Фотосинтез. Фототрофи використовують для синтезу органічних сполук енергію світла. Процес утворення органічних сполук із неор­ганічних завдяки перетворенню світлової енергії в енергію хімічних зв'язків називають фотосинтезом. До фототрофних організмів на­лежать зелені рослини (вищі рослини, водорості), деякі тварини (рос­линні джгутикові), а також деякі прокаріоти — ціанобактерії, пурпу­рові та зелені сіркобактерії.

Основними з фотосинтезуючих пігментів є хлорофіли. За своєю структурою вони нагадують гем гемоглобіну, але в цих сполуках замість заліза присутній магній. Залізо потрібне рослинним орга­нізмам для забезпечення синтезу молекул хлорофілу (якщо в рос­лину залізо не надходить, то в неї утворюються безбарвні листки, нездатні до фотосинтезу).

Більшість фотосинтезуючих організмів має різні хлорофіли хлорофіл а (обов'язковий), хлорофіл Ь (у зелених рослин), хлорофіл с (у діатомових і бурих водоростей), хлорофіл d (у червоних водоростей). Зелені й пурпурові бактерії містять особливі бактеріохлорофіли.

В основі фотосинтезу лежить окиснювально-відновний процес, пов'язаний із перенесенням електронів від сполук постачальників електронів (донорів) до сполук, які їх сприймають (акцепторів), з утворенням вуглеводів і виділенням в атмосферу молекулярного кисню. Світлова енергія перетворюється на енергію синтезованих органічних сполук (вуглеводів) в особливих структурах - реакційних центрах, що містять хлорофіл а.

У процесі фотосинтезу у зелених рослин і ціанобактерій беруть участь дві фотосистеми — перша (І) та друга (II), які мають різні реакційні центри та пов'язані між собою через систему перенесення електронів.

Процес фотосинтезу відбувається в дві фази — світлову та темнову. У світлову фазу, реакції якої перебігають у мембранах особли­вих структур хлоропластів - тилакоїдів за наявності світла фотосинтезуючі пігменти вловлюють кванти світла (фотони). По­глинання фотонів приводить до «збудження» одного з електронів молекули хлорофілу, який за допомогою молекул — переносників електронів переміщується на зовнішню поверхню мембрани тила­коїдів, набуваючи певної потенційної енергії.

У фотосистемі І цей електрон може повертатись на свій енер­гетичний рівень і відновлювати її, а може передаватись такій спо­луці, як НАДФ (нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат). Електро­ни, взаємодіючи з іонами водню, які є в навколишньому середовищі, відновлюють цю сполуку:



Нагадаймо, що коли певна сполука віддає електрон — вона окиснюється, а коли приєднує — відновлюється. Відновлений НАДФ (НАДФ • Н2) згодом постачає водень, потрібний для віднов­лення атмосферного СО2 до глюкози (тобто сполуки, в якій запаса­ється енергія).

Подібні процеси відбуваються й у фотосистемі II. Збуджені електрони, повертаючись на свій енергетичний рівень, можуть пе­редаватись фотосистемі І і таким чином п відновлювати. Фотосисте­ма II відновлюється за рахунок електронів, які постачають молеку­ли води. Під дією світла за участю ферментів молекули води розщеплюються (фотоліз води) на протони водню та молекуляр­ний кисень, який виділяється в атмосферу, а електрони використо­вуються на відновлення фотосистеми II:





Енергія, вивільнена при поверненні електронів із зовнішньої поверхні мембрани тилакоїдів на попередній енергетичний рівень, запасається у вигляді хімічних зв'язків молекул АТФ, які синтезу­ються під час реакцій в обох фотосистемах. Деяка її частина витра­чається на випаровування води. Таким чином, під час світлової фази фотосинтезу утворюються багаті на енергію (яка запасається у ви­гляді хімічних зв'язків) сполуки: синтезується АТФ і відновлюється НАДФ. Як продукт фотолізу води в атмосферу виділяється молеку­лярний кисень.

Реакції темнової фази фотосинтезу перебігають у внутріш­ньому середовищі (матриксі) хлоропластів як на світлі, так і за його відсутності. Як згадувалося раніше, в ході реакцій темпової фази С02 відновлюється до глюкози завдяки енергії, що вивільнюється при розщепленні АТФ, та за рахунок відновленого НАДФ.

Сполукою, яка сприймає атмосферний СО2, є рибульозобіфосфат (п'ятивуглецевий цукор, сполучений із двома залишками фос­форної кислоти). Процес приєднання СО2 каталізує фермент карбоксилаза. Внаслідок складних і багатоступеневих хімічних реакцій, кожну з яких каталізує свій специфічний фермент, утворюється кін­цевий продукт фотосинтезу — глюкоза, а також відновлюється ак­цептор СО2, - рибульозобіфосфат. З глюкози в клітинах рослин можуть синтезуватися полісахариди — крохмаль, целюлоза тощо.

Підсумкове рівняння процесу фотосинтезу у зелених рослин має такий вигляд:



У фотосинтезуючих прокаріот е певні відмінності у перебігу світлової та темнової фаз фотосинтезу. У прокаріот відсутні пластиди, тому фотосинтезуючі піг­менти розташовані на внутрішніх виростах цитоплазматичної мембрани, де і від­буваються реакції світлової фази. У зелених і пурпурових бактерій, на відміну від ціанобактерій, немає фотосистеми II, постачальником електронів є не вода, а сірководень, молекулярний водень та деякі Інші сполуки. Внаслідок цього у цих груп бактерій під час фотосинтезу кисень не виділяється.

Значення фотосинтезу для біосфери важко переоцінити. Саме завдяки цьому процесові вловлюється світлова енергія Сонця. Фотосинтезуючі організми перетворюють її на енергію хімічних зв'язків синтезованих вуглеводів, а потім по ланцюгах живлення вона передається гетеротрофним організмам. Отже, не буде пере­більшенням вважати, що саме завдяки фотосинтезу можливе існу­вання біосфери. Зелені рослини та ціанобактерії, поглинаючи ву­глекислий газ і виділяючи кисень, впливають на газовий склад атмосфери. Увесь атмосферний кисень має фотосинтетичне по­ходження. Щорічно завдяки фотосинтезу на Землі синтезується близько 150 млрд тонн органічної речовини і виділяється понад 200 млрд тонн вільного кисню, який не тільки забезпечує дихання організмів, але й захищає все живе на Землі від згубного впливу короткохвильових ультрафіолетових космічних променів (озоновий екран атмосфери).

Але загалом процес фотосинтезу малоефективний. У синтезова­ну органічну речовину переводиться лише 1-2% сонячної енергії. Це пояснюється неповним поглинанням світла рослинами, а також тим, що частина сонячного світла відбивається від поверхні Землі назад у космос, поглинається атмосферою тощо. Продуктивність процесу фотосинтезу зростає за умов кращого водопостачання рос­лин, їхнього оптимального освітлення, забезпечення вуглекислим газом, завдяки селекції сортів, спрямованій на підвищення ефек­тивності фотосинтезу тощо. Однією з найпродуктивніших культур­них рослин вважають кукурудзу, в якої досить високий коефіцієнт корисної дії фотосинтезу.