

La cellula

Nel 1665, il fisico inglese Hooke, osservando con il microscopio che egli stesso aveva costruito alcune strisce di sughero, notò che esse erano costituite da piccoli oggetti a forma di scatola; egli chiamò **cellule** questi elementi (dal latino, *cellula* = ‘*piccola stanza*’). Ciò che egli vide erano, in realtà, pareti cellulari vegetali morte.

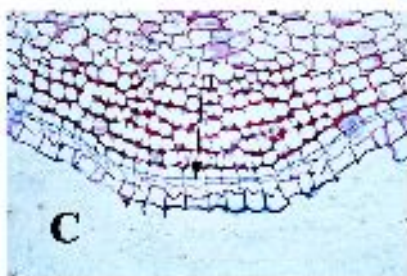
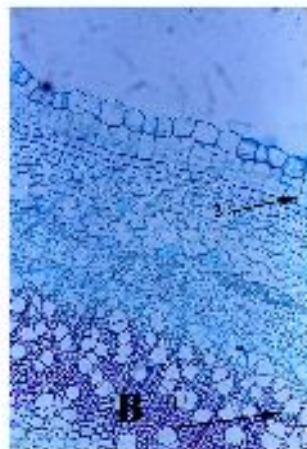
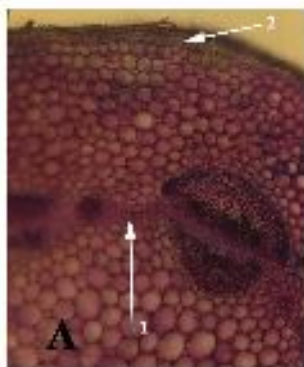


Fig. 43 - Genesi del fellojeno. A: giovane fusto di Erba medica nel quale si è differenziata il cambio interfasciale (1) e contemporaneamente, negli strati sottocorticali, il fellojeno (2); B: nel Samburo si è già formato un cerchio di legno secondario(3) quando inizia la dedifferenziazione degli strati sottocorticali(2) che danno origine al fellojeno; C: particolare del fellojeno(2) sempre nel fusto di Samburo; D: il fellojeno sta formando una lentecolla (1).



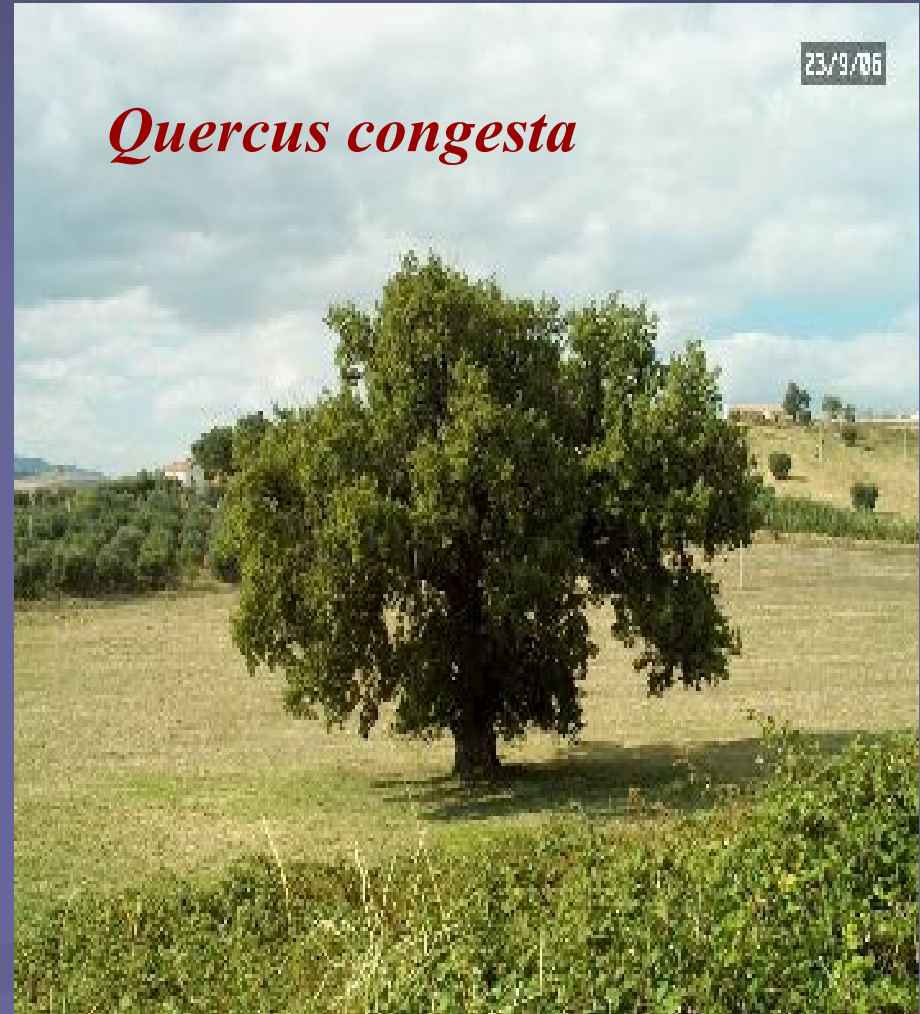
Quercus suber

- Solo 170 anni dopo, il naturalista francese Dujardin notò che all'interno delle cellule vi è un "*riempimento fluido vivo*", chiamato **citoplasma**. Egli capì inoltre che le cellule stesse erano degli esseri viventi autonomi. Erano in grado cioè di funzionare da sole come organismi *unicellulari* o di unirsi a formare esseri viventi *pluricellulari*.

Unicellulari e Pluricellulari



Bursaria sp.



Quercus congesta

- Nel 1838, i biologi tedeschi Schleiden e Schwann, in seguito a una lunga serie di osservazioni sperimentali, proposero la **teoria cellulare della vita** secondo la quale:
- **tutti gli organismi viventi sono costituiti da una o più cellule;**
- **la cellula è la più piccola unità di materia vivente in cui è organizzato un organismo vivente;**
- **tutte le cellule derivano da altre cellule** (questa terza generalizzazione è stata formulata, alcuni anni dopo, dal fisiologo Rudolf Virchow).

di diametro di pochi *micron* (millesimo di millimetro, $\mu\text{m} = 10^{-3}\text{mm}$)

la cellula è composta da tre parti fondamentali:

- **Membrana:** involucro fluido in cui è contenuta la cellula e che la separa dalle altre o dall'ambiente circostante, regolando l'ingresso e l'uscita di materiali;
- **Citoplasma:** sostanza gelatinosa, formata di acqua, sali minerali e sostanze organiche, nella quale si compie gran parte delle funzioni cellulari.
- **Nucleo:** struttura nella quale si trovano i cromosomi formati da DNA caratteristici di ogni singola cellula e nei quali sono immagazzinate tutte le informazioni necessarie per la regolazione delle attività cellulari e per la determinazione della struttura delle proteine

Procarioti ed Eucarioti

- Non tutte le cellule però posseggono tutti e tre gli elementi sopra descritti. In particolare,
- le cellule procariote sono fornite di membrana e citoplasma ma sono sprovviste di nucleo, mentre
- le cellule eucariote presentano tutte e tre le parti fondamentali.

Gli organismi *unicellulari* con le cellule *procariote* vengono detti **Procarioti**, mentre gli organismi *unicellulari* o *pluricellulari* con le cellule *eucariote* vengono detti **Eucarioti**.

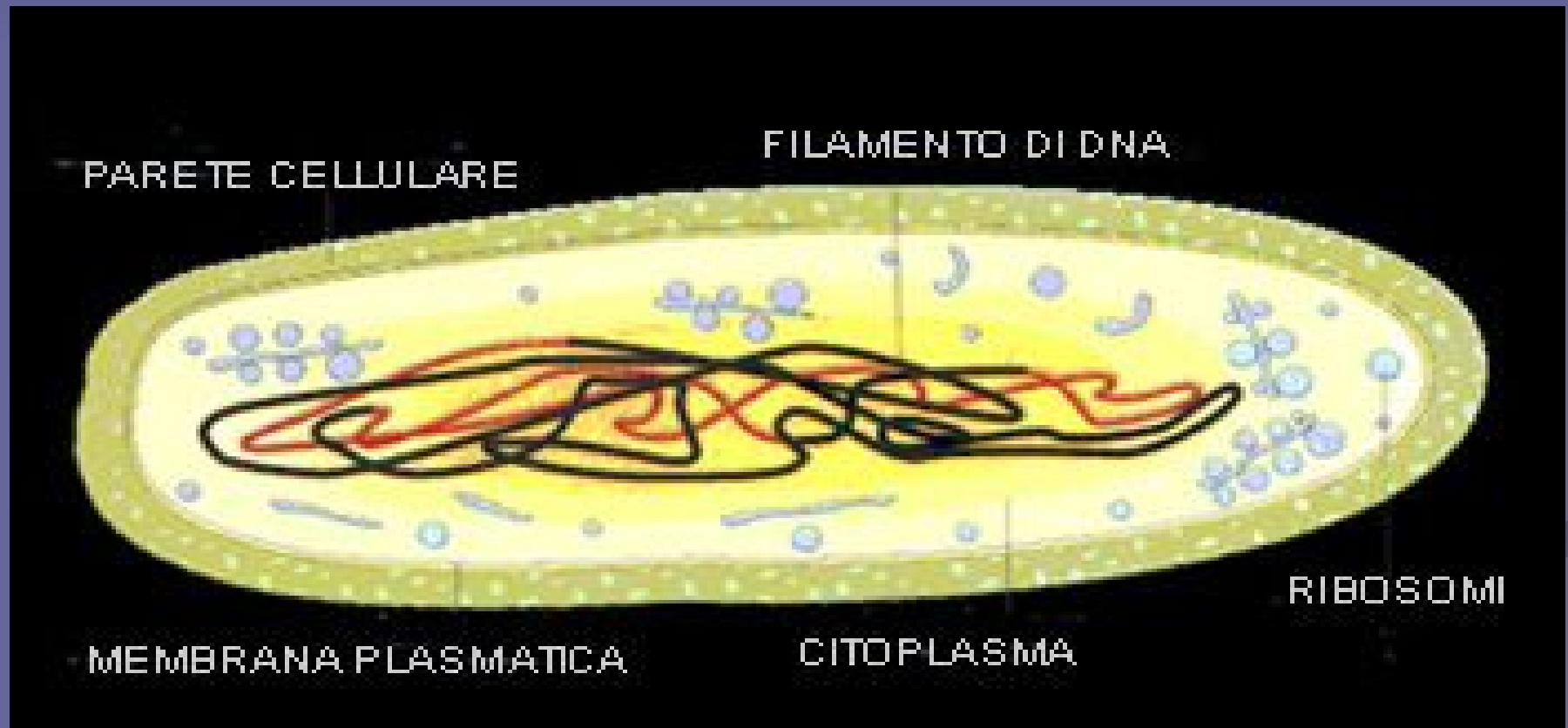
Procarioti

(dal greco: "*prima del nucleo*")

Caratteristiche:

- ✓ relativamente piccole (**diametro compreso fra 1 e 5 μm**)
- ✓ **assenza di nucleo** e DNA nel citoplasma senza essere delimitato da alcuna membrana
- ✓ **assenza di organuli cellulari**, ad eccezione dei ribosomi, preposti alla sintesi delle proteine
- ✓ **funzioni cellulari effettuate da complessi enzimatici** analoghi a quelli delle cellule eucarioti

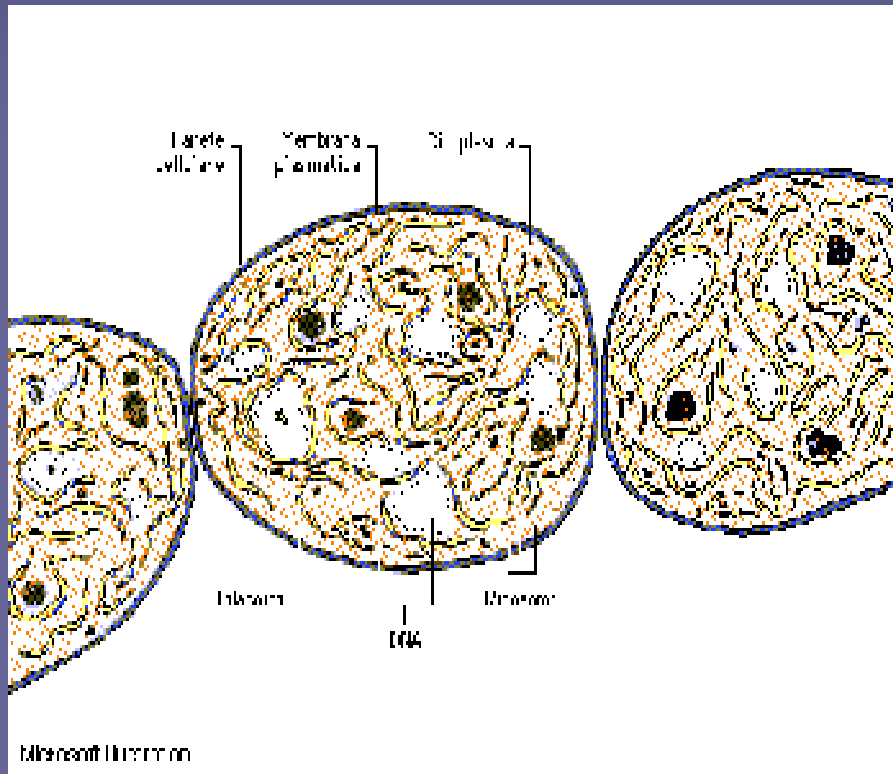
Procarioti attuali: batteri (Schizophyta)
autotrofi (chemio-fotosintetici)
eterotrofi (saprofiti e parassiti)



Procarioti attuali:

alghe azzurre (*Cyanobacteria*)

autotrofi fotosintetici



Gli organismi formati da cellule *procarioti* sono detti “procarioti”

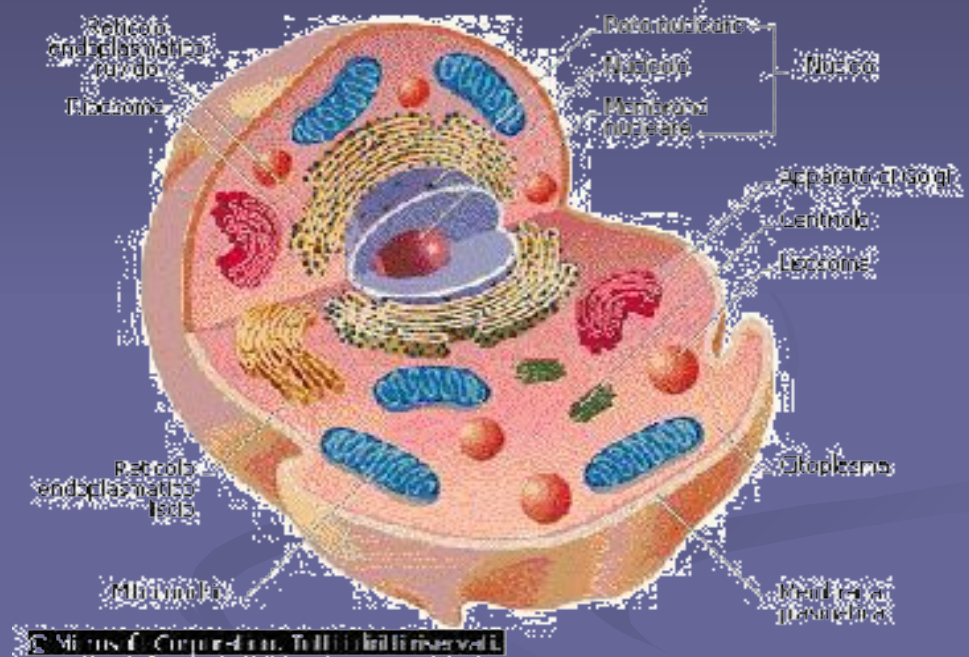
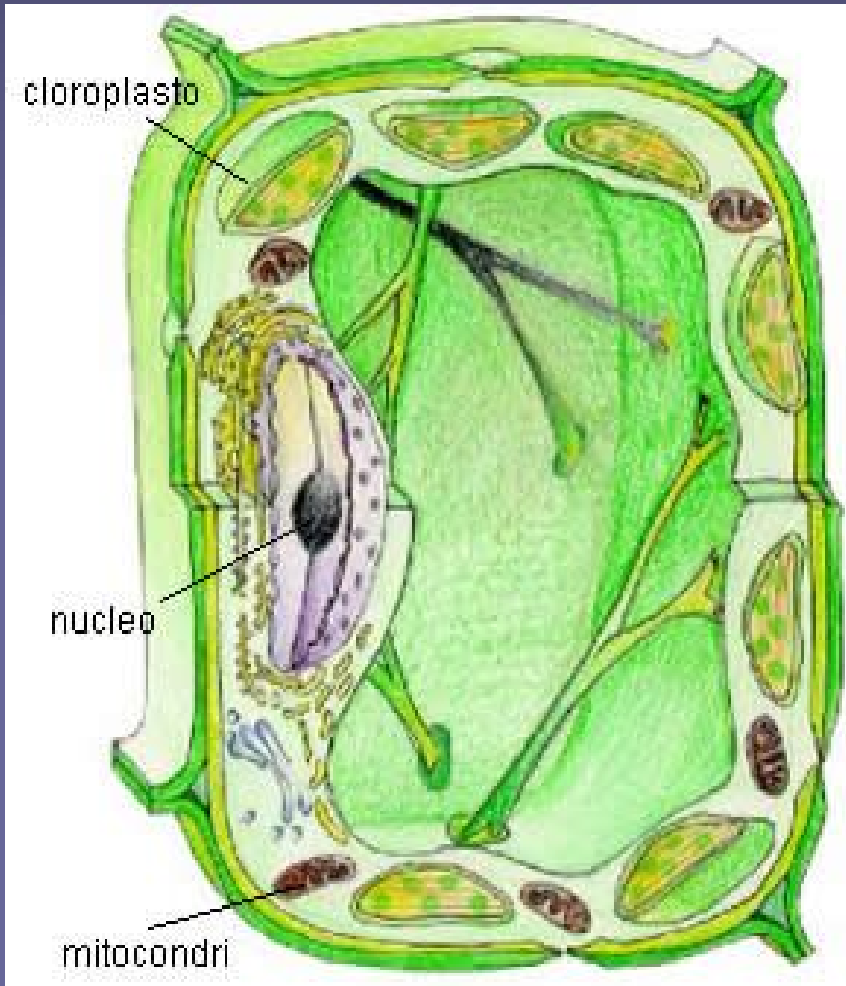
- Le cellule procarioti sono tipiche di batteri (*Schizophyta* – *Bacteria*) e delle alghe azzurre (*Cyanophyta*)



Eucarioti (dal greco "vero nucleo")

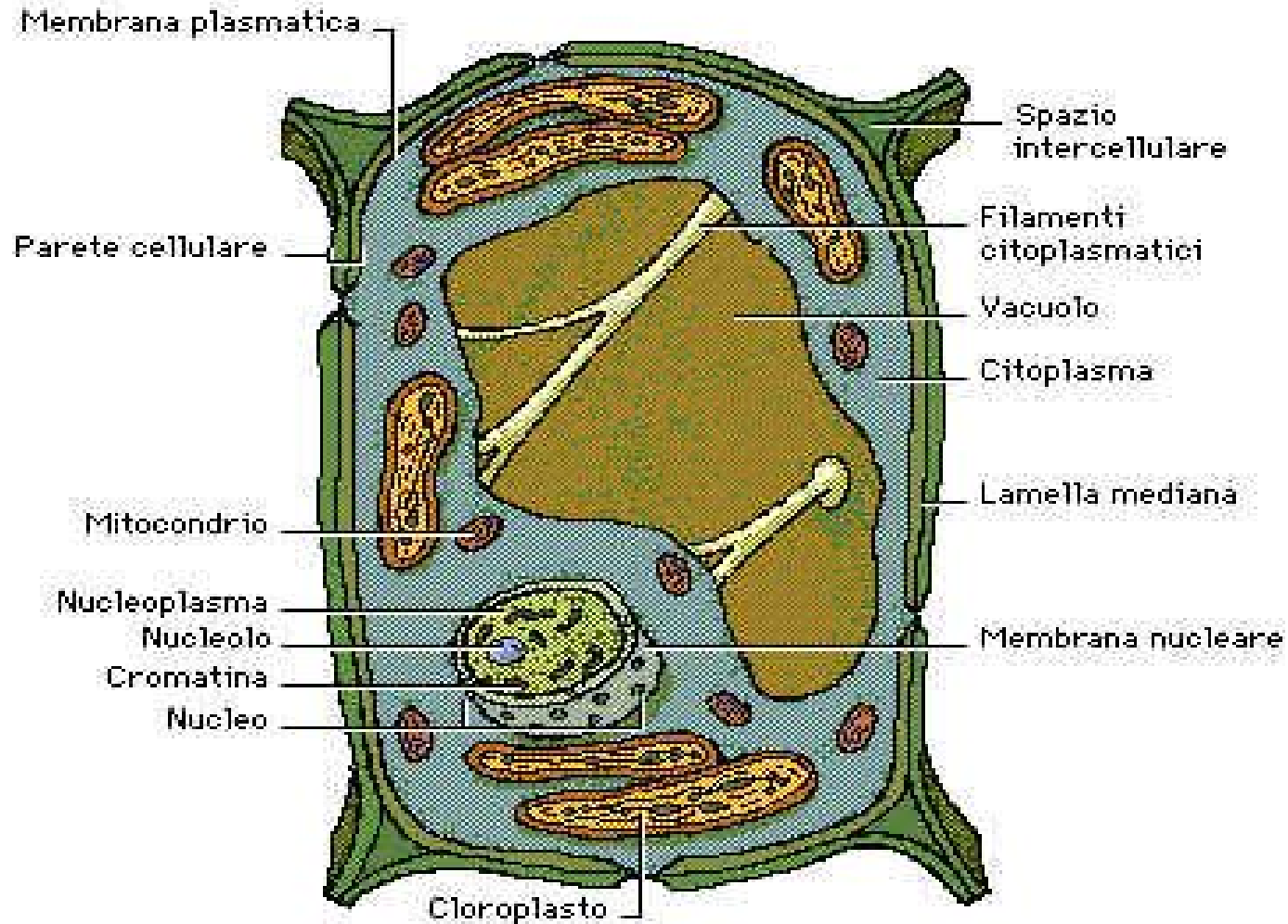
- **Dimensioni:** asse maggiore è compreso fra i 10 e i 50 μm
- **Presenza di nucleo** racchiuso da una membrana e contenente DNA (cromosomi)
- **Organuli cellulari** immersi nel citoplasma, ognuno deputato a svolgere una particolare funzione

Cellula vegetale Cellula animale



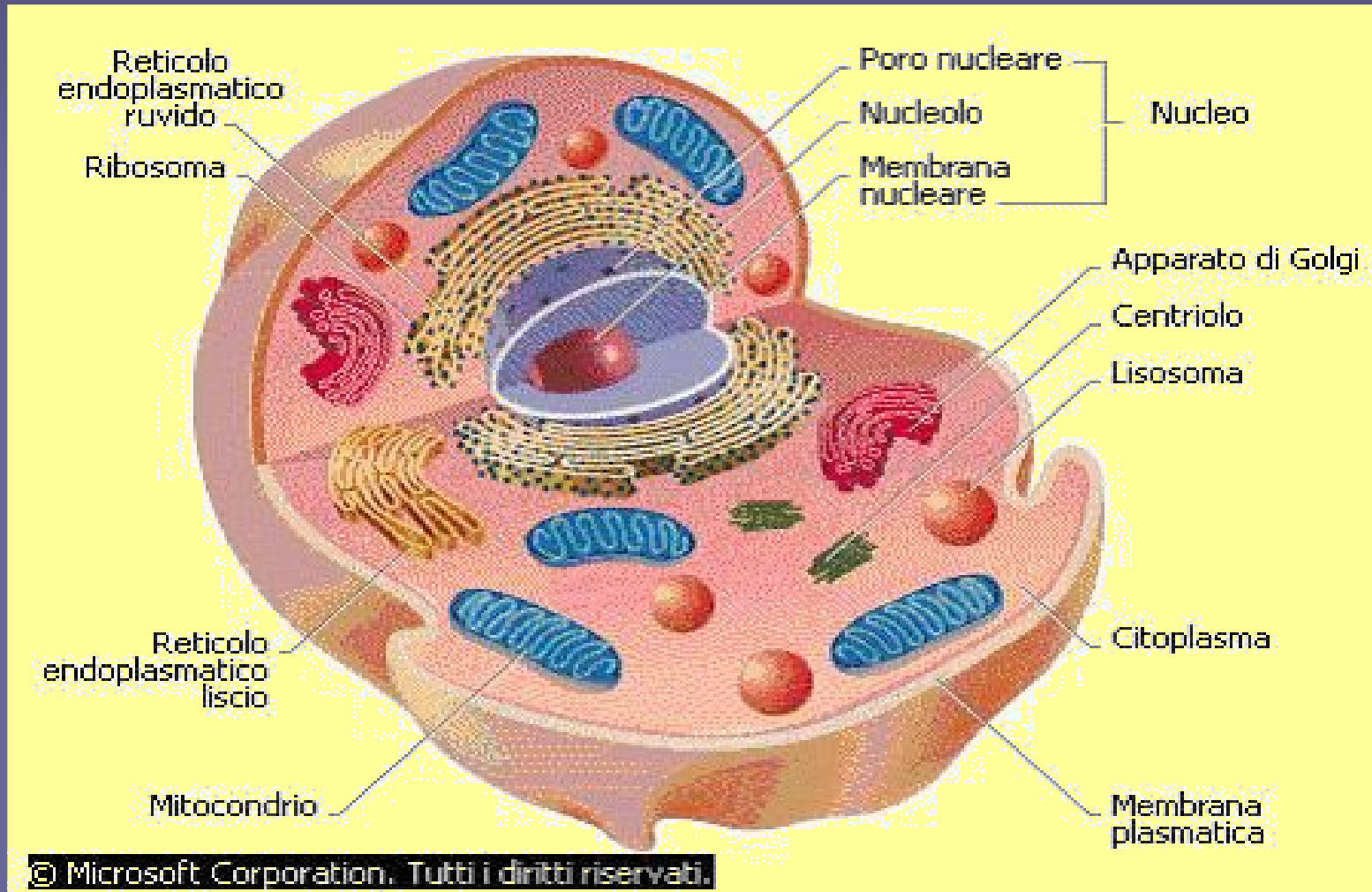
Gli Eucarioti si sono potuti affermare grazie all'attuazione di nuovi e complessi processi metabolici che hanno parallelamente richiesto particolari differenziazioni all'interno delle cellule, quali vescicole, canalicoli, citomembrane, etc.

Eucariote vegetale



Microsoft Illustration

Eucarioti attuali: animali e vegetali uni-pluricellulari



Origine degli Eucarioti

la risposta evolutiva dei procarioti primitivi eterotrofi alla scarsità di alimento fu di elaborare strategie nutrizionali alternative:

- **parassitismo** (*capacità di prelevare nutrimento da altre cellule viventi*), il
- **saprofitismo** (*capacità di ottenere nutrimento a spese di organismi morti o in decomposizione*)
- **l'olotrofismo** (*capacità di assumere, come alimento, cellule integre*)

Origine degli Eucarioti

- In un secondo momento da modelli nutrizionali eterotrofi si passò gradualmente a modelli **chemiosintetici e fotosintetici (*autotrofi*)**
- in tal modo si ovviava alla diminuzione di materiale organico in quanto cellule chemiosintetiche e fotosintetiche risultavano perfettamente in grado di "fabbricare" direttamente il proprio alimento, utilizzando, appunto, *energie (chimica e solare) disponibili in grandi quantità nell'ambiente.*

Origine degli Eucarioti

- Parallelamente allo svilupparsi dei modelli nutrizionali si sono evolute condizioni cellulari e fisiologiche diverse e piu' complesse. In particolare **gli organismi autotrofi**, a differenza dei loro predecessori (eterotrofi) che erano in grado di sopravvivere anche in assenza di ossigeno (anaerobiosi), **misero in atto una speciale forma di respirazione aerobica**, resa possibile dal notevole aumento di ossigeno che si andava producendo sul nostro pianeta.

Una fondamentale differenza tra i Procarioti e gli Eucarioti è rappresentata, dalla diversa esigenza e tolleranza all'ossigeno.

Procarioti: richiesta di ossigeno variabile, generalmente bassa

anaerobi obbligati: non riescono a svilupparsi in presenza di ossigeno

anaerobi facoltativi: tollerano piccole quantità di ossigeno

aerobi obbligati: sopravvivono solo in presenza di ossigeno

Eucarioti:

aerobi obbligati: non possono sopravvivere e riprodursi in assenza di ossigeno.

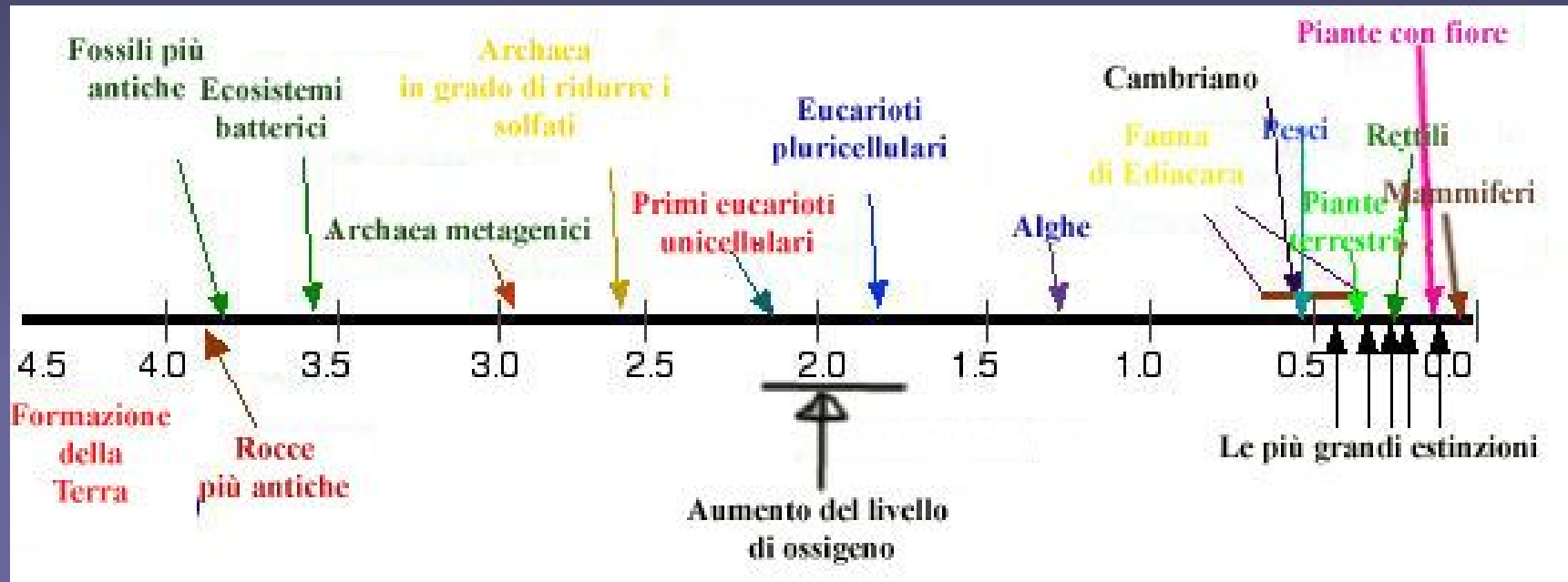
Questo è certamente correlabile con l' **aumento dell'ossigeno atmosferico nel momento in cui**

Eucarioti:

aerobi obbligati: non possono sopravvivere e riprodursi in assenza di ossigeno.

Questo è certamente correlabile con l'**aumento dell'ossigeno atmosferico nel momento in cui questi ultimi organismi iniziarono la loro storia evolutiva (circa 2 miliardi di anni fa)**

Cronologia biologica del pianeta Terra

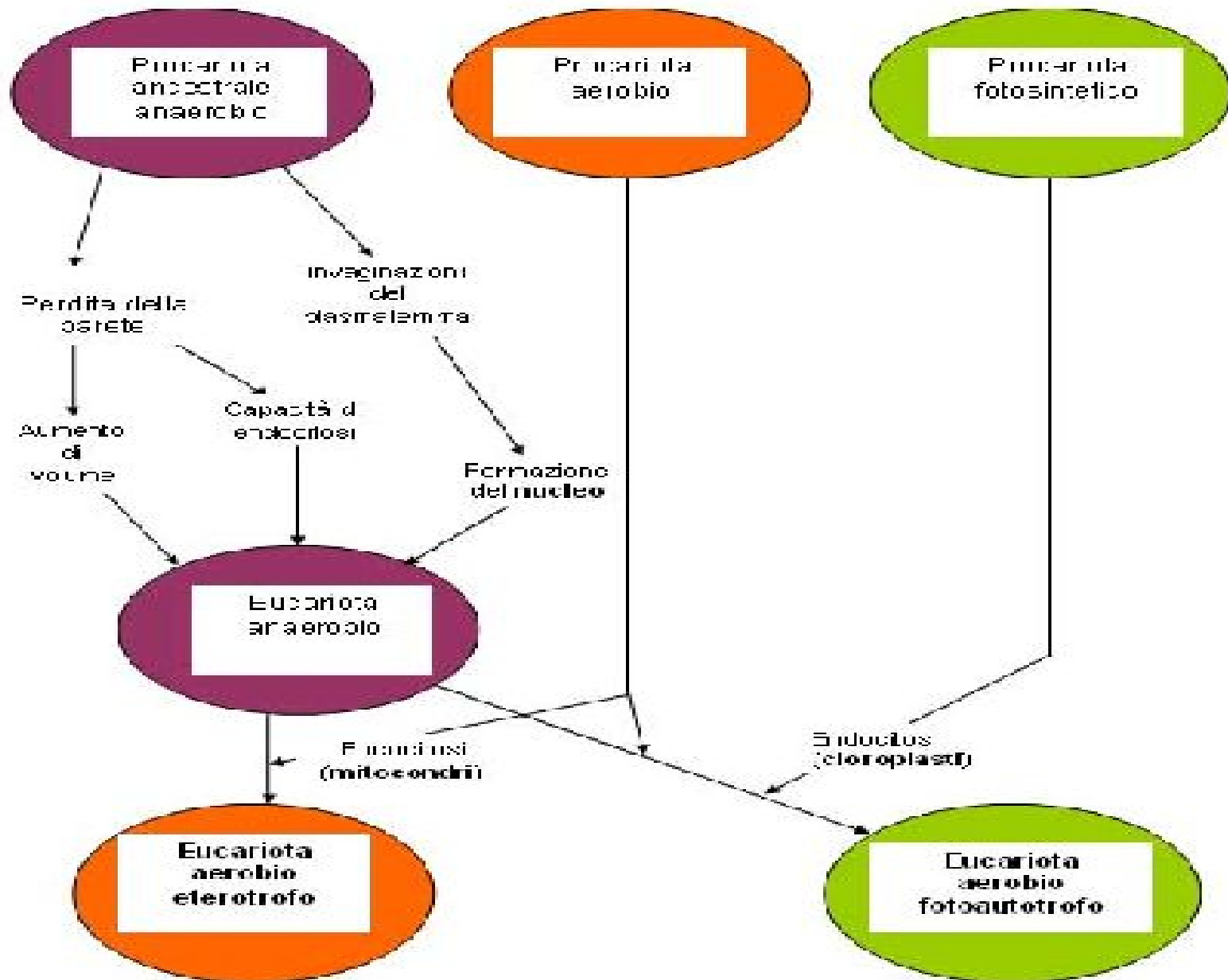


Tappe fondamentali

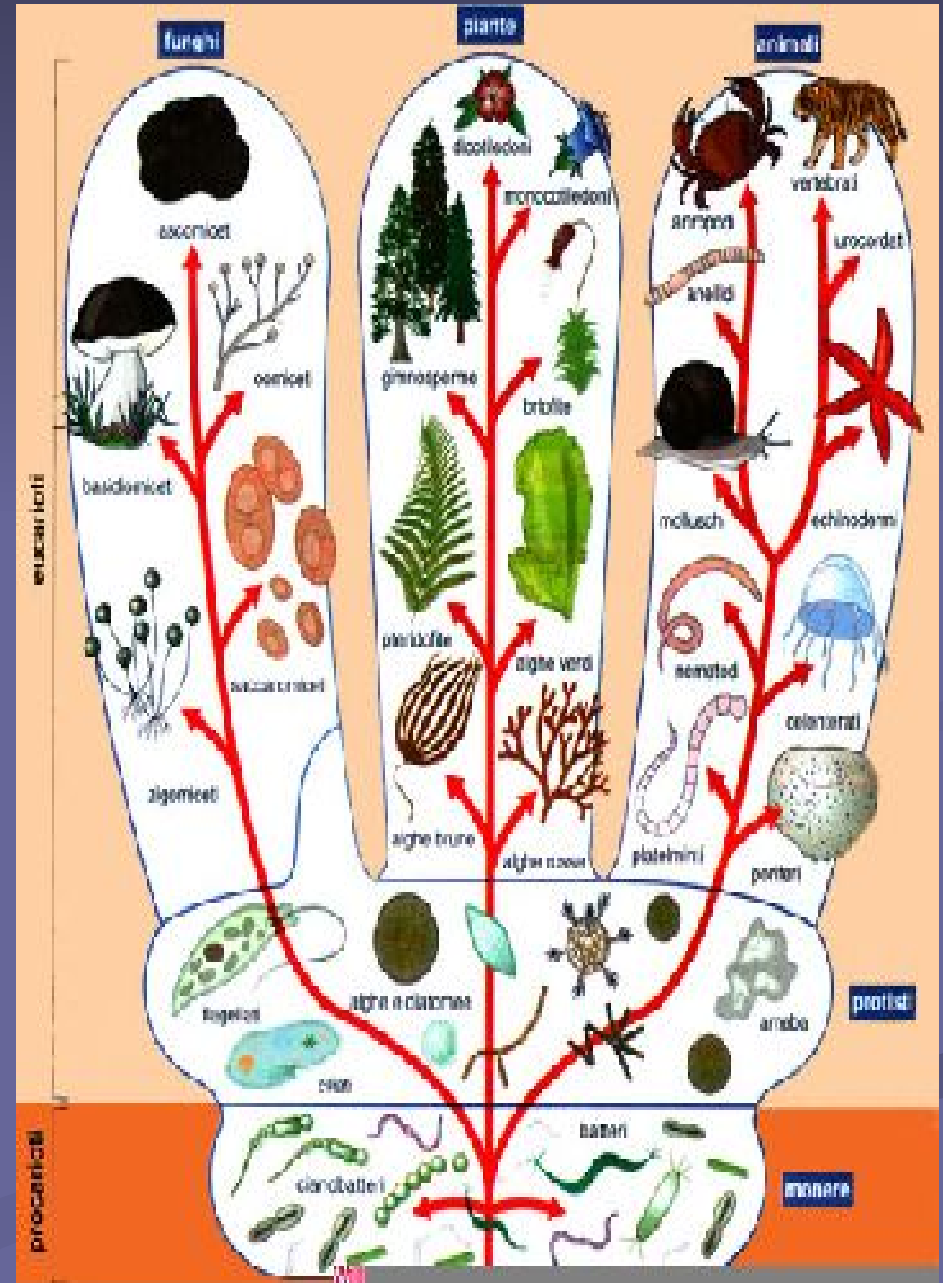
- 3.8 md: molecole biologiche (*brodo primordiale*)
- 3.5 md: procarioti (batteri eterotrofi)
- 2.0 md: eucarioti unicellulari autotrofi (aumento O₂ e O₃)
- 0.4 md: piante terrestri e anfibi
- 0.125 md: estinzione dinosauri, comparsa mammiferi e piante con fiore

- Contemporaneamente a tali processi si sono avute modificazioni strutturali delle cellule:
- il **materiale genetico**, prima libero (antenati dei virus attuali -procarioti), si e' organizzato in strutture filamentose concentrate all'interno di membrane (membrana nucleare)
- compare la **meiosi**, con conseguente separazione nel tempo della duplicazione del DNA e della divisione cellulare.

Ipotesi sull'origine della cellula eucariote per endosimbiosi



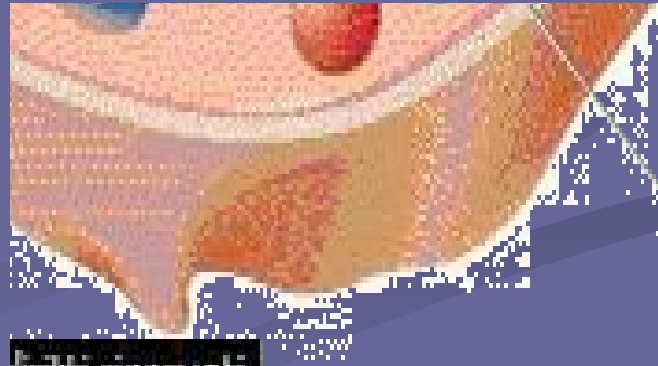
La straordinaria diversità di organismi, piante ed animali, comparsi sul nostro pianeta negli ultimi 600 milioni di anni si è resa possibile solamente come conseguenza dello svilupparsi di cellule eucariotiche, dotate appunto di un fenomenale potenziale di diversificazione genetica



SVILUPPO DELLE CELLULE EUCARIOTE

- INVOLUZIONI DELLE SUPERFICI ESTERNE
- INVOLUZIONI DEL SETTORE INTERNO
- COSTITUZIONE DEI DIVERSI ORGANULI CELLULARI E DEL SISTEMA INTERNO DI MEMBRANE
- SVILUPPO DELLA MEMBRANA NUCLEARE

- SIMBIOSI TRA ORGANISMI IN GRADO DI RESPIRARE (MITOCONDRI)
- SIMBIOSI CON ORGANISMI FOTOSINTETIZZANTI



Membrana plasmatica

reticolo
endoplasmatico

nucleo

apparato
di Golgi

mitocondrio

lisosoma

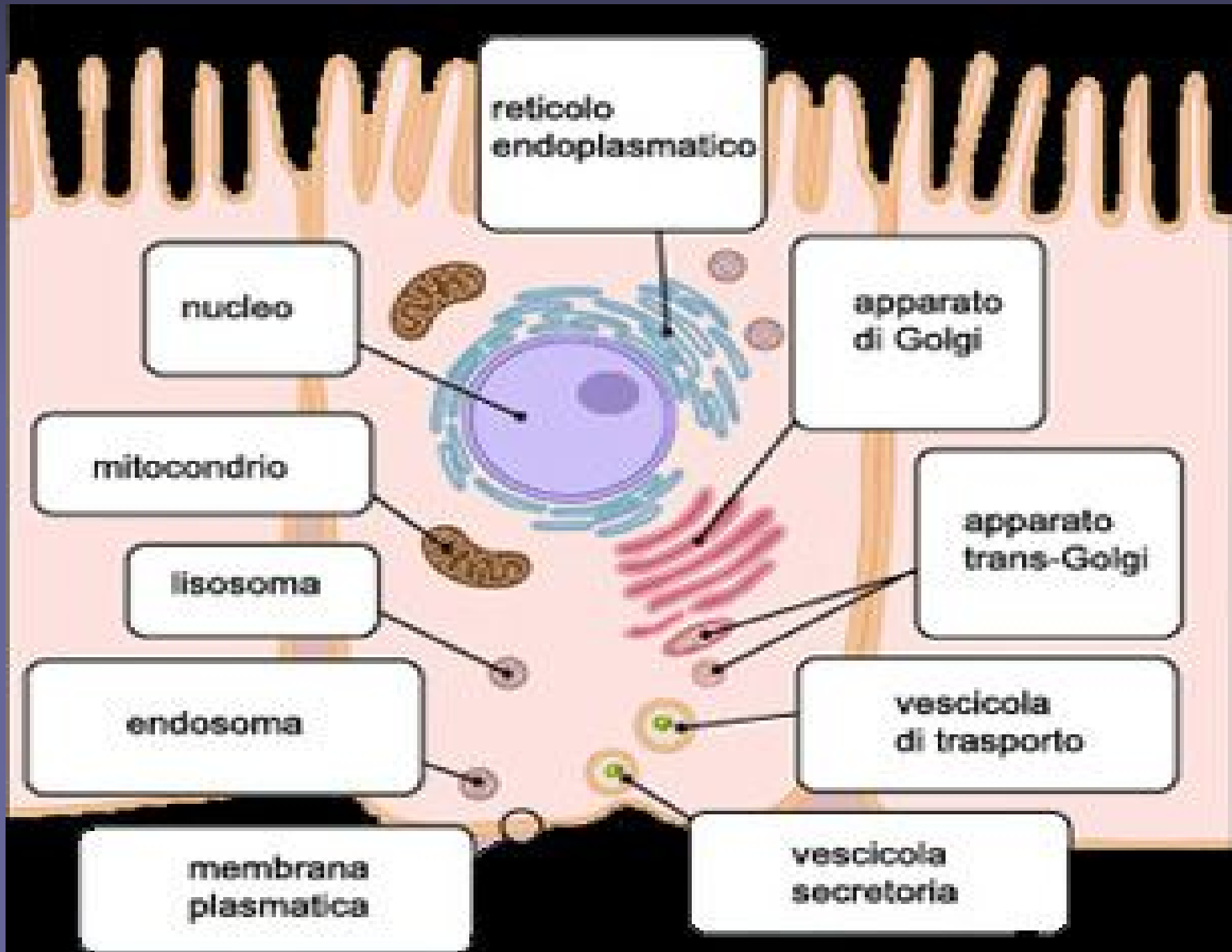
apparato
trans-Golgi

endosoma

vescicola
di trasporto

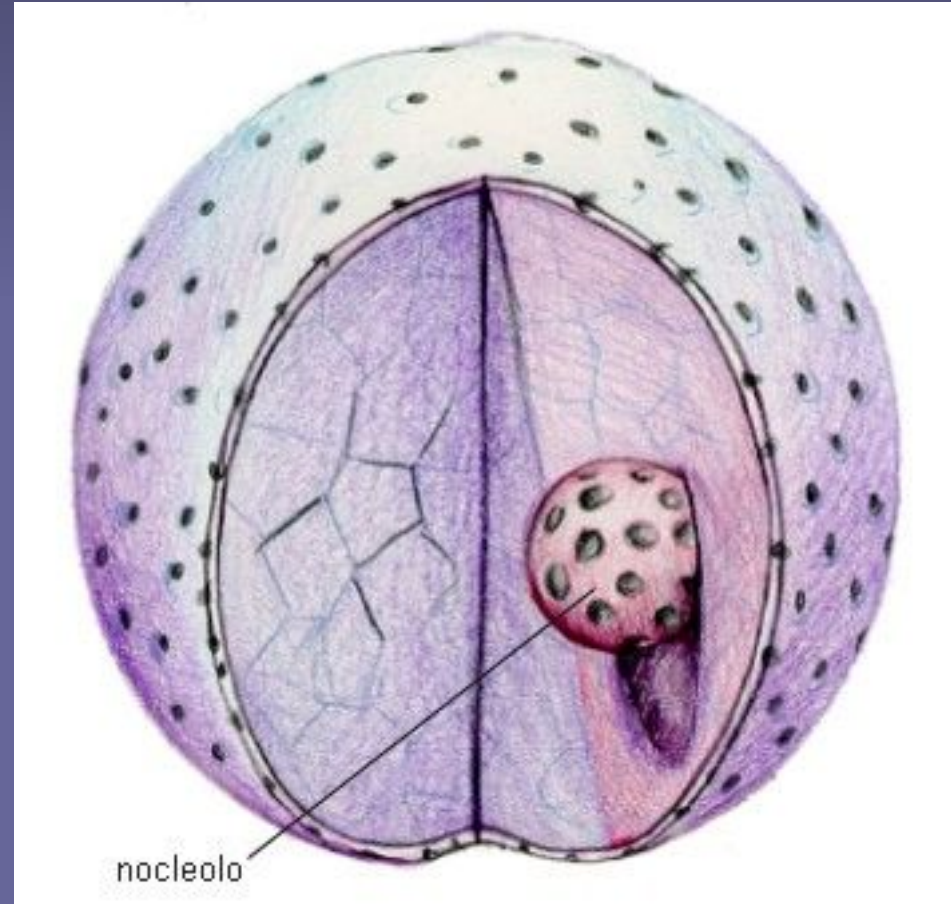
membrana
plasmatica

vescicola
secretoria



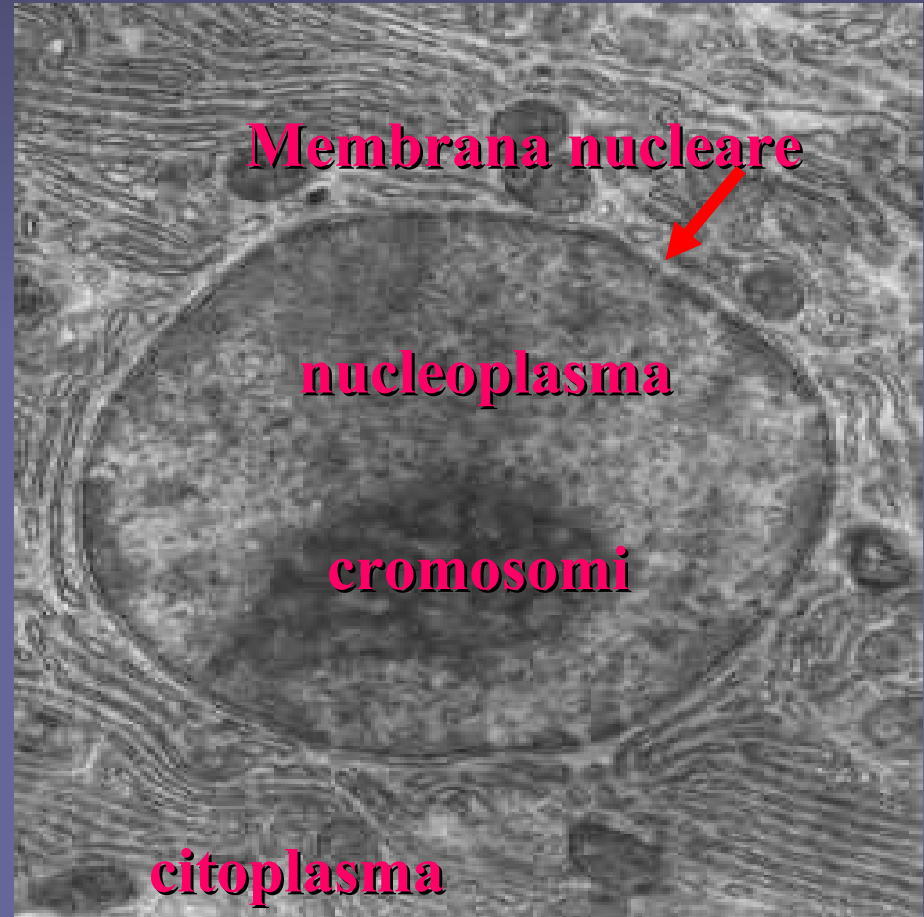
Nucleo cellulare

- Il nucleo esiste come struttura ben definita in quanto delimitata da una **membrana propria**, solo nelle cellule eucariote.
- **contiene il patrimonio genetico dell'organismo sotto forma di molecole di DNA.** Contiene uno o più **nucleoli** dove avviene la sintesi e il montaggio di rRNA e di tRNA.

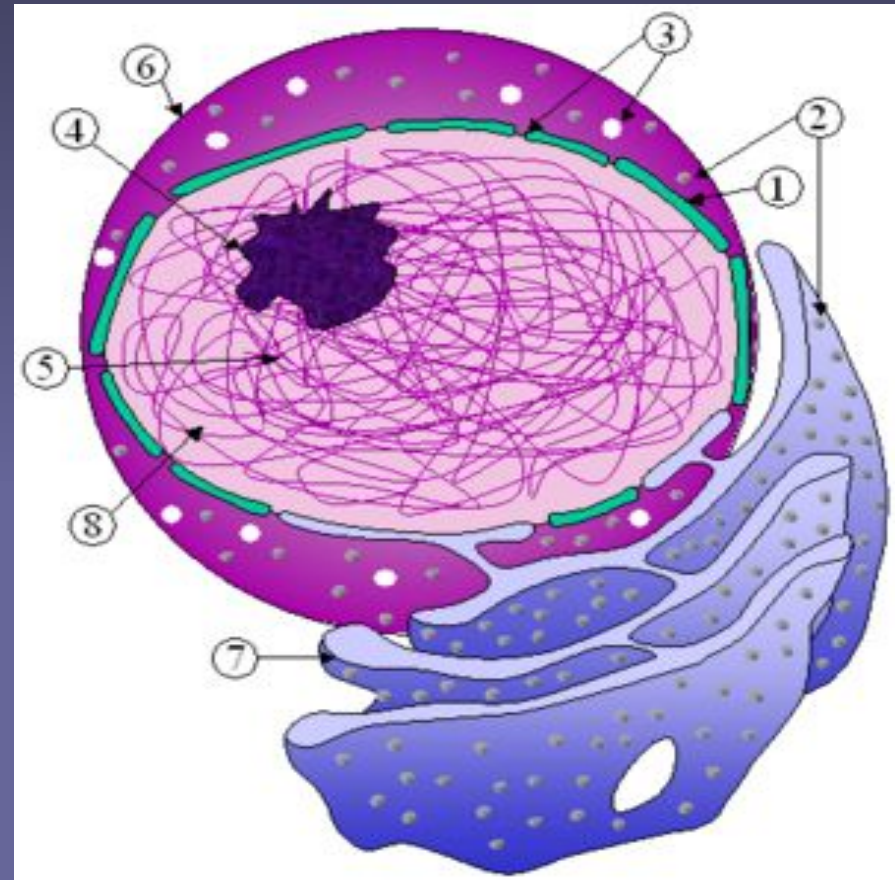
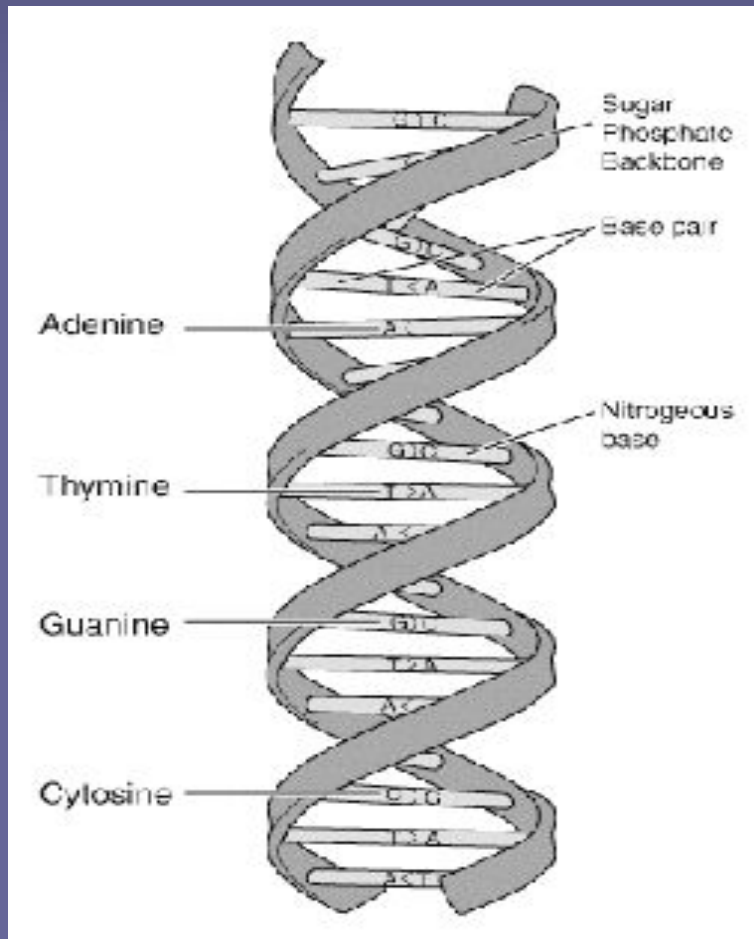


Costituisce il centro di controllo della cellula ed è facilmente visibile all'interno di questa anche con un microscopio ottico a basso ingrandimento

- Il doppio strato della membrana separa il **nucleoplasma** dal citoplasma, consentendo gli scambi solo attraverso appositi pori.



Durante la mitosi il
DNA si condensa a
formare i cromosomi.



Organuli cellulari

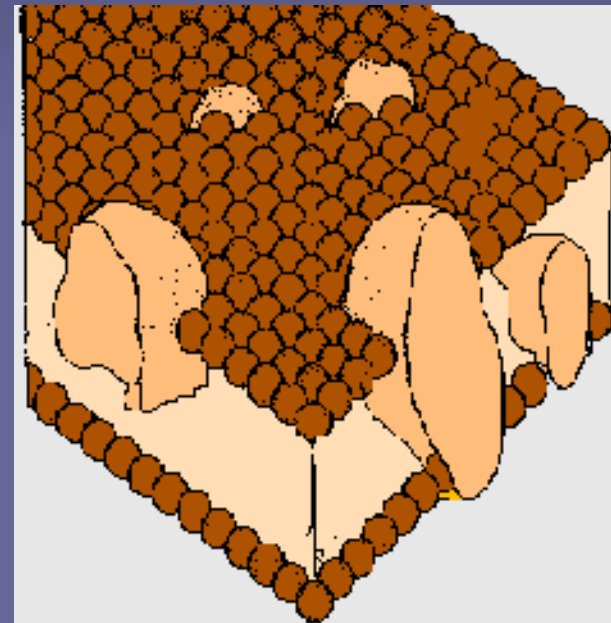
- **citoplasma** (semifluido)
- **citoscheletro** - microfilamenti e microtubuli che sospendono gli organelli, danno forma, e consentono il movimento
- **organelli di motilità**: i flagelli e le ciglia
- **mitocondri**
- **plastidi**

MEMBRANA CITOPLASMATICA

' Costituita da un complesso intreccio di molecole di differente natura la cui intelaiatura principale è formata da un

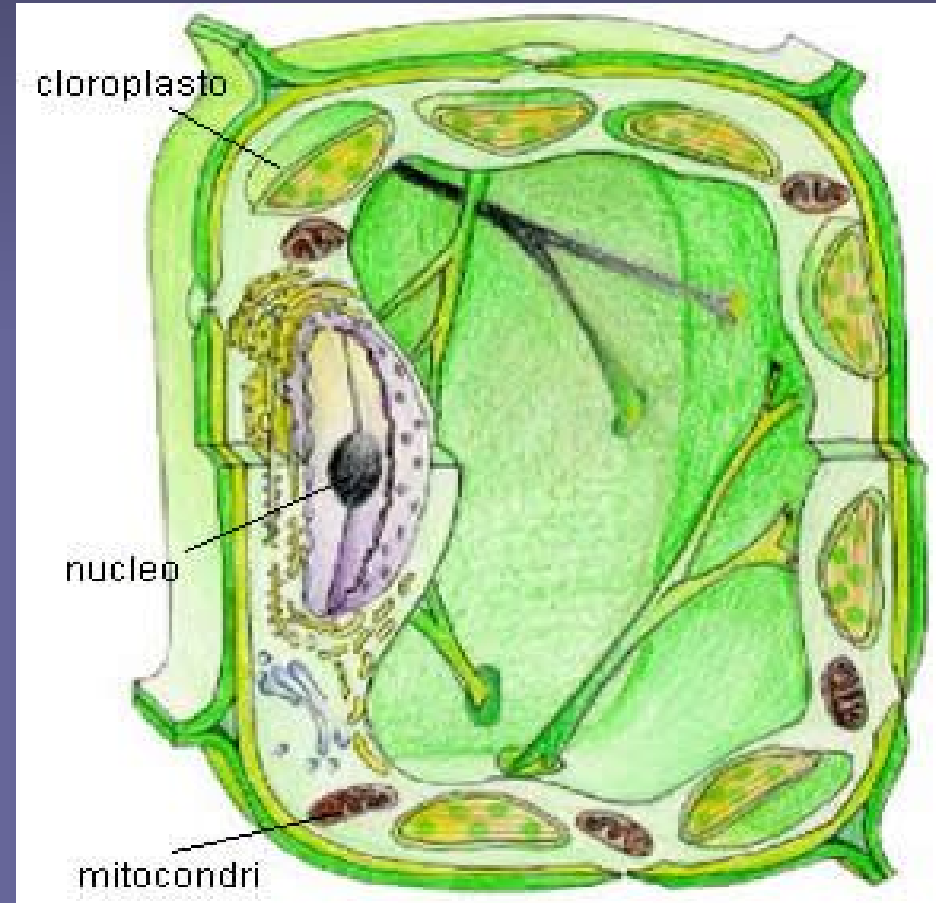
doppio strato di fosfolipidi, molecole organiche costituiti da un radicale fosforico, polare e idrofilo, e uno o più acidi grassi idrofobi. Le estremità polari costituiscono lo strato esterno della membrana mentre gli acidi grassi ne rappresentano la porzione interna. La figura sotto illustra tale struttura.

proteine di diversa forma e struttura, inserite nel mezzo dello strato fosfolipidico e che hanno funzione soprattutto di trasporto di alcune sostanze. In questo caso sono denominate carriers.



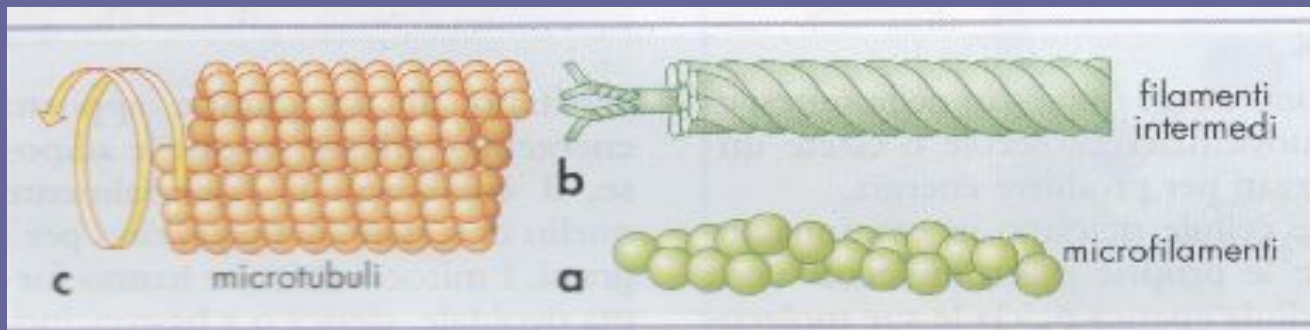
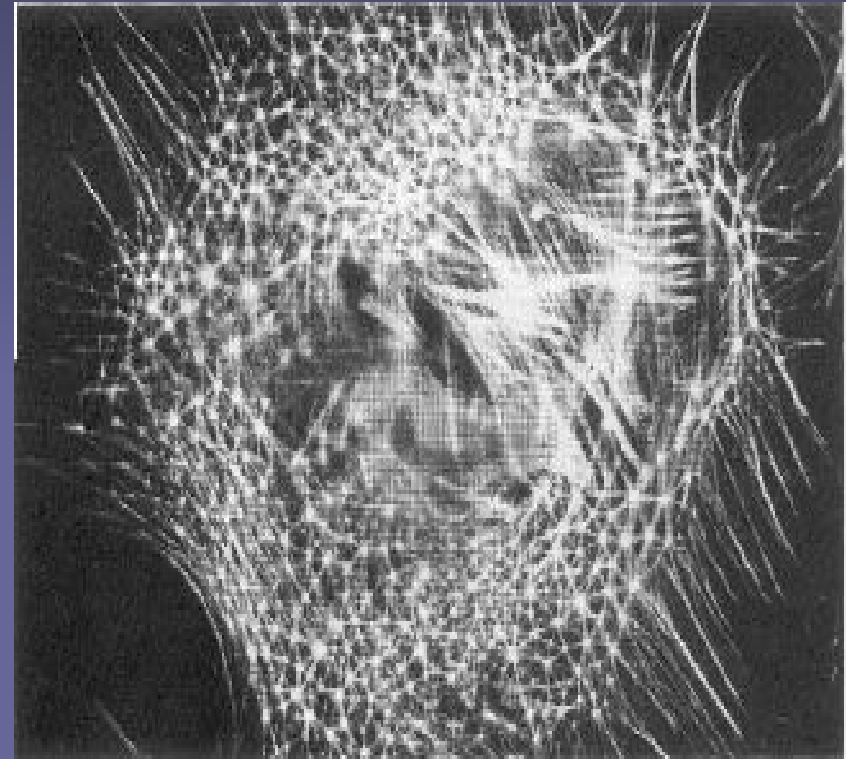
citoplasma

Il **citoplasma** (dal greco kytos= cavità) è costituito da un **materiale gelatinoso** che circonda il nucleo della cellula e contiene tutti gli organelli specializzati di una determinata cellula. E' inoltre la sede delle molte reazioni biochimiche che avvengono in una cellula e della struttura microtubulare che costituisce il citoscheletro.



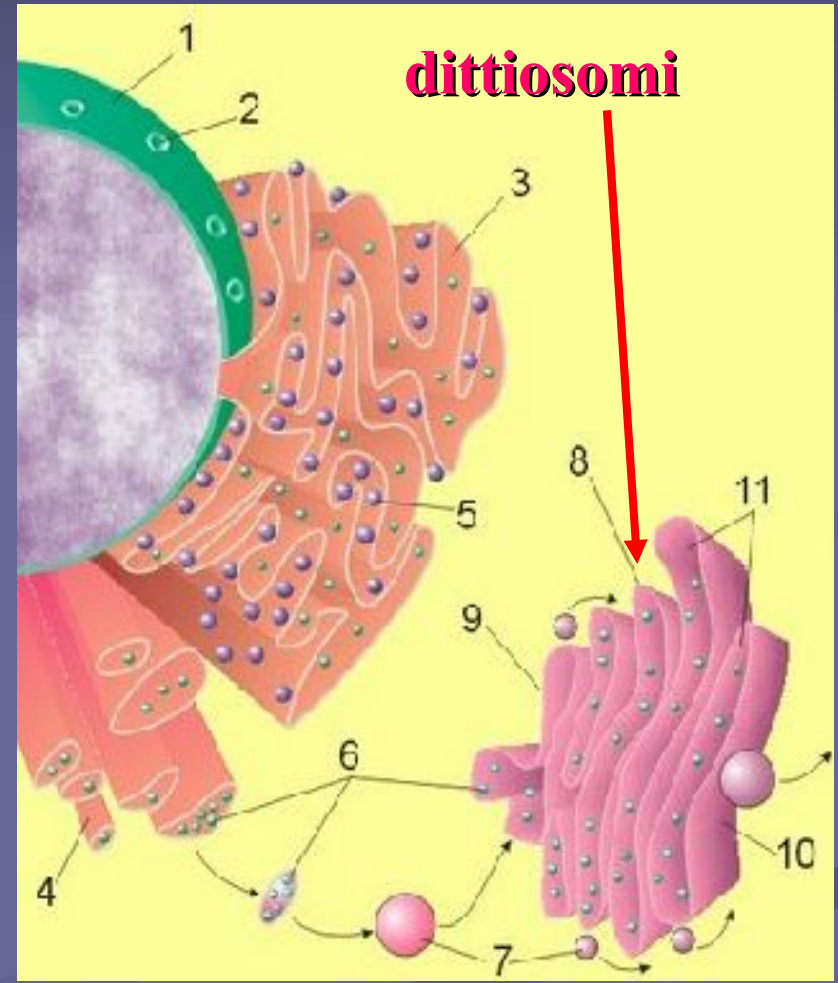
CITOSCHELETRO

Consiste in una **fitta maglia di filamenti (microfilamenti e filamenti intermedi e tubulari (microtubuli) che attraversano il citoplasma. Costituisce il sostegno meccanico della cellula, ne consente il movimento e funziona da supporto per gli organuli cellulari.**



APPARATO DEL GOLGI

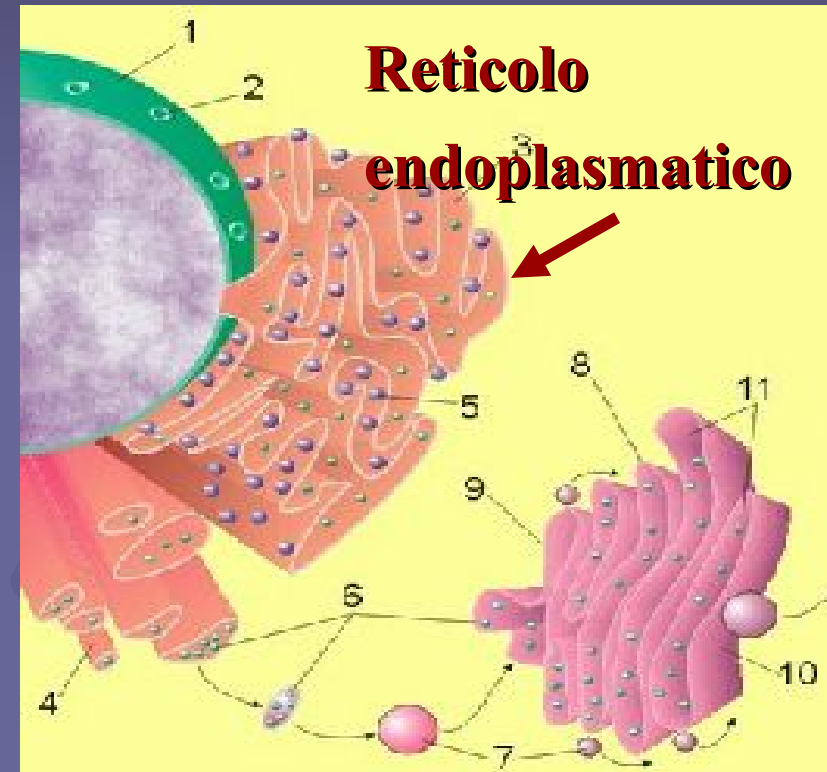
E' costituito da una serie di sacchi appiattiti strettamente impilati che prendono il nome di **dittiosomi**. Tale sistema di cisterne ha un ruolo fondamentale nella **secrezione delle sostanze prodotte all'interno della cellula, in particolare proteine** prodotte sul reticolo endoplasmatico. Avviene, infatti, una fusione tra il sistema di membrane del reticolo con quelle dell' apparato del Golgi da cui si staccano vescicole in cui è inserita la sostanza da espellere. Queste successivamente si fondono con la membrana citoplasmatica e permettono la fuoriuscita delle proteine nello spazio intercellulare.



RETICOLO ENDOPLASMATICO

E' costituito da una serie di **membrane inserite tra la membrana nucleare e la membrana citoplasmatica.**

Il reticolo endoplasmatico liscio sembra avere un ruolo fondamentale nella **sintesi e nella secrezione di ormoni ed enzimi per il metabolismo dei carbodrati e per la sintesi dei lipidi.** Ha un aspetto tubulare al microscopio e si origina probabilmente dal reticolo endoplasmatico ruvido che si differenzia dal primo per la presenza sulla sua superficie dei ribosomi, sede della sintesi proteica. Una volta sintetizzate le proteine vengono trasferite all'esterno della cellula o in altre parti di essa grazie al sistema di membrane.



VACUOLO

Il vacuolo è una cavità della cellula vegetale in cui è presente aria, acqua o altro tipo di liquido ed in alcuni casi materiale nutritivo.

E' circondato da una membrana e si espande periodicamente per poi contrarsi, rilasciando il suo contenuto all' interno della cellula o all'esterno di questa.

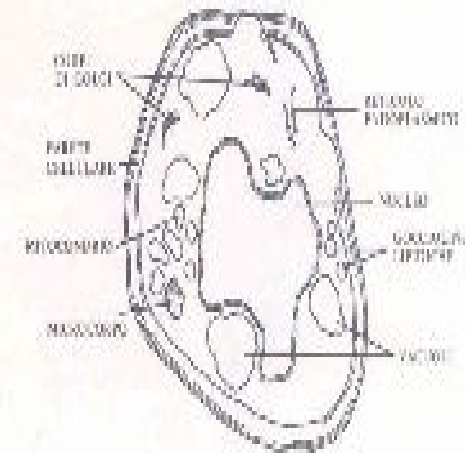
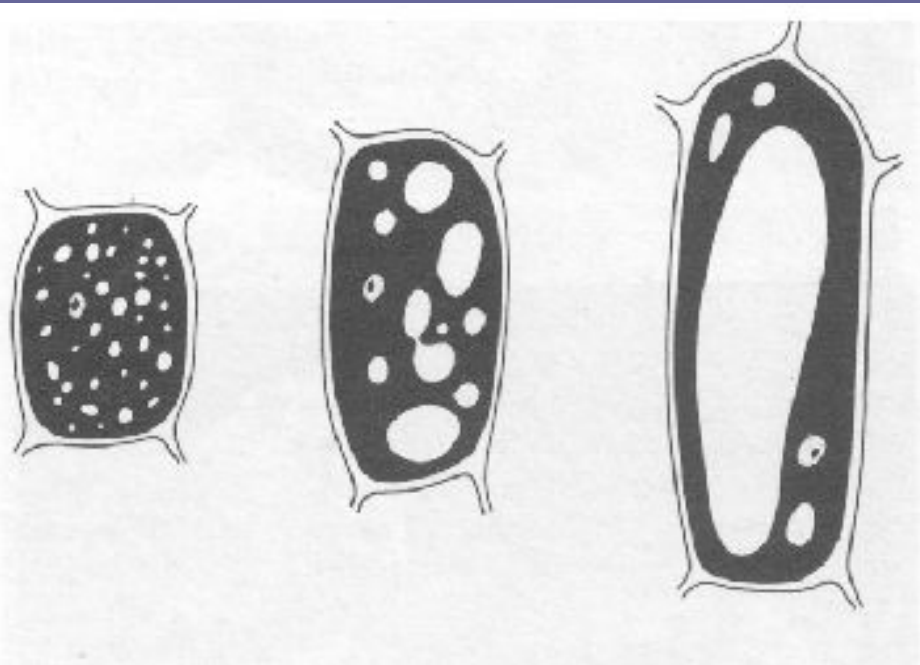


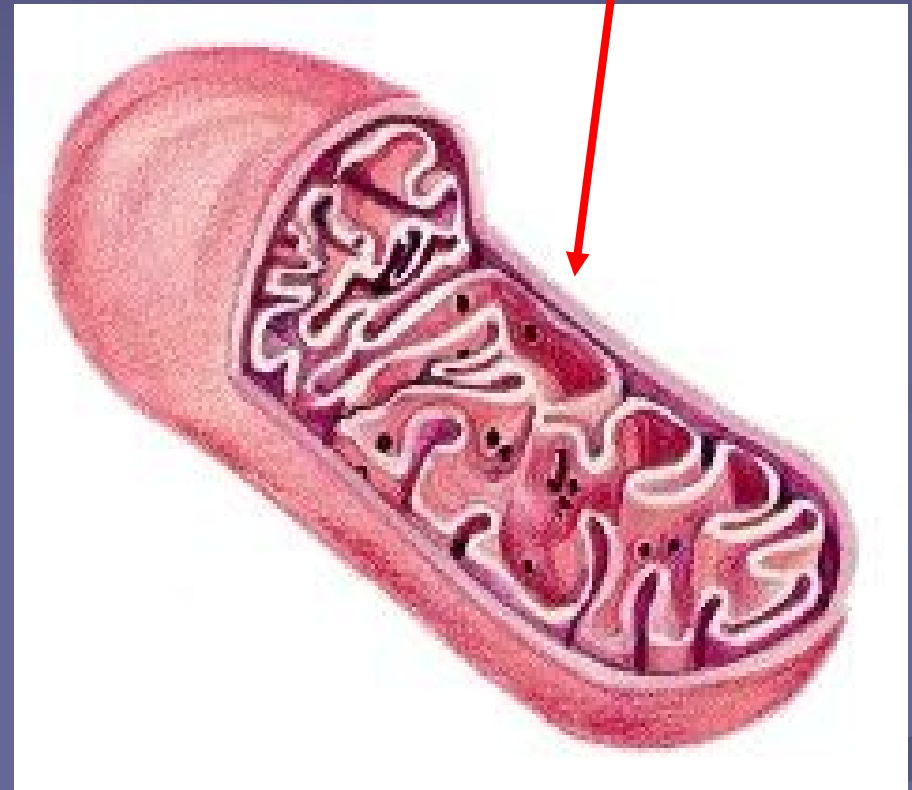
Fig. 1.3. Sezione trasversale di una cellula del periclitoneo della spina di una foglia di graminacea (Zea mays).

Indicando anche gli componenti caratteristici della cellula vegetale.

Mitocondri

Sono presenti sia nelle cellule animali che in quelle vegetali. Sono costituiti da una **membrana esterna liscia** che racchiude una **interna complessamente pieghettata**. Le pieghe della membrana e le sue pieghettature interne sono dette **creste mitocondriali** che aumentano notevolmente la superficie funzionale.

Creste mitocondriali



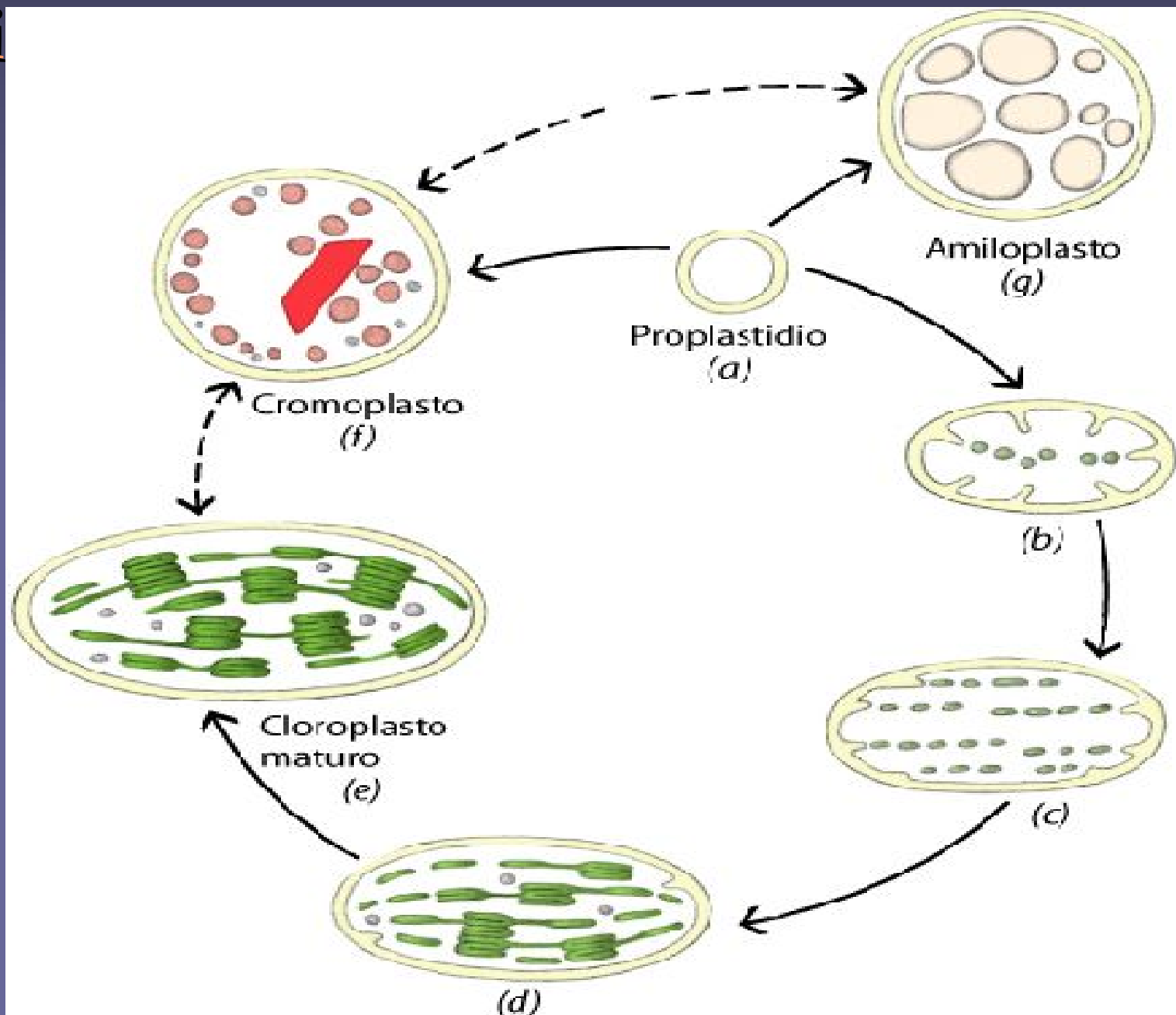
mitocondri



- Sono la **sede della respirazione cellulare**, in quanto demoliscono le macromolecole organiche per trarne l'energia necessaria a sintetizzare ATP. Contengono DNA extranucleare.

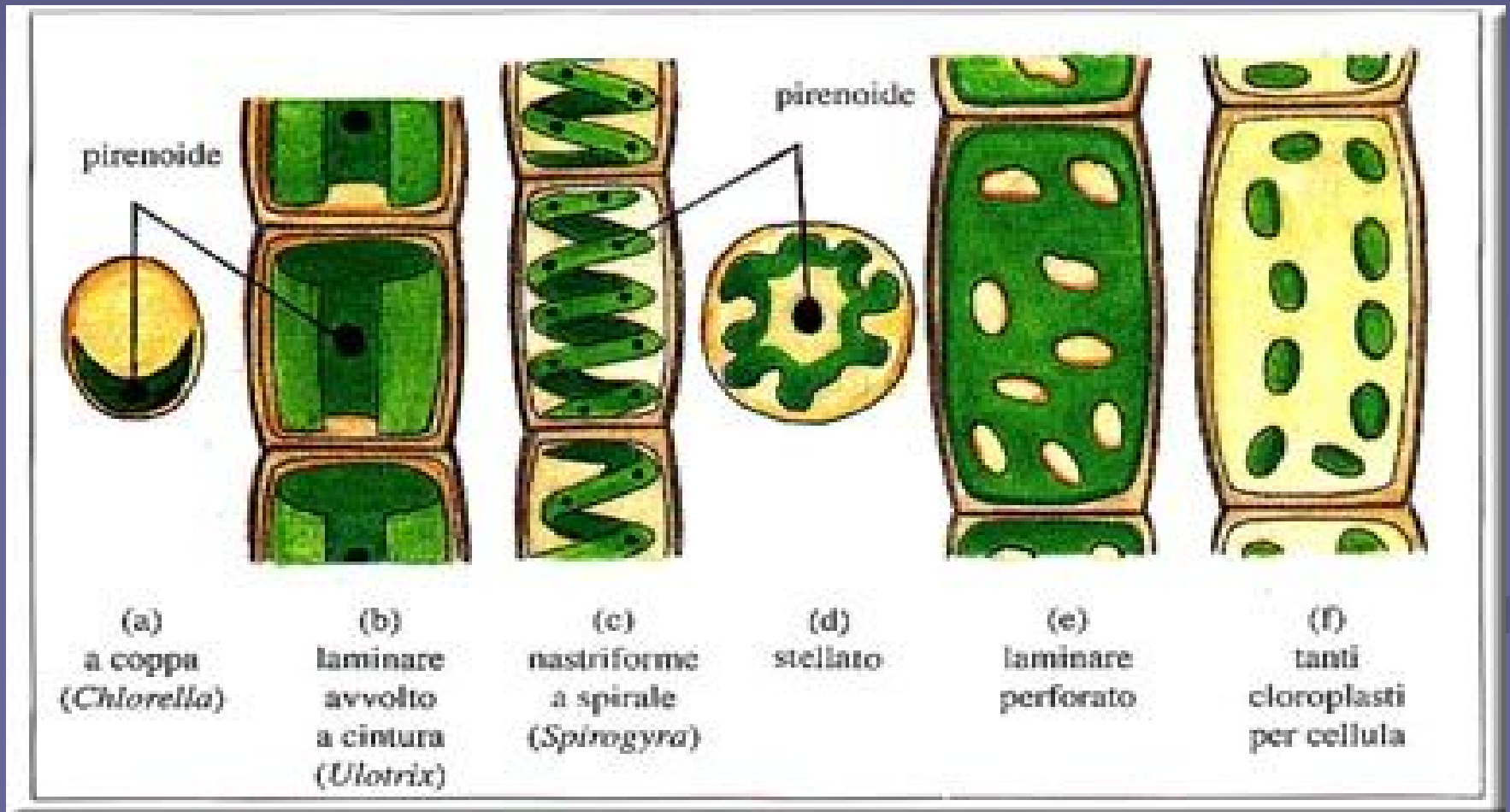


plastidi



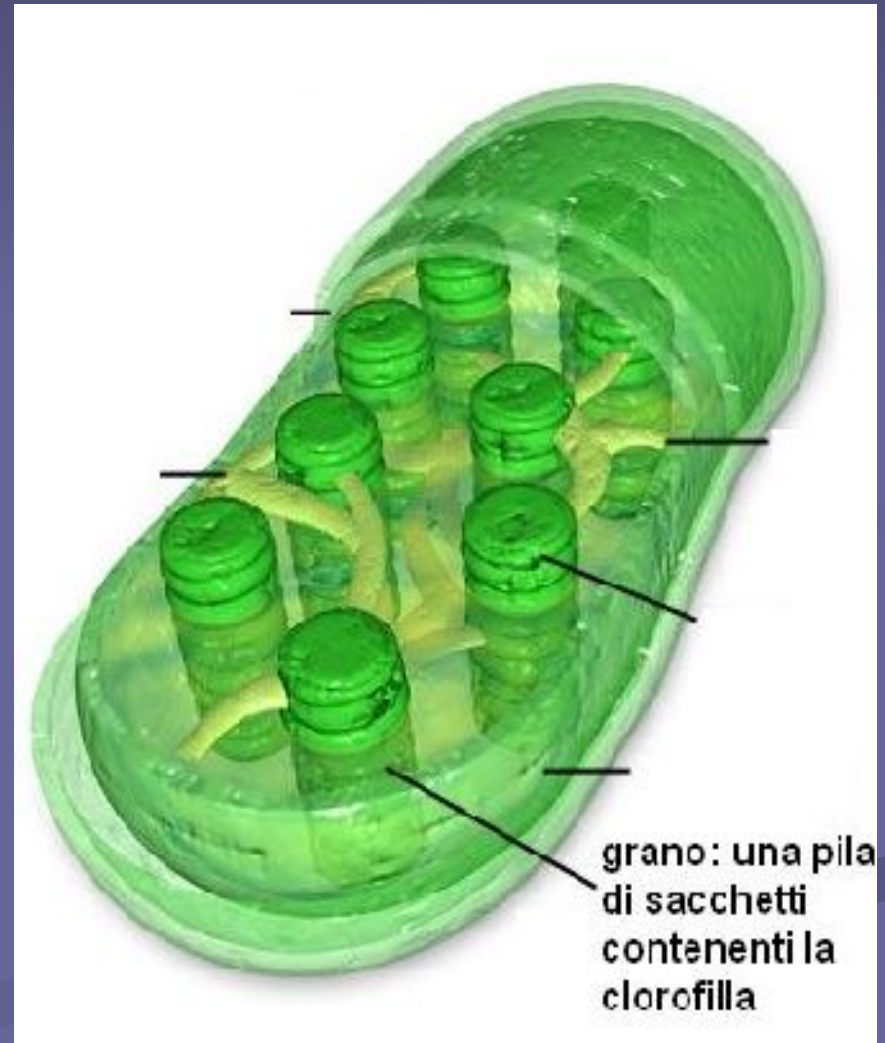
Cloroplasti

Sono gli organelli in cui si svolge la **fotosintesi clorofilliana**. Nelle piante superiori hanno forma discoidale e \varnothing di 4-6 μm , ma la loro forma e dimensione varia durante lo svolgimento della fotosintesi. In una cellula del mesofillo fogliare vi sono da 40 a 50 cloroplasti; in un mm^2 di foglia vi sono mediamente 500.000 cloroplasti.



cloroplasti

- All'interno sono delimitati da membrane che racchiudono una matrice chiamata **stroma**.
- Nello stroma vi è un sistema di lamine appiattite dette lamelle o **tilacoidi** intercomunicanti.
- I tilacoidi per sovrapposizione possono formare strutture colonnari dette **grana**. I pigmenti fotosintetici (clorofilla e carotenoidi) si trovano nelle membrane dei tilacoidi.
- Nello stroma è presente anche **DNA**, da cui deriva la **capacità dei cloroplasti di riprodursi indipendentemente dal nucleo**. I cloroplasti si differenziano a partire dai **proplastidi**



Leucoplasti-amiloplasti

- Sono i plastidi incolore, presenti nei **tessuti di riserva, negli organi ipogei** o nei tessuti cresciuti in assenza di luce
- Spesso accumulano enormi quantità di amido (**amiloplasti**).

Sezione di tubero di patata con cellule parenchimatiche riempite di amiloplasti



cromoplasti

Sono **plastidi colorati** per la presenza di pigmenti diversi dalla clorofilla tra cui **carotenoidi**.

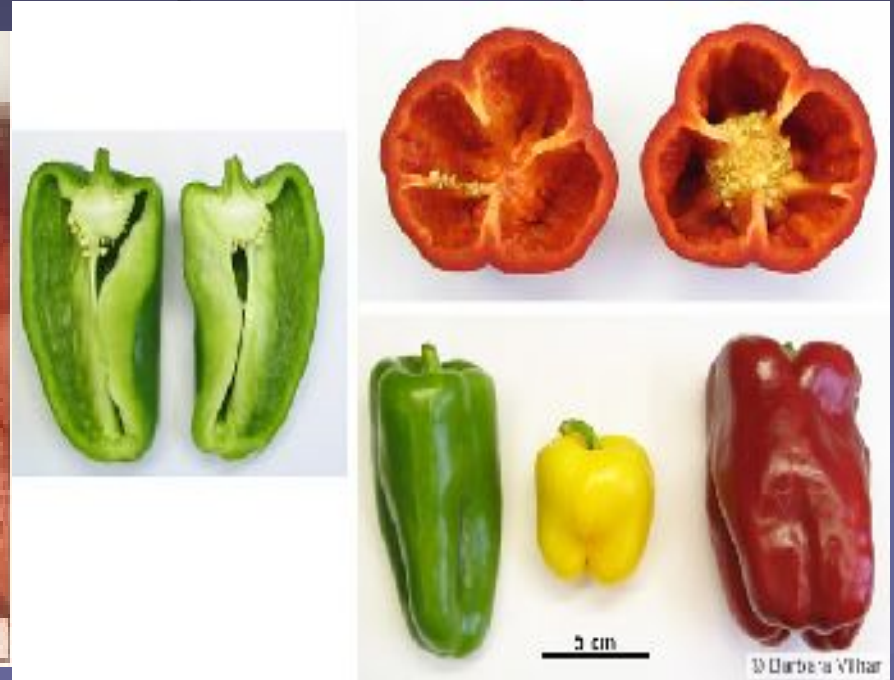
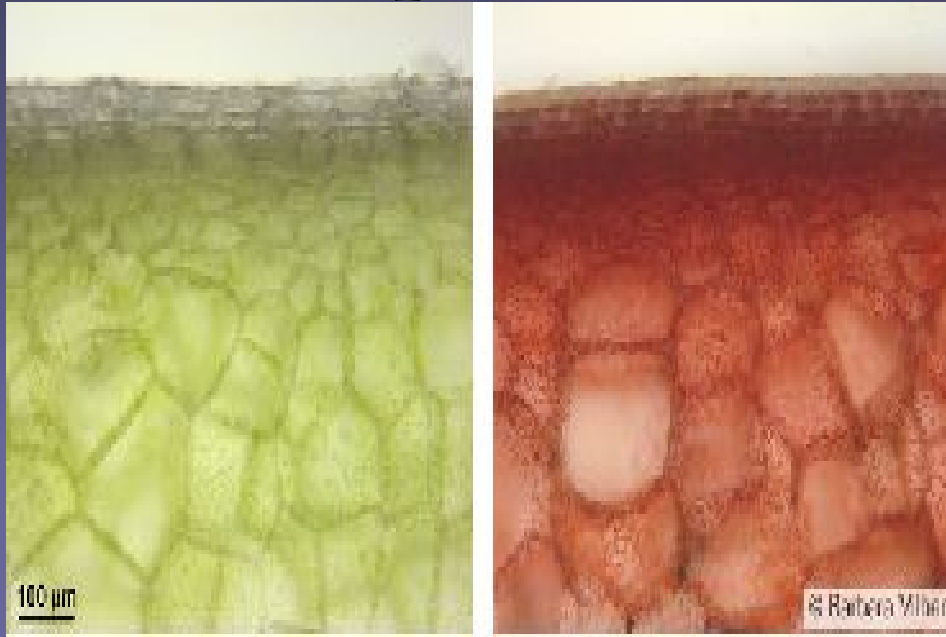
Sono presenti **nei fiori e nei frutti** e sono inattivi per la fotosintesi.

Cromoplasti nel parenchima di radice di *Daucus carota*



cromoplasti

Trasformazione dei cloroplasti in cromoplasti in frutti di *Capsicum annuus*



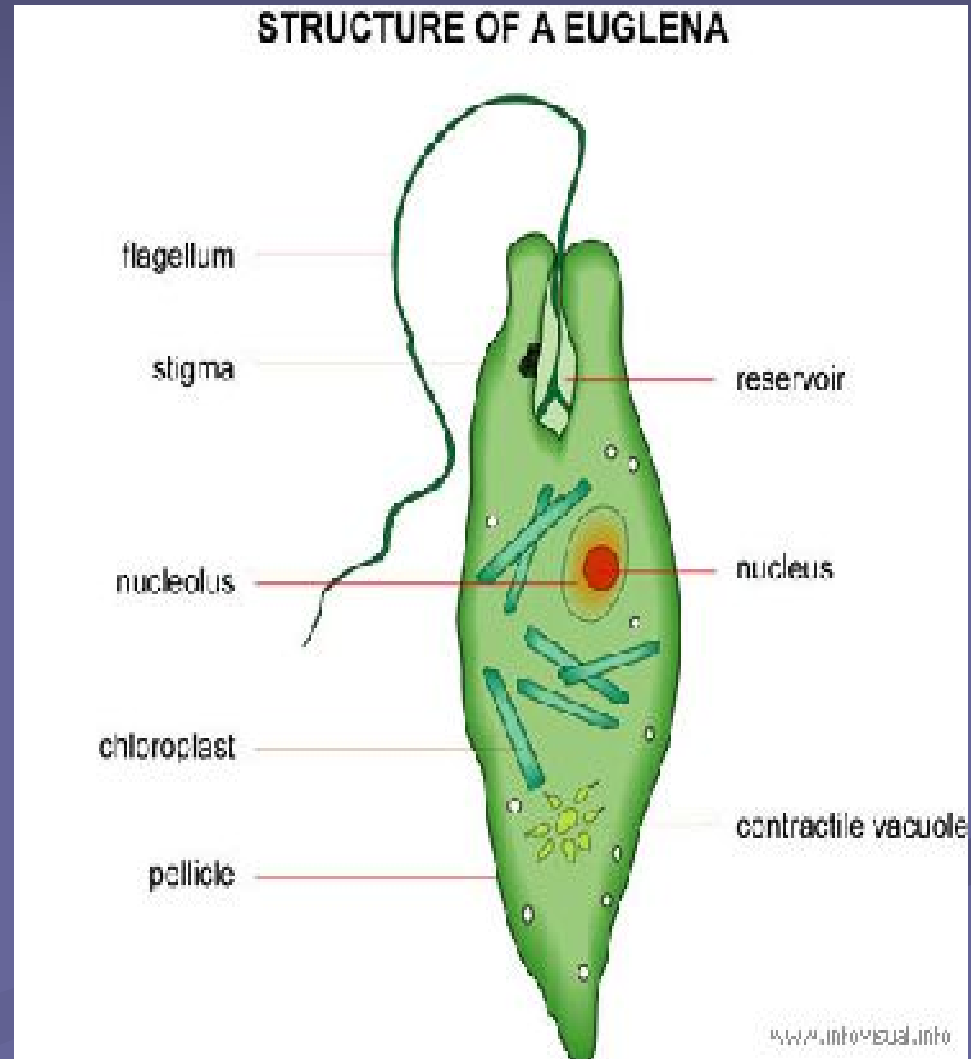
Spesso derivano dalla **trasformazione dei cloroplasti**, come si evidenzia nel viraggio di colore dei frutti da acerbi a maturi, a seguito della distruzione della clorofilla. Il processo è irreversibile.

organelli di motilità: flagelli e ciglia

- Negli eucarioti ci sono due tipi di organelli di motilità: i flagelli e le ciglia. I flagelli si muovono con un movimento "a frusta" e sono di maggiori dimensioni: le strutture proteiche che li compongono sono dette microtubuli. È lo scorrimento coordinato dei numerosi microtubuli che impartisce il movimento al flagello stesso. L'energia per lo scorrimento dei microtubuli è fornita dall'ATP.
- Le ciglia sono simili ai flagelli per quanto riguarda l'organizzazione strutturale, ma ne differiscono in quanto più corte e più numerose. Le ciglia funzionano come in remi di una barca: queste strutture rigide battono con andamento sincrono impartendo alla cellula un movimento molto rapido.

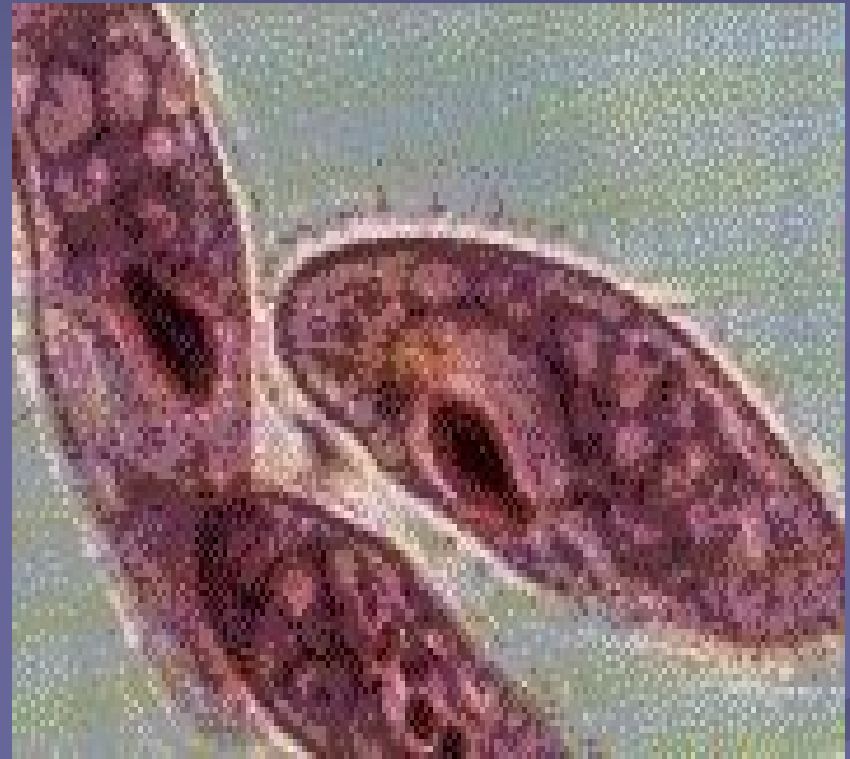
organelli di motilità: flagelli

- I flagelli si muovono con un movimento "a frusta" e sono di maggiori dimensioni: le strutture proteiche che li compongono sono dette **microtubuli** il cui scorrimento coordinato impartisce il movimento al flagello stesso. L'energia per lo scorrimento dei microtubuli è fornita dall'ATP.



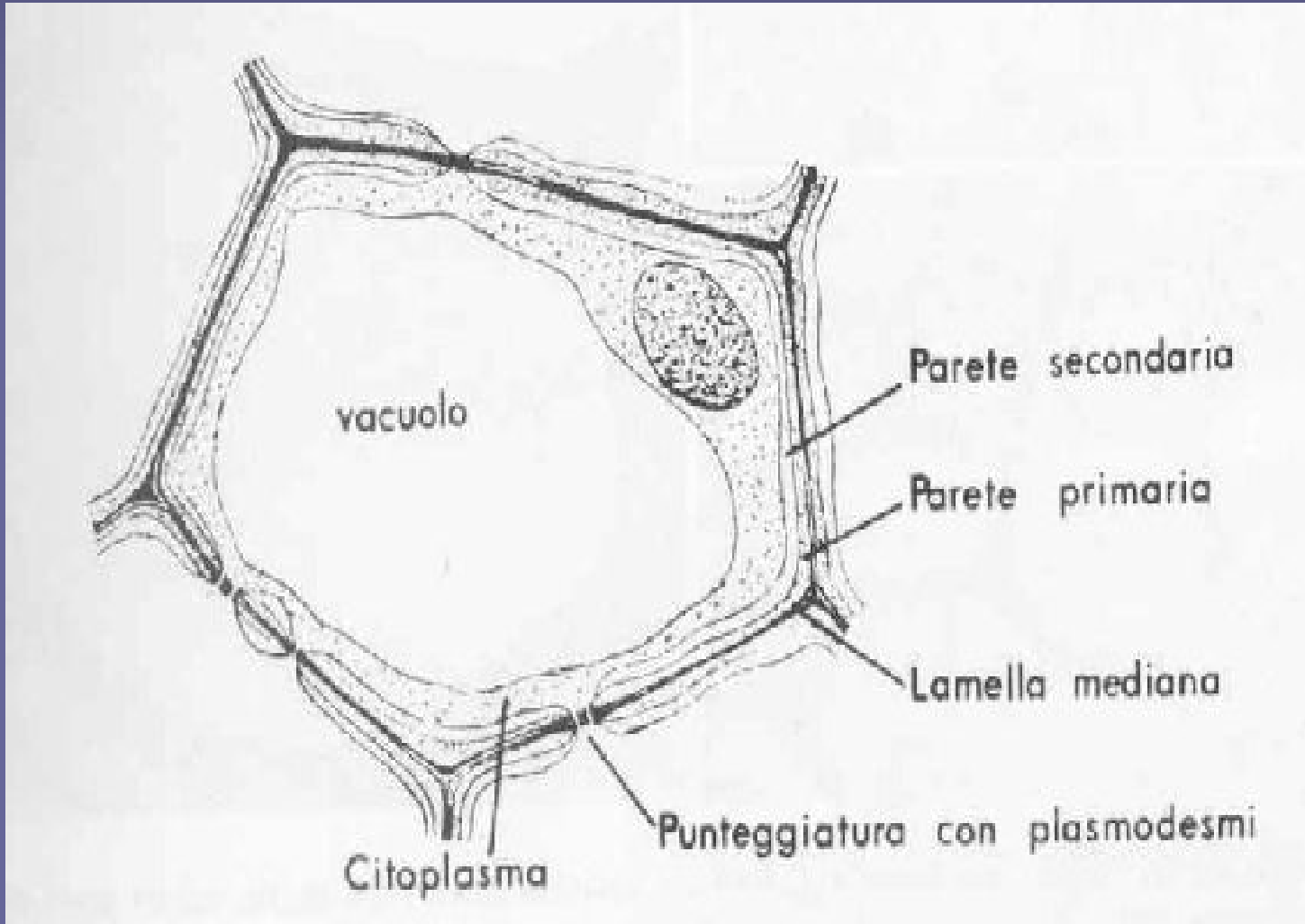
organelli di motilità: ciglia

- Le ciglia sono simili ai flagelli per quanto riguarda l'organizzazione strutturale, ma ne differiscono in quanto più corte e più numerose. Le ciglia funzionano come in remi di una barca: queste strutture rigide battono con andamento sincrono impartendo alla cellula un movimento molto rapido.



Parete cellulare

Nelle cellule vegetali a contatto con la membrana cellulare è la parete cellulare che protegge, conferisce alla cellula una certa rigidità, bilancia la pressione osmotica del succo cellulare, partecipa al flusso di sostanze che attraversano la cellula.



La parete si compone di

- **lamella mediana** in posizione centrale, un sottile strato ($1/10 \mu\text{m}$) formato da pectine che hanno una notevole azione cementante di due cellule contigue. Lungo la lamella sono presenti speciali cordoni citoplasmatici detti plasmodesmi;
- **parete primaria** a ridosso della lamella mediana con uno spessore $>$ (fino a $1 \mu\text{m}$) formata da una matrice (composta di acqua, emicellulose, pectine, proteine, lipidi) in cui è immersa cellulosa con funzione rinforzante. La cellulosa ha una tessitura dispersa (Figura 18) ed un peso di circa 10-15% del peso fresco della parete
- **parete secondaria** addossata internamente a quella primaria, rappresenta la $>$ parte della parete e si deposita quando la cellula ha completato il suo accrescimento per distensione e di solito raggiunge uno spessore non $<$ a $3 \mu\text{m}$.

ORGANELLI DI IMPORTANZA SECONDARIA

I **lisosomi** sono rivestiti da una sola membrana e contengono gli enzimi per degradare le sostanze estranee derivanti dall'esterno o gli organuli che non sono più in grado di svolgere la propria funzione.

I **microtubuli** sono costituiti da una proteina detta tubulina e misurano 25 nm al max. Vanno a costituire le fibre del fuso durante la divisione mitotica, ciglia, flagelli e i centrioli.

I **centrioli** sembrava svolgessero una funzione importante durante la costituzione del fuso mitotico ma attualmente sembra che siano inattivi e scarsamente definiti, posti ai poli opposti del fuso.

I **microfilamenti** hanno un diametro massimo di 7 nm e sono formati da sostanze molto simili a quelle che costituiscono i muscoli e imprimono la forza motrice per la contrazione cellulare, il movimento ameboide e forse il trasporto intracellulare.

NASCITA DELLA PLURICELLULARITA'

- ❖ NASCITA DEGLI ORGANISMI COLONIALI
- ❖ SVILUPPO DEGLI ORGANISMI PLURICELLULARI
- ❖ VITA SULLA TERRA: 600 MILIONI DI ANNI FA

