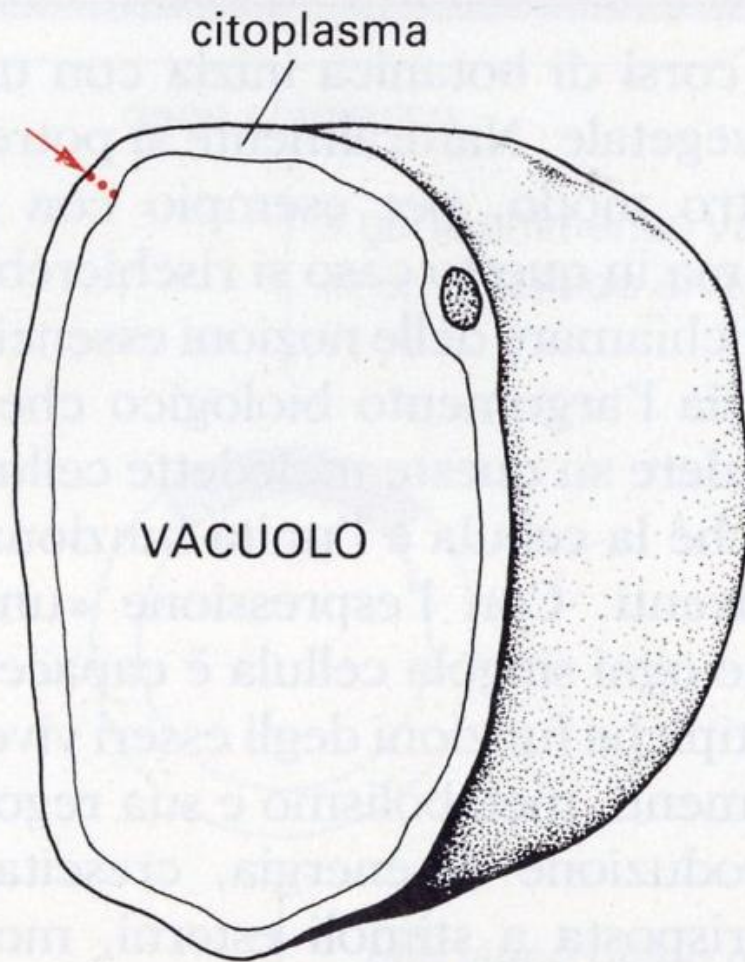


# VACUOLO







Cellula con grande cavità interna piena d'acqua (vacuolo).

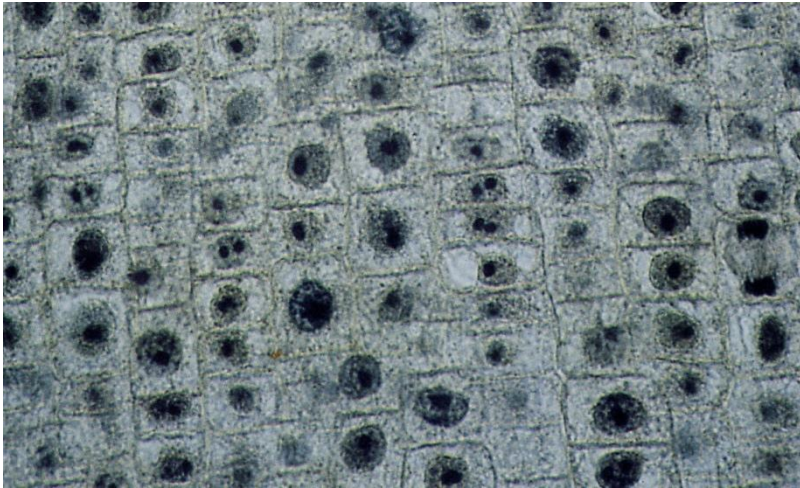
- ***Vacuom***
- **Incluso nel sistema di endomembrane**
- **Tonoplasto**, con limitato passaggio di protoni ma permeabilità agli ioni > della mb. plasmatica
- **Compartimento specializzato e dinamico**
- **Numerosi in cellule non differenziate → fusione (membrane RE) → unico vacuolo in cellule differenziate**
- **Succo vacuolare pH 5,0-5,5**



Una cellula vegetale può contenere più vacuoli con differenti caratteristiche, il più imponente per dimensioni è il cosiddetto **VACUOLO VEGETATIVO**.



stadio finale di un processo di formazione: cellula meristemica (in attiva divisione cellulare) → vescicolazione, coalescenza e accrescimento del sistema di membrane.

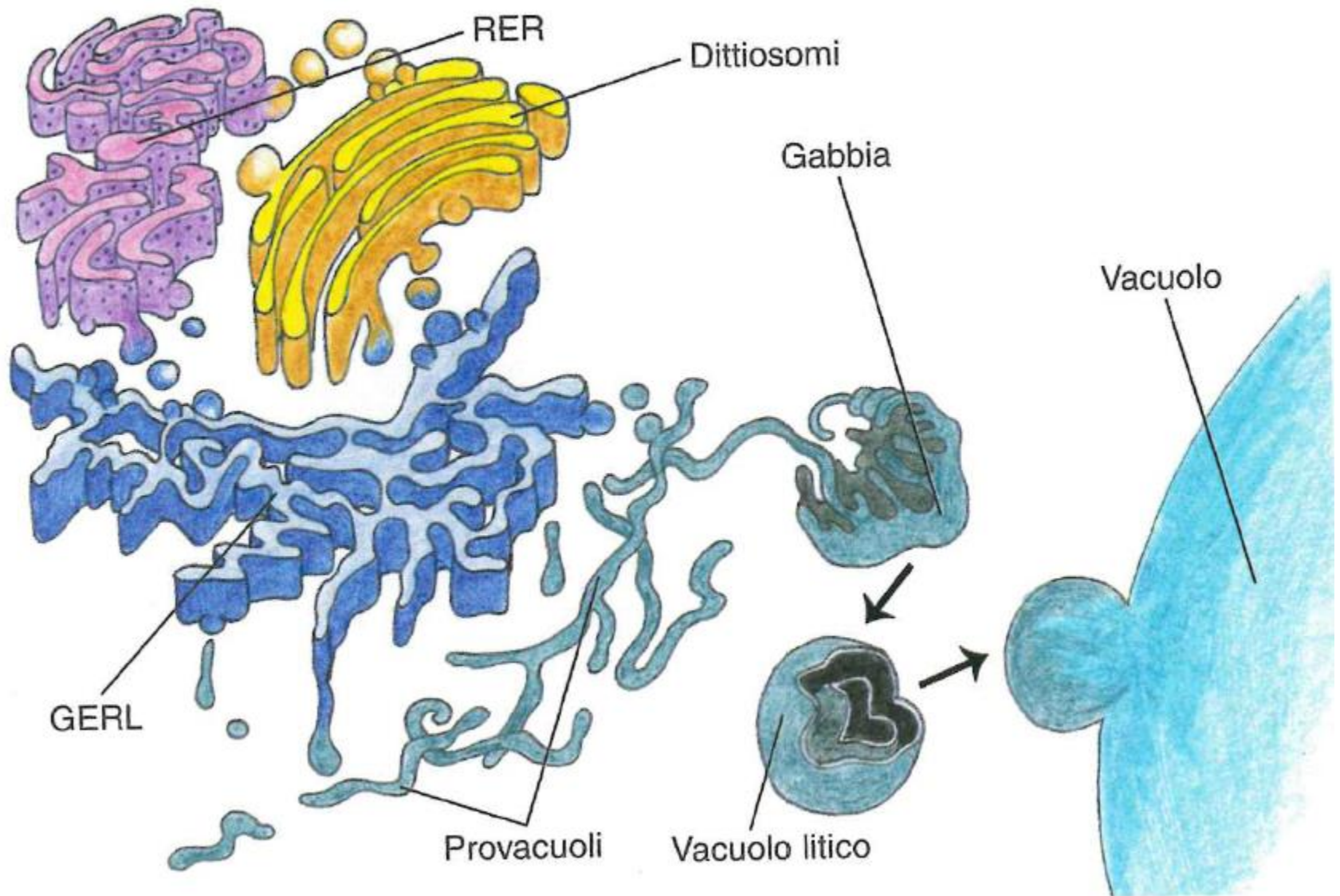


Il processo inizia da una serie di vescicolette dette **PROVACUOLI** originatesi dal corpo del Golgi.

Ipotesi GERL (1978)

Golgi -> RE -> lisosoma -> vacuoli

# Golgi -> RE -> lisosoma -> vacuoli





I provacuoli possono evolvere in vacuoli con la confluenza di ulteriori vescicole, oppure fondersi con un vacuolo preesistente, modificandone il contenuto e le proprietà.

I vacuoli neoformati possono quindi fondersi tra loro producendo uno o pochi grossi vacuoli.

I vacuoli sono molto fragili, e studiarne il contenuto è stato molto difficile. In tempi relativamente recenti è stato possibile dimostrare che essi sono coinvolti in importanti aspetti del metabolismo cellulare, e che cellule di tessuti diversi possono avere vacuoli specializzati.

Il grande vacuolo centrale (= **VACUOLO VEGETATIVO**) risulta delimitato dalla membrana detta **TONOPLASTO**, che deriva dalla somma delle membrane di vescicolette che si sono progressivamente fuse fra di loro.

**Il vacuolo vegetativo** può diventare la sede di:

- 1) accumulo di ioni e metaboliti
- 2) confinamento di prodotti di riserva in tessuti speciali;
  - Carboidrati [glucosio, fruttosio (monosaccaridi) , saccarosio (disaccaride), **inulina** (polisaccaride)
  - Aminoacidi (arginina, leucina, tirosina, istidina, glutammina e asparagina), proteine (anche in forma enzimatica) -> durante maturazione dei semi -> **granuli di aleurone**
  - Lipidi
- 3) Inclusi solidi (sabbia cristallina, rafidi, druse, stiloidi);
- 4) accumulo di potenziali composti di difesa o di reazione a stress biotici e abiotici -> processi di detossificazione (es. da metalli pesanti),
- 5) accumulo di pigmenti polari idrosolubili.

**Vacuolo + parete cellulare + membrana cellulare → TURGORE  
cellulare ← → crescita e mantenimento della forma degli organi in  
struttura primaria di una pianta**



# Contenuto di ioni e metaboliti nel succo vacuolare

- $K^+$  è prevalente
- elevate concentrazioni di elementi presenti a basse o bassissime concentrazioni nel citoplasma, e.g. Ca e Na.
- molto abbondanti ed in elevate concentrazioni anioni inorganici (es.  $Cl^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , ecc.), acidi organici (soprattutto ac. malico), mono-, bi-, triglicidi solubili (es. saccarosio), ed aminoacidi.

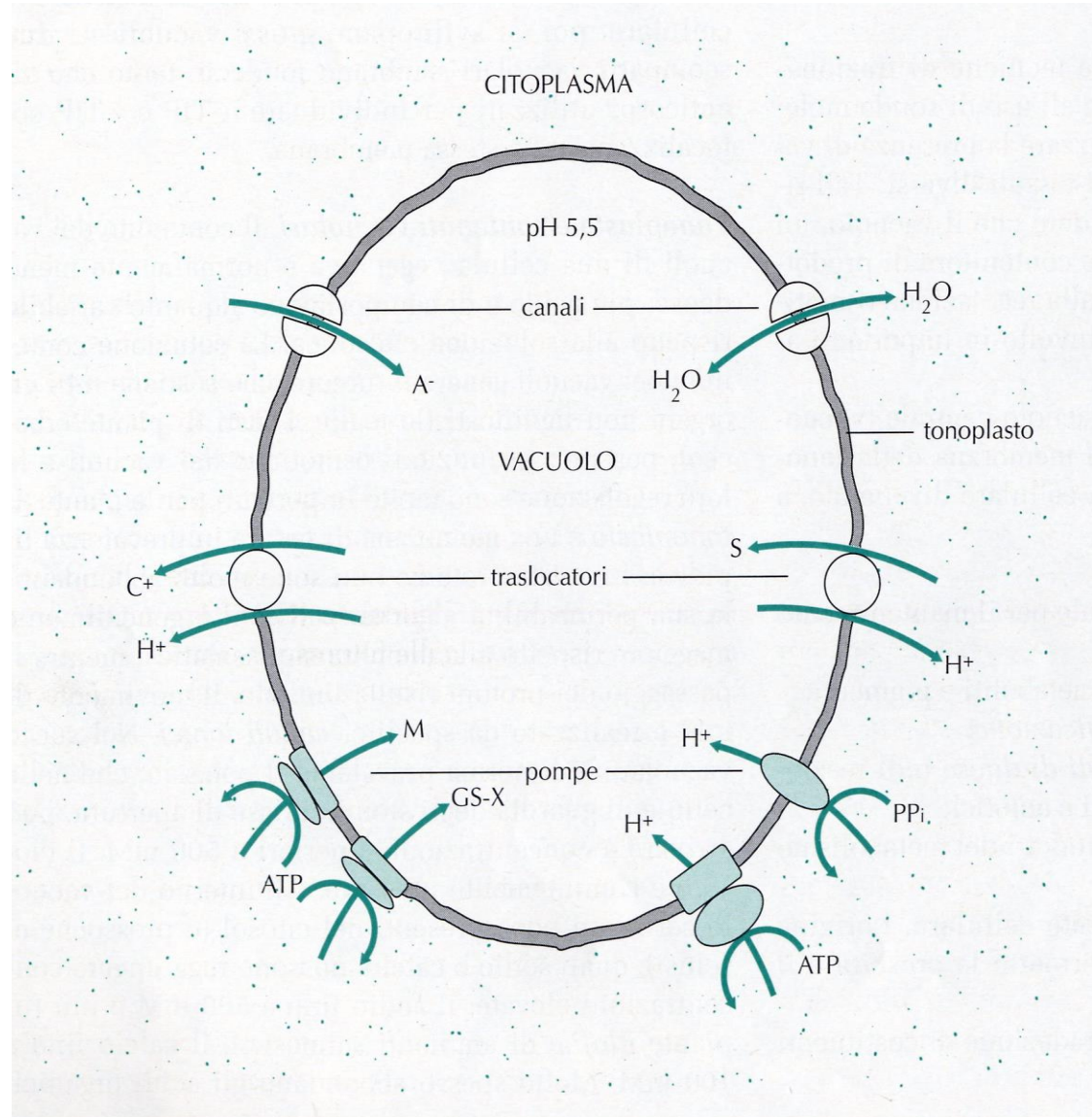
Vacuolo = “trappola” acida, **pH compreso tra 5 e 6**, ma che diventa molto acido in alcuni gruppi di piante, che hanno un metabolismo di assimilazione della  $CO_2$  particolare (piante “CAM”), con **pH=2**.

Basso (=acido!) pH anche nel vacuolo di tessuti particolari, e.g. polpa di alcuni frutti (es. agrumi).

Acidificazione  $\leftarrow \rightarrow$  differenza di elettropotenziale  $\leftarrow \rightarrow$  attività di due tipi di pompe protoniche, che consumano energia (sono ATP- e PPI-dipendenti)

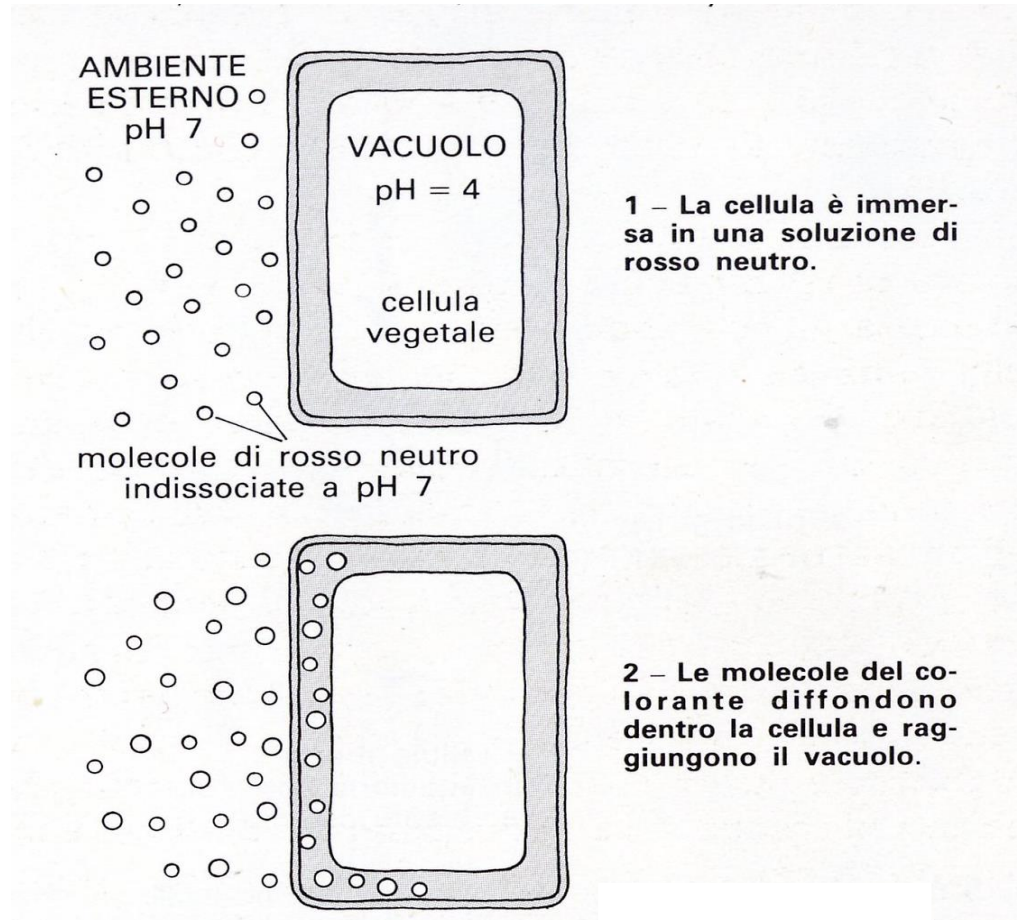
Accumulo di protoni all'interno del tonoplasto  $\rightarrow$  eccesso di cariche positive  $\rightarrow$  richiamo automatico di anioni carichi negativamente.

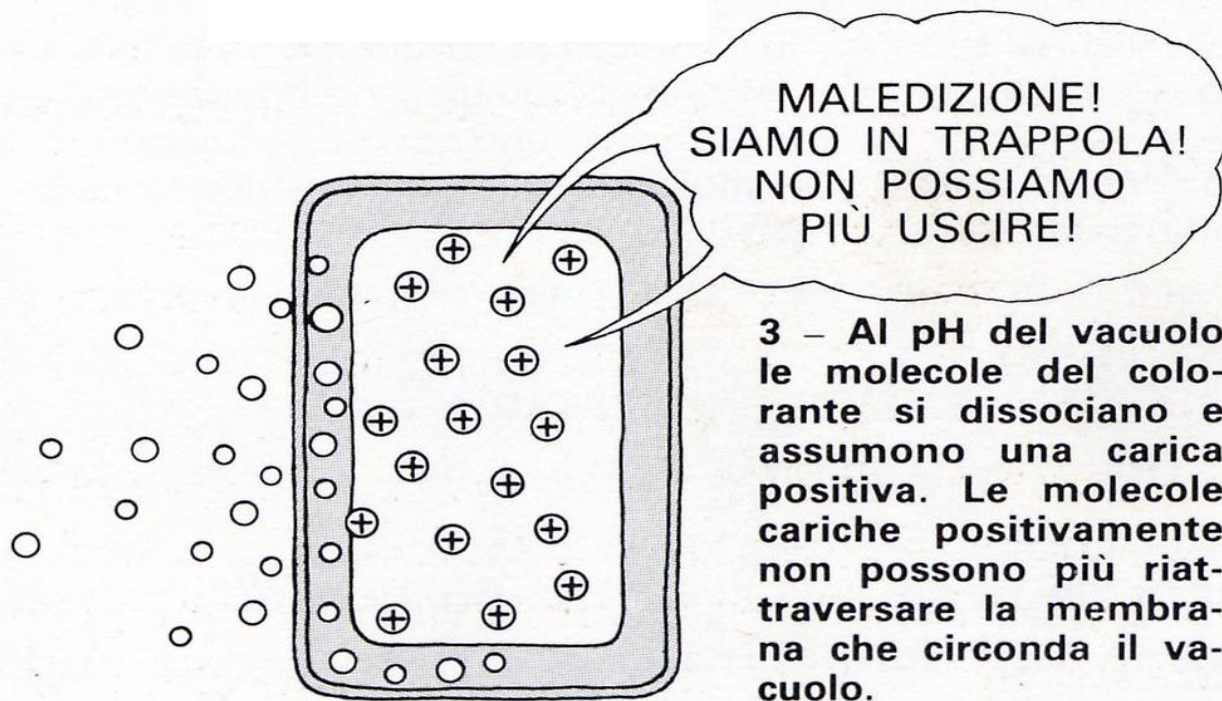
I protoni poi vengono usati da sistemi traslocatori per importare altre molecole, mentre altri traslocatori energia-dipendenti possono importare all'interno del vacuolo sostanze molto diverse, tra le quali zuccheri, peptidi, alcaloidi.





L'elevata acidità vacuolare può determinare l'intrappolamento di molecole che, non cariche a livello citoplasmatico, diffondono attraverso il tonoplasto, acquisendo una carica positiva (perché dissociate) che ne impedisce il viaggio a ritroso...

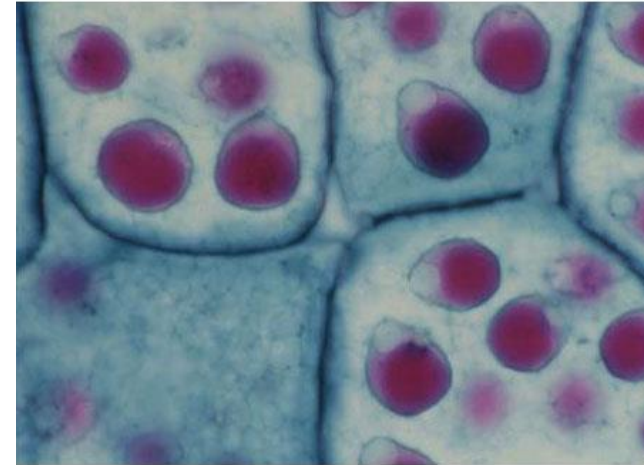




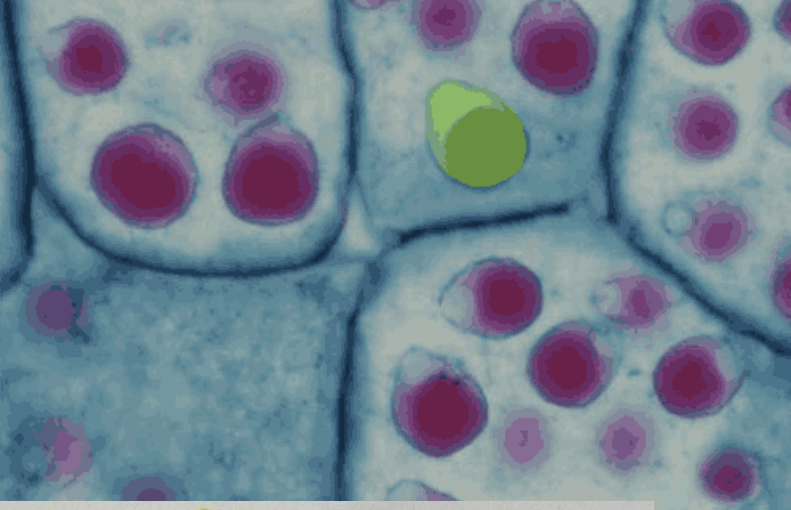
Talvolta l'accumulo di un soluto in una cellula o in un suo compartimento può essere dovuto al fatto che le sue molecole passano facilmente attraverso le membrane nella forma indissociata mentre passano difficilmente nella forma dissociata. Una volta entrate nella cellula le molecole si dissociano e vi restano prigioniere. Questo accade per esempio quando si immergono delle cellule vegetali in una soluzione di rosso neutro (un «colorante vitale», non tossico).



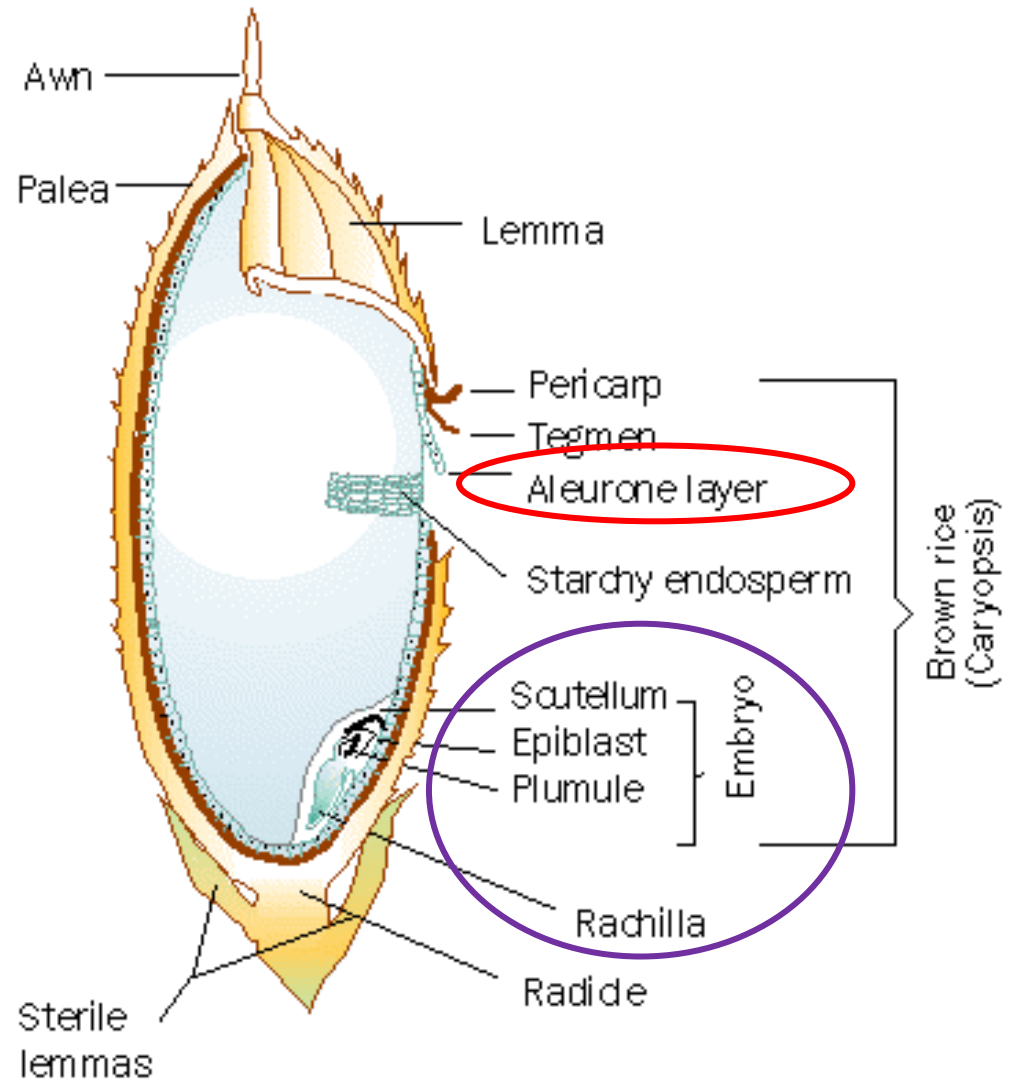
Nei semi: (leguminose, cereali) accumulo proteine di riserva →  
maturazione → progressiva disidratazione → proteine meno solubili  
→ **granuli di aleurone**



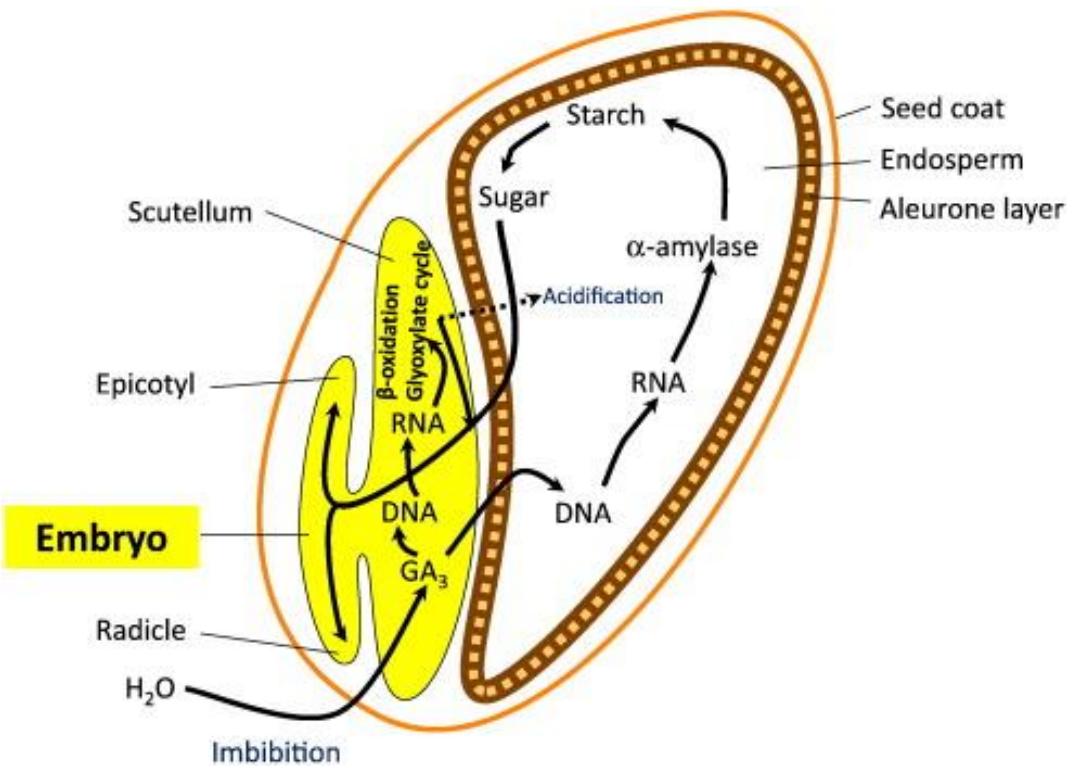




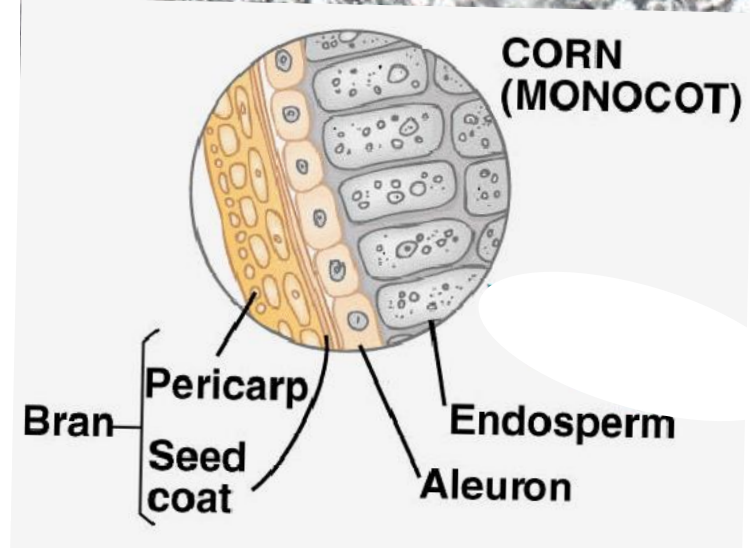
**Cariosside** di un cereale, ad es. il grano o l'orzo, il famoso «chicco» = **frutto secco monospermo indeiscente**







**Strato aleuronico:** tra il pericarpo esterno (tegumenti di protezione) e il tessuto di riserva amilaceo (endosperma); strato monocellulare, tessuto ad elevato valore nutrizionale elevata % proteine di tipo solubile (albumine e globuline), lisina, enzimi della degradazione dell'amido (**amilasi**), proteine di riserva (proteasi).



# Malto



**Cariossidi germinate** ->  
mobilitazione degli amidi  
(amilasi) -> monosaccaridi ->  
germinazione interrotta per  
disidratazione

**Malto usato per  
fermentazione alcolica da  
parte di lieviti !**

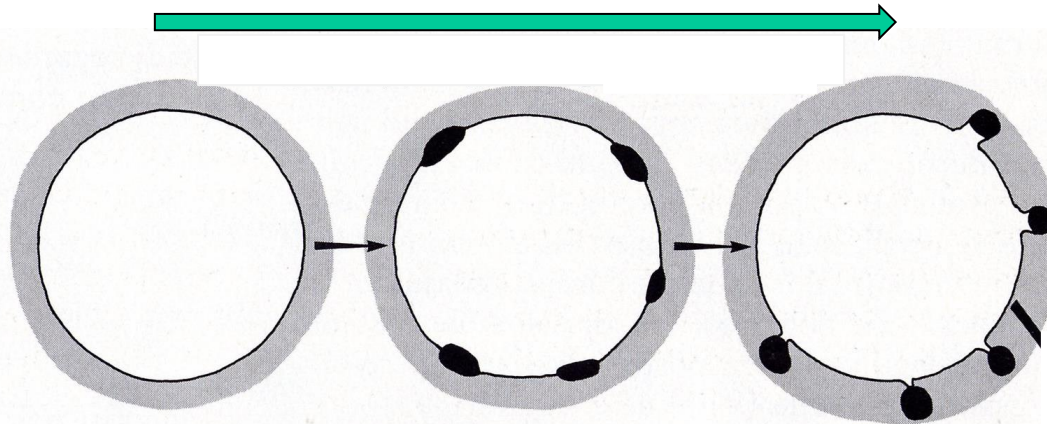




# Vacuolo di riserva

Massimo  
contenuto  
idrico del  
tessuto

Seme in maturazione (Leguminose)



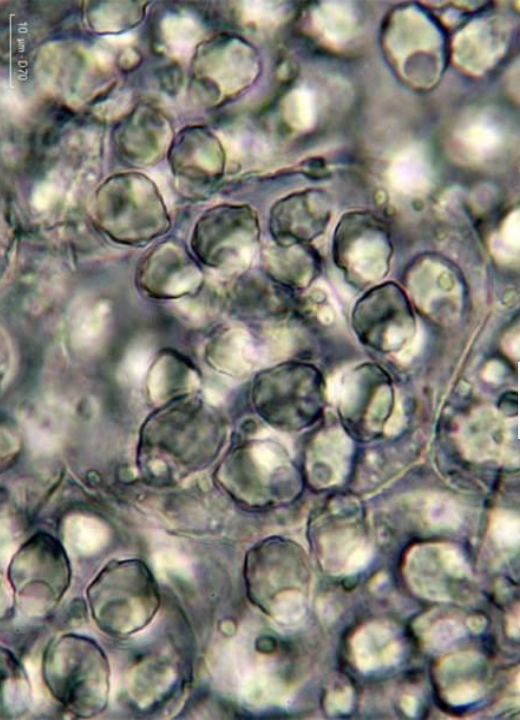
Inizialmente si ha un normale vacuolo a contenuto liquido.

Le proteine di riserva cominciano a depositarsi in alcune zone al margine del vacuolo.

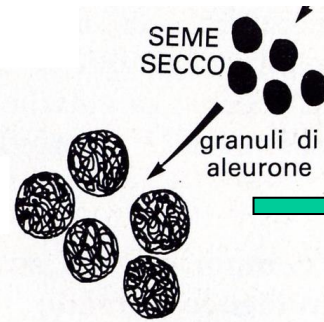
Le zone dove si sono depositate le proteine si distaccano per evaginazione dal vacuolo: si formano così dei vacuoletti a contenuto solido (granuli di aleurone).

Minimo  
contenuto  
idrico del  
tessuto

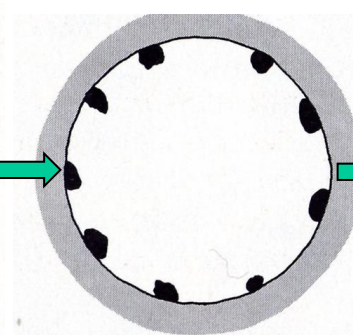
I granuli di aleurone contenenti le proteine di riserva del seme prendono origine da un vacuolo durante la maturazione e si trasformano nuovamente in un vacuolo durante la germinazione. Questa sequenza di eventi è tipica dei semi delle leguminose; nei semi di altre piante la formazione dei granuli di aleurone avviene in modo diverso.



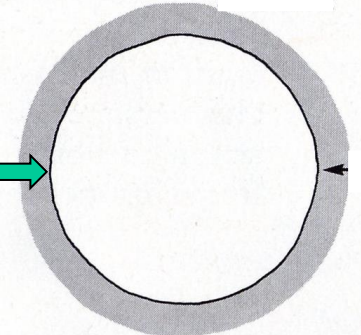
# Seme in germinazione



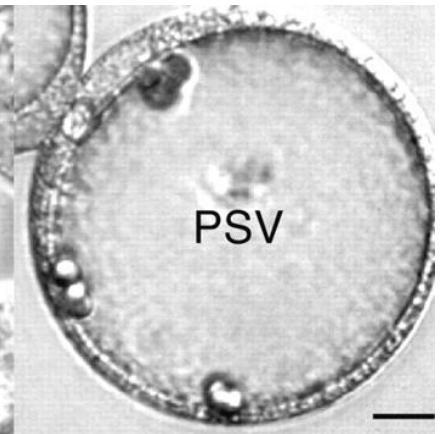
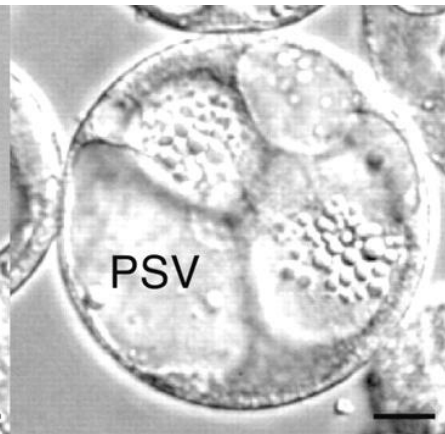
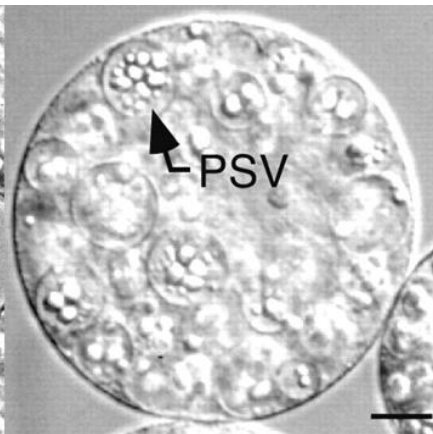
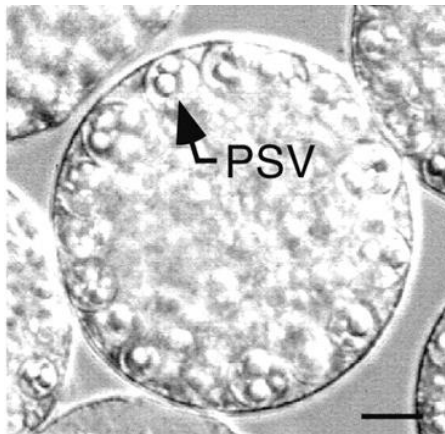
Le proteine dei granuli di aleurone vengono progressivamente idrolizzate. I granuli si rigonfiano e tendono a fondersi insieme.



Dalla fusione dei granuli di aleurone si è formato un grande vacuolo. Ai suoi margini rimane qualche residuo di proteine non digerite.



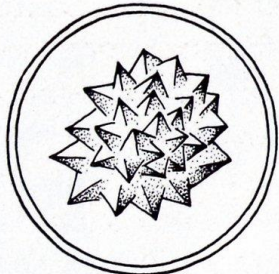
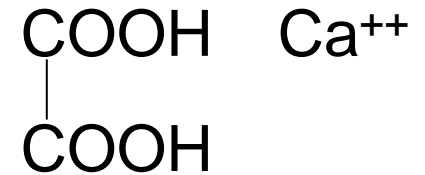
Le proteine di riserva sono scomparse. I granuli di aleurone si sono ritrasformati in un vacuolo a contenuto liquido.



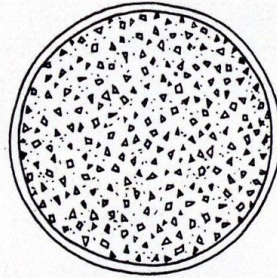


# Inclusi solidi

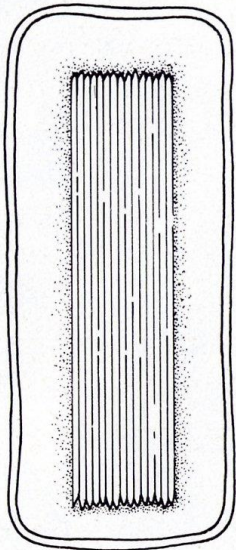
L'elevata concentrazione di calcio e di particolari acidi organici (es. acido ossalico) determina la precipitazione di cristalli, talvolta di forma spettacolare.



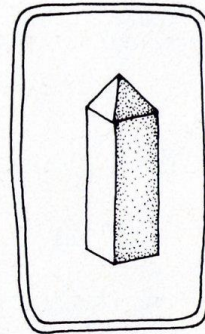
DRUSA



SABBIA  
CRISTALLINA



RAFIDI  
(fascio di cristalli  
allungati avvolti in  
una guaina mucillaginosa)

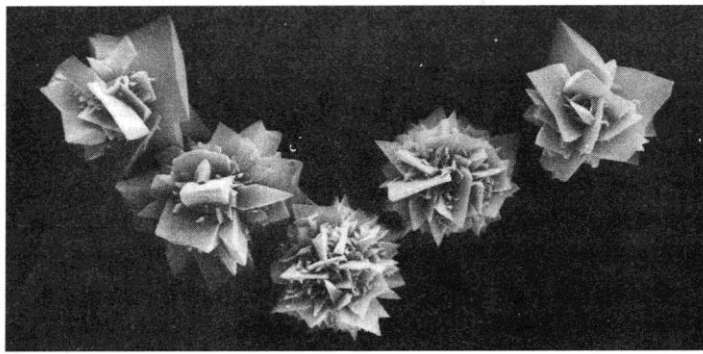


CRISTALLO  
PRISMATICO

I cristalli di ossalato di calcio possono avere diverse forme. Questi cristalli possono servire da guida per identificare al microscopio droghe di origine vegetale: in tal modo si possono riconoscere le falsificazioni.

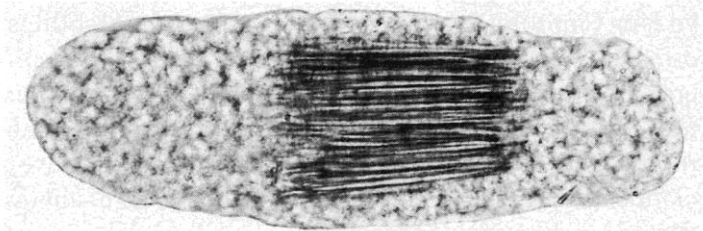






(a)

5 μm

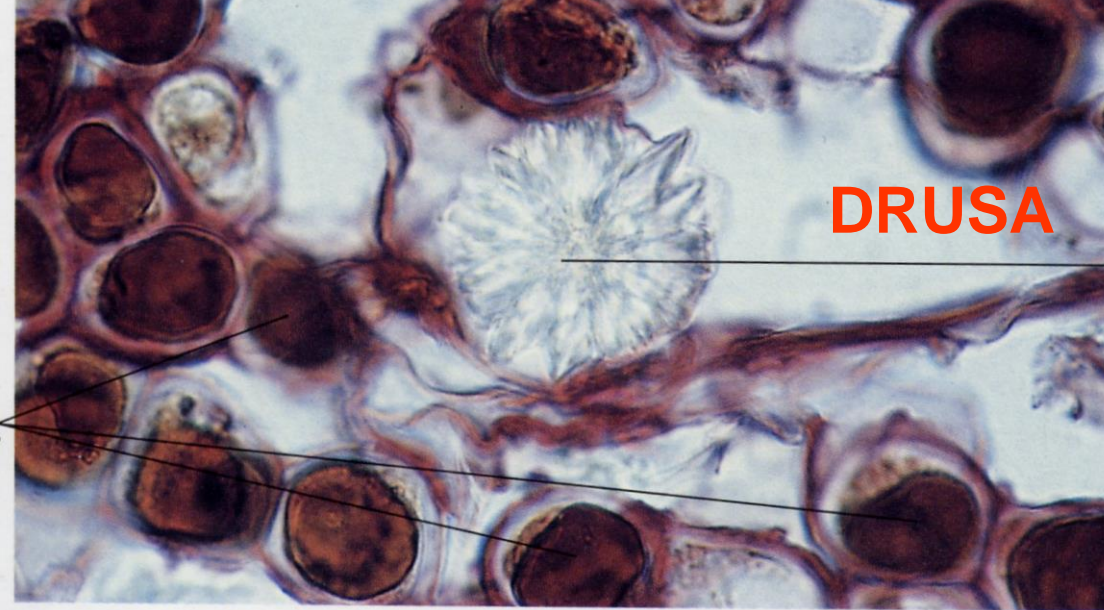


(b)

50 μm

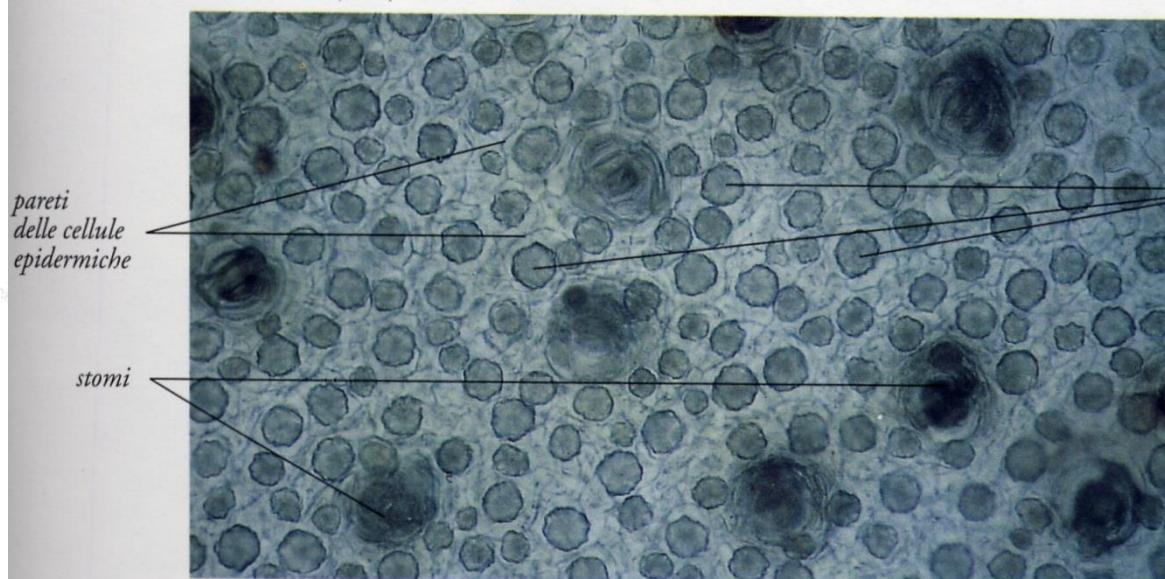
I vacuoli possono contenere differenti forme di cristalli di ossalato di calcio. (a) Druse, o aggregati di cristalli di ossalato di calcio, in cellule epidermiche di *Cercis canadensis*, osservate al microscopio elettronico a scansione. (b) Un fascio di rafidi, cristalli aghiformi di ossalato di calcio, nel vacuolo di una cellula di una foglia di *Sansevieria*. Non si distingue il tonoplasto; la sostanza granulare che circonda i cristalli è citoplasma.

Questi inclusi cristallini da un lato rendono indisponibile il Ca, dall'altro hanno un effetto deterrente nei confronti degli animali erbivori.



**DRUSA**

52 Drusa nel fusto di nocciolo (*Corylus avellana* L., fam. Corylaceae).  
x 400 (320)



pareti  
delle cellule  
epidermiche

stomi

Druse nel fusto di fico d'India (*Opuntia ficus-indica* Miller, fam. Cactaceae).  
Spellatura. x 200 (170)



# Vacuolo come deposito di sostanze di protezione

Diversi gruppi di sostanze idrofile possono essere accumulati nel vacuolo con funzioni di repellenza e difesa:

- 1) alcuni alcaloidi;
- 2) glucosidi (ad esempio quelli cianogenici, “generatori di cianuri”);
- 3) flavonoidi;
- 4) tannini.

## **ALCALOIDI:**

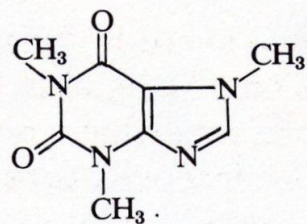
- descritti come composti a reattività **basica** (= **alcali**),
- contenenti **azoto** (gruppi amminici),
- **farmacologicamente** attivi,
- molto eterogenei e diversificati caratteristici del mondo vegetale.



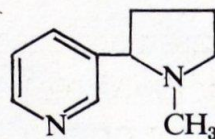
Le piante contenenti **alcaloidi** furono la prima “materia medica” del genere umano, ancora oggi sono usati come farmaci - estremamente potenti, oppure come modelli per ottenere moderni farmaci di sintesi.



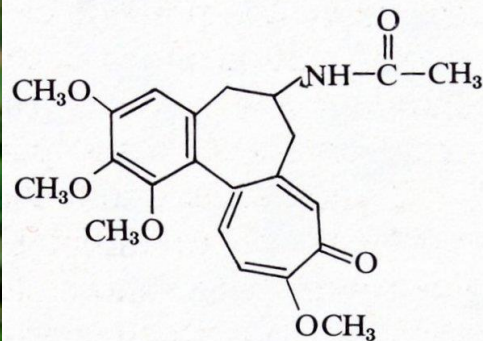




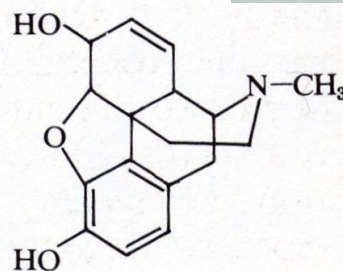
caffaina  
(caffè, tè, ecc.)



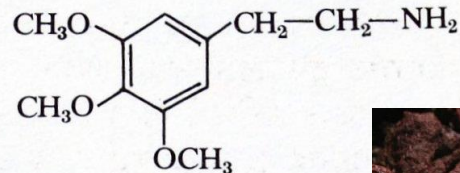
nicotina  
(tabacco)



colchicina  
(colchico)



morfina  
(papavero da oppio)



mescalina  
(alcuni cactus)



Formule  
dell'estrema varietà di st  
di molecole. Notate la  
degli acidi nucleici; l'ar  
NAD.

**Mescalina:** psichedelico  
contenuto principalmente  
nel peyote (*Lophophora  
williamsii*)





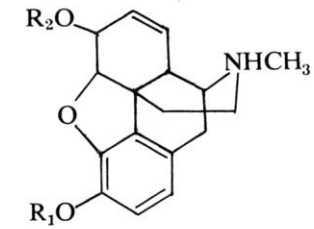
*Trichocereus pachanoi* /  
*Echinopsis pachanoi* /  
Echinopsis peruviana  
San Pedro / cardòn

- Origine: Bolivia, Ecuador, Perù
- In Italia usato come pianta ornamentale
- Mescalina →  
psichedelico, allucinogeno,  
enteogeno → riti tribali,  
culture sciamaniche

**L'uso è diventato patrimonio culturale del Perù dal 2022**



Non tutti gli alcaloidi vengono accumulati a livello vacuolare  
 → secreti nel lattice.

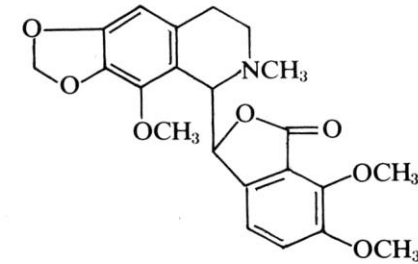


*gruppo della morfina*

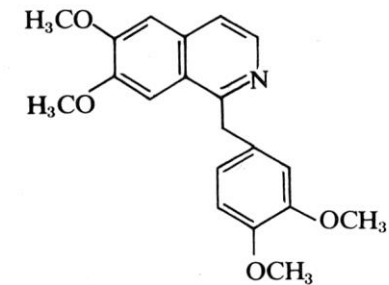
morfina:  $R_1=H$ ,  $R_2=H$

codeina:  $R_1=CH_3$ ,  $R_2=H$

tebaina:  $R_1=CH_3$ ,  $R_2=CH_3$



*narcotina*



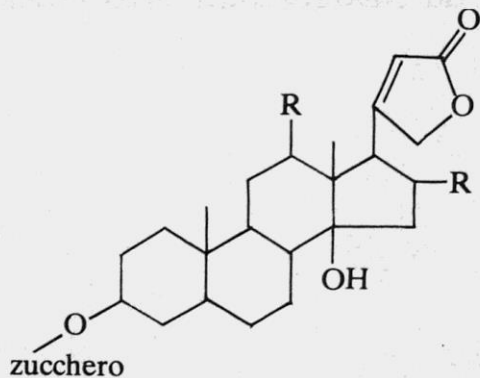
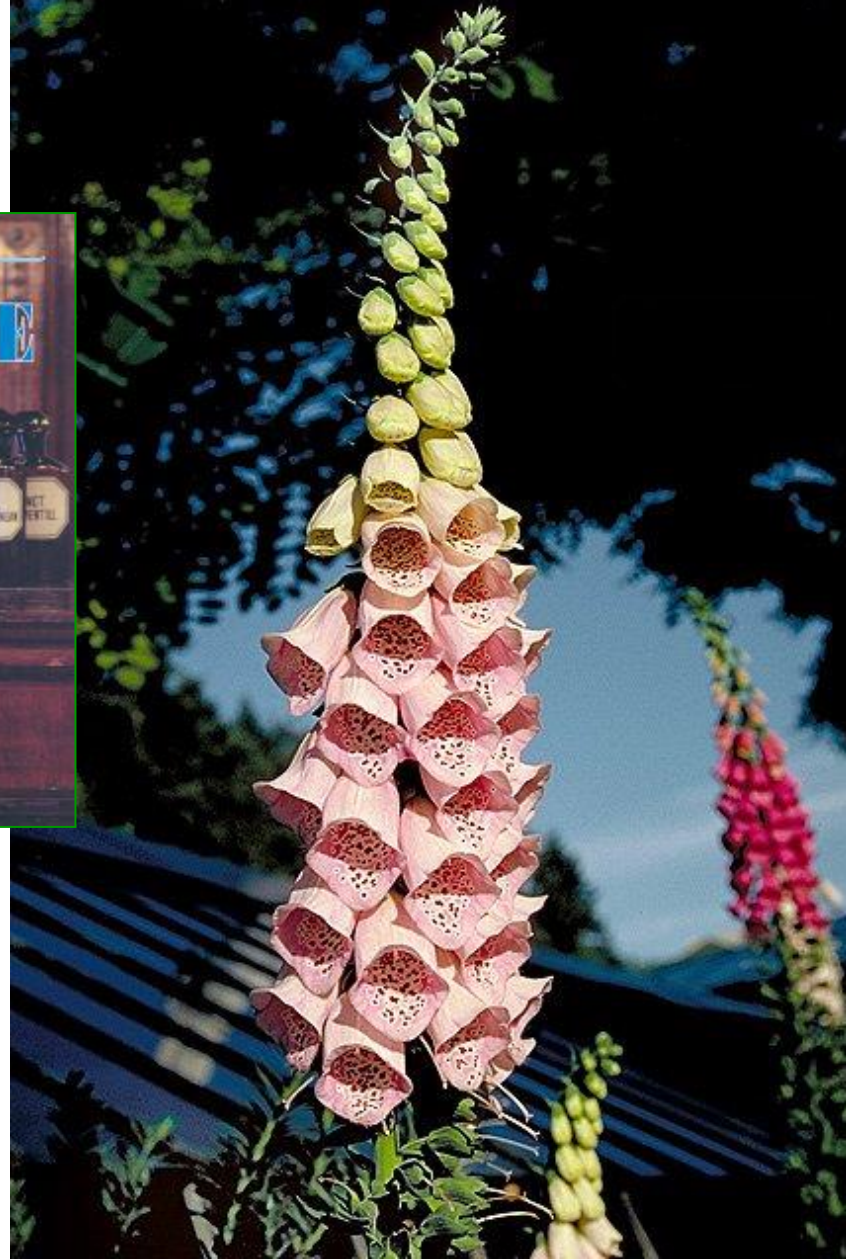
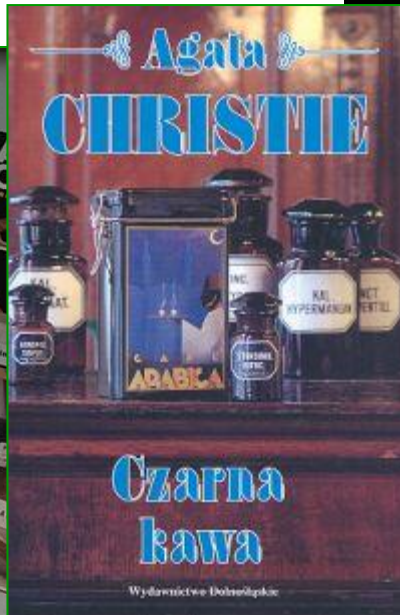
*papaverina*



Una delle piante medicinali più famose: il papavero sonnifero detto anche papavero da oppio e alcuni suoi principi attivi. I frutti immaturi del papavero (nella foto) contengono un lattice che sgorga spontaneamente da un'incisione: il lattice rappreso costituisce l'oppio. Quest'ultimo contiene una trentina di alcaloidi di cui sono riportate alcune formule. I loro effetti sull'organismo umano sono estremamente diversi (per esempio la morfina agisce essenzialmente sul sistema nervoso centrale mentre la papaverina agisce sulla muscolatura liscia). Oltre agli alcaloidi l'oppio contiene moltissime altre sostanze: acidi organici, resine, cere, proteine, ecc.



# GLUCOSIDI /Glicosidi



Una pianta medicinale molto famosa: la digitale (*Digitalis purpurea*) la quale contiene numerosi principi attivi che rinforzano le contrazioni del cuore. La figura ne mostra la formula generale. Notate la somiglianza tra queste molecole e gli steroli.

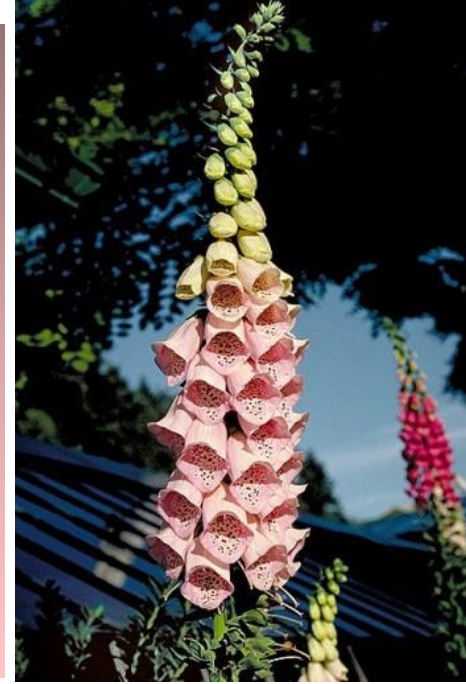


## Digitalici:

- sono dei farmaci cardiocinetici con efficacia altissima ed elevata tossicità prolungata nel tempo;
- possiedono due principi attivi principali:

**DIGOTOSSINA & DIGITOSSINA.**

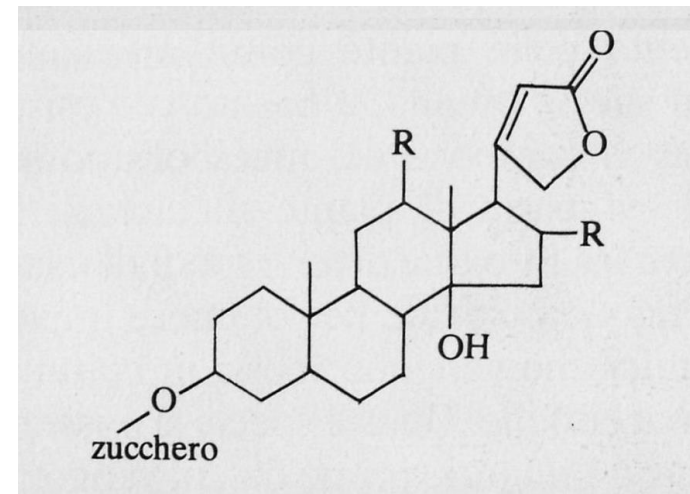
**DIGITONINA:** glicoside digitalico, non ha effetti sul cuore, viene sfruttato per il suo potere tensioattivo.



*Digitalis purpurea*

## Digitossina:

- il più assorbito a livello intestinale
- usato nel trattamento dell'insufficienza cardiaca



Gli effetti dei digitalici sono di tipo inotropo positivo sulla contrazione (alterazione forza), di tipo batmotropo positivo (alterazione eccitabilità) sulla formazione dell'impulso, essendo invece negativi sulla conduzione (dromotropo negativi) e sulla frequenza (cronotropo negativi).

Il meccanismo d'azione è dovuto al legame relativamente stabile tra il nucleo steroideo e una frazione precisa della pompa sodio-potassio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPasi) dei cardiomiociti.

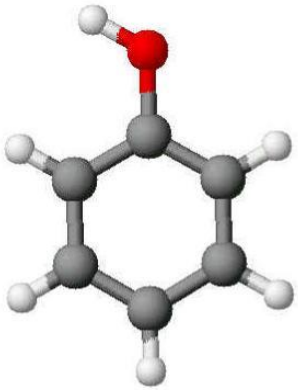
Questo legame determina l'inibizione del 10-30% dell'ATPasi di membrana, determinando un aumento del sodio intracellulare, ma con una conservazione del rapporto  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ .

Stoccaggio a livello vacuolare di alcaloidi e glucosidi → compartimentazione di sostanze che sono dannose per il normale metabolismo cellulare → “*SALVAGUARDIA*” del metabolismo.

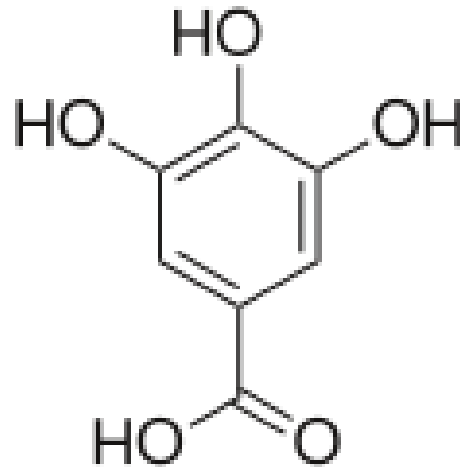


**Fenoli:** Composti con uno o più gruppi **sostituenti ossidrilici –OH** legati ad **anello aromatico**

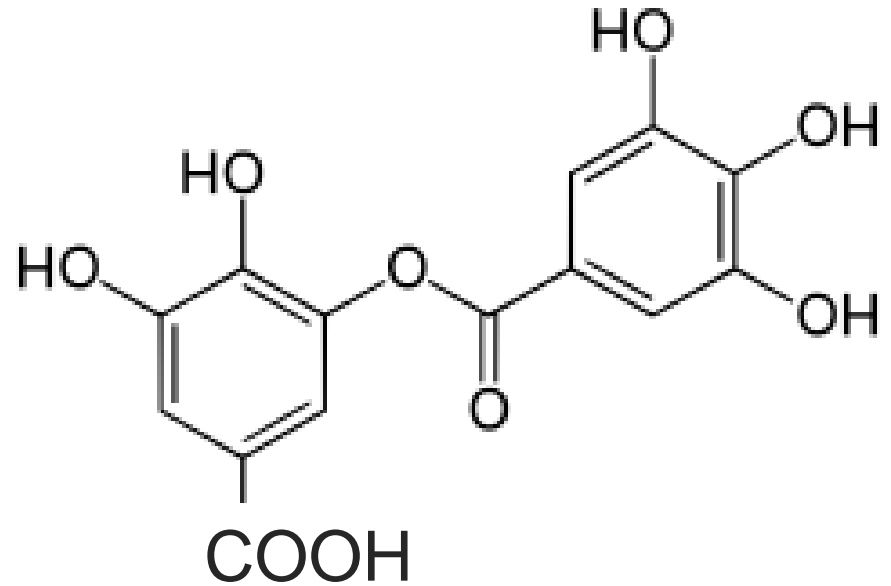
**Flavonoidi** → colore dei petali



**FENOLO**



**Acido GALLICO**



**Acido DIGALLICO**

(per esterificazione di due molecole di acido gallico)

# FLAVONOIDI

**Pigmenti** lipofili o idrofili.

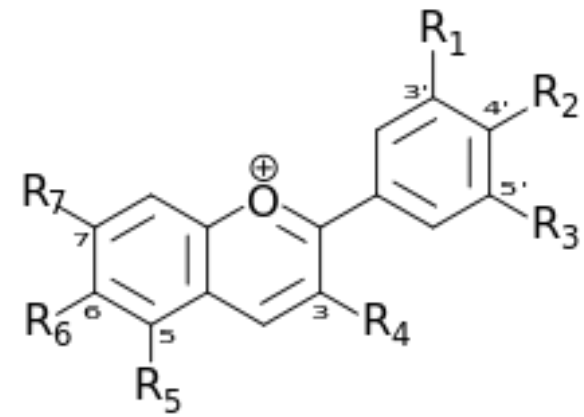
**idrofili** si accumulano nel **vacuolo**, conferiscono colori anche molto brillanti ai tessuti (es. epidermidi di molti fiori). **ANTOCIANI**, praticamente ubiquitari tra le piante → colore rosa, rosso, blu o violetto; **BETACIANI**, che caratterizzano alcune famiglie di piante (e.g. Chenopodiaceae, barbabietola).



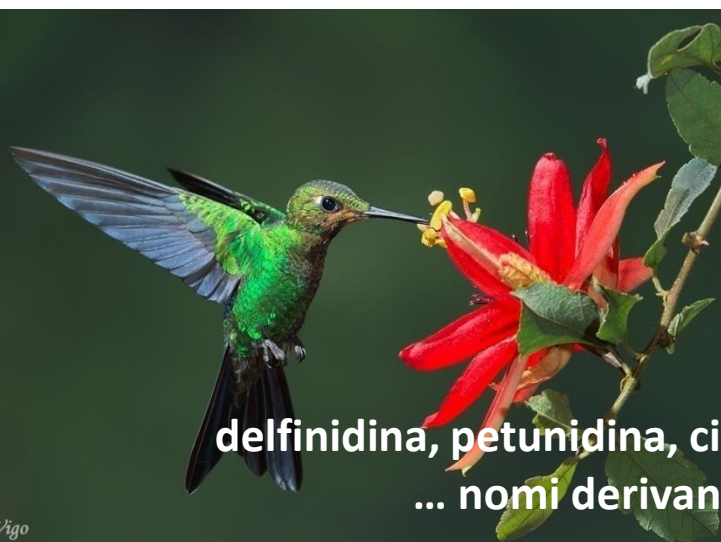


## ➤ **Antociani:**

- presenti esclusivamente in piante superiori, e non si riscontrano in animali, microorganismi o piante acquatiche;
- composti poliaromatici poliossidrilati;
- reagiscono con ossidanti quali ossigeno molecolare e radicali liberi → riduzione dei danni che queste molecole possono provocare alle cellule e ai tessuti.
- attività antiossidante e antiradicalica → antociani impiegati in medicina.



*Il catione **FLAVILIO**,  
struttura base degli  
antociani.*



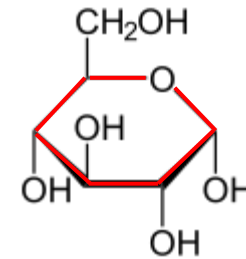
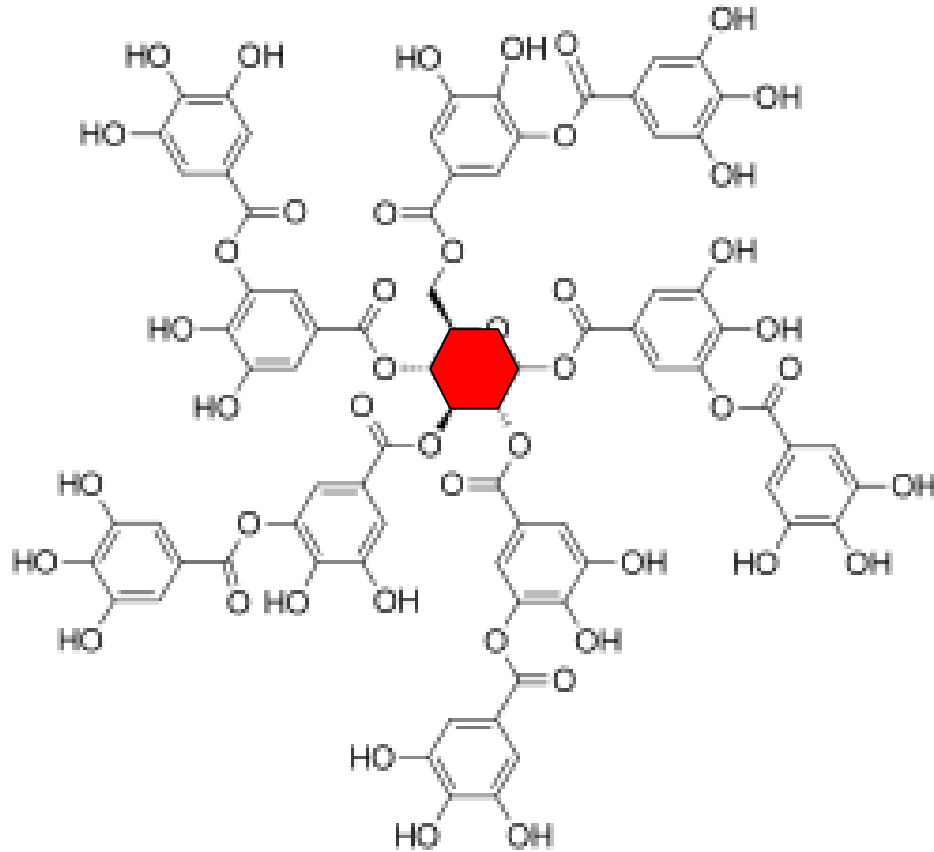
**delfinidina, petunidina, cianidina, malvidina, peonidina e pelargonidina  
... nomi derivano dalle piante che ne sono ricche!!!!**

F(x) flavonoidi:

- richiamo verso gli animali,
- protezione: assorbimento efficiente della radiazione ultravioletta, dannosa soprattutto per i giovani tessuti → il vacuolo pigmentato abbatte una parte della radiazione che colpirebbe il DNA a livello nucleare (“ombrello” molecolare).



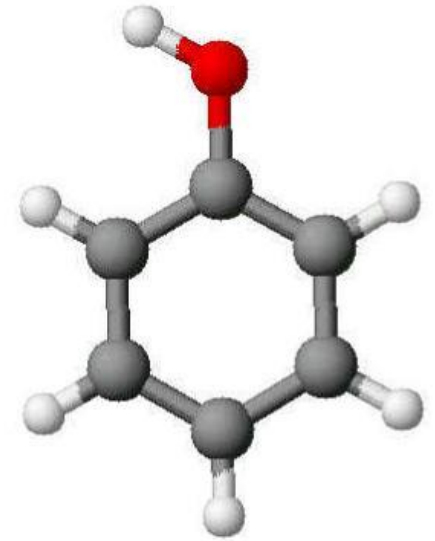




L'acido tannico è prodotto dalla condensazione di **una molecola di glucosio** e cinque molecole di acido digallico.

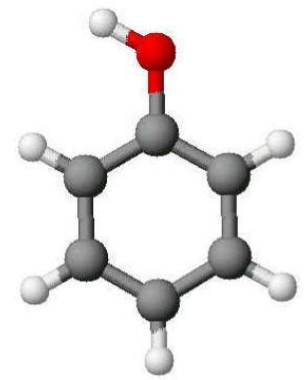
# TANNINI

- gruppo molto eterogeneo di molecole;
- derivano tutte da una molecola organica semplice = **FENOLO**, progressivamente modificata e condensata
- Capaci di legarsi a composti azotati
- Solubili in  $H_2O$
- Sapore astringente





Inibiscono l'attività di molti enzimi → inibizione degli enzimi degli organismi potenzialmente patogeni, e.g. batteri e funghi.



➤ In vacuoli di cellule della corteccia

F(x) in legno e scorze degli alberi e arbusti → incrementare la capacità di conservazione del materiale rendendolo scarsamente attaccabile da parte di saprofiti → tappi di sughero!!!



## F(x) dei tannini: protezione di frutti immaturi

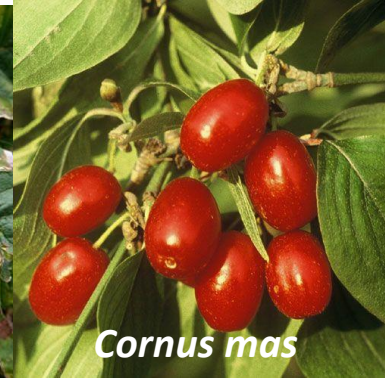
accumulo di tannini → frutto immaturo immangiabile ...“legano la lingua” («allappano») ← → astringenza causata dalla precipitazione di glicoproteine della saliva, in particolare la mucina → la saliva perde le sue proprietà lubrificanti.



*Diospyrus kaki*



*Mespilus germanica*



*Cornus mas*



*Ceratonia siliqua*

Solo con il processo di maturazione i tannini verranno degradati e sostituiti da zuccheri semplici (come il fruttosio).



**WHY ?**





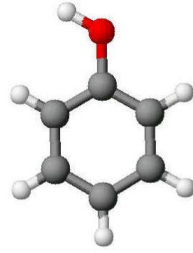


Maturazione dei semi

Il frutto se mangiato immaturo rappresenterebbe per la pianta una perdita secca

Il frutto viene mangiato con dispersione dei semi: l'investimento ha avuto successo!

- In vacuoli di cellule della corteccia



“Storicamente” utilizzati per la «concia delle pelli»: processo che permette di prevenire la putrefazione della pelle animale per opera di enzimi proteolitici, trasformandola in CUOIO.

Il termine **tannino** è stato introdotto nel 1796 per indicare una sostanza chimica presente negli estratti vegetali ottenuti dalla scorza dei nostri alberi.



Le fonti più ricche di tannini sono le cortecce di alberi dei generi *Quercus*, *Castanea*, *Picea*, *Fagus* e *Robinia*.





I tannini possono sprigionarsi anche da materiali lignei già stagionati. Erano quindi molto temuti dai pittori, perché potevano macchiare in maniera irreparabile i dipinti su tavola. Questo spiega perché i dipinti della grande produzione italiana del XIV-XVII secolo erano in genere eseguiti su legno di pioppo o cipresso (quasi privi di tannini), cmq la preparazione del substrato era particolarmente lunga e laboriosa.

Michelangelo Buonarroti,  
Tondo Doni, Uffizi, 1506-  
1508. Dipinto su tavola,  
diametro: 120 cm.







Mescolando, in varie proporzioni, un infuso di GALLE, escrescenze ricche di tannini che si sviluppano su alcuni alberi (ad es. querce) in seguito all'ovodeposizione di piccoli insetti, vetriolo verde (solfato ferroso) e gomma arabica (come addensante), si ottiene il **gallato di ferro**, l'inchiostro nero a base acquosa usato per secoli. Penetra profondamente nelle fibre della carta, risultando praticamente indelebile.



Per la facilità di produzione e il suo costo ridotto il gallato di ferro è stato utilizzato sino all'inizio del XX secolo.

La diffusione di questo inchiostro nell'uso comune si ridusse fino a scomparire con l'introduzione di inchiostri di china che non danneggiavano i pennini e poi delle penne a sfera che impiegano un inchiostro grasso simile a quello tipografico.

Le proprietà acide dell'inchiostro ferrogallico possono portare al deterioramento del supporto cartaceo degradando la cellulosa, per cui sono necessarie delicate operazioni di RESTAURO.





La capacità di legarsi ai composti contenenti azoto (proteine ed alcaloidi) → qualità astringente di molti vini rossi, che ne contengono naturalmente o per maturazione su legno [«vino barricato», cioè fatto maturare in botte (nuova!) in genere di castagno o quercia], o modificato con aggiunta di tannini in polvere (!).



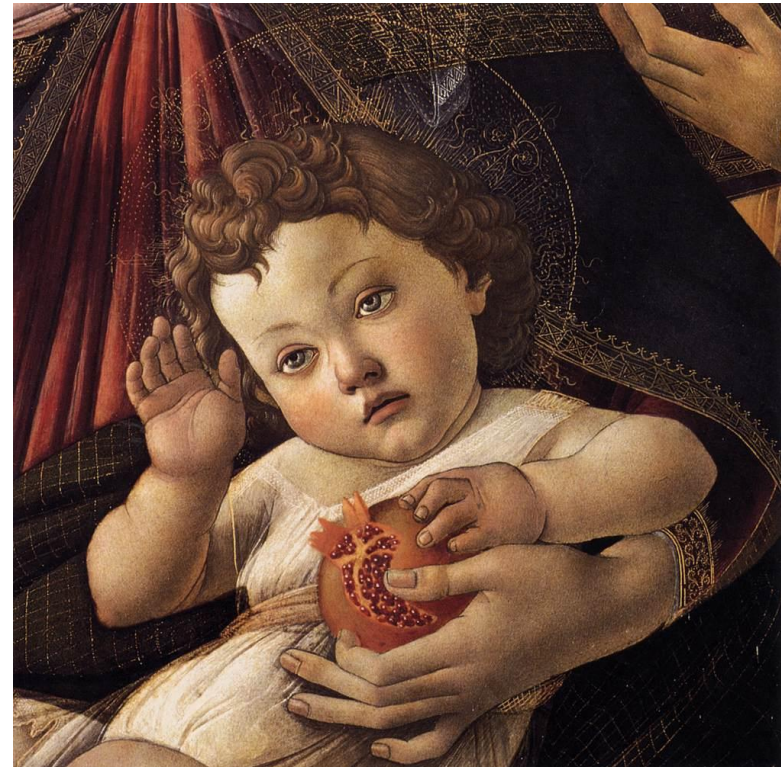
I tannini (nell'esocarpo) somministrati sia per via topica che orale, hanno un effetto antibatterico e antifungino.

via orale → effetto antidiarroico; emorragie vaginali ed intestinali

via topica → effetto vasocostrittore; usati per curare alcune forme di dermatite

### ***Punica granatum***

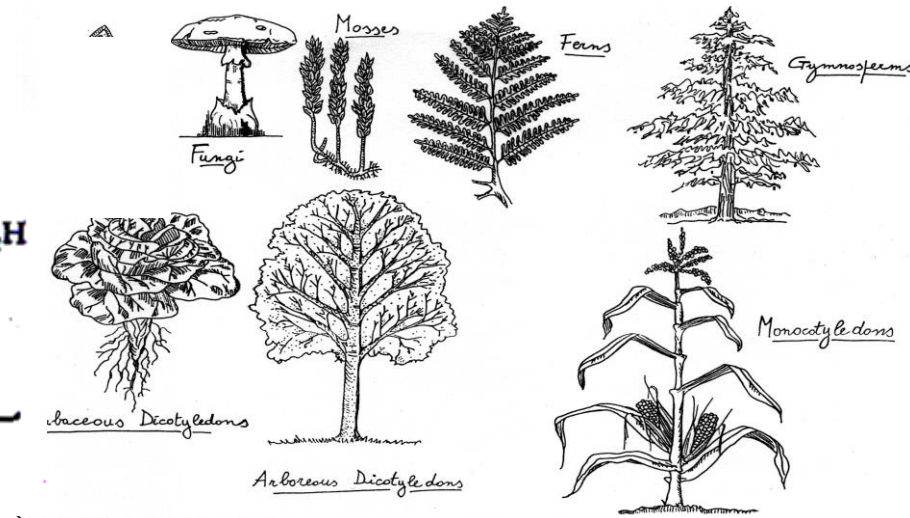
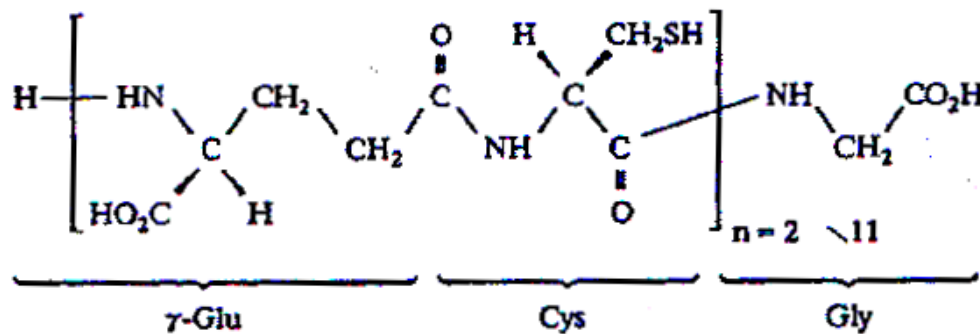
Da sempre la melagrana è simbolo di fecondità, spesso associato a divinità femminili come Astarte-Ishtar, Demetra e Persefone, meno spesso a Hera/Giunone e quindi alla Vergine.





# FITOCHELATINE

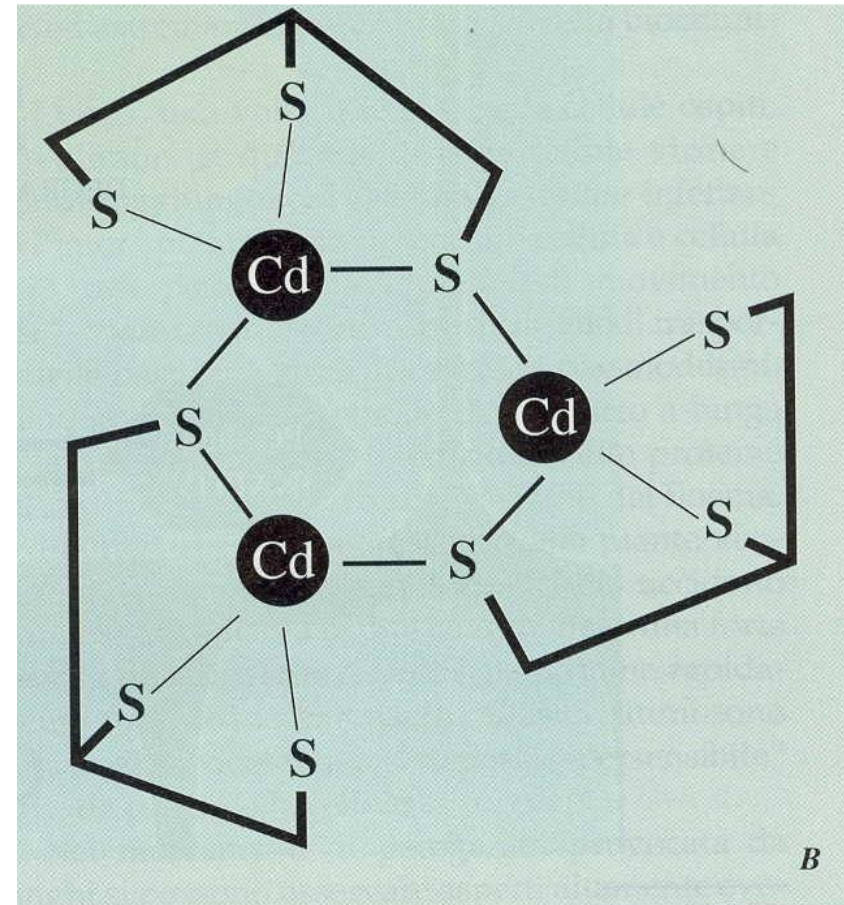
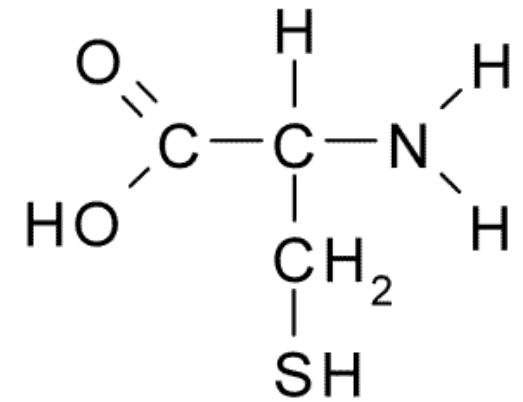
- sostanze detossificanti, **polipeptidi** ed oligopeptidi che complessano metalli pesanti.
- peptidi ricchi in **cisteina** (g-glutamil-cisteinil)<sub>n</sub>-glicina, con n = 2-11 (spesso 2-5)
- presenti in alghe, muschi, pteridofite, angiosperme, funghi (licheni)



Gli effetti vennero scoperti nel 1973 da Paolo Pelosi e collaboratori dell'Università di Pisa osservando un aumento degli aminoacidi acido glutammico, cisteina e glicina in piante di tabacco esposte a concentrazioni elevate di mercurio metallico.

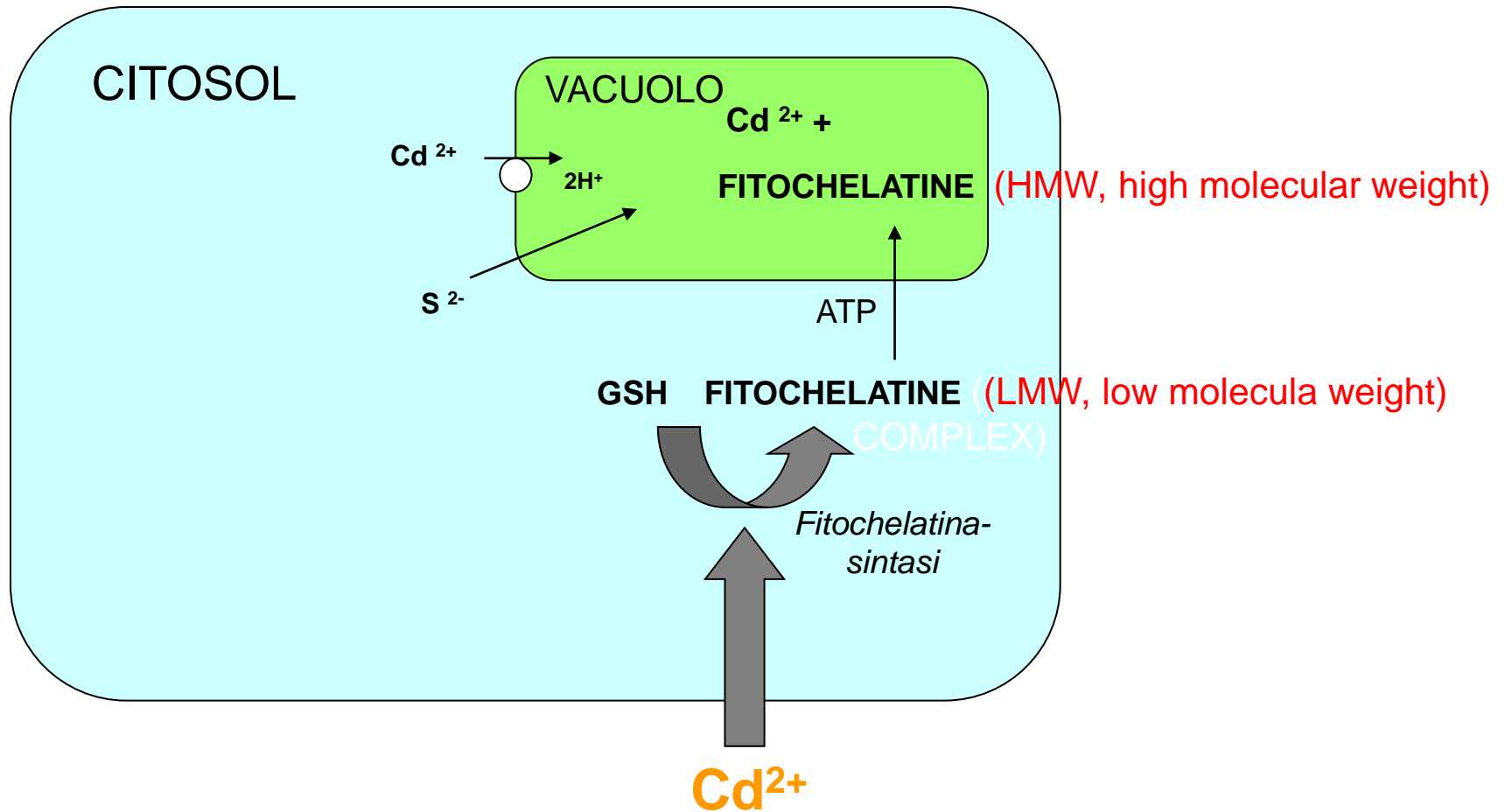
# Fitochelatine

- Sintesi indotta dalla presenza di diversi metalli e metalloidi (Cd, Pb, As, V, Cu, Zn)
- prodotte a livello citoplasmatico
- si legano agli ioni metallici in eccesso (dannosi!!!), grazie ai **gruppi sulfidrilici (-SH)** della cisteina → chelazione.
- Traslocate a livello vacuolare, dove si accumulano, detossificando il citoplasma = prevenendo interazioni tra metalli pesanti e componenti molecolari cellulari.





# Fitochelatine



Il **vacuolo vegetativo** può diventare la sede di:

- 1) accumulo di ioni e metaboliti
- 2) confinamento di prodotti di riserva in tessuti speciali (lipidi, carboidrati, aa, proteine).
- 3) accumulo di potenziali composti di difesa o di reazione a stress biotici e abiotici.
- 4) accumulo di pigmenti polari idrosolubili.
- 5) per processi di detossificazione (es. da metalli pesanti).

**Vacuolo + parete cellulare + membrana  
cellulare → TURGORE cellulare ← → crescita e  
mantenimento della forma degli organi in  
struttura primaria di una pianta**



# VACUOLO e TURGORE CELLULARE









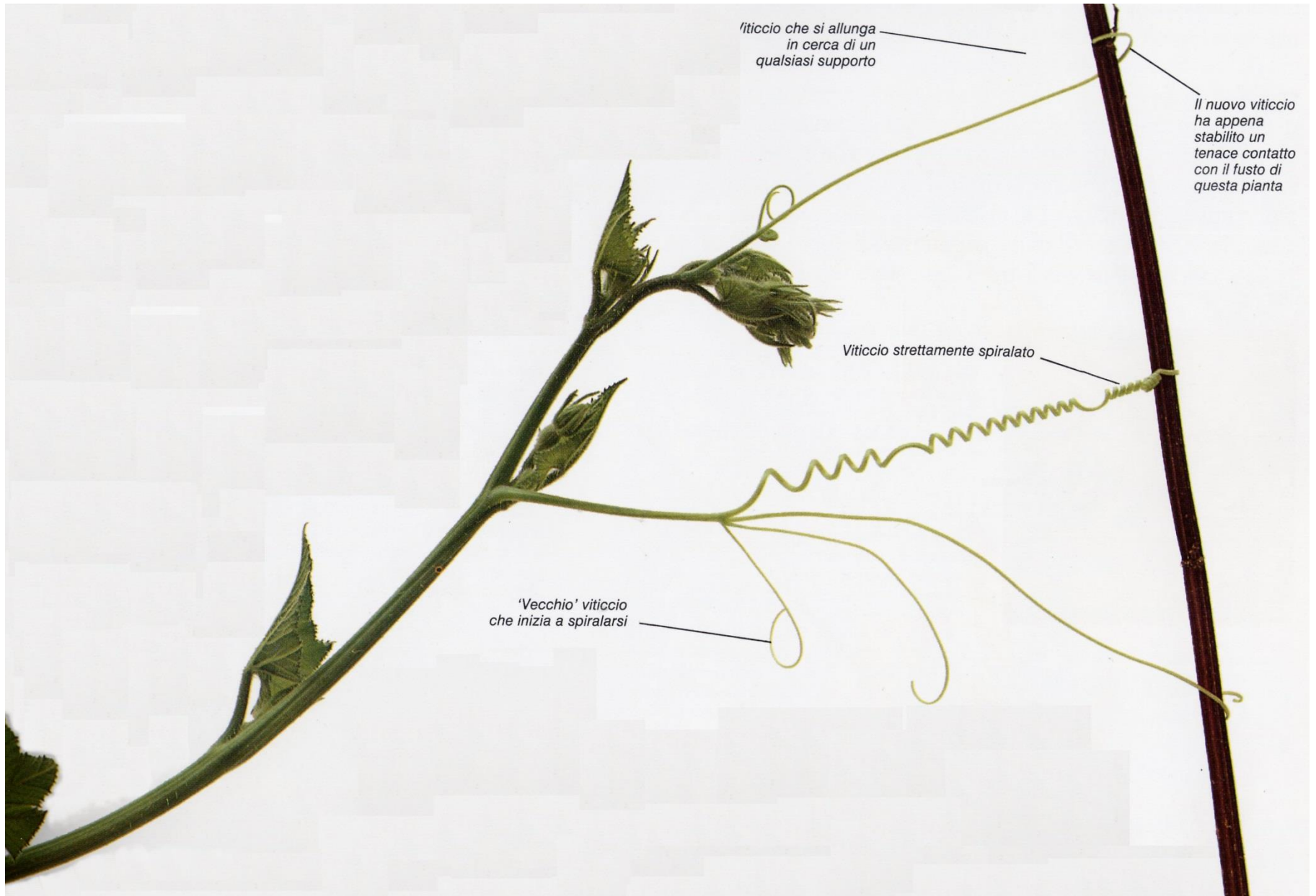
*Petalò che si distendono verso l'esterno*

*Petalò*

*Sepalo*

#### **IL FIORE SI APRE**

Il nasturtio ornamentale appartiene ad una famiglia di piante originarie dell'America Meridionale. Nelle località più distanti dall'equatore fiorisce a metà estate. Quando il periodo giornaliero di luce raggiunge la lunghezza necessaria iniziano a formarsi i boccioli fiorali. Ciascun bocciolo è ricoperto e protetto da cinque sepali; questi ultimi si aprono progressivamente lasciando apparire cinque petali di colore giallo, arancio brillante oppure rosso, che si distendono ripiegandosi all'indietro. Uno dei sepali dà origine ad un lungo sperone che a sua volta si distende dietro al fiore. Questo particolare sperone produce abbondante nettare stimolando gli insetti impollinatori a visitare il fiore del nasturtio.



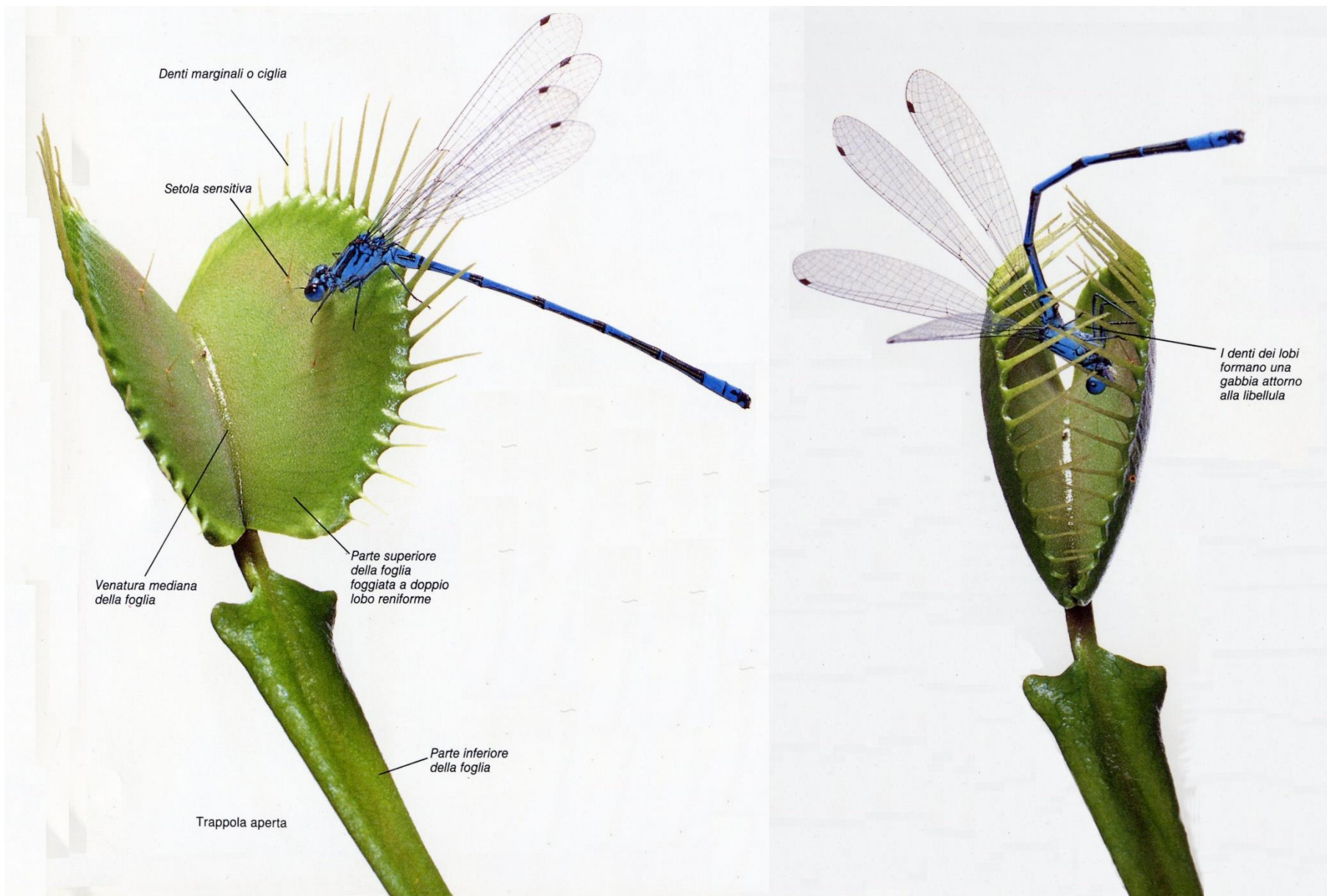
*'Tendone che si allunga  
in cerca di un  
qualsiasi supporto*

*Il nuovo viticcio  
ha appena  
stabilito un  
tenace contatto  
con il fusto di  
questa pianta*

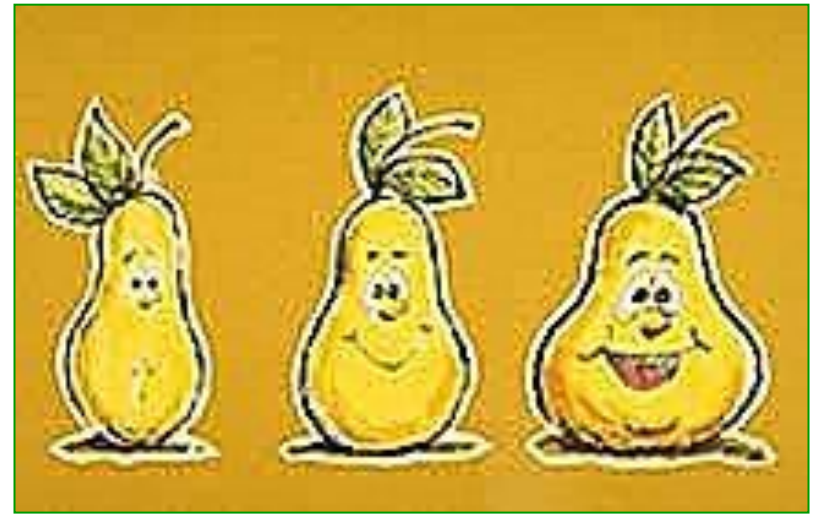
*Viticcio strettamente spiralato*

*'Vecchio' viticcio  
che inizia a spiralarsi*





# TURGORE cellulare



**Parete cellulare + membrane cellulari + vacuolo →**

determinazione in maniera molto precisa di rapporti idrici tra cellula e ambiente circostante (analogie con **cella osmotica** o **pneumatico**).

La membrana citoplasmatica è selettivamente permeabile, cioè lascia passare determinate molecole ma non altre, e con velocità diverse ..... è “a semipermeabilità dinamica”, per la presenza delle pompe di membrana che allontanano ciò che entra per diffusione.



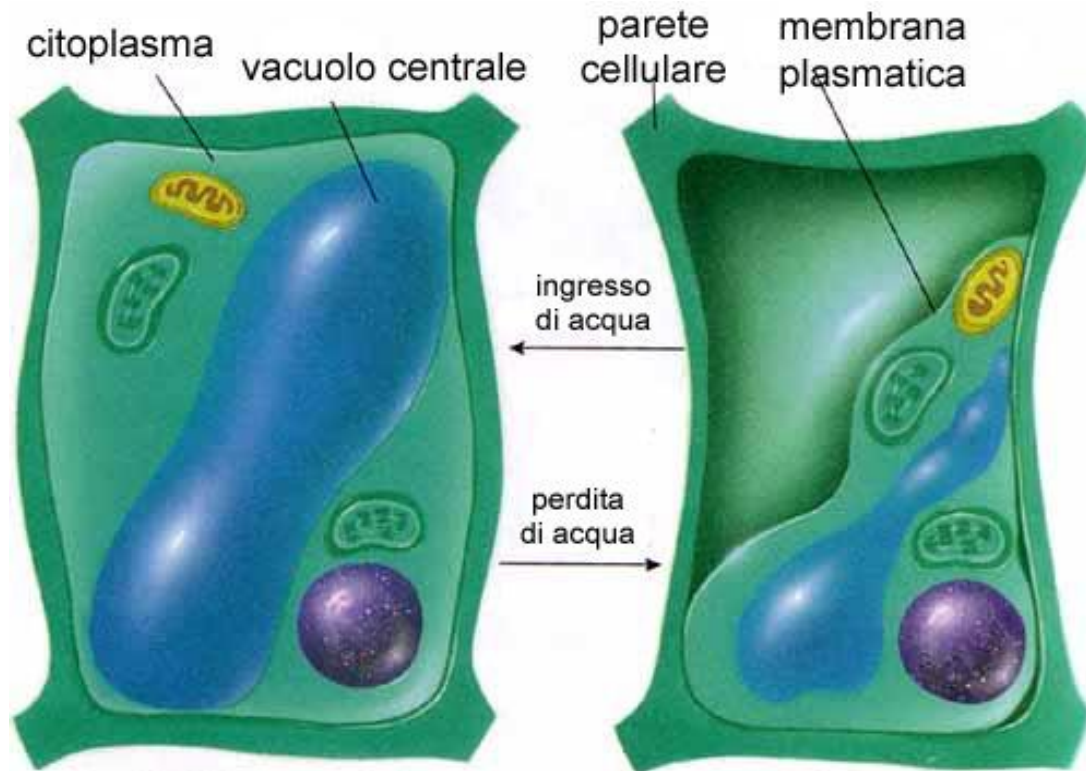
**cellula turgida**

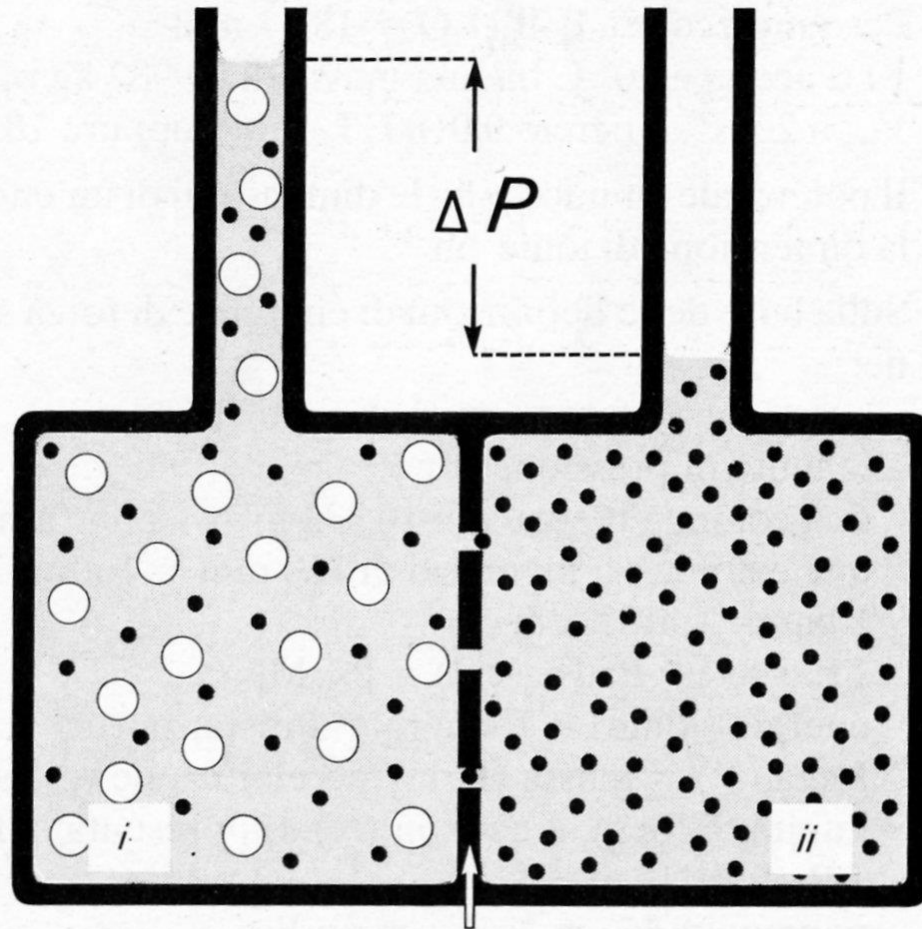


**perdita di tono**



riduzione  
potenziale  
osmotico





Membrana semipermeabile

○ Molecole di S    ● Molecole di H<sub>2</sub>O

$$\Delta \pi = \pi_i - \pi_{ii}; \text{ dove } \pi_{ii} = 0$$

$$\Delta P = P_i - P_{ii}$$

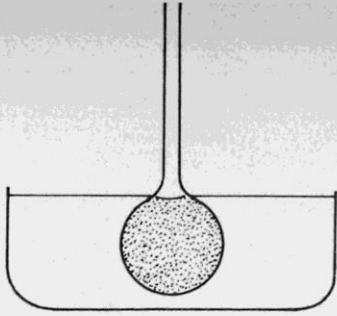
$$\Delta \Psi = \Delta P - \sigma \Delta \pi$$

La **pressione osmotica** ( $\pi$ ) = pressione idrostatica che viene raggiunta all'equilibrio e che si **oppone all'ingresso di nuove molecole di solvente**.

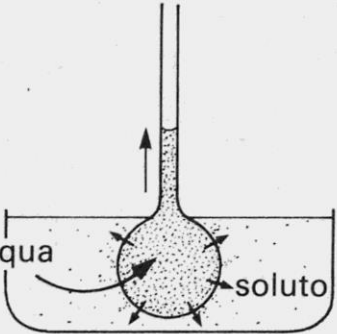
Quanto maggiore è il valore della pressione osmotica, tanto maggiore è la capacità della soluzione concentrata di richiamare acqua attraverso un setto semipermeabile.



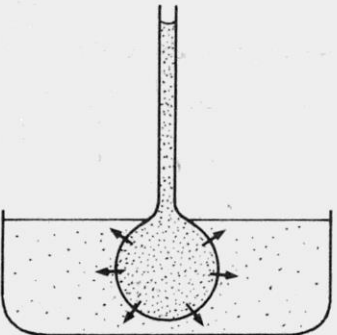
# Una membrana semipermeabile efficiente al 100% non esiste nei sistemi biologici.



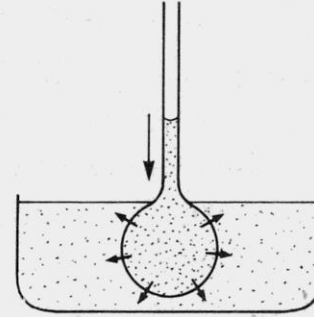
**1 – Situazione iniziale:** sacchetto dell'osmometro riempito con la soluzione.



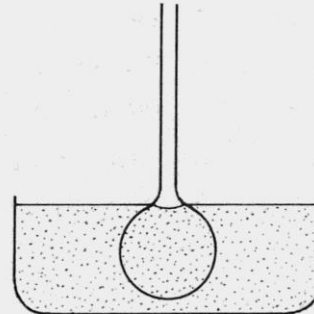
**2 – L'entrata dell'acqua per osmosi è molto più veloce dell'uscita del soluto per diffusione. La soluzione sale nel tubo dell'osmometro.**



**3 – Situazione di equilibrio provvisorio:** la soluzione ha raggiunto l'altezza massima nel tubo (minore rispetto a quella di un osmometro perfetto a causa della perdita di soluti). Il soluto continua ad uscire lentamente dal sacchetto.



**4 – Il soluto continua ad uscire:** la soluzione scende nel tubo perché la differenza di concentrazione tra sacchetto e bacinella si fa sempre più piccola.



**5 – Situazione finale.** La concentrazione del soluto è diventata uguale nel sacchetto e nella bacinella (equilibrio di diffusione). Il livello della soluzione è uguale nei due scomparti. Questa condizione è perfettamente stabile.

Ecco come si comporta un «osmometro imperfetto» la cui membrana può essere attraversata dalle molecole del soluto, seppure molto più lentamente che da quelle dell'acqua. La soluzione non ridiscenderebbe nel tubo (fase 4) se le molecole di soluto uscite dal sacchetto venissero continuamente ripompeate dentro con spesa di energia. Se questo si verificasse l'osmometro sarebbe paragonabile a una cellula vivente.

$$\pi = nRT$$

$\pi$  = **pressione osmotica**

$n$  = numero moli di soluto per litro di soluzione (in realtà sarebbe per kg di soluzione, cioè **molalità**, ma per soluzioni diluite ciò è poco influente)

$R$  = costante dei gas

$T$  = temperatura assoluta.

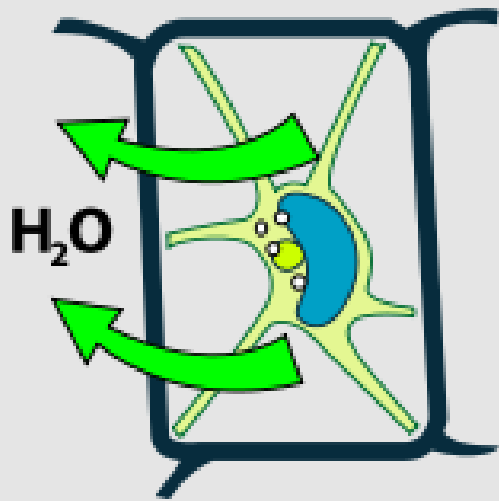
La pressione osmotica vacuolare è determinata *in primis* dall'**accumulo di cationi** ( $K^+$  per la maggior parte delle piante;  $Na^+$  per quelle alofile su suoli salsi, ricchi di  $NaCl$ ) → cariche positive vengono parzialmente compensate da ioni  $Cl^-$  o ioni di acidi organici (es. malato).

La pressione osmotica ( $\pi$ ) dipende dal numero di molecole (non dal tipo o dalla grandezza della singola molecola!!);

modificare in tempi rapidi la pressione osmotica di un sistema → formazione di un polimero, sua idrolisi o dissociazione.

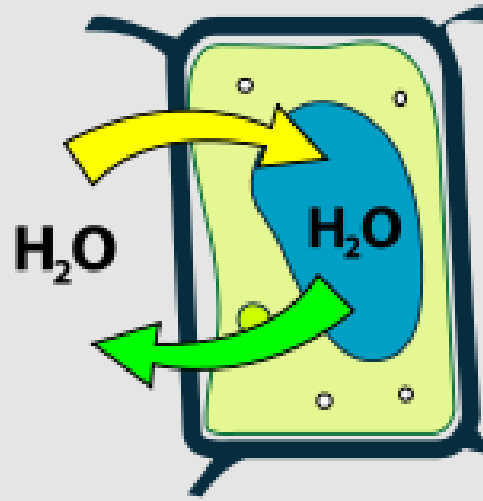


Hypertonic



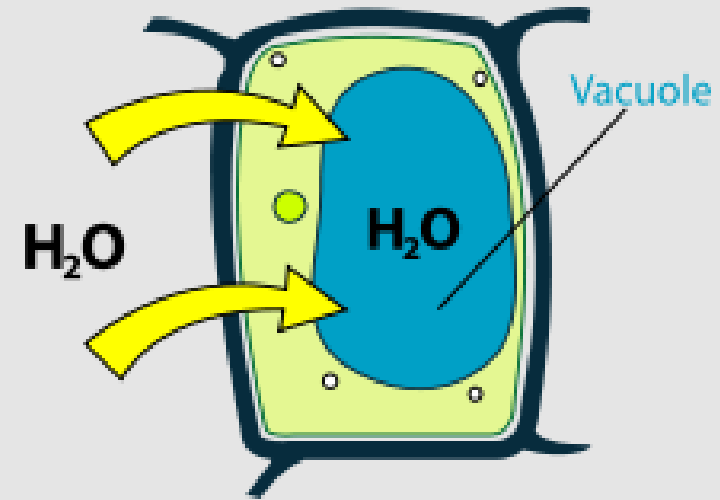
Plasmolyzed

Isotonic



Flaccid

Hypotonic



Turgid

# PLASMOLISI



*parete  
cellulare*

*spazio  
periplasmatico*

## Plasmolisi nelle cellule dell' epidermide dei catafilli di cipolla

Fuoriuscita di  $H_2O$  dal vacuolo → contrazione del volume vacuolare → distacco del plasmalemma dalla parete cellulare → spazio periplasmatico occupato dalla soluzione plasmolizzante → cellule in contatto tra loro attraverso i plasmodesmi.

loro permanga in alcuni punti una tenace adesione del plasmalemma alla parete, e pertanto il



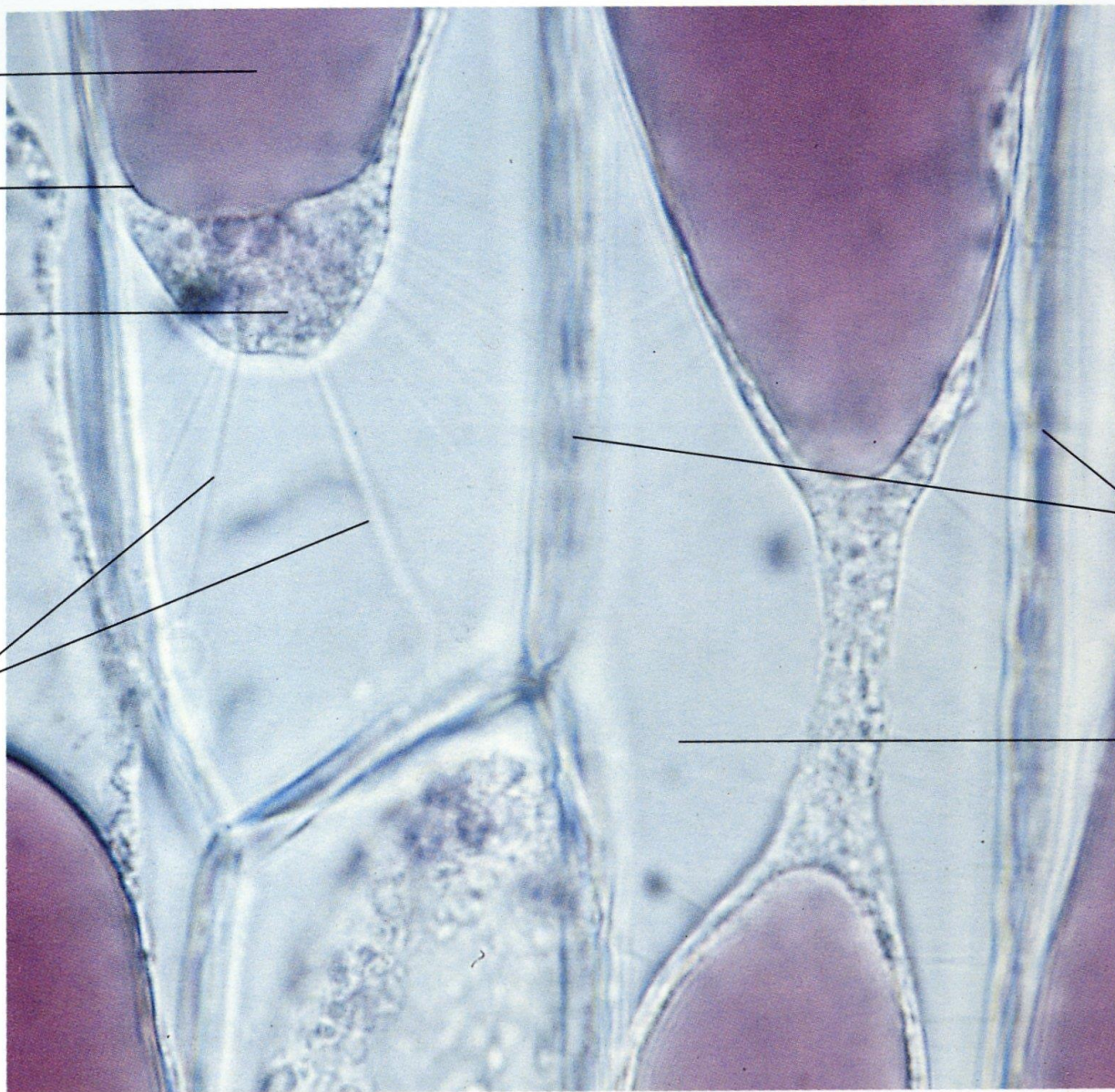
*vacuolo*

*tonoplasto*

*citoplasma*

*plasmodesmi*

???



*parete*

*spazio  
periplasmatico*

**Plasmolisi nell'epidermide dei catafilli interni del bulbo di cipolla (*Allium cepa*, fam. Liliaceae).**

Spellatura. x 1000 (850)

Il maggiore ingrandimento consente di osservare, al di là del tonoplasto, lo strato di citoplasma e i sottili filamenti dei plasmodesmi che ancora collegano il protoplasto alla parete.