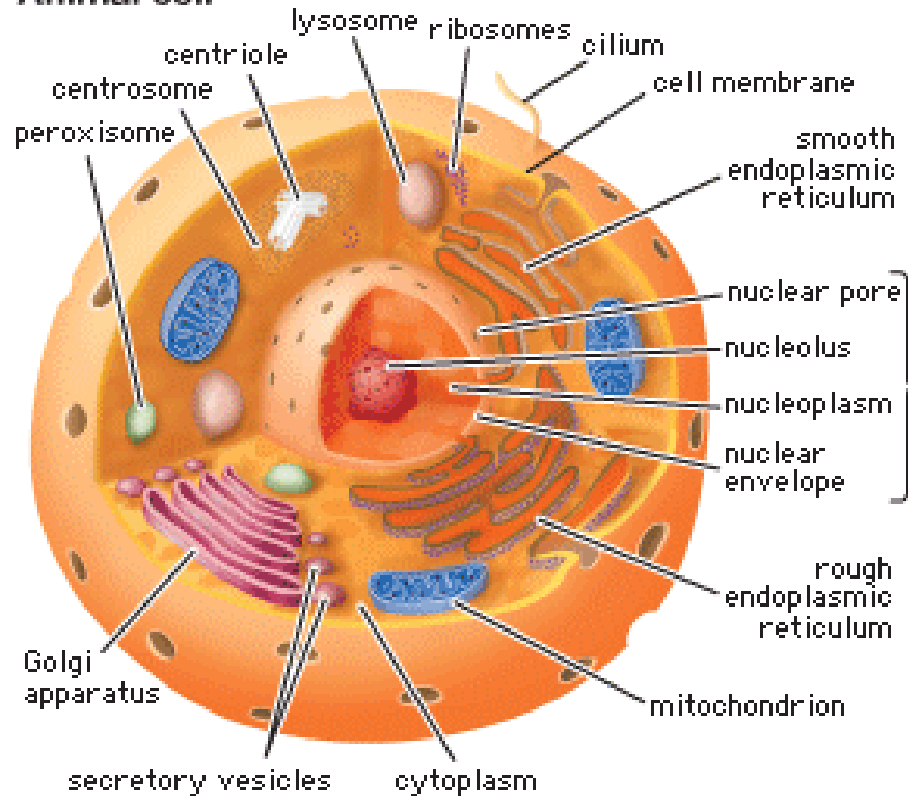
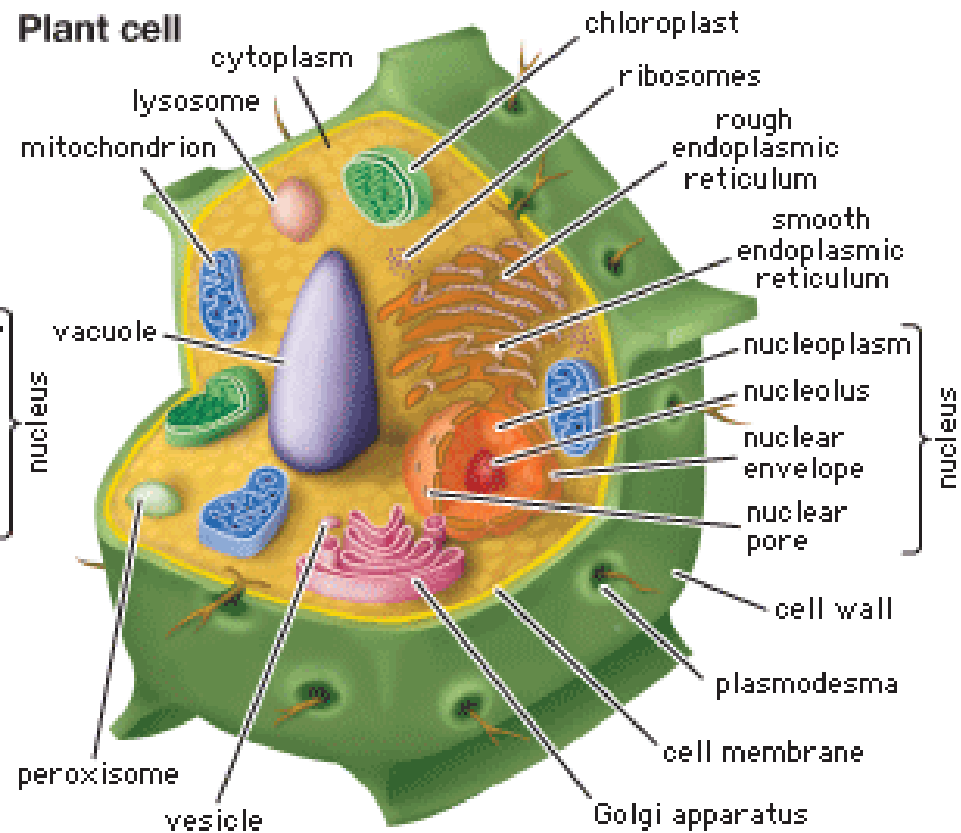


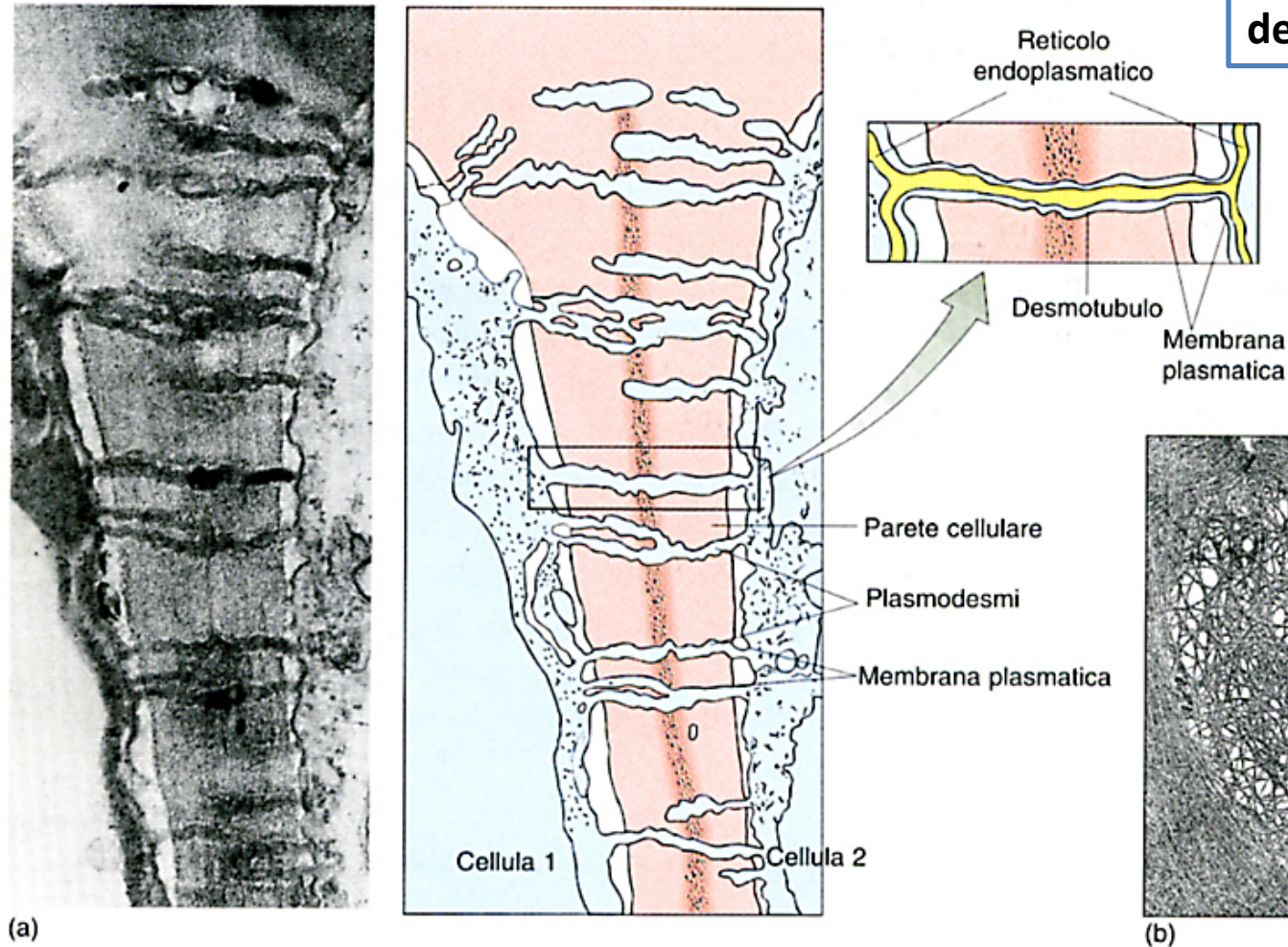
## Typical animal cell and plant cell

### Animal cell



### Plant cell





desmotubulo

(a)

(b)

Figura 3.33 - (a) I plasmodesmi sono strutture complesse costituite da sottili perforazioni delle pareti primarie, rivestite da membrana plasmatica, contenenti citoplasma ed un tubulo centrale (detto desmotubulo) collegato al reticolo endoplasmatico ( $\times 68.000$ ) (Per gentile concessione di W.W. Thomson e Mark Lizzard, Università della California, Riverside). (b) Vista frontale di una parete cellulare, che mostra una zona rarefatta di forma ovale che è un campo di punteggiature primarie. Le piccole perforazioni delimitate da singole microfibrille di cellulosa sono fori attraverso i quali passano i plasmodesmi. Il protoplasma è stato rimosso durante la preparazione ( $\times 45.000$ ) (Per gentile concessione del Dr. Alan L. Koller, Università della Georgia, e del Dr. Thomas L. Rost, Università della California, Davis).

## **Reticolo endoplasmico**

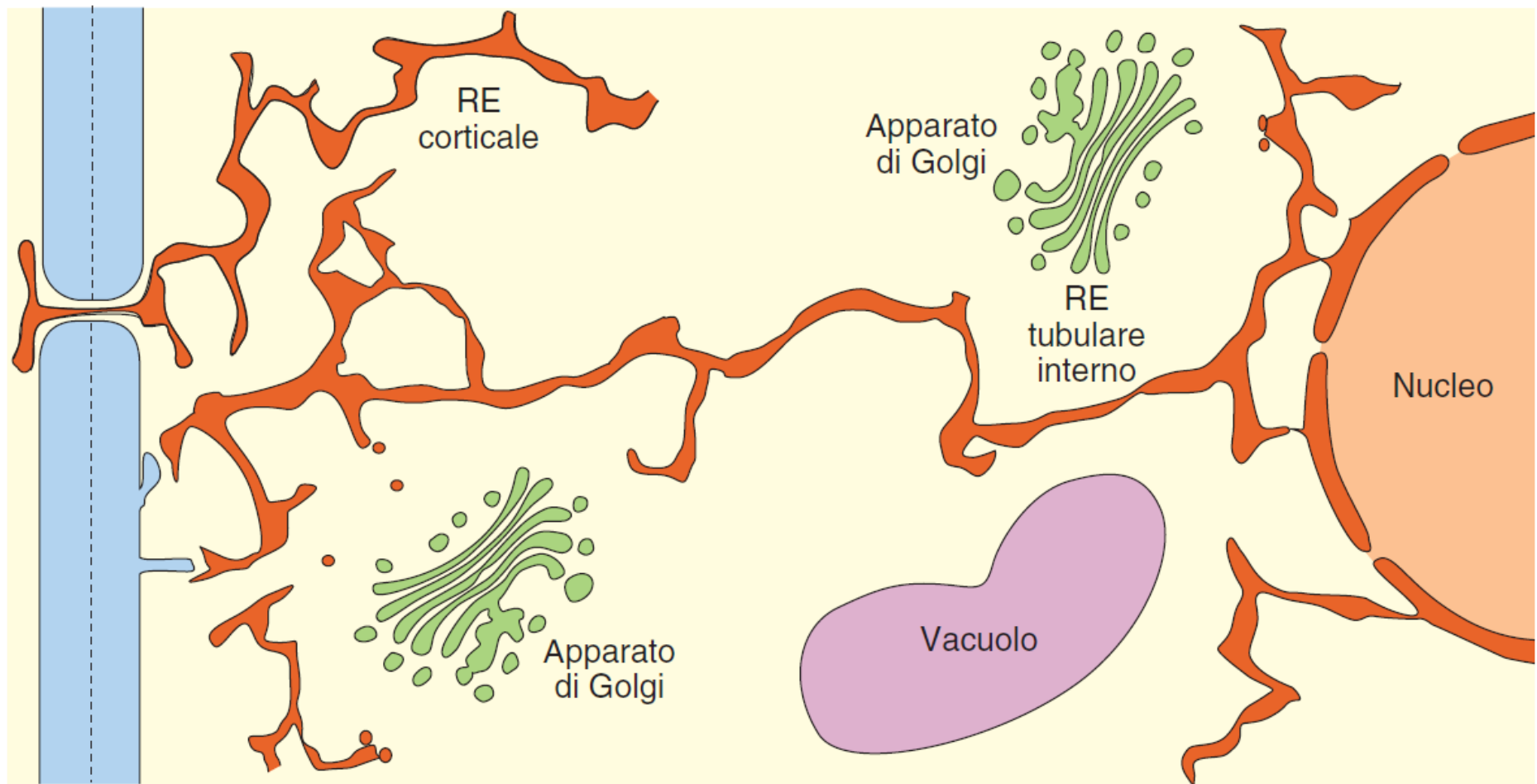
Trasporto di macromolecole (proteine). E' un sistema molto esteso di tubuli e sacculi che si ramificano e si interconnettono limitando uno spazio interno detto lume

le proteine sintetizzate da un ribosoma associato al RE passano cotraduzionalmente nel lume.

Se la proteina è un prodotto di riserva resta nel RE;

Se deve essere secreta si accumula causando la formazione di vescicole; queste si staccano si spostano verso la membrana plasmatica, si fondono con essa liberando il loro contenuto all'esterno (esocitosi).

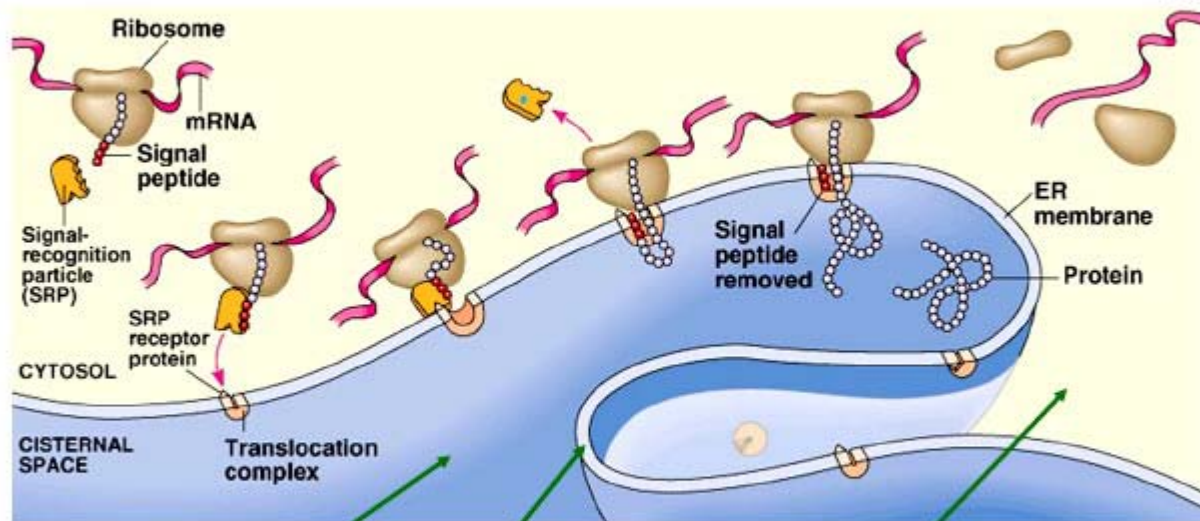
Alcune proteine vengono modificate nei ditiiosomi.



**Figura 4.2**

Distribuzione del reticolo endoplasmatico (RE) nella cellula vegetale: nella zona periferica è presente una rete poligonale di RE corticale, mentre nel citoplasma più interno si localizzano tubuli di RE (RE tubulare interno).

## Insertion of Polypeptide Chains into the Endoplasmic Reticulum



lumen

membrane of  
rough e.r.

cytoplasmic  
matrix

\*



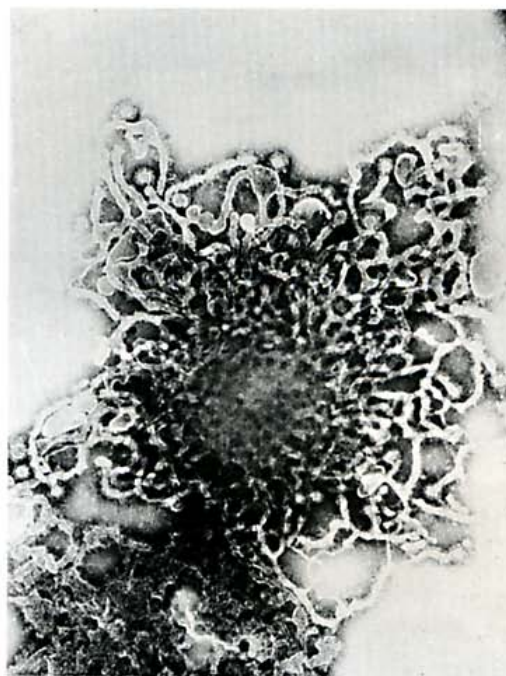
(a)

Vescicole che si fondono con la membrana endoplasmatica

Dittiosomi



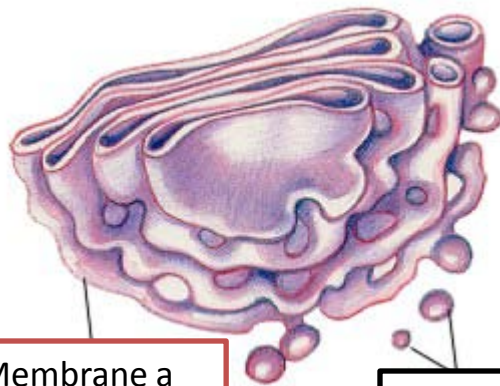
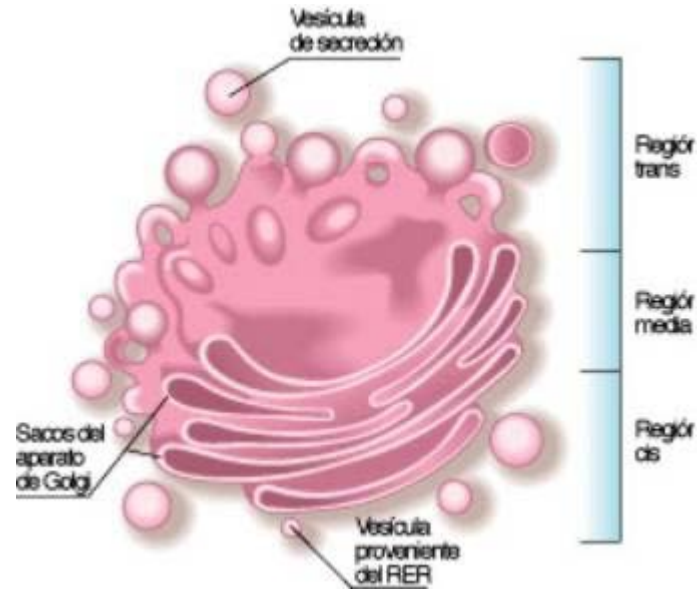
(b)



(c)

**Figura 3.20** - (a) I dittiosomi sono pile di vescicole appiattite; i margini formano una rete di tubuli e di piccole vescicole. (b) In seguito all'intensa attività del dittiosoma, come avviene in queste cellule secernenti mucillagini, il citoplasma è riempito da vescicole del dittiosoma, e la loro fusione con la membrana plasmatica è così estesa che quest'ultima appare fortemente ondulata. ( $\times 12.000$ ). (c) Dittiosoma isolato da una cellula vegetale, visto di fronte; è visibile la rete di tubuli periferici ( $\times 60.000$ ) (b e c per gentile concessione di H. Mollenhauer, "Texas A&M University").

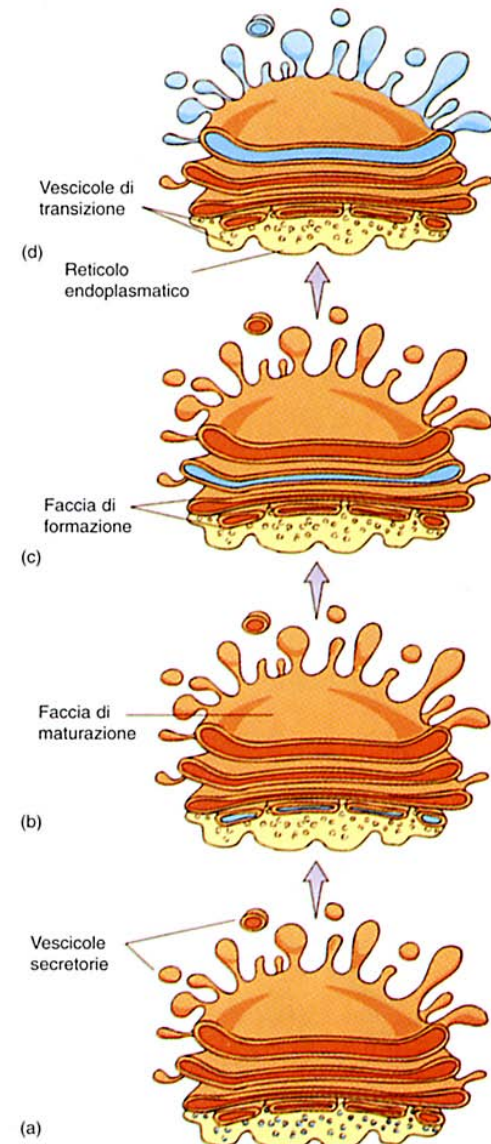
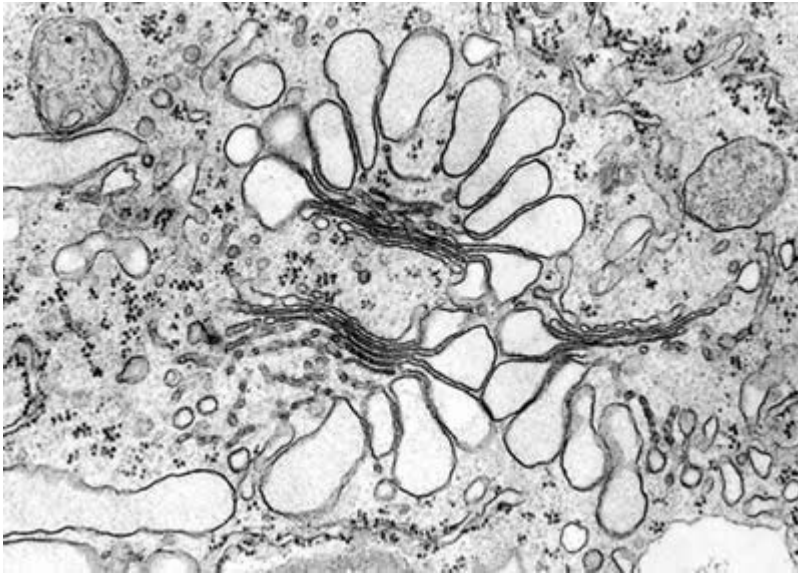
Il dittiosoma è formato da una pila di vescicole appiattite



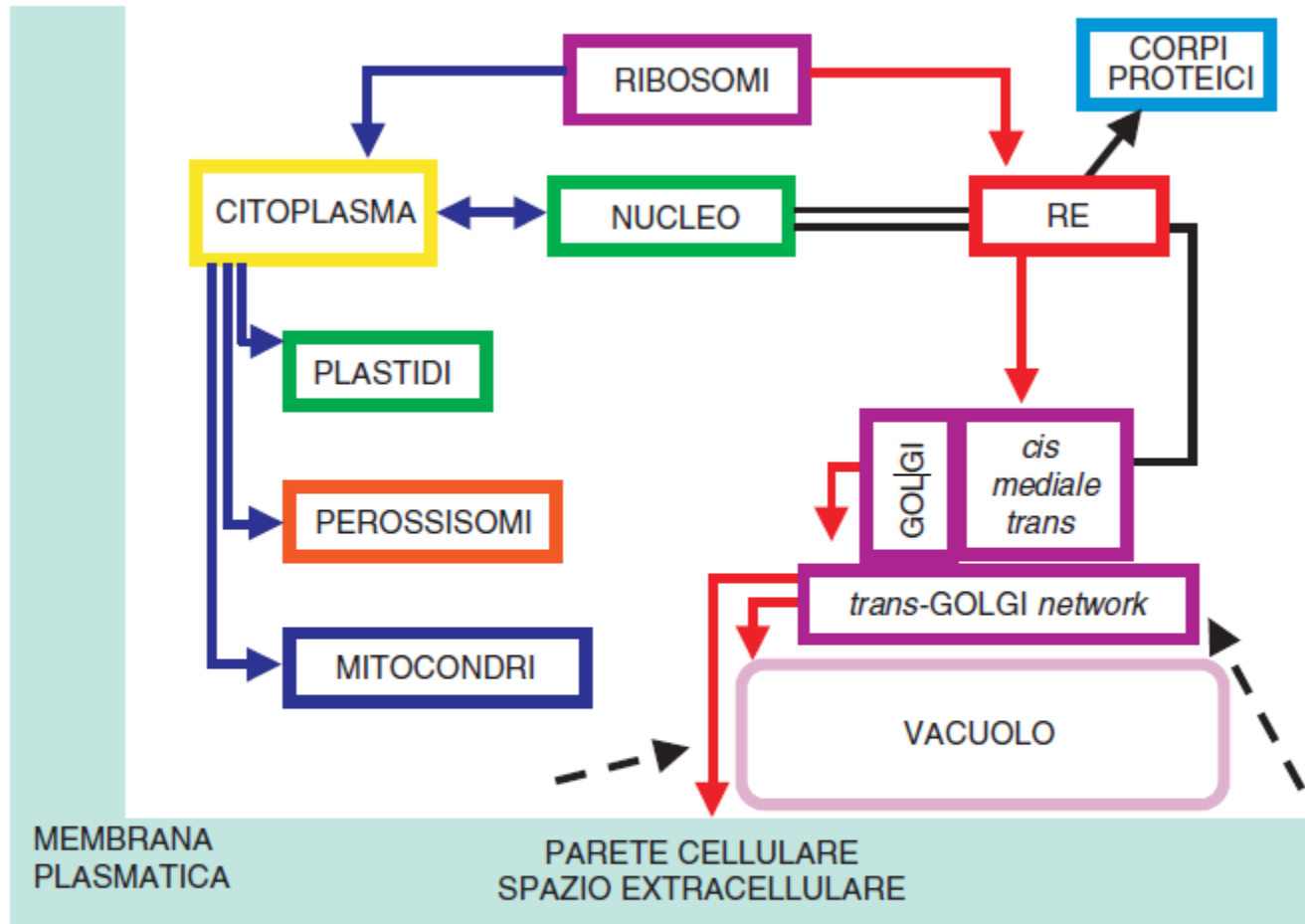
Membrane a  
Forma di sacco

vescicole

sistema di endomembrane: sistema esteso di tutte le membrane della cellula

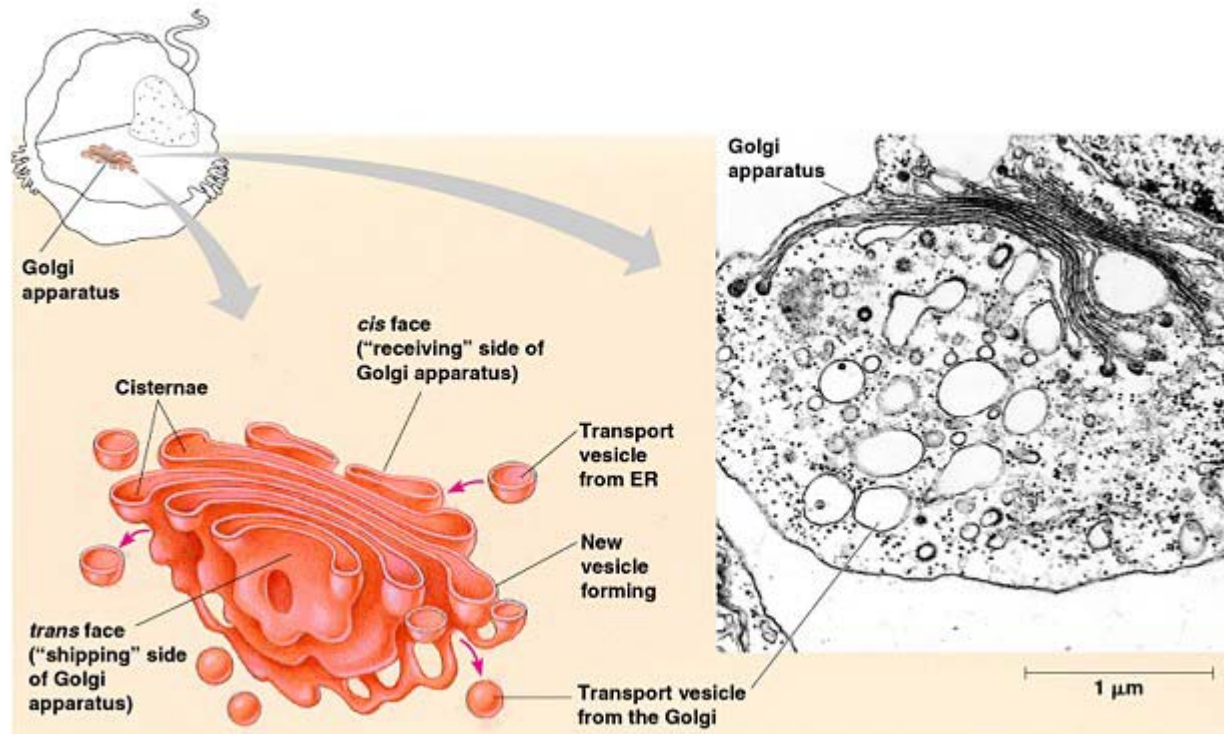


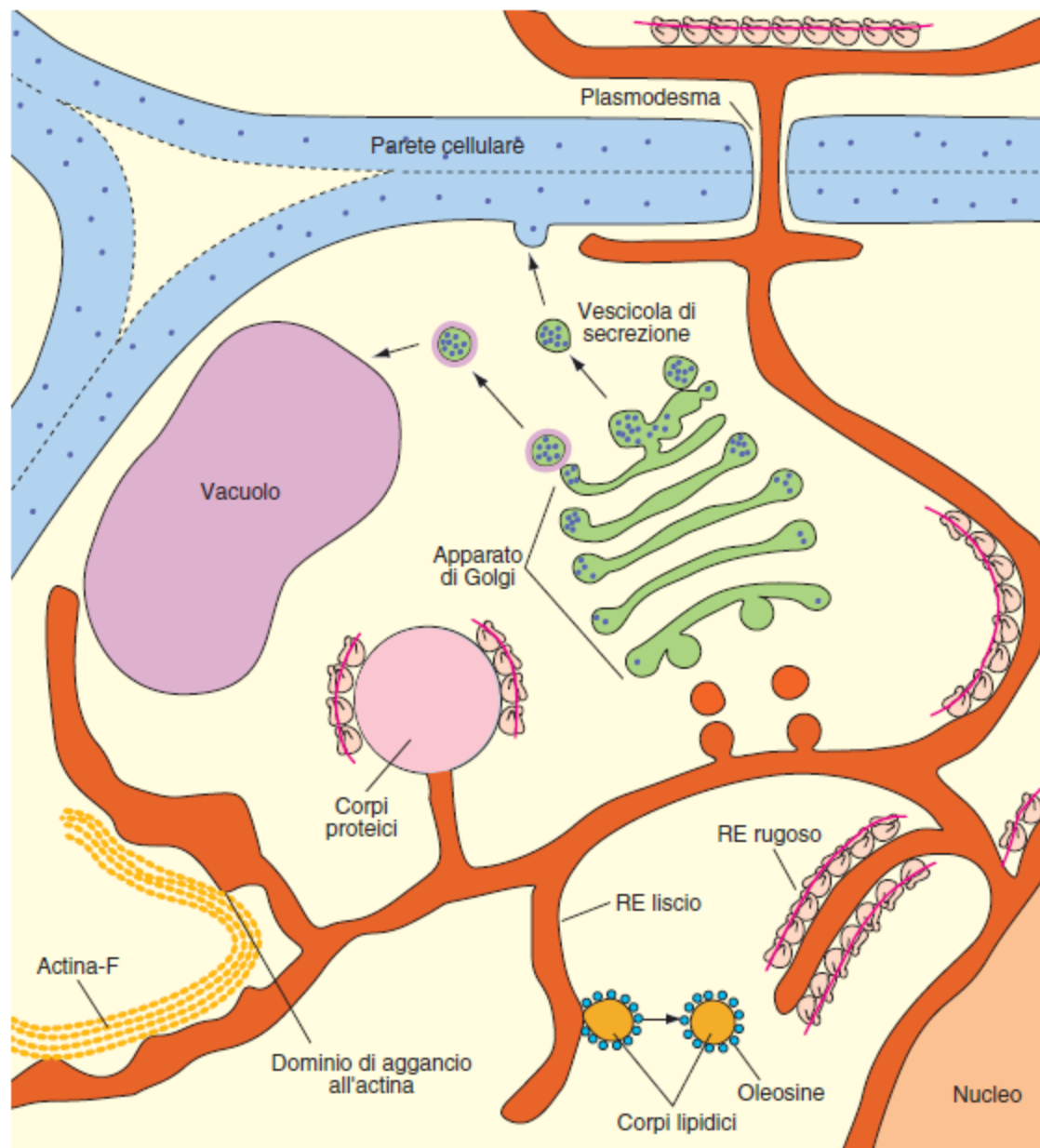
**Figura 3.21** - (a) Vescicole derivate dal reticolo endoplasmatico migrano a breve distanza dalla faccia di formazione di un dittiosoma. (b) Nella faccia di formazione, le vescicole si fondono a formare una nuova vescicola del dittiosoma, detta cisterna. (c) La cisterna si "muove" attraverso il dittiosoma perché nuove vescicole si formano su una faccia mentre altre vengono rilasciate dalla faccia di maturazione (d).



**Figura 4.1**

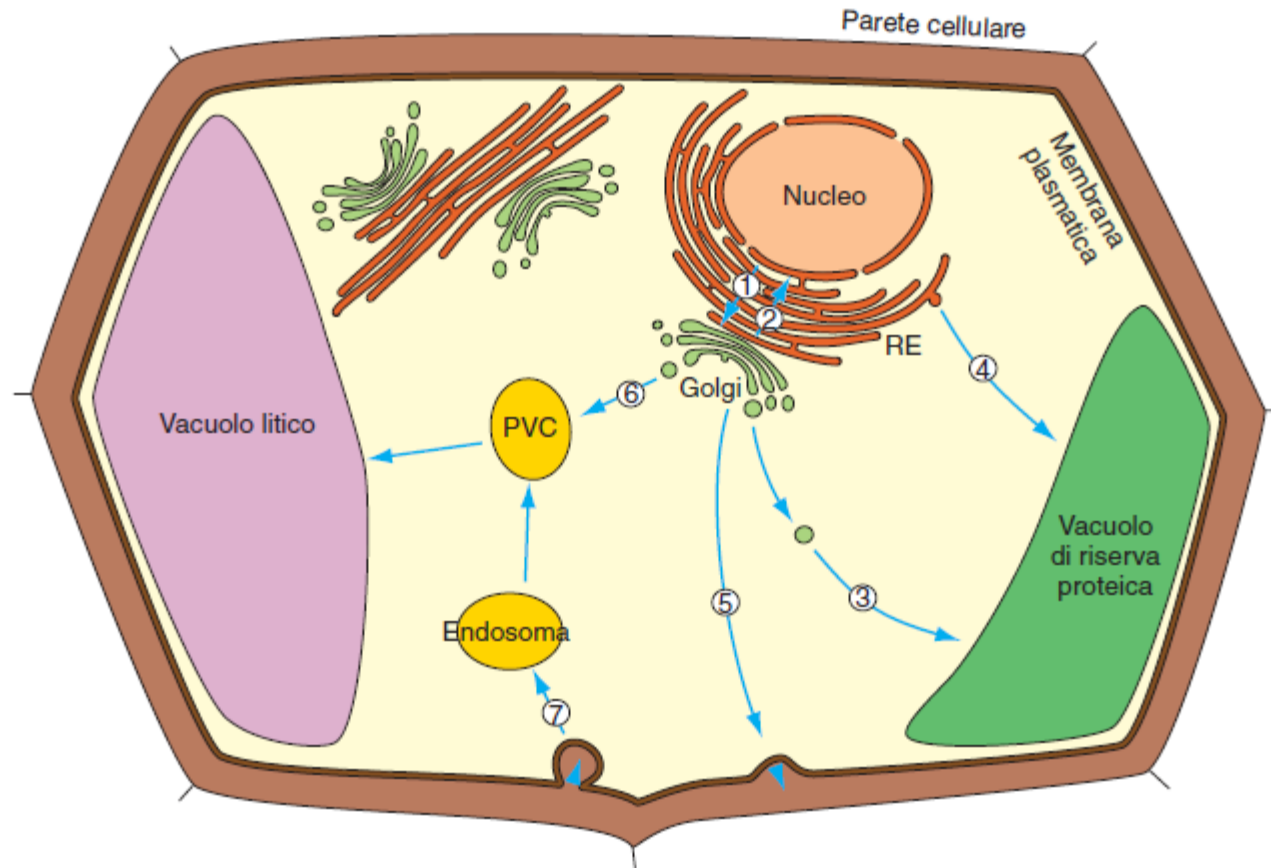
Rappresentazione schematica dei compartimenti coinvolti nello smistamento intracellulare di proteine nella cellula vegetale. Freccie rosse: via di secrezione; frecce blu: smistamento al citoplasma, nucleo, plastidi, mitocondri, perossisomi; frecce tratteggiate: endocitosi; RE: reticolo endoplasmatico.





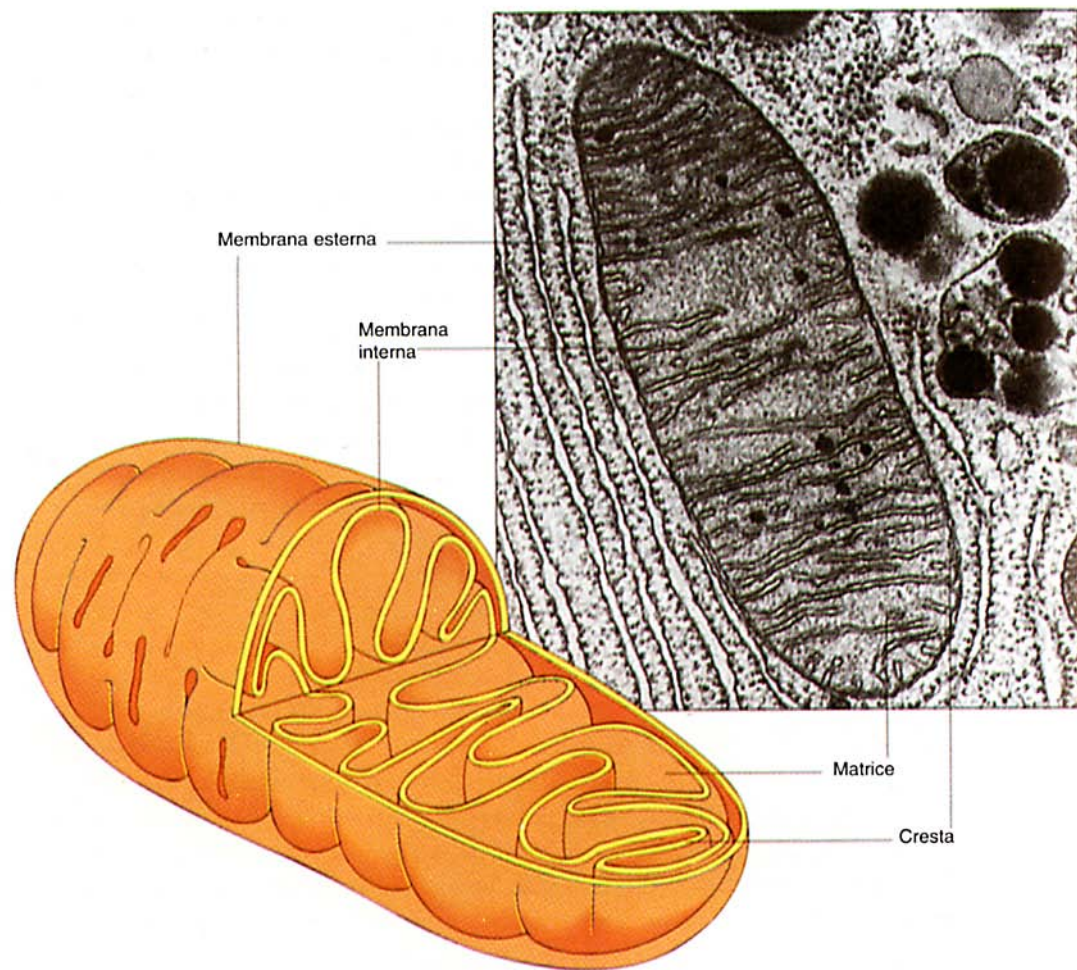
**Figura 4.4**

Alcuni dei domini funzionali attribuiti al reticolo endoplasmatico della cellula vegetale.

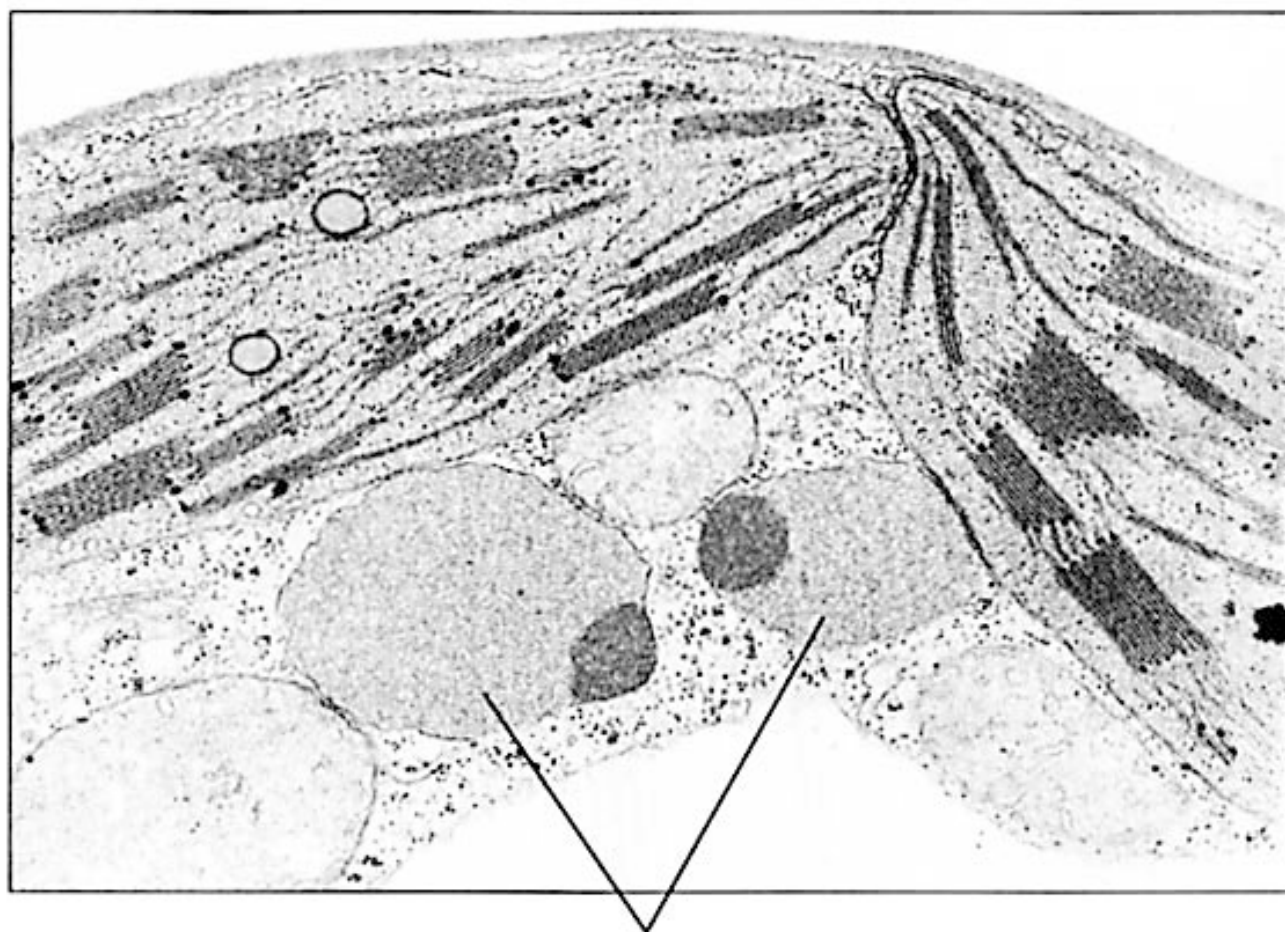


**Figura 4.19**

Vie di trasporto tra i compartimenti del sistema di endomembrane. 1. Trasporto di proteine dal reticolo endoplasmatico (RE) all'apparato di Golgi. 2. Recupero di proteine residenti nel RE. 3. Trasporto di proteine dall'apparato di Golgi al vacuolo di riserva proteica. 4. Trasporto diretto di alcune proteine dal RE al vacuolo di riserva proteica. 5. Trasporto di proteine di secrezione alla membrana plasmatica (esocitosi). 6. Trasporto di proteine dirette al vacuolo litico attraverso il compartimento provacuolare (PVC). 7. Internalizzazione di materiale extracellulare e proteine di membrana (endocitosi), che coinvolge un putativo endosoma, il PVC e il vacuolo litico (da F. Brandizzi, C. Hawes, 2004, modificata).

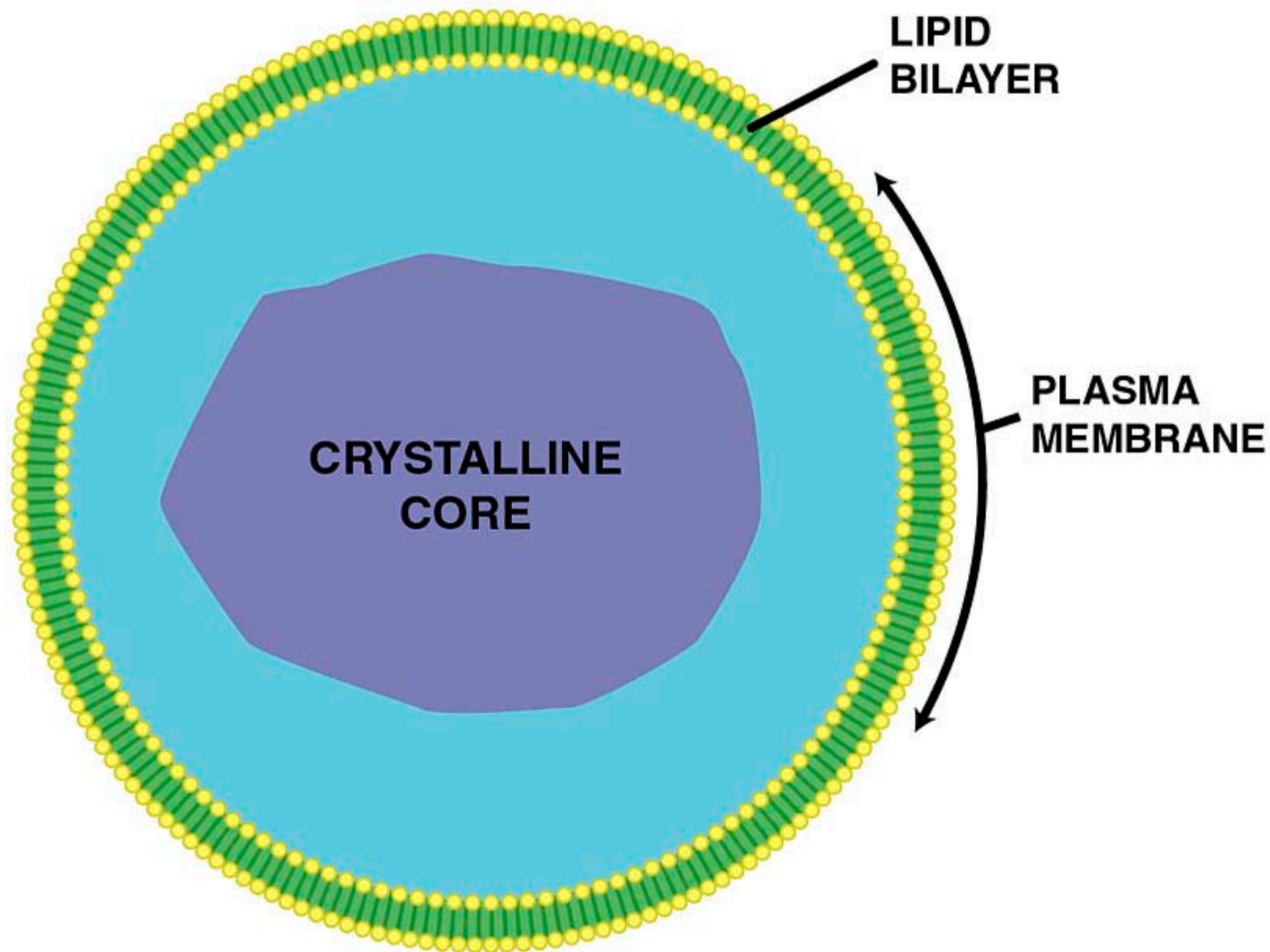


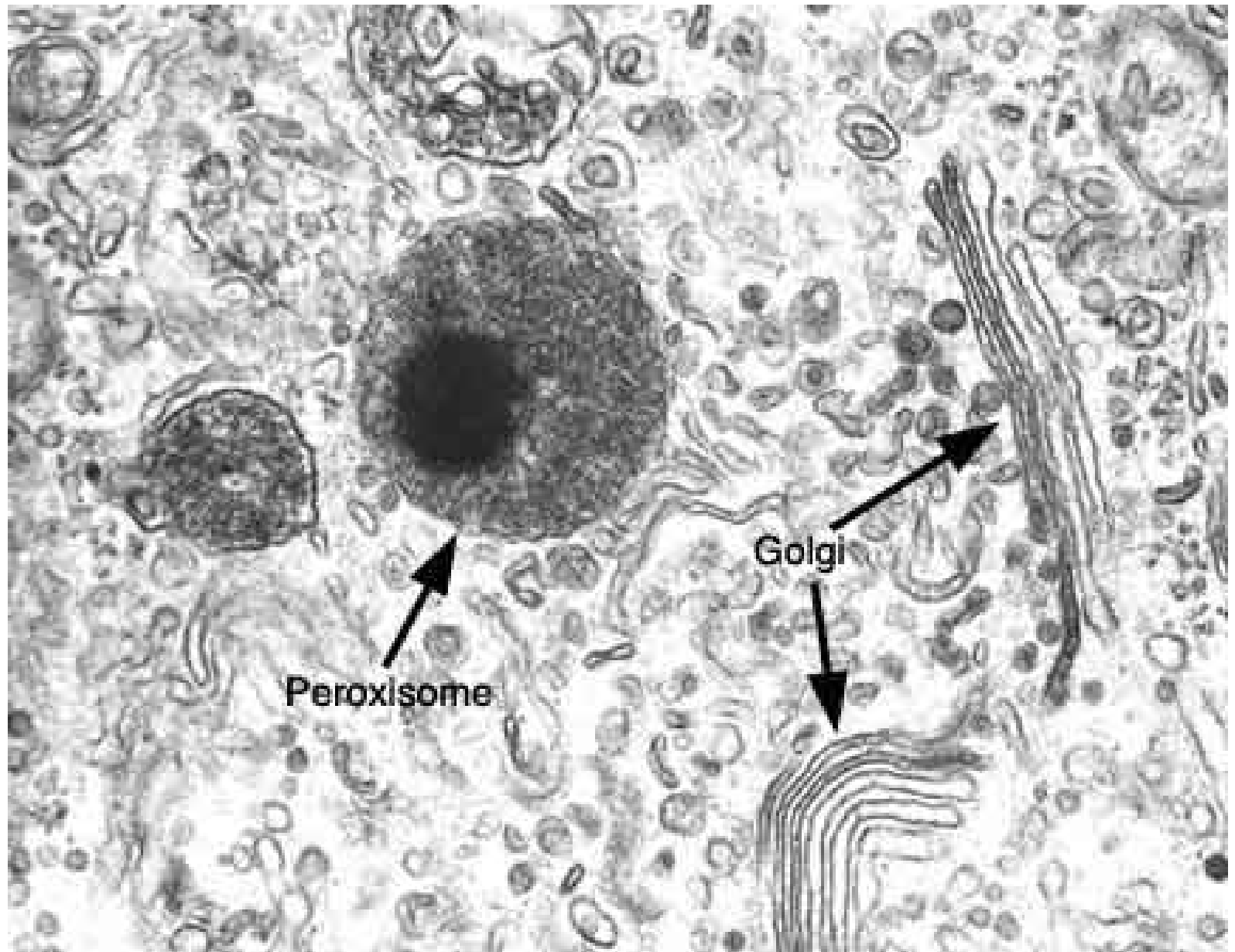
**Figura 3.15** - La membrana mitocondriale interna è ripiegata in creste appiattite, che ne aumentano notevolmente la superficie; molti enzimi respiratori sono proteine intrinseche della membrana delle creste. La grande superficie della membrana interna consente la presenza di molte copie di ciascun enzima, per cui più reazioni possono avvenire contemporaneamente. (Bill Longcore/Photo Researchers).



Perossisomi

**Figura 3.22** - Microfotografia elettronica che mostra due cloroplasti con vicino due microcorpi del tipo - perossisoma. In molte piante la fotosintesi è accompagnata da un processo di fotorespirazione, in cui i perossisomi producono l'aminoacido glicina (*vedi* cap. 10 per ulteriori dettagli) ( $\times 66.000$ ). (BPS).

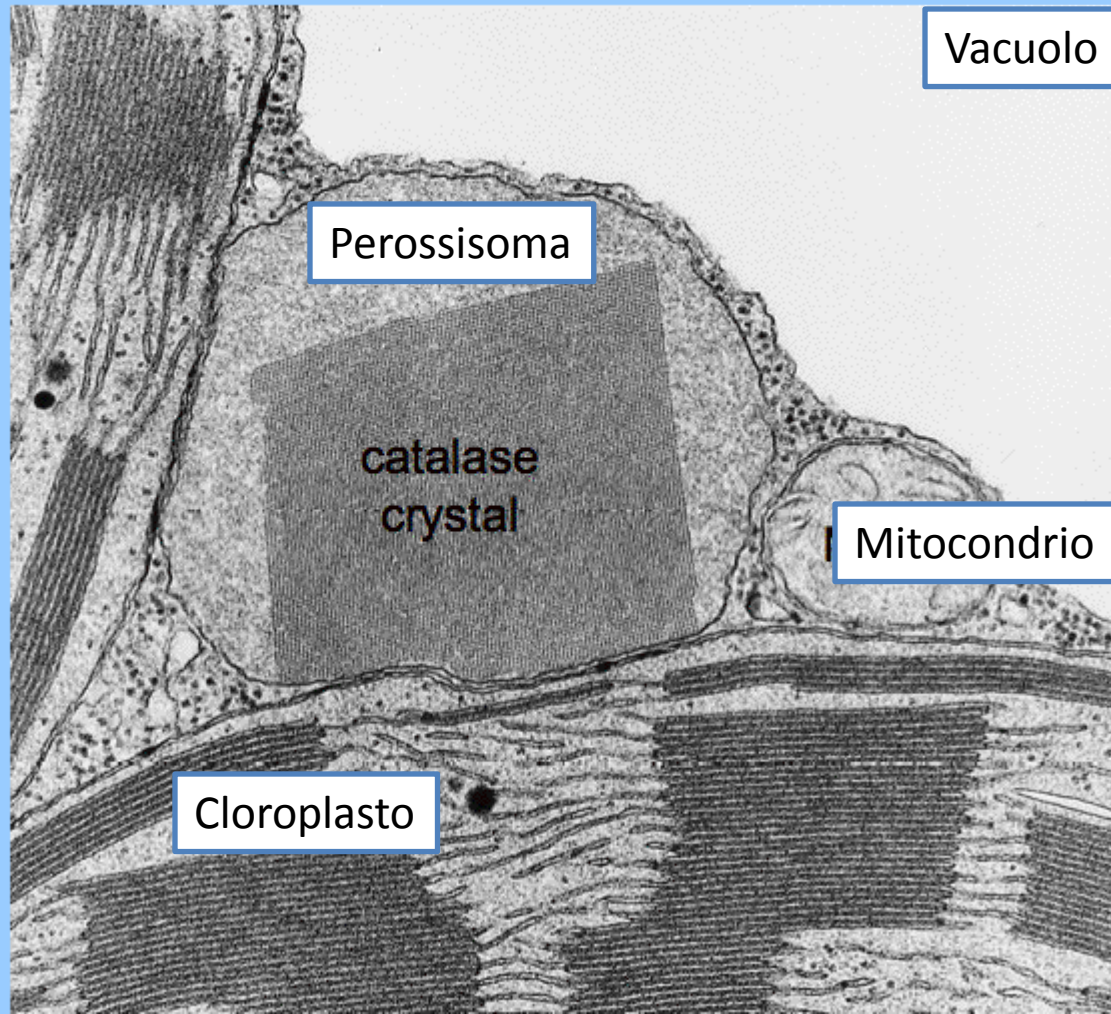


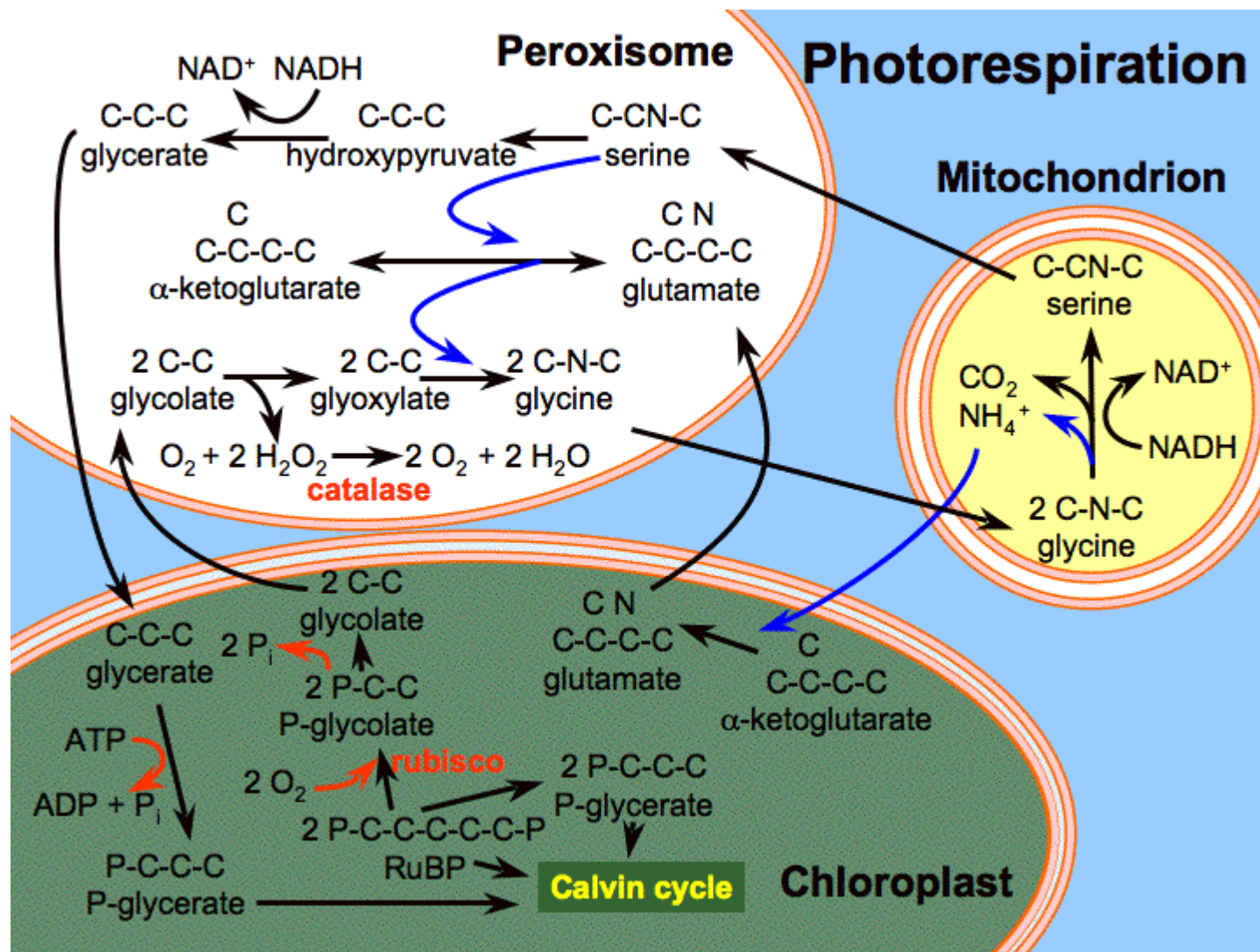


Microbodies are a class of organelles that appear not to be of endosymbiotic origin.

The peroxisome is one such organelle

Can you tell why it is not considered a prokaryotic symbiont?



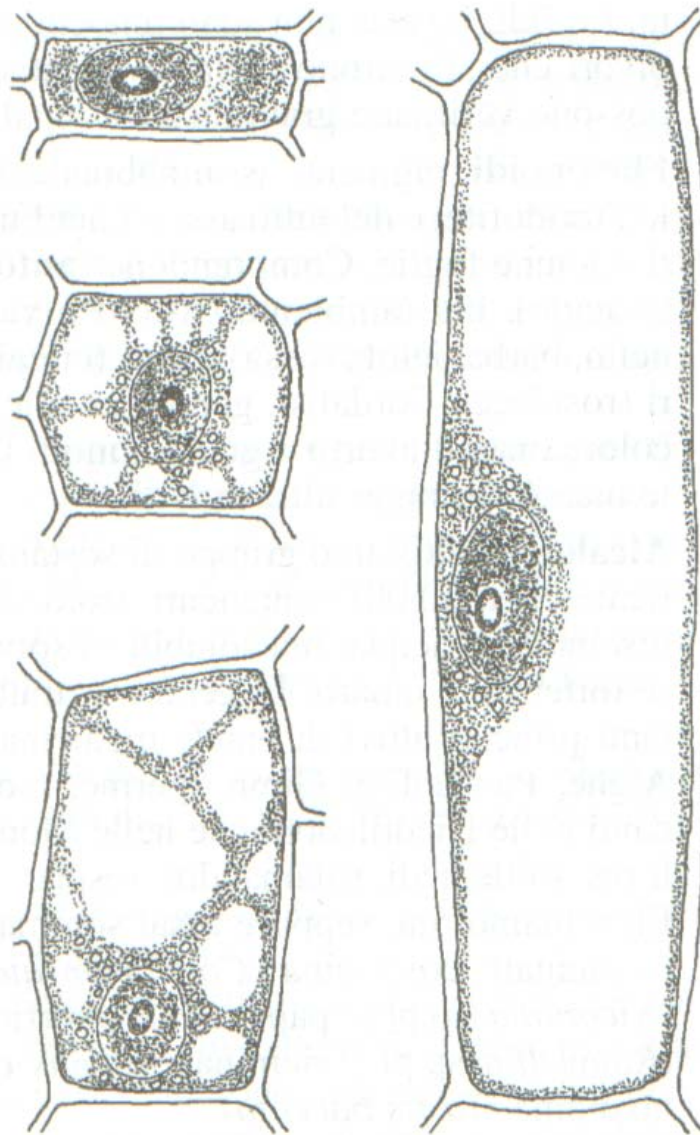


## VACUOLO

**Il VACUOLO è presente SOLO nelle cellule vegetali.**

Mentre le cellule vanno assumendo la forma e le dimensioni definitive, compaiono nel citoplasma numerosi piccoli VACUOLI, che aumentano sempre di volume, durante la crescita delle cellule vegetali.

Il vacuolo è rivestito da una membrana detta **TONOPLASTO** e contiene una soluzione acquosa detta **SUCCO VACUOLARE**

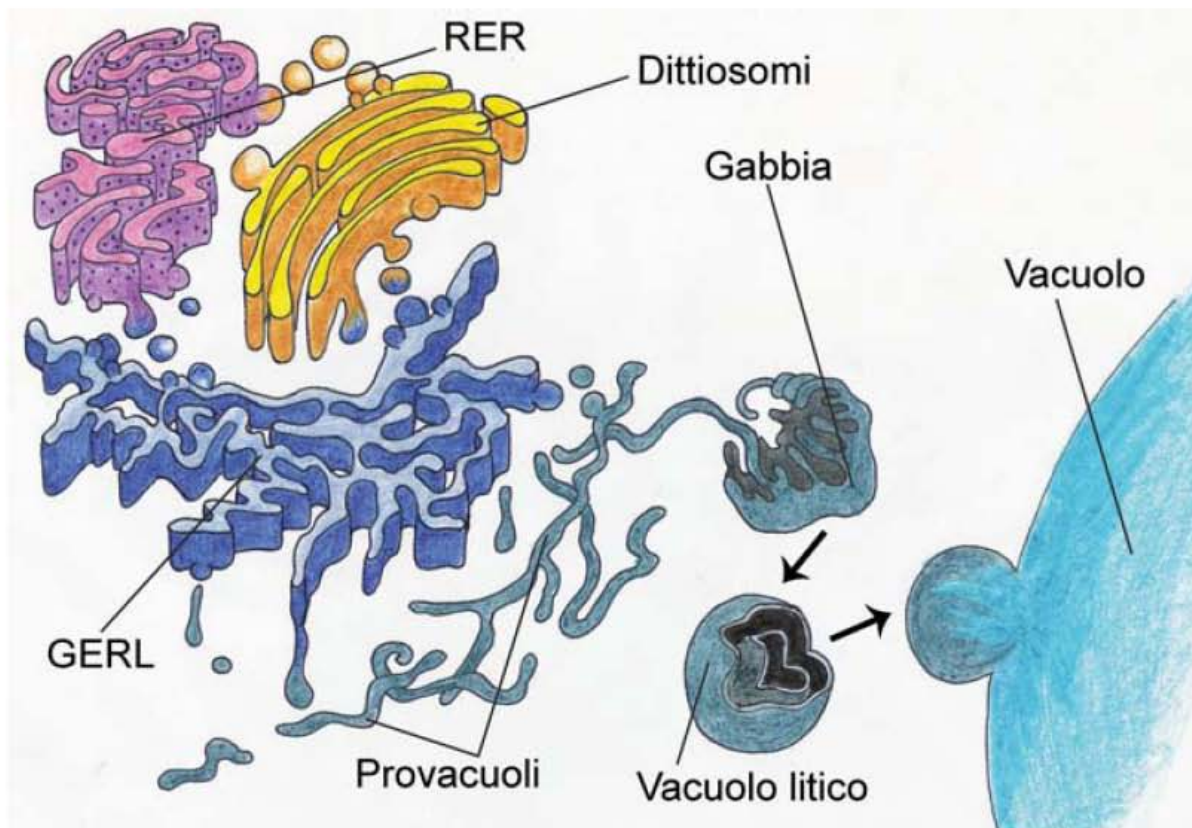


**Fig. 3.20** - Progressivo sviluppo del vacuolo, dalla cellula embrionale alla cellula adulta.



**Figura 5.1**

Immagine al microscopio elettronico a trasmissione di una cellula dell'epatica *Lunularia cruciata* con evidente vacuolo (V), nucleo (N), cloroplasti (C) e parete (freccia) (osservazione di A. Basile).



**Figura 5.2**

Processo di formazione del vacuolo secondo F. Marty (1978). I provacuoli tubulari si originano dal GERL (Golgi, reticolo endoplasmatico, lisosoma) formando vescicole che si ramificano estendendosi in tutta la cellula. I provacuoli si avvolgono intorno a porzioni di citoplasma formando una gabbia. Successivamente, i tubuli di ciascuna gabbia si fondono, isolando completamente il citoplasma inglobato (vacuolo litico). La membrana interna ed il citoplasma inglobato saranno poi digeriti da enzimi lisosomiali (disegno di R. Braglia).

I vacuoli sono organuli tipici dei vegetali, fanno parte del sistema di endomembrane e sono delimitati da una membrana propria, derivata dal Golgi, detta *tonoplasto*, che racchiude una soluzione, il *succo vacuolare*

Le proteine inserite nello strato lipidico del tonoplasto, sono principalmente di trasporto (V-ATPasi e VAPPasi), tra cui vanno ricordate le acquaporine, facenti parte delle TIPs (proteine intrinseche del tonoplasto. Le TIPs sono le proteine più abbondanti del tonoplasto, e sono essenziali nell'entrata di acqua all'interno del vacuolo

Nelle cellule vegetali il vacuolo contiene prevalentemente:

- ioni minerali (potassio, cloro, sodio, calcio, fosfato) e sostanze idrosolubili (monosaccaridi, disaccaridi e trisaccaridi)
- metaboliti secondari (alcaloidi, terpenoidi, fenoli) forse dannosi o superflui per la pianta
- acidi organici (es. acido citrico, malico), glucosidi, tannini,
- pigmenti flavonoidi (antociani - pigmenti dal rosso al viola - flavoni, flavonoli)

# TONOPLASTO

Il **TONOPLASTO** è una membrana lipoproteica bistratificata **ASIMMETRICA**: la superficie rivolta verso *l'esterno è ricca di proteine intramembrana rispetto alla faccia rivolta verso l'interno.*

Le proteine intramembrana sono per la maggior parte **proteine carriers, pompe protoniche, proteine canali ed enzimi**. Spesso si tratta di **GLICOPROTEINE** cioè **proteine complessate con residui oligosaccaridici rivolti verso il succo vacuolare**.

Inoltre il **DOPPIO STRATO LIPIDICO** del tonoplasto presenta in minima parte fosfolipidi mentre **sono predominanti i GLICOLIPIDI** (es. galattolipidi).

# FUNZIONI DEI VACUOLI

I vacuoli svolgono *importantissime* funzioni:

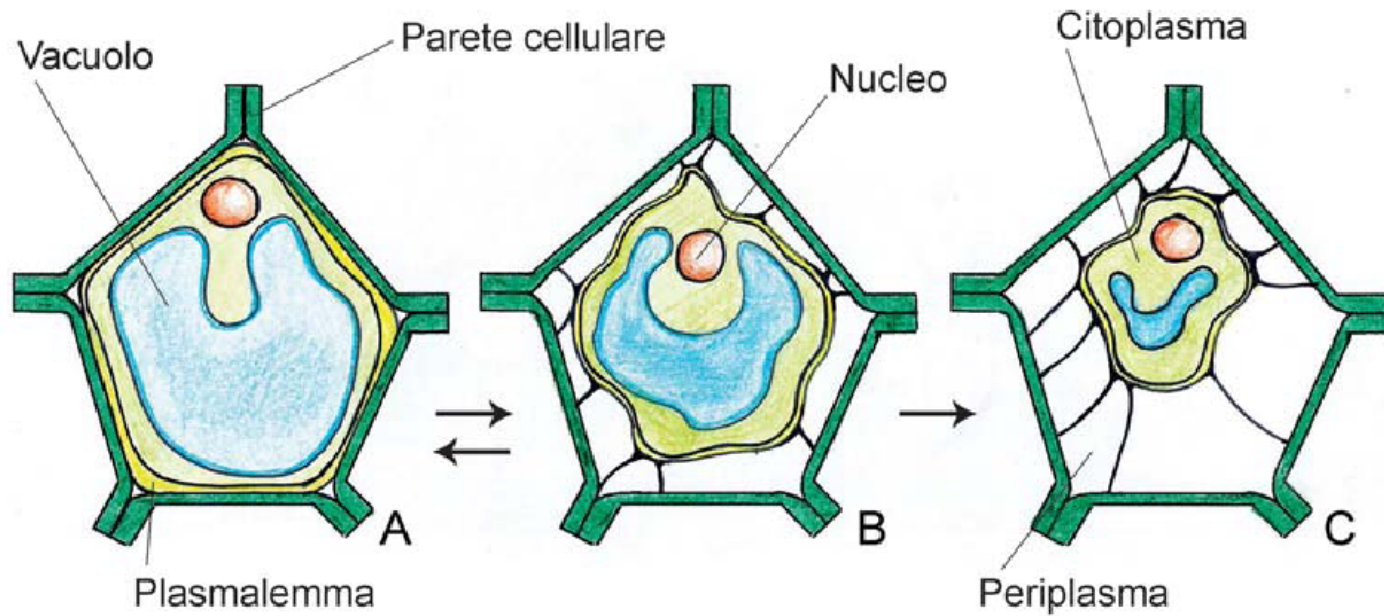
**1) RUOLO OSMOTICO** (insieme al citoplasma ed alla parete cellulare); Equilibrio ionico e regolazione dell'osmosi

**a) *SUPPORTO MECCANICO*:** il vacuolo insieme alla parete realizza una struttura rigida (**la pressione dell'acqua nel vacuolo viene controbilanciata dalla rigidità della parete cellulare**) che determina la **PRESSIONE DI TURGORE** responsabile sia della distensione cellulare sia della rigidità di tessuti non lignificati (es. foglie, giovani fusti) i quali quando la pressione di turgore diminuisce avvizziscono.

*Se la parete non fosse in grado di opporsi al continuo richiamo d'acqua si **avrebbe lo scoppio dei protoplasti** e se il vacuolo perdesse acqua, determinando l'abbassamento della pressione di turgore, si **avrebbe la PLASMOLISI cellulare**.*

## **b) FORZA MOTRICE PER LA DISTENSIONE CELLULARE**

La pressione di turgore esercitata dal vacuolo in maniera uniforme sulla parete cellulare ***rappresenta la forza guida dell'accrescimento delle cellule vegetali***



**Figura 5.9**

Plasmolisi in una cellula vegetale: A) cellula in condizione di turgore; B) cellula posta in soluzione lievemente ipertonica; C) cellula posta in soluzione ipertonica.

### 3) RUOLO TAMPONANTE del pH citoplasmatico.

**Il succo vacuolare ha un pH acido il cui valore in condizioni fisiologiche normali si aggira tra pH 4 e 5. Questo valore è sempre notevolmente più basso rispetto a quello del citoplasma (pH 6.8-6.9).**

La capacità di mantenere il succo vacuolare ad un pH acido è dovuto alla **presenza sul tonoplasto di pompe protoniche ( $H^+$ -ATPasi e  $H^+$ -PPasi)** che attraverso l'idrolisi dell'ATP e del pirofosfato inorganico **forniscono protoni al succo vacuolare acidificandolo.**

La presenza di pompe protoniche sul tonoplasto è di notevole importanza fisiologica poiché alla loro funzionalità è strettamente legata la capacità di **trasportare selettivamente ioni e metaboliti dal citoplasma al vacuolo** e, in misura minima dal vacuolo al citoplasma, permettendo così il mantenimento del pH costante del citoplasma.

#### 4) EQUILIBRIO e RISERVA DI IONI

Nel vacuolo ***si accumulano molti ioni inorganici*** la cui natura e quantità è dovuta al tipo di terreno su cui cresce la pianta.

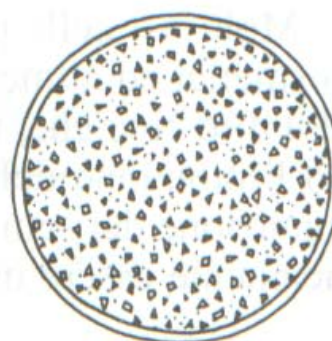
*Tutti gli ioni non immediatamente utilizzati vengono immagazzinati nel vacuolo mediante l'utilizzo di speciali proteine trasportatrici a livello del TONOPLASTO (TRASPORTO ATTIVO).*

Piante che vivono su terreni ricchi di *elementi tossici* tendono ad accumularli nel vacuolo.

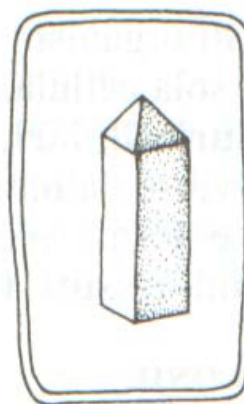
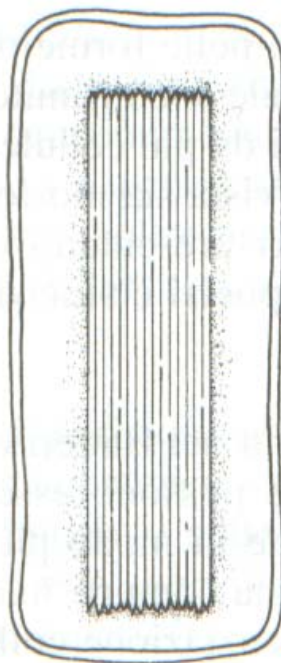
Gli ioni nel vacuolo possono ***rimanere sotto forma libera*** oppure ***formare dei sali e dei cristalli con gli acidi organici*** pure accumulati nel vacuolo (es. ossalato di Calcio: acido ossalico +  $\text{Ca}^{2+}$ ). In particolare *cristalli di ossalato di calcio* formano degli inclusi solidi insolubili di varie forme (rafidi, prismi o stiloidi, druse, sabbia cristallina).



DRUSA



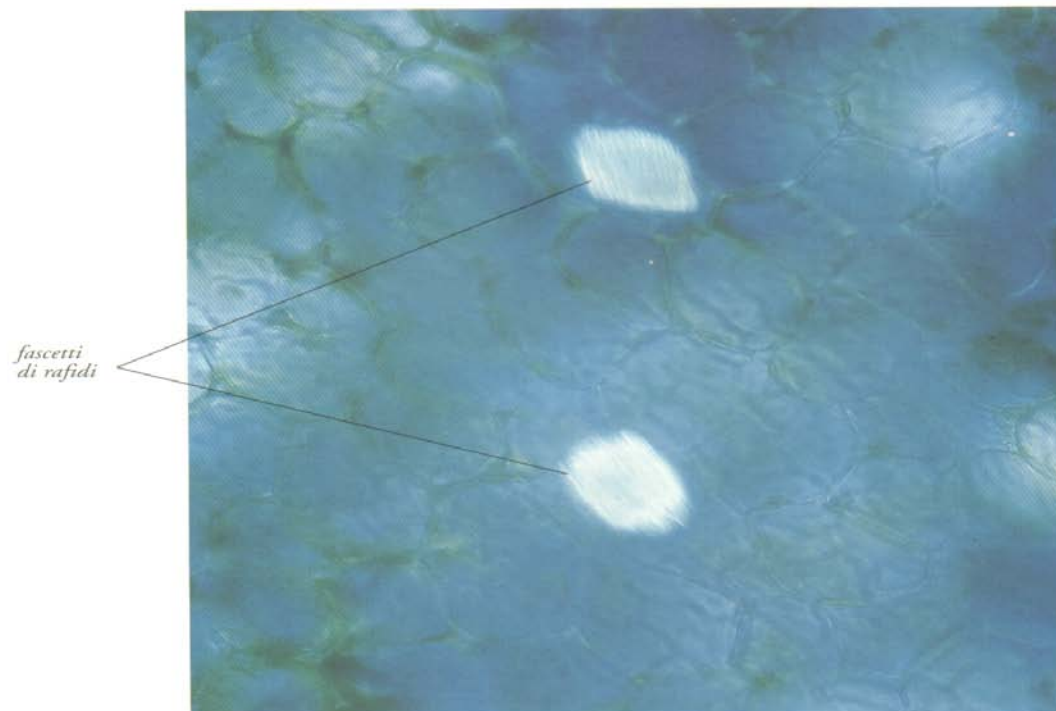
SABBIA  
CRISTALLINA



PRISMA

RAFIDI

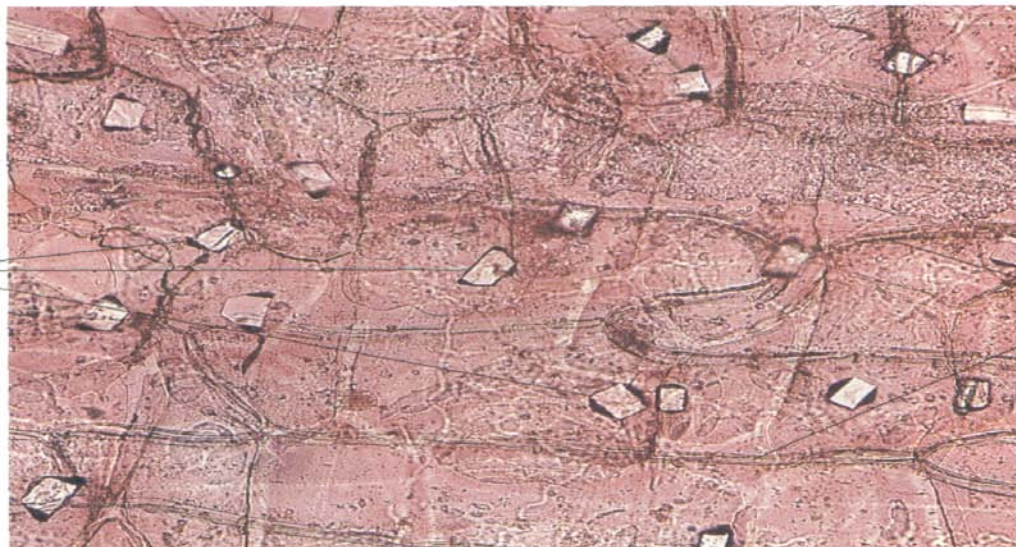
**Fig. 3.22** - Diverse forme di cristalli di ossalato di calcio (da LONGO).



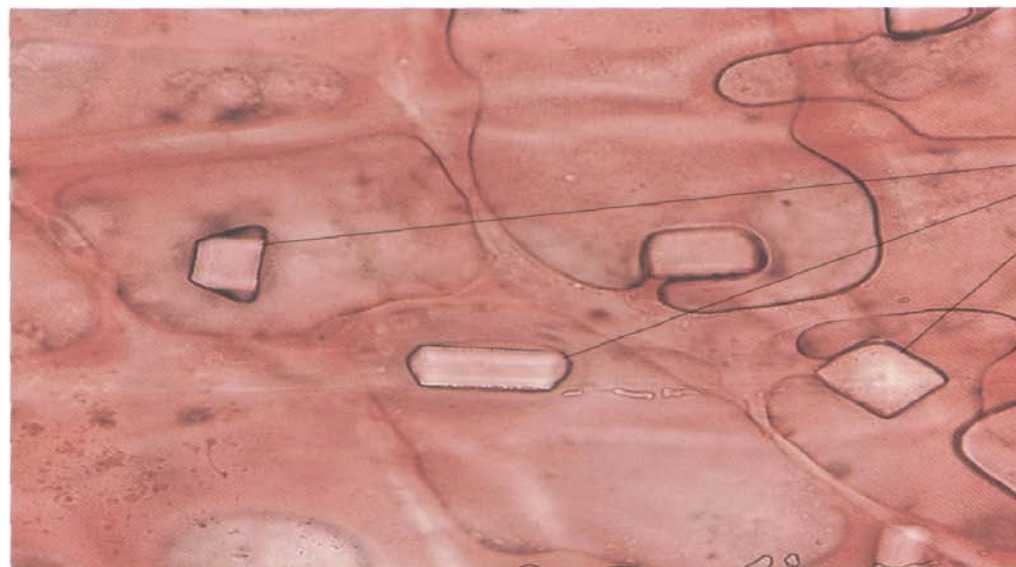
55

**56** Rafidi nella foglia di lenticchia d'acqua (*Lemna minor* L., fam. Lemnaceae). Osservazione in luce normale e polarizzata. x 1000 (830); x 200 (240)  
I rafidi sono sottilissimi cristalli prismatici riuniti in fascetti, avvolti da una guaina mucillaginosa. Ogni fascetto somiglia ad una pila più o meno ordinata di aghi.

*stiloidi*



*pareti  
cellulari*



*stiloidi*

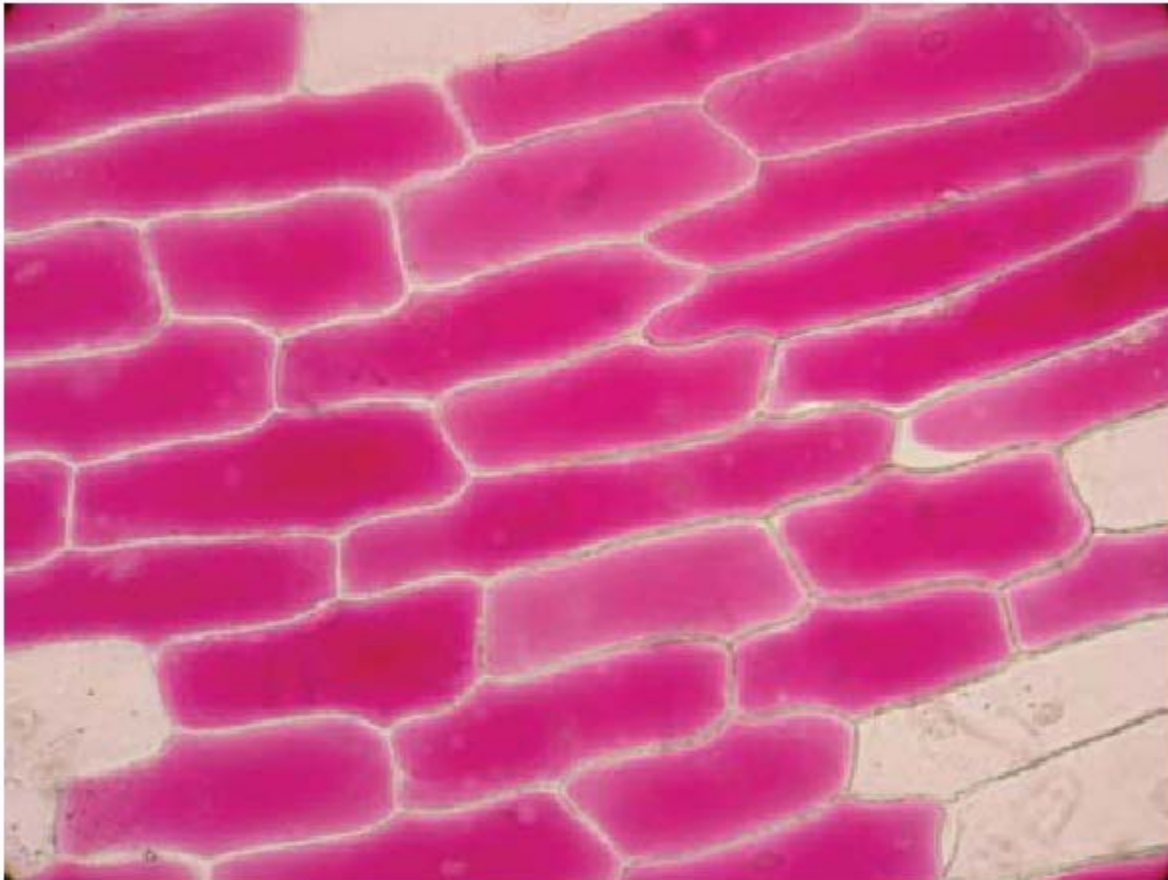
59

**60** Stiloidi nei catafilli esterni del bulbo di cipolla (*Allium cepa*, fam. Liliaceae).  
x 200 (210); x 400 (420)

Gli stiloidi sono cristalli prismatici a base per lo più triangolare, tozzi oppure allungati. A volte si presentano *geminati*, quando due o più cristalli concregono gli uni sugli altri, ad esempio incrociati ad X.

## 5) RISERVA di METABOLITI

Molti metaboliti organici di riserva vengono accumulati nel vacuolo tra cui **aminoacidi e proteine, zuccheri monosaccaridi** (es. glucosio nell'uva), **disaccaridi** (saccarosio nella barbabietola e nella canna da zucchero), **pigmenti** che conferiscono i colori ai fiori alla frutta etc. (flavonoidi, antociani, flavoni e a volte tannini).



**Figura 5.11**

Antociani nei vacuoli delle cellule di epidermide di *Allium cepa* (osservazione di A. Valletta e G. Pasqua).

