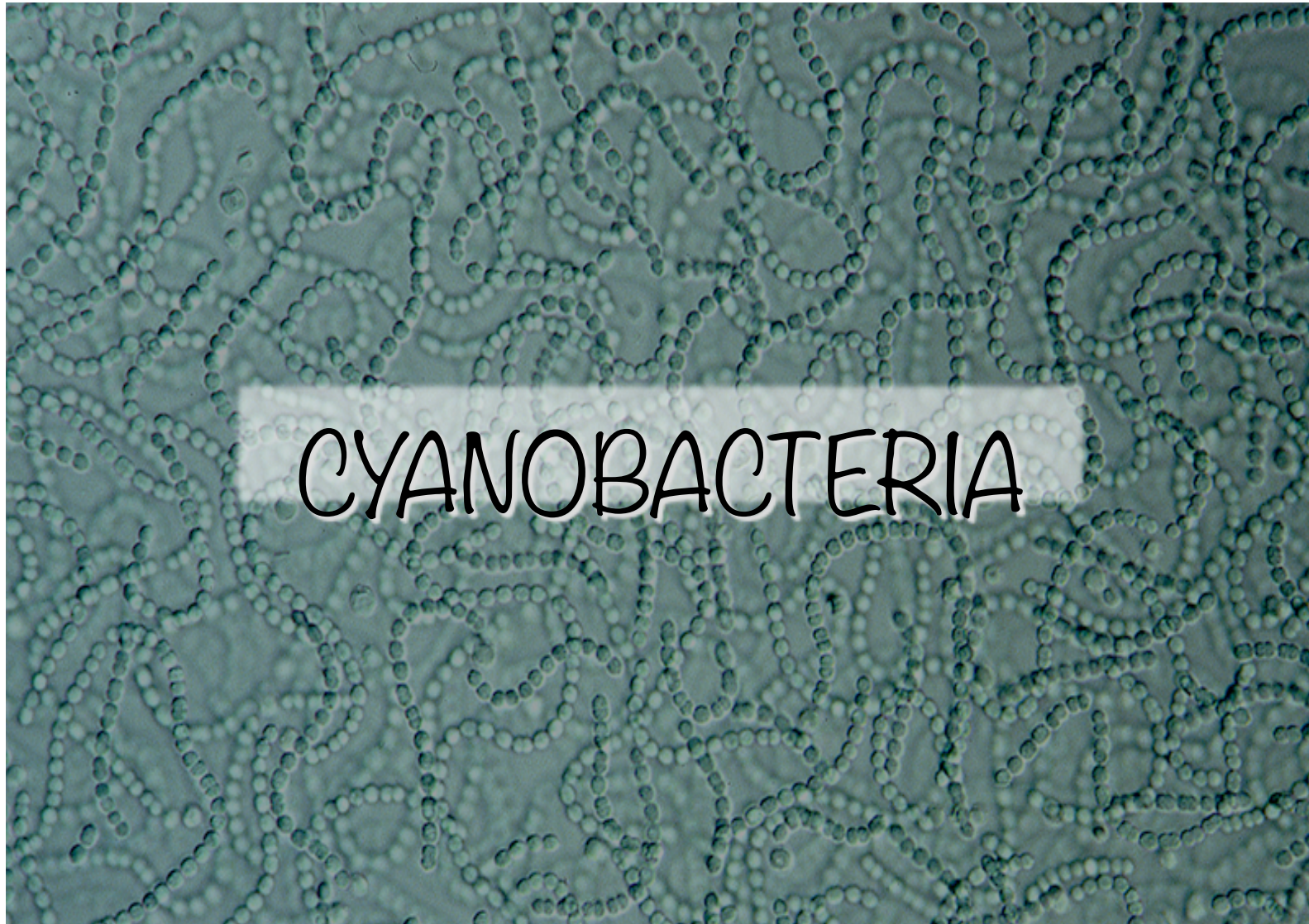


BIOLOGIA VEGETALE (00FA-2)





CYANOBACTERIA

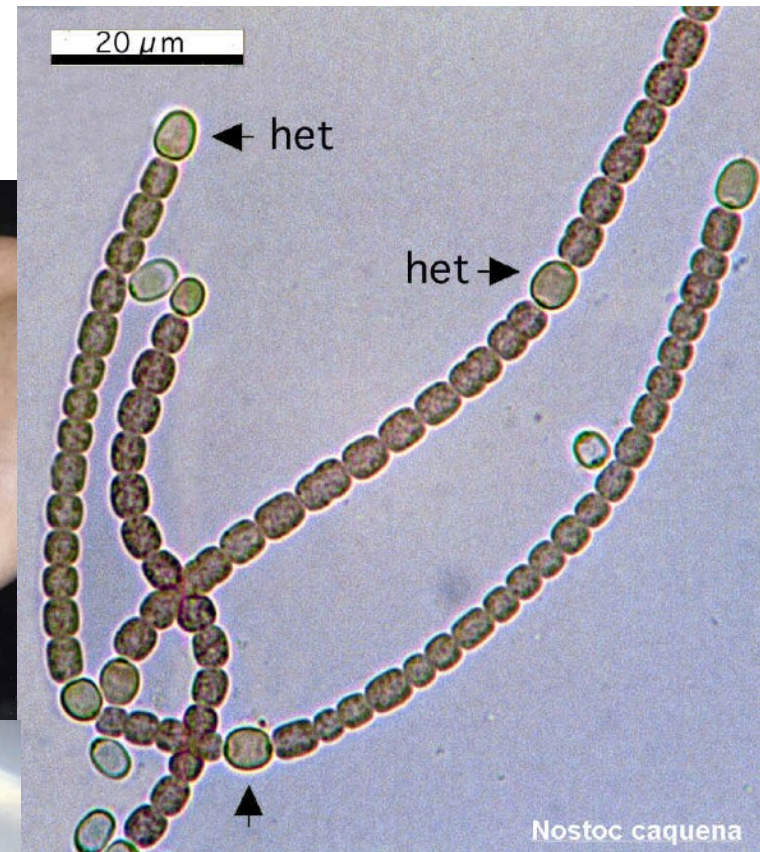


**Hotsprings
(Yellowstone)**



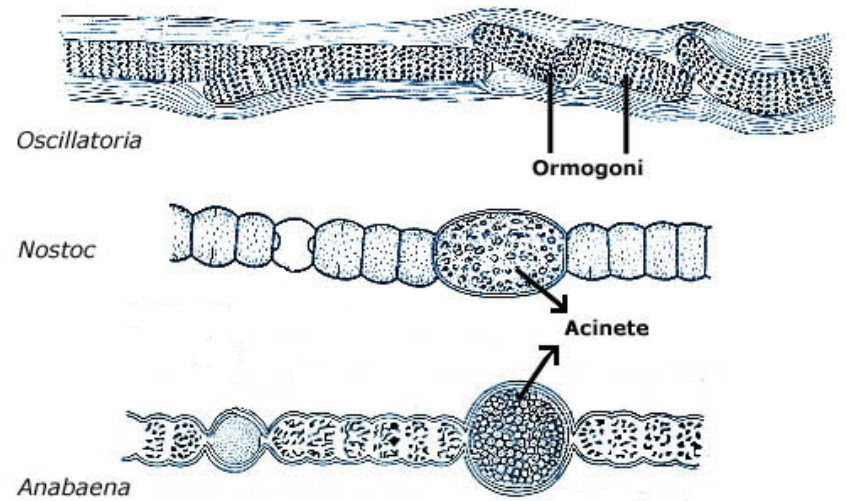
Nostoc sp.

A vita libera & simbionti



Eterociste: cellula differenziata che non si divide più, fissazione N con **nitrogenasi** ($\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_4^+ \rightarrow -\text{NH}_2$), protoplasto incolore, parete ispessita impermeabile a O_2 .

Ormogonio: organo di riproduzione, ovvero piccolo gruppo di cellule che si separano dalla colonia madre formando un nuovo individuo.



Acinete: organo di resistenza, ovvero cellule ingrossate con parete particolarmente resistente e ricche di sostanze di riserva, che superano periodi difficili per poi dare origine, germinando, a nuovi ormogoni.

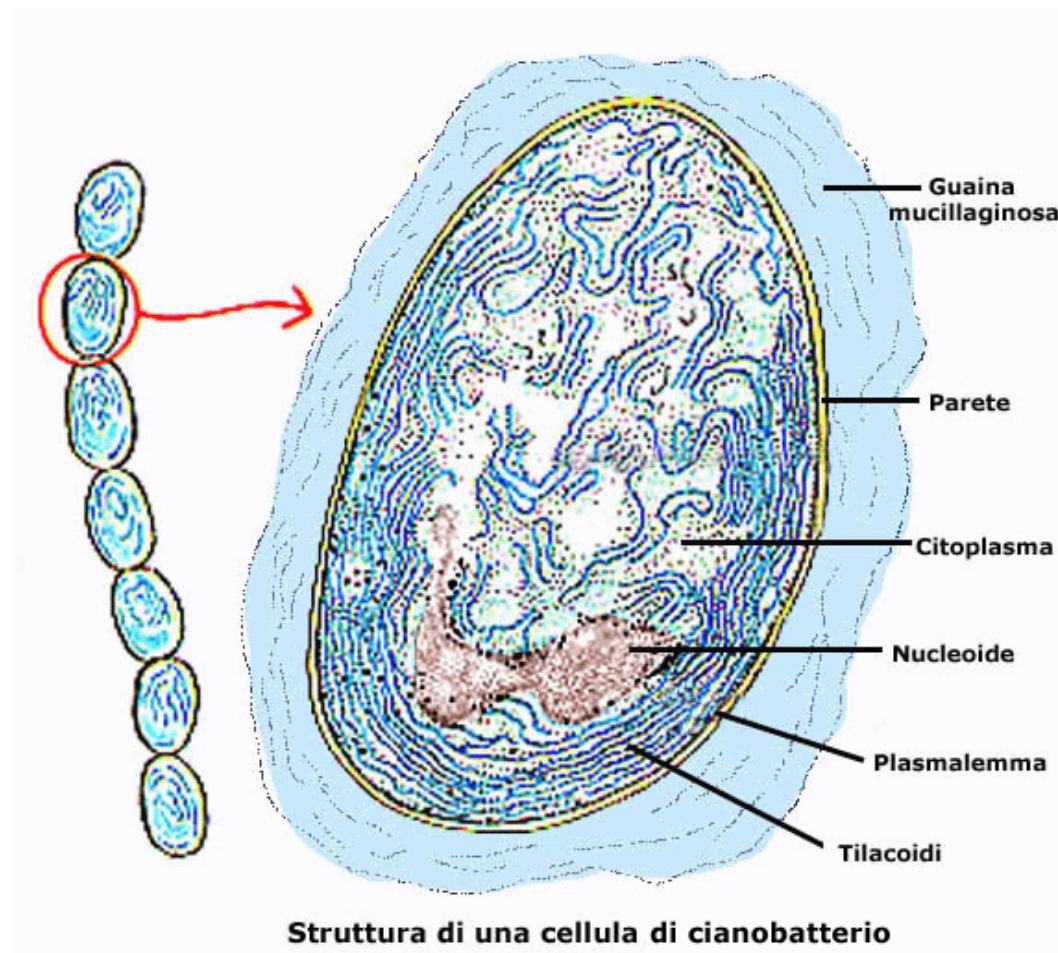


Il colore delle cellule dei Cianobatteri: blu-verde, rosso, violaceo $\leftrightarrow$ proporzioni dei pigmenti fotosintetici e pigmenti protettivi depositati a livello della guaina gelatinosa esterna.

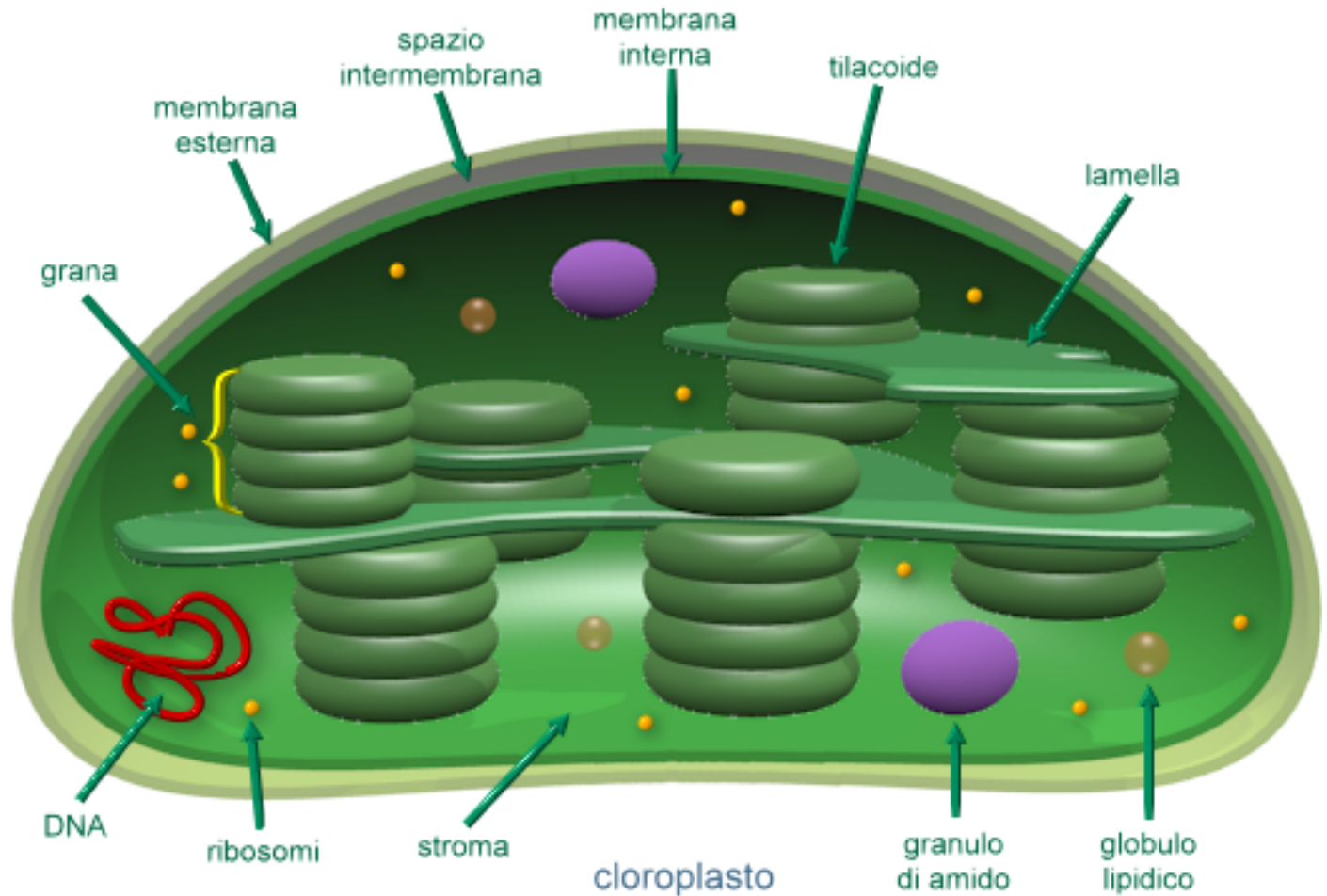
- **clorofilla a**;
- carotenoidi: **b-carotene**; **xantofille** comuni come la zeaxantina; xantofille particolari quali echinenone, mixoxantina, caloxantina, nostocxantina, oscillaxantina;
- ficobiliproteine: **C-ficocianina**, **allo-ficocianina**, **C-ficoeritrina**.

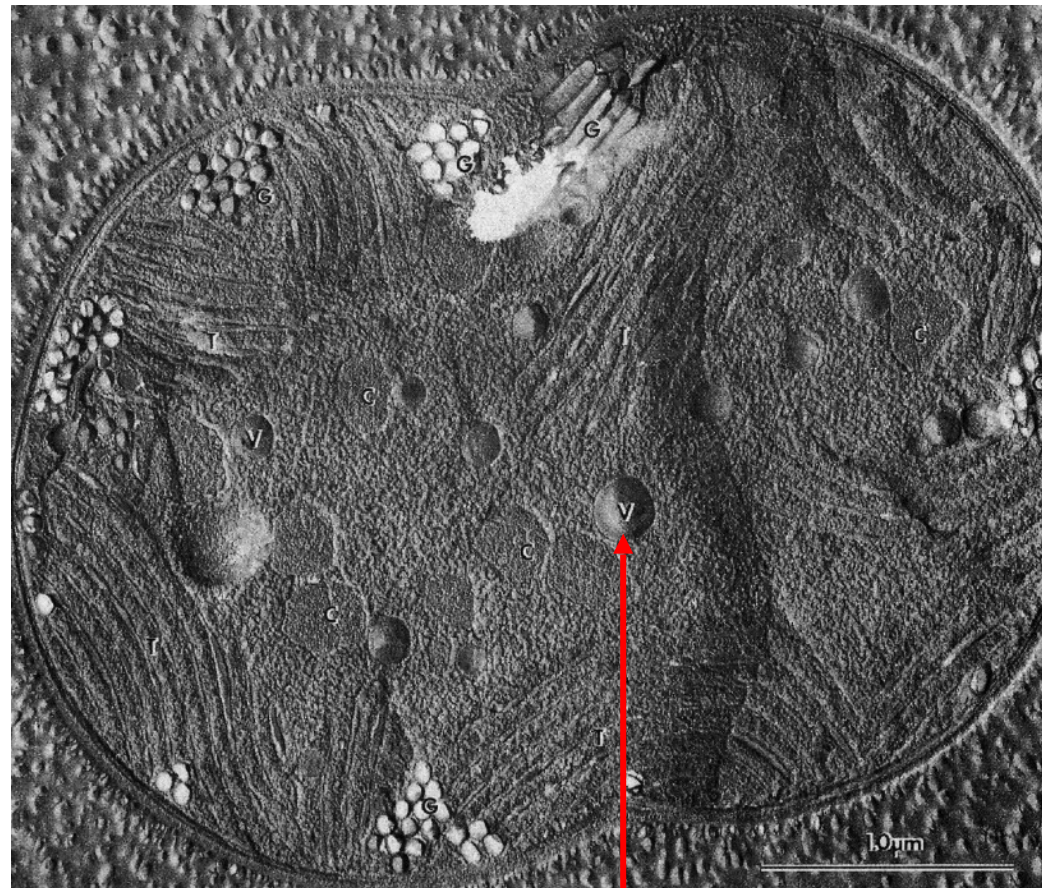
Processi ossido-riduttivi a livello del plasmalemma o membrane dei tilacoidi.

Nei cianobatteri, le membrane tilacoidali non sono organizzate in grana, e sono solitamente distribuite ai margini della cellula.



Nei cloroplasti, invece, le membrane tilacoidali sono organizzate in grana.



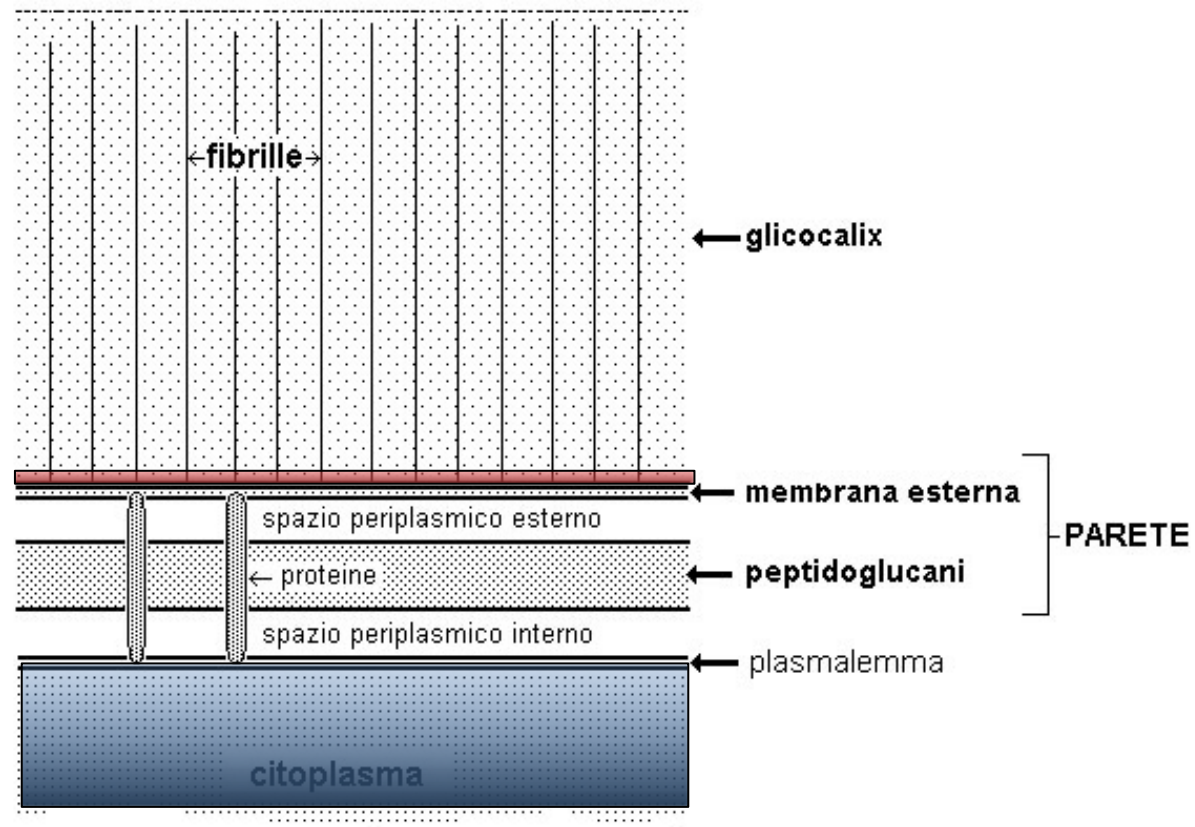


I cianobatteri planctonici sono dotati di **vacuoli gassosi** delimitati da un rivestimento proteico, utili per il galleggiamento, in modo da garantire all'organismo una posizione ottimale per la luce.

➤ **Strutture di protezione esterna:**

- membrana cellulare (plasmalemma)
- parete composita (*sacculum* di peptidoglicani + membrana esterna)
- glycocalix**: spessa guaina gelatinosa, visibile anche al microscopio

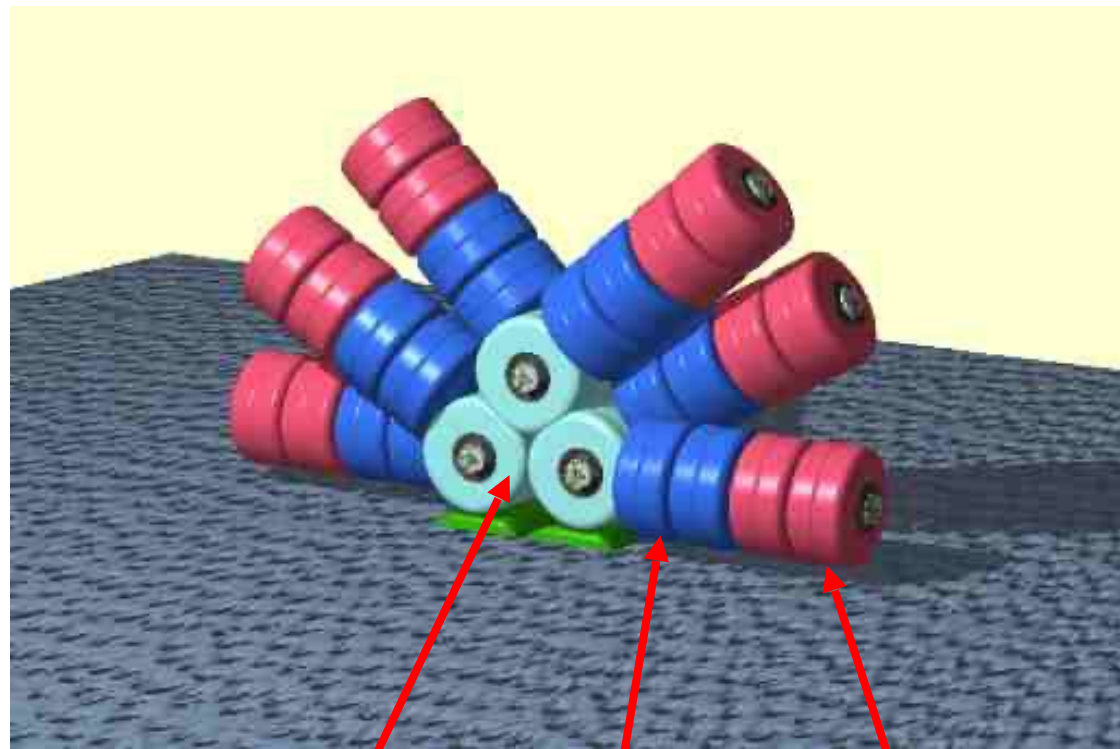
proteine
strutturali &
trasporto





Pigmenti fotosintetici:

- **clorofilla a**;
- carotenoidi: **b-carotene**; **xantofille**
(comuni=zeaxantina; particolari = echinenone, mixoxantina, caloxantina, nostocxantina, oscillaxantina;
- **ficobiliproteine**: C-ficocianina, allo-ficocianina, C-ficoeritrina.



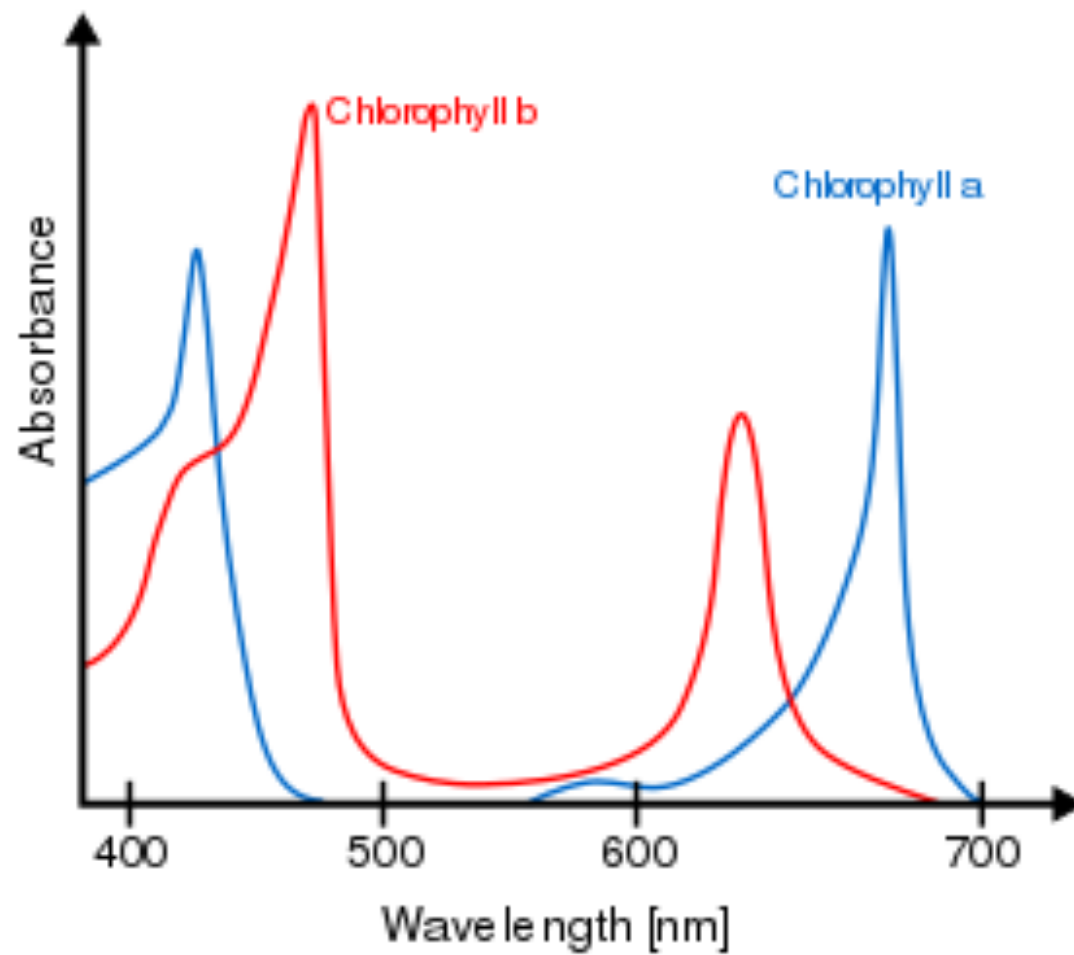
alloficocianina

ficocianina

ficoeritrina

FICOBILISOMA

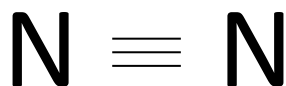
Ficobilisoma: complesso proteico sulle membrane tilacoidali. Hanno il ruolo di catturare la luce di lunghezza d'onda 500-650 nm, per poi "passarla" alle clorofille del fotosistema II.



Riduzione dell'azoto ($\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$)

La fissazione consiste nella riduzione dell'azoto molecolare atmosferico N_2 ad NH_4^+ (ammonio) e quindi nella trasformazione di questo in radicale amminico, $-\text{NH}_2$, che viene per la maggior parte organicato negli amminoacidi e quindi nelle proteine.

La molecola dell' N_2 è **particolarmente stabile**, per la presenza del **triplo legame**:



La rottura avviene in condizioni di alta energia, per es. scariche elettriche.





Oltre a quello di origine atmosferica, gli ecosistemi naturali godono degli input da parte di pochi gruppi di organismi, che sono capaci di ridurre l'azoto molecolare (N_2) a NH_3 grazie a processi enzimatici.

Questi gruppi sono:

- **Eubatteri liberi ed eterotrofi**, più frequentemente anaerobi obbligati, o aerobi facoltativi che operano in condizioni anaerobiche o con bassa $P_{[O_2]}$, o ancora aerobi obbligati (es. *Azotobacter* sp.).
- **Eubatteri fotoautotrofi liberi** (es.: *Rhodospirillum rubrum*, anaerobo facoltativo, bacterioclorofille, fotosintesi senza produzione di O_2)
- **Cianobatteri**

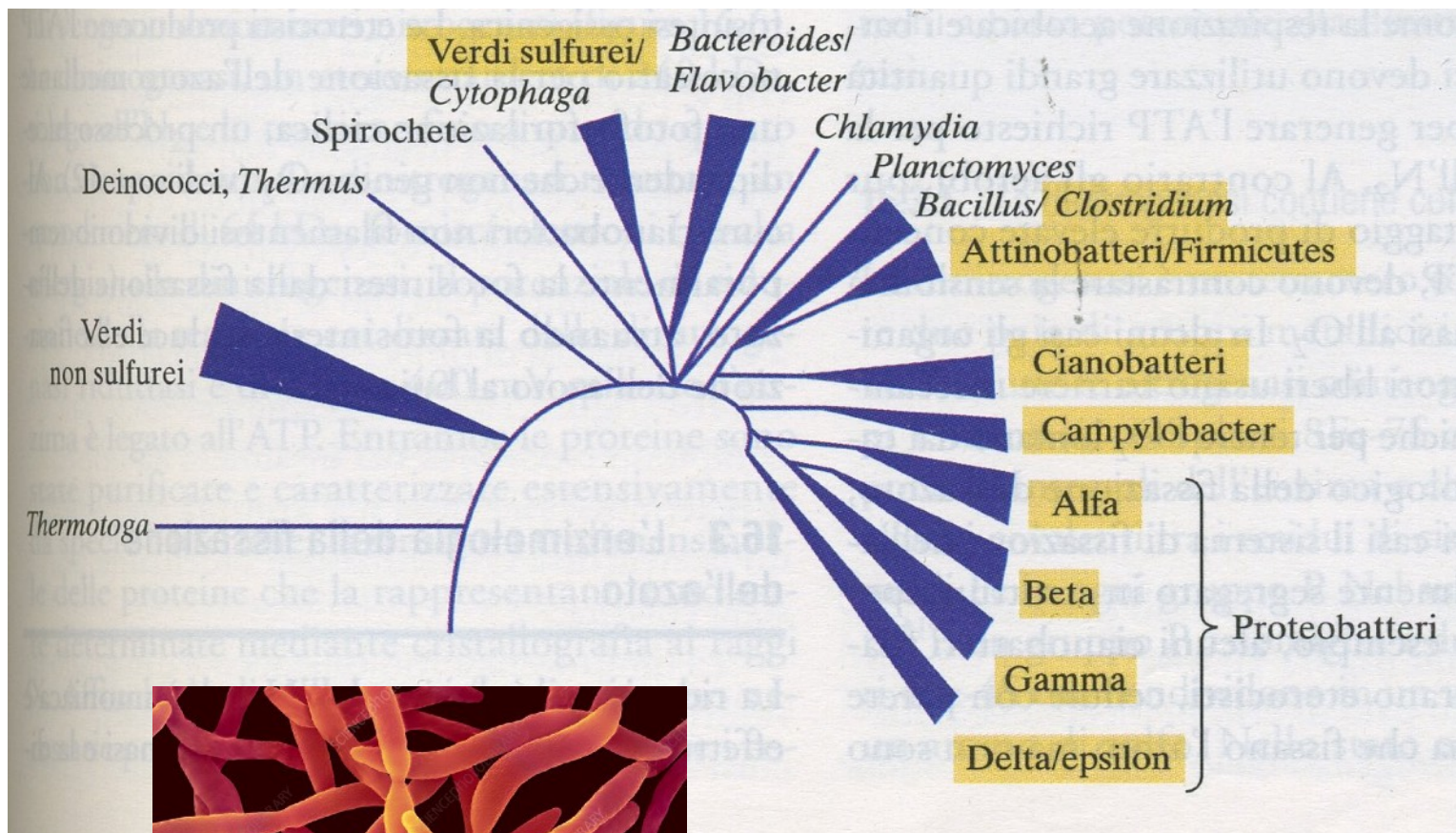


Figura 16.5 Distribuzione filogenetica di eubatteri azotofissatori. Una tassonomia semplificata di questi batteri mostra che, sebbene molti gruppi contengano specie azotofissatrici (evidenziate in giallo), la fissazione dell'azoto non è condotta da tutti i rappresentanti di questo gruppo.



La reazione è fortemente “energivora”:



NITROGENASI:

Ha una bassa specificità di substrato: riduce N_2 , ma anche N_2O ($\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$) e **acetilene** ($\text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4$).

viene inattivata rapidamente e in modo irreversibile dall' O_2 .

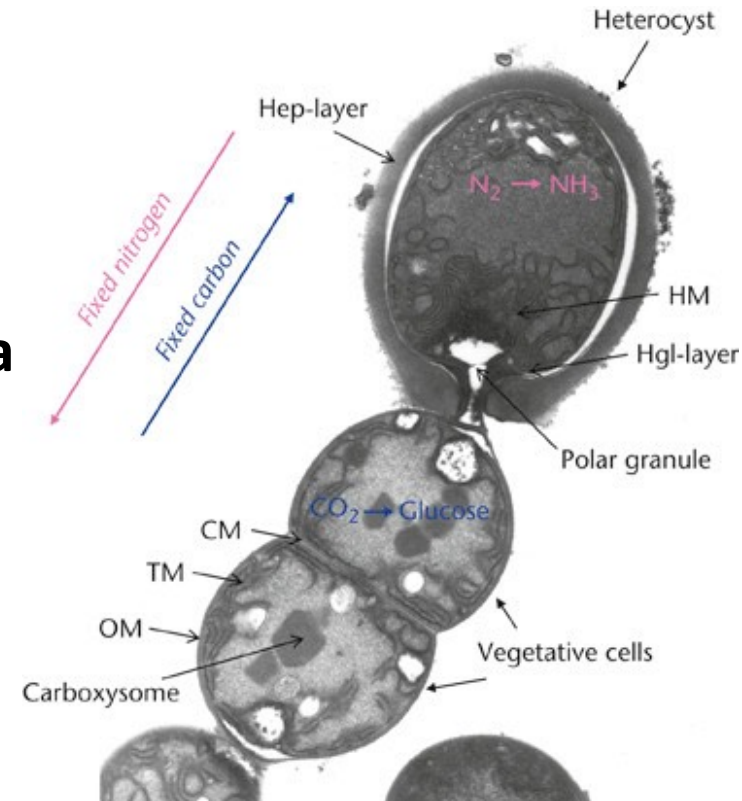
problema = sensibilità all'ossigeno → soluzioni evolute dai cianobatteri



- Il fenomeno è limitato a condizioni di **anossia**, o perché le cellule sono coperte dal sedimento o perché la fissazione viene svolta al buio, durante la notte;

- Il fenomeno è **limitato a cellule coloniali povere di pigmenti fotosintetici**;

- È nata una super-specializzazione, con **suddivisione delle funzioni tra cellule** dello stesso filamento; per fare ciò deve esistere un *continuum* dei citoplasmi («**simplasto**») → **ETEROCISTI**

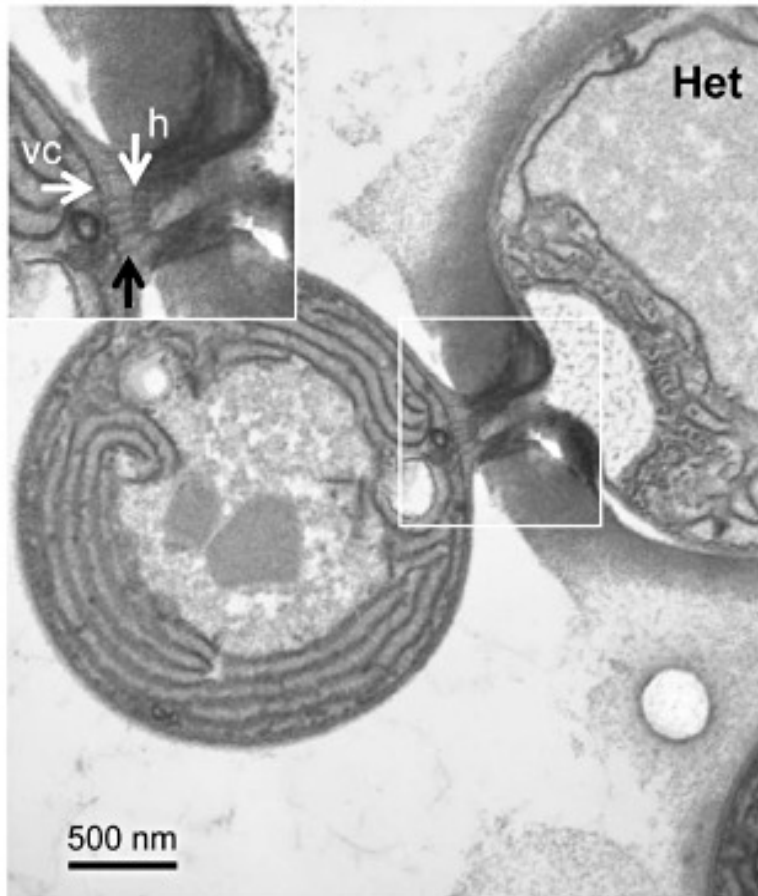




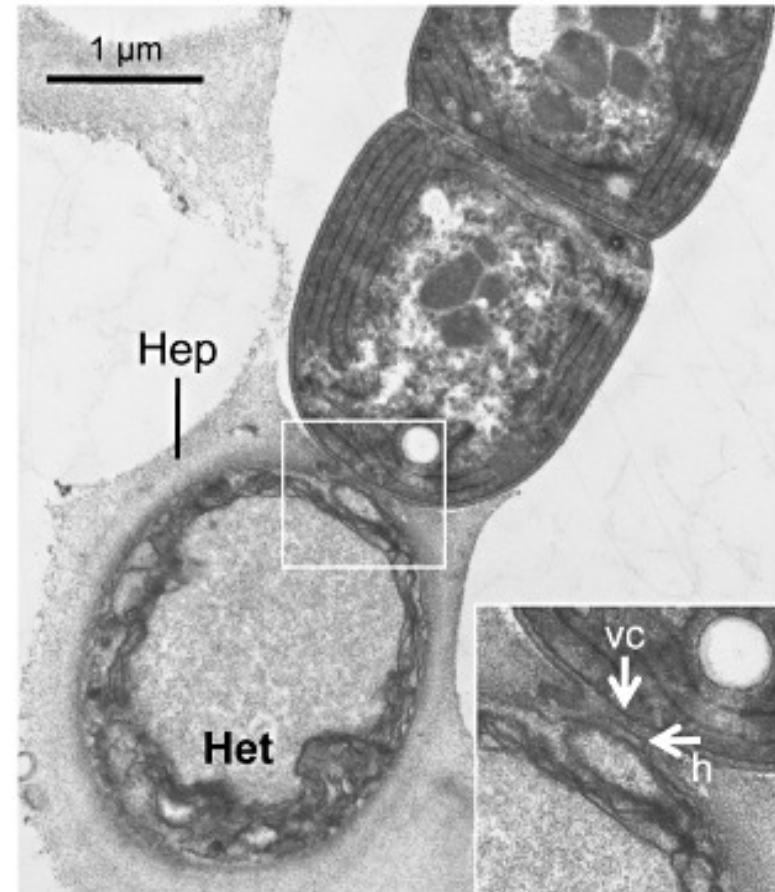
ETEROCISTI

- forma tondeggiante,
- più grandi (da 2 a 12 volte) delle normali cellule del filamento
- connessione fisica tra l'eterocisti e le due cellule adiacenti, tramite una speciale punteggiatura attraversato da microtubuli

CSV11 ($\Delta fraC$)

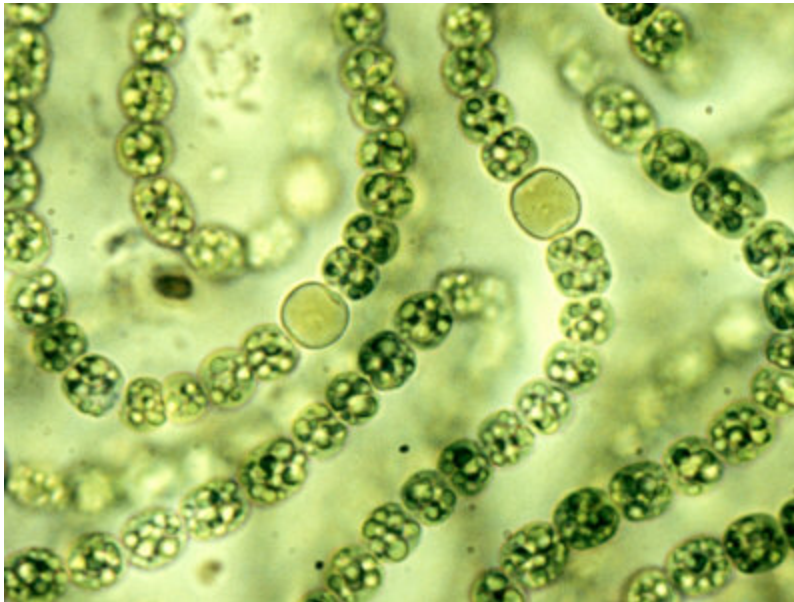


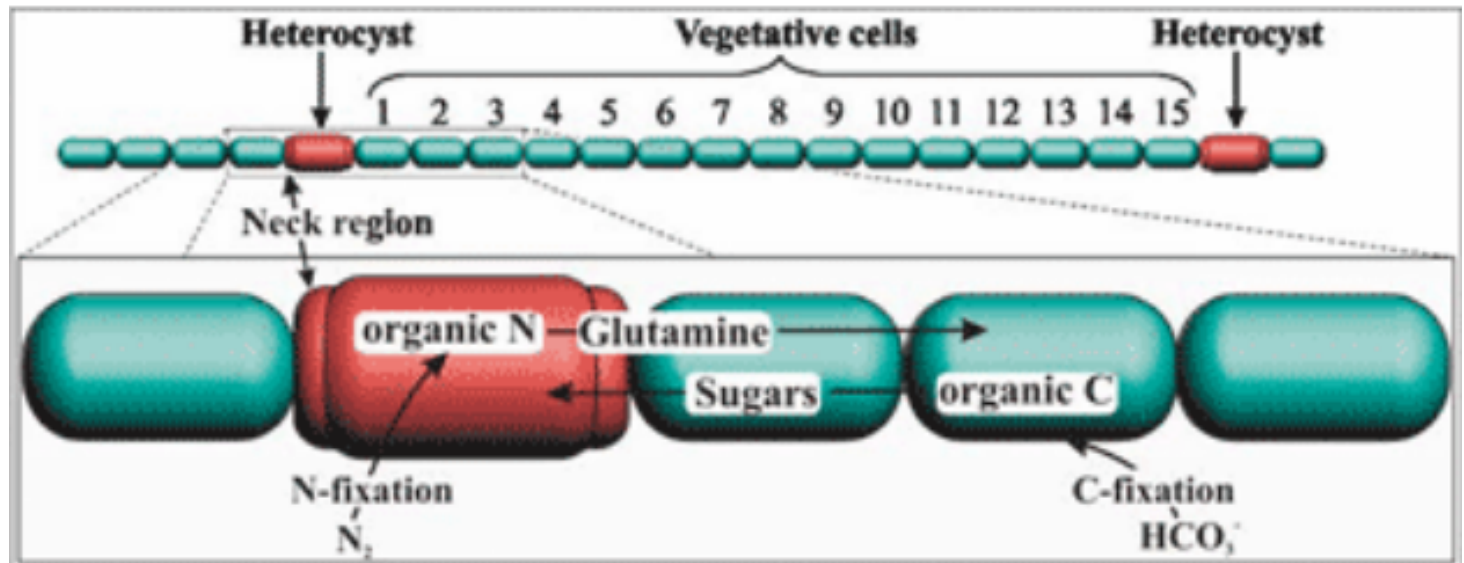
CSV3 (*fraE::pCSV3*)



Eterocisti:

- producono 3 pareti cellulari supplementari, che comprendono un glicolipide che forma una barriera impermeabile all'ossigeno
- producono nitrogenasi e altre proteine per la fissazione dell'azoto
- Non hanno il fotosistema II, che produce ossigeno
- producono proteine che catturano il rimanente ossigeno
- Presentano dei “tappi” composti di cianoficina che rallentano la comunicazione cellula - cellula





Il potere riducente (NADPH) e parte dell' ATP vengono forniti alle eterocisti dalle cellule adiacenti, tramite un flusso attivo di zuccheri, che viene "ripagato" con le molecole contenenti l'azoto ridotto di neo-formazione sotto forma di aa, il tutto grazie alle connessioni citoplasmatiche.



Per alcuni ecosistemi l'approvvigionamento di azoto da parte dei cianobatteri è fondamentale.

Si è dimostrato ad es. che il cianobatterio planctonico *Trichodesmium marinum* è la più importante fonte di azoto per la zona eufotica (=illuminata) dell'Atlantico tropicale.

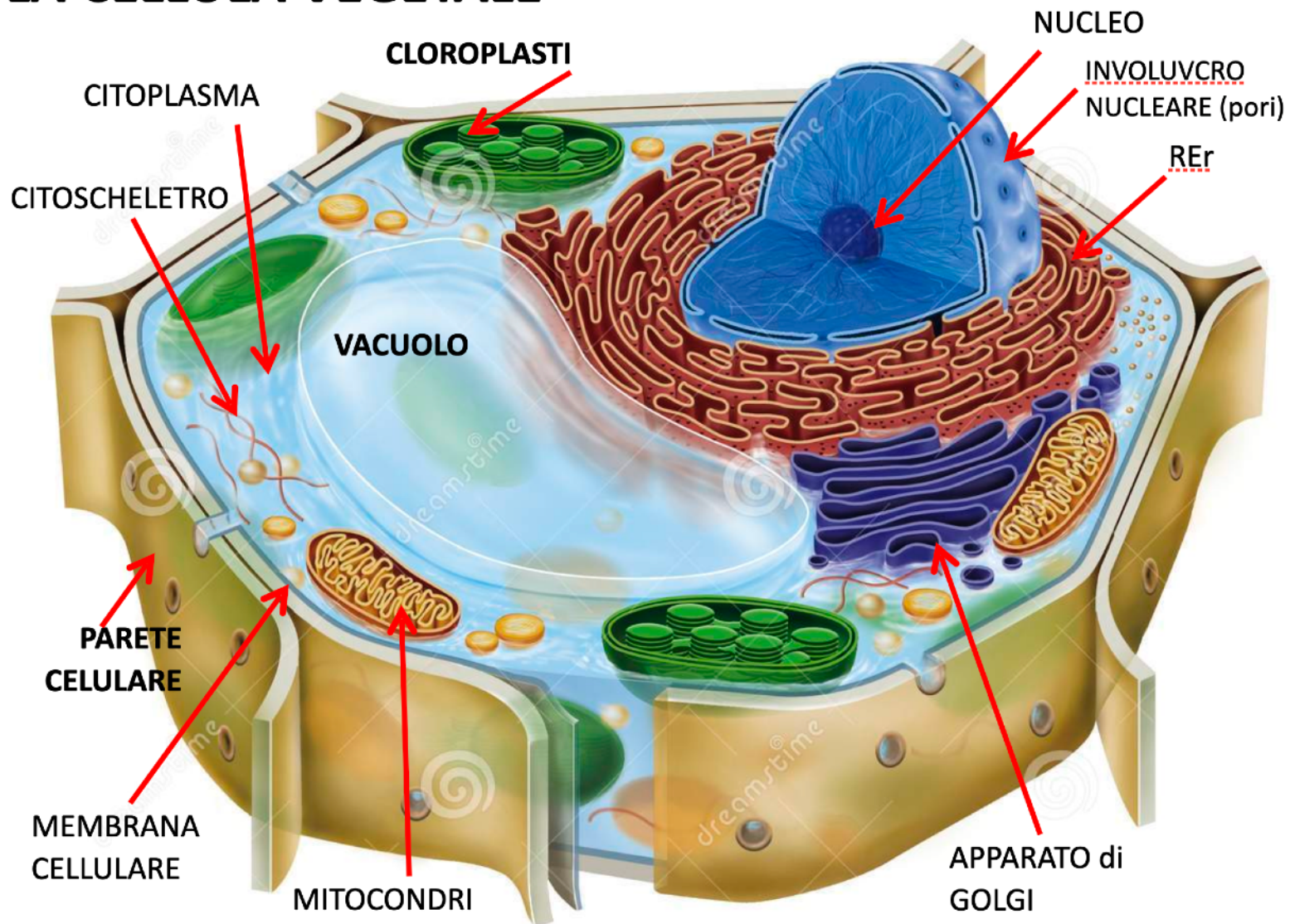




Importanza evolutiva ed ecologica dei cianobatteri

- Precambriano (4,6 bya till 541 mya)
- **Stromatoliti**: rocce calcaree sedimentarie, stratificate, formate da batteri e cianobatteri
- **Teoria endosymbiontica** [Lynn Margulis (1967) *On the Origin of Mitosing Cells* → Gray (2017) *Lynn Margulis and the endosymbiont hypothesis: 50 years later*]
- Cianobatteri come **epibionti** (sul tallo di macroalghe)
- Cianobatteri come **simbionti** (ectobionti) in licheni, briofite, felci, angiosperme, diatomee, spugne, coralli, amebe
- Sintesi di **micosporine** (MAA, *microbial sunscreens*) → assorbimento di radiazioni UV alte → schermo/protezione; protezione da stress ossidativo e desiccamento

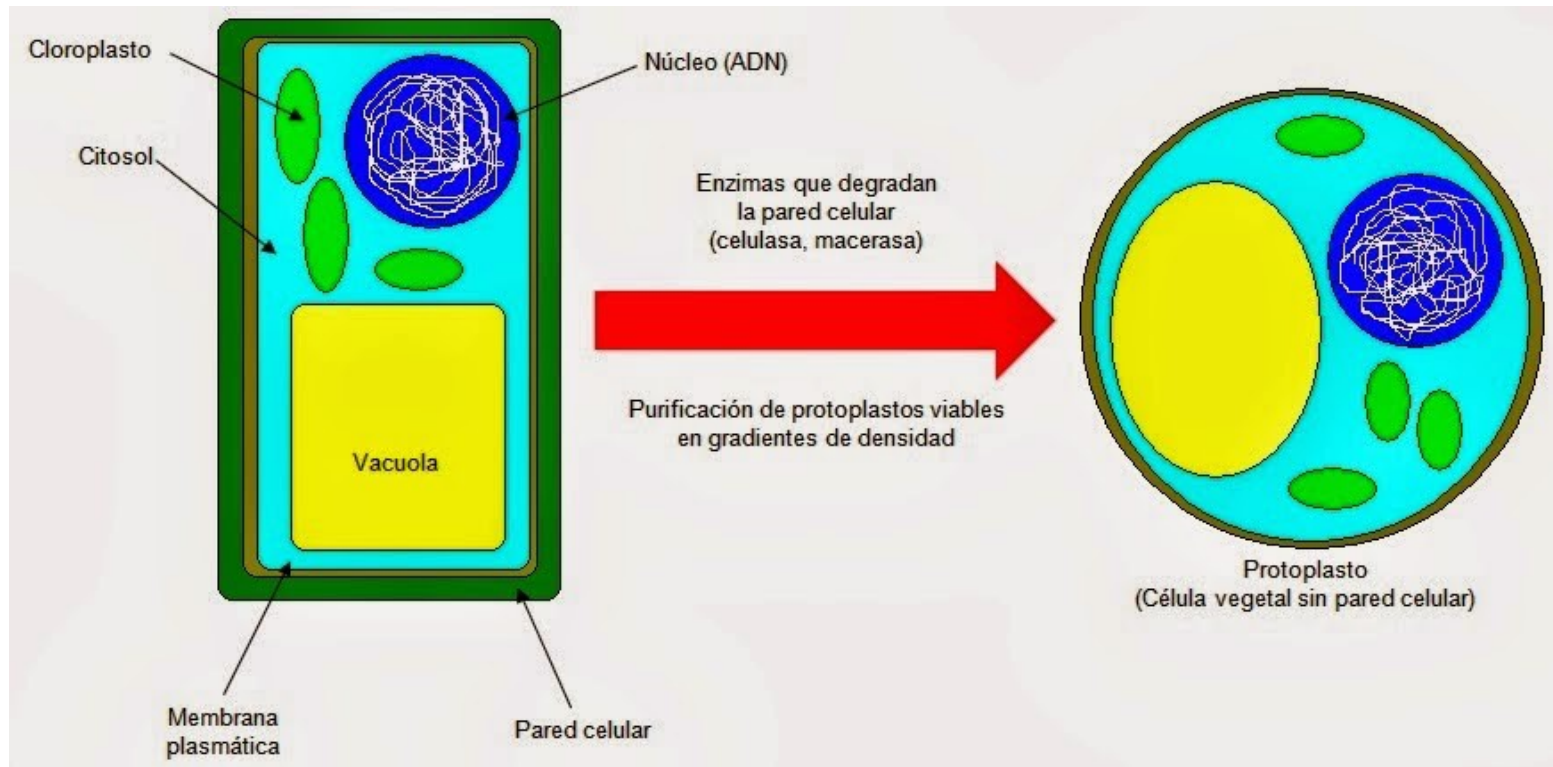
LA CELLULA VEGETALE



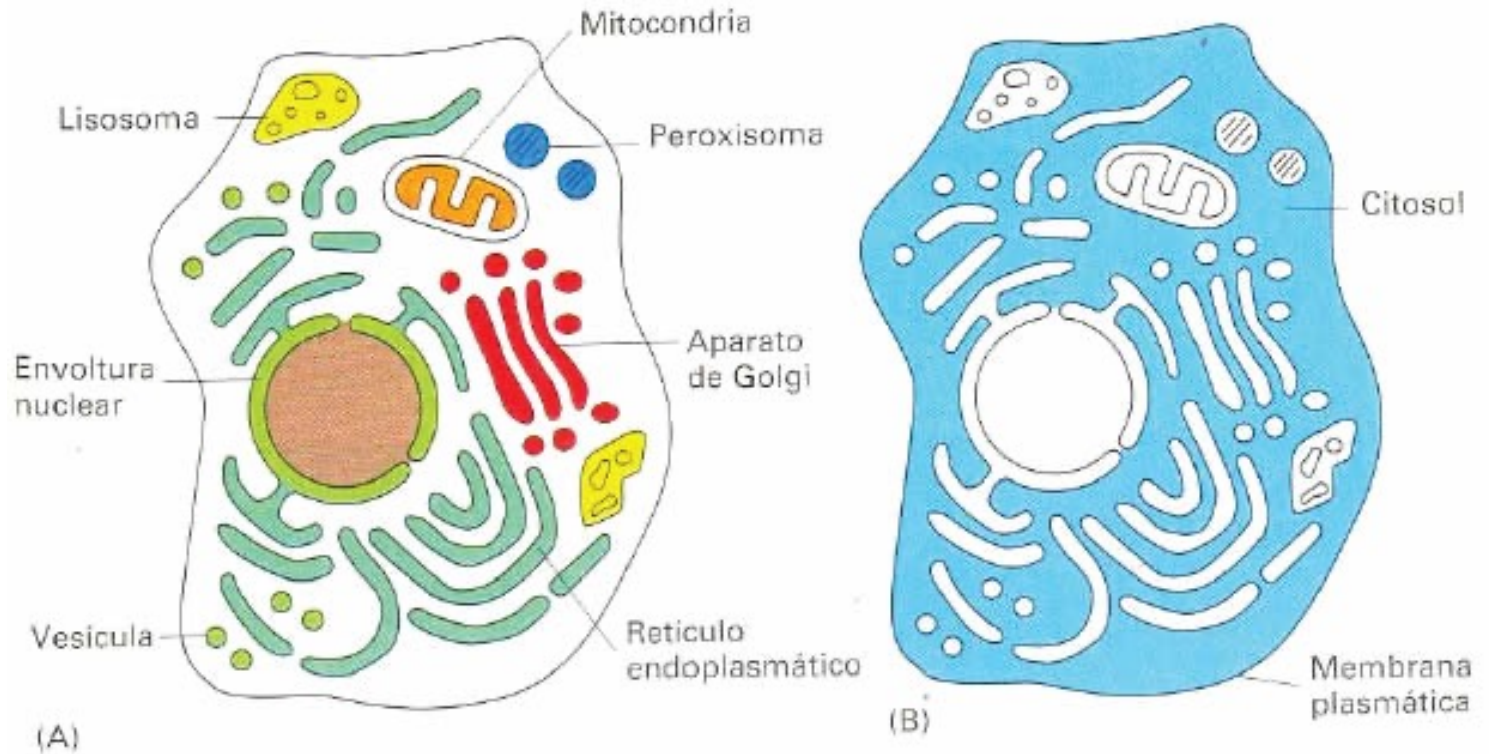


PROTOPLASTO: célula vegetal priva di parete delimitata solo dalla membrana cellulare.

Parete cellulare: impone la forma e conferisce resistenza. Mantiene plasticità solo durante la crescita cellulare.



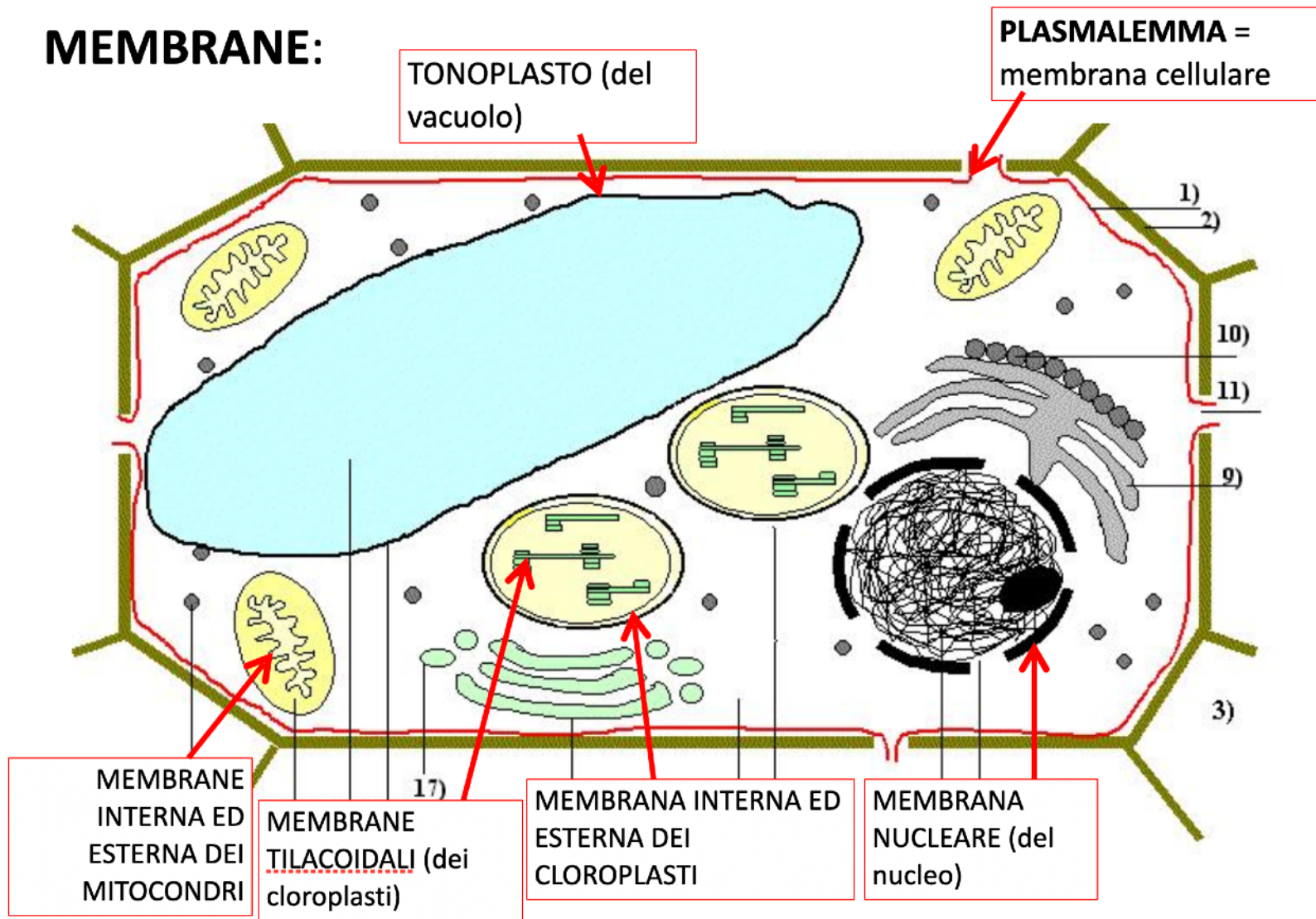
CITOSOL: porzione del protoplasto escludendo compartimenti ed organelli circondati da membrana, soluzione colloidale di proteine strutturali ed enzimatiche, zuccheri, nucleotidi, ormoni.



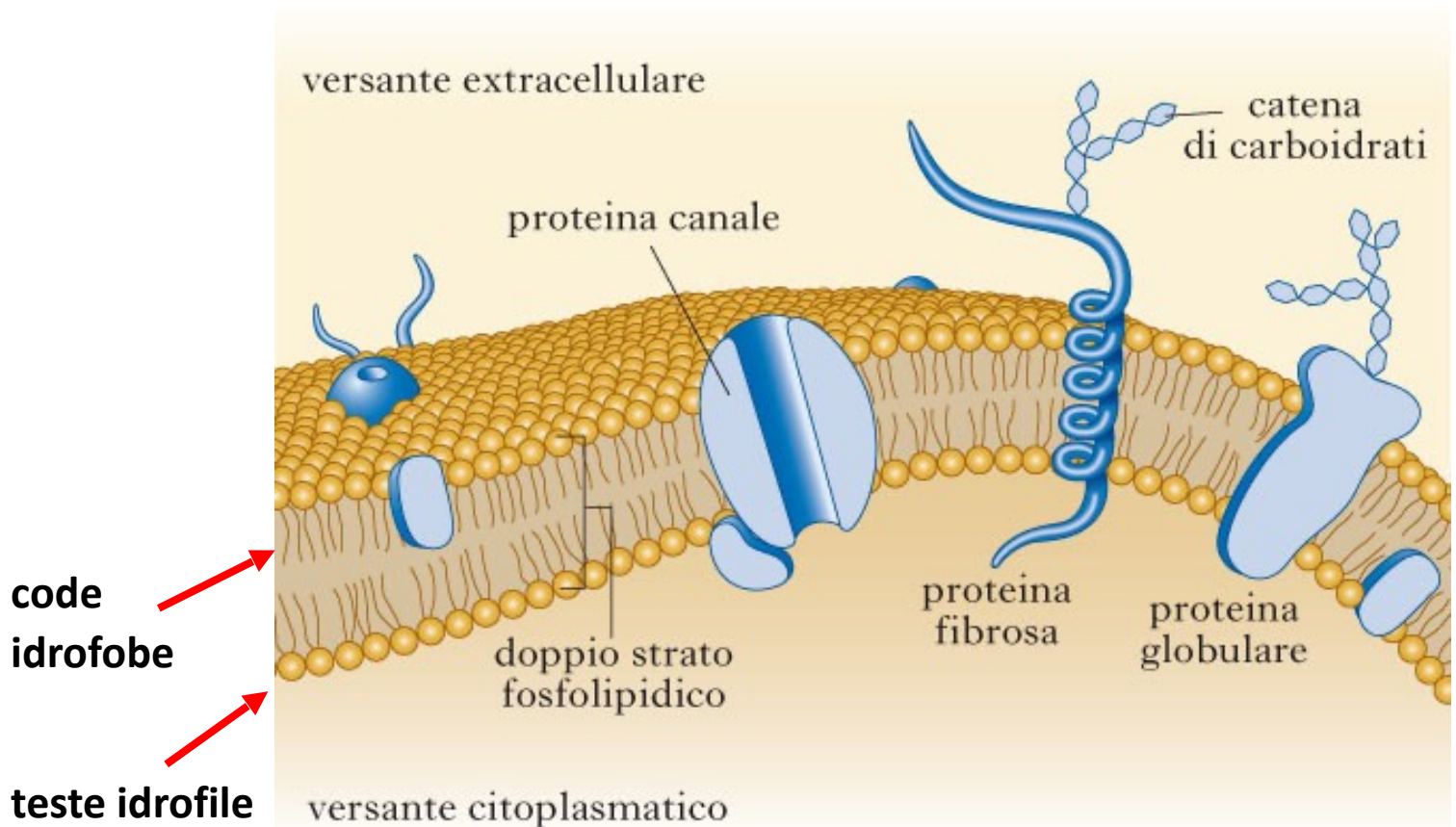
CITOPLASMA = organelli cellulari delimitati da membrana + citosol



MEMBRANE:



MEMBRANA: NON è una struttura statica (manca di legami covalenti!) ma **DINAMICA** → libertà di movimento dei suoi componenti (flip-flop → **modello a mosaico fluido**, diffusione laterale), creata per fissione e crescita di quelle esistenti; a doppio strato; selettivamente permeabile.



Rapporto lipidi : proteine : carboidrati = 40:40:20

MITOCONDRI

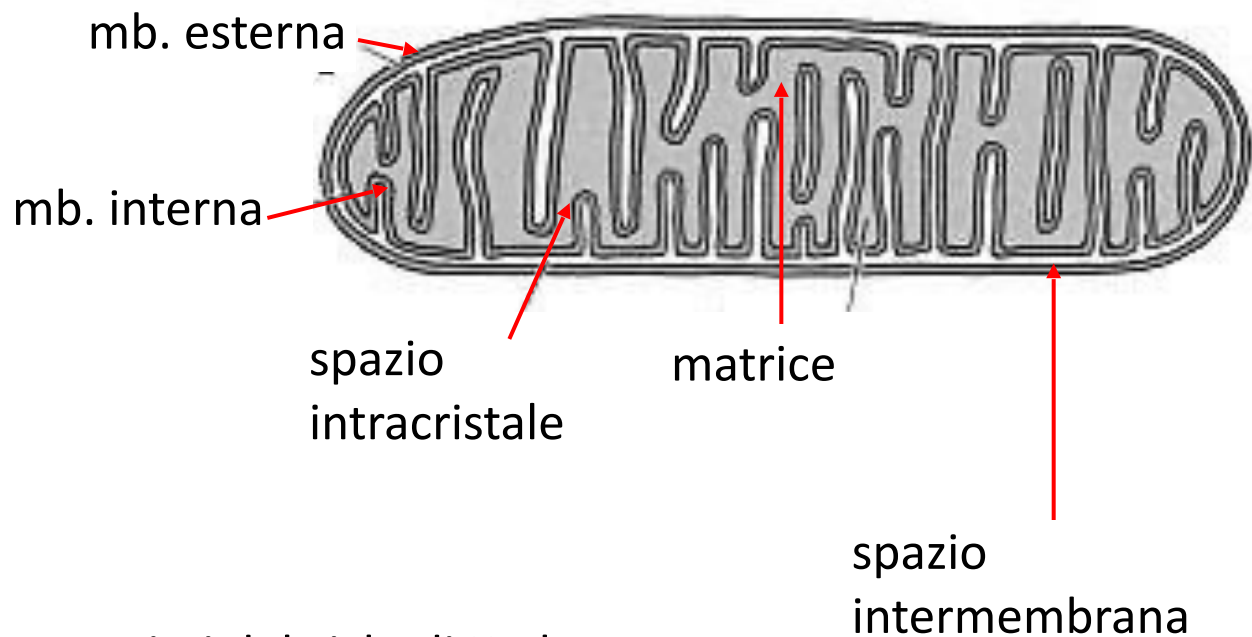
Morfologia identica in cellule animali e vegetali, DNA e ribosomi propri

Riproduzione per scissione

Origine batterica (endosimbiontica)

Pleomorfi: soggetti a rapidi cambiamenti di forma

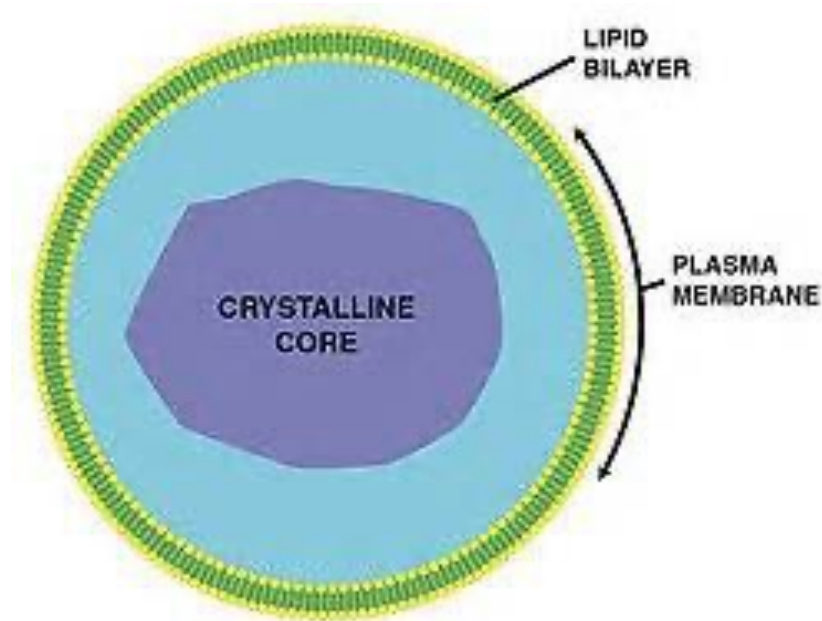
Delimitati da due membrane con funzioni diverse: membrana esterna (con porine) e membrana interna complessa, formata da **creste mitocondriali**, delimita la **matrice**



Matrice: enzimi del ciclo di Krebs

PEROISSISOMI

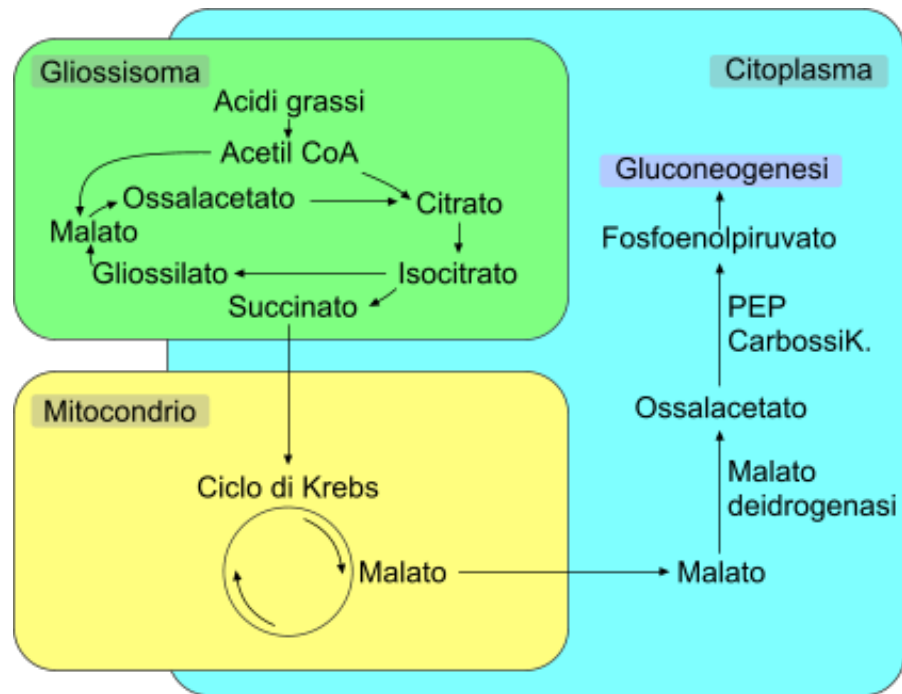
- Compartimenti metabolici, enzimi ossidativi
- Originano dal RE
- Forma sferica, circondati da membrana propria (doppio strato fosfolipidi), **nucleoide** (inclusi cristallini o fibrillari, amorfi o densi)
- **Perossidasi – catalasi**: Degradano il perossido di idrogeno (H_2O_2) in H_2O ed O_2 : $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- **Ossidasi**: degradano acidi grassi o altre sostanze formando H_2O_2 altamente tossico per la cellula





PEROISSISOMI FOGLIARI: in organi fotosintetici

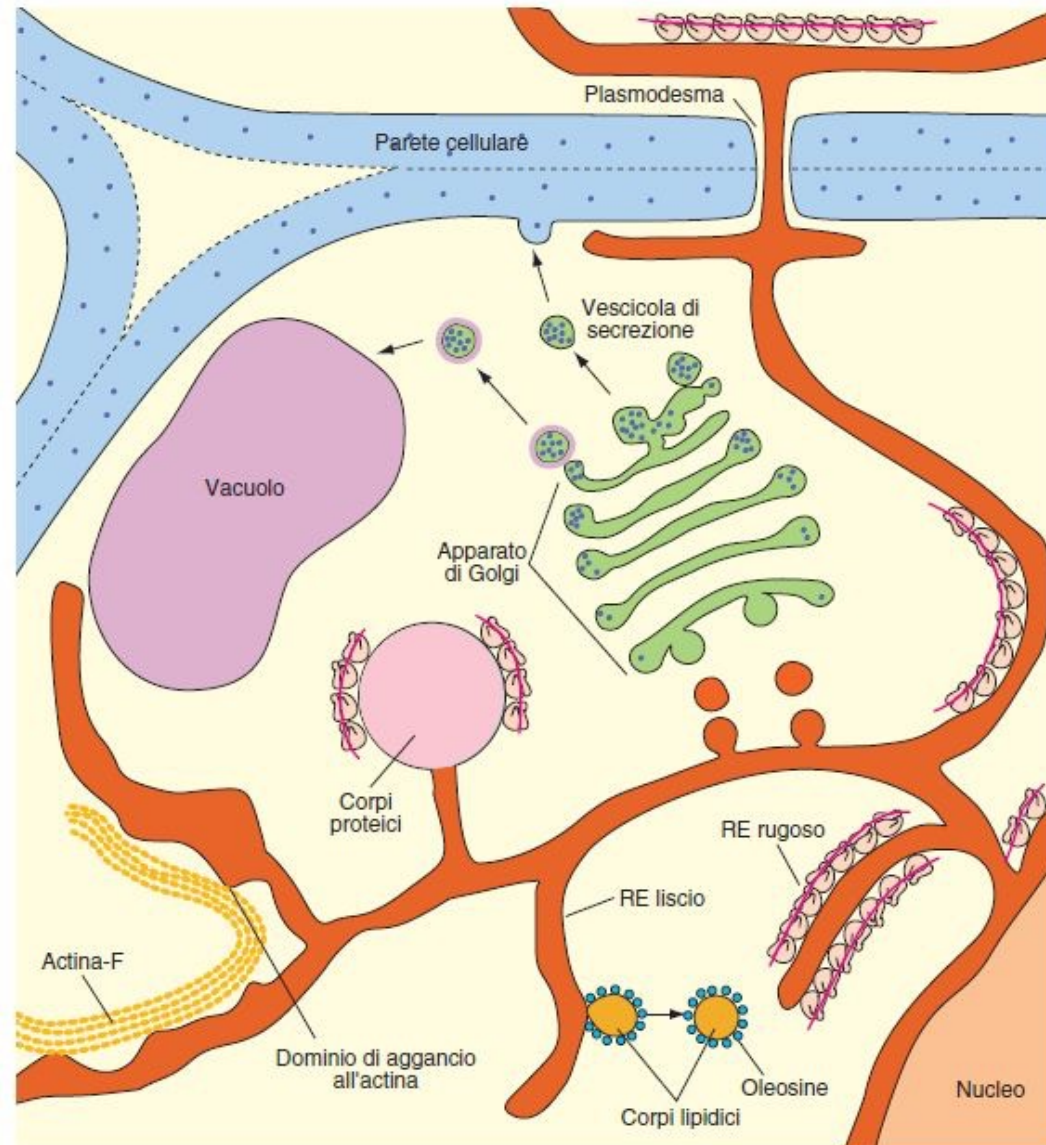
GLIOSSISOMI: ciclo del gliossilato, nei tessuti di riserva e dei semi oleaginosi, con enzimi per la produzione di carboidrati da lipidi (catalisi lipidica)



**SISTEMA DI ENDOMEMBRANE: RETICOLO
ENDOPLASMATICO + APPARATO DI GOLGI + VACUOLO +
MB. PLASMATICA**

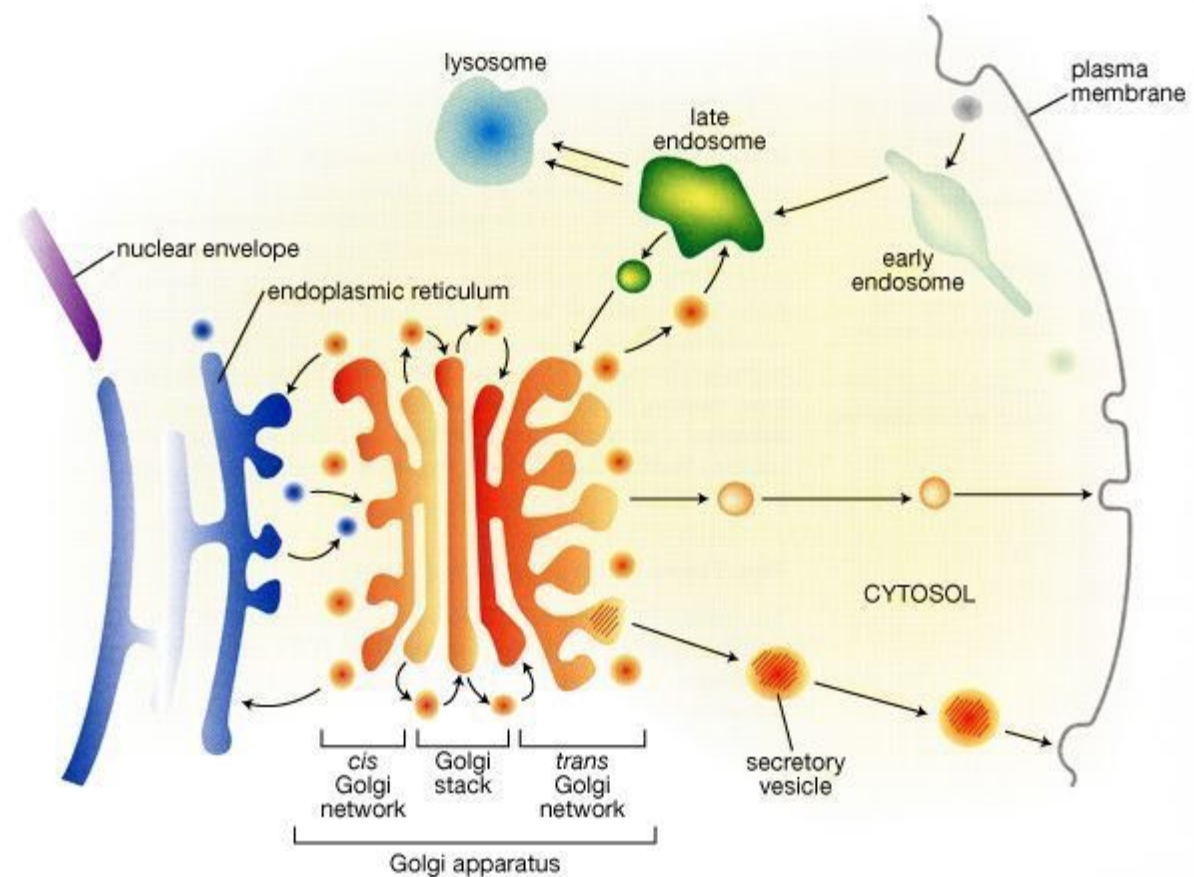


Nelle piante, il reticolo endoplasmatico ha la peculiarità di attraversare i plasmodesmi (giunzioni cellulari), creando un continuum tra cellule adiacenti.



APPARATO DI GOLGI

- Le cisterne sono distribuite in tutto il citoplasma, mentre nelle cellule animali vi è solo un complesso perinucleare.
- Sintesi dei glicolipidi di plasmalemma e tonoplasto, e dei polisaccaridi della parete cellulare.



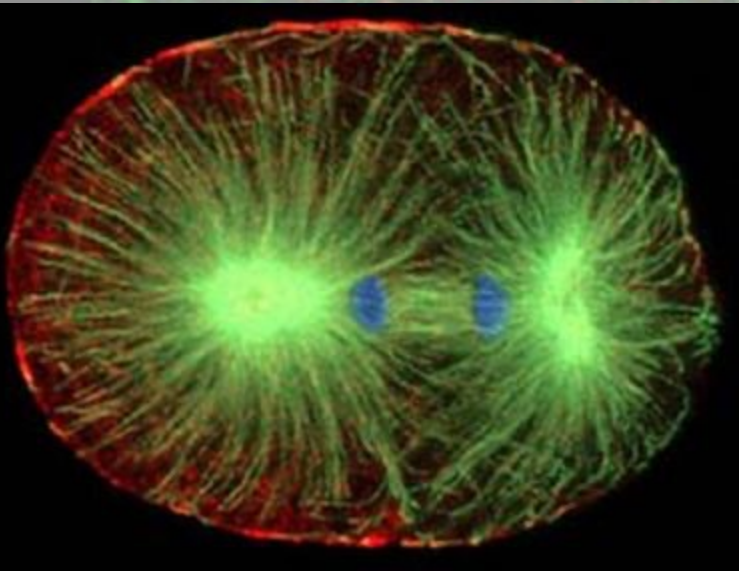
CITOSCHELETRO

Polimeri proteici filamentosi:

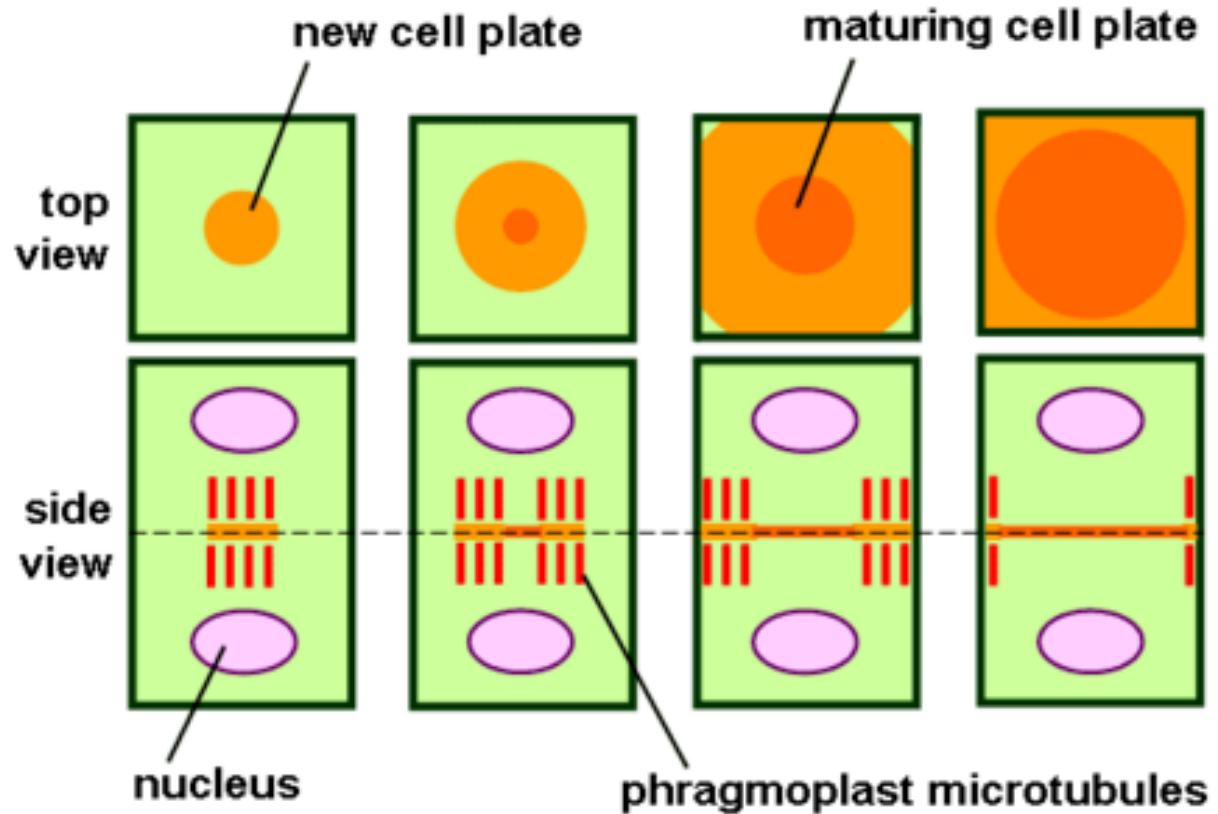
- **Microtubuli**
- **Filamenti di actina**
- **Filamenti intermedi**

Funzioni:

- Ciclo cellulare (apparato interfascico di microtubuli corticali, banda preprofasica, fuso mitotico, formazione del fragmoplasto)
- Polarità cellulare
- Espansione cellulare
- Accrescimento apicale
- Comunicazione cellulare (attraverso i plasmodesmi)
- Differenziamento elementi di conduzione
- Interazioni (sim)biotiche

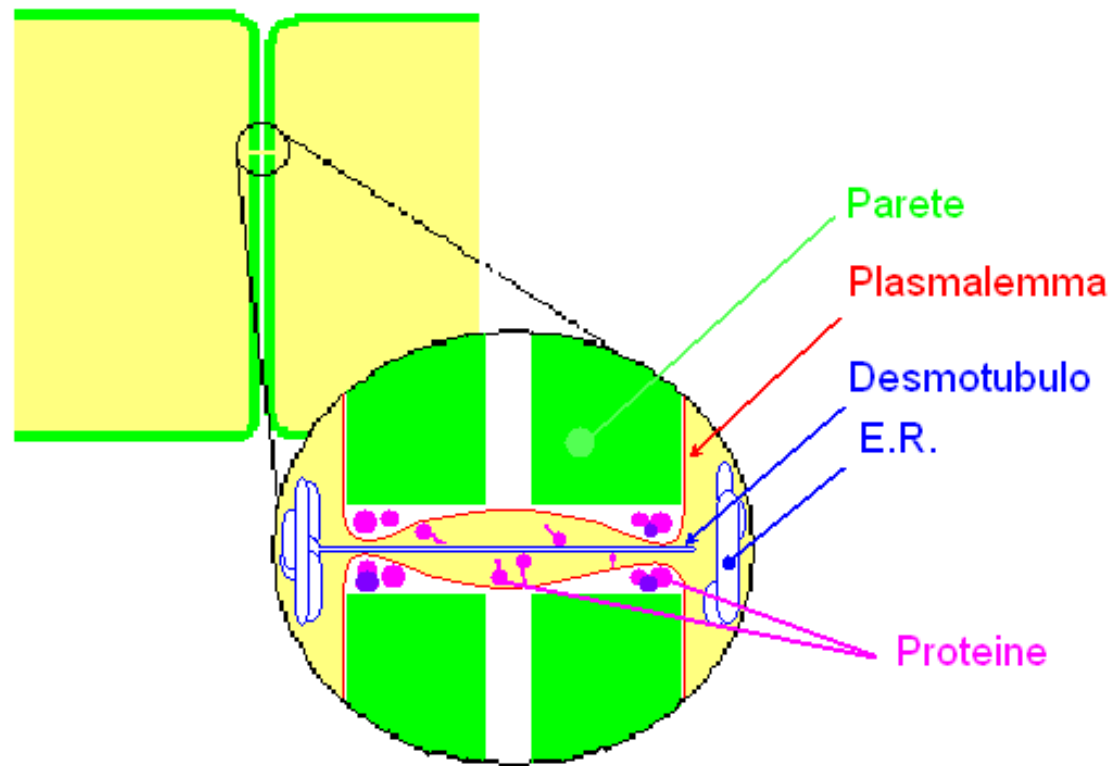


Formazione del fragmoplasto durante la divisione cellulare



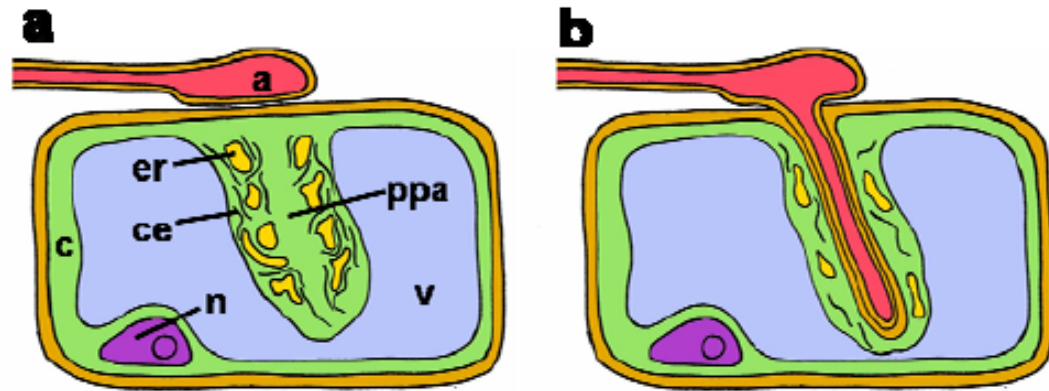


Comunicazione cellulare: nei plasmodesmi i filamenti di actina controllano il trasporto





Interazioni (sim)biotiche: formazione di arbusculum in micorrize



PLASTIDI





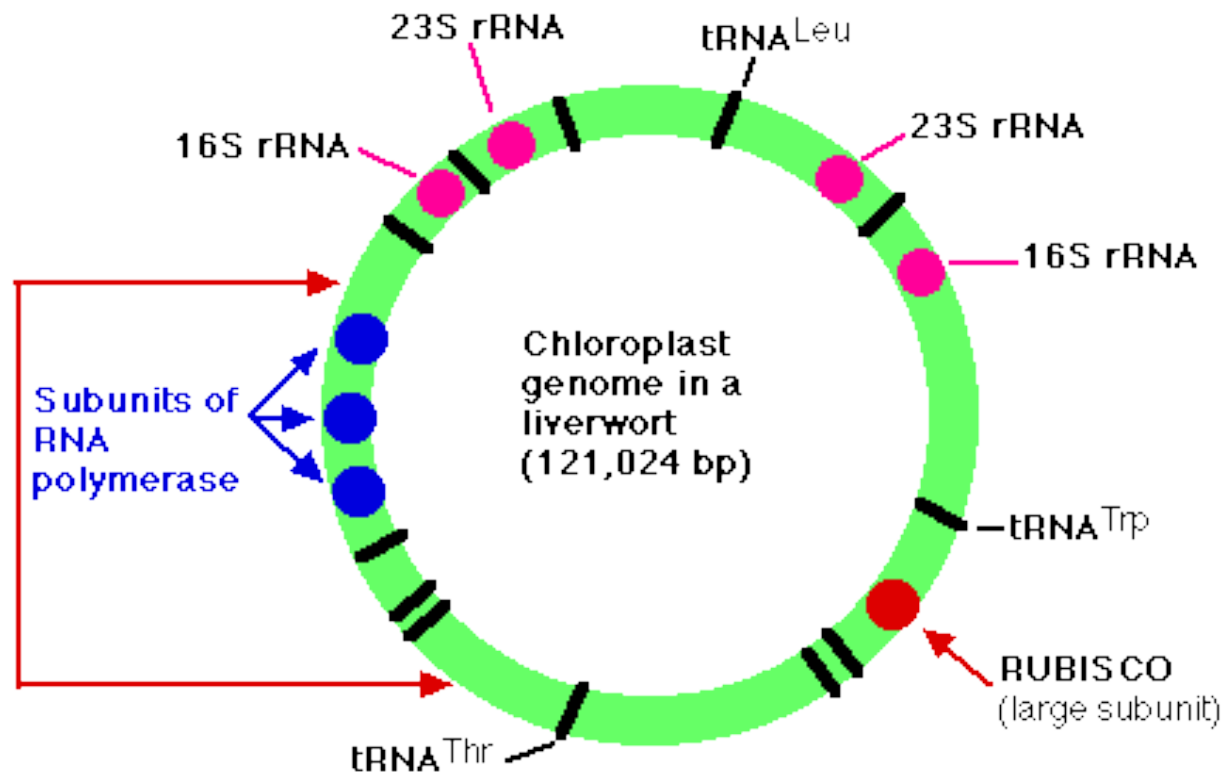
CARATTERISTICHE DEI PLASTIDI:

- 1) **DNA EXTRANUCLEARE** circolare (detto “**PLASTOMA**”, cioè il genoma dei plastidi), responsabile di parte dell’ereditarietà extranucleare della cellula;
- 2) **ribosomi 70S** tipo procariotico (nel citoplasma ribosomi 80S tipo eucariotico) e della macchina di trascrizione e traduzione proteica;
- 3) **due membrane** (come nei mitocondri!): membrana esterna e membrana interna;
- 4) sviluppo di ulteriori membrane chiuse, **tilacoidi**, delimitanti spazi interni che originano dalla membrana interna per un processo di evaginazione.

PLASTOMA

In mais (*Zea mais*, i plastidi più intensamente indagati) il plastoma codifica per circa 100 proteine (= 1/3-1/2 del totale delle proteine presenti nel plastidio).

Sono presenti diverse copie per cloroplasto (che può essere considerato "poliploide", con 40-100 copie di ptDNA).





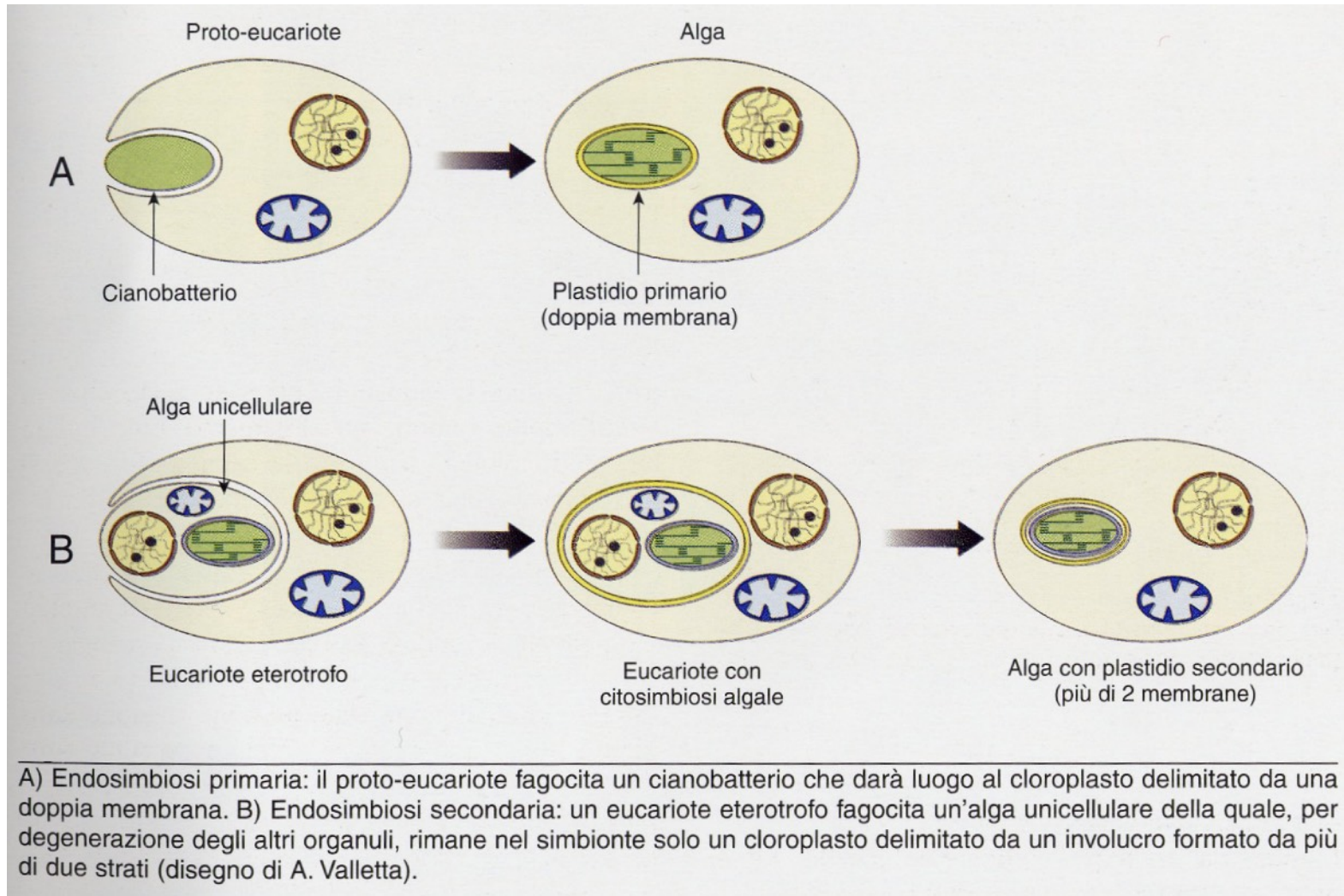
Affinità "**procariotica**":

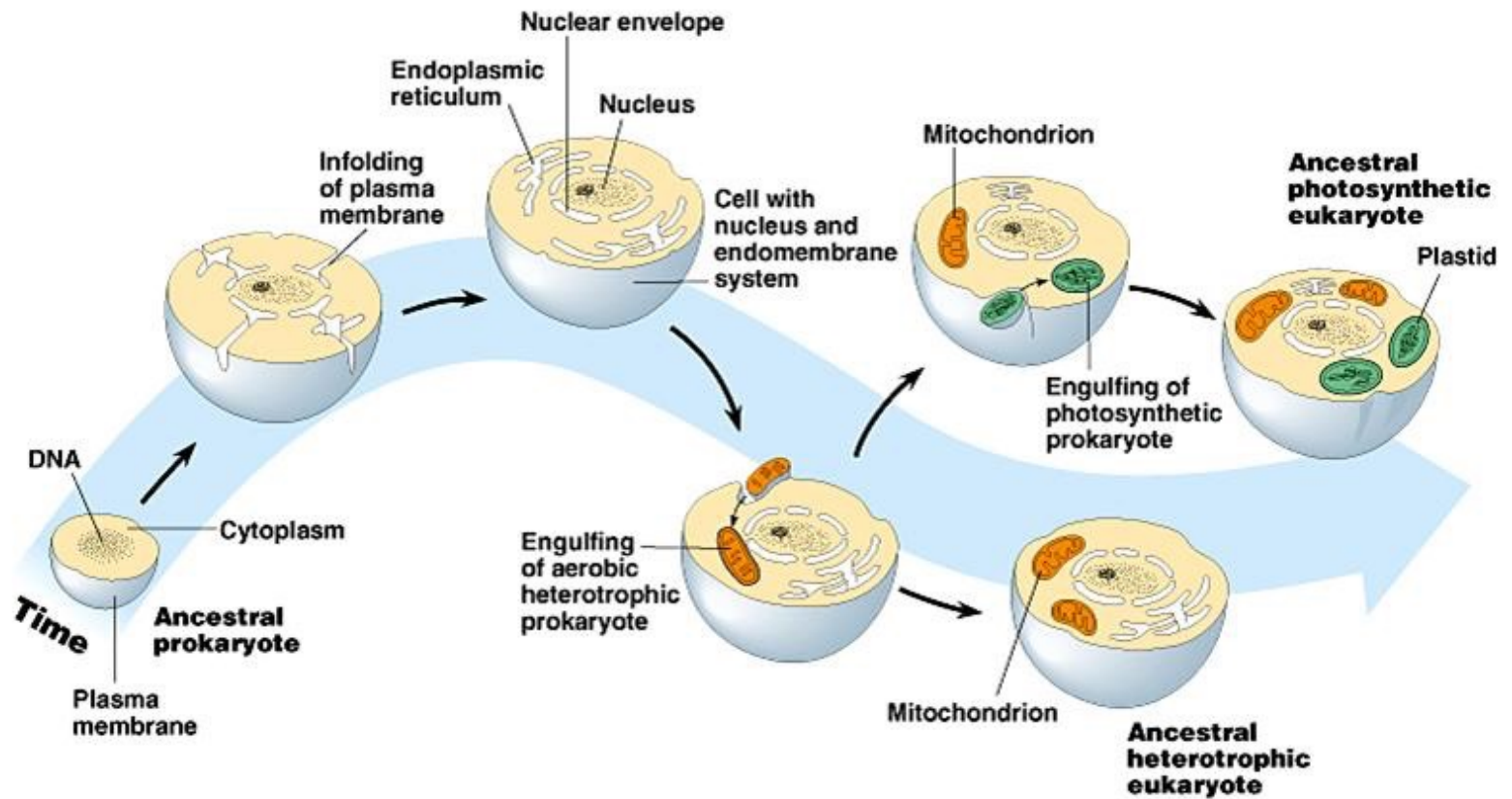
- struttura circolare
- mancano sequenze ripetitive

Affinità "**eucariotica**":

- esistono introni
- complessi multienzimatici codificati almeno in parte dal genoma nucleare

Teoria endosimbiontica



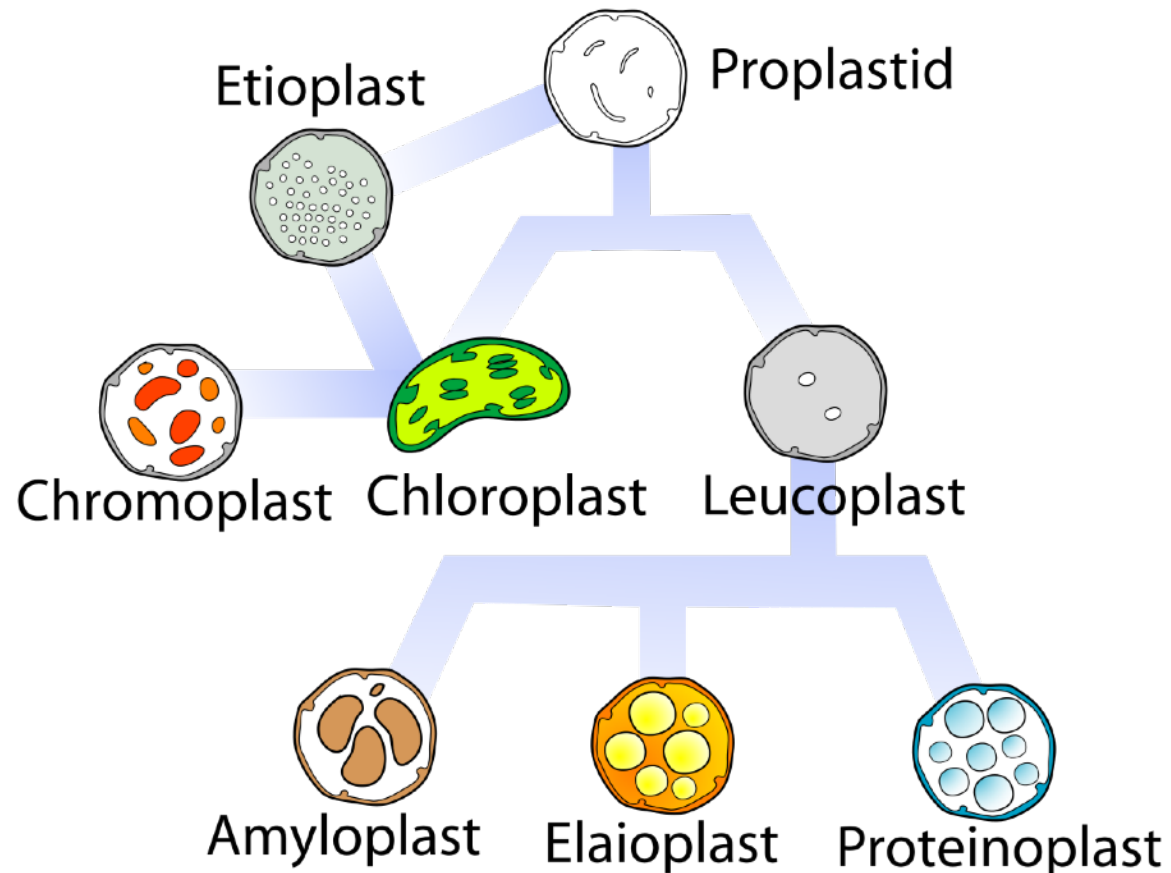


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

PROPLASTIDI → → → **plastidi**

PROPLASTIDI: dimensioni molto ridotte, presenti in citoplasma delle cellule dei tessuti meristematici (= in attiva divisione).

Plastids





Nello zigote i proplastidi sono in genere di **derivazione materna** (portati dal citoplasma della cellula uovo).

Differenziazione cellulare → sviluppo/"destino"
del proplastide in organulo di riserva o di
assimilazione (→ulteriore differenziamento in
organuli di riserva)

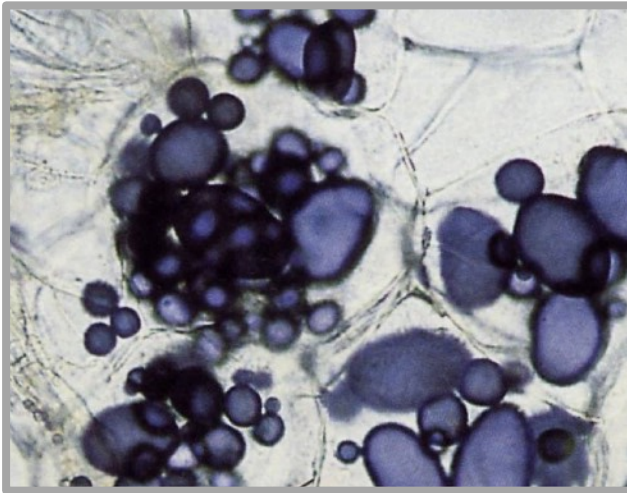
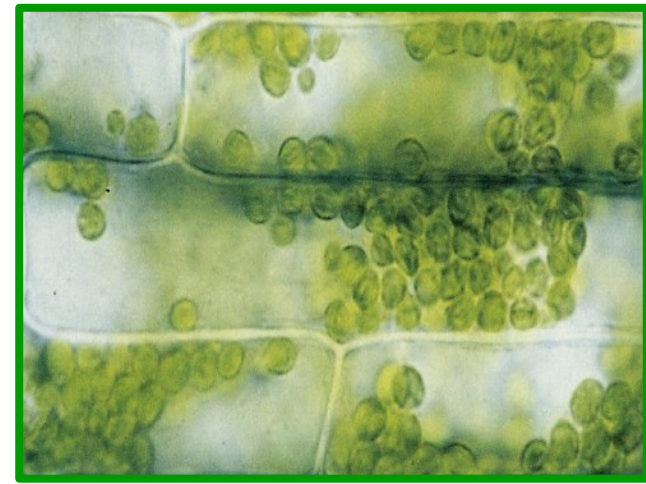
I plastidi sono una famiglia di organuli propri degli organismi fotoautotrofi ossigenici eucarioti.

Essi hanno molteplici funzioni.



Cloroplasti:

assimilazione della CO_2
(fotosintesi) e molto
altro...

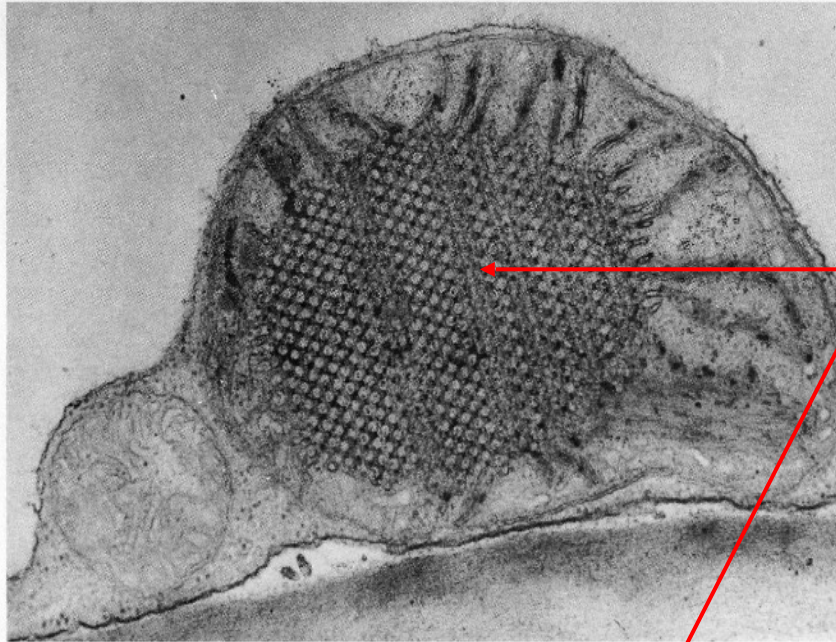


Leucoplasti: accumulo
di sostanze di riserva

Cromoplasti: accumulo di
pigmenti lipofili (per colorare i
tessuti, ma talvolta anche
come sostanze di riserva)



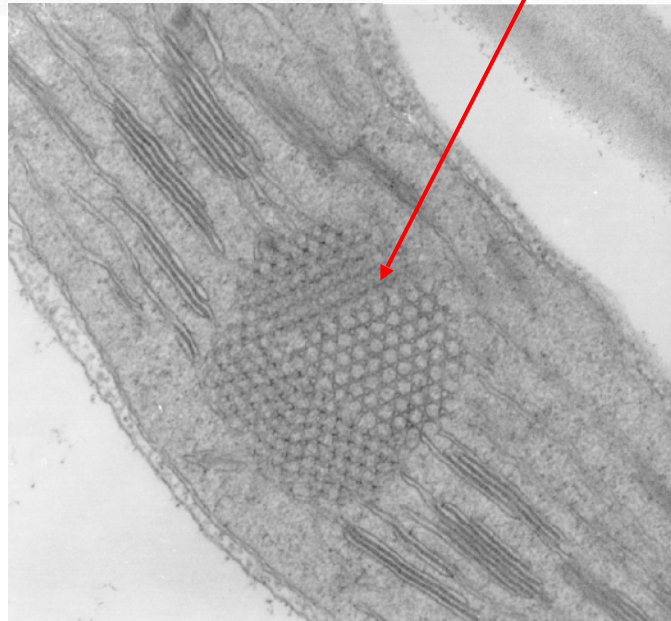
EZIOPLASTI



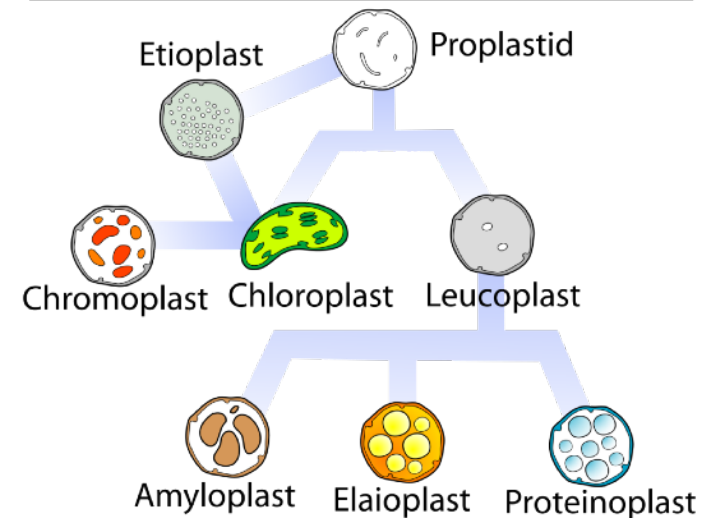
Pianta tenuta al buio:
Eziolamento

Corpo prolamellare:
tubuli disposti
regolarmente

Luce → disgregazione
del corpo prolamellare



Plastids



PLASTIDI DI RISERVA

- i) in tessuti di riserva degli organi di riserva (tuberi, bulbi, bulbotuberi, radici tuberizzate),
- ii) nella parte corticale di alcuni cauli (subito sotto lo strato verde più esterno),
- iii) nelle radici.

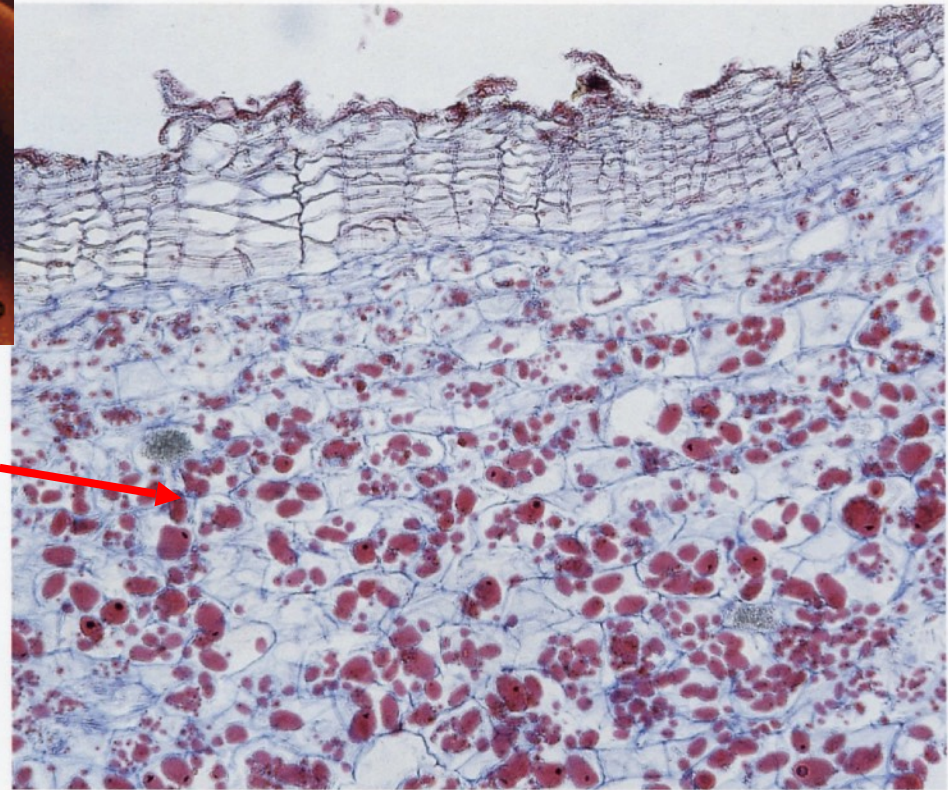
- granuli di amido → **AMILOPLASTI**
- cristalli di proteine → **PROTEOPLASTI**
- olii o grassi → **ELAIOPLASTI**



TUBERO DI PATATA

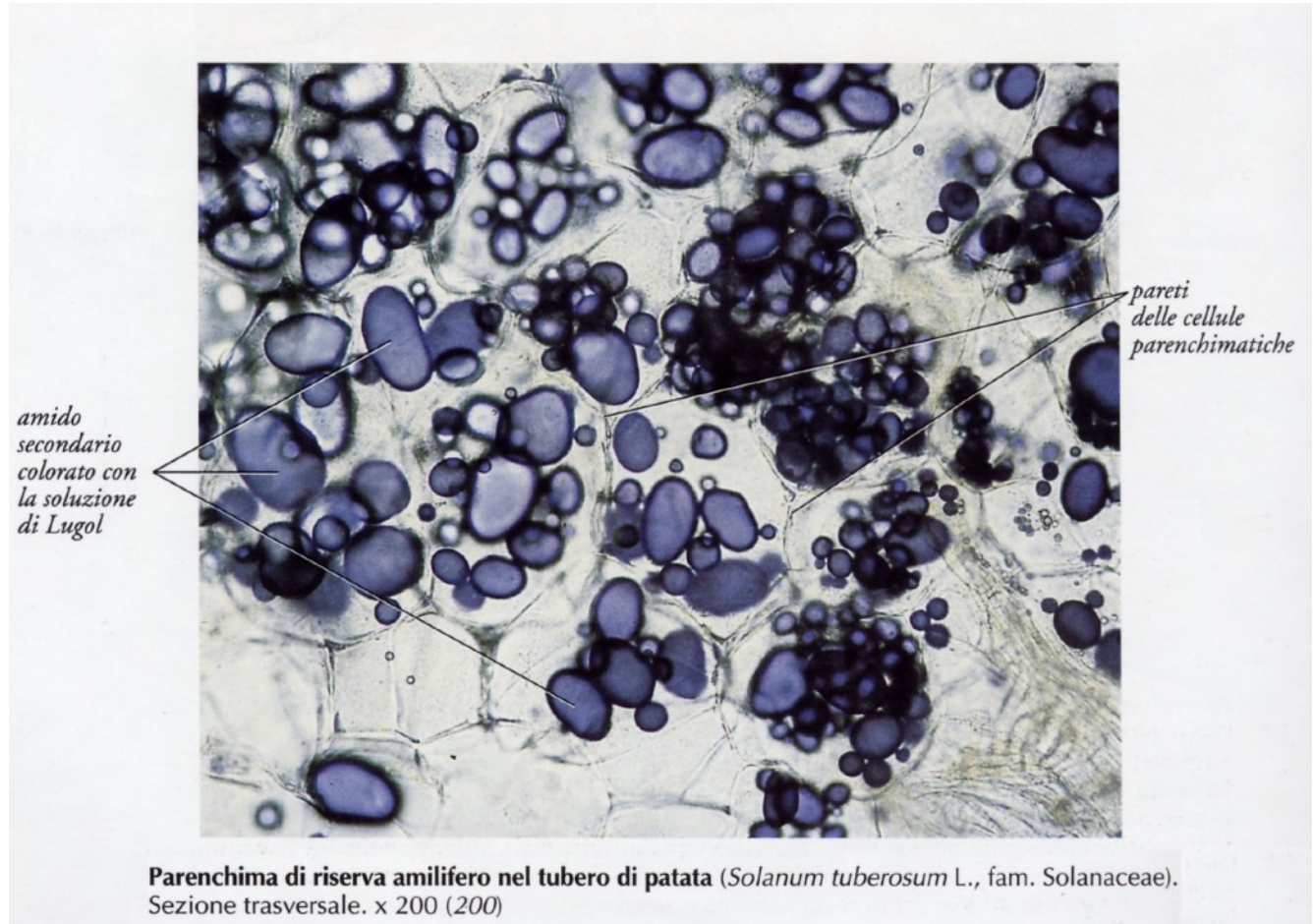


**Parenchima amilifero
con amido secondario**



Parenchima di riserva amilifero nel tubero di patata (*Solanum tuberosum* L., fam. Solanaceae)
Sezione trasversale. x 100 (100)
Il caso più comune è quello del parenchima cosiddetto amilifero, in cui la sostanza immagazzinata è amido (secondario), contenuto nei leucoplasti.

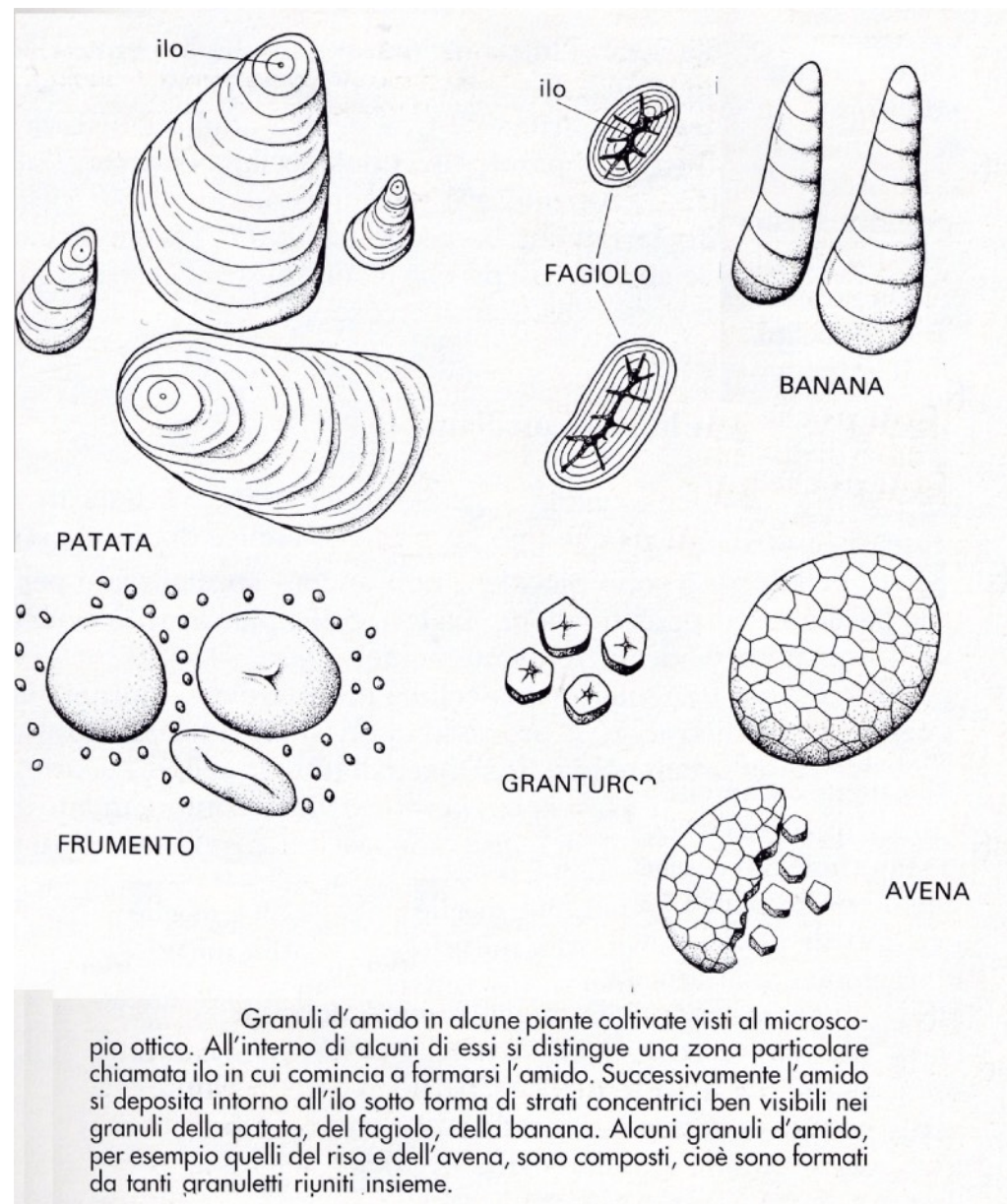
AMILOPLASTI



NB: amido primario è quello che si trova in tessuti attivi dal punto di vista fotosintetico; amido secondario è quello che si trova nei tessuti di riserva.



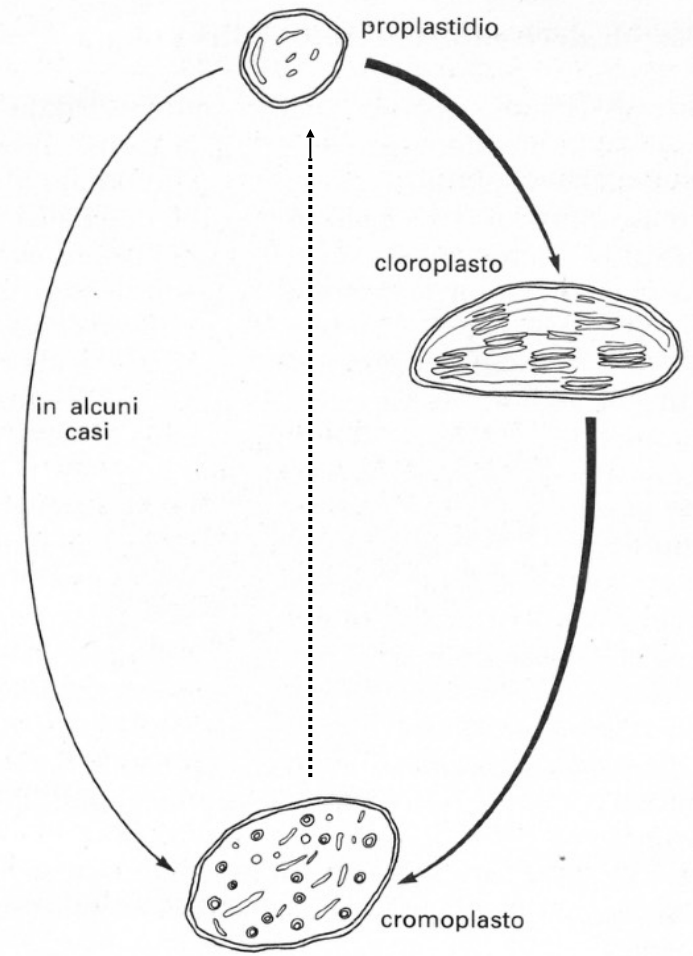
ilo: centro di aggregazione dell'amido; la deposizione dell'amido avviene in senso centrifugo a partire da esso, con l'apposizione di strati concentrici.



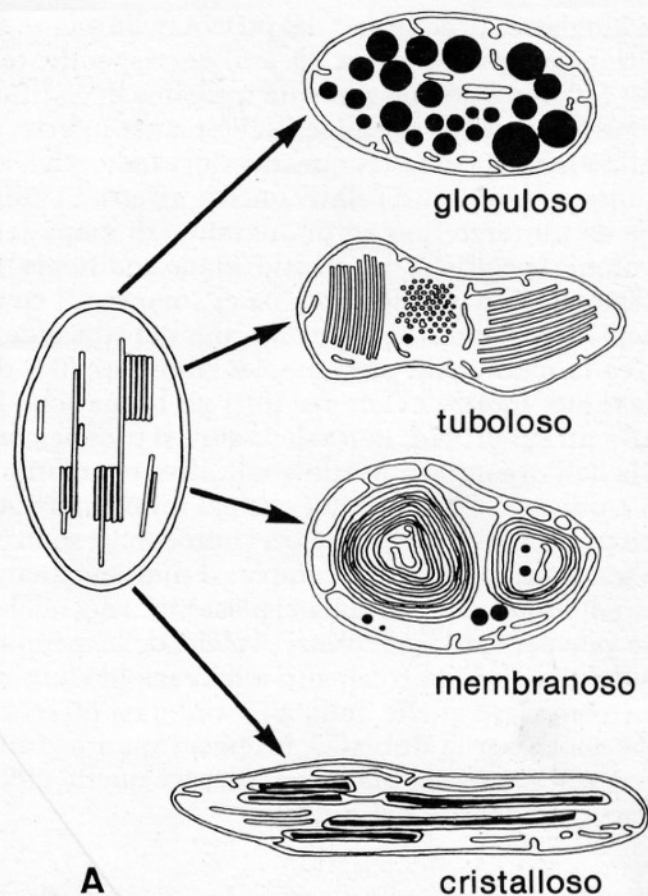
CROMOPLASTI



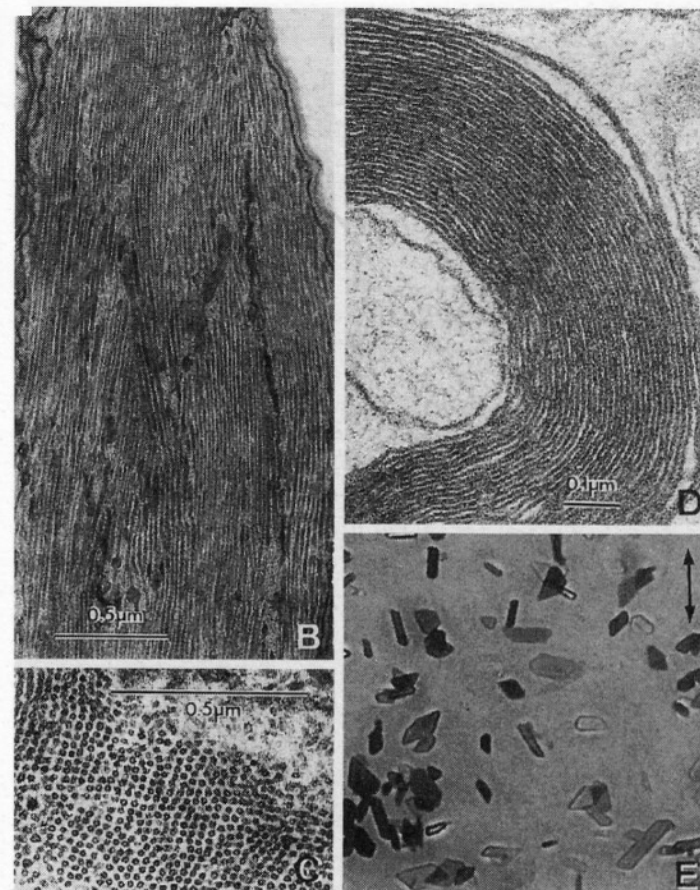
- La differenziazione in cromoplasti segue un preciso piano di sviluppo, può anche essere reversibile (trasformazione inversa).
- Geni nucleari regolatori della cromoplastogenesi sono correlati con la biosintesi dei carotenoidi.
- Fattori eso- ed endogeni agiscono su differenziamento (fitormoni con funzione antagonista).



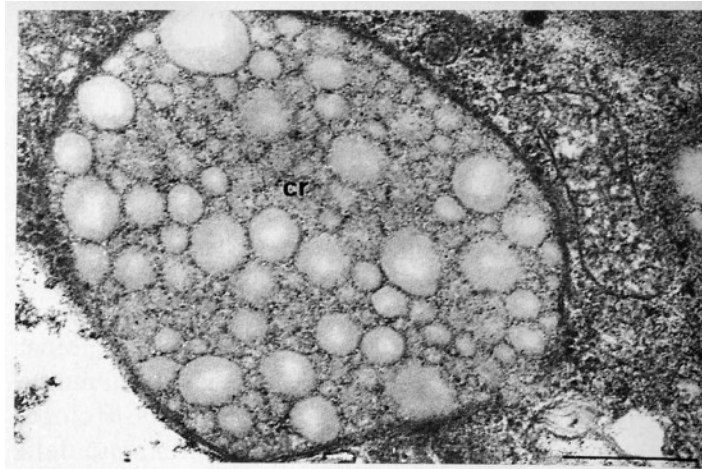
Questo schema illustra in quali modi i diversi tipi di plastidi possono trasformarsi l'uno nell'altro. È evidente che tutti i plastidi derivano direttamente o indirettamente dai proplastidi.



Cromoplasti. **A**, diversi modelli strutturali; lo sviluppo inizia spesso da cloroplasti (giovani). **B**, **C**, cromoplasti tubolari sezionati longitudinalmente e trasversalmente (frutto di rosa e petalo di *Impatiens noli-tangere*). **D**, cromoplasti membranosi di *Narcissus pseudonarcissus*, in sezione. **E**, cromoplasti cristallini dalla



radice di carota in luce polarizzata; i cristalli di β -carotene sono dicroici, l'assorbimento della luce dipende dalla direzione di oscillazione della radiazione luminosa (freccia) (A da H. Mohr e P. Schopfer, *Lehrbuch der Pflanzenphysiologie*. Springer-Verlag, Berlin, 4a edizione 1991. B-D originali. E 750:1, preparato di D. Kuhn).



Cromoplasto (cr) globulare in petalo di crisantemo. Le masse globulari in questo caso sono poco elettron-dense e occupano l'intero volume dell'organello. (TEM, barra = 0,5 μ m)



Cromoplasti **globulari**: i più primitivi, in frutti (es. arancia, pesca) e in alcuni fiori (es. *Ranunculus*). Le vescicolette interne sono delimitate da un monostrato di lipidi e proteine.

Cromoplasti **membranosi**: i più poveri di pigmenti (3% di carotenoidi), fortemente apolari; nei petali del narciso e nel frutto del peperone.

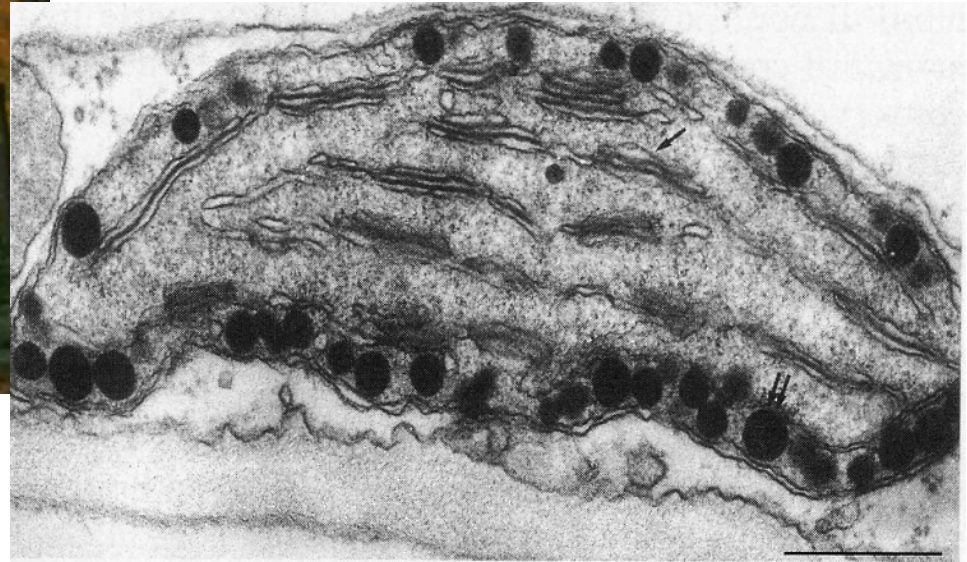
Cromoplasti **cristallini**: accumulano cristalli di beta carotene (radice di carota) o di licopene (frutto del pomodoro).

GERONTOPLASTI

La sintesi ex novo di elevate quantità di carotenoidi è l'evento che definisce i veri cromoplasti.

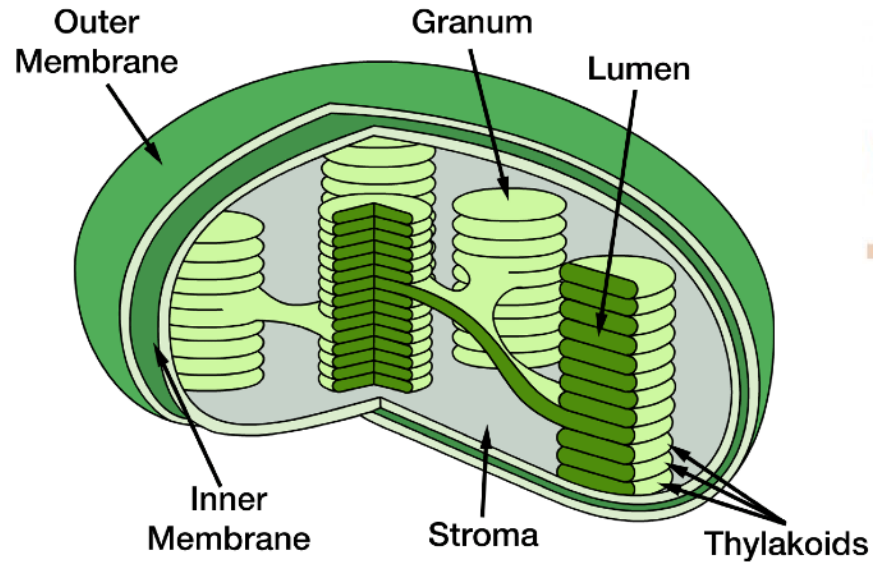
In foglie senescenti o in tessuti verdi attaccati da patogeni (es. funghi) vi è degenerazione dei cloroplasti con degradazione delle clorofille e dei tilacoidi, per cui i pigmenti verdi non mascherano più i carotenoidi già presenti

plastidi senescenti = gerontoplasti



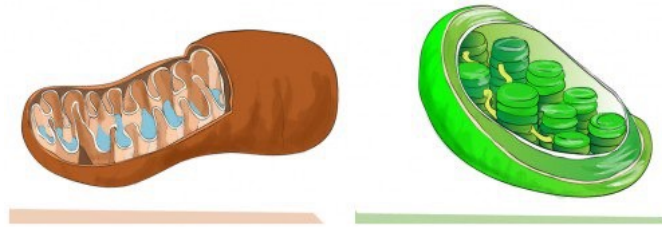


Chloroplast



Mitochondria vs. Chloroplast

Key Differences and Similarities



MITOCHONDRION

