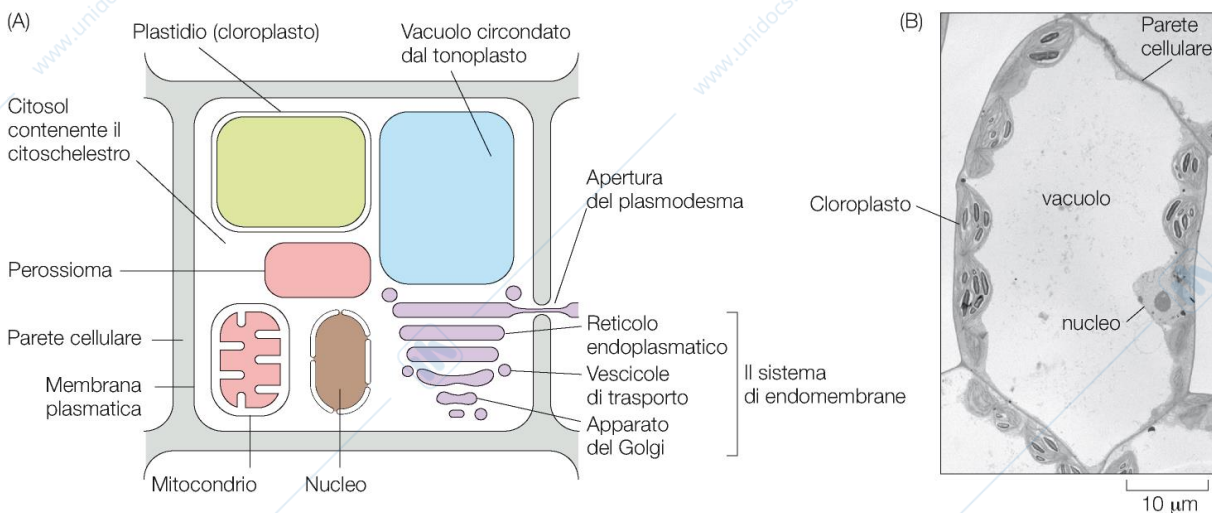


Il Vacuolo

I vacuoli sono organuli caratteristici della cellula vegetale che consistono in **compartimenti litici** che fungono da serbatoi per ioni, metaboliti e pigmenti e sono fondamentali per l'**omeostasi**, per il **turgore cellulare** e per la **detossificazione**.

Il termine “vacuolo” è stato coniato intorno alla metà dell’800 da Dujardin, che osservando organismi unicellulari notò la presenza di spazi acquosi o cavità apparentemente vuote.

Anatomia del vacuolo



Esternamente il vacuolo è delimitato dal **tonoplasto**, una membrana di spessore 60-70 Å di origine lipoproteica.

Al loro interno contengono il **succo vacuolare**, composto da sostanze di varia natura e soprattutto da acqua.

Sul tonoplasto sono presenti **proteine di trasporto** e la loro quantità è indefinita. Inoltre questa membrana ha lo strato proteico interno più grosso rispetto a quello esterno a causa della presenza di **residui glucidici** rivolti verso il succo vacuolare, rendendo il tonoplasto **asimmetrico**.

Si considera il vacuolo come un componente del sistema di **endomembrane**, dove l'organulo è la fase finale del processo di **vescicolazione**, coalescenza e accrescimento nel sistema di endomembrane.

I vacuoli possono essere tanti piccoli o uno solo grande. Alcuni vacuoli possono accumulare un pigmento o un altro. A seconda del grado di differenziamento cellulare il vacuolo può occupare dal **30 al 90% del volume cellulare**. Con il 90% si ha una **crescita a basso costo** perché basta accumulare l'acqua.

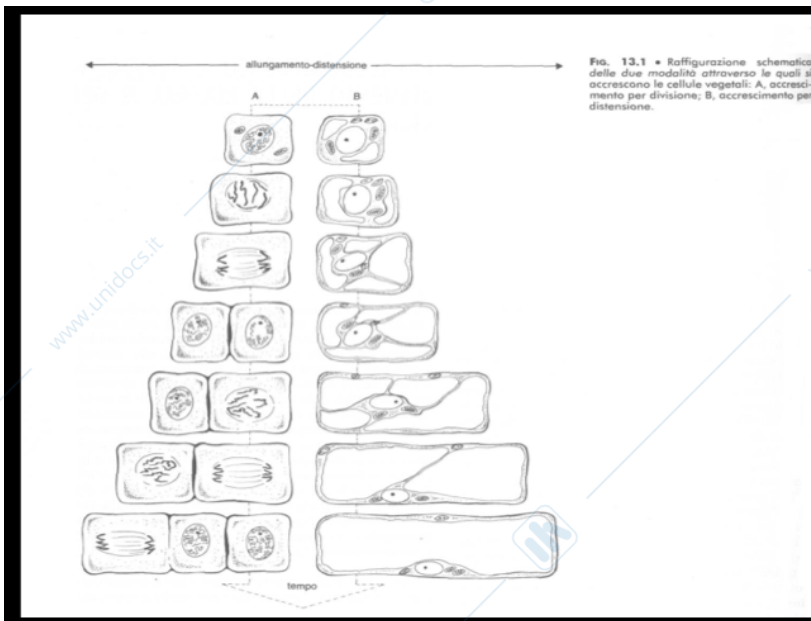
È uno degli organelli meno noti per certi tipi di funzioni e la loro architettura cambia a seconda del ciclo cellulare. Anche se tutti i vacuoli derivano da vacuoli piccoli fusi tra loro il numero di vacuoli non è costante nel tempo e possono formarsi ex-novo.

Secondo Marty i vacuoli hanno un'origine simile a quella dei lisosomi. I provacuoli prendono origine dal **GERL**, una porzione specializzata del RE.

Funzioni del vacuolo

Il vacuolo ha ruolo nella **crescita cellulare**: le cellule piccole sono più efficienti sia nel ricevere i nutrienti dall'esterno, sia per

l'estruzione all'esterno di metaboliti.



Nelle cellule adulte, grazie al vacuolo, il citoplasma viene confinato in prossimità del plasmalemma ed il rapporto tra volume e citoplasma rimane adeguato alle esigenze funzionali della cellula.

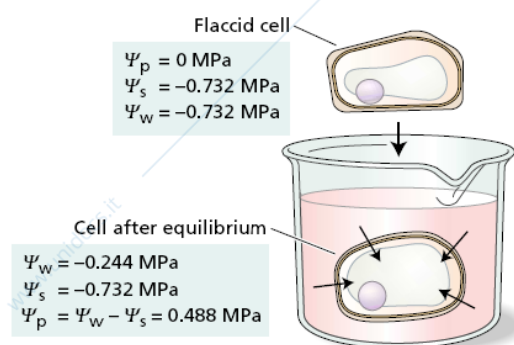
La presenza dei

vacuoli o meglio di un solo grande vacuolo consente alle cellule di raggiungere dimensioni notevoli.

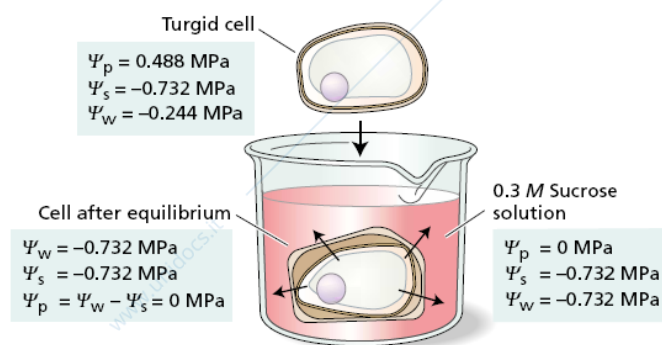
Nelle cellule vegetali manca un vero proprio **sistema escretore**, i cataboliti vengono accumulati nel vacuolo.

I vacuoli sono delimitati dal tonoplasto che è semipermeabile e dal succo cellulare che è molto concentrato assorbono acqua. Con l'entrata di acqua il vacuolo (insieme alla parete) conferisce **turgore** alle cellule (**funzione osmotica**).

(C) Flaccid cell dropped into sucrose solution



(D) Concentration of sucrose increased



Un'altra funzione è il **tampone 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 più basso rispetto a quello del citoplasma (pH 6.8÷6.9).

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.

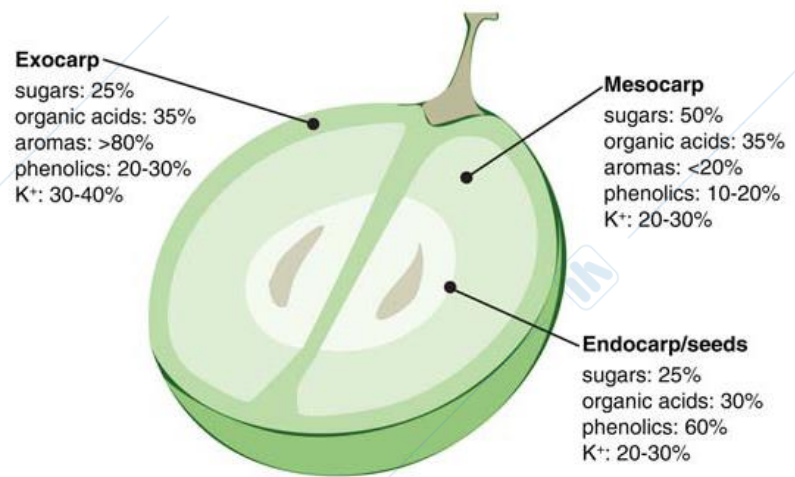
Sostanze del vacuolo

All'interno di questi organelli possono essere accumulate varie sostanze come:

- Acqua, che ne è la componente principale;
- Ioni inorganici come cloro, calcio, potassio, ecc... che possiamo ritrovare in proporzioni molto abbondanti;
- Zuccheri, come ad esempio nei vacuoli del mesocarpo dell'acino d'uva;
- Acidi organici da neutralizzare derivanti da cicli della cellula;
- Singoli aminoacidi o proteine intere;
- Lipidi;

- Pigmenti.

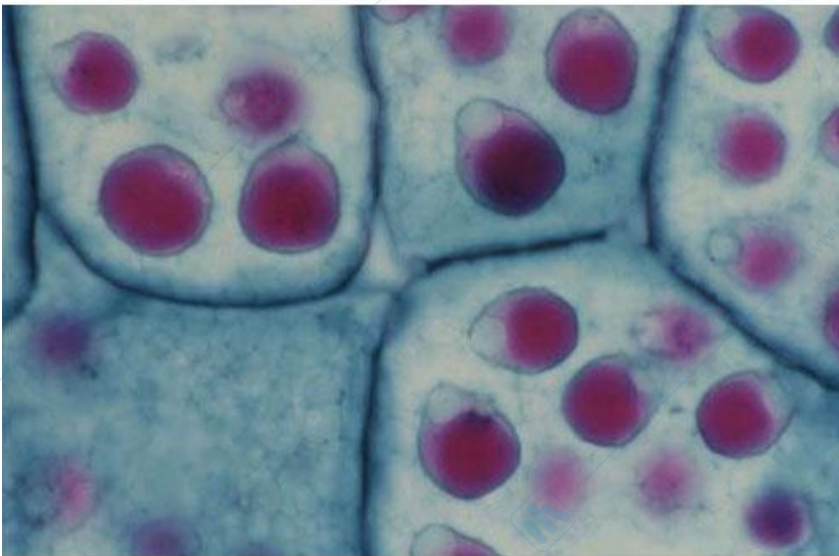
Le sostanze entrano nei vacuoli grazie ai trasportatori, che possono essere per anioni, cationi, per molecole più grandi...



Hanno una **direzionalità**, e sono di più per le sostanze che devono entrare nel vacuolo, mentre per le sostanze che devono uscire sono pochi. Molti di loro **idrolizzano ATP** perché accumulano contro gradiente.

Proteine

Le proteine si accumulano sottoforma solida tramite la disidratazione del seme. Un tipico esempio è il **granulo di aulerone** al cui interno è presente una matrice amorfa ricca di proteine, in genere albumine.



All'interno della matrice sono presenti in numero e in forma variabili i **cristalloidi**, inclusioni proteiche cristalline. Un altro tipo di inclusione proteica è il **globoide**, che

presenta una forma tondeggiante ed è fatto di fitina (inositolo con i gruppi alcolici esterificati con gruppi fosforici e calcio e magnesio).

Durante la germinazione i granuli di aulerone si rigonfiano d'acqua e al loro interno le **proteasi** li ritrasformano in vacuoli. L'apparato di

Golgi può avviare la degradazione delle proteine di riserva aumentando la sintesi e il trasporto di proteasi nei vacuoli di stoccaggio delle proteine o abbassando il pH luminale di questi organelli in modo che gli enzimi proteolitici divengano attivi.

Il frutto dei cereali, è un frutto secco indeiscente (cioè che non si apre a maturità) in cui le pareti dell'ovario non aumentano quasi per nulla di spessore, e sono così aderenti ai tegumenti del seme. Seme e frutto sono praticamente la stessa cosa.

Il seme è costituito, per la maggior parte, dall'endosperma, ricco di amido ed è delimitato dallo **strato aleuronico**, che contiene granuli di aleurone formati da proteine e fitina.

Mentre nei cereali i granuli di aleurone hanno forma cristalloide, nelle leguminose appare solo la matrice amorfa. Tali strutture **dipendono dalla natura delle sostanze prodotte dalla pianta.**

Zuccheri

I carboidrati presenti nei vacuoli possono essere monosaccaridi, disaccaridi e polisaccaridi. Tra quest'ultimi troviamo soprattutto i **fruttosidi e i mannani**, che sono però meno frequenti rispetto ai fruttosidi.

Nelle cianofitiche, nei batteri, nei funghi e nelle alghe è presente il glicogeno e numerose monocotiledoni, come nei tuberi e nelle orchidee, si ritrovano le mucillagini.

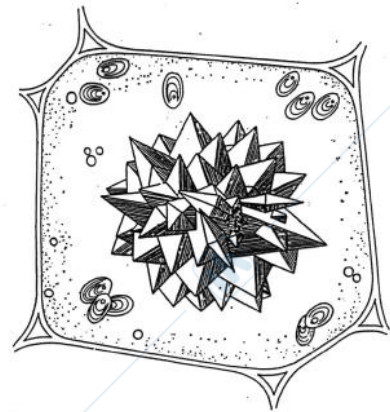


Fig. 82. - Cellula con una drusa d'ossalato di calcio. Sono anche presenti alcuni granuli d'amido (da SEIFRIZ).

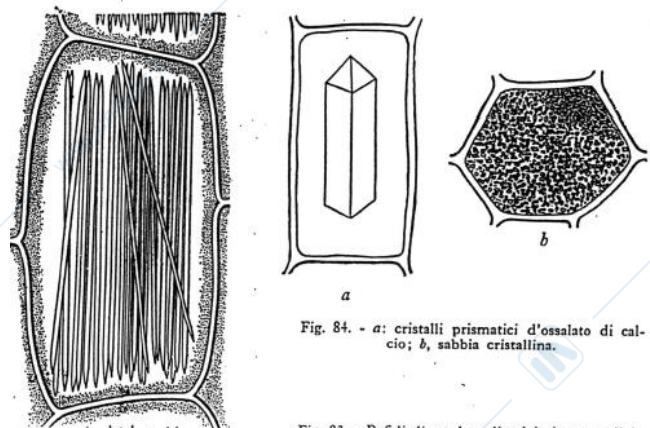


Fig. 84. - a: cristalli prismatici d'ossalato di calcio; b, sabbia cristallina.

Fig. 83. - Profili di ossalato di calcio in una cellula.

Possiamo trovare gli zuccheri come sostanze di riserva ad esempio nella **canna da zucchero** e nella **barbabietola**.

Sali inorganici e acidi organici

Troviamo i sali inorganici prevalentemente dissociati in soluzione. I più importanti sono **magnesio, calcio e potassio**. Sotto forma di sali troviamo anche gli acidi organici come l'**acido ossalico**.

È presente anche il **sodio**, ma solo in tracce. È però abbondante in suoli salati ed in lagune salmastre dove viene accumulato sottoforma di cloruro di sodio in piante come *Salicornia herbacea*.

Gli **ioni solfato e fosfato** sono presenti in piccole quantità. Il **nitrato e il cloruro** sono presenti frequentemente in quantità variabile specie in piante ruderali come l'ortica, la capsella ecc.

Vi è anche la **silice e l'ossalato di calcio** sotto forma di prismi, druse, cristalli aghiformi singoli e in fasci e microcristalli. L'acido ossalico è un inibitore di molti enzimi, quindi necessita di neutralizzarlo compartimentandolo e facendolo precipitare. Destino simile ha l'acido ossalacetico che, ad alte concentrazioni, è un forte inibitore della respirazione cellulare.

Lipidi

I lipidi svolgono una funzione di riserva e sono spesso colorati formando i **cromolipidi**.

Gli olii eteri sono soprattutto ricchi in **terpeni**, molecole cicliche aromatiche e profumate, come nell'alloro o nella cannella.

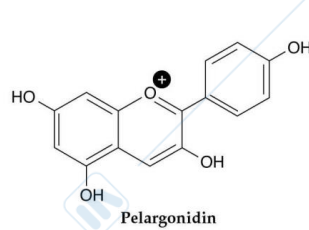
Sono molto frequenti e si presentano come gocce di varie dimensioni. Facilmente interpretabili quando si trovano nei fiori, nelle foglie, negli involucri dei frutti o dei semi (pepe), ma difficile dare un significato quando si trovano nelle radici, in rizomi (zenzero), nelle cortecce.

Si ipotizza una probabile funzione come **deterrenti per i parassiti**.

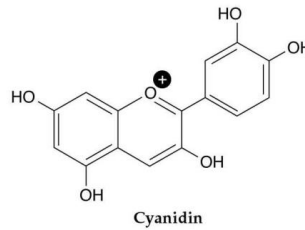
Pigmenti

I pigmenti sono flavonoidi e si dividono in **antociani**, **flavonoli** e **flavoni**.

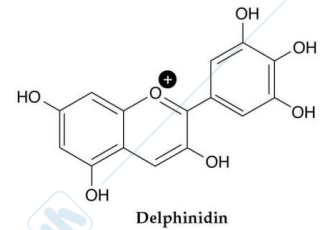
Gli antociani sono pigmenti colorati che impartiscono colore **rosso** e **blu** alle corolle dei fiori; presenti anche in altre parti della pianta (frutti, fusto, foglia, radici).



Pelargonium
(Geranium)



Rosa
(Rose)



Delphinium
(Larkspur)

Il colore dipende dal pH del succo cellulare. La loro funzione non è completamente chiara: nei fiori è collegata alla funzione vessillare. Nelle foglie la loro presenza è favorita da forti quantità di zuccheri.



I flavonoli e i flavoni sono simili agli antociani, differiscono nella struttura dell'anello centrale che contiene

ossigeno. Generalmente sono **gialli o bianco avorio**.

Alcaloidi

Altre sostanze che possiamo trovare all'interno dei vacuoli possono essere gli alcaloidi sotto forma di sali di vari acidi organici come l'acido succinico, l'acido malico...

Diffusissimi nelle Dicotiledoni, poco nelle Monocotiledoni, quasi del tutto assenti delle Gimnosperme. Gli alcaloidi possono essere

presenti in tutti gli organi e tessuti di una pianta. Di grande interesse farmacologico e molti sono il risultato dell'attività secretrice di tessuti specializzati quali i **tessuti laticiferi**.

Tab. 5.5 Esempi di composti tossici o potenzialmente tossici localizzati nei vacuoli e cause della tossicità.

Composto	causa della tossicità
Acidi organici:	
acidi malico e citrico	acidità
acido malonico	inibitore della succinato deidrogenasi
Aminoacidi:	
canavina	analogo strutturale dell'arginina
Amine:	
serotonina	analogo strutturale del triptofano
Lattoni benzopironici:	
cumarina	disaccoppiante
Furanocumarine:	
psoralene	composto fotodinamico
Flavonoidi:	
campferolo	inibitore della fosforilazione ossidativa
Isoflavonoidi:	
rotenone, gliceoollina	inibitori del trasporto di elettroni nei mitocondri
Flavonoidi polimerici:	
tannini	interazioni con proteine
Derivati acido benzoico:	
gallotannini	interazioni con proteine
Glicosinolati:	
sinigrina (allil NCS)	citotossico, legame covalente con il DNA
Glucosidi cianogenici:	
durrina (HCN)	inibitore della citocromo ossidasi
Steroli:	
saponina	detergente, distrugge le membrane
Alcaloidi:	
colchicina	interferisce con i microtubuli
berberina	interagisce con il DNA
sanguinarina	deteriora le membrane
Proteine:	
fosfatasi aspecifiche	interferiscono con il metabolismo intermedio degli zuccheri
proteasi	inattivatori enzimatici
ricina	inibitore della sintesi proteica