

Химический состав почвы



Химический состав почвы

- Почва – четырехфазная система:
твердая
жидкая (почвенный раствор)
газообразная (почвенный воздух)
живая фазы
- Каждая фаза имеет специфический химический состав

Химический состав почвы - твердой фазы

- В почвах содержатся практически все элементы периодической системы Д.И. Менделеева
- Для питания растениям наиболее необходимы 19 элементов: С, Н, О, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl, Na, Si, Co,
- из них 16 элементов (кроме С, Н, О) относятся к минеральным.
- **Углерод, водород, кислород и азот** называют органогенными элементами.
- Углерода содержится в среднем 45% от сухой массы тканей растений, кислорода – 42%, водорода 6,5%, азота – 1,5%. Их сумма составляет 95%
- оставшиеся 5% приходится на зольные элементы: P, K, Ca, Mg, Fe, Si, Na и др.
- Все эти элементы, а также N называют макроэлементами

Схема элементов



70 химических элементов

Макроэлементы

C, H, O, N – 98%

O-62,4%

C-20,7%

H-9,9%

N-5,0%

Mg,K,Ca,Na,P,S,Cl-1,9%

Микроэлементы

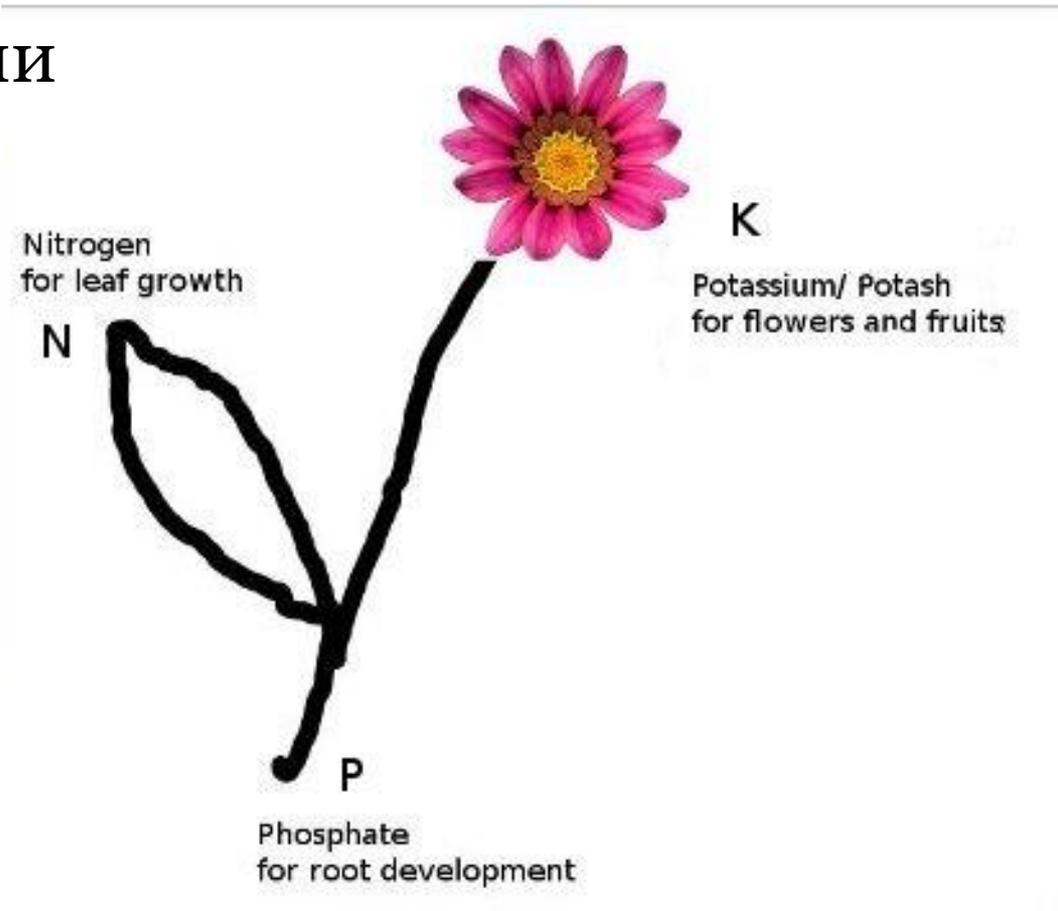
0,1% - Cu,B,J,Br

Fe,Zn,Mn

Супер полезные элементы - NPK

• Главными элементами питания являются 3 химических элемента – это

- Азот (N)
- Фосфор (P)
- Калий (K)



N

- Среднее содержание в почве всего лишь 0,1-0,5%. В почвообразующих породах азота почти нет
- **Важнейший элемент роста**
- В почве в трех формах: в связанном состоянии в виде органического вещества – гумуса, в нитратной форме – NO_3^- и аммонийной – NH_4^+
- **Большая роль в обогащении почвы азотом принадлежит микроорганизмам**
- Аммонийный азот образуется в почвах в результате жизнедеятельности аммонифицирующих гетеротрофных микроорганизмов, превращающих органический азот растительных и животных остатков, а также азот гумуса в NH_4^+
- Образование нитрат-го азота в почвах обязано биологическому окислению NH_4^+ до NO_3^- в результате микробиологического процесса нитрификации (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*)
- **Почва обогащается азотом в результате жизнедеятельности клубеньковых бактерий (за лето на гектаре бактерии накапливают до 50-70 кг азота)**
- При недостатке азота растения приобретают светлозеленую с желтым оттенком окраску (уменьшается количество хлорофилла)
- При недостатке азота в почве вносят удобрения (карбамид-синтетическая мочевины, аммиачная селитра, натриевая селитра - NaNO_3 , кальциевая селитра – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; аммиачная вода – водный раствор аммиака)
- Все минеральные азотные удобрения легко растворимы в воде, поэтому вносят их в небольших дозах, однако главные азотные удобрения – органические.
- Больше всего в азоте нуждаются огурцы

Недостаток N



Р

- Содержится в почве всего 0,05-0,25%
- **Элемент плодоношения**
- При недостатке фосфора у злаков образуются неполноценные семена – пустозерность, листья скручиваются, покрываются красноватыми и фиолетовыми пятнами и вскоре отмирают
- Запасы фосфора в целинных почвах зависят от содержания его в материнской породе,
- По доступности растениям соединения фосфора в твердой фазе почв подразделяются на пять групп (по Ф.В.Чирикову):

1 группа – фосфаты щелочей и NH_4 , одно и двузамещенные фосфаты Ca и Mg, $Mg_3(PO_4)_2$, часть $Ca_3(PO_4)_2$ - **наиболее доступные растениям соединения**

2 группа – это $Ca_3(PO_4)_2$, часть фосфора, фосфорита и апатита, часть $AlPO_4$ и часть органических фосфатов, извлекаемая раствором уксусной кислоты

3 группа представлена труднодоступными фосфатами Fe и Al, фосфорита и апатита

4 группа – это фосфаты органического вещества, непосредственно растениям недоступны

5 группа – фосфаты не выветрившихся минералов, непосредственно растениям недоступны

- Большинству почв необходимо внесение фосфорных удобрений
- Главнейшими удобрениями являются: суперфосфат, гранулированный суперфосфат, мартековский фосфатшлак, костная мука, фосфоритная мука
- Фосфорные удобрения можно вносить в любых дозах и в любое время года. Из огородных культур больше всего в фосфоре нуждаются томаты и капуста

Недостаток Р



К

- содержится в почве в количестве 1,5-2,5% (больше, чем азота и фосфора, вместе взятых)
- Это третий важнейший элемент - **элемент созревания растений**. Он увеличивает морозостойкость, улучшает качество плодов и овощей, которые лучше сохраняются и лучше переносят перевозку
- Недостаток калия приводит к нарушению деятельности ферментов, ведет к щуплости семян, понижению их всхожести и жизнеспособности. Внешние признаки калийного голодания растений проявляются довольно четко: листья имеют «обожженный», рваный вид
- В почве находится в трех состояниях: (1) в виде простых солей, (2) в поглощенном состоянии, а также в (3) составе силикатов и алюмосиликатов
- Первые две формы калия доступны растениям, третья – частично
- **Количество калия в почве зависит от механического и минералогического состава.** Калия больше в глинистых почвах, чем в песчаных, больше в почвах, содержащих монтмориллонит, чем каолинит
- При недостатке калия вносят удобрения, в т.ч. хлористый калий, смешанные калийные соли, сернокислый калий, углекислый калий, источником калия является также цементная пыль, отходы алюминиевого производства, печная зола
- В последнее время стали широко применяться комплексные удобрения (нитрофоска, нитроаммофоска и др.)
- Из огородных культур на первом месте по потреблению калия стоит картофель, затем свекла, затем все овощные культуры

Недостаток К



Прочие важные макроэлементы

- **Кальций (Ca)** содержится в почве около 2%. При недостатке на листьях появляются желтоватые пятна. У косточковых пород деревьев на коре образуются трещины, из которых вытекает клей (камедь), ухудшается плодоношение. В почвах находится в виде простых солей (CaCO_3), в поглощенном состоянии, а также в составе плагиоклазов, слюд, роговых обманок, монтмориллонита, гидрослюд. Вносится в почву с удобрениями и при известковании.
- **Железо (Fe)** содержится в почве 1-5%. Принимает участие в образовании хлорофилла, входит в состав дыхательных ферментов. Очень ярким показателем недостатка железа у растений является заболевание молодых листьев хлорозом. Железо может находиться в почве в двух- и трехвалентном состоянии, входит также в состав первичных и вторичных ферросиликатов. При явном заболевании хлорозом, в особенности садовых культур, применяют опрыскивание железным купоросом.
- **Кремний (Si)**. В почве его около 20%, довольно много кремния в растениях, особенно злаковых. Избыток кремния в почвах вредного действия на растения не оказывает, в малых количествах он необходим всем растениям.

Вредные вещества

- легкорастворимые соли при высокой концентрации
- недоокисленные соединения
- закисные формы железа
- подвижные алюминий и марганец
- токсичные вещества биологического происхождения
- токсичные вещества, накапливающиеся в результате пылевых и дымовых выбросов предприятий, в т.ч. соединения тяжелых металлов.

Полезные/вредные вещества - микроэлементы

- В почве содержится S – 0,04%, Mg – 0,6%, Na – 1%, K – 5%, C – 5%, Al – 7%, O – 55%. Все эти элементы составляют в почве около 99,8% - это макроэлементы.
- На долю других элементов приходится всего 0,2%. Это так называемые микроэлементы.
- **Микроэлементы** (бор, марганец, медь, цинк, кобальт, молибден, иод и др.) играют важную биохимическую и физиологическую роль в жизни растений, а также животных и человека.
- Неблагоприятным является как недостаток микроэлементов в питании, так и их избыток.
- На содержание микроэлементов в почвах оказывают влияние почвообразующие породы, в состав которых входят те или иные минералы.

Токсичность микроэлементов

- По степени токсичности микроэлементы разделяют на 3 класса:
- К первому классу опасности относят: **мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор**
- К второму классу опасности относят: **кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром, бор**
- К третьему классу опасности относят: **барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций**

Оценка токсичности

- Степень токсичности тех или иных микроэлементов можно определяется по ПДК
- *ПДК – максимальное содержание загрязняющего почву химического элемента – вещества, не вызывающее прямого или косвенного негативного влияния на окружающую среду и здоровье человека*
- *Хорошо разработаны ПДК для воздуха, воды, хуже для почвы, причем только для семи элементов в подвижной форме, в т.ч. ПДК для...*
 - свинца – 20 мг/кг; цинка – 23; фтора – 2,8;**
 - кобальта – 5,0; никеля – 4,0; меди – 3,0;**
 - хрома – 6,0мг/кг.**

Химический состав жидкой фазы

- Почвенный раствор – это капельножидкая влага, которая циркулирует в почве и всегда содержит в себе то или иное количество различных растворенных веществ.
- Изучение почвенного раствора осуществляется несколькими путями: непосредственно в почве, выделением раствора из почвы с помощью лизиметров, при помощи водных вытяжек и др.
- В состав почвенного раствора входят минеральные, органические и органо-минеральные вещества.
- Количественный и качественный состав почвенного раствора для разных почв различен.
- Концентрация почвенного раствора даже в одной почве постоянно изменяется, она зависит от влажности, температуры, изменяется также в течение вегетационного периода.
- Почвенный раствор обладает рядом свойств:
 - осмотическим давлением,
 - реакцией,
 - буферностью,
 - определенными окислительно-восстановительными свойствами.

Осмотическое давление

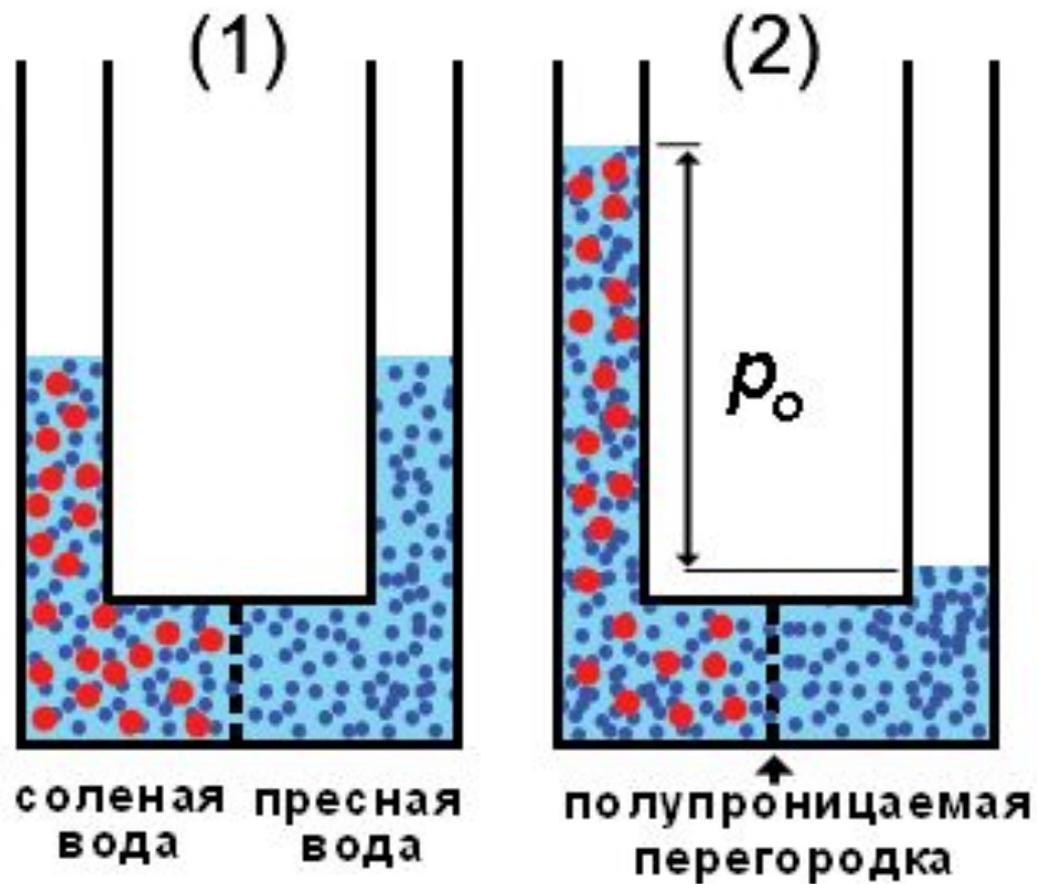
- зависит от концентрации растворенных веществ
- у большинства культурных растений осмотическое давление клеточного сока 1-3 атмосферы.
- Если осмотическое давление почвенного раствора больше, чем в клеточном соке, то поступление воды в растение прекращается, растение погибает.
- осмотическое давление в засоленных почвах может быть весьма высоким (в солончаке – до 11 *атм.*)
- в незасоленных почвах оно выше в почвах тяжелого механического состава и с большим количеством перегноя (осмотическое давление в черноземной почве около 2 *атм.*, в солоди – 0,2 *атм.*).

Что такое осмос?

Осмос и осмотическое давление

- **Односторонняя диффузия растворителя** через полупроницаемую перегородку (**осмос**) будет происходить до тех пор, пока её не остановит определенная разность гидростатических столбов.
- **Давление**, которое надо приложить со стороны раствора с большей концентрацией, чтобы остановить осмос, называется **осмотическим давлением раствора**.

Что такое осмос?



Реакция

- **Реакцию почвенного раствора** характеризуют величиной рН – это отрицательный логарифм концентрации водородных ионов в растворе.
- *В литре совершенно чистой дистиллированной воды при $T = 22^\circ$ содержится $1 \cdot 10^{-7} \text{H}^+$ – ионов и $1 \cdot 10^{-7} \text{OH}^-$ – ионов.*
- *Произведение концентраций для воды и растворов – величина постоянная $1 \cdot 10^{-14}$.*
- *Если возрастает концентрация одного из ионов, то соответственно уменьшается концентрация другого. Если подкислить воду, то количество H^+ -ионов сразу увеличится, например, $1 \cdot 10^{-4}$, тогда OH^- – ионов будет $1 \cdot 10^{-10}$.*
- *Чтобы не иметь дела с большими числами, величину концентрации выражают через \lg*

$$-\lg 10^{-4} = 4; \quad \text{pH} = 4; \quad \text{pOH} = 10 - 4 = 6$$

- Если $\text{pH} = 7$, то реакция почвенного раствора нейтральная, величины рН меньше 7 означают кислотность раствора, больше 7 – щелочность.
- Этот показатель очень важен для растений. Например, для люпина лучшая почва с рН 4-5, кукурузы с рН 6-7, люцерны с рН 7-8.
- В почвах с кислой реакцией стимулируется деятельность грибов, с нейтральной и слабощелочной – бактерий.
- Реакция раствора в различных почвах изменяется от сильнокислой /верховые болота, подзолистые почвы/ до сильнощелочной /солонцы/. Многие почвы /черноземы, каштановые/ характеризуются реакцией близкой к нейтральной.

Диапазоны реакции

(pH)



Буферность

- *способность почвенного раствора противостоять изменению реакции при образовании в почве кислот и щелочей /кислоты и щелочи образуются в почве при внесении физиологически кислых и щелочных удобрений/*

Причины буферности:

- В почвенном растворе всегда присутствуют кислоты и щелочи, которые, взаимодействуя, нейтрализуют друг друга.
- Наличие карбонатов кальция и других металлов также противостоит сдвигу реакции в кислую сторону.
- Важное значение имеет наличие амфотерных веществ /гумуса/.
- Буферность определяется также коллоидной частью и составом обменных оснований. Почвы, не насыщенные основаниями, будут буферить в сторону щелочности, почвы, насыщенные основаниями, буферят в сторону кислотности.
- Буферность зависит от механического состава.
- Систематическое применение органических удобрений и посевов многолетних трав улучшает буферные свойства почв.

Окислительно-восстановительный потенциал

- связан преимущественно с биохимическими процессами жизнедеятельности микроорганизмов - при окислении какого-либо вещества один или несколько входящих в его состав атомов обедняются электронами, а при восстановлении обогащаются ими.
- В почве окисление одних соединений, как правило, сопровождается восстановлением других, т.е. имеет место окислительно-восстановительный потенциал /ОВП/, он выражается в милливольтгах /*мВ*/.
- Если ОВП ниже 200 *мВ*, в почве преобладают восстановительные процессы, если больше – окислительные.
- В серых лесных почвах и черноземах ОВП 500-650 *мВ*, в дерново-подзолистых нормально увлажненных 450-600 *мВ*.
- Резкие колебания ОВП и снижение его до 250 *мВ* неблагоприятно влияют на плодородие почвы. Для улучшения этих условий необходимо регулировать влажность, аэрацию, плотность, реакцию почвы. Оптимальное значение ОВП для большинства культур находится в пределах 400-600 *мВ*.

Химический состав газовой фазы - почвенный воздух

- Почвенный воздух находится в трех состояниях: свободном (в порах), адсорбированном (в твердой фазе), растворенном (в почвенном растворе).
- Почвенный воздух – важнейшая составная часть почвы, имеет большое значение в жизни растений.
- Основными компонентами почвенного воздуха являются азот, кислород, углекислый газ и аргон, на долю других приходится лишь 0,01 объема.
- Кислорода в почвенном воздухе 0-20% (в атмосферном – 20,95%). Он необходим для дыхания корней растений, аэробных микроорганизмов, почвенной фауны. Кислород участвует в химических реакциях окисления минеральных и органических веществ.
- Азота в почвенном воздухе 78-80% (в атмосферном – 78,08%), он используется клубеньковыми и азотфиксирующими бактериями.
- Углекислый газ. В почве содержание его может достигать до 20% (в атмосфере – 0,03%). Углекислый газ используется в фотосинтезе.
- Состав почвенного воздуха очень сильно меняется. Это определяется рядом причин и, прежде всего, интенсивностью потребления O_2 и продуцирования CO_2 , определяется также скоростью газообмена между почвенным и атмосферным воздухом.
- Естественный газообмен в почве совершается под действием изменения температуры, под влиянием ветра, изменения давления, выпадающих осадков, под влиянием диффузии, зависит от состояния почвенной скважности. В рыхлой почве газообмен совершается быстрее.

Почвенный и атмосферный воздух

Состав атмосферного и почвенного воздуха
(в процентах к объему)
(по Н. П. Ремезову)

Воздух	Азот	Кислород	Углекислый газ
Атмосферный	78	21	0,03
Почвенный	78—80	5—20	0,1—15,0