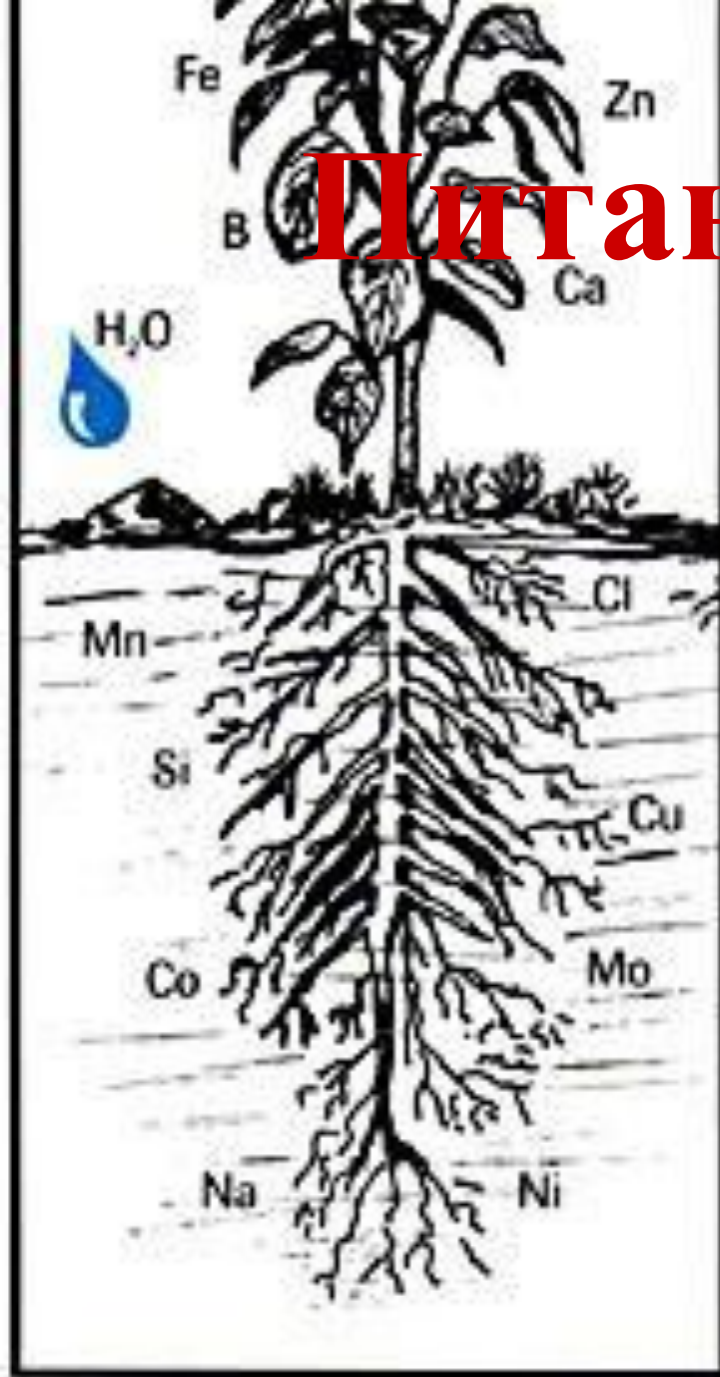


Питание растений

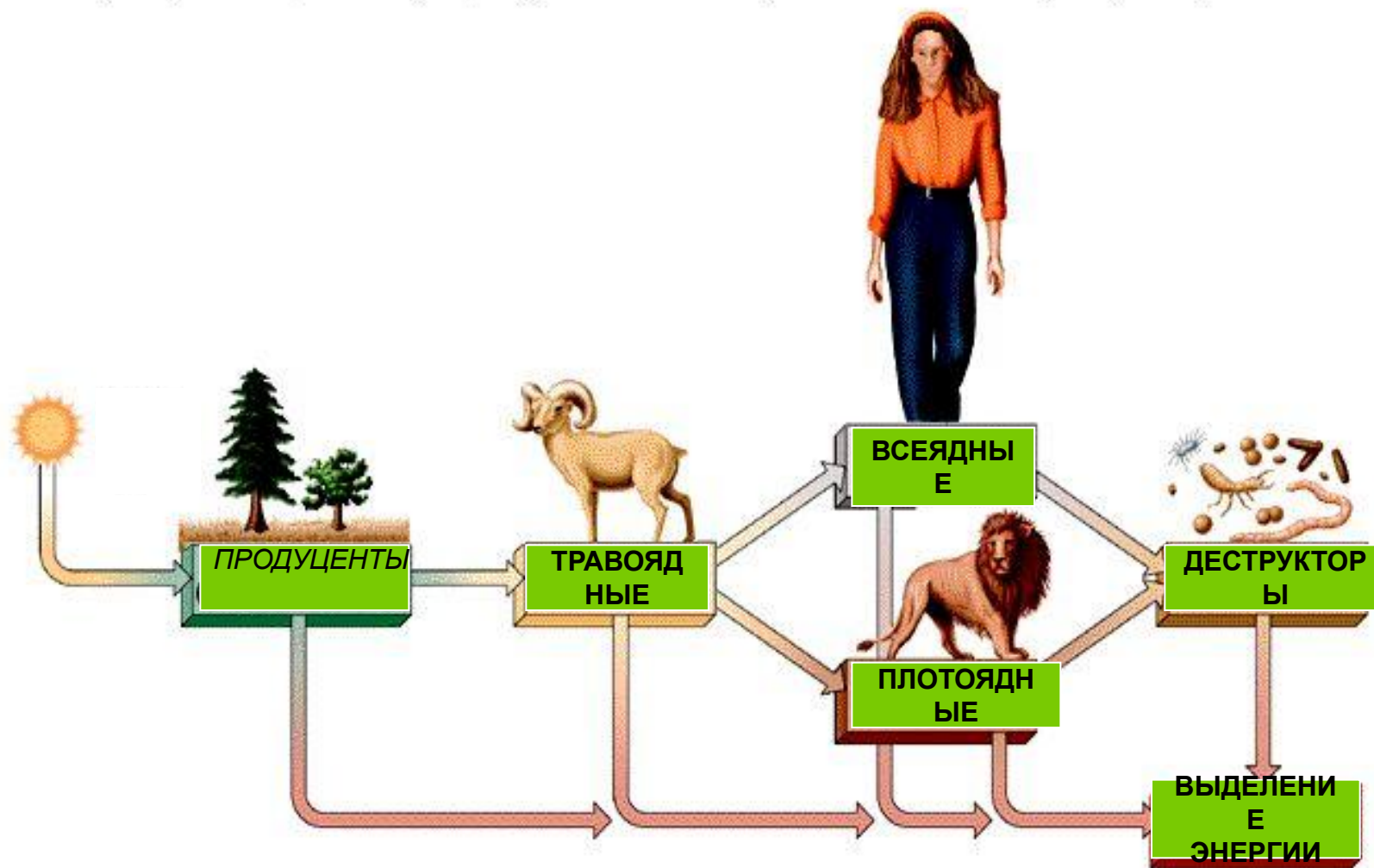


ТИПЫ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

- Питание растений – один из важнейших факторов их жизни. В процессе питания происходит обмен веществ между растениями и окружающей средой.
- Неорганические вещества почвы, атмосферы и воды поступают в растение, где используются в синтезе сложных органических соединений, а ряд веществ выводится из растительного организма в окружающую среду.

- Вся жизнь на Земле обусловлена созидательной работой высших и низших растений.
- Зеленые растения земного шара ежегодно образуют в пересчете на глюкозу до 400 млрд т свежих органических веществ, в том числе 115 млрд т на суше. При этом связывается до 170 млрд т CO_2 и разлагается при фотолизе в растениях 130 млрд т воды с выделением 115 млрд т свободного кислорода.
- Для синтеза органических веществ на земле растения используют до 2 млрд т азота и 6 млрд т зольных элементов.





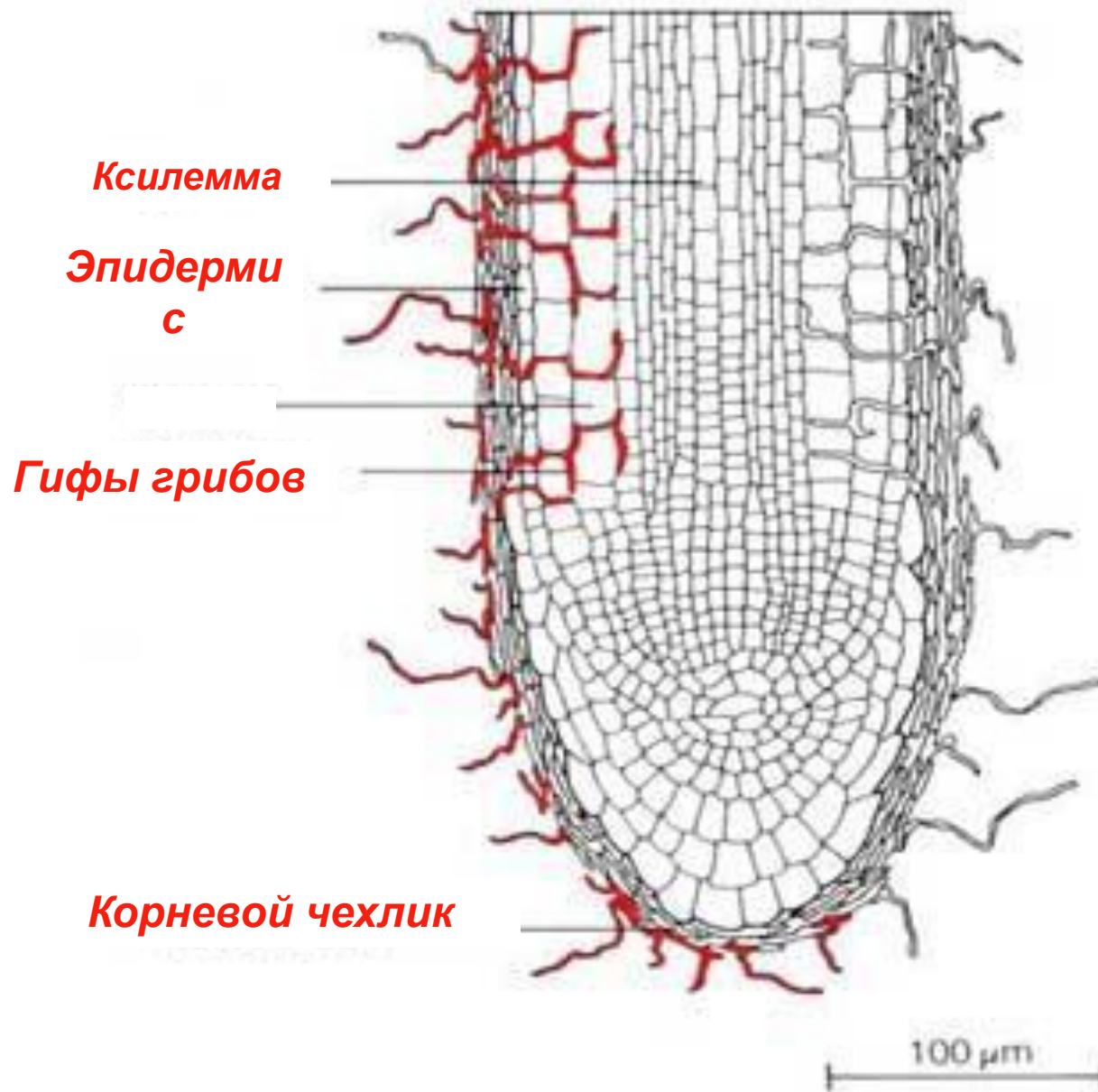
ТИПЫ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

- Существует **автотрофный** и **симбиотрофный** (микотрофный и бактериотрофный) типы питания растений.
- У большинства растений преобладает **автотрофный** тип питания (греч. «троф» – «пища»), т.е. самостоятельное обеспечение азотом и неорганическими элементами почвы и углекислым газом, из которых синтезируются органические вещества самого растения. Кроме зеленых фотосинтезирующих растений к автотрофным организмам относятся некоторые бактерии, осуществляющие углеродное питание путем фотосинтеза или хемосинтеза.

- Симбиотрофное питание предполагает участие в минеральном питании растений бактерий (*бактериотрофное* питание) или грибов (*микотрофное* питание).
- При симбиотрофном типе питания наблюдается взаимное использование продуктов обмена веществ для питания. Границы симбиоза не всегда определены, поэтому часто трудно определить пользу, приносимую одним организмом другому.

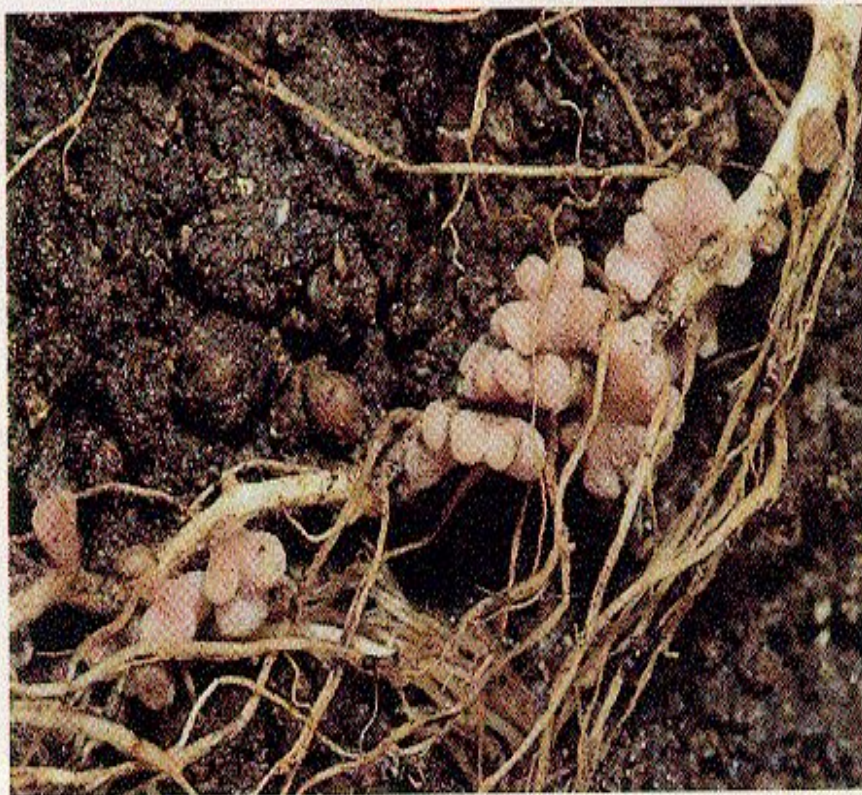
- При симбиозе высшего растения с грибами микориза гриба обеспечивает высшее растение водой и растворенными в ней минеральными солями и другими веществами, грибы же используют углеводы и ряд органических соединений, синтезируемых высшим растением. Биологическое значение микоризы заключается также и в увеличении поглощающей поверхности корней высшего растения за счет развития мицелия гриба. В последние годы открыты микоризные грибы, улучшающие питание высших растений фосфором, особенно на почвах с низким содержанием доступных форм этого элемента.

КОРЕНЬ ИНФЕЦИРОВАННЫЙ МИКОРИЗНЫМ ГРИБОМ



- Наиболее наглядным примером *бактериотрофного* типа питания растений является симбиоз клубеньковых бактерий с бобовыми растениями. При создании условий, обеспечивающих эффективный симбиоз, величина биологической фиксации азота достигает несколько сотен килограммов на 1 га в год.
- Ежегодно в почву в результате симбиотической фиксации поступает до $40 \cdot 10^6$ т азота.

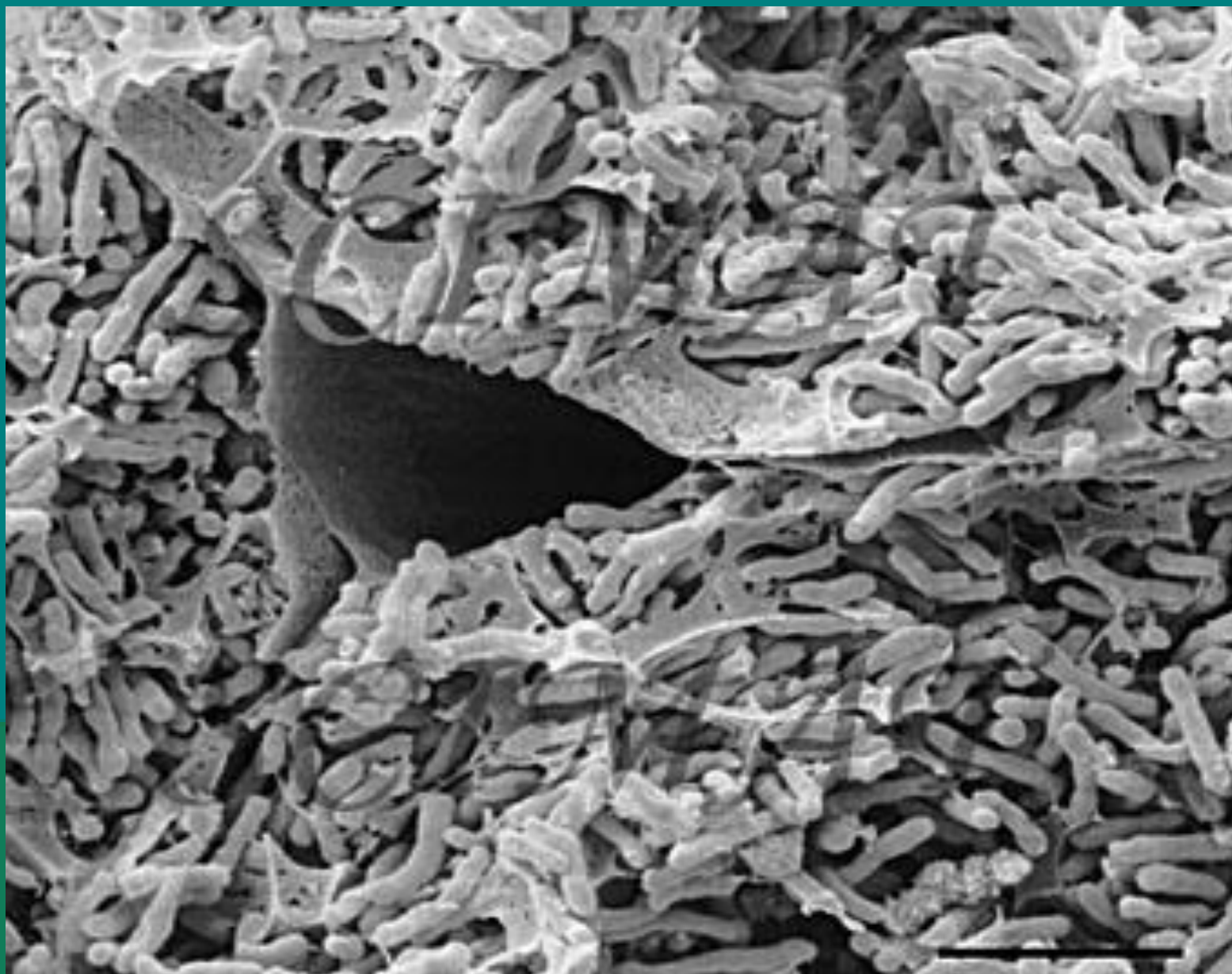
Клубеньки на корнях бобовых культур



Корни растений гороха



Корни сои



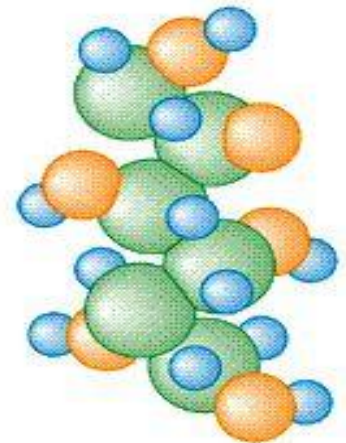
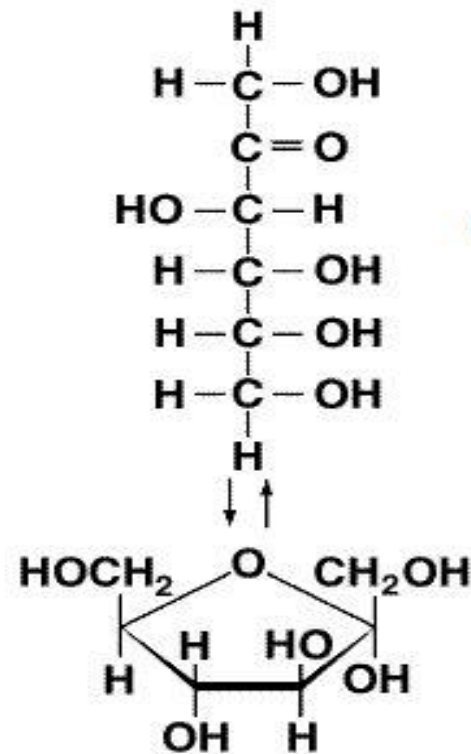
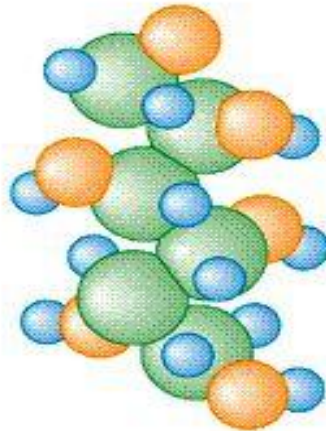
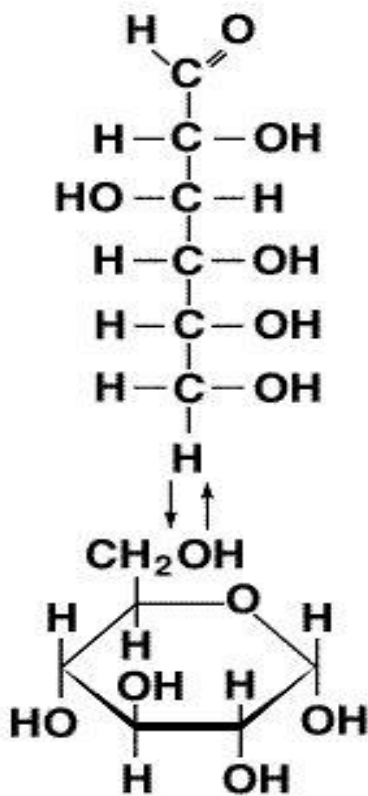
Клубеньковые бактерии

Фотосинтез

- Через листья осуществляется углеродное питание растений (фотосинтез), т.е. происходит ассимиляция зелеными листьями углекислого газа из атмосферы с помощью солнечной энергии. Поэтому фотосинтез называют еще воздушным питанием растений.

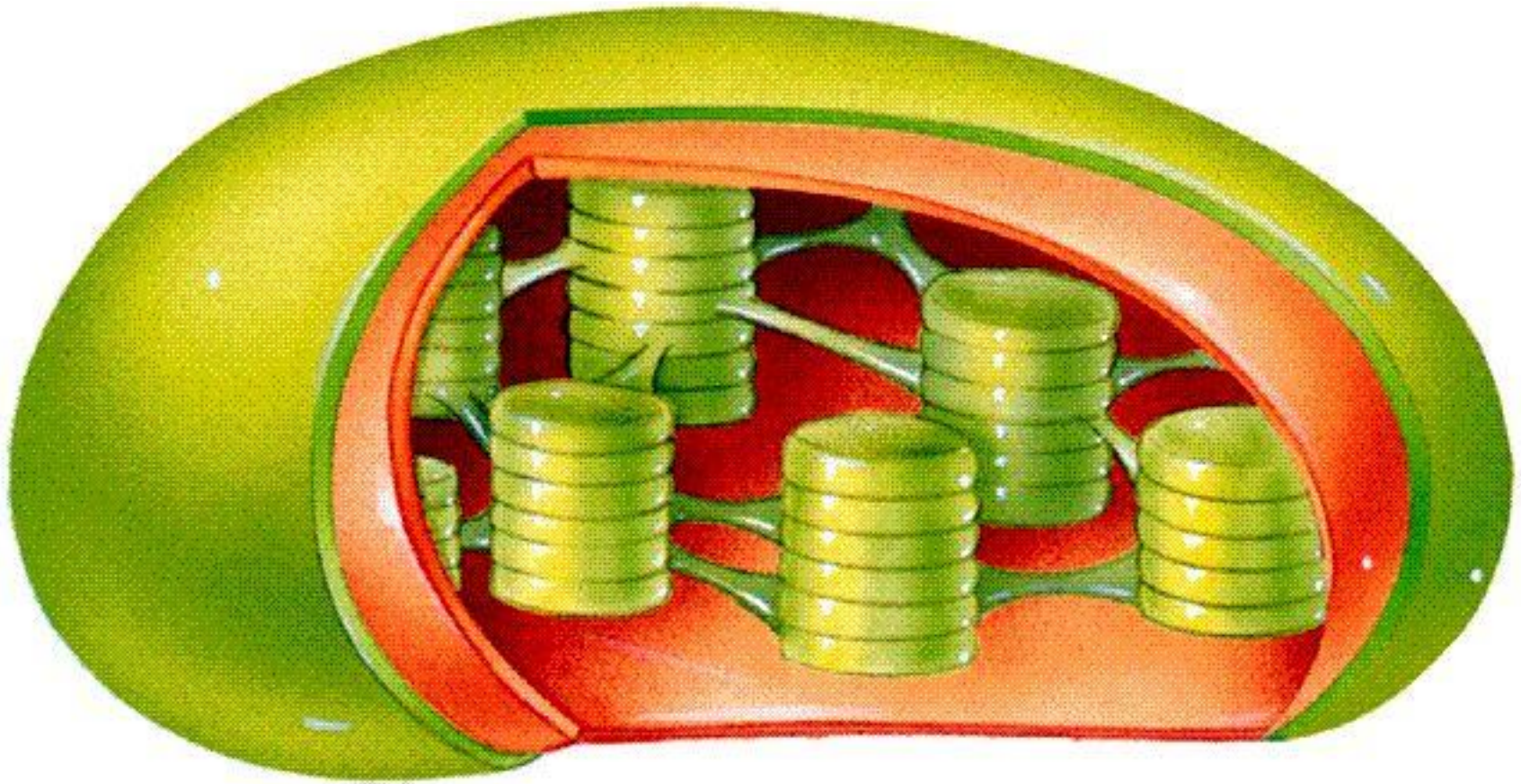


Молекулы глюкозы и фруктозы



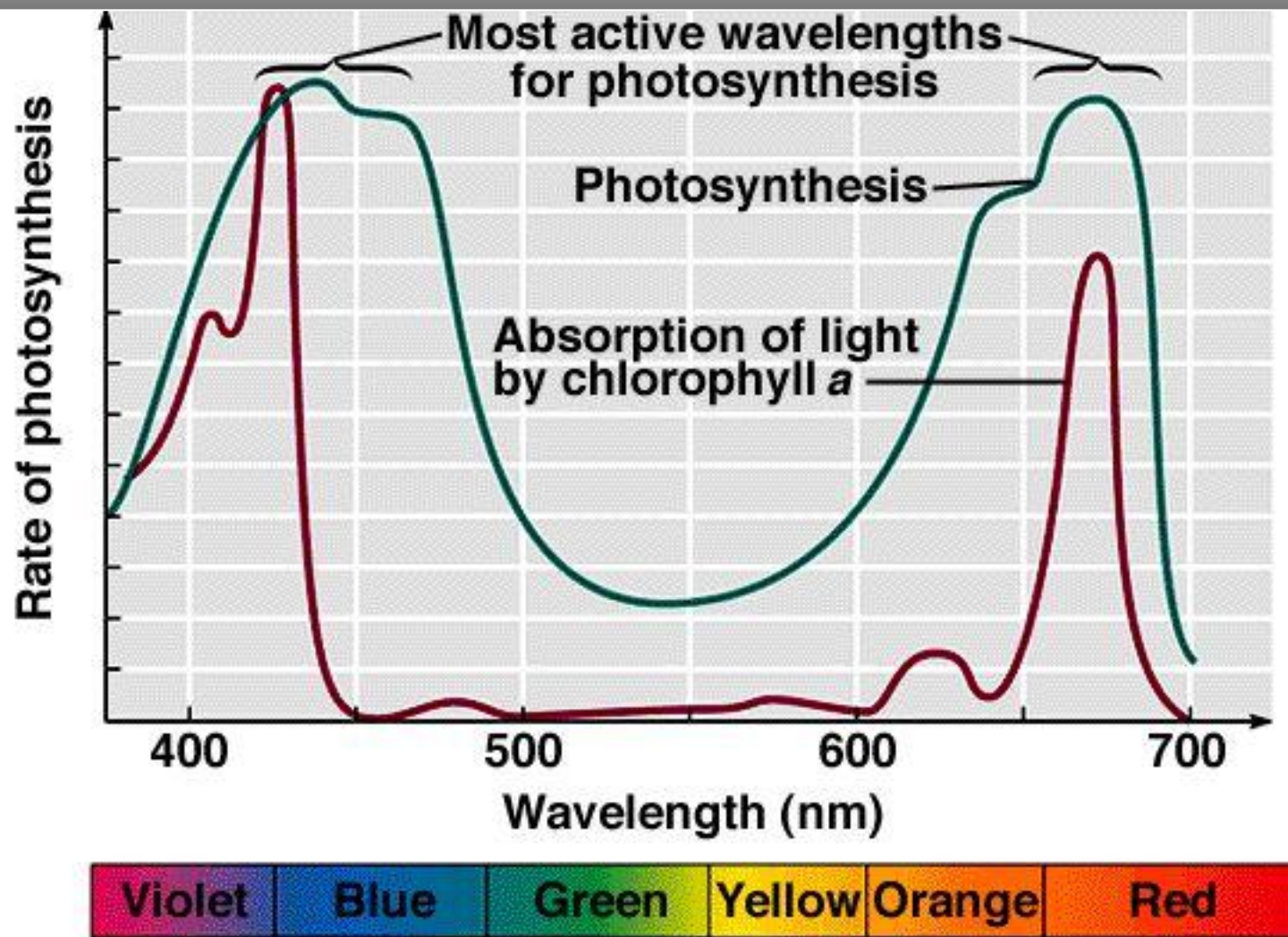
- Солнечная энергия, поглощаемая в процессе фотосинтеза, расходуется на разложение воды на кислород и водород. Освободившийся кислород частично используется на дыхание растений, а большая часть его выделяется в атмосферу. Что касается водорода, то он дает, по-видимому, начало еще не изученным веществам, которые активно присоединяют углекислый газ без предварительного разложения его на углерод и кислород.
- Образовавшиеся в процессе фотосинтеза простые сахара представляют исходный материал для синтеза сложных углеводов: сахарозы $C_{12}H_{22}O_{11}$, крахмала $(C_6H_{10}O_5)_n$, клетчатки $(C_6H_{10}O_5)_n$, а также белков, жиров, органических кислот и др. Прямыми продуктами фотосинтеза могут быть не только углеводы, но и некоторые органические вещества, в частности белки. Образование углеводов и белков происходит в хлоропластах.

Модель хлоропласта



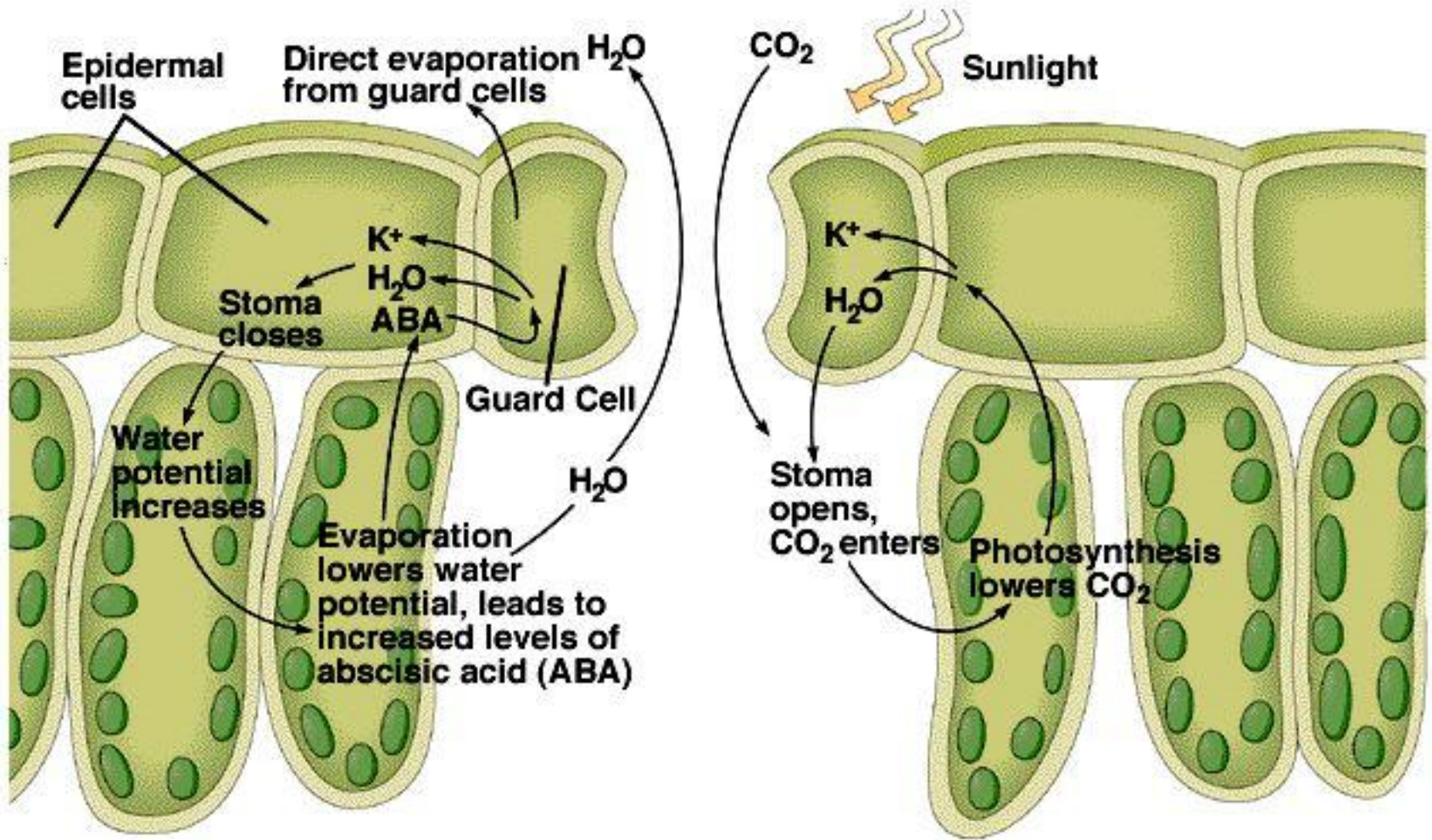
- Направленность действия фотосинтетического аппарата зависит от видовых особенностей растения, возраста листьев и всего растения, интенсивности и качества света (**красный свет – углеводы**, **синий – белки**), уровня азотного питания и др.
- Существуют два пути синтеза белка: не зависящий от света (связано со сложными процессами вторичного превращения углеводов) и фотосинтетический (протекает только на свету в хлоропластах и не связан с превращением углеводов).

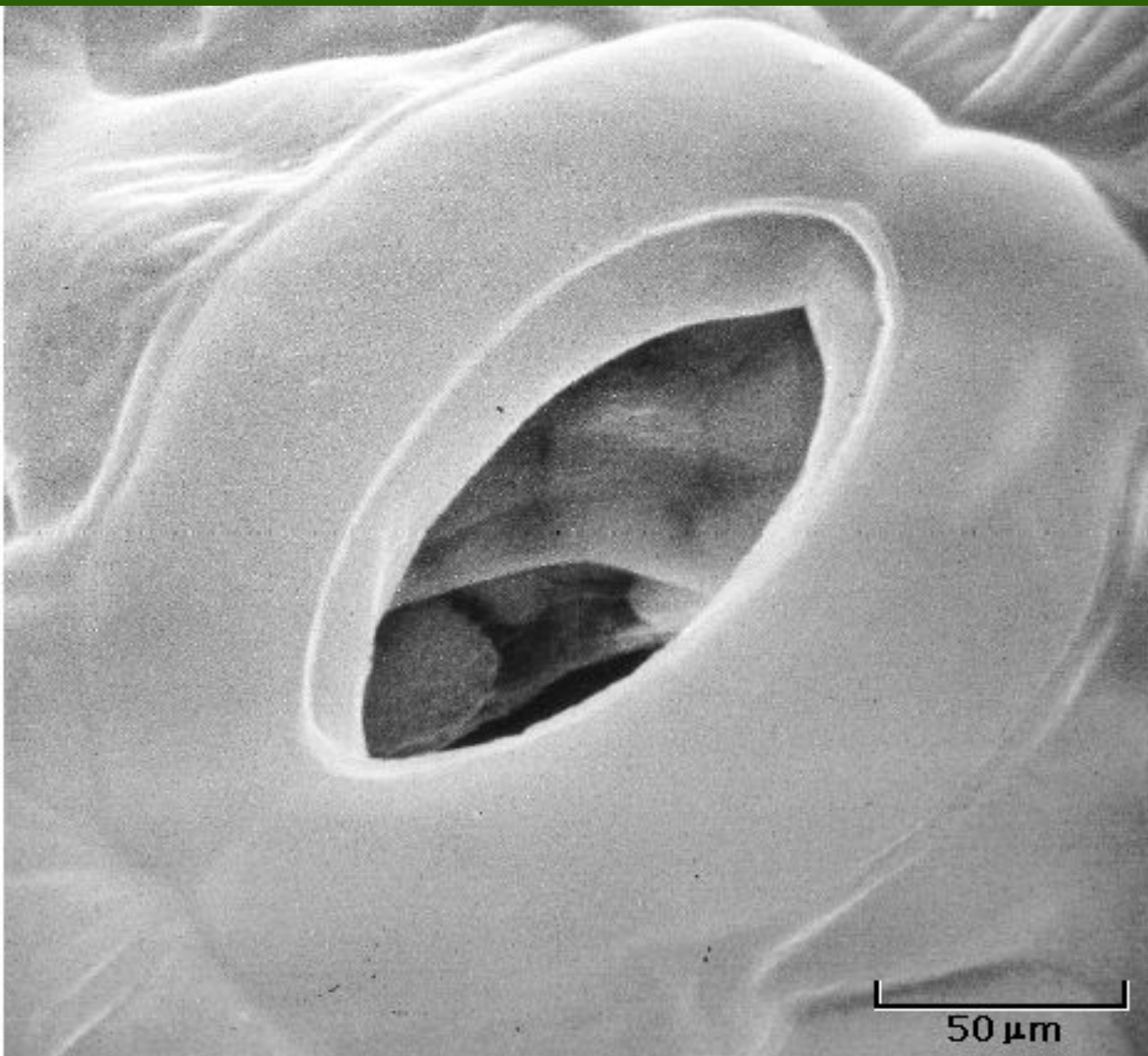
Поглощение света хлорофиллом а



- Образование органических веществ в процессе фотосинтеза происходит с поглощением большого количества солнечной энергии.
- Однако лишь небольшая ее часть (2–4%), попадающая на поверхность вегетирующих растений, используется ими на синтез органических веществ. Остальная часть солнечной энергии используется на транспирацию, а также, отражаясь, бесследно теряется в атмосфере. За период вегетации растение испаряет воды в 300–500 раз больше, чем вес его сухого урожая.
- Растение испаряет воду для охлаждения. Процесс испарения связан с большой затратой тепла. На испарение листьями расходуется не менее 25, а в южных районах до 70–95% энергии солнечных лучей, попадающих на растение. Это приблизительно в 10–45 раз больше, чем запасается в урожае растений.

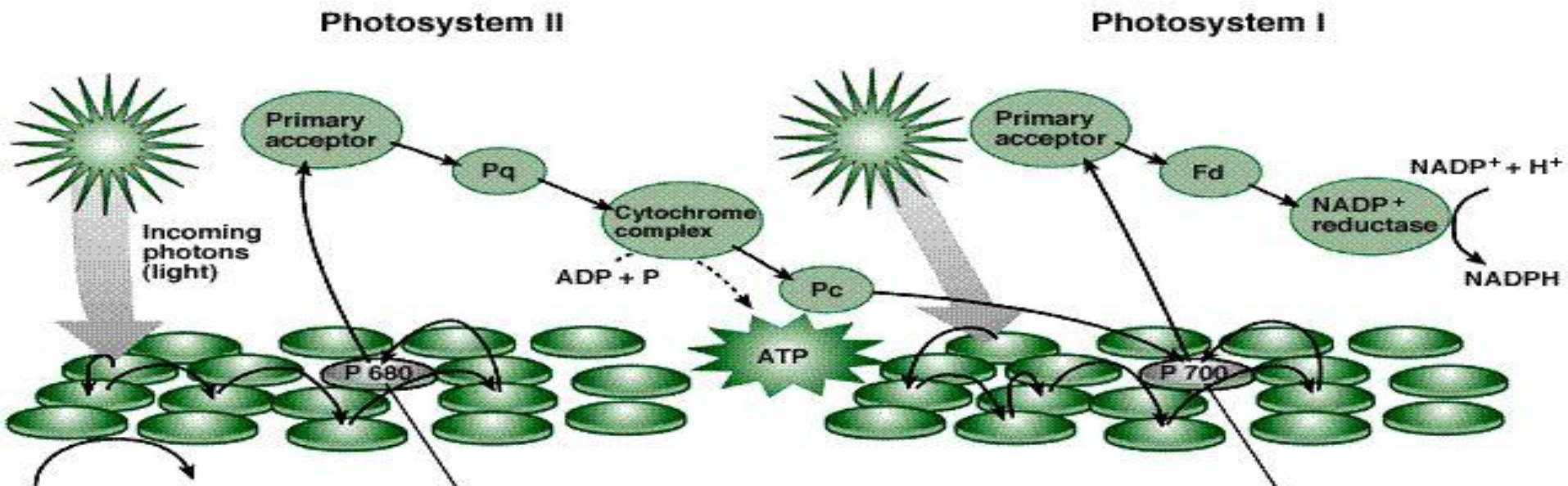
ТРАНСПИРАЦИЯ И ФОТОСИНТЕЗ





Устѣице

Образование АТФ при фотофосфорелировании



- Макроэргические фосфатные связи и макроэргические соединения можно разделить на две основные группы:
 - 1) глицерофосфат, 3-фосfogлицериновая кислота, глюкозо-6-фосфат, фруктозо-6-фосфат и некоторые другие соединения (у соединений этой группы величина свободной энергии гидролиза фосфатной связи колеблется от 0,8 до 3,0 ккал на 1 М);
 - 2) аденозинтрифосфорная кислота (АТФ), аденозиндифосфорная кислота (АДФ), 1,3-дифосfogлицериновая кислота, фосфоэнолпиро-виноградная кислота и некоторые другие вещества (у соединений этой группы величина свободной энергии гидролиза фосфатной связи колеблется в пределах от 6 до 16 ккал на 1 М).

- Растение может усваивать через лист:
- Селен в форме SeO_3
- Азот мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- Микроэлементы
- Тяжелые металлы
- Галогены
- Органические соединения

Корневая система растений

- При прорастании зерновки трогается в рост главный зародышевый корень, затем появляются несколько новых зародышевых корешков. После начала кущения от стебля у основания листьев образуются узловые, или, как их еще называют, придаточные, корни, которые формируют вторичную корневую систему, выполняющую ту же функцию, что и зародышевые корни. Каждый корень имеет три основные зоны:
 - 1) зону роста и растяжения длиной 1,5 мм – именно за счет деления клеток этой верхушечной меристемы происходит рост корня;
 - 2) зону корневых волосков, или всасывания, характеризующуюся наличием особых выростов – корневых волосков длиной до 1 мм, а длина самой этой зоны 1–2 см;
 - 3) зону боковых корней.
- В полевых условиях выращивания основное значение в питании растений принадлежит зоне корневых волосков, так называемой поглощающей зоне.

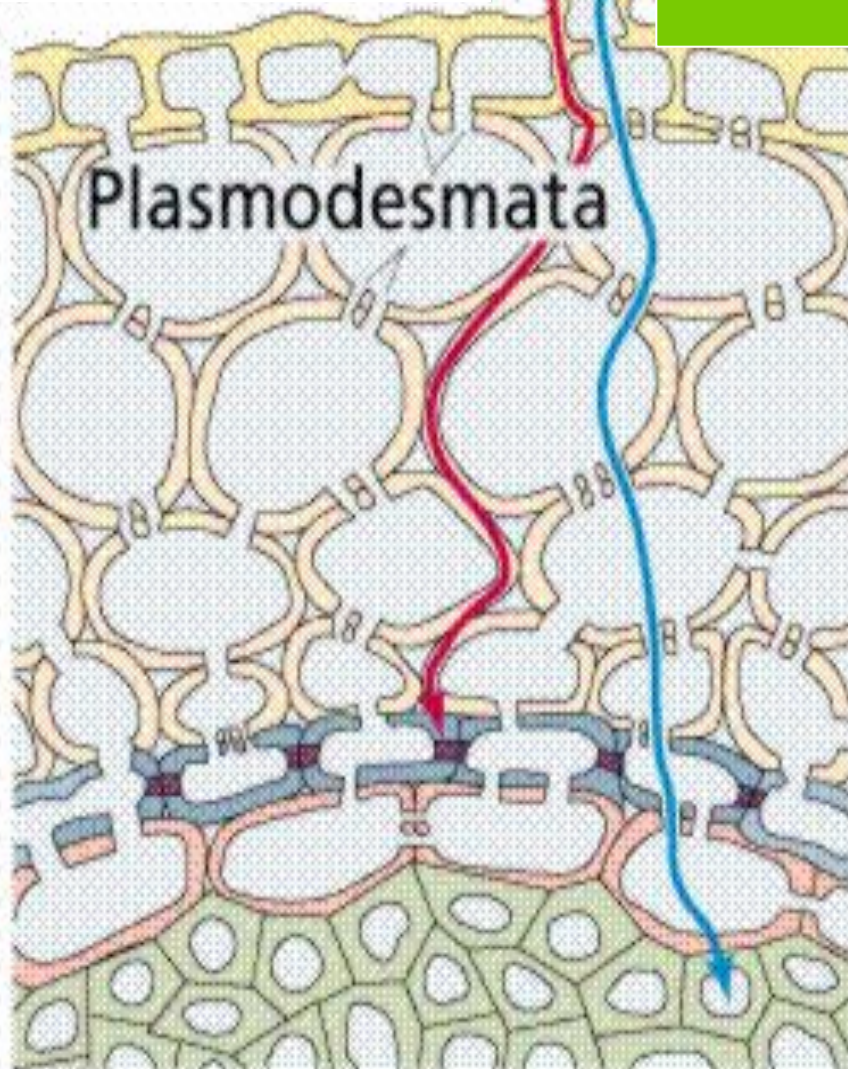


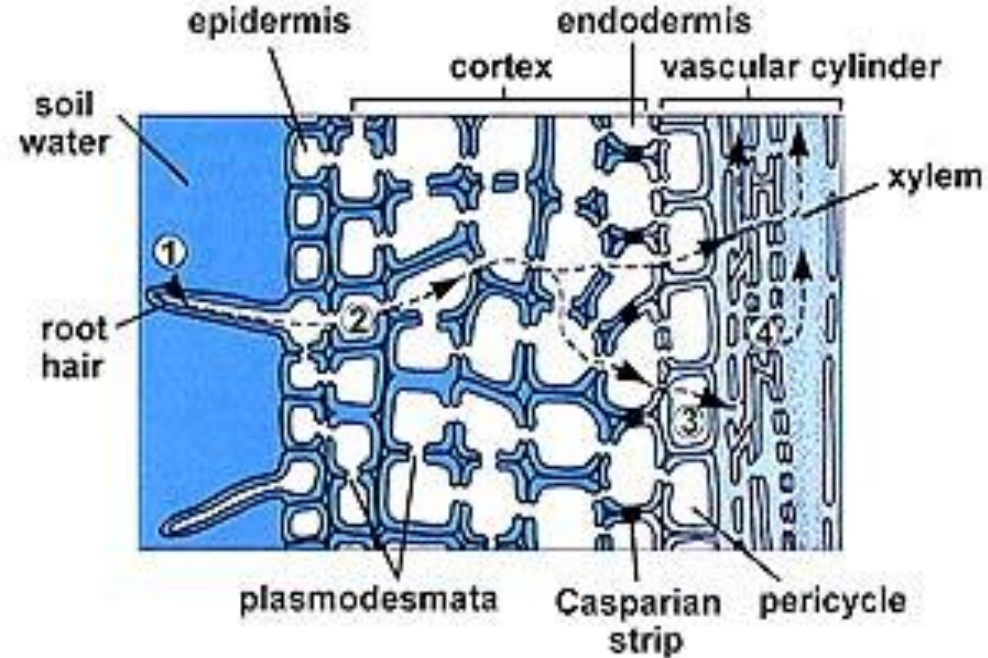
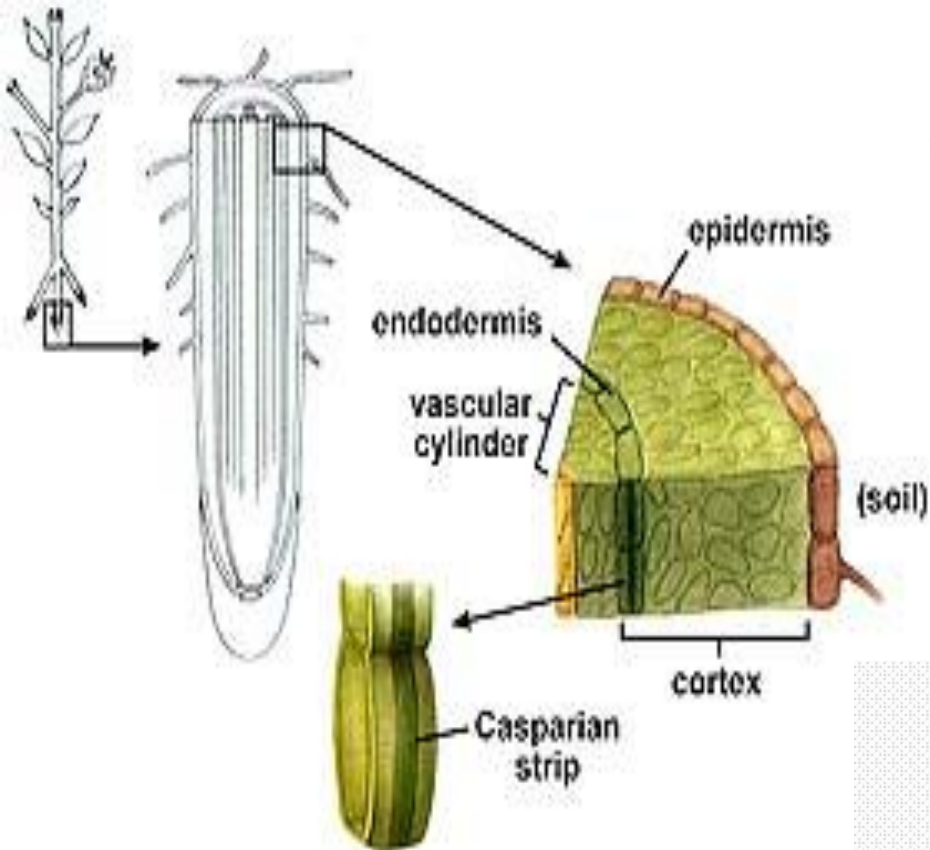
- От корня к листьям движется восходящий, или **транспирационный**, ток водных растворов солей.
Ассимиляционный, нисходящий, ток органических веществ направляется от листьев к корням.
- Восходящий ток осуществляется почти исключительно по **трахеальным элементам ксилемы**, а нисходящий — по **ситовидным элементам флоэмы**.

Корневой волосок

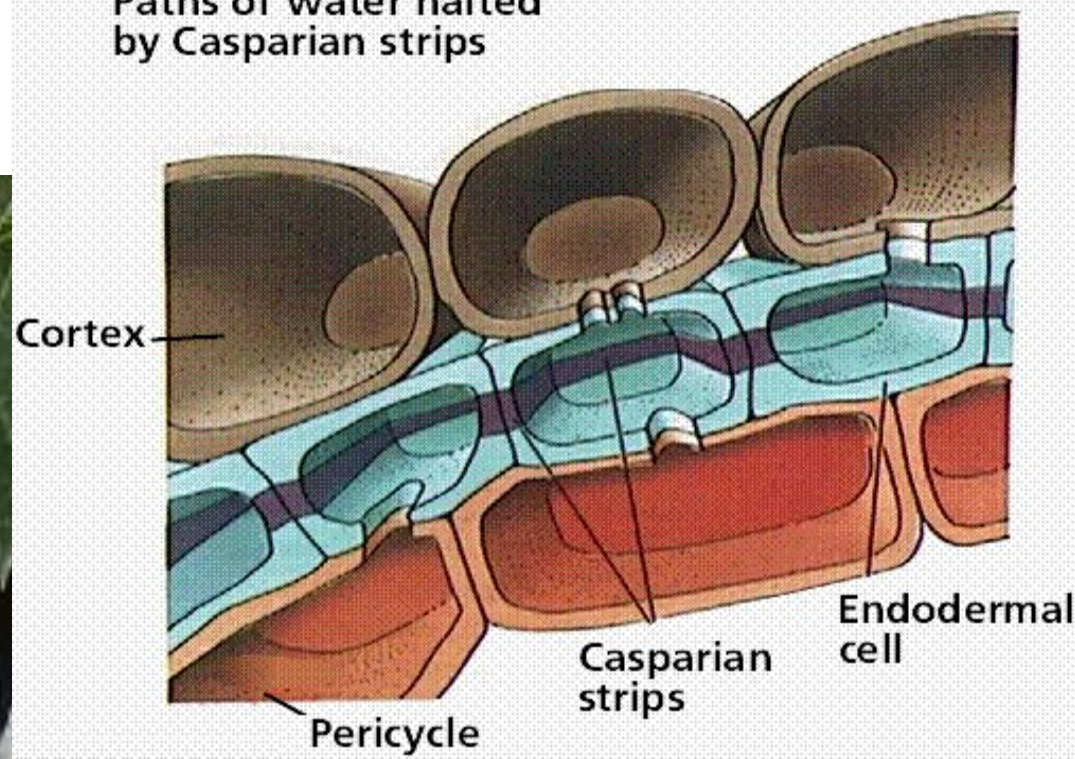
Поступление воды через апопласт

Всасывание воды симпластом





Paths of water halted by Casparian strips



- Скорость передвижения продуктов фотосинтеза из листьев в корни 40–100 см/ч. Еще быстрее поступают через корневую систему растений элементы питания, в том числе и внесенные в почву удобрения.
- Например, при погружении ячменя корнями в раствор, содержащий меченый фосфор ^{32}P , его находили в листьях через 5 мин. Из корешков четырнадцатидневной кукурузы он поступал в листья через 2 мин.
- Скорость поглощения питательных веществ существенно изменяется с возрастом корня. Так, по мере старения растений кукурузы (с 20 до 80 дней) скорость поглощения N, P, K, Ca и Mg уменьшается в десятки раз и более.

Типы поглощения элементов питания корнями

- Поглощение элементов минерального питания растениями в зависимости от характера затрачиваемой энергии может быть активным и пассивным.
- Зона всасывания богата митохондриями — источниками энергии для активного поглощения элементов питания.

- Ионы, вошедшие в контакт с корнем, адсорбируются клеточными стенками. Процесс адсорбции ионов корнями носит обменный характер.
- Высокую интенсивность обмена веществ, значительную скорость поступления и передвижения веществ в растениях можно объяснить адсорбционным обменом между корневой системой растений, с одной стороны, и почвенными коллоидами (твердая фаза), а также почвенным раствором (жидкая фаза) – с другой.
- Между корневой системой растений и почвенными коллоидами, а также почвенным раствором существует тесный контакт.

- Благодаря этому контакту и происходит процесс обменной адсорбции, сущность которого состоит в следующем. Питательные ионы (например, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-}) поступают в растения через корневую систему в обмен на ионы H^+ , HCO_3^- , расположенные на поверхности корневых волосков.
- Появившиеся на поверхности корневого волоска питательные катионы и анионы неизбежно входят в соприкосновение с базоидной (основной) и ацидоидной (кислотной) частями плазмы клетки, и здесь они дают начало различным органическим соединениям или передвигаются до листьев, где также синтезируются органические вещества.

- Важно учесть, что поглощение питательных элементов корневой системой растений может происходить не только в обмен на ионы H^+ и HCO_3^- , образующиеся в процессе дыхания, но и на ионы органических и минеральных соединений, выделяемые корнями.
- Установлено, например, что корни растений выделяют лимонную, яблочную, щавелевую и другие органические кислоты, которые слабо диссоциируют, но все же распадаются на H^+ и органические анионы. Эти ионы находятся на поверхности корневых волосков и могут принимать участие в обменных реакциях на соответствующие катионы и анионы почвенного раствора.

Активное воздействие корневых систем на почву

- Растение не является только потребителем уже готовых для него питательных веществ в почве. Корни растений активно воздействуют на почву, находящуюся у их поверхности. Хорошо известна способность корней выделять во внешнюю среду органические и минеральные вещества (сахара, органические кислоты, азотсодержащие органические соединения, витамины, ферменты и др.).
- Выделенные корнями органические вещества служат пищей для микроорганизмов, которые в процессе жизнедеятельности способствуют мобилизации питательных веществ почвы, повышая их доступность для растений в участках, непосредственно примыкающих к корням.
- Корни некоторых растений (например, фасоли и других двудольных) могут при недостатке некоторых элементов повышать кислотность почвы, в результате чего соединения переходят в растворимое состояние.
- Растения выделяют в почву фитосидерофоры (мугеиновая и

Цветковые растения паразиты

- В составе некоторых семейств есть растения, частично или полностью утратившие способность к автотрофному питанию и перешедшие к паразитическому существованию за счет других растений.
- Переход к паразитизму осуществлялся у них путем приспособления к жизни на корнях или на надземных органах других растений.

Соответственно этому среди паразитических цветковых растений сформировались группы корневых и стеблевых (стволовых) паразитов. У тех и у других наблюдаются значительное видоизменение, недоразвитие или полная дегенерация корневой системы.

Цветковые растения паразиты

- Те и другие берут у растения-хозяина воду и минеральные вещества. Вместе с тем в обеих группах есть виды, резко различающиеся по способности ассимилировать углекислоту и создавать органические вещества своего тела. Одни в полной мере сохранили эту способность: они имеют зеленые листья и стебли, что дает основание называть их полупаразитами, или частичными паразитами. Другие полностью утратили это свойство высших растений (а вместе с ним — хлорофилл и зеленую окраску). Они извлекают из растения-хозяина не только воду и элементы минерального питания, но и органические вещества. Такие растения являются абсолютными паразитами.

Цветковые растения паразиты

- Типичным представителем корневых полупаразитов является иван-да-марья (*Melampyrum nemorosum* L.), широко известное растение из семейства норичниковых, часто встречающееся на опушках леса и лесных полянах. Корни иван-да-марьи снабжены особыми присосками, которые присасываются к корням других растений, в основном деревьев и кустарников, и таким путем извлекают из растения-хозяина растворы минеральных питательных веществ. Другие представители семейства норичниковых (погремок — *Rhinanthus major* Ehrb., очанка — *Euphrasia officinalis* L., мытник — *Pedicularis palustris* L.) являются полупаразитами луговых трав. Они отрицательно влияют на густоту и высоту травостоя, снижают качество сена.

Melampyrum nemorosum



Иван-да-марья

***Rhinanthus major* Ehrh**



Поремок

***Euphrasia officinalis* L**



Очанка

***Pedicularis palustris* L**

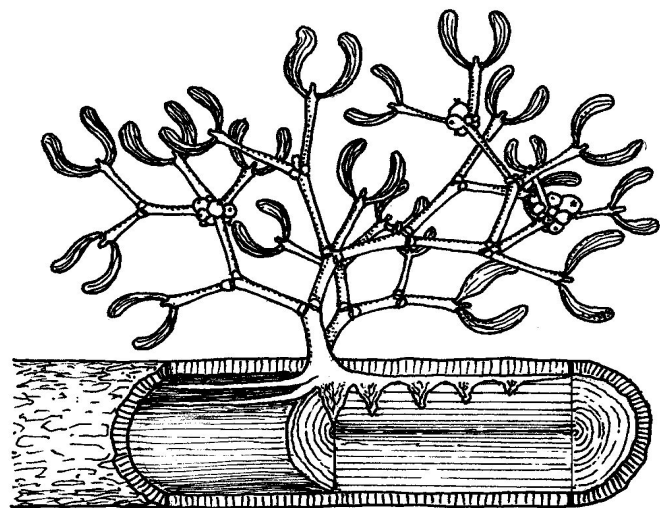


Мытник

Омела

- Среди стволовых полупаразитов наибольшее хозяйственное значение имеет омела белая (*Viscum album* L.), растение из семейства ремнецветниковых. Омела широко распространена в южных районах нашей страны и на Дальнем Востоке. Она поражает многие лиственные и хвойные породы. На пихте паразитирует близкий вид — пихтовая омела (*Viscum abietis* Beck.Stank).
- Омела — двудомное растение, имеющее форму куста, с ярко-зелеными кожистыми листьями и зеленым дихотомически ветвящимся стеблем .

Ведьмины метлы, образованные *Viscum album*



94/01
© BIODIDAC, Livingstone

**Паразитизм *Viscum album* на *Betula pendula*
(Омела белая на березе)**

- К семейству Loranthaceae относятся также можжевеловая омела и ремнецветник.

Можжевеловая омела, или можжевелоядник (*Arceuthobium oxycedri* М. В.), часто встречается в Крыму, на Кавказе и в Средней Азии, поражает различные виды можжевельника. Растения можжевелоядника имеют вид небольших кустиков с разветвленными побегами и мелкими чешуйчатыми листьями.

Омела















Гетеротрофные высшие растения



Повилика



Петров крест