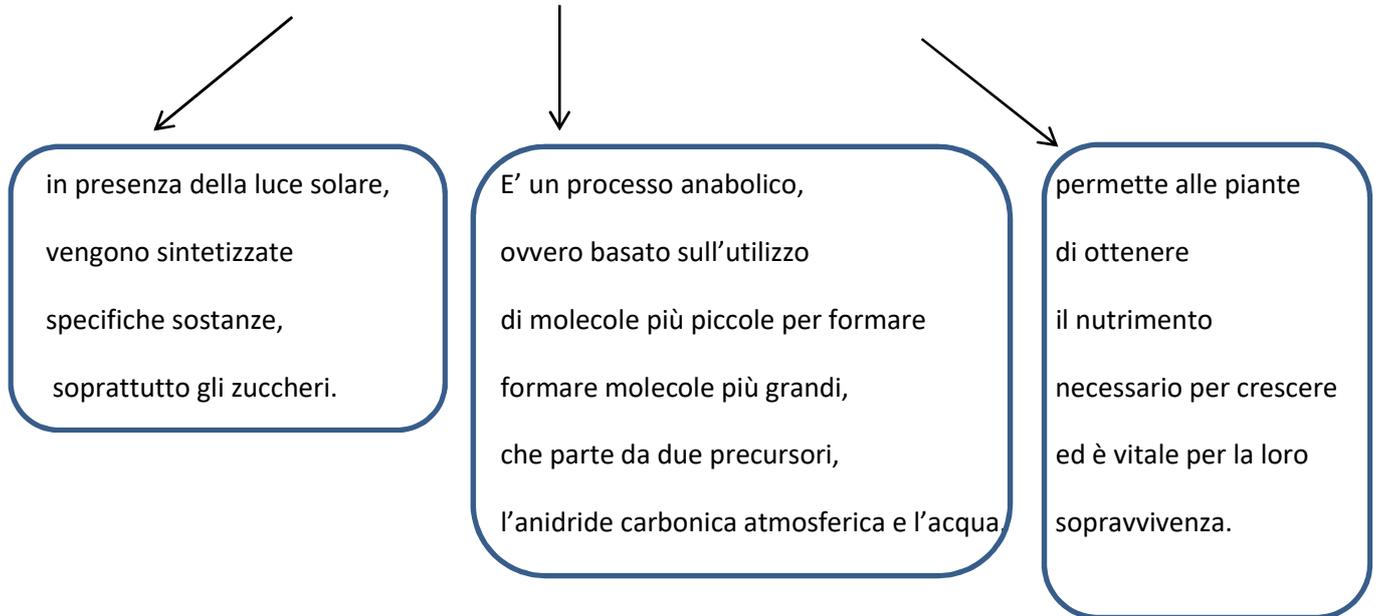


# LA FOTOSINTESI

## Introduzione:

**FOTOSINTESI:** processo biochimico che si svolge nelle piante verdi e in altri organismi (batteri e fitoplancton)



- Nelle piante le attività biosintetiche avvengono all'interno dei **PLASTIDI**;

↓

Organelli presenti nelle cellule vegetali, caratterizzati da una doppia membrana, dalla capacità di riprodursi autonomamente

- I Plastidi si dividono in tre grandi gruppi, che sono: 1) Gli **AMILOPLASTI**

↓

In cui è immagazzinato l'amido, (un polisaccaride che funge da riserva energetica)

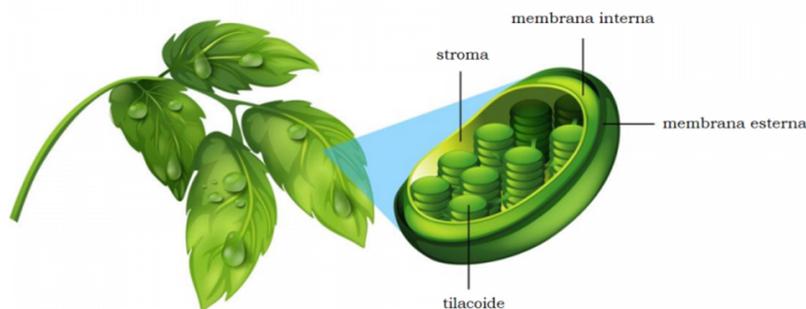
2) I **CAROTENOIDI**

↓

Sintetizzano e accumulano pigmenti come **carotenoidi** (pigmenti di natura lipidica, precursori della vitamina A), **antocianine** (coloranti appartenenti alla famiglia dei flavonoidi) e **xantofille** (sostanze naturali incluse nella famiglia dei carotenoidi)

### 3) I CLOROPLASTI

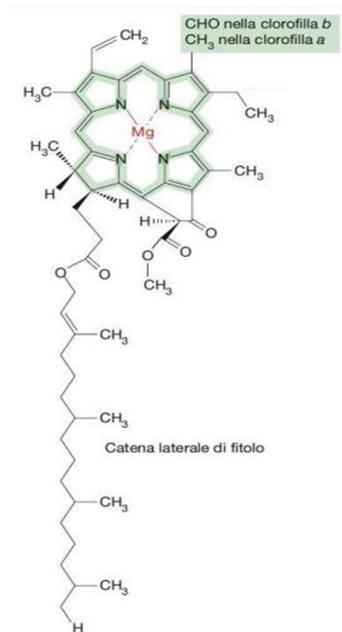
Raffigurano i protagonisti di questo articolo, dal momento che sono quelli in cui si compie il processo fotosintetico; i cloroplasti contengono una serie di dischi appiattiti chiamati tilacoidi (lamelle), impilati l'uno sull'altro a formare i grana (granum al singolare), sono immersi in una sostanza acquosa con un alto contenuto di proteine (specialmente enzimi), lo stroma, e si connettono tra di loro mediante delle porzioni di membrana dette lamelle stromali



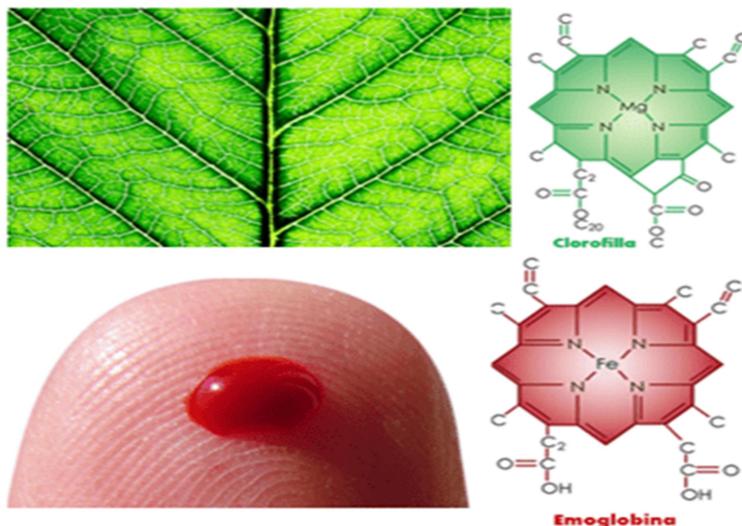
Cloroplasto



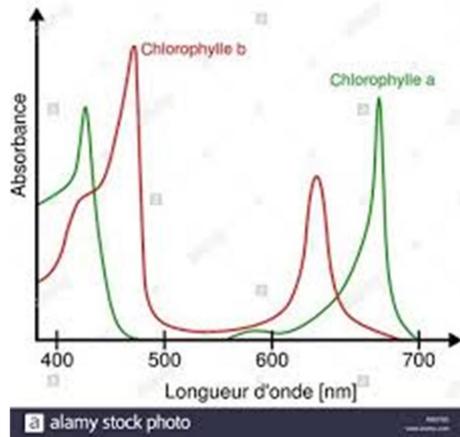
- All'interno dei tilacoidi si trova la **CLOROFILLA**, il cui nome deriva dal greco "chloros", verde, e "phyllon", foglia, che è la base e il motore dell'intero processo. È un pigmento verde isolato nel 1817 dai due chimici francesi Joseph Bienaimé Caventou e Pierre-Joseph Pelletier, avente una struttura eterociclica formata da un anello porfirinico con quattro anelli composti a loro volta da quattro atomi di carbonio e uno di azoto, con al centro uno ione magnesio, che mantiene rigido lo scheletro chimico al fine di impedire la dispersione dell'energia solare sotto forma di calore; legata all'anello c'è una catena idrocarburica



- La disposizione degli elementi della clorofilla è notevolmente simile a quella del gruppo eme dell'emoglobina, con la differenza che quest'ultima contiene uno ione ferro al centro; la via biosintetica delle due molecole è la stessa



- Negli eucarioti ci sono due tipi di clorofilla, ovvero clorofilla A, che assorbe specialmente la luce blu-violetta e rossa, e la clorofilla B, che cattura in prevalenza la luce blu e arancione. La ragione per cui le piante sono verdi è perché la clorofilla assorbe molto poco la lunghezza d'onda del verde



- Il processo di **FOTOSINTESI** si divide in due fasi:

LA FASE OSCURA:

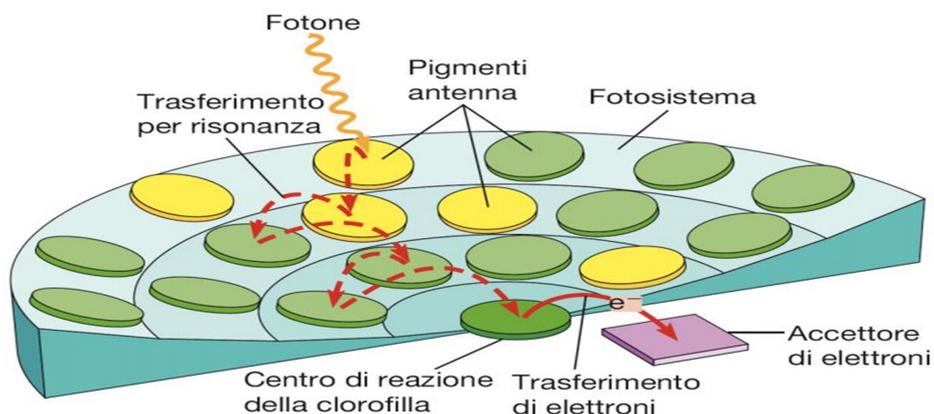
Si può chiamare anche fase di fissazione del carbonio, che si compie in maniera indipendente dalla luce

LA FASE LUMINOSA:

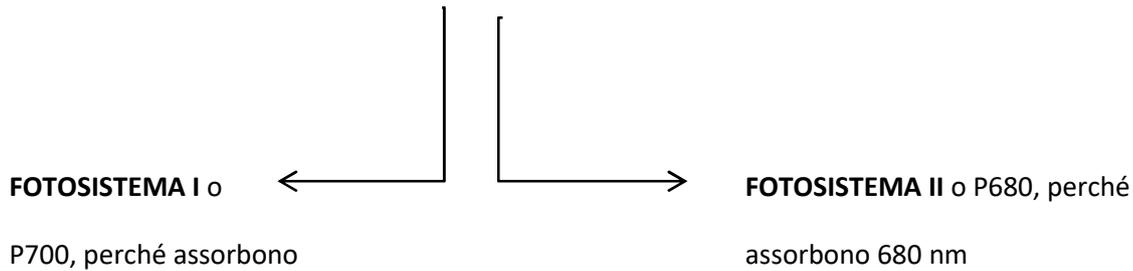
Dipendente dalla luce solare

## ● LA FASE LUMINOSA

Iniziando dalla fase luminosa, bisogna sottolineare che nei tilacoidi la clorofilla è attorniata da complessi proteici chiamati fotosistemi, ognuno dei quali contiene da 250 a 400 molecole di pigmenti che includono, oltre alla clorofilla, i pigmenti antenna e i pigmenti accessori (carotenoidi e ficobiline). I primi assorbono la luce solare e trasmettono l'energia, per risonanza, alle molecole di clorofilla o di pigmenti accessori limitrofe, mentre i secondi assorbono i fotoni che non vengono captati dalla clorofilla e trasferiscono l'energia a quest'ultima. L'energia trasportata arriva poi nel centro di reazione.



- Esistono inoltre 2 tipi di FOTOSISTEMI che si distinguono in base alla lunghezza d'onda:



700 nm

*La loro utilità nella reazione, della fase luminosa, è la seguente:*

(→)

Attraverso la plastocinina, gli elettroni giungono al fotosistema I da qui scendono lungo un'ulteriore catena di trasporto formata da altre molecole trasportatrici, e in seguito passano al NADP<sup>+</sup> (nicotinammide adenina dinucleotide fosfato in forma ossidata), un nucleotide che funge da cofattore per le reazioni biosintetiche e quelle di ossidoriduzione.

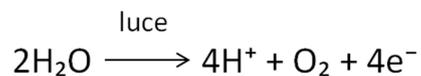
Nel momento in cui due elettroni e un protone (H<sup>+</sup>) si uniscono al NADP<sup>+</sup>, si verifica la genesi del NADPH.

Gli elettroni eliminati dal fotosistema I vengono sostituiti da quelli del fotosistema II.

L'ATP e il NADPH raffigurano l'esatto prodotto della fase luminosa

L'energia assorbita e trasferita nel fotosistema II viene impiegata dal centro di reazione allo scopo di indurre una separazione di cariche elettriche, una reazione di ossidoriduzione in cui la clorofilla funge da donatore di un elettrone; questo viene ceduto a un accettore primario di elettroni che si trova a un livello energetico più elevato.

Gli elettroni sono generati dalla fotolisi dell'acqua, la cui reazione è descritta in questo modo:



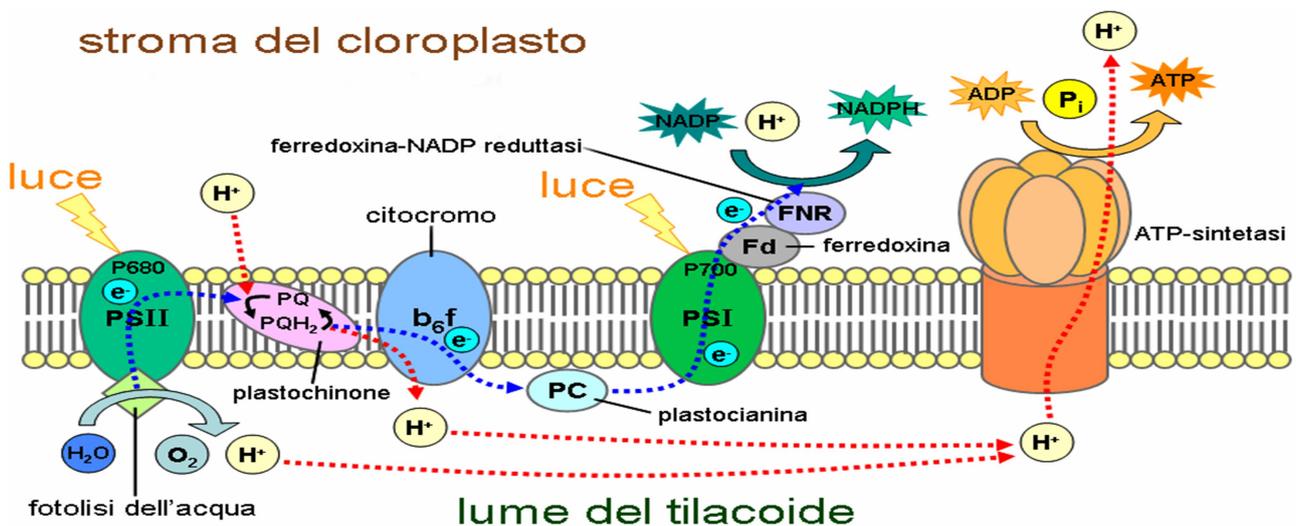
L'acqua viene scissa da un macchinario molecolare associato al fotosistema II, il complesso che libera ossigeno (o complesso che scinde l'acqua), portando alla liberazione di quattro protoni (H<sup>+</sup>), una molecola di ossigeno (O<sub>2</sub>) e quattro elettroni (e<sup>-</sup>).

A questo punto il macchinario cede gli elettroni al P680 (non tutti insieme, bensì uno alla volta), e successivamente questi vengono dislocati lungo una sequenza di molecole intermedie che rappresentano i componenti della catena di trasporto degli elettroni.

A fornire un canale di passaggio per i protoni è la proteina di membrana ATP-sintetasi, la quale utilizza l'energia potenziale del gradiente elettrochimico per sintetizzare l'ATP (adenosina 5'-trifosfato), un nucleotide che funziona da trasportatore di energia nei processi metabolici come la glicolisi.

La produzione dell'ATP a partire dal gradiente protonico è chiamata fotofosforilazione, e tale nome permette di distinguerla dalla fosforilazione ossidativa che avviene nei mitocondri

(→)



- È opportuno mettere in risalto il fatto che l'ATP e il NADPH sono implicate in molteplici vie metaboliche, di conseguenza è alquanto difficile che una cellula fotosintetica richieda sempre questi due composti negli esatti rapporti realizzati dal flusso non ciclico degli elettroni. Normalmente le cellule necessitano di una mole di ATP superiore rispetto al NADPH, in quanto una buona quantità di attività cellulari funziona con l'ATP e non con il NADPH, come ad esempio il trasporto attraverso le membrane.

## • LA FASE OSCURA O CICLO DI CALVIN

La fase oscura della fotosintesi clorofilliana, chiamata anche fase di fissazione del carbonio, Ciclo di Calvin, o Ciclo C3, avviene nello stroma del cloroplasto.

Essa effettua la conversione del carbonio inorganico presente nell'anidride carbonica in molecole di carbonio organico, come il glucosio.

È un processo metabolico ciclico in cui viene trasferito un atomo di carbonio su un monosaccaride a 5 atomi di carbonio, il ribulosio, il quale si scinde in 2 molecole a 3 atomi di carbonio.

La maggior parte di questi prodotti verrà riciclata per ripristinare il ribulosio per permettere di ripetere il ciclo, la restante parte verrà utilizzata per formare molecole di glucosio, ovvero il prodotto finale.

**La reazione totale del Ciclo di Calvin è:**



Benché si chiami fase oscura, il Ciclo di Calvin avviene prevalentemente di giorno, data la maggiore disponibilità di ATP e NADPH prodotti durante la fase luminosa, ma può continuare anche in assenza di luce.

- Il Ciclo di Calvin si può dividere in 4 step, che sono:
  - 1) Fase di carbossilazione: la molecola di partenza del ciclo, il Ribulosio-1, 5-Bifosfato o RuBP (monosaccaride a 5 atomi di carbonio), viene fatta reagire con una molecola di anidride carbonica ad opera dell'enzima RuBisCO (Ribulosio Bifosfato Carbossilasi/Ossigenasi, è l'enzima più abbondante in natura). Il prodotto a 6 atomi di carbonio è instabile e si scinde in 2 molecole a 3 atomi di carbonio: il 3-fosfoglicerato (o acido 3-fosfoglicerico, PGA).
  - 2) Fase di riduzione del PGA: l'acido 3-fosfoglicerico viene ridotto, con spesa di ATP e NADPH, a 3 fosfogliceraldeide (PG3, o gliceraldeide-3-fosfato G3P). La reazione avviene in due tappe: attivazione dell'ATP tramite il trasferimento di un gruppo fosfato, generando 1,3-bifosfoglicerato, il quale viene ridotto dal NADPH e perdendo un gruppo fosfato si trasforma nel prodotto finale, gliceraldeide-3-fosfato (G3P).

- 3) Fase di conversione in glucosio: la gliceraldeide-3-fosfato è un intermedio della Glicolisi e tramite la reazione inversa produce una molecola di glucosio.
  
- 4) Fase di ripristino del ribulosio: il ribulosio deve essere sempre rigenerato per poter continuare il ciclo fungendo da accettore per la fissazione dell'anidride carbonica. Ogni 6 Cicli di fissazione del ribulosio si generano 12 molecole di 3-fosfoglicerato. Di queste 12 molecole, 2 vengono utilizzate per produrre 1 molecola di glucosio, mentre le altre 10 vengono riciclate rigenerando ribulosio.

