

FOTOSINTESI

Nella fotosintesi l'energia luminosa viene convertita in energia chimica con la fissazione del carbonio in composti organici. La fase luminosa ha sede nei tilacoidi e ad essa partecipano direttamente i pigmenti fotosintetici che assorbono l'energia luminosa. Un pigmento è una qualsiasi sostanza che assorba luce. Il principale pigmento coinvolto nella fotosintesi è la clorofilla. La clorofilla è il pigmento che dà il colore verde alle foglie. Un pigmento che assorbe energia luminosa si porta in uno stato eccitato, perché gli elettroni della sua molecola vengono spinti ad un livello energetico superiore. Essa può cedere, sotto forma di calore, l'energia assorbita, cedere l'energia assorbita di nuovo sotto forma di luce ad una lunghezza d'onda maggiore (fluorescenza o efflorescenza), cedere l'energia assorbita ad un sistema che permette la formazione di legami chimici (nella fotosintesi).

La clorofilla permette la conversione dell'energia luminosa in energia chimica solo se associata a particolari proteine e inglobata in specifiche membrane, i tilacoidi. All'anello è legata una lunga catena idrocarburica insolubile. La clorofilla b è un pigmento accessorio, un pigmento che serve ad ampliare lo spettro delle radiazioni luminose utilizzabili per la fotosintesi. Quando una molecola di clorofilla b assorbe luce, la molecola eccitata trasferisce la sua energia ad una molecola di clorofilla a che la trasforma in energia chimica nel corso della fotosintesi. Poiché la clorofilla b assorbe luce ad una lunghezza d'onda minore rispetto alla clorofilla a, essa permette di allargare le zone dello spettro utili per la fotosintesi. Nelle foglie delle piante verdi la clorofilla b costituisce circa un quarto della clorofilla totale. Le clorofille b e c e le clorofille dei batteri sono comunque delle varianti chimiche della clorofilla a. Due altre classi di pigmenti accessori implicati nella cattura dell'energia luminosa sono i carotenoidi e le ficobiline. Come pigmenti accessori naturalmente non possono in nessun caso sostituire la clorofilla a nella fotosintesi. I carotenoidi dei cloroplasti come le clorofille sono inglobati nelle membrane dei tilacoidi. Sono pigmenti accessori, solubili nei lipidi, di colore rosso, arancione o giallo. Sono presenti in tutti i cloroplasti e nei cianobatteri.

La clorofilla presenta un atomo di Mg^{2+} al centro di un anello porfirinico.

Nei cloroplasti la clorofilla e gli altri pigmenti sono inglobati nelle membrane dei tilacoidi in unità fotosintetiche dette fotosistemi.

Ogni fotosistema contiene da 250 a 400n molecole di pigmenti.

Tutti i pigmenti di un fotosistema sono in grado di assorbire fotoni ma solo una molecola di clorofilla a per fotosistema può utilizzare questa energia per produrre la reazione fotochimica.

Questa molecola di clorofilla a è detta centro di reazione. Le altre molecole di pigmenti sono indicate come pigmenti antenna, così chiamati perché fungono da "antenna" per captare la luce.

L'energia luminosa assorbita da una molecola di pigmento viene trasferita da una molecola all'altra fino a raggiungere il centro di reazione. Il centro di reazione, assorbendo energia, si eccita, portando a un livello energetico superiore un elettrone che così può essere trasferito ad un accettore di elettroni, dando inizio al flusso di elettroni fotosintetico. Il modello accettato per descrivere la fase luminosa della fotosintesi è lo schema z. In presenza di luce si realizza un flusso di elettroni dall'acqua al fotosistema II, al fotosistema I, al NADP. Il flusso unidirezionale di elettroni dall'acqua al NADP è detto flusso di elettroni non ciclico.

La produzione di ATP che avviene in connessione con il flusso non ciclico di elettroni è detta fosforilazione non ciclica. L'energia totale ricavata dal trasporto non ciclico di elettroni è 12ATP e 12NADPH.

Il fotosistema I può anche lavorare indipendentemente dal fotosistema II. In tale processo detto flusso di elettroni ciclico, la luce permette il trasferimento degli elettroni del P700 all'accettore di elettroni P430.

Il P430 li trasferisce alla catena di trasporto che connette il fotosistema I al II e di nuovo al centro di reazione del fotosistema I. Si forma ATP.

Nel momento in cui arriva nel centro di reazione gli elettroni vengono emessi e ceduti ad un accettore di elettroni e si forma una catena di trasporto di elettroni. Le due molecole del centro di reazione del centro di clorofilla a, l'acqua viene scissa per dare due elettroni.

Il fotosistema II presenta due molecole di reazione p680 n, gli elettroni vengono ceduti agli elettroni.

Tra questi trasportatori di elettroni vi è un citocromo B6, che è in grado di pompare elettroni all'interno del tilacoide. Si ha un accumulo di ioni H+. A livello della membrana dei tilacoidi si ha un complesso dell'ATP sintasi, costituito da due porzioni, una porzione F0 e una porzione F1, che contiene i siti di legame F1, all'interno di questo complesso vi è un canale, all'interno del quale passano ioni H+.

La fuoriuscita di ioni H+ spinge il fosfato a combinarsi con l'ADP per formare ATP.

A questo trasporto di elettroni è accoppiato il flusso protonico, rendendo possibile la sintesi di ATP a partire da ADP e Fosfato.

Il fotosistema I è costituito da molecola antenna e da 2 molecole p700. Quando la reazione colpisce una delle molecole antenna, perdono l'elettrone che va all'accettore, si ha la riduzione dell'NADP a NADPH.

I prodotti si generano secondo lo schema Z. Gli elettroni persi arrivano dal fotosistema 2 secondo lo schema Z.

Il fotosistema I può anche essere indipendente, in questo caso gli elettroni vanno all'accettare p730, li convoglia alla catena di trasportatori, si genera un flusso di elettroni ciclico.

L'ATP viene sintetizzato. Nella fotofosforilazione ciclica si forma ATP ma non si forma NADPH.

Nella seconda fase della fotosintesi l'energia chimica viene utilizzata per organizzare il carbonio, dando alla formazione della G3P. Utilizza ATP e NADPH che sono i prodotti della prima fase. La fase oscura è catalizzata da enzimi presenti nello stroma.

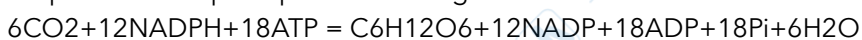
Il ciclo di Calvin Benson che porta a molecole a 3C. La CO₂ si lega a uno zucchero a 5C, che si trova in forma di ribulosio 1,5 Bisfosfato. L'enzima che catalizza la reazione si chiama Rubisco, Ribulosio 1,5 bisfosfato carbossilasi, esso prende la CO₂ e lo lega allo zucchero, quindi carbossila lo zucchero. Si forma un intermedio altamente instabile, che si rompe per generare 2 molecole di 3 fosfoglicerato (intermedio a 6C). L'enzima è molto abbondante nei cloroplasti, molto presente in natura.

2 trifosfoglicerato, danno luogo alla formazione di 2 molecole 1,3 difosfoglicerato, che viene ridotto dal NADPH in 3fosfogliceraleide, la Gliceraldeide3Fosfato. (Prodotto del ciclo C3).

Per ogni ciclo entra una molecola di CO₂ e una riduzione di una molecola di CO₂.

6 molecole di Ribulosio1,5bisfosfato con 6CO₂, danno 6 molecole di intermedio instabile che danno 12 Trifosfoglicerato, che saranno attivate da 12ATP, generano 12 1,3bisfosfoglicerato, ridotte da 12 NADPH per dare 12 G3P (2 molecole danno 2 esosi, 10 attraverso una serie di reazioni danno luogo alla formazione di ribulosio 1,5 bisfosfato). 10 molecole di ribulosio 3 fosfato formano 30C, attraverso una serie di reazioni si ripristinano 2 ribulosio 1,5 bisfosfato, che richiedono 6ATP.

L'equazione completa per formare 1 glucosio:



6 ingressi di CO₂ sono necessari per ottenere la sintesi di un esoso.

Il prodotto del ciclo di Calvin è la G3P.

Per ottenere uno zucchero esoso sono necessari 6 ingressi di CO₂, 18 ATP e 12 NADPH

Accanto al ciclo C3 esiste un'altra variante per organizzare il carbonio, il ciclo C4. In alcune piante dette piante C4 la fissazione della CO₂ porta come primo prodotto alla formazione di ossalacetato (composto a 4C). L'ossalacetato si forma per reazione della CO₂ con il Fosfoenolpiruvato (PEP), reazione catalizzata dalla fosfoenolpiruvato carbossilasi (PEP carbossilasi).

L'ossalacetato viene ridotto a malato oppure con l'aggiunta di un gruppo amminico, convertito nell'aminoacido aspartato.

Le reazioni del ciclo C4 avvengono nelle cellule del mesofillo (cellule del parenchima clorofilliano), nelle cellule della guaina del fascio si ha il ciclo C3. Nella tappa successiva il malato o l'asportato migrano dalle cellule del mesofillo alle cellule della guaina del fascio che circonda i fasci vascolari della foglia, dove vengono decarbossilati per dare CO₂ e piruvato.

La fotorespirazione è un processo che compete con il ciclo C3 che consuma ATP e che consuma parte del potere riducente derivate dal processo di fotosintesi.

Questo processo attua la liberazione di CO₂. La fotorespirazione aumenta ad elevate temperature che fanno abbassare la concentrazione di CO₂ in soluzione, le elevate temperature favoriscono la fotorespirazione piuttosto che il ciclo C3. Ad alta temperatura la concentrazione di CO₂ aumenta quindi in soluzione. Nelle cellule della guaina del fascio, si ha una concentrazione di CO₂ e in questo modo si evitano gli effetti negativi della fotorespirazione poiché essi concentrano CO₂. Nelle piante C4 la fissazione della CO₂ ha un costo energetico elevato rispetto alle piante C3.

Le piante C4 richiedono 5ATP per fissare CO₂ mentre le piante C3 ne richiedono 3ATP. Nonostante ciò le piante C4 sono più efficienti nell'utilizzare la CO₂.

Nelle piante CAM, si ha la combinazione del ciclo C4 con il ciclo C3, si ha una separazione temporale.

Di notte per evitare le perdite di acqua hanno gli stomi aperti, di giorno presentano stomi chiusi.

Di notte la CO₂ va a legarsi con il PEP, per dare ossalacetato che poi viene ridotto a malato (che viene accantonato nei vacuoli). Di giorno l'acido malico viene decarbossilato. Le piante CAM realizzano una separazione temporale del ciclo C3 e C4, che separa in maniera temporale i due cicli. Gli stomi aperti di giorno porterebbero ad una rapida disidratazione. Di giorno il malato esce si converte e viene liberata CO₂. Esempi di questi tipi di piante sono cactus che presentano dei parenchimi, i acquiferi che tendono a trattenere acqua tramite legami ad idrogeno, presentano barriere per evitare le perdite di acqua.