

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Владимирской области «**Владимирский авиамеханический колледж**»
(ГБПОУ ВО "ВАМК").

Лекция №4

Биохимическая роль элементов

7 группы и тяжёлых металлов ПС Д.И.Менделеева

Презентацию подготовил
преподаватель естественно-научных
дисциплин
Ковалёв А.С.

Владимир 2022

Биологическое значение

- Фтор : построение зубной эмали и костей, необходимый элемент в процессах обмена веществ в железах, мышцах и нервных клетках



Недостаток фтора в организме

- Кариес зубов – заболевание, сопровождающееся процессом деминерализации и деструкции твердых тканей зубов с последующим образованием полостей.
- Остеопороз - разрежение кортикального и губчатого слоев костной ткани в результате фрагментарного рассасывания костного вещества.



Избыток фтора

Приводит к развитию флюороза (пятнистая эмаль зубов), для которого характерны следующие признаки:

- Потеря зубов
- Ревматические боли
- Чувство скованности, «свинцовая» тяжесть в конечностях
- Повышение хрупкости костей и деформация всего скелета

Профилактика: дефторирование воды.



Фтор в продуктах питания

- морская рыба (самая большая концентрация в соме, треске, скумбрии), морская капуста;
- печень, баранина, телятина, молоко, яйца;
- хлеб грубого помола, рис, овсяная крупа;
- лук, шпинат, яблоки;
- орехи.



17

Cl

ХЛОР

35,453

 $3s^2 3p^5$ 7
8
2

Биологическая роль хлора



Макроэлемент Cl распространен в организме человека:

- играет важную роль в поддержании осмотического равновесия,
- присутствует в желудочном соке в виде соляной кислоты. Концентрация HCl в ж. с. = 0,4-0,5%.

Недостаток хлора / Избыток хлора

Симптомы:

- ▶ вялость
- ▶ отсутствие аппетита
- ▶ сонливость
- ▶ ухудшение памяти
- ▶ слабость мышц
- ▶ Обезвоживание с сухостью во рту, тошнотой и рвотой
- ▶ потеря вкусовых ощущений
- ▶ в тяжелых случаях: выпадение волос и зубов
- ▶ нарушения мочеиспускания;
- ▶ преждевременное старение кожи;
- ▶ запоры;
- ▶ повышение артериального давления;
- ▶ ухудшение деятельности желудочно-кишечного тракта.

Симптомы:

- ▶ резь в глазах
- ▶ слезотечение
- ▶ сухой кашель
- ▶ боль в груди
- ▶ головная боль
- ▶ повышение температуры
- ▶ отек легких
- ▶ нарушение пищеварения
- ▶ нарушение работы почек
- ▶ сухость во рту
- ▶ изжога
- ▶ диарея
- ▶ тошнота

Хлор в продуктах питания

Скумбрия



170 мг

Анчоусы



165 мг

Зубатка



165 мг

Карась



165 мг

Сазан



165 мг

Мойва



165 мг

Горбуша



165 мг

Камбала



165 мг

Хек



165 мг

Устрица



165 мг

Тунец



160 мг

Яйцо куриное



166 мг

Горох



137 мг

Рис



133 мг

Гречка



94 мг

- ✓ **Ионы хлора жизненно необходимы растениям. Хлор участвует в энергетическом обмене у растений.**



- ✓ **Он необходим для образования кислорода в процессе фотосинтеза изолированными хлоропластами, стимулирует вспомогательные процессы фотосинтеза, прежде всего те из них, которые связаны с аккумулярованием энергии**



ХЛОР

Избыток / Недостаток



1. Ожоги на кончиках и краях листьев бронзового цвета

4. Желтовато-бронзовые листья меньше и медленнее развиваются

2. Молодые листья бледно-зеленые и вянут

5. Молодые листья развиваются с ожогами на кончиках и краях

3. Корни производят толстые кончики и не развиваются

Серьезный недостаток и избыток хлора имеют одинаковые симптомы: бронзовые листья

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.

▶ **Признаки избытка брома:**

- ▶ воспаления и высыпания на коже;
- ▶ сбои в работе пищеварительной системы;
- ▶ общая вялость и подавленность;
- ▶ постоянные бронхиты и риниты, не связанные с простудами и вирусами.

▶ **Признаки нехватки брома:**

- ▶ бессонницей;
- ▶ замедлением роста у детей и подростков;
- ▶ часто из-за нехватки брома повышается риск самопроизвольного прерывания беременности (выкидыш на разных сроках, вплоть до третьего триместра).



ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ БОГАТЫЕ БРОМОМ



Ячневая крупа



Пшеница



Фасоль



Бобы



Миндаль



Арахис



Рыба



Фундук



*Молочные продукты
Сметана*



Макаронные изделия

Биологическая роль

Йод является жизненно-важным элементом. Он поступает в организм с продуктами растительного и животного происхождения и отчасти с водой.

В норме в организме человека содержится 15-25 мг йода, причем половина от этого количества находится в щитовидной железе. Йод накапливается также в слизистой оболочке желудка, слюнных и молочных железах во время лактации.

Йод обладает высокой физиологической активностью и является обязательным структурным компонентом тиреотропного гормона и тиреоидных гормонов щитовидной железы.





Недостаток йода в организме может привести к:



Goiter



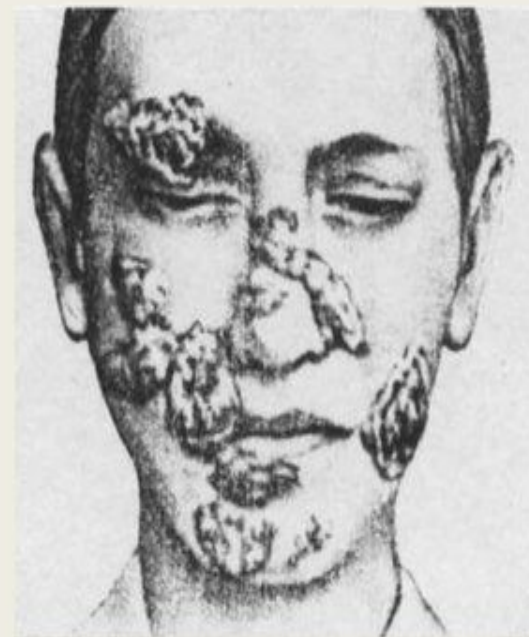
Cretinism



- врожденные уродства плода,
- рождение мертвых детей,
- бесплодие,
- невынашивание беременности,
- отставание детей в росте и развитии,
- умственная отсталость,
- риск развития рака щитовидной железы.

Избыток йода в организме человека

- развитие тиреотоксикоза (увеличение уровня гормонов щитовидной железы)
- снижение массы тела
- диспептические расстройства
- ломкость и выпадение волос
- мышечная слабость, паралич
- снижение прочности скелета, разрушение зубов
- развитие токсикодермии (йододерма)
- формирование диффузного токсического зоба
- тахикардия
- развитие йодизма (асептического воспаления) слизистых оболочек в местах интенсивного выделения йода (дыхательные пути, слюнные железы)



Продукты питания богатые йодом

Указано ориентировочное наличие в 100гр продукта:

Фейхоа



80-350 мкг

Морская капуста



300 мкг

Кальмар



300 мкг

Хек



160 мкг

Минтай



150 мкг

Пикша



150 мкг

Треска



135 мкг

Креветка



88 мкг

Окунь



60 мкг

Мойва



50 мкг

Сом



50 мкг

Тунец



50 мкг

Горбуша



50 мкг

Зубатка



50 мкг

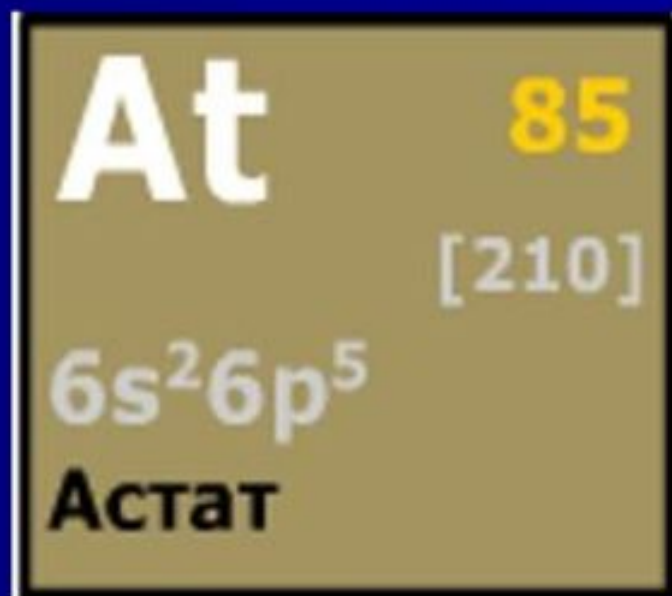
Камбала



50 мкг

Биологическая роль

- При попадании в организм концентрируется в печени. Как и **иод**, астат способен накапливаться в щитовидной железе. α -излучение астата поражает близлежащие ткани, приводит к нарушению их функции и в перспективе — к образованию опухолей. Кроме того, частичное накопление астата наблюдается в молочных железах.



Биологическая роль

- Медь является необходимым элементом для всех высших растений и животных.
- Здоровому взрослому человеку необходимо поступление меди в количестве 0,9 мг в день.

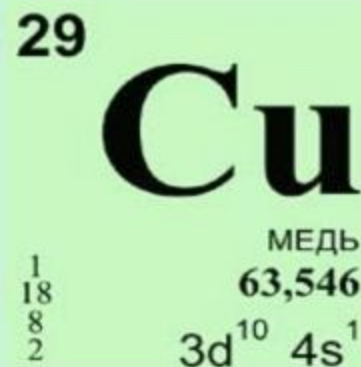


Реакция организма на недостаток

- Недостаток меди приводит к деструкции кровеносных сосудов, заболеванию костной системы, возникновению опухолевых заболеваний. Удаление меди из соединительной ткани вызывает заболевание «красная волчанка».

Реакция организма на избыток меди

- Избыток меди в различных тканях приводит к тяжелым и часто необратимым заболеваниям. Накопление меди в печени и мозге ведет к болезни Вильсона (гепатоцеребральная дистрофия).



Продукты питания богатые медью (Cu)

Печень



Медь: 3000 (мкг) свин.,
3800 (мкг) гов., 390 (мкг)
птицы.

Арахис



Медь: 1144 (мкг)

Фундук



Медь: 1125 (мкг)

Креветка



Медь: 850 (мкг)

Горох



Медь: 750 (мкг)

**Макаронные
изделия**



Медь: 700 (мкг)

Чечевица



Медь: 660 (мкг)

Гречка



Медь: 660 (мкг)

Рис



Медь: 560 (мкг)

Пшеница



Медь: 470 - 530 (мкг)

Грецкий орех



Медь: 527 (мкг)

Фисташки



Медь: 500 (мкг)

Овсянка



Медь: 500 (мкг)

Фасоль



Медь: 480 (мкг)

Осьминог



Медь: 435 (мкг)



МЕДЬ

Избыток / Недостаток

4. Общий рост замедляется

1. Молодые листья и побеги слабеют, искривляются и могут отмирать

2. Кончики и края листьев становятся темно-зелеными, серо-коричневыми и отмирают

5. Хлороз железа между прожилок

6. Растет меньше веток

3. Рост замедляется и урожай снижается

7. Корни начинают гнить или становятся толстыми и медленно растут





Серебро и здоровье человека

Содержание серебра в организме человека составляет ~10–6%. У человека больше всего серебра находится в мозге, в пигментной оболочке глаза (радужке) и гипофизе – главном органе эндокринной системы. Серебро при введении его в организм концентрируется также в очагах воспаления, опухолях, печени, почках, коже.



Синдром «Серебряного человека»



Научное название этого заболевания — аргироз. Симптомы такой редкой патологии возникают из-за переизбытка в организме серебра и проявляются синим цветом кожных покровов. Так, житель Казани, Валерий Вершинин лечил обычный насморк каплями, в состав которых входило серебро. Дерма, волосяные луковицы, потовые железы и капилляры кожи накопили в себе гранулы серебра, в результате чего его кожа стала серебристо-синего цвета, а волосы побелели. Также самые редкие заболевания кожи, связанные с переизбытком в организме серебра, могут проявляться у людей, работающих в сфере добычи или обработки серебра.

Влияние ионов серебра на бактерии.

Бактерия



Ион серебра

1. Дестабилизируют клеточную мембрану
2. Блокируют доступ кислорода
3. Препятствуют питанию бактерий
4. Блокируют деление клеток

Золото

- Золото оказывает бактерицидное воздействие.
- Некоторые соединения золота токсичны, накапливаются в почках, печени, селезенке и гипоталамусе, что может привести к органическим заболеваниям и дерматитам, стоматитам, тромбоцитопении.



Но **золото** содержится лишь в одном продукте – кукурузе, в микропорциях, которых не хватает для восполнения золота в организме.

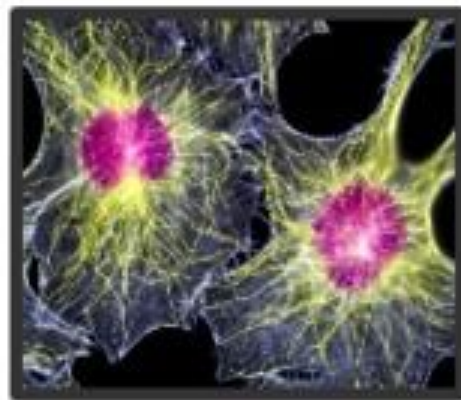


Роль цинка в организме

- ▶ способствует нормальному протеканию процессов развития костной ткани,
- ▶ стимулирует рост и деление клеток,
- ▶ регенерацию тканей,
- ▶ репродуктивную функцию
- ▶ способствует удалению из организма



рост и деление клеток



регенерация тканей

Дефицит цинка и связанные с ним заболевания

Zn

```
graph LR; Zn((Zn)) --> A[Иммунная система (Т-клеточный иммунодефицит)]; Zn --> B[Сердечно-сосудистая система (повышение уровня холестерина)]; Zn --> C[Печень (снижение синтеза белка тестостерона)]; Zn --> D[Гипофиз (нарушение роста, полового созревания у мальчиков, снижение потенции, бесплодие)]; Zn --> E[Кожа (дерматит, экзема, фурункулез, угревая сыпь, плохое заживление ран, трофические язвы)]; Zn --> F[Волосы (выпадение, слабый рост)]; Zn --> G[Слизистые (язвы, эрозии, стоматит, гингивит, хейлит)]; Zn --> H[Центральная нервная система (снижение аппетита, извращение обоняния, вкуса, гиперактивность, снижение памяти, задержка развития у детей)]; Zn --> I[Простата (риск аденомы)]; Zn --> J[Поджелудочная железа (дефицит ферментов, инсулина)]; Zn --> K[Сетчатка (снижение остроты зрения)];
```

Иммунная система
(Т-клеточный иммунодефицит)

Сердечно-сосудистая система
(повышение уровня холестерина)

Печень (снижение синтеза
белка тестостерона)

Гипофиз
(нарушение роста, полового
созревания у мальчиков, снижение потенции,
бесплодие)

Кожа (дерматит, экзема, фурункулез,
угревая сыпь, плохое заживление ран,
трофические язвы)

Волосы
(выпадение, слабый рост)

Слизистые
(язвы, эрозии, стоматит,
гингивит, хейлит)

Центральная нервная система
(снижение аппетита,
извращение обоняния, вкуса,
гиперактивность,
снижение памяти,
задержка развития у детей)

Простата
(риск аденомы)

Поджелудочная железа
(дефицит ферментов, инсулина)

Сетчатка
(снижение остроты зрения)

Избыток цинка

- нарушение всасывания железа и меди, способствуя развитию анемий;
- снижение иммунитета;
- нарушение функции поджелудочной железы, печени;
- поражение кожи, волос, ногтей;
- в токсических дозах вызывает рак;

Продукты, где много цинка Zn

За ДН принято 15 мг

Тыквенные
семечки, 100 г
10 мг

66%
ДН



Говядина, 100 г
3,5-8 мг

до 53%
ДН



Баранина, 100 г
2-6 мг

до 40%
ДН



DietDo.ru

Семечки
подсолнечника,
100 г
5,3 мг

35%
ДН



Орехи кешью,
100 г
4 мг

26%
ДН



Говяжья печень,
100 г
4 мг

26%
ДН



Миндаль, грецкие
орехи, 100 г
3 мг

20%
ДН



Курица, 100 г
1,7-3 мг

до 20%
ДН



Нут, 100 г
2,5 мг

17%
ДН



Грибы, 100 г
2 мг

13%
ДН



Кефир или
йогурт, 200 мл
1,5 мг

10%
ДН



Какао порошок,
1 чайная ложка
0,4 мг

2,6%
ДН



Содержание цинка в растительном организме составляет в среднем 0,003% (по массе). Он активизирует 30 ферментных систем в клетке.

В растениях, наряду с участием в дыхании, белковом и нуклеиновым обменах, цинк регулирует рост, влияет на образование аминокислоты триптана, повышает содержание гибберллинов. Цинк необходим для развития яйцеклетки и зародыша. Он повышает засухо-, жаро- и холодостойкость растений.

Недостаток цинка ведёт к нарушению деления клеток, на растениях образуются узкие, закрученные в спираль листья. Ткань между жилками обесцвечивается.

Избыток цинка для растений вреден, т.к может вызвать деформацию органов, хлороз листьев

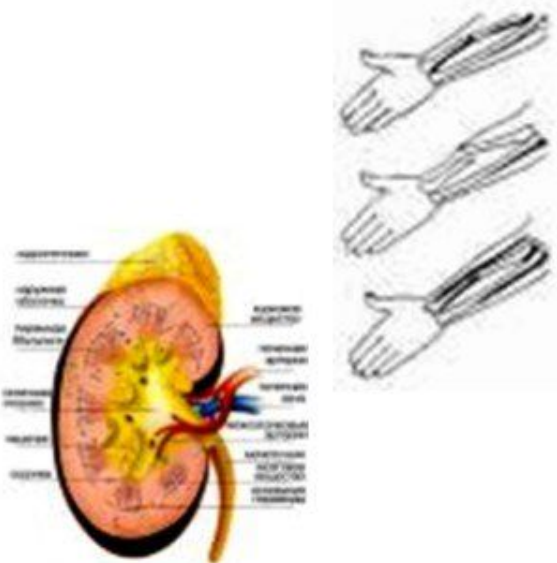


Положительное влияние Cd

Кадмий – это тяжелый металл, который получают при выплавке других металлов, таких как медь, цинк или свинец.

- влияет на углеводный обмен
- активирует ряд ферментов
- играет роль в синтезе в печени гиппуровой кислоты
- принимает участие в обмене в организме цинка, меди, железа и кальция
- входит в состав металлотионеина (это белок, который связывает и выводит из организма тяжелые металлы)

Биологическая роль металлов и их токсическое действие

Металл	Биологическая роль	Токсическое действие избытка металла
КАДМИЙ Cd		Биологический конкурент цинка, снижает активность пищеварительных ферментов, нарушает функцию поджелудочной железы, углеводный обмен, поражает почки и тормозит рост костей; увеличивает опасность переломов костей

Кадмий - влияет на углеводный обмен, активизирует ряд ферментов. Токсичен.

При недостатке:
замедление роста.

При избытке:
анемия, повышение артериального давления, нарушение работы почек, легких, непроизвольные переломы костей.

Ртуть - физиологическая роль не ясна. Токсична.

Проявления дефицита не зафиксированы.

При избытке:

Нарушения нервной системы, психики, дерматозы, ртутный стоматит и гингивит, некроз стенки толстой кишки, тремор конечностей и век, изменение состава крови.

Мало ртути



Среднее содержание ртути



Много ртути



Очень много ртути



Биологическая роль

- ▣ Учёные говорят, что биологическая роль титана не выяснена, но он участвует в процессе образования эритроцитов в костном мозге, в синтезе гемоглобина и в процессе формирования иммунитета.

Биологическое значение

Функции марганца в организме человека:

- ▶ Принимает участие в продуцировании и обмене нейромедиаторов в ЦНС, способствует ее формированию;
- ▶ Усиливает действие инсулин;
- ▶ борется со свободными радикалами, поддерживает устойчивость структуры клеточных мембран;
- ▶ способствует нормальному функционированию мышечной ткани;
- ▶ принимает участие в синтезе гормона щитовидной железы - тироксина;
- ▶ обеспечивает формирование нормальной структуры костей, развитие соединительной ткани, хрящей;

Дефицит марганца

- Рассеянный склероз
- Сахарный диабет
- Ревматические заболевания
- Аллергия

Избыток марганца

- Острые гепатиты
- Беременность
- Ревматоидный артрит
- Инфаркт миокарда

Продукты питания богатые марганцем (Mn)

Указано ориентировочное наличие в 100гр продукта:

Фундук



4.2 мг

Фисташки



3.8 мг

Арахис



1.93 мг

Миндаль



1.92 мг

Грецкий орех



1.9 мг

Шпинат



0.9 мг

Чеснок



0.81 мг

Подберезовик



0.74 мг

Свекла



0.66 мг

Макаронные изделия



0.58 мг

Лисички



0.41 мг

Печень



свинина 0,27 мг, говядина 0,36 мг, птица 0,35 мг

Салат



0.3 мг

Белый гриб (боровик)



0.23 мг

Абрикос



0.22 мг

Микроэлементы

Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+}

Марганец

0.001%

Недостаток.

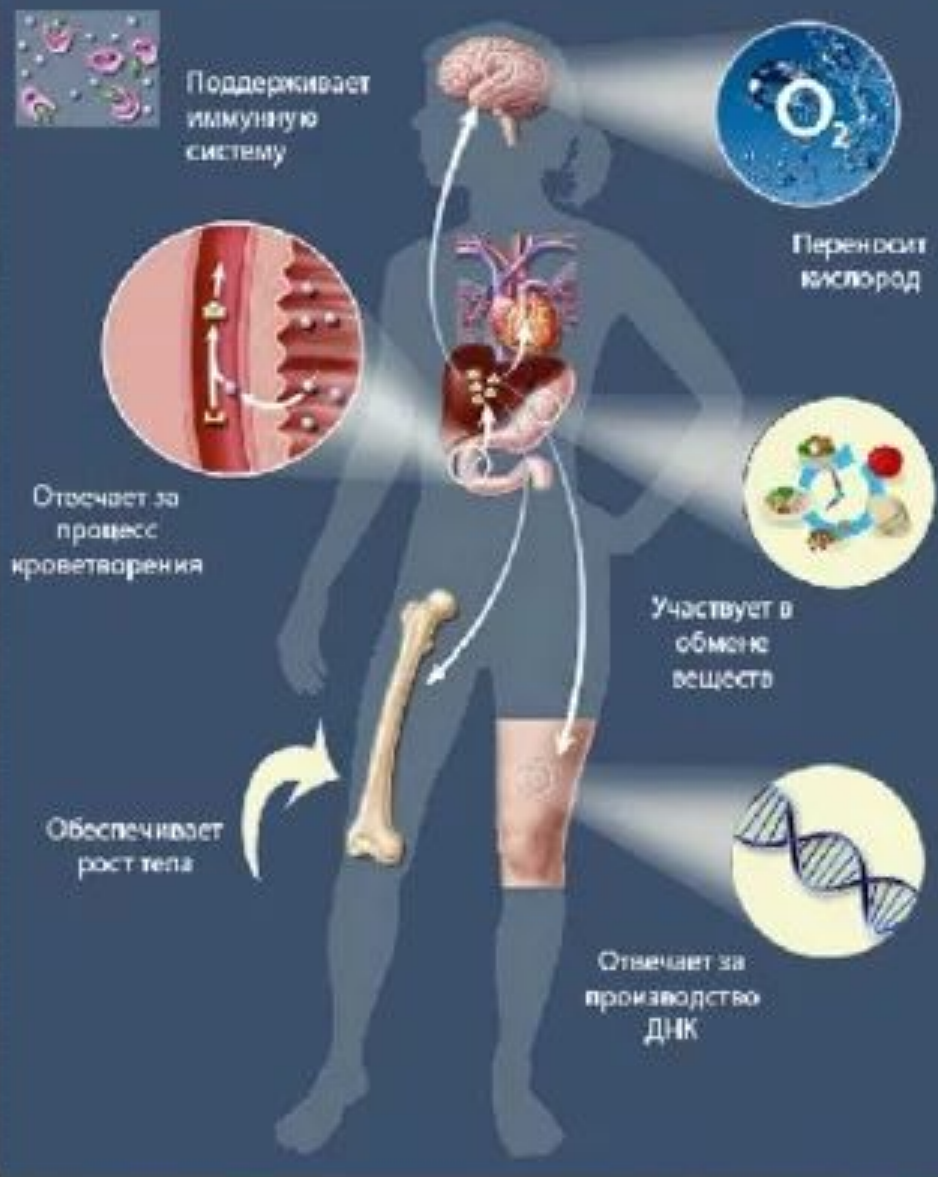
- регулирует состояние железа: при недостатке Mg железо переходит в закисную форму, активную, но токсичную для растения, при избытке – в неактивную окисную. В тканях динамическое равновесие: железо-марганец.
- При недостатке хлорофилл быстро разрушается, на листьях бледно-желтые полосы.
- У злаков листья сворачиваются, замедление роста и ослабление дыхания.
- Недостаток – сухая пятнистость листьев на болотистых почвах. Страдают цитрусовые.



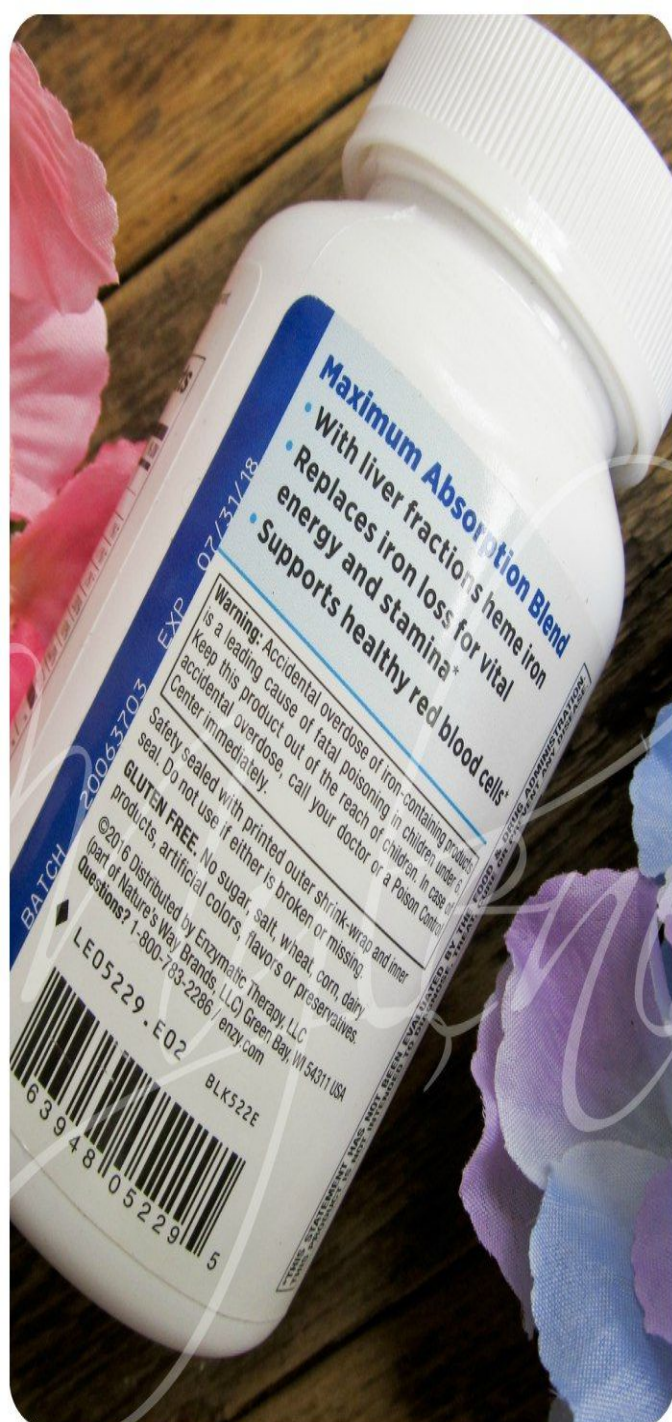
Точечный хлороз листьев вишни — признак недостатка марганца.

Биологическая роль железа

Роль железа в организме:



- Железо входит в состав гемоглобина, миоглобина, различных ферментов и других сложных железо-белковых комплексов, которые находятся в печени и селезенке.
- В теле взрослого человека содержится примерно 4-6 г железа, из них 65 % в крови.
- Ежедневно с пищей должно поступать 5-15 мг железа.

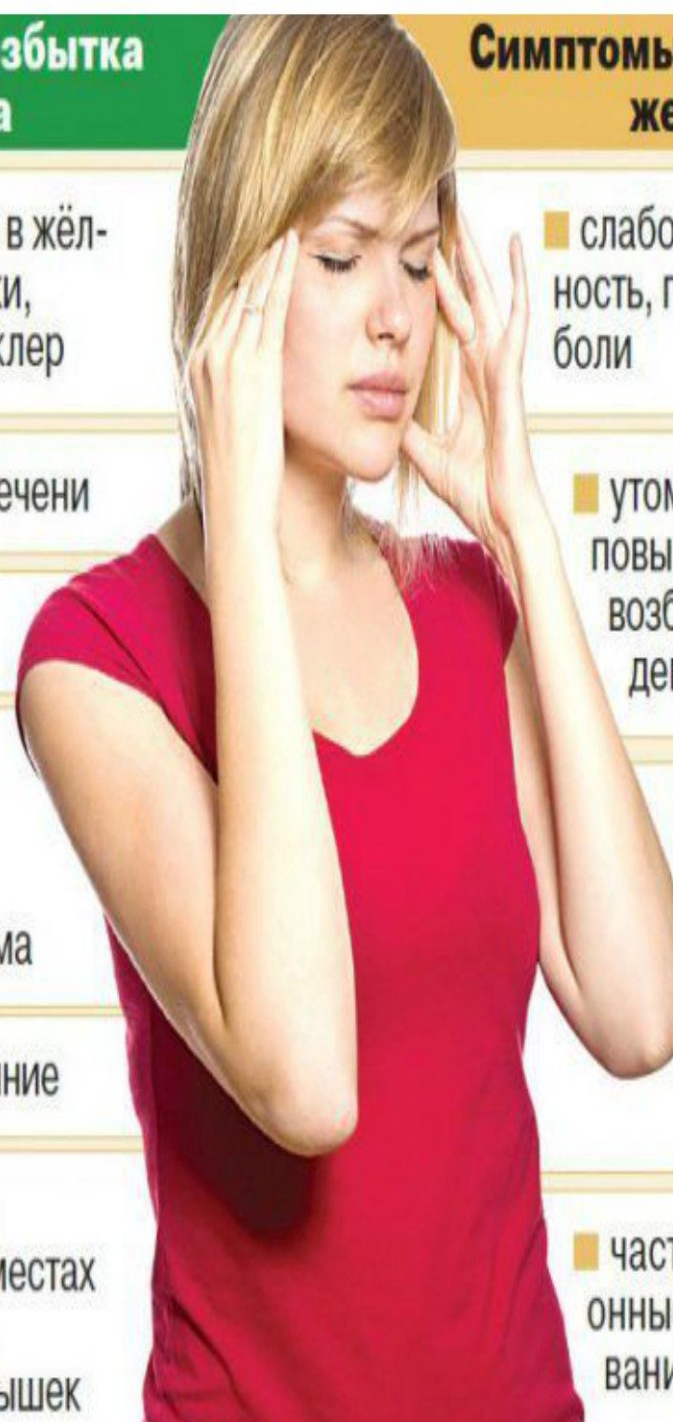


Симптомы избытка железа

- окрашивание в жёлтый оттенок кожи, языка, нёба и склер
- увеличение печени
- зуд
- худоба, бледность, нарушения сердечного ритма
- слабое состояние
- пигментация на ладонях и в местах старых рубцов, в области подмышек

Симптомы недостатка железа

- слабость, бледность, головные боли
- утомляемость, повышенная возбудимость, депрессия
- учащённое сердцебиение, боли в области сердца
- частые инфекционные заболевания



Продукты питания богатые железом (Fe)

Указано примерное содержание в 100 гр продукта:

Тимьян



123,4 мг

Чабрец



120,8 мг

Мята



85,9 мг

Петрушка



48,8 мг

Горох



8 мг

Фундук



35,9 мг

Печень



утиная 30,1 мг

Перец



20,5 мг

Легкие



свинина 16,8 мг

Какао



13,6 мг

Арахис



4,8 мг

Кешью



4,0 мг

Кукуруза



3,5 мг

Шпинат



13,3 мг

Чечевица



11,4 мг

Шоколад



черный 10,9 мг

Фасоль



7,4 мг

Овсянка



7,2 мг

Свинина



7,2 мг

Курица



4,9 мг

ДЕФИЦИТ

ХЛОРОЗ АТАКУЕТ МЕСТА
ОТВЕТВЛЕНИЯ ЛИСТЬЕВ
ОТ ПОБЕГОВ

ЛИСТОВЫЕ ПЛАСТИНЫ БЕЛЕЮТ,
А ПРОЖИЛКИ СТАНОВЯТСЯ
ТЕМНО-ЗЕЛЕНЫМИ

НА ЧЕРЕШКАХ НАБЛЮДАЮТСЯ
МЕРТВЫЕ ЗОНЫ



ИЗБЫТОК

ЛИСТЬЯ ПРИОБРЕТАЮТ
БРОНЗОВЫЙ ОТТЕНОК

ФОСФОР ПЕРЕСТАЕТ
УСВАИВАТЬСЯ, ПРИЗНАКИ
НАЧИНАЮТ ПРОЯВЛЯТЬСЯ
НА НИЖНИХ ЛИСТЬЯХ

Биологическая роль



Кобальт, один из микроэлементов, жизненно важных организму. Он входит в состав витамина В₁₂ (кобаламин). Кобальт задействован при кроветворении, функциях нервной системы и печени, ферментативных реакциях. Потребность человека в кобальте 0,007-0,015 мг, ежедневно. В теле человека содержится 0,2 мг кобальта на каждый килограмм массы человека.



Недостаток кобальта и его проявления

Причины:

1. Недостаток поступления с пищей
2. Нарушение регуляции обмена
3. Атрофия СО ЖКТ
4. ↓ кислотность желудочного сока
5. ↓ функции ЩЕЖ
6. *Diphyllobothrium latum*
7. Повышение физических нагрузок

Проявления:

- Потеря аппетита → снижение массы тела – ранний признак
- Анемия - мегалобластическая
- Ускоренное развитие атеросклероза (из-за нарушения метаболизма гомоцистеина и MET)
- Вегетососудистые нарушения, аритмии



Избыток кобальта и его проявления

Причины:

1. В связи с профессией – у работников металлургической промышленности
2. Избыточный прием витамина В₁₂

Наиболее токсичны р-римые соли кобальта и металлический кобальт!

Проявления:

- Пыль, с которой поступает кобальт, вызывает отек легких, легочное кровотечение, «кобальтовую пневмонию»
- «Кобальтовая кардиомиопатия»
- Эритроцитоз
- Контактный дерматит
- Гиперплазия ЩВЖ
- Повышение АД и общего ХС крови

Продукты питания богатые кобальтом (Co)

Указано ориентировочное наличие в 100гр продукта:

Кальмар



95 мкг

Тунец



40 мкг

Треска



30 мкг

Сардина



30 мкг

Морской окунь



30 мкг

Салака



25 мкг

Манка



25 мкг

Хек



25 мкг

Судак



20 мкг

Щука



20 мкг

Камбала



20 мкг

Горбуша



20 мкг

Скумбрия



20 мкг

Сом



20 мкг

Зубатка



20 мкг

В растениях микроэлемент кобальт влияет на накопление азотистых веществ и углеводов, усиливает интенсивность дыхания и фотосинтеза, способствуя образованию хлорофилла и уменьшая его распад в темное время суток. Кобальт также повышает общее содержание воды в растениях, особенно – в засуху, и является абсолютно необходимым для размножения клубеньковых бактерий и фиксации ими азота. В растениях этот элемент встречается в ионной форме и в составе витамина В₁₂ (около 4,5%). Растения, как и животные, сами не синтезируют витамин В₁₂. Он вырабатывается бактериями клубеньков бобовых растений и участвует в синтезе метионина.



Никель

Содержание в организме

- Содержание в организме человека 5-10 мг
- Суточная потребность взрослого человека: 0,63 мг
- Концентрируется в органах и тканях, богатых митохондриями: в печени, надпочечниках, поджелудочной, щитовидной железах

Избыток и дефицит никеля в организме

Дефицит никеля:

В медицинской литературе описания дефицита никеля для человека отсутствуют (хотя теоретически возможны).

Избыток никеля:

- повышенная возбудимость нервной системы
- рак легких (при вдыхании)
- отек легких и мозга
- различные аллергические реакции
- тахикардия

ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ БОГАТЫЕ НИКЕЛЕМ

Указано ориентировочное наличие в 100 г продукта:



Виноград 16 мкг



Груша 17 мкг



Яблоко 17 мкг



Абрикос 30 мкг



Кукуруза 83.8 мкг



Чечевица 161 мкг



Пшеница 21-43 мкг



Овсянка 50 мкг



Фисташки 40 мкг



**Печень 63 мкг
(говяжья)**



**Капуста белокачанная
15 мкг**



Горох 247 мкг



Фасоль 173 мкг



**Ячневая крупа
23.1 мкг**



Рис 51.6 мкг

Токсическое действие никеля на растения

Взаимодействие никеля с другими микроэлементами, в частности с железом, повидимому, является общим механизмом, определяющим его токсичность для растений.

Типичные симптомы повреждающего токсического действия никеля: хлороз, появление желтого окрашивания с последующим некрозом, остановка роста корней и появления молодых побегов или ростков, деформация частей растения, необычная пятнистость, в некоторых случаях -- гибель всего растения.

При избытке никеля резко снижается абсорбция питательных веществ, тормозится рост растений и нарушается метаболизм. Повышенные концентрации этого элемента в растительных тканях подавляют процессы фотосинтеза и транспирации.

Фитотоксичные концентрации никеля для различных видов и сортов растений изменяются в широких пределах. Для разных растений приводятся уровни содержания от 40 до 246 мг/кг сухой массы. Некоторые виды растений отличаются высокой толерантностью к воздействию никеля и способностью аккумулировать его в больших количествах (главным образом из семейств Boraginaceae, Cruciferae, Myrtaceae, Leguminosae и Caryophyllaceae).