

Минеральное питание растений



**МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ
РАСТЕНИЙ**- совокупность процессов
поглощения, передвижения и
усвоения растениями химических элементов,
получаемых из почвы в форме ионов
минеральных солей.

Физиологическое значение микро и макроэлементов

- 1) Входят в состав биологически важных органических веществ
- 2) Участвуют в создании определённой ионной концентрации, стабилизации макромолекул и коллоидных частиц (электрохимическая роль)
- 3) Участвуют в каталитических реакциях, входя в состав или активируя отдельные ферменты.

Классификация химических элементов (по К. Менгелю)

| Элемент питания | Поглощение | Биохимическая функция |
|-----------------------|--|---|
| Группа 1. N, S | Из атмосферы в форме N_2 , $SO_2^{(IV)}$. Из почвенного раствора в форме ионов NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} | Образуют важнейшие органические соединения, выполняющие структурную и ферментативную функции. Участвуют в ОВР |
| Группа 2. P, B, Si | Из почвенного раствора в форме фосфатов, борной кислоты (H_3BO_3) и её солей, силиката | Входят в состав веществ, выполняющих ключевую роль в энергетическом обмене и структурную функцию |

| | | |
|--|--|---|
| <p>Группа 3. K, Na, Mg, Ca, Mn, Cl</p> | <p>Из почвенного раствора в форме ионов</p> | <p>Активируют ферменты, участвуя в конформационных изменениях. Регулируют осмотический потенциал вакуоли, электрический потенциал мембран и их проницаемость.</p> |
| <p>Группа 4. Fe, Cu, Zn, Mo</p> | <p>Из почвенного раствора в форме ионов, хелатов</p> | <p>Входят в состав ферментов. Транспорт электронов.</p> |

Макроэлементы

Фосфор

Содержится до 0,2% на сухую массу. Поступает и функционирует в виде остатков ортофосфорной кислоты (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}).

Входит в состав ДНК и РНК, АТФ, НАД, НАДФ, витамины. Играет важную роль в обмене веществ.

Фосфолипиды являются компонентами биологических мембран, обеспечивают гидрофильность. Фосфор содержится в фитине – это, своего рода, депо фосфора для растений.

Фосфорилирование – присоединение остатков фосфорной кислоты к органическому соединению с образованием эфирной связи.

Фосфор образует высоко энергетические связи (макроэргические связи). Они нестабильны, что облегчает обмен и высвобождение энергии.

АТФ очень важно для растений. Фосфорная кислота, попав в клетки корня, образует сначала АМФ, затем АДФ, в итоге АТФ. Недостаток АТФ влияет на все системы органов растений. Он нужен для дыхания, фотосинтеза, роста.

Азот

От 15 до 19%. Азот поглощается растениями только после соединения его с другими химическими элементами в форме аммония и нитратов. Синтез аминокислот и белков из восстановленных форм азота происходит быстрее и с меньшими затратами энергии. Аммиак накапливается в растении при нехватке углеводов, которые необходимы для синтеза аминокислот и белков.

При недостатке азота замедляется рост растений, ослабляется интенсивность кущения злаковых и цветения плодовых и ягодных культур, сокращается вегетационный период, уменьшается содержание белка и снижается урожай.

Сера

Поступает главным образом в виде сульфата SO_4^{2-} . Ее содержание в растительных тканях относительно невелико и составляет 0,17% в расчете на сухую массу. Потребность в сере высока у растений, богатых белками, например у бобовых (люцерна, клевер), но особенно сильно она выражена у представителей семейства крестоцветных, которые в больших количествах синтезируют масла.

Сера входит в состав цистина, цистеина, метионина. Содержится почти во всех белках. Содержится в витаминах, коферментах (биотин, тиамин, коэнзим А, глутатион и т.д.). В составе коэнзима А сера участвует в образовании макроэргической связи с ацильными группами кислот, что оказывает влияние на метаболизм углеводов, жиров, аминокислот.

Сульфгидрильные группы (SH) и дисульфидные связи (S-S) обеспечивают взаимодействие ферментов.

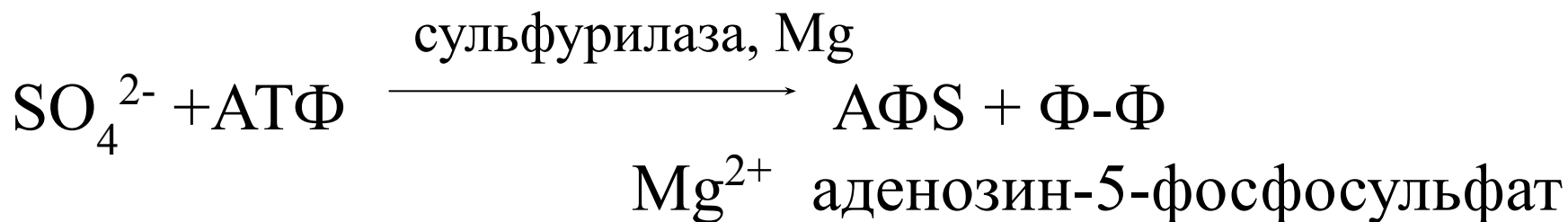
SH связывают белок с НАД

(Никотинамиддинуклеотид) или ФАД

(Флавинадениндинуклеотид). Соединения серы

участвуют в поддержании окислительно-

восстановительного потенциала клетки.



Это соединение восстанавливается до ферредоксина.

Пожелтение листьев
при дефиците серы



Дефицит серы



Кальций

Количество 0,2%. Поступает в виде иона Ca^{2+} . Кальций накапливается в старых органах и тканях. Это связано с тем, что транспорт его осуществляется по ксилеме.

Соединяясь с пектином, даёт пектанты кальция (полисахара), которые важны для оболочек клеток растений. Повышает вязкость цитоплазмы.

Кальций нужен для нормального функционирования мембран, дефицит приводит к уменьшению проницаемости. Связывает ДНК с белком.

Активирует фосфоорилазу, АТФ, амилазу т.д. Входит в состав сигнальных систем, тем самым участвует в гормональных реакциях.

Кальций активирует ряд ферментных систем клетки: дегидрогеназы, амилазу, аденилат- и аргининкиназы, липазы, фосфатазы. При этом кальций может способствовать агрегации субъединиц белка, служить мостиком между ферментом и субстратом, влиять на состояние аллостерического центра фермента.

Избыток кальция в ионной форме угнетает окислительное фосфорилирование и фотофосфорилирование иона.

От недостатка кальция в первую очередь страдают молодые меристематические ткани и корневая система. Прекращается образование боковых корней и корневых волосков, замедляется рост корней. В результате корни, листья, отдельные участки стебля отмирают.



Магний

Содержится 0,17%. Поступает в виде Mg^{2+} .

Действие магния на другие участки обмена веществ чаще всего связано с его способностью регулировать работу ферментов. Активирует ДНК или РНК-полимеразу. Входит в состав хлорофилла, поддерживает структуру рибосом, связывая РНК и белок.

Недостаток магния приводит к уменьшению содержания фосфора в растениях, даже если фосфаты в достаточных количествах имеются в питательном субстрате, тем более, что транспортируется фосфор по растению в основном в органической форме.



Калий

Содержание 0,9%. Поступает в виде K^+ . В клетке находится в свободном состоянии около 70%, остальные в адсорбционном. Калий снижает вязкость цитоплазмы. Соли кальция участвуют в регуляциях осмотических потенциалов клеток. Открытие устьиц связано с накоплением ионов калия в замыкающих клетках устьиц.

Активирует ферменты, фосфорилирующие сахара: гексокиназу. Участвует в цикле Хэтча-Слэка, Кребса. Недостаток калия замедляет транспорт сахарозы.

**Нехватка
калия**



Контроль



Железо

Количество 0,08%. Поступает в виде Fe^{3+} , а транспортируется в виде цитрата железа(III) ($\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$). Входит в состав каталитических окислительно-восстановительных ферментов. В виде гема он входит в цитохромы, каталазу, пероксидазу и т. д. Цитохром нужен для дыхания и фотосинтеза. Фитоферритин - металлопротеид, в виде которого железо аккумулируется в клетке. Железо необходимо для образования хлорофилла.



Дефицит
железа



Микроэлементы

Марганец

Содержится 0,001%. Поступает в виде Mn^{2+} . В растениях находится в разной степени окисления. Имеет высокий окислительно-восстановительный потенциал. Необходим для фотосинтеза, участвует в фотосистеме 2. Активирует множество ферментов, участвует в ОВР, гидролизе, декарбоксилировании. Участвует в азотном обмене.

Медь

Содержится 0,0002%. Поступает в виде Cu^{2+} или Cu^+ .

Входит в состав ферментов: полифенолоксидаза, аскорбатоксидаза, цитохромоксидаза. Большая часть меди содержится в листьях в хлоропластах в виде синего белка - пластоцианина. Он участвует в переносе электрона из ФС 1 в ФС 2.

Цинк

Содержится 0,002%. Поступает в виде Zn^{2+}

Входит в состав ферментов, активирует енолазу, альдолазу. Нужен для дыхания и фотосинтеза.

Участвует в репликации и транскрипции ДНК.

Молибден

Содержится до 0,002%. Поступает в виде аниона MoO_4^{2-} . Вместе с Fe входит в состав каталитического центра фермента. Участвует в азотном обмене.

Бор

Содержится 0,0001%. Поступает в виде BO_3^{3-}

Образует комплексные соединения.

Соединяясь с углеводом, может влиять на клеточную оболочку.

Кобальт

Содержится 0,00002%. Поступает в виде CO^{2+} или CO^{3+} Участвует в фиксации азота. Входит в состав кобалимина (витамин В12). При его недостатке снижается синтез белка, фотосинтез.

Хлор

Поступает в виде Cl^- Необходим для ФС 2 на этапе разложения воды и выделения кислорода. Участвует в делении клетки. Выполняет осмотическую функцию.

Никель

Никель поступает в растения в виде иона Ni^{2+} , но может находиться в виде Ni^+ и Ni^{3+}

Никель активирует ряд ферментов, в т.ч. – нитратредуктазу, гидрогеназу и другие, оказывает стабилизирующее влияние на структуру рибосом, участвует в перемещении азота и обеспечении им растительных тканей.

Недостаточность никеля приводит к снижению темпов роста растений и уменьшению накопления биомассы.

Влияние внешних условий на поступление солей в растение

При 0°C – поглощение медленное

В пределах 40 °C – усиливается

Увеличение температуры на 10 °C увеличивает поступление солей в 2-3 раза

В темноте поглощение солей замедляется и постепенно прекращается, а под влиянием освещения ускоряется.

При длительном выдерживании растений в темноте, после того, как запас дыхательных субстратов исчерпан, поглощение солей не только прекращается, но может даже наблюдаться их выделение.

Концентрация ионов водорода (рН) также сказывается на поглощении солей. При подкислении поступление катионов задерживается. Подщелачивание снижает поступление фосфора.

Влияние внутренних факторов на поступление солей в растение

Зависимость поступления солей от интенсивности дыхания: при замене кислорода азотом не только прекращается поступление, но наблюдается выделение питательных ионов из корня. Ингибиторы процесса дыхания (в частности, цианистый калий) резко тормозят поступление солей.

Процесс дыхания может оказывать влияние на поступление солей в нескольких направлениях:

1) $\text{CO}_2 \longrightarrow \text{H}^+$ и $\text{HCO}_3^- \longrightarrow$ Адсорбция на поверхности корня \longrightarrow Резерв \longrightarrow Перенос через мембрану с помощью белков

↑
Дыхание \longrightarrow Энергия на соли

2) Динитрофенол нарушает накопление энергии дыхания – процесс поступления солей тормозится. Усиление транспирации приводит к ускорению передвижения восходящего тока воды с растворенными солями.

Увеличение интенсивности фотосинтеза приводит к возрастанию содержания углеводов и, как следствие, к увеличению интенсивности дыхания и поступления солей.

Почва как источник питания

Для питания растений значение имеет физико-химическая или обменная поглотительная способность почвы.

Доступность катионов зависит от:

- 1) От степени насыщенности почвы катионами.
- 2) От насыщенности клеток корня данным катионом, что напрямую зависит от скорости метаболизма.
- 3) От содержания воды в почве.

Кислотность почвы

Влияет на растворимость и усвояемость растением веществ.

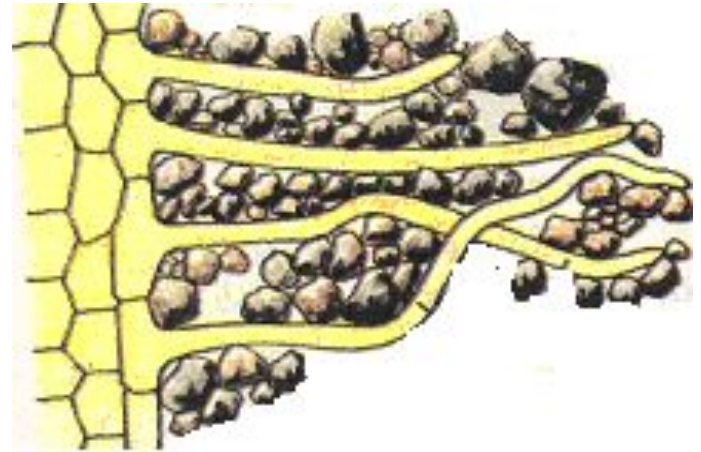
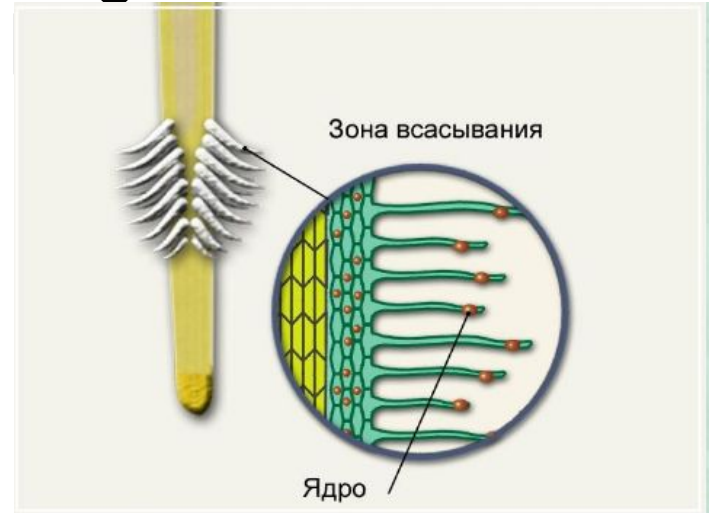
На кислых почвах лучше усваиваются: P, Fe, Zn, Mn, B.

Для люпина рН 4-5, картофель – 5, овёс, лён, рожь – 5-6, свекла- 7, горох-6-7

Благоприятны: слабокислая(5-6) и нейтральная (7) реакции.

Почвенное питание

- связано с **растен**
поглощением воды и
минеральных
веществ с помощью
корневых волосков
зоны всасывания
корня.



***Вода, минеральные вещества → корневые волоски →
клетки корня → сосуды корня → сосуды стебля → сосуды
листа → клетки листа***

Растения с уклоняющимся типом питания

Насекомоядные растения

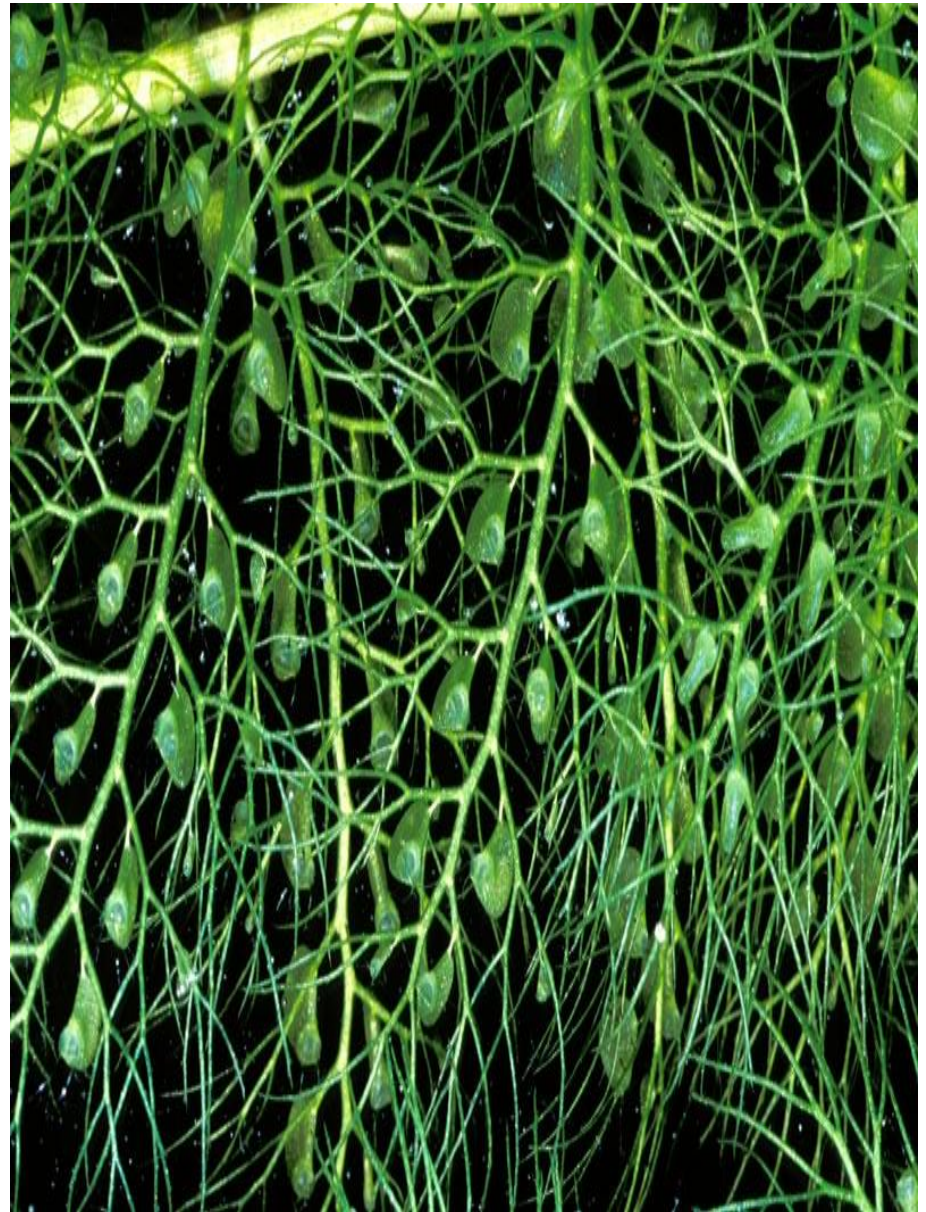
Рослянка

Мелкое растение, растущее на торфяных болотах. На верхней стороне листьев этого растения имеются волоски — щупальца с красной железистой головкой, окруженные прозрачной липкой слизью.



Пузырчатка.

Приуроченная к болотистым водоемам. Свое название это растение получило благодаря наличию ловчих пузырьков. Эти тонкостенные полупрозрачные образования диаметром 2-5 мм расположены на листьях или стеблях. В пузырьках имеется отверстие, по краям которого расположены волоски. От верхнего края отверстия отходит тонкий клапан с железками, выделяющими сахара и клейкое вещество.



Росолист

В течение дня листья
этого растения
переваривают несколько
десятков крупных мух



Паразиты и полупаразиты

Погремок большой

Полупаразиты характеризуются слабым развитием корневой системы и почти полным отсутствием корневых волосков. С помощью корневых присосок они получают воду и питательные вещества из корней растения-хозяина.



Заразиха.

Паразитирует на подсолнечнике и тыквенных, значительно снижая продуктивность этих растений. Семена заразихи прорастают только под влиянием веществ, выделяемых растением-хозяином.



Повилика.

При прорастании семян повилики кончик корня изгибается и частично погружается в почву. Затем корневой конец засыхает, а стебель обвивается вокруг растения-хозяина. С помощью присосок повилика прикрепляется к стеблю и получает от растения-хозяина все необходимые питательные вещества.



Микотрофный тип питания

Корни многих растений инфицируются грибами и образуют грибокорень, или микоризу. **Микориза** — это ассоциация корня высшего растения и непатогенного гриба.

Гриб получает от высшего растения сахара, аминокислоты, витамины группы В. В свою очередь гриб увеличивает доступность и улучшает снабжение высшего растения водой и минеральными веществами, в первую очередь фосфорными соединениями. Снабжают растение фитогормонами (ауксином и цитокининами). Грибы, участвующие в образовании микоризы, относятся к базидиомицетам, хитеномицетам и гастромицетам.

