

Relazioni luminose



La luce ha un duplice ruolo nel controllo di processi vegeto produttivi:

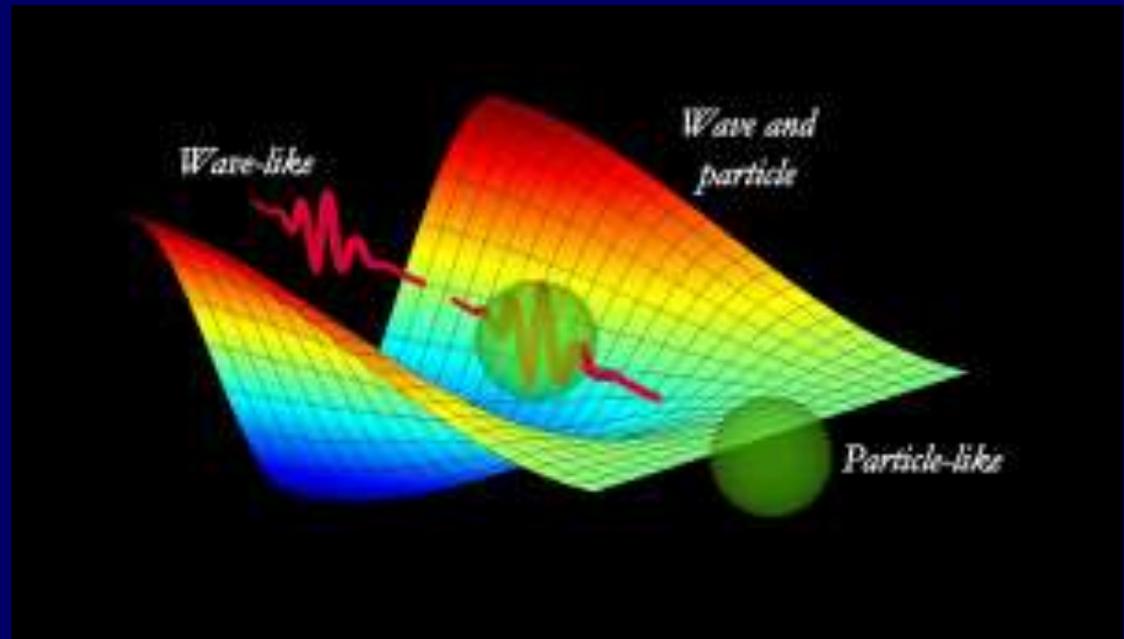
- **Fornisce l'energia che viene immagazzinata in forma chimica nei carboidrati**
- **Controlla la formazione delle strutture vegetative e riproduttive (fotomorfogenesi)**

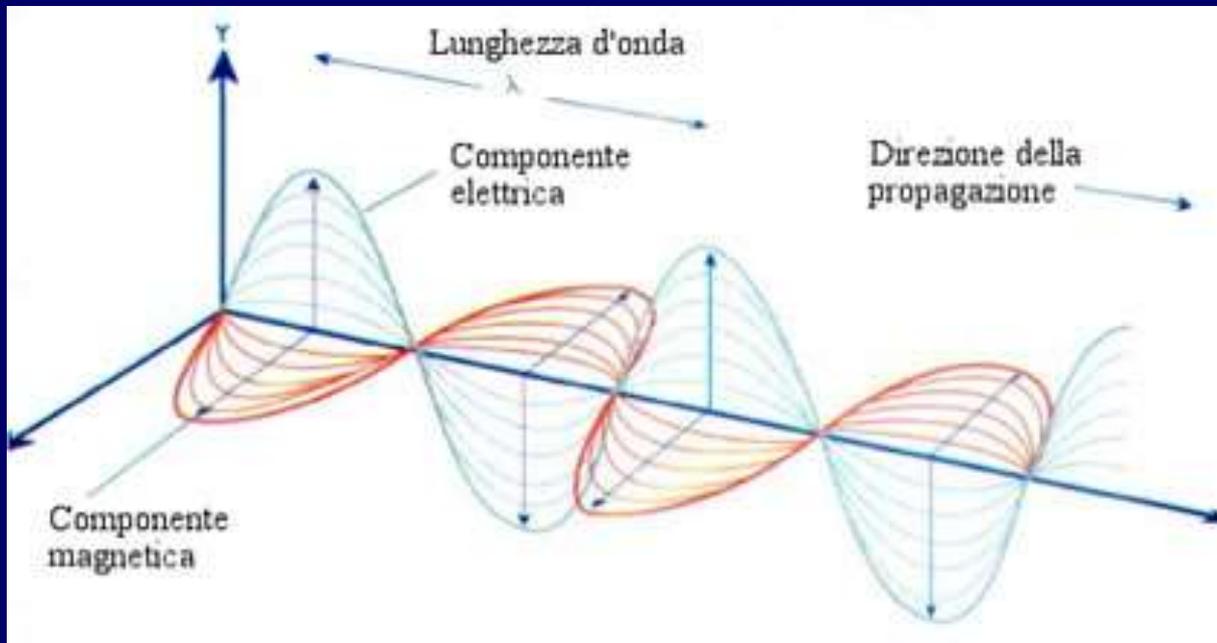
Processi influenzati dalla luce:

- Differenziazione a fiore delle gemme
- Composizione demografica della chioma
- Potenzialità fotosintetica delle foglie
- Capacità dei diversi tipi di foglia di sostenere la crescita dei frutti nei diversi momenti della stagione
- Tipo di carboidrati prodotti e loro ripartizione
- Qualità del frutto (colorazione epidermide, concentrazione solidi solubili, acidità, incidenza fisiopatie , conservazione)

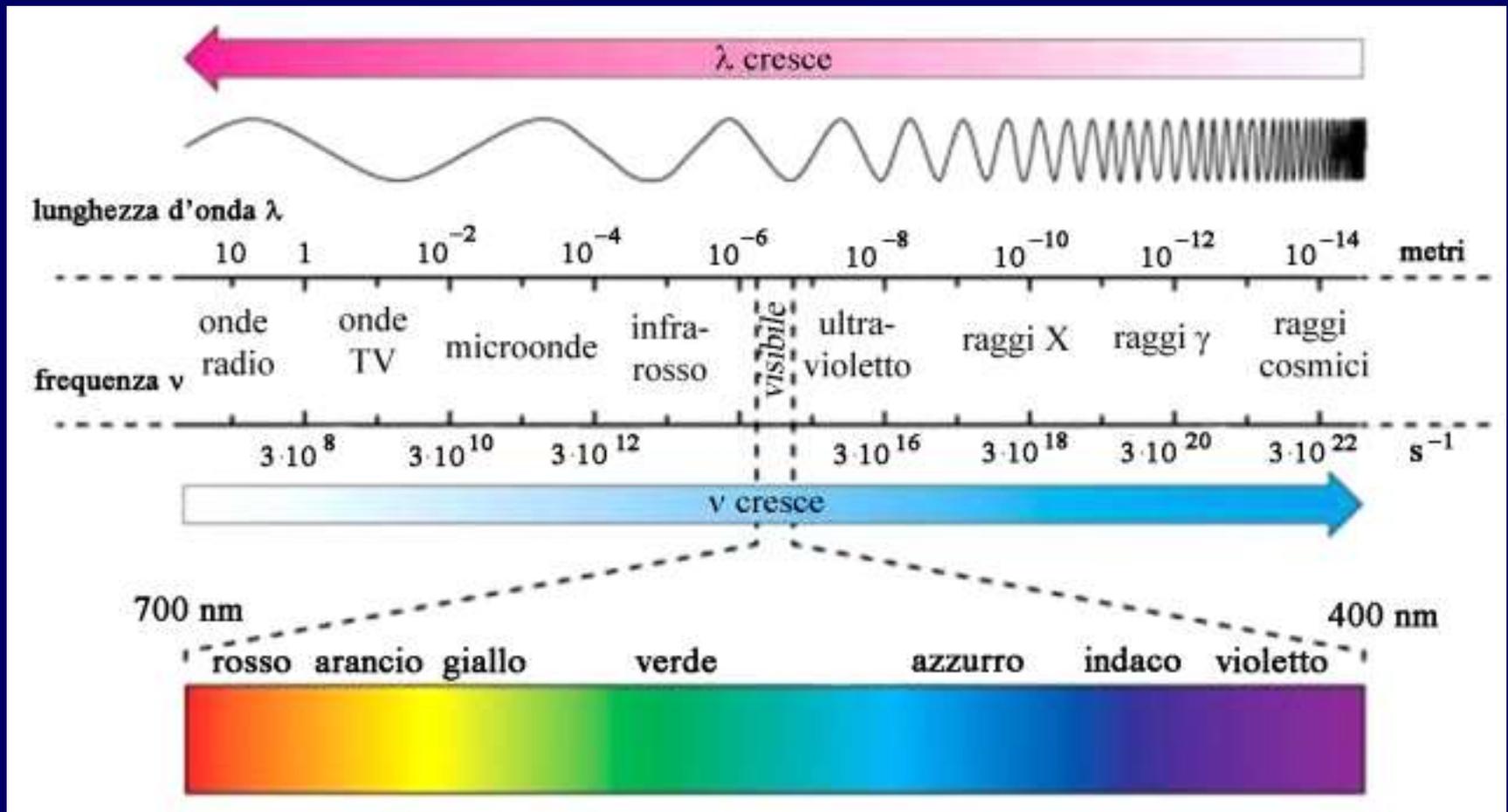
Generalità sulla luce

La luce ha proprietà ondulatorie e proprietà particellari





- La luce è un **onda elettromagnetica** che consiste di campi magnetici ed elettrici oscillanti perpendicolarmente gli uni rispetto agli altri ed alla direzione di propagazione della luce
- La **lunghezza d'onda** è la distanza che intercorre tra due picchi successivi di un onda



- Spettro elettromagnetico: relazione inversa fra lunghezza d'onda (λ) e frequenza (ν)
- All' aumentare della frequenza (o al diminuire della lunghezza d'onda) aumenta il contenuto energetico della luce

- La luce ha anche le caratteristiche fisiche di una corrente di particelle che trasportano energia chiamate QUANTA o FOTONI
- Ogni fotone contiene una determinata energia detta QUANTO
- L'energia di un fotone dipende dalla frequenza della luce, secondo la relazione:

$$E = h \nu$$

dove:

E = energia

h = costante di Plank ($6.6 * 10^{-34}$ J s)

ν = frequenza

L'intensità di radiazione I che perviene su un piano orizzontale è data dalla legge del coseno

$$(I=I_o*\cos(h))$$

h è l'angolo compreso fra i raggi e la perpendicolare al piano

I_o è la radiazione che si ha con raggi perpendicolari al piano stesso.

RADIAZIONE



Ogni corpo con temperatura superiore allo 0 assoluto emette pacchetti di energia (quanti o fotoni) in forma di onde elettromagnetiche.

Il Sole, che ha temperatura media di circa 6000° K , emette nello spazio circostante una quantità di energia radiante pari a circa $3,86 \times 10^{26} \text{ Watt}$.

La **costante solare** è la quantità di energia radiante che arriva sulla Terra dal Sole per unità di tempo e di superficie ed è pari a 1367 W/m^2

Sulla superficie terrestre la disponibilità di radiazione solare cambia in funzione delle caratteristiche geografiche del sito, delle condizioni atmosferiche, dell'ora del giorno e della stagione dell'anno.

Radiazione con effetti fotomorfogenetici è quella tra 280 e 800nm

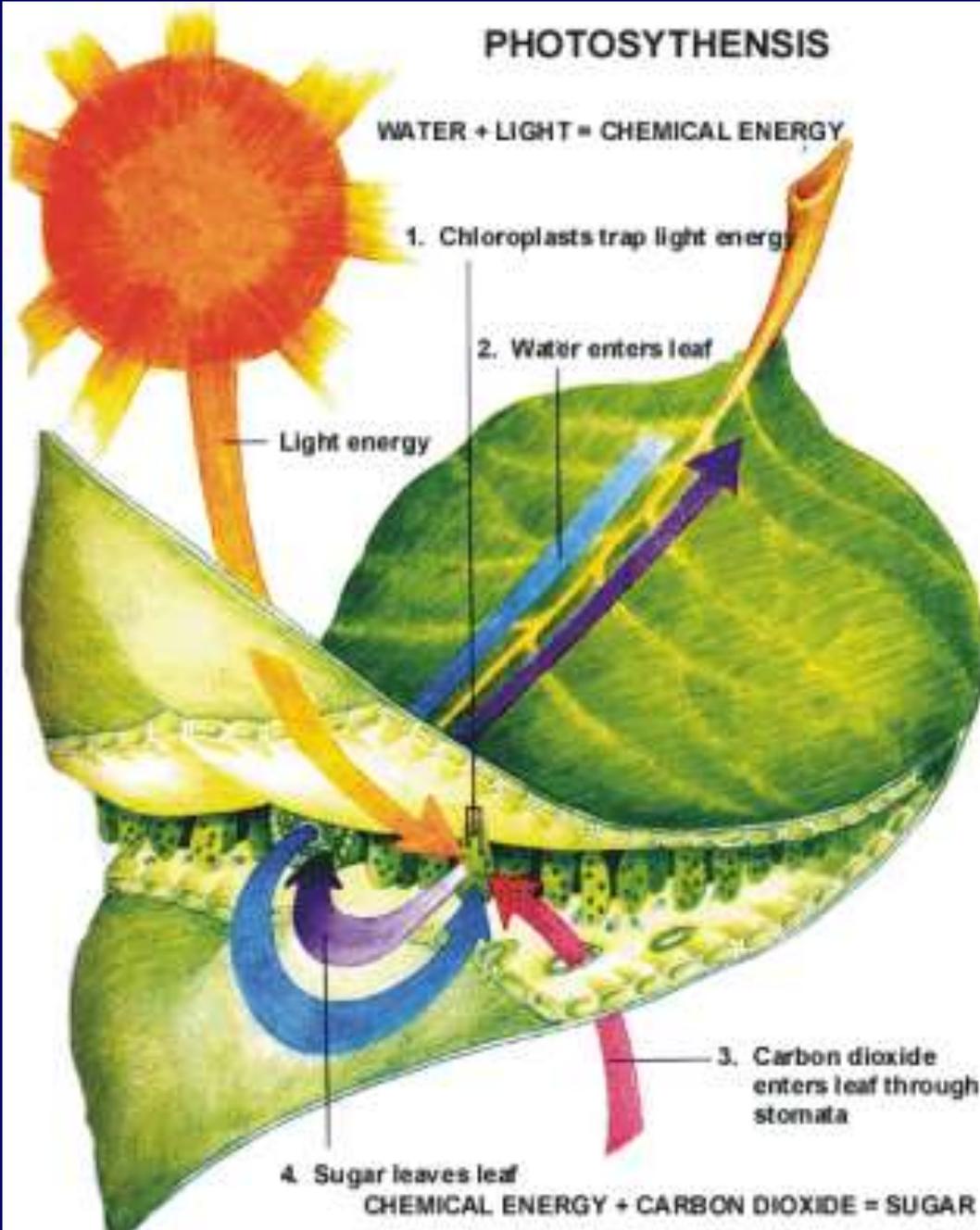
UV-B	280-320nm
UV-A	320-400nm
PDF	400-700nm
FR	700-800nm

Nel visibile le bande più attive fotomorfogeneticamente sono quelle del **Blu**, del **Verde** e del **Rosso**

Fotomorfogenesi: complesso delle strategie di sviluppo che una pianta adotta al variare del regime luminoso

PHOTOSYTHENSIS

WATER + LIGHT = CHEMICAL ENERGY



FOTOSINTESI

FOTOSINTESI

Si tratta dell'unico processo biologicamente importante in grado di raccogliere l'energia solare e di impiegare per trasformare molecole inorganiche (acqua e anidride carbonica) in materia vivente. Da questo processo dipende la vita sulla terra

- Nelle piante, il tessuto fotosintetico più attivo è rappresentato dal **TESSUTO FOGLIARE**

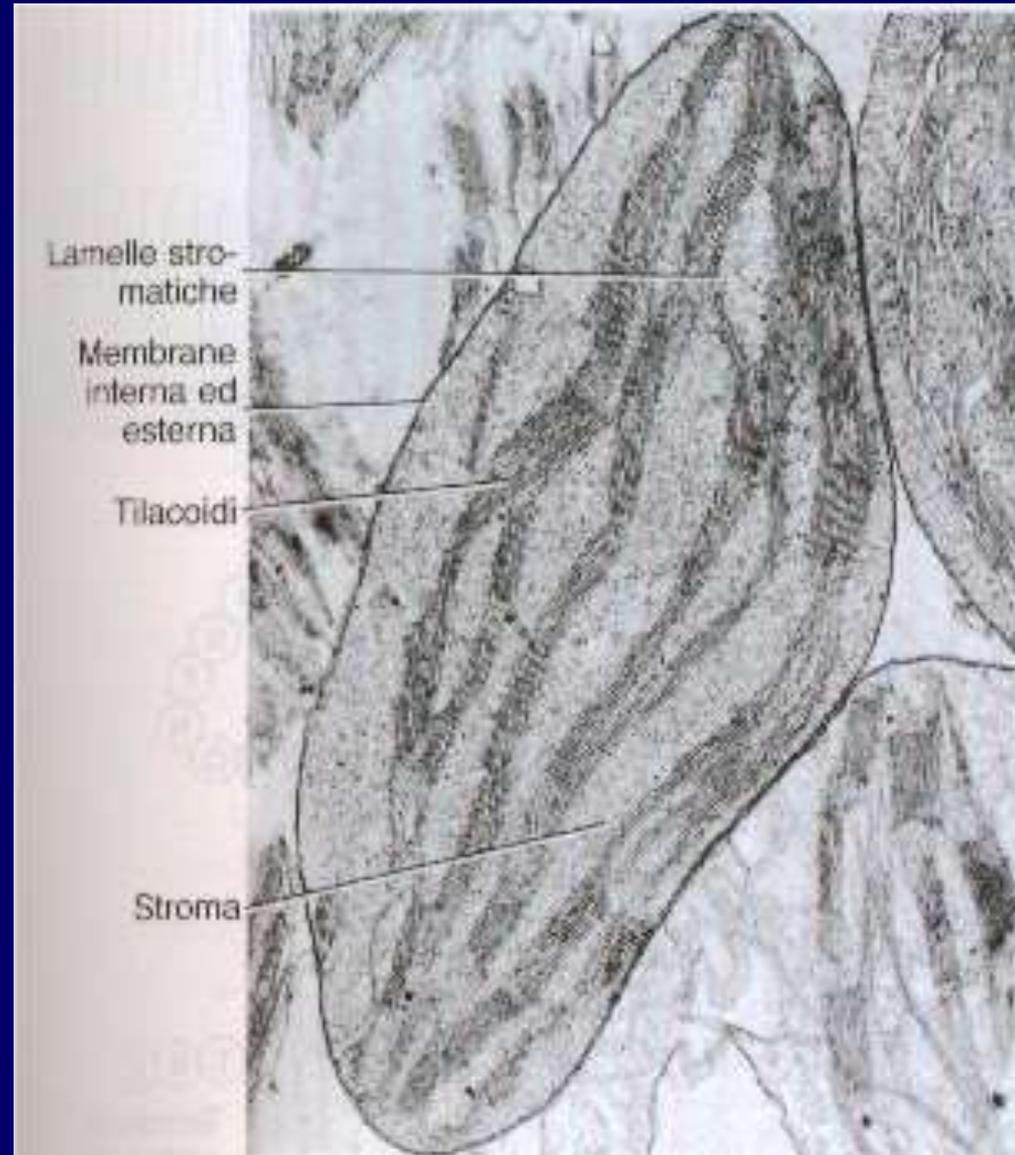
- la fotosintesi ha luogo a livello delle cellule del mesofillo, in organuli specializzati (**cloroplasti**) contenenti pigmenti verdi (**clorofille**) in grado di assorbire l'energia luminosa

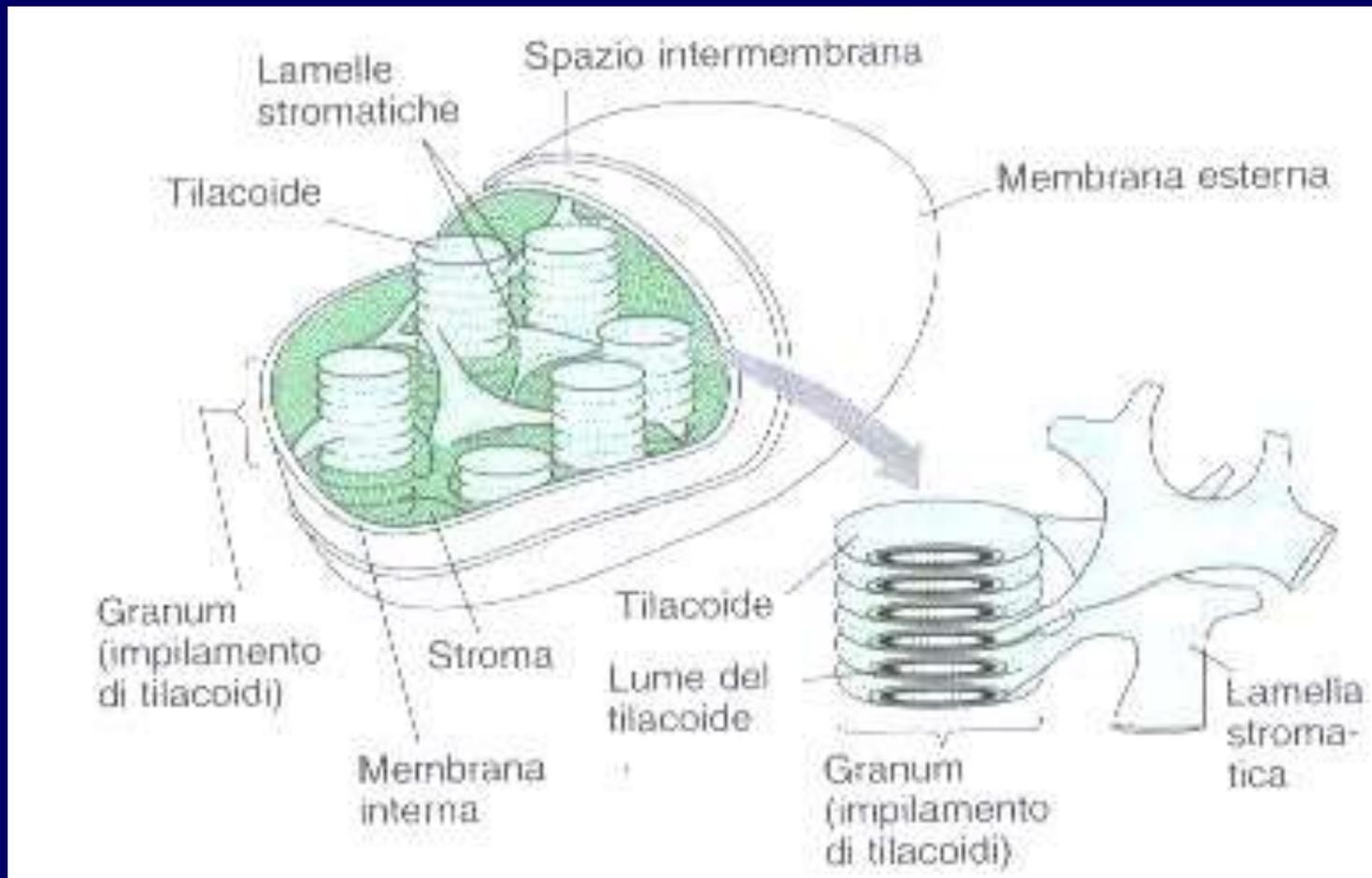
I CLOROPLASTI: ANATOMIA

Architettura dell' apparato fotosintetico: struttura degli organuli e dei complessi che rendono possibile la fotosintesi

Cloroplasto:

- esteso sistema di membrane interne a formare i TILACOIDI
- tutta la clorofilla è contenuta all' interno di questo sistema di membrane che è dunque la sede delle reazioni luminose della fotosintesi
- le reazioni a buio della fotosintesi (riduzione del carbonio) sono catalizzate da enzimi idrosolubili presenti nello STROMA che circonda i tilacoidi





- Le membrane tilacoidali risultano impilate come monete, formando dei sistemi complessi ed interconnessi
- le regioni impilate sono dette **LAMELLE GRANALI** (grana)
- le regioni non impilate sono dette **LAMELLE STROMATICHE**

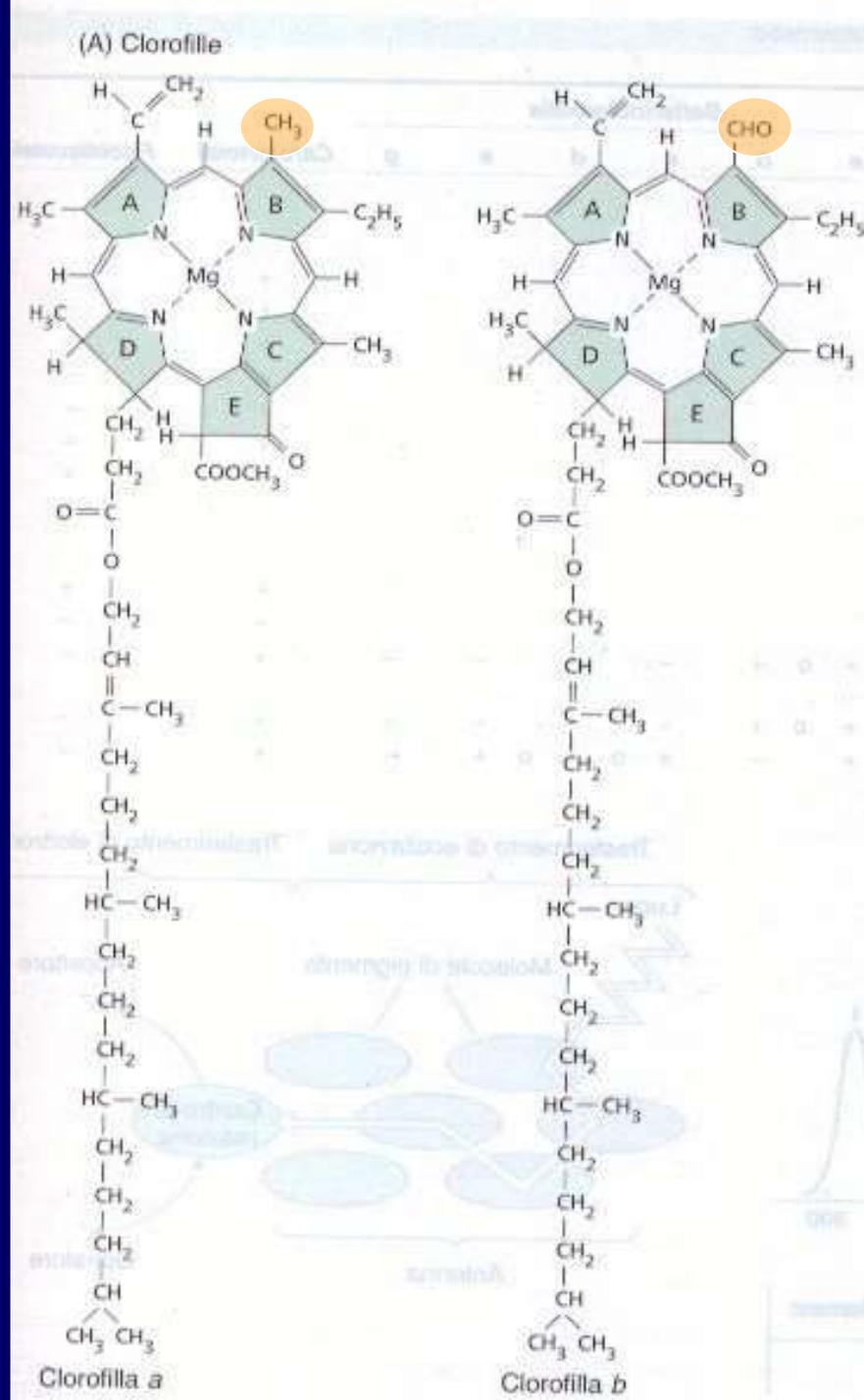
I pigmenti fotosintetici

Struttura molecolare di pigmenti fotosintetici:

- clorofilla a
- clorofilla b

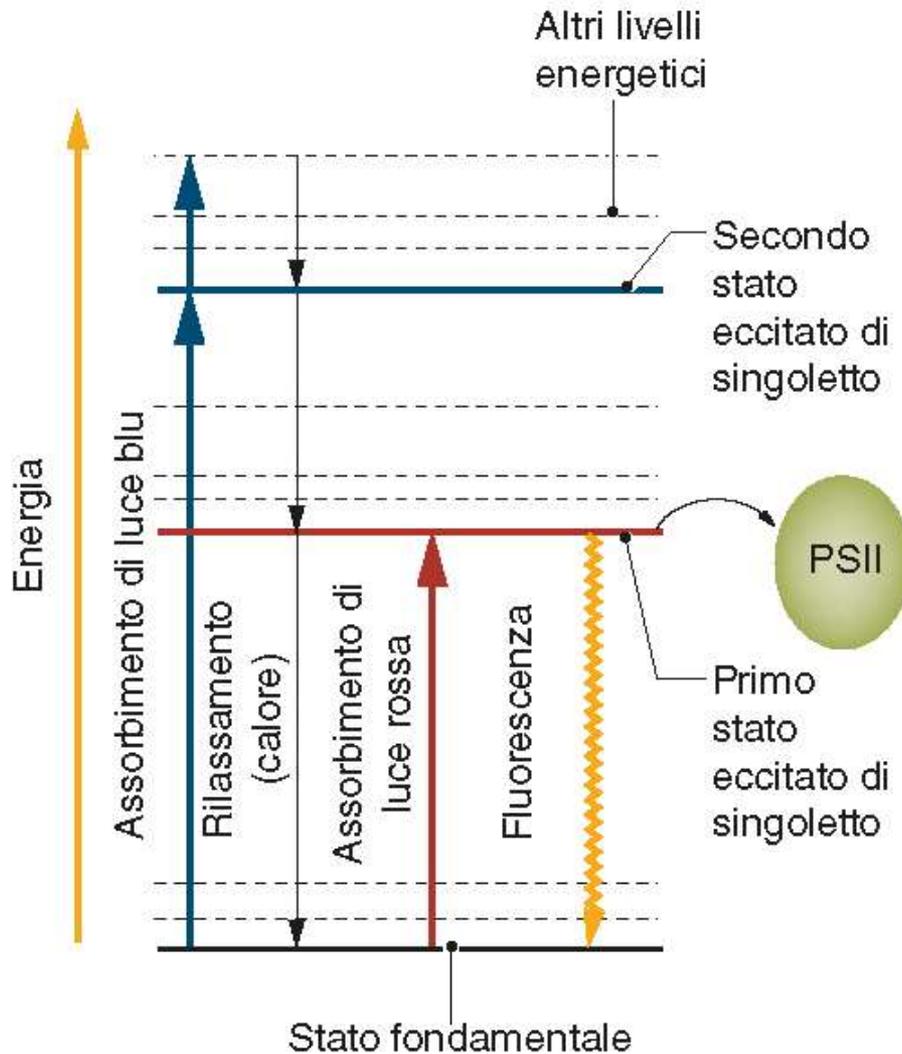
Differiscono per i sostituenti sul secondo dei quattro anelli pirrolici

struttura simile a quella delle porfirine, con un atomo di Mg coordinato al centro ed una lunga coda idrocarburica (fitolo) idrofoba che le ancora alle membrane fotosintetiche



- La clorofilla rappresenta circa il 4% del peso secco del cloroplasto
- In *Vitis vinifera* i cloroplasti sono presenti in tutti gli organi verdi della pianta

Assorbimento ed emissione della luce da parte della clorofilla



L'assorbimento nelle lunghezze d'onda del **blu** (maggiore energia) consentono il passaggio ad uno stato eccitato superiore

L'assorbimento nelle lunghezze d'onda del **rosso** portano ad uno stato eccitato inferiore

In accordo con la legge di Einstein di equivalenza fotochimica, una singola molecola reagirà solo dopo aver assorbito l'energia di un fotone ($h \nu$)

Il passaggio avviene solo quando l'energia è esattamente uguale alla differenza tra il livello energetico dello stato fondamentale e quello dello stato eccitato (quindi non tutte le lunghezze d'onda sono in grado di indurre una transazione tra i due stati)

Principali picchi di assorbimento della clorofilla

Pigmento	Lunghezza d'onda di massimo assorbimento (nm)
<i>Chl a</i>	420, 660
<i>Chl b</i>	435, 643
Carotenoidi	420 ÷ 480

la capacità di assorbire luce nelle lunghezze d'onda del rosso e del blu fa sì che le foglie (e gli organi fotosintetici in genere) ci appaiano di colore verde

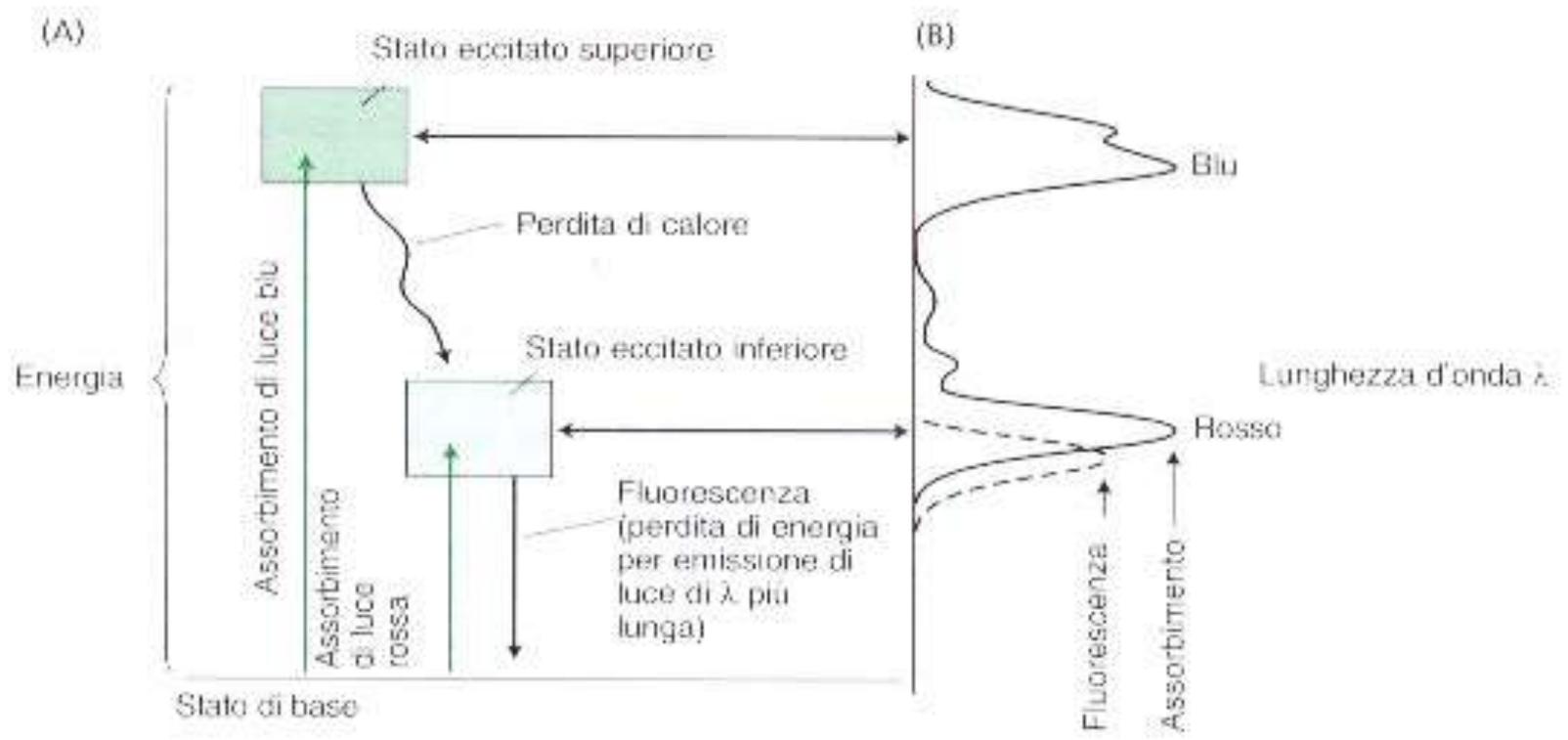
Quando la clorofilla (Chl) assorbe un fotone, passa da uno stato energetico minore (stato fondamentale) ad un livello energetico maggiore (stato eccitato) ed instabile



La clorofilla riduce il suo stato di eccitazione attraverso:

- la ri-emissione di energia sotto forma di fotoni (a maggiore lunghezza d' onda) nel fenomeno della **fluorescenza**
- perdita di energia sotto forma di **calore**

quenching non-fotochimico



La clorofilla eccitata può ritornare al suo stato basale, oltre che attraverso la fluorescenza e l' emissione di calore, anche in altri due modi:

- 1. trasferimento di energia (nel quale la clorofilla eccitata trasferisce la sua energia ad un' altra molecola)**
- 2. processo fotochimico –*quencing fotochimico*- impiegando l' energia dello stato eccitato per lo svolgimento di altre reazioni**

Processo fotochimico della fotosintesi

- reazioni alla luce (avvengono in membrane interne dei cloroplasti, dette tilacoidi)
- reazioni al buio (avvengono nello stroma, la parte acquosa dei cloroplasti che circonda i tilacoidi)

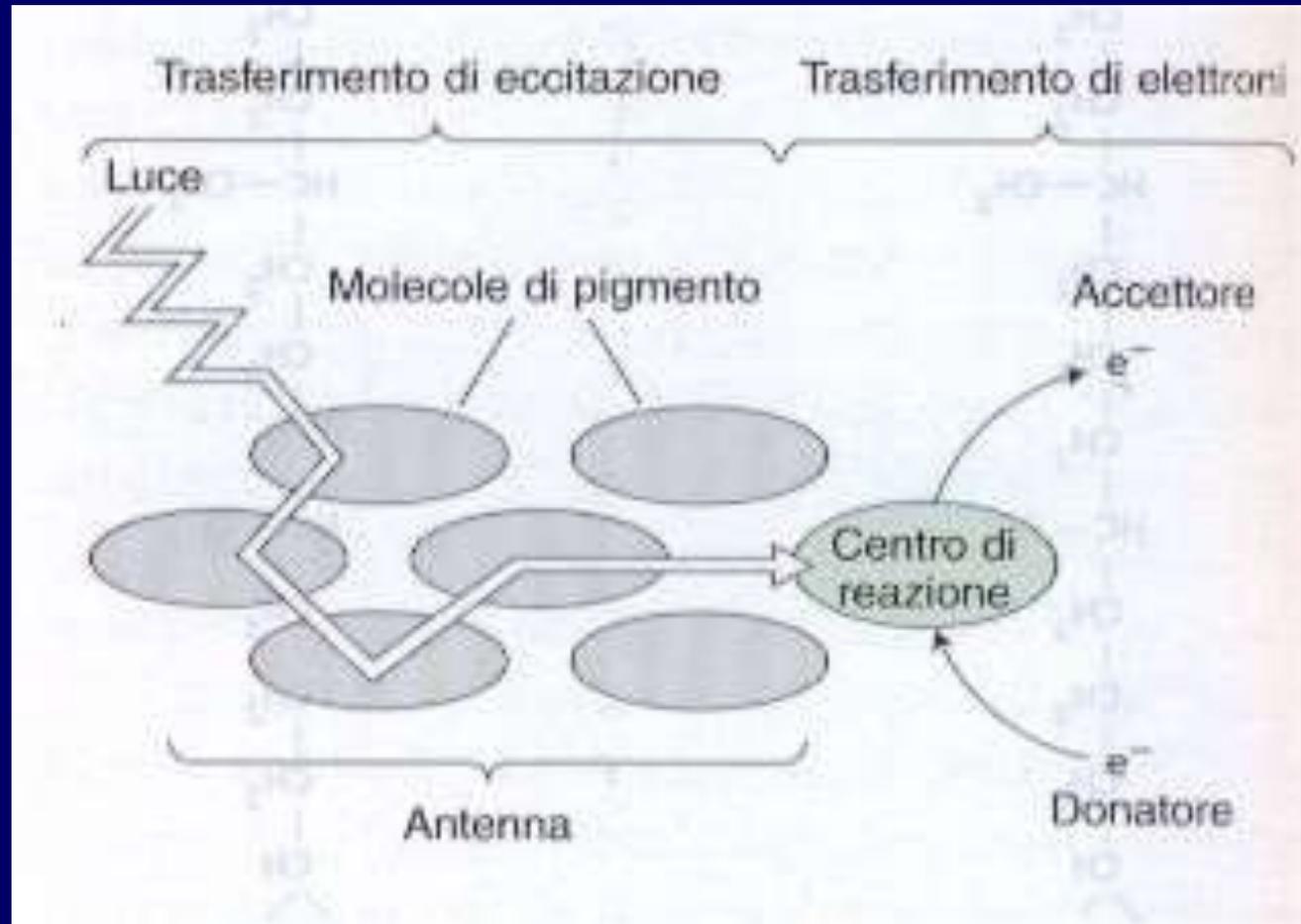
FOTOSINTESI: REAZIONI ALLA LUCE

COMPLESSI ANTENNA E CENTRI DI REAZIONE FOTOCHIMICI

- Parte dell' energia luminosa assorbita dalle clorofille è trasformata in energia chimica attraverso la formazione di legami chimici
- tale processo complesso si compie grazie alla presenza di numerosi pigmenti e di un gruppo di proteine che trasferiscono elettroni
- la maggior parte di pigmenti (clorofille) funge da antenna captando luce e trasferendo l' energia a centri reazione dove avvengono le reazioni chimiche che portano all'accumulo dell' energia a lungo termine
 - complessi antenna e centri di reazione fotochimici

Complessi antenna e centri di reazione fotochimici

Circa 250 clorofille sono raggruppate nella matrice proteica del PSII e 175 nella matrice del PSI



I pigmenti raccolgono la luce e trasferiscono l'energia al centro di reazione dove le reazioni chimiche accumulano una parte dell'energia trasferendo gli elettroni da un pigmento di clorofilla a una molecola accettrice

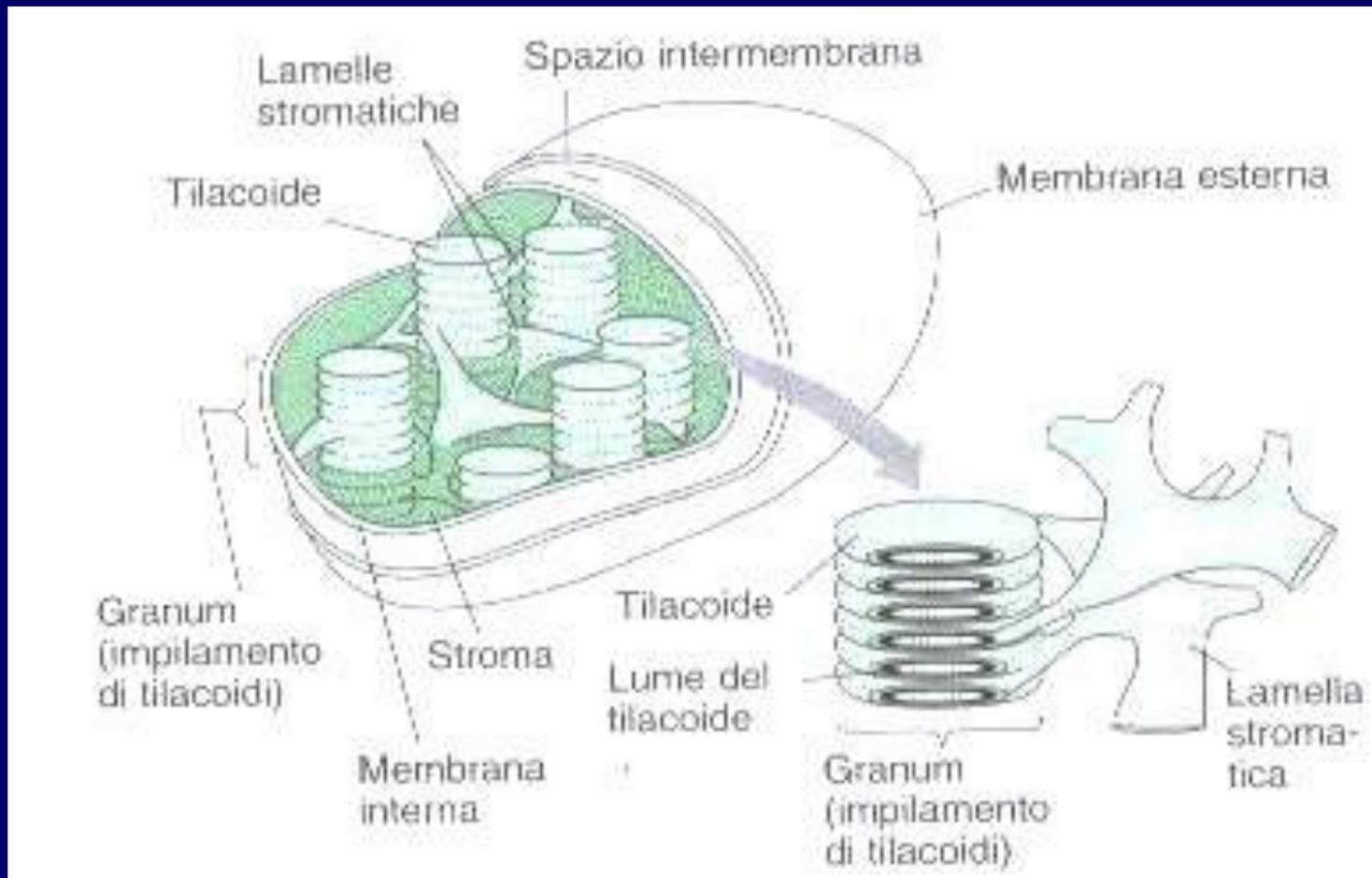
- Il trasferimento dell' eccitazione tra i pigmenti è un **fenomeno puramente fisico**, senza cambiamenti chimici né emissione o riassorbimento di fotoni
- i primi **cambiamenti chimici** avvengono nel centro di reazione e comportano il trasferimento di elettroni da un pigmento di clorofilla ad una molecola accettrice (chinone primario Q_A)-
quenching fotochimico

- l'efficienza di conversione dell'energia luminosa in energia chimica è di circa il **25%**, un valore decisamente alto per un sistema di conversione di energia
- quindi, quasi tutti i fotoni assorbiti sono impegnati nel processo fotochimico ma solo **1/4** dell'energia dei fotoni si accumula sotto forma chimica
- i rimanenti **3/4** sono convertiti in calore

I FOTOSISTEMI

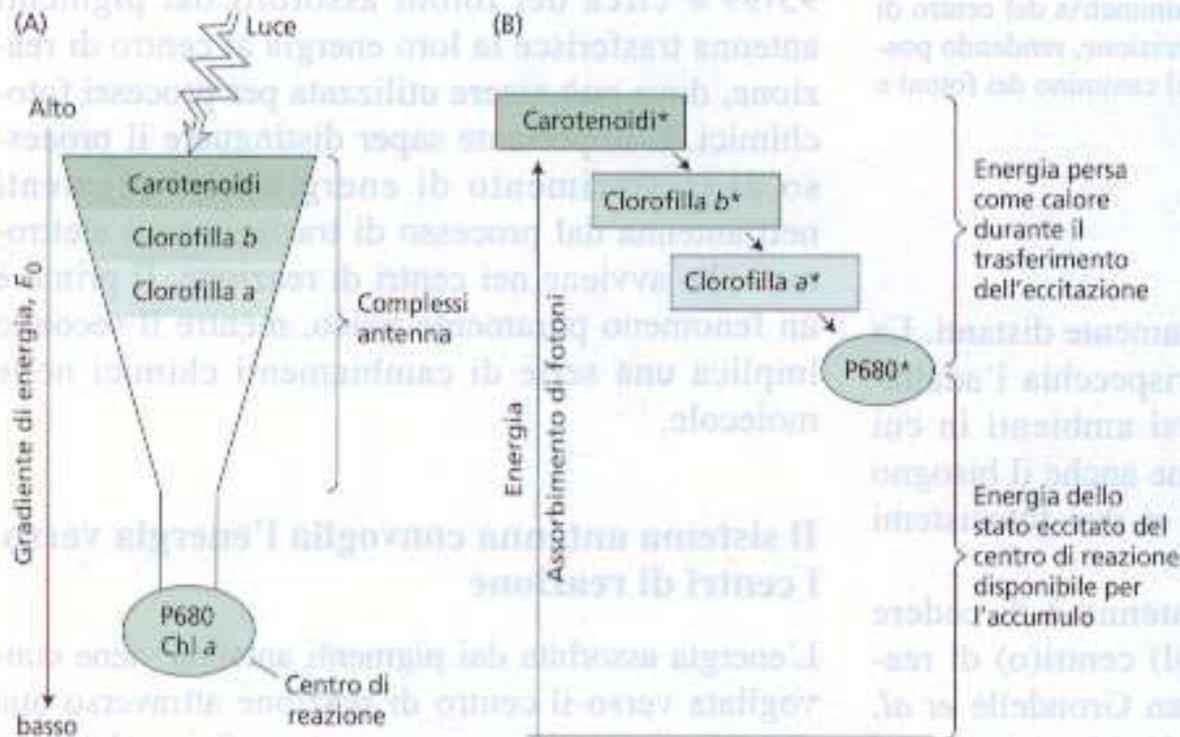
Gli organismi che evolvono ossigeno possiedono due fotosistemi che lavorano in serie:

- il fotosistema II (PS-II oppure P680) che assorbe molto bene la luce rossa a 680 nm**
- il fotosistema I (PS-I oppure P700) che assorbe luce nella regione del rosso lontano (>700 nm)**



• Il PS-II è localizzato soprattutto a livello delle lamelle granali, cioè nelle zone impilate

• il PS-I e l' ATP sintasi si trovano localizzati invece soprattutto sulle lamelle stromatiche, rivolti verso lo stroma

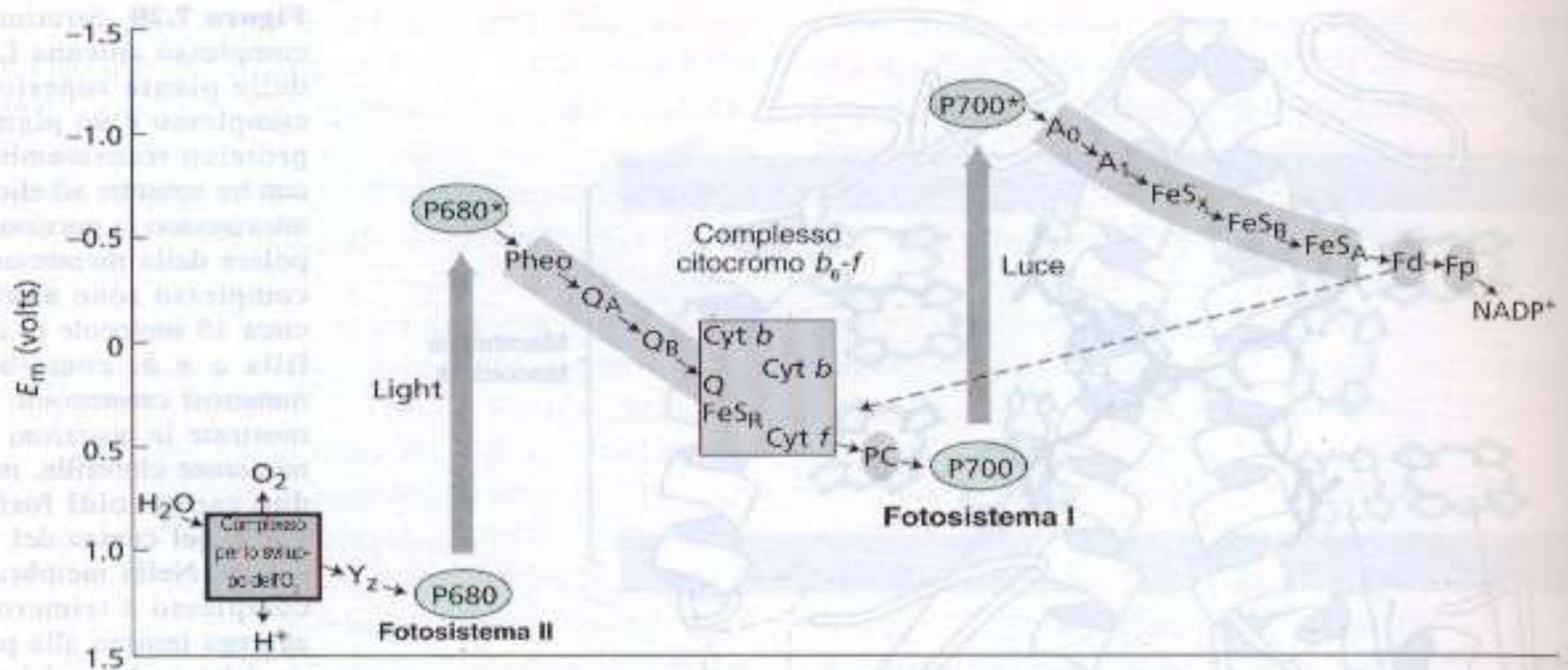


Incanalamento delle eccitazioni dal sistema antenna verso il centro di reazione

- **esistenza di un gradiente di energia: i pigmenti che sono più vicini al centro di reazione possiedono minore energia di quelli che ne sono più lontani**
- **il gradiente fa sì che sia del tutto sfavorito il trasferimento di eccitazione verso le parti periferiche dell' antenna**

IL MECCANISMO DI TRASPORTO ELETTRONICO

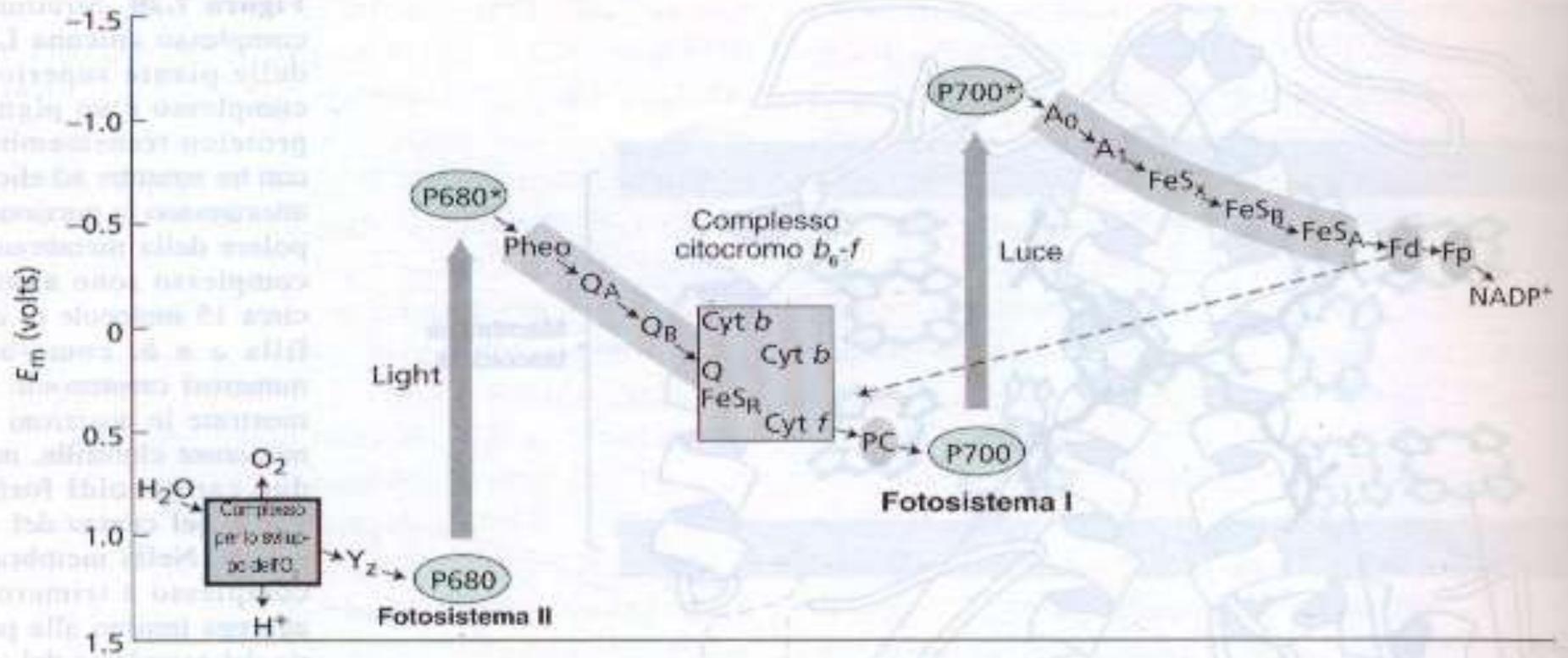
Meccanismo di trasporto di elettroni e protoni



SCHEMA A Z: tutti i trasportatori redox sono disposti secondo i loro valori di potenziale redox a pH 7

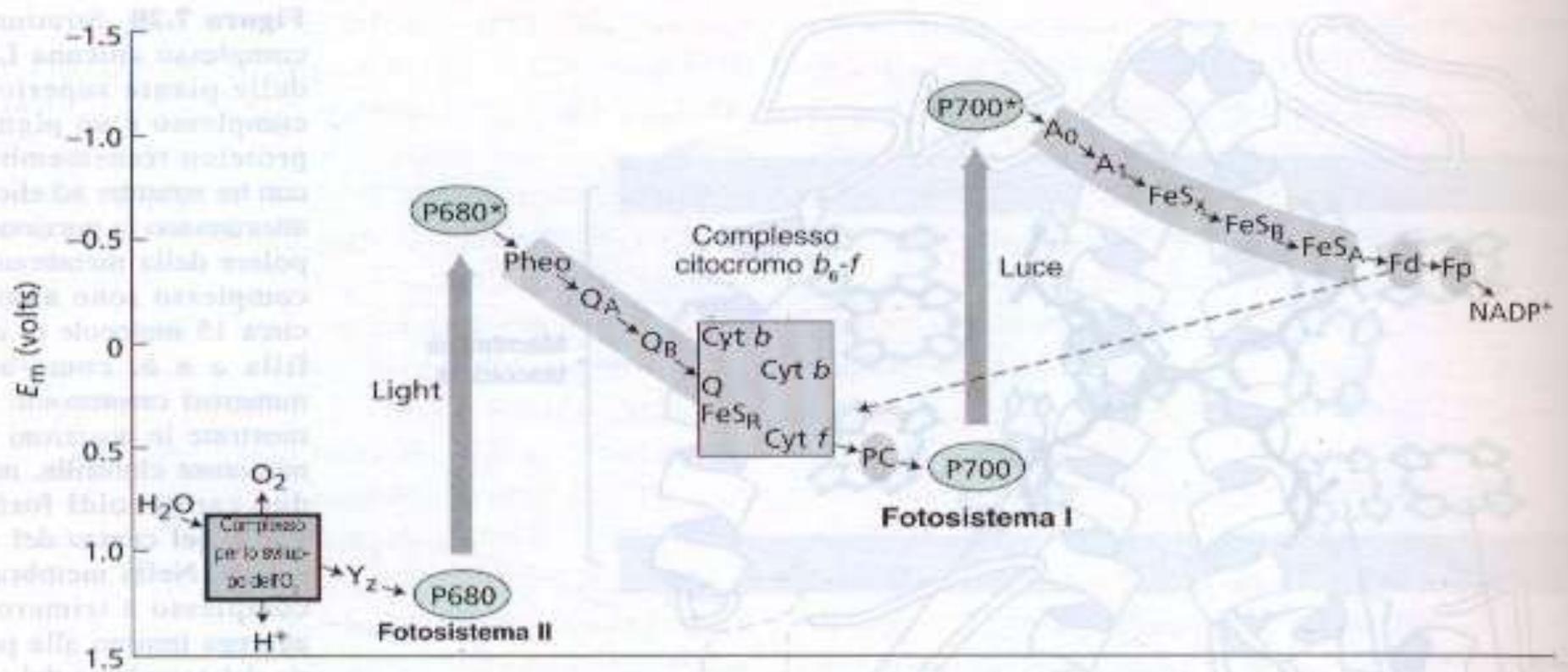
•le frecce verticali indicano l'assorbimento del fotone da parte delle clorofille del centro di reazione (P680 e P700)

•la Chl eccitata del centro di reazione (P680*) trasferisce un elettrone alla **FEOFITINA**

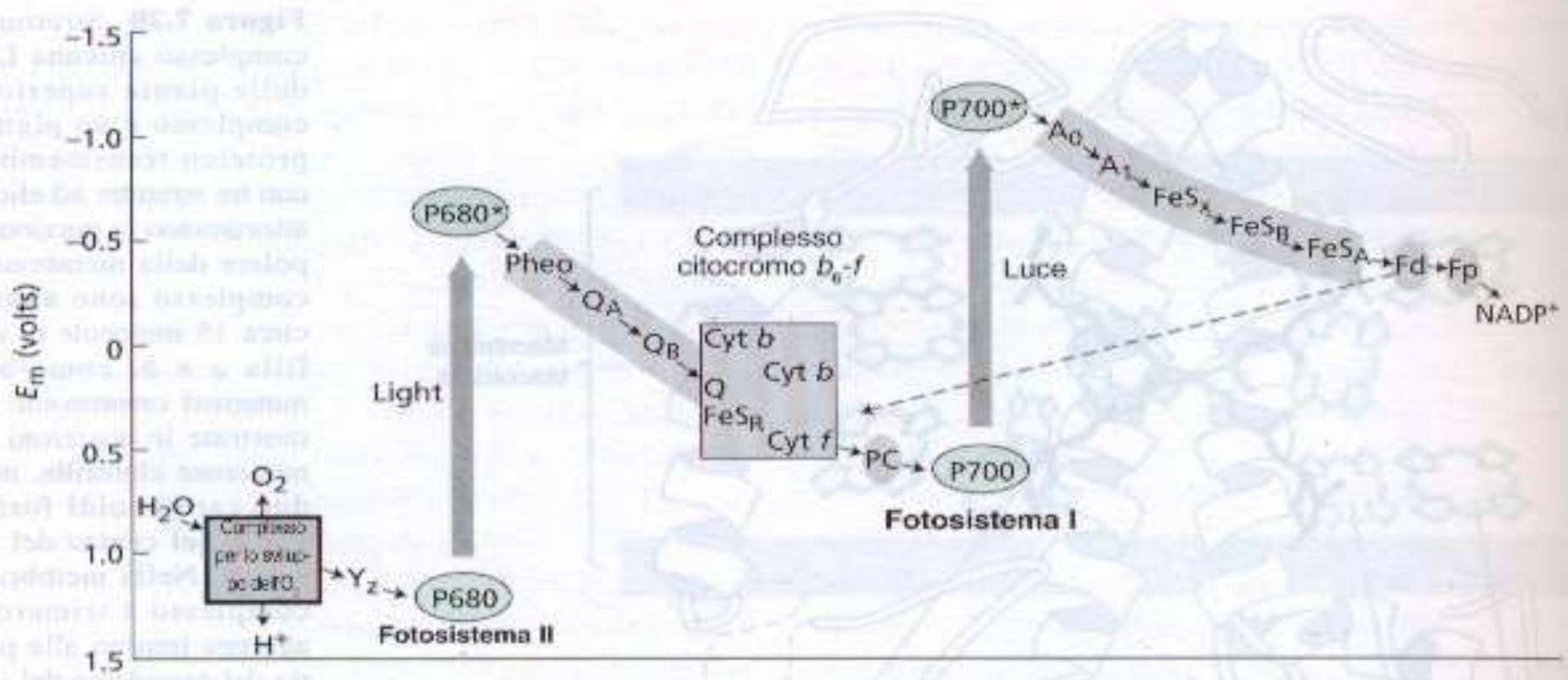


- Il P680 ossidato dalla luce (che ha donato un elettrone) viene ri-ridotto dalla Yz una tirosina della proteina D1 del centro di reazione che è il diretto donatore del fotosistema II
- gli elettroni vengono estratti dall' H₂O tramite il complesso per lo sviluppo di ossigeno e vanno a ri-ridurre Yz
- la feofitina trasferisce gli elettroni agli accettori Q_A e Q_B del PLASTOCHINONE





- il complesso **CITOCROMO b_6-f** trasferisce a sua volta gli elettroni alla **PLASTOCIANINA**
- La plastocianina riduce il **fotosistema I (P700*)**
- l' accettore degli elettroni provenienti da P700* è una **clorofilla** e pare che l' accettore successivo, A1, sia un **chinone**



- una serie di **ferro-zolfo proteine** (FeS_x , FeS_B , FeS_A) legate alla membrana trasferiscono gli elettroni alla **FERREDOSSINA SOLUBILE (Fd)**
- infine la flavoproteina **FERREDOSSINA-NADP reduttasi** riduce il **NADP** che verrà impiegato nel ciclo di Calvin per ridurre la CO_2

- **NAD** significa **Nicotinammide Adenina Dinucleotide** essendo la molecola costituita da due unità (nicotinammide-ribosio e adenina-ribosio) collegate da un ponte difosfato.
- **NADP** si differenzia soltanto per un ulteriore gruppo fosfato che sostituisce un **OH** del ribosio.

Questi **coenzimi** fungono da **trasportatori di elettroni**, cioè da catalizzatori di ossidoriduzione. Durante la loro funzione possono passare dalla **forma ridotta NADH e NADPH** alla **forma ossidata NAD⁺ e NADP⁺** e viceversa.

Semplificando moltissimo, il trasporto degli elettroni nella fase luminosa può essere rappresentato secondo la reazione di ossidoriduzione:



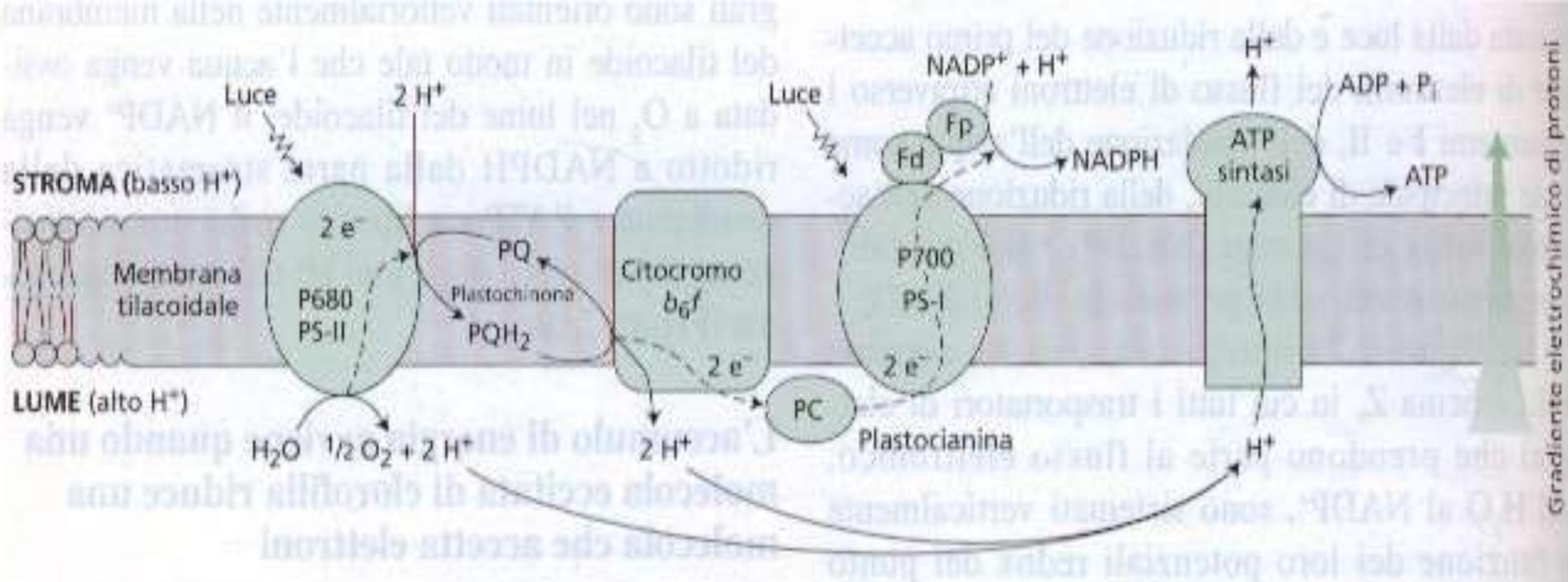
In condizioni normali un elettrone non potrebbe abbandonare l'acqua per ridurre **NADP⁺** poiché la reazione è energeticamente sfavorita.

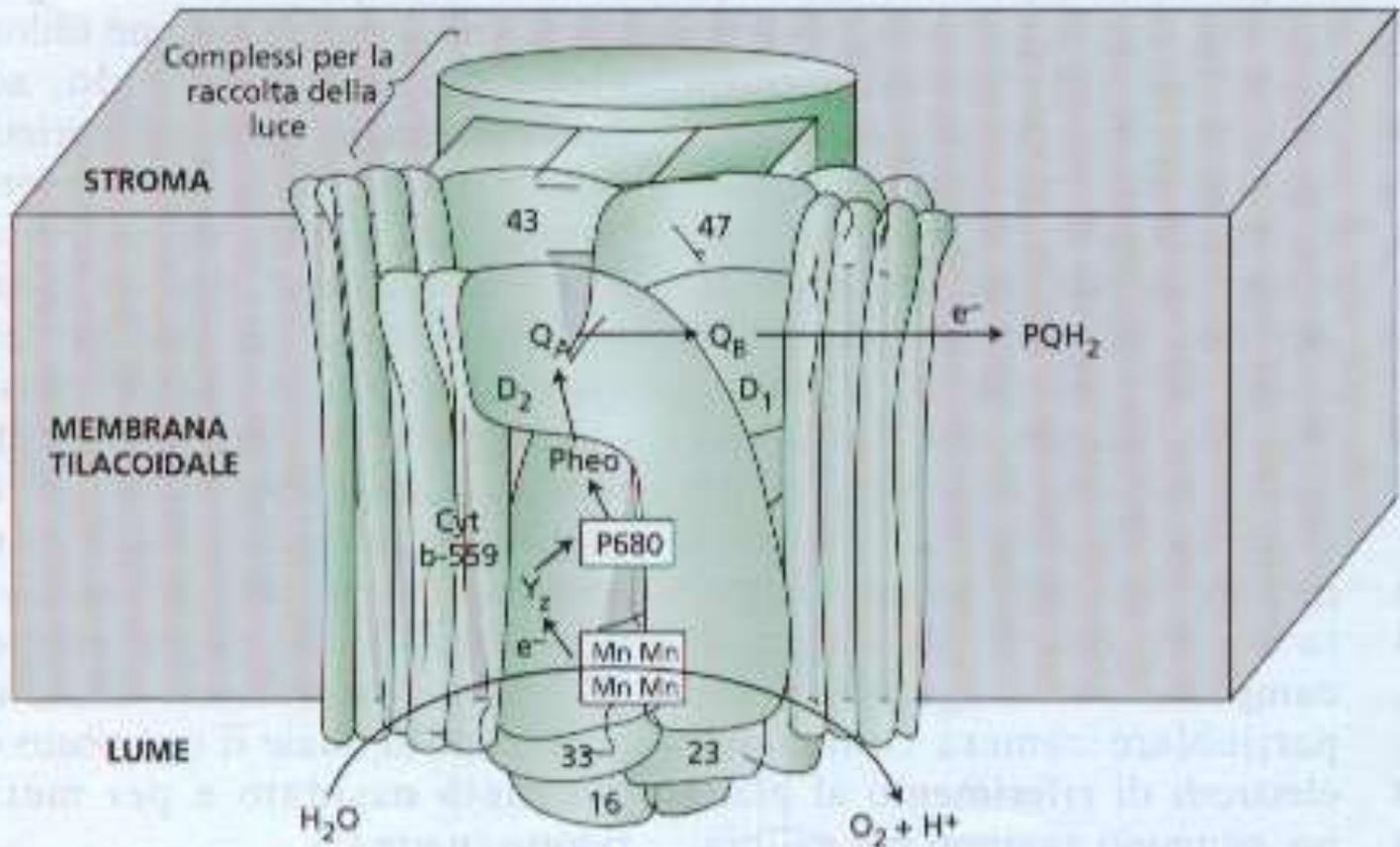
L'energia richiesta nella fotosintesi ossigenica viene fornita dalla collaborazione dei due centri di reazione dei fotosistemi che operano in serie, riuscendo così a trasferire gli elettroni dall'acqua a **NADP⁺** (interazione dei fotosistemi I e II).

I 4 COMPLESSI PROTEICI DEL SISTEMA DI
TRASPORTO DI ELETTRONI
- FASE LUMINOSA DELLA FOTOSINTESI

Il trasferimento di elettroni e protoni nella membrana tilacoidale è condotto vettorialmente da quattro complessi proteici:

1. il centro di reazione del fotosistema II - complesso per lo sviluppo di ossigeno
2. il complesso citocromo b_6-f
3. il centro di reazione del fotosistema I
4. l'ATP-sintasi



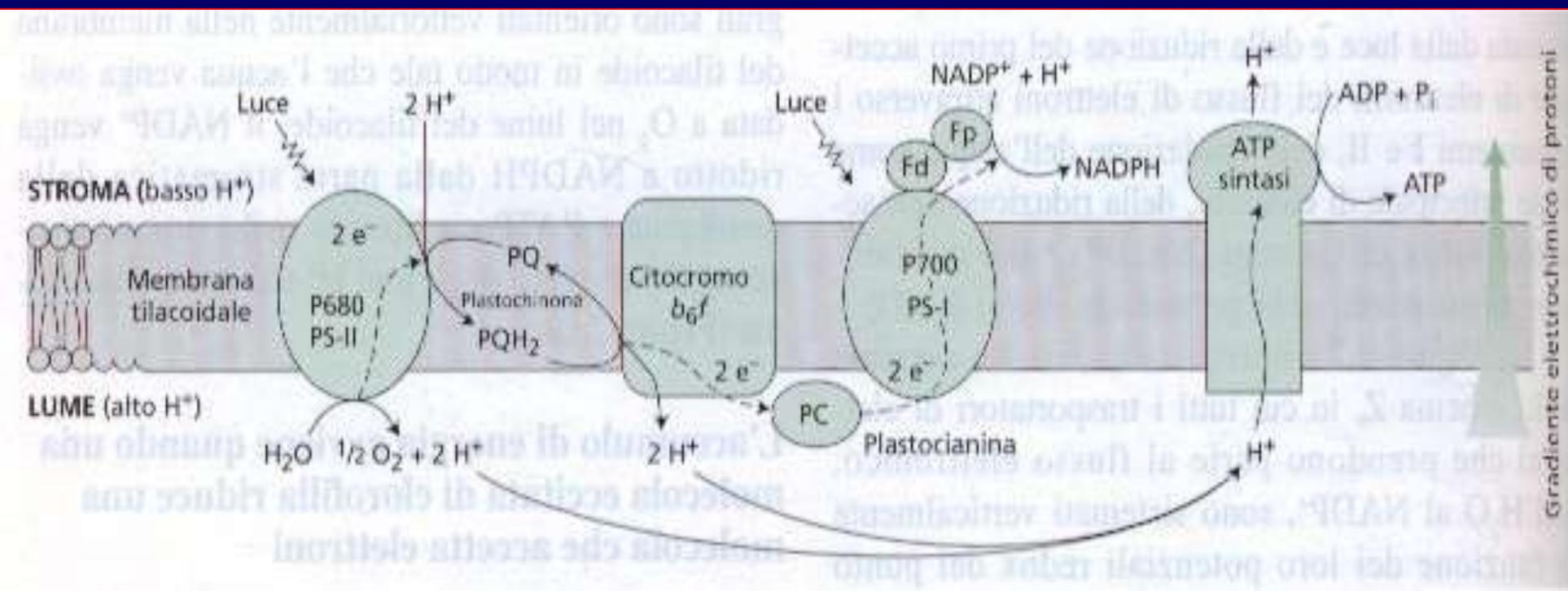


• **Ossidazione dell' H₂O e liberazione di protoni nel lume del tilacoidale ad opera del PS-II**

- I protoni sono anche trasportati nel lume ad opera del complesso **citocromo b_6-f** , contribuendo a creare il gradiente elettrochimico di protoni tra lume e stroma

- il **fotosistema I** riduce il NADP^+ a NADPH nello stroma, tramite l'azione della ferredossina e della ferredossina NADP-reduttasi

- i protoni diffondono verso l'ATP sintasi

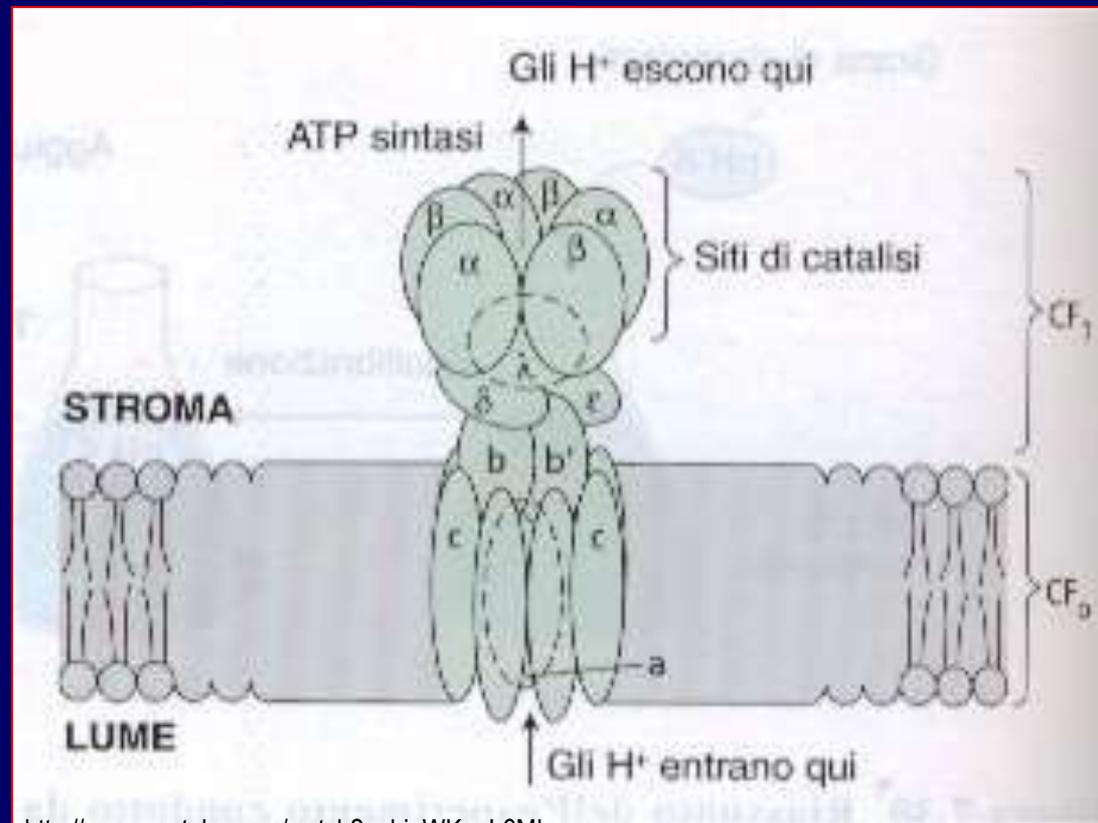


• Diffusione dei protoni attraverso l' ATP-sintasi

- ciò che si realizza è una **fotofosforilazione**, resa possibile da un flusso di elettroni (diversa quindi dalla fosforilazione a livello di substrato della respirazione)
- cioè sono sfruttate le differenze di concentrazione degli ioni e del potenziale elettrico attraverso la membrana per la sintesi chemiosmotica di ATP

- questo per effetto della II legge della termodinamica che indica in ogni distribuzione non uniforme di materia o di energia una fonte di energia metabolica

- la forza motrice protonica (Δp) dipende da 2 componenti: il potenziale transmembrana (ΔE , trascurabile nei cloroplasti) ed la differenza di pH attraverso la membrana (lato lume e lato stroma della membrana tilacoidale)



FOTOSINTESI: REAZIONI AL BUIO

La fotosintesi: reazioni del carbonio (reazioni al buio)

- gli **organismi AUTOTROFI** hanno la capacità, in assenza di sostanza organica, di convertire le fonti fisiche e chimiche dell'energia prelevata dall'ambiente in un'energia biologicamente utile
- la maggior parte dell'energia esterna è consumata per la **trasformazione della CO₂** in uno stato ridotto compatibile con il fabbisogno cellulare (-CHOH-)
- abbiamo visto come il meccanismo fotochimico di ossidazione dell'acqua in ossigeno molecolare sia associato alla generazione di **ATP** e del cofattore ridotto **NADPH** da reazioni che avvengono a livello della **membrana tilacoidale del cloroplasto**

CICLO RIDUTTIVO DEI PENTOSI FOSFATI

o CICLO DI CALVIN

Le reazioni di riduzione della CO_2 a carboidrati avvengono invece a livello dello **stroma dei cloroplasti** e comportano il consumo di ATP e NADPH (reazioni del carbonio)

L'ANIDRIDE CARBONICA e L'ACQUA presenti nell'atmosfera sono unite enzimaticamente ad un ACCETTORE A 5 ATOMI DI CARBONIO per generare 2 molecole di un intermedio a 3 atomi di C (3-FOSFOGLICERATO)

L'intermedio è ridotto da ATP e NADPH in carboidrati (SACCAROSIO, AMIDO)

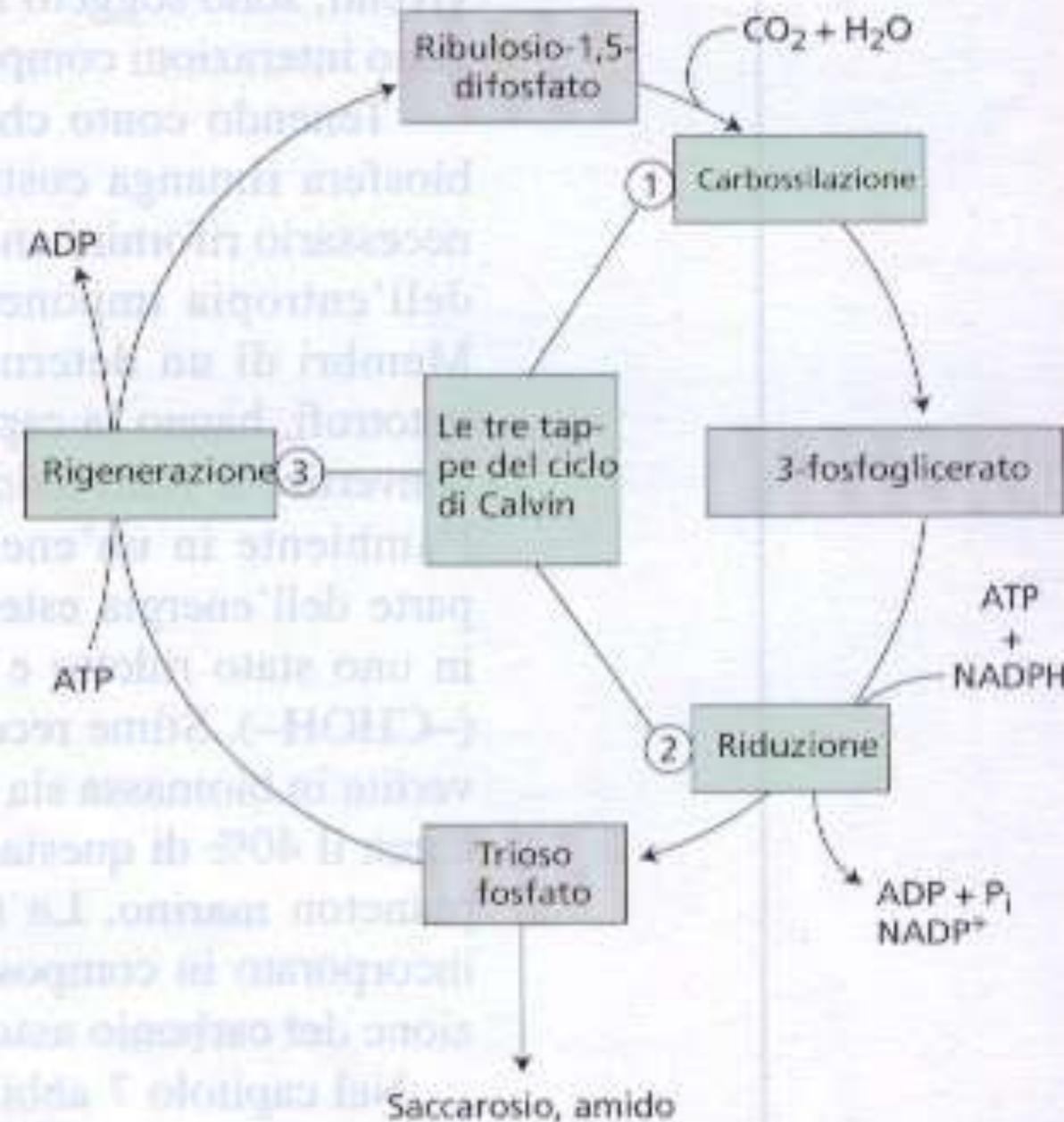
L'accettore a 5 atomi di carbonio (RIBULOSIO 1,5 DIFOSFATO) viene rigenerato

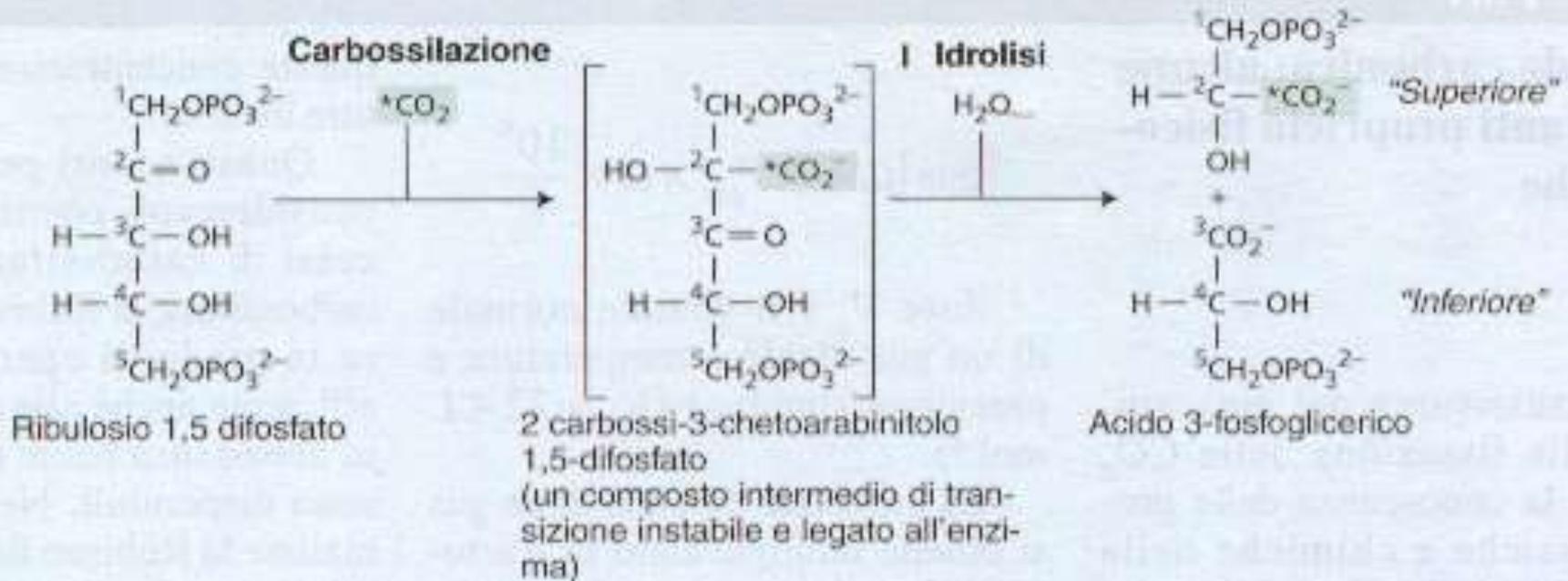
Le tre tappe del ciclo di Calvin:

1. Carbossilazione (la CO_2 si lega covalentemente ad uno scheletro carbonioso)

2. Riduzione (si forma il carboidrato con spesa di ATP e NADPH derivanti da processi fotochimici)

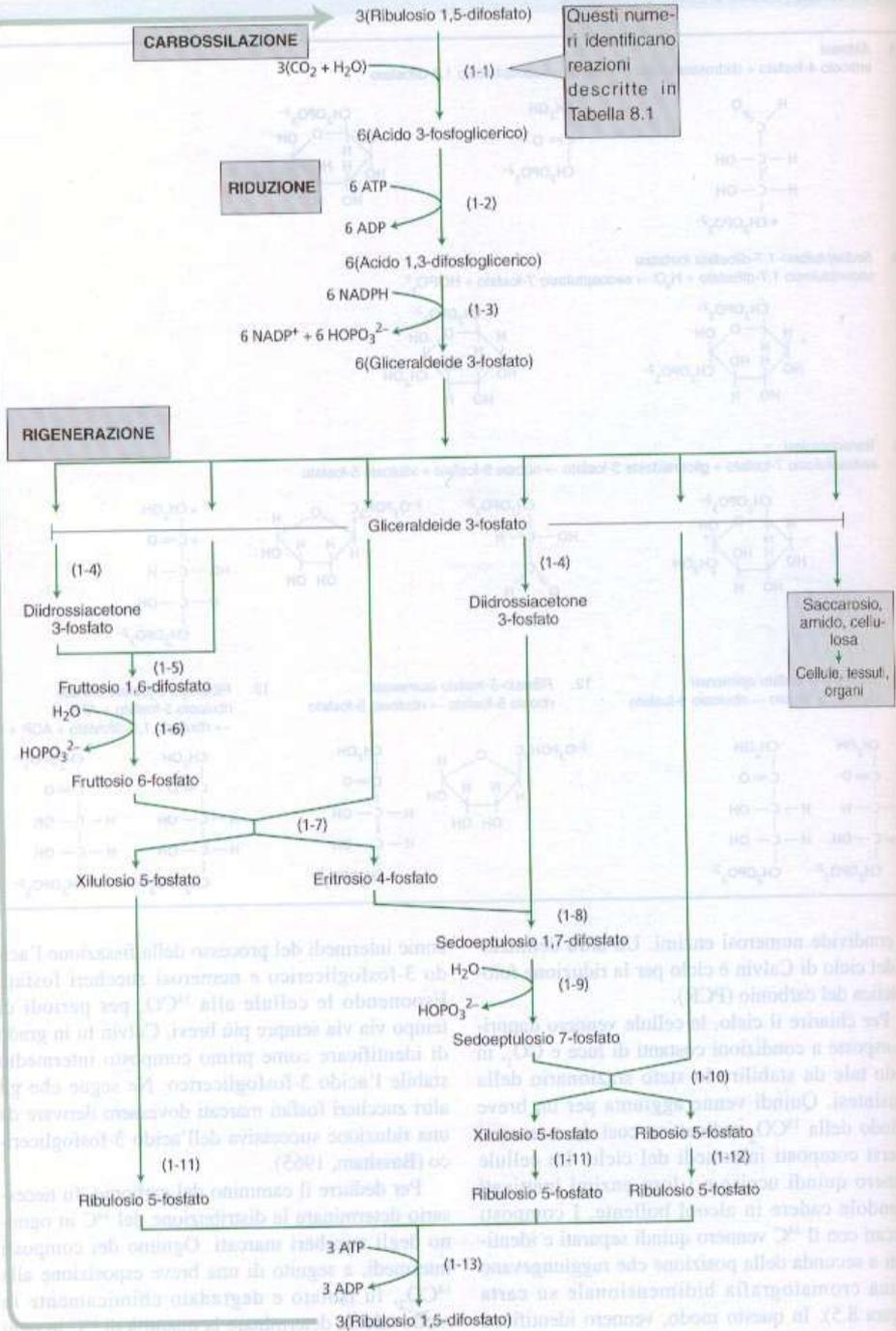
3. Rigenerazione (viene rigenerata la molecola accettrice di CO_2)





- La carbossilazione della molecola accettore ribuloso 1,5 difosfato è catalizzata dall' enzima RUBISCO (ribuloso 1,5 difosfato carbossilasi/ossidasi)
- 1° passaggio: la carbossilazione (addizione di una molecola di CO_2 all' atomo di C in posizione 2 del ribuloso 1,5 difosfato)
- 2° passaggio: formazione di un composto intermedio instabile legato all' enzima
- 3° passaggio: idrolisi e formazione di 2 molecole stabili, l' acido 3-fosfoglicerico "superiore" (contiene il nuovo atomo di C incorporato) ed "inferiore" (TRIOSI FOSFATI)

STECIOMETRIA DEL CICLO DI CALVIN



• la carbossilazione di 3 molecole di ribuloso 1,5 difosfato mediante altrettante molecole di CO₂ porta alla sintesi netta di:

-una molecola di gliceraldeide 3 fosfato

-alla rigenerazione di 3 molecole del materiale di partenza

• il processo dunque inizia e finisce con tre molecole di ribuloso 1,5 difosfato, a conferma della natura ciclica della via metabolica

- Il ciclo di Calvin è **AUTOCATALITICO**, cioè è in grado di aumentare la sua velocità operativa aumentando la concentrazione dei suoi composti intermedi
- delle 6 molecole di triosi fosfati ottenute a seguito della carbossilazione di 3 molecole di ribulosio 1,5 difosfato
 - i 5/6 contribuiscono a rigenerare l' accettore della CO₂
 - l' 1/6 è impiegato nel citosol per sintesi di saccarosio, amido, cellulosa ed altri metaboliti
- l' efficienza termodinamica della fotosintesi è di circa il 33%. La maggior parte dell' energia è persa durante le reazioni luminose di sintesi di ATP e NADPH, mentre il ciclo di Calvin è estremamente efficiente (circa 90%)

La "macchina fotosintetica"

STOMA (via di entrata ed uscita per O_2 e CO_2 dalla foglia)

Radiazione solare assorbita dai pigmenti

Clorofilla e pigmenti

Ossigeno O_2

Anidride carbonica (CO_2)

Cattura Energia

Trasferimento di idrogeno ($NADPH_2$) ed Energia (ATP)

Fotolisi dell' H_2O

Sintesi chimica

Acqua (H_2O) assorbita dalle radici

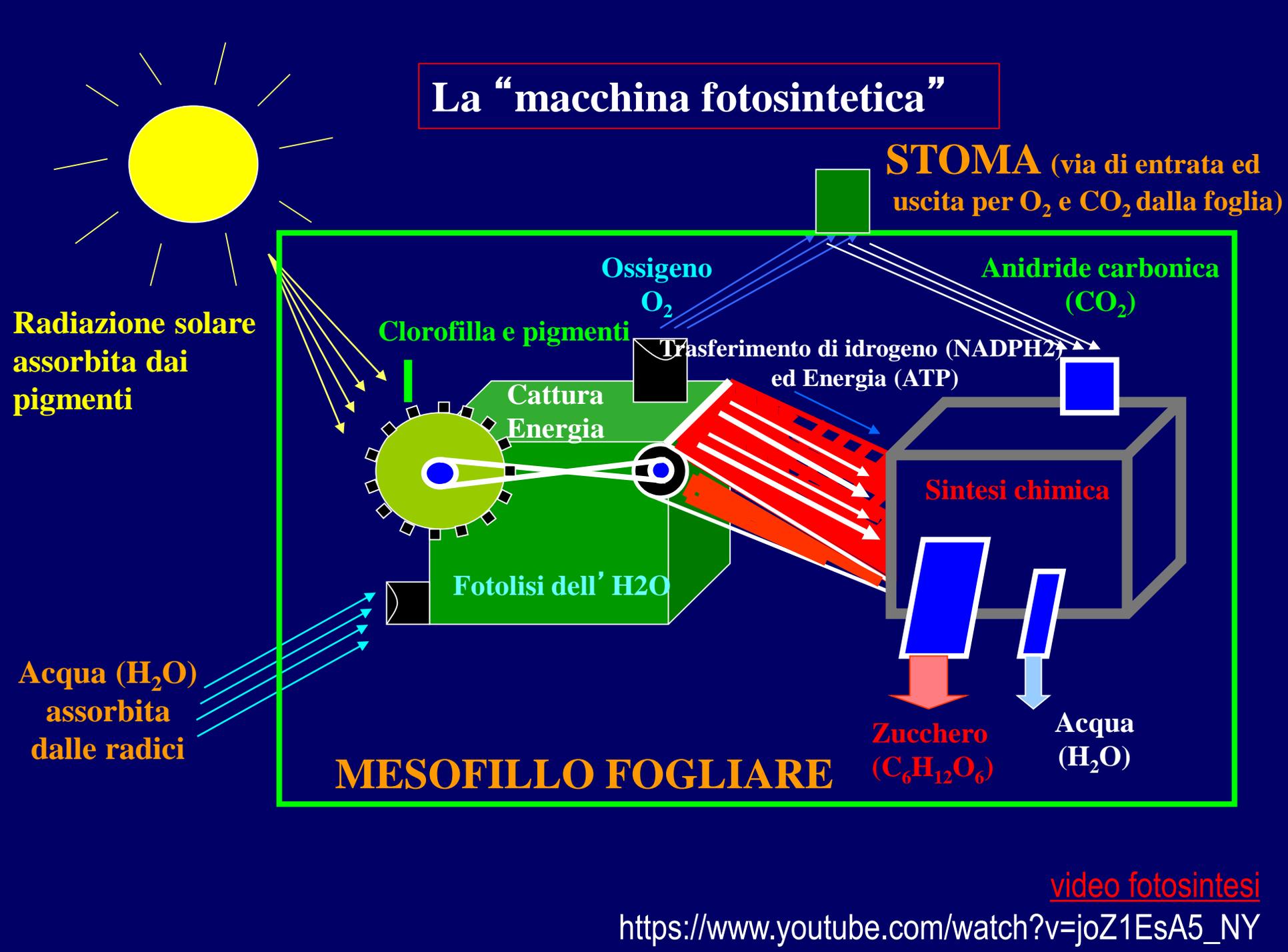
Zucchero ($C_6H_{12}O_6$)

Acqua (H_2O)

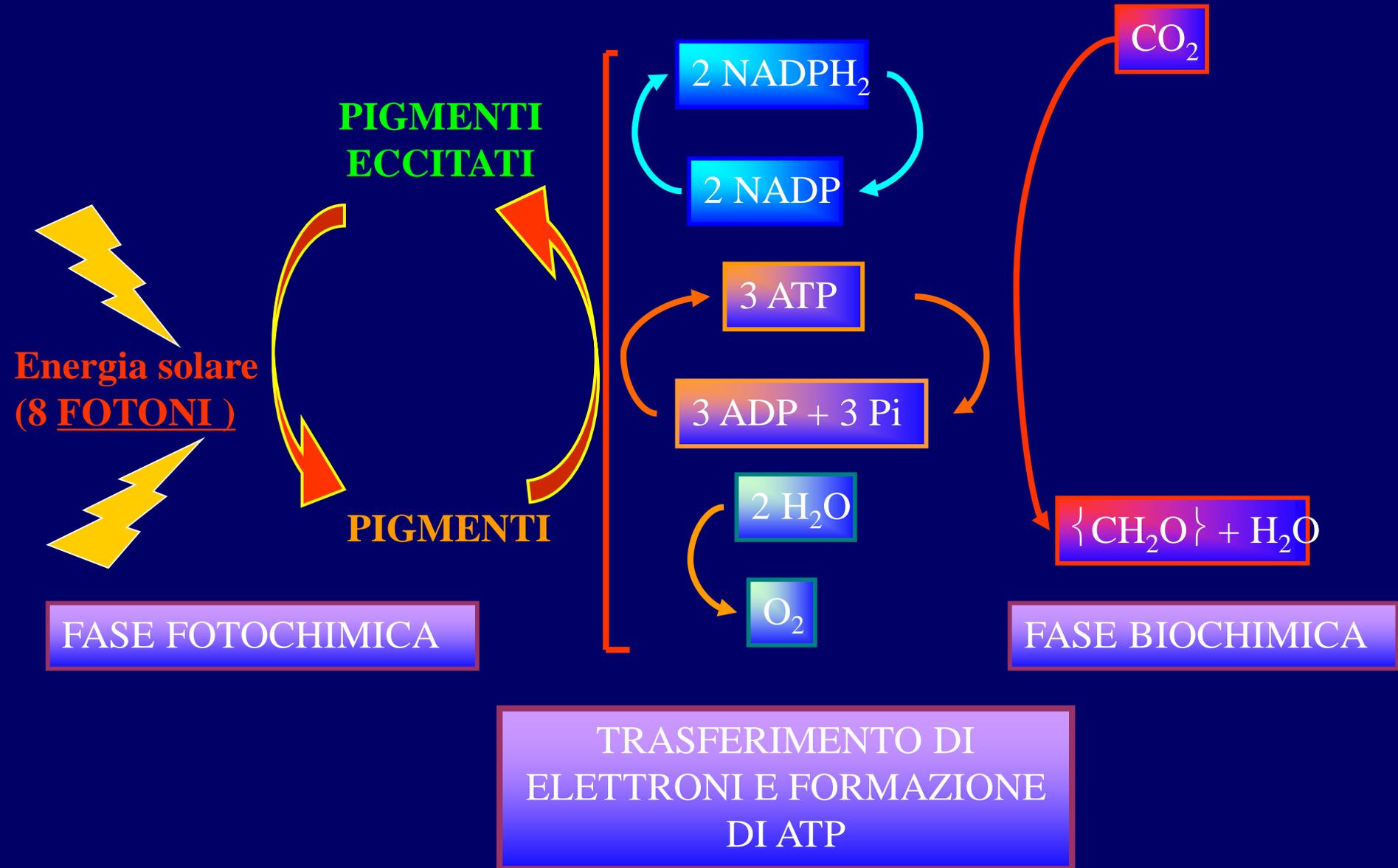
MESOFILLO FOGLIARE

[video fotosintesi](#)

https://www.youtube.com/watch?v=joZ1EsA5_NY



Fotosintesi



Regolazione e riparazione dell' apparato fotosintetico

in determinate condizioni il complesso dell' energia fotonica che entra in contatto con il sistema di fotosintesi può essere eccessiva e deve quindi essere gestita onde evitare danni gravi al sistema stesso

Danneggiamento enzimi fotosintetici

FOTOINIBIZIONE

Distruzione pigmenti fotosintetici

FOTOSSIDAZIONE

esistono una serie di meccanismi di protezione, regolazione e riparazione del sistema di fotosintesi (tra cui ri-orientamento delle foglie e dei cloroplasti)

FOTOINIBIZIONE

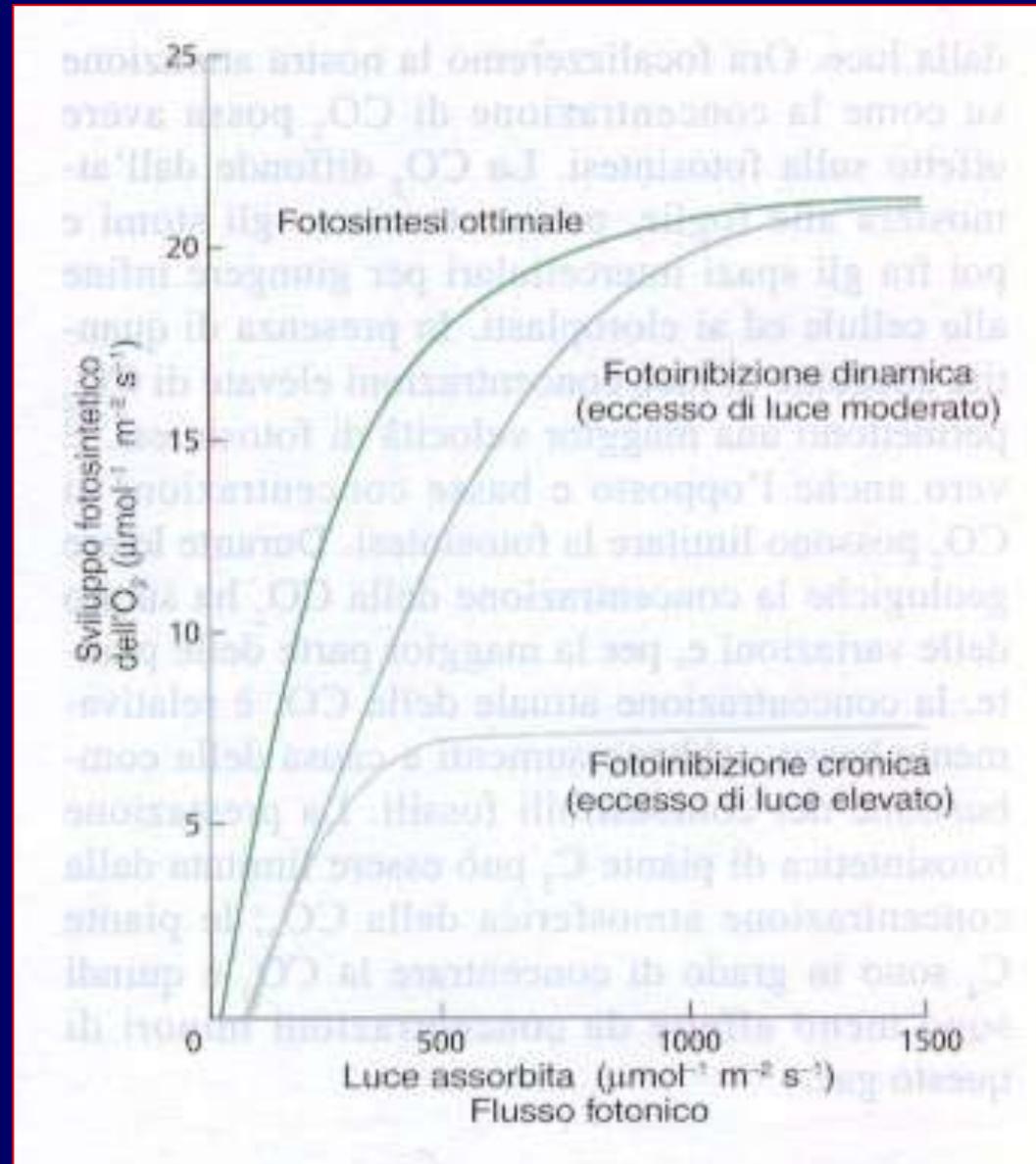
diminuzione dell'efficienza fotosintetica dovuta ad esposizione eccessiva della foglia alla luce

Fotoinibizione dinamica: diminuisce l'efficienza quantica di fotosintesi senza che la velocità massima ne sia alterata

-è dovuta ai meccanismi di protezione dei cloroplasti dall'eccesso di luce

Fotoinibizione cronica: diminuzione dell'efficienza quantica e della velocità massima di fotosintesi

si verifica in casi di illuminazione estrema ed il danno al sistema fotosintetico è irreversibile



Livello di intensità luminosa per saturare la fotosintesi è in tutte le specie da frutto pari al 50% del totale

PRESSIONE FOTONICA il numero di fotoni catturati (e quindi di elettroni eccitati) eccede quelli che possono essere usati per la riduzione del NADP a NADPH e per la sintesi di ATP.

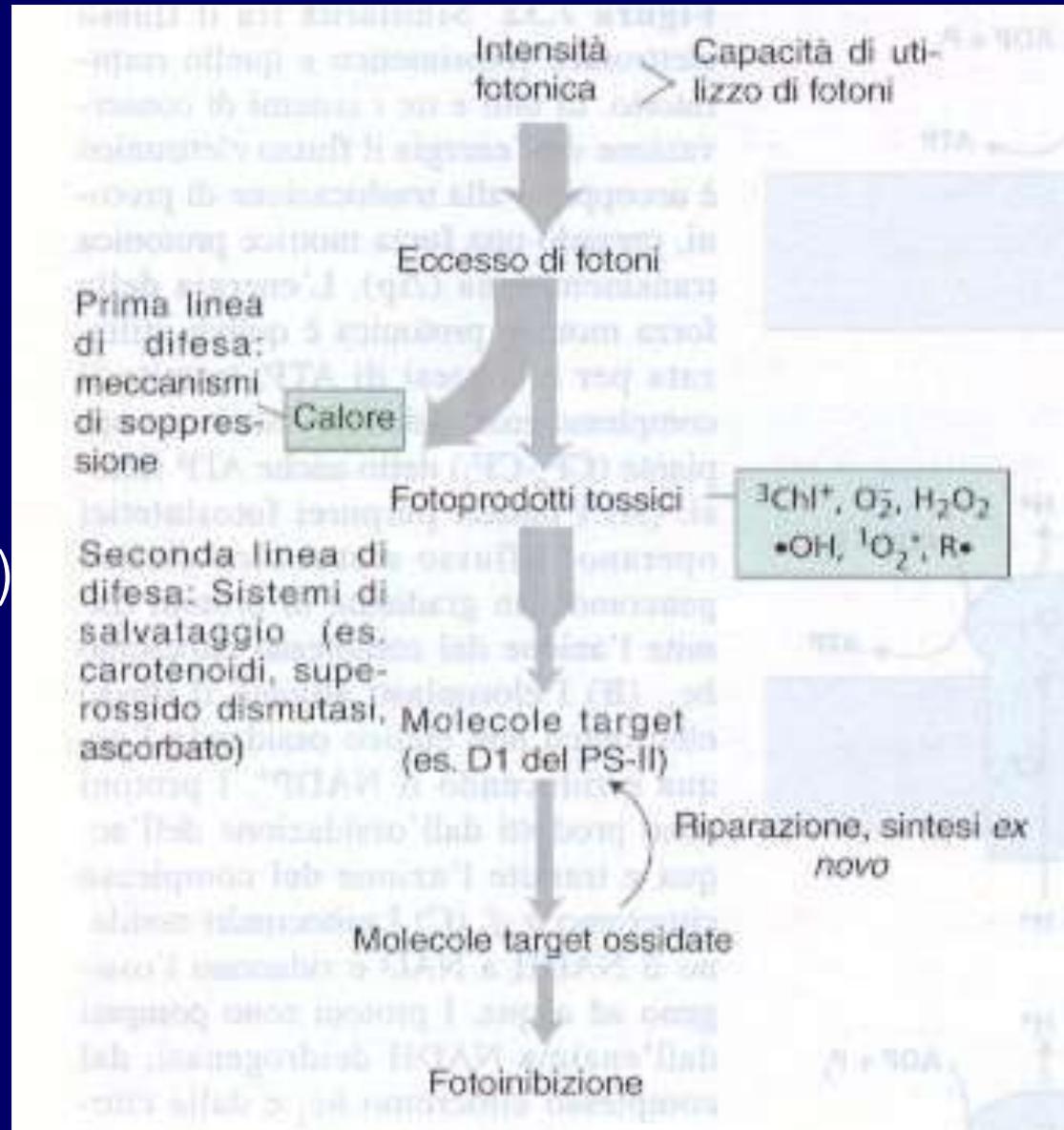
L'eccesso di elettroni in uno stato eccitato da facilmente origine nel cloroplasto a **Specie Reattive dell'Ossigeno (ROS)** che hanno la capacità di danneggiare i tessuti del cloroplasto (foto-danno)

Protezione a più livelli:

1° livello: estinzione del processo di eccitazione tramite produzione di calore

2° livello: sistemi salvataggio (carotenoidi, superossido dismutasi, ascorbato, glutanione) **fotoprotezione**

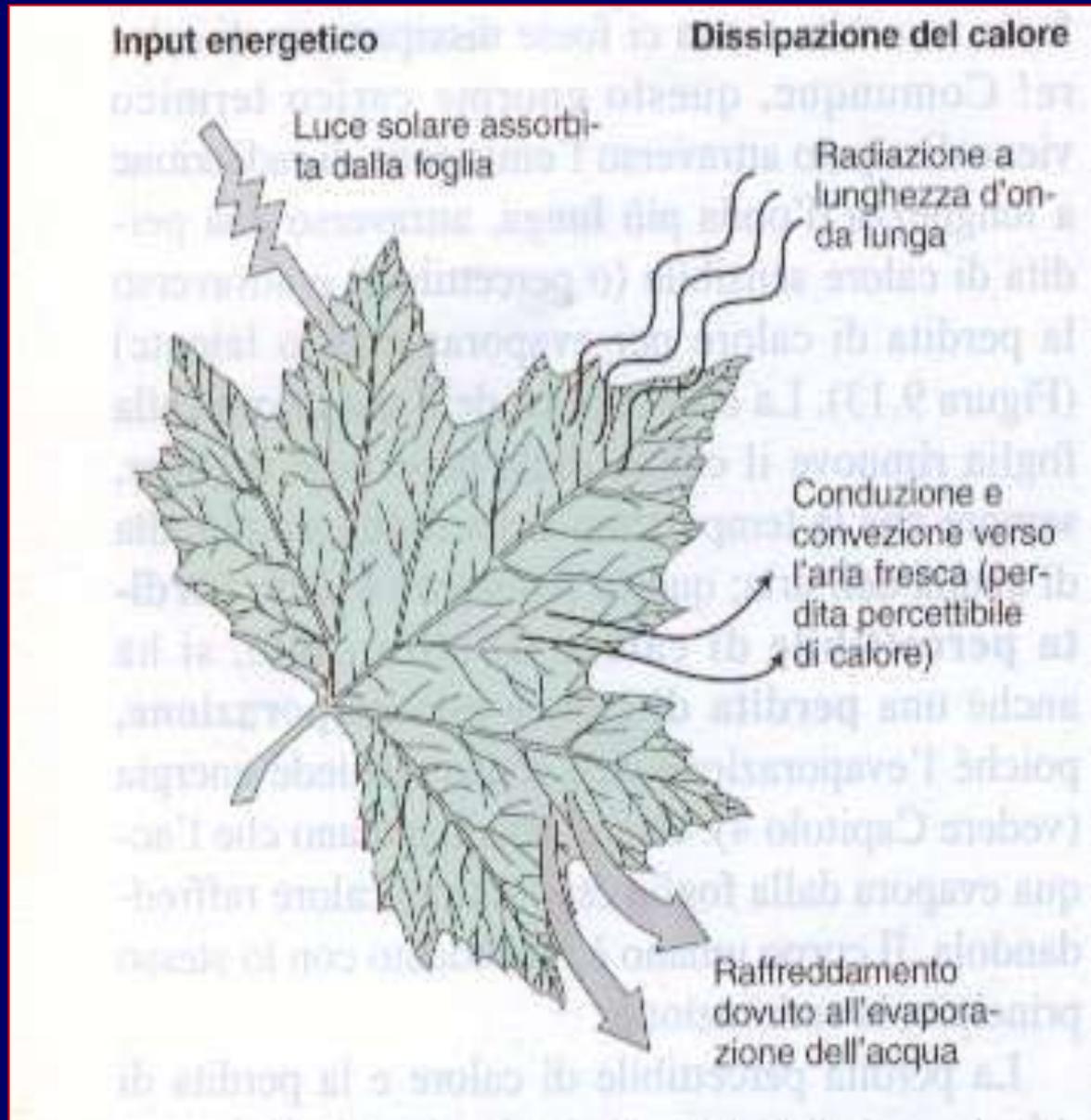
3° livello: degradazione della proteina D1 e neosintesi delle proteine danneggiate



1° livello: Dissipazione dell'eccesso di CALORE

Il carico termico che colpisce la foglia è dissipato tramite:

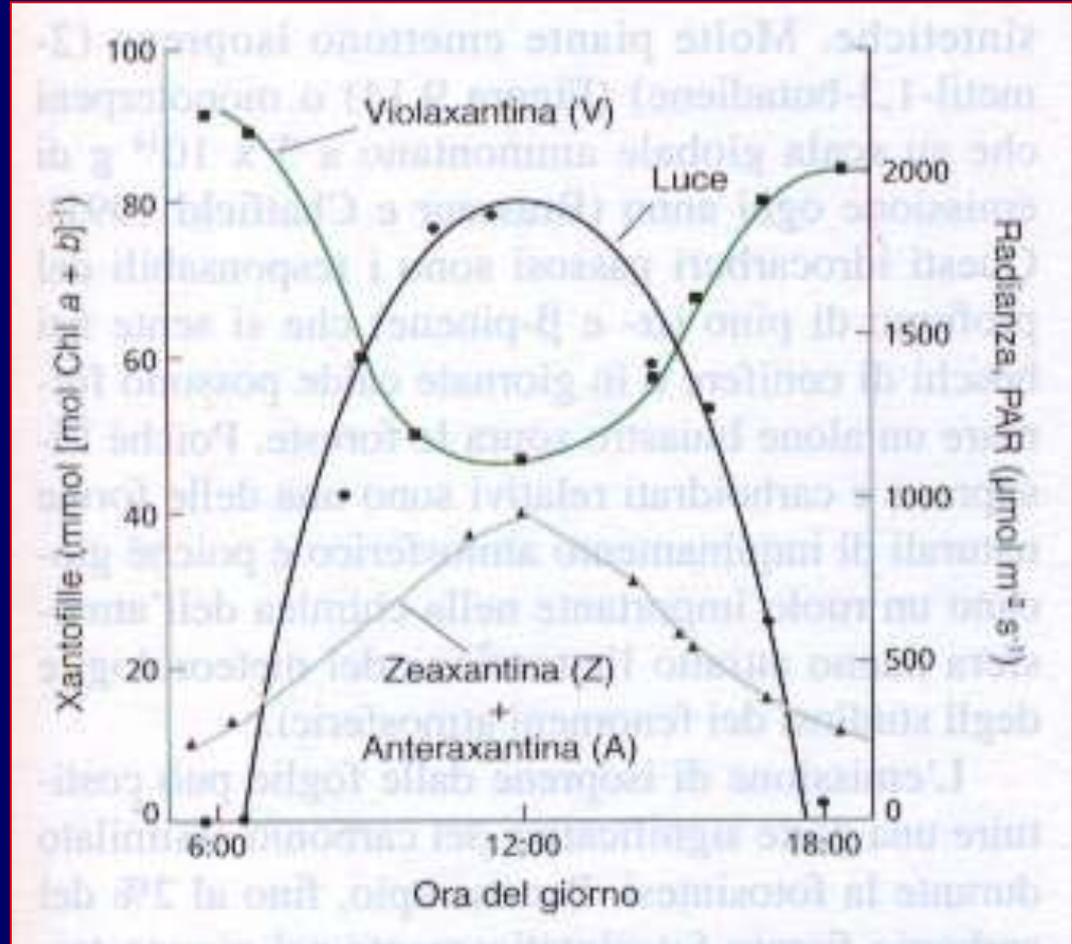
- emissione di **radiazioni** a lunghezza d'onda >
- **perdita percettibile di calore** se la temperatura dell'aria che circonda la foglia è inferiore
- raffreddamento da evaporazione dovuto alla **traspirazione**

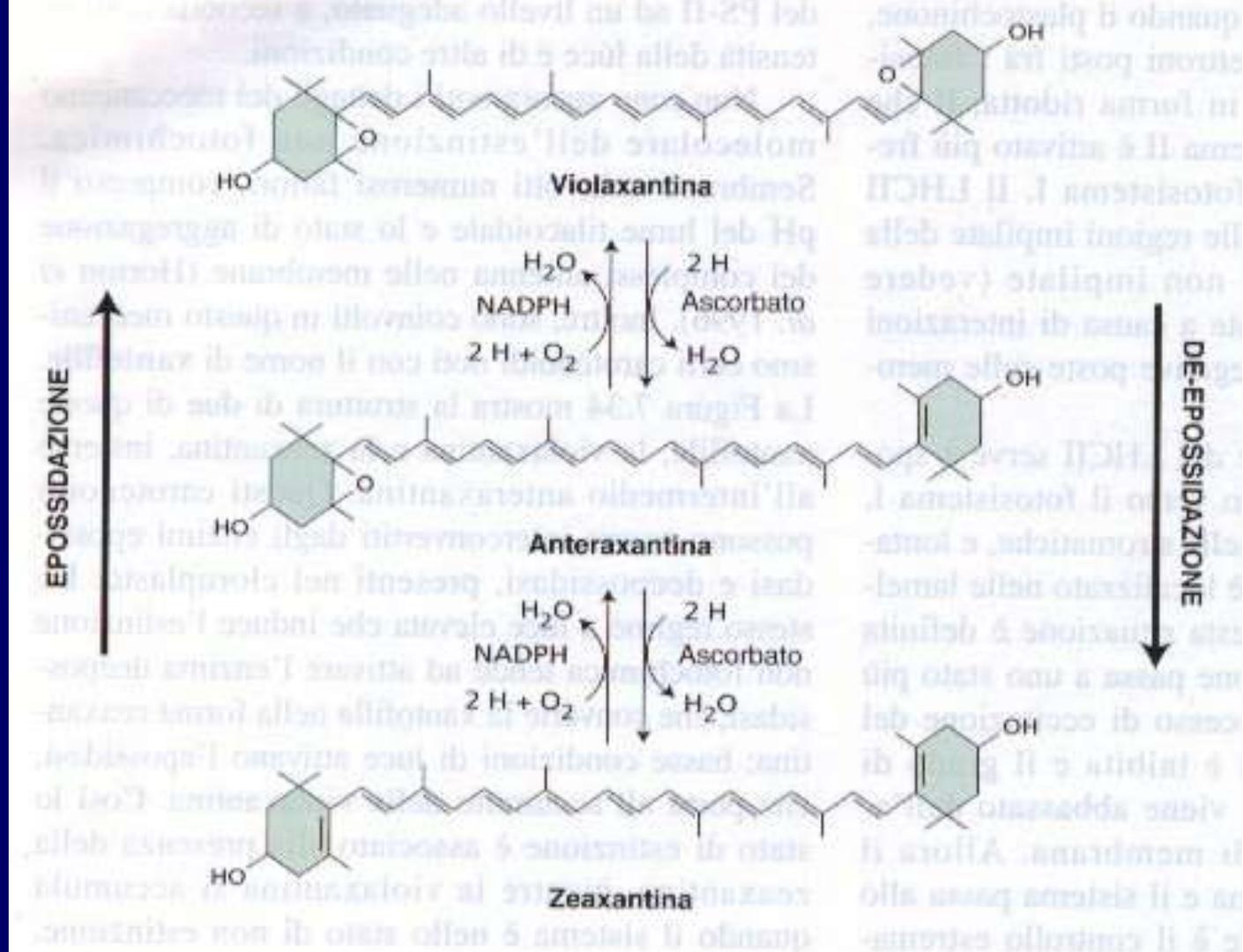


2° livello: dissipazione dell'eccesso di energia luminosa

• esistono diversi sistemi di estinzione fotochimica. Quello che fa capo alle **xantofille** è tra i più efficaci

• in condizioni di elevata luminosità la **VIOLAXANTINA** è convertita in **ANTERAXANTINA** e quindi in **ZEAXANTINA**





XANTOFILLE coinvolte nel processo di dissipazione di energia

- un regime di luce elevata induce l' estinzione fotochimica mediante de-epossidazione della xantofilla nella forma **ZEAXANTINA**
- basse condizioni di luce attivano la epossidasi e l' accumulo di **VIOLAXANTINA**

3° livello:

Quando la pressione fotonica è così alta da eccedere la capacità di protezione si hanno danni alla proteina D1 del centro di reazione del PSII che viene denaturata.

Il sistema di riparazione delle proteine danneggiate è estremamente efficiente ma il costo della riparazione è a scapito del carbonio fotosintetico

- Implicazioni architettura delle chiome-forme di allevamento
- Pratiche colturali (irrigazione, nutrizione) per evitare perdite di funzionalità fotosintetica
- Reti ombreggianti



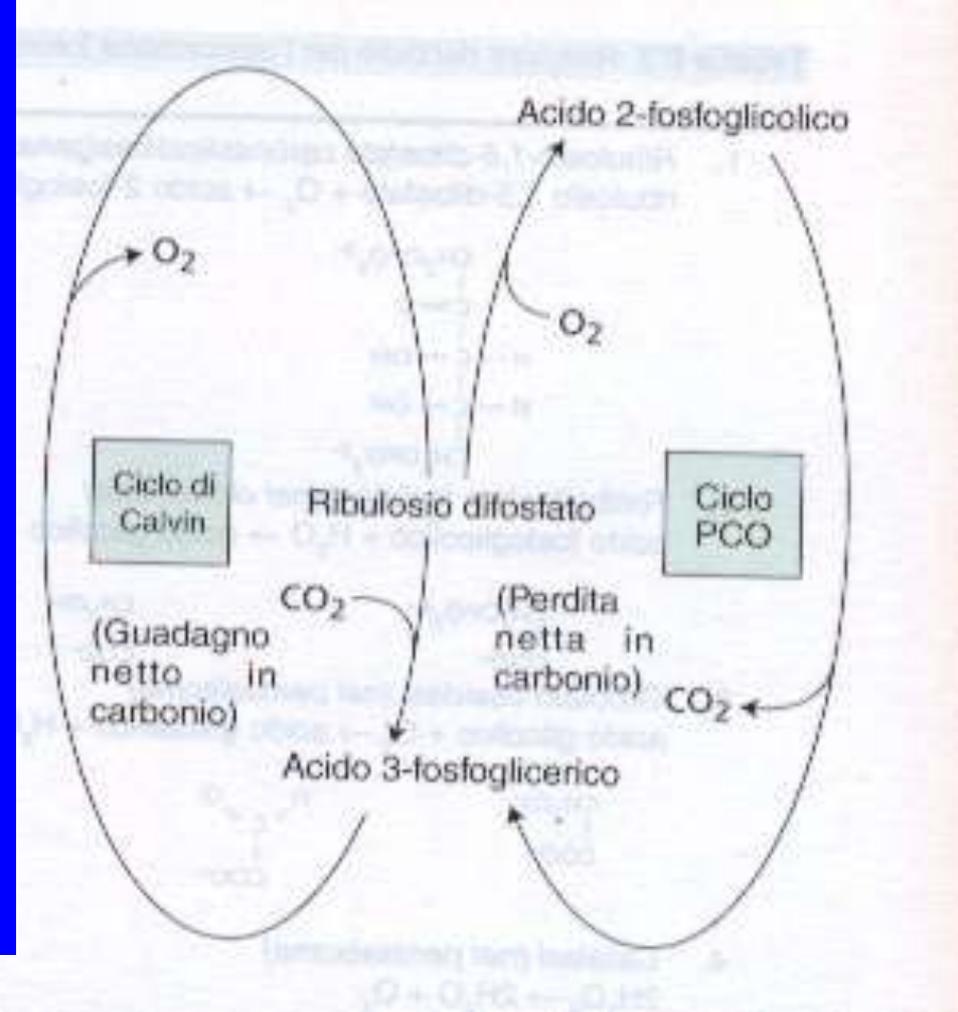
FOTORESPIRAZIONE

Quando nella foglia la concentrazione di anidride carbonica è bassa, se paragonata a quella dell'ossigeno, l'enzima RuDP-carbossilasi (Rubisco) catalizza una reazione tra RuDP e ossigeno invece che tra RuDP e anidride carbonica.

- la rubisco catalizza sia la carbossilazione (ciclo di Calvin) che l'ossidazione del ribulosio 1,5 difosfato
- il processo di ossigenazione, detto **fotorespirazione**, agisce in maniera opposta al ciclo di fissazione della CO_2 ed avviene nelle stesse cellule ed in contemporanea con il ciclo di Calvin
- la fotorespirazione rappresenta dunque una voce negativa nel bilancio del carbonio delle piante

Il flusso del carbonio nella foglia è dato dal bilancio di 2 cicli mutualmente opposti

- il **ciclo di Calvin** porta al consumo di CO_2 , alla liberazione di ossigeno ed all' aumento del peso secco
- la **fotorespirazione** porta alla liberazione di CO_2 , al consumo di ossigeno ed alla perdita di peso secco



- il **rapporto di carbossilazione/ossigenazione** del ribuloso 1,5 difosfato è di circa **3:1** nelle condizioni presenti nell' aria atmosferica
- il ciclo di Calvin è in grado di funzionare in maniera autonoma, mentre la fotorespirazione richiede il ciclo di Calvin per la formazione dell' accettore iniziale (ribuloso)

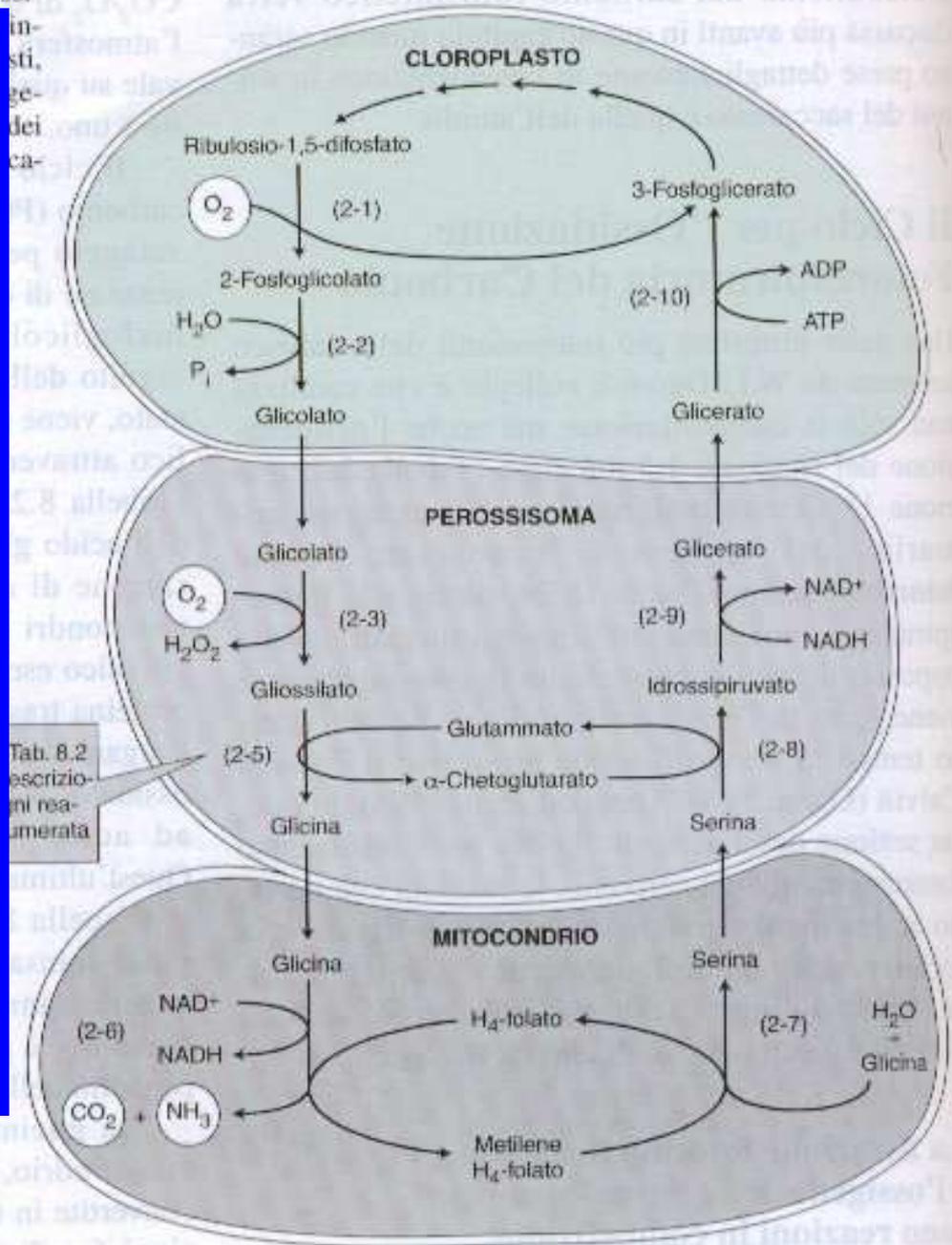
Ossidazione fotorespiratoria del carbonio

•implica l'interazione operativa di 3 organuli:

- cloroplasto
- perossisoma
- mitocondrio

•il consumo di ossigeno avviene in tutti gli organuli

•dall'ossidazione del ribulosio 1,5 difosfato si formano 3-fosfoglicerato e 2-fosfoglicolato

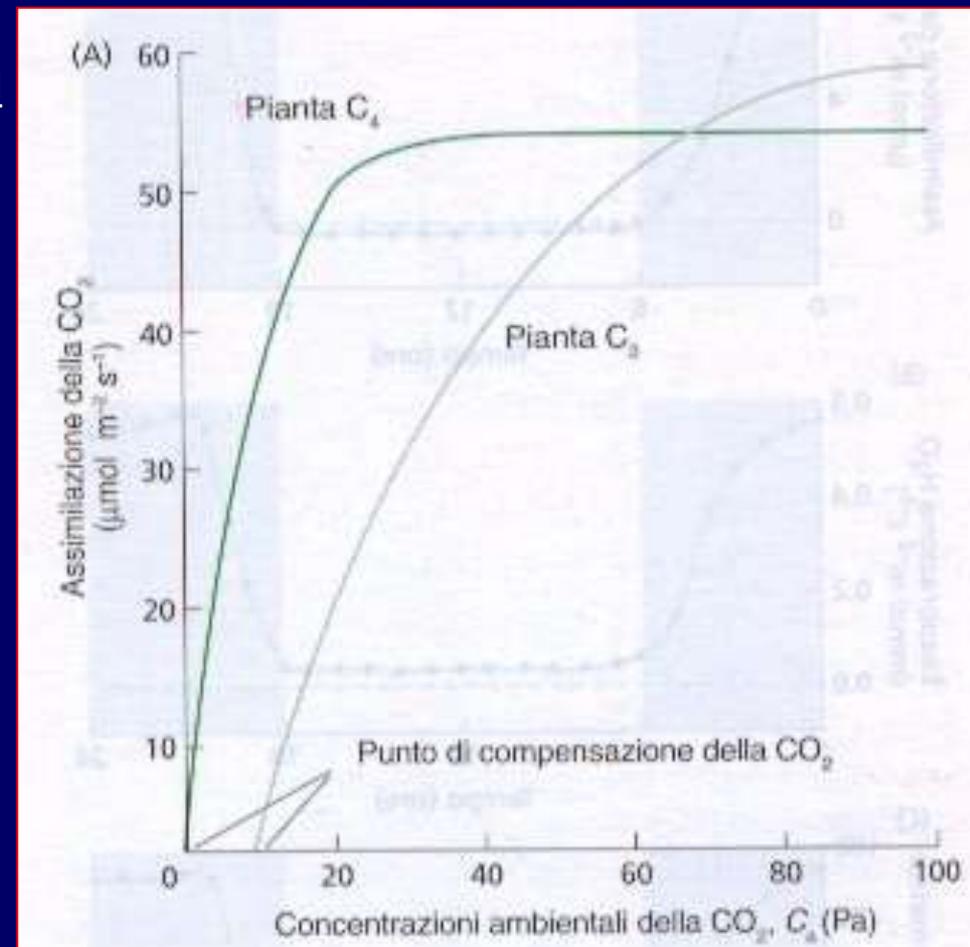


La fotorespirazione è un processo necessario:

- per convertire alcuni prodotti indesiderati della fotosintesi (ac. glicolico e fosfoglicolico) in carboidrati
- Per fornire intermedi metabolici utilizzati per la sintesi di acidi nucleici, aminoacidi, acidi grassi e altri metaboliti secondari
- Come meccanismo di protezione dei centri di reazione della fotosintesi verso i prodotti foto-ossidativi in presenza di alte radiazione e stress idrico

Differenza tra piante C3 e piante C4 in funzione della concentrazione ambientale di ANIDRIDE CARBONICA

- le piante C4 hanno un **punto di compensazione** della CO₂ pari a zero per effetto dell' assenza di fotorespirazione
- Le **piante C4** vanno a saturazione a valori di concentrazione ambientale di CO₂ pari a 20 Pa per effetto dell' efficienza del loro sistema di concentrazione della CO₂ a livello delle cellule della guaina del fascio
- un aumento della CO₂ causa alle **piante C3** un continuo aumento della fotosintesi ad indicare una capacità per le piante C3 di approfittare di un aumento della CO₂ nell' atmosfera

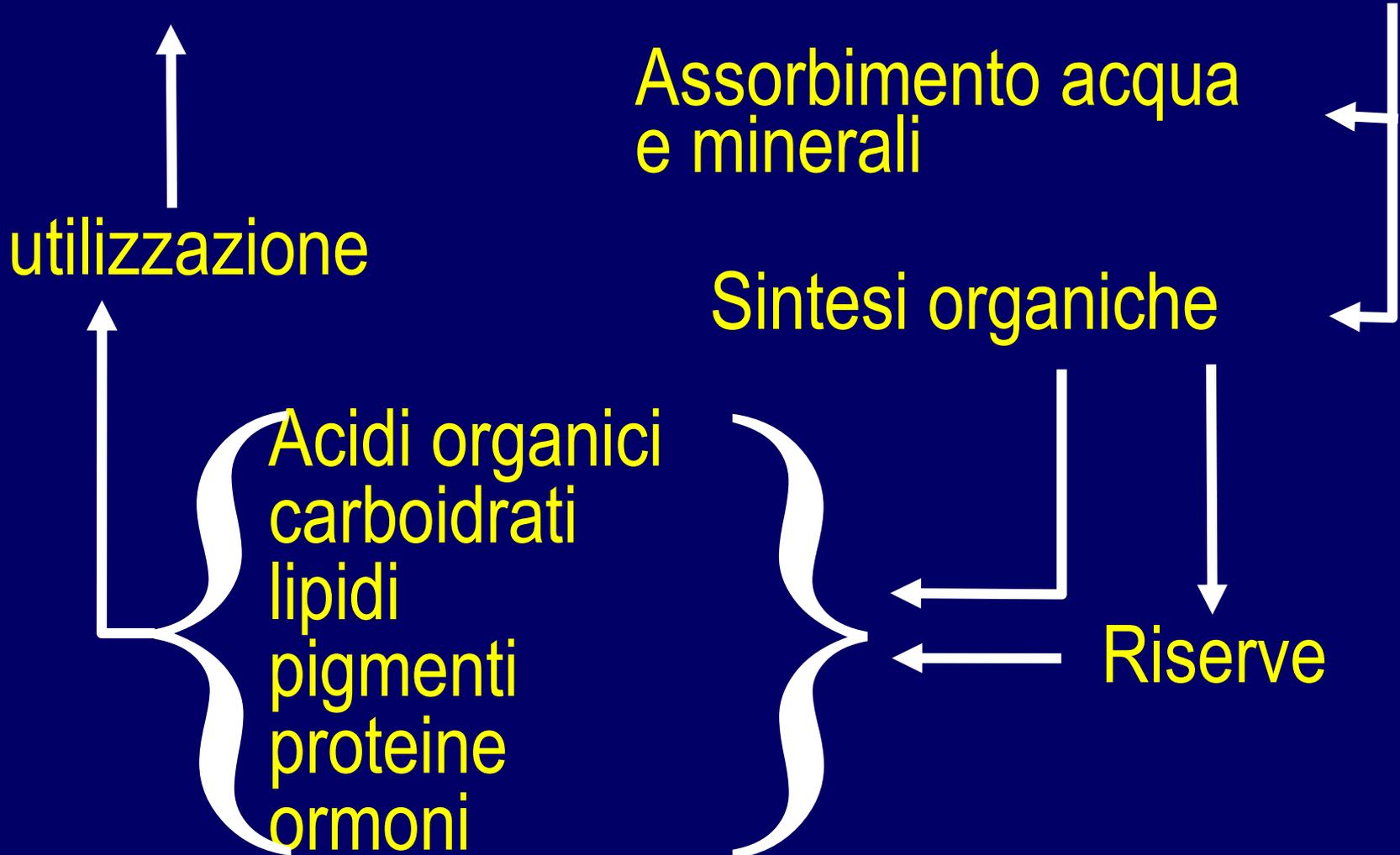


RESPIRAZIONE E GLICOLISI

RESPIRAZIONE E GLICOLISI

- con la fotosintesi la pianta produce carboidrati fondamentali alla propria esistenza (e a quella di tutti gli esseri viventi)
- la respirazione aerobica è quel processo biologico attraverso il quale i **composti organici ridotti sono mobilitati e quindi ossidati** in maniera controllata
- con la **glicolisi** e la **respirazione** si ottiene il **rilascio dell'energia** accumulata nei carboidrati, energia necessaria a tutto il metabolismo vitale
- La respirazione aerobica è un processo comune a tutti gli organismi eucarioti ed, in linea generale, il processo respiratorio delle piante superiori è simile a quello che troviamo anche negli animali

La Respirazione



•La respirazione può essere suddivisa in tre tappe successive:

1. GLICOLISI
2. CICLO DI KREBS
3. TRASPORTO ELETTRONI COMITOCONDRIALE o FOSFORILAZIONE OSSIDATIVA

•durante la respirazione l'energia liberata viene **incorporata in una forma chimica (ATP)** che può essere prontamente disponibile al mantenimento ed allo sviluppo della pianta oltre che NADPH, NADH, FADH₂

Dal 30-80% della CO₂ fissata dalla fotosintesi è rilasciata in atmosfera attraverso la respirazione

Tabella 3.4 Tassi di respirazione al buio calcolati secondo le equazioni di regressione ottenute da Poni *et al.*, (2006). La respirazione al buio era misurata su foglie di Sangiovese dopo acclimatamento in cella climatica di circa 4-5 ore alle temperature di 10, 15, 20, 25, 30 e 35°C.

Organo	Temperatura			
	10°C		35°C	
	Fioritura	Maturazione	Fioritura	Maturazione
Foglie ($\mu\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	26	6	99	20
Grappoli ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g peso fresco}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	500	20	1.700	110
Stelo ($\mu\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	130	26	671	103

Tabella 3.2 Grammi di glucosio richiesti per grammo di nuova biomassa prodotta in alcuni organi di vite in fioritura ed alla raccolta. Valori medi per la cultivar Merlot/Fercal rielaborati da Vivin *et al.*, (2003).

Organo	$1/Y_G$ (g glucosio/g W)	
	Fioritura	Raccolta
Grappolo	1,51	1,14
Vinaccioli		1,97
Polpa e buccia		1,24
Foglia	1,48	1,51
Stelo	1,30	1,42
Tronco	1,30	1,44
Radici fini	1,39	1,38

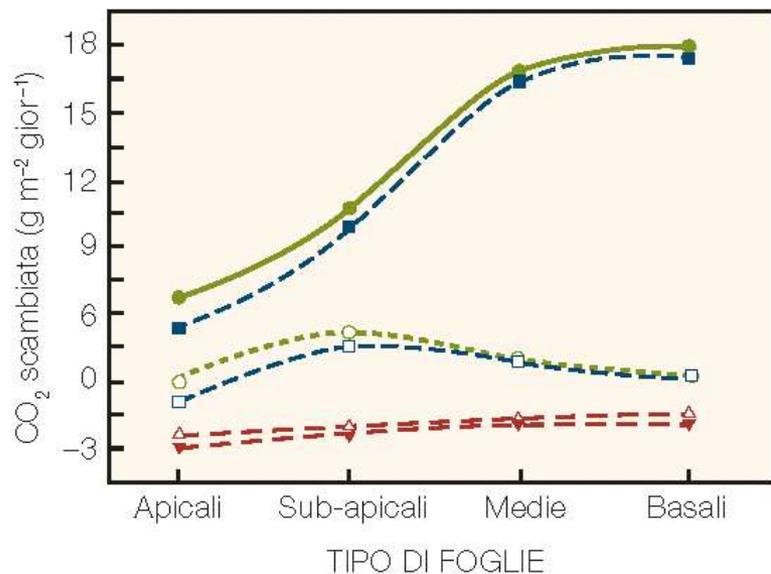


Figura 3.4

Assimilazione netta (A_n) calcolata dall'alba al tramonto, respirazione al buio (Rd) calcolata dal tramonto all'alba e bilancio giornaliero del carbonio ($A_n - Rd$) in foglie di Riesling di differente età in una giornata serena di luglio. I simboli: ●▼■ si riferiscono a foglie direttamente esposte alla luce; mentre i simboli: ○□▽ si riferiscono a foglie ombreggiate. (Dati rielaborati da Schultz, 1991).

CO₂ release
[g CO₂ g_{plant}⁻¹ h⁻¹]

