**Фотосинтез -** процесс образования органических соединений из неорганических за счет световой энергии. Основные условия протекания фотосинтеза: наличие хлорофилла, энергии света, углекислого газа и воды.

***История изучения фотосинтеза***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дата** | **Ученые** | **Открытия** |
| Конец  XVIII века | Ян - Батист ван Гельмонт | Растительное вещество образуется *исключительно* из воды |
| 1771 год | Джозеф Пристли | Животные поглощают О2, а растения выделяют О2 |
| 1782 год | Жан Сенебье | Растения, выделяя кислород, одновременно поглощают СО2 |
| 1796 год | Ян Ингенхауз | Растения выделяют кислород только на свету. Дал общее уравнение фотосинтеза:  СО2 + Н2О = *растительные ткани* + О2 |
| 1817 | П.Ж. П. Ж. Пельтье и Ж. Кавенту | Впервые выделили хлорофиллы |
| 1862 | Ю.Сакс | Непосредственные продукты фотосинтеза – углеводы (крахмал) |
| 1883 | Т. Энгельман | Представил косвенные доказательства роли *хлорофилла* в процессе фотосинтеза |
| 1887 | В. Пфеффер | Назвал процесс превращения энергии солнечного света в энергию химических связей фотосинтезом |
| 1903 | К. А. Тимирязев | Изучил спектры поглощения света и установил роль растений в космическом круговороте энергии |
| 1903 | М.С.Цвет | Открыл *хлорофилл* *а* и *b* |
| 1905 | Ф. Блекман | Указал, что фотосинтез проходит в две стадии: световую и темновую |
| 1941 | А.П. Виноградов | Доказал, что источник О2 при фотосинтезе - Н 2О, а не СО2 |
| 1956 | М. Кальвин | Открыл последовательность превращений СО2 в темновой стадии |

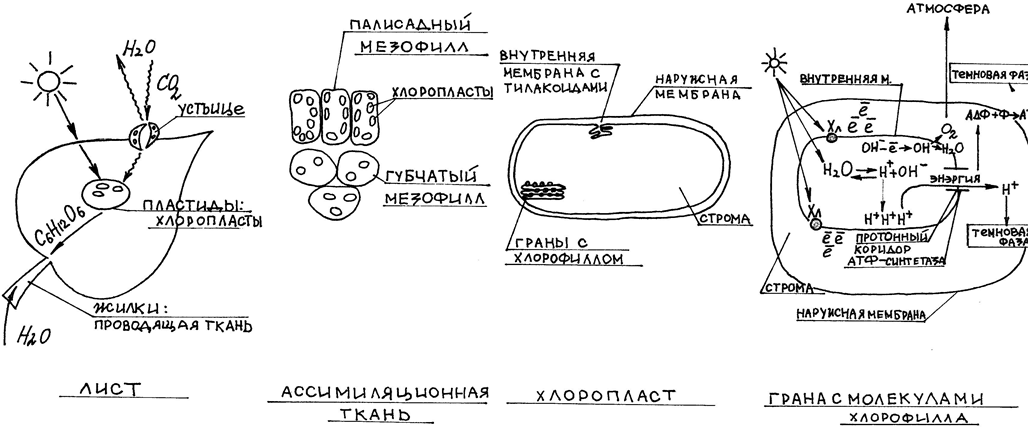
***Фотосинтезирующие пигменты***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Пигменты** | **Организмы, в которых содержатся** | **Значение** |
| Хлорофилл а | У всех фотосинтетиках | Поглощают красные, синие и фиолетовые лучи |
| Хлорофилл b | Мхи, сосудистые растения, зеленые и эвгленовые водоросли |
| Хлорофилл с | Диатомовые и бурые водоросли |
| Хлорофилл d | Красные водоросли |
| Бактерио-  хлорофиллы a,b,c,d | Пурпурные и зеленые серобактерии |
| Каротиноиды | В хлоропластах растений и цианобактерий | Поглощают синие и фиолетовые лучи |
| Фикобилины | Цианобактерии и красные водоросли | Поглощают зеленые (фикоэритрин) и желтые (фикоцианин) лучи |

В процессе фотосинтеза принимают участие две фотосистемы с разными реакционными центрами и связанные между собой электронтранспортной цепью:

ФСI (Р700) - форма хлорофилла, которая поглощает свет с длиной волны 700 нм

ФСII (Р680) - форма хлорофилла, которая поглощает свет с длиной волны 680 нм



**Световая фаза фотосинтеза -** ∑ процессов, которые обеспечивают образование молекулярного кислорода, атомарного водорода и АТФ за счет световой энергии

**НАДФ. Н2****АТФ**

А

А

АДФ+ФН

НАДФ+ ***2е-  2е-  2е-***

*hv*  *hv*

**½ О2**

*2 Н+*

A

**II**

**I**

ф/cс

***2 е-*** Н2О

*2 Н+*

***Основные реакции световой фазыфотосинтеза***:

* Фотолиз воды: Н2О → 2Н++2е - +1/2 О2
* Восстановление НАДФ: НАДФ+ + 2Н+ + 2е- → НАДФ**.** Н2
* Фотофосфорилирование: АДФ + Ф →АТФ

Суммарное уравнение нециклического фотофосфорилирования:

Н2О + НАДФ + АДФ + Фн → 1/2 О2 + НАДФ.Н2 + АТФ

***Сравнительная характеристика циклического и нециклического фосфорилирования***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Нециклическое** | **Циклическое** |
| Путь электронов | Нециклический | Циклический |
| Первый донор электронов | Вода | Фотосистема I |
| Последний акцептор электронов | Надф | ФотосистемаI |

**Темновая фаза фотосинтеза** - ∑ процессов, которые обеспечивают восстановление СО2 доглюкозы, благодаря энергии АТФ и за счет водорода от НАДФ.Н2

СО2

Рибулозо- *ф*

бифосфат С3 + С3

С5

*белки*

3 С5 5С3 2С3 2С6 *полисахариды*

*жиры*

Темновая фаза (цикл Кальвина, С3 – цикл включает три стадии:

***Карбоксилирование*** - ∑ реакций, которые обеспечивают присоединение СО2  к пентозам,

при участии ферментов карбоксилаз

Рибулозобифосфат

карбоксилаза

СО2  + РиБФ + Н2О → → 2 ФГК

***Восстановление триоз -***  ∑ реакций, которые обеспечивают удаление оксигена из ФГК

(т.е. ее восстановление) при участии НАДФ.Н2 и АТФ . Каждая из

ФГК присоединяет по одной ФН от АТФ и по одному атому Н от НАДФ.Н2

АТФ АДФ + ФН

ФГК ФГА

НАДФ. Н2 НАДФ +Н2О

***Регенерация акцепторов -*** ∑ реакций, которые обеспечивают восстановление

рибулозобифосфатов – акцепторов молекул СО2. Часть ФГА соединяется,

образуя гексозы, а затем и другие органические вещества: аминокислоты,

нуклеотиды, органические кислоты и др. другая часть ФГА образует

РиБФ, который вновь включается в цикл Кальвина.

**Суммарное уравнение цикла Кальвина**

***Восстановительная фаза***

***Фиксация СО2*** 12АТФ 12АДФ +12ФН

6Н2О + 6СО2 + 6 РиБФ 12 ФГК 12 АТФ

6АДФ 12НАДФ.Н2  12НАДФ+

12Н2О

6АДФ

6РиБФ 10ТФ + 2 ТФ

Глюкоза, крахмал , жиры,

***Регенерация акцептора*** жирные кислоты,

аминокислоты

**Суммарное уравнение фотосинтеза**

*Свет*

СО2 + Н2О С(Н2О) + О2

*Хлорофилл*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Признаки** | **Световые реакции** | **Темновые реакции** |
| Локализация в хлоропластах | Тилакоиды | Строма |
| Реакции | Фотохимические | Не требуют света |
| Основные процессы | Фотолиз воды,  фотофосфорилирование,  восстановление НАДФ+ | Окисление НАДФ.Н2, расщепление АТФ, цикл Кальвина |
| Исходные вещества | Н2О, АДФ и Фн, , НАДФ+ | НАДФ.Н2, АТФ, СО2, РиБФ |
| Продукты | НАДФ.Н2, АТФ, О2 | С(Н2О) |
| Уравнение | Н2О + НАДФ+ + АДФ + ФН→  1/2О2 + НАДФ.Н2, +АТФ  Количество АТФ варьирует | 3АТФ 3АДФ+Фн  СО2 + Н2О С(Н2О) + 2Н 2О    НАДФ.Н2 НАДФ+ |
| Результат | Энергия света превращается в энергию химических связей НАДФ.Н2, и АТФ. Воды расщепляется на О2 (отход) и Н+ (переносится на НАДФ+ ) | СО2 восстанавливается с образованием органических соединений, при этом используется энергия химических связей АТФ и водород НАДФ.Н2, |