



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Кафедра биологии растений и химии

ХИМИЯ

**Теоретический раздел
Лекция
Химия р-элементов**



ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

1. Питание растений

Из воздуха и воды растения получают углерод, водород и кислород, которые необходимы им для жизни. Из почвы растения получают макро- и микроэлементы - основные элементы питания.

Макроэлементы:

Азот – способствует росту растений, обеспечивает зеленую окраску, высокое содержание белка и урожай.

Фосфор – это скорость прорастивания, рост здоровых корней, качественный урожай.

Калий – это здоровье растений, качество семян и клубней, устойчивость к заморозкам.

Кроме этих трех основных элементов питания требуются в меньшем количестве и несколько менее важны:

Кальций – отвечает за раннее развитие корней, большую мощность растения и образование семян.

Магний – участвует в образовании хлорофилла, масел, жиров.

Сера – способствует росту корней, нужна для образования семян и зеленой окраски.

Микроэлементы:

Железо – участвует в образовании хлорофилла, который придает растениям зеленую окраску.

Бор – оказывает влияние на прорастание семян, увеличивает урожай.

Медь – оказывает влияние на ферментные системы во вновь образуемых тканях.

Цинк – участвует в образовании хлорофилла.

Марганец – отвечает за прорастание семян и мощность растений.

Хлор – необходим для роста растений.

Молибден – участвует в фиксации азота микроорганизмами и в процессах, связанных с превращением азота в растениях.

Мульчирование. Мульча повышает плодородие почвы, защищает структуру почвы от разрушения, способствует размножению полезной почвенной микрофлоры. Мульча из хвои отпугивает слизней, из соломы - колорадского жука. Но, нужно иметь в виду, что под слоем органической мульчи могут размножиться вредители, а во влажную холодную погоду увеличивается опасность грибных болезней, - поэтому выбирайте мульчу, исходя из особенностей почвенного участка.



2. Химия биогенных *p*-элементов

p-Элементы – это элементы, у атомов которых происходит заполнение электронами *p* - подуровня внешнего уровня.

К *p* - блоку относятся 30 элементов III A – VIII A - групп ПСЭ.

p-Элементы входят во второй и третий малые периоды, а также в четвертый – шестой большие периоды.

Свойства *p*-элементов.

В группах радиусы атомов и однокатионных ионов, в общем, увеличиваются.

Энергия ионизации при переходе от 2*p*-элементов к *br*-элементам уменьшается, так как по мере возрастания числа электронных оболочек усиливается экранирование заряда ядер электронами, предшествующими внешним электронам.

С увеличением порядкового номера *p*-элемента в группе неметаллические свойства ослабевают, а металлические усиливаются.

В периодах слева направо атомные и ионные радиусы *p* - элементов по мере увеличения заряда ядра уменьшаются, энергия ионизации и сродство к электрону возрастают, электроотрицательность увеличивается,

окислительная активность элементов и неметаллические свойства усиливаются.

Бор (В) относится к примесным микроэлементам, его массовая доля в организме человека составляет 10^{-5} %. Бор концентрируется, главным образом, в легких, щитовидной железе, селезенке, печени, мозге, почках, сердечной мышце. Биологическое действие еще недостаточно изучено. Известно, что бор входит в состав зубов и костей, очевидно, в виде труднорастворимых солей борной кислоты. Избыток бора вреден для организма человека. Бор угнетает ферменты амилазы, протеиназы, уменьшает активность адреналина. Является необходимым элементом для некоторых животных. Бор участвует в углеводно-фосфатном обмене, взаимодействует с углеводами, ферментами, витаминами, гормонами. Избыток бора в организме приводит к возникновению эндемических кишечных заболеваний – энтеритов.

Алюминий (Al) относится к примесным элементам (10^{-5} %). Алюминий предположительно имеет большое значение в обмене веществ у гидрофитов и считается необходимым только некоторым растениям (папоротники, чай). Этот элемент играет важную роль в повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды: засухе, высоким и низким температурам и засолению почвы. Al концентрируется главным образом в сыворотке крови, легких, печени, костях, почках, ногтях, волосах, входит в структуру нервных оболочек мозга человека. Al влияет на развитие эпителиальной и соединительной тканей, на регенерацию костных тканей, на обмен фосфора.

Галлий Ga – примесный микроэлемент. Биологическая роль не установлена.

Таллий Tl – весьма токсичный элемент.



Углерод (С). По содержанию в организме человека (21,15%) С относится к макроэлементам. Он входит в состав всех тканей и клеток в форме белков, жиров, углеводов, витаминов, гормонов. С биологической точки зрения С является органоменом номер один.

Кремний (Si). По содержанию в организме человека Si относится к примесным микроэлементам. Больше всего Si в печени, надпочечниках, волосах, хрусталике глаза. Так как природный SiO_2 плохо растворим в воде, Кремний повышает солеустойчивость растений и устойчивость их к поражению грибными заболеваниями. Растение нормально развивается и растет только на почвах, удовлетворяющих его потребности во всех элементах питания.

Биологическая роль кремния в настоящее время изучена неполно. Установлено, что соединения, его содержащие, придают высокую механическую прочность растительным организмам (хвощи и др.). Соединения кремния (растворимые силикаты), внесенные в почву, способствуют увеличению усвоения соединений фосфора растениями.

Главная роль соединений кремния для растений, в том числе и сельскохозяйственных, состоит в том, что они являются основой почвы, без которой невозможно осуществление нормальной жизнедеятельности растений в естественных условиях. Даже при искусственном выращивании лучшие результаты получают не на гидропонике (выращивании на водном субстрате), а на песке, пропитанном водным раствором необходимых для растения веществ.

Германий (Ge) относится к микроэлементам, содержание в организме человека – 10^{-5} - 10^{-6} %. Биологическая роль окончательно не выяснена. Ge усиливают процессы кроветворения в костном мозге. Соединения малотоксичны.

Олово (Sn) по содержанию в организме человека (10^{-4} %) относятся к микроэлементам. Сведения о биологической роли противоречивы. Соединения Sn оказывают токсическое действие на организм человека.

Свинец (Pb) и его соединения, особенно органические, весьма токсичны, Соединения Pb влияют на синтез белка, энергетический баланс клетки и ее генетический аппарат. Установлено, что Pb – один из элементов, присутствие которых в продуктах питания влияет на развитие кариеса. Массовая доля Pb в организме человека 10^{-6} %. Безопасным для человека считают суточное поступление 0,2-2 мг Pb.

VA – группа

Азот (N) по содержанию в организме человека (3,1%) относится к макроэлементам. Этот элемент - составная часть аминокислот, белков, витаминов, гормонов. Азот входит в состав аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, гормонов роста, многих витаминов, хлорофилла и других жизненно важных органических веществ.

Например, при недостатке азота побеги у растений короткие и тонкие, листья мелкие с бледно-зеленой или желтовато-зеленой окраской, позднее переходящей в



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



оранжевую или красноватую. Если растению не хватает фосфора, окраска листьев становится пурпурной или темно-бронзовой, задерживаются цветение и созревание. Характерным признаком кальциевой недостаточности являются некротические явления – коричневые пятна на плодах (томаты) и молодых листьях. Повышенная концентрация кальция в почвенном растворе (в карбонатных почвах) может отрицательно сказываться на поглощении железа, цинка, марганца и вызывать у растения хлороз. При недостатке калия наблюдаются побурение и опаленность краев (ожог) листьев, развивается бурая пятнистость, края листьев закручиваются. Дефицит магния в питании вызывает “малокровие” растений.

Фосфор входит в состав фосфопротеинов, нуклеиновых кислот, фосфолипидов, фосфорных эфиров сахаров, нуклеотидов, принимающих участие в энергетическом обмене, витаминов и многих других соединений. Особо важную роль играет фосфор в энергетике клетки, поскольку именно в форме высокоэнергетических эфирных связей фосфора или пиродифосфатных связей запасается энергия в живой клетке. Многие фосфорсодержащие витамины и их производные являются коферментами и принимают непосредственное участие в каталитическом акте, ускоряющем течение важнейших процессов обмена (фотосинтез, дыхание). Фосфор усиливает накопление сахара во фруктах и овощах, крахмала в клубнях картофеля. Это органоген и играет исключительно важную роль в обмене веществ. В форме фосфата Р представляет собой необходимый компонент внутриклеточной АТФ. Он входит в состав белков, нуклеиновых кислот, нуклеотидов и др. биологически активных соединений. Р является основой скелета и зубов животных и человека.

Мышьяк (As) по содержанию в организме человека составляет 10^{-6} % и относится к микроэлементам. Он концентрируется в печени, почках, селезенке, легких, костях, волосах. As накапливается больше всего в костях и волосах. В относительно больших дозах соединения As очень ядовиты.

Сурьма (Sb) и висмут (Bi). По содержанию в организме Sb и Bi (10^{-5} %) относятся к микроэлементам. Физиологическая и биохимическая роль практически не выяснена. Соединения Sb и Bi токсичны. Однако при попадании большинства соединений в пищеварительный тракт они практически не оказывают ядовитого действия. Это обусловлено тем, что соли Sb(III) и Bi(III) в пищеварительном тракте подвергаются гидролизу с образованием малорастворимых продуктов, которые не всасываются через стенки желудочно-кишечного тракта. На этом основано применение лекарственных препаратов Sb и Bi.

VIА-группа

Кислород (O). По содержанию в организме человека (62%) O относится к макроэлементам. Он незаменим и принадлежит к числу важнейших элементов, составляющих основу живых систем, то есть является органогеном. O входит в состав огромного числа молекул, начиная от простейших и кончая биополимерами. Ис-



ключительно важна роль O в процессах жизнедеятельности, так как окисление кислородом питательных веществ служит источником энергии, необходимой для работы органов и тканей живых организмов. Большинство окислительно-восстановительных реакций в организме протекает при участии O и его активных форм. Фагоцитарные (защитные) функции организма также связаны с наличием кислорода, и уменьшение содержания кислорода в организме понижает его защитные свойства.

Озон (O_3) как очень сильный окислитель используют для дезинфекции помещений, обеззараживания воздуха, очистки питьевой воды.

Сера (S). Сера участвует в образовании витаминов, аминокислот, белков и некоторых антибиотиков, в частности пеницилина. Она входит в состав важнейших аминокислот – цистина, цистеина и метионина, витаминов – липоевой кислоты, биотина, тиамина и многих коферментов. Другая важнейшая функция серы в растительном организме состоит в поддержании определенного уровня окислительно-восстановительного потенциала клетки.

По содержанию в организме человека ($0,16\%$) S относится к макроэлементам. Как и кислород, она жизненно необходима. Сера входит в состав многих биомолекул – белков, аминокислот, гормонов, витаминов. Много S содержится в каротине волос, костях, нервной ткани.

Селен и кремний относятся к условно необходимым элементам для растений. Установлено, что для растения необходимо содержание селена в количестве $10^{-7}\%$ от массы сухого вещества. Выделены некоторые ферменты, содержащие селен. Большое содержание селена в окружающей среде крайне вредно как для растений, так и для животных, так как соединения селена токсичны для живого вещества.

Селен (Se). По содержанию в организме ($10^{-5}-10^{-7}\%$) Se относится к микроэлементам. Se в основном концентрируется в печени и почках. Несомненная связь Se с серой в живых организмах. Очевидно, Se как аналог S замещает её в различных соединениях. В больших дозах Se токсичен. Se способен предохранять организм от отравления Hg и Cd . Высокое содержание Se в рационе соответствует низкой степени смертности от рака.

Теллур (Te) и полоний (Po). Не обнаружен в живых организмах. Норма его содержания в тканях и органах не установлена. Не выяснена биологическая роль в организме. Данные о влиянии Po на живые организмы отсутствуют.

Бионеорганические комплексы Ag с белками – протеинаты, представляют собой коллоидные растворы. Коллоидные препараты Ag не вызывают осаждения белков тканей в отличие от неорганических соединений. Это объясняется тем, что коллоиды практически не диссоциируют. Доказано, что активность препарата зависит только от количества ионизированного атома Ag .



Из соединений Ag наиболее известны протаргол (белковый комплекс Ag) и колларгол (коллоидное Ag). В небольшом количестве применяют Ag для получения сплава (Cu, Ag, Sn) для изготовления пломб в стоматологии.

Золото Au – микроэлемент, не играющий важной роли для живых организмов. Соединения Au используют для лечения инфекционного полиартрита, туберкулеза, кожных и венерических заболеваний. Сплав Au применяют в стоматологии.

Биологическая роль галогенов

В организме все галогены находятся в степени окисления -1, хлор и бром - в виде гидратированных ионов, фтор и йод – главным образом в связанной форме в составе некоторых биоорганических соединений. Галогенами являются фтор, хлор, бром и йод. Среди этих элементов фтор относится к условно необходимым элементам, остальные – к микроэлементам.

Фтор (F). Масса F в организме человека составляет около 7 мг ($\sim 10^{-5}$ %). Соединения фтора концентрируются в костной ткани, ногтях, зубах. В состав зубов входит около 0,01% F, причем большая часть приходится на эмаль в виде фторapatита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$. Недостаток F в организме приводит к кариесу. Интерес к биологическому действию фтора связан, прежде всего, с проблемой зубных болезней, так как F предохраняет зубы от кариеса.

При этом происходит одновременно и подщелачивание среды ротовой полости, что способствует, по-видимому, нейтрализации кислот, выработанных бактериями. Вреден не только недостаток, но и избыток F. При содержании F в питьевой воде выше предельно допустимой нормы (1,2 мг/л) зубная эмаль становится хрупкой, легко разрушается и появляются другие симптомы хронического отравления фтором – повышение хрупкости костей, костные деформации и общее истощение организма. Возникающее в этом случае заболевание называется флюорозом.

Для растений наибольшее значение имеют хлорид-ионы Cl⁻. Биологическая роль других галогенов в настоящее время мало изучена. По содержанию в организме человека хлор (Cl) (0,15%) относится к макроэлементам, остальные элементы этой группы являются микроэлементами. Галогены в виде различных соединений входят в состав тканей человека и животных. Cl и I относятся к незаменимым элементам, а остальные являются постоянными составными частями тканей.

Роль хлорид-ионов Cl⁻ состоит в том, что они являются противоионами для катионов калия, натрия и др. Эти ионы содержатся в водных системах растения и обеспечивают осмотическое давление, что делает возможным реализацию осмоса и движения водных растворов в растительном организме. Хлорид-ионы Cl⁻ участвуют в создании двойного электрического слоя на границе раздела фаз (на клеточных мембранах), создавая мембранный потенциал в клеточной оболочке.

Атомы галогенов не входят в состав биологически активных веществ в организмах растений. Кроме этого, установлено, что многие галогенсодержащие органиче-



ские вещества токсичны для растений и животных. Большое содержание ионов галогенов в окружающей среде негативно для растений: оно приводит к засолению почв, что является причиной смены биогеоценозов.

Хлор (Cl). В организме человека содержится примерно 0,15%. Хлорид-ионы играют важную биологическую роль. Они активируют некоторые ферменты, создают благоприятную среду для действия протолитических ферментов желудочного сока, обеспечивают ионные потоки через клеточные мембраны, участвуют в поддержании осмотического равновесия. Хлорид-ион имеет оптимальный радиус для проникновения через мембрану клеток. Именно этим объясняется его совместное участие с ионами Na^+ и K^+ в создании определенного осмотического давления и регуляции водно-солевого обмена. Суточная потребность NaCl - 5-10 г. NaCl необходим для выработки соляной кислоты в желудке. Помимо важной роли соляной кислоты в процессе пищеварения, она уничтожает различные болезнетворные бактерии (холеры, тифа).

Бром (Br). Масса брома в организме человека составляет около 10-5 %. Он локализуется преимущественно в железах внутренней секреции, в первую очередь, в гипофизе. Биологическая роль Br еще недостаточно выяснена. Соединения Br угнетают функцию щитовидной железы и усиливают активность коры надпочечников. При введении в организм бромид-ионов наиболее чувствительной оказывается центральная нервная система. Бромид-ионы накапливаются в различных отделах мозга и действуют успокаивающе при повышенной возбудимости. Иначе говоря, они способствуют восстановлению нарушенного равновесия между процессами возбуждения и торможения.

Бромид-ионы могут замещать ионы Cl^- и I^- в организме. Примером такого взаимозамещения является замещение йода бромом при избытке брома в гормонах щитовидной железы, что приводит к гипертиреозу. В связи с тем, что в организме человека существует определенная динамическая связь между содержанием в нем бромид- и хлорид-ионов, повышенная концентрация бромид-иона в крови нарушает равновесие и способствует быстрому выделению почками хлорид-ионов и наоборот (принцип Ле Шателье). Бромид-ионы легко всасываются в желудочно-кишечном тракте. Токсичность бромид-ионов невысока. Однако вследствие медленного выведения из организма (30-60 суток) они могут накапливаться, что приводит к развитию хронического отравления («бромизм»).

Йод (I) относится к числу незаменимых биогенных элементов. Его соединения играют важную роль в процессах обмена веществ. Имеются данные, что I влияет на синтез некоторых белков, жиров, гормонов. В организме человека содержится около $4 \cdot 10^{-5}\%$ йода. Больше половина его находится в щитовидной железе почти в свободном состоянии - в виде гормонов - и только 1 % находится в виде йодид-иона. Пониженная активность щитовидной железы (гипотиреоз) может быть связана с



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



уменьшением её способности накапливать йодид-ионы, а также с недостатком в пище йода (эндемический зуб). NaI и KI используют так же как отхаркивающее средство при воспалительных заболеваниях дыхательных путей.



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: Учеб. пособие/ Е. В. Барковский. – Мн.: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб. пос./ Е. В. Барковский, С. В. Ткачев и др. – М.: Высш. шк., 1997. –126 с.
4. Болдырев, А. И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.–М.:ООО «Издательство Астрель»,2004.–383с
6. Грандберг, И.И. Органическая химия: Учеб. для студ. вузов обучающихся на агрономических специальностях/ И. И. Грандберг. – М.: Дрофа, 2004. –672 с.
7. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смаригин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
8. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для студентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимановича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
9. Химия. Курс лекций: учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – 383 с.
10. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
11. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
12. Химия: учебно-методический комплекс: Учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная, И.В. Ковалева и др. – Горки: БГСХА, 2011. – 452 с. ISBN 978-985-467-359-2
13. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
14. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
15. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
16. Щербина, А.Э. Органическая химия. Задачи и упражнения: Учеб. пособие / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич, И.В. Сенько. – Минск : Новое знание, 2007. – 304 с.

Дополнительная

1. Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: Учеб. пособие/ Н.А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
2. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб. пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Высш. шк., 2003. – 96 с.
3. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвенно-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
4. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб. пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
5. Практикум по общей и биоорганической химии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
6. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
7. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

Справочники:

1. Краткий химический справочник. – М.: Химия, 1977.
2. Кольман, Я. Наглядная биохимия: Пер. с нем/ Я.Кольман, К.Г. Рем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.
3. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Составители
Поддубная Ольга Владимировна
Ковалева Ирина Владимировна