормів, торфу, знежирювання рідкого гною тощо.

Аміак водний (аміачна вода) $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ — розчин аміаку у воді (в одному об'ємі води розчиняється близько 700 об'ємів аміаку). В концентрованому розчині міститься 25 % аміаку (20,5 % азоту), густина при цьому становить 0,91 г/см³. У такому вигляді він і іостається сільському господарству. Де прозора рідина, інколи може мати жовтуватий колір. Допускається виготовлення аміачної води влітку (травень — серпень) з вмістом аміаку не менше 22 % (в перерахунку на азот — не менше 18 %).

В аміачній воді вміст азоту у вигляді вільного аміаку NH_3 значно більший, ніж гідроксиду амонію NH_4OH . Добриво має невисокий тиск пари, не викликає корозії чорних металів, замерзає лише при температурі —56 °С. Це дає змогу

перевозити і зберігати його в герметичних резервуарах із звичайної вуглецевої сталі, обладнаних спеціальними запобіжними клапанами, розрахованими на тиск 150—200 кПа. Для зменшення втрат азоту під час зберігання в резервуари додають спеціальну герметизуючу самозатікаючу плівкоутворюючу суміш (ГСПС). Аміачна вода, як і рідкий аміак, викликає корозію кольорових металів (міді, цинку, олова) і їх сплавів (бронзи, латуні). Тому насоси, крани, клапани виготовляють з чорних металів або чавуну. Алюміній і гума цими добривами практично не пошкоджуються.

Наявність в аміачній воді великої кількості вільного аміаку потребує внесення її, як і рідкого аміаку, тільки безпосередньо в ґрунт. Порівняно з рідким аміаком використання цього добрива технічно простіше і безпечніше. Значним недоліком аміачної води є низький вміст азоту, в результаті чого збільшуються затрати, пов'язані з її використанням.

Амонійні добрива

До цієї групи належать азотні добрива, що містять азот в амонійній формі NH_4^+ (сульфат амонію, сульфат амонію-натрію, хлористий амоній).

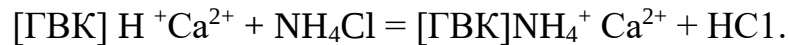
Сульфат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ містить 21 % азоту. Це слабо гігроскопічна сіль, добре розчинна у воді. Сульфат амонію — агресивна речовина, особливо при зволоженні, оскільки містить вільну сірчану кислоту (0,03—0,05 %). Його добувають уловлюванням аміаку сірчаною кислотою, що утворюється як побічний продукт при коксуванні вугілля, або нейтралізацією синтетичним аміаком відпрацьованої сірчаної кислоти різних хімічних виробництв. Значна кількість сульфату амонію виробляється як побічний продукт виробництва капролактаму.

Синтетичний сульфат амонію білого кольору, а коксохімічний завдяки домішкам має крупні кристали жовтуватого, червонуватого або сіруватого відтінків. Добриво містить 24 % сірки і тому ефективніше для тих культур, які під час живлення потребують багато цього елемента.

Сульфат амонію-натрію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot x\text{Na}_2\text{SO}_4$ містить 17 % азоту. Кристалічна сіль, забарвлена домішками в жовтий колір, добре розчиняється у воді, малогігроскопічна. Вона є побічним продуктом виробництва капролактаму. Містить 25 % сульфату натрію та 9 % оксиду натрію. Тому на ґрунтах з низьким вмістом натрію вона використовується для удобрення цукрових буряків.

Хлористий амоній NH_4Cl — дрібнокристалічна сіль білого кольору. Містить 24—25 % азоту. Добувають як побічний продукт при виробництві соди аміачним способом. Добриво добре розчинне у воді, малогігроскопічне. Містить до 66 % хлору, тому в підвищених нормах під культури, чутливі до цього елемента (гречка, тютюн, овочеві, цитрусові тощо), вносити не слід. Заробляти хлористий амоній у ґрунт потрібно завчасно (восени). Хлор ґрунтовими колоїдами не поглинається і за осінньо-зимовий період вимивається в нижчі шари ґрунту, в результаті чого значно знижується його токсичність.

Внесені в ґрунт амонійні добрива швидко розчиняються і вступають в обмінні реакції з катіонами ГВК:



Увібраний амоній добре засвоюється рослинами. Він не вимивається з ґрунту атмосферними опадами, але в результаті нітрифікації може переходити в нітратну форму, що не поглинається колоїдами ґрунту, знаходиться в ґрунтовому розчині і тому може вимиватися.

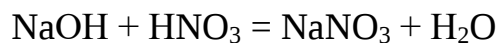
Амонійні добрива використовуються переважно до посіву як основне добриво. При використанні їх для підживлення і в рядки при посіві вони менш ефективні, оскільки локалізуються в місцях внесення і менш доступні молодим рослинам, що мають слабкорозвинену кореневу систему. Крім того, інтенсивне надходження амонію в молоді рослини з незначними запасами вуглеводів у насінні може викликати токсичну дію надлишку аміаку.

Фізіологічна кислотність амонійних добрив викликає зміну реакції ґрунтового середовища за рахунок поглинання рослинами катіонів амонію. В ґрунті нагромаджуються кислотні залишки, які його підкислюють.

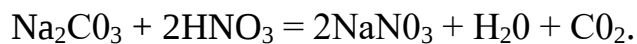
Нітратні добрива

До цієї групи належать добрива, які містять азот у нітратній формі N07 (натрієва і кальцієва селітри). Азотну кислоту для виробництва азотних добрив добувають шляхом окислення синтетичного аміаку. Солі цієї кислоти називаються нітратами, або селітрами.

Натрієва селітра NaNO_3 містить 15—16 % азоту і 26 % натрію. Де на початку минулого століття з природних покладів Південної Америки (Чілі) почали добувати чілійську селітру з відкриттям методу зв'язування атмосферного азоту синтетичну натрієву селітру добувають нейтралізацією азотної кислоти їдким натром або содою:



або



Найчастіше її добувають як побічний продукт при виробництві азотної кислоти з аміаку адсорбцією їдким натром або нейтралізацією оксидів азоту нітратних газів содою.

За зовнішніми ознаками це мікрокристалічна сіль білого, сірого або буровато-жовтуватого кольору, гігроскопічна, при зберіганні злежується.

Кальцієва селітра (вапнякова селітра, норвезька селітра) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ містить 13—15 % азоту. Добувають нейтралізацією азотної кислоти крейдою або вапняком. Вона є також побічним продуктом при виробництві азотної кислоти в результаті збагачення вапняного молока нітратними газами, а також при виробництві комплексних добрив за методом азотнокислотної переробки фосфатів.

Кальцієва селітра досить гігроскопічна. За нормальних умов зберігання досить сильно зволожується, розпливається і злежується. Для зменшення гігроскопічності її гранулюють з використанням гідрофобних плівок (гіпс, парафінистий мазут тощо), перевозять і зберігають у вологонепроникній тарі. Але навіть ці засоби повністю не усувають негативних фізичних властивостей кальцієвої селітри.

Селітри добре розчинні у воді, не поглинаються ґрунтом, добре засвоюються рослинами. Дуже ефективні при підживленні, особливо культур, що потребують азот у великих кількостях (озимі і просапні культури). Азот цих добрив може легко вимиватися з орного шару ґрунту атмосферними опадами і під час зрошення. Це треба враховувати при визначенні строків їх внесення.

Селітри — фізіологічно лужні добрива. Тому систематичне внесення кальцієвої селітри на кислих, бідних основами, ґрунтах сприяє поліпшенню їх властивостей. Натрієву селітру треба в першу чергу використовувати під буряки, що пов'язано з позитивним впливом на їх продуктивність натрію.

Амонійно-нітратні добрива

До цієї групи належать добрива, що містять азот в амонійній NH_4 і нітратній NO_3 формах (аміачна селітра, вапняно - аміачна селітра). Аміачна селітра є одним з основних азотних добрив.

Аміачна селітра NH_4NO_3 , містить 34 % азоту. Її виробництво ґрунтується на нейтралізації 50—60 %-го розчину азотної кислоти синтетичним аміаком з наступним випарюванням і гранулюванням. Добуті гранули розміром 2—4 мм білого кольору, мають кулеподібну форму, добре розчинні у воді. Аміачна селітра розчиняється також в аміачній воді.

Зберігають аміачну селітру в сухих приміщеннях у заводській упаковці (паперових або поліетиленових мішках). При порушенні правил зберігання вона злежується і потребує подрібнення та просіювання перед застосуванням. Суха аміачна селітра здатна нагріватися і вибухати в присутності кислот, легкозаймистих органічних речовин, деяких металів (алюмінію, міді, цинку тощо), особливо, якщо вони знаходяться в порошкоподібному стані.

З агрономічної точки зору — це універсальне і швидкодіюче азотне добриво. Наявність у кожній гранулі рухомого нітратного і менш рухомого амонійного азоту дає змогу широко диференціювати способи, дози і строки її застосування залежно від ґрунтово-кліматичних умов і біологічних особливостей культур. Вона використовується практично під усі культури основного рядкового удобрення і підживлення. Особливо широко аміачну селітру використовують для підживлення зернових колосових культур. Аміачна селітра застосовується для виготовлення твердих і рідких змішаних комплексних добрив.

Аміачна селітра — слабкокисле добриво. На добре насичених основами ґрунтах (чорноземах) навіть при систематичному її застосуванні практично

підкислення ґрунтового розчину не відбувається, тоді як кислі малобуферні ґрунти (дерново-підзолисті) потребують періодичного вапнування.

Вапняно-аміачна селітра (кальцієво-аміачна селітра, нейтралізована аміачна селітра) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$ містить 18—22 % азоту, найчастіше 20,5 %, і 14—40 % карбонатів кальцію і магнію. Її добувають у результаті сплавляння або змішування з тонкорозмеленим вапном, доломітом або крейдою. Порівняно з аміачною селітрою гранульована вапняно-аміачна селітра має кращі фізико-механічні властивості і при зберіганні практично не злежується. Наявність в її складі карбонату кальцію нейтралізує фізіологічну кислотність нітрату амонію. Тому на кислих ґрунтах вона ефективніша, особливо при систематичному внесенні.

Амідні добрива

До цієї групи належать добрива, що містять азот в амідній формі — NH_2 (карбамід).

Карбамід (сечовина) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ — найбільш концентроване з твердих азотних добрив, що містить 46 % азоту. Це мало гігроскопічна речовина, майже не злежується під час зберігання. Випускається у вигляді кулястих гранул розміром 1—2,5 мм. Виробництво цього добрива здійснюється з аміаку і вуглекислого газу в результаті синтезу при високих тиску і температурі/

Порівняно з аміачною селітрою застосування карбаміду має свої особливості. Висока ступінь сипучості, незначна щільність засипки, малі гранули і незначна густина не дають змоги високопродуктивно використовувати відцентрові розкидачі. Ширина їх захвату повинна бути на $\frac{1}{3}$ меншою, ніж при внесенні аміачної селітри.

Ефективність карбаміду залежить від багатьох факторів. Азот цього добрива стає доступним для рослин лише після гідролітичного перетворення амідної форми в амонійну. Амоніфікація карбаміду відбувається під впливом уробактерій (в оптимальних умовах зволоження і температури) за 2—3 доби. При цьому утворюється малостійка сполука — карбонат амонію, що на повітрі швидко розкладається на гідрокарбонат амонію й аміак.

Тому після поверхневого внесення добрива негайно треба загорнути в ґрунт. Поверхнєве внесення карбаміду, особливо на посівах багаторічних трав, де спостерігається висока активність уробактерій, а також при підживленні зернових культур, призводить до зниження його ефективності порівняно з аміачною селітрою. Газоподібні втрати аміаку при цьому можуть досягати 30—50 % маси внесеного азоту. Після внесення в ґрунт карбонат амонію піддається гідролізу з утворенням гідрокарбонату і гідроксиду амонію. Амоній, що утворюється, поглинається ґрунтом, поступово засвоюється рослинами і піддається нітрифікації.

Найефективніше використовувати карбамід для основного удобрення і некореневого підживлення рослин, оскільки це органічна сполука. Для пізніх підживлень зернових культур з метою підвищення вмісту білка в зерні використовують слабкі розчини карбаміду (1—3 %), що не викликають опіків листків. На відміну від інших азотних добрив рослини здатні частково засвоювати азот карбаміду без попереднього перетворення. Карбамід при цьому поглинається клітинами листків у вигляді цілих молекул і включається в цикл перетворення азотних речовин, пов'язаний з утворенням діамінокислот.

Карбамід — одне з кращих азотних добрив, і його виробництво постійно збільшується.

3. Аміакати. Тривалодіючі азотні добрива.

Аміакати — це концентровані розчини азотних добрив у водному середовищі (рідкі амонійні добрива, карбамід-аміачна селітра, амонізований розчин нітрату кальцію). Більшість аміакатів, особливо тих, що містять аміачну селітру, викликають сильну корозію кольорових і чорних металів. Тому їх перевозять і зберігають у цистернах, виготовлених з алюмінію або нержавіючої сталі.

Рідкі амонійні добрива містять не менше ніж 20,5 % азоту. Масова частка карбаміду не більше 10 %. За зовнішніми ознаками це прозора або жовтувата рідина з запахом аміаку, густина 1,1 г/см³.

Амонізований розчин нітрату кальцію містить від 9 до 13,5 % азоту. Масова частка нітрату кальцію — 35—53 %, нітрату амонію — 2—8%. Це прозора або злегка забарвлена рідина з запахом аміаку, густина 1,35—1,60 г/см³, рН = 7... 10. Добувають як побічний продукт при виготовленні комплексних добрив методом виморожування.

Для зберігання, транспортування і внесення в ґрунт рідких амонійних добрив і амонізованого розчину нітрату кальцію використовують машини й агрегати, призначені для внесення аміачної води. Агротехнічні вимоги застосування цих добрив такі, як і аміачної води.

КАС (початкові букви — це умовні позначення назв компонентів, що входять до його складу: карбамід-аміачна селітра) — рідке азотне добриво, що являє собою суміш концентрованих водних розчинів карбаміду й аміачної селітри, масова частка яких відповідно становить 31—36 і 40—44 %. Вміст загального азоту 28—32 %

Це прозора або злегка забарвлена рідина з запахом аміаку, густина 1,26— 1,31 г/см³, рН — 7...8. Фізико-хімічні властивості цього добрива дають змогу протягом року зберігати його в резервуарах, виготовлених із звичайної вуглецевої сталі. Вносити їх можна з допомогою машин, призначених для внесення

рідких комплексних добрив. Щоденно після закінчення робіт місткості і всі деталі машин, що контактували в розчинами КАС, треба добре промити водою.

Розчини КАС використовуються як для основного внесення, так і для підживлення. Можливі різні способи основного внесення — поверхнєве і безпосередньо в ґрунт. Це добриво можна також використовувати для некореневого підживлення зернових колосових культур. При цьому перше підживлення проводять у період весняного відновлення вегетації в дозі N30-60, друге — в фазу виходу в трубку — N39 і третє — в фазу початку колосіння — N30. Кількість підживлень залежно від забезпеченості рослин азотом може бути різною, але разова його доза не повинна перевищувати рекомендовану. Виходячи з технічних можливостей агрегатів, розчини КАС перед використанням розбавляють водою (витрати робочої рідини 100—300 л/га).

Некоренева підживлення розчинами КАС найкраще проводити в ранкові (при відсутності роси) і вечірні години, а в похмуру прохолодну погоду — протягом дня. При температурі вище 20 °С і низькій відносній вологості повітря можливі опіки рослин, тому в цей час підживлення не проводять. На оброблених розчинами КАС посівах випасати худобу і проводити зрошення дощуванням дозволяється не раніше ніж через 5 діб.

На відміну від інших рідких азотних добрив розчини КАС можна використовувати для виготовлення рідких комплексних добрив.

Тривалодіючі азотні добрива

Тривалодіючі азотні добрива здатні поступово протягом одного або кількох вегетаційних періодів віддавати свій азот. Вони поділяються на дві групи. Перша група об'єднує важкорозчинні у воді добрива, поживні речовини яких стають доступними для рослин лише в результаті поступового хімічного і мікробіологічного розкладання в ґрунті. Це — конденсати сечовини і різних альдегідів, амонієві гумати — азотні сполуки на основі лігнінсульфонової кислоти (сечовиноформальдегідне добриво, сечовиноформацетальдегід, кротонілодендисечовина, оксамід та ін.). Друга група — це добрива, добре розчинні у воді, але їх гранули покриті тонкими важкорозчинними оболонками — фенолформальдегідною смолою, сіркою, амінами, стеарином тощо.

Ефективність тривалодіючих добрив значною мірою залежить від розмірів їх часточок: чим вони більші, тим повільніше їх азот перетворюється у доступні для рослин форми, не вимивається із ґрунту, тому їх можна вносити у підвищених дозах за один раз. Використання тривалодіючих добрив перспективне в районах надмірного зволоження, на зрошуваних землях, при добренні культур з продовженим вегетаційним періодом, де розчинні азотні добрива треба застосовувати в кілька прийомів. Застосування цих добрив сприяє зменшенню вилягання зернових колосових, льону та інших культур, к можна

використовувати при вирощуванні бавовнику і рису, плодових і овочевих культур, на луках і пасовищах, а також у теплицях з ґрунтом і гідропонікою.

4. Умови ефективного застосування азотних добрив

В інтенсивному сільськогосподарському виробництві азотні добрива є основним засобом забезпечення рослин азотом. Однією з негативних властивостей цих добрив є їх висока рухомість. Переборення азоту мінеральних добрив у ґрунті відбувається різними шляхами. Отже, азот мінеральних добрив майже повністю витрачається в рік його внесення. З метою підвищення ефективності азотних добрив слід максимально знизити фізичні втрати азоту, і також виділення в атмосферу його газоподібних сполук, що утворюються в результаті процесів *нітрифікації* і *денітрифікації*.

Азотні добрива позитивно впливають на підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Найбільша їх ефективність проявляється на дерново-підзолистих ґрунтах при достатньому зволоженні і в південних районах в умовах зрошення. На сірих лісових ґрунтах, опідзолених і вилужених чорноземах без зрошення азотні добрива малоефективні. Так, на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся половина приросту врожаю озимої пшениці і ярого ячменю одержана від внесення азотних добрив. У Лісостепу провідна роль також належить азотним добривам. На звичайних чорноземах Степу приріст урожаю озимої пшениці лише на $^{1/3}$ зумовлений дією азотних добрив. У формуванні врожаю сільськогосподарських культур під впливом азотних добрив простежується загальна закономірність — зниження їх ефективності з півночі на південь і з заходу на схід.

Ефективність азотних добрив підвищується на ґрунтах, добре забезпечених рухомими формами фосфору і калію в результаті застосування фосфорно-калійних добрив у попередні роки. В зв'язку з тим що різні сорти і гібриди сільськогосподарських культур мають неоднакові біологічні особливості розвитку і по-різному реагують на родючість ґрунту, попередники, гідротермічні умови, норми добрив, строки і способи їх застосування диференціюють залежно від запланованої врожайності на кожному полі. Чим вищий заплановано врожай і чим нижча родючість ґрунту, тим більше треба вносити азотних добрив. В умовах недостатнього зволоження їх норми повинні бути менші, ніж при достатньому зволоженні і зрошенні. Щоб запобігти зниженню врожайності і погіршенню якості продукції, а також забрудненню навколишнього середовища сполуками азоту, норми азотних добрив не повинні перевищувати максимально допустимих величин.

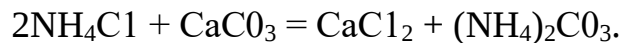
Протягом вегетації сільськогосподарські культури мають різні періоди найбільш інтенсивного використання азоту. Тому залежно від біологічних особ-

ливостей культур і сортів наближення строків застосування азотних добрив до періоду активного засвоєння азоту є одним із засобів підвищення ефективності добрив.

Численні дослідження свідчать про те, що цінність різних форм азотних добрив, внесених завчасно до початку використання азоту рослинами, однакова. Д. М. Прянишников на основі більш ніж піввікових досліджень дійшов висновку, що ефективність аміачних і нітратних добрив залежить від умов їх використання.

Особливу увагу треба приділяти підбору форм мінеральних добрив при зрошенні, де досить важливо планувати оптимальні режими зрошення і удобрення.

Нітратні й аміачно-нітратні азотні добрива вносять у рядки при посіві в дозі 7—10 кг/га азоту, а також, у разі потреби, при підживленні. Підживлення проводять у період найбільшої потреби рослин в азоті. Азотні добрива можна також вносити з осені під час зяблевого обробітку ґрунту (за винятком районів з достатнім зволоженням і штучним зрошенням). Азот амонійних добрив добре вбирається ґрунтом. Проте при завчасному внесенні і в оптимальних умовах зволоження та температури ґрунту відбувається його нітрифікація. Нітратний азот, що при цьому утворюється, вимивається з орного шару ґрунту осінньо-зимовими опадами, а також підлягає денітрифікації. При поверхневому внесенні амонійних добрив, особливо на лужних ґрунтах, можливі втрати азоту в результаті таких хімічних перетворень:



Карбонат амонію, що при цьому утворюється, легко розкладається з виділенням аміаку:



Рідкі азотні добрива використовують для основного удобрення і підживлення. Краще їх вносити в ґрунт у кінці березня — на початку травня в нормі 50—100 кг/га. Амоній при цьому практично без втрат нітрифікується до кінця червня. За ефективністю рідкі азотні добрива рівноцінні твердим. Проте вони мають ряд економічних і соціальних переваг: дають змогу практично повністю механізувати всі роботи при їх застосуванні; вносити разом з мікроелементами, пестицидами, інгібіторами, поєднувати внесення з іншими агротехнічними заходами при дотриманні правил техніки безпеки і гігієни праці. Щоб запобігти газоподібним втратам аміаку, рідкі аміачні добрива вносять на достатню глибину, а амонійні й амідні після поверхневого розбризкування негайно заробляють у ґрунт. Ефективним також є пізньоосіннє їх внесення, коли температура ґрунту знижується до 10—5 °С і процеси нітрифікації пригнічуються. Більша частина азоту при цьому протягом зими зберігається у формі амонію, що зводить до мінімуму його втрати.

Ефективність азотних добрив можна також підвищити застосуванням локальних способів внесення, використанням інгібіторів нітрифікації і застосуванням тривалодіючих азотних добрив.

Локальне внесення рідких і амонійних форм добрив сприяє утворенню висококонцентрованих зон мінерального азоту в ґрунті за рахунок низької міграції амонійного азоту, що закріплюється в обмінному і необмінному стані.

Інгібітори нітрифікації — хімічні сполуки, що пригнічують життєдіяльність нітрифікуючих бактерій і забезпечують *зберігання азоту ґрунту і добрив в амонійній формі*. В результаті їх застосування з аміачними, амонійними й амідними добривами підвищується *коефіцієнти* використання їх азоту рослинами. Пригнічуючи процеси нітрифікації, інгібітори зменшують втрати азоту в результаті зменшення вимивання нітратів і виділення газоподібних сполук в атмосферу. Азот при цьому залишається у верхніх шарах ґрунту, що збільшує його доступність засвоєння рослинами. Тривалість дії інгібіторів нітрифікації залежить від різних факторів (типу ґрунту, його температури, вологості, біологічної активності, кислотності, вмісту органічних речовин, гранулометричного складу, норм і способів внесення добрив і інгібіторів) і становить у середньому 4—8 тижнів.

Ефективність азотних добрив при застосуванні інгібіторів нітрифікації найкраще проявляється в умовах зрошення, в районах надмірного і достатнього зволоження, на ґрунтах легкого гранулометричного складу, де можливі значні втрати азоту за рахунок вимивання нітратів. Інгібітори нітрифікації сприяють зниженню надмірної кількості нітратів у кормах і харчових продуктах, вони дають змогу зменшити кратність внесення азотних добрив і застосовувати їх в осінній період без зниження ефективності. Поєднання інгібіторів нітрифікації з пізньоосіннім внесенням азотних добрив підвищує їхню ефективність, тоді як внесення їх навесні виправдане лише під культури з продовженим вегетаційним періодом.

Нітрапирин — нестійка сполука, підлягає фотолізу і хімічному розкладанню. За токсичністю він менш шкідливий, ніж більшість пестицидів, що нині застосовуються. Більш стійкі до нього злакові (за винятком рису), більш чутливі дводольні рослини, особливо люцерна соя.

Норми інгібіторів нітрифікації на основі нітрапірину повинні становити близько 1 % внесеного азоту, але не більше 1 кг/га діючої речовини. В зв'язку з високою леткістю інгібітори вносять безпосередньо в ґрунт на глибину 10—16 см. Існують дві технологічні схеми внесення інгібіторів нітрифікації. За першою схемою його вносять у ґрунт разом з добривами в одному агрегаті, за другою — безпосередньо в ґрунт окремо від добрив.

Вітчизняні і зарубіжні дані свідчать про те, що інгібітори нітрифікації підвищують коефіцієнт використання азоту з добрив на 10—15 %, іноді більше. Втрати азоту з добрив при цьому знижуються в 1,5—2 рази.

Отже, ефективність азотних добрив значною мірою залежить від вибору найраціональніших технологій їх застосування з урахуванням норм, форм, строків і способів внесення. Тому система використання азотних добрив повинна розроблятися з урахуванням заходів, що в конкретних умовах забезпечують високу їх ефективність і знижують втрати сполук азоту в навколишнє середовище.

Контрольні запитання

1. Значення азоту в житті рослин.
2. Які особливості живлення рослин аміачним і нітратним азотом?
3. Зовнішні ознаки азотного голодування рослин.
4. Загальний вміст і форми азоту в ґрунті.
5. Назвати групи азотних добрив та способи їх добування.
6. Особливості застосування окремих форм добрив.
7. Назвати способи підвищення ефективності азотних добрив.

ТЕМА 4.3: ФОСФОРНІ ДОБРИВА

ПЛАН:

- 1. Сировина для виробництва фосфорних добрив.**
- 2. Класифікація і асортимент фосфорних добрив (водорозчинні, напіврозчинні, нерозчинні фосфорні добрива та конденсовані фосфати).**
- 3. Умови ефективного застосування фосфорних добрив.**

ЛІТЕРАТУРА: Карасюк І.М., Геркіял О.М. «Агрохімія», с. 105 – 111

МЕТА:

- ознайомитися з виробництвом та характеристикою фосфорних добрив;
- пробудити пізнавальний інтерес до даної теми;
- сприяти розвитку вміння робити висновки.

1. Сировина для виробництва фосфорних добрив.

Сировиною для виробництва фосфорних добрив є природні поклади фосфатних руд — апатити і фосфорити, промислові відходи.

Апатити. Розрізняють фторапатит, гідроксидапатит, карбонатапатит і хлорапатит. Вміст фосфору (P_2O_5) в апатитах коливається від 7 до 34 %.

Збагачений апатит, відокремлений від нефеліну методами сортування та флотації, містить 35—40 % P_2O_5 і є найкращою сировиною для виробництва розчинних фосфорних добрив. Безпосередньо як добриво апатит не використовується із-за поганої розчинності.

Фосфорити — це сполуки $Ca_3(PO_4)_2$ з домішками оксидів заліза, алюмінію, вапна, піску, глини тощо. Вміст фосфору в них коливається від 3 до 35 %. Найбільше родовище фосфоритів відкрито в горах Каратау (Південний Казахстан). Добуті фосфорити є сировиною для виробництва фосфоритного борошна. Якщо вміст фосфору менше 30%, то вони безпосередньо використовуються для удобрення сільськогосподарських культур. Із висококонцентрованого фосфоритного борошна виробляють розчинні фосфорні добрива.

Більшість фосфатних руд (майже половина загальних запасів), крім руд Хібінського і Каратауського родовищ, мають низький вміст фосфору (3—15 %) з великою кількістю шкідливих домішок, що утруднює переробку сировини (О. В. Сдобникова, 1985).

Невеликі родовища фосфоритів з низьким вмістом фосфору є на Україні (Ізюмсько-Донецьке, Кролевецьке, Незвиське, Жванське та ін.), фосфорити яких можна використовувати як фосфоритне борошно для поліпшення балансу фосфору в землеробстві республіки.

Збільшення випуску фосфорних добрив — складне технологічне завдання, де основним є перетворення сполук фосфору в розчинний стан. Нині переважає екстракційний метод розкладання апатитів (фосфоритів) сірчаною кислотою або сумішами сірчаної й азотної або сірчаної й фосфорної кислот. Недоліком цього методу є забрудненість кінцевого продукту домішками і невисокий вміст фосфору в добриві. Тепер набуває широкого поширення термічний метод добування елементарного фосфору з бідних фосфатних руд і на його основі — висококонцентрованих поліфосфорних кислот.

Для деяких типів руд більш ефективно використання суспензійної, термомеханічної і комбінованої (суспензійно-флотаційна, суспензійно-випалювальна) схем збагачення. Застосування цих схем збагачення дає змогу одержувати сировину з вмістом 28—32 % P_2O_5 .

За ступенем розчинності і доступністю засвоєння рослинами фосфорні добрива поділяються на три групи.

1. *Водорозчинні* — легкодоступні для засвоєння рослинами (суперфосфати).
2. *Напіврозчинні* — менш доступні для засвоєння рослинами, ніж водорозчинні форми. Фосфати цих добрив нерозчинні у воді, але переходять у розчин лимонної кислоти (лимоннорозчинні) або в лужний розчин цитрату амонію (цитратно-розчинні). До них належать преципітат, томасшлак, фосфатшлак, знефторені фосфати та ін.

3. *Нерозчинні* у воді і погано розчинні в слабких кислотах важкорозчинні фосфати важкодоступні для засвоєння більшістю сільськогосподарських культур (фосфоритне і кісткове борошно).

В окрему групу виділяються конденсовані фосфати, для яких розчинність як характеристика вмісту засвоюваних форм P_2O_5 великого значення не має. При внесенні в ґрунт вони перетворюються, в результаті чого відбувається нагромадження легкодоступних для рослин форм фосфору.

Найбільш поширені в усьому світі фосфорні добрива першої групи.

2. Класифікація і асортимент фосфорних добрив (водорозчинні, напіврозчинні, нерозчинні фосфорні добрива та конденсовані фосфати).

Водорозчинні фосфорні добрива

Суперфосфат гранульований (суперфосфат простий) $Ca (H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + 4 H_3PO_4 + 2CaSO_4$ добувають дією сірчаної кислоти на фосфорити й апатити.

Спочатку суміш фосфатної сировини з сірчаною кислотою засипають у камери і одержують суперфосфатну масу, яка в процесі реакції твердне. Потім цю масу зберігають на складі, де реакція продовжується протягом 10—20 діб, тобто відбувається дозрівання. Дозрілий на складі суперфосфат містить 19—21 % P_2O_5 , в тому числі не більше 2,3 % у вигляді вільної фосфорної кислоти, що надає йому характерного запаху.

Суперфосфат містить близько 30 % гіпсу $CaSO_4$, який має практичне значення як джерело сірки, а також як меліорант на засолених ґрунтах.

За зовнішніми ознаками суперфосфат являє собою гранули розміром від 1 до 4 мм темно-сірого (продукт переробки фосфориту) або світло-сірого (продукт переробки апатиту) кольору.

Суперфосфат подвійний $Ca(H_2PO_4)_2 \times H_2O - H_3PO_4$ добувають розкладанням фосфоритів фосфорною кислотою. Спочатку фосфорити обробляють сірчаною кислотою і добувають вільну фосфорну кислоту, якою діють на нову порцію фосфатної сировини.

Добутий продукт за зовнішніми ознаками подібний до суперфосфату гранульованого, але містить значно меншу кількість гіпсу. Випускається у вигляді гранул розміром 1—4 мм.

Залежно від сировини і технології виробництва гранульований подвійний суперфосфат випускається двох марок: марка А містить не менше (48—50 % засвоюваного фосфору, а марка Б, що випускається двох сортів, містить не менше 45—47 % (І сорт) або 42—44 % (ІІ сорт) засвоюваного фосфору. Подвійний суперфосфат, що містить більше 50 % засвоюваного фосфору, іноді називається потрійним. Масова частка вільної фосфорної кислоти в перерахунку на P_2O_5 у суперфосфаті марки А становить не більше 2,5 % і марки Б — не більше 4,5—5 %.

Збагачений суперфосфат займає проміжне положення між простим і подвійним суперфосфатом за вмістом засвоюваного фосфору (23,5—24,5 % P_2O_5). Виробництво його ґрунтується на взаємодії природних фосфатів з сумішшю фосфорної і сірчаної кислот.

Для поліпшення фізичних і агрохімічних властивостей суперфосфатів у процесі грануляції їх нейтралізують кістковим і фосфоритним борошном, вапняками, крейдою, доломітом або газоподібним аміаком. Найефективнішою є нейтралізація аміаком.

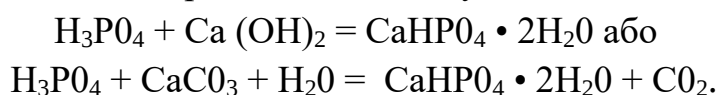
Суперфосфат амонізований добувають насиченням звичайного суперфосфату аміаком. Це складне добриво, що містить 6 % азоту і 36 % загального P_2O_5 , в тому числі 92 % в засвоюваній і 70—80 % — в водорозчинній формах. Амонізація суперфосфату зменшує кількість водорозчинних фосфатів у добриві, але при цьому вміст засвоюваного фосфору практично не зменшується.

Суперфос містить 37—40 % P_2O_5 , з яких $\frac{2}{3}$ перебуває в доступній для рослин формі і майже половина — у водорозчинній. Виготовляють його із фосфоритів з низьким вмістом фосфору, використовуючи сірчану кислоту, якої витрачається на 20—25 % менше, ніж при виробництві суперфосфату. При основному внесенні суперфос за ефективністю подібний до подвійного суперфосфату.

Напіврозчинні фосфорні добрива

Преципітат $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ — порошок білого або кремового кольору, який погано розчиняється у воді, малогігроскопічний, не злежується. Містить 38 % P_2O_5 . Фосфор преципітату в основному знаходиться у вигляді гідрофосфату кальцію $CaHPO_4$, що нерозчинний у воді, але добре розчинний у лужному розчині, цитрату амонію і тому доступний рослинам.

Добувають преципітат в результаті взаємодії фосфорної кислоти з вапняним молоком або з суспензією подрібненого вапняку:



Використовують преципітат для основного удобрення сільськогосподарських культур. На кислих ґрунтах він має деяку перевагу перед суперфосфатом (менше зв'язується з ґрунтом), а на чорноземах до нього прирівнюється. Для припосівного внесення і підживлення не рекомендується.

З вапняків, що не містять шкідливих домішок,— сполук фтору, миш'яку, важких металів — виготовляють кормовий преципітат (дикальційфосфат), який використовується як мінеральна добавка до кормів у тваринництві.

Фосфатшлак мартенівський добувають у процесі виплавки сталі з чавуну або залізних руд Керченського родовища, багатих на фосфор. Це тонкорозмелений порошок темно-сірого кольору з добрими фізичними властивостями. Загальний вміст P_2O_5 — 14—16 %, у тому числі 8—12 % цитратно-розчинного, що засвоюється рослинами. Водорозчинний фосфор практично відсутній. До складу фосфатшлаку входять оксиди кальцію (25—30 %), магнію (7—9 %), марганцю та інших елементів. Добриво має лужну реакцію і тому діє як вапняний матеріал — знижує кислотність ґрунту. На дерново-підзолистих, сірих лісових та інших ґрунтах з підвищеною кислотністю при основному внесенні фосфатшлак не поступається суперфосфату.

Томасшлак— побічний продукт переробки залізовмісних руд за методом Томаса, коли в конвертер, де плавиться метал, добавляють негашене вапно. В результаті реакції утворюються тетракальцієві та інші важкорозчинні, малодоступні для живлення рослин фосфати, а також силікати кальцію та інших елементів, у тому числі і мікроелементів. У зв'язку з різноманітним складом томасшлаку вміст P_2O_5 , розчинного в 2%-му розчині лимонної кислоти, коливається в досить широких межах — від 7—8 до 18—20%. Томасшлак — це важкий порошок темного кольору з добрими фізичними властивостями. Він має лужну реакцію і використовується як основне добриво на кислих ґрунтах.

Термофосфати добувають сплавленням або спіканням природних фосфатів з піском, лужними солями та іншими сполуками при високій температурі. При цьому утворюються різні хімічні речовини, що містять від 20 до 40 % лимонно-розчинного фосфору. Вони мають лужну реакцію і за своїми властивостями близькі до томасшлаку і мартенівського фосфатшлаку. За зовнішніми ознаками це тонкорозмелені порошки з добрими фізичними властивостями. До термофосфатів належать плавлені магнієві і знефторені фосфати.

Плавлений магнієвий фосфат містить 19—21% лимонно-розчинного засвоюваного фосфору і 8—14 % MgO . Добувають його сплавленням фосфориту або апатиту з магнієвими силікатами — олівінітом або серпентинітом. Найдоцільніше його використовувати на бідних магнієм піщаних ґрунтах.

Знефторений фосфат добувають прожарюванням фтор апатиту при 1400—1500 °С з добавкою 2—3 % кварцевого піску в присутності водяної пари, внаслідок чого руйнується кристалічна решітка фторапатиту і виділяється шкідливий для рослин фтор. При цьому 80 % загальної кількості фосфору

перетворюється в більш доступні для засвоєння рослинами форми. Знефторений фосфат містить 30—38 % цитратно-розчинного фосфору. За зовнішніми ознаками це світло-сірий тонкорозмелений порошок; використовується як основне добриво на кислих ґрунтах.

Нерозчинні фосфорні добрива

Фосфоритне борошно містить фосфор у вигляді $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$. Його виготовляють розмелюванням збагачених природних фосфатів без попередньої хімічної обробки. Тому вартість добрива невисока. За зовнішніми ознаками це тонкорозмелений порошок (на ситі з отворами 0,18 мм його залишається не більше 10 %) сірого, темно-сірого або коричневого кольору. Вміст фосфору в добриві першого сорту становить 28—30 %, другого — 22—24, третього — 19—21 %. Добриво не гігроскопічне, не злежується, добре розсіюється, але пилить. Тому його треба вносити машинами, що одночасно виконують роботи по транспортуванню, розвантаженню, завантаженню і внесенню в ґрунт.

Для припосівного удобрення і підживлення фосфоритне добриво використовувати недоцільно

Ефективність фосфоритного борошна тим вища, чим більше в ньому фосфору і чим тонший помел фосфориту. Перспективною є грануляція фосфоритного борошна з фізіологічно кислими азотними і калійними добривами, що підвищує його ефективність.

Кісткове борошно — одне із перших фосфорних добрив, що почала випускати промисловість. Виготовляють його розмелюванням знежирених і позбавлених желатину кісток. Залежно від способу приготування борошно містить 13—30 % P_2O_5 фосфатів кальцію і магнію. Нині як добриво майже не застосовується. Його використовують як мінеральну підкормку в тваринництві, а також для нейтралізації вільної кислоти при виробництві суперфосфатів, для виготовлення кісткового вугілля, що використовується на цукрових заводах, тощо.

3. Умови ефективного застосування фосфорних добрив

Майже на всіх ґрунтах України фосфорні добрива дають економічно виправдані прирости врожаю сільськогосподарських культур. Вони більш ефективні на дерново-підзолистих ґрунтах і чорноземах.

Так, на чорноземах звичайних Степу в загальному прирості врожаю озимої пшениці частки добрив становлять, %: фосфорних — 55, азотних — 37, калійних — 8 (А. М. Артюшин, Л. М. Дер-жавін, 1984).

У використанні фосфорних добрив спостерігається така залежність: чим вищий вміст рухомих форм фосфору в ґрунті, тим нижча їх ефективність. Підвищення вмісту фосфору на 1 мг/100 г ґрунту забезпечує підвищення врожаю озимої

пшениці на 0,8—1 ц/га, а цукрових буряків — на 8—9 ц/га (Б. С. Носко, 1980), але така закономірність проявляється тільки до певної межі. Так, при узагальненні численних дослідів з удобренням озимої пшениці на Україні було встановлено, що її продуктивність після внесення фосфору понад 120 кг/га не зростала навіть у тому випадку, коли норми азотно-калійних добрив підвищували в 1,2—2 рази. Коли вміст рухомого фосфору перевищує 10 мг/100 р ґрунту, приріст урожаю від внесення фосфорних добрив нестійкий, а при вмісті 15 мг/100 р ефективність добрив майже не проявляється (за винятком в екстремальних погодних умовах). Але навіть і при досить високих запасах рухомого фосфору в ґрунті концентрація фосфат-іонів у ґрунтовому розчині для повного забезпечення на перших етапах росту і розвитку молодих рослин може бути недостатньою. Тому обов'язковим агротехнічним заходом на всіх ґрунтах є **стартове** (рядкове) внесення фосфорних добрив у дозі 7—20 кг/га P_2O_5 . При цьому використовують лише водорозчинні легкодоступні фосфорні добрива — суперфосфати.

За даними ВІДА, 1 ц/га гранульованого суперфосфату при рядковому внесенні забезпечує додатковий приріст 5—6 ц/га зерна, тоді як при розкидному внесенні — 1—2 ц/га (А. М. Артюшин, Л. М. Державін, 1984).

В умовах нестійкого і недостатнього зволоження ефективність добрив значною мірою залежить від глибини загортання їх у вологий ґрунт. У зв'язку з малою рухомістю фосфатів у ґрунті перенесення частини фосфору з основного удобрення в підживлення або заміна ним основного удобрення недоцільна навіть тоді, коли використовуються його легкодоступні форми. Так, у дослідях ВІДА при внесенні суперфосфату на глибину 0—8 і 16—24 см засвоєння фосфору з верхнього шару ґрунту в початкові фази росту рослин відбувалася в 10 разів краще, ніж із нижнього; в кінці вегетації спостерігалися переваги від глибшого внесення добрив. В умовах зрошення і достатнього зволоження значної відмінності у використанні фосфору із суперфосфату при глибокому і мілкому внесенні не виявлено (О. В. Сдобникова, 1985).

Отже, рядкове удобрення використовується для поліпшення умов живлення рослин фосфором на початку вегетації, а основне удобрення — для забезпечення їх цим елементом протягом всього вегетаційного періоду.

Для основного удобрення використовують усі форми фосфорних добрив. Напіврозчинні і нерозчинні фосфорні добрива в першу чергу використовують під такі культури, як люпин, гречка, жито, горох, гірчиця, що засвоюють фосфор краще, ніж інші культури. Ефективність фосфорних добрив підвищується при внесенні їх на фоні гною та інших органічних добрив. При цьому відбувається зв'язування заліза й алюмінію органічними речовинами, що зменшує осадження нерозчинних фосфатів і підвищує їх розчинність.

Ефективність фосфорних добрив пов'язана також з реакцією ґрунтового розчину. На дерново-підзолистих ґрунтах позитивна дія фосфорних добрив,

внесених під озиму пшеницю, підвищується із зменшенням кислотності до $pH = 5,6$, а на більш лужних ґрунтах вона знижується. Тому вапнування кислих ґрунтів є одним із заходів підвищення ефективності фосфорних добрив.

На слабокислих і лужних ґрунтах ефективність малорозчинних фосфорних добрив порівняно з суперфосфатом знижується. Тому їх треба в першу чергу вносити на кислих ґрунтах, щоб використати кислотність ґрунтового середовища для підвищення їх розчинності. Суперфосфат на кислих ґрунтах доцільно вносити локально до посіву або одночасно з посівом сільськогосподарських культур. Рядкове удобрення забезпечує розміщення добрив біля насіння рослин і скорочує тривалість їх взаємодії з 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 в землеробстві слід більше використовувати фосфоритне борошно. На значних площах ґрунтів фосфоритне борошно може мати високу ефективність, що підтверджується численними дослідженнями наукових установ і практикою передових господарств. Його також застосовують для фосфоритування ґрунтів (до 300 кг/га P_2O_6) під найбільш чутливі культури (цукрові буряки, картоплю та ін.). Наступні культури використовують його післядію, що дає змогу швидше створювати оптимальний рівень забезпеченості ґрунтів фосфором. Фосфоритування має ряд організаційно-господарських переваг порівняно з щорічним внесенням фосфорних добрив. Забезпечення рослин фосфором у результаті фосфоритування рівнозначне за ефективністю іншим прийомам внесення фосфорних добрив.

Контрольні запитання

1. Значення фосфору в житті рослин.
2. Які сполуки є джерелом фосфору для живлення рослин?
3. Загальний вміст і форми існування фосфору в різних ґрунтах.
4. Назвіть основні родовища фосфатної сировини.

Виробництво й умови ефективного застосування фосфоритного борошна.

5. Як взаємодіють фосфорні добрива з ґрунтом?
6. Перерахуйте основні умови ефективного застосування фосфорних добрив.
7. Які прирости врожаю сільськогосподарських культур можна одержати від застосування фосфорних добрив?

ТЕМА 4.5: КОМПЛЕКСНІ ДОБРИВА

ПЛАН:

- 1. Складні добрива.**
- 2. Складнозмішані добрива.**
- 3. Змішані добрива.**
- 4. Рідкі комплексні добрива.**

ЛІТЕРАТУРА: Карасюк І.М., Геркіял О.М. «Агрохімія», с. 121 – 127

МЕТА:

- ознайомитися з виробництвом та характеристикою комплексних добрив;
- пробудити пізнавальний інтерес до даної теми;
- сприяти розвитку вміння робити висновки.

Крім односторонніх мінеральних добрив, що містять лише один елемент живлення (азот, фосфор або калій), промисловість випускає комплексні мінеральні добрива. Вони поділяються на три види: складні (калієва селітра, амофос, діамофос, нітрофос, нітрофоска, карбоамофоска тощо); складні з мішаними (кристалін) і змішані. Окрему групу становлять рідкі комплексні добрива (РКД). Виготовлення комплексних добрив економічно вигідніше, оскільки на практиці доводиться вносити одночасно не один елемент живлення, а два і більше. Роздільне внесення кожного добрива викликає додаткові затрати праці і коштів.

1. Складні добрива

Комплексні складні добрива мають підвищений вміст поживних речовин, тому перевезення, зберігання і внесення їх у ґрунт порівняно з односторонніми добривами знижують виробничі затрати на 10—11 %, дають змогу рівномірніше вносити в ґрунт поживні речовини.

Виробництво складних добрив здійснюється за єдиним технологічним процесом, що забезпечує наявність у кожній молекулі, кристалі або гранулі не менше двох елементів живлення. Зараз виробництво добрив проводиться за двома групами технологічних процесів: у результаті розкладання нітратів фосфатної сировини (нітрофоси, нітрофоски) і в результаті використання фосфорних кислот (нітроамофоси, нітроамофоски, амофоси, діамофоси, карбоамофоси, різні фосфати амонію).

Нітрофос і нітрофоска. Нітрофос містить азот і фосфор, а нітрофоска — азот, фосфор і калій. Виробництво цих добрив ґрунтується на розкладанні природних фосфатів азотною кислотою. В результаті реакції утворюється пульпа, що містить нітрат кальцію, який дуже гігроскопічний і тому небажаний компонент у добриві. Крім того, кальцій з фосфором утворює важкорозчинні фосфати. Тому при виробництві цих добрив треба видалити надлишок кальцію з тим, щоб зменшити співвідношення між CaO і P_2O_5 (у трикальційфосфаті воно дорівнює 1,18, дикальційфосфаті — 0,79, а у монокальційфосфаті — 0,395). Щоб запобігти перетворенню фосфору в незасвоювану форму в результаті утворення трикальційфосфату, не менше ніж 40 % іонів Ca^{2+} повинні бути виділені з розчину або зв'язані в малорозчинні сполуки.

Видалення надлишку кальцію з пульпи здійснюється різними способами.

1. Надлишок кальцію в пульпі зв'язують сірчаною кислотою і добувають нітрофос, що містить 11,4 % азоту і 11,5 % фосфору. Якщо до суміші додати хлориду калію, то добувають нітрофоску, що містить 11 % азоту, 10—11 % фосфору і 11 % калію (11—10—11).
2. Добуту після розкладання фосфатної сировини азотною кислотою пульпу охолоджують до $-5\ldots-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, в результаті чого кристали нітрату кальцію випадають в осад. Потім суміш нейтралізують аміаком і добувають нітрофос

марки 20—20—0 або 17—25—0, що містить лише 20 % фосфору в водорозчинній формі. При доливанні до пульпи розчину хлориду калію добувають виморожену нітрофоску 16—16—16 (близько 50 % водорозчинного фосфору).

3. Нітрофос добувають при гідрометалургійному виробництві. Таке добриво містить 24 % азоту і 14 % фосфору (близько 40 % у водорозчинній формі).

Усі нітрофоски, добуті в результаті розкладання фосфатів азотною кислотою, містять фосфор як в цитратно-розчинній (CaHPO_4), так і в водорозчинній ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) формах; азот — в нітратній (KNO_3), амонійній ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, NH_4Cl) і аміачно-нітратній (NH_4NO_3) формах; калій — у вигляді KCl і KNO_3 .

Особливістю нітрофосів і нітроамофосок є невисокий вміст у них водорозчинного фосфору, який не перевищує 50—60 % загальної кількості. Тому для рядкового внесення і підживлення вони менш ефективні. При внесенні в основному удобренні вони практично рівноцінні сумішам еквівалентної кількості водорозчинних добрив.

Азофос і азофоску добувають у результаті розкладання азотною кислотою польського апатитового концентрату. Випускаються таких марок: 23—21—0, 26—13—0, 16—16—16 і 21—11—11, в яких не менше 85 % фосфору знаходиться в водорозчинній формі.

Нітроамофос $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ добувають у результаті нейтралізації азотної і фосфорної кислот аміаком. Випускається трьох марок: 23—23—0, 16—24—0, 25—20—0. До його складу входять нітрати та різного ступеня заміщення фосфати амонію. Переважна більшість фосфору в ньому знаходиться в водорозчинній формі. Нітроамофос — цінне добриво для всіх культур і ґрунтів при будь-яких способах внесення.

Нітроамофоска — складне азотно-фосфорно-калійне добриво. Добувають як і нітроамофос, але добавляють ще й калій. Коли джерелом калію є хлорид калію, то добувають нітроамофоску двох марок: марка А (1 : 1 : 1) містить азоту, фосфору і калію по 17—18 %; марка Б (1 : 1,5 : 1,5) — азоту 13—14 %, фосфору і калію — по 19—20 %. Якщо джерелом калію є сульфат калію, то добувають безхлорну нітроамофоску марки 16—16—16.

Амофос (МАФ) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ добувають у результаті нейтралізації фосфорної кислоти аміаком і одержують суміш моно-, ді- і триамонійфосфатів. У промисловому амофосі моноамонійфосфати становлять 75 %. Залежно від виду сировини амофос виробляють двох марок: з апатитової сировини — марка А з вмістом 11—13 % азоту і 44—52 % фосфору; із фосфоритної сировини — марка Б з вмістом 9—12 % азоту і 41—44 % фосфору. Амофос має добрі фізико-хімічні властивості і використовується як один з компонентів змішаних добрив. Це високоефективне фосфорно-азотне добриво, але значна різниця у вмісту азоту і фосфору (1 : 4) є його основним недоліком. Тому при застосуванні амофосу до нього часто добавляють певну кількість азотних добрив.

Діамофос (ДАФ) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ добувають, як і амофос, в результаті нейтралізації і дальшого насичення фосфорної кислоти аміаком. Вміст поживних речовин у добриві залежить від виду сировини. Так, при виробництві апатитів він містить 18 % азоту і 50 % фосфору, а з фосфоритів — 16—17 % азоту і 41—42 % фосфору. В промисловому діамофосі міститься 25 % моноамоній- і 75 % діамонійфосфатів. У добриві більш сприятливе співвідношення азоту і фосфору, ніж в амофосі. Застосовується, як і амофос; використовується також як кормова добавка в тваринництві.

Нітродіамофос — складне подвійне добриво, що містить 23 % азоту і 31 % фосфору. Його добувають на основі діамофосу й аміачної селітри. Застосовують під усі культури на різних ґрунтах.

Діамофоска містить 9—11 % азоту, 25—31 фосфору і 20—26 % калію. Добувають, використовуючи діамофос і хлорид калію.

Амофосфат — комплексне азотно- фосфорне добриво, що містить 38—39 % загального і 20—21 % водорозчинного фосфору, а також 4—5 % азоту. На відміну від інших комплексних добрив, де вільна фосфорна кислота повністю нейтралізується аміаком, при виробництві амофосфату частина кислоти нейтралізується введенням фосфоритного борошна з наступною нейтралізацією залишку кислоти в пульпі аміаком. При цьому витрачається на 15 % менше сірчаної кислоти й енергоресурсів. Фактично амофосфат є проміжним продуктом між подвійним суперфосфатом і амофосом.

Карбоамофос і карбоамофоска — висококонцентровані складні добрива, що містять азот в амідній (70—75 % загального вмісту) та аміачній формах і водорозчинний фосфор. Карбоамофоска, крім того, містить ще й калій. Добувають їх при взаємодії фосфорної кислоти з напівпродуктами синтезу карбаміду і добавці калію. Добрива мають широке співвідношення між елементами живлення (25—30—0, 34—17—0, 29—29—0, 33—20—0, 17—17—17 тощо). При застосуванні цих добрив потрібно враховувати можливі газоподібні втрати азоту при поверхневому внесенні. Тому їх треба негайно загортати в ґрунт.

Поліфосфат амонію містить 12—14 % азоту і 60—65 % фосфору. Добувають у результаті нейтралізації поліфосфорних кислот аміаком, а також при взаємодії фосфорного ангідриду з сполуками азоту. На карбонатних ґрунтах поліфосфат амонію ефективніший за еквівалентну суміш стандартних добрив.

Метафосфат калію (KPO_3) містить 57 % фосфору і 37 % калію. Найбільш перспективним є його добування в результаті розкладання хлориду або карбонату калію з допомогою ортофосфорної кислоти при 450 °С. Добриво має добрі фізичні властивості. При внесенні у ґрунт гідролізується і тому за ефективністю не поступається водорозчинним фосфатам.

Суперфоска — фосфорно-калійне добриво. Містить 12—16 % фосфору і 12—21 % калію. Добувають її в результаті розкладання апатиту сірчаною кислотою з добавкою хлориду калію. Використовується для основного удобрення.

Калійна селітра KNO_3 містить 13,8 % азоту і 46 % калію. Це біла кристалічна речовина, негігроскопічна, добре розсіюється. Добувають як побічний продукт при виробництві азотної кислоти в результаті обмінного розкладання нітрату натрію і хлориду калію.

У вигляді невеликих покладів калійна селітра зустрічається і в природі (Середня Азія). Добри́во фізіологічно нейтральне. Використовується в овочівництві, а також під культури, чутливі до вмісту хлору. Особливо ефективне при підживленні.

2. Складнозмішані добрива

Складнозмішані добрива виготовляють «мокрим» способом, змішуючи порошкоподібні мінеральні добрива з аміакатами, різними кислотами та іншими азото-, фосфоро- та калієвмісними продуктами. В результаті механічного змішування компонентів і хімічних реакцій утворюється суміш з різним співвідношенням і вмістом елементів живлення. У процесі виробництва до складу таких добрив можуть бути введені і мікроелементи, а також деякі гербіциди, пестициди, стимулятори росту тощо. На основі аміачної селітри, сульфату амонію, суперфосфату, водного розчину аміаку, сірчаної кислоти виготовляють складнозмішані добрива різних марок: 5—10—10, 5—10—20, 5—20—20, 8—16—16, 8—24—0, 10—20—0, 12—12—12 та ін. При використанні різних компонентів співвідношення і вміст поживних речовин у добриві можна змінювати. Так, на Вінницькому хімічному заводі виготовляють складнозмішані добрива таких марок: 5—15—7,5, 15—11—18, 7,5—11—18. Прикладом складнозмішаних добрив може бути добриво для теплиць, що містить азот, фосфор, калій, магній і мікроелементи. Його виготовляють кількох марок: 10—5—20—6, 18—6—18, 20—16—10. Добриво повністю розчиняється у воді і тому є незамінним для закритого ґрунту, де його застосовують у вигляді водного розчину з допомогою автоматизованої системи дощування. Його можна використовувати і для відкритого ґрунту. Повне складнозмішане добриво з мікроелементами добувають внаслідок амонізації суміші простого суперфосфату, хлориду калію і нітрату амонію. Може випускатися з повним набором мікроелементів — В, Zn, Mn, Co, Cu, Mo (марка А) або з різним їх співвідношенням (марка Б не містить Co; марка В — Co і Cu; марка Г — В, Co, Cu, марка Д містить тільки В). Добриво містить не менше 10 % кожного із головних елементів живлення.

До складнозмішаних добрив належать також двокомпонентні фосфорно-калійні добрива, виготовлені із суперфосфату і хлористого калію, які добувають в результаті пресування шихти цих компонентів. Вміст фосфору і калію в цих добривах однаковий — по 14 %.

Для роздрібної торгівлі випускаються поживні суміші 9—9—9 з мікроелементами (на основі суперфосфату, калімагnezії, сульфату амонію і сполук мікроелементів), удобрювальну суміш різних марок з вмістом поживних речовин від 22 до 56 % (на основі суперфосфату, нітрату амонію, хлориду і сульфату калію, вапняку, доломіту та інших компонентів) і тукосуміш удобрювальну марки 12—12—12.

3. Змішані добрива

Змішані добрива виготовляють механічним змішуванням двох або більшої кількості односторонніх або комплексних добрив. Цей захід застосовують у тих випадках, коли треба одночасно внести на одне поле кілька елементів живлення, а комплексні добрива з необхідним співвідношенням елементів живлення в господарстві відсутні. При цьому скорочуються затрати на внесення добрив, а їх агрономічна ефективність прирівнюється до роздільного внесення. Змішані добрива досить легко можна виготовляти необхідних концентрації і співвідношення поживних речовин з врахуванням у них потреби різних культур. Саме цим вони відрізняються від складних добрив, що мають, як правило, сталий склад.

При змішуванні добрив слід дотримуватися певних правил, порушення яких може призвести до зниження ефективності добрив у результаті їх зволоження, злежування, сегрегації (розшарування компонентів суміші), втрат поживних речовин, переходу у важкодоступні для рослин форми. Під час підбору компонентів треба враховувати можливу їх хімічну взаємодію.

Так, наприклад, не можна завчасно змішувати суперфосфат з аміачною селітрою, оскільки при цьому утворюється досить гігроскопічний нітрат кальцію/ Суміш досить швидко зволожується, особливо в умовах підвищеної вологості повітря, і перетворюється в липку тістоподібну масу. Присутня в суперфосфаті фосфорна кислота реагує з аміачною селітрою, в результаті чого утворюється азотна кислота, що розкладається до оксидів азоту, які виділяються в атмосферу. Тому аміачну селітру з суперфосфатом можна змішувати лише в суху погоду перед внесенням у ґрунт.

При змішуванні суперфосфату з сульфатом амонію суміш спочатку розігрівається і зволожується.

Через деякий час у результаті утворення гіпсу ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) відбувається цементация суміші, яку перед внесенням у ґрунт треба подрібнити і просіяти.

Не рекомендується змішувати амонійні добрива з лужними, оскільки можливі втрати азоту у вигляді аміаку. Коли компонентом змішаних добрив є карбамід, слід враховувати його високу реакційну здатність, особливо в сумішах з

хлоридами. При цьому утворюється досить гігроскопічний хлорид амонію, що призводить до злипання і злежування суміші.

Цінними компонентами змішаних добрив можуть бути амофос та інші складні добрива. Такі суміші добре зберігають сипучість, малогігроскопічні і, що особливо важливо, забезпечують високу концентрацію поживних речовин. Виготовлення сумішей з використанням складних добрив дає велику економію в зберіганні, транспортуванні та внесенні їх у ґрунт.

Під час завантажувально-розвантажувальних і транспортних робіт, а також при внесенні змішаних добрив машинами відцентрового типу відбувається їх розшаровування, що пов'язано з різними величиною і густиною часточок вихідних компонентів. Із двох добрив, що значно відрізняються за розміром часточок, не вдається одержати якісні суміші незалежно від тривалості перемішування.

Розрахунки кількості окремих добрив при виготовленні сумішей проводять за такою формулою:

$$\text{Доза добрив у фізичній масі, ц/га} = \frac{\text{Доза добрив у поживній речовині, кг/га}}{\text{Вміст поживної речовини в добриві, \%}}$$

Наприклад, під цукрові буряки в основному удобренні, згідно з розрахунками, треба внести $N_{90}P_{120}K_{90}$. Щоб внести на 1 га таку кількість поживних речовин у вигляді суміші добрив, слід взяти: $90 : 34 = 2,6$ ц аміачної селітри, $120 : 19,5 = 6,1$ ц суперфосфату гранульованого і $90 : 58 = 1,5$ ц калію хлористого. Загальна маса суміші добрив, яку треба внести на 1 га площі, буде становити:

$2,6 + 6,1 + 1,5 = 10,2$ ц. Під час розрахунків потреби в складних добривах (в суміші) обчислення ведуть за тим елементом живлення, вміст якого в добриві найбільший.

4. Рідкі комплексні добрива

Рідкі комплексні добрива (РКД) — це водні розчини або суспензії, що містять два або більше поживних елементів у відповідному розчиннику. Розрізняють, дві основні форми РКД, що виготовляються з використанням ортофосфорної і поліфосфорної (суперфосфорної) кислот. Кожна з цих форм може виготовлятися у вигляді розчинів або суспензій. Порівняно з рідкими азотними добривами вони не мають у своєму складі вільного аміаку, тому відпадає потреба в герметичній тарі при транспортуванні і зберіганні, а також внесенні в ґрунт на певну глибину. Поживні речовини РКД рівномірніше, ніж твердих добрив, розподіляються по площі. Роботи з ними повністю механізовані. Втрати цих добрив під час перевантаження і зберігання не перевищують 1 %, тоді як втрати твердих мінеральних добрив становлять 10—15 % і більше. При

потребі до складу РКД можна вводити мікроелементи, деякі пестициди і стимулятори росту. Вони прості в застосуванні, неотруйні, вибухонебезпечні.

Добувають РКД в результаті нейтралізації орто- і поліфосфорних кислот аміаком. Для встановлення потрібного співвідношення між азотом, фосфором і калієм до розчину додають КАС, карбамід, аміачну селітру і солі калію. Це дає змогу добувати добрива з сумарним вмістом поживних речовин не більше 30 %. З економічної точки зору ця концентрація є низькою і тому такі добрива рекомендуються для місцевого використання, для внесення з поливною водою, в тому числі в садах, ягідниках, виноградниках тощо.

При виготовленні РКД з поліфосфорної кислоти вміст поживних речовин підвищується. Хімічна промисловість випускає базові розчини РКД марок 10—34—0 і 11—37—0. Розчини містять відповідно 44 і 48 % поживних речовин, в тому числі 10 і 11 % азоту та 34—37 % фосфору в формі амонійних солей орто- і поліфосфорних кислот різного ступеня заміщення.

РКД марки 10—34—0 містить близько 60 % фосфору в поліформі. За зовнішніми ознаками це оліїста рідина, забарвлена в темно-зеленкуватий, червонуватий або інший колір залежно від домішок суперфосфорної кислоти. Густина добрива $1,4 \text{ г/см}^3$, $\text{pH} = 6 \dots 7$. Це потрібно враховувати при застосуванні місткостей і машин, призначених для транспортування води та інших рідин з густиною близько 1 г/см^3 .

Базові розчини РКД здатні переохолоджуватися при зниженні температури до -30°C з утворенням осаду, який при підвищенні температури до $+20^\circ\text{C}$ розчиняється. Під час зберігання їх періодично перемішують з допомогою спеціальних пристроїв для запобігання випадання осаду. Нерозчинний гелеподібний осад також утворюється при заповненні РКД місткостей з залишками аміачної води. Зберігання РКД у господарствах не повинно перевищувати 6 міс. в осінньо-зимовий період і 3 міс. — влітку. Рідкі комплексні добрива здатні викликати сильну корозію кольорових металів і алюмінію, проте до них стійкіші низьковуглецеві сталі і пластмаси. Під час зберігання РКД у резервуарах із сталі їх корозія відбувається на межі поділу фаз рідина — повітря. Нижче цього рівня, навпаки, відбувається фосфатація металу, що підвищує його стійкість проти корозії. Тому, щоб продовжити строк служби резервуарів, після 1 міс зберігання рівень РКД в них зменшують.

Базові розчини РКД використовують для виготовлення подвійних і потрійних комплексних добрив різних марок, а також для безпосереднього внесення в ґрунт. При виготовленні розчинів перевагу віддають порошкоподібним і дрібнокристалічним добривам, що краще диспергуються і розчиняються. Дозу базового розчину РКД розраховують за вмістом фосфору гравіметричним або титриметричним методом, враховуючи, що маса 1 л добрива становить 1,4 кг. Для виготовлення РКД придатний лише достатньо чистий хлористий калій. Він має низьку розчинність і тому значно зменшує концентрацію рідкого добрива. Так,

РКД марки 1 : 1 : 1 відзначається відносно низьким вмістом поживних речовин — 10—10—10, із-за чого калій — небажаний елемент у складі РКД. Тому доцільніше виготовляти азотно-фосфорні рідкі добрива, а тверді калійні вносити окремо.

Суспендовані рідкі комплексні добрива (СРКД). Концентрацію поживних речовин у РКД можна значно підвищити в результаті введення в розчин стабілізуючих добавок (тонкодисперсних бентонітових та палигорскітових глин, кремнієвих кислот, фосфогіпсу тощо), що запобігають пересиченню розчину і випаданню осаду. Ці компоненти, введені в добриво з розрахунку 10—20 кг на 1 т розчину, забезпечують високу їх в'язкість протягом 10 діб.

Загальний вміст поживних речовин у СРКД може перевищувати 40 % при різному співвідношенні головних елементів живлення, але такі добрива мають менш сприятливі фізичні властивості. Це густі, в'язкі суспензії з густиною 1,4—1,5 г/см³ і в'язкістю до 1 Па • с. Вони досить легко загусають і розшаровуються. Тому виготовляти їх доцільно безпосередньо перед внесенням.

За агрономічною ефективністю рідкі комплексні добрива рівноцінні твердим мінеральним добривам. Більш ефективні РКД з поліфосфатами в районах поширення карбонатних ґрунтів.

Контрольні запитання

1. Як класифікуються комплексні добрива?
2. Агротехнічна й економічна ефективність застосування комплексних добрив.
3. Назвати основні види комплексних добрив і вказати особливості їх складу.
4. Які вимоги ставляться до виготовлення змішаних добрив?
5. Як виготовити рідкі комплексні добрива й ефективно їх використати?

РОЗДІЛ 5. ОРГАНІЧНІ ДОБРИВА

ТЕМА 5.1: ГНІЙ, ГНОЇВКА, ПТАШИНИЙ ПОСЛІД

ПЛАН:

- 1. Значення гною для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і родючості ґрунту.**
- 2. Склад підстилкового гною і його добривальна цінність.**
- 3. Способи зберігання гною.**
- 4. Ступені розкладання гною.**
- 5. Зберігання та внесення гною.**
- 6. Безпідстилковий гній.**
- 7. Використання соломи як добрива.**
- 8. Гноївка.**
- 9. Пташиний послід.**

ЛІТЕРАТУРА: Карасюк І.М., Геркіял О.М. «Агрохімія», с. 146 – 162

МЕТА:

- сформулювати уявлення про органічні добрива;
- виховувати зацікавленість дисципліною;
- розвивати увагу, пам'ять.

У балансі живлення рослин понад 40 % поживних речовин надходить з органічними добривами. Це повні добрива, оскільки складаються з елементів, що уже брали участь у створенні врожаю. Вони на 15 % підвищують продуктивність праці в сільському господарстві, на 20 % знижують собівартість продукції. Як важливе джерело поживних речовин і стимулятор біологічних процесів у рослин органічні добрива одночасно є дієвим фактором для поліпшення фізичних властивостей ґрунту. Під дією органічних добрив збільшується кількість водостійких агрегатів, поліпшуються структура, водний і повітряний режими, зменшуються втрати поживних речовин у результаті вимивання, забезпечується розширене відтворення родючості ґрунту і при достатніх нормах їх внесення бездефіцитний баланс гумусу.

До органічних добрив належать підстилковий і рідкий гній, перегній, гноївка, пташиний послід, фекалії, торф, гнойові, торфові та інші компости, побутові відходи міст і сіл, ставковий і річковий мул, сапропель, зелені добрива тощо. Невисокий вміст поживних речовин і значна кількість вологи в цих добривах не дають змоги перевозити їх на далекі відстані. Тому органічні добрива треба використовувати безпосередньо на місцях виробництва, звідки і походить інша їх назва — місцеві добрива.

1. Значення гною для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і родючості ґрунту.

Серед органічних добрив найбільш давнім є гній. Його використання як добрива сягає в далеку давнину, до тих часів, коли люди стали вести осілий спосіб життя. Змінювалися покоління людей і вчених, з'являлися нові сільськогосподарські культури і сорти, а гній як добриво використовували і будуть використовувати для підвищення врожайності і продуктивності праці в сільському господарстві.

Гній одержують у кожному господарстві, він є повним добривом, оскільки містить усі поживні речовини. З гноєм у ґрунт повертається 50 % органічних речовин, 90 азоту, 80 фосфору, 96—98 калію, 70—85 % кальцію, а також мікроелементи, що входили до складу кормів. Гній найкраще сприяє накопиченню запасів гумусу; 1 т внесеного гною, як зазначає О. О. Собко (1984), забезпечує нагромадження такої кількості гумусу в ґрунті, кг/га: на Поліссі — 42, в Лісостепу — 54, в Степу — 59.

Від внесення 50 т/га підстилкового гною ґрунт відповідно одержує 250 кг азоту, 125 фосфору, 300 калію, 185 кальцію, 50 кг магнію, 160 г бору, 120 марганцю, 95 міді, 18 молібдену, 10 г кобальту та інші елементи. Не створюючи надмірної концентрації, поживні речовини гною уже в перший рік ефективно використовуються рослинами для підвищення врожайності і поліпшення якості сільськогосподарських культур. Крім того, з гноєм у ґрунт

вносяться мікроорганізми і біостимулятори, в результаті чого на фоні гною на 15—20 % підвищується ефективність внесених у ґрунт мінеральних добрив.

Досить важлива роль належить гною у збагаченні приґрунтового повітря вуглекислим газом, що є головним джерелом вуглецю для рослин. При розкладанні 30—40 т гною з ґрунту щорічно виділяється від 35 до 65 кг CO_2 , що використовується для синтезу органічних речовин. Концентрація CO_2 в приґрунтовому повітрі зростає з 0,3 (0,03 %) до 1,6 л/м³ (0,16 %), або більше ніж у 5 разів (Д. М. Прянишников, 1963).

Від внесення гною в результаті посилення мікробіологічної діяльності ґрунт збагачується на вітаміни, гумінові кислоти та їх солі, ауксини, антибіотики й інші фізіологічно активні речовини, що стимулюють ріст і розвиток рослин, підвищують урожайність та поліпшують якість одержаної продукції. 1 т внесеного у сівозміні гною в середньому за ротацію забезпечувала такий приріст урожаю, що в перерахунку дорівнювала 1 ц зерна. Окупність гною залежить від зони його застосування

За даними Б. С. Носко (1984), 1 т гною, внесеного в сівозмінах України, забезпечує приріст врожаю: на Поліссі — 1,2 ц/га, в Лісостепу — 0,8, Степу — 0,6 ц/га зернових одиниць.

Оскільки усі сільськогосподарські культури, що вирощуються на території республіки, мають неоднакові біологічні особливості розвитку і по-різному реагують на родючість ґрунту, норми підстилкового гною та інших органічних добрив встановлюються з урахуванням природно-кліматичних зон і удобрюваних культур: на Поліссі під просапні культури вносять 30—60 т/га, в тому числі під цукрові буряки — 40—50, картоплю — 50—60, кукурудзу — 30—40, під зернові — 20—30 т/га; у Лісостепу під просапні культури вносять 40—50 т/га, в районах недостатнього зволоження — 20—35, під зернові — 20—25, на еродованих ґрунтах — 40—60 т/га; в Степу на богарних землях під зернові колосові вносять 20—25 т/га, під просапні — 30—40, на зрошуваних землях під просапні — 60—80 т/га.

Із внесеного у ґрунт гною **в перший рік** рослини використовують 20—30 % азоту, 30—40 фосфору, 60—70 % калію загального їх вмісту. Порівняно з мінеральними добривами азот у перший рік засвоюється гірше, фосфор майже в 2 рази краще, а калій майже однаково.

У наступні роки поживні речовини гною продовжують використовуватися культурами сівозміни. Використання азоту, фосфору і калію іншою культурою відповідно становить **на другий рік**—15—20, 10—15 і 10—15%, **на третій рік** — 10—15, 5—10, 0—10 %. За ротацію сівозміни використання поживних речовин гною становить, %; азоту — 50—60, фосфору — 50—60, калію — 80—90.

У практиці сільськогосподарського виробництва гній використовують не лише як основне добриво для полів, а як важливий компонент для приготування інших видів органічних добрив, зокрема різних компостів, а також як біопаливо для парників і теплиць.

2. Склад підстилкового гною і його здобрювальна цінність. Підстилковий гній складається із твердих і рідких виділень тварин та підстилки. Його склад і здобрювальна цінність залежать від виду тварин, складу кормів, кількості й якості підстилки, способів зберігання.

Види тварин і характер їх виділень. Під час годівлі тварин перетравна частина поживних речовин кормів використовується худобою для власних потреб організму й підвищення продуктивності, а неперетравна виділяється у вигляді калу і сечі. *Тверді виділення* тварин містять клітковину, пентозани та інші вуглеводи, різні органічні сполуки, білки та продукти їх розкладання, що містять азот, фосфор, калій, сірку тощо, які стають доступними для рослин лише після їх мінералізації.

Рідкі виділення тварин містять в основному азот і калій та незначну кількість фосфору у розчинних, легкодоступних для рослин формах: сечовина, гіпурова і сечова кислоти, різні органічні сполуки.

Кількість і співвідношення твердих і рідких виділень та їх склад значно відрізняються залежно від виду тварин і складу кормів. Так, у коней в 3,5 раза, а в овець та великої рогатої худоби в 2,5 раза більше твердих виділень, ніж рідких, тоді як у свиней, навпаки, рідких виділень майже в 2 рази більше, ніж твердих. Тверді виділення містять значну кількість мікроорганізмів, що в перерахунку на суху речовину становить близько 30 % калу тварин.

Рідкі виділення тварин містять більше азоту — 0,4—1,9% і калію 0,5— 2,3 проти відповідно 0,3—0,6 % азоту і 0,1—0,3—калію в твердих виділеннях. Фосфору міститься більше в твердих виділеннях — 0,17—0,4% проти 0,07—0,1 % в рідких.

При годівлі худоби соковитими кормами кількість рідких виділень збільшується. Від збільшення в раціоні концентратів у виділеннях тварин підвищується вміст азоту і фосфору. Тому залежно від виду худоби, характеру годівлі, кількісного й якісного складу кормів значною мірою залежать хімічний склад і якість гною. Гній коней і овець містить менше води і більше органічних речовин, а також азоту, фосфору і калію, ніж гній великої рогатої худоби, і особливо свиней.

Підстилка є складовою частиною гною. Вона забезпечує чисте, тепле і м'яке лігво для тварин, вбираючи рідкі виділення і гази, зменшує втрати азоту, калію та інших поживних речовин гною й одночасно поліпшує санітарний стан на фермі, створює відповідні умови для життєдіяльності мікроорганізмів і розкладання калу, поліпшує фізичні властивості гною.

Кращою є підстилка із торфу. Порівняно з соломою торф містить в 3—4 рази більше азоту, краще вбирає сечу тварин і аміак, що утворюється під час його розкладання, але менше містить калію. Для підстилки використовують верховий (моховий) малорозкладений торф (30%) вологістю 30—40%. Такий торф порівняно з соломою затримує в 10—12 разів більше рідких виділень і в 25—40 разів більше газів. Використовують також і низинні торфи, але при цьому кількість торфу збільшується в 2 рази, а для запобігання забруднення худоби добавляють солом'яної різки у співвідношенні 3:1. Торф кладуть під задні ноги тварин, солом'яну різку — під передні, що забезпечує належний санітарний стан на фермі і

збільшує загальний вихід гною. Гній на торфовій підстилці містить менше безазотистих речовин, що легко розкладаються. Тому при внесенні в ґрунт такого гною мінерального азоту мікроорганізмами зв'язується менше, як це спостерігається при внесенні солом'яного гною. Саме з цієї причини торфовий гній забезпечує більший приріст врожаю, особливо першої удобрюваної культури.

Крім торфу для підстилки використовують солом'яні бобових і злакових культур, листя і хвою дерев, тирсу, деревні стружки тощо. Солома бобових є найкращою для підстилки, оскільки містить в 2—2,5 рази більше азоту, ніж солома злаків. При використанні для підстилки соломи злаків її подрібнюють на різку довжиною 8—15 см. Цим досягається краще вбирання сечі тварин і газів, гній перетворюється в однорідну масу, яка щільно злягається під час складання в бурти. При зберіганні такого гною майже в 2 рази зменшуються втрати азоту, а ефективність його підвищується в 1,5 рази.

Виготовлений на підстилці з листя дерев, хвої, тирси та інших матеріалів гній містить мало азоту і багато клітковини та лігніну. Такий гній повільно розкладається і тому його вносити в ґрунт потрібно задовго до посіву сільськогосподарських культур.

При збільшенні кількості підстилки зростає вихід і в 4—8 разів зменшуються втрати азоту під час зберігання гною. В одному з дослідів при збільшенні добової норми підстилки на одну голову великої рогатої худоби від 2 до 6 кг вихід гною збільшився (на солом'яній підстилці) з 6,8 до 9,4 т, на торфовій — з 7,7 до 10,4 т, а втрати азоту відповідно зменшилися з 44 до 12 % і з 25 до 3 %.

Хімічний склад гною. Залежно від виду і віку тварин, якості кормів і підстилки, способів годівлі і зберігання хімічний склад гною неоднаковий.

Гній коней та овець містить більше сухих речовин, а також азоту, калію, сірки та інших елементів. Під час зберігання він швидко розкладається, виді-

ляючи багато теплоти. За сприятливих умов температура пухко укладеного кінського гною на 7-му добу досягає 75 °С. Тому його називають *гарячим* і використовують у парниках та теплицях.

Гній великої рогатої худоби і свиней містить більше води і тому повільніше розкладається. Температура такого гною також підвищується повільно: на 16-ту добу вона становить лише 40—42 °С. Тому його називають *холодним*.

Залежно від виду тварин гній неоднаково впливає на приріст урожаю сільськогосподарських культур. Найвищий приріст урожаю забезпечує внесення кінського та овечого гною. Гній великої рогатої худоби і свиней за хімічним складом більш-менш рівноцінний.

У практиці господарств гній усіх видів тварин зберігають в одному гноєсховищі. Хімічний склад такого змішаного гною залежить від співвідношення в ньому різних видів гною, віку тварин і способу годівлі, підстилки, способів та строків зберігання.

У різних природно-кліматичних зонах здобрювальна цінність гною неоднакова.

Тому при внесенні гною треба користуватися даними хімічного аналізу гною свого господарства або даними обласної проектно-пошукової станції хімізації, що дає змогу правильно розраховувати норми гною та доцільність поєднання його з внесенням мінеральних добрив під кожну культуру сівозміни.

Технологія зберігання та застосування підстилкового гною

Розкладання гною. Свіжий гній малопридатний для внесення в ґрунт і тому потребує деякого періоду (не менше 3 міс.) для дозрівання. За цей час під дією мікроорганізмів, грибів та актиноміцетів відбувається розкладання азотистих і безазотистих речовин гною. Насамперед розкладається сечовина, сечова і гіпурова кислоти, що входять до складу рідких виділень тварин. Під дією уробактерій та деяких амоніфікаторів, що виділяють фермент уреазу, сечовина перетворюється на карбонат амонію, який потім розкладається на аміак, вуглекислий газ і воду.

Такі ж самі продукти утворюються і при розкладанні сечової і гіпурової кислот. Тому уже в перші дні зберігання гною в ньому утворюється багато аміаку.

Аміак виділяється також і при розкладанні азотовмісних сполук твердих виділень тварин і підстилки, що розкладаються мікроорганізмами за допомогою різних ферментів. Білкові речовини гною при цьому поступово перетворюються в амінокислоти й аміди, які, відщеплюючи аміак, утворюють різні органічні кислоти і спирти. Отже, в результаті розкладання азотистих речовин гною в ньому завжди утворюється аміак. Одна частина його зв'язується мікроор-

ганізмами з утворенням нових білків, а друга виділяється в повітря і втрачається. Ось чому так важливо збільшувати кількість підстилки, особливо з торфу, для вбирання аміаку і зменшувати втрати азоту під час зберігання гною.

Безазотисті органічні речовини гною розкладаються аеробними й анаеробними бактеріями, а також грибами й актиноміцетами. Найшвидше розкладаються сахари, крохмаль, пентозани, пектини та органічні кислоти. Повільніше розкладається клітковина. В аеробних умовах вона розкладається на вуглекислий газ і воду, в результаті чого підвищується температура гною до 50—70 °С.

В анаеробних умовах клітковина розкладається на вуглекислий газ і метан. Температура гною при цьому не перевищує 35 °С.

Крім метану і вуглекислого газу виділяються сірководень, водень, а також індол, скатол та інші речовини, що надають гною специфічного запаху.

3. Способи зберігання гною.

Залежно від умов зберігання розкладання гною відбувається з різною інтенсивністю, в результаті чого утворюється гній різної якості.

У практиці господарств використовуються щільний (холодний), пухкий (гарячий) і пухкий з наступним ущільненням (гаряче-холодний) способи зберігання підстилкового гною.

Щільний (холодний) спосіб зберігання гною. Гній спочатку складають у гноєсховища або польові бурти пошарово шириною не менше 3—4 м, товщиною до 1 м, довільної довжини і зразу ущільнюють. Після ущільнення накладають другий шар гною і знову ущільнюють. Так повторюють доти, поки висота штабеля досягне 1,5—2 м. Зверху штабель обов'язково вкривають подрібненою соломною або торфом товщиною 15—20 см. Іноді при наявності в господарстві достатньої кількості торфу гній перешаровують з торфом. Цей захід зменшує втрати азоту та органічних речовин.

В ущільненому гною створюються анаеробні умови, температура влітку підвищується до 35 °С, а взимку становить не більше 25 °С; штабель рівномірно насичується гноївкою і вуглекислим газом, що перешкоджає розкладанню карбонату амонію, який консервує гній. Частина аміаку зв'язується також з органічними кислотами, що утворюються при розкладанні гною. Все це забезпечує максимальне збереження азоту й органічних речовин. Цей спосіб зберігання гною є основним і найбільш поширеним у господарствах. До цього способу належить і зберігання гною під худобою, коли до початкового товстого шару підстилки через кожні 2—3 доби в тваринницьких приміщеннях і на вигульних майданчиках добавляють нові порції торфу або солом'яної січки, що вбирають тверді і рідкі виділення, і

ущільнюються ногами тварин. При цьому утворюється гній досить високої якості, майже без втрат аміаку.

Пухкий з наступним ущільненням (гаряче - холодний) спосіб зберігання гною використовується в господарствах для знешкодження глистів і ліквідації загрози поширення хвороб травного каналу, а також знищення насіння бур'янів, що у великій кількості міститься в підстилковому гною. Цей спосіб також застосовують для прискорення дозрівання соломистого гною, особливо коли потрібно його вносити навесні під ярі та просапні культури.

Свіжий гній спочатку складають у штабелі без ущільнення, в результаті чого створюється аеробний режим і температура підвищується до 60 °С. При високій температурі гинуть яйця глистів та інших збудників захворювань травного каналу тварин, а також знищується насіння бур'янів. На 4—5 добу, коли температура в штабелі гною досягне 60—70 °С, його ущільнюють і зверху накладають новий шар гною без ущільнення. Так повторюють доти, поки висота штабеля досягне 1,5—2 м. Після ущільнення гній вкривають шаром солом'яної січки або торфу і зберігають до внесення в ґрунт.

Пухкий (гарячий) спосіб зберігання гною. Гній складають у штабелі без ущільнення, в яких досить швидко підвищується температура до 60—70 °С. При цьому відбуваються великі втрати азоту й органічних речовин 59). Гній розкладається нерівномірно. Його здобрювальна цінність невисока. Значного поширення в господарствах цей спосіб зберігання гною не має. Іноді його застосовують для швидкого виготовлення перегною з досить соломистого гною. Отже, найкраще зберігати гній у щільно складених буртах.

4. Ступені розкладання гною. Залежно від тривалості і способів зберігання виділяють чотири ступені розкладання гною: свіжий, напівперепрілий, перепрілий і перегній.

Свіжий слабозкладений гній характеризується тим, що колір і міцність солом'яної підстилки майже не змінюються. Такий гній вносити не рекомендується, оскільки він може викликати денітрифікацію і втрати азоту з ґрунту, а також містить насіння бур'янів, що не втратило своєї схожості.

Напівперепрілий гній утворюється після 3—5 міс. зберігання. Солома набуває темно-коричневого кольору, втрачає міцність і легко розривається. При цьому гній втрачає 10—30 % початкової маси і таку саму кількість сухих органічних речовин.

Перепрілий гній утворюється після тривалого зберігання. Він являє собою однорідну масу, в якій важко знайти окремі соломини. Такий гній втрачає близько 50 % маси і сухих органічних речовин.

Перегній являє собою пухку темну масу — продукт глибокого розкладання органічних речовин гною. Втрати маси і сухих органічних речовин досягають 75%

У результаті розкладання гною (від першого до четвертого ступеня) відбувається зменшення його початкової маси і збільшується процентний вміст азоту, фосфору та калію.

Найбільш раціонально використовувати напівперепрілий гній, який легко розподіляється по полю, краще зберігає азот, особливо аміачний, містить більше органічних речовин. Такий гній позитивно впливає на поліпшення фізичних, фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту та підвищення його родючості і врожайності сільськогосподарських культур.

Вихід підстилкового гною. В господарствах вихід гною обчислюють за формулою:

$$Д = К \left(Е + ПА + \frac{Б}{В} \right) \frac{100 - В}{100},$$

де Д — вихід гною в господарстві, т;

К — кількість худоби в умовних головах, шт.;

Е — кількість екскрементів від однієї умовної голови худоби за добу, кг;

П — кількість підстилки на добу, кг;

А — тривалість стійлового періоду в приміщеннях і загонах біля ферм, діб;

Б — тривалість утримання худоби в літніх таборах, діб;

В — втрати маси гною під час зберігання, %.

Для таких розрахунків виходу гною все поголів'я худоби перераховують в умовні голови. Так, у великої рогатої худоби (жива маса 500 кг) вихід калу і сечі від умовної голови за добу становить 55 кг, у свиней — 11 кг. Коефіцієнт перерахунку в умовні голови становить: для великої рогатої худоби — 0,8, коней — 0,5, свиней — 0,2, овець — 0,1.

Для спрощення розрахунків користуються середніми даними про вихід гною від однієї голови тварин залежно від тривалості стійлового періоду.

Фактичну кількість гною на фермах, у гноєсховищах і польових штабелях визначають за об'ємом і масою 1 м³ гною. Приблизна маса 1 м³ свіжого пухкого гною становить близько 300 кг, свіжого ущільненого — 400, напівперепрілого — 700, перепрілого — 800, перегною — 900 кг.

5. Зберігання та внесення гною. Гній зберігають у гноєсховищах котлованного (рис. 33, а) і наземного типів (рис. 33, б). У північних і західних районах республіки, де близько до поверхні залягають підґрунтові води, використовують наземні гноєсховища. В південних і південно-східних посушливих районах, де гній швидко пересихає, використовують котлованні гноєсховища.

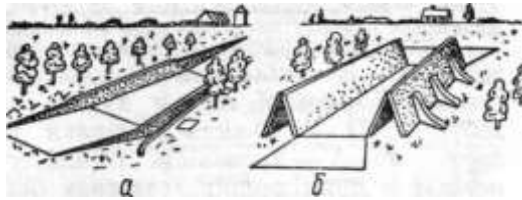


Рис. 33. Типи гноєсховищ

Гноєсховища будують на відстані не менше ніж 200 м від житлових приміщень і 50 м — від тваринницьких ферм. Для збирання сечі тварин і гноївки поряд з гноєсховищами будують спеціальні колодязі.

У господарствах, в яких ферми досить близько розміщені біля полів, гній зберігають у полі. Для цього площадки для складання гною обваловують ґрунтом, а дно вистеляють шаром соломи або торфу завтовшки 20—30 см. Гній складають штабелями шириною 3—4 м і висотою 1,5—2 м і після ущільнення вкривають соломною або торфом.

З гноєсховища гній вивозять у поле двічі на рік: взимку, коли обсяг робіт менший, та влітку після завершення посіву сільськогосподарських культур. Бурти з гноєм розміщують на протилежних кінцях поля з таким розрахунком, щоб забезпечити механізоване його внесення і звести до мінімуму холості проїзди гноєрозкидачів. Розміри буртів повинні відповідати нормам внесення гною на дане поле. Гній складають щільно і вкривають шаром соломи або торфу товщиною 20—30 см.

Гній вивозять на поля автомобілями-самоскидами ЗИЛ-555, ММЗ-555, ГАЗ-САЗ-53Б або самоскидними тракторними причепами 2-ПТС-4М, ММЗ- 771Б, 3-ПТС-12Б та ін. Вносять гній на поля сівозміни гноєрозкидачами 1-ПТУ-4, РОУ-6, КСО-9, ПРТ-101, ПРТ- 16М тощо. Вибірання гною із гноєсховищ і буртів проводять вертикально, що забезпечує рівномірність дозрівання, перемішування та розкидання по площі. Роботи ведуться комплексно. Два грейферних навантажувачі типу ПБ-35, ПЭ-0,8Б, ПФП-1 навантажують гній у кузовні гноєрозкидачі, що працюють на полі човниковим методом. Використовують також низькорамні гноєрозкидачі РПН-4, які завантажуються із автосамоскидів ЗИЛ-555, ММЗ-555. Розкиданий гній зразу заорюють у ґрунт. Запізнення з заорюванням гною у ґрунт призводить до зниження його ефективності. Залишений на полі на кілька днів гній втрачає весь аміачний азот і його вплив на врожай сільськогосподарських культур різко зменшується.

Глибина заорювання підстилкового гною в ґрунт залежить від ґрунтово-кліматичних умов господарства. На важких за гранулометричним складом ґрунтах гній треба заорювати мілко, оскільки при глибокому його заорюванні він дуже повільно розкладається. На легких піщаних і супіщаних ґрунтах з високою аерацією гній треба заорювати глибше. Глибше заорюють гній у посуш-

ливих районах і на недостатньо зволжених ґрунтах, при поглибленні орного шару. Глибина заорювання гною залежить також від вирощуваних культур, глибини розміщення їх корневих систем у ґрунті.

Зменшення втрат під час зберігання і використання підстилкового гною.

До заходів, що поліпшують якість підстилкового гною, збільшують його вихід і перешкоджають втратам азоту й органічних речовин, належать: збільшення норм підстилки, використання для підстилки торфу, подрібнення соломи, щільне зберігання гною, обладнання колодязів для збирання сечі і гноївки.

Для зменшення втрат і підвищення здобрувальної цінності гною проводять його компостування з 2—3 % фосфоритного борошна, попелом та іншими матеріалами. Гній при цьому збагачується фосфором, прискорюються розкладання органічних і нагромадження гумусових речовин.

Частина фосфору також перетворюється в органічну форму у вигляді плазми бактерій, що стає доступним для рослин після їх мінералізації.

Фосфоритне борошно і попіл можна добавляти до гною у відповідних пропорціях у будь-який час на фермах, вигульних майданчиках, в гноєсховищах, під час вивезення гною і складання його в бурти. Чим довший період взаємодії і ретельніше перемішування їх з гноєм, тим вища ефективність компостів. Компости вносять під оранку в розрахованих за фосфором нормах. Ефективність компостів при внесенні під зернові і просапні культури значно вища, ніж роздільного внесення їх компонентів.

6. Безпідстилковий гній

Перехід тваринництва на промислову основу пов'язаний з виробництвом рідкого безпідстилкового гною, що являє собою суміш твердих і рідких виділень тварин та невелику кількість підстилки і кормів, розбавлених водою. Він досить текучий, легко перекачується по трубопроводах з допомогою насосів і самопливом. Залежно від вмісту води в безпідстилковому гною розрізняють: напіврідкий гній — суміш твердих і рідких виділень тварин з вмістом сухих речовин понад 8 %; рідкий гній — суміш твердих і рідких виділень тварин, розбавлених невеликою кількістю води, з вмістом сухих речовин від 3 до 8 %; гноєві стоки — суміш виділень тварин, розбавлених значною кількістю води, з вмістом сухих речовин до 3 %.

Кількість і якість рідкого гною залежать від видів і віку тварин, типу годівлі, тривалості періоду відгодівлі або стійлового утримання, кількості води, що

витрачається для прибирання гною в тваринницьких приміщеннях, технології зберігання.

Річний вихід напіврідкого гною із вмістом води близько 90 % визначають за формулою

$$Г = K(1 - k) 10,$$

де Г — вихід напіврідкого гною, т/рік;

К — маса сухої речовини кормів, т;

к — середній коефіцієнт перетравності кормів (для ВРХ — 0,6; свиней — 0,7).

Під час прибирання приміщень змиванням водою калу і сечі тварин, а також промивання корит і поїлок збільшується об'єм рідкого гною і знижується процентний вміст в ньому азоту, фосфору та калію.

Особливістю рідкого безпідстилкового гною є висока розчинність і доступність рослинам його поживних речовин. Так, 50—70 % аміачного азоту використовується рослинами уже в перший рік. Білковий азот перетворюється в доступні форми під час його мінералізації. Більша частина фосфору знаходиться в органічних сполуках і тому він засвоюється рослинами краще, ніж фосфор мінеральних добрив. Калій стає доступним для рослин зразу після внесення рідкого гною в ґрунт. Крім того, рідкий гній містить значну кількість кальцію (до 3,1 %), легкодоступних мікроелементів та біологічні стимулятори росту і розвитку рослин. Все це забезпечує, порівняно з підстилковим гноєм, вищі прирости врожаю першої удобрюваної культури, проте дещо поступається в післядії.

При систематичному внесенні рідкого гною підвищується біологічна активність ґрунту, його родючість, збільшується вміст загального азоту, рухомого фосфору, обмінного калію, знижується гідролітична кислотність і забезпечується стабільність гумусу. Внесення безпідстилкового гною разом із соломною забезпечує таке саме відтворення гумусу, як і при застосуванні підстилкового гною. Тому сумарна дія рідкого гною на родючість ґрунту і підвищення врожайності сільськогосподарських культур прирівнюється до підстилкового гною.

У практиці господарств республіки для видалення рідкого гною з тваринницьких приміщень у гноєсховища в більшості випадків використовують каскадно-самопливну систему періодичної та безперервної дії, що потребує мінімальних затрат.

Зібраний у гноєсховища рідкий гній очищають від зайвих предметів, подрібнюють грубі домішки, розділяють на тверду та рідку фракції, проводять гомогенізацію. Тверду фракцію гною використовують для виготовлення ком постів з торфу, соломи та інших органічних компонентів, які після 2—3-місячного зберігання застосовуються для удобрення полів.

Рідку фракцію гною направляють у триступінчасту систему 3—4-секційних сховищ для знешкодження насіння бур'янів, дегільментизації і подальшого розподілу на фракції. У сховищі - відстійнику з рідкої фракції випадають в осад залишки твердої фракції, а освітлена рідка маса направляється в сховище-збирач, звідки по трубах перекачується на поля для внесення або в сховища-змішувачі для розбавлення водою, після чого розчин використовують для поливів у співвідношенні 1 : 1...3, під час вегетації рослин — 1 : 8... 10. Кожне сховище має відповідні розмір і призначення, їхнє функціонування регламентується вимогами санітарного нагляду.

Втрати органічних речовин і азоту під час розподілу на фракції та зберігання рідкого гною значно менші, ніж із підстилкового.

Рідкий гній використовують для внесення в основному удобренні під оранку ґрунту, а також для підживлення рослин і поливів. У першу чергу його використовують для удобрення польових і кормових культур, а також для внесення на луках і пасовищах. Не дозволяється використовувати рідкий гній для підживлення або дощування овочевих і плодових культур.

Транспортування і внесення рідкого гною здійснюють з допомогою спеціальних цистерн-розкидачів РЖУ-3,6, РЖТ- 4Б, МЖТ-10, МЖТ-16 та ін. Доставка і знесення рідкого гною на поля здійснюються за такими схемами: прифермське гноєсховище — цистерна-розкидач — поле; прифермське гноєсховище — цистерна — цистерна-розкидач — поле; гноєсховище — змішувач — трубопровід — дощувальна установка — поле; прифермське гноєсховище — трубопровід — польове гноєсховище — цистерна-розкидач — поле.

Найефективніше весняне внесення рідкого гною, проте там, де тваринницькі ферми великі, його вносять круглий рік. Внесення рідкого гною поверх снігу проводять на полях із схилами не більше 3° і при температурі повітря не нижче —10 °С при товщині снігового покриву до 20 см. У наступні роки ефективність рідкого гною знижується відповідно до типу ґрунту: на 2-й рік вона становить 20—30 %, на 3-й—5—15, на 4 - й — не більше 5 %.

7. Використання соломи як добрива

35 % зібраної соломи використовується на корм худобі, 15 — для підстилки, 5 — як паливо, 45 % заорюється в ґрунт і частково спалюється на полі.

Солома є важливим джерелом органічних і мінеральних речовин для рослин. При внесенні 1 т соломи в ґрунт надходить 800 кг органічних речовин, 3,5—5,5 азоту, 0,75—1,75 фосфору, 5,5—13,75 калію, 2,25—9,25 кальцію, 0,5 — 1,75 магнію, 1,25—2 сірки, 3 кг міді, а також бор, цинк, молібден, марганець, кобальт та інші мікроелементи (Т. Г. Горшкова, 1987).

При безпосередньому використанні соломи як добрива, що тепер переважно застосовується для підстилки, значно скорочуються матеріальні і трудові заходи: не треба виконувати операції пов'язані із збиранням, скиртуванням і перевезенням соломи на ферми, розкиданням підстилки і видаленням з приміщень гною, його навантаженням розвантаженням, складанням у бурти вивезенням і розкиданням по полю.

Подрібнення і розкидання соломи по полю здійснюють з допомогою спеціальних пристроїв ПУН-5 і ПУН-6 що начіплюють відповідно на комбайни «Нива» і «Колос». При їх відсутності солому подрібнюють з валків за допомогою косилок-подрібнювачів КІР-1,5 або КІК-1,4.

Подрібнена і заорана в ґрунт солома під впливом мікроорганізмів, грибів і актиноміцетів розкладається. Хід і швидкість розкладання залежать від типу ґрунту, його фізичних, хімічних і біологічних властивостей, кліматичних умов, виду і складу соломи, способів її використання як добрива.

Уже через три місяці після внесення соломи в ґрунт наполовину розкладаються мікроорганізмами водорозчинні органічні речовини. Пізніше розкладаються целюлоза та інші органічні речовини, що розчиняються в спиртах і ефірах. Найповільніше розкладається лігнін. *Для прискорення розкладання і усунення депресії врожайності першої культури в ґрунт треба додатково вносити аміачні форми азотних добрив, амонійний азот яких краще засвоюється мікроорганізмами, що розкладають солому. Встановлено, що для розкладання 1 т соломи достатньо 7—10 кг амонійного азоту.*

Після внесення в ґрунт соломи підвищується його мікробіологічна активність, збільшується вміст рухомих форм поживних речовин, зменшується кислотність і зводиться до мінімуму вплив мінеральних добрив на реакцію ґрунтового розчину. Поліпшуються структура і водний режим ґрунту. При поєднанні внесення соломи з мінеральним азотом збільшується вбирна здатність ґрунту, відбувається нагромадження гумусу.

Органічні речовини соломи знижують негативну дію високих норм вапна, гербіцидів і при розкладанні виділяють значну кількість вуглекислого газу, що використовується рослинами під час фотосинтезу.

Відомо кілька способів безпосереднього використання соломи як добрива:

1 - накриття ґрунту соломою (подрібнена і рівномірно розкидана під час збирання комбайном солома зернових залишається на полі і заорюється в ґрунт пізно восени або навесні). Цей спосіб використовується при середньому зволоженні ґрунту на малозасмічених бур'янами полях. Накриття ґрунту соломою позитивно впливає на його структуру і дозрівання, скорочує витрати вологи в результаті випаровування;

2 - мульчування (подрібнена і рівномірно розкидана по полю солома зразу після збирання заорюється в ґрунт дисковою бороною, лушпильником або фре-

зою). Цей спосіб використовується в умовах достатнього зволоження. Під час лущення подрібнена солома переміщується з ґрунтом і одночасно знищуються бур'яни. Досить часто, коли сприятливі кліматичні умови, на таких полях висівають пожнивні культури. Мульчування є досить ефективним засобом боротьби з водною і вітровою ерозією ґрунту. Розкладання соломи відбувається досить енергійно без нагромадження токсичних речовин;

3 - глибоке заорювання соломи після збирання врожаю. Розкладання соломи при цьому значно знижується. Відбуваються великі втрати азоту в результаті денітрифікації;

4 - поєднання внесення соломи з зеленим добривом або рідким безпідстилковим гноєм та ін.

Найбільш чутливі на удобрення ґрунту соломою в перший рік зернобобові і просапні культури. Гірші результати дає посів зернових, особливо озимих культур. При їх вирощуванні обов'язково треба разом з соломою вносити азотні добрива з розрахунку 7—10 кг на 1 т соломи.

8. Гноївка

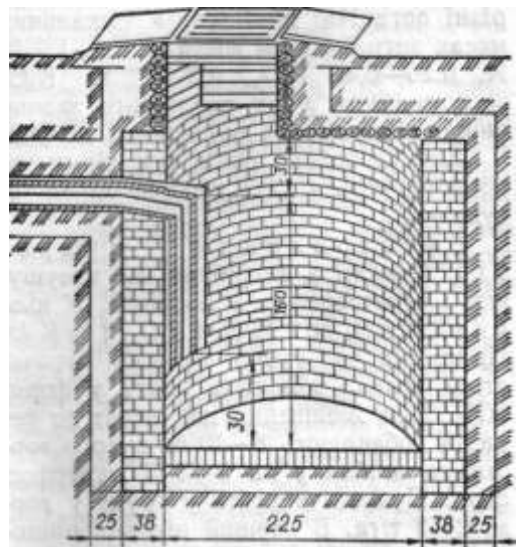
Гноївка — цінне швидкодіюче азотно-калійне добриво, що утворюється на фермах і в гноєсховищах у процесі розкладання гною. Крім продуктів розкладання гною до складу гноївки входять сеча тварин, а також вода, що використовувалася для різних потреб на фермах. Середній хімічний склад гноївки, %: 0,2—0,25 N, 0,4—0,5 K₂O, 0,01—0,06 P₂O₆, 0,6 органічних речовин. Залежно від умов зберігання вміст азоту коливається від 0,02 до 0,80 %, калію — від 0,1 до 1,2 %.

У середньому від однієї голови великої рогатої худоби за рік нагромаджується 2,5 м³ гноївки, коней і молодняка великої рогатої худоби віком до 2 років — 0,8, телят — 0,25 м³

Азот і калій гноївки досить доступні для рослин. Азот в основному міститься у формі сечовини CO (NH₂)₂, яка під дією уробактерій перетворюється на карбонат амонію (NH₄)₂CO₃, що легко розкладається на CO₂, NH₃ і H₂O. При тривалому зберіганні гноївки аміак швидко вивітрюється і добриво різко втрачає свою цінність. Тому гноївку треба зберігати у спеціальних щільно закритих колодязях-гноївкозбірниках. Такі колодязі влаштовують біля ферм та гноєсховищ. Для запобігання втрат NH₃, колодязі заливають тонким шаром відпрацьованого тракторного мастила. Втрати аміаку також зменшуються при добавці до гноївки 3—4 % суперфосфату, який з аміаком утворює стійкі проти розкладання солі MN₄H₂PO₄ та CaHPO₄, або 2,5 % марганцевих шлаків, що інактивують фермент уреазу і цим запобігають утворенню аміачного азоту, а отже, і його втратам.

Вибирають гноївку з колодязів насосами ФН-2,5, перевозять і розливають по полю автогноєрозкидачами РЖУ-3,6 або тракторними заправниками-розкидачами ЗВЖ-4, РЖТ-4, РЖТ-8.

Гноївку використовують під усі культури в основному удобренні та для підживлення. Під зернові, картоплю і коренеплоди вносять 15—20 т/га, під овочеві 20—30 т/га. Одночасно з внесенням гноївки слід вносити фосфорні добрива, оскільки вміст фосфору в ній дуже малий. Досить високоефективна гноївка на луках, а також при підживленні озимих, просапних і овочевих культур. Для підживлення озимих і луків вносять 3—5 т/га гноївки, розбавленої водою у співвідношенні 1 : 2...3. Підживлення кукурудзи, цукрових буряків та інших культур проводять гноївкою в нормі 6—7 т/га без розбавлення рослинорозкидачами на глибину 10—15 см посередині міжрядь. Гноївку використовують також для виготовлення компостів та зволоження пересохлого гною під час його зберігання.



Колодязь-гноївкозбірник

9. Пташиний послід

У зв'язку з введенням у дію державних птахофабрик і укрупненням птахоферм у колгоспах і радгоспах значно збільшився вихід пташиного посліду — цінного швидкодіючого органічного добрива.

Залежно від способів утримання птиці пташиний послід буває сухий та напіврідкий. Щорічний вихід пташиного посліду в нашій країні становить 45 млн. т, в тому числі 22 млн. т напіврідкого, а загальне виробництво органічних добрив на основі пташиного посліду в перспективі становитиме 85 —90 млн. т. При утриманні птиці на підлозі застосовують глибоку підстилку з торфу,

подрібненої соломи, тирси та інших матеріалів. Підстилка накладається спочатку шаром завтовшки 5—10 см і в міру її забруднення послідом птиці знову поновлюється. Це триває доти, поки товщина загального шару підстилки і посліду досягне 40—60 см, після чого він видаляється з приміщення. Вихід добрива за рік від 1000 курок становить близько 6 т. Для однієї курки потрібно 10—15 г торфової підстилки, а для однієї голови водоплавної птиці — 25—30 г.

При утриманні птиці в клітках для забезпечення механізованого видалення посліду його розбавляють водою до 80—90 % вологості.

Пташиний послід відзначається високою здобрувальною цінністю. Хімічний склад свіжого безпідстилкового посліду різних видів птахів наведено в табл. 66.

Вміст азоту, фосфору і калію в пташиному посліді може змінюватися залежно від кількості й якості кормів, особливо концентратів, а також тривалості зберігання.

Свіжий послід містить азот у формі сечової кислоти, яка легко розкладається з виділенням аміаку. Тому втрати азоту залежно від тривалості зберігання, особливо при пухкому способі зберігання, можуть досягати 30—60 %. Для зменшення втрат азоту до пташиного посліду добавляють сухий торф, перегній (25—50 %) та 8—10 % суперфосфату або фосфоритного борошна, які вбирають аміак, що виділяється під час розкладання сечової кислоти.

На великих птахофабриках безпідстилковий пташиний послід сушать на спеціально обладнаних барабанних сушилках при температурі 600—700 °С. Висушений послід містить 4—6 % N, 2—3 % P_2O_5 , 2—2,5 % K_2O . Його можна довше зберігати і перевозити на великі відстані. Проте при висушуванні посліду втрачається до половини азоту і 12—18 % фосфору та калію. Мікроелементи при висушуванні не втрачаються.

Видалений з приміщень послід при утриманні птиці на підлозі разом з підстилкою зберігають у буртах, щільно вкритих торфом або землею. При такій утилізації пташиного посліду поживні речовини майже не втрачаються і досягається висока чистота навколишнього середовища.

Пташиний послід використовують як цінне органічне добриво, що забезпечує високі прирости врожаю всіх сільськогосподарських культур. Норми його внесення встановлюють залежно від потреби культури та наявності в ґрунті рухомих поживних речовин. Під картоплю та овочі вносять 4—5 т/га сухого посліду, під зернові — 2—2,5 т/га. При використанні посліду з вологістю 60—80 % його норми збільшують у 2 рази.

Для підживлення цукрових буряків, картоплі та овочевих культур вносять 3—5 ц/га пташиного посліду у міжряддя.

Контрольні запитання

1. Значення гною в сільськогосподарському виробництві.
2. Від чого залежить хімічний склад гною?
3. Способи зберігання гною і втрати поживних речовин.
4. Яка ефективність гною в різних ґрунтово- кліматичних зонах?
5. Безпідстилковий гній і його якість.
6. Як відбувається розкладання гною в ґрунті?
7. Переваги підстилки для збільшення виробництва і поліпшення якостей гною.
8. Солома як органічне добриво.
9. Як зберігати і використовувати пташиний послід?

РОЗДІЛ 6. СИСТЕМА ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ

ТЕМА 6.1: ПРИНЦИПИ СКЛАДАННЯ СИСТЕМИ

УДОБРЕННЯ

ПЛАН:

- 1. Умови, необхідні для правильного складання системи удобрення.**
- 2. Живлення окремих культур і характер сівозміни.**
- 3. Технологія вирощування сільськогосподарських культур і застосування добрив.**
- 4. Поєднання внесення органічних і мінеральних добрив.**
- 5. Визначення норм добрив і їх розподіл під окремі культури.**

ЛІТЕРАТУРА: Карасюк І.М., Геркіял О.М. «Агрохімія», с. 179 – 195

МЕТА:

- систематизувати раніше отримані знання;
- створити атмосферу емоційного підйому;
- розвивати самостійність мислення, пам'ять.

Система удобрення культур у сівозміні повинна включати: правильне нагромадження і використання органічних, мінеральних і вапняних добрив та матеріалів для гіпсування солонцюватих ґрунтів; строки і способи їх внесення під окремі культури відповідно до технології вирощування; поєднання основного удобрення з припосівним (локальним) і підживленням у відповідності з проходженням етапів органогенезу і фаз розвитку рослин.

Система удобрення — це багаторічний план застосування добрив у господарстві, що забезпечує раціональне і ефективне їх використання. Вона розрахована на планомірне, довгострокове застосування добрив у сівозмінах з метою вирівнювання родючості окремих полів, подальшого піднесення інтенсифікації землеробства і охорони навколишнього середовища.

1. Умови, необхідні для правильного складання системи удобрення

Хімізація землеробства є одним з головних шляхів інтенсифікації сільськогосподарства. Перехід на інтенсивні енергозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур вимагає впровадження нових прогресивних способів застосування добрив у комплексі з хімічними засобами боротьби з шкідливими організмами і регуляторами росту рослин стосовно біологічних особливостей окремих культур.

Приступаючи до розробки системи удобрення культур у сівозміні, необхідно проаналізувати результати попередньої господарської діяльності сільськогосподарських підприємств, ознайомитися з виробничою спеціалізацією і структурою сільськогосподарських угідь, державними плановими завданнями на вирощування і реалізацію товарної продукції, посівними площами і врожайністю окремих сільськогосподарських культур, прийнятими в господарстві сівозмінами, впровадженням інтенсивних технологій вирощування тощо. Потрібно також ознайомитися з особливостями клімату, знати кількість і характер опадів, температурний режим, напрями і силу вітру, кислотність і лужність ґрунтів, наявність у них рухомих форм поживних речовин, встановити рівні актуальної і потенціальної їх родючості.

У ході аналізу попереднього використання добрив у господарстві треба оцінити стан і перспективи розвитку матеріально-технічної бази хімізації, домогтися здійснення планів хімічної меліорації, максимального нагромадження гною та інших органічних добрив, визначити потребу в мінеральних добривах, забезпечити комплексну механізацію всіх робіт по виготовленню, зберіганню і внесенню добрив.

Розробляючи систему удобрення, слід керуватися такими положеннями: система удобрення як одна з основних складових інтенсивної технології вирощування сільськогосподарських культур повинна забезпечувати стале

підвищення врожайності і поліпшення якості продукції всіх культур сівозміни при одночасному окультуренні і поліпшенні родючості ґрунту;

удобрюючи культури сівозміни, треба найповніше і найефективніше використовувати місцеві добрива, а також різні відходи;

внесені в сівозміні добрива повинні забезпечити найкращі умови живлення провідних культур сівозміни;

вносити добрива у нормах і співвідношеннях елементів живлення, найбільш ефективних для даної культури в конкретних умовах господарства при найсприятливішому поєднанні окремих їх форм і видів;

одночасно з застосуванням добрив впроваджувати заходи, спрямовані на поліпшення виробничих властивостей ґрунтів, усунення надмірної кислотності, гіпсування засолених ґрунтів, збагачення органічними речовинами тощо;

широко використовувати результати науково-дослідних установ, практичний досвід передових господарств і конкретні дані проектно-пошукових станцій хімізації, одержані при обстеженні полів даного господарства, для якого розробляється система удобрення;

розроблена система удобрення повинна забезпечити одержання запланованих урожаїв усіх культур сівозміни з найменшими затратами праці і матеріальних засобів на одиницю продукції при одночасному підвищенні продуктивності праці; вона повинна також забезпечити комплексне агрохімічне окультурення полів: створити оптимальні параметри родючості ґрунту, послідовне виконання всіх елементів інтенсивної технології вирощування культур і дотримання законів землеробства (мінімуму, оптимуму, рівнозначності і сукупної дії факторів).

Система удобрення культур у господарстві і сівозміні розрахована на тривалий період. Вона повинна враховувати родючість ґрунтів окремих полів і потребу сільськогосподарських культур у основних елементах живлення. Тому щорічно складаються плани застосування добрив, в яких визначаються норми (залежно від результатів останнього агрохімічного обстеження полів для кожної ділянки поля), форми, способи і строки їх внесення під окремі культури сівозміни; обчислюються потреби в органічних і мінеральних добривах, встановлюються календарні строки їх нагромадження, зберігання та використання відповідно до умов, що визначають правильне складання системи удобрення.

2. Живлення окремих культур і характер сівозміни

Кожна ґрунтово-кліматична зона країни або республіки характеризується відповідним набором сільськогосподарських культур. Усі вони відрізняються між собою неоднаковою потребою і співвідношенням поживних речовин, по-

різному реагують на фізичні і фізико-хімічні властивості ґрунту, наявність вологи в ґрунті, реакцію середовища тощо.

Вирощувані культури відрізняються між собою різним вегетаційним періодом. Так, більшість зернових злаків, льон, коноплі визрівають у першій половині літа, тоді як цукрові і кормові буряки, кукурудза, капуста, картопля та інші культури в кінці літа — першій половині осені. Вміле використання післязбирального періоду має важливе значення для складання правильної системи удобрення культур у сівозміні. При цьому треба також враховувати біологічні особливості, періодичність засвоєння поживних речовин рослинами, сорти сільськогосподарських культур тощо.

У практиці роботи колгоспів, радгоспів та інших сільськогосподарських підприємств потребу сільськогосподарських культур у поживних речовинах визначають за господарським виносом з розрахунку на 1 т основної і побічної продукції. Важливе значення має правильне співвідношення між нормами внесення окремих елементів, особливо азотом, фосфором і калієм.

Винос поживних речовин і співвідношення основних елементів живлення для ряду сільськогосподарських культур не сталі. Вони змінюються залежно від ґрунтово-кліматичних умов окремих зон, вирощуваних сортів, урожайності і рівня внесених добрив, вапнування, гіпсування, зрошування тощо. Надмірне живлення рослин одним з елементів може викликати небажані явища. Так, при внесенні азоту відбувається посилений ріст гички і бадилля, затримується формування корене- і бульбоплодів, знижується якість продукції (зменшується вміст білків, цукрів та інших біологічно активних речовин), спостерігається вилягання рослин тощо. Все це призводить до зменшення врожайності і погіршення якості продукції. Тому при складанні системи удобрення треба обов'язково враховувати ці фактори.

У сівозмінах республіки розміщуються як провідні (озима пшениця, цукрові буряки, картопля, соняшник, кукурудза та ін.), так і менш важливі для господарства культури. Провідні культури повинні одержувати поживні речовини в першу чергу і в більших кількостях. Як правило, вони забезпечують і вищу оплату добрив приростами врожаю. Тому сівозміни з високим насиченням озимою пшеницею, цукровими буряками, картоплею, овочевими культурами, соняшником, кукурудзою повинні одержувати і більшу кількість органічних та мінеральних добрив. Провідні культури в господарстві вирощують за інтенсивними технологіями, в результаті чого підвищується ефективність внесених у ґрунт добрив. Система удобрення повинна забезпечувати підвищення врожайності не лише провідних, а й усіх інших культур сівозміни. З цією метою вона повинна передбачати: правильне використання прямої дії добрив і їх післядії; уміле поєднання важкорозчинних форм добрив з легкокорозчинними, запровадження вапнування і гіпсування

ґрунтів. Безумовно, що при цьому важливе значення має характер сівозміни: набір і порядок чергування культур, визначення попередників, кількість поживних і кореневих залишків у ґрунті, вміст у них елементів живлення тощо.

Залежно від набору культур і їх чергування в сівозміні неоднаково вирішуються питання вапнування ґрунтів, використання органічних і важкорозчинних мінеральних добрив. Так, у сівозмінах з льоном і картоплею та іншими просапними культурами зростає потреба у фосфоритному борошні і калійних добривах. Кількість азоту треба обмежувати, щоб не допустити нагромадження нітратів у коренеплодах цукрових буряків і бульбах картоплі. В сівозмінах з озимою пшеницею і цукровими буряками збільшується потреба в органічних добривах, а також у стартовій дозі фосфору на початку вегетації цих культур. При використанні люпину як кормової культури і як зеленого добрива підвищується ефективність фосфоритного борошна, оскільки люпин має властивість засвоювати фосфор із важкодоступних сполук. У сівозмінах з кукурудзою високу ефективність забезпечує внесення рідких комплексних добрив та рідкого безводного аміаку на фоні фосфорно-калійних добрив. Рідкі азотні добрива не поступаються за ефективністю аміачній селітрі і карбаміду, а в посушливі роки навіть перевищують її.

Широке впровадження в сівозмінах просапних культур, під які вносяться підвищені норми органічних і мінеральних добрив, дає змогу вирощувати наступні за ними культури при менших нормах внесення основних елементів живлення.

Зменшення норм поживних речовин проводять також і після інших добре удобрених попередників, а також попередників, що залишають у ґрунті значну кількість органічних залишків, багатих на азот, та інші елементи. Так, після бобових культур, особливо багаторічних трав, відпадає потреба внесення азоту, проте зростає потреба у внесенні фосфорно-калійних добрив.

Водночас у кормових сівозмінах потреба в азоті зростає досить сильно, оскільки з зеленою масою кормів із поля виноситься значна кількість азоту ввібраного з ґрунту кормовими культурами. Тому розподіл добрив на полях сівозміни значною мірою залежить від характеру її спеціалізації, народногосподарського й агротехнічного значення кожної культури, попередників, ступеня окультуреності і наявності поживних речовин у ґрунті окремих полів.

3. Технологія вирощування сільськогосподарських культур і застосування добрив

Нині більша частина сільськогосподарських культур вирощується за інтенсивними технологіями, що забезпечують добру віддачу добрив при

одержанні високого врожаю, компенсують підвищений винос поживних речовин, збагачують ґрунт доступними їх формами, забезпечують стале підвищення його родючості.

Система удобрення культур у сівозміні є невід'ємною складовою частиною інтенсивних технологій. Залежно від культури вона повинна передбачати основне удобрення, коли вносять усі органічні і не менше 80 % мінеральних добрив, припосівне, локальне із стартовою дозою фосфору, що вноситься під час сівби сільськогосподарських культур, а також підживлення. При удобренні озимої пшениці та інших зернових культур особливе значення має роздрібне застосування азотних підживлень, яке здійснюється у відповідності з органогенезом злакових рослин і забезпечує високий приріст урожаю цих культур при одночасному поліпшенні якості продукції. В середньому за два роки приріст урожаю зерна озимої пшениці в результаті впровадження інтенсивних технологій її вирощування в поєднанні з правильною системою удобрення в господарствах Черкаської області становив 14,5 ц/га на площі понад 200 тис. га.

При удобренні цукрових буряків, кукурудзи, соняшнику, картоплі та інших просапних культур важливе значення належить внесенню органічних і мінеральних добрив у достатній кількості під час основного обробітку ґрунту, що створюють відповідні фізико-хімічні умови для одержання високих врожаїв цих культур.

При застосуванні добрив у інтенсивних технологіях значно підвищується роль вапнування і гіпсування ґрунтів як засобів хімічної меліорації, що створюють оптимальне середовище і забезпечують високу ефективність мінеральних добрив.

На ефективність системи удобрення впливають також і інші складові інтенсивної технології вирощування культур, якість посівного матеріалу, сортові особливості окремих культур, строки і способи внесення добрив, стан посівів, строки і способи збирання врожаю тощо.

Отже, поєднання системи удобрення сільськогосподарських культур з інтенсивними технологіями їх вирощування найбільш повно задовольняє біологічні потреби рослин і забезпечує саму високу окупність поживних речовин внесених у ґрунт добрив.

4. Поєднання внесення органічних і мінеральних добрив

При складанні системи удобрення культур у сівозміні і в господарстві важливо правильно поєднувати внесення органічних і мінеральних добрив. Поєднання внесення органічних і мінеральних добрив у сівозміні дає змогу забезпечити рослини засвоюваними елементами живлення на перших стадіях їх розвитку і дати у вигляді гною сталий резерв поживних речовин.

Проведені на кафедрі агрохімії і ґрунтознавства УСГІ дослідження з системи удобрення свідчать про те, що при поєднанні внесення органічних добрив з мінеральними в сівоzmіні забезпечуються найкращі умови живлення рослин і найвищі врожаї сільськогосподарських культур при високій якості продукції. У середньому за 20 років досліджень найвищу врожайність усіх культур сівоzmіни одержано при комбінованій системі удобрення, коли органічні добрива поєднували з мінеральними. Крім основних елементів живлення з гноєм у ґрунт вносяться мікроорганізми, мікроелементи, фізіологічно активні речовини, Гній сприяє додатковому утворенню гумусу.

При такій системі удобрення знижується негативний вплив фізіологічної кислотності і підвищеної концентрації поживних речовин, що спостерігається при внесенні лише одних мінеральних добрив; посилюється мікробіологічна діяльність і інтенсивніше розкладаються органічні речовини гною і ґрунту, в результаті чого поживні речовини краще використовуються для створення врожаю сільськогосподарських культур сівоzmіни. У середньому в 245 дослідках з удобренням озимої пшениці на Україні приріст урожаю зерна від поєднання органічних добрив з мінеральними становив 11,4 ц/га, тоді як при внесенні еквівалентних кількостей тільки мінеральних добрив — 8,8 і лише гною — 4,6 ц/га.

Поєднання внесення органічних добрив з мінеральними особливо необхідне на піщаних і супіщаних ґрунтах, малоокультурених суглинкових дерново-підзолистих відмінах, на вилужених чорноземах. Його насамперед слід застосовувати під цукрові буряки, кукурудзу, картоплю, овочеві, а також кормові, озимі зернові та інші культури, що потребують значної кількості поживних речовин протягом усього вегетаційного періоду.

Внесений під просапні культури гній та інші органічні добрива проявляють післядію на інші культури сівоzmіни, під які безпосередньо вносять лише мінеральні добрива.

5. Визначення норм добрив і їх розподіл під окремі культури

Важливим фактором при складанні системи удобрення є встановлення оптимальних норм і співвідношення поживних речовин добрив під окремі сільськогосподарські культури і в сівоzmіні в цілому. Визначення оптимальних норм під окремі культури проводиться на основі ряду методів. Найважливішими серед них є такі.

1. Методи розрахунків на основі прямого використання польових дослідів з добривами.
2. Балансово-розрахункові методи за виносом поживних речовин з урахуванням коефіцієнтів використання їх з ґрунту і добрив.

3. Методи розрахунків норм добрив на запланований приріст урожаю за виносом поживних речовин приростом урожаю.
4. Методи розрахунків норм добрив за нормативами витрат поживних речовин на одиницю продукції.
5. Визначення норм добрив на основі бальної оцінки ґрунту.

Визначення норм добрив на основі використання результатів польових дослідів

Науково-дослідними інститутами, обласними дослідними станціями, проектно-пошуковими станціями хімізації за єдиними схемами проводяться польові дослід з добривами. Одержані після проведення дослідів результати дають змогу виявити основні закономірності дії добрив у різних ґрунтово-кліматичних зонах і на відповідних ґрунтах, встановити середні розміри сталих приростів урожаю сільськогосподарських культур від внесення різних норм добрив і співвідношення основних елементів живлення, визначити ефективність добрив і потребу в них для різних природно-кліматичних зон, областей і районів, спланувати виробництво і розподіл окремих видів добрив у країні. Так, Українським науково-дослідним інститутом ґрунтознавства та агрохімії встановлено орієнтовні норми добрив для всіх сільськогосподарських культур. У конкретному господарстві залежно від забезпеченості ґрунту рухомими формами поживних речовин вони коректуються згідно з останніми агрохімічними аналізами, що постійно здійснюються проектно-пошуковими станціями хімізації.

За рівнем забезпеченості поживними речовинами всі ґрунти поділяються на шість агрохімічних груп: дуже низький, низький, середній, підвищений, високий, дуже високий.

Коректування норм добрив залежно від забезпеченості ґрунту рухомими формами поживних речовин здійснюють з допомогою поправочних коефіцієнтів, які для різних культур неоднакові, і постійно уточнюються проектно-пошуковими станціями хімізації щодо умов їх вирощування.

На основі даних таблиць визначають норми внесення добрив під окремі культури сівозміни. Так, для удобрення озимої пшениці на чорноземах опідзолених, згідно даних таблиці, треба внести $N_{90}P_{90}K_{90}$. При підвищеному рівні забезпеченості ґрунту (IV агрохімічна група) розрахункова норма добрив під озиму пшеницю буде становити:

для $N = 90 \cdot 0,9 = 81$ кг; для $P = 90 \cdot 0,7 = 63$ кг; для $K = 90 \cdot 0,7 = 63$ кг.

Коректування норм добрив проводять також на основі картограм. При цьому норми азотних добрив коректують за картограмами забезпеченості фосфором,

оскільки він найчастіше знаходиться в мінімумі. Норми фосфору і калію коректують відповідно за картографами забезпеченості фосфором і калієм.

Одержані в конкретному польовому досліді норми мінеральних добрив з відповідним вмістом рухомих форм поживних речовин коректують з агрохімічними групами ґрунту конкретного поля.

Балансово-розрахункові методи визначення норм добрив за виносом поживних речовин на основі коефіцієнтів їх використання з ґрунту і добрив.

Баланс основних поживних речовин визначається співвідношенням між загальним їх виносом з урожаєм і тією кількістю поживних речовин, що повертаються в ґрунт. Його слід розглядати як найбільш доступний контроль за станом родючості ґрунту в кожному полі, господарстві, районі, області, республіці.

У землеробстві України спостерігається тенденція до збільшення надходження поживних речовин у ґрунт, але одночасно з підвищенням урожайності сільськогосподарських культур збільшується їх винос. Активний баланс (позначається знаком +) поки що забезпечується лише з фосфору, тоді як з азоту і калію він залишається пасивним (позначається знаком —).

Підвищення врожайності окремих культур сівозміни стримувалося не лише дефіцитом поживних речовин, а й іншими факторами. Незбалансованість поживних речовин у ґрунті під посівами льону, кукурудзи на зерно, посадками картоплі, високий пасивний баланс їх під соняшником і кукурудзою на силос були однією з причин низької врожайності цих культур.

Дефіцит азоту і калію привів до того, що формування врожаю сільськогосподарських культур у сівозміні відбувалося за рахунок мобілізації цих елементів із запасів ґрунту, внаслідок чого його родючість зменшилася. Тому, щоб запобігти цьому, треба забезпечити активний баланс у землеробстві республіки не лише фосфору, а й азоту і калію.

Забезпечення активного балансу поживних речовин повинно стати основним принципом при складанні системи удобрення культур у сівозміні. Воно сприятиме не лише підвищенню врожайності й якості сільськогосподарських культур, а й забезпечуватиме поліпшення родючості ґрунтів. Д. М. Прянишников підкреслював, що з добривами в ґрунт повинно повертатися не менше 75—80 % винесеного з урожаєм азоту і калію і 100—110 % винесеного фосфору. Ось чому балансові методи визначення норм добрив на запланований врожай є найбільш доцільними.

Порядок розрахунків норм добрив для одержання запланованої врожайності покажемо на прикладі вирощування за інтенсивною технологією озимої пшениці сорту «Чайка» в учгоспі «Родниківка» УСГІ.

При розрахунках норм добрив важливо правильно визначити господарський винос і коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту і добрив.

Орієнтовно вважають, що зернові культури з ґрунту можуть використовувати 50—80 % азоту, 10—15 фосфору і 20—30 % калію, просапні й овочеві відповідно 70—90, 15—20 і 30—40 %. Із внесених у ґрунт мінеральних добрив Д. М. Прянишников вважав, що рослини можуть використовувати для створення врожаю 50—90 % азоту, 10—15 фосфору і 60—100 % калію, з органічних добрив відповідно 20—30 % азоту, 30—50 фосфору і 60—70 % калію.

Господарський винос і коефіцієнти використання поживних речовин залежно від ґрунтово-кліматичних умов, культур, сортів та інших факторів мають значні відхилення і уточнюються в господарствах конкретно для кожного поля сівозміни проектно-пошуковими станціями хімізації. Їх кількісні характеристики залежать від типу ґрунту, забезпеченості його рухомими формами поживних речовин, вологою, реакції середовища, ступеня насиченості основами та інших показників.

Залежно від культур і типів ґрунтів неоднакові також і коефіцієнти використання поживних речовин із внесених органічних і мінеральних добрив.

Потребу сільськогосподарських культур в елементах живлення за результатами агрохімічного обстеження полів на заплановану врожайність можна також визначити за формулою ВІДА і ВНІЦ, удосконаленою І. С. Шатиловим і М. К. Каюмовим:

$$H = \frac{(B * 100) - (Г * K_{п})}{K_{д}C},$$

де H — норма елемента живлення для одержання запланованого врожаю, кг/га;
 B — винос елемента запланованим урожаєм, основною і побічною продукцією, кг/га;

$Г$ — вміст елемента живлення у ґрунті в рухомій формі, кг/га;

C — вміст елементів живлення у добриві, що вноситься в ґрунт, %;

$K_{п}$ — коефіцієнт використання поживних речовин з ґрунту, %;

$K_{д}$ — коефіцієнт використання поживних речовин з добрив, %.

Визначення норм добрив за рівнем природної родючості (бальною оцінкою) ґрунту.

Необхідну кількість добрив для одержання запланованого врожаю визначають за формулою

$$H = \frac{U_{\text{п}} - (B + H \cdot K_{\text{д}}) A}{K_{\text{м}}},$$

де H — необхідна норма поживних речовин для одержання запланованого врожаю, ц/га;

$U_{\text{п}}$ — запланований урожай, ц/га;

B — урожайність за рахунок природної родючості ґрунту (ціна бала помножена на оцінку ґрунту в балах для даної культури), ц/га;

H — запланована норма органічних добрив, т/га;

$K_{\text{д}}$ — окупність 1 т органічних добрив приростом урожаю, ц/га;

$K_{\text{м}}$ — окупність 1 ц діючої речовини мінеральних добрив приростом урожаю, ц/га; A — поправочний коефіцієнт на агрохімічну групу ґрунту.

П р и к л а д . При вирощуванні озимої пшениці в колгоспі «Прогрес» Жашківського району Черкаської області за інтенсивною технологією планувалося одержати 50 ц/га високоякісного зерна. Оцінка ґрунту за озимою пшеницею — 78 балів; ціна одного бала в зерні — 0,36 ц/га; внесено гною — 20 т/га; окупність 1 т органічних добрив зерном озимої пшениці — 0,25 ц/га; забезпеченість ґрунту поживними речовинами середня, що належить до III групи з поправочним коефіцієнтом, який дорівнює одиниці; окупність 1 ц мінеральних добрив зерном озимої пшениці — 4,7 ц/га.

Підставляючи вихідні дані у формулу, знаходимо необхідну кількість мінеральних добрив для одержання 50 ц/га зерна озимої пшениці:

$$H = \frac{50 - (78 \cdot 0,36 + 20 \cdot 0,25) 1}{4,7} = 3,6 \text{ ц/га}$$

При співвідношенні $N : P : K$, що дорівнює 1,0 : 0,9 : 0,8, для кількісного визначення кожного елемента (в кг/га) обчислюємо суму коефіцієнтів

$S = 1,0 + 0,9 + 0,8 = 2,7$ і ціну цілого коефіцієнта в поживних речовинах

$3,6 : 2,7 = 1,33$ ц/га. Звідси необхідна кількість поживних речовин для внесення в ґрунт становить: азоту — $1,33 \cdot 1 = 1,33$ ц/га = 133 кг/га;

фосфору — $1,33 \cdot 0,9 = 120$ кг/га;

калію — $1,33 \cdot 0,8 = 107$ кг/га.

У тому випадку, коли співвідношення між елементами живлення не відповідають потребам даної культури, розрахунки норм добрив ведуть за фактичним їх вмістом.

П р и к л а д . У колгоспі ім. Кірова Уманського району Черкаської області під час сівби озимої пшениці в ґрунті вміст азоту (за Корнфілдом) становив 16 мг на 100 г ґрунту, поправочний коефіцієнт 1,0; фосфору (за Чиріковим) — 7 мг на 100 г ґрунту (поправочний коефіцієнт 1,0); калію (за Чиріковим) — 10 мг на 100 г ґрунту, поправочний коефіцієнт 0,8. Перемноживши коефіцієнти вмісту основних елементів живлення в ґрунті на співвідношення останніх для озимої пшениці

1,0 : 0,9 : 0,8, одержали їх співвідношення в добривах для внесення на даному полі:

$$\begin{aligned} & N : P : K \\ & X \ 1,0: 1,0:0,8 \\ & \underline{1,0:0,9:0,8} \\ & 1,0:0,9:0,64 \end{aligned}$$

Розрахункова норма мінеральних добрив під озиму пшеницю 360 кг/га. Звідси норма добрив повинна складатися із 142 кг/га азоту, 128 фосфору і 90 кг/га калію.

Визначення норм добрив на запланований приріст урожаю

За багаторічними даними Київського філіалу ЦІНАО середня врожайність сільськогосподарських культур у господарствах Черкаської області без внесення добрив становить: зернових — 27,1 ц/га; в тому числі озимої пшениці — 28,3, кукурудзи на зерно — 32,9, кукурудзи на силос — 262, соняшнику — 14,9, цукрових буряків — 228, картоплі — 84, овочевих культур — 124 ц/га.

За середньою врожайністю, одержаною на полях за рахунок природної родючості, розрахованою множенням бонітету ґрунту на ціну бала, при введенні необхідних коефіцієнтів на зрошення, осушення, попередники, визначають величину приросту врожаю, який можна одержати в результаті внесення органічних і мінеральних добрив. Вона обчислюється множенням норми добрив на окупність 1 т гною 1 ц мінеральних добрив.

Для спрощення розрахунків при встановленні норм добрив на запланований урожай Черкаська проектно-пошукова станція хімізації визначила норми поживних речовин для одержання 10 ц/га приросту продукції при умові, що ґрунт забезпечений азотом і калієм в межах 8—11 і фосфором — 8—12 мг на 100 г ґрунту (табл. 79).

Якщо вміст азоту, фосфору і калію в ґрунті нижче 8 мг на 100 г ґрунту, то на 1 мг зменшення вмісту цих елементів встановлені норми добрив збільшують: азоту і фосфору на 10, а калію — на 15 кг/га. При збільшенні вмісту азоту і калію понад 11, а фосфору понад 12 мг на 100 г ґрунту встановлені норми добрив зменшують: азоту і фосфору на 10, а калію на 15 кг/га на 1 мг підвищення їх вмісту в ґрунті.

Періодичне агрохімічне обстеження ґрунтів дає змогу спеціалістам господарств на основі цих розрахунків своєчасно вносити корективи в розрахункові норми добрив, що забезпечує сталість урожайності всіх сільськогосподарських культур. Розподіл мінеральних добрив здійснюється згідно з ґрунтово-кліматичними умовами природно-сільськогосподарських зон, народногосподарським значенням вирощуваних культур та економічною

ефективністю внесених добрив. Насамперед мінеральні добрива виділяють під культури, що мають найважливіше значення для народного господарства, а їх виробництво обмежено відповідними ґрунтово-кліматичними умовами. В повній потребі виділяють мінеральні добрива для внесення на зрошуваних землях. Найвищі їх норми застосовують під провідні технічні культури — цукрові буряки, льон, картоплю, а також овочі, зернові колосові, кукурудзу

Робота комплексу забезпечується на основі таких вихідних даних:

структура посівних площ, фактична і планова врожайність сільськогосподарських культур, що висівають в господарстві, районі, області;

потреба в добривах на одиницю приросту врожаю, частка приросту врожаю залежно від видів і співвідношення мінеральних добрив за результатами польових дослідів;

рівень потенціальної й актуальної родючості ґрунту на основі агрохімічного обслідування;

економічна ефективність застосування добрив, що визначається на основі середніх приростів урожаю і затрат на застосування добрив.

Середні норми добрив для окремих природно-сільськогосподарських зон установлюються згідно з плановою врожайністю сільськогосподарських культур, фактичним забезпеченням господарства добривами і рівень родючості ґрунтів.

Планування закупок мінеральних добрив здійснюється на основі прийнятих у господарстві норм під окремі культури, потреба в яких найчастіше встановлюється за нормативними показниками. З цією метою ЦІНАО розроблена програма «Радоз», що визначає плани поставок добрив для окремих господарств на заплановану врожайність з урахуванням родючості ґрунтів. Для розробки цих планів на електронно-обчислювальних машинах у обчислювальний центр подаються такі дані: номер сівозміни, поля й окремих його ділянок з визначенням їх площ; тип ґрунту і його гранулометричний склад, група за кислотністю і вмістом рухомих форм поживних речовин за останнім агрохімічним обстеженням; попередник і його удобрення; культура, сорт і запланована врожайність.

Норми добрив на заплановану врожайність визначають на ЕОМ за схемою, наведеною на рис. 48. Залежно від наявності поживних речовин, гранулометричного складу, кислотності ґрунту та інших факторів обчислені на ЕОМ норми мінеральних добрив враховують потребу в них рослин для кожної конкретної ділянки і поля в цілому, визначають строки і способи їх застосування.

Річний план застосування добрив, розроблений за програмою «Радоз», є основою при плануванні поставок добрив — офіціальним документом для ви-

конання робіт спеціалізованою агрохімічною службою і внутрігосподарським способом.

Найбільш надійними при визначенні оптимальних норм добрив є дані польових дослідів з добривами, особливо багаторічних, при поєднанні з розрахунковими методами перевірки співвідношення між окремими елементами живлення і попередньою агрономічною й економічною їх оцінкою.

Запланована врожайність сільськогосподарських культур з використанням встановлених норм добрив повинна забезпечуватися на основі впровадження найновіших технологій їх вирощування з урахуванням усіх природно-економічних факторів, організаційно-господарських умов і особливостей живлення рослин. Науково-дослідними установами України для кожної природно-сільськогосподарської зони з урахуванням типів ґрунтів, розміщення культур у сівоzmінах, забезпеченості господарств органічними і мінеральними добривами розроблені приблизні норми їх внесення відповідно до вимог рослин і технології їх вирощування, що дають змогу одержувати заплановану врожайність з високими показниками якості продукції при підвищенні родючості ґрунтів.

Для прикладу приведемо приблизні схеми систем удобрення культур у сівоzmінах для господарств Черкаської області при фондових поставках мінеральних добрив 200—300 кг/га і середньому рівні забезпеченості ґрунту поживними речовинами (табл. 80, 81).

Згідно з такими рекомендаціями в кожному господарстві залежно від вмісту основних елементів живлення в орному шарі і характеристики ґрунтового покриву на основі прийнятих методик розробляються агрохімічні паспорти полів і остаточно уточнюються норми добрив і строки їх внесення під окремі культури сівоzmіни. При цьому враховують також форми добрив і строки їх внесення, розробляють графіки виконання робіт з хімізації полів. На основі обчислених потреб у добривах складають план використання добрив у господарстві та подають заявку на потребу в добривах, що надсилається в райсільгоспхімію.

Контрольні запитання

1. Що таке система удобрення?
2. Основні завдання системи удобрення.
3. Які умови необхідні для правильного складання системи удобрення?
4. Визначення норми добрив під окремі культури сівоzmіни.

ТЕМА 6.2. УДОБРЕННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР

ПЛАН:

- 1. Особливості живлення і удобрення зернових культур.**
- 2. Удобрення кукурудзи.**
- 3. Удобрення зернобобових культур.**
- 4. Удобрення багаторічних бобових трав.**
- 5. Удобрення цукрових буряків та картоплі.**
- 7. Удобрення льону.**

ЛІТЕРАТУРА: Карасюк І.М., Геркіял О.М. «Агрохімія», с. 195 – 206

МЕТА:

- засвоїти особливості удобрення польових культур;
- навчити оцінювати з точки зору творчості, логічно мислити;
- розвивати увагу, пам'ять.

1. Удобрення зернових культур

Удобрення зернових культур здійснюється в загальному комплексі системи удобрення всіх культур сівозміни. Найкращі результати забезпечуються при сумісному застосуванні в сівозміні органічних і мінеральних добрив.

Гній як основне органічне добриво є в кожному господарстві. Під впливом гною поліпшуються фізичні властивості ґрунту, створюються кращі умови для життєдіяльності мікроорганізмів, поживні речовини гною та інших органічних добрив швидше перетворюються в доступні для рослин форми без створення при цьому надмірних концентрацій. На фоні гною на 15—20 % підвищується ефективність використання поживних речовин внесених у ґрунт мінеральних добрив.

В умовах достатнього зволоження гній у сівозмінах переважно вносять під просапні культури. Озима пшениця та інші зернові культури використовують його післядію. При нестійкому і недостатньому зволоженні гній вносять на парових полях під озиму пшеницю, а при їх відсутності, особливо в сівозмінах з багаторічними травами, під цукрові буряки. Норми гною під зернові культури залежно від типу ґрунту, характеру поля і зони коливаються в межах 20—30 і 35—40 т/га

Ефективність органічних добрив залежить від ґрунтово-кліматичних умов окремих зон України, попередників, норми їх внесення в сівозміні. Залежно від розміщення зернових культур у зоні приріст урожаю зернових підвищується із сходу на захід. Так, у зоні Лісостепу приріст урожаю озимої пшениці від внесення гною в умовах Лівобережжя становив 3,7 ц/га, тоді як на Правобережжі — 5,8 ц/га; на чорних парах після багаторічних трав, вико-вівсяних сумішей, зернобобових культур він коливається в межах 3,1—6,3 ц/га після стерньових попередників та кукурудзи, зібраної у молочно-восковій стиглості,— 5,6—7,5 ц/га (П. О. Дмитренко, Б. С. Носко, 1987).

У стаціонарному досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства УСГ1 в середньому за дві ротації (20 років) під впливом систематичного внесення гною збільшилися вміст гумусу на 0,12 %, сума вбирних основ — на 4,5 і ємність вбирання — на 4,6 %; зменшився вміст іонів водню і реакція ґрунтового розчину стала близькою до нейтральної. Все це позитивно впливає на підвищення врожайності і поліпшення якості зерна озимих і ярових зернових культур. Так, урожайність озимої пшениці (залежно від сорту) на ділянках, удобрених гноєм і мінеральними добривами, досягла 55,9—63,1 ц/га ячменю — 38,5—42,4, кукурудзи — 54,6—58,4 ц/га, а вміст білка в зерні озимої пшениці підвищився на 0,7—1,5 %, кукурудзи — на 0,3—0,6 %.

Правильне внесення гною в кожному господарстві, поєднання його з мінеральними добривами створює необхідні умови для комплексного

агрохімічного окультурення полів і забезпечення бездефіцитного балансу гумусу.

Найвищі прирости врожаю зернових культур одержують господарства при внесенні гною на опідзолених ґрунтах. На глибоких і середньогумусних чорноземах його дія на підвищення врожаю зернових культур знижується. В більшості господарств Черкаської, Вінницької, Тернопільської та інших областей республіки при збільшенні норми гною від 20 до 30 і 40 т/га кожна тонна окуплюється зерном відповідно 27—40 кг, 20—35 і 18—25 кг.

Важливими у підвищенні ефективності добрив є період і способи їх внесення. Встановлено (Б. С. Носко, Г. Г. Дуда, 1980), що при внесенні добрив під час основного обробітку ґрунту, коли гній і мінеральні добрива вносять на відповідну глибину, ефективність поживних речовин зростає на 30—35 %.

Недопустимо поверхнєве внесення мінеральних добрив під передпосівну культивуацію, під ярі зернові, особливо в зоні недостатнього зволоження. В таких випадках поверхневий шар ґрунту швидко пересихає, поживні речовини в цих умовах залишаються невикористаними і позитивна дія добрив знижується на 40 % і більше.

Щоб виділені під зернові культури добрива були найефективніше використані, система удобрення повинна передбачати внесення гною, частини азоту і фосфорно-калійних добрив, у загальному близько 80 %, під час основного обробітку ґрунту, другу частину добрив — під час сівби локально в рядки і решту, в основному азот, роздрібно, поетапно під час вегетації рослин залежно від фази розвитку зернових культур. Така система застосування гною і мінеральних добрив при вирощуванні зернових культур за інтенсивною технологією найповніше задовольняє їх біологічні потреби, забезпечує оптимальну окупність поживних речовин внесених у ґрунт добрив.

У сучасних інтенсивних технологіях вирощування зернових культур застосовують такі форми удобрення: **основне удобрення, припосівне (локальне) і підживлення.**

Основне добриво вноситься під час підготовки ґрунту. До його складу входять гній, деяка частина азоту (на бідних ґрунтах і після гірших попередників) і фосфорно-калійні добрива. Іноді вносять лише повне мінеральне добриво; **припосівне** — вноситься локально в рядки під час сівби зернових культур, обов'язково із стартовою дозою доступного фосфору, а також азоту і калію, підживлення здійснюється у формі внесення азоту порціями, а при необхідності — фосфору і калію під час поетапного проходження рослинами органогенезу й окремих стадій розвитку залежно від їх потреб.

В основному удобренні використовують аміачні форми азотних туків: рідкий безводний аміак, аміачну воду, сульфат амонію, та інші аміачні добрива.

Сечовина, аміачна та інші селітри використовують для **внесення в рядки під час сівби та для підживлення** в період вегетації рослин.

Основну частину фосфорних добрив вносять під час основного плоскорізного або поверхневого обробітку ґрунту, невелику стартову дозу — під час посіву в рядки. Слід мати на увазі, що такі добрива, як фосфоритне борошно, томасшлак, фосфатшлак, преципітат, знефторені фосфати, не розчиняються у воді і малорозчинні у слабких кислотах. Тому їх треба вносити перед першим або під час другого лушення, щоб забезпечити найбільший контакт добрив з ґрунтом. Водночас суперфосфат, що містить в основному водорозчинну форму фосфору, потрібно вносити на дно борозни під час оранки або у вигляді стартової дози в рядки, щоб зменшити контакт з ґрунтом і запобігти переходу фосфору в недоступні форми.

При внесенні фосфорних добрив слід також враховувати і кислотність ґрунту. На кислих дерново-підзолистих, сірих опідзолених ґрунтах і чорноземах вилужених ефективніше фосфоритне борошно, металургійні шлаки, томасшлак і фосфатшлак; на чорноземах глибоких, середньо-гумусних — гранульований суперфосфат.

Калійні добрива треба вносити під час основного обробітку ґрунту, калій при цьому знаходиться в зволоженому шарі і не переходить у недоступну форму. Кращими формами калійних добрив є хлористий калій, 40 % калійна сіль, калій-електроліт, калімагnezія тощо.

Ефективність мінеральних добрив значно підвищується, якщо їх вносять на фоні вапняних добрив. Вапняні добрива створюють сприятливі фізико-хімічні умови для ефективного використання мінеральних добрив, сприяють оптимізації мінерального живлення зернових культур.

З метою найбільш раціонального використання добрив при застосуванні системи удобрення зернових культур проводять ґрунтову, листову і тканеву діагностику.

Ґрунтова діагностика проводиться з метою правильного вибору поля і його підготовки для вирощування зернових культур за інтенсивними технологіями. Під час цього заходу з допомогою сучасних агрохімічних методів досліджень у ґрунті визначають вміст доступного для рослин азоту, рухомого фосфору, обмінного калію, а також рН ґрунтового розчину та інші показники, що є основою для встановлення оптимальних норм добрив на запланований урожай. При весняному обстеженні полів установлюють потребу зернових культур у ранньовесняних підживленнях і формах азоту.

Підживлення посівів озимих зернових культур проводять навесні по мерзлоталому ґрунті. При підсиханні ґрунту застосовують кореневе підживлення.

Ці форми підживлення озимих за ефективністю рівнозначні і використовуються в господарстві залежно від стану рослин та вмісту азоту в ґрунті.

Якщо посіви зріджені (<300 рослин на 1 м²), дозу азоту збільшують на 10—20 кг/га, при загущенні посівів (>508 рослин на 1 м²) — зменшують на 10—20 кг/га; якщо запаси мінерального азоту в ґрунті весною вищі за розрахункові, проводять підживлення лише зріджених посівів. Решту посівів, щоб не допустити вилягання рослин, обробляють препаратом ТУР.

Листкову діагностику проводять для коректування доз азоту під час другого підживлення озимих у фазах кущіння, виходу в трубку, колосіння, а також у фазі п'яти листків у ярих. Для цього у відповідних фазах розвитку зернових культур у суху погоду проводять відбір зразків рослин по діагоналі поля в 20—30 місцях: у фазі кущіння зрізують усі рослини, у фазах колосіння і цвітіння в озимих і п'яти листків в ярих культур беруть по три верхніх листки з головних і вторинних стебел з таким розрахунком, щоб середній зразок був не менше 100 р. Відібрані зразки аналізують у лабораторії на вміст у них азоту, фосфору і калію, а також сухих речовин. Одержані результати порівнюють з оптимальними на заплановану врожайність.

Якщо результати аналізу не відповідають оптимальному вмісту азоту в рослинах, то визначена для другого підживлення доза азоту в 30 кг/га коректується за такою формулою:

$$Д = 30 \frac{N_{\text{опт}}}{N_{\text{факт}}},$$

де $N_{\text{опт}}$ — оптимальна доза азоту, кг/га;

$N_{\text{факт}}$ — фактична доза азоту, кг/га.

Так, при вирощуванні озимої пшениці за інтенсивною технологією в 1989 р. у колгоспі «Новий Світ» Уманського району Черкаської області у фазі виходу в трубку вміст азоту в рослинах становив 3,2 % при середньому оптимальному — 4,8 %. Отже, дозу азоту при другому підживленні треба збільшити в 1,5 рази:

$$Д = 30 \frac{4,8}{3,2} = 45 \text{ кг/га.}$$

Підживлення посівів проводять з допомогою технологічних колій і використанням аміачної селітри або сечовини.

Тканинна діагностика застосовується в господарствах при вирощуванні зерна цінних і сильних пшениць для визначення потреби в некоренових підживленнях рослин азотом. Вона проводиться для озимих у фазу виходу в трубку, для ярих — у фазу кущіння, а також відповідно колосіння і цвітіння з допомогою польової експрес лабораторії ОАП-1 або ОП-2.

У відповідні фази на полях в 20—30 місцях відбирають по 100—120 рослин, із яких відбирають типові для даного поля 20 рослин (середня проба). Кожну з відібраних рослин аналізують на вміст азоту. Вміст азоту визначають у середніх балах за інтенсивністю забарвлення зрізів рослин від добавки дифеніламіну, що є основою для визначення потреби в некореновому підживленні рослин. Якщо середній бал $< 3,5$ підживлення не проводять, оскільки при цьому одержати сильну пшеницю неможливо. Коли середній бал знаходиться в межах 3,5—4,5, проводять два некоренових підживлення із розрахунку по 30 кг/га азоту: перше — в фазу колосіння, друге — в фазу наливу зерна. Коли бал знаходиться в межах 4,6—5,5, проводять одне підживлення — в фазу цвітіння (30 кг/га азоту). Якщо середній бал $> 5,5$, некоренове підживлення не проводять, оскільки при цьому рослини для одержання сильного зерна додаткового підживлення азотом не потребують.

Некоренове підживлення проводять 20—30%-м розчином сечовини (65 кг сечовини + 150 л води), «плаву» (22 кг сечовини + 45 кг аміачної селітри + 100 л води) або КАС при витраті розчину 150—200 л/га.

2. Удобрення кукурудзи

Кукурудза як одна з важливих зернофуражних і силосних культур забезпечує високу врожайність на ґрунтах з реакцією, близькою до $pH = 6,0 \dots 7,0$ при наявності в них достатньої кількості поживних речовин і дотриманні всіх складових інтенсивної технології її вирощування.

У сівоzmінах із зерновою кукурудзою під час основного обробітку ґрунту обов'язково треба вносити гній (підстилковий — 20—30 т/га, рідкий — 60 т/га) або поєднувати його внесення з мінеральними добривами. Норми мінеральних добрив установлюють на основі діагностики ґрунту і запланованої врожайності кукурудзи. Так, для одержання врожаю зерна 50—70 ц/га норми мінеральних добрив залежно від типу ґрунтів при середньому забезпеченні їх поживними речовинами повинні знаходитися в таких межах: на чорноземах типових і реґрадованих — $N_{90-120} P_{90} K_{90}$; на чорноземах опідзолених і темно-сірих лісових ґрунтах — $N_{90-120} P_{90} K_{120-150}$, на сірих лісових — $N_{20} P_{90} K_{100}$. Коли мінеральні добрива вносять на фоні гною, застосовують менші норми, без гною — вищі. При наявності в ґрунті поживних речовин на рівні 12—15 мг на 100 г

грунту мінеральні добрива вносять лише під час сівби як рядкове удобрення в межах N12 —15 P12—15 K12—15.

При вирощуванні кукурудзи за інтенсивною технологією норми добрив установлюють розрахунковими методами. Кращими формами і строками внесення органічних і мінеральних добрив під кукурудзу є такі, коли під час основного обробітку ґрунту вносять гній і близько 80 % мінеральних добрив, а решту добрив локально — в рядки і при підживленні.

Найефективніше проводити підживлення кукурудзи у фазі 3—5 листочків, що забезпечує приріст урожаю зерна залежно від типу ґрунту та інших факторів у середньому від 2 до 7 ц/га.

В усіх випадках удобрення кукурудзи перевагу надають основному удобренню. Перенесення частини добрив з основного удобрення в припосівне або підживлення позитивних наслідків не дає. Лише на легких ґрунтах перенесення частини азоту з основного удобрення в підживлення при достатньому забезпеченні рослин водою може підвищувати врожайність на 3,6—4,1 ц/га (П. О. Дмитренко, Б. С. Носко, 1987).

Для удобрення кукурудзи можна використовувати всі добрива, що є в наявності у господарстві. Фосфорні добрива використовують залежно від кислотності ґрунту. На кислих ґрунтах найкраще вносити фосфоритне борошно, фосфат - шлак, томасшлак, знефторені фосфати, при нейтральній і близькій до нейтральної реакції чорноземних ґрунтах — суперфосфат звичайний або подвійний.

3. Удобрення зернобобових культур

Зернобобові — цінні продовольчі і кормові культури. Вони також відіграють важливу роль у землеробстві: внаслідок фіксації газоподібного азоту вони збагачують ґрунт білковим азотом, позитивно впливають на структуру ґрунту і фізичні властивості, є добрим попередником для всіх зернових культур. Майже всі зернобобові, за винятком квасолі, сої та ін., не вибагливі до тепла, але досить чутливі до наявності вологи в ґрунті, потребують нейтральної реакції ґрунтового розчину і позитивно (особливо горох, вика, кормові боби) реагують на внесення вапняних добрив. На створення 1 т основної і відповідної кількості побічної продукції зернобобові культури виносять з ґрунту значну кількість поживних речовин. Так, горох виносить 60 кг азоту, 16 — фосфору, 24 кг калію; вика — відповідно — 60, 14, 16; кормові боби — 52, 20, 44; квасоля — 53, 22, 29; соя — 72, 23, 38. При цьому горох і вика засвоюють основну частину поживних речовин до кінця цвітіння, а кормові боби — до досягання бобів на стеблі. Всі зернобобові культури активно реагують на післядію органічних і мінеральних добрив

Залежно від призначення врожаю, кліматичних умов і культури під зернобобові вносять органічні і мінеральні добрива. Органічні добрива вносять у нормах 20—30 т/га під час основного обробітку ґрунту під культури, що використовуються на зелену масу. З урахуванням наявності поживних речовин на більшості ґрунтів мінеральні добрива вносять в основному удобренні в нормах $N_{30}P_{40}-60K_{40}-60$. Лише на чорноземах після удобрення попередників азот не вносять, але при цьому насіння бобових обробляють перед сівбою ризоторфіном. Високу ефективність забезпечує локальне внесення фосфорно-калійних добрив у рядки під час сівби ($P_{10}-20K_{10}-20$), особливо на площах, де добрив в основному удобренні не застосовували. Прирости врожаю зерна від цього заходу залежно від культури становлять 2—4,5 ц/га. Зернобобові культури здатні засвоювати поживні речовини з усіх форм азотних, фосфорних, калійних та комплексних добрив. Вони також позитивно реагують на обробку насіння перед посівом мікродобривами. Так, обробка насіння гороху молібдатом амонію, молібдатом амонію-натрію з розрахунку 12,5—25, вики — 25—50, кормових бобів — 12,5—25 г/ц підвищує врожайність гороху та інших зернобобових культур на 1,7—2,8 ц/га, а вміст сирого протеїну в зерні підвищує на 1,7—2 %. При нестачі в ґрунті бору його вносять у формі бури (3 кг/га) або борату магнію (20 кг/га). Насінницькі посіви у фазі бутонізації або цвітіння обробляють борними добривами з розрахунку 100—200 г бору на 1 га. На низинних ґрунтах і осушених торфовищах вносять мідні добрива: мідний купорос — 20—25 кг/га або піритні недогарки — 5—6 ц/га один раз у 5—6 років.

4. Удобрення багаторічних бобових трав

Багаторічні бобові трави засвоюють велику кількість поживних речовин, добре реагують на безпосереднє внесення добрив, а також використовують їх післядію при удобренні покривних культур та попередників. На формування врожаю 1 т сіна люцерна засвоює з ґрунту 26 кг азоту, 6 фосфору, 16 кг калію, конюшина — відповідно 19, 6, 15 кг; вони також чутливі до реакції ґрунту. Найвищі врожаї люцерна і конюшина забезпечують при нейтральній або слабколужній реакції ґрунтового розчину. Тому кислі ґрунти треба обов'язково вапнувати. Для забезпечення оптимального живлення й одержання високих урожаїв багаторічних бобових трав слід застосовувати органічні та мінеральні добрива.

Органічні добрива вносять за 1—3 роки до посіву багаторічних трав під провідні культури, що передують їх розміщенню у сівозміні. Мінеральні добрива вносять під покривну культуру: в підвищених нормах фосфорні і калійні — $P_{60}-90 K_{60}-90$, і в менших — азотні $N_{30}-40$. Найкраще при цьому застосовувати легкорозчинні добрива — суперфосфат, сірчано-кислий калій, калій-магnezію, калійну сіль. Азотні добрива насамперед треба вносити на дерново-

підзолистих ґрунтах, де вони необхідні для кращого розвитку бобових трав і покривних культур. На торфових ґрунтах вносять лише фосфорні і калійні добрива, на солонцюватих — азотні і фосфорні.

Для поліпшення утворення бульбочок на коренях бобових трав їх насіння безпосередньо перед висівом обробляють суспензією з ризоторфіну (3 л суспензії на 100 кг насіння), а також молібденом (250 г молібдену на 100 кг насіння), особливо на слабкокислих ґрунтах, у формі молібдату амонію або молібдату амонію-натрію та бором (1—2 кг бору на 100 кг насіння) у формі борнодатолітового або бормагнієвого добрива.

Безпокровні ширококорядні посіви багаторічних бобових трав удобрюють повним добривом. Залежно від попередників та забезпеченості ґрунту поживними речовинами вносять N30-60 P60-90 K60-90.

Після збирання покривних культур посіви багаторічних трав, особливо коли вони ослаблені, підживлюють фосфорно-калійними добривами — P30-45 K30-45, а на бідних ґрунтах також і азотними — N20—25. Безпокровні посіви підживлюють повним добривом N30-35 P40-60 K40-60. На торфових ґрунтах азотні добрива не вносять. Для підвищення врожайності насіння конюшини і люцерни їх посіви у фазі бутонізації обробляють борними добривами у формі некоренових підживлень з розрахунку 250 г бору на 1 га.

Якщо після збирання покривних культур підживлення трав не проводили, його обов'язково треба провести весною по мерзлоталому ґрунті. Насамперед підживлювати слід насінницькі посіви. Для підживлення багаторічних бобових трав використовують фосфорно-калійні, а при необхідності й азотні добрива. При використанні багаторічних трав на 2—3 укоси підживлення проводять після кожного укосу. Для підживлення важливе значення слід надавати азотним добривам, а також вносити достатню кількість фосфорно-калійних.

Велике значення для росту вегетативних органів люцерни і конюшини та нагромадження в них білків має застосування гіпсу. Найкраще його вносити на посівах після першого року використання бобових трав. Гіпс при цьому вносять поверхнево сівалками з розрахунку 3—6 ц/га по конюшині і 2—4 ц/га по люцерні. Найкраще вносити його восени.

5. Удобрення лук і пасовищ

Луки і пасовища характеризуються значним набором злакових і бобових трав, різнотрав'я. Залежно від біологічних особливостей та умов росту їх корені можуть проникати в ґрунт на глибину до 100—150 см, проте основна маса коренів знаходиться в шарі 0—20 см. Такі особливості будови коренів трав'янистих рослин, а також безперервний їх ріст з ранньої весни і до пізньої осені зумовлюють значний винос поживних речовин цими рослинами з ґрунту, особливо в критичні періоди, коли вони відростають і засвоюють найбільше азоту і

калію. За даними І. В. Ларіна, 1 т сіна виносить з ґрунту 15 кг азоту, 6 фосфору, 17 кг калію. Тому удобрення лук і пасовищ є одним із найважливіших факторів підвищення їх продуктивності. Більшість трав, що ростуть на луках і пасовищах, найкраще розвивається при $\text{pH} = 5,5 \dots 7,0$. В цих умовах вони здатні засвоювати поживні речовини, що вносяться поверхнево протягом всього вегетаційного періоду. Потреба в добривах визначається станом і характером травостою, вологістю ґрунту, періодами скошування і випасання худоби, наявністю поживних речовин у ґрунті. Так, на суходольних луках і пасовищах у першому мінімумі знаходиться азот, на низинних засіяних травами луках — фосфор.

Мінеральні добрива на луках вносять залежно від кількості укосів і характеру травостою. На сіножатях фосфорні і калійні добрива вносять після першого укосу або восени. Азотні добрива на одноукісних сіножатях застосовують навесні, а на двоукісних два рази: під перший укіс вносять 60—70 під другий — 30—40 %.

На пасовищах фосфорні і калійні добрива вносять за один раз навесні, влітку або восени. Азотні застосовують дробно після кожного стравлювання худобою і рано навесні. Таке внесення азоту сприяє зниженню вмісту нітратів у зеленій масі. З допомогою мінеральних добрив регулюють ботанічний склад травостою. Мінеральний азот сприяє кращому розвитку злакових трав. Тому на луках, що переважно складаються із злакових трав, норму азотних добрив збільшують до 60—90, а іноді і до 120—150 кг/га. При наявності бобових трав у травостої понад 25 % застосовують помірні норми азоту. Фосфорні і калійні добрива сприяють збільшенню бобових у травостої за рахунок зменшення різнотрав'я. Важливе значення має застосування добрив з мікроелементами. На дерново-підзолистих ґрунтах вносять молібденові добрива, на торфових — мідні. Органічні добрива вносять, як правило, один раз у 3 роки. На сіножатях їх вносять після скошування сіна, на пасовищах — після останнього стравлювання худобою. Органічні добрива найкраще вносити в похмуру погоду перед дощем. При застосуванні безпідстилкового гною та гноївки останні розбавляють водою в 2—3 рази. Внесення органічних добрив підвищує продуктивність сіножатей і пасовищ від 8 до 15 ц/га.

Площі сіножатей і пасовищ з підвищеною кислотністю потребують вапнування, яке проводиться один раз у 5—7 років. На нейтральних ґрунтах і ґрунтах після вапнування вносять також борні добрива — борний суперфосфат, борнодатолітове добриво тощо.

Застосування мінеральних добрив сприяє поліпшенню якості врожаю сіножатей і пасовищ. Фосфорні і калійні добрива підвищують вміст фосфору, калію і кальцію в сіні і зеленій масі, азотні — вміст сирого протеїну.

Мікродобрива забезпечують потребу в основних мікроелементах, що важливо для підтримання їх життєдіяльності і високої продуктивності.

6. Удобрення цукрових буряків

Цукрові буряки на Україні вирощують переважно в Лісостепу, проте їх культивують також у південних районах Полісся та північних районах Степу. Оптимальна реакція ґрунту для їх вирощування $pH = 7,0 \dots 7,5$. Тому навіть слабкокислі ґрунти потребують вапнування, а лужні — гіпсування.

Засвоєння поживних речовин цукровими буряками відбувається протягом усього вегетаційного періоду. Причому за виносом з ґрунту вони займають одне з перших місць серед польових культур. Так, при врожайності 350—450 ц/га цукрові буряки на кожній 100 ц коренеплодів виносять таку кількість поживних речовин, наведених у табл. 84.

Засвоєння поживних речовин відбувається нерівномірно. На початку вегетації цукрові буряки засвоюють порівняно невелику кількість поживних речовин. У цей період їх коренева система ще слабо розвинена і молоді рослини чутливі до наявності в ґрунті доступних форм поживних речовин, особливо фосфору. Тому так важливе *рядкове (локальне)* удобрення цукрових буряків під час сівби, коли на деякій відстані від рядка в ґрунт вносять доступні для рослин форми азоту, фосфору і калію $N_{10}—15$ $P_{10}—15$ $K_{10}—15$. В період інтенсивного росту листя цукрові буряки засвоюють велику кількість азоту, а в період формування коренеплодів і нагромадження цукру — фосфору та калію.

Оскільки цукрові буряки мають глибоко розгалужену кореневу систему, добрива під них вносять на відповідну глибину, на що в свій час звертали увагу О. І. Душечкін, А. Є. Зайкевич та ін. У сучасних інтенсивних енергозберігаючих технологіях вирощування цукрових буряків система удобрення повинна складатися з основного й рядкового удобрення, а в зоні достатнього зволоження ще і підживлення. В зоні недостатнього зволоження підживлення ефективне лише у тому випадку, коли в основному удобренні внесено недостатню кількість добрив.

Удобрення цукрових буряків включає внесення гною та мінеральних добрив. У дослідках кафедри агрохімії та ґрунтознавства УСГІ в середньому за дві ротації (20 років) при поєднанні внесення гною і мінеральних добрив урожайність цукрових буряків становила в трав'яній ланці сівозміни 468 ц/га, в ланці сівозміни з зайнятим паром 472 ц/га, тоді як при внесенні лише мінеральних добрив відповідно 428 і 421 ц/га.

Дія гною на врожайність цукрових буряків залежно від природно-кліматичних зон проявляється неоднаково. Так, за роки одинадцятої п'ятирічки приріст урожаю коренеплодів цукрових буряків від внесення гною становив: на Поліссі — 37,2 %, в Лісостепу — 3,6 і Степу — 6,6 %, а 1 т підстилкового

гною, внесена безпосередньо під цукрові буряки, окуплялася в перерахунку на зернові одиниці: на Поліссі — 1,03 ц, в Лісостепу — 0,69, в Степу — 0,52 ц (О. О. Бацула та ін., 1988).

На врожайність цукрових буряків також впливають норми гною та хімічний склад органічних добрив. Так, у зоні Лісостепу при нормі внесення підстилкового гною до 20 т/га приріст урожаю не перевищував 50 ц/га, а при її збільшенні з 20 до 40 т/га приріст коренеплодів підвищився до 61 ц/га.

Ефективність гною та інших органічних добрив залежить від фізичного стану добрив та періоду їх внесення. Так, за даними науково-дослідних установ України, проведених у 1973— 1976 рр., приріст урожаю цукрових буряків залежно від норм гною і періоду внесення знаходився в межах 43— 65 ц/га (табл. 85).

Для удобрення цукрових буряків можна використовувати торфогнойові та торфофекальні компости, які за впливом на врожай подібні до гною, а також пташиний послід та інші органічні добрива.

Ефективність органічних добрив значною мірою залежить від місця їх внесення в сівозміні. Так, у Правобережній провінції Лісостепу УРСР при достатньому зволоженні внесені під парозаймаючу культуру 40 т/га гною рівноцінні 20 т/га, внесеним у зайнятому парі або безпосередньо під цукрові буряки. Ця ж норма гною при внесенні її безпосередньо під цукрові буряки, що розміщуються після озимої пшениці по горосі, забезпечує приріст урожаю коренеплодів до 40 ц/га (П. О. Дмитренко, Б. С. Носко, 1987).

При інтенсивній технології вирощування цукрових буряків в енергозберігаючих технологіях норми мінеральних добрив встановлюють на основі агрохімічного аналізу, який здійснюється під час діагностики ґрунту проектно - пошуковими станціями хімізації. В умовах достатнього зволоження при вирощуванні цукрових буряків на чорноземах типових і вилужених мінеральні добрива слід вносити в співвідношенні 1 : 1 : 1 .

Багаторічними дослідженнями кафедри агрохімії і ґрунтознавства УСП було встановлено, що в умовах Правобережної Лісостепової провінції УРСР доцільною нормою добрив під цукрові буряки в інтенсивній енергозберігаючій технології є внесення на фоні 30 т/га 120K120 (табл. 87).

Така норма мінеральних добрив, що вноситься на фоні гною при розміщенні цукрових буряків у сівозміні з зайнятим паром, забезпечує найвищу цукристість коренеплодів і при високій урожайності дає змогу одержувати найвищий вихід цукру з 1 га посівів при самій низькій його собівартості. Додаткове внесення азоту призводить до зниження вмісту цукру в коренеплодах і зменшення його виходу з 1 га.

При розміщенні цукрових буряків після озимої пшениці, попередником якої був горох, у системі удобрення культури виникає потреба в додатковому внесенні калійних добрив, які сприяють підвищенню врожайності та поліпшенню якості коренеплодів.

В умовах нестійкого зволоження на чорноземах вилужених та легких за гранулометричним складом ґрунтах ефективнішими є фосфорні добрива. Тому переваги фосфору в паровій та фосфору і калію в трав'яній ланках сівозмін порівняно з іншими елементами живлення сприяють підвищенню врожайності та цукристості коренеплодів.

Отже, система удобрення цукрових буряків повинна складатися з **основного удобрення** під час зяблевого обробітку ґрунту, коли вносять гній і 80 % мінеральних добрив; **припосівного** (локально в рядки $M_{10}P_{15}_2K_{10}$) та **підживлень** (N_{20-40} , P_{20} , K_{20-30}). Здебільшого треба проводити одне підживлення (після завершення формування густоти насадження цукрових буряків). В умовах нестійкого та недостатнього зволоження підживлення неефективні. Приблизні норми мінеральних добрив коректуються відповідно з наявністю поживних речовин у ґрунті, кількістю внесених органічних добрив та врожайністю цукрових буряків.

7. Удобрення льону

Коренева система льону слабо розвинена і погано засвоює поживні речовини з важкодоступних сполук. Тому льон досить вимогливий до наявності вологи в ґрунті та легкокорозинних форм поживних речовин.

На створення 1 т повітряно-сухої маси (соломка і насіння) він виносить з ґрунту 13—15 кг азоту, 3,7—5,2 фосфору, 5,7—9,2 кг калію. Льон добре реагує на внесення органічних, мінеральних та місцевих добрив. Враховуючи слабкорозвинену кореневу систему і короткий вегетаційний період, органічних добрив безпосередньо під льон не вносять. Гній вносять в нормах 40—60 т/га під попередник, яким найчастіше є картопля. Місцеві добрива вносять під зяблеву оранку з розрахунку, ц/га: попелу — 5—7, птишиного посліду — 8—10, гноївки — 10—20. Орієнтовні норми мінеральних добрив N_{20} — $30P_{60}$ — $90K_{60}$ * Кращими формами азотних добрив є аміачна селітра та сульфат амонію, а також карбамідоформ (сечовиноформальдегідне добриво). Із фосфорних — гранульований суперфосфат, а на кислих ґрунтах також фосфорне борошно та фосфатшлак, які одночасно знижують кислотність ґрунту. Використовуються також амофос і знефторені фосфати. Серед калійних кращими є добрива, що не містять хлору — сульфат і метафосфат калію.

Досить часто, особливо на карбонатних ґрунтах, льон потребує внесення мікродобрив, що містять бор. Борні добрива вносять одночасно з мінеральними з розрахунку 0,5—1,1 кг/га бору у формі борнотолітового добрива, бури

та інших мікродобрив. Застосування борних добрив сприяє усуненню такого захворювання рослин, як бактеріоз льону, та поліпшує якість волокна.

Усі добрива під льон застосовують під зяблеву оранку, лише на легких за гранулометричним складом і ґрунтах азотні добрива вносять під передпосівну культивуацію.

Нині для удобрення льону широко використовують створене науково-виробничим об'єднанням «Міндобриво» і ВНДІ льону нове гранульоване комплексне добриво, що містить, %: N — 5, P₂O₅ — 30, K₂O — 30, B — 0,3. Азот у добриві міститься в амонійній формі, що дає змогу вносити його в ґрунт під час основного обробітку.

Контрольні запитання

1. Визначення норми добрив під окремі культури сівозміни.
2. Особливості удобрення зернових культур в інтенсивних технологіях.
3. На яких ґрунтах і які мікродобрива треба застосовувати при вирощуванні просапних культур — цукрових буряків, кукурудзи тощо?
4. Які переваги застосування добрив у сівозмінах?
5. Особливості удобрення кукурудзи на зерно при вирощуванні за інтенсивною технологією.
6. Як скласти річний план застосування добрив у господарстві?
7. Удобрення окремих культур (льону, картоплі, луків і пасовищ, зернових і бобових культур).

РОЗДІЛ 7. АГРОХІМІЯ І АГРОЕКОЛОГІЯ

ТЕМА 7.1: АГРОХІМІЧНИЙ СЕРВІС

ПЛАН:

- 1. Структура і зміст роботи підрозділів агрохімічної служби.**
- 2. Наукове забезпечення агрохімічної служби.**
- 3. Комплексне агрохімічне окультурення полів.**
- 4. Методи досліджень в агрохімії.**

ЛІТЕРАТУРА: Карасюк І.М., Геркіял О.М. «Агрохімія», с. 218– 230

МЕТА:

- оволодіти знаннями з даної теми;
- формувати відповідальне ставлення до майбутньої професії;
- сприяти розвитку уміння подолання труднощів.

1. Структура і зміст роботи підрозділів агрохімічної служби

Агрохімічна служба — це науково-виробнича система агрохімічного обслуговування сільськогосподарських підприємств, спрямована на всебічну хімізацію сільського господарства та ефективне використання добрив.

Так, на Україні було створено республіканське виробничо-наукове об'єднання «Укрсільгоспхімія», до складу якого входять обласні і районні об'єднання «Сільгоспхімія», обласні станції захисту рослин, проектно-пошукові станції хімізації (на базі колишніх зональних агрохімлабораторій) та інші підрозділи обласного і районного підпорядкування.

На об'єднання «Укрсільгоспхімія», його структурні підрозділи в областях і районах покладено відповідальність за науково - обґрунтоване використання добрив, хімічних меліорантів, пестицидів та інших засобів хімізації, за підвищення родючості ґрунтів. Вони розробляють проекти річних і п'ятирічних планів хімізації; постачають колгоспам, радгоспам, іншим сільськогосподарським підприємствам засоби хімізації; організовують заготівлю торфу і місцевих вапняних та гіпсових матеріалів; виконують роботи пов'язані з підвищенням родючості ґрунтів, захистом сільськогосподарських культур від шкідників, хвороб і бур'янів; здійснюють агрохімічне обстеження ґрунтів, визначають якість кормів; розробляють рекомендації і проектно-кошторисну документацію ефективного використання добрив та меліорантів.

Обсяги робіт, що виконуються об'єднаннями «Сільгоспхімія», щорічно зростають. Основними виробничими підрозділами агрохімічного обслуговування господарств на Україні є спеціалізовані пункти хімізації, що виконують майже всі роботи за принципами госпрозрахунку. Перші пункти хімізації були створені в колгоспах Черкаської і Київської областей, а потім у багатьох інших господарствах. Пункт хімізації господарства має склади для зберігання мінеральних добрив та інших засобів хімізації, навіси і площадки для техніки, адміністративно-побутове приміщення. За ним закріплені трактори і спеціальні машини для внесення добрив та пестицидів.

Створення пунктів хімізації сприяло значному зменшенню втрат добрив, зниженню на 15—20 % собівартості робіт, підвищенню на 20 % урожайності культур і на 15 % окупності засобів хімізації.

В окремих районах в об'єднаннях «Сільгоспхімія» створюють сучасні агрохімкомплекси, що обслуговують усі господарства району.

2. Наукове забезпечення агрохімічної служби

Проектування і наукові дослідження з комплексного агрохімічного обслуговування в республіці здійснюють проектно-пошукові станції хімізації (ППСХ), Український філіал Центрального інституту агрохімічного обслуговування сільського господарства (ЦІНАО) і його територіальні відділи,

Український науково-дослідний інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського, проектно-пошукові станції хімізації, що підпорядковані обласним об'єднанням «Сільгоспхімія». Ці організації зобов'язані: систематично проводити ґрунтово-агрохімічне обстеження полів на основі договорів з господарствами, здійснювати аналізи ґрунтів, добрив, кормів, сільськогосподарських продуктів і на їх основі розробляти рекомендації та проектно-кошторисну документацію вапнування кислих і гіпсування засолених ґрунтів, комплексне застосування органічних і мінеральних добрив, засобів захисту рослин тощо;

проводити польові і виробничі дослідження з добривами, хімічними меліорантами та іншими засобами хімізації і на основі одержаних результатів складати наукові рекомендації, плани та іншу науково-технічну документацію ефективного застосування засобів хімізації з урахуванням їх окупності й одержання запланованих урожаїв;

організовувати і проводити роботи з комплексної діагностики живлення рослин, необхідної для уточнення доз і строків внесення добрив, особливо для інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур;

здійснювати оперативний контроль якості кормів у період їх заготівлі, продукції рослинництва;

контролювати стан навколишнього середовища і запобігати його забрудненню;

вивчати баланс поживних речовин у ґрунтах для обґрунтування розподілу і постачання мінеральних добрив;

здійснювати авторський нагляд за використанням засобів хімізації відповідно до проектно-кошторисної та іншої нормативної і технологічної документації, а також контроль за якістю агрохімічних робіт, правильним зберіганням та обліком засобів хімізації;

виконувати арбітражні і контрольні аналізи добрив, хімічних меліорантів, торфу та інших місцевих добрив, кормових добавок, консервантів тощо;

здійснювати науково-методичне керівництво господарськими (міжгосподарськими), районними (міжрайонними) комплексними агрохімічними лабораторіями;

визначати економічну ефективність застосування добрив та інших засобів хімізації у виробничих умовах;

керувати роботою районних агрохімоб'єднань, розробляти і впроваджувати разом з районними агропромисловими об'єднаннями, колгоспами і радгоспами комплексні програми хімізації сільського господарства, заходи щодо підвищення родючості ґрунтів та інтенсифікації вирощування сільськогосподарських культур;

узагальнювати, пропагувати і впроваджувати у виробництво досягнення науки і передового досвіду в галузі хімізації сільського господарства.

Проектно-пошукові станції хімізації (ППСХ) виконують великий обсяг робіт з агрохімічного обстеження ґрунтів. У кожному господарстві обстеження ґрунтів, їх агрохімічний аналіз проводяться один раз у 4—5 років. У середньому в Україні щорічно такі обстеження здійснюються на 7 млн. га орних земель і на 4 млн. га сіножатей, пасовищ, аналізується близько 1 млн. зразків ґрунту. Наслідки виробничих дослідів, що проводять ППСХ, використовують при складанні системи удобрення сільськогосподарських культур у сівоzmінах господарств, рекомендацій з застосування засобів хімізації в землеробстві і тваринництві.

Діяльність Українського науково-дослідного інституту ґрунтознавства та агрохімії і Українського філіалу ЦІНАО спрямована на дальший розвиток науково-дослідних робіт у галузі хімізації сільського господарства і впровадження їх результатів у виробництво.

3. Комплексне агрохімічне окультурення полів

Агрохімічна служба розробляє нові ефективні методи вирішення проблеми хімізації сільського господарства. Прикладом цього є розробка і впровадження у виробництво принципово нової організаційно-технологічної системи підвищення родючості ґрунтів під назвою «Комплексне агрохімічне окультурення полів» (КАХОП)

Технологічна система проведення КАХОП здійснюється в такому порядку. Визначається поле в сівоzmіні, де буде здійснюватися комплексне агрохімічне окультурення. Як правило, це парове поле або те, що рано звільняється від культур. Виходячи з наявних засобів хімізації і планів виробництва сільськогосподарської продукції в господарстві, визначають рівень урожайності культур, що планується одержати на цьому полі протягом усієї ротації сівоzmіни. Після цього господарство подає в районне об'єднання «Сільгоспхімія» заявку на комплексне агрохімічне окультурення поля і укладає з ним договір на проведення робіт. У договорі передбачається доведення родючості ґрунту на цьому полі до рівня, який зможе забезпечити одержання запланованої урожайності сільськогосподарських культур на всі роки ротації сівоzmіни.

«Сільгоспхімія» проводить на цьому полі необхідні дослідження (ґрунтово-меліоративні, агрохімічні, геоботанічні, ступеня забур'яненості тощо), розробляє проектно-кошторисну документацію, забезпечує своєчасне нагромадження і підготовку органічних добрив та інших засобів хімізації. Потім в оптимальні строки згідно з проектом на поле як єдиний об'єкт хімізації на весь цикл сівоzmіни (або на ланку) вносять органічні добрива, вапняні матеріали або, в разі потреби, матеріали для гіпсування, фосфоритне борошно, мінеральні

добрива. Тобто, проводяться всі необхідні заходи для забезпечення оптимальної реакції ґрунтового середовища, підвищення вмісту рухомих форм поживних речовин і гумусу до рівня, який даватиме змогу щорічно одержувати заплановані врожаї сільськогосподарських культур. Після виконання всього запланованого комплексу агрохімічних робіт поле передається в розпорядження колгоспу або радгоспу з паспортом, в якому на кожний рік ротації сівозміни гарантується одержання запланованої господарством урожайності. При цьому гарантується також і рівень агрохімічних показників. Кожне поле реєструється в спеціальній картотеці «Сільгоспхімії» як поле з високою родючістю ґрунту.

Крім визначених проектно-кошторисною документацією робіт на кожний рік сівозміни комплексним агрохімічним окультуренням поля передбачаються й інші додаткові агрохімічні заходи, метою яких є підтримання родючості поля на обумовленому в договорі рівні. Наприклад, збільшилася чисельність шкідників — механізований загін проводить на цьому полі хімічний захист рослин; зросла потреба рослин в азоті або інших елементах живлення — служба хімізації своєчасно організовує їх підживлення.

Нині розроблені і проектується «Сільгоспхімією» різні варіанти виконання робіт з комплексного агрохімічного окультурення полів. Якщо в економічно слабких господарствах усі види агрохімічних робіт виконуються об'єднанням «Сільгоспхімія», то в більш економічно сильних вони проводяться сумісно або силами самих господарств. Проте в усіх випадках «Сільгоспхімія» розробляє проект, забезпечує своєчасну поставку засобів хімізації.

Головним у здійсненні КАХОП є комплексність застосування засобів хімізації. Йдеться не просто про збалансованість основних елементів живлення (NPK), а про їх комплексне поєднання з оптимальним внесенням у ґрунт органічних добрив, хімічною меліорацією ґрунтів, використанням мікроелементів, захистом рослин, культур-технічними і протиерозійними заходами, передпосівною обробкою насіння, використанням регуляторів і стимуляторів росту рослин, післязбиральною хімічною обробкою продукції тощо.

Із введенням системи КАХОП змінюється підхід до використання всіх засобів хімізації. Замість існуючої в колгоспах і радгоспах практики внесення добрив під урожай поточного року нова система враховує тривалу дію добрив, для чого частина з них вноситься про запас під культури, що розміщуватимуться у сівозміні в наступні роки. Тобто, ця система спрямована не лише на забезпечення даної конкретної культури всіма елементами живлення, а й на підвищення родючості ґрунту на полі.

Особливістю системи КАХОП є те, що вона не розрахована на додаткове підвищення ресурсів добрив або пестицидів тим господарствам, в яких проводиться комплексне агрохімічне окультурення полів. Впровадження цієї сис-

теми дає змогу господарствам за всіх інших однакових умов одержувати лише за рахунок комплексного застосування наявних у них засобів хімізації на 30—40 % більше сільськогосподарської продукції, ніж від такої кількості засобів хімізації, що використовуються некомплексно (В. М. Бельченко та ін., 1987).

Проведене комплексне агрохімічне окультурення полів проявляє свою позитивну дію в середньому протягом 5—7 років. Після цього знову треба проводити КАХОП, поліпшуючи родючість ґрунту на цих полях. Нарощування темпів і об'ємів робіт дає змогу з року в рік переводити все більше полів у фонд високородючих.

В агрохімічній службі тепер запроваджуються автоматизовані інформаційно-обчислювальні системи управління підрозділами агрохімічного обслуговування сільського господарства. Передбачається широке використання комп'ютерів для вирішення оперативних завдань. Постійне удосконалення агрохімічної служби і своєчасне використання досягнень науково-технічного прогресу дасть змогу забезпечити нормативну окупність добрив і одержання запланованих урожаїв високої якості.

4. Методи досліджень в агрохімії.

Агрономічна хімія користується різними методами досліджень — біологічними, хімічними.

БІОЛОГІЧНІ МЕТОДИ

Біологічні методи включають польові, вегетаційні і лізиметричні досліді.

Польові досліді

Польові досліді з добривами проводять у польових умовах для визначення їх дії на врожайність сільськогосподарських культур, якість продукції, родючість ґрунту тощо. Розрізняють такі види польових дослідів:

т и м ч а с о в і д о с л і д и — закладають не більше трьох років для вивчення дії добрив на врожайність і якість сільськогосподарських культур у конкретних умовах;

с т а ц і о н а р н і д о с л і д и — проводять на одній ділянці, в сівозміні, в ланці сівозміни або при беззмінній культурі з систематичним застосуванням добрив;

т р и в а л і д о с л і д и — стаціонарні досліді з добривами, що проводяться більше ніж одну ротацію сівозміни;

в и р о б н и ч і д о с л і д и — проводять у виробничих умовах для перевірки рекомендацій, економічної оцінки дії добрив на врожай та його якість.

Польові досліді, що входять в систему Географічної мережі дослідів з добривами, проводять у різних географічних зонах країни за узгодженою програмою. Координацію цих дослідів здійснює Всесоюзний науково-дослідний інститут добрив і агрогрунтознавства ім. Д. М. Прянишникова (ВІДА).

Вірогідність і переконливість результатів польових дослідів з добривами досягається повним дотриманням вимог методики і техніки дослідної справи. Основними методичними вимогами при проведенні дослідів є типовість, точність і достовірність, дотримання принципу єдиної відміни, правильного оформлення документації досліді.

Типовість досліді визначається відповідністю його ґрунтово-кліматичним, агротехнічним та іншим умовам зони, стосовно якої будуть використані результати досліді.

Точність і достовірність. Одержані під час досліді результати (урожайність, показники якості, вміст поживних речовин тощо) можуть мати розбіжність із справжніми величинами в результаті різних погрішностей (неточність зважування врожаю, наявність мікрорельєфу, пошкодження посівів та ін.), що визначається похибкою досліді. Точність досліді тим вища, чим менша його похибка. Достовірність визначається логічно правильно складеною схемою досліді, методикою і технікою його проведення, правильним вибором теми дослідження залежно від потреб виробництва.

Принцип єдиної відміни означає, що в досліді можна змінювати лише той фактор, що вивчається. Всі інші фактори, що впливають на продуктивність культур, повинні бути сталими. Так, наприклад, при вивченні різних норм азотних добрив можна змінювати лише кількість внесених добрив на одиницю площі (фактор, що вивчається), а всі інші фактори (попередник, норми фосфорних і калійних добрив тощо) на всіх ділянках досліді повинні бути однаковими. Поряд з цим не слід обмежувати умови, при яких добриво або прийоми його внесення можуть проявляти максимальну дію. Наприклад, при вивченні ефективності аміачної селітри і рідкого аміаку перше добриво можна розкидати по поверхні ґрунту перед його обробітком, друге треба обов'язково внести в ґрунт на певну глибину.

Оформлення документації досліді. Основним документом досліді є книга (журнал досліді), в яку заносять план досліді та первинні записи. План досліді передбачає наукове обґрунтування теми досліджень, схему досліді, план розміщення варіантів, методику обліку і спостережень, календарний план виконання робіт під час проведення досліді. Первинні записи ведуть у хронологічному порядку. Зазначаються виконані роботи і результати досліджень у полі, а також первинні лабораторні дані. Одержані внаслідок проведення досліді результати оформляють у вигляді звіту.

Схема досліду. Схема досліду — це сукупність окремих варіантів, здатних вирішувати певні завдання. Під варіантом розуміють агротехнічний захід або фактор, що вивчається. Наприклад, вивчаються різні форми фосфорних добрив — суперфосфат подвійний, фосфоритне борошно, преципітат тощо. Кожна форма добрив є варіантом досліду. Контролем у дослідах з добривами може бути варіант без добрива або варіант із стандартними добривами.

Так, при вивченні порівняльної дії різних видів добрив (азотних, фосфорних, калійних) користуються схемою з восьми варіантів: 1) без добрив (контроль); 2) N5 3) P; 4) K; 5) 6) NK; 7) PK; 8) NPK- Поставлений за такою схемою дослід дає змогу встановлювати ефективність окремих видів добрив і їх поєднання. При вивченні дії якогось одного виду добрив, наприклад азоту, схему скорочують до чотирьох варіантів: 1) без добрив (контроль); 2) 14; 3) PK; 4) NPK.

При вивченні ефективності різних форм азотних добрив порівняння здійснюють з одною нормою азоту на фоні фосфорно-калійних добрив; 1) без добрив (контроль); 2) PK — фон; 3) фон + NH_4SH_3 ; 4) фон + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 5) фон + $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. У схемах з новими формами добрив за стандарт беруть добре вивчене раніше добриво в кількох нормах.

Для встановлення оптимальної норми добрив одного виду на фоні двох інших треба мати не менше трьох варіантів. При збільшенні норм добрив продуктивність культур підвищується лише до певної межі. Тому перша норма добрив повинна забезпечувати майже половину приросту врожаю, друга повинна бути на рівні максимальної врожайності, третю норму збільшують на $\frac{1}{3}$ від попередньої. Наприклад, максимальну продуктивність цукрових буряків передбачається одержати при нормі азоту N_{120} на фоні фосфорно-калійних добрив. У цьому випадку схема досліду може бути такою; 1) без добрив (контроль); 2) PK — фон; 3) фон + N_{60} ; 4) фон + N_{20} ; 5) фон + N_{60} . В удобрення для фону вносять таку кількість елементів живлення, яка найефективніша для даного ґрунту. Оскільки ефективність будь-якої норми добрив залежить від рівня живлення іншими елементами, важливо забезпечити сприятливе співвідношення між усіма видами добрив. Тому при вивченні норм одночасно ставиться завдання встановити оптимальне співвідношення між окремими елементами живлення. Кількість варіантів при цьому значно збільшується. За контроль найчастіше беруть типовий для даних умов варіант.

Методика і техніка проведення польових дослідів. Вибір площі для проведення досліду має вирішальне значення в одержанні достовірних даних. Вона повинна відповідати таким вимогам.

1. Рельєф поля повинен бути рівний (допускається нахил 2—3 м на 100 м). На похилих площах дослідні ділянки розміщують довшою стороною вздовж схилу.

2. Ґрунтовий покрив повинен бути характерним для даного господарства і місцевості.
3. Площа майбутнього дослідного поля повинна бути однаковою за родючістю, що оцінюється за даними агротехнічного паспорта поля та агрохімічних картограм. Попередник, обробіток ґрунту, внесені добрива та інші хімічні засоби протягом останніх 3—4 років повинні також бути однаковими.
4. Для запобігання випадкових похибок дослідна площа повинна бути віддалена на необхідну відстань від лісових масивів, доріг, водних басейнів, тваринницьких приміщень тощо. Відведена дослідна площа розділяється на прямокутні ділянки, однакові за формою і величиною. Кількість ділянок визначається схемою і методикою досліду. *Дослідна ділянка* — це частина дослідної площі, на якій розміщують один з варіантів досліду. На ділянках розрізняють *посівну* площу (ділянка в цілому) і *облікову*, на якій проводиться облік урожаю. В дослідях із зерновими, льоном, багаторічними травами облікову площу ділянок виділяють через 5—10 днів після появи сходів, на посівах інших культур — за 2—3 дні до збирання врожаю. Для культур суцільного посіву площа ділянки найчастіше становить 100 м², а для просапних — до 150 м².

Під час проведення дослідів іноді застосовують *мікроділянкові дослід*и, де площа ділянки не перевищує 10 м², і *мікропольові*, що проводяться також у польових умовах у посудинах без дна або на мікроділянках площею не більше 1 м². Такі досліди в основному проводяться науковими установами.

Форма ділянки повинна бути прямокутною, витягнутою, що забезпечує більшу точність досліду, оскільки найбільш повно охоплює різномірність ґрунтового покриву.

Р Щоб відокремити одну ділянку від іншої і не допустити попадання добрив із сусідніх ділянок, роблять *захисні смуги*. Для цього з обох боків ділянки відступають від 0,5 до 1,5 м, а при вирощуванні просапних культур — по 2—4 рядки. Для забезпечення механізації польових робіт, а також для захисту рослин від пошкоджень навкрузи дослідних ділянок залишають захисні смуги завширшки 5—10 м. Захисні смуги удобрюють, обробляють і засівають разом з усією ділянкою.

Повторюваність та повторення досліду. Щоб одержати високу точність досліду, його проводять з повторенням у часі і просторі. Повторність досліду в часі здійснюється повторюванням його протягом кількох років. Повторність досліду в просторі, тобто на території, здійснюється розміщенням кожного варіанта досліду на кількох однакових ділянках. Для об'єктивної оцінки результатів досліджень польові досліди з добривами при розмірі ділянок до 200 м², як правило, проводять у 4-кратній повторюваності, що забезпечує зниження похибки до 96—98 %. У виробничих дослідях з площею ділянок понад 1000 м²

допускається 2-кратна повторюваність. При зменшенні площі ділянок кількість повторюваностей збільшується, наприклад, в мілкодільянкових дослідах до 6—8. Повторні досліди одного й того самого варіанта розташовують не поряд, а в різних місцях дослідної площі. Польові досліди з добривами проводять методом повторювання (в кожному повторенні є всі варіанти схеми досліду). Окремі повторювання мають загальні межі і можуть розміщуватися в один, два і більше рядів. У середині повторностей ділянки розміщують систематично (в певному порядку чергування) або рендомізовано (випадково, безпорядно) (рис. 56).

Спочатку на папері у відповідному масштабі креслять план досліду, який потім переносять на дослідну площу. Після розбивки досліду його межі закріплюють з допомогою реперів. Крім того, на плані роблять прив'язку дослідної площі з орієнтирами, що знаходяться поблизу,— будівлі, стовпи, дерева тощо. Для цього заміряють відстані від орієнтирів до кутів дослідного поля і наносять їх на план.

При закладці дослідів з добривами слід стежити, щоб кількість їх внесення точно відповідала прийнятій схемі. Особливу увагу треба звертати на рівномірність їх розподілу на площі ділянки. Для цього при внесенні невеликих доз добрив їх змішують з наповнювачами — піском, подрібненим ґрунтом та ін.

Усі агротехнічні роботи в дослідах потрібно проводити в оптимальні строки для даної культури, характерні для зони, конкретних ґрунтів і погодних умов.

Техніка спостережень і обліку. Польовими дослідями передбачається програма спостережень (фенологічних, метеорологічних, фіто- й ентомологічних) і аналітичних досліджень (вміст елементів живлення в окремих органах рослин, винос їх з урожаєм і коефіцієнти використання з добрив, динаміка вологості і вмісту поживних речовин у ґрунті, основні показники якості врожаю тощо). З цією метою випускаються начіпні агрохімічні лабораторії (рис. 57). Основні спостереження й облік проводять не менше, ніж на двох повторюваннях досліду. Спостереження за сезонними процесами в житті рослин (настання фаз, етапів розвитку) називаються *фенологічна* *и*. Одночасно фіксують погодні умови, що мають відповідний вплив на ґрунтові процеси, а також ріст і розвиток рослин.

У дослідах з добривами систематично проводять визначення вологості і поживного режиму ґрунту в шарах 0—10 або 0—20 см. Зразки ґрунту відбирають ґрунтовим буром. Повторюваність при визначенні пошарової вологості ґрунту найчастіше 4—6-кратна, а в нижчих шарах — 2—3-кратна. Для контролю за поживним режимом ґрунту відбирають змішані проби, що складаються з індивідуальних зразків, взятих з 5—10 різних місць ділянки в шахматному порядку або по діагоналі.

Завершальним етапом польових дослідів є збирання та облік урожаю. Перед збиранням урожаю уточнюють межі ділянок, потім збирають урожай і захисних смуг та виключок (*виключка* — це частина облікової ділянки не більше 50 % її площі, що виключена з обліку через випадкові пошкодження і похибки). Після цього збирають урожай з облікових ділянок. Основний і надійний метод обліку врожаю — суцільний. Весь зібраний урожай основної і побічної продукції кожної ділянки зважують окремо. При несприятливих погодних умовах, а також у дослідях з прядильними і кормовими культурами облік урожаю проводять методом пробного снопа.

Особливості проведення виробничих дослідів з добривами. Виробничі досліді використовують для перевірки й удосконалення в конкретних умовах господарства рекомендованих науковими закладами агрозаходів. Вони особливо важливі для економічної й організаційно-господарської оцінки розроблених заходів. Як правило, їх проводять на великих площах із застосуванням у господарстві комплексу машин. Дослідна площа і агротехніка на ній повинні бути типовими й однорідними протягом останніх 2—3 років. Повторюваність у виробничих дослідях не нижче 3-кратної; 2-кратна повторюваність допускається при площі ділянок більше 1 га. Схема виробничих дослідів повинна включати 2—3 варіанти. Наприклад, вона може бути такою: 1) без добрив (контроль); 2) розкидне внесення основного добрива; 3) локальне внесення таких самих доз добрив. Ділянки розміщують вздовж (ширини або довжини) поля. Для забезпечення механізованого збирання врожаю ширина ділянок повинна бути кратною захвату комбайна або інших зернозбиральних машин. У виробничих дослідях добрива вносять механізовано. В програму дослідження включають необхідні спостереження та обліки, статистичну обробку даних урожайності, проводять економічну оцінку ефективності добрив.

Вегетаційні досліді

Вегетаційні досліді з добривами проводять у штучних умовах для вивчення умов живлення та обміну речовин у рослинах. Залежно від мети досліджень вони можуть мати самостійне значення або бути доповненням до польових дослідів. Вегетаційні досліді, на відміну від польових, дають змогу виділити із складного взаємозв'язку, що відбувається в природі між рослиною, ґрунтом і добривом, окремі питання для кращого і всебічного вивчення.

Залежно від характеру питань, що вивчаються, вегетаційні досліді виконують у різних модифікаціях: ґрунтові, піщані і водні культури (метод ізольованого живлення), стерильні культури, гідропоніка, агрегатопоніка, аеропоніка, плаstopоніка тощо. Вони проводяться у спеціальних вегетаційних посудинах, які розміщують на вагонетках. У сприятливу погоду їх виставляють на

площадках, обгороджених з усіх боків металевою сіткою, а в негоду закривають у вегетаційний будиночок.

Лізиметричні дослід

Лізиметричні дослід з добривами проводяться з метою вивчення поживного режиму ґрунту та перерозподілу (пересування) мінеральних і органічних речовин по його профілю, а також для визначення балансу поживних речовин. Цей метод займає проміжне місце між вегетаційним (використання спеціальних лізиметрів — бетонних, цегляних, металевих; контроль за пересуванням ґрунтового розчину; використання ґрунту з природною і насипною будовою) і польовим (природні погодні умови; шар ґрунту від 0,3 до 1—2 м; застосування польової технології вирощування культур) методами досліджень.

Лізиметричні дослідження можуть мати як самостійне значення при вивченні кругообігу і балансу поживних речовин, так і допоміжне, коли з допомогою лізиметрів вивчають втрати поживних речовин внаслідок вимивання.

Найпоширеніші прямокутні і циліндричні лізиметри з відомими площею й об'ємом ґрунту. Щоб забезпечити своєчасну доставку інфільтраційної води для хімічного аналізу, лізиметри встановлюють поблизу лабораторії. Кількість лізиметрів визначається схемою дослідів і програмою досліджень. Вони повинні мати дренаж, трубопроводи для відводу і місткості для збирання інфільтраційної води. Поблизу лізиметричних площадок встановлюють також дощомір та іншу необхідну апаратуру.

ЛАБОРАТОРНІ МЕТОДИ

Лабораторні методи досліджень передбачають аналіз рослин, добрив та умов середовища в лабораторних умовах. Провідна роль серед лабораторних методів належить хімічному аналізу агрономічних об'єктів. Широко застосовують біохімічні, мікробіологічні, фізичні методи, а також метод ізотопних індикаторів (стабільні і нестабільні (радіоактивні) ізотопи). Аналіз рослин проводять з метою встановлення: взаємодії між рослинами та умовами росту; надходження поживних речовин та виносу їх з урожаєм; використання сільськогосподарськими культурами поживних елементів з ґрунту та добрив; якості врожаю.

Аналіз ґрунту дає змогу встановити доступність для рослин поживних речовин і, виходячи з цього, потребу в добривах, вивчити властивості ґрунту та його зміну в зв'язку з сільськогосподарським використанням і застосуванням добрив.

Аналіз добрив дає змогу встановити їх хімічний склад, вміст поживних речовин, доступність їх для рослин і перетворення в ґрунті.

З допомогою лабораторних методів досліджень визначають баланс поживних речовин у землеробстві, розробляють рекомендації щодо раціонального застосування добрив з метою регулювання живлення рослин і родючості ґрунту. Лабораторні методи досліджень в агрохімії поділяються на кількісні й якісні. Кількісні аналізи проводять з допомогою хімічних, фізичних і фізико-хімічних методів, використовуючи для цього спеціальні прилади та обладнання. До цієї групи належать колориметричний аналіз, коли використовують кольорові реакції для порівняння інтенсивності забарвлення досліджуваних розчинів із зразками. Порівняння забарвлення проводять візуально з допомогою кольорової шкали або з використанням спеціальних приладів — фотоелектроколориметрів. Використовують й інші оптичні методи: рефрактометричний, що ґрунтується на вимірюванні коефіцієнта заломлення світла у розчині досліджуваної речовини; фотометричний — для визначення оптичної густини або світлопоглинання забарвлених сполук, які утворюються внаслідок реакцій з досліджуваними розчинами.

При кількісному аналізі користуються також різними спектральними методами, основою яких є вимірювання інтенсивності спектрів поглинання при пропусканні світла крізь досліджувані розчини (спектрофотометрія), вимірювання інтенсивності спектрів випромінювання при збудженні атомів у полум'ї (полуменева фотометрія), вимірювання інтенсивності спектрів випромінювання в електричній дузі або в іскровому розряді (спектрографія). В агрохімії користуються також хроматографічним аналізом, що ґрунтується на різній здатності хімічних сполук, навіть одного класу, адсорбуватися (поглинатися) поверхнево-активними речовинами — целюлозою, іонообмінними смолами тощо. Найпоширеніші методи агрохімічних досліджень — фотометрія та потенціометрія. Потенціометричний метод, в свою чергу, належить до електрохімічних, що пов'язані з використанням електролізу, вимірюванням електрохімічних властивостей досліджуваних речовин і продуктів їх взаємодії під час хімічних реакцій.

Контрольні запитання:

1. У чому полягає відмінність між біологічними і хімічними методами досліджень?
2. Як складається схема польового досліджу?
3. Методи обліку врожаю в польовому досліді.
4. Модифікації вегетаційного методу досліджень.
5. Значення математичної обробки результатів досліджу.
6. Документація польового досліджу.
7. Особливості проведення польового досліджу.
8. Для чого проводять аналіз рослин, ґрунту і добрив?
9. Структура агрохімічної служби та її завдання.
10. Роль пунктів хімізації та агрохімкомплексів у підвищенні ефективності застосування добрив.
11. Основні завдання проектно-пошукових станцій хімізації.
12. Суть і завдання організаційно-технологічної системи підвищення родючості ґрунту і продуктивності сільськогосподарських культур.