**БЛОК 1. ВВЕДЕНИЕ В АГРАРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО (10 КЛАСС)**

**Модуль 1. Химический состав и кислотно-основной гомеостаз живых организмов. Постоянство сред. Минеральный обмен**

**1.1. Минеральный состав живых организмов**

**1.1.1. Макро- и микроэлементы в живых организмах животных и растений**

**1. Организационный момент (5 мин)**

(СЛАЙД 1)

Цель занятия: сформировать представление о значении макро- и микроэлементов в жизни человека, животных и растений; изучить основные проблемы, связанные с дефицитом макро- и микроэлементов, и меры профилактики.

**2. Актуализация знаний и умений учащихся к изучению новой темы (3–5 мин)**

1. Из чего состоит любой живой организм?

2. Какие основные элементы входят в состав всего живого?

3. По какому принципу классифицируются элементы в живом организме?

4. Что такое макроэлементы? Какова их роль?

5. Какие вы знаете микро- и ультрамикроэлементы?

**3. Объяснение нового материала (37–40 мин)**

(СЛАЙД 2)

**Содержание химических элементов в организме.** Любой живой организм состоит из воды, органических и неорганических соединений. Так, в организме взрослого человека около 60–70% воды, около 30% массы приходится на органические и порядка 5% – на неорганические вещества. Из 118 химических элементов, известных науке сегодня, 81 обнаружен в организме человека. Для них известен следующий закон.

(СЛАЙД 3)

Биогеохимический закон В. И. Вернадского. Содержание элемента в природе, в том числе биологической, уменьшается по мере увеличения его атомной массы.

Исключение составляют, например, железо у высших животных, обеспечивающее, в первую очередь, связывание и транспорт кислорода (т. н. «железный пик»), и магний у растений (т. н. «магниевый пик»), ответственный за фотосинтез.

(СЛАЙД 4)

Таким образом, распространенность химических элементов в живой и неживой природе существенно различается. Основной элемент в космосе – водород. На Земле больше половины массы земной коры приходится на кислород, 20% – на кремний. Восемнадцать элементов (О, Si, Al, Fe, Са, Na, К, Mg, Н, Ti, С, CI, Р, S, N, F, Ва) составляют 99,8% массы земной коры, причем на восемь из них (О, Si, Al, Fe, Са, Na, К, Mg) приходится ее основная масса (98%).

В живом организме преобладают шесть элементов-неметаллов (С, Н, О, N, Р, S), на долю которых приходится 97,4% массы всего организма. Эти элементы называются органогенами. Они образуют биомолекулы, то есть являются строительными. Из металлов к биогенным относятся десять элементов. Это непереходные (Na, К, Mg, Са) и переходные металлы (Мn, Fe, Со, Сu, Zn и Мо).

Таким образом, элементный состав живого организма сильно отличается от земной коры и ближе к составу морской воды (за исключением углерода и кальция). Ученые говорят, что химический состав жидкости в клетках человеческого организма напоминает формулу морской воды в доисторическую эпоху.

Неметаллы (азот, фосфор, сера) и металлы (железо, медь, молибден, марганец) отличаются особой лабильностью при образовании соединений. Перечисленные неметаллы относятся к строительным элементам и входят в состав биомолекул и неорганических веществ, а металлы являются функциональными в организме. Химические элементы, имеющие постоянную степень окисления (натрий, калий, кальций, магний), формируют стабильные системы в организме, такие как биологические жидкости и каркасные структуры (кости, панцирь и другие.). Их содержание велико. Например, у человека массой 70 кг содержится 1700 г кальция, 250 г калия, 70 г натрия, 42 г магния, 5 г железа, 3 г цинка.

(СЛАЙДЫ 5, 6)

**Макро-, микро- и ультрамикроэлементы.** Все элементы по их содержанию в организме условно делятся на макро-, микро- и ультрамикроэлементы. Макроэлементы – элементы, содержание каждого из которых превышает 0,005–0,01% массы тела. Это углерод, водород, кислород, азот. К ним также относят фосфор, серу, кальций, хлор, фтор, калий, магний и натрий. В сумме макроэлементы составляют около 99% массы тела человека.

(СЛАЙД 7)

Микроэлементы – те, содержание которых не превышает 0,005%. Это I, CI, Fe, Na, Mg, Сu, Со, Zn. Часто к ним относят Мn, Mo, Se, Cr, Ni, Sn, Si, F, V, содержание которых еще меньше, но они имеют важную биологическую роль.

Ультрамикроэлементы содержатся в организме в следовых количествах (содержание менее 0,00001%). К ним относят золото, уран, ртуть, свинец и другие, выяснение биологической роли которых – дело ближайшего будущего.

**Макроэлементы в живых организмах.** Роль макроэлементов и их неорганических соединений в организме хорошо известна. Макроэлементы образуют ткани организма и обеспечивают свойства его среды, поддерживают определенные значения рН, осмотического давления, сохраняют солевой баланс и кислотно-основное равновесие. Например, основное количество кальция и фосфора находится в костях человека и животных в виде гидроксофосфата кальция Са10(ОН)2(РО4)6, а максимальное количество хлора – в желудочном соке в виде соляной кислоты.

(СЛАЙД 8)

**Симптомы дефицита макроэлементов.** Содержание макроэлементов в органах и тканях достаточно постоянно, но может варьировать в определенных пределах. О дефиците макроэлементов в почве и, следовательно, в растениях отчетливо свидетельствуют внешние признаки. Чувствительность растений к недостатку макроэлементов строго индивидуальна, однако имеются схожие признаки.

Таблица 1 – Биологическая роль макроэлементов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Элемент** | **Содержание, %** | **Биологическая роль** |
| Макроэлементы | | |
| Кислород (О) | 65–75 | Входит в состав молекул воды и органических веществ, обеспечивает реакции окисления, в ходе которых выделяется необходимая организму энергия |
| Углерод (С) | 15–18 | Входит в состав молекул всех органических веществ |
| Водород (Н) | 8–10 | Входит в состав молекул воды и всех органических веществ |
| Азот (N) | 1,5–3 | Входит в состав молекул органических веществ, в том числе белков, нуклеиновых кислот, АТФ |
| Кальций (Са) | 0,04–2 | Входит в состав костной ткани, зубной эмали, участвует в процессах свертывания крови и обеспечивает сократимость мышечных волокон. У растений входит в состав клеточной стенки |
| Фосфор (Р) | 0,2–1 | Входит в состав органических веществ (ДНК, РНК, АТФ и другие), костной ткани и зубной эмали |
| Калий (К) | 0,15–0,4 | Один из основных катионов в организме животных: участвует в генерации биоэлектрических потенциалов, регуляции ритма сердечной деятельности. Также участвует в процессе фотосинтеза |
| Сера (S) | 0,15–0,2 | Входит в состав органических веществ (белков, некоторых аминокислот) |
| Хлор (С1) | 0,05–0,1 | Основной анион в организме животных. Входит в состав соляной кислоты желудочного сока |
| Натрий (Na) | 0,02–0,03 | Один из основных катионов: участвует в генерации биоэлектрических потенциалов, поддерживает нормальный ритм сердечной деятельности, влияет на синтез гормонов |
| Магний (Mg) | 0,02–0,03 | Входит в состав хлорофилла, некоторых ферментов, а также в состав костной ткани и зубной эмали |

(СЛАЙД 9)

На состояние растений влияет не только недостаток, но и избыток макроэлементов. Он проявляется, прежде всего, в старых органах, и задерживает рост растений. Часто признаки недостатка и избытка одних и тех же элементов бывают несколько схожи.

Таблица 2 – Характерные симптомы дефицита макроэлементов у растений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Элемент** | **Общие симптомы** | **Чувствительные культуры** |
| [**Азот**](http://www.pesticidy.ru/active_nutrient/nitrogen) | Зеленая окраска листьев изменяется на бледно-зеленую, желтоватую и бурую. Уменьшается размер листьев.  Листья узкие и расположены под острым углом к стеблю. Число плодов (семян, зерен) резко уменьшается | Картофель, капуста белокочанная и цветная, томаты,  репчатый лук, огурцы, свекла, земляника, черная смородина, яблоня |
| [**Фосфор**](http://www.pesticidy.ru/active_nutrient/phosphorus) | Края листовой пластинки скручиваются. Образуется фиолетовая окраска | Картофель, капуста, томаты, свекла, лук, земляника, малина, красная смородина, яблоня |
| [**Калий**](http://www.pesticidy.ru/active_nutrient/potassium) | Краевой ожог листьев, вялость и свисание листьев. Полегание растений. Нарушение цветения и плодоношения | Картофель, томаты, свекла, морковь, лук, огурцы, земляника, малина, черная смородина, яблоня |
| [**Кальций**](http://www.pesticidy.ru/active_nutrient/calcium) | Побеление верхушечной почки и молодых листьев. Кончики листьев загнуты вниз, а края листьев закручиваются вверх | Картофель, томаты, капуста белокочанная и цветная, яблоня |
| [**Магний**](http://www.pesticidy.ru/active_nutrient/magnesium) | Хлороз листьев | Картофель, капуста белокочанная и цветная, томаты,  огурцы, лук, свекла, малина,  черная смородина, вишня, яблоня |
| [**Сера**](http://www.pesticidy.ru/active_nutrient/sulfur) | Изменение интенсивности зеленой окраски листьев. Стебли – деревянистые. Замедление роста. Низкое содержание белков | Томаты, огурцы, подсолнечник, бобовые, горчица, капуста |

(СЛАЙД 10)

Симптомы недостатка и избытка фосфора

(СЛАЙД 11)

**Биологическая роль микроэлементов.** Почти все биохимические процессы зависят от баланса микроэлементов. И хоть их необходимое количество определяется микрограммами, но роль этих элементов огромная. От микроэлементов зависит качественный процесс обмена веществ, синтезирование [ферментов](http://foodandhealth.ru/komponenty-pitaniya/fermenty/), гормонов и витаминов в организме. Микроэлементы укрепляют иммунитет, способствуют кроветворению, правильному развитию и росту костной ткани. От них зависит баланс щелочи и кислот, работоспособность половой системы. На уровне клеток они поддерживают функциональность мембран, в тканях – способствуют кислородному обмену.

(СЛАЙД 12)

Таблица 3 – Биологическая роль микроэлементов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Элемент** | **Содержание, %** | **Биологическая роль** |
| Железо (Fe) | 0,01 | Входит в состав многих ферментов, гемоглобина и миоглобина. Участвует в процессах клеточного дыхания и фотосинтеза |
| Кремний (Si)\* | 0,001 | Участвует в формировании костей и коллагена – основного белка соединительной ткани животных. Входит в состав клеточной оболочки растений |
| Цинк (Zn) | 0,0003 | Входит в состав инсулина, некоторых ферментов, принимает участие в процессах синтеза растительных гормонов |
| Медь (Сu) | 0,0002 | Участвует в процессах фотосинтеза, клеточного дыхания, синтеза гемоглобина. Входит в состав гемоцианинов – дыхательных пигментов крови и гемолимфы некоторых видов беспозвоночных животных |
| Фтор (F) | 0,0001 | Входит в состав зубной эмали и костной ткани |
| Йод(I) | 0,0001 | Входит в состав гормонов щитовидной железы |
| Марганец (Мn) | Менее 0,0001 | Входит в состав или повышает активность некоторых ферментов. Участвует в формировании костей, процессе фотосинтеза |
| Кобальт (Со) | Менее 0,0001 | Входит в состав витамина В12, участвует в процессах кроветворения |
| Молибден (Мо) | Менее 0,0001 | Участвует в процессах связывания атмосферного азота клубеньковыми бактериями |

\*Для растений – макроэлемент

(СЛАЙД 13)

Многие ферменты содержат ионы переходных металлов. Например, известно, что марганец входит в состав двенадцати различных ферментов, железо – в состав почти семидесяти, медь – около тридцати, а цинк – более чем в сто.

Содержание микроэлементов меняется с возрастом. Максимальное количество цинка содержится в организме в период полового созревания, а минимальное – в старости. Отсюда следует, что многие микроэлементы особенно важны детям в период интенсивного роста костей, мышц и внутренних органов организма.

(СЛАЙД 14)

**Дефицит микроэлементов.** Незначительное отклонение от нормы микроэлементов вызывает тяжелые заболевания. Например, дефицит фтора вызывает кариес зубов, дефицит йода – эндемический зоб, избыток молибдена –эндемическую подагру.

(СЛАЙД 15)

Дисбаланс микровеществ разной интенсивности диагностируют у каждого третьего жителя планеты.

Причины, вызывающие нехватку микроэлементов: плохая экология, психологическое напряжение, стрессовые ситуации, нерациональное питание, длительный прием некоторых лекарств.

(СЛАЙД 16)

Понять, каких микроэлементов не хватает человеку, а также узнать точный уровень дефицита можно, сдав кровь на биохимический анализ. Тщательно проанализировав состояние своего здоровья, даже без лабораторных исследований порой можно определить, в каком именно микронутриенте нуждается организм, чего не хватает ему на данное время (см. таблицу 4).

Кстати, интересный факт относительно волос. Именно по их структуре легче всего определить дефицит микроэлементов.

Таблица 4 – Характерные симптомы дефицита химических элементов

в организме человека и животных

|  |  |
| --- | --- |
| **Элемент** | **Типичный симптом** |
| Са | Замедление роста скелета |
| Mg | Мускульные судороги |
| Fe | Анемия, нарушение иммунной системы |
| Zn | Повреждение кожи, замедление роста, замедление полового созревания |
| Сu | Слабость артерий, нарушение деятельности печени, вторичная анемия |
| Mn | Бесплодие, ухудшение роста скелета |
| Mo | Замедление клеточного роста, склонность к кариесу |
| Co | Злокачественная анемия |
| Ni | Учащение депрессий, дерматиты |
| Cr | Симптомы диабета |
| Si | Нарушение роста скелета |
| F | Кариес зубов |
| I | Нарушение работы щитовидной железы, замедление метаболизма |
| Se | Мускульная (в частности, сердечная) слабость |

(СЛАЙДЫ 17 – 19)

При недостатке селена у молодняка животных и птиц возникает беломышечная болезнь, размягчается мозг, развивается эксудативный диатез.

При недостатке цинка у поросят возникает паракератоз.

(СЛАЙД 20)

Например, недостаток в организме железа приводит к анемии, так как оно входит в состав гемоглобина крови (у взрослого человека в крови около 2,6 г железа). В процессе жизнедеятельности в организме происходят постоянный распад и синтез гемоглобина. Для восполнения потерь человеку необходимо поступление около 12 мг этого элемента в сутки. Недостаток в организме меди приводит к деструкции кровеносных сосудов, патологическому росту костей, дефектам в соединительных тканях. Считают, что дефицит меди служит одной из причин раковых заболеваний.

При недостаточном поступлении какого-либо микроэлемента рост растения отклоняется от нормы или прекращается вовсе, а дальнейшее развитие растения нарушается.

(СЛАЙД 21)

Симптомы недостаточности (дефицита) трудно свести к одному знаменателю, но все же они характерны для конкретных микроэлементов. (см. таблицу 5).

Таблица 5 – Симптомы недостатка микроэлементов у

сельскохозяйственных культур

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Элемент** | **Симптомы** | **Чувствительные культуры** |
| [Бор](http://www.pesticidy.ru/active_nutrient/boron) | Хлороз и коричневая окраска молодых листьев. Погибшие верхушечные почки. Нарушение развития цветов. Поражение сердцевины растений и корней | Бобовые, капуста и близкие виды, свекла, сельдерей, виноград, фруктовые деревья (груши и яблони) |
| [Медь](http://www.pesticidy.ru/active_nutrient/copper) | Вилт. Белые скрученные макушки. Ослабление образования метелок. Нарушение одревеснения | Злаки (овес), подсолнечник, шпинат, люцерна |
| [Марганец](http://www.pesticidy.ru/active_nutrient/manganese) | Пятна хлороза. Некроз молодых листьев. Ослабленный тургор | Злаки (овес), бобовые, фруктовые деревья (яблони, вишни, цитрусовые) |
| [Молибден](http://www.pesticidy.ru/active_nutrient/molybdenum) | Хлороз края листовой пластинки. Нарушение свертывания цветной капусты. Огненные края и деформация листьев | Капуста, близкие виды, бобовые |
| [Цинк](http://www.pesticidy.ru/active_nutrient/zinc) | Межжилковый хлороз (у однодольных). Остановка роста. Розетчатость листьев у деревьев. Фиолетово-красные точки на листьях | Зерновые (кукуруза), бобовые,  травы, хмель, лен, виноград,  фруктовые деревья (цитрусы) |
| [Железо](http://www.pesticidy.ru/active_nutrient/iron) | Окраска листьев меняется до белой. Хлороз листьев | Плодовые, люпин, картофель,  кукуруза, капуста, томаты |

(СЛАЙД 22)

**Изменения листьев при дефиците цинка.** Главные причины, вызывающие дефицит микроэлементов в растении, – это свойства и генезис почв. Обычно недостаток микроэлементов связан с почвами высокой кислотности (светлыми песчанистыми) и щелочными (известковистыми) почвами с неблагоприятным водным режимом, а также с избытком фосфатов, азота, кальция, оксидов железа и марганца.

**Профилактика дефицита макро- и микроэлементов.** Для человека источниками макро-, микроэлементов являются продукты питания и вода. Поэтому для полного удовлетворения потребностей в макро- и микроэлементах необходимо полноценное и разнообразное питание, включающее продукты животного и растительного происхождения. Для восстановления баланса микроэлементов важно следить за здоровьем нервной системы, регулярно бывать на свежем воздухе. Больше всего микровеществ содержится в растительной еде. Лидером среди продуктов животного происхождения является молоко, в котором есть 22 микроэлемента, однако концентрация микроэлементов в нем очень низкая. Также рекомендуется применение витаминно-минеральных комплексов.

Растения поглощают макро- и микроэлементы из почвы. Обычно в плодородной почве содержится достаточное количество важнейших элементов минерального питания. При снятии урожая необходимые элементы изымаются из круговорота, содержание их уменьшается и возникает дефицит макро- и микроэлементов. Поэтому в почву вносят удобрения – вещества, которые необходимы для минерального питания растений и повышения плодородия почвы. По химическому составу удобрения разделяют на органические и минеральные. Органические удобрения содержат значительное количество макроэлементов и являются важным средством для воспроизводства плодородия почв и роста продуктивности земледелия. Содержание макроэлементов в органических удобрениях колеблется от долей процента до нескольких процентов и зависит от многих природных факторов.

(СЛАЙД 23)

Например, свежий [навоз](http://www.pesticidy.ru/active_compound/Manure) содержит весь спектр необходимых для жизни растения микроэлементов: азот – 0,45–0,83%, фосфор – 0,19–0,28%, калий 0,50–0,67%, кальций 0,18–0,40%, магний 0,09–0,18%, серу 0,06–0,15% от всего объема вещества, включая воду и органику.

Навоз – органический источник макроэлементов.

[Торф](http://www.pesticidy.ru/active_compound/peat), в зависимости от вида, содержит от 0,1 до 3,3% различных макроэлементов. [Птичий помет](http://www.pesticidy.ru/active_compound/bird_droppings), особенно куриный, является важным источником макроэлементов. Их содержание в нем для различных элементов колеблется от 0,2 до 2,4%.

Минеральные удобрения содержат все необходимые для растений питательные вещества. В основу их классификации положен химический состав удобрений – азотные, фосфорные, калийные, комплексные и так далее. Их вносят осенью или весной одновременно с посевом семян, а также в виде подкормки в различные периоды вегетации растений.

Для устранения дефицита микроэлементов у растений применяют микроудобрения. Микроудобрения – это удобрения, в которых действующим веществом является один (или несколько) микроэлементов. Микроудобрения классифицируют по основному элементу, который они содержат (марганцевые, цинковые, медьсодержащие и прочие). Микроудобрения применяют для внесения в почву, некорневых подкормок и предпосадочной обработки семян. Их дозы очень малы. В среднем микроудобрения обеспечивают повышение урожайности на 10–12% и более.

(СЛАЙДЫ 24 – 26)

Знакомство с профессией – агрохимик (в его обязанности входит изучение биологических особенностей возделываемых растений, почвенно-климатических условий хозяйства, определение эффективности использования органических и минеральных удобрений, средств химзащиты, способов их применения, решение, на каких участках, в какие сроки и в какой мере должны применяться удобрения и другие химические средства).

Просмотр видеофильмов (на выбор учителя):

«Признаки недостатка элементов у растений» (8 мин);

«Азот и азотные удобрения» (10 мин);

«Калий и калийные удобрения» (9 мин).

**4. Практическая работа (37–40 мин)**

Цель: выявление симптомов дефицита макро- и микроэлементов в организме.

Порядок выполнения работы.

Определение дефицита макро- и микроэлементов.

1. Внимательно рассмотрите таблицу 4. Определите, дефицит какого элемента наблюдается в организме человека, по следующим симптомам:

усталость, судороги мышц по ночам;

кариес зубов, слабость эмали, ее потемнение;

общая слабость, анемия, головокружение, слабость иммунитета;

нарушение функции щитовидной железы.

2. Внимательно рассмотрите таблицу 5. Определите, дефицит какого элемента наблюдается у растений, по следующим внешним признакам:

у томатов и картофеля окраска листьев изменилась до белой;

у цветной капусты не происходит свертывание листьев, их края огненно-красные;

у овса не образуются метелки, макушки белые;

рост гороха остановился, на листьях появились красно-фиолетовые точки.

Решение расчетных задач.

1. Рассчитайте массовую долю азота в аммиачной селитре.

2. Для подкормки растений на 1 м2 почвы необходимо внести азот массой 11,9 г и калий массой 12,87 г. Рассчитайте массу смеси, состоящей из аммиачной и калийной селитры, которая потребуется, чтобы растения получили необходимое количество азота и калия на поле площадью 500 м2.

3. Массовая доля Р2О5 в аммофосе (смесь гидро- и дигидрофосфата аммония) составляет 60%. Найдите массу аммофоса, которую нужно внести в почву на участке площадью 100 м2, если для удобрения почвы площадью 1 м2 требуется 1,86 г фосфора.

4. В почву следует внести цинк массой 120 мг, медь массой 25 мг и бор массой 36 мг. Рассчитайте массы сульфата цинка, хлорида меди (II) и борной кислоты H3ВO3, необходимых для этого.

(СЛАЙД 27)

Укажите верные утверждения:

медь и цинк являются микроэлементами;

кремний и кальций относятся к макроэлементам;

основным сырьем для получения искусственных азотных удобрений является атмосферный азот;

микроэлементы применяют в высоких дозах;

при дефиците железа возникает кариес зубов;

о недостатке микроэлементов нельзя судить по внешнему виду растений;

чрезмерное употребление микроэлементов неопасно для роста и развития растений;

при недостатке магния возникают проблемы со щитовидной железой;

по состоянию волос человека можно судить о недостатке микроэлементов;

для профилактики дефицита макро- и микроэлементов достаточно использовать только навоз или куриный помет.

(СЛАЙД 27)

**5. Подведение итогов факультативного занятия (5 мин)**

1. Какие элементы входят в состав живых организмов?

2. О чем гласит биогеохимический закон Вернадского?

3. Как классифицируют элементы по их содержанию в живом организме?

4. Какова роль макроэлементов?

5. Перечислите основные признаки дефицита макроэлементов.

6. Какие функции выполняют микроэлементы?

7. Как предупредить дефицит макро- и микроэлементов?

8. Для чего применяют удобрения, микроудобрения?

9. Как можно классифицировать удобрения?