

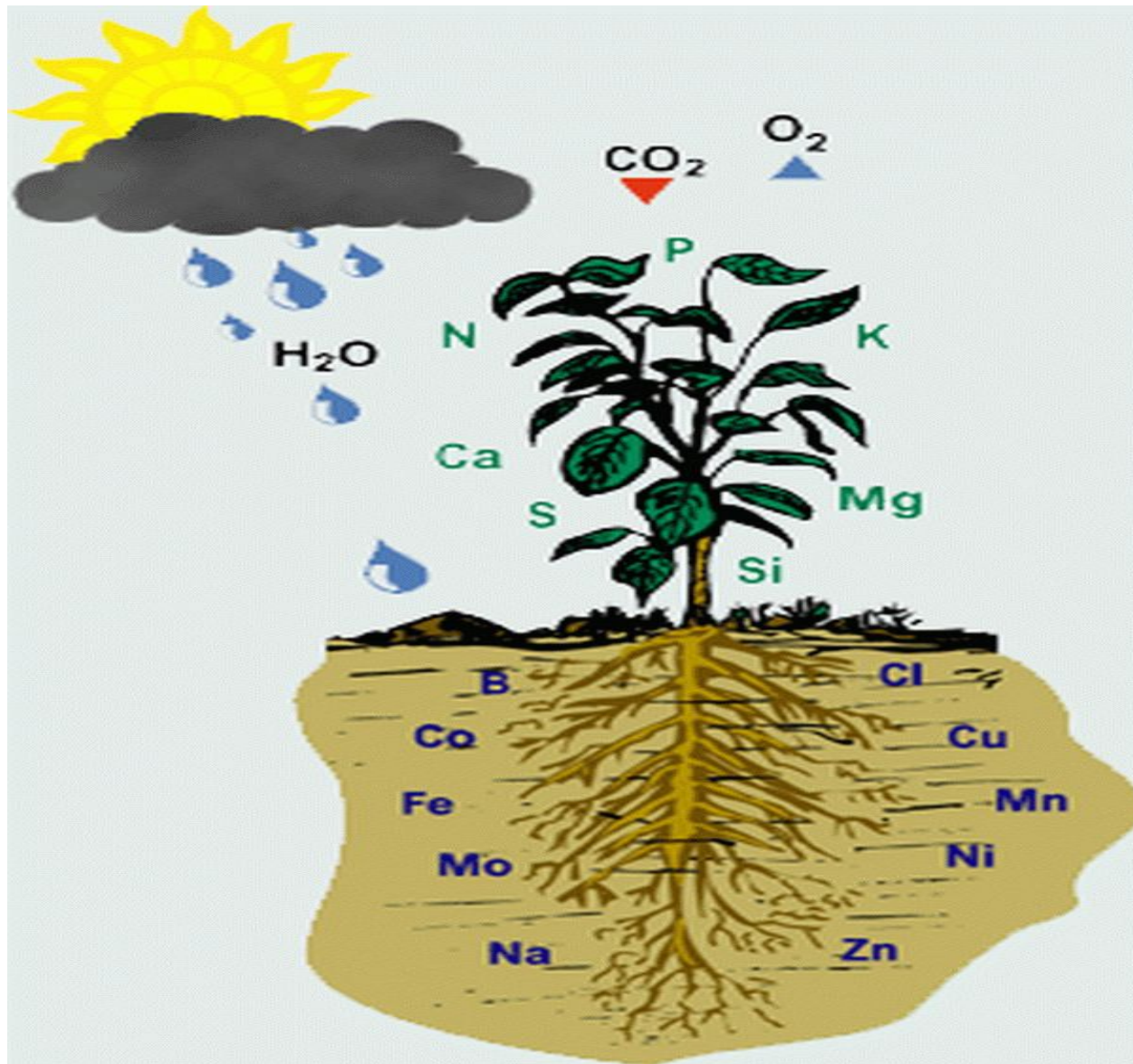
РАЗДЕЛ V

МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ

Вопросы:

- 1. Потребность растений в элементах минерального питания.**
- 2. Механизм поглощения и передвижения минеральных веществ.**
- 3. Влияние различных факторов на поглощение минеральных веществ.**

4. Физиологическая роль элементов минерального питания (N, P, S, K, Ca, Mg, Fe).
5. Микроэлементы и их значение (самостоятельная работа, конспект).
6. Система удобрений.
Классификация удобрений.



1. ПОТРЕБНОСТЬ РАСТЕНИЙ В МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

**Исторические этапы изучения
питания растений:**

**1 этап: эмпирический
(наблюдение).**

Существовал в древние века.

Аристотель говорил: «Растение
строит свое тело из соков земли».

2 этап: экспериментальный.

В 1600 г. Ван Гельмонт ставит опыт с веткой ивы. «Растение само себе готовит пищу и строит свое тело из воды». **«Водная теория»**

просуществовала около 200 лет.

- В 1840 г. нем. химик Ю.Либих впервые обосновал **теорию минерального питания** «Основой плодородия являются минеральные вещества **ПОЧВЫ**».

3 этап: вегетационный.

Изучение корневого питания методом водной культуры = **ГИДРОПОНИКИ** – выращивание растений на питательных растворах (лабораторный метод).

Метод заложили нем. физиологами Ю.Сакс и И. Кноп.

В России – К.А.Тимирязев.

Питательный раствор Кнопа: вода

+

N, P, S, K, Ca, Mg, Fe (в 1 л $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 1г, KH_2PO_4

ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ ДЛЯ РАСТЕНИЯ СЧИТАЕТСЯ ЭЛЕМЕНТ, если:

1. При его отсутствии растение не может завершить свой жизненный цикл.
2. Его недостаток вызывает серьезные нарушения и они устраняются при его внесении.
3. Элемент непосредственно участвует в б/х реакциях, а не действует косвенно.

НЕОБХОДИМЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (19)

I. ОРГАНОГЕНЫ

C, O, H, N 95%

II. МАКРОЭЛЕМЕНТЫ (ЗОЛЬНЫЕ)

S, P, K, Ca, Mg, Fe

иногда Si, Na $\approx 5\%$

III. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

Mn, Cu, Zn, Co, Mo, B, Cl

менее 0,001 %

САМЫЕ ОПАСНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

для растения:

- Pb (свинец), Hg (ртуть), Ni (никель), Cd (кадмий), Ag (серебро), As (мышьяк).
- В небольших дозах они могут быть катализаторами реакций, но в больших концентрациях – ЯДЫ!

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ

УРАВНОВЕШЕННЫЕ РАСТВОРЫ –

растворы, составленные с учетом

взаимодействий между ионами.

- **ИОНЫ АНТОГОНИСТЫ**

(противоположного действия): K^+ и Ca^+ .

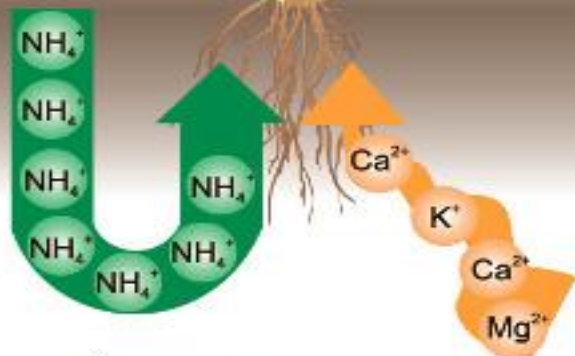
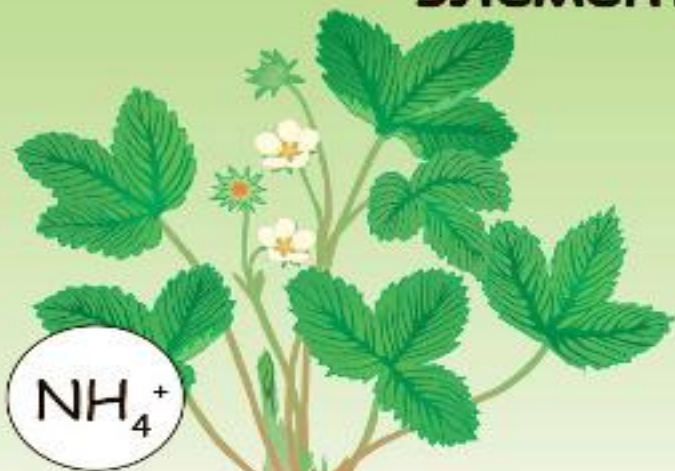
K^+ делает цитоплазму более жидкой,
а Ca^+ - более вязкой.

- **ИОНЫ СИНЕРГИСТЫ** (совместного действия): Fe и Mn (вместе усиливают фотосинтез).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОНОВ



Влияние формы азота на поглощение элементов питания



Антагонизм ионов
(NH_4^+ поглощается быстрее,
чем Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+)



Синергизм ионов
(поглощение катионов)
на 30% выше

2. МЕХАНИЗМ ПОГЛОЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

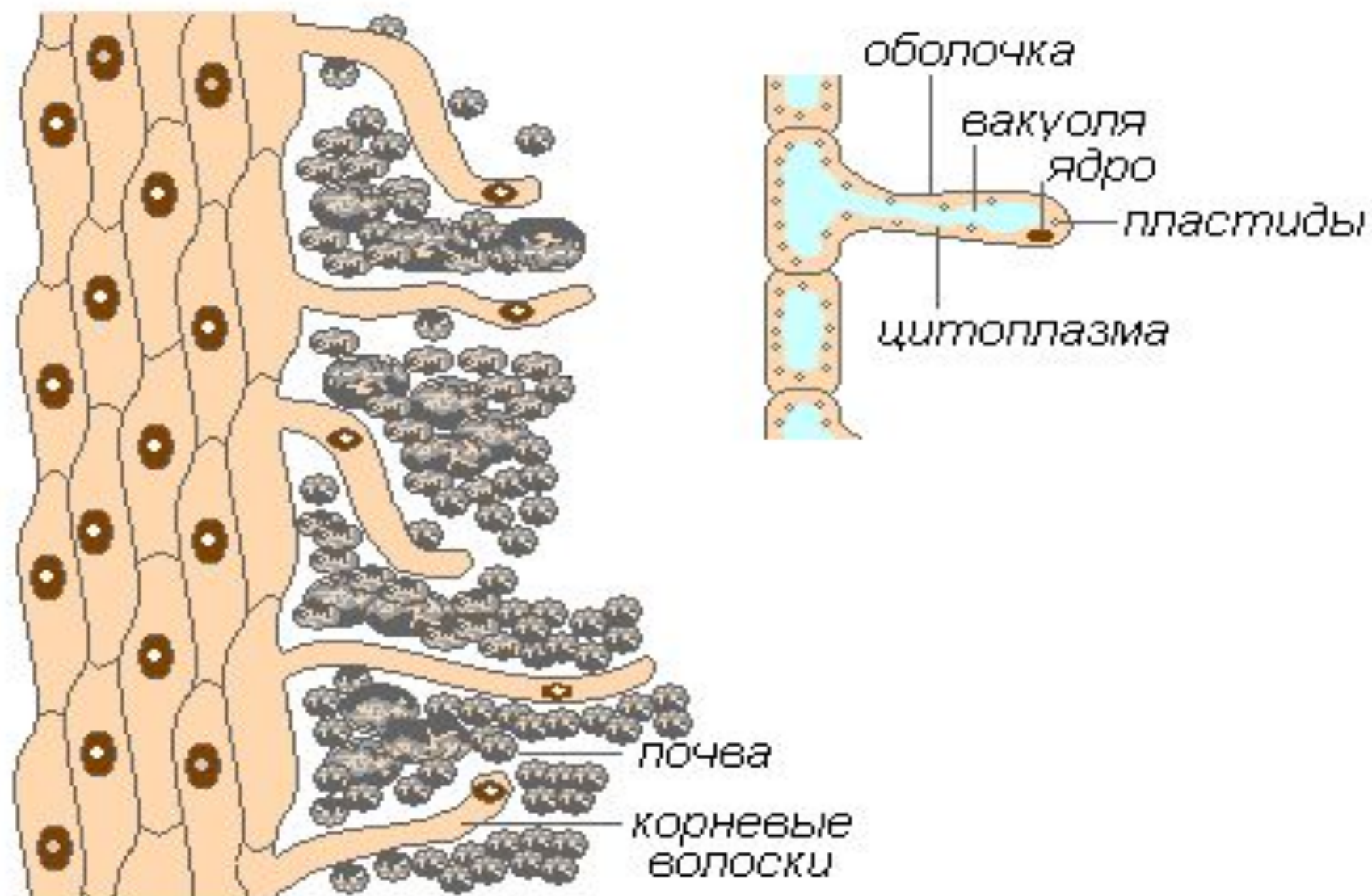
Различают 2 пути поглощения минеральных элементов:

1. Из почвенного раствора путем диффузии (пассивно).
2. Через **почвенно-поглощающий комплекс (ППК)** путем обменной адсорбции (активно).

Почвенный поглощающий комплекс —

это совокупность минеральных, органических и органо-минеральных компонентов твёрдой части почвы, обладающих ионообменной способностью.

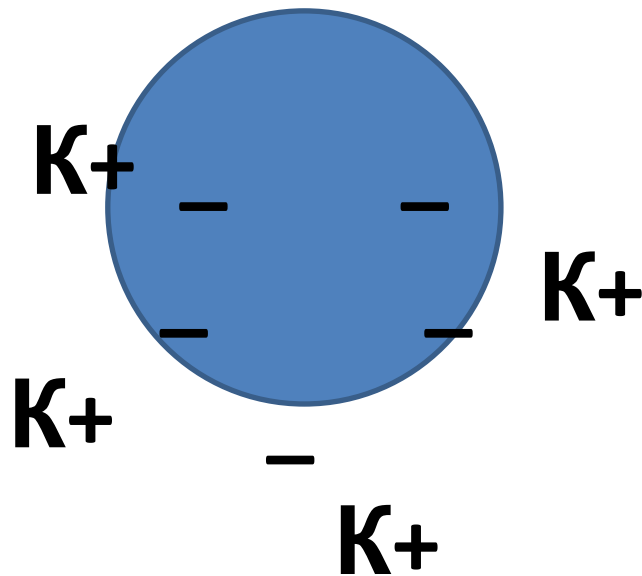
Строение корневого волоска



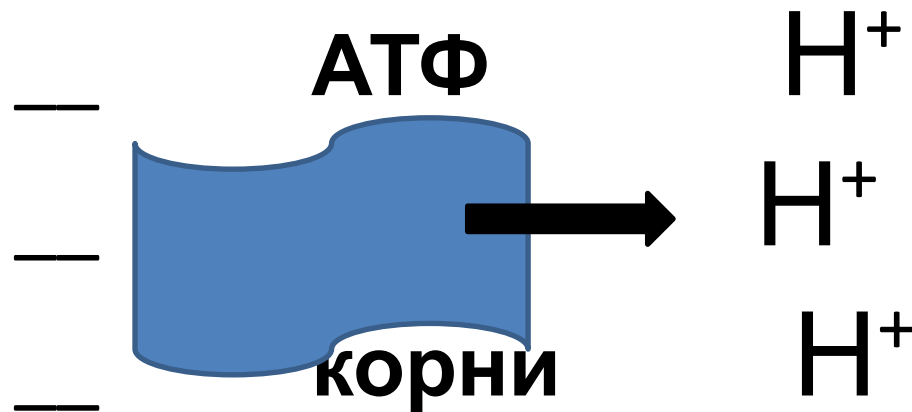
Условия для работы ППК:

1. Частицы почвы должны иметь очень тесный контакт с корневыми волосками (5 нм), т.к.:
 - а) корни и почва заряжены разноименно;
 - б) клетки корней содержат пектиновые вещества (эффект склеивания).

2. Если частицы почвы заряжены «-», это позволяет катионам почвы (напр., K^+) адсорбироваться на них. Тогда частицы почвы приобретают «+» заряд.

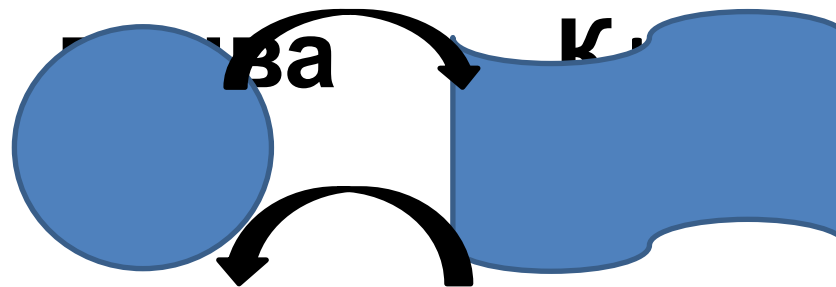


3. В плазмалемме корневого волоска с участием АТФ работает протонная помпа, выкачивая на поверхность H^+ . Таким образом, внутренняя сторона клетки корневого волоска заряжается «-», а почва «+».



4. Катионы (K^+) притягиваются ко внутренней стороне плазмалеммы и попадают в корень, а H^+ с ее поверхности адсорбируются на почвенную частицу.

Происходит обмен катионами.

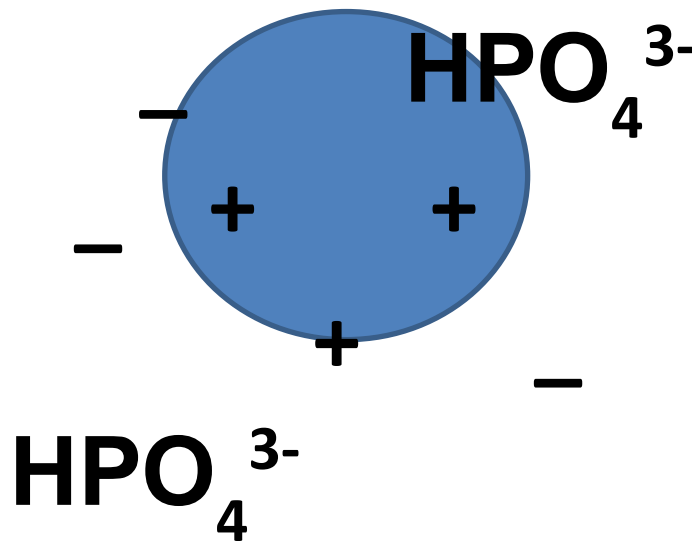


H^+

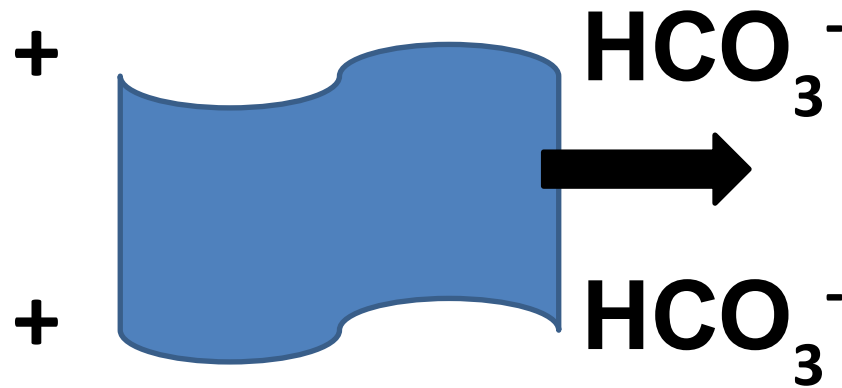
корни

Постепенно почва закисляется!

5. Если частицы почвы заряжены «+», на них адсорбируются анионы (напр., HPO_4^{3-}). Частицы почвы заряжаются «-».



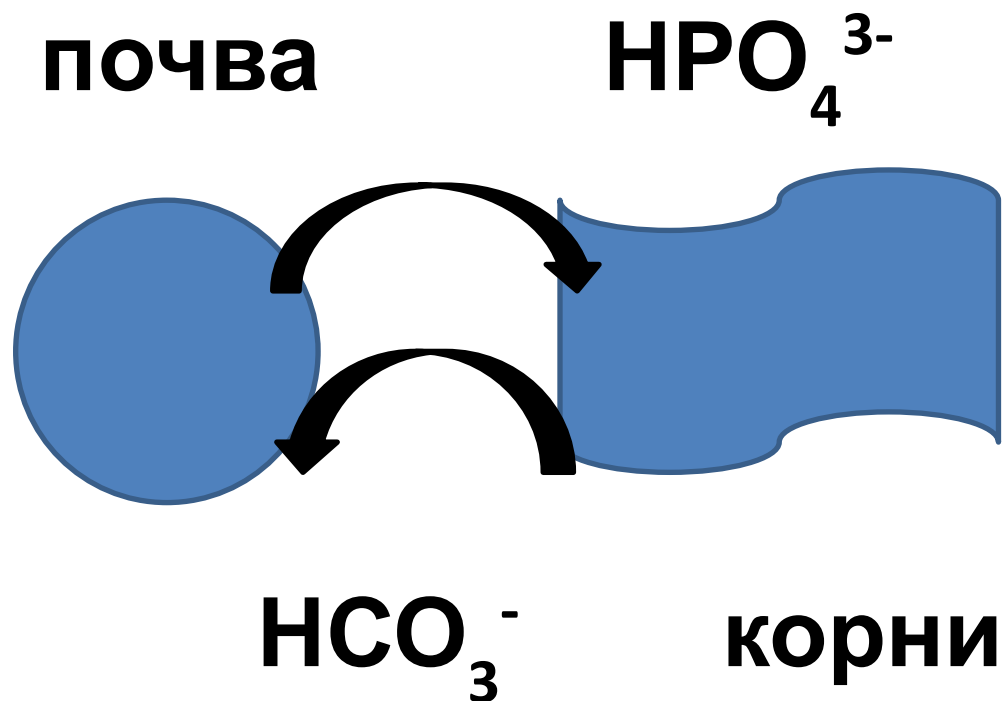
6. Корни в ходе дыхания выделяют на поверхность анион HCO_3^- , и внутренняя сторона плазмалеммы корня заряжается «+».



корни

7. Анионы (HPO_4^{3-}) притягиваются ко внутренней стороне плазмалеммы, а анион HCO_3^- адсорбируются на почвенную частицу.

Происходит обмен анионами.



**H^+ и HCO_3^- - неизбежные
источники закисления почвы.
Поэтому почву необходимо
периодически известковать!**

- Создатель трудов по известкованию кислых почв и изучению влияния азота – **Д.М. Прянишников.**

ПЕРЕДВИЖЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ПО РАСТЕНИЮ:

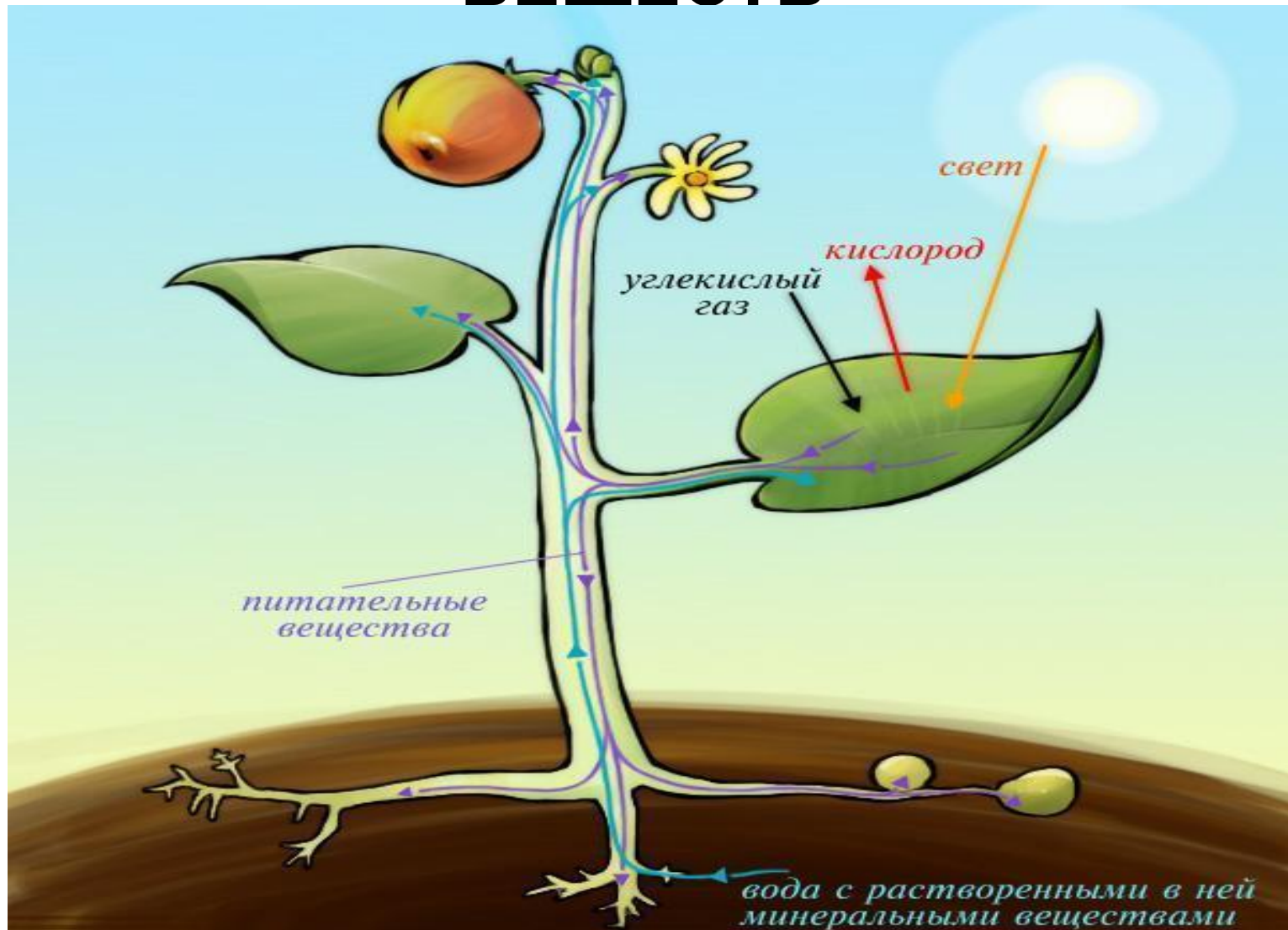
1. Поглощенные корневыми волосками минеральные элементы передвигаются по «коре корня» и попадают в его ЦЦ.
2. Далее вместе с водой ионы поднимаются вверх по проводящей системе, направляясь в молодые органы и плоды, где равномерно «оседают».

3. В стареющих органах избыток ионов откладывается в вакуолях, или выделяется наружу, либо они обратно оттекают по флоэме и могут снова использоваться.

4. Повторное использование растением одного и того же элемента называется – **РЕУТИЛИЗАЦИЯ**.

Она свойственна N, K, P, Mg.

ПОГЛОЩЕНИЕ И ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ВЕЩЕСТВ



3. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ПОГЛОЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

1. Рн почвы

Опт Рн – 5-6 или нейтральная – 7,0.

- Любой сдвиг в кислую среду – опасен!

2. Почвенные микроорганизмы

(ризосфера). Помогают

минерализации корня. Но

встречаются и микробы- конкуренты

за минеральные элементы.

3. **Микориза.** Многие грибы образуют симбиоз с корнями высших растений, улучшая минерализацию.

4. **O₂.** Содержание O₂ в почве должно быть не менее 7-12 %.

5. **Температура.** Чем теплее почва, тем лучше минерализация, т.к. усиливается дыхание корней с последующим синтезом АТФ.

6. **Вода.** Обязательное наличие воды в почве.

4. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

План изучения:

1. Форма усвоения.
2. Физиологическая роль.
3. Признаки недостатка.
4. Способность к реутилизации.

АЗОТ

1. В почве находится в 2-х доступных формах: NH_4^+ (катион аммония) и NO_3^- (нитратная). На б/х реакции (синтез аминокислот) используется **ТОЛЬКО** NH_4^+ .

Нитраты подвергается «восстановлению» с участием ферментов самим растением или с помощью ризосферы (бактерий) :



Почвенные запасы азота пополняются за счет деятельности почвенных бактерий:

| НАЗВАНИЕ бактерий | ТИП ДЫХАНИЯ | ПРОЦЕСС |
|---|-------------|--|
| 1. АММОНИФИКАТОРЫ | Аэробный | Аммонификация $N_{\text{орг}} \longrightarrow NH_4^+$ |
| 2. НИТРИФИКАТОРЫ Роды: Nitrosomonas Nitrobacter | Аэробный | Нитрификация $NH_3_{\text{орг}} \longrightarrow NO_2$ $NO_2 \longrightarrow NO_3^-$ |

| НАЗВАНИЕ бактерий | ТИП ДЫХАНИЯ | ПРОЦЕСС |
|--|-------------------|---|
| <p>3. АЗОТФИКСИРУЮЩИЕ</p> <p>Свободноживущие: Роды: Azotobacter Frankia (грибы)</p> <p>Симбиотические: Род Rhizobium</p> | <p>Аэробный</p> | <p>Азотфиксация</p> $\text{N}_{2 \text{ атм}} \longrightarrow \text{NH}_4^+$ <p>Mo и Co - микроэлементы</p> |
| <p>4. ДЕНИТРИФИКАТОРЫ</p> | <p>Анаэробный</p> | <p>Денитрификация</p> $\text{NO}_3^- \longrightarrow \text{N}_{2 \text{ атм}}$ |

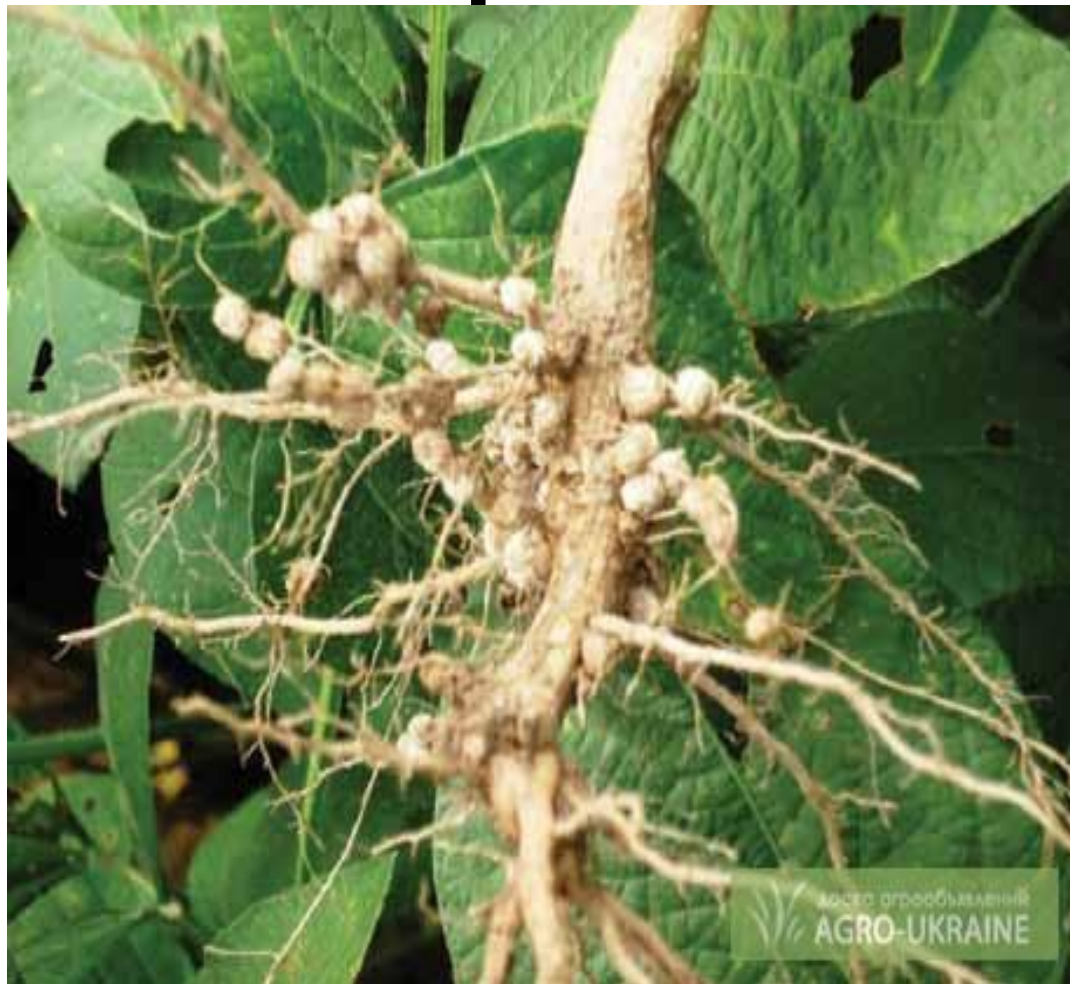
АЗОФИКСАТОРЫ

3 группы:

1. Симбиотические. Поселяются на корнях высших растений, часто бобовых. Известный род бактерий *Rhizobium*. Например, *Rhizobium lupini* – с корнями люпина. *Rhizobium trifolii* – с корнями клевера.



Клубеньковые бактерии на корнях.



2. Не симбиотические – свободно живущие в почве и усваивающие азот воздуха.

3. Ассоциативные азотфиксаторы – обитающие на поверхности корневой системе злаков (не внедряясь в корень).

Для процесса азотфиксации необходимо присутствие **молибдена, кобальта, железа и кальция.**

2. Физиологическая роль азота :

компонент аминокислот, белков, ферментов, НК, АТФ, Хлорофилла и др.

3. Признаки недостатка:

уменьшение корней, кущение стеблей, торможение роста и ускорение развития (цветения), хлороз (обесцвечивание) листьев нижнего яруса.

4. Легко реутилизуется с нижних на

верхние ярусы растения

ХЛОРОЗ ЛИСТЬЕВ



ФОСФОР

1. PO_4^{3-} (ортофосфат ион)
2. **Физиологическая роль:**
 - А) **Структурная:** элемент белков, нуклеиновых кислот, АТФ, витаминов.
 - Б) **Энергетическая:** входит в состав макроэнергических соединений (АТФ).
 - В) **Ускоряет** развитие (цветение) и созревание плодов.

3. ПРИЗНАКИ НЕДОСТАТКА фосфора

- остановка роста,
- задержка в созревании урожая,
- снижение морозоустойчивости,
- листья становятся мелкие, узкие с фиолетовым оттенком на нижней стороне.

4. Реутилизуется с нижних на верхние ярусы растения.

НЕДОСТАТОК ФОСФОРА



Листья темно-зеленого цвета с фиолетовыми или бронзовыми прожилками



КАЛИЙ

1. K^+ (катион калия).

70% калия в растении находится в свободном состоянии.

2. **Физиологическая роль:**

А) **Структурная:** входит в состав более 60 ферментов.

Б) **Регуляторная:** активизирует ферменты темновой фазы фотосинтеза и процесса дыхания.

В) Поддерживает корневое давление.

Г) Обеспечивает устьичные движения.

Д) Повышает морозоустойчивость, т.к. участвует в образовании полисахаридов.

Е) Снижает вязкость цитоплазмы, что благоприятствует протеканию синтетических процессов.

3. ПРИЗНАКИ НЕДОСТАТКА калия

- задержка роста с появлением розеточных форм,
- отмирание верхушки и появление боковых побегов,
- торможение фотосинтеза,
- листья желтеют и буреют по краю, появляются ржавые пятна, ожоги.

4. Многократно реутилизуется с нижних на верхние ярусы растения.

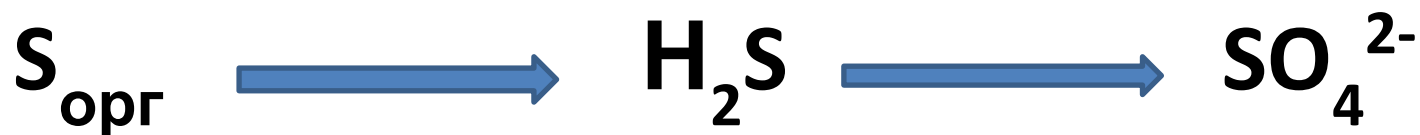
НЕДОСТАТОК КАЛИЯ



СЕРА

1. SO_4^{2-} (сульфат ион).

Сера органическая плохо доступна для растения, её «восстановление» обеспечивается бактериями – хемосинтетиками (сероводородные):



2. Физиологическая роль серы

А) Структурная: компонент амк, белков, ферментов, витаминов группы В, макроэргических соединений.

Б) Связующая: сульфидные «мостики» белков и коферментов (III структура белка).

В) компонент субстрата процесса дыхания – Ацетил – КоА и фотосинтеза (железосерные белки световой фазы).

3. ПРИЗНАКИ НЕДОСТАТКА серы

- нарушение белкового обмена,
- снижение процесса фотосинтеза,
- разрушение хлоропластов,
- хлороз листьев верхнего яруса.

4. Не реутилизуется.

НЕДОСТАТОК СЕРЫ



КАЛЬЦИЙ

1. Ca^{2+} (катион кальция)
2. **Физиологическая роль:**
 - А) **Структурная:** входит в состав клеточной стенки, хлоропластов, митохондрий, ядра, хромосом.
 - Б) **Повышает вязкость** цитоплазмы.
 - В) **Активатор** многих ферментов.
 - Г) Улучшает развитие в глубину **корневой системы.**

3. ПРИЗНАКИ НЕДОСТАТКА кальция

- нарушение деления клеток,
- замедление роста,
- ослизнение корней, без образования корневых волосков,
- появление некротических пятен на плодах, скручивание листьев и их почернение.

4. Не реутилизуется.

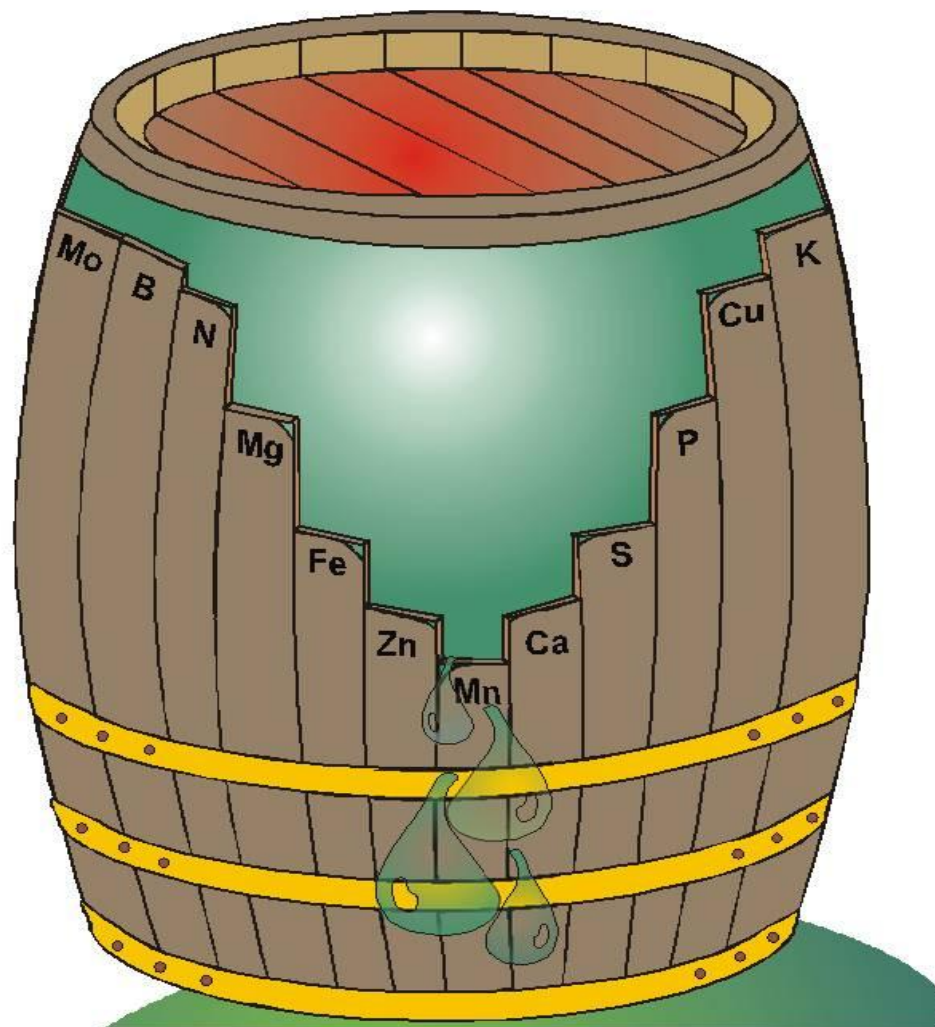
НЕДОСТАТОК КАЛЬЦИЯ



«Резкий недостаток или избыток элемента ограничивают действие других элементов, даже если они находятся в оптимальном количестве».

Эта закономерность была выведена еще в середине XIX века и стала фундаментальной экологической закономерностью, которая вошла в историю под названием **«Бочки Либиха»**:

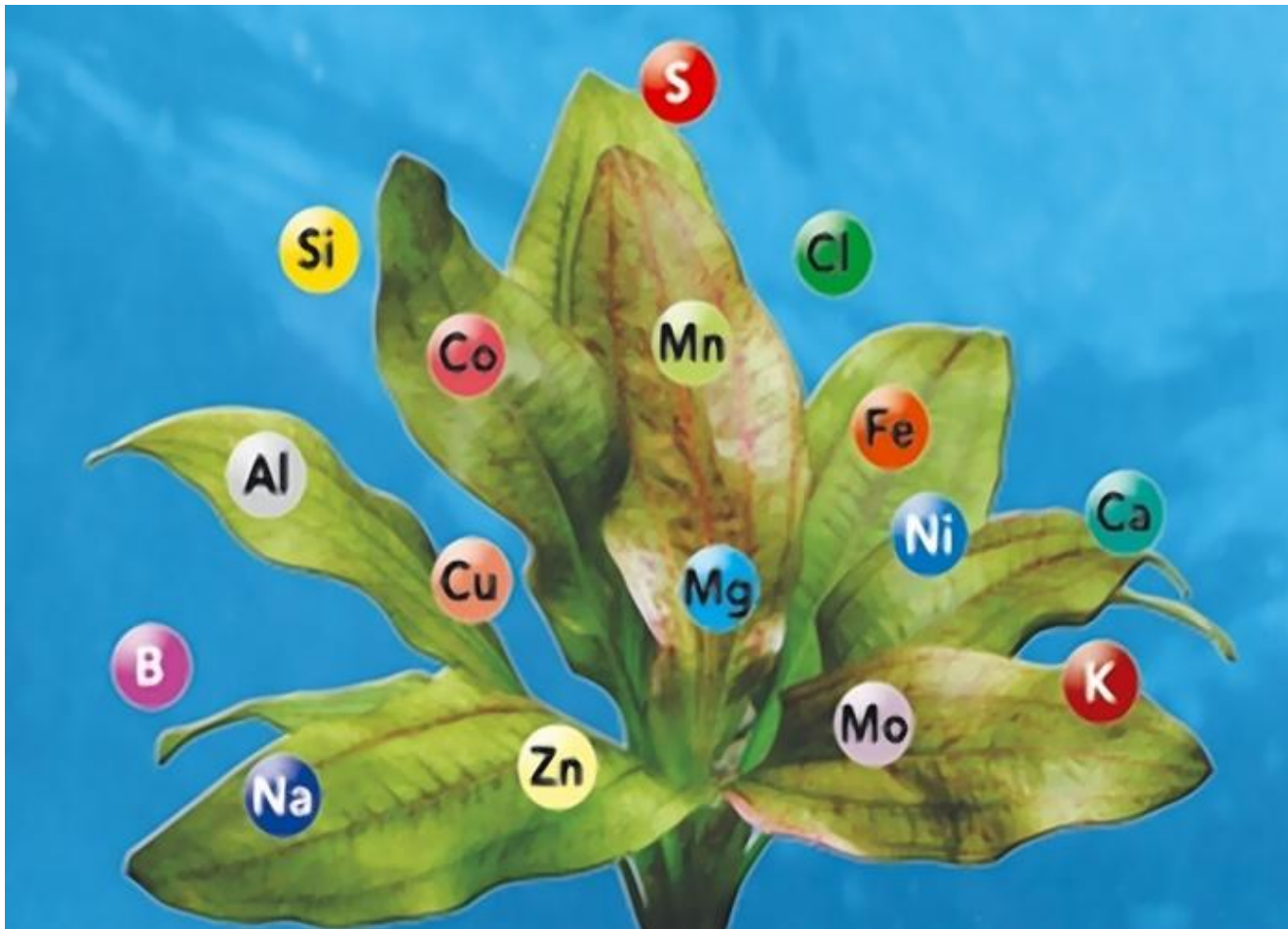
БОЧКА ЛИБИХА



«Правило минимума»:

- *Величина урожая, который можно собрать с данного поля, зависит от того питательного составляющего, которого есть меньше всего.*

5. Микроэлементы и их роль



6. СИСТЕМА УДОБРЕНИЙ

- **ЦЕЛЬ ВНЕСЕНИЯ** : обеспечение плодородия почв, предотвращение их истощения, повышение урожайности.
- **СИСТЕМА УДОБРЕНИЙ** – комплекс мероприятий, учитывающие многие факторы и направленный на правильное решение проблемы.

Необходимо учитывать:

- 1. Растения - предшественники.**
- 2. Плодородие почвы.** Чем больше % гумуса, тем почва богаче минеральными элементами (Опт. 2,5-3 %). Черноземы имеют насыщенность минералами 80%.
- 3. Климатические условия** (количество осадков, уровень залегания грунтовых вод).

4. Биологические особенности самого растения.

5. Состав и свойства удобрений, расчет дозировки.

6. Влажность почвы.

- Полив должен предшествовать внесению удобрений!!!**

КЛАССИФИКАЦИЯ УДОБРЕНИЙ:

- **ПО СОСТАВУ:** простые (1 элемент) и комплексные (2 и более элементов).
- **ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ:**
 1. Минеральные
 2. Органические
 3. Бактериальные.

МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

А) **АЗОТНЫЕ**: селитры NaNO_3 , аммонийные $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, аммонийно-нитратные NH_4NO_3 , мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

Б) **ФОСФОРНЫЕ**: суперфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, аммофоска $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.

В) **КАЛИЙНЫЕ**: хлористый калий KCl , сульфат калия K_2SO_4 , калийная селитра KNO_3).

ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ:

А) НАВОЗ (NPK)

Б) ТОРФ (комплекс элементов)

В) ПТИЧИЙ ПОМЕТ (N)

Г) ЗОЛА (K)

Д) донный ИЛ водоемов (комплекс макро- и микроэлементов)

Влияние удобрений

- Внесение **азотных** удобрений способствует ветвлению корневой системы, росту вегетативной массы, затягиванию процесса цветения и плохой перезимовки.
- Внесение **фосфорных** удобрений - углублению корневых систем, ускорению созревания урожая, повышению морозоустойчивости.
 - **Доза и баланс очень важны!**

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ:

- А) Фосфобактерин
- Б) Азотобактерин
- В) Нитраген

