

Дисциплина «Биология»

дата 11.11.2024

**ТЕМА: ПЛАСТИЧЕСКИЙ ОБМЕН. ФОТОСИНТЕЗ**

*Задания выполняются тетради. После выполнения задания работу необходимо отсканировать или сфотографировать и выслать по электронной почте [olkond@yandex.ru](mailto:olkond@yandex.ru)*

*Задание опрвляются день в день, т.е. данную работу необходимо отправить мне на почту 11.11.2024 до 24.00*

**В тетради перед выполнение работы необходимо указать следующую информацию:**

*Фамилия, Имя студента:*

*Группа:*

*Дата:*

*Тема занятия:*

*Пример*

<i>Фамилия, Имя студента</i>	<i>Иванов Иван</i>
<i>Группа</i>	<i>Э-240211</i>
<i>Дата</i>	<i>11.11.2024</i>
<i>Тема занятия: Пластический обмен. Фотосинтез</i>	

**Задание 1:** Заполнить таблицу №1 «Фотосинтез и его значение»

Таблица 1

<b>Фотосинтез и его значение</b>	
<b>Определение понятия фотосинтез</b>	<b>Значение фотосинтеза</b>
Фотосинтез это-	

**Задание 2:** Зарисовать анатомическое строение листа используя рисунок №1 «Анатомическое строение листа», обозначить структуры строения листа, объяснить функцию каждой структуры листа с точки зрения процесса фотосинтеза. Ответ оформить в виде таблицы.

<b>Анатомическое строение листа</b>	<b>Функции структур строения листа</b>	
	<b>Название структуры</b>	<b>Функция</b>
	1. Эпидермис (кожица)	
	2. Мезофилл	
	3. Ксилема	
	4. Флоэма	
	5. Устьице	

**Задание 3:** Используя рисунок №3 «Фазы фотосинтеза», зарисовать схему стадий фотосинтеза (световую, темновую). Ответ оформить в виде схемы:

Схема фаз фотосинтеза		Значение фаз фотосинтеза	
		Световая фаза	Темновая фаза

**Задание 4:** Заполнить таблицу «Факторы, влияющие на скорость фотосинтеза»

Факторы	Влияние фактора на скорость фотосинтеза
1. Свет	
2. Концентрация диоксида углерода	
3. Температура	
4. Снабжение водой	

**Задание 5:** Ответьте на тестовые вопросы:

**1. В каких органеллах клетки осуществляется процесс фотосинтеза**

- а) митохондрии                      в) хлоропласты  
 б) рибосомы                          г) хромопласты

**2. Какие лучи спектра поглощает хлорофилл**

- а) красные и фиолетовые    б) зеленые и желтые

**3. При расщеплении какого соединения выделяется свободный кислород при фотосинтезе**

- а) CO<sub>2</sub>    б) H<sub>2</sub>O    в) АТФ

**4. На какой фазе образуется свободный кислород**

- а) темновая    б) световая    в) постоянно

**5. Что происходит с АТФ в течение световой стадии**

- а) синтез    б) расщепление

**6. В течение какой стадии фотосинтеза, в хлоропластах образуется первичный углевод**

- а) световая стадия    б) темновая стадия

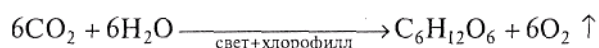
## ЛЕКЦИЯ: ПЛАСТИЧЕСКИЙ ОБМЕН. ФОТОСИНТЕЗ

### 1. Сущность и значение фотосинтеза

Подобно другим организмам зеленые растения в качестве источника энергии используют углеводы и другие органические вещества; однако в отличие от большинства организмов зеленые растения — автотрофы

(питающиеся самостоятельно). Растения создают свою пищу сами в процессе фотосинтеза. Гетеротрофы (животные, грибы и большинство бактерий) питаются готовым органическим веществом.

**Фотосинтез** — процесс образования зелеными растениями органических веществ из неорганических (диоксида углерода и воды) при участии световой энергии, поглощенной хлорофиллом. В процессе фотосинтеза за счет расщепления (фотолиза) воды в атмосферу выделяется кислород:



В ходе этого синтеза лучистая энергия Солнца превращается в химическую энергию органических соединений. Посредством фотосинтеза зеленые растения обеспечивают космическую связь жизни на Земле с Вселенной и определяют экологическое благосостояние нашей планеты. По современным данным, на Земле за счет фотосинтеза ежегодно синтезируется около 100 млрд. тонн сухого органического вещества, которое примерно поровну распределяется между сушей и морями. Из наземной растительности на долю лесов приходится 24,4 млрд т сухой органической массы, на долю пастбищ — 10,4, на пашню — 8,7, на пустыни и полупустыни — 5,4 млрд т. Благодаря фотосинтетической деятельности растений в атмосфере Земли содержание диоксида углерода поддерживается примерно на уровне 0,03%, а кислорода — 21%. Фотосинтез — это не только источник пищевых ресурсов и полезных ископаемых, но и фактор сбалансированности биосферных процессов, включая постоянство содержания  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$  в атмосфере, постоянство содержания гумуса в почве и температурных условий.

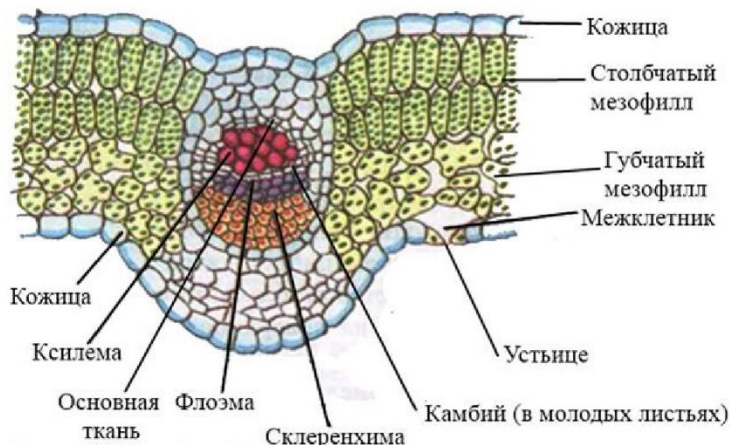
Из сказанного вытекает вывод о необходимости сохранения зеленого царства на нашей планете, особенно лесов. Уменьшение площади лесов и другой растительности, разложение гумуса почв и увеличивающееся сжигание человеком ископаемого топлива приводят к нарушению биосферных процессов.

## 2. Материальная база фотосинтеза

Лист — главный орган растения, осуществляющий фотосинтез. Он состоит из нескольких слоев активно фотосинтезирующих клеток (клеток мезофилла), окруженных защитным слоем (эпидермисом) и снабженных проводящими элементами (жилками), предназначенными для переноса веществ в двух противоположных направлениях: по ксилеме жилок вода и питательные вещества поступают в лист, а по флоэме ассимиляты и прочие продукты жизнедеятельности удаляются из листа. Устьица, пронизывающие эпидермис, открываются и закрываются под влиянием изменений тургора замыкающих клеток. В мезофилле листа расположены пластиды — хлоропласты, содержащие зеленые пигменты (хлорофилл), поэтому окраска листьев зеленая.

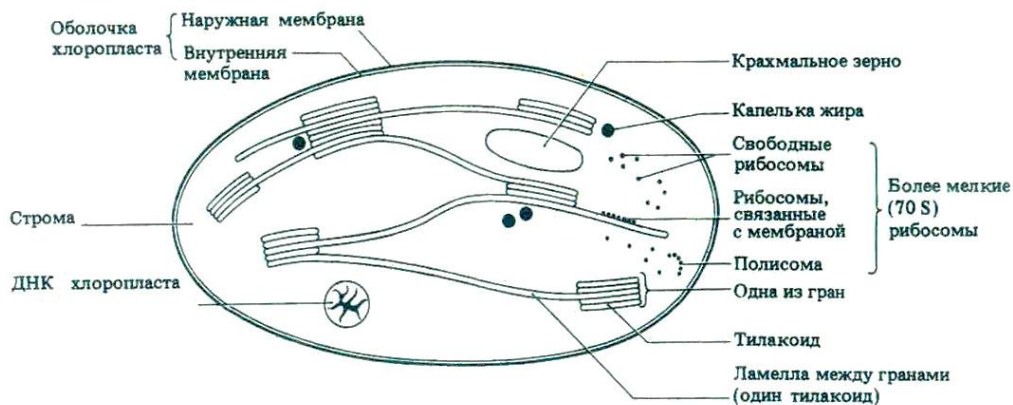
Благодаря большой поверхности и определенному размещению листьев в пространстве растение может использовать как прямой, так и рассеянный свет. Для эффективного улавливания света большое значение имеет архитектура растения, под которой понимают пространственное расположение органов.

Для теневыносливых древесных растений характерна *листовая мозаика*, когда листья отдельных ветвей располагаются в одной плоскости, не затеняя друг друга.



**Рисунок 1- Анатомическое строение листа**

Фотосинтез связан со специфическими органеллами клеток — хлоропластами. Суммарная поверхность хлоропластов может превышать площадь листьев в десятки и сотни раз. В клетках столбчатой паренхимы находится 30 — 40 хлоропластов, в губчатой — около 20. Хлоропласты высших растений имеют форму двояковыпуклой линзы (диска), которая наиболее удобна для поглощения солнечных лучей (рис. 1). С помощью электронного микроскопа удалось установить ультраструктуру хлоропласта.



**Рисунок 2 – Строение хлоропласта**

Снаружи хлоропласты окружены двойной мембраной, состоящей главным образом из белков и липидов. Внутреннюю среду представляет сильно оводненный белковый *матрикс*, или *строма*, которую пронизывают мембраны — *ламеллы*. Ламеллы, соединенные друг с другом, образуют *тилакоиды*. Плотнo прилегая друг к другу, тилакоиды формируют *грана*.

Пигменты, участвующие в поглощении энергии света, находятся в мембранах тилакоидов. Именно здесь световая энергия преобразуется в химическую. Ферменты, которые катализируют многочисленные реакции

темновой фазы фотосинтеза, а также биосинтез различных веществ, в том числе белков, липоидов, крахмала, находятся в строме.

В тилакоидах хлоропластов содержатся зеленые пигменты — хлорофилл *a* и хлорофилл *b*, а также желтые — каротины и ксантофиллы (каротиноиды).

Фотосинтетические пигменты избирательно поглощают свет в области видимой части солнечного спектра (длина волны 400 — 700 нм), эту область называют фотосинтетически активной радиацией (ФАР). Листья поглощают в среднем около 60 — 70 % ФАР, а остальную радиацию отражают и пропускают. Кора ветвей и стволов большинства древесных растений, за исключением белой бересты берез, оранжево-красной пробки сосен, поглощает до 80 — 90% и отражает 10 — 20% энергии падающей радиации. Хлорофиллы наиболее интенсивно поглощают красные и сине-фиолетовые лучи спектра, слабо поглощают оранжевый и желтый цвет. Ультрафиолетовые и зеленые лучи практически не поглощаются, поэтому мы видим листья зелеными. Каротиноиды поглощают синие и фиолетовые лучи. Поглощенная этими пигментами энергия передается основному пигменту — хлорофиллу. Кроме того, каротиноиды защищают молекулы хлорофиллов от необратимого фотоокисления.

### 3. Химизм и энергетика фотосинтеза

**Фотосинтез** — это процесс преобразования света в химическую энергию органических соединений, синтезируемых из  $CO_2$  и  $H_2O$ .

Фотосинтез протекает в две фазы: световую и темновую.

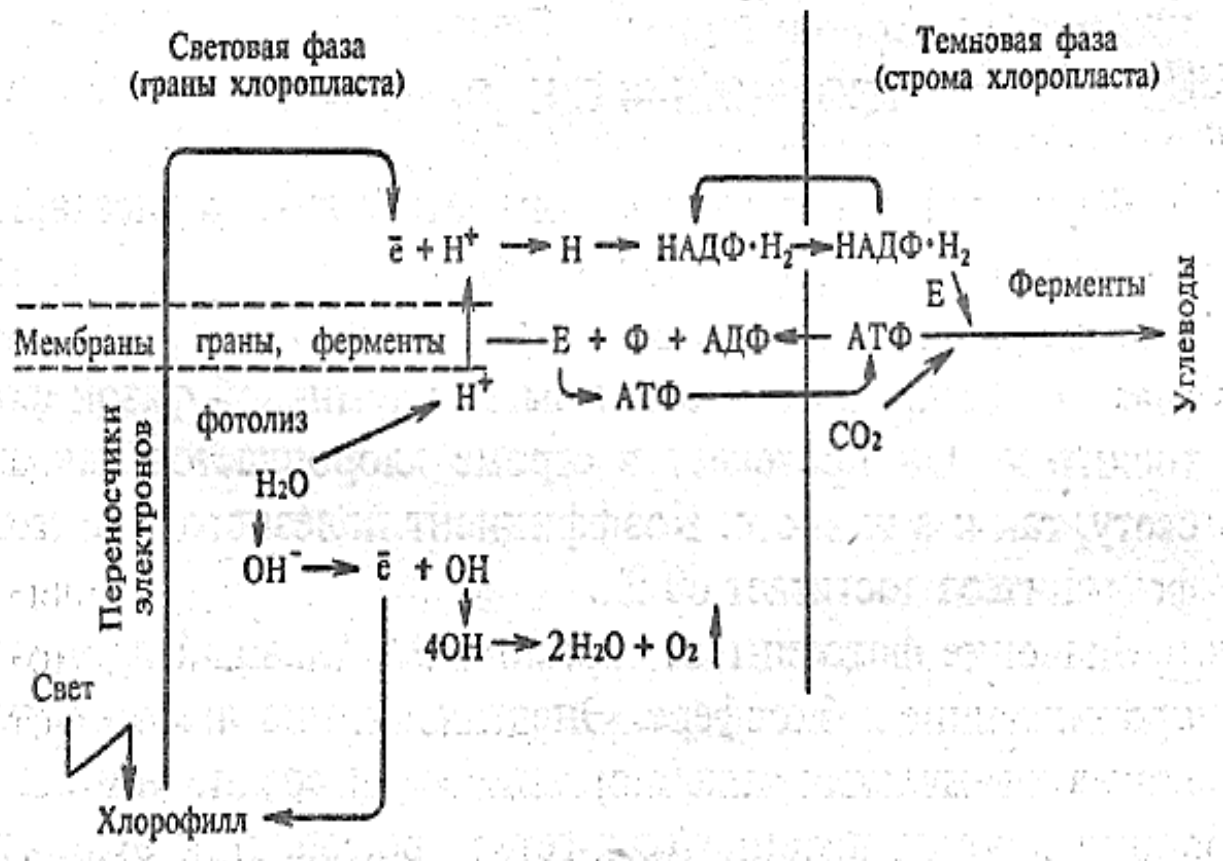


Рисунок 3 - Фазы фотосинтеза

Процесс фотосинтеза начинается с момента освещения хлоропласта видимым светом. При поглощении молекулой хлорофилла кванта света один из ее электронов переходит в "возбужденное" состояние и поднимается на более высокий энергетический уровень.

Одновременно под действием света происходит фотолиз воды с образованием ионов  $H^+$  и  $OH^-$ . Возбужденный электрон присоединяется к иону водорода ( $H^+$ ), восстанавливая его до атома (H). Далее атомы водорода соединяются с *никотинамидадениндинуклеотидфосфатом* (НАДФ) и восстанавливают его до  $НАДФ \cdot H_2$ .

Ионы гидроксила, оставшись без противоионов  $H^+$ , отдают свои электроны и превращаются в свободные радикалы  $OH$ , которые, взаимодействуя друг с другом, образуют воду и свободный кислород:  $4OH \rightarrow 2H_2O + O_2$ . Электроны гидроксильных групп возвращаются в молекулу хлорофилла на место возбужденных. В процессе переходов протоны и электроны накапливаются по разные стороны мембраны грана хлоропласта (протоны на внутренней, а электроны на наружной поверхности) и создают разность потенциалов. Когда разность потенциалов достигает критического уровня, протоны проходят по специальным каналам мембран, в которых находятся ферменты, синтезирующие АТФ. Энергия протонов и электронов используется ферментами для присоединения остатка фосфорной кислоты к АМФ или АДФ.

*Таким образом, в световую фазу фотосинтеза, которая протекает в гранах хлоропластов только на свету, происходят следующие процессы:*

- 1) фотолиз воды с выделением кислорода;*
- 2) восстановление  $НАДФ \cdot H_2$ ;*
- 3) синтез АТФ.*

*В темновую фазу фотосинтеза накопленная в световую фазу энергия используется для синтеза моносахаридов* из диоксида углерода (поступает из воздуха через устьица) и водорода (отсоединяется от  $НАДФ \cdot H_2$ ) путем сложных ферментативных реакций. В итоге получается:  
 $6CO_2 + 24H \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O$ .

В дальнейшем могут образовываться ди-, полисахариды и другие органические соединения (аминокислоты, жирные кислоты и др.). Этот процесс не требует прямого участия света, поэтому его называют темновой фазой фотосинтеза. Он протекает в строме хлоропластов как на свету, так и в темноте.

Коэффициент полезного действия фотосинтеза достигает 60 %.

**Фотосинтез** – это главный процесс, протекающий в биосфере. Энергия Солнца аккумулируется в химических связях органических соединений, которые идут на питание всех гетеротрофов. При этом атмосфера обогащается кислородом и очищается от избытка диоксида углерода.

Из кислорода образовался озоновый экран, защищающий живые организмы от жесткой коротковолновой (до 290 нм) ультрафиолетовой радиации, которая оказывает губительное воздействие на все живое.

Наземные растения ежегодно извлекают из атмосферы 20 млрд т углерода в форме  $\text{CO}_2$  (1300 кг/га), а все растительные сообщества, включая морские водоросли, — около 150 млрд т. При этом ежегодно расходуется около 3% диоксида углерода атмосферы и 0,3%  $\text{CO}_2$  морской воды.

#### 4. Влияние внутренних и внешних факторов на фотосинтез

К ведущим факторам внутренней регуляции фотосинтеза относятся скорость оттока ассимилятов из хлоропластов и концентрация хлорофилла в листьях. Интенсивность фотосинтеза листа в значительной степени зависит от запроса на ассимилянты со стороны потребляющих органов (акцепторов). Мощными потребителями являются меристематические ткани, в которых идет активный биосинтез. Растущее дерево активно потребляет ассимилянты на рост ствола, ветвей, корневых систем, на формирование плодов, семян, на биосинтез живицы у хвойных. Любое ускорение оттока ассимилятов усиливает интенсивность фотосинтеза. Неблагоприятные лесорастительные условия задерживают отток ассимилятов из хлоропластов и за счет этого снижают активность фотосинтеза. К внешним факторам, влияющим на фотосинтез, относят свет, концентрацию диоксида углерода, температуру и водоснабжение растений.

**Свет.** По отношению к свету все растения делят на две группы: светолюбивые и теневыносливые. Они различаются как по анатомическому строению листьев, так и по физиологическим признакам. *Светолюбивые* травянистые растения не выносят затенения и растут на открытых местах. К ним относятся все сельскохозяйственные культуры, растения лугов, степей, пустынь, солончаков. Среди древесных пород светолюбивы лиственница, сосна, ясень, осина, береза, дуб и др. Они растут на открытых местах или в первом верхнем ярусе леса. Светолюбивые деревья отличаются ажурной кроной, быстрым очищением ствола от сучьев, ранним изреживанием древостоя. *Теневыносливые* древесные растения, такие как ель, пихта, клен, вяз, липа, рябина и другие, хорошо переносят затенение и встречаются как в верхнем ярусе, так и во втором. Высокой теневыносливостью отличаются многие кустарники (лещина, крушина, бересклет, бузина и др.), а также лесные травы и мхи. Теневыносливые древесные растения отличаются густой и плотной кроной с большой протяженностью по высоте ствола. Для них характерно медленное очищение от сучьев. Листья светолюбивых растений имеют более толстую листовую пластинку, хорошо развитую столбчатую паренхиму, большое количество устьиц и проводящих пучков. Содержание пигментов меньше, чем у теневыносливых. Более высокое содержание пигментов и относительной доли хлорофилла *b* и каротиноидов у теневыносливых растений обеспечивает эффективный фотосинтез в условиях низкой интенсивности света и рассеянной радиации. Светолюбивые и теневыносливые растения имеют разный ход световых кривых. У теневыносливых световое насыщение наступает при более слабом освещении и, кроме того, *световой компенсационный пункт* (СКП), т.е. та освещенность, при которой фотосинтез и

дыхание уравнивают друг друга, наступает раньше. Это связано с тем, что теневыносливые растения имеют более высокую интенсивность фотосинтеза при низкой освещенности и невысокую интенсивность дыхания. СКП широко используется при оценке качества и состояния естественного возобновления в лесу, поскольку подрост начинает страдать и отмирать под пологом леса при освещенности, равной СКП или ниже его. Периодичность рубок ухода за лесом также определяется величиной СКП.

**Концентрация диоксида углерода.**  $\text{CO}_2$  — основной субстрат фотосинтеза. Его содержание в атмосфере в значительной степени определяет интенсивность процесса. Концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере составляет 0,03 %. При этой концентрации интенсивность фотосинтеза составляет лишь 50 % от максимальной величины, которая достигается при содержании 0,3 %  $\text{CO}_2$ . Поэтому в условиях закрытого грунта весьма эффективны подкормки растений  $\text{CO}_2$ .

**Температура.** Влияние температуры на фотосинтез зависит от интенсивности освещения. При низкой освещенности фотосинтез практически не зависит от температуры, так как лимитируется световыми реакциями. При высокой освещенности скорость фотосинтеза определяется протеканием темновых реакций и в этом случае влияние температуры проявляется отчетливо. Для большинства растений оптимальная температура составляет 20 — 30 °С. Температурный минимум для хвойных колеблется между -2 и -7 °С.

**Снабжение водой.** На интенсивность фотосинтеза благоприятно влияет небольшой водный дефицит (до 5 %) в клетках листьев. Однако при недостаточном водоснабжении интенсивность фотосинтеза заметно снижается. Это связано с закрыванием устьиц, в результате чего замедляется доставка  $\text{CO}_2$  в лист, а также с задержкой ферментативных реакций фотосинтеза и оттока образовавшихся продуктов фотосинтеза из листа. В природных условиях недостаточное снабжение листьев водой может быть вызвано как почвенной засухой, так и избытком воды в почве. При затоплении в почве создаются полуанаэробные или анаэробные условия, при которых корни растений не могут поглощать воду в достаточных количествах и в листьях возникает водный дефицит.

**Суточный ход фотосинтеза.** В естественных условиях при сложном взаимодействии внешних и внутренних факторов суточный ритм фотосинтеза неустойчив и подвержен значительным изменениям. При умеренной дневной температуре и достаточном водоснабжении фотосинтез начинается с восходом солнца, достигает максимума днем, постепенно снижаясь к вечеру, и прекращается с заходом солнца. При повышенной температуре и низкой влажности максимум фотосинтеза сдвигается на ранние часы. Часто при высокой напряженности метеорологических факторов наблюдается значительное снижение фотосинтеза в полуденные часы, связанное с закрыванием устьиц и уменьшением оттока ассимилятов.