



Фотосинтез и хемосинтез: обзор и ключевые темы

Фотосинтез создаёт органику и кислород, хемосинтез — альтернативный автотрофный путь.



Историческое развитие науки о фотосинтезе

Первые открытия фотосинтеза связаны с экспериментами XVIII–XIX веков. В XX веке были выяснены ключевые процессы: производство кислорода и фиксация углерода. Это заложило фундамент понимания биохимии и роли фотосинтеза в биосфере.

Световая фаза фотосинтеза: ключевые этапы

01

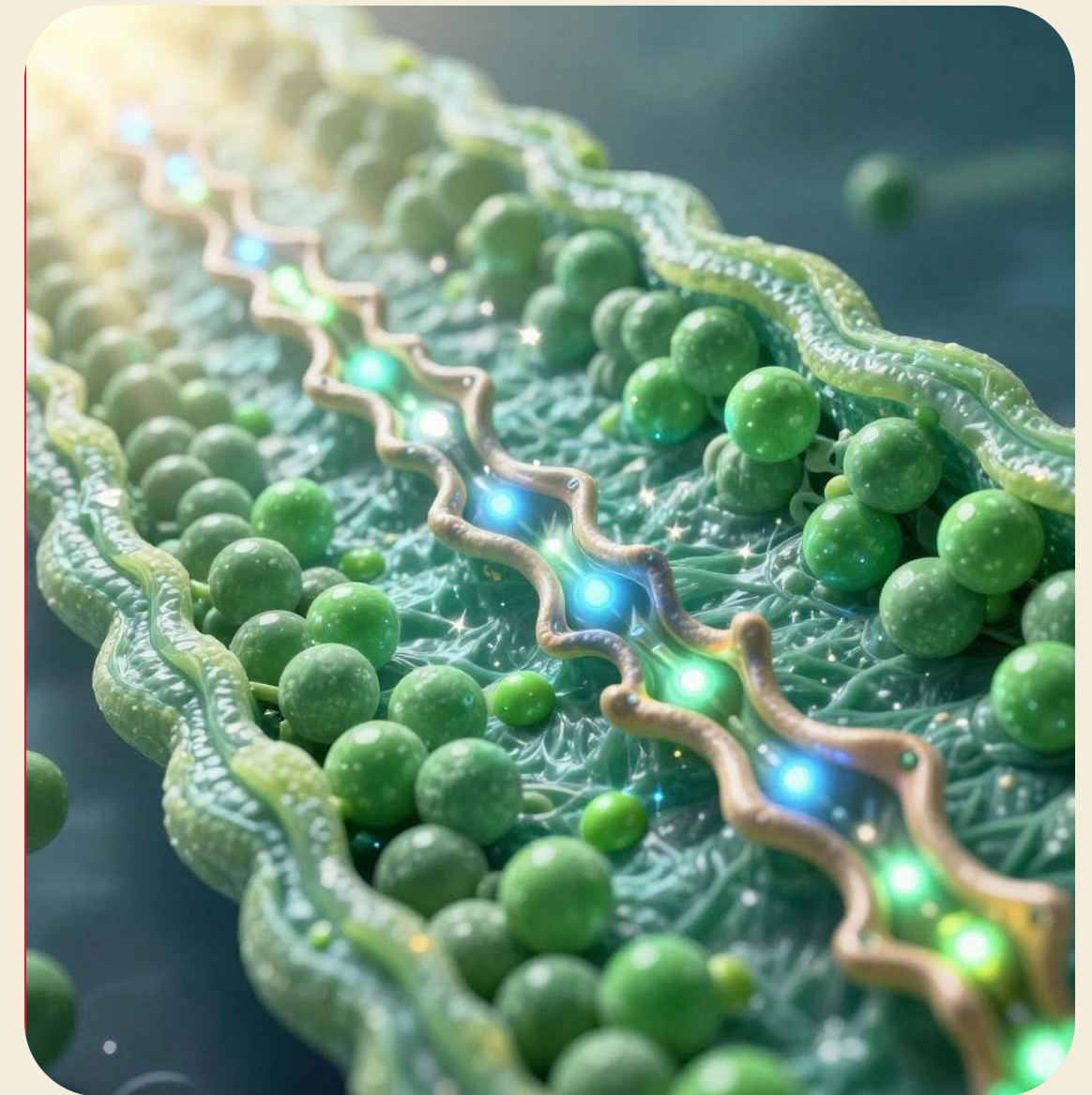
Абсорбция и возбуждение молекул хлорофилла

В тилакоидных мембранах поглощается свет, что приводит к возбуждению электронов в молекулах хлорофилла. Этот процесс инициирует цепочку реакций переноса электронов.

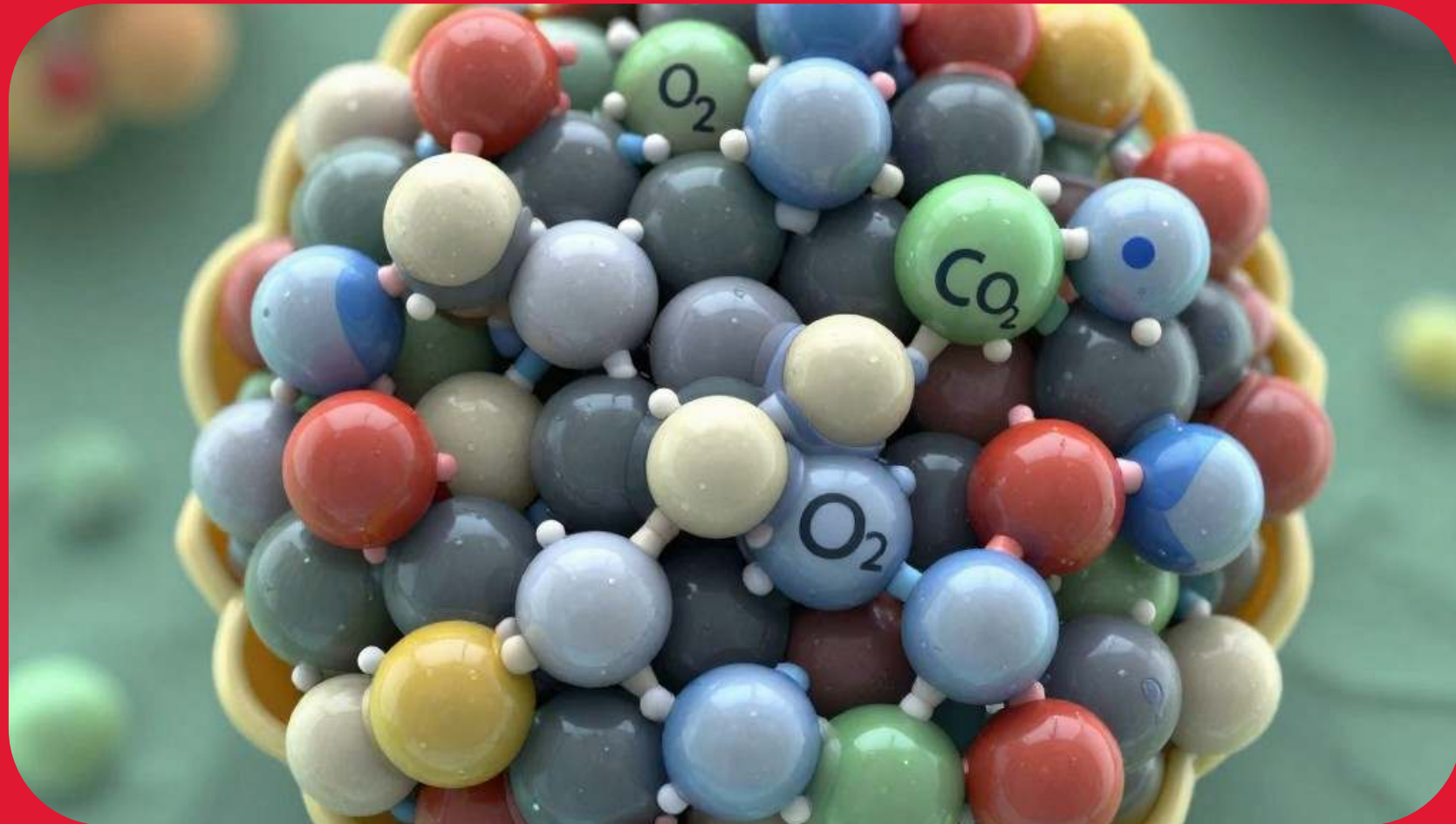
02

Перенос электронов и продукция энергии

Возбуждённые электроны проходят через фотосистемы I и II, где происходит образование АТФ и восстановления НАДФ+, а также выделяется кислород, распадаясь вода.

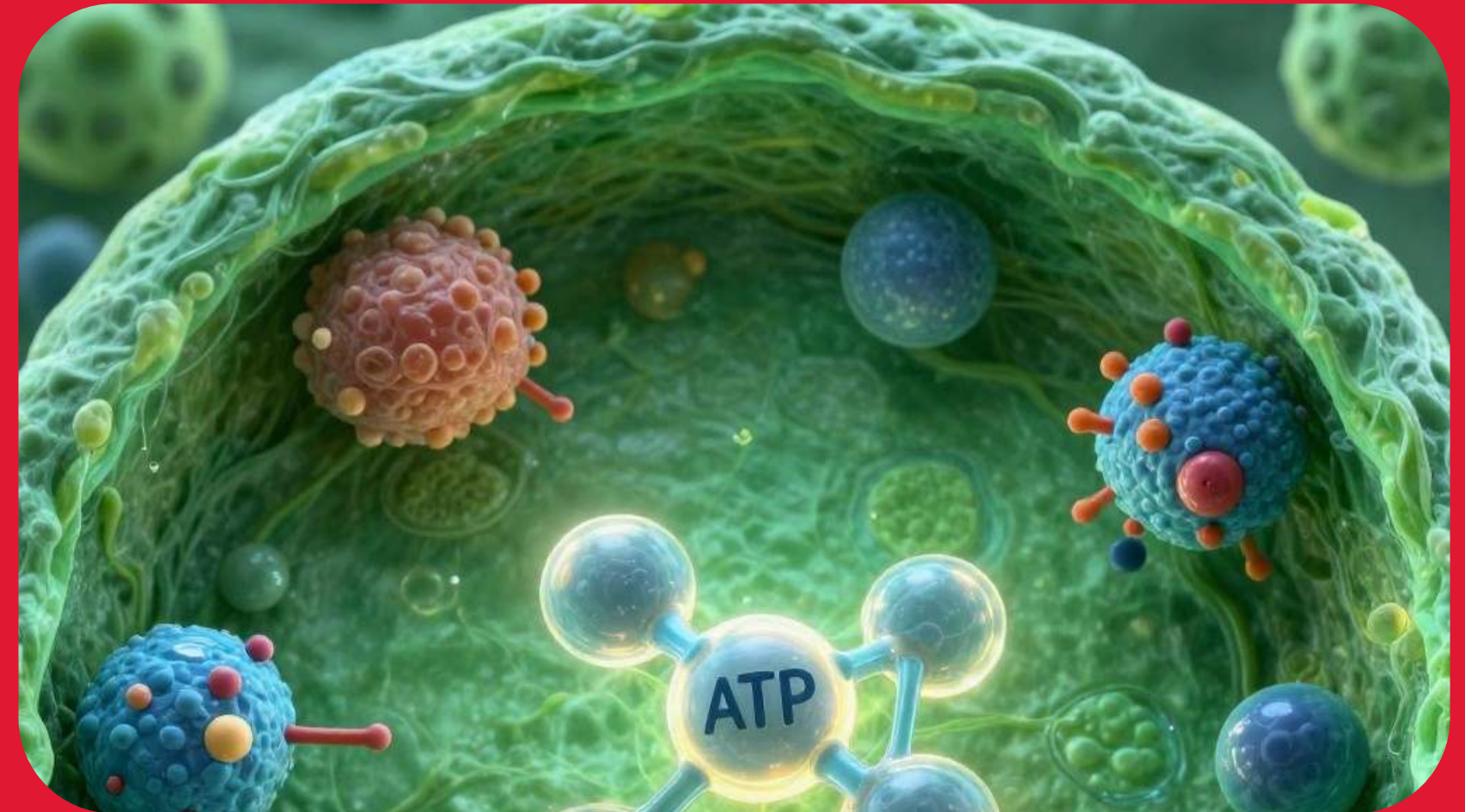


Темновая фаза: превращение CO_2 в глюкозу



Цикл Кальвина и фиксация углекислого газа

В строме хлоропласта происходит фиксация CO_2 ферментом Рубиско. Этот процесс не зависит от света и обеспечивает включение углерода в органические соединения.



Синтез глюкозы и использование продуктов световой фазы

АТФ и восстановленный НАДФ•Н, вырабатываемые в световой фазе, служат энергетическим и восстановительным источником для образования глюкозы без непосредственного участия света.

Общая схема световой и темновой фаз фотосинтеза

Последовательность и взаимодействие процессов в хлоропласте



Фотосистемы I и II: строение и функции

Фотосистема II (P680)

Начинает фотолиз воды, высвобождая кислород и электроны, расположена на внутренней стороне тилакоидной мембраны.

Передача электронов

Электроны от фотосистемы II передаются через пластоцианин к фотосистеме I.

Различия в пигментах и расположении

Фотосистемы отличаются антеннами пигментов и локализацией внутри тилакоидной мембраны, что обеспечивает оптимальную работу.

Фотосистема I (P700)

Принимает электроны и восстанавливает НАДФ⁺ до НАДФ•H, завершая цепь переноса электронов.

Морфология хлоропласта и значение пигментов



Структура и компоненты хлоропласта

Хлоропласт имеет двойную мембрану и внутреннюю систему тилакоидов, объединённых в граны. Строма содержит ферменты для темновой фазы и собственную ДНК.



Фотопигменты и их роль

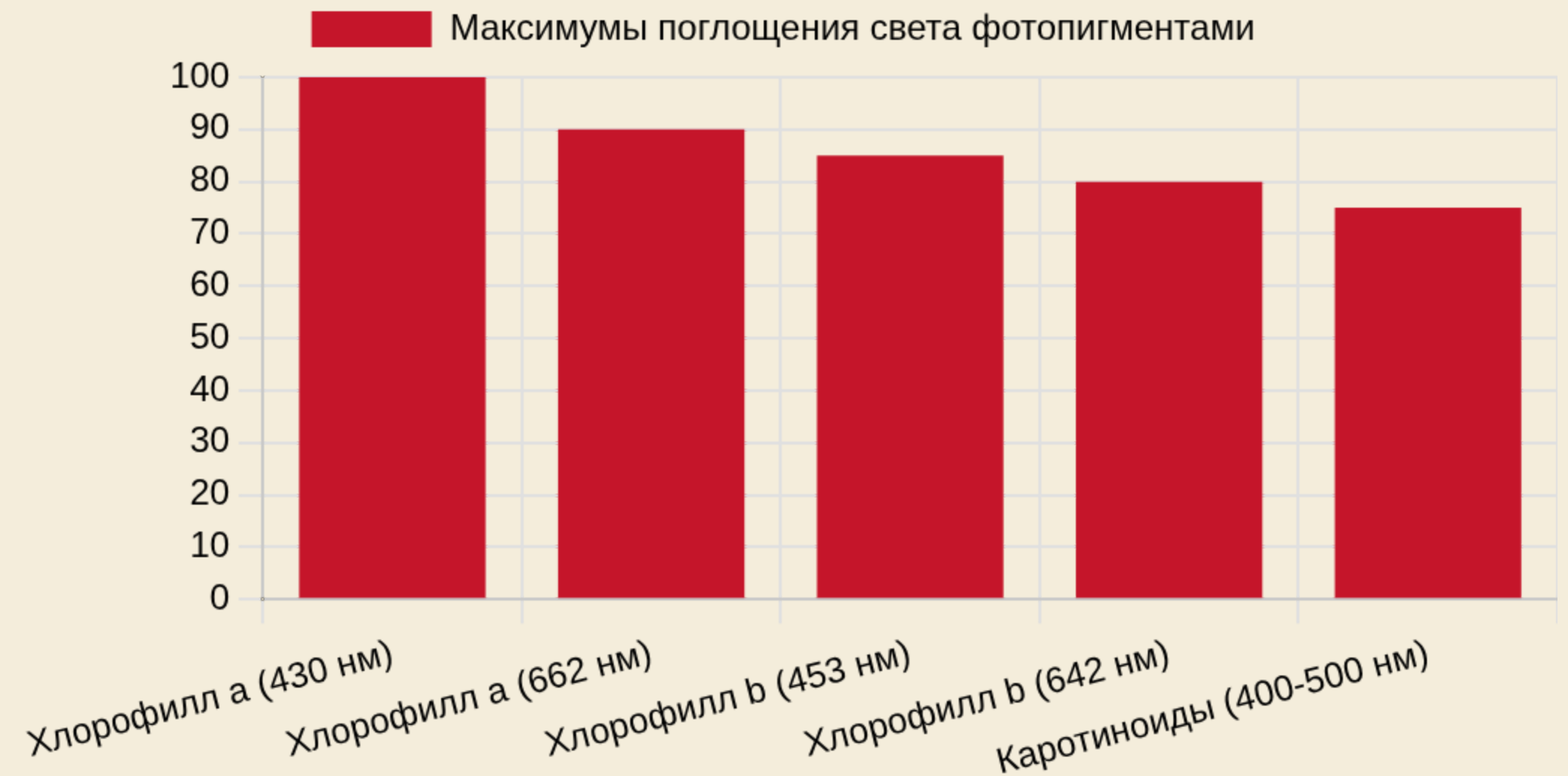
Основными пигментами являются хлорофилл а и b, а также каротиноиды, которые обеспечивают поглощение света различных длин волн и защиту от избыточного излучения.

Поглощение света хлорофиллом и каротиноидами

Эффективность фотосинтеза максимальна в синих и красных областях спектра, что определяет зелёный цвет листьев.

Организмы отражают зелёный свет, поскольку он слабо поглощается пигментами, что снижает эффективность фотосинтеза в этом диапазоне.

Данные из биофизических исследований фотопигментов, 2023



Фотолиз воды: механизм и экологическое значение

01

Фотони света в фотосистеме II вызывают расщепление воды на протоны, электроны и кислород, обеспечивая электронный поток.

02

Протоны создают градиент, необходимый для синтеза АТФ, а кислород выделяется в атмосферу, поддерживая жизнь на планете.

03

Этот процесс связывает энергетический обмен клеток с дыхательными круговоротами и экологической стабильностью биосферы.

Фотофосфорилирование и образование АТФ

01

Фотофосфорилирование происходит на мембранах тилакоидов, где энергия света преобразуется в химическую с формированием АТФ.

02

Электрохимический протонный градиент обеспечивает работу АТФ-синтазы, которая катализирует синтез аденозинтрифосфата.

03

Образующийся АТФ служит основным энергетическим источником для реакций темновой фазы, включая фиксацию углекислого газа.

04

Процесс обеспечивает эффективное распределение энергии, поддерживая жизненные функции растительных клеток.

Варианты фотосинтеза у разных организмов

01

Оксигенный фотосинтез характерен для растений, цианобактерий и зеленых водорослей, где вода служит донором электронов, а в процессе выделяется кислород, важный для атмосферы.

02

Аноксигенный фотосинтез встречается у пурпурных и зеленых серобактерий, использующих сероводород или органические вещества, при этом кислород не выделяется, что влияет на химический состав их среды.

03

Эти различия в источниках электронов и продуктах фотосинтеза обуславливают разнообразие экосистем и направленность эволюции фотосинтетических организмов в разных условиях.

2019

год углублённых исследований механизма фиксации
углерода фотосинтетическими организмами

Фотосинтез является ключевым компонентом
пластического обмена, обеспечивая синтез
органических веществ из неорганических с
запасанием энергии в форме АТФ и НАДФ•Н.

Журнал «Фотобиология и фотомедицина», 2019

Фотосинтез как элемент энергетического обмена

01

В световой фазе происходит преобразование световой энергии в химическую с образованием АТФ и восстановленного НАДФ•Н, обеспечивающих энергию для последующих реакций.

02

Темновая фаза использует накопленную энергию для фиксации CO_2 и синтеза глюкозы, что интегрирует процесс с энергетическим обменом клетки и поддерживает метаболическую активность.

03

Таким образом, фотосинтез связывает процессы анаболизма и катаболизма, реализуя сбалансированное использование энергии и ресурсов в растительных клетках.



Факторы, влияющие на скорость фотосинтеза

01

Внешние условия влияния

Освещённость, температура и доступность CO_2 напрямую влияют на интенсивность фотосинтеза. При недостатке или избытке этих факторов процесс замедляется или блокируется.

02

Внутренние механизмы регуляции

Минеральное питание и здоровье хлоропластов регулируют фотосинтетическую активность внутри клетки, обеспечивая оптимальные условия для работы ферментов и фотопигментов.

Значение фотосинтеза в биосфере и жизни человека

01

Фотосинтез поддерживает концентрацию кислорода в атмосфере, необходимого для дыхания всех аэробных организмов, включая человека.

02

Он обеспечивает основу пищевых цепей, синтезируя органические соединения, которые потребляются растительноядными и далее хищниками.

03

Участвует в углеродном цикле, снижая количество CO_2 в атмосфере и влияя на климатические условия на планете.

04

Используется в производстве биотоплива, продуктов питания и биоматериалов, что имеет важное экономическое и экологическое значение для человечества.

Определение хемосинтеза, основные типы и функции

01

Хемосинтез — процесс синтеза органических веществ бактериями с использованием энергии от окисления неорганических соединений, без участия света.

02

Основные типы включают нитрифицирующие, железобактерии и серобактерии, каждая из которых окисляет специфические соединения — аммиак, железо или серу.

03

Главная функция хемосинтеза — поддержание биогеохимических циклов, особенно в средах, где отсутствует солнечный свет, и обеспечение автотрофного питания бактерий.

Таблица: Фотосинтез и хемосинтез — сходства и различия

Сравнение процессов по ключевым характеристикам, что позволяет понять их роль в экосистемах и энергетическом обмене организмов.

Оба процесса обеспечивают автотрофное питание, отличаясь источником энергии и донорами электронов, что отражается на продуктах и биологических группах.

Обзор биохимии автотрофных процессов, 2021

Параметр	Фотосинтез	Хемосинтез
Источник энергии	Свет	Химические реакции
Донор электронов	Вода	Неорганические вещества
Продукт	Кислород	Отсутствует
Организмы	Растения, водоросли	Бактерии

Пример хемосинтеза: работа нитрифицирующих бактерий

01

Нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак до нитритов, а затем до нитратов, используя полученную энергию для фиксации CO₂ и синтеза органических соединений, поддерживая питательный баланс почвы.

02

Эти процессы жизненно важны для круговорота азота в природе, превращая азотистые вещества в формы, доступные для растений и обеспечивая плодородие экосистем.



Экологическая и практическая значимость хемосинтеза

01

Хемосинтез обеспечивает биогеохимические циклы азота, серы и других элементов, поддерживая стабильность экосистем, особенно в условиях без солнечного света.

02

Имеет прикладное значение в очистке сточных вод и сельском хозяйстве, повышая биоразнообразие и устойчивость почв.

03

Обнаруженный Виноградским процесс показал важность бактерий-синтезаторов для природных и промышленных экосистем, что открыло новые направления в микробиологии.

Заключение: взаимодополняющая роль фотосинтеза и хемосинтеза

Фотосинтез и хемосинтез являются ключевыми механизмами для поддержания жизни, обеспечивая биосферу энергией и органическими веществами, раскрывая многогранность природных обменов и открывая научные перспективы.

