

ОСОБЛИВОСТІ ВОДНОГО РЕЖИМУ РОСЛИН

План

1. Вміст води у рослинах, її стан, властивості та фізіологічна роль.
2. Осмотичні властивості клітина та їх роль в житті рослини.
3. Коренева система як орган поглинання води.
4. Кореневий тиск, його прояви і значення.
5. Пересування води по рослині.
6. Транспірація, її показники та біологічне значення.

1. Вміст води у рослинах, її стан, властивості та фізіологічна роль.

Вміст води у рослинних тканинах - величина динамічна і непостійна, яка залежить від віку тканини й органа, доступності ґрунтової вологи, а також від співвідношення кількості поглинутої і втраченої води. Наприклад, у листках дерев і кущів, у зоні інтенсивного росту стебла і кореня міститься до 85% води. В інших органах, де фізіологічні процеси відбуваються менш інтенсивно (стебла або кора), загальна кількість води відносно невелика і становить 35-45%.

Високим є вміст її у деяких плодах, цибулинах, бульбах. Так, бульби картоплі, залежно від віку, містять 70-85% води. Воду у клітинах і тканинах, залежно від стану, поділяють на дві форми - вільну і зв'язану. Вільна вода має велику рухомість. Вона становить до 75% загальної кількості води молодих тканин і знаходиться головним чином у вакуолях. Розрізняють осмотично зв'язану (гідратація іонів і молекул), колоїдно зв'язану і капілярну (у складі клітинних стінок і судинах) воду. Висока гігроскопічність клітинної стінки має велике значення для забезпечення руху води по рослині. Порівняно з клітинною стінкою, цитоплазма клітин більш насичена водою (95%). Стан насичення клітини водою забезпечується процесами її надходження і віддавання, тобто водообміном.

2. Осмотичні властивості клітина та їх роль в житті рослини.

Осмоз - це повільна дифузія молекул розчинника і речовин через напівпроникні мембранні перегородки. Явище осмосу має досить велике значення в біологічних процесах. В осмотичній системі, коли розчин відокремлений від води напівпроникною мембраною, здатною пропускати лише молекули води, виникає одnobічний їх рух за градієнтом активності в напрямі розчину. Додатковий тиск, який необхідно створити, щоб перешкодити одnobічному рухові молекул води, називається осмотичним. Осмотичний потенціал є компонентом водного потенціалу, що визначає здатність води виконувати роботу в певній точці системи. Активність молекул води, тобто кінетична енергія, залежить від концентрації розчину: чим нижча концентрація, тим вища активність води, і -навіпаки. Тому процес осмосу буде мати місце в осмотичній системі, компонентами якої є напівпроникна мембрана, з обох боків якої знаходяться два розчини різної концентрації або розчин і розчинник. При цьому осмотичний потенціал розчину, відокремленого мембраною від чистого розчинника, буде реалізований рівним за величиною показником осмотичного тиску.

Розчини з однаковим осмотичним тиском називаються ізотонічними. При відокремленні напівпроникною мембраною двох розчинів з різною концентрацією вода буде просуватись від розчину з меншою концентрацією до розчину з більшою. Розчин з більшою концентрацією має більший осмотичний тиск і називається гіпертонічним, а з меншою - відповідно, менший тиск, і називається гіпотонічним.

Водний потенціал біологічних систем включає декілька складових: Гравітаційний потенціал характеризує зміну активності води при переміщенні у гравітаційному полі Землі. Він відіграє помітну роль у ксилемному і флоемному транспорті у високих дерев. Осмотичний потенціал визначається концентрацією розчинених речовин: $P = RCT_i$ Матричний потенціал характеризує зменшення активності молекул води за рахунок гідратації колоїдних речовин і адсорбції на межах фаз. При поглинанні води колоїдна міцела бубнявіє. Бубнявіння — це процес поглинання рідини або пари високомолекулярною речовиною, що супроводжується збільшенням її об'єму. Процес поглинання води клітиною триває до повного насичення клітини водою, доки не буде досягнуто найбільше розтягування клітинної оболонки. Клітина при цьому матиме максимально можливий об'єм, концентрація клітинного соку стане мінімальною, а тургорний тиск - максимальним. Якщо таку клітину помістити в концентрований розчин, вона втрачатиме воду. Об'єм вакуолі зменшиться, зменшиться і тиск цитоплазми на клітинну оболонку, внаслідок чого знизиться тургорний тиск. При досягненні клітиною мінімального об'єму і подальшій втраті води протоплазма почне відставати від оболонки. Процес втрати клітиною води буде тривати до зрівноваження концентрацій клітинного соку і зовнішнього розчину.

Явище відставання протоплазми від клітинної оболонки називається плазмолізмом, а клітина - плазмолізованою. При нестачі вологи в повітряному середовищі і втраті клітиною води між протопластом і клітинною оболонкою не утворюється вільний простір, але протопласт, зменшуючись в об'ємі, тягне за собою клітинну оболонку. Поверхня клітини стає хвилястою. Такий стан клітини називається циторизом. У прив'ялих рослин тургорний тиск клітин стає меншим нуля, тобто від'ємною величиною. Це пояснюється тим, що при циторизі сили пружності клітинної оболонки не стискають протопласт, а розтягують.

3. Коренева система як орган поглинання води.

Майже вся вода, що поглинається рослиною, надходить до неї через корінь. Нормальний хід процесів життєдіяльності рослини може відбуватися лише при дотриманні сталості забезпечення тканин водою. Втрати води на транспірацію повинні компенсуватися її надходженням.

Велике значення при цьому належить розміру кореневої системи, швидкості її росту і поглинальній діяльності. Це пов'язано насамперед з тим, що дифузія води у ґрунті дуже повільна: не більше 1 см на добу.

Тому у ґрунті не вода рухається до кореня, а він прямує до неї. Цією обставиною визначається специфічна організація кореневої системи, яка має дуже великі розміри і здатна до розгалуження. Загальна поверхня коренів звичайно перевищує поверхню наземних органів у 140-150 разів. Вже в однорічного сіянця яблуні формуються 5-7 порядків розгалуження коренів загальною довжиною 250 м, а з кореневими волосками - близько 3 км.

Морфологія кореня. Унікальна здатність коренів охоплювати значні об'єми ґрунту пов'язана з великою кількістю точок росту (меристемні тканини становлять 10% маси кореня і тільки 1% - у стеблах), високою швидкістю ростових процесів (1- 10 см на добу) і властивістю позитивного гідротропізму, тобто здатністю рости у бік більш вологих ділянок ґрунту. Поглинальна функція кореня зумовлена особливостями його анатомічної будови. Корінь умовно поділяється на чотири зони - поділу клітин, розтягування, всмоктування, або корневих волосків, і провідну зону. Зона поділу клітин захищена корневим чохлаком і потребує незначної кількості води. Клітини цієї зони характеризуються наявністю великих ядер, відсутністю вакуолей, первинною будовою клітинних стінок. Їх водий потенціал визначається в основному матричною силою, тобто здатністю до бубнявіння колоїдів протоплазми і клітинних стінок.

4. Кореневий тиск, його прояви і значення.

Коренева система активно переміщує воду. У цьому можна легко переконатися при пошкодженні стебла, коли на поверхні з'являється рідина. Це явище отримало назву плачу. Сила, що направляє рух водного розчину в живих клітинах і судинах, називається корневим тиском. Рідина, що виділяється, називається пасокою. Вона є водним розчином мінеральних речовин, які надходять через кореневу систему і транспортуються з висхідною течією по елементах ксилеми.

До складу пасоки, крім мінеральних елементів, можуть входити органічні речовини - продукти метаболізму (органічні кислоти, прості вуглеводи, амінокислоти, вітаміни). Пасока у різних рослин неоднакова за хімічним складом, залежить від виду, фази росту і розвитку рослини. Явище плачу у різних рослин проявляється неоднаково. У деяких рослин (фуксія, кропива, соняшник, томати) воно виявляється легко, в інших - майже непомітно. Особливо яскраво проявляється плач під час руху соку у деревних рослин навесні - берези, клена. Появу крапель рідини можна спостерігати і на молодих непошкоджених органах рослин в умовах високої вологості повітря.

Явище виділення крапель на кінчиках листків рослин називається гутацією. В основному це вода, яка виділяється через спеціалізовані клітини - гідатоди. Кореневий тиск можна визначити як тиск, що розвивається в ксилемі завдяки метаболічній діяльності кореня. Це сили, яку спричинює в рослині односторонній потік води з розчиненими речовинами незалежно від транспірації. Кореневий тиск у рослин є нижнім кінцевим двигуном, що забезпечує підняття і пересування води по рослинному організму.

5. Пересування води по рослині.

Шлях висхідної течії можна поділити на дві частини, різні за будовою, довжиною і фізіологічними властивостями. Перша частина складається з двох ділянок живих клітин. Вона дуже коротка (кілька мм або навіть частини мм): у корені - від поверхні кореневого волоска до судин центрального циліндра - радіальний шлях; у листку - від судин провідних пучків до мезофілу листка - ближній шлях. Друга частина складається із судин і трахеїд ксилеми, що утворилися з прокамбіальних клітин кореня і стебла.

Зрілі судини і трахеїди не мають цитоплазми, нагадують порожні трубки і виконують водопровідну функцію. Ця частина шляху, яка починається від судин центрального циліндра кореня і закінчується у судинах провідних пучків листків, називається дальнім шляхом. Радіальний шлях розпочинається в оболонках клітин кореневих волосків. Для поглинання води клітинам потрібна наявність всисної сили, яка перевищувала б всисну силу ґрунтового розчину. Поглинута вода ереміщується до судин провідної системи двома способами - апопластним (по вільному простору) і симпластним (по цитоплазмі клітин). При апопластному способі вода від оболонок клітин кореневих волосків рухається по вільному простору клітин первинної кори до ендодерми, де зустрічає водонепроникні пояски Каспарі, і тому вимушена прямувати до пропускних клітин ендодерми.

Подальший шлях води пролягає або по цитоплазмі паренхімних клітин центрального циліндра у напрямі зростання градієнта всисної сили або по оболонках цих клітин і досягає провідних судин ксилеми. При симпластному способі вода від оболонок клітин кореневих волосків надходить до цитоплазми, потім поступово рухається по цитоплазмі клітин первинної кори та навколосудинної паренхіми і досягає провідних судин. Сила, з якою вода надходить до елементів ксилеми за участю кореневої системи, - це кореневий тиск. Він виконує роль нижнього двигуна висхідної течії води. У зв'язку з невеликою силою нижній кінцевий двигун не може безперебійно забезпечувати рослину, особливо високі деревні рослини, водою. Цю функцію, головним чином, виконує верхній кінцевий двигун - присмоктувальна сила транспірації.

При транспірації спочатку у клітинах мезофілу листка або іншого органа, а потім і на кінцях судин ксилеми виникає всисна сила, яка у десятки разів перевищує кореневий тиск. Завдяки їй утворюється градієнт у провідній системі, і таким чином створюється спрямований рух води з ґрунту у надземні органи. Отже, рушійною силою висхідного току води у провідних елементах ксилеми є нижній двигун, що виштовхує воду, і верхній, що присмоктує її. Верхній кінцевий двигун розвиває силу до 10-15 і більше атмосфер. Цим визначається провідна роль верхнього кінцевого двигуна у водному обміні рослин. Але можливі періоди, коли питоме значення цих двигунів змінюється. Так, узимку і ранньої весни при відсутності листків у дерев провідна роль у переміщенні води належить нижньому кінцевому двигуну. Для верхнього кінцевого двигуна джерелом енергії є Сонце - енергія його променів, що поглинається

листом і використовується на випаровування води. Для нижнього кінцевого двигуна джерелом енергії є дихання.

6. Транспірація, її показники та біологічне значення.

Транспірація — це фізіологічний процес випаровування води рослиною. Органом транспірації у рослин є листок. Транспірація відіграє провідну роль у надходженні і пересуванні води і розчинених поживних речовин. Випаровування — це фізичний процес, при якому вода з рідкого стану переходить у газоподібний, втрачаючи при цьому значну кількість енергії, тому температура інтенсивно транспіруючого листка на 4-6 градусів нижча за температуру середовища. Оскільки у рослин досить часто епідерміс вкритий кутикулою, то водяна пара виходить крізь продихи — пори в епідермісі, крізь які відбувається газообмін.

Продих — це вузький міжклітинний отвір (щілина), обмежений двома замикаючими клітинами. Продихи є майже в усіх наземних органах рослин, але більше їх у листках. Залежно від виду рослин кількість продихових отворів коливається від 10 до 600 на 1 мм² листка. У багатьох рослин (75 % видів), у тому числі більшості деревних порід, продихи розташовані на нижній стороні листка. Діаметр продихової щілини становить 3...12 мкм. Завдяки продихам здійснюється зв'язок між зовнішнім середовищем і міжклітинним простором рослини (гази обмін і транспірація). З поверхні продихів, площа яких становить 1% листової поверхні, випаровується 50- 80% тієї кількості води, яка може випаруватися з відкритої водної поверхні однакової з листком площі.

Транспірація буває продихова (крізь продихи), кутикулярна (крізь кутикулу) і лентикулярна (крізь сочевички). Продихова транспірація зазвичай є основною, але у рослин різних екологічних груп значення обох видів транспірації неоднакове і залежить від умов навколишнього середовища. Загальна площа продихів коливається від 1 до 2 % всієї листової поверхні. Від інших клітин епідермісу листка замикаючі клітини продихового апарату відрізняються тим, що в них є хлорофіл. Крім того, їхні оболонки по периметру потовщені неоднаково зовнішні тоненькі, а ті, що оточують продихову щілину, — потоншені. Неоднакова товщина клітинних оболонок зумовлює зміну об'єму та форми замикаючих клітин, що зумовлює відкривання і закривання продихів. каналів, що виводять аніони.

Кутикулярна транспірація здійснюється крізь поверхню кутикули, що вкриває епідерміс листка. Вона, як правило, значно менша за продихову.

В умовах посухи восковий наліт кутикули стає кристалоподібним, пори закриваються і кутикулярне випаровування припиняється. Природно, що молоді рослини особливо чутливі до водопостачання та легко засихають.

Лентикулярна транспірація відбувається за участю сочевичок — сукупності нещільно розташованих клітин перидерми, що випинаються на поверхню у вигляді горбочків, рисочок, крізь які і здійснюється газообмін у багаторічних стебел і коренів. Рослина здатна регулювати інтенсивність транспірації. Закриваючи продихи, рослина

знижує транспірацію і одночасно підвищує температуру тіла. Однак у разі, коли продихи закриті, рослина не може засвоювати для живлення вуглекислий газ повітря. Тому продиховий апарат рослин відповідним чином реагує на зміну умов довкілля, то замикаючи, то розмикаючи продихову щілину. Транспірація зумовлює пересування по рослині величезної кількості води і має пристосувальне значення, що тісно пов'язане не лише з водообміном, а і з іншими метаболічними процесами, зокрема фотосинтезом, диханням, мінеральним живленням. Тому в разі дослідження водного режиму різних рослин надзвичайно важливе значення має вивчення таких величин транспірації, як її інтенсивність, транспіраційний коефіцієнт, продуктивність транспірації тощо.

Інтенсивність транспірації — це величина, що показує, яку кількість | води в грамах випаровує рослина за одну годину конкретною поверхнею 1 листка. Ця величина коливається в межах 0,15...1,47 г на 1 дм² за 1 год.

Транспіраційний коефіцієнт — це кількість води в грамах, яку випаровує рослина для накопичення одиниці сухої речовини. Для різних видів рослин його величина становить від 125 до 1000, а найчастіше близько 300. Цей показник залежить від умов середовища і є показником потреби рослин щодо вологості. Наприклад, для рослин пшениці він може бути в межах від 220 до 750 одиниць.

МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН

План

1. Методи дослідження мінерального живлення рослин.
2. Механізми поглинання елементів мінерального живлення рослиною.
3. Поняття про макро- і мікроелементи.
4. Фізіологічна роль К, Са, Mg та ін. елементів.
5. Фізіологічна роль мікроелементів.
6. Азотне живлення рослин. Перетворення нітратів.

1. Розвиток вчення про мінеральне живлення рослин.

Мінеральне живлення - це поглинання рослинами необхідних мінеральних елементів і включення їх до обміну речовин. Вищі рослини переважно кількість цих елементів поглинають через кореневу систему, тому це живлення називають також кореневим живленням. Воно є одним із основних факторів регуляції росту, розвитку і продуктивності рослин.

Мінеральне живлення можливе завдяки автотрофності рослин, тобто їх здатності використовувати речовини неорганічної природи для формування своїх тканин і органів. Вчення про мінеральне живлення має давню і досить суперечливу історію. Майже впритул до відкриття фотосинтезу на рубежі XIX ст. панувала думка про те, що рослини будують своє тіло із "соків землі". Ця думка базувалася на багаторічному

досвіді землеробства про важливу роль ґрунту в отриманні врожаю ряду сільськогосподарських культур. Ще у VI-V ст. до н. є. при вирощуванні жита, пшениці, ячменю, кукурудзи, льону, багатьох овочевих культур для підвищення родючості ґрунту і продуктивності культур використовували гній, попіл, річковий мул. Арістотель (384-322 рр. до н. є.) вважав, що ґрунт замінює рослині шлунок та інші органи травлення і забезпечує її їжею у вигляді складних речовин. Німецький агроном А.Теер наприкінці XVIII - початку XIX ст. це тлумачення Арістотеля розвинув у "гумусову теорію".

Французький природознавець Паліссі у 1563 р. висловив досить вагомі міркування про роль добрив і мінеральних речовин, вважаючи, що гній не мав би ніякого значення, якби у ньому не містилась сіль, яка залишається після його мінералізації. Англійський хімік Глаубер майже через 100 років (у 1656 р.) своїми дослідженнями довів позитивний вплив селітри на збільшення врожаю ряду рослин. Оригінальні думки щодо живлення рослин належать М.В.Ломоносову, який надавав важливого значення не тільки ґрунтовому, але і повітряному живленню. Французький агрохімік Ж.Б.Буссенго (1837) у своїх дослідженнях довів, що рослини можна вирощувати і на чистому піску, якщо внести туди мінеральні солі (попіл і селітру).

2. Механізми поглинання елементів мінерального живлення рослиною.

Надходження поживних речовин до рослини залежить від їх припливу до поверхні коренів. Існує три способи, якими забезпечується контакт поживних речовин з кореневою системою. Перший спосіб має назву кореневого перехоплення і полягає в тому, що коренева система у процесі постійного росту займає все більші і більші об'єми ґрунту, у якому містяться поживні речовини, перехоплює і поглинає їх. Другий - це спосіб масового потоку поживних речовин, що рухаються у формі ґрунтового розчину разом з водою до поверхні коренів і поглинаються ними. Третій спосіб - надходження поживних речовин до коренів за градієнтом концентрації. При поглинанні мінеральних елементів біля поверхні кореня їх концентрація зменшується. Внаслідок цього виникає градієнт концентрації, завдяки якому нові іони рухаються в бік кореневої системи.

Усі три способи забезпечують кореневу систему поживними елементами і сприяють мобілізації мінеральних речовин ґрунту. Спосіб руху елемента у ґрунтовому розчині залежить від іона, у вигляді якого цей елемент поглинається рослиною. Спочатку речовина підходить до мембрани, потім взаємодіє з її компонентами певним способом і проникає крізь неї. Після проникнення до клітини речовина підключається до метаболічних процесів. Залежно від характеру витрат

енергії на поглинання і транспорт елементів мінерального живлення рослинами розрізняють два види надходження речовин - активний і пасивний. Перший супроводжується витратами метаболічної енергії і проходить проти градієнта концентрації. Другий відбувається без витрат метаболічної енергії. Пасивне поглинання іде за градієнтом електрохімічної активності. Вважають, що в рослині існують дві єдині системи транспорту. Перша (пасивного поглинання і транспорту) складається з безперервної гідролітичної системи вільного простору (апопластний шлях); друга (активного поглинання і транспорту) включає в себе протопласти клітин, з'єднані між собою плазмодесмами (симпластний шлях).

3. Поняття про макро- і мікроелементи.

Для нормального життєвого циклу рослинного організму необхідними є такі елементи: вуглець, водень, кисень, азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, залізо, марганець, мідь, цинк, молібден, бор, натрій, кремній, кобальт, хлор та ін. Багато з них є суто мінеральними і поглинаються рослинами, головним чином, з ґрунтового розчину у вигляді іонів. А такі елементи, як вуглець, водень і кисень надходять до рослини переважно у вигляді CO_2 , H_2O і O_2 . Майже вся органічна речовина обов'язково містить чотири елементи - вуглець, водень, кисень і азот, які називаються органогенами.

Суха речовина тіла рослин, що залишається після тривалого висушування при температурі $102-105^\circ\text{C}$, майже наполовину складається з вуглецю (45%). Кисень становить 42%, водень - 6,5, азот - 1,5% їх маси. На решту елементів, що належать до групи попелових, припадає у середньому близько 5%. Усі хімічні елементи за кількісним вмістом поділено Вернадським на три групи. Десять з них, які необхідні у найбільшій кількості (від 10 до 0,01% сухої маси рослини), належать до групи макроелементів.

Це такі елементи: вуглець, водень, кисень, азот, калій, фосфор, магній, кальцій, сірка. Елементи, що містяться в рослині у значно меншій кількості (від 0,001 до 0,00001%), складають групу мікроелементів. Серед них - залізо, бор, марганець, цинк, молібден, кобальт і деякі інші. Третю групу складають ультрамікроелементи. їх вміст у золі рослин не перевищує 10^{-6} – 10-12%. Це - свинець, срібло, літій, ртуть, миш'як та ін. Такий поділ елементів на три названі групи досить умовний, тому що їх кількість може значно змінюватися. Більш доцільною є класифікація елементів за їх біологічним значенням і фізіологічними функціями. Вуглець, водень, кисень, азот, фосфор, сірка є основними компонентами органічної речовини, а такі елементи, як калій, кальцій, магній, марганець і хлор виконують регуляційну роль, беручи участь в осмотичній регуляції, балансі електронів і проникності мембран.

4. Фізіологічна роль K, Na, Ca, Mg та ін. елементів.

Калій. Засвоюється з ґрунту у вигляді іонів K^+ . У організмі рослин знаходиться у незв'язаному стані.

Фізіологічна роль:

1.Приймає участь у процесі фотосинтезу, зокрема у транспорті електронів по ЕТЛ.

2.За його участі виділяється O_2 .

3.Приймає участь у фотофосфорилуванні.

4.Сприяє обводненню цитоплазми.

5.Приймає участь у розкритті продихів.

6.Є коферментом більше ніж 60 ферментів, впливає на вуглеводний і білковий обмін.

7.Здатний до реутилізації

8.Сприяє підвищенню стійкості до несприятливих умов. Найбільше його у молодих рослинах та молодих органах. Натрій. При нестачі калію натрій має позитивний вплив на ріст і розвиток окремих видів рослин. Значну кількість цього елемента можуть нагромаджувати рослини-галофіти, які ростуть на засолених ґрунтах. Натрій здатний заміщувати калій у поглинальному комплексі ґрунту і таким чином підвищувати доступність останнього для рослин. Фізіологічна роль натрію інколи аналогічна калію. Наприклад, обидва елементи взаємозамінні при дії на осмотичні властивості клітини, тобто натрій теж сприяє гідратації цитоплазми. Разом з тим, якщо калій активує ферментні системи, сприяючи поєднанню субодиниць ферментних білків, то натрій, навпаки, стимулює їх дисоціацію. Забезпечує осмотичні властивості, надходження води і стимулює розтягування клітин при рості.

«Натрієфіли» - буряки, люцерна, капуста, томати. «Натрієфоби» - кукурудза, рис, гречка, соя. У переважної більшості рослин натрій не входить до числа необхідних елементів. Проте, наявність його у ґрунті, як наголошувалося, має позитивний вплив на рухомість і швидкість поглинання калію і посилення окремих фізіологічних процесів. Підвищена ж кількість засвоюваних форм натрію у ґрунті є шкідливою, оскільки порушує необхідний баланс катіонів рослини. Кальцій. Кальцій належить до важливих елементів мінерального живлення. Однією з основних його властивостей є здатність впливати на такі фізико-хімічні показники цитоплазми, як густина і проникність.

Кальцій є антагоністом одновалентних катіонів, особливо водню. Крім регуляторної ролі, він має і структурну, будучи основою серединних пластинок, що склеюють оболонки сусідніх клітин. Цей елемент впливає на стан біоколоїдів, ступінь їх гідратації. Він накопичується у старих тканинах і органах рослин у формі оксалатів, пов'язуючи щавлеву кислоту, яка у вільному стані є досить токсичною для цитоплазми. Тому у

даному випадку кальцій сприяє знешкодженню щавлевої кислоти. Одночасно цей факт свідчить про неможливість транспортування кальцію від старих органів до молодих, тому що всі солі, утворені кальцієм з органічними кислотами, нерозчинні у воді. Транспорт вільних іонів Ca^{2+} здійснюється через провідну систему ксилеми.

Вміст кальцію вищий у наземних органах рослини, ніж у підземних. Цей елемент входить до складу комплексів клітинних органел - ядер, хлоропластів, мітохондрій, у вигляді неорганічних фосфатів та іонів. При взаємодії з негативно зарядженими 81 іонами фосфоліпідів кальцій стабілізує мембрани і зменшує їх пасивну проникність. Він входить до складу фітину і пектинів. Майже всі реакції, що активуються калієм, інгібуються кальцієм. Разом з тим, кальцій активує діяльність окремих ферментів, наприклад, ферментів-переносників електронів в електронтранспортному ланцюзі при фотосинтезі. Не здатний до реутилізації.

Магній. Як і кальцій, цей елемент надходить до рослини у формі катіона (Mg^{2+}), але на відміну від кальцію нагромаджується переважно в молодих органах і тканинах рослин. Магній входить до складу молекули хлорофілу, а отже, без його участі не може відбутися процес фотосинтезу. Він є поліфункціональним елементом. Багато його функцій подібні до функцій калію і кальцію. Існує думка, що магній сприяє надходженню і руху по рослині фосфору. Разом з фосфором він входить до складу фітину, а тому бере участь у енергетичному обміні клітини.

Входить магній і до складу пектинових речовин. Він відіграє важливу роль у вуглеводному обміні, активує ферменти фосфатази, які беруть участь в синтезі і гідролізі сполук глюкози з фосфорною кислотою, є кофактором багатьох ферментів, зокрема ферментів циклу Кальвіна. Магній пов'язує велику і малу субодиниці рибосоми і підтримує її функціональну активність.

5. Фізіологічна роль мікроелементів.

Мікроелементи характеризуються високою специфічністю і незамінністю. Завдяки участі у ферментативних реакціях вони впливають на обмін речовин, прискорення розвитку рослин, підвищення їх стійкості до грибкових і бактеріальних хвороб, а також до несприятливих зовнішніх факторів (посухи, низьких або високих температур повітря і ґрунту).

Мікроелементи входять до складу простетичних груп ферментів і контролюють такі життєво важливі процеси, як фотосинтез, дихання, перетворення речовин та ін. Інакше кажучи, мікроелементи є активаторами активаторів, тобто активаторами ферментів. Незважаючи на близькість функцій мікроелементів, кожний з них характеризується певною специфічністю дії. Залізо. Має здатність міняти валентність і

тому має здатність переносити електрони і є складовою ряду ферментів (оксидази, каталази). У складі цитохромів бере участь у синтезі хлорофілу, активує ферменти хлорофілсинтети. При нестачі проявляється хлороз.

Альбінізм – генетичне порушення синтезу хлорофілу. Етіоляція – при відсутності освітлення не проходить утворення хлорофілу. Бор. Цей елемент у складі ферментів не знайдено, але участь його в багатьох ферментативних процесах доведена. Він позитивно впливає на процес поділу клітин, вуглеводний і білковий обмін. Найбільша кількість бору міститься в паренхімній тканині листової пластинки молодих рослин. Він сприяє нуклеїновому обміну. Бор впливає на диференціацію і поділ тканини на елементи ксилеми і флоєми, тому особливо необхідний на початковому етапі онтогенезу рослин. Він необхідний також для утворення бульбочок на коренях рослин родини бобових.

Бор не може пересуватись від старих органів рослини до молодих ростучих тканин. Тому при борному голодуванні хворіють і відмирають у першу чергу верхівкові частини стебел рослин. Мідь. Мідь має безпосереднє відношення до фотосинтезу і дихання. Значна кількість цього мікроелемента концентрується у хлоропластах, входячи до пластохінону. Пластохінон відіграє важливу роль у перенесенні електронів при фотосинтезі. Крім того, мідь входить до складу ряду оксидаз - поліфенолоксидази, цитохромоксидази. Вона захищає від розпаду хлорофіл, прискорює біосинтез триптофану. Цинк. Цинк входить до складу ряду ферментів, бере активну участь в окислювально-відновних процесах, посилює дихання, стабілізує його при високих температурах, бере також участь у вуглеводному і білковому обміні і позитивно впливає на утворення ауксинів і хлорофілу.

При достатньому забезпеченні цинк може пов'язуватися із сірковмісними та іншими амінокислотами - цистеїном, гістидином, триптофаном, лізином, серином. Цинк регулює вміст ДНК і РІЖ у клітині, підвищує активність фотосинтезу, активує надходження до рослин азоту, калію, кремнію, марганцю. Молібден відіграє важливу фізіологічну роль у синтезі, перетворенні і пересуванні вуглеводів по рослині. Маючи важливий вплив на розвиток азотобактера у ґрунті, він відіграє помітну роль у біологічній фіксації атмосферного азоту і в азотному обміні рослинного організму. Молібден входить до складу нітратредуктази і бере участь у процесі відновлення нітратів у кореневій системі та в листках рослин. При нестачі молібдену зменшується вміст загального і білкового азоту, уповільнюється відновлення нітратів, що надійшли до рослин, внаслідок чого зменшується синтез амінокислот. Молібден є також незамінним металоконпонентом ферментів, які беруть участь у тканинному диханні. Рухомість ґрунтового молібдену і його доступність

рослинам залежить не тільки від наявності валових форм, але також від ступеня окультуреності ґрунту і застосування добрив. Фізіологічно кислі добрива, особливо при внесенні їх на невапнованих малобуферних піскових ґрунтах, посилюють молібденове голодування.

Аналогічний вплив має надлишок у ґрунті важких металів - свинцю, міді, цинку та ін. Марганець. Існує думка, що забезпечення рослин марганцем визначає ріст і морфогенез органів рослин. При дефіциті цього елемента спостерігається затримка фази розтягування клітин, особливо у кореневій системі. Виявлено вплив марганцю на переміщення індолілоцтової кислоти і на проростання насіння. Він активує надходження цієї сполуки з насіння до паростків, сприяє утворенню компонентів "індолілоцтова кислота -дезоксирибонуклеїд", які впливають на морфогенез рослин. Хлор. У рослині хлор міститься в дуже малій кількості. Він впливає на функції хлоропластів (фотосинтетичне фосфорилування), бере участь у процесах виділення. Крім розглянутих нами, рослина потребує такі мікроелементи, як кобальт, ванадій, хром та інші.

6. Азотне живлення рослин. Перетворення нітратів.

Азот. Був відкритий Резерфордом у 1732 році. Фізіологічне значення азоту визначається насамперед тим, що він є складовою частиною амінокислот, білків, нуклеїнових кислот і багатьох життєво важливих органічних сполук, які становлять основу протоплазми. На Землі основна кількість азоту перебуває у газоподібному стані у вигляді молекулярного азоту N_2 , і складає близько 80% загального об'єму повітря. Запаси азоту в атмосфері оцінюються величиною приблизно 8 тонн на кожний квадратний метр Землі. Але ця величезна кількість азоту недоступна рослині. Посередниками, що сприяють переходу атмосферного молекулярного азоту в доступну форму, є мікроорганізми - азотофіксатори ґрунту. За рахунок азотофіксаторів, що вільно живуть у ґрунті, а також симбіотичних азотофіксаторів багаторічних і однорічних бобових рослин на 1 га ґрунту може щорічно нагромаджуватися 130 - 140 кг азоту. З інших форм азоту в повітрі може бути незначна кількість аміаку й оксидів азоту, які утворюються при електричних розрядах. Ці форми азоту з атмосферними опадами потрапляють у ґрунт. Загальна кількість їх дуже мала, і тому вони не мають суттєвого значення в азотному живленні рослин. У ґрунті азот міститься переважно у трьох видах сполук: амонійних солях, нітратних солях, органічних сполуках у вигляді різних рослинних і тваринних решток і продуктів їх розпаду (амінокислоти, пептиди, аміни). Рослини засвоюють переважно нітратну й аміачну форми азоту, запаси яких становлять не більше 1-2% загальної його

кількості у ґрунті. Тому навіть багаті на органічну речовину чорноземи мають не більше 200 кг доступного азоту в орному шарі 1 га площі. Такої кількості азоту достатньо для отримання високого врожаю зерна. У дерновопідзолистих ґрунтах з низьким вмістом органічної речовини легкодоступних форм азоту у 3-4 рази менше. В основу класифікації покладено співвідношення між запасними вуглеводами і білками (C:N) у насінні рослин. Найбільш успішно аміак засвоюється рослинами з переважаючим вмістом вуглеводів.

Прикладом можуть бути злаки, у яких співвідношення C:N у зерні становить приблизно 6:1. Паростки злаків, перебуваючи у темряві, легко засвоюють аміак до майже повного використання запасів вуглеводів насіння. В окремих бобових культур (горох, вика) співвідношення C:N менше, і їх живлення аміаком у темряві можливе лише при усуненні фізіологічної кислотності поживного розчину (додавання до розчину CaCO_3). Паростки насіння з іще меншим вмістом вуглеводів (наприклад, люпин) зовсім не можуть асимілювати аміак у темряві. Вміст азоту в ґрунті у доступній для рослин формі визначається не тільки інтенсивністю мікробіологічних процесів мінералізації органічного азоту й азотофіксації, але й процесів поглинання його кореневою системою рослин, вимивання водою з орного шару. Крім цього, мають місце процеси його денітрифікації аеробними мікроорганізмами, які відновлюють нітратний азот до молекулярного. Останній вивітрюється з ґрунту в атмосферу. Цей процес особливо активний на перезволожених ґрунтах зі слабкою аерацією (наприклад, на рисових плантаціях). Поглинутий рослиною азот включається до органічних сполук тільки у формі аміаку. Згідно сучасних даних, процес відновлення поглинутих нітратів каталізують флавопротеїдні ферменти.