

**FACOLTA' DI BIOSCIENZE E TECNOLOGIE AGRO-ALIMENTARI E
AMBIENTALI**

**CORSO DI STUDI IN SCIENZE E TECNOLOGIE
ALIMENTARI**

**CORSO DI STRUTTURA E FUNZIONI
DEGLI ORGANISMI VEGETALI**

Dr. Nicola Olivieri

Lezione n. 2 terza parte

ARGOMENTO: LA CELLULA VEGETALE

Plasmodesmi

Le pareti cellulari primarie presentano delle aree punteggiate nelle quali si trovano i plasmodesmi.

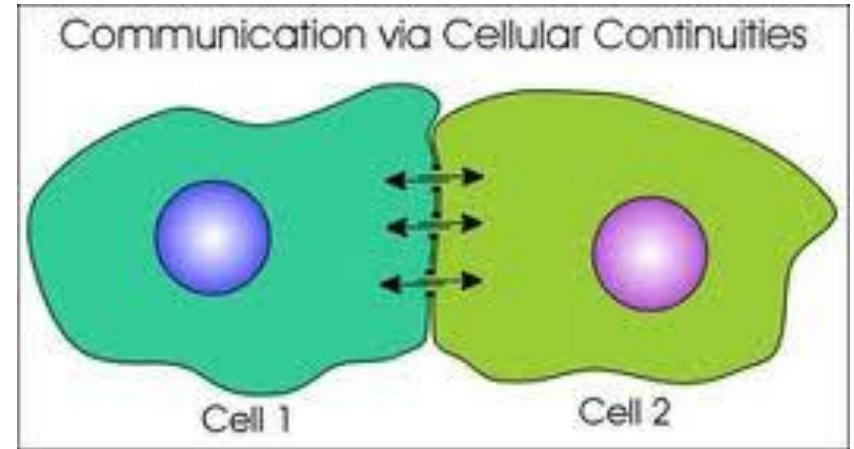
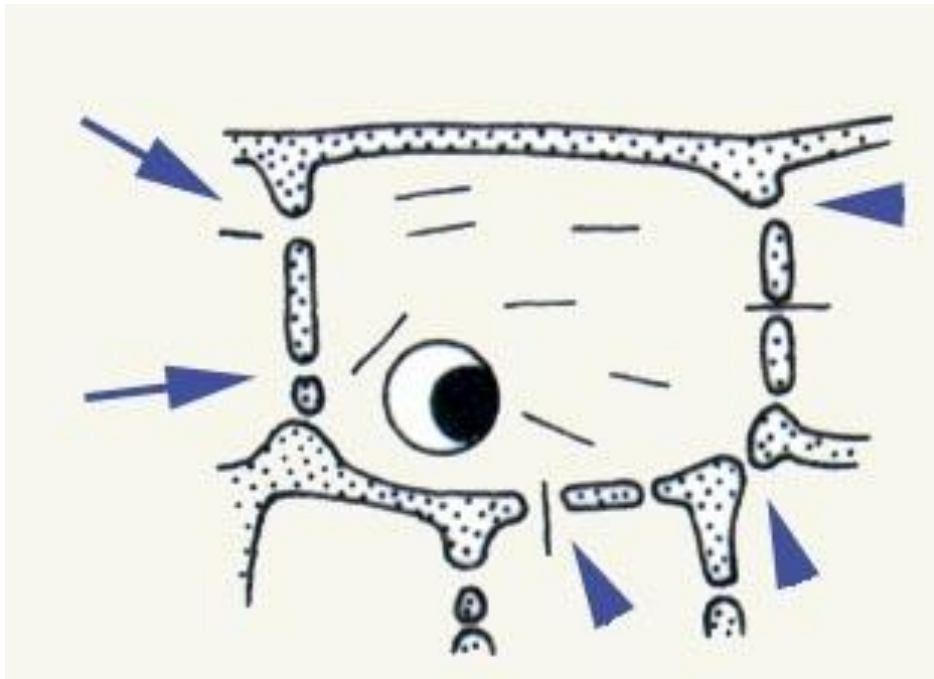
I plasmodesmi facilitano il passaggio di sostanze come ioni, zuccheri, molecole segnale ed altre piccole molecole tra cellule contigue.

Sono formati da un desmotubulo che è ricoperto da prolungamenti della membrana plasmatica e fa parte del reticolo endoplasmatico.

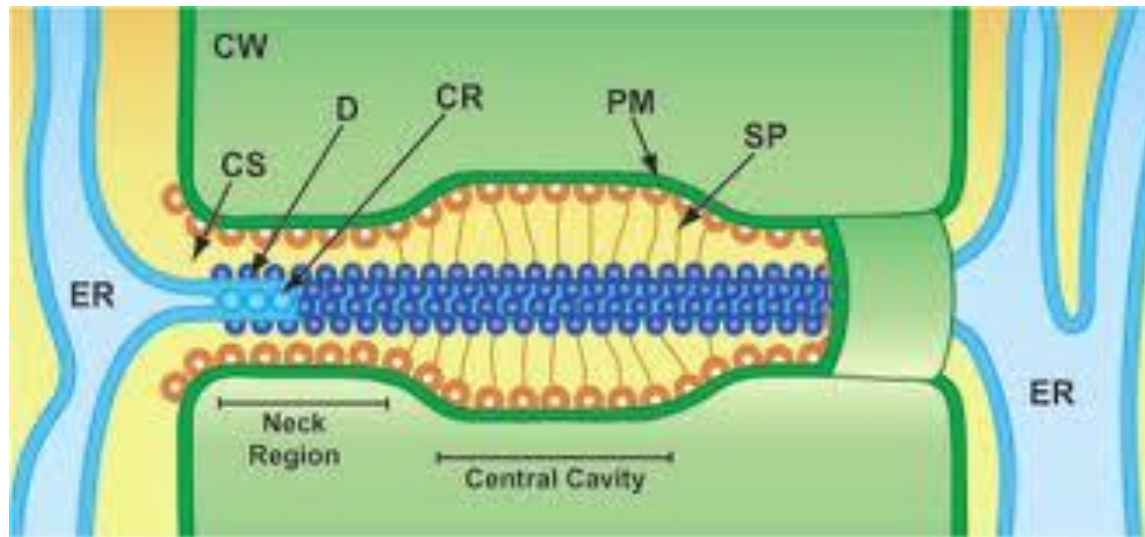
All'interno del desmotubulo vi sono delle proteine che selezionano le molecole in transito.

Le cellule vegetali unite dai plasmodesmi si comportano come una sorta di unità funzionale definita continuum simplastico o semplicemente simplasto.

Il transito di molecole da una cellula all'altra attraverso i plasmodesmi viene definito trasporto per via simplastica.



Plasmodesmi



Sezione longitudinale di un plasmodesma con desmotubulo

Plasmodesmi

Le aree punteggiate delle pareti di cellule vicine tendono ad avere una dislocazione coincidente.

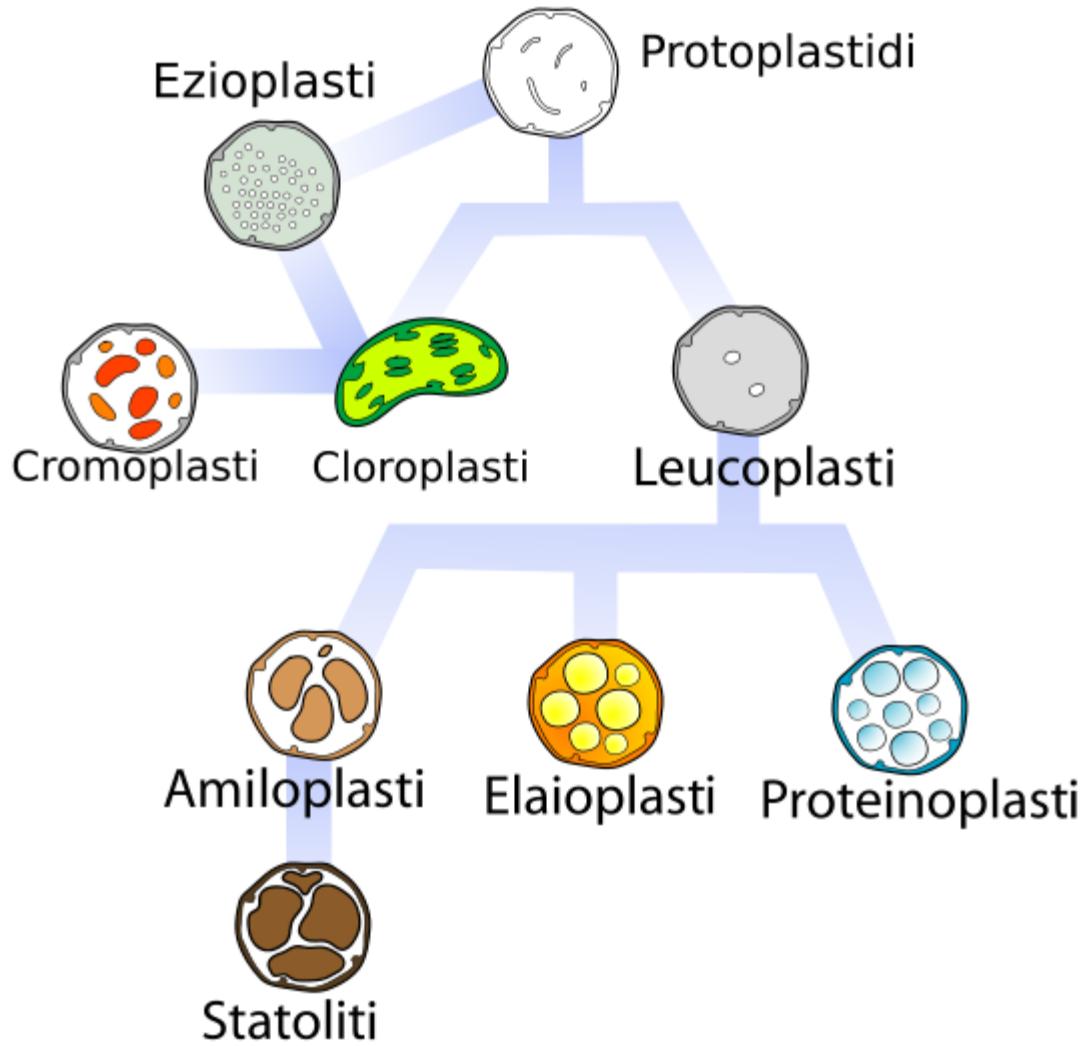
In corrispondenza delle punteggiature non viene depositata la parete secondaria

Le punteggiature vengono distinte in semplici ed areolate.

PLASTIDI

- **I plastidi sono un gruppo di organuli cellulari specifici della cellula vegetale, che sono sede di numerose attività connesse al metabolismo cellulare.**
- **Tutti insieme i plastidi costituiscono il sistema plastidiale**
- **Si possono trovare nelle cellule dei vegetali e dei protisti fotosintetici**
- **Sono coinvolti nei processi di fotosintesi e nei processi di accumulo**

Plastidi



Plastidi

- **I plastidi derivano tutti dalla stessa forma embrionale (protoplastidi) ed in molti casi possono trasformarsi l'uno nell'altro.**
- **La forma più antica ed originaria di plastidio è il cloroplasto, dal quale si sono originato tutti gli altri plastidi presenti nelle piante terrestri.**
- **L'origine del cloroplasto viene fatta risalire ad un evento di endosimbiosi tra un cianobatterio ed una cellula eucariotica primitiva**



**PIANTE
EZIOLATE**

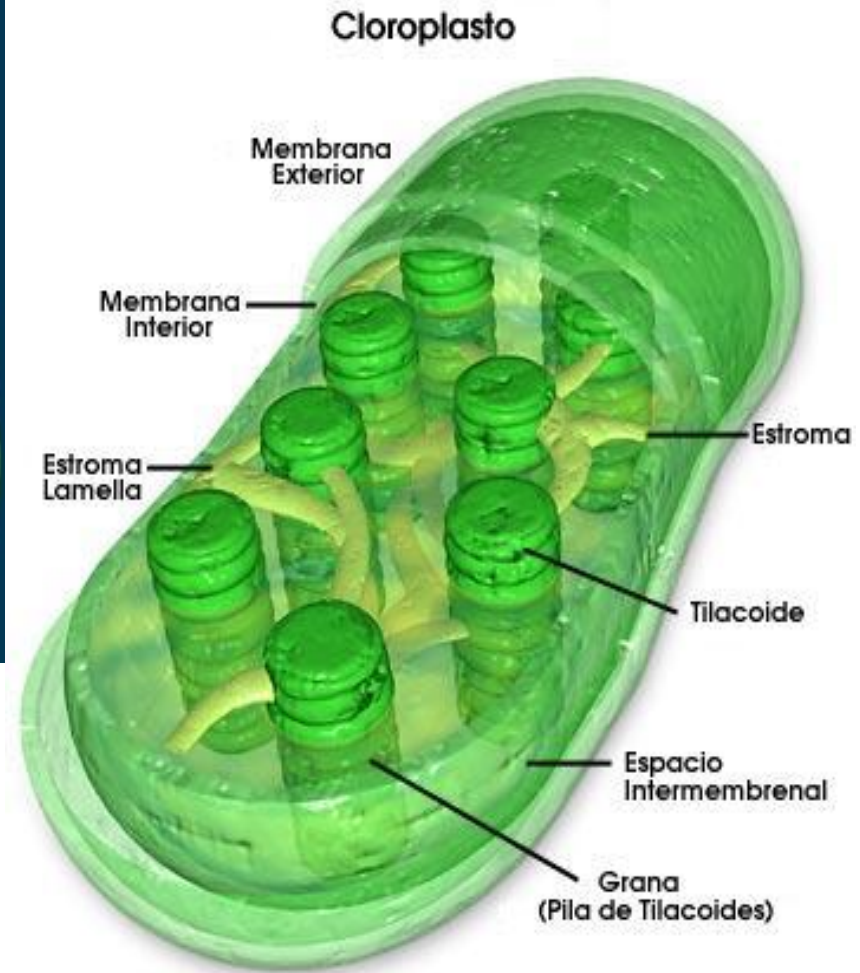
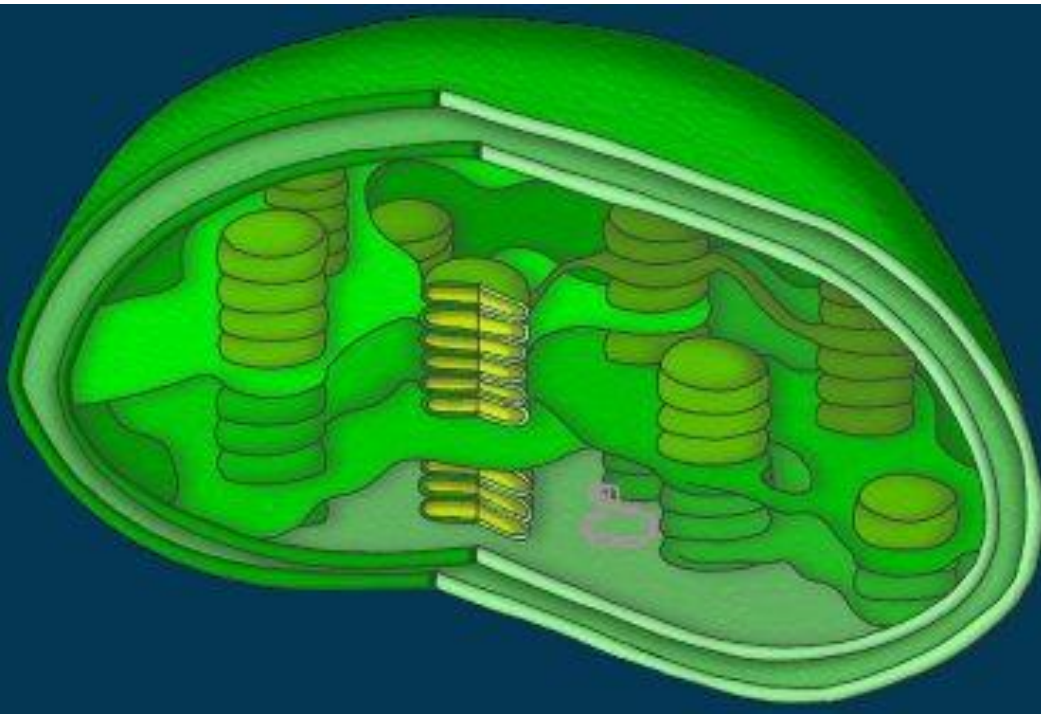


Plastidi

- **Come i mitocondri i plastidi sono delimitati da un sistema di tre membrane (una interna, una esterna ed una mediana) separate da uno spazio intermembrana detto stroma. Come i mitocondri i plastidi posseggono un proprio DNA e sono coinvolti nel metabolismo energetico.**
- **Nelle piante superiori e nelle alghe verdi i plastidi sono circondati da due membrane costituite da un doppio strato lipidico. Si suppone che la membrana interna corrisponda alla membrana cellulare del cianobatterio ancestrale dal quale il cloroplasto ha tratto origine.**
- **Il genoma del cloroplasto è ridotto rispetto a quello degli attuali cianobatteri, ma i due genomi hanno numerose caratteristiche in comune. Molti dei geni mancanti nel DNA del cloroplasto sono presenti nel DNA del nucleo cellulare**

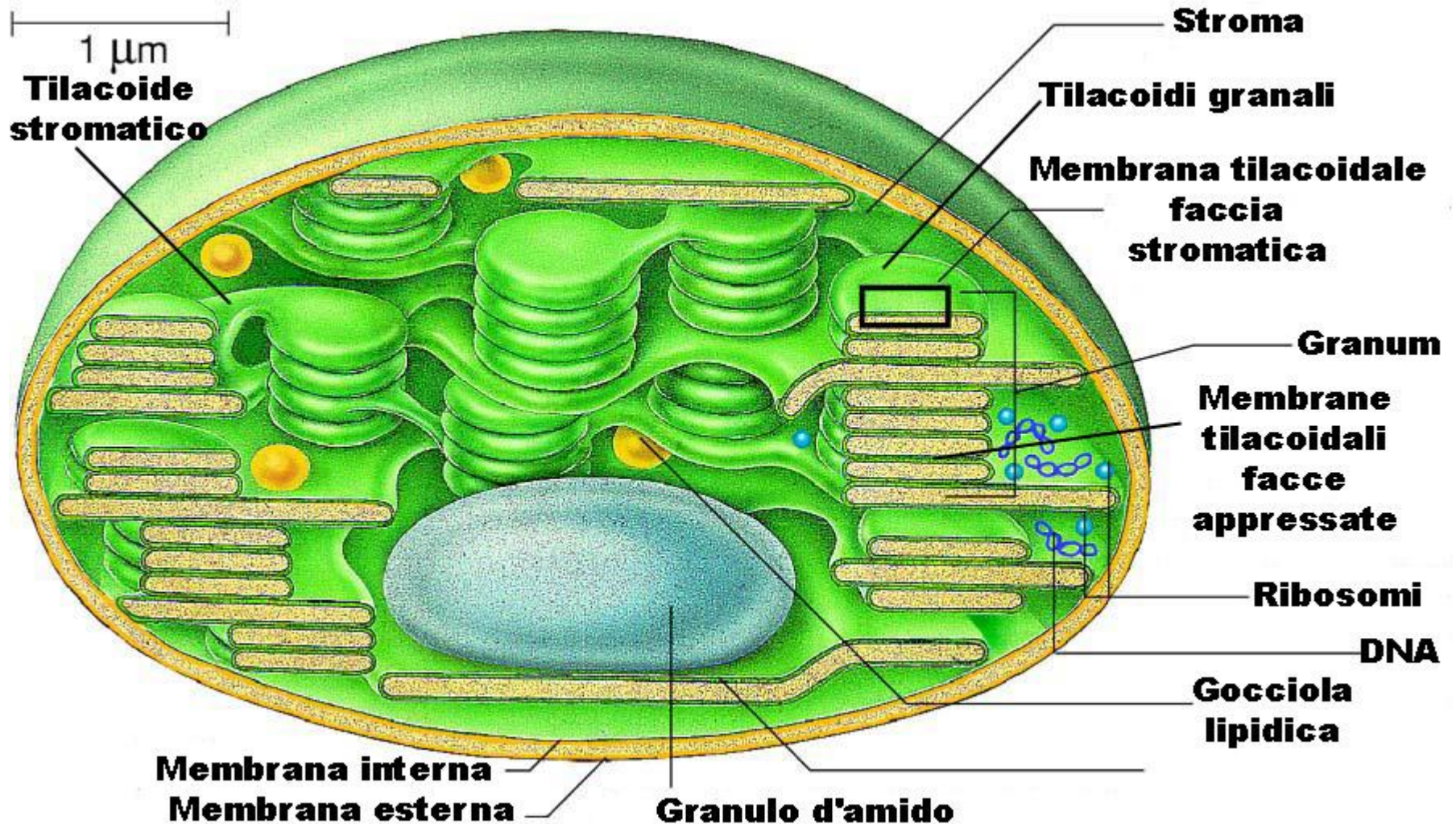
Plastidi

- **Nelle cellule dei meristemi delle piante il numero di protoplastidi per cellula si mantiene intorno al numero di 10 - 20**
- **Prima di ogni divisione della cellula deve aver luogo una duplicazione dei protoplastidi presenti**
- **La divisione dei proplastidi avviene tramite un processo di scissione binaria**
- **I plastidi contengono molecole multiple di DNA detto $_{pt}$ DNA che costituiscono il genoma plastidico**



Cloroplasto

STRUTTURA DEL CLOROPLASTO



Struttura dei cloroplasti

L'interno dei cloroplasti è caratterizzato dalla presenza di un sistema di membrane che formano sacculi di forma discoidale definiti tilacoidi.

I tilacoidi sono immersi in una sostanza fondamentale che riempie il volume interno del cloroplasto definita stroma.

I tilacoidi tendono ad associarsi costituendo delle strutture somiglianti a pile di monete, definite grani o grana (dal latino granum).

I tilacoidi che costituiscono i grani sono detti tilacoidi granali mentre i tilacoidi che collegano i diversi grani attraversando lo stroma sono detti tilacoidi stromali.

Lo spazio interno dei tilacoidi è detto lume tilacoidale.

Nelle altre categorie di plastidi i tilacoidi possono essere variamente ridotti.

Struttura dei cloroplasti

Si ritiene che i tilacoidi granari e stromatici con i loro compartimenti interni costituiscano un unico sistema interconnesso

Nei tilacoidi avviene la “fase luminosa” della fotosintesi, il liquido contenuto nel lume tilacoidale ha un pH acido.

Nelle membrane dei tilacoidi è inserita la clorofilla che insieme ad altri pigmenti costituisce i cosiddetti fotosistemi (I e II), nei quali l'energia luminosa viene captata tramite il cosiddetto “complesso antenna” e convogliata ad un centro di reazione dove viene convertita in energia chimica.

Nello stroma dei cloroplasti avviene la cosiddetta “fase oscura” del processo di fotosintesi clorofilliana, che comporta la fissazione del carbonio della CO₂.

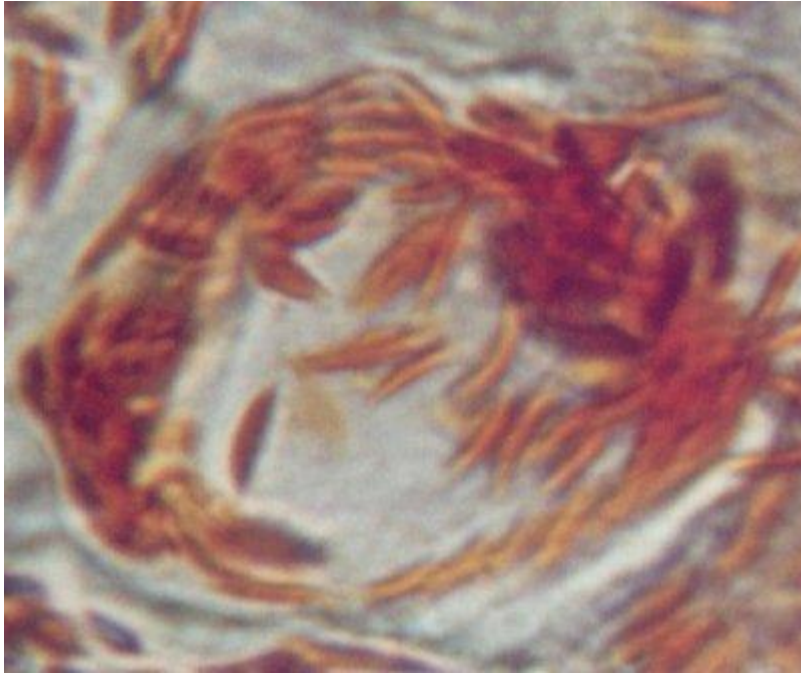
Lo stroma ha un pH leggermente basico e contiene vari enzimi idrosolubili tra cui in particolare la ribuloso difosfato carbossilasi (RUBP) che serve a fissare l'anidride carbonica.



Foglie di piante che presentano maculature chiare a causa di alterazioni del DNA plastidiale dei cloroplasti



CROMOPLASTI



IL CROMOPLASTO E'IL TERZO ORGANULO BIOENERGETICO DELLA CELLULA



CROMOPLASTI

I cromoplasti hanno una forma variabile e mancano di un sistema tilacoidale, presentano tuttavia delle membrane interne. In genere derivano dai cloroplasti, ma possono derivare dai proplastidi o dai leucoplasti. I cromoplasti contengono pigmenti carotenoidi che possono essere accumulati in goccioline lipidiche dette plastoglobuli, che hanno colore giallo – arancione.

CROMOPLASTI

Nei cromoplasti vengono sintetizzati ed accumulati pigmenti carotenoidi che conferiscono colorazioni gialle, rosse ed arancioni a molti e fiori ad alcuni frutti e a radici, come le carote.

Questi pigmenti possono servire all'attrazione degli impollinatori e dei disseminatori.

I GERONTOPLASTI

Nelle foglie senescenti i plastidi presenti possono assumere un aspetto simile a quello dei cromoplasti, per l'accumulo di carotenoidi in plastoglobuli. Questi organuli vengono definiti GERONTOPLASTI e non sono in grado di ritornare allo stato di cloroplasti.

Al contrario i cromoplasti possono ritornare allo stadio di cloroplasti. Questo si verifica in alcune piante nelle quali le foglie ed i fusti temporaneamente tendono ad arrossarsi in alcuni periodi dell'anno.

SEDUM RUBROINCTUM



I CAROTENOIDI

I carotenoidi sono TETRATERPENOIDI rossi, arancioni o gialli. Essi funzionano da pigmenti accessori nelle piante, aiutando a sostenere la fotosintesi raccogliendo lunghezze d'onda della luce che la clorofilla non è in grado di assorbire. I carotenoidi più comuni sono il carotene (un pigmento arancione che si trova nelle carote) la luteina (un pigmento giallo che si trova in frutti e verdure) e il licopene (il pigmento rosso responsabile del colore dei pomodori). Si è dimostrato che i carotenoidi agiscono da antiossidanti e promuovono un aspetto salutare nell'uomo.

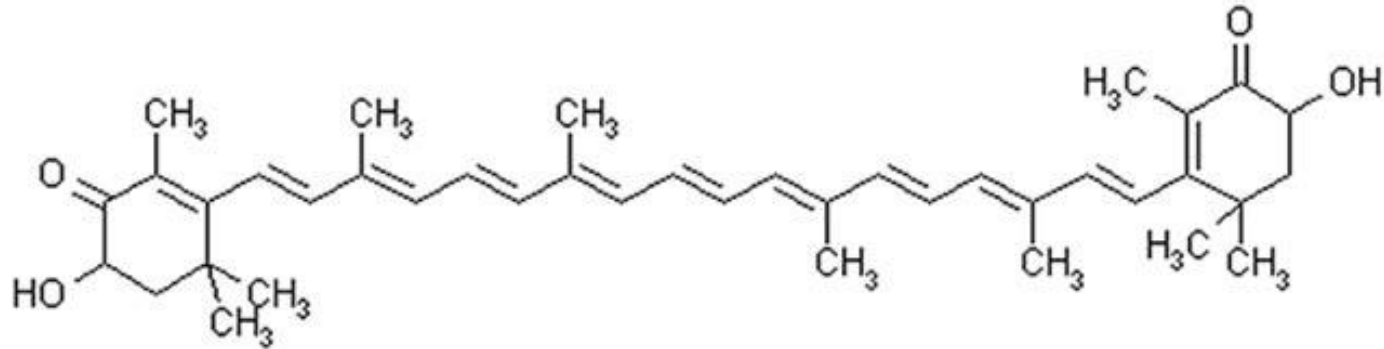
I CAROTENOIDI

I carotenoidi sono molecole costituite da una lunga catena di atomi di carbonio (costituita da 35-40 atomi e definita catena polienica), spesso terminante in un anello. La struttura della catena permette di dividere i carotenoidi in due classi:

le XANTOFILLE costituite da catene contenenti atomi di ossigeno; appartengono a questa classe importanti pigmenti come ASTAXANTINA, la LUTEINA e la ZEAXANTINA.

i CAROTENI, costituiti invece da molecole prive di ossigeno e formate solo da idrogeno, oltre che da carbonio. Appartengono a questa classe il LICOPENE ed il CAROTENE, che è forse il più conosciuto di questi pigmenti e che dà il nome alla classe, contenuto nelle carote e responsabile del tipico colore arancione di questa radice.

ASTAXANTINA



L'astaxantina è un carotene lipofilo, quindi un pigmento rosso porpora facilmente identificabile. La sua sintesi avviene esclusivamente negli organismi di tipo vegetale (vedi l'alga *Haematococcus pluvialis*), che entrando nella catena alimentare penetrano prima nelle carni dei crostacei e poi in quelle dei pesci.

LUTEINA

La LUTEINA appartiene al gruppo delle xantofille, pigmenti naturali liposolubili contenuti in molti alimenti, di origine sia animale (ne è ricco il tuorlo d'uovo) sia soprattutto vegetale (spinaci, mais, cavoli).

La luteina ha formula $C_{40}H_{56}O_2$, corrispondente a quella del beta carotene con due gruppi ossidrilici negli anelli terminali.

La luteina è una sostanza di origine naturale, nota per le sue proprietà antiossidanti e protettive sulla vista. Similmente agli altri animali, l'uomo non è in grado di sintetizzare la luteina e deve quindi procurarsela attraverso i cibi.

***TAGETES ERECTA* SPECIE AMERICANA
APPARTENENTE ALLA FAMIGLIA DELLE ASTERACEE
LA CUI COLORAZIONE DEI CAPOLINI DIPENDE IN
LARGA PARTE DALLA PRESENZA DI LUTEINA**



CAROTENE

Il carotene è una provitamina terpenica contenuta nelle carote e in numerosi vegetali a cui conferisce colorazione rossa o arancio.

Dal suo metabolismo producono due molecole di vitamina A.

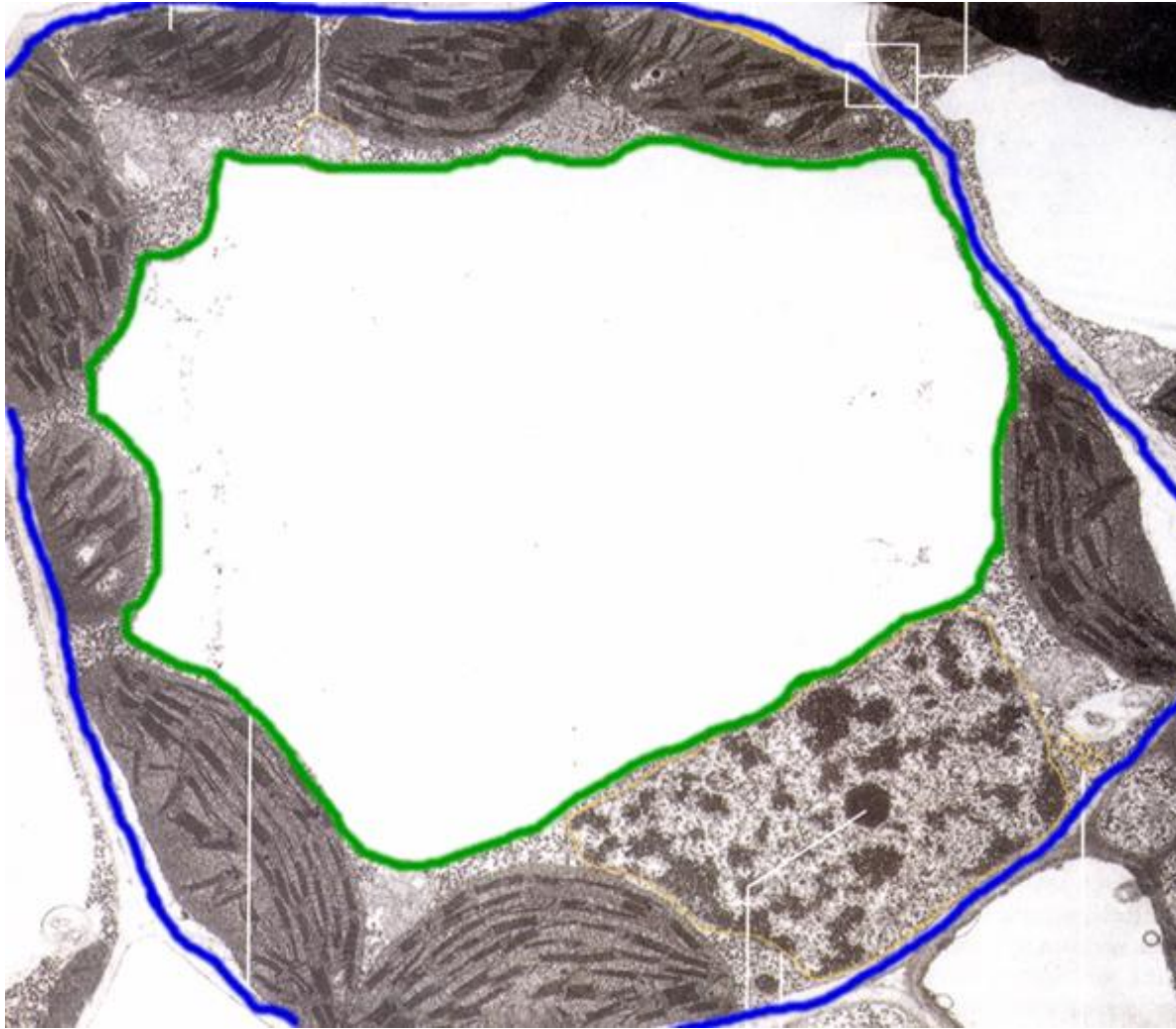
Il carotene è formato da 8 unità isopreniche ciclizzate agli estremi ed esiste in due forme dette alfa e beta. Il beta-carotene è la forma più diffusa in natura.



LEUCOPLASTI



Vacuolo all'interno di una cellula vegetale



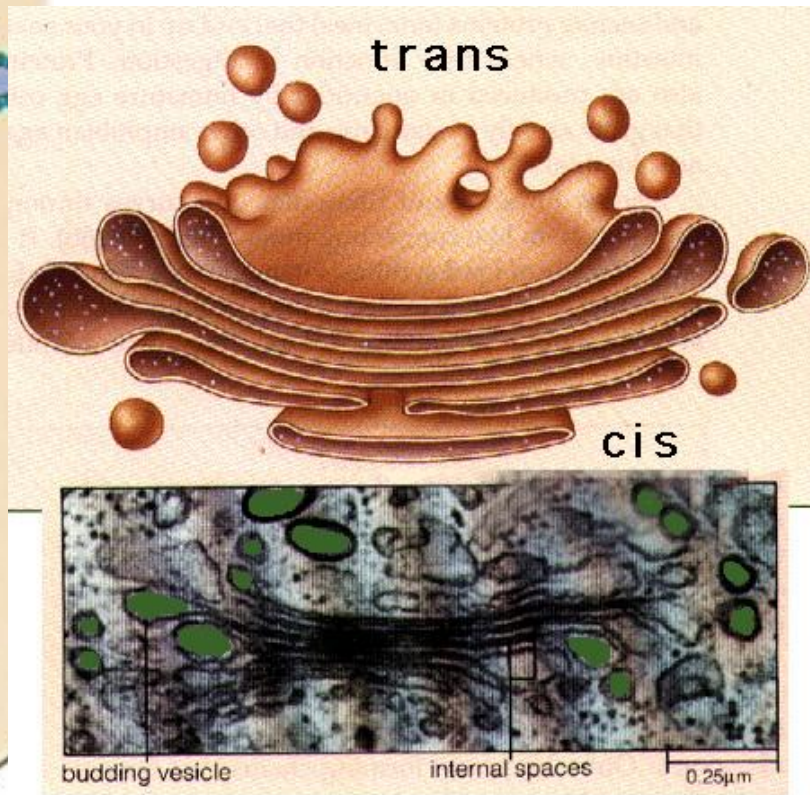
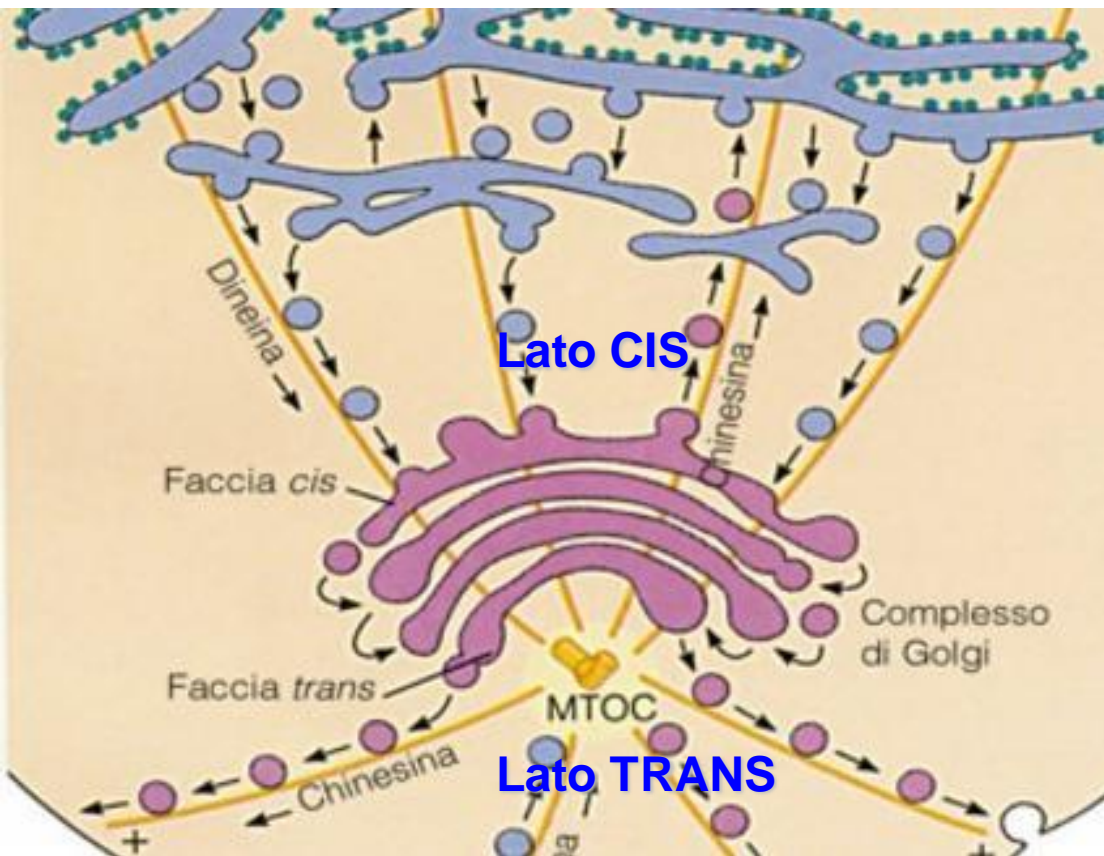
Il termine vacuolo deriva dal latino vacuus 'vuoto' ed ha il significato di piccolo spazio vuoto.

I genere i vacuoli non sono vuoti ma sono i siti di accumulo di sostanze di varia natura.

I vacuoli possono occupare fino al 90 % del volume interno della cellula vegetale.

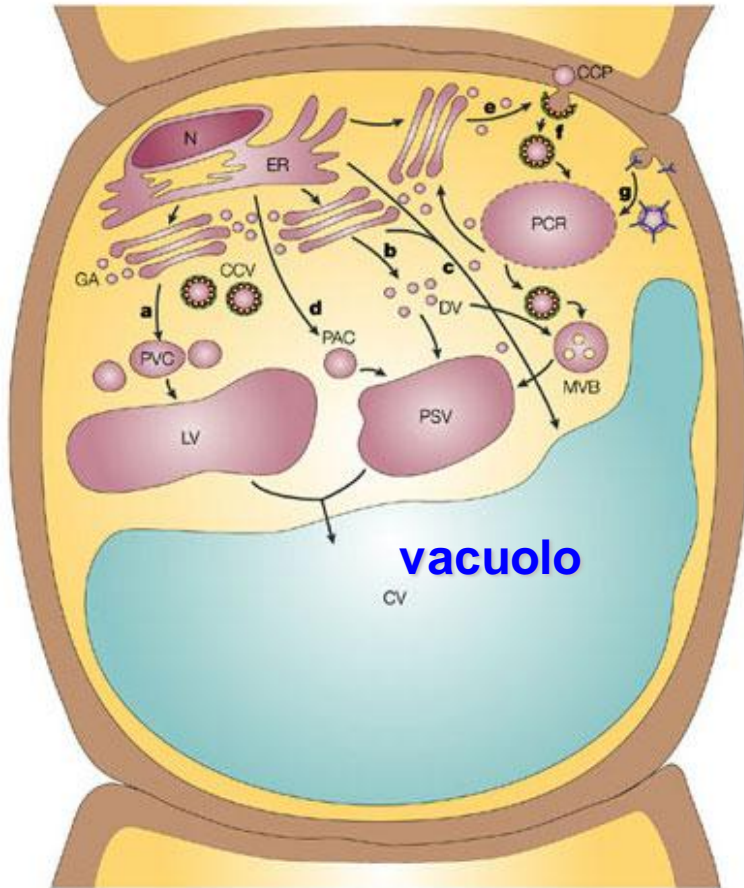
I vacuoli

- Il termine vacuolo è stato usato per la prima volta dal francese Dujardin per indicare delle cavità apparentemente vuote presenti in organismi unicellulari.**
- I vacuoli rappresentano i componenti più voluminosi del sistema di endomembrane della cellula vegetale, che comprende anche il reticolo endoplasmatico e l'apparato di Golgi.**
- I vacuoli traggono origine dal reticolo endoplasmatico rugoso (RER) e più in particolare dall'apparato di Golgi, dal quale si distaccano come piccole vescicole dette provacuoli.**
- I vacuoli sono racchiusi da una membrana definita tonoplasto, poiché i vacuoli contribuiscono al sostegno ed alla distensione della cellula vegetale.**



L'apparato o complesso di Golgi, scoperto da Camillo Golgi nel 1898, è costituito da cisterne membranose appiattite che si formano per fusione di vescicole che gemmano dal reticolo endoplasmatico (RE) in corrispondenza del lato cis e migrano quindi lungo la pila fino a raggiungere il lato trans dove si frammentano in vescicole di varia natura e di diversa destinazione. Alcune di queste vescicole si fondono con tubuli del RE e con strutture simili a lisosomi contenenti enzimi digestivi, dando origine a tubuli definiti GERL (da Golgi, RE, lisosomi) che accrescendosi e fondendosi divengono provacuoli che unendosi a loro volta possono inglobare porzioni di citoplasma originando i vacuoli

Vacuoli e sistemi di endomembrane nella cellula vegetale



Il tonoplasto è una membrana formata da fosfoglicolipidi, steroli e proteine, dotata di caratteristiche speciali. Possiede una struttura bistratificata asimmetrica, il lato rivolto verso l'esterno è più ricco di proteine integrali o intramembrana rispetto alla superficie rivolta verso l'esterno.

Le proteine inserite nello strato lipidico del tonoplasto sono principalmente proteine di trasporto (carriers), pompe protoniche, proteine canale, ed enzimi. Tra esse rivestono particolare importanza le acquaporine che facilitano il transito dell'acqua attraverso la membrana.

Il doppio strato lipidico che rappresenta la struttura di base del tonoplasto contiene una elevata percentuale di glicolipidi

L'interno del vacuolo ospita una soluzione detta succo vacuolare nella quale possono essere contenute varie sostanze.

I vacuoli

Nelle cellule vegetali giovani i vacuoli sono generalmente piccoli e numerosi, in seguito per coalescenza nelle cellule vegetali mature si origina un unico grande vacuolo.

L'aumento delle dimensioni delle cellule vegetali nel tempo è dovuto sostanzialmente all'incremento del volume del vacuolo più che alla crescita della quantità di citoplasma.

In alcuni tipi di cellule vegetali l'incremento delle dimensioni del vacuolo causa l'eliminazione del nucleo e di gran parte del citoplasma. Queste cellule possono comunque sopravvivere grazie agli apporti di cellule adiacenti (cellule compagne) cui sono connesse tramite plasmodesmi.

Funzioni dei vacuoli

Nelle cellule vegetali il vacuolo può contenere:

ioni minerali (sodio, potassio, cloro, fosfato, nitrato, etc.,

metaboliti secondari (alcaloidi, terpenoidi, fenoli) superflui o utilizzati per difesa dai vegetali,

acidi organici (citrico, malico, etc.), come accade ad esempio nei frutti degli agrumi,

glucosidi, tannini,

pigmenti flavonoidi (antociani, flavoni, flavonoli) e betalaine che conferiscono le colorazioni ad alcuni fiori e ad alcuni frutti.



**Colorazioni dovute
alle betalaine**