

Лекція

Тема: Трансформація сполук сірки, фосфору, і заліза в ґрунті

План:

- 1.Кругообіг сірки в ґрунті.
- 2.Метаболізм фосфору в ґрунті.
- 3.Перетворення сполук заліза в ґрунті

1. Кругообіг сірки в ґрунті.

Кругообіг сірки — біогеохімічний цикл, який описує циркуляцію сірки та її хімічних сполук у біосфері.

Сірка є макроелементом, необхідним для синтезу сульфуровмісних амінокислот (метіоніну і цистеїну), вітаміну В₁ й деяких ферментів. У живленні рослин посідає третє місце після нітрогену й фосфору.

Геохімічний цикл сірки відзначається різноманітністю процесів, передусім тих, які відбуваються в ґрунті та відкладах, де сконцентрований досить великий резервний фонд, меншою мірою — в атмосфері.

Як відомо, близько 50% сірки потрапляє в атмосферу за рахунок її біологічних перетворень у ґрунті і воді, в яких провідну роль відіграють мікроорганізми. Причому кожний їх вид виконує певну реакцію — окислення або відновлення. Вважають, що внаслідок цих мікробіологічних процесів сірка вивітрюється у вигляді сірководню.

До функцій сірки в рослинах належать:

- підвищення коефіцієнта використання азоту;
- синтез сірковмісних амінокислот, а тому й протеїнів;
- активація важливих ензимів, необхідних для метаболізму енергії та жирних кислот;

- входження у структуру білка хлоропласту;
- компонент вітаміну B1 (важливо для зернових та бобових культур);
- важлива роль у синтезі сірковмісних вторинних метаболітів, таких як ароматичні олії та речовини, що впливають на формування смаку й аромату, а отже, забезпечують якість певних культур;
- формування в самій рослині засобів захисту проти хвороб і шкідників (фітоалексинів, глутатіону).

З огляду на перераховані вище фізіологічні та **біохімічні функції сірки** для росту та розвитку агрокультур, збалансування режиму живлення рослин сіркою забезпечує й агрономічні вигоди: підвищення вмісту олії в олійних культурах та збільшення отримання олії з одиниці площі; підвищення вмісту протеїну в бобових і його отримання з гектара; покращення органолептичних показників якості цибулі та часнику; економія азотних добрив внаслідок покращення коефіцієнта використання азоту рослинами.

Використання сірки рослинами

Незважаючи на важливу **роль сірки в метаболічних процесах** та формуванні майбутнього врожаю сільськогосподарських культур і його якості, не всі культури однаково реагують на її дефіцит.

Дефіцит сірки впливає на продукування хлорофілу, синтез протеїну та інші метаболічні процеси. Ці порушення можуть спричинити затримку розвитку рослини та її стиглості. Якщо дефіцит спостерігається на етапі розвитку та функціонування вегетативних органів, це може зумовити втрати врожаю.

Найчастіше дефіцит сірки спостерігається на ґрунтах із низьким вмістом органічної речовини (гумусу), вивітрених ґрунтах із високим вмістом заліза та на піщаних ґрунтах.

Симптоми дефіциту сірки у рослинах можуть бути виявлені за допомогою візуальної ідентифікації:

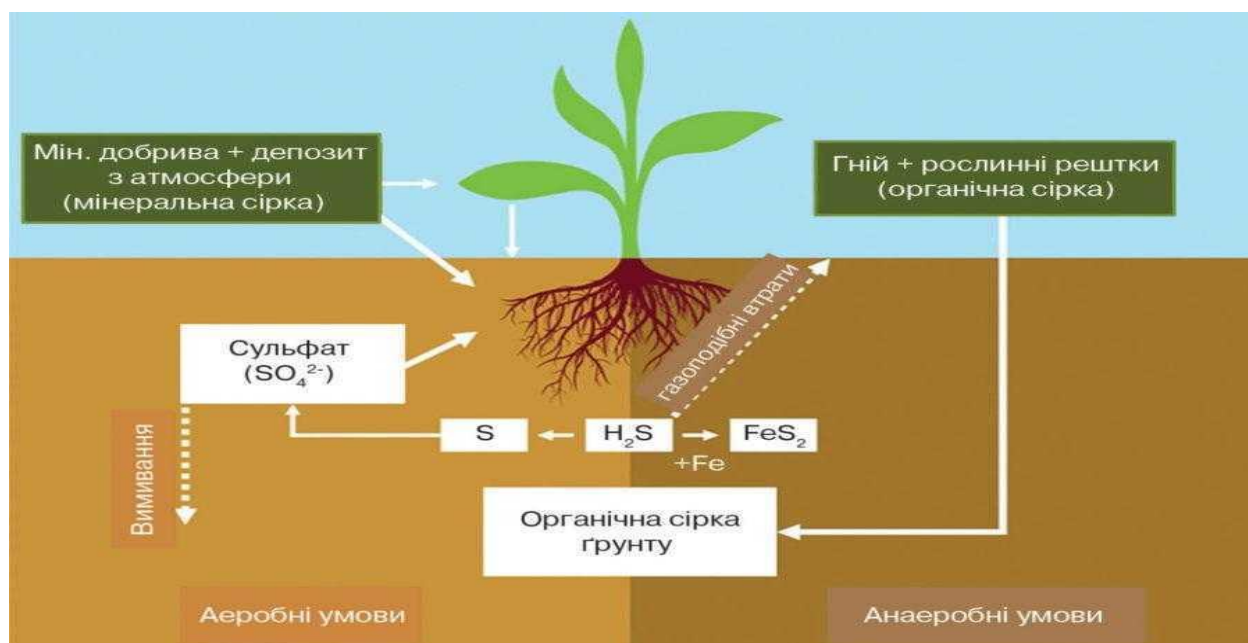
- жовтий чи світлозелений колір всієї рослини;

- хлороз молодих листків або некроз верхівок блідозелених листків;
- нижні листки не мають некрозу.

Інструментальні методи діагностики передбачають визначення вмісту мінеральних форм потенційно доступної форми сірки ґрунту. Проте альтернативним і більш точним методом є розрахунок дефіциту сірки за співвідношенням N/S або малат/сульфат у самих рослинах.

Оскільки візуально нестача сірки може бути помилково сприйнята як нестача азоту, іноді додатково вносять азотні добрива, що, в свою чергу, ще більше змінює співвідношення N/S і призводить до втрат врожаю.

Дефіцит сірки також негативно впливає на стійкість рослин до хвороб, посухи та низьких температур.



Мал. 1. Кругообіг сірки у ґрунті

Існують три **основних шляхи надходження сірки** в рослини (рис. 1):

- 1) мінеральні сполуки сірки у ґрунті та мінералізація органічної речовини ґрунту (включаючи пожнивні рештки);
- 2) з атмосфери – сірка утворюється при спалюванні твердих видів палива, надходить з атмосферними опадами (дощ, сніг) і в незначних кількостях – з

повітрям;

3) внесення сірковмісних добрив.

Сірка у ґрунті

Загальний ***вміст сірки в ґрунтах*** досить строкатий. У регіонах з достатнім зволоженням концентрація сірки в ґрунтах сягає 0,02–2%, в той час як на торф'яниках – близько 3,5%. Сірка у ґрунті має вигляд органічних і неорганічних сполук. Залежно від ґрунтових умов, неорганічні форми можуть бути представлені елементарною сіркою або різними видами її окислених форм (сульфіди, сульфати, тіосульфати тощо). Мінеральна форма сірки становить лише 10–20% від її загального вмісту в ґрунтах. Легкодоступні форми представлені у вигляді сульфатів кальцію, магнію, калію та інших аніонів. Органічна сірка міститься в амінокислотах, протеїнах, поліпептидах та інших компонентах органічної речовини ґрунту.

Сполуки сірки, що зустрічаються в ґрунтах, можуть бути трансформовані кількома шляхами, подібними до циклу азоту (рис. 1). Сульфат є негативно зарядженим іоном і тому, подібно до нітрату, не адсорбується ґрунтовими частками. Він легко промивається в нижні шари ґрунту або втрачається з поверхневим стоком. Втрати можуть сягати 50% від внесеної мінеральної форми сірки.

Ризик дефіциту сірки, таким чином, спостерігається на ґрунтах легкого гранулометричного складу (піщаних, сірих, дерновопідзолистих), особливо після тривалих дощів, а також на ґрунтах поганої структури, де зустрічаються ущільнення та інші обмеження нормального росту кореня. Використання системи NoTill також може бути причиною поганої аерації та дефіциту сірки.

Внесення із добривами

Отже, не всі ґрунти можуть забезпечити потреби найвибагливіших до сірки агрокультур, тому необхідним є внесення її у вигляді мінеральних чи органічних добрив.

Застосування гною та торфу за середніх норм відповідно 30 та 40 т/га забезпечує додатково щонайменше 6 та 40 кг/га сірки

Застосування гною та торфу як органічних добрив за середніх норм відповідно 30 та 40 т/га забезпечує додатково щонайменше 6 та 40 кг/га сірки . Проте слід зауважити, що ця кількість мінералізується не одразу вся в перший рік. Певна частина буде доступною для рослин поступово впродовж кількох років після внесення, що теж потрібно брати до уваги при плануванні удобрення сіркою.

Отже, сірка є важливим макроелементом для росту і розвитку рослин, який відіграє важливу роль в азотному живленні та є незамінним для формування якості багатьох культур (часник, цибуля, ріпак, соняшник, картопля тощо). Особливої уваги потребує живлення рослин сіркою на піщаних ґрунтах, ущільнених (в тому числі при No-till) і таких, що періодично підтоплюються. Внесення сірковмісних добрив насамперед потрібно планувати під високочутливі до сірки культури. Асортимент базових сірковмісних і спеціальних добрив на ринку України досить широкий і має тенденцію до зростання у зв'язку із приділенням великої уваги показникам якості та прагненням вітчизняних аграріїв максимально ефективно використовувати поживні елементи.

2. Метаболізм фосфору в ґрунті.

Фосфор є одним з найважливіших хімічних елементів, який виконує важливу роль у метаболізмі рослин. Він є необхідним для багатьох функцій, таких як енергетичний обмін, фотосинтез, транспорт речовин, регуляція генетичної інформації та багато інших процесів.

Фосфор виконує ключову роль у функціонуванні рослин. Він є необхідним для росту і розвитку рослин, а також для формування та транспортування енергії. Фосфор є складовою частиною нуклеотидів, нуклеїнових кислот, фосфоліпідів та фосфопroteїнів, які є ключовими молекулами у біологічних процесах.

У метаболізмі рослин фосфор виконує важливу функцію в процесах фотосинтезу, фіксації азоту, транспорту речовин та регуляції фізіологічних процесів. Він є необхідним у процесі створення АТФ – основної молекули, яка забезпечує енергетичні потреби рослин. Без достатнього рівня фосфору рослини не зможуть виробляти енергію, що приведе до зупинки їхнього росту та розвитку.



Мал. 2. Перетворення сполук фосфору.

Таким чином, кругообіг фосфору в природі підтримується **двома процесами**: з одного боку мінералізацією орґанофосфатів мікроорґанізмами, що синтезують

фермент фосфатазу (*Bac. megaterium*), другого розчиненням мінеральних сполук фосфору ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) хемотрофами – кислото утворювальними до фосфорних кислот.

Рівень вмісту фосфору у ґрунті визначається його окультуреністю. Як правило, валовий вміст цього елемента живлення у ґрунті становить 1,2-6 т/га. Цей показник залежить від вмісту гумусу та механічного складу ґрунту. У ґрунті *фосфор* перебуває у органічній та мінеральній формах. Мінеральні фосфати знаходяться, зазвичай, у формі гідроксил- або фторапатитів, ди- та трикальційфосфатів. На нейтральних та карбонатних ґрунтах переважають фосфати кальцію та магнію, у кислих – алюмінію та заліза. *Фосфор* у органічній формі накопичується як наслідок діяльності тварин та мікроорганізмів, вищих і нижчих рослин. Його вміст на різних ґрунтах становить 14-44% від загального. Він знаходиться у плазмі мікроорганізмів та фітатах, а також у гумусі. Магнієві та кальцієві солі фітину знаходять у нейтральних ґрунтах, а фітати **Fe** та **Al** – у кислих.

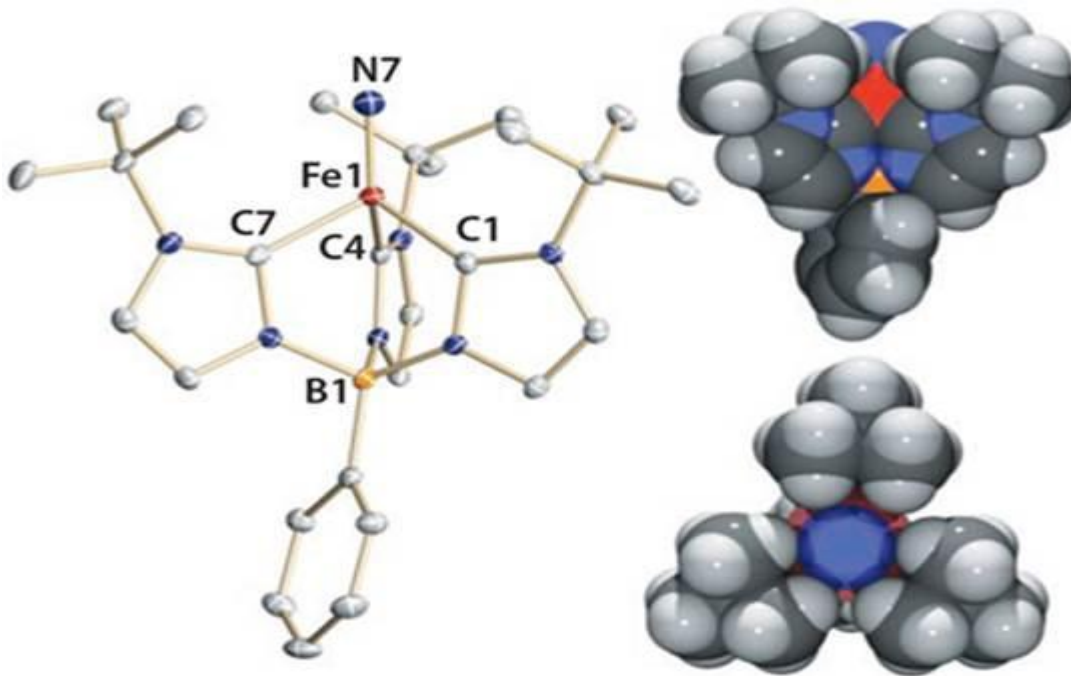
Для фосфору характерна низька рухомість. У результаті хімічного зв'язування його з магнієм, алюмінієм та кальцієм відбувається фіксація фосфору. Глинисті мінерали поглинають іони H_2PO_4^- й заміщують ОН-іони гібситового шару. Спочатку цей процес має обмінний характер, згодом переходить у хімічний й утворюється AlPO_4 . Неповне використання фосфору з добрив пов'язане з хімічною адсорбцією.

3. Перетворення сполук заліза в ґрунті

Залізо в невеликих кількостях необхідне всім живим організмам.

Мінералізація органічних залізовмісних сполук.

Органічні залізовмісні сполуки представлені ферментами каталазою і пероксидазою, цитохромами, залізопорфіриновими сполуками та ін. Мінералізацію залізовмісних органічних сполук здійснюють більшість хемоорганогетеротрофних організмів (бактерії, актиноміцети і гриби).



Мал. 3. Перетворення сполук заліза

Окислення відновлених сполук заліза.

Більшість мікроорганізмів прямо або опосередковано беруть участь в окисленні заліза. Їх називають залізобактеріями.

Інші функції заліза:

1. Впливає на синтез хлоропластів.

2. Потрібне для перетворення нитритів (форма азоту) та сульфатів.
3. Використовується для синтезу нуклеїнових кислот (ДНК), тому важливе при поділі клітин.
4. Каталітична та структурна ролі.
5. Приймає участь в процесах окислення та диханні.

Споживання заліза рослиною

Рослина має декілька механізмів споживання заліза. Один із них – природне хелатування. Для цього кореневі волоски виділяють спеціальну речовину – сидерофор. Цей механізм живлення має популярність навіть серед бактерій.

На жаль, різні корінці неоднаково споживають залізо. Тому його дефіцит найчастіше проявляється, коли коренева система слабка чи пошкоджена.

Дійсно, нестача заліза іноді пояснюється відсутністю заліза у ґрунті. В такому випадку потрібно комбінувати кореневе і позакореневе внесення заліза. Та найкраще застосовувати залізо-вмісні добрива протягом всього сезону.

Все ж, частіше залізо є, але воно не доступне рослині через різні причини. Це може бути високий вміст карбонатів, неоптимальна вологість, засоленість ґрунту, холодний ґрунт, надмірне застосування калію, високий вміст марганцю, міді, цинка, внесення значної кількості кальцію (гіпсу або вапна).

Питання для самоконтролю

1. Які групи мікроорганізмів існують за рахунок енергії, яка виділяється при окисленні неорганічних сполук сірки?

(Підручник Петренко С.Д. Фізіологія рослин з основами мікробіології. – К.: Аграрна освіта, 2009. (ст. 261-262)

2. Коротко охарактеризуйте основні напрями трансформації сполук сірки в ґрунті.

3. В яких формах фосфор може знаходитись в ґрунті?

4. Які види бактерій беруть участь у трансформації сполук заліза в ґрунті?

(Підручник Петренко С.Д. Фізіологія рослин з основами мікробіології. – К.: Аграрна освіта, 2009. (ст. 264-265)