

## La fotosintesi clorofilliana

### La clorofilla

Essa è la molecola chiave della fotosintesi: è per mezzo di essa che viene catturata l'energia luminosa del sole poi trasformata in energia chimica.

La struttura molecolare della clorofilla si compone di due parti:

1. **la testa** – che interviene nelle reazioni luminose e partecipa alle trasformazioni fitochimiche
2. **la coda** – che ha la funzione di inserirsi tra i lipidi delle membrane dei tilacoidi.

La clorofilla delle piante superiori è costituita da due molecole leggermente diverse: **clorofilla A** e **clorofilla B**. Oltre a queste due molecole ci sono poi altri pigmenti accessori, i **carotenoidi**, che collaborano al processo fotosintetico

La clorofilla cattura la luce (**fotone o quanto di luce**) attraverso l'assorbimento di energia ad opera di un elettrone il quale, aumentando la sua energia, salta un livello e va ad un orbitale superiore. Tutta la molecola di clorofilla, a causa di questo processo, entra in uno stato eccitato ma poiché questa condizione non è naturale, l'elettrone tende quasi subito a ritornare sul suo orbitale originario rilasciando l'energia precedentemente acquisita sotto forma di calore.

La clorofilla è contenuta all'interno dei cloroplasti i quali possono essere definiti come organuli interni alle cellule delle piante verdi. All'interno del cloroplasto è localizzato un sistema di membrane sovrapposte detto tilacoide nel quale c'è la clorofilla.

### Fasi della fotosintesi

#### 1. fase luminosa

si svolge ad opera di numerose molecole: pigmenti e enzimi tra loro connessi alla membrana dei tilacoidi.

Tra queste molecole hanno fondamentale importanza i due centri di assorbimento dell'energia solare definiti come **fotosistema 1** e **fotosistema 2** che operano in modo integrato e simultaneo.

I fotosistemi sono costituiti da clorofilla A e B e carotenoidi e l'insieme è detto **complesso antenna**.

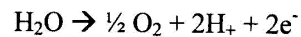
Il complesso antenna assorbe energia luminosa e la convoglia su un'unica specifica molecola detta centro di reazione la cui attivazione determina l'eccitazione di due elettroni della molecola di clorofilla. Questi elettroni vengono catturati da un **accettore primario** che si riduce mentre la clorofilla si ossida.

Chimicamente una riduzione comporta l'acquisto di elettroni mentre l'ossidazione comporta una perdita.

La riduzione (con l'acquisto di elettroni), dell'accettore primario comporta una trasformazione dell'energia che da luminosa diviene chimica. Questo passaggio determina l'avvio vero e proprio della fotosintesi.

Il fotosistema 2 quando viene colpito dalla luce ne assorbe di questa **2 fotoni** perdendo una coppia di elettroni che vengono catturati dall'accettore primario. Il buco elettronico formatosi nella

clorofilla viene colmato con una coppia di elettroni proveniente dalla scissione di una molecola d'acqua:



La scissione dell'acqua libera ossigeno verso l'esterno e accumula idrogeno nei tilacoidi

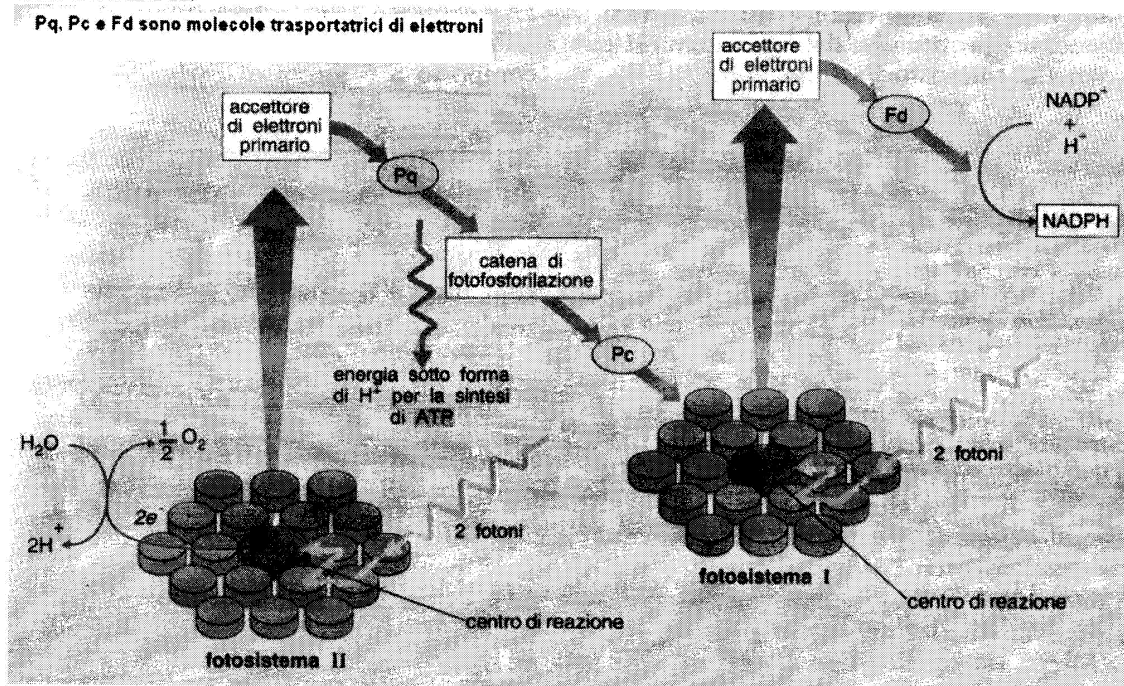
Nel frattempo l'accettore primario di elettroni catturati dal fotosistema 2 cede gli elettroni ad una catena di trasporto (catena di fosforilazione) detta **ciclo Q**.

Essa utilizza la caduta di energia degli elettroni (che perdono gradualmente la loro energia durante le fasi di trasporto) per richiamare gli idrogeni dallo **stroma al lume dei tilacoidi** il cui aumento consente la produzione di **ATP**.

Contemporaneamente all'attivazione del fotosistema 2 anche il fotosistema 1 viene colpito dalla luce cedendo una coppia di elettroni ad un altro accettore primario. Il buco elettronico che ne risulta viene colmato dai due elettroni, ormai quasi privi di energia, che arrivano dall'accettore primario del fotosistema 2.

Con l'energia degli elettroni che invece sono stati catturati dall'accettore del fotosistema 1, si trasforma il **NADP in NADPH** e si accumulano ioni  $\text{H}^+$  nel lume dei tilacoidi.

Concludendo, attraverso questi passaggi, la fase luminosa della fotosintesi libera ossigeno e produce ATP e NADPH.



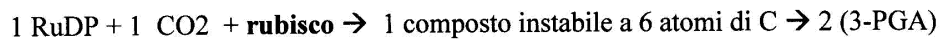
## 2. fase oscura o ciclo di Calvin-Benson

La fase oscura si svolge nello stroma dei cloroplasti, dove l'energia immagazzinata in ATP e NADPH viene impiegata per ridurre l'anidride carbonica in carbonio organico. Ciò avviene tramite una serie di reazioni, conosciute come ciclo di Calvin Benson (detto anche ciclo C3), che utilizzano l'energia presente nell'ATP e il potere riducente del NADPH prodotti nella fase luminosa.

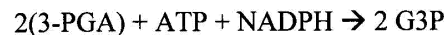
Il processo inizia con la fissazione del carbonio che proviene dall'esterno attraverso gli stomi fogliari.

La CO<sub>2</sub> in presenza di ATP (che eroga energia) e NADPH (che possiede elettroni) si trasforma seguendo un processo a tappe intermedie.

1. **una** molecola di **ribulosio-difosfato** (RuDP) zucchero con molecola a 5 atomi di carbonio, già presente nel sistema, in presenza di **una** molecola di CO<sub>2</sub> e per azione di un enzima chiamato **rubisco**, si lega formando in un primo momento **una** molecola di un composto a 6 atomi di carbonio, instabile, che si trasforma quasi subito in **due** molecole a tre atomi di carbonio: **acido 3 fosfo-glicerico** (3-PGA)

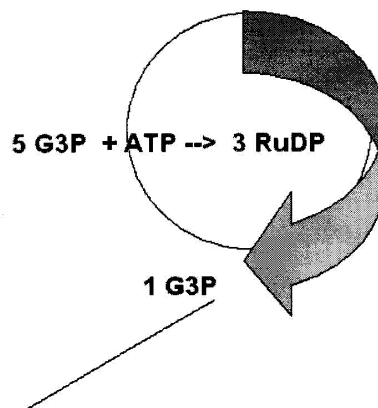


2. le **due** molecole di 3-PGA vengono ridotte successivamente in **due** molecole di un composto a tre atomi di carbonio, la **3-fosfogliceraldeide** (G3P), che è un composto ad alto contenuto energetico. Per questa riduzione sono necessarie l'energia dell'ATP e l'azione riducente del NADPH.



**Dopo tre cicli**, ciascuno dei quali consuma una molecola di anidride carbonica, due di NADPH e tre di ATP, vengono prodotte **sei** molecole di un composto a 3 atomi di carbonio, la gliceraldeide-3-fosfato, (G3P)

3. **cinque** delle sei molecole di G3P rimangono nel ciclo e proseguono la loro trasformazione; **una invece esce**. La molecola uscita dal ciclo rappresenta il prodotto netto della fotosintesi. Le altre cinque infatti concludono la loro trasformazione ridando origine a **tre** molecole di ribulosio-difosfato utilizzando l'energia dell'ATP



La molecola di G3P uscita rappresenta la metà del tempo che occorre alla produzione di una molecola di glucosio. Le cellule vegetali infatti utilizzano **due** molecole di G3P per produrne una di glucosio e, dal momento che il ciclo di Calvin-Benson incorpora ad ogni giro una sola molecola di CO<sub>2</sub>, occorrono sei giri del ciclo per formarne una di zucchero