**Билет 19**

**Фотосинтез. Световая и темновая фаза.**

**Фотосинтез** – *это процесс первичного синтеза органических веществ из неорганических (углекислого газа и воды), осуществляемый с использованием энергии Солнца в хлоропластах. Побочный продукт- кислород.*

**Суммарное уравнение фотосинтеза- 6 СО2 + 12 Н2О → С6Н12О6 + 6 Н2О + 6 О2.**

Фотосинтез протекает у высших растений – в хлоропластах, у водорослей – в хроматофоре, у бактерий - в складках фотосинтезирующей мембраны.

Пигменты фотосинтеза:

* Хлорофилл - поглощает красные и сине-фиолетовые лучи спектра (Р680 – с максимумом поглощения при длине волны в 680 нм. -фотосистема 2;

Р700  с максимумом поглощения 700 нм.– фотосистема 1)

* Бактериальный хлорофилл(поглащает лучи бледно-синего спектра)
* Каратиноиды ( поглощают сине-фиолетовые лучи)

Каратин(оранжевый) ксантофилл(жёлтый)

* Фикобелины(поглощают зелёную часть спектра)- пигменты красных водорослей

**Аккумуляторы энергии**

АТФ - НАДФ

универсальный источник никотинамидаденин-

энергии динуклеотидфосфат

НАДФ+ НАДФ \*2Н

Окисленная форма восстановленная форма

Донор электронов – атом или вещество, отдающее электроны. Акцептор – принимает электроны. Электротранспортная цепь- цепь белков переносчиков (цитохромы, ферридоксин), по которым движется электрон.

**Световая фаза фотосинтеза- п**ротекает на свету в мембране тилакоида.

В световую фазу параллельно протекают процессы:

1. Возбуждение хлорофилла и перемещение электронов
2. Фотолиз воды и образование **кислорода**
3. Синтез молекул **АТФ –фотосинетическое фосфорилирование**
4. Соединение водорода со специальным переносчиком НАДФ+ и образование **НАДФ \*2Н**

*Жирным шрифтом выделены продукты световой фазы фотосинтеза*

Суммарное уравнение световой фазы фотосинтеза:

H2O + НАДФ ++ 2АДФ + 2Фн → ½O2 + НАДФ · 2H + 2АТФ

Синхронно работают 2 типа фотосистем: фотосистема I ( Р700) и фотосистема II (Р 680).

**Нециклическое фосфорилирование – свойственно высшим растениям, цианобактериям :**

1. Хлорофилл ФС II поглощает квант света, испускает возбужденные электроны.
2. Электроны поступают на электронно- транспортную цепь , двигаются по ней , отдаёт энергию, которая тратится на синтез АТФ из АДФ- процесс фосфорилирования
3. ФС I – конечный акцептор е ФС II.
4. Под действием света- возбуждение хлорофилла в ФС I, испускание возбужденных электронов.
5. Возбужденные е двигаются по е-транспортной сети, за счет их энергии идет соединение протонов Н+ с переносчиком НАДФ+.
6. Фотолиз воды

Н2О – 2е = 2Н+ ½ О2

1. 2 е захватываются хлорофилломФС II и он восстанавливается.

Хлорофилл 2+ + 2е = хлорофилл

1. Кислород в виде побочного продукта выделяется в атомферу.
2. Ионы Н+ скапливаются в тилакоидном пространстве в Н- резервуаре.
3. Через протонный канал ионы Н+ переходят в строму хлоропласта. На наружной мембране тилакоида ионы Н соединяются с НАДФ + за счет энергии е ФС I.

НАДФ ++ 2Н + 2е = НАДФ х 2Н

Т.о. синтез АТФ и НАДФ \*2Н происходит на мембранах тилакоидов и сопряжен с переносом е по е-транспортной сети. Е Солнца преобразуется в энергию возбужденных е, а далее запасаеся в молекулах АТФ и НАДФ \*2Н.

**Циклическое фософрилирование – более древний механизм – свойственен фотосинтетическим бактериям, не выделяющим кислород.**

 Электроны, поступающие из реакционного центра фотосистемы I при её освещении, возвращаются в него по электронно-траспортной цепи. При этом происходит синтез АТФ. Таким образом, в процессе циклического фосфорилирования не образуются НАДФ и кислород.

**Темновая фаза** протекает в строме хлоропластов. Из световой фазы поступают

НАДФ х2Н, АТФ, из атмосферы поступает углекислый газ. Реакции протекают циклично – цикл Кальвина.

Цикл Кальвина состоит из трех этапов: карбоксилирования, восста­новления и регенерации акцептора СО2.

1. **Карбоксилирование.**

С5 -2Ф (рибулузодифосфат) + СО2 С6 (гексоза) 🡪 2С3 -Ф (триозофосфат или триоза)

**2) Восстановление:**

а) активирование

С3-Ф + АТФ С3–2Ф (триозодифосфат) + **АДФ-** *уходит в световую фазу*

б) восстановление триозодифосфатов

С3- 2Ф + НАДФ х2Н С3 –Ф триозофосфат (триоза) + **НАДФ +** *- уходит в световую фазу*

Судьба образовавшихся триоз различна:

А) 2 С3 С6Н12О6 –образование **глюкозы –** *продукты темновой фазы*

Б) триозы могут использоваться для синтеза **аминокислот, глицерина, ВЖК** – *продукты темновой фазы.*

В) часть триоз используется для восстановления рибулозодифосфата:

**3) Регенерация акцептора СО2**

Так как в каждом цикле присоединяется только одна молекула СО2, то для создания одной молекулы глюкозы цикл должен повториться 6 раз.

Общее уравнение темновой фазы фотосинтеза:

6 СО2+ 12 НАДФх2Н + 18 АТФ =С6Н12О6 + 12 НАДФ+ + 18 АТФ + 18 Фн

АТФ и НАДФ+ вновь возвращаются в световую фазу фотосинтеза.

Фотосинтез- основополагающий процесс в живой природе. Благодаря ему из неорганических веществ – углекислого газа и воды -при участии солнечной энергии зеленые растения синтезируют органические вещества, необходимые для жизнедеятельности всего живого на Земле. Одновременно в атмосферу выделяется побочный продукт фотосинтеза- кислород, необходимый для дыхания организмов. Фотосинтез имеет величайшее значение для жизни на Земле.