

Le piante come “laboratori” per la cattura e la conversione dell’energia



Prof. Elisabetta Sgarbi

**Dipartimento di Scienze agrarie e
degli alimenti**

Università di Modena e Reggio Emilia

- C'è un unico processo biochimico che consente di catturare l'Energia disponibile come **radiazione solare** e trasformarla in energia chimica, sotto forma di sostanza organica - carboidrati

La Fotosintesi



La fotosintesi.....in sintesi

- $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} + \text{Energia luminosa}$
- pigmenti (clorofilla ...) - enzimi
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$

Quali organismi viventi sono in grado di effettuare la fotosintesi?

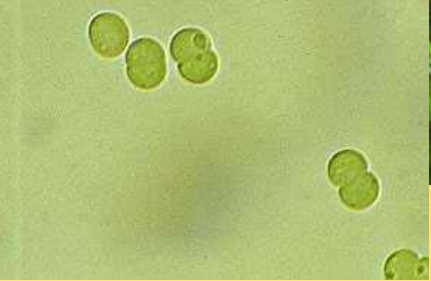
Tutti gli organismi **autotrofi**....

dal greco:

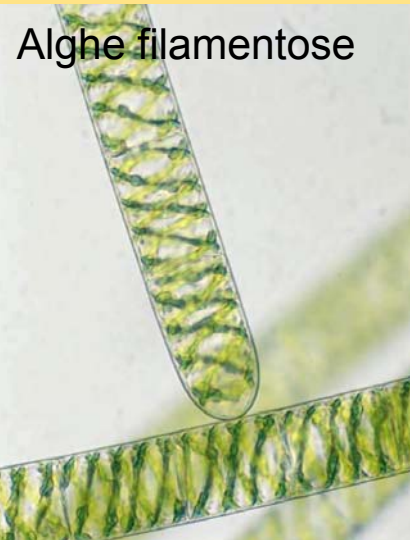
autós = se stesso

tróphos = che nutre

cianobatteri
(dimensioni 2 μm)



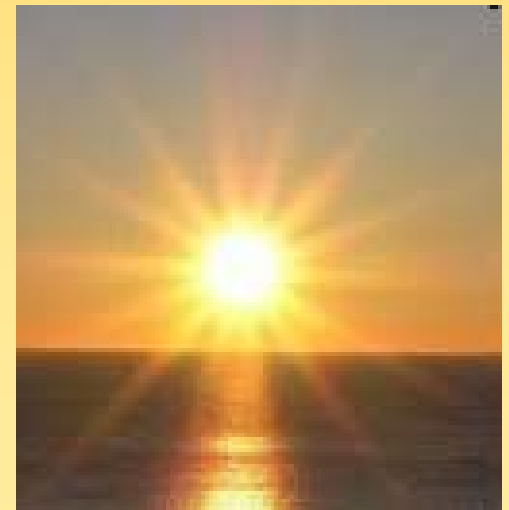
Alghe filamentose



Alghe laminari

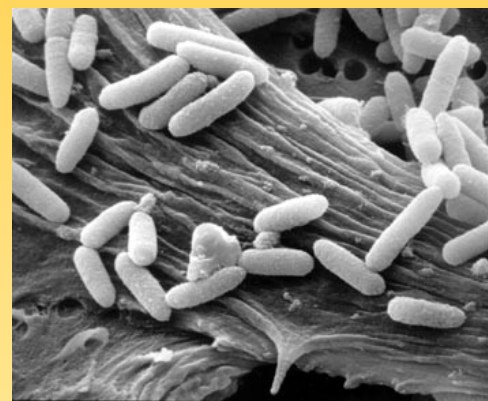


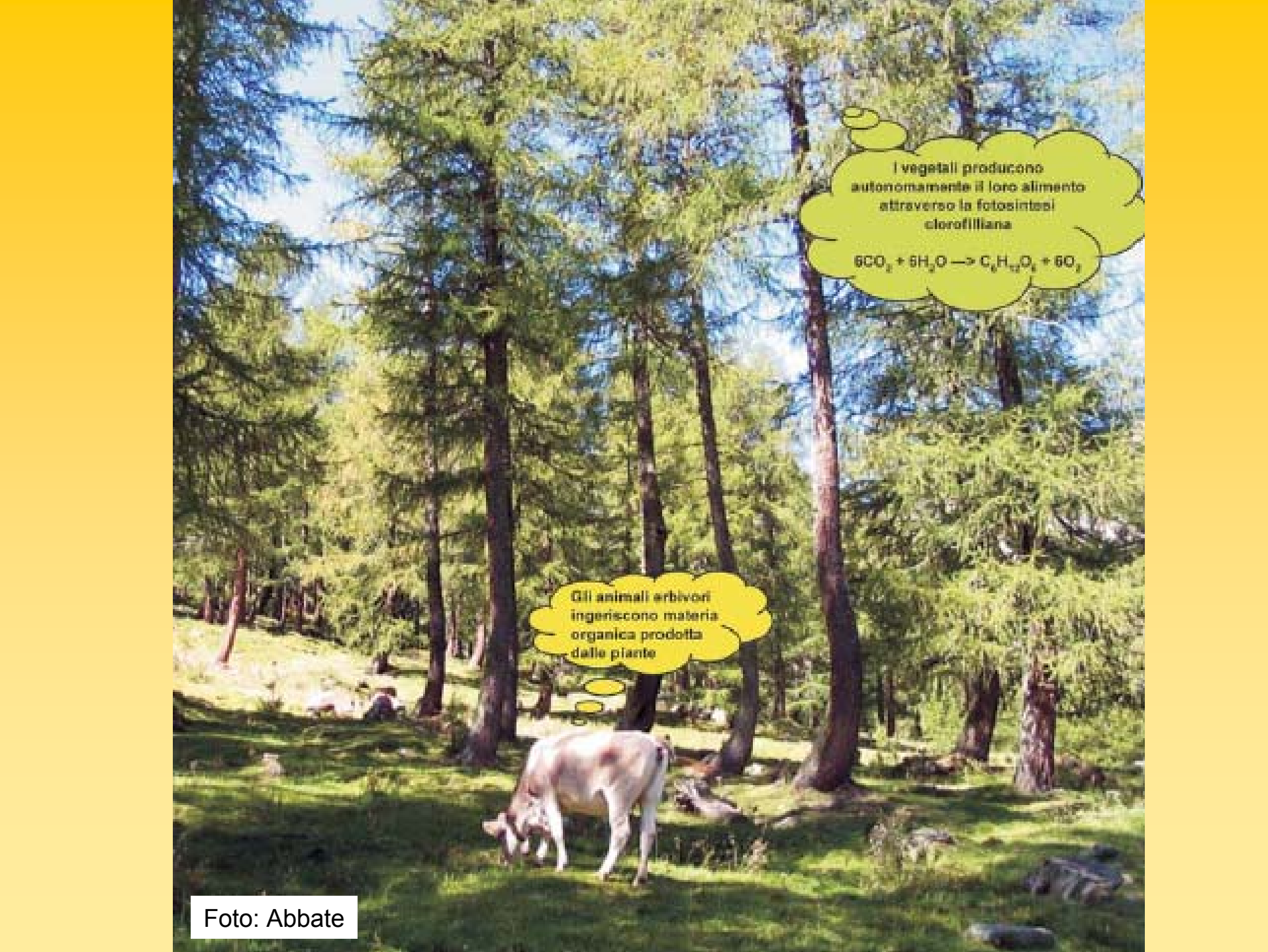
- ...che possiedono particolari strutture cellulari, enzimi e pigmenti
- e utilizzano:
- anidride carbonica *
- acqua
- e luce solare (ϵ)
- per la sintesi di composti organici *



- Una migliore definizione per questi organismi?
Autotrofi fotosintetici o fotoautotrofi

**che sono dunque ben distinti
dagli organismi eterotrofi**





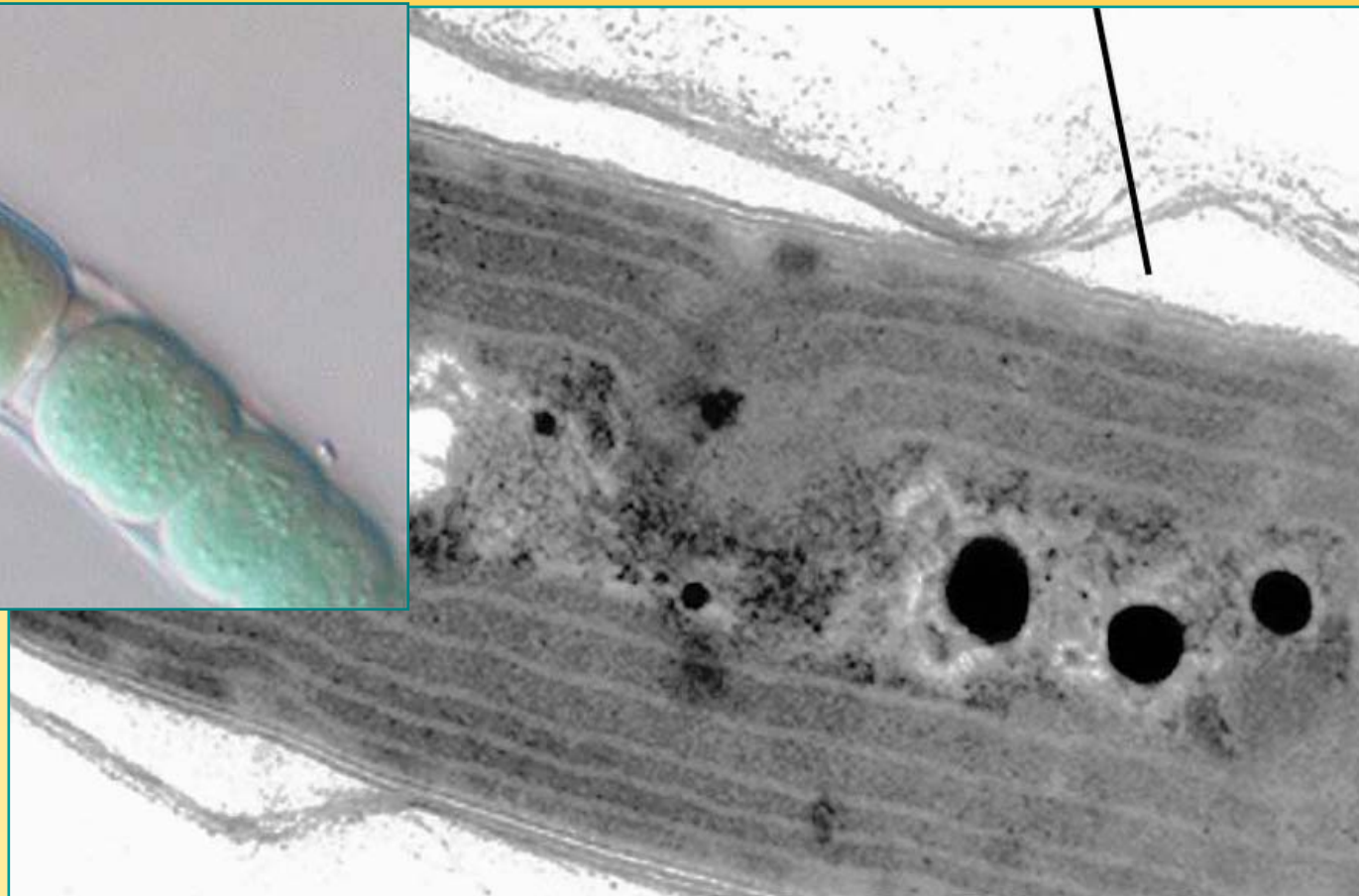
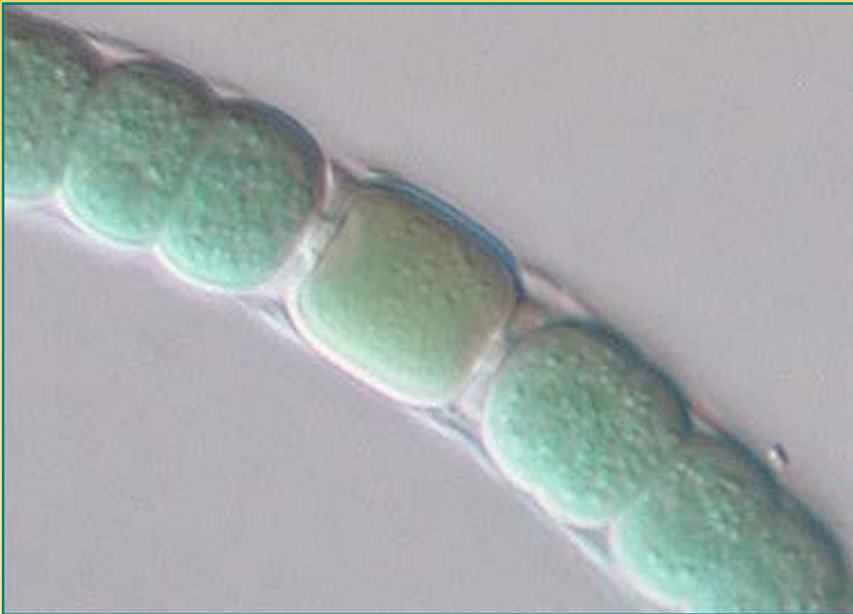
I vegetali producono
autonomamente il loro alimento
attraverso la fotosintesi
clorofilliana



Gli animali erbivori
ingeriscono materia
organica prodotta
dalle piante

Dove ha luogo questo processo?

- Nei cianobatteri ha luogo nelle membrane tilacoidali, disposte all'interno della cellula a cui è ancorato il principale pigmento fotosintetico, la clorofilla a.



Nelle piante terrestri...

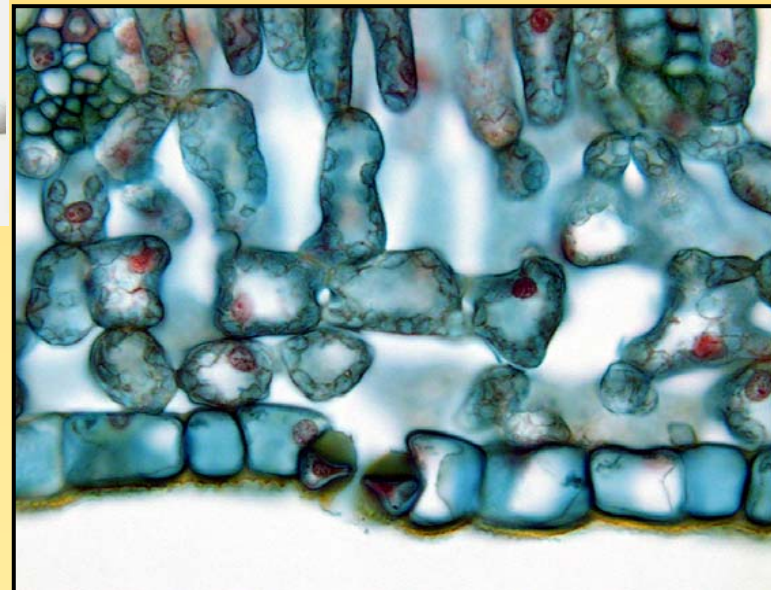
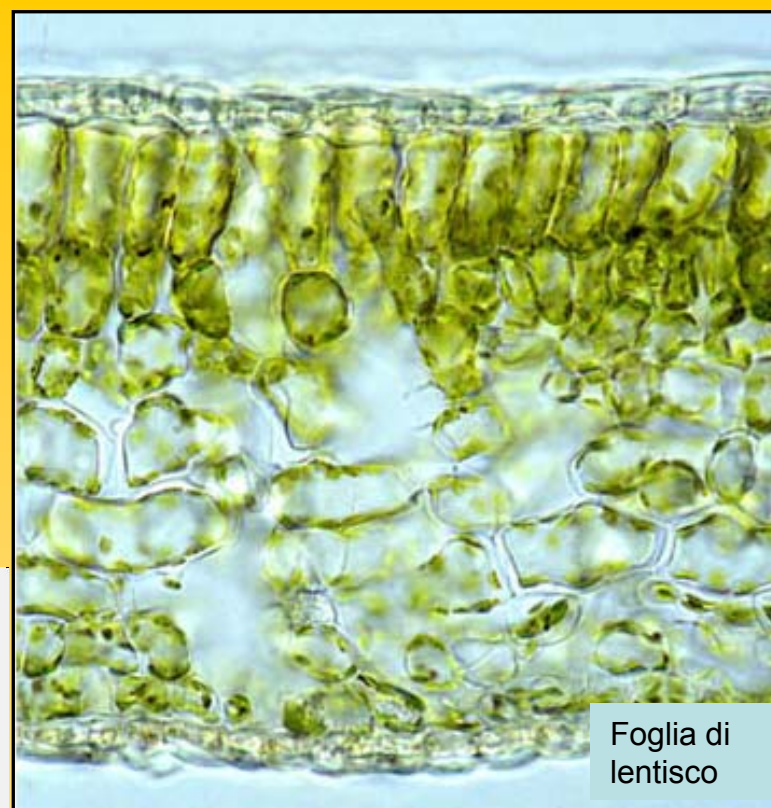


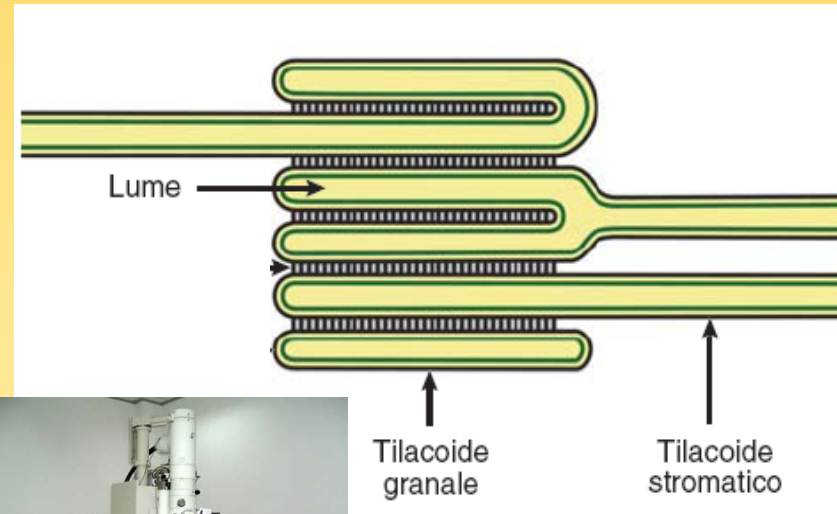
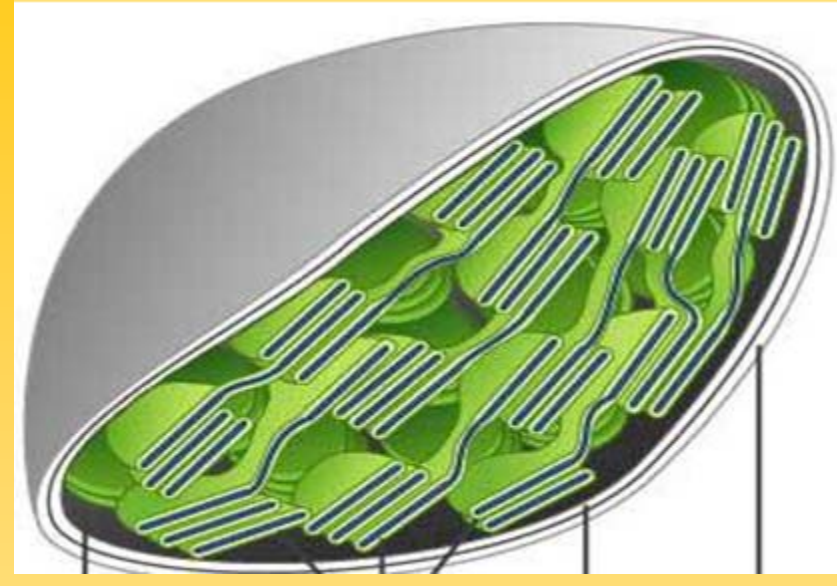
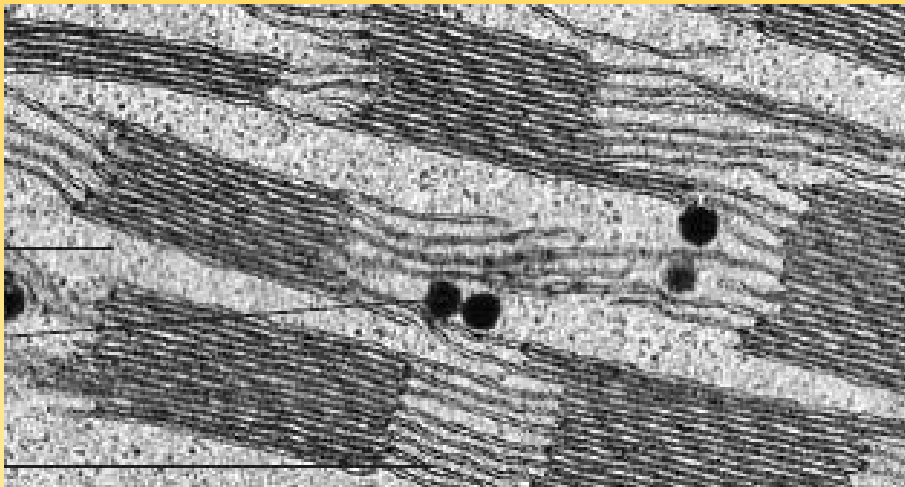


Foto: Valletta, Pasqua



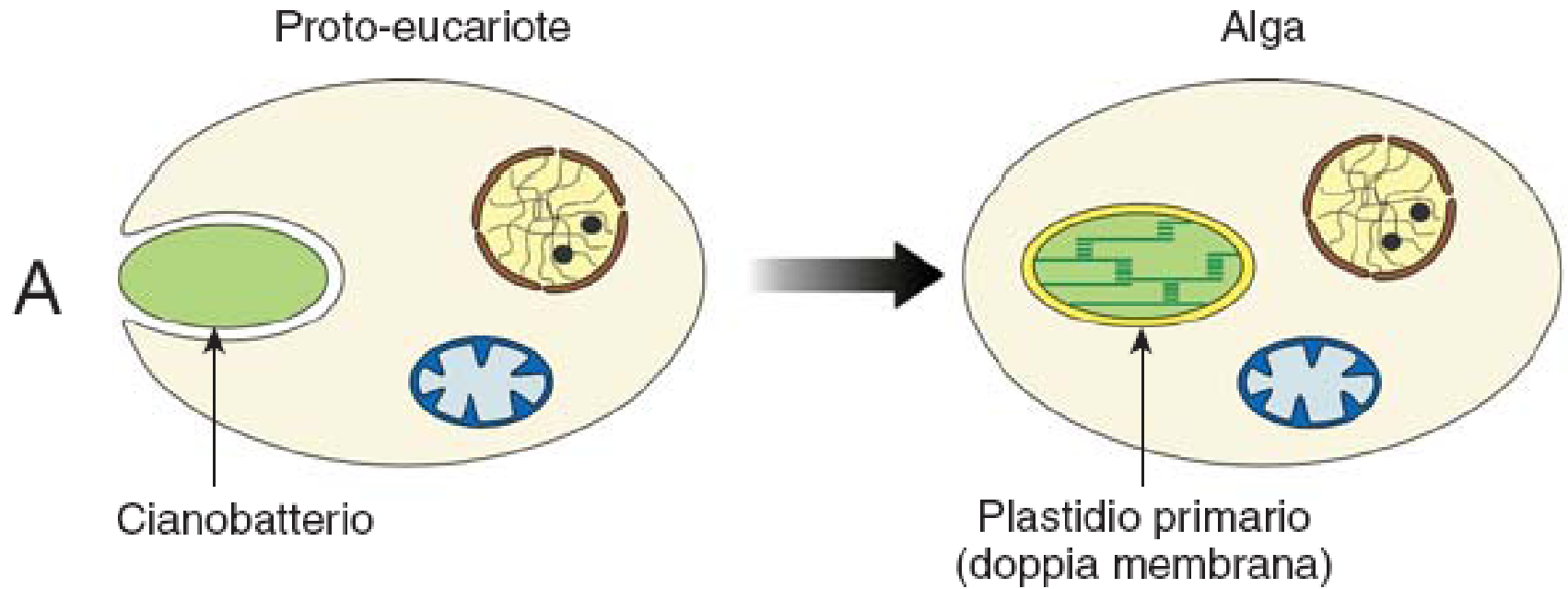
- I muschi, piccole piante terrestri hanno foglioline sottili, facilmente osservabili al microscopio ottico...

cloroplasti



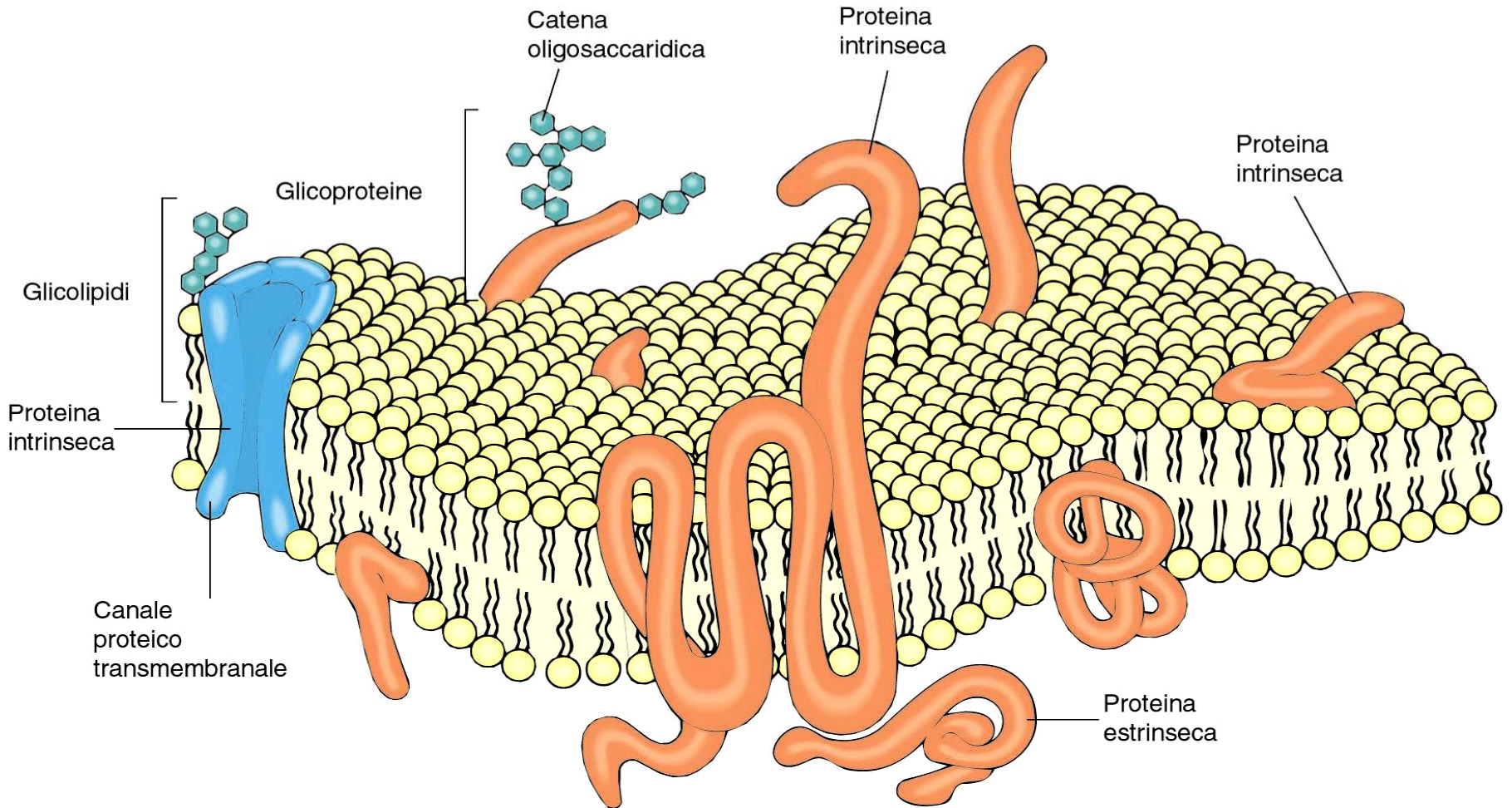
Nello stroma sono immersi: ribosomi, DNA, enzimi, globuli lipidici e possono essere osservati granuli d'amido

Ipotesi endosimbiotica sull'origine dei cloroplasti



Disegno:Valletta

LE MEMBRANE – secondo il modello a mosaico fluido



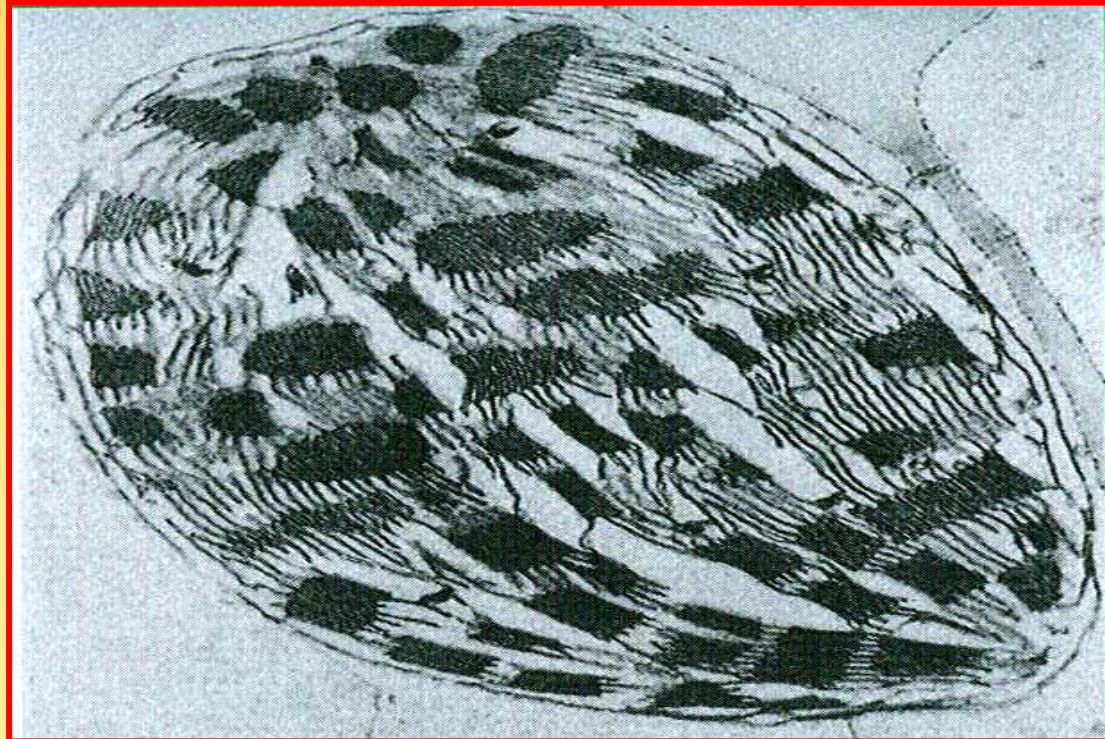
Componenti funzionali dei cloroplasti

La fotosintesi coinvolge molte molecole diverse:

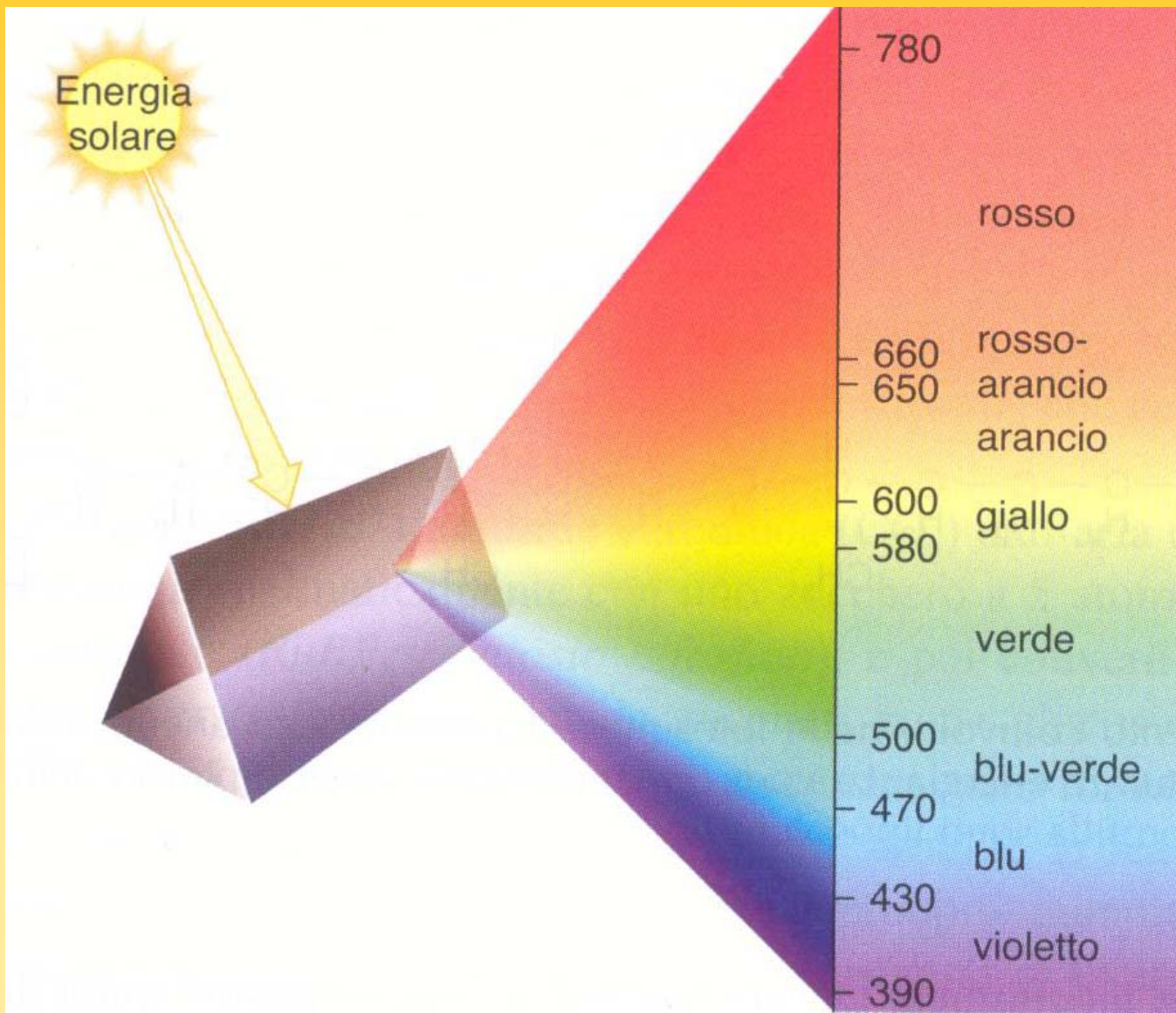
enzimi

accettori e trasportatori di e^-
pigmenti

tutte presenti nei cloroplasti



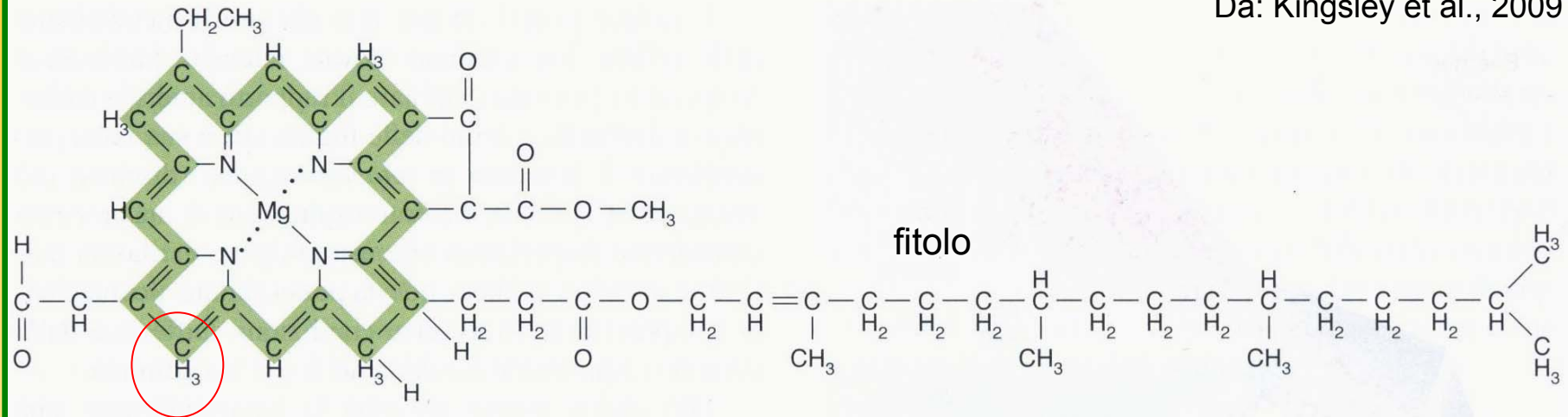
L'energia solare raggiunge la terra sotto forma di onde di diversa lunghezza e circa il 40% di questa energia è sotto forma di luce visibile.



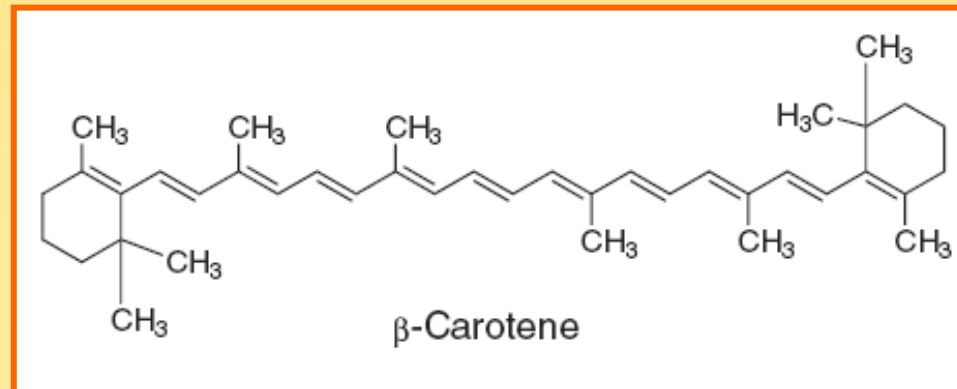
I **pigmenti** sono sostanze che assorbono specifiche lunghezze d'onda e hanno un colore corrispondente alle lunghezze d'onda che non assorbono e riflettono.

PIGMENTI FOTOSINTETICI

Da: Kingsley et al., 2009



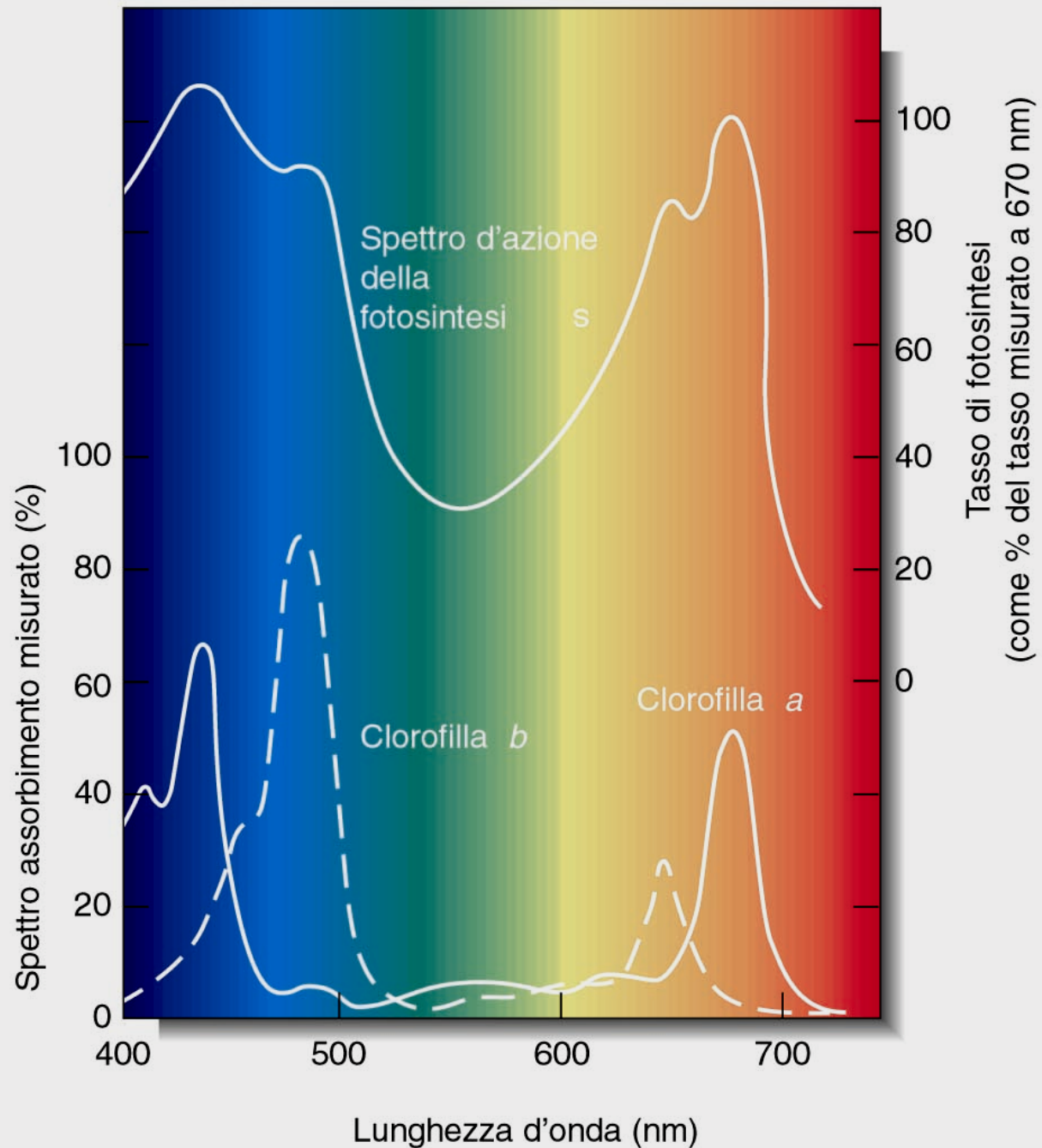
Clorofilla a, pigmento fotosintetico indispensabile, **clorofilla b**, carotenoidi e altri ancora, definiti pigmenti accessori



le clorofille
presentano un
minimo di
assorbimento nella
regione del verde:

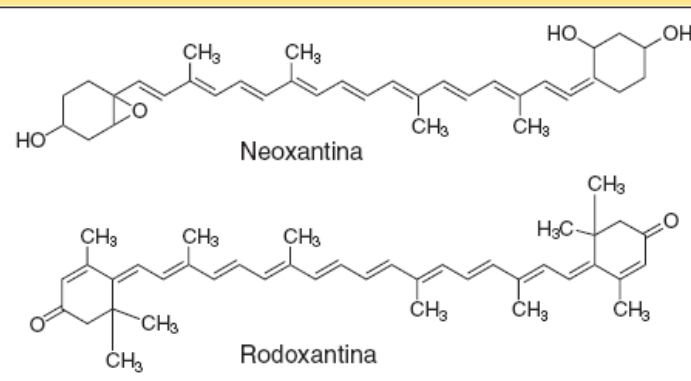
per le piante, la luce
monocromatica di
questo colore
equivale a buio
completo

le foglie assorbono
circa l'80% della
luce visibile



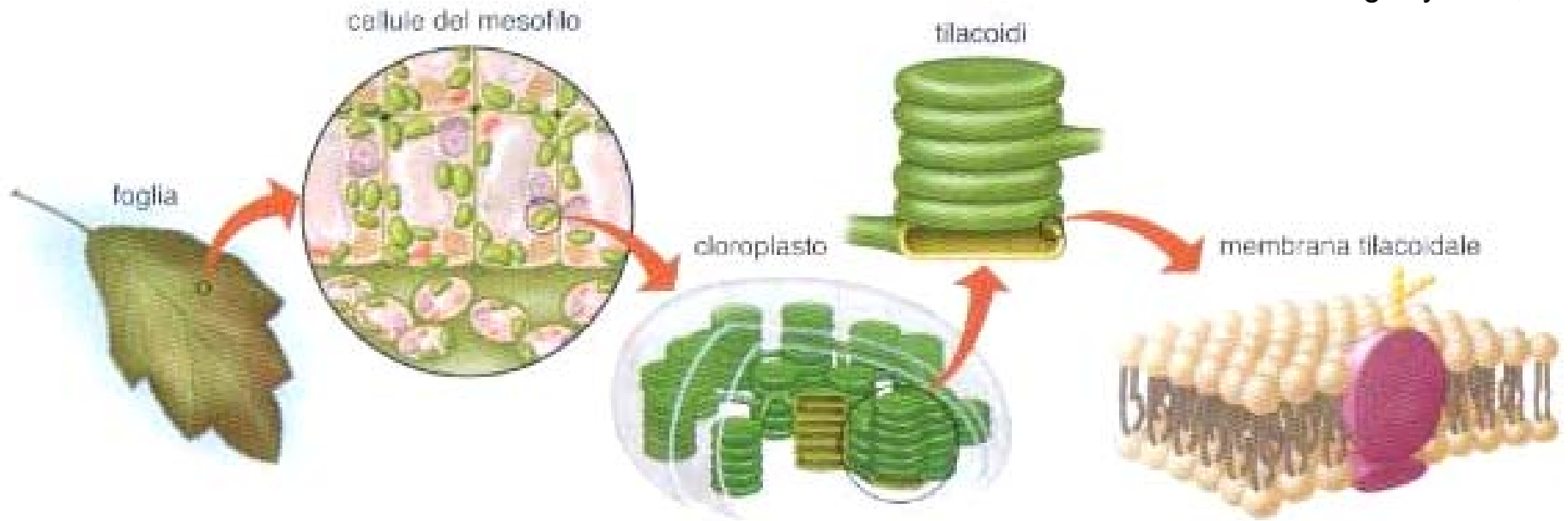
Classe di pigmenti	Pigmento	Colore	Localizzazione
<i>Clorofille</i>	Clorofilla a	verde	Tutti gli organismi fotosintetici eucarioti; cianobatteri
	Clorofilla b	verde	Piante, alghe verdi
	Clorofilla c	verde giallo	Alghe brune, diatomee...
	Batterio-clorofilla	blu	Solfobatteri rossi
<i>Carotenoidi</i>	caroteni	da giallo a rosso	Tutti gli organismi fotosintetici
	xantofille	da giallo a rosso	La maggior parte delle cellule fotosint.
<i>Ficobiline</i>	Ficocianina ficoeritrina	Blu rosso	Cianobatteri, alghe rosse

xantofille



Tornando al processo fotosintetico....

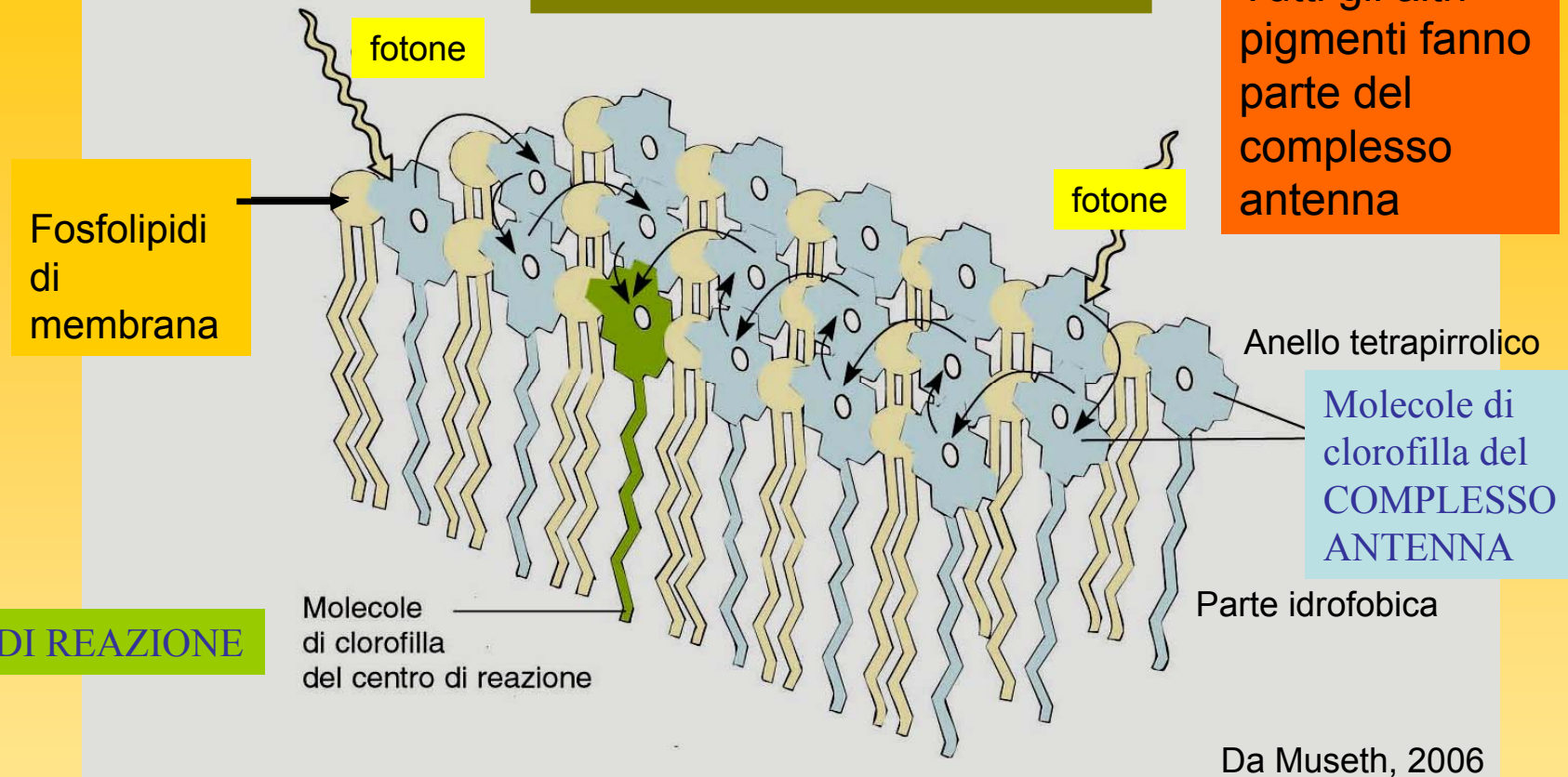
Da: Kingsley et al., 2009



Nei cloroplasti i pigmenti fotosintetici sono legati alle membrane tilacoidali.

I pigmenti sono associati tra loro e ad altre molecole a formare dei **complessi** chiamati **FOTOSISTEMI**: ognuno è costituito da 250 a 400 molecole di pigmenti

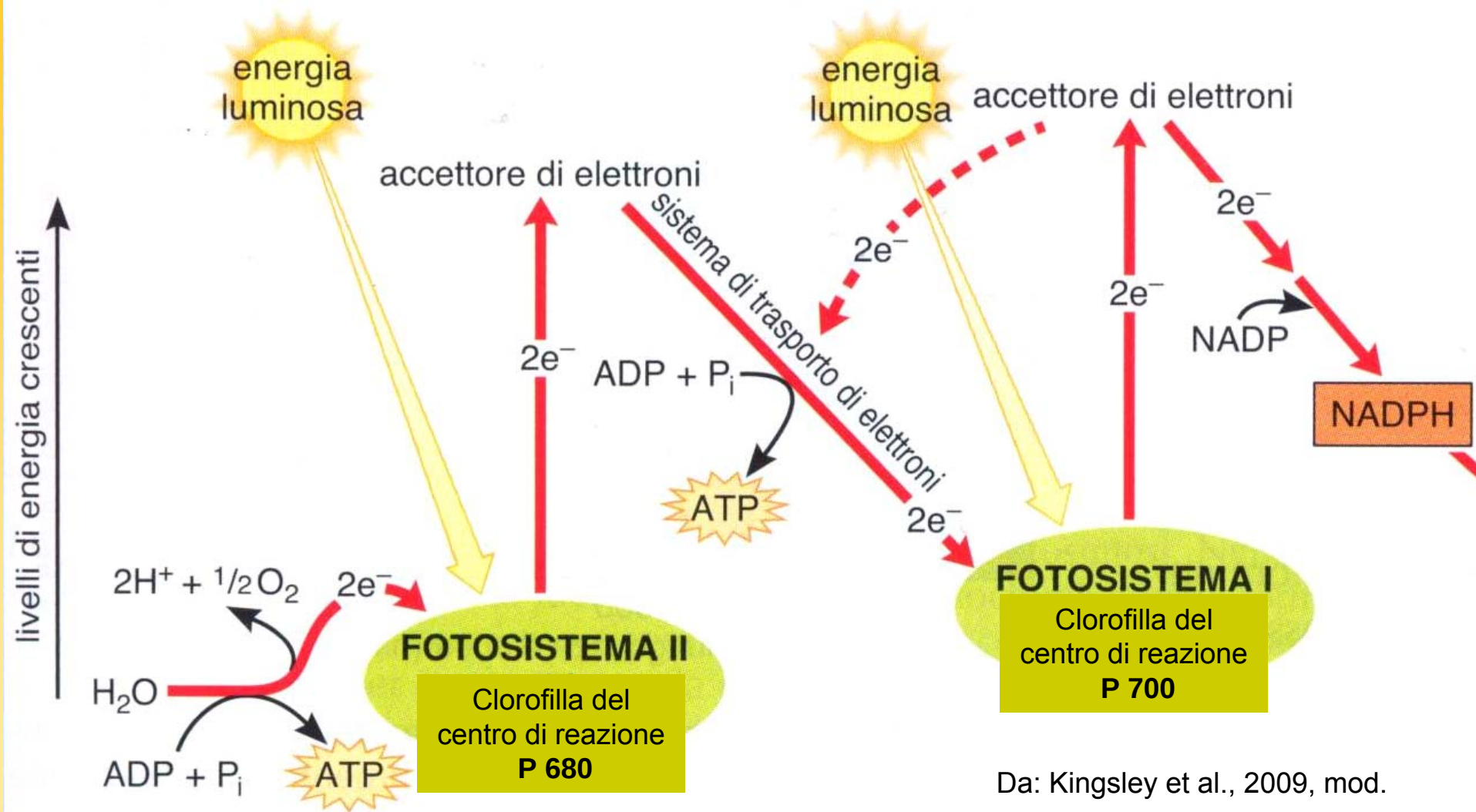
I FOTOSISTEMI

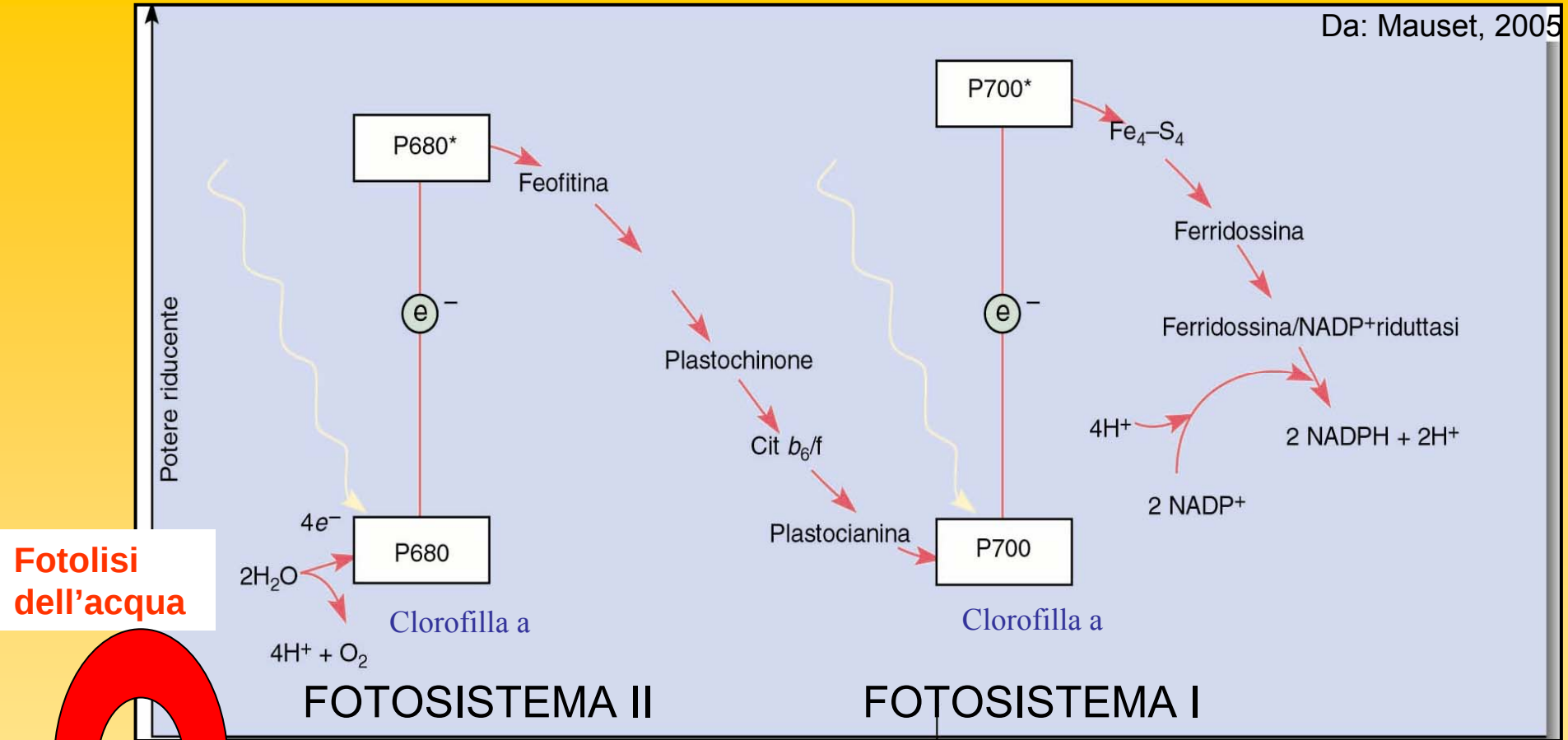


Ogni fotosistema è costituito da più di 200 molecole di clorofilla a, piccole quantità di clorofilla b, carotenoidi legati a proteine, e una molecola di **clorofilla speciale, chiamata P**, presente nel centro di reazione.

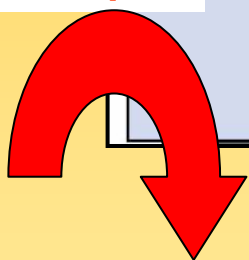
I pigmenti del complesso antenna assorbono E luminosa e si eccitano, trasferendo poi l'E ad un'altra molecola per risonanza.

Fotosintesi: reazioni che dipendono dalla luce

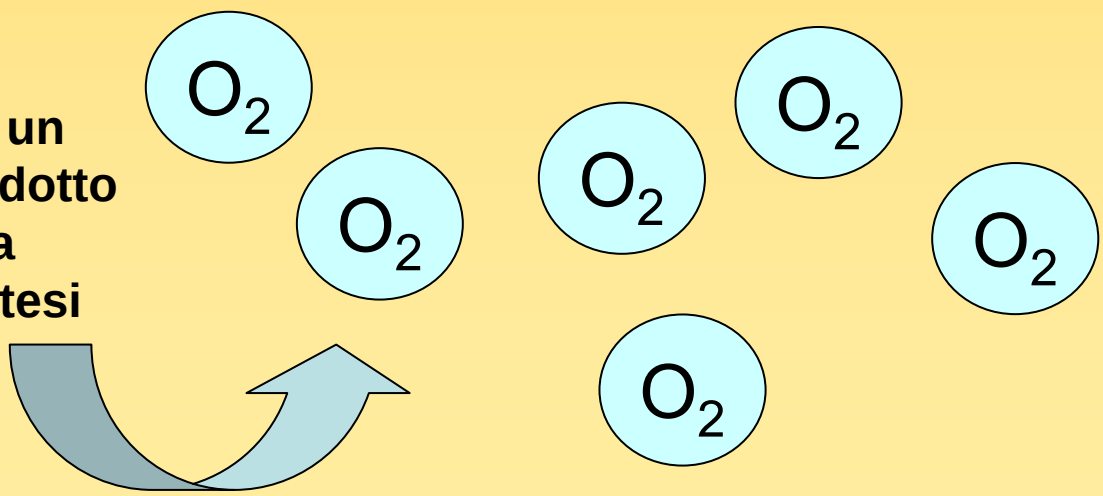


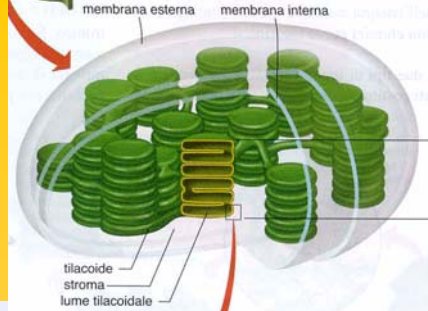


Fotolisi dell'acqua

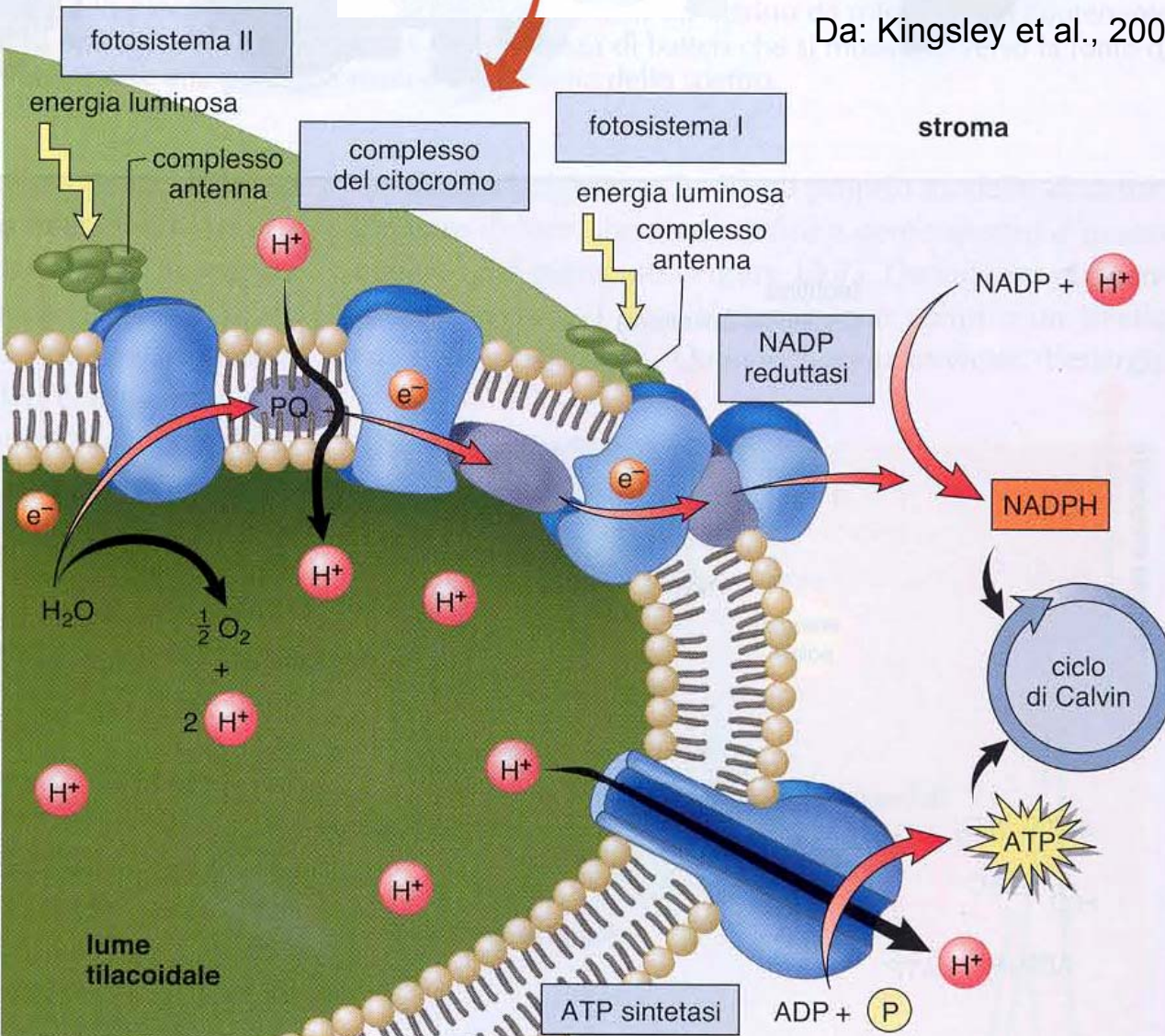


L'O₂ è un sottoprodotto della fotosintesi



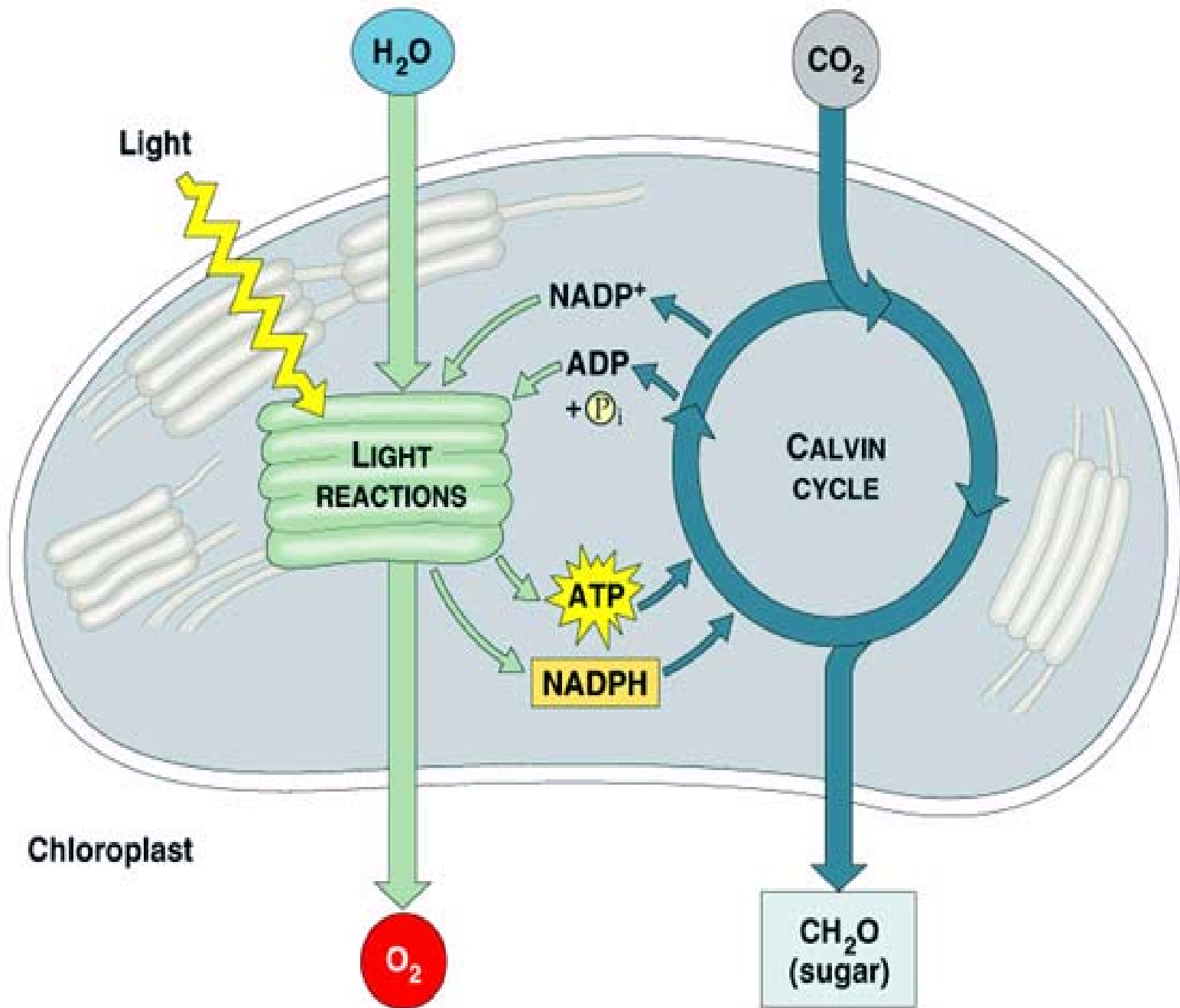


Da: Kingsley et al., 2009

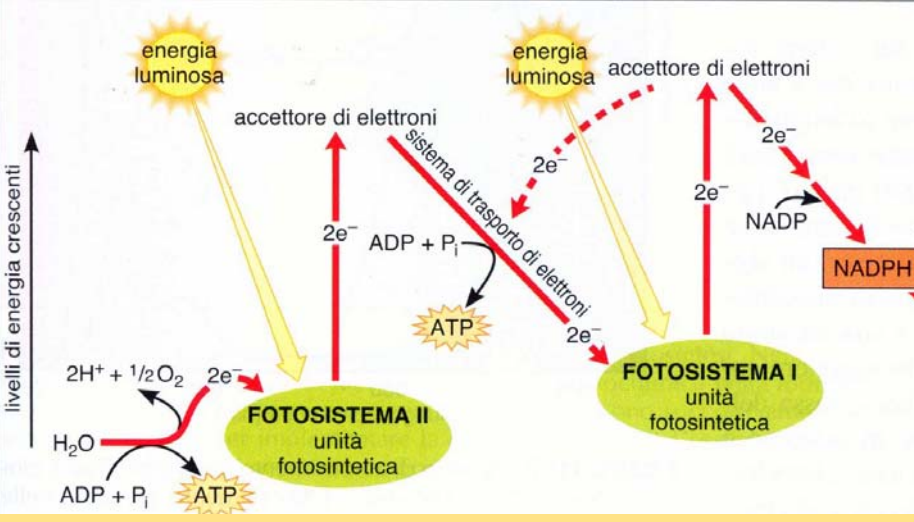


Nel lume si accumulano protoni e si crea un gradiente tra lumen e stroma.

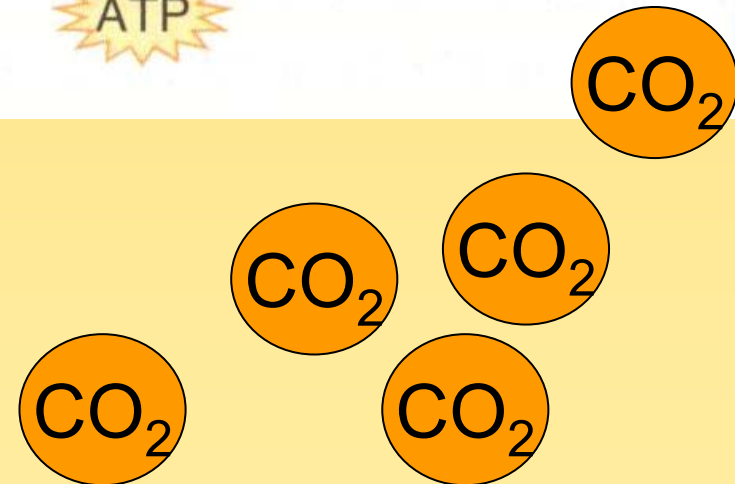
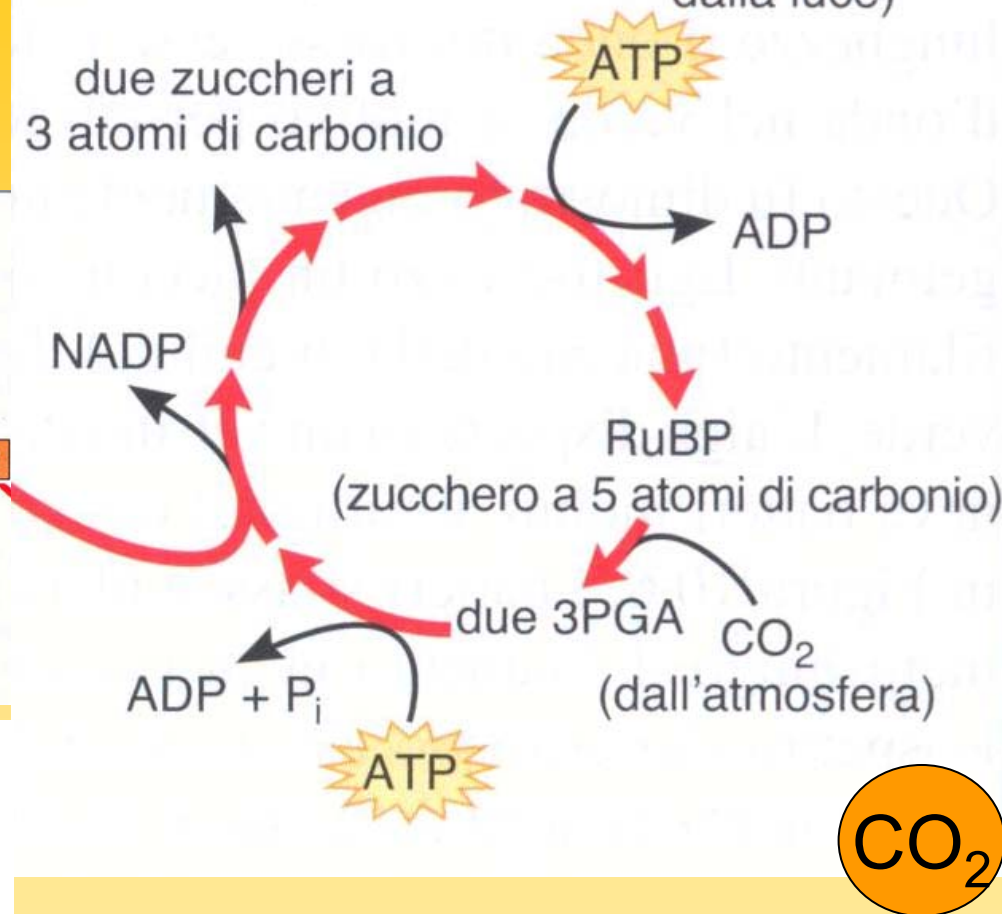
I protoni passano allo stroma attivando ATP sintetasi con guadagno di Energia e fosforilazione di ADP ad ATP

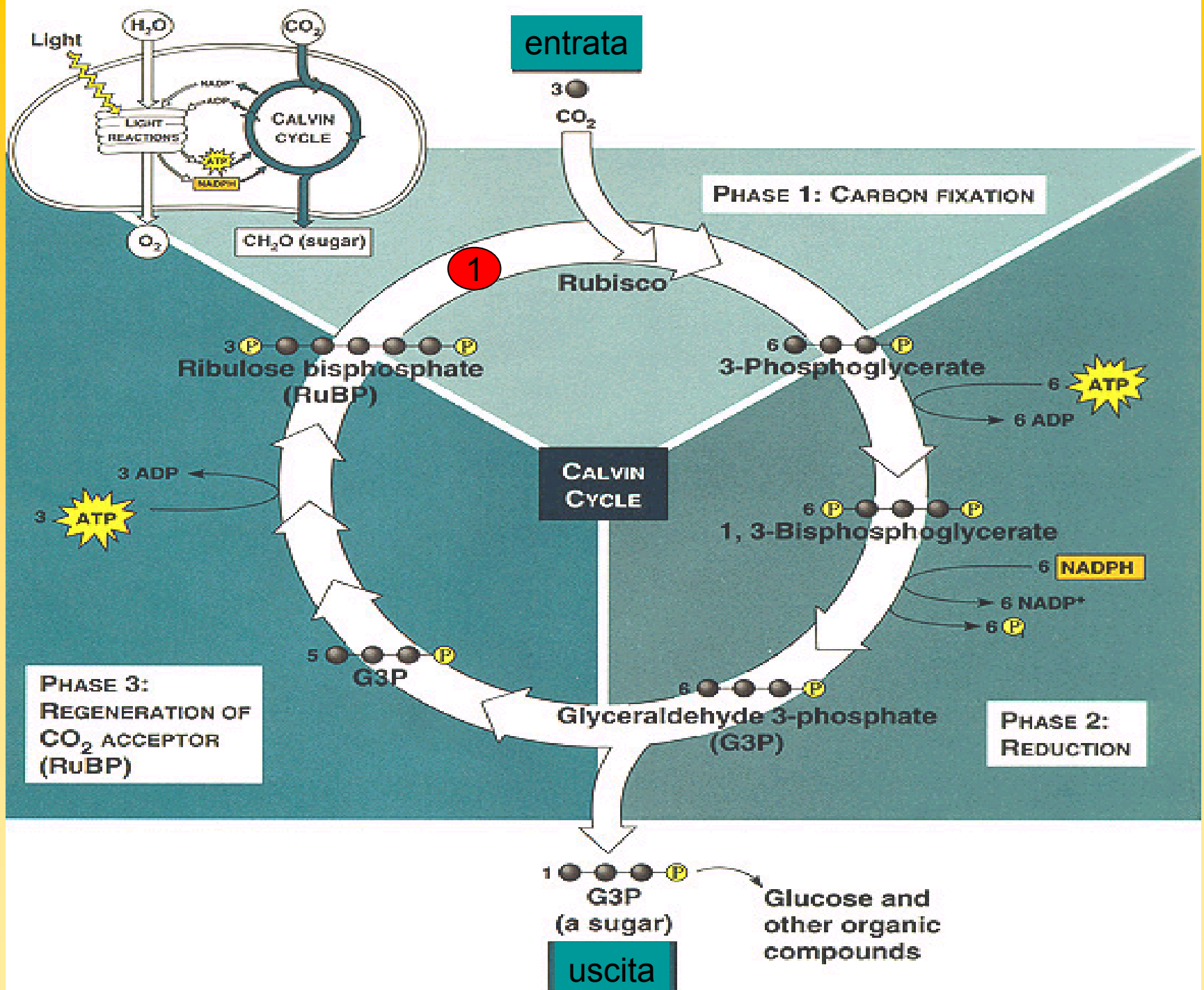


Fase oscura: reazioni indipendenti dalla luce avvengono nello stroma del cloroplasto

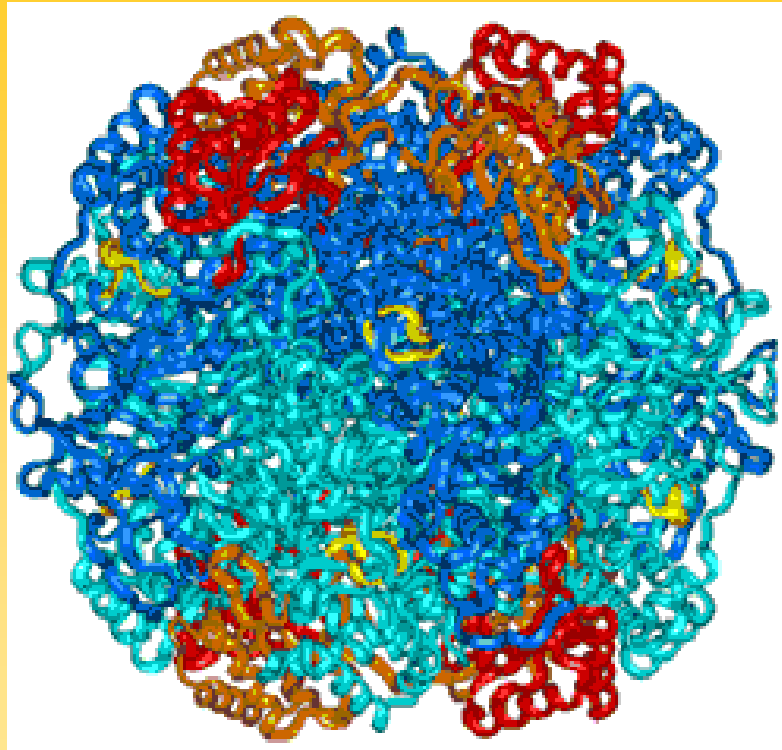


Le reazioni che avvengono nella fase oscura utilizzano molecole NADPH e ATP prodotte nella fase luminosa



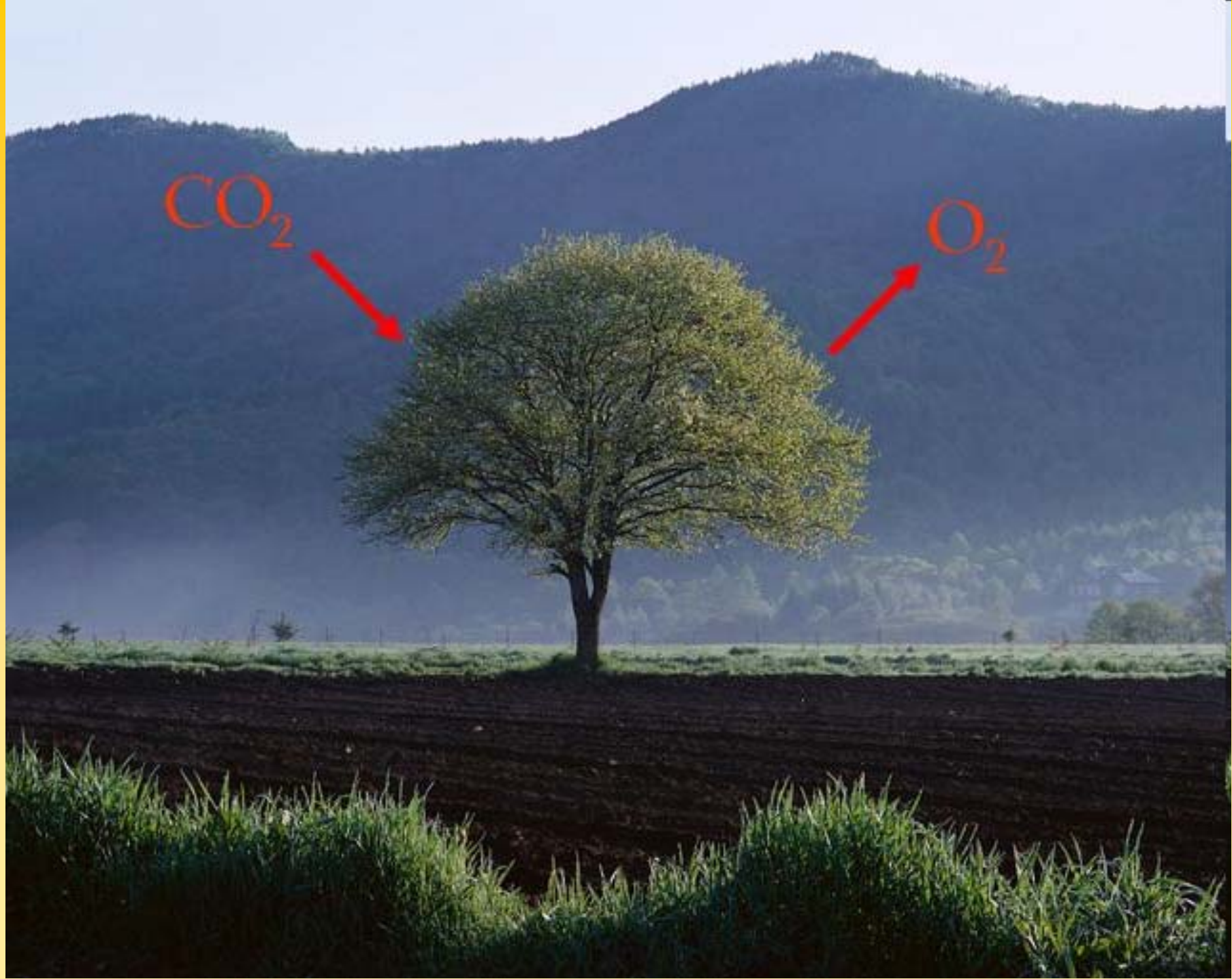


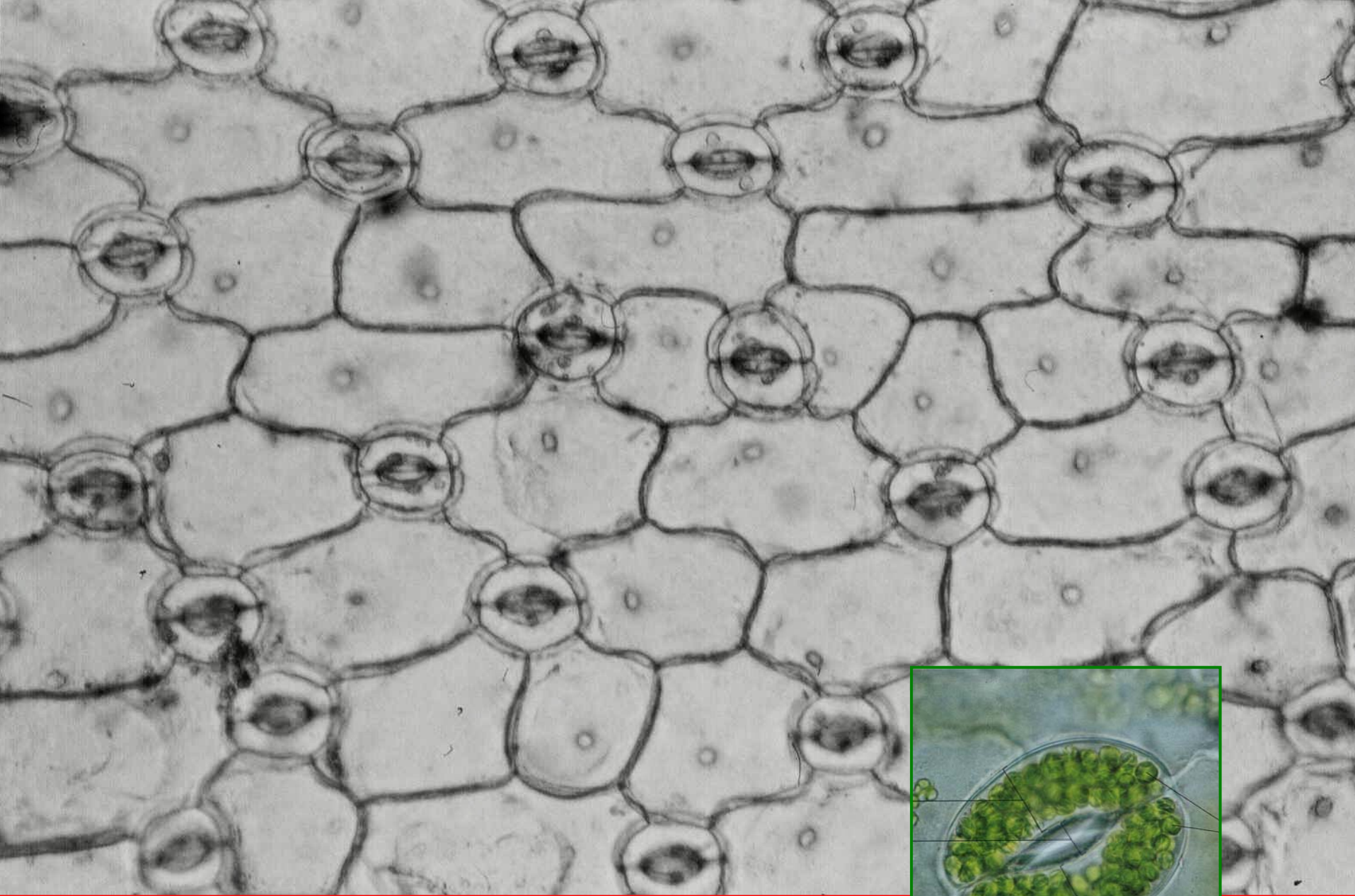
- **L'enzima chiave nel ciclo di Calvin è la Rubisco**



Rubisco. Ogni molecola di enzima è composto da 8 unità grandi (in blu e turchesi) e otto unità piccole (in rosso e arancio). Gli anelli gialli indicano la posizione dei siti attivi dell'enzima.

*



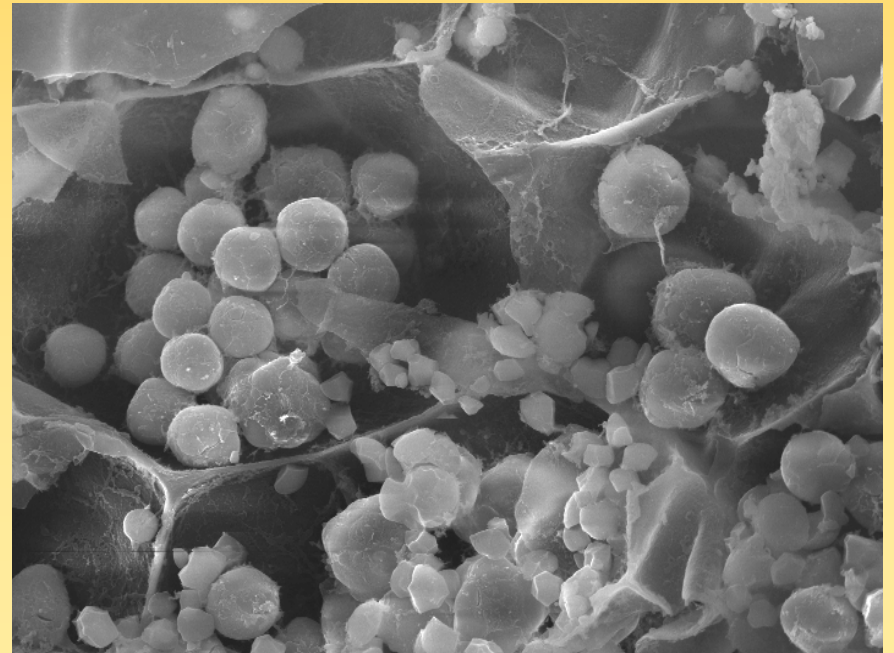
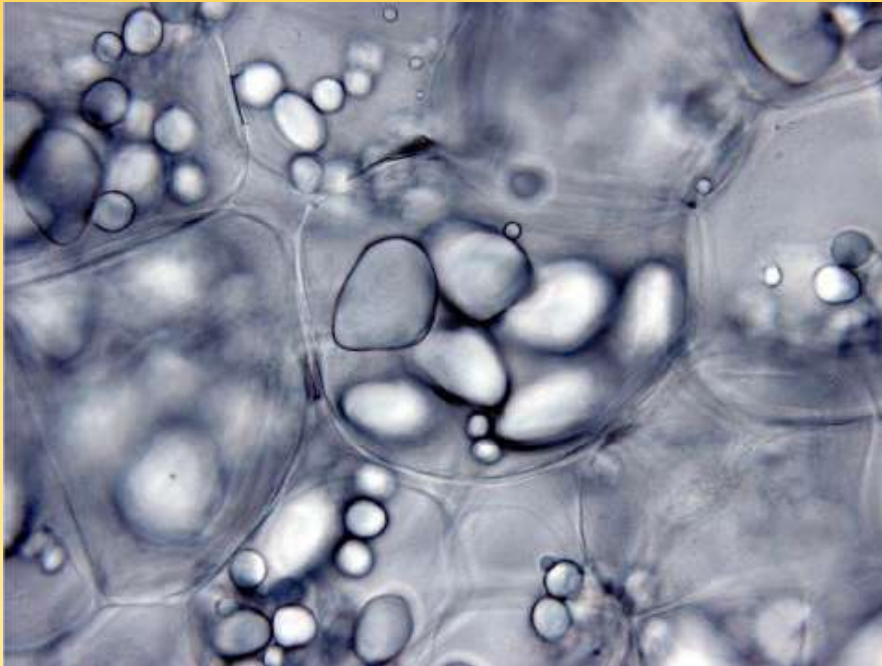




- E' stato stimato che tutti gli esseri vegetali del mondo (compresi i cianobatterie le alghe) producono con la fotosintesi, ogni anno, complessivamente tra i 110 e i 200 miliardi di tonnellate di carboidrati

Le piante producono solo glucosio?

I prodotti finali della fotosintesi possono essere convertiti in disaccaridi e polisaccaridi come l'**amido** e altri polisaccaridi di riserva, la **cellulosa** (polimero lineare del β -glucosio) e altri componenti della parete cellulare...



- Inoltre....
- I carboidrati prodotti sono coinvolti nella sintesi di **aminoacidi** per la produzione di **proteine** e di una moltitudine di composti che servono per “costruire” i componenti di cui sono fatte tutte le cellule e dunque gli esseri viventi e per il loro funzionamento.

METABOLISMO PRIMARIO

METABOLISMO SECONDARIO

GLUCOSIDI: sono molecole composte da uno zucchero + una molecola non zuccherina detta aglicone = parte attiva

-glucosidi cianogenetici: liberano acido cianidrico (HCN)
durrina (nel sorgo), amigdalina (nelle rosacee – mandorle amare)

-glucosidi cardiotossici:
oleandrina (nell'oleandro) digitalina (nella digitale: a basse dosi è usata in terapia)

-glucosidi cumarilici: liberano cumarina-anticoagulante
cumarilglicoside (nelle leguminose, Fabaceae)

-glucosidi salicilici: salicilina (nel salice – antipiretico, antireumatico)

-glucosinolati: liberano composti contenenti zolfo (S),
l'**aglicone**, una volta liberato, dà origine a composti reattivi e dall'odore pungente come gli isotiocianati, i tiocianati, i nitrili, che sono responsabili dell'odore e del sapore di alcuni ortaggi: cavolo, broccoli, ravanelli sinalbina, sinigrina (nelle Brassicaceae)

ALCALOIDI: categoria numerosa (12.000) ed eterogenea di composti contenenti N (frequentemente in un anello eterociclico); anche a basse dosi hanno importanti azioni biologiche sugli organismi animali.
Circa il 20% delle piante a fiore produce alcaloidi.

Alcuni esempi: teina (tè), teobromina (cacao), caffeina (caffè), nicotina, cocaina, coniina, codeina, lupinina, stricnina, chinino....



Nicotiana tabacum



Erythroxylum coca



Conium maculatum

TERPENOIDI: comprendono la più ampia classe di composti naturali (circa 25.000), liposolubili e incolori. Tutti derivano dalla molecola dell'Isopentano $(\text{CH}_3)_2 - (\text{CH})_2 - \text{CH}_2$

-monoterpeni (2 unità C_5): sono i componenti degli **oli essenziali** e delle **essenze volatili dei fiori** (in agrumi, alloro, cannella, rosa, gelsomino, lavanda, menta, finocchio, sedano....)

-tra gli esteri dei monoterpeni troviamo le **piretrine**, insetticidi estratti da *Chrysanthemum* e *Tanacetum* (Asteraceae) e l' α -limonene, il β -pinene, il mircene delle conifere.

-sesquiterpeni (3 unità C_5): **oli essenziali**

-politerpeni: **gomme** presenti nel lattice di molte piante (es. *Hevea*

brasiliensis, albero della gomma da cui si possono ricavare anche 30 litri di lattice/anno = 10 kg gomma)

RESINE E BALSAMI: sono miscele di olii e cere, ad es. incenso, mirra, balsamo del Canada.....

TANNINI: composti fenolici ad alto peso molecolare capaci di legarsi stabilmente alle proteine; conferiscono sapore astringente ai frutti acerbi; sono impiegati nella concia delle pelli.

PIGMENTI:

antociani: rossi in ambiente acido, blu in ambiente basico, si trovano nei **petali delle corolle dei fiori** ad es. fiordaliso, dalia, rosa, geranio, viola, nei **frutti** ad es. uva, e nelle **foglie**, ad es. faggio rosso, vite del Canada, radicchio.

flavonoli e flavoni: conferiscono colori **dal giallo al bianco** e sono presenti nei fiori bianchi in genere...

betalaine: sono responsabili del colore **rosso violetto** che troviamo nella rapa rossa e nei garofani.

N.B. i colori dei fiori sono spesso dati dalla combinazione dei pigmenti contenuti nel vacuolo con i pigmenti (carotenoidi) contenuti nei cromoplasti che impartiscono colore rosso-arancio



CONDIZIONAMENTO DELL'ATMOSFERA E DEL CLIMA

*producono O_2 *consumano CO_2 *condizionano l'umidità dell'aria *frenano l'azione del vento

TERRENO

*stabilizzano terreni franosi *arricchiscono il terreno di azoto

ALIMENTAZIONE

Forniscono frutti, radici, foglie, semi.....

SALUTE

*producono principi attivi

MATERIE PRIME

*sono fonte di risorse rinnovabili e biodegradabili: legno, gomma, oli, fibre tessili

- Olio e carburanti fossili forniscono attualmente il 90% dell'energia per alimentare i sistemi di trasporto, le fabbriche, computer e apparecchiature elettriche, sistemi di comunicazione.
- L'energia immagazzinata nell'olio e nel carbone era in origine energia luminosa catturata da cianobatteri, alghe e piante milioni di anni fa e trasformata in combustibili fossili da eventi geologici



Grazie per l'attenzione