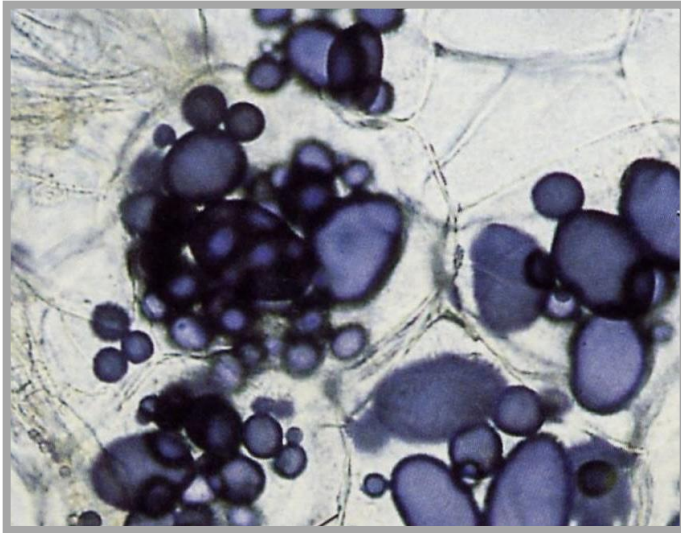
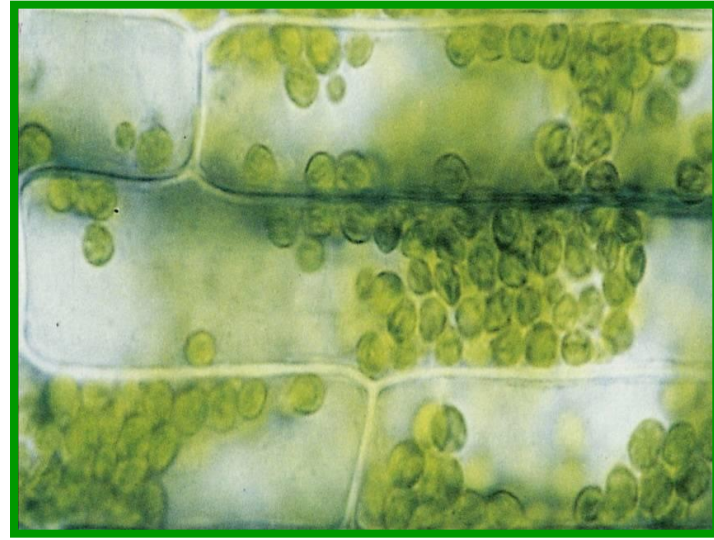


Famiglia di organuli propri degli organismi fotoautotrofi ossigenici eucariotici.

Multiple f(x).

**Cloroplasti**: assimilazione della  $\text{CO}_2$  (fotosintesi) e molto altro...

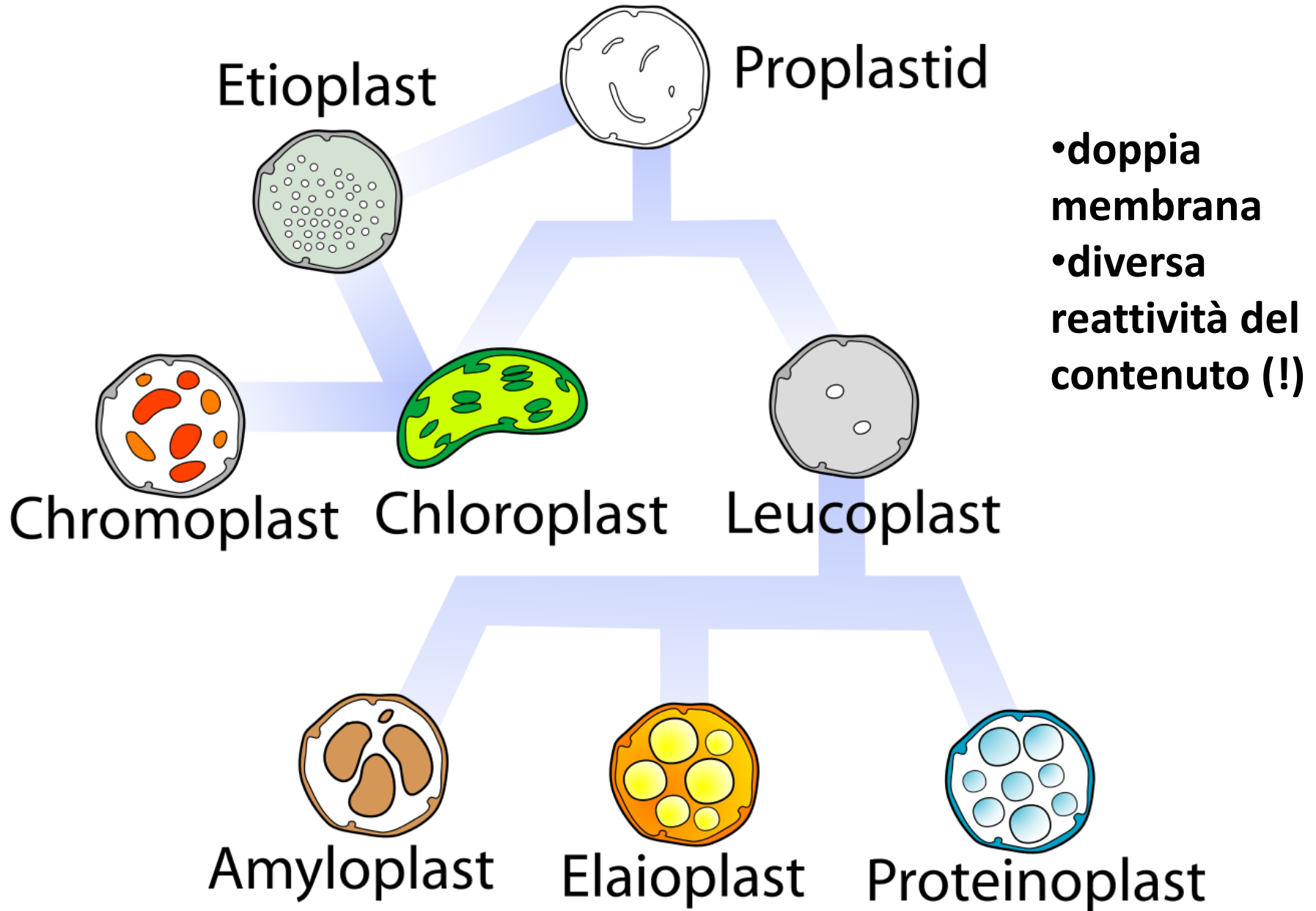


**Leucoplasti**: accumulo di sostanze di riserva

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



# Plastids



# PLASTIDI DI RISERVA

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

- granuli di amido

→ **AMILOPLASTI**

- cristalli di  
proteine →

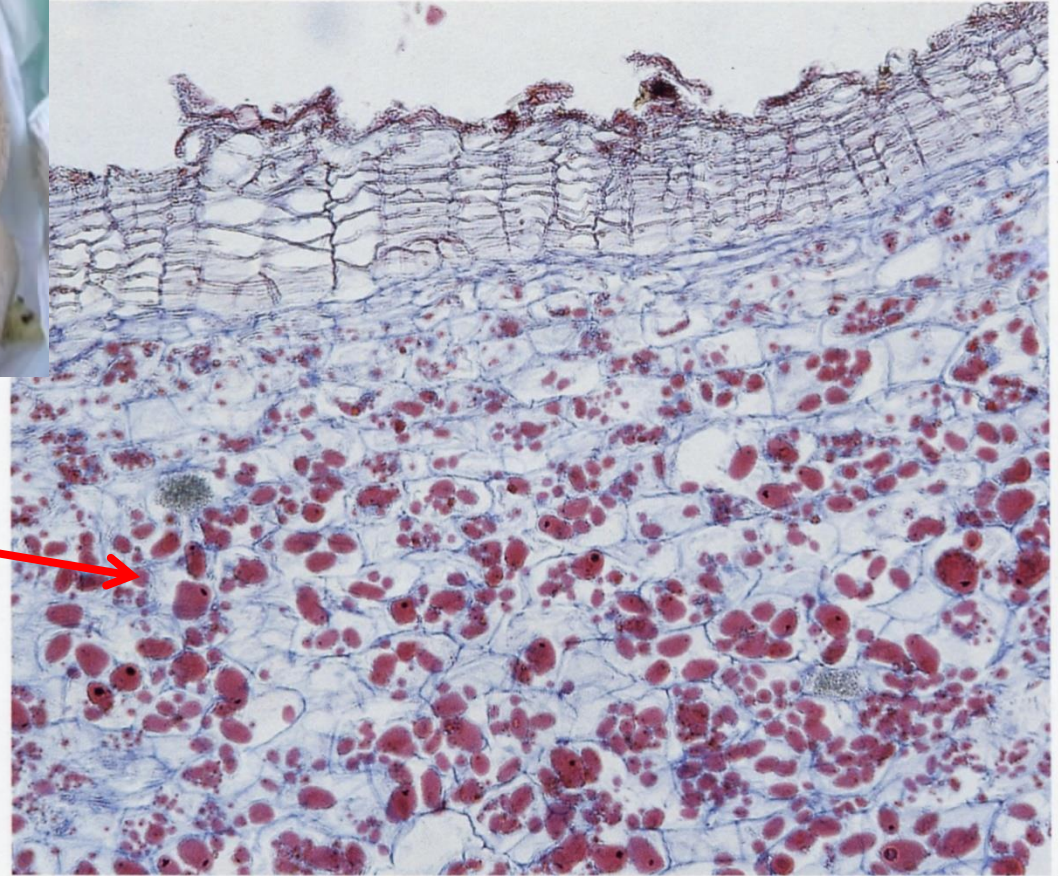
**PROTEOPLASTI**

- olii o grassi →

**ELAIOPLASTI**



# TUBERO DI PATATA

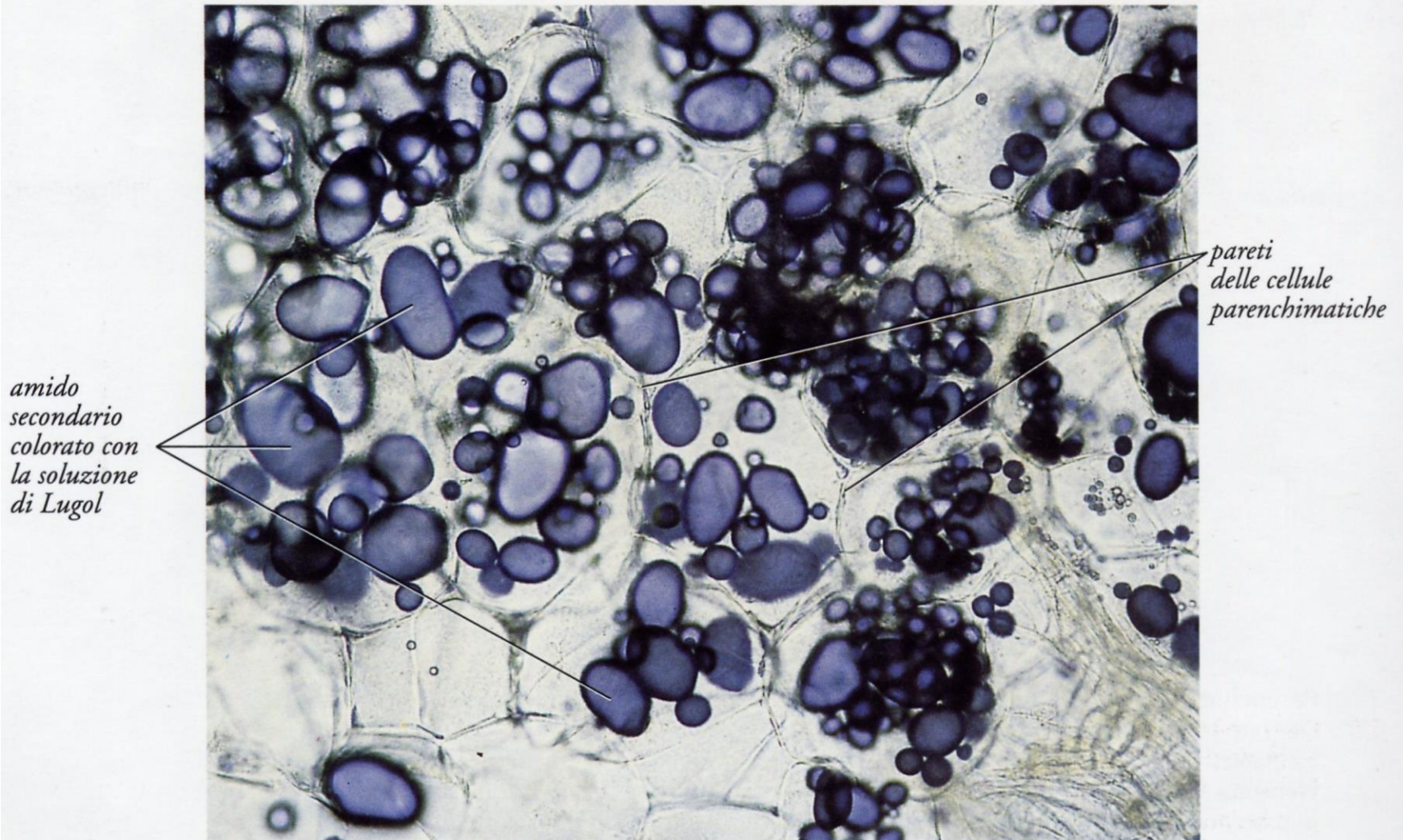


**Parenchima amilifero  
con amido secondario**



**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

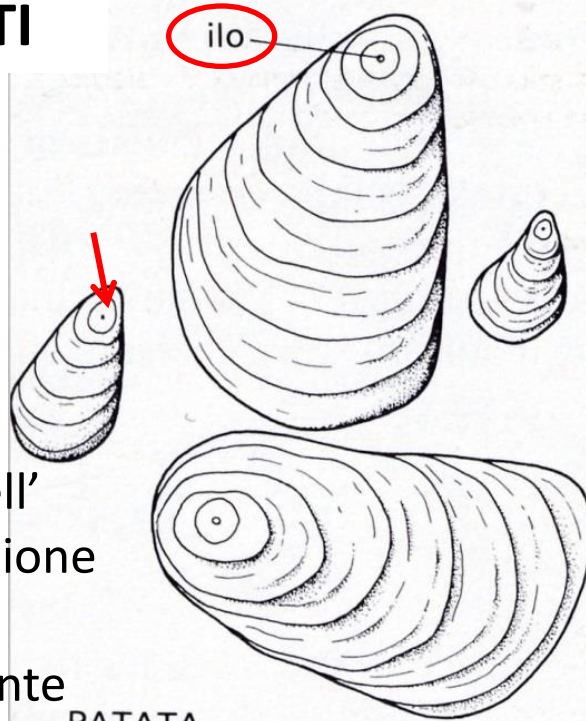


**Parenchima di riserva amilifero nel tubero di patata** (*Solanum tuberosum* L., fam. Solanaceae).  
Sezione trasversale. x 200 (200)



# AMILOPLASTI

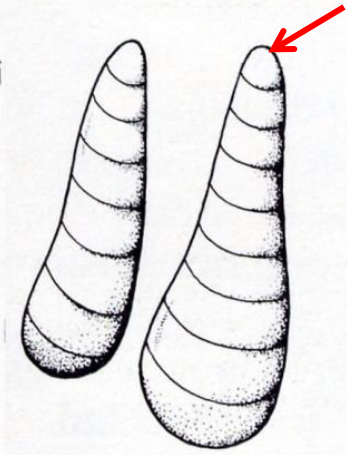
**ilo:** centro di aggregazione dell'amido; deposizione dell'amido concentricamente attorno



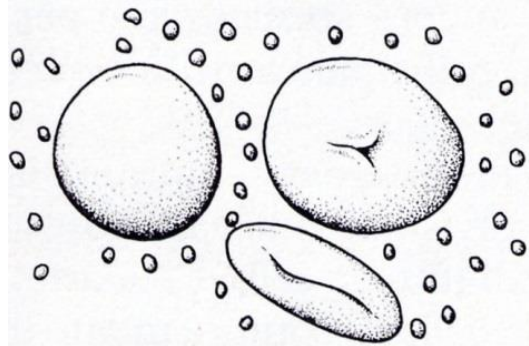
PATATA



FAGIOLO



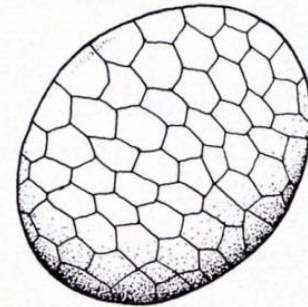
BANANA



FRUMENTO

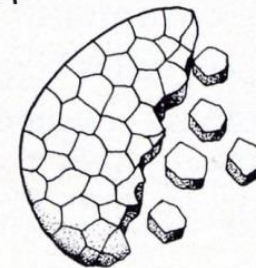


GRANTURCO



AVENA

**Granuli composti:** formati da tanti granuletti primari (e.g. in avena, riso)



# CROMOPLASTI

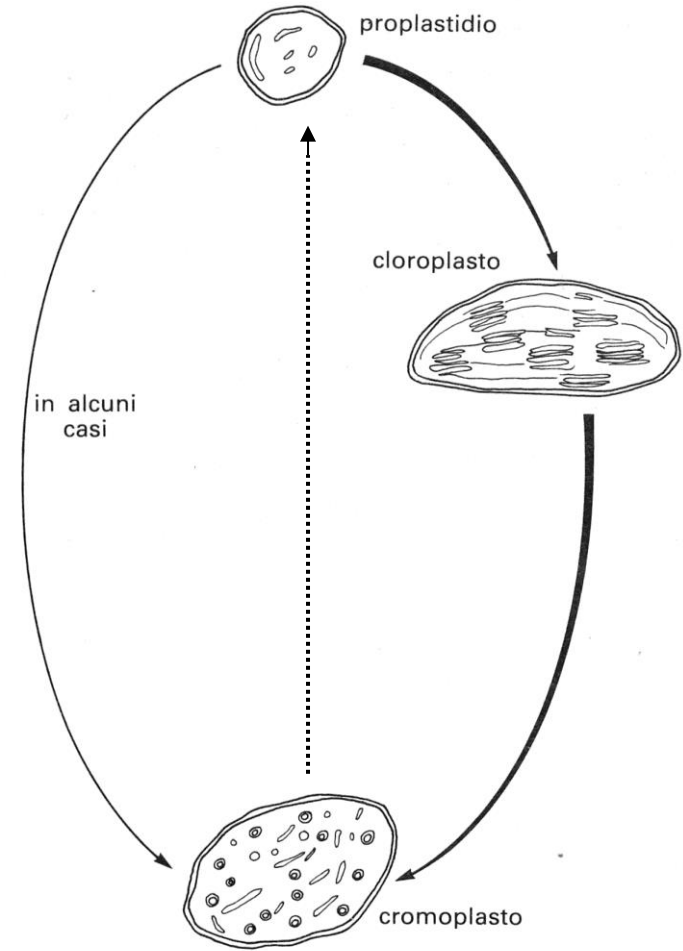


- La differenziazione in cromoplasti segue un preciso piano di sviluppo, può anche essere reversibile (trasformazione inversa).

- Geni nucleari regolatori della cromoplastogenesi correlati con la biosintesi dei carotenoidi.

- Fattori eso- ed endogeni agiscono su differenziamento (fitormoni con  $f(x)$  antagonista).

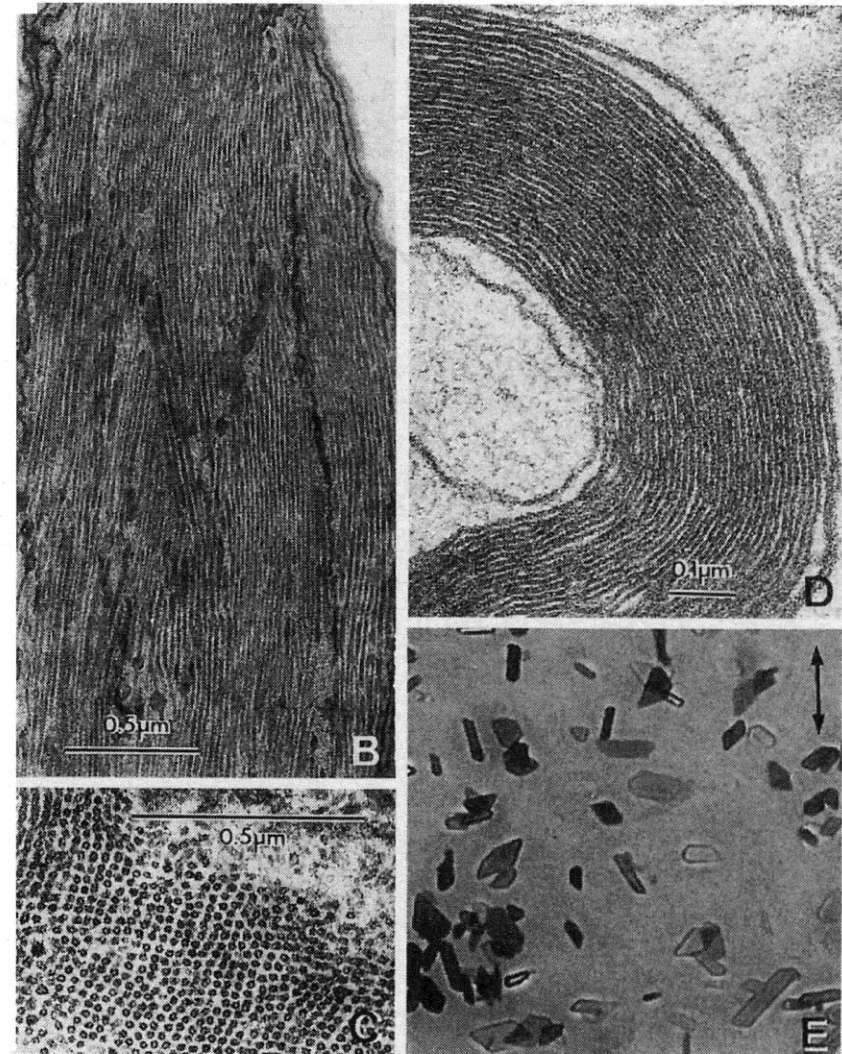
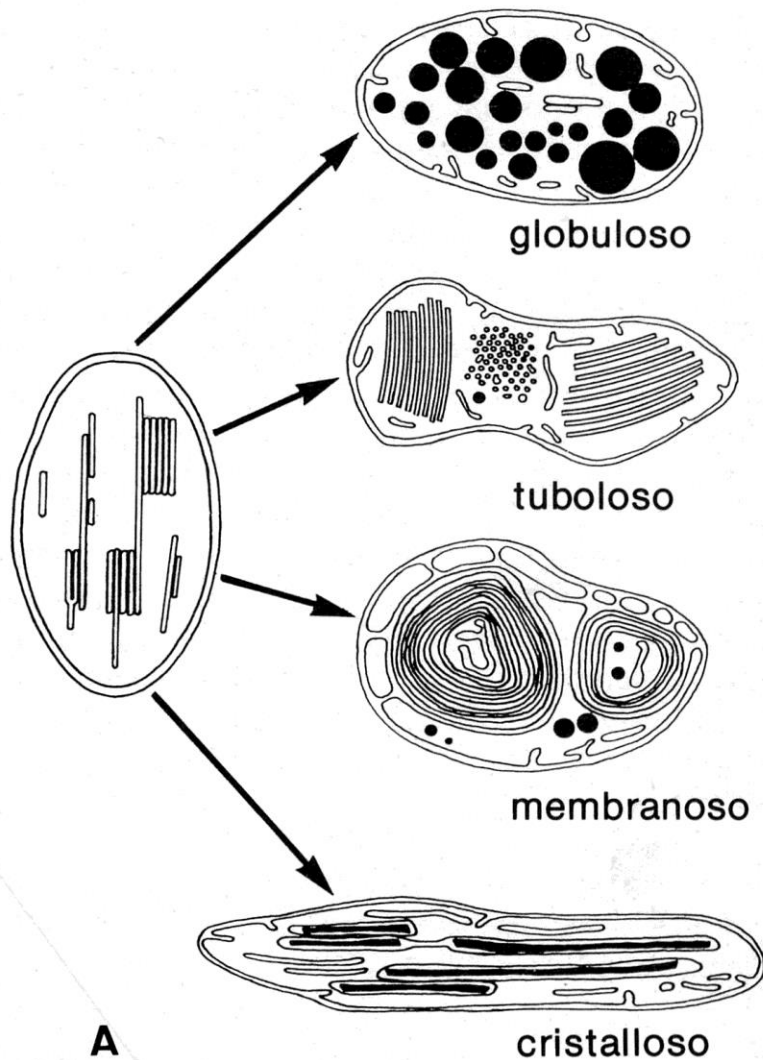
# CROMOPLASTI



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.



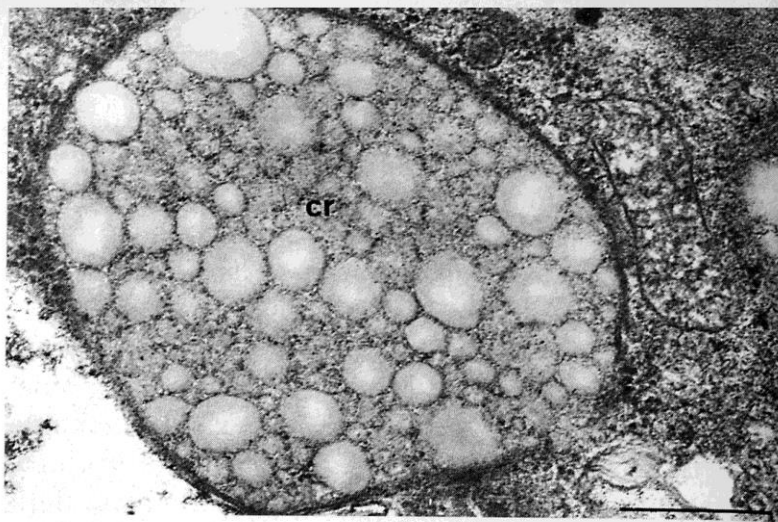
# CROMOPLASTI



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 cristallinosi dalla

radice di carota in luce polarizzata; i cristalli di  $\beta$ -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. Kuhnen).

# CROMOPLASTI



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  $\mu\text{m}$ )

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).



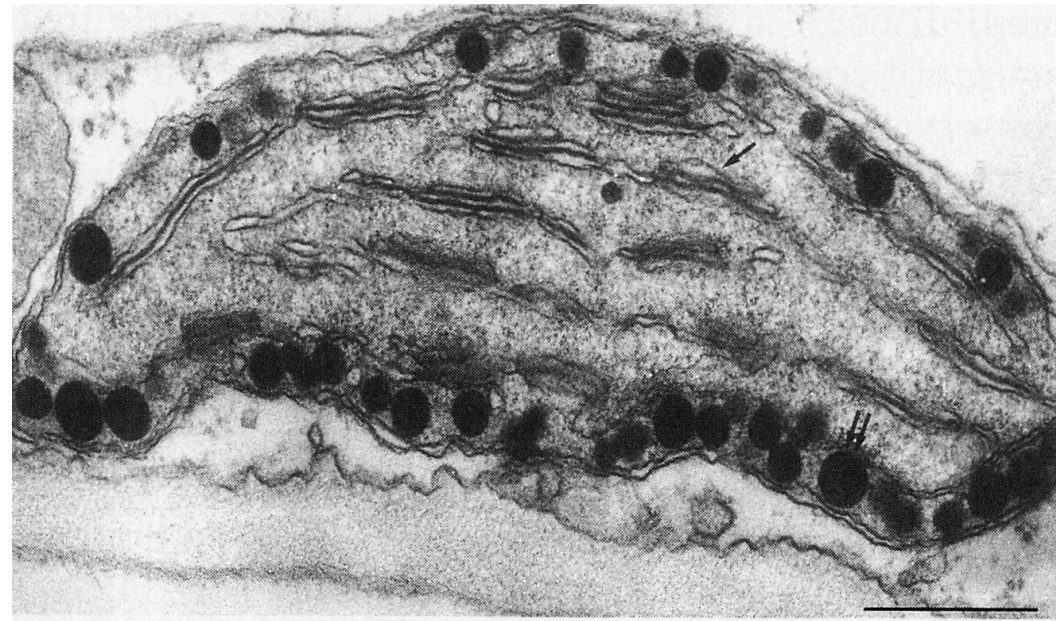


## GERONTOPLASTI

## (i falsi) CROMOPLASTI

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), → degenerazione dei cloroplasti con degradazione delle clorofille e dei tilacoidi, → formazione di plastoglobuli, “scoprendo” i carotenoidi già presenti, senza che si verifichi un loro aumento → plastidi senescenti = gerontoplasti



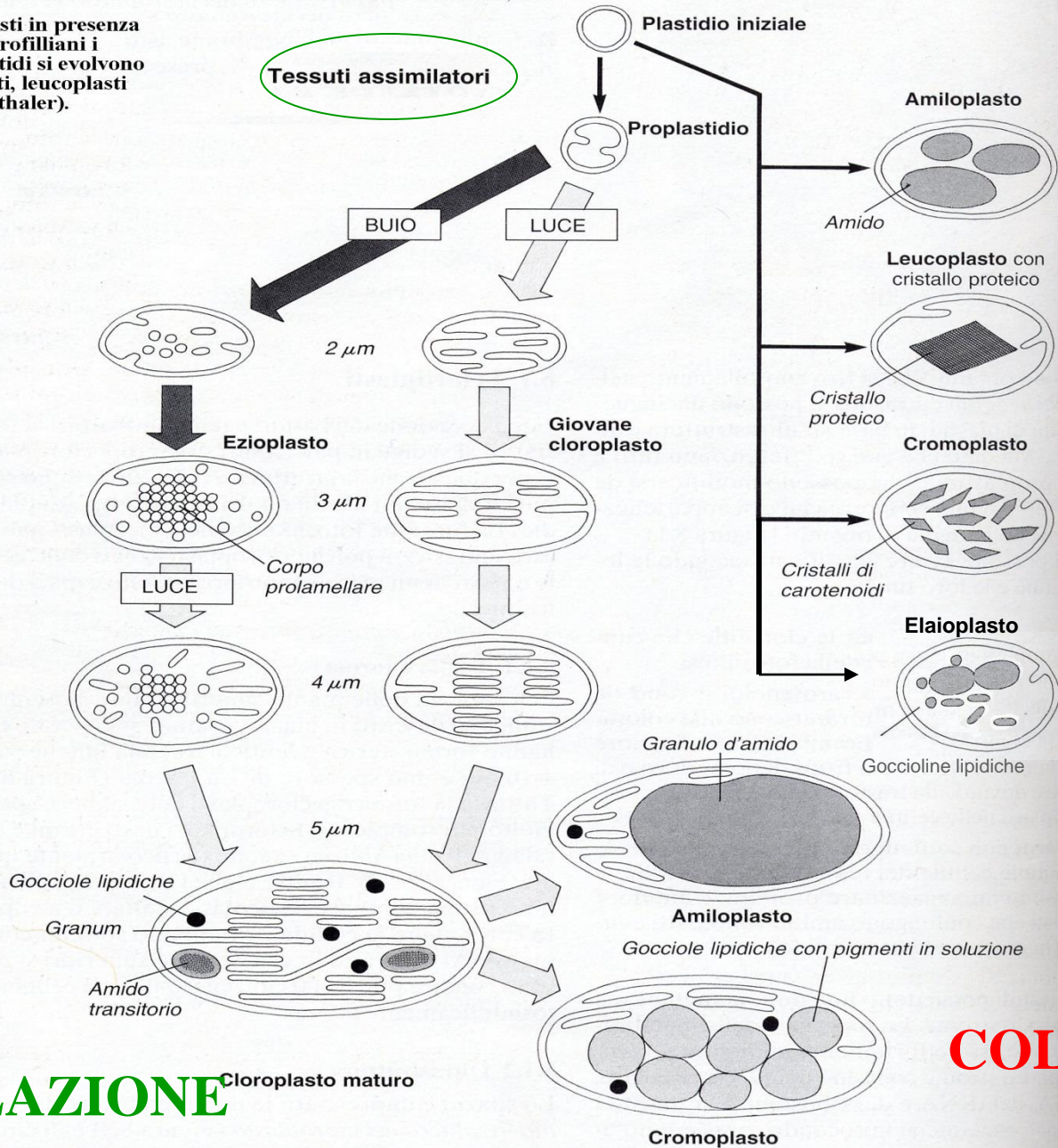
**Tessuti non clorofilliani**

**Tessuti assimilatori**

Schema dello sviluppo dei diversi tipi di plastidi. La via principale corrisponde allo sviluppo di un proplastidio e del plastidio iniziale in un plastidio fotosinteticamente attivo. Quest'ul-

timo si può trasformare in un amiloplasto con funzione di riserva di amido. Può anche degenerare, trasformandosi in cromoplasto (frutti in maturazione). Al buio si formano degli ezioplasti, che

si trasformano in cloroplasti in presenza di luce. Nei tessuti non clorofilliani i plastidi iniziali e i proplastidi si evolvono direttamente in amiloplasti, leucoplasti o cromoplasti (da Lichtenthaler).

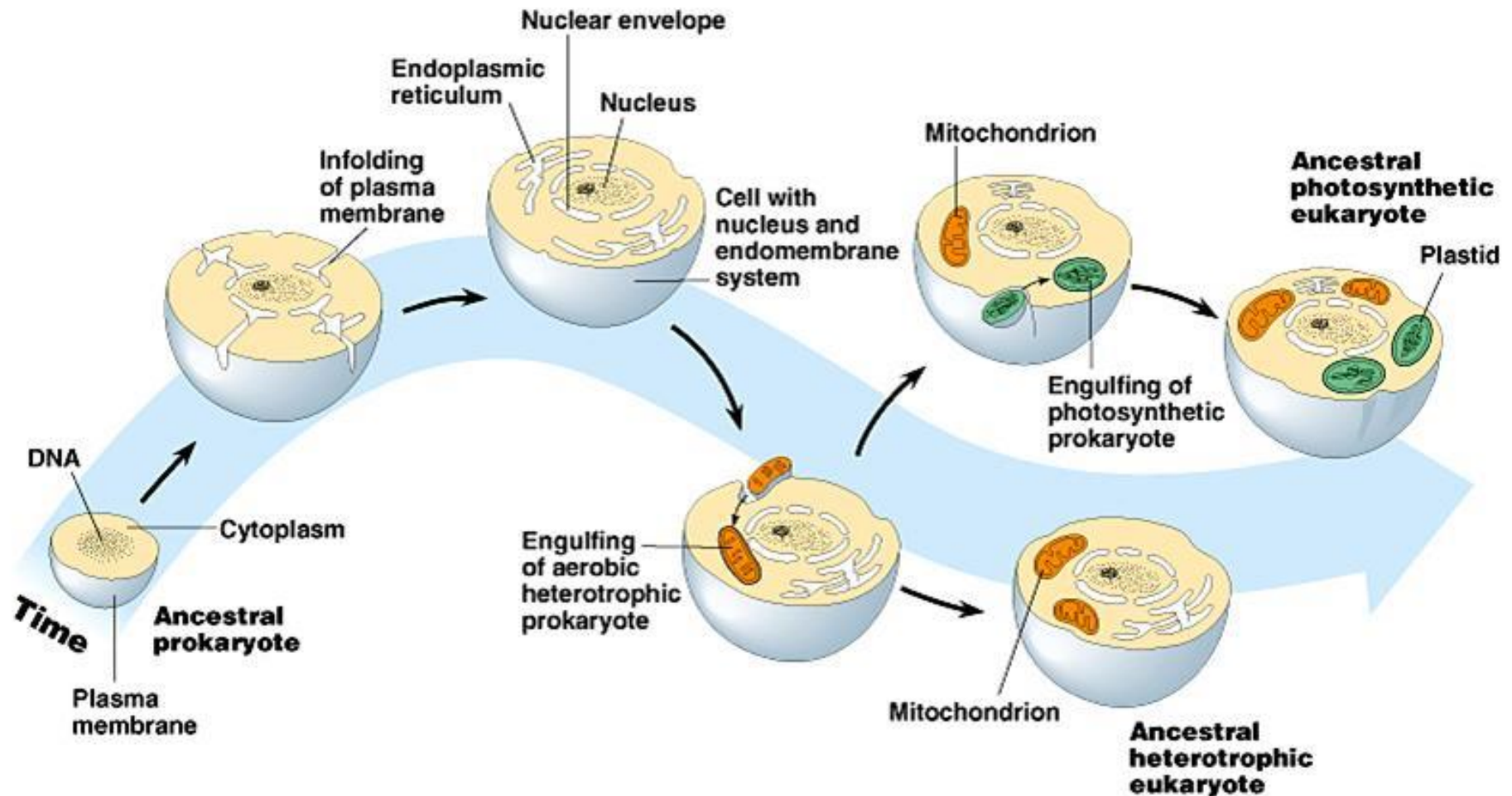


R  
I  
S  
E  
R  
V  
A

**ASSIMILAZIONE** Cloroplasto maturo

**COLORAZIONE**

# ORIGINE ENDOSIMBIONTICA



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

.... cianobatteri fotoautotrofi e non ....

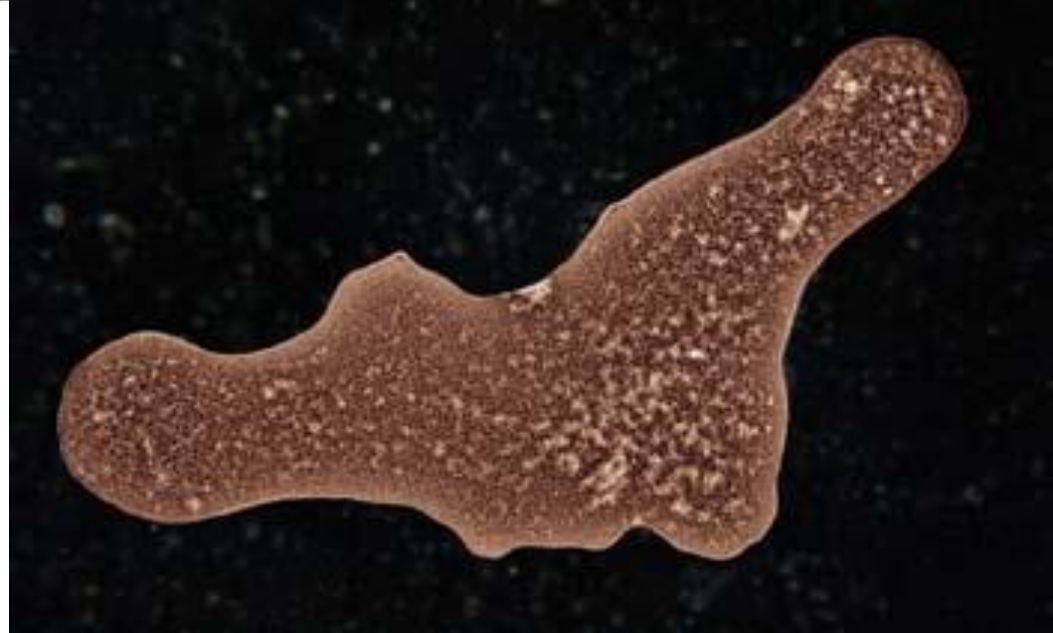


5T1003 [RM] © www.visualphotos.com

.... la primitiva ameba  
gigante *Pelomyxa  
palustris*

Priva di ditiisomi, vacuoli  
contrattili, centrioli, flagelli,  
mitocondri;

Possiede svariati batteri  
endocitobiontici obbligati, con  
f(x) analoga ai mitocondri.

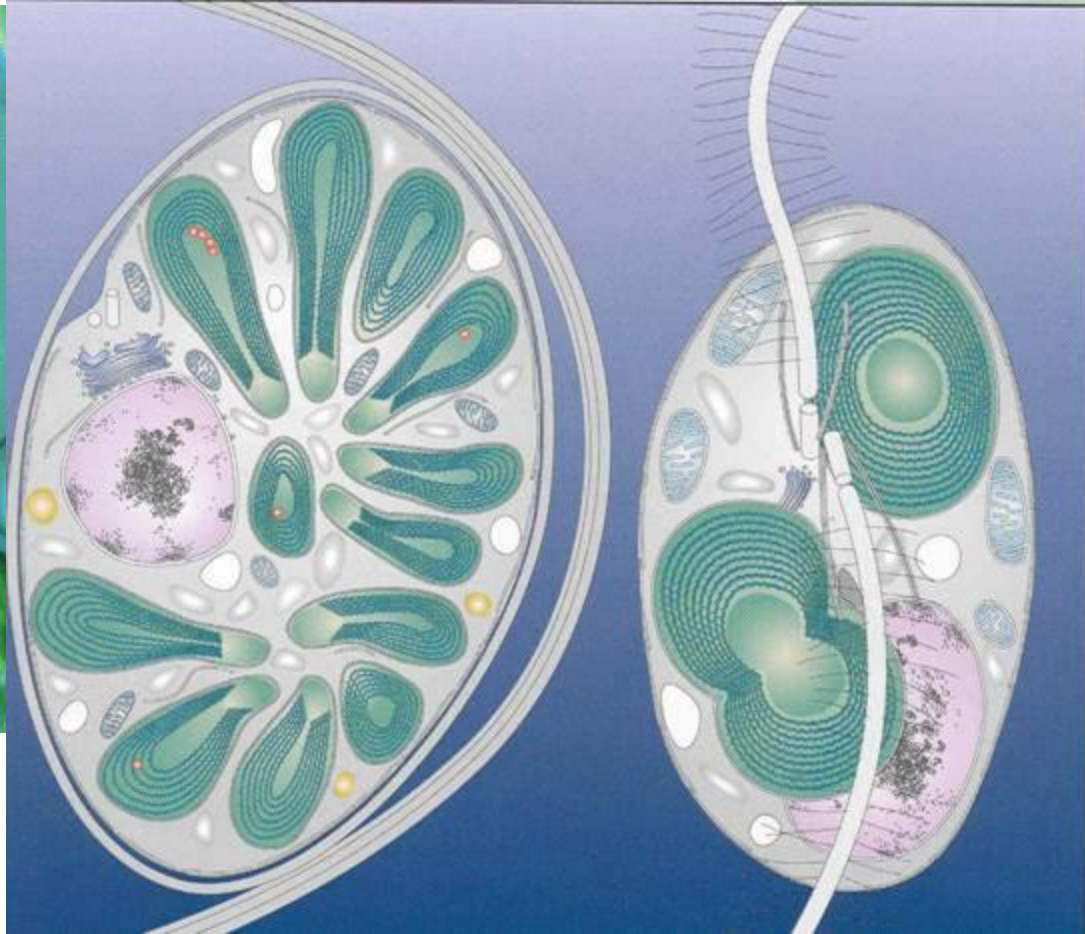


**ENDOCIANOMI, organismi unicellulari (GLAUCOPHYTA) contenenti cianobatteri endociti** indicati con il termine di **CIANELLE** , che hanno ancora una parete di peptidoglicano. (dipendenza reciproca marcata tra endocitobionte ed ospite)

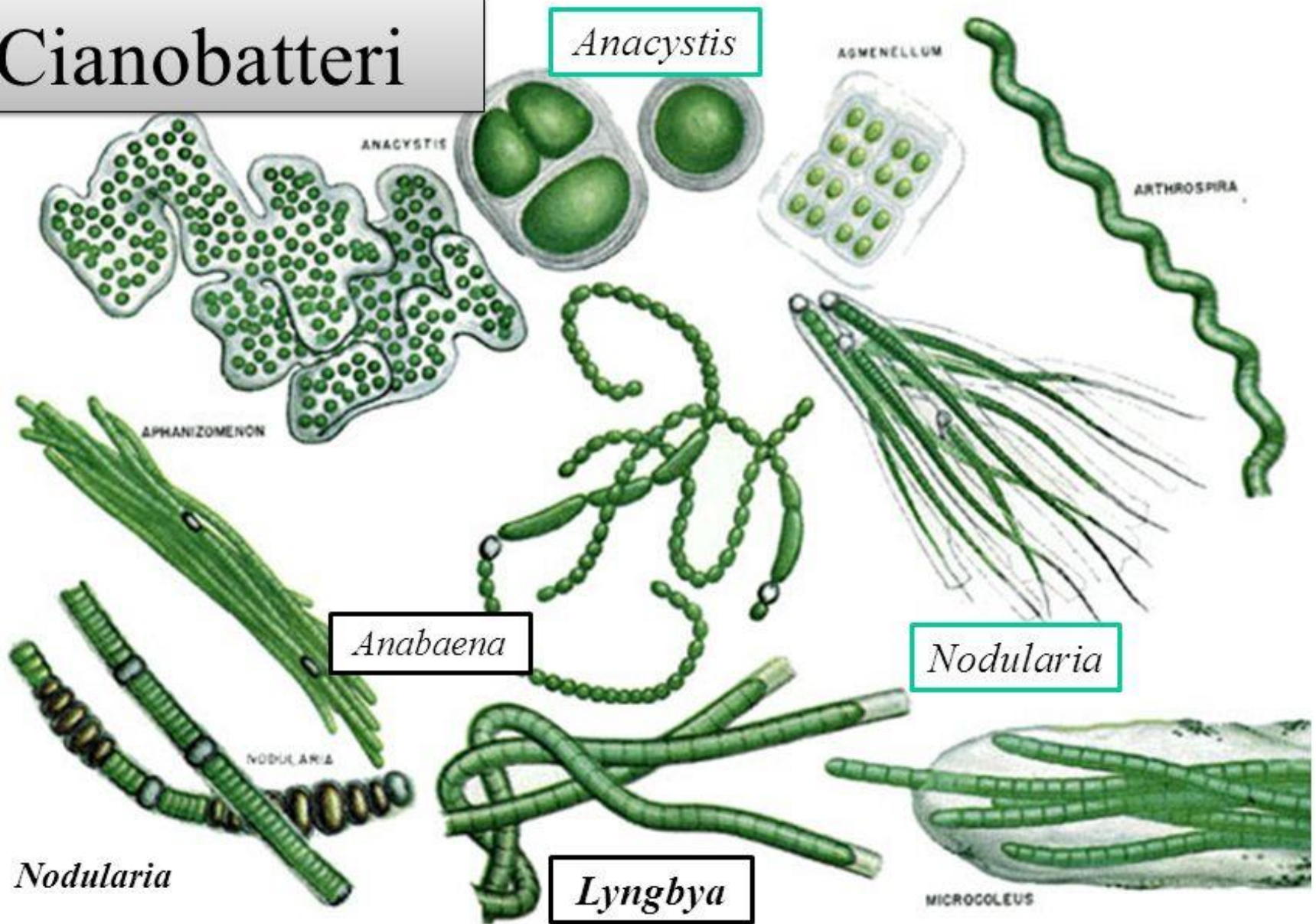
Cianella: DNA con solo 1/10 delle infos di un cianobatterio normale, la maggior parte delle proteine specifiche sono codificate sul DNA della cellula ospite.



*Glaucocystis nostochinearum*

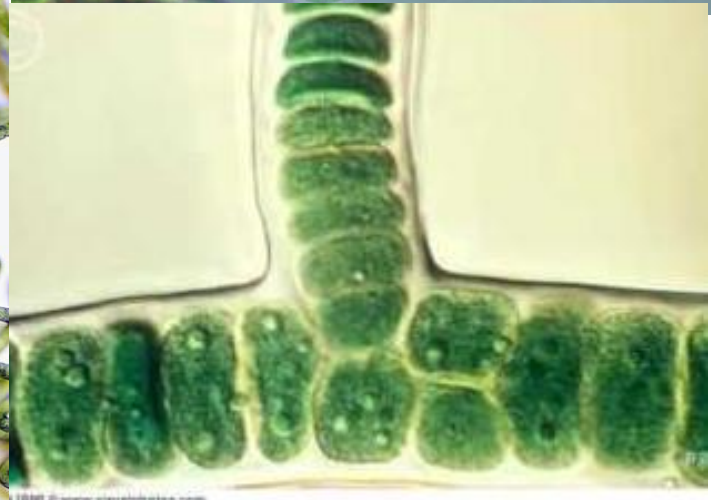
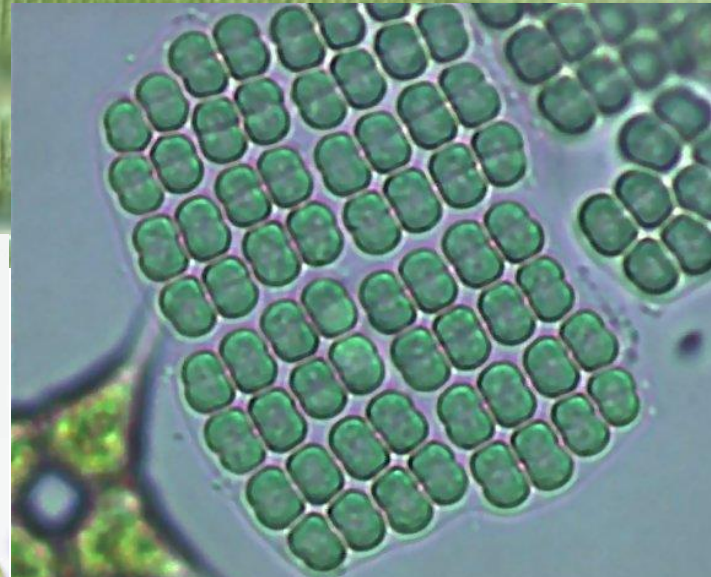
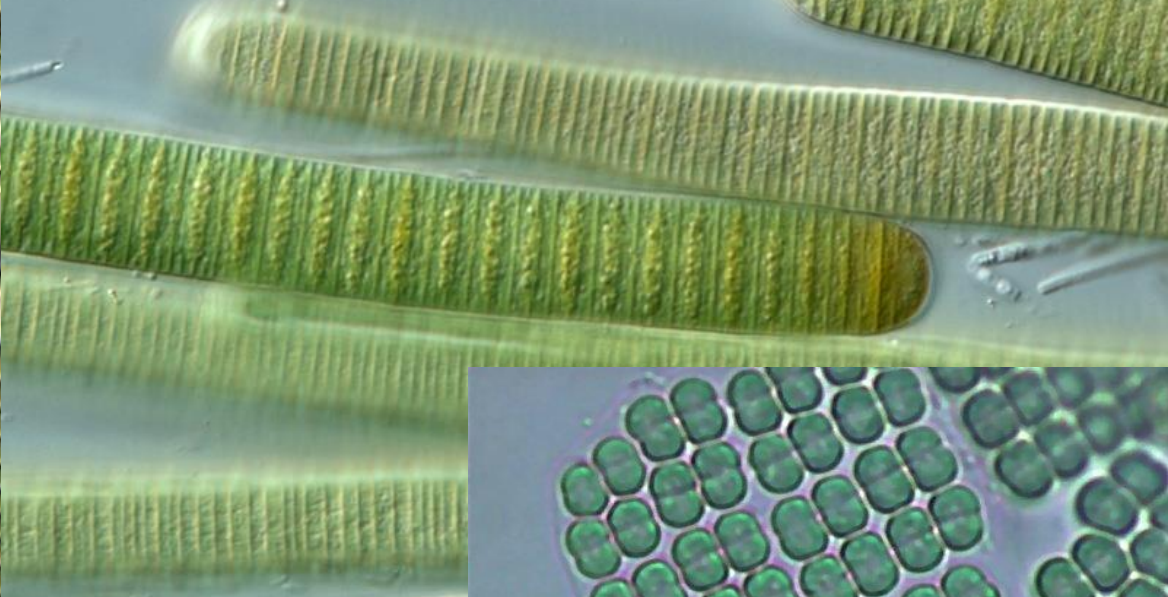
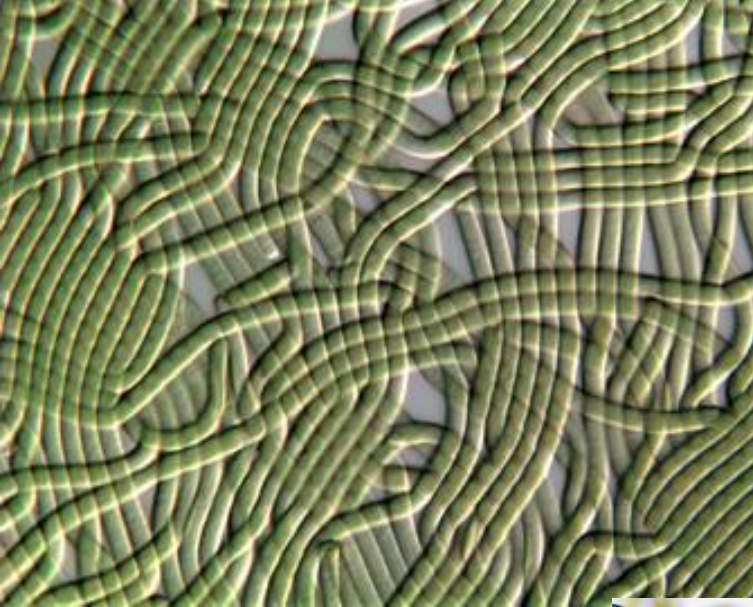


# Cianobatteri



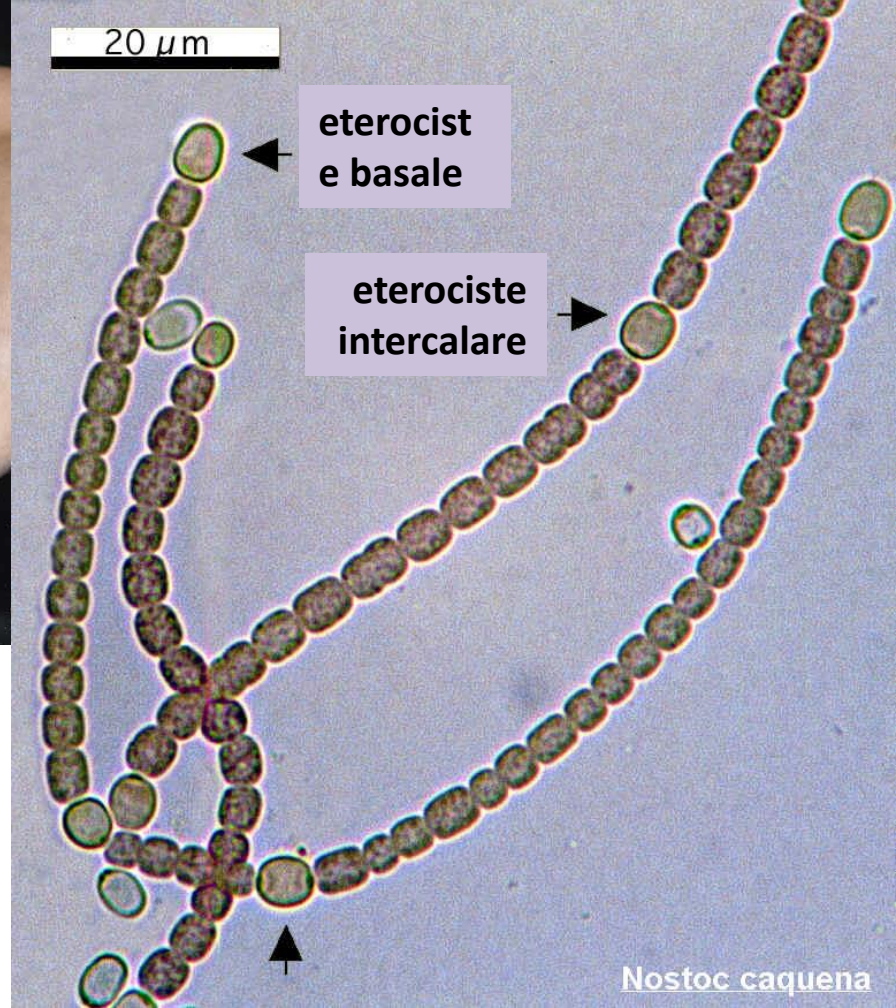
- Fotosintesi ossigenica
- Riduzione dell'azoto ( $N_2 \rightarrow NH_3$ )





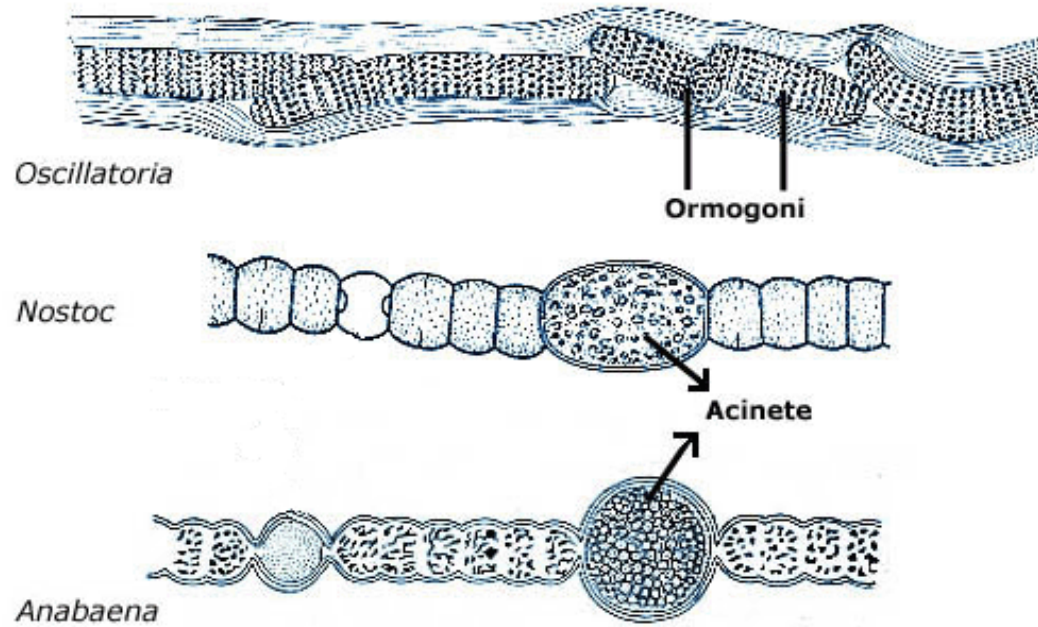
# *Nostoc* sp.

free living &  
symbiotic



**Eterocisti:** cellula differenziata che non si divide pù, fissazione N con **nitrogenasi** ( $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_4^+ \rightarrow -\text{NH}_2$ ), protoplasto incolore,

**Ormogoni:** segmenti di tricoma che si separano dalla colonia madre



eterociste

acineti

**Acineti:** cellule con parete inspessita, resistenti, rimangono quiescenti.

- Organismi unicellulari procarioti
- Non contengono organelli cellulari.
- Non ci sono specie flagellate.
- Solitari o riuniti in colonie di varia forma.
- **Tricòma:** forma coloniale filamentosa più caratteristica
- Comprendono c. 150 generi con oltre 2000 specie, distribuite su tutto il globo in habitats diversi:

### AMBIENTI:

MARE (specie planctoniche & bentoniche)

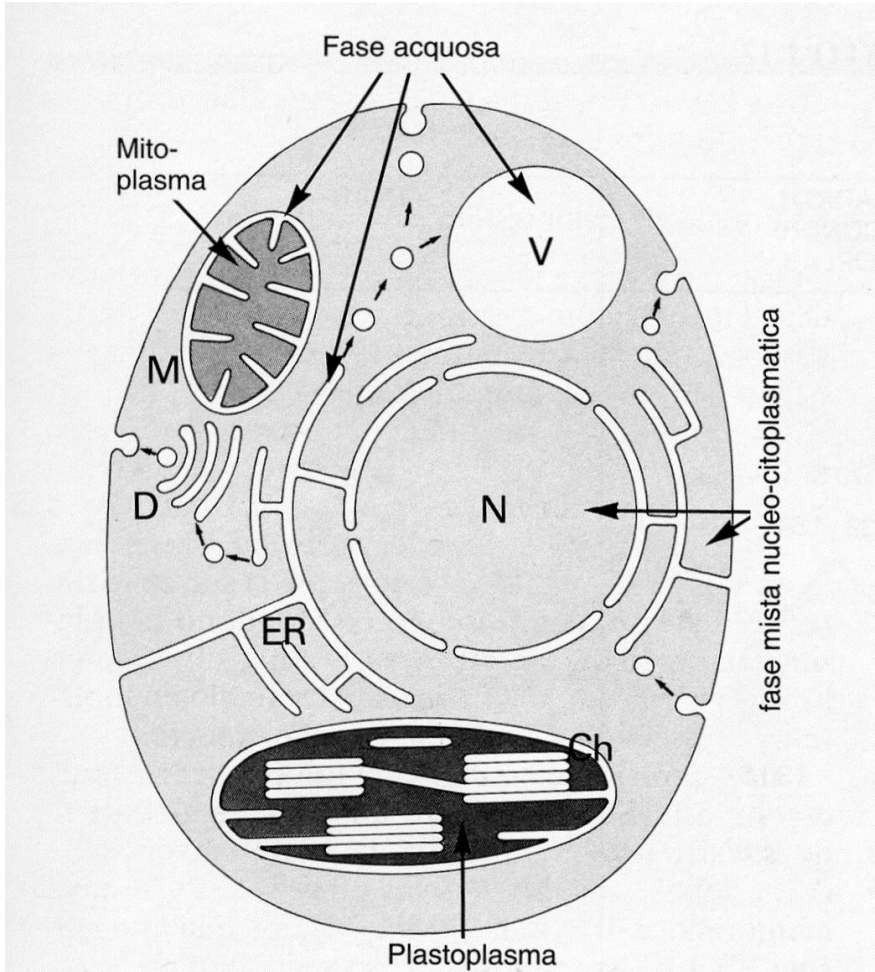
ACQUE DOLCI (c.s.)

SUOLO (nei primi strati del terreno, sino a qualche centimetro di profondità)

ROCCE (specie endolitiche)

SORGENTI TERMALI (le acque termali più ricche di ciano-batteri sono quelle alcaline, pH = 9)

# Cellula eucariotica



Schema di compartimentazione nella cellula eucariotica secondo E. SCHNEPF con fasi acquose e tre fasi plasmatiche: fase mista nucleo-citoplasmatica, mitoplasma (= «matrice» dei mitocondri) e plastoplasma (= «stroma» dei cloroplasti).  
 Ch, cloroplasto; D, dittiosoma; ER, reticolo endoplasmatico; M, mitocondrio; N, nucleo; V, vacuolo.

# Cellula procariotica

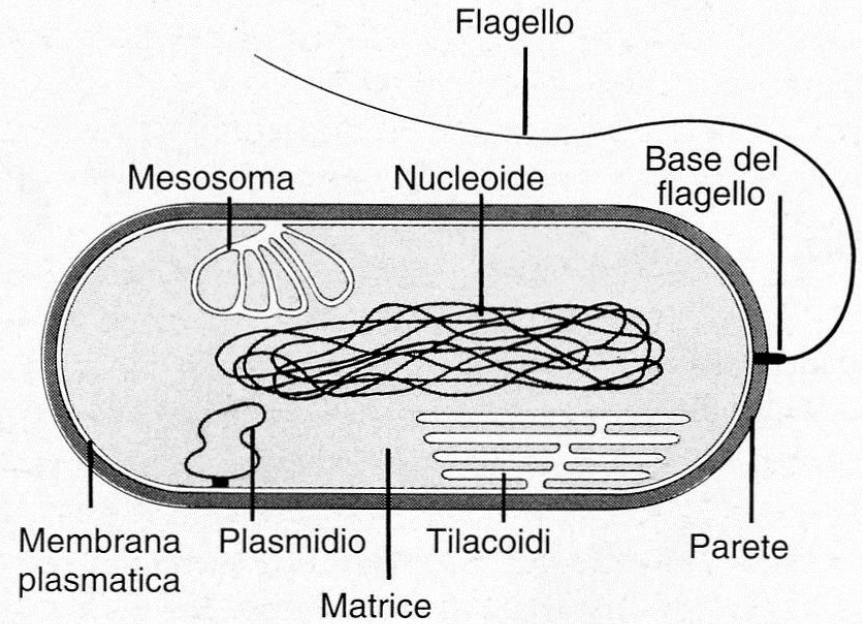
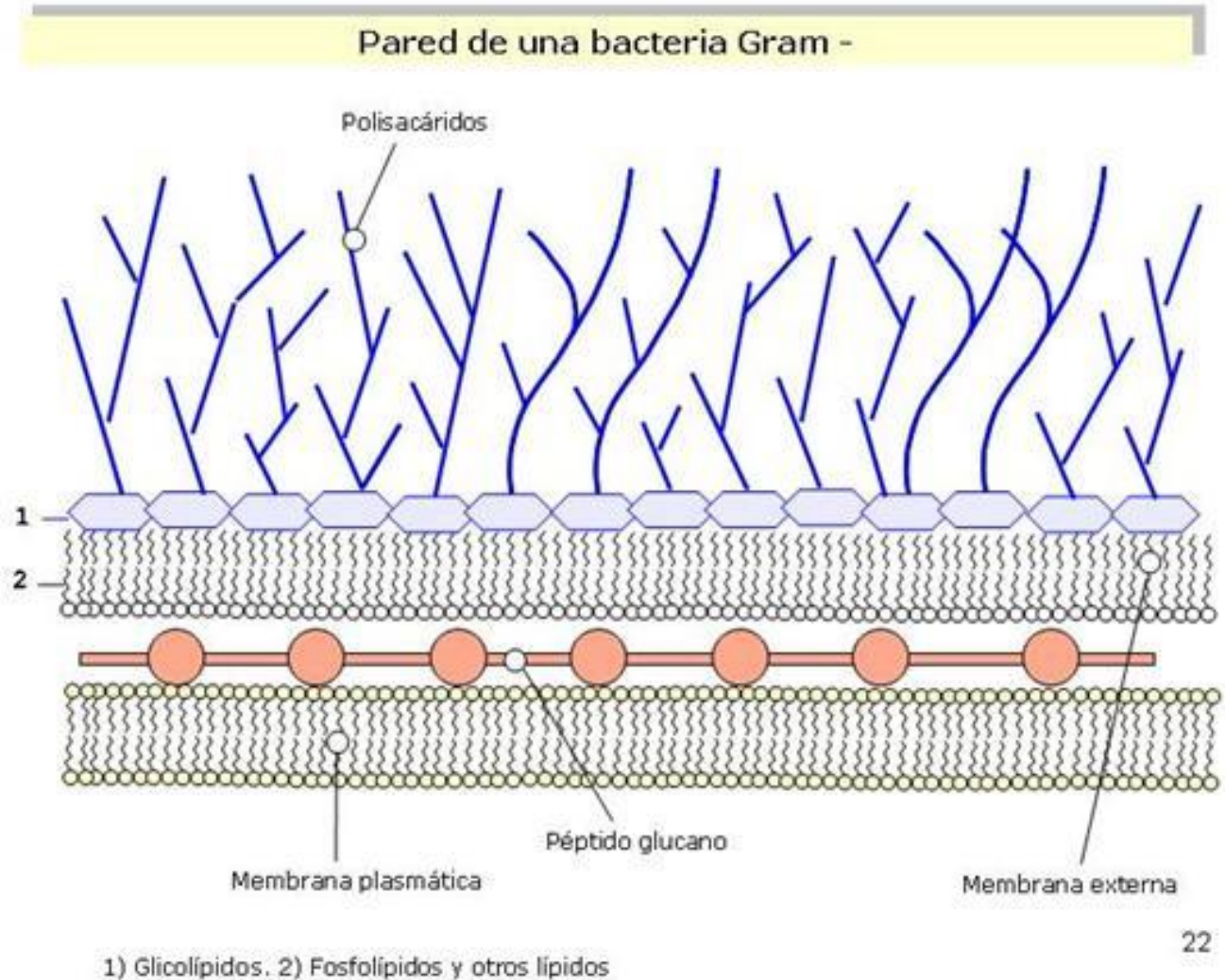


Figura 1.5 Schema di una cellula batterica.

**ATTENZIONE!** I due schemi non sono in scala!

Parete cellulare :  
colorazione Gram+  
vs. Gram-  
(cianobatteri)  
Colore cellule: nero,  
blu-verde, rosso  
violaceo  
↔proporzioni trai  
vari pigmenti  
fotosintetici ed  
pigmenti protettivi  
depositati a livello  
della guaina  
gelatinosa esterna.

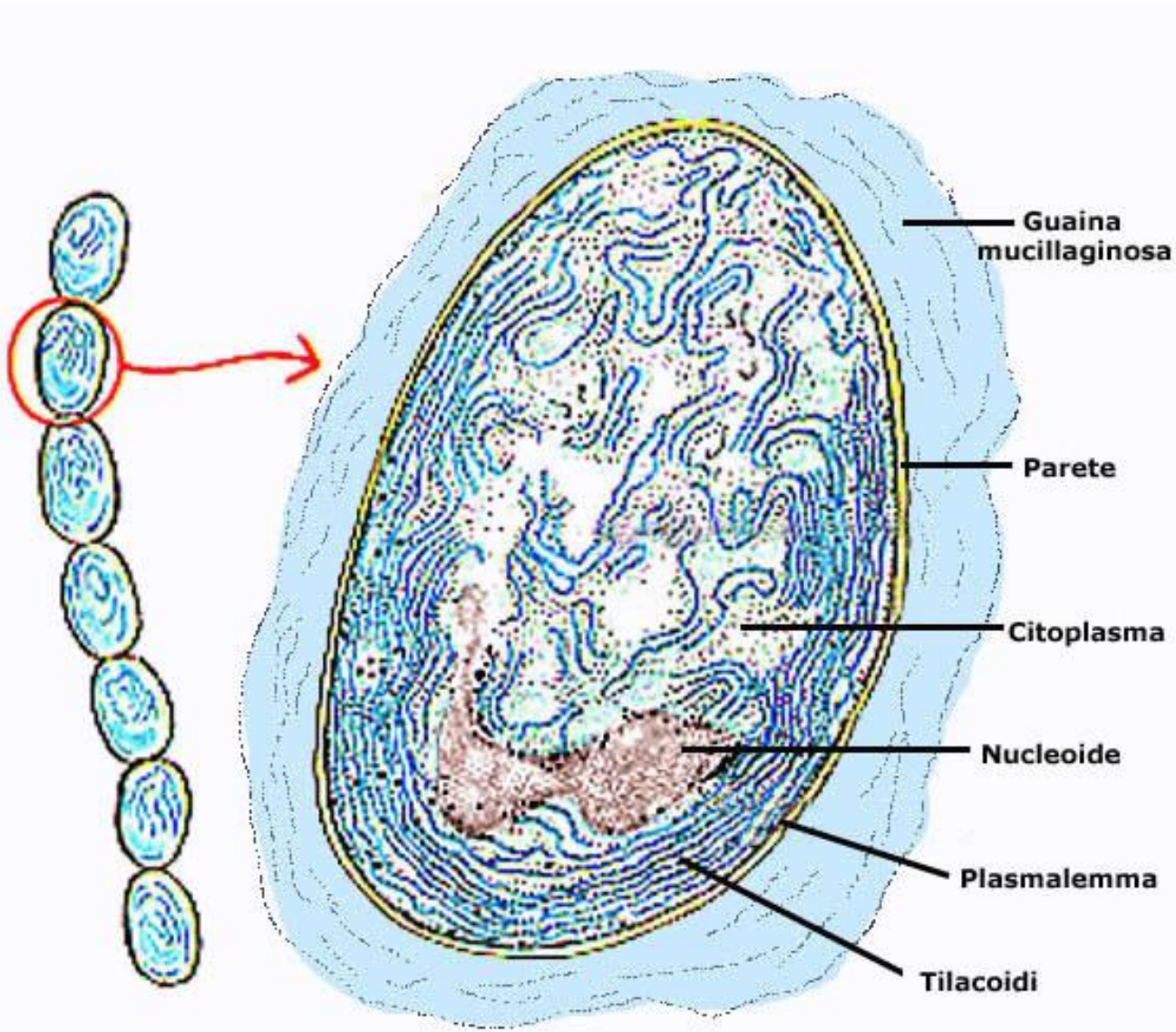


I processi ossidativi avvengono a livello del plasmalemma o sulle membrane dei tilacoidi.

1

! 3 particolarità :

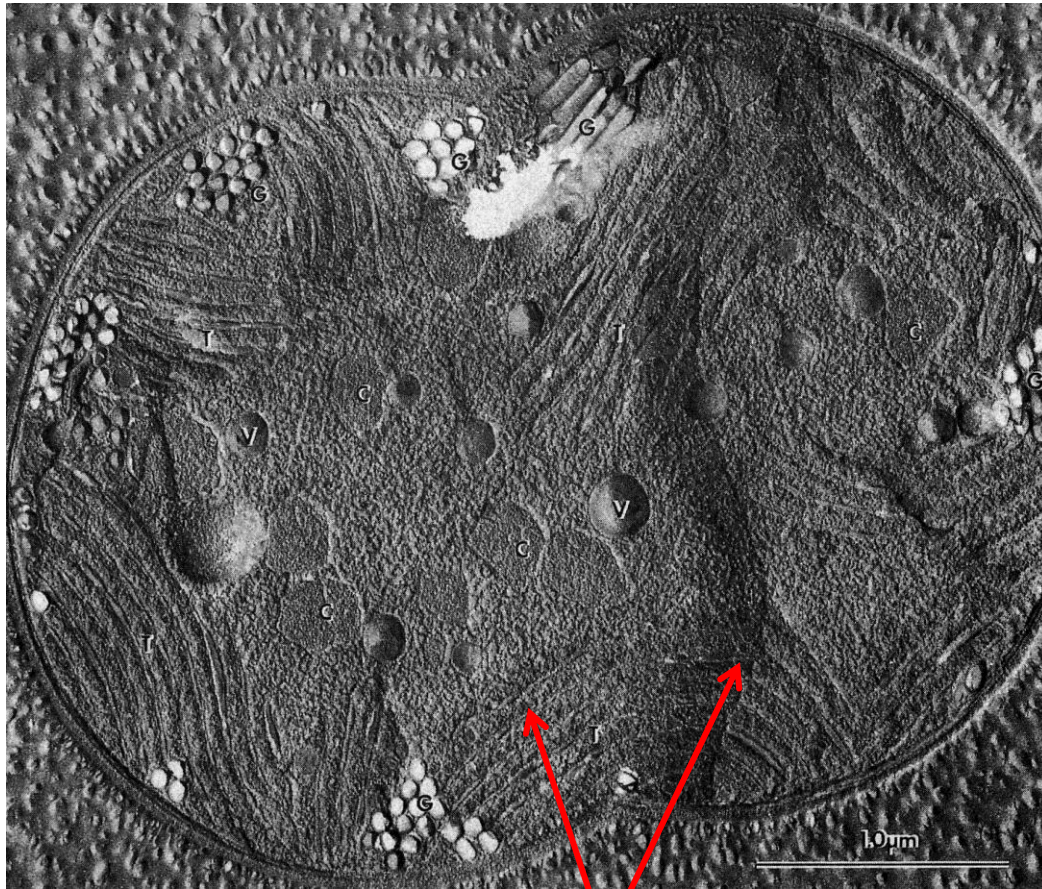
➤ Membrane tilacoidali in zona periferica (NON in grana!)



**Cromatoplasma:**  
struttura lamellare di  
tilacoidi singoli  
concentrici e paralleli  
senza  
interconnesioni.

**Lamellosomi o  
mesosomi:**  
protrusioni dei  
tilacoidi specializzate  
nella funzione  
respiratoria.

Struttura di una cellula di cianobatterio

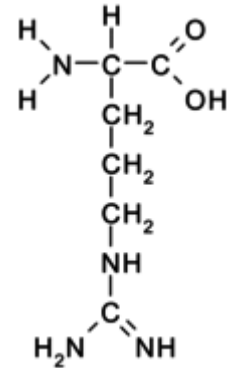
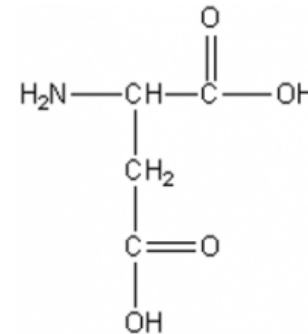


I cianobatteri planctonici sono dotati di **vacuoli gassosi**, delimitati da un rivestimento proteico → f(x): galleggiamento, posizione ottimale per la luce, schermo di elevate radiazioni UV

## ➤ Inclusioni cellulari:

**Poliglucano** (omopolimero di D-glucosio)

**Cianoficina**, un oligopeptide formato da 2 aa, arginina e acido aspartico



**Volutina** = polifosfati

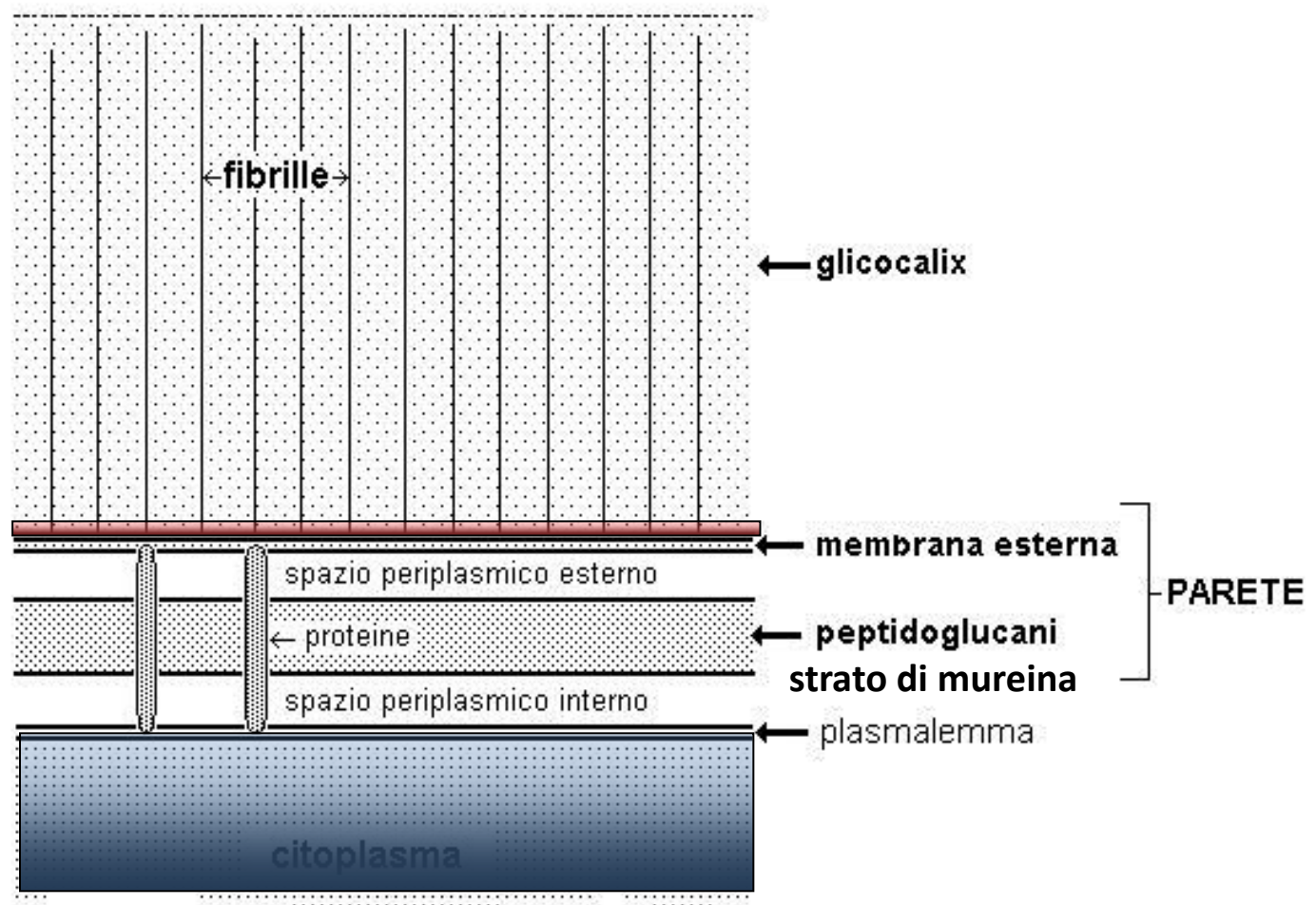
**Corpi poledrici:** con RUBISCO, stessa f(x) del pirenoide

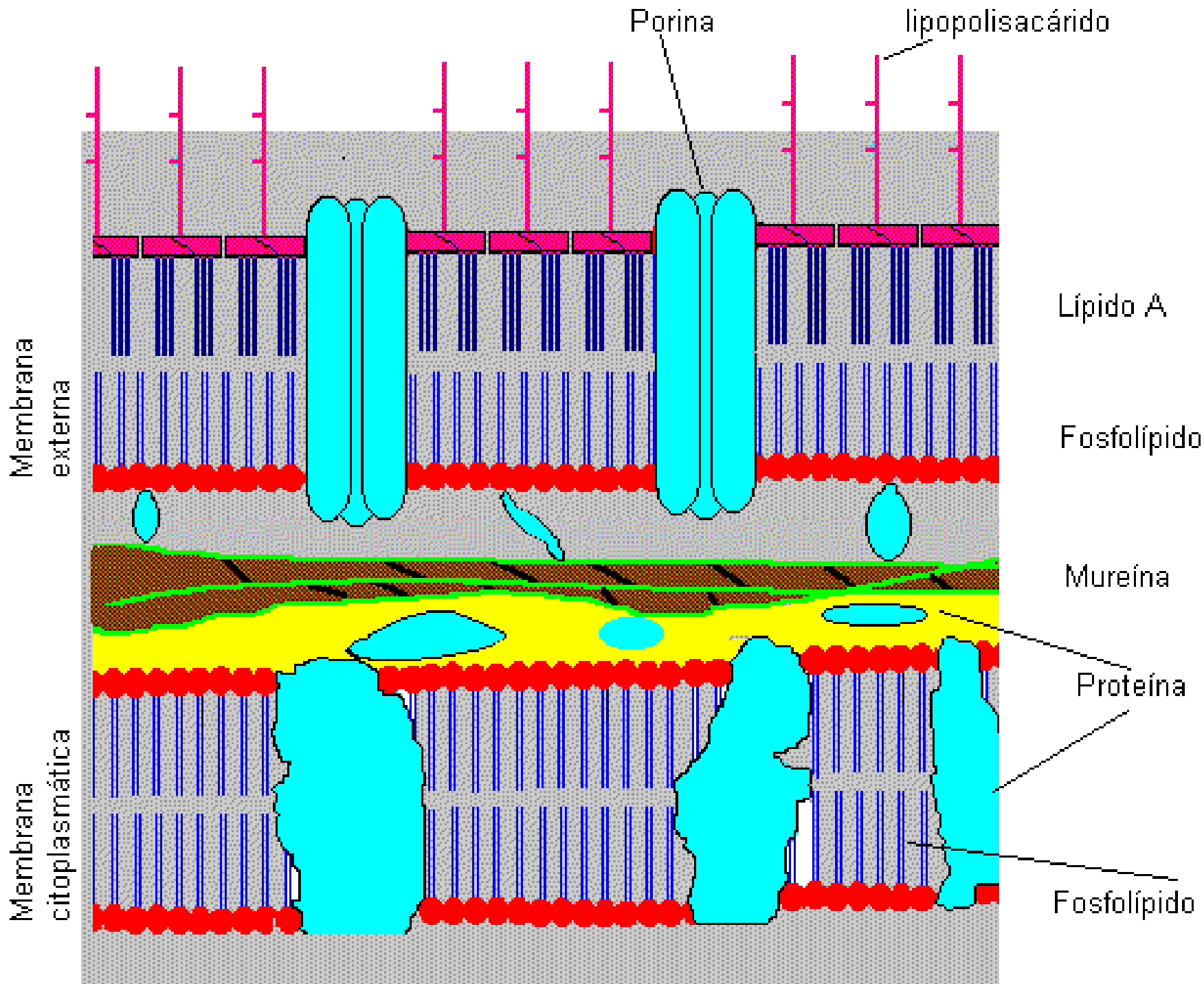


➤ **Strutture di protezione esterna:**

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

proteine strutturali & trasporto

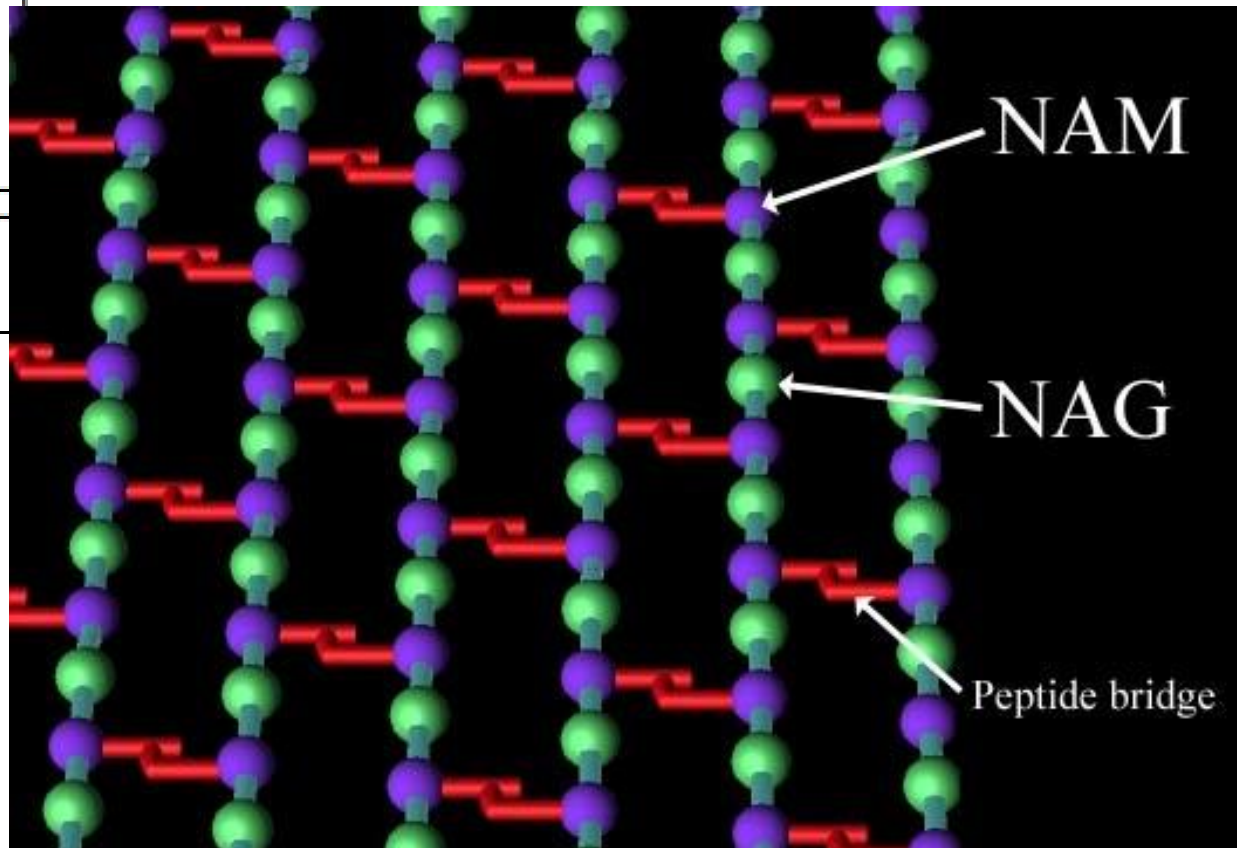
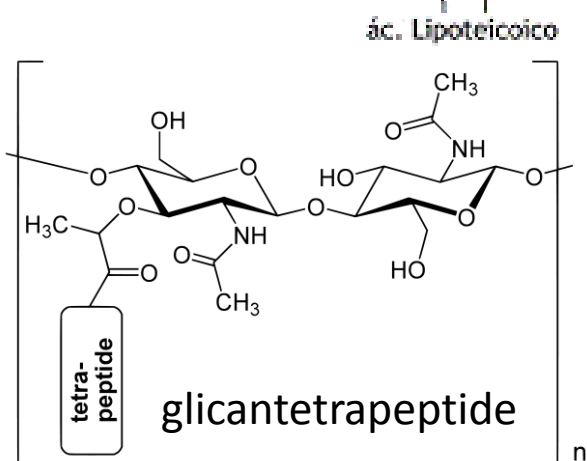
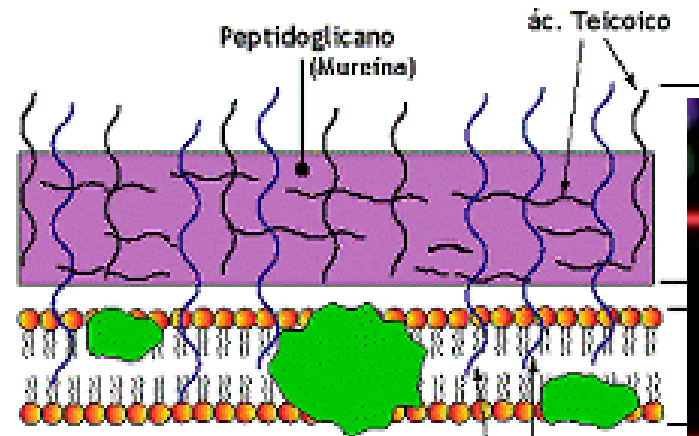


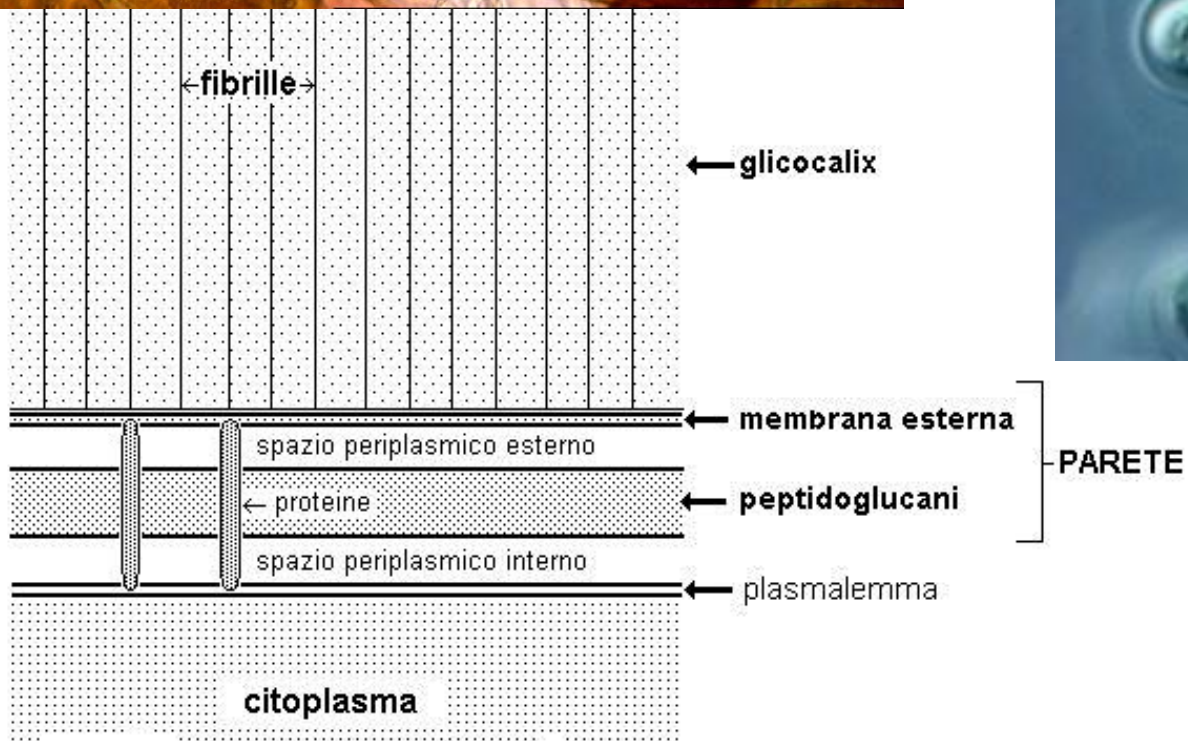
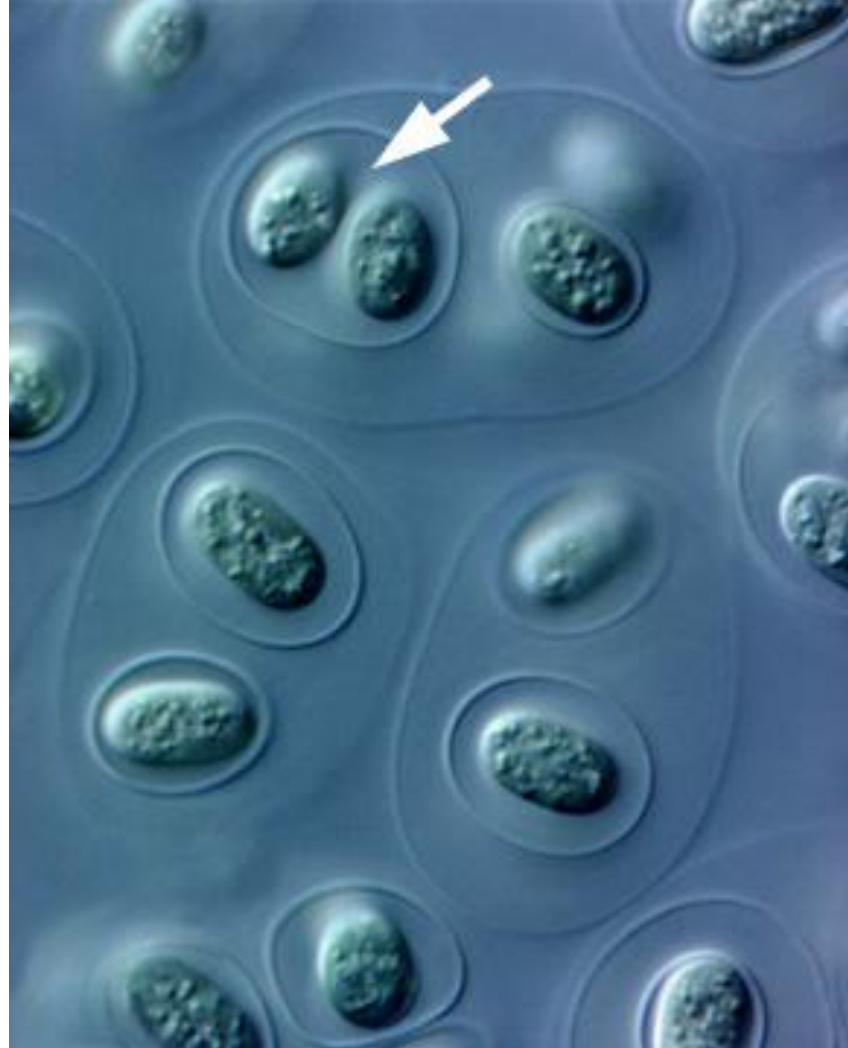


Strato polimerico di **mureina = peptidoglicano = glicopeptide:**

- **acido N-acetil-muramico (NAM)** + **N-acetil-glucosammina (NAG)** + **3 aa**  
(ac. D-glutamico, D-alanina, ac. Diaminopimelico, **ASSENTI NELLE PROTEINE!!!**)

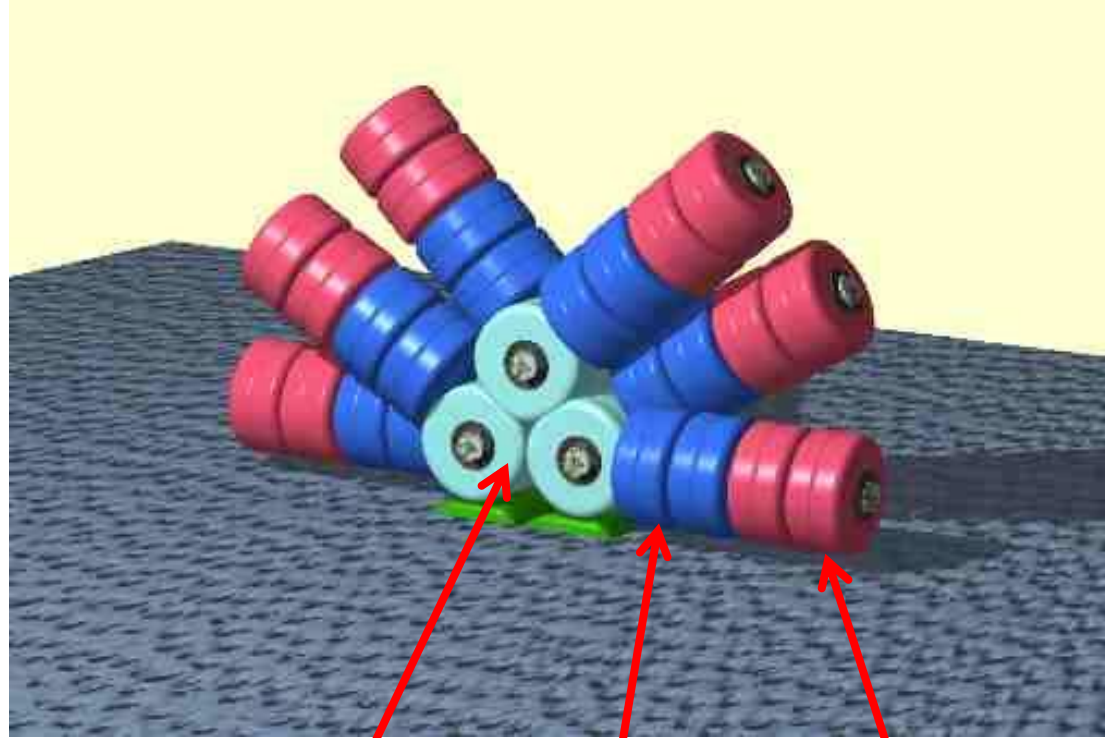
-costituito da una ripetizione di lamine monomolecolari composte di glican-tetrapeptide legate insieme da legami crociati tetrapeptidici tra amminoacidi delle unità adiacenti.





Pigmenti fotosintetici:

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



**alloficocianina**

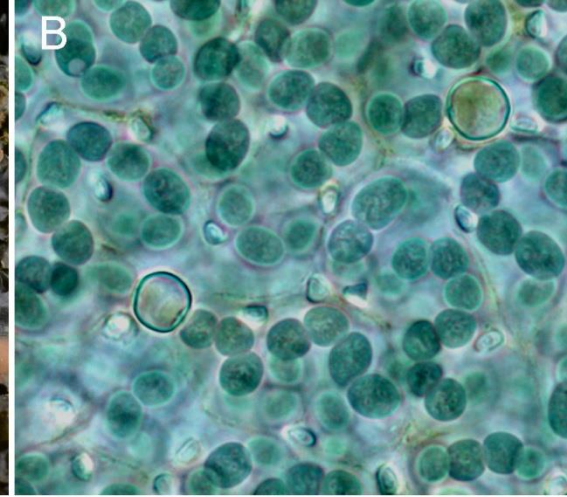
**ficocianina**

**FICOBILISOMA**

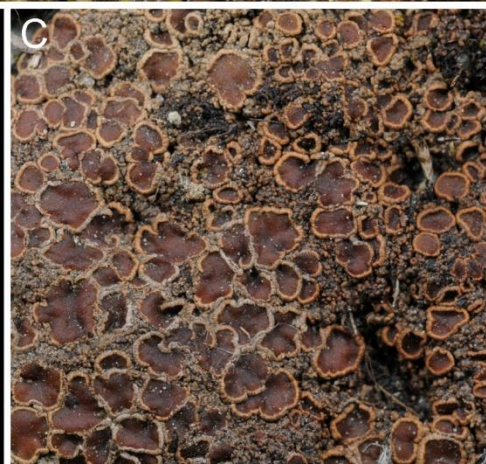
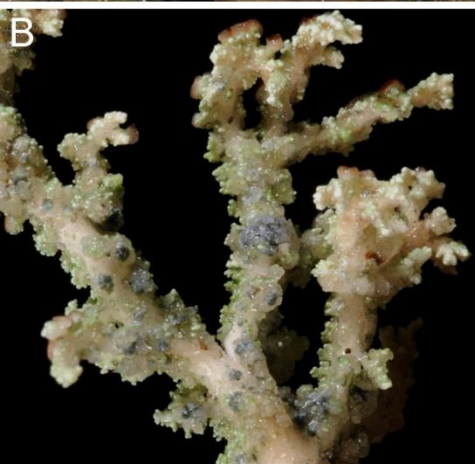
**ficoeritrina**

# Importanza evolutiva ed ecologica dei cianobatteri

- Precambriano
- **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) → assorbimento di radiazioni UV alte → schermo/protezione; protezione da stress ossidativo e deessicamento

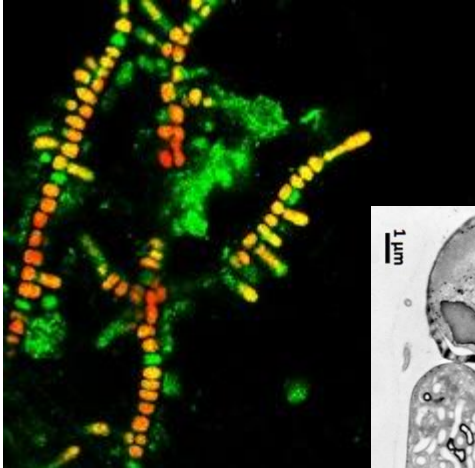


**CYANOLICHENS**

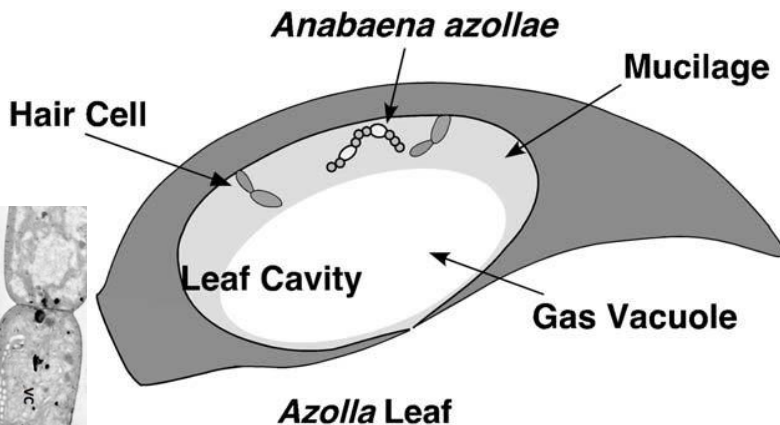


# Briofite & cianobatteri

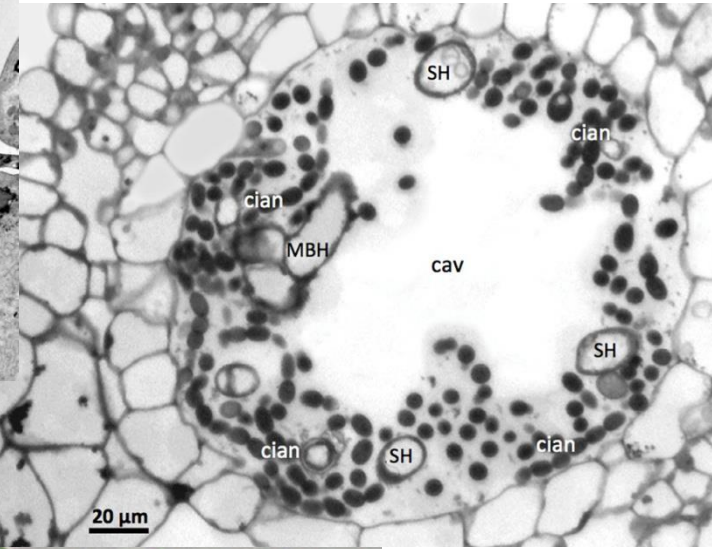
340 generi di briofite (e.g. *Blasia*, *Cavicularia*, *Anthoceros*, *Notothylas*, *Phaeoceros*) associati con cianobatteri (*Nostoc* spp.)



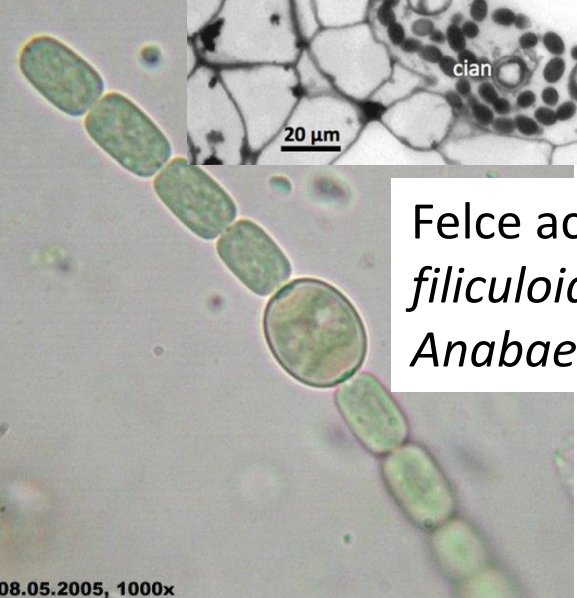
*Stigonema* on *Pleurozium* leaf



*Azolla* Leaf



# Pteridofite & cianobatteri



Felce acquatica *Azolla filiculoides* con *Anabaena azollae*



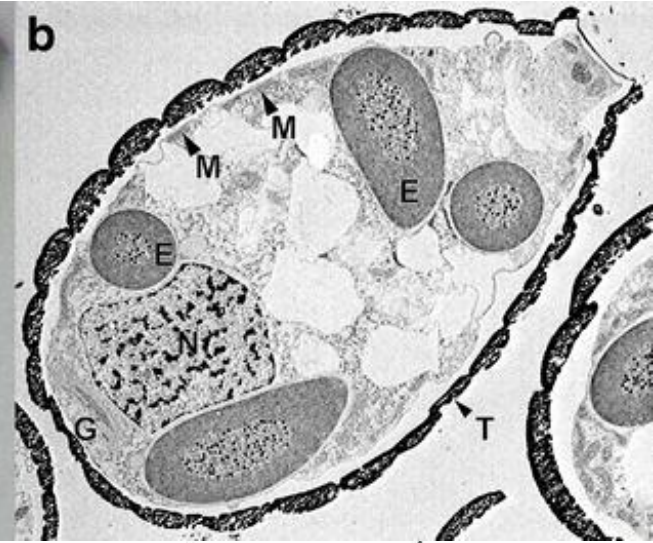
# *Gunnera* spp. (Angiosperme) & cianobatteri



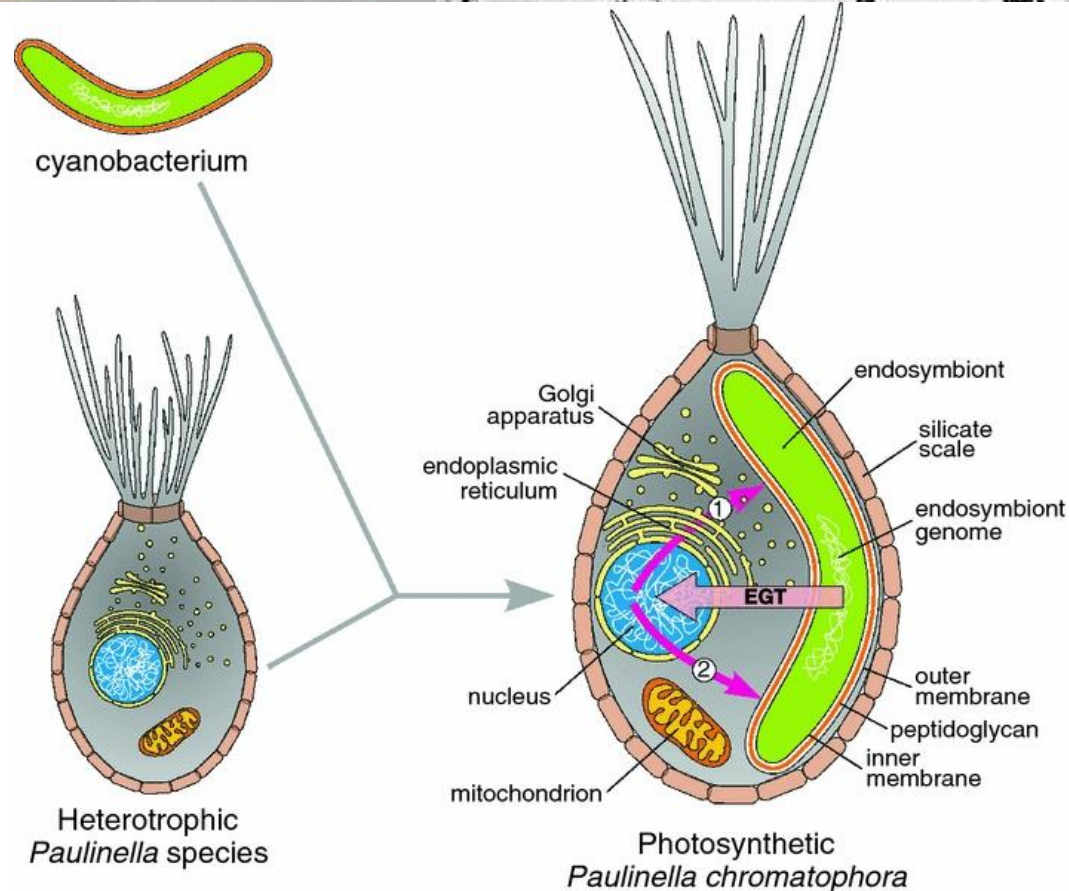
***Alnus viridis* (Angiosperme)  
& batteri (*Frankia* spp.)**



# Ameba & cianobionti (“cleptoplastidi”)

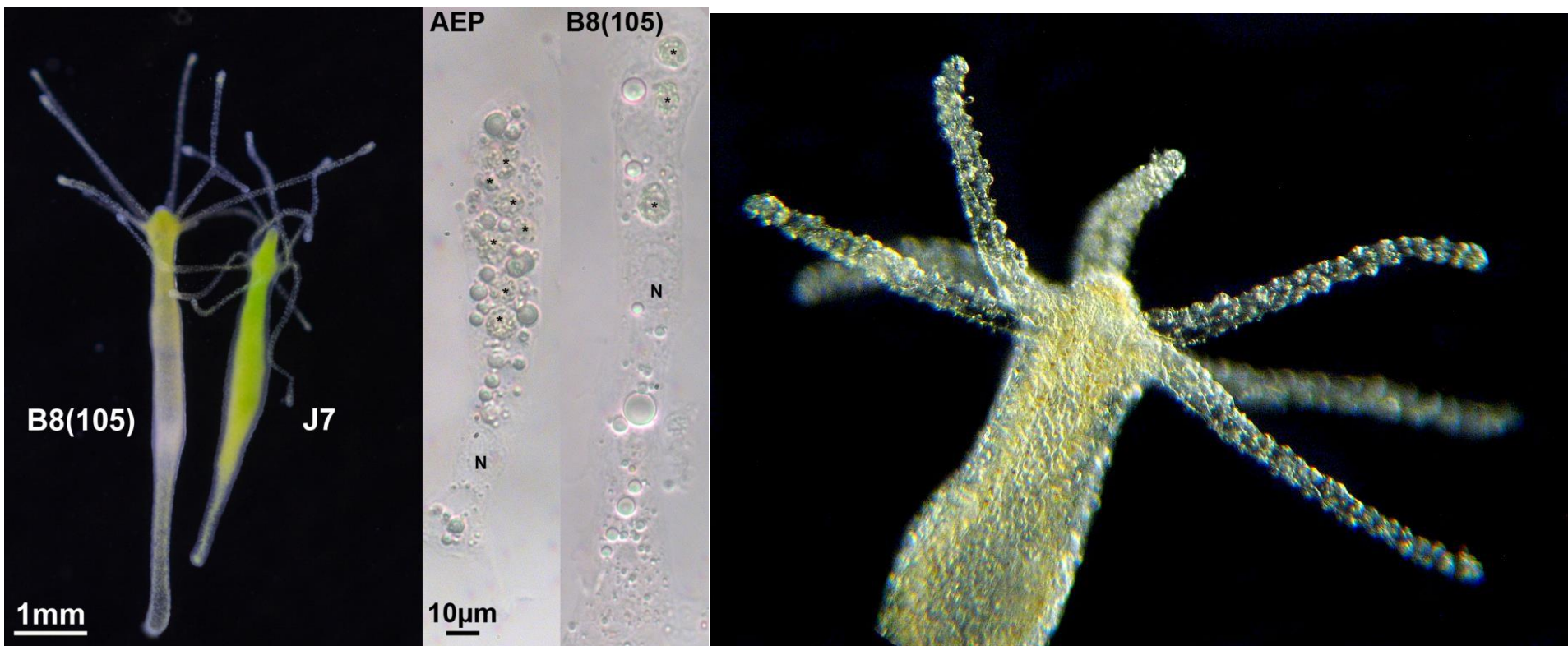


*Pauliniella chromatophora*  
 (Euglyphide, ameba tecata) &  
 cyanobacteria (very primitive  
 onces with few DNA)  
 =cleptoplastidi



**Endocitobiosi** (stabile) in cui cellule fotosintetiche variamente ridotte nella loro complessità citologica sono partner di organismi animali uni- e pluricellulari → fenomeno ecologicamente significativo.

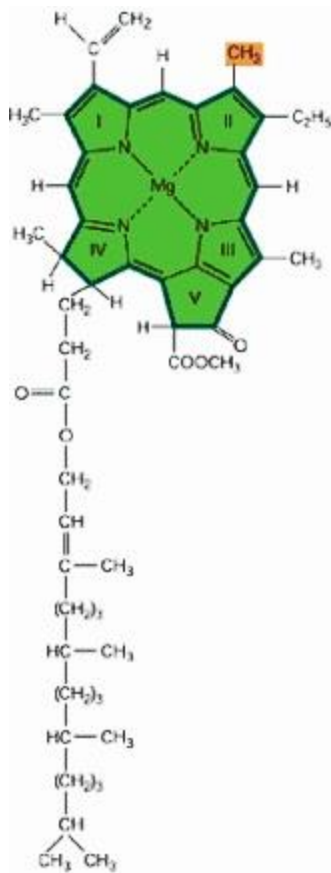
Madrepore, amebe, diversi ciliati, alcuni funghi, i polipi d'acqua dolce (*Hydra*) spesso contengono all'interno delle loro alghe che possono venire digerite, ma che forniscono abitualmente sostanze utili.



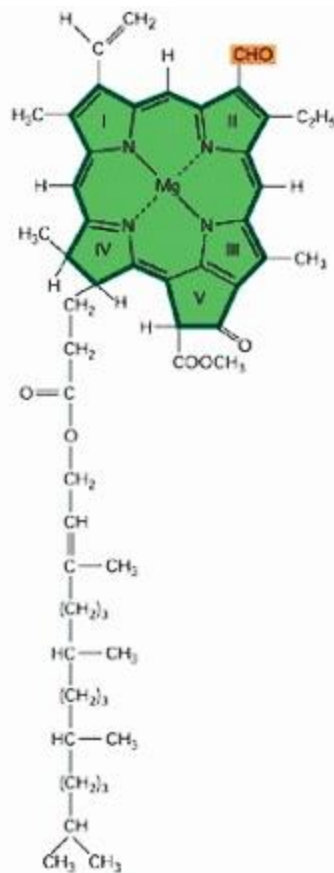


**Coralli con Zooxanthelle (simbionti fotoautotrofi!)**

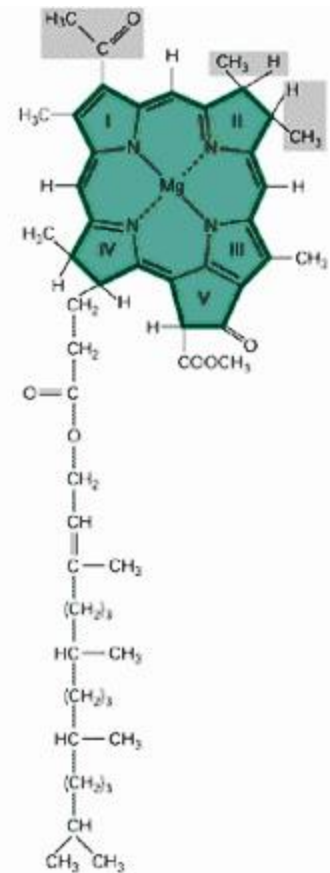




Chlorophyll a



Chlorophyll b



Bacteriochlorophyll a