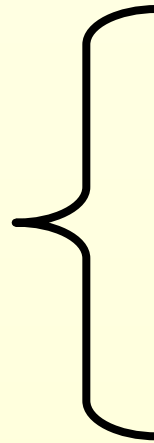


# RIZOSFERA

volume di suolo che subisce l'influenza delle radici



Esterna

Interna

Rizopiano = interfaccia  
suolo-radice

Nella rizosfera troviamo :

1. *Microrganismi* → associazione radici- microrganismi

- possono svilupparsi sia all'esterno che all'interno delle radici
- possono ricoprire fino al 10% della superficie radicale
- Influenza reciproca sullo sviluppo delle specie microbiche

• **Inibizione** della crescita radicale → Fitotossine

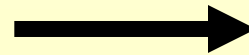
• **Stimolazione** della crescita radicale → Micorrize

## *2. Materiali organici liberati dalle radici:*

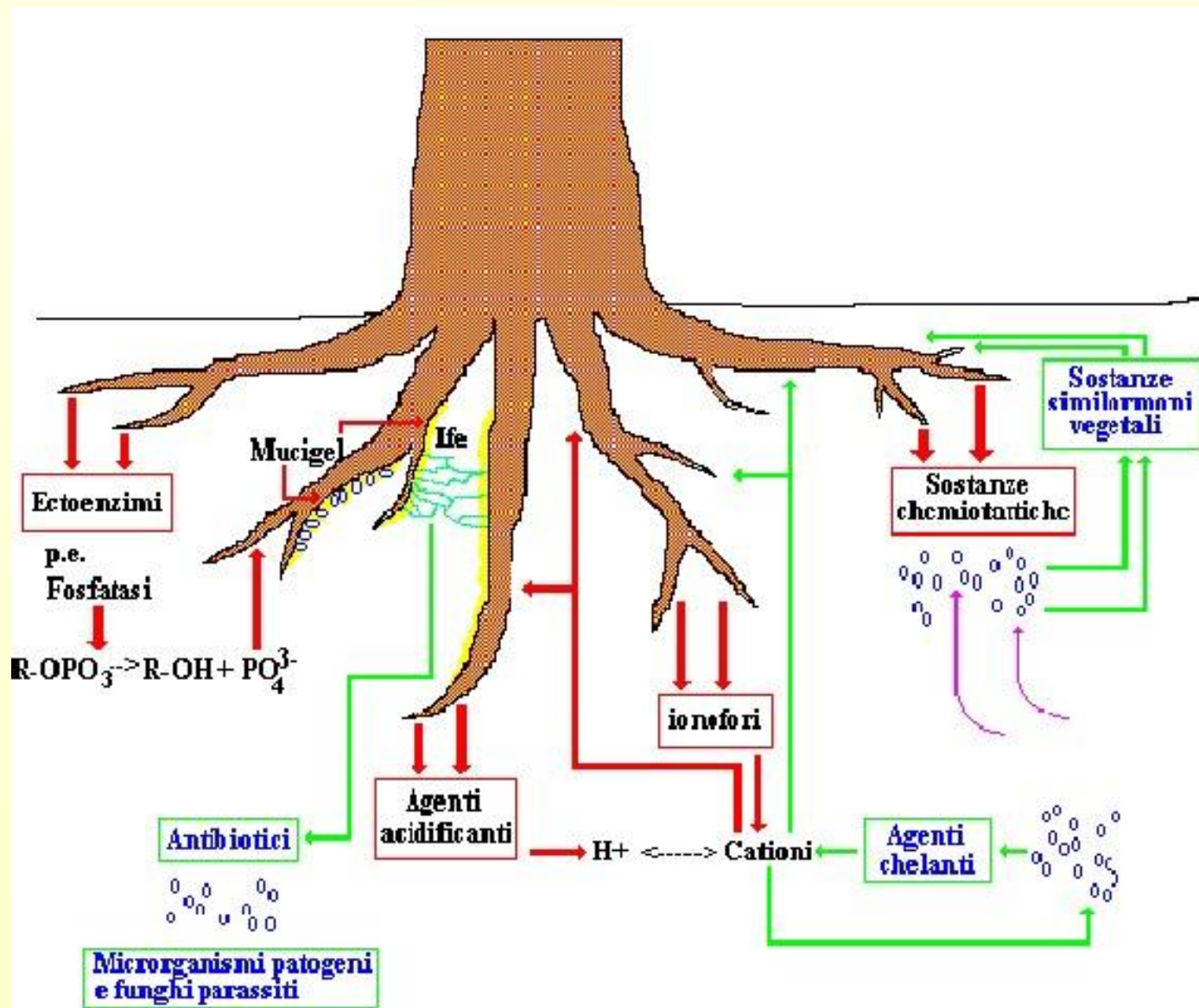
- **Essudati** composti a basso peso molecolare
- **Ectoenzimi** (fosfatasi)
- **Lisati** prodotti da autolisi delle cell epidermiche più vecchie e dall'attività batterica
- **Mucillagini** composti complessi di natura polisaccaridica

*La rizosfera è un ambiente altamente reattivo:*

- Notevole attività biologica
- Reazioni di complessazione e redox
- Elevata concentrazione di H<sup>+</sup>



**Aumento della  
disponibilità di  
nutrienti per le  
piante**

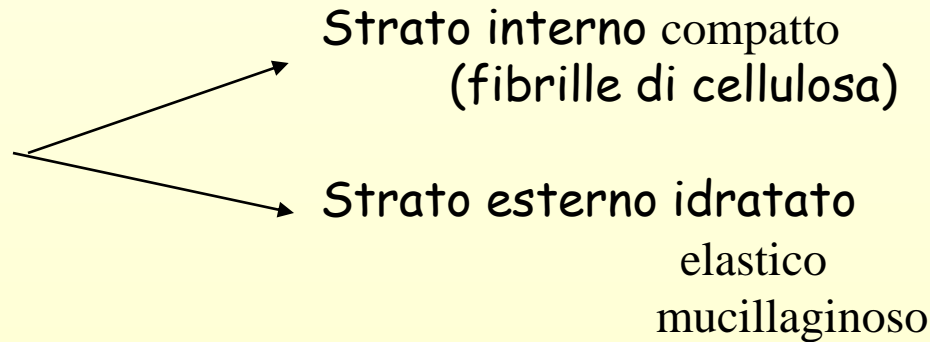


# Interfaccia suolo-radice

Le parti più giovani della radice sono le più attive metabolicamente:

- Elevato assorbimento
- Produzione di essudati

Le **pareti cellulari**  
Complesso strutturale  
multilamellare

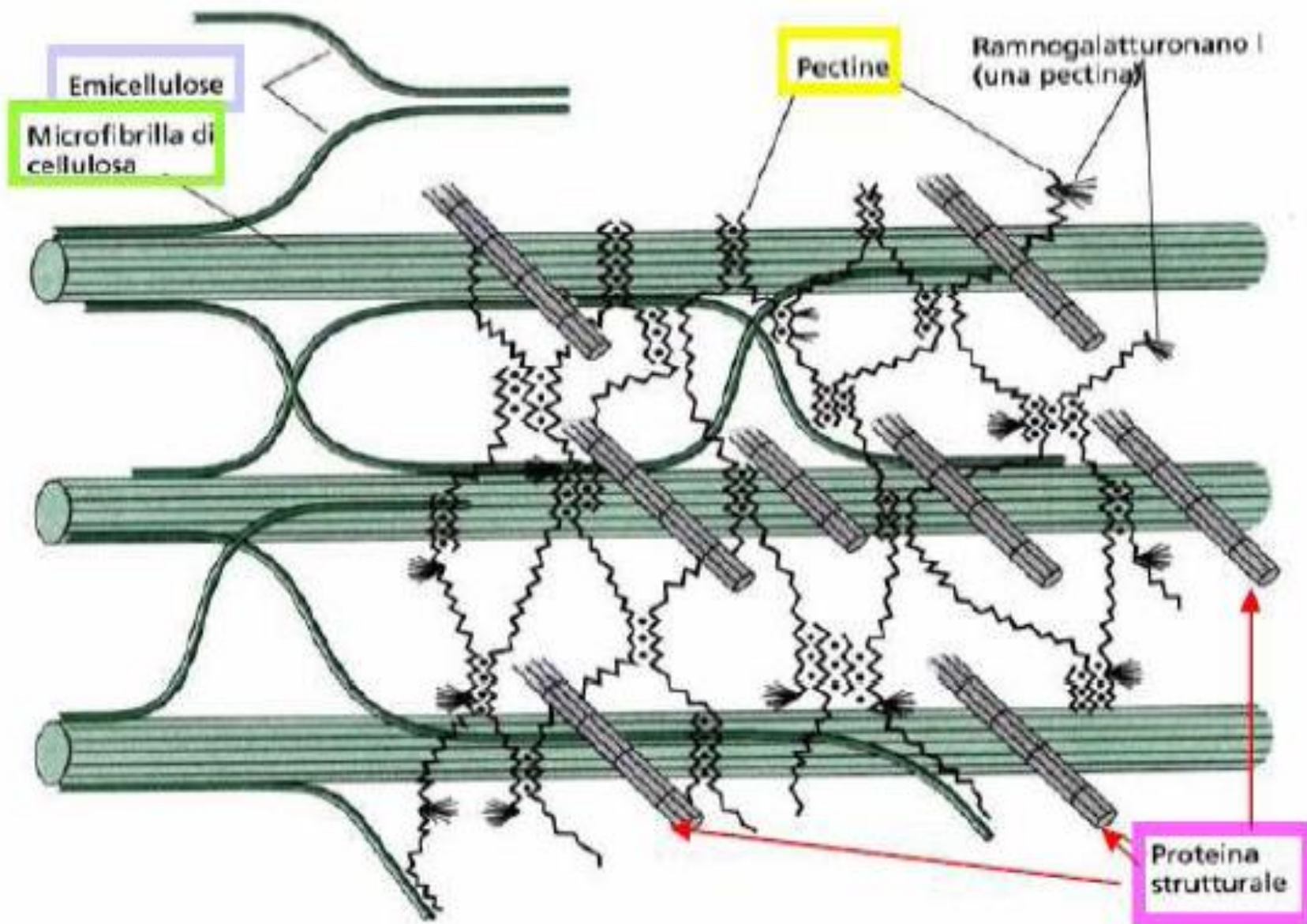


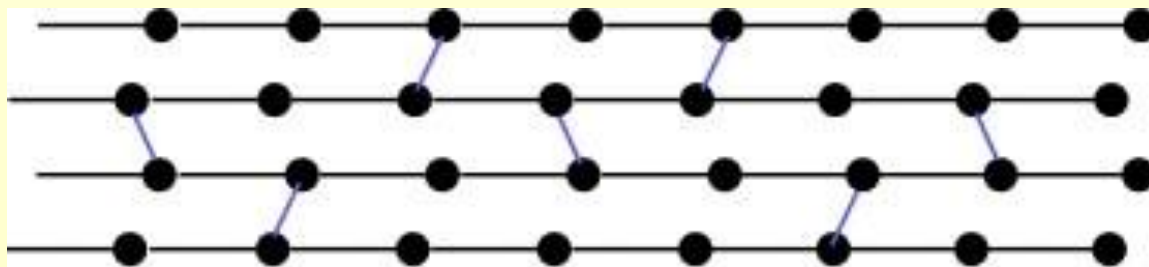
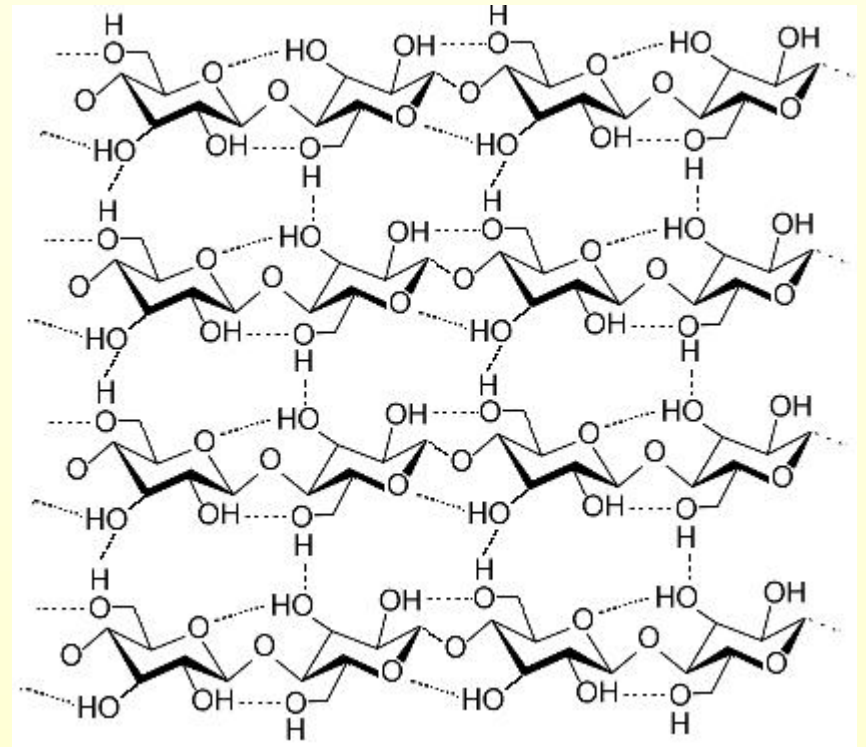
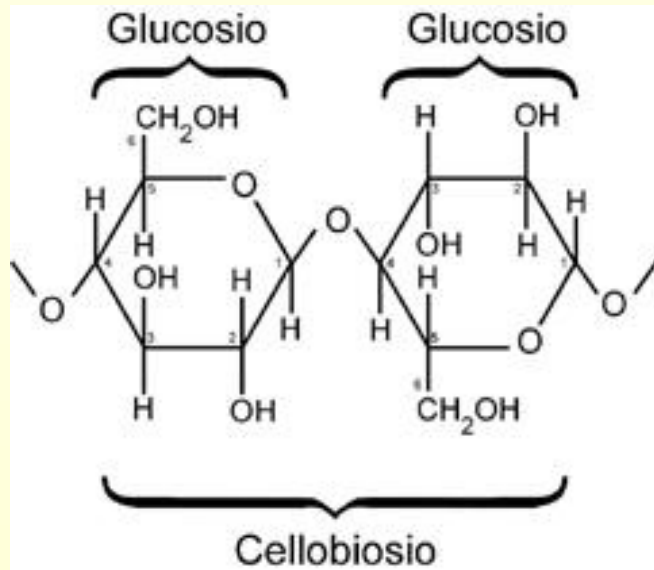
**Film mucillaginoso** all'interfaccia suolo-parete  
cellulare continuamente liberato dallo strato esterno  
dell'epidermide

**Le mucillagini** sono per lo +  
di natura polisaccaridica  
vengono prodotte nelle vescicole  
del Golgi delle cellule  
epidermiche della cuffia radicale  
e poi secrete mediante esocitosi

favoriscono

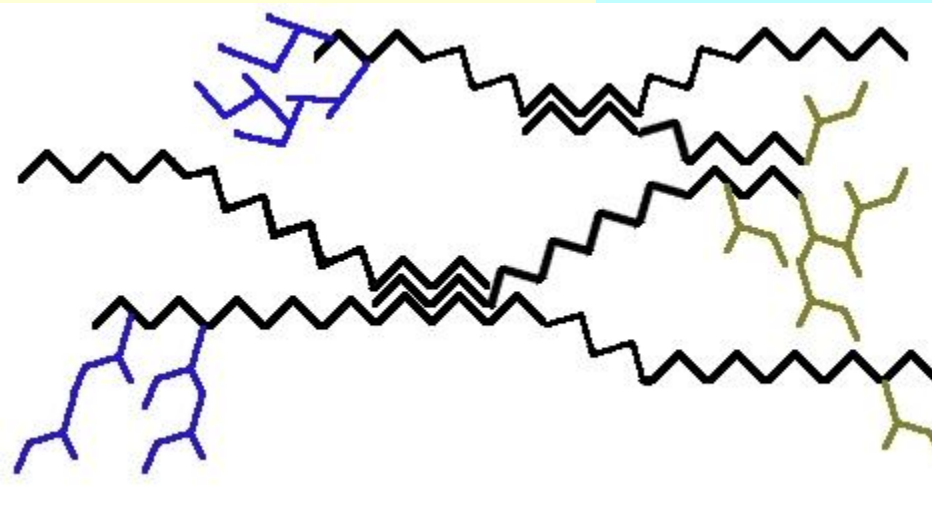
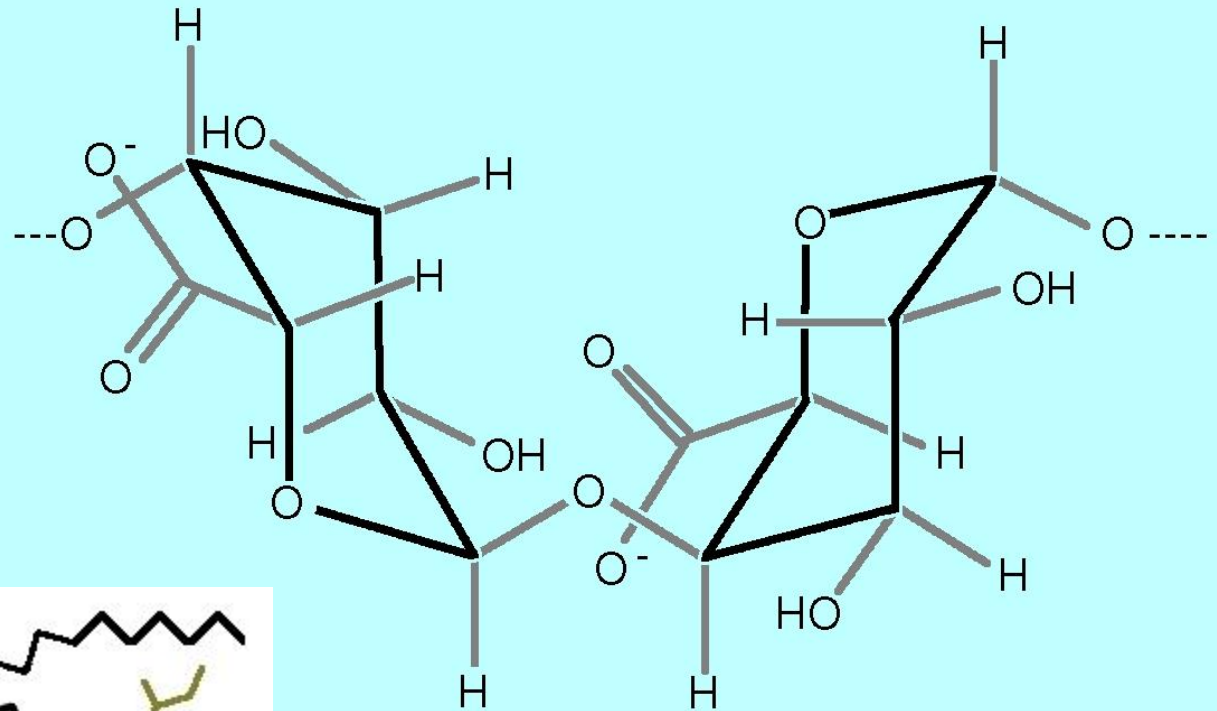
- 
- Penetrazione delle radici
  - Processi di scambio
  - Accumulo di nutrienti
  - Colonizzazione microbica





# PECTINA

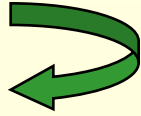
## Due molecole di Acido- $\alpha$ -D-Galatturonico



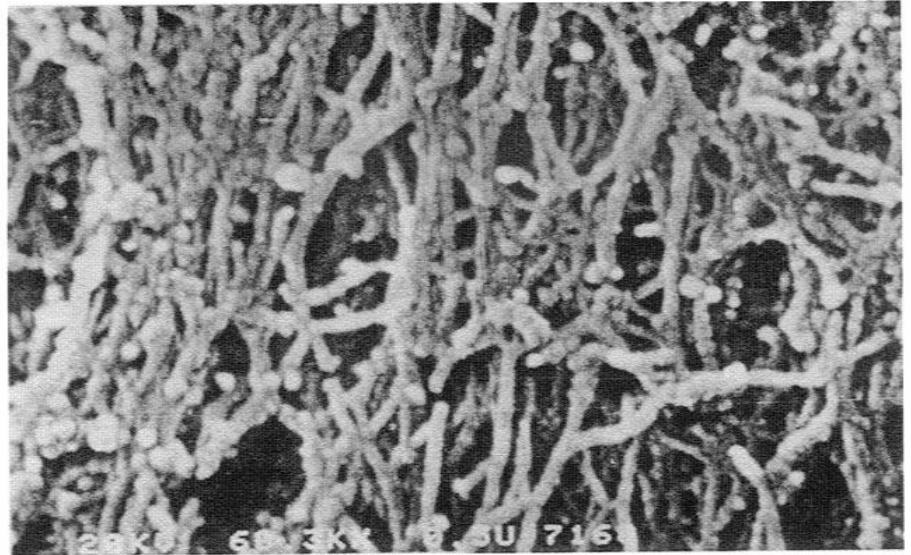
*Sono polimeri lineari, costituiti da zuccheri acidi, in prevalenza da acido glucuronico e acido galatturonico, con interposte molecole di xilosio, ramnosio e galattosio.*

# *L'interfaccia mucillaginosa ha struttura fibrillare*

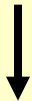
Le fibrille intrecciandosi



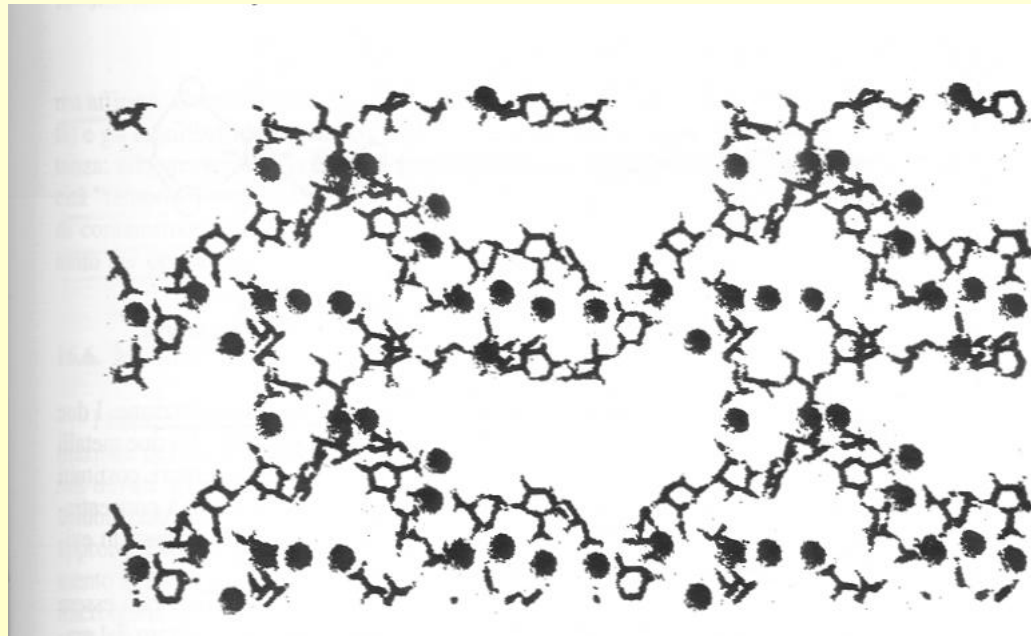
Corpo poroso  
con spazi liberi e  
comunicanti



- Reticolazione dei biopolimeri (pectine)



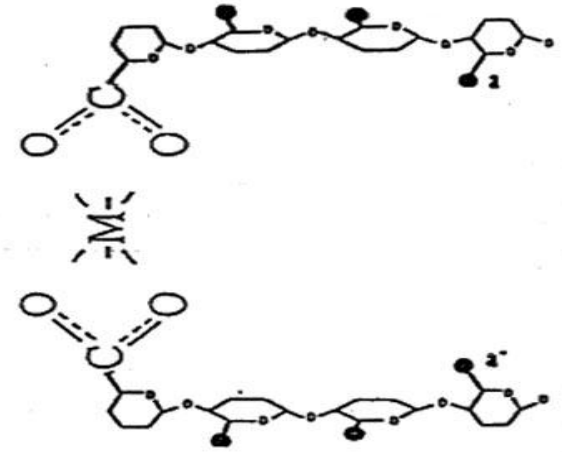
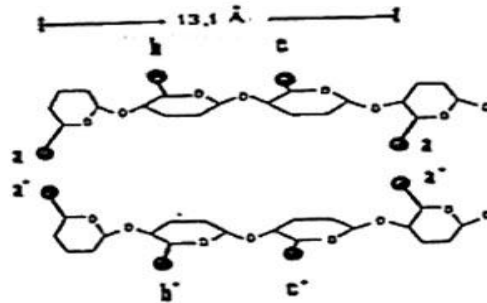
Strato spugnoso





# Reticolazione dei biopolimeri fra gr. $\text{COO}^-$ delle pectine e ioni $\text{Ca}^{2+}$ in soluzione

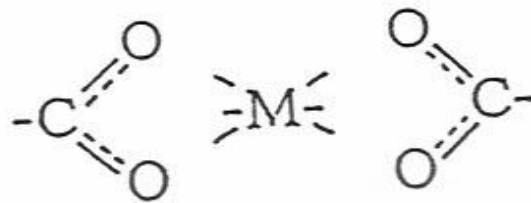
Formazione di Pontoni ionici stabilizzati da legami H



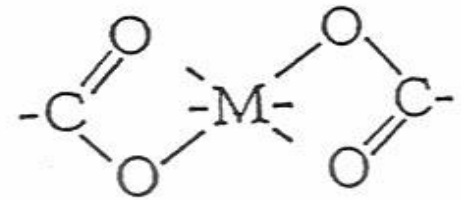
**Il volume dello Spazio libero dipende dalle interazioni dei metalli con i biopolimeri:**

• **Complesso a sfera aperta:**  $\text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$  di idratazione ampio grado di idratazione del reticolo  $\longrightarrow$  notevole elasticità e ampio volume dello spazio libero

• **Complesso a sfera interna:** è stabile  $\longrightarrow$  volume ridotto dello spazio libero



$\text{M} = \text{Ca}^{2+}$   
Complesso a sfera esterna



$\text{M} = \text{Cu}^{2+}$   
Complesso a sfera interna

# E' importante l'affinità degli ioni per i biopolimeri della componente pectica

L'interazione ione-reticolo dipende :

- caratteristiche dello ione
- pH  $\longrightarrow$  modificazione carica superficiale

Divisione in 3 gruppi:

1. Specie chimiche con  
*scarsa affinità*

{ Molecole neutre di opportune  
dimensioni

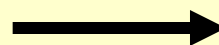
2. *Specie ad alta affinità*  
Complessi a sfera aperta

{  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  
 $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$

3. Specie legate come  
Complessi a **sfera interna**

{  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$

Fissazione nell'apoplasto



movimento molto lento

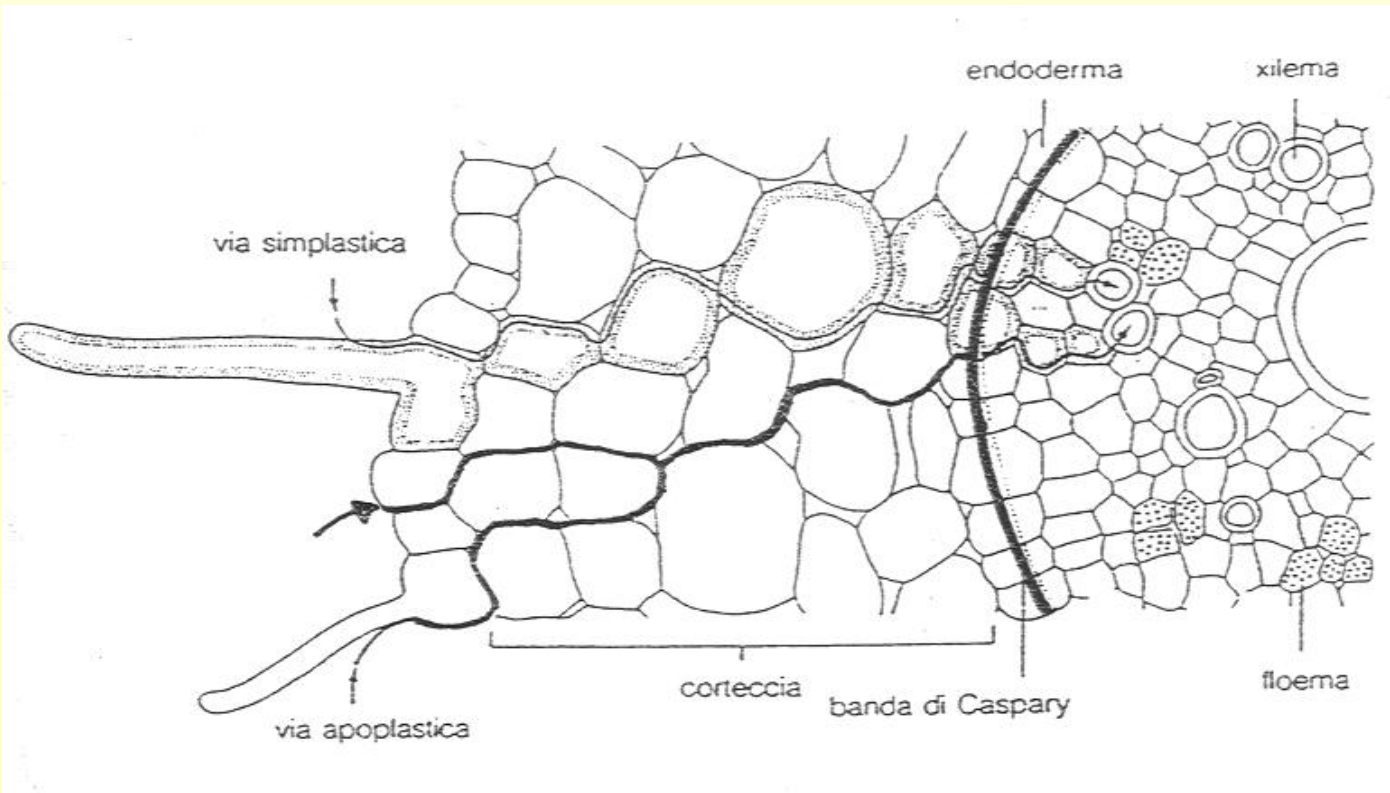
*Il sistema poroso, degli spazi liberi non è un'esclusiva della Interfaccia suolo-radice, ma anche all'interno della radice:*

Pareti cellulari + Spazi intercellulari



*Sistema apoplastico di trasporto*

- Superfici radicali delle cellule del rizoderma
- Pareti e spazi intercellulari della corteccia

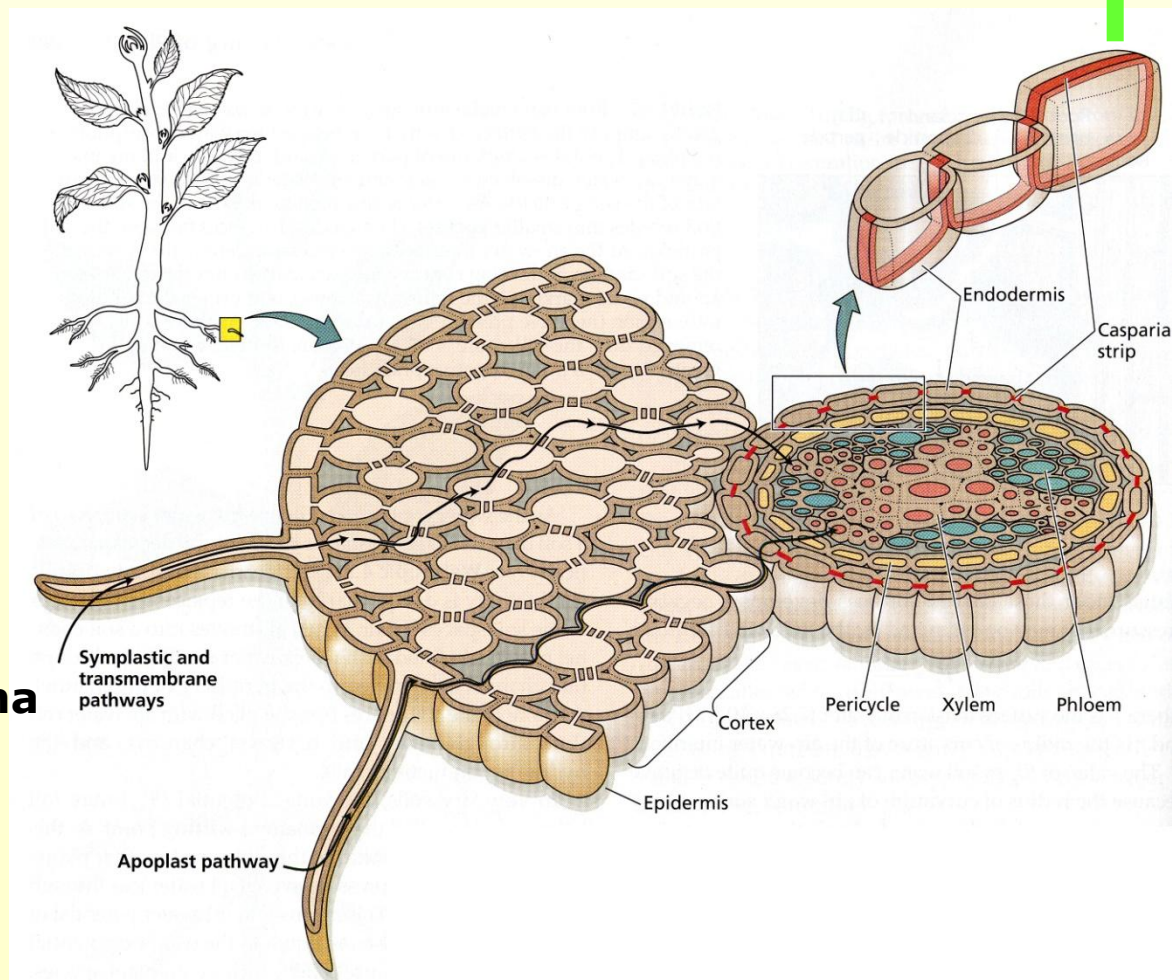


*Il volume dello spazio libero ~ 10% del volume totale delle giovani radici*

# TRASPORTO RADIALE

Assorbimento dell'H<sub>2</sub>O dalle radici

I peli radicali aumentano enormemente la superficie disponibile per l'assorbimento.



**Banda di Caspary**  
parete cellulare radiale nell'endodermid e impregnata di **suberina**

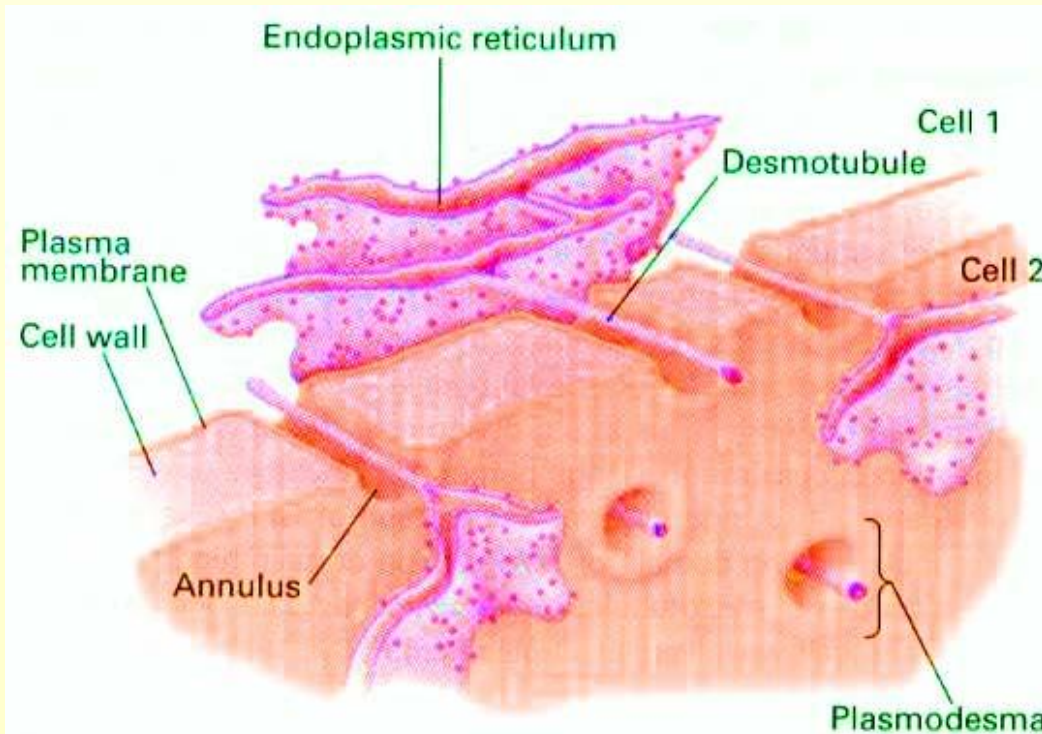
**Apoplastica**  
**Transmembrana**  
**simplastica**

L'H<sub>2</sub>O entra prevalentemente nella zona apicale che non è suberinizzata

- Il trasporto nel simplasto avviene tramite i

**PLASMODESMI** = è formato da un canale attraverso la parete delimitato dalla membrana plasmatica e contenente al centro una struttura tubulare

**desmotubulo** = sottile struttura cilindrica in continuità con il reticolo endoplasmatico delle due cellule adiacenti.



L'ampiezza del poro del plasmodesma è ridotta

dalla presenza del desmotubulo e delle

*proteine*

il trasporto simplastico è selettivo

È possibile che tali proteine possano chiudere completamente il plasmodesma

### 3 TAPPE principali nella traslocazione dell' H<sub>2</sub>O

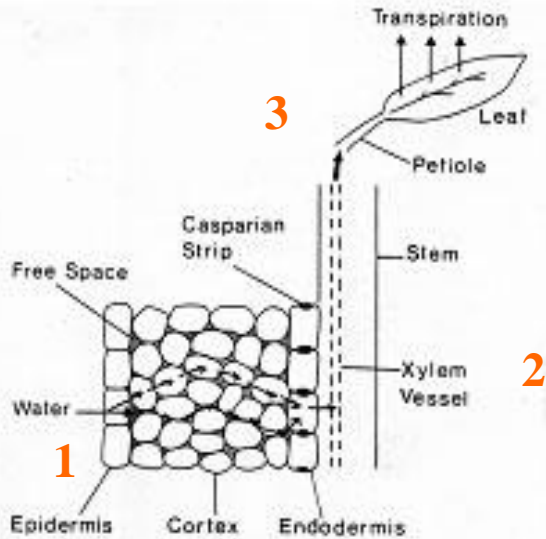


Fig. 4.4 Water pathways in the higher plant.

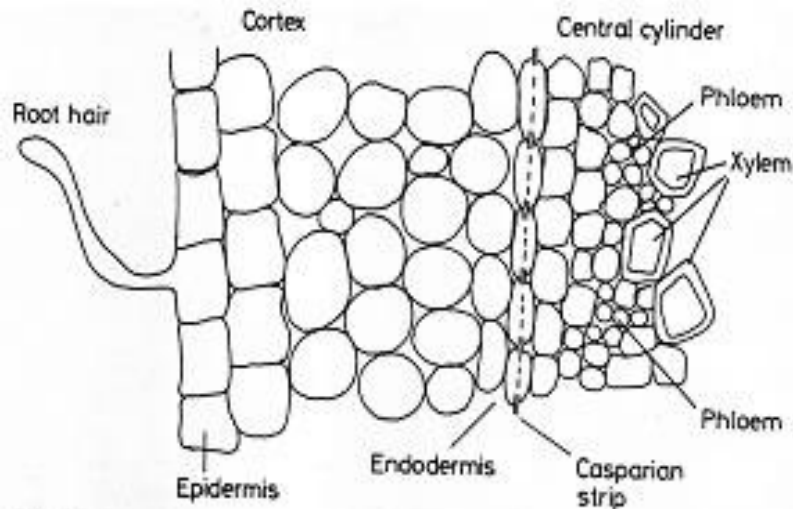


Fig. 4.5 Transverse section of a young root.

#### 1. Trasporto centripeto, a breve distanza:

Tessuti corticali → vasi xilematici  
radicali → cilindro centrale

#### 2. Trasporto verticale, a lunga distanza:

Radici → Foglie

#### 3. Rilascio dell' H<sub>2</sub>O come gas:

Interfaccia pianta - atmosfera

$$\Psi_{\text{ATMOSFERA}} < \Psi_{\text{SUOLO}}$$

Questa differenza è la forza trainante dell' H<sub>2</sub>O

da Suolo → alla pianta → all'atmosfera

Nella **pianta** il **potenziale idrico**  $\Psi_t$  è rappresentato diversamente rispetto al suolo:

$$\Psi_t = \Psi_p + \Psi_s + \Psi_m$$

$\Psi_p$  = **potenziale di pressione**, uguale alla *pressione idrostatica*

- può essere una componente positiva come Pressione di turgore esercitata dall'acqua nelle cellule
- può essere componente negativa come nello xilema delle piante che traspirano

$\Psi_s$  = **potenziale osmotico** dovuto alla *presenza di soluti* che determinano una

- Diminuzione dell'attività dell'acqua e una
- Riduzione del potenziale chimico

$\Psi_m$  = **potenziale di matrice**

dovuto alle forze di imbibizione o adsorbimento di acqua.

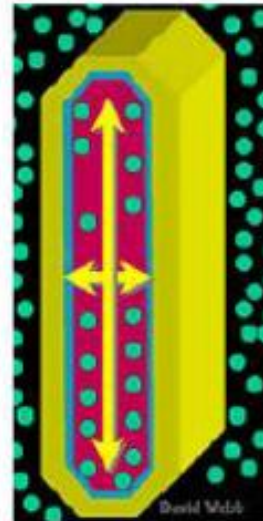
$\Psi_m$  è *importante nel suolo ma nelle cellule è trascurabile.*



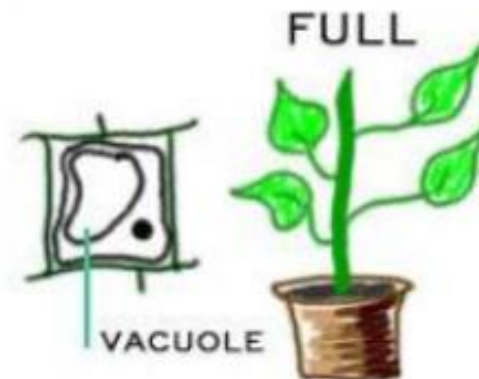
$$\Psi_t = \Psi_p + \Psi_s$$

## Perché la **pressione di turgore** cellulare è importante?

• **distendere le pareti** cellulari durante la crescita delle cellule



• **aumentare la rigidità** meccanica delle cellule e tessuti giovani non lignificati





**Lo xilema** è costituito da 4 tipi di cellule:

1. Fibre
2. cellule parenchimatiche
3. tracheidi
4. articoli dei vasi (o trachee)

Le **cellule parenchimatiche** formano dei raggi che decorrono radialmente

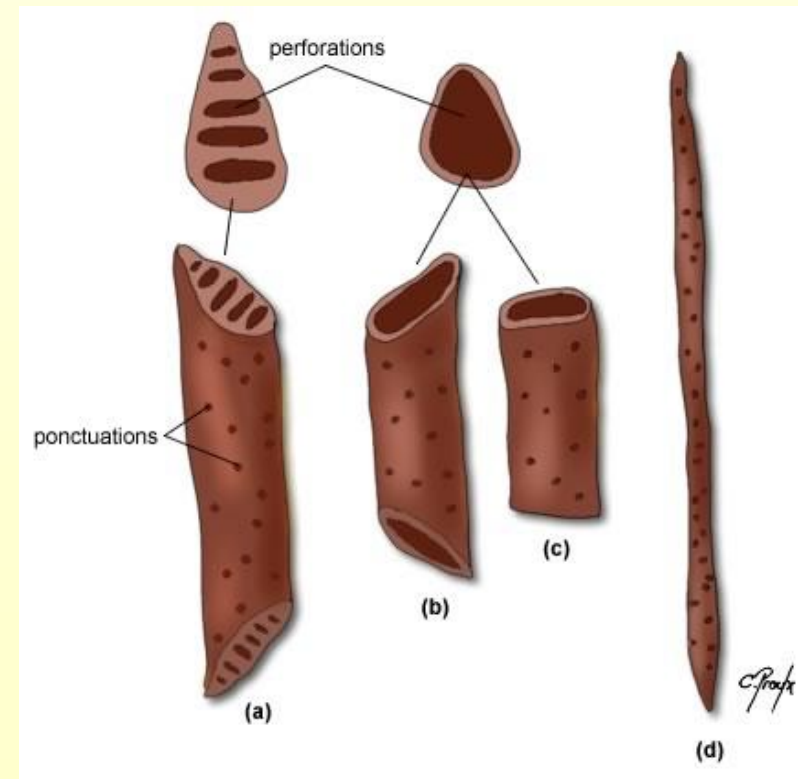
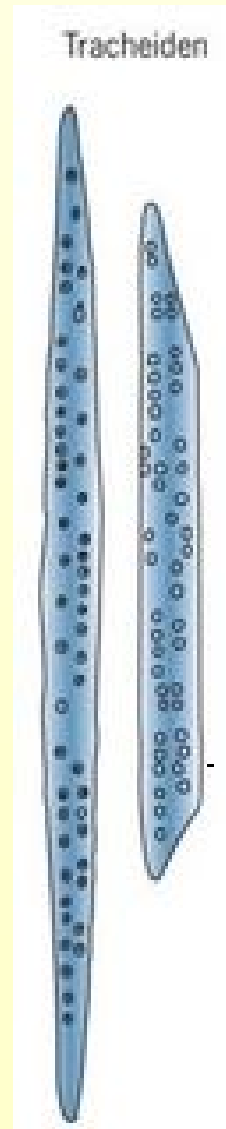
**Tracheidi e articoli dei vasi** decorrono longitudinalmente

*Le gimnosperme (conifere)*

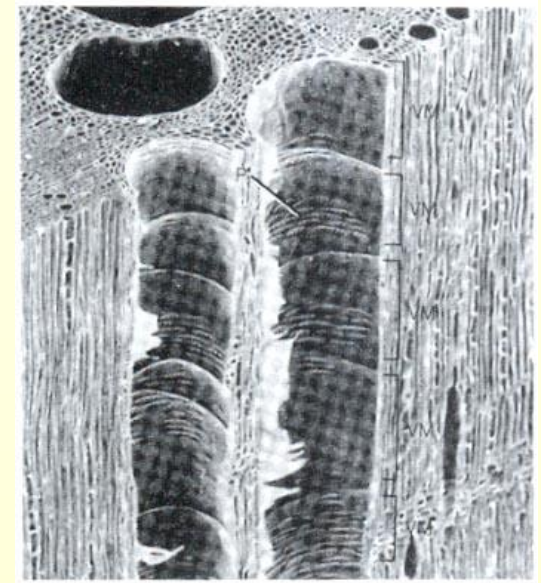
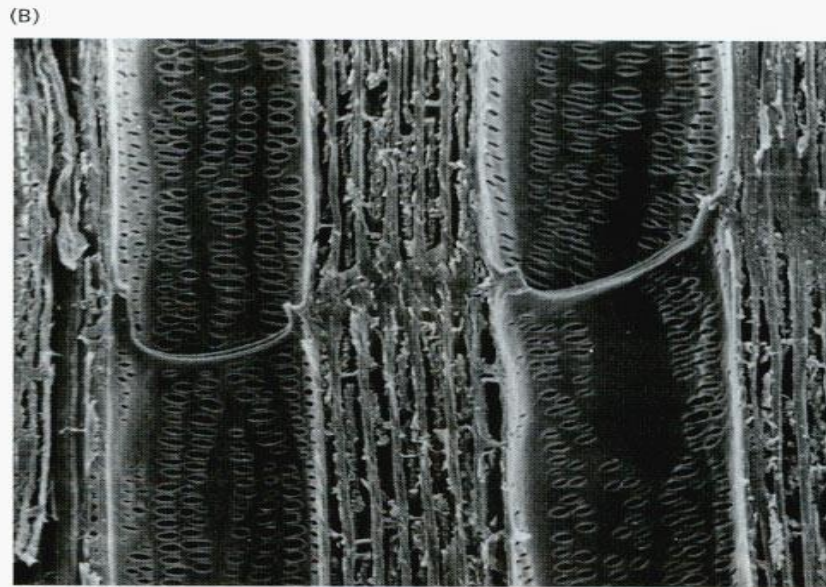
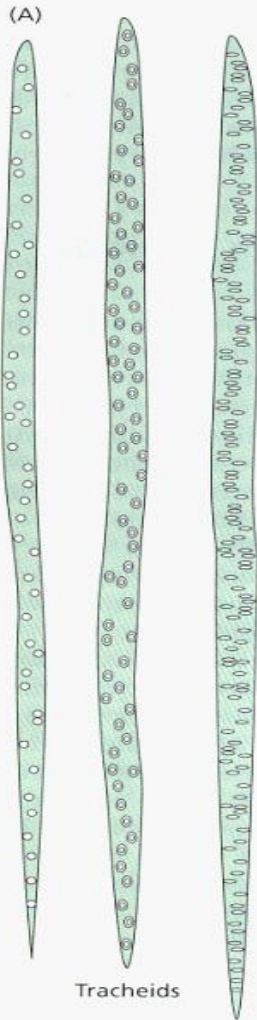
*hanno solo tracheidi*

*Nelle angiosperme (piante a fiore) si trovano tracheidi e trachee*

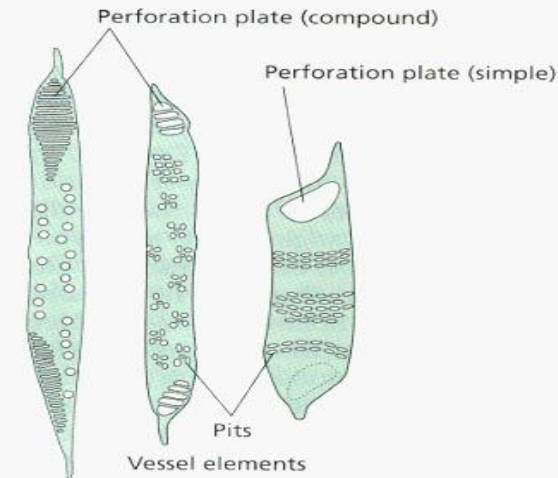
anche  
nel floema



# XILEMA : struttura specializzata per il trasporto dell'H<sub>2</sub>O con la massima efficienza



← Sovrapposizione a formare un vaso



tracheidi

**Trachee o articoli dei vasi**  
a differenza delle Tracheidi sono impaccate uno su l'altro

## *Nelle tracheidi e trachee*

i protoplasti muoiono e sono assorbiti da altre cellule

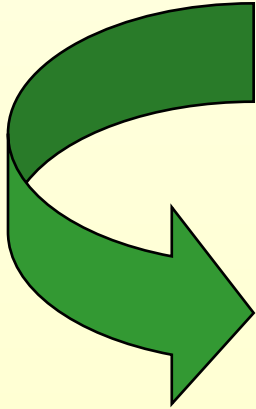
*prima della morte : modificazioni importanti ai fini del flusso dell'acqua*

- Formazione di una *parete secondaria fortemente lignificata* :

notevole robustezza per impedire lo schiacciamento per effetto delle tensioni;

*Le pareti lignificate non sono permeabili all'acqua*

- Presenza di *punteggiature*: sottili fori rotondi in cui è presente solo la parete primaria



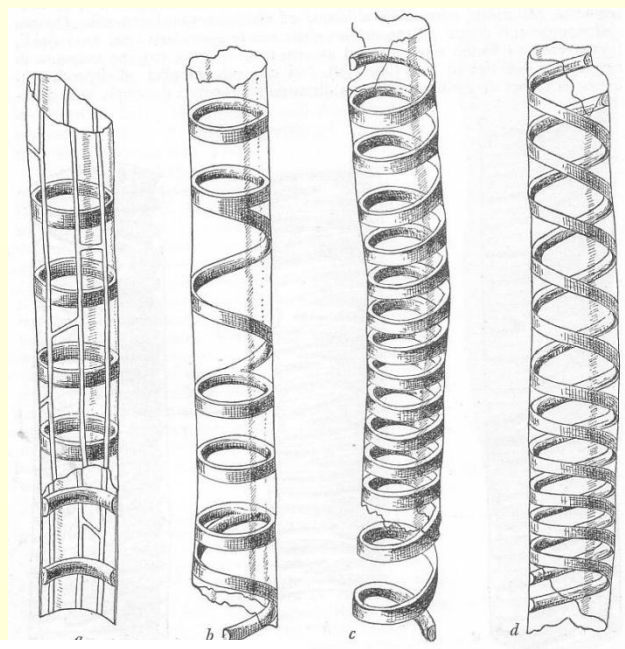
**Le tracheidi** hanno estremità affusolate e la presenza di punteggiature consente la salita verticale dell'acqua.

*Le trachee conducono l'acqua più velocemente delle tracheidi :  
mancanza di vere pareti trasversali e maggiore diametro*

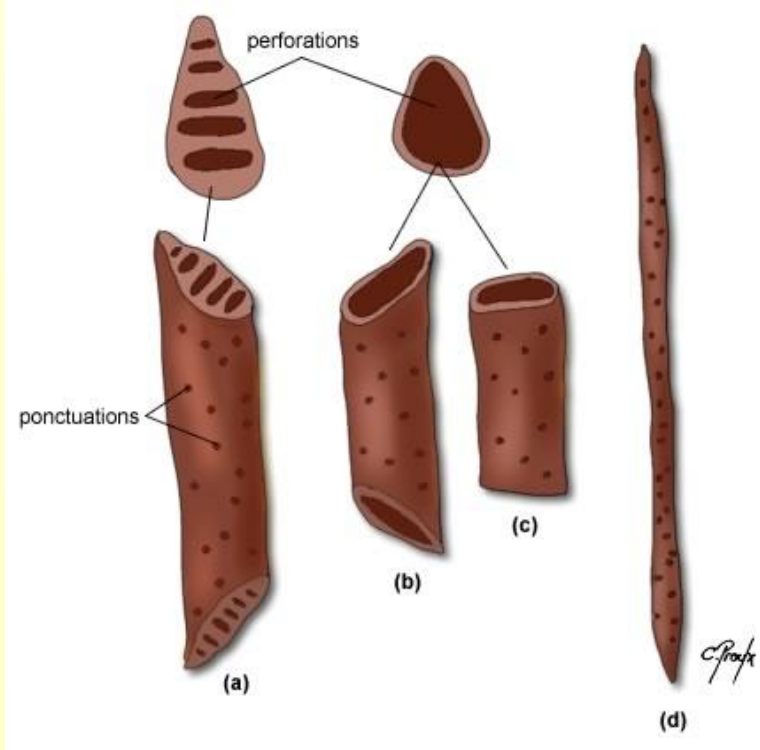
Gli **articolati dei vasi o trachee** sono rinforzati da anelli, spirali o altri tipi di ispessimenti.

Le pareti trasversali presentano delle **perforazioni semplici o multiple** → rapido passaggio dell'acqua

La velocità del flusso è maggiore rispetto alle tracheidi



...ralato; c, vaso spiraleto; d, vaso doppiamente spi- (da BONNIER).



E' stato calcolato che per la maggior parte degli alberi sono richiesti gradienti di potenziale idrico nell'intervallo:

$$0,05 < \Psi_t < 0,2 \text{ atm/m}$$

- Il trasporto di acqua dalle radici alle foglie deve bilanciare le perdite per traspirazione
- Le strutture xilematiche consentono velocità di flusso molto elevate, ma notevolmente variabili da pianta a pianta

**Tab. 17.1 – Velocità di trasporto dell'acqua in diversi tipi di piante**

	<b>Velocità (m.h<sup>-1</sup>)</b>
Conifere	1,2
Essenze mediterranee sempreverdi	0,4-1,5
Latifoglie a trachee strette (acero, pioppo)	1-6
→ Latifoglie a trachee larghe (olmo, frassino)	4-44
Piante erbacee	10-60
Liane	150

- Le specie con resistenza al flusso più bassa:

latifoglie a trachee larghe

→ velocità di trasporto più elevate

## Relazione che intercorre fra: Gradiente di potenziale idrico e velocità di trasporto

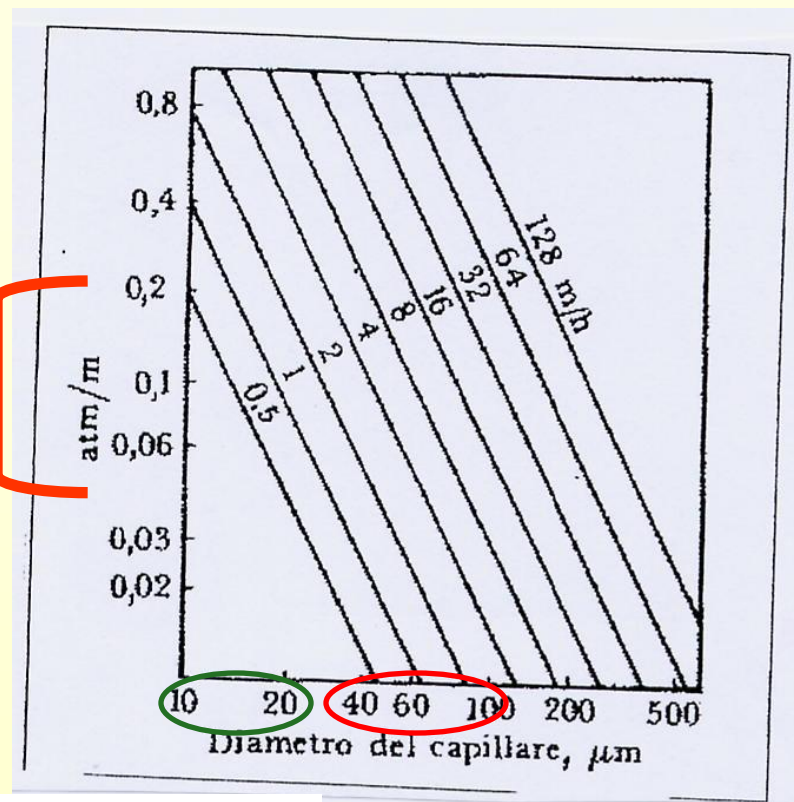
Il diametro delle **tracheidi** = 10 – 25  $\mu\text{m}$

Il diametro delle **trachee** = 40-80  $\mu\text{m}$   
anche 500  $\mu\text{m}$

**I valori teorici non sono reali**

**Le trachee non si comportano  
come capillari ideali**

**presentano una resistenza 5  
volte maggiore**



	% dei valori teorici
Liane	100
Quercia (radici)	53-84
Abete	26-43
Betulla (radici)	34,8
Pioppo (fusto)	21,7
Piante erbacee e arbustive	12-22

## CARICAMENTO DELLO XILEMA

*I vasi xilematici sono spazio apoplastico per mancanza di citoplasma:*

Passaggio simplasto  $\longrightarrow$  apoplasto (xilema)

- *È un trasporto mediato da carrier*
- *E' un trasporto attivo :*

Esistenza di una **pompa protonica** sulla membrana delle cellule parenchimatiche:



**ioni  $H^+$  vengono pompati nello xilema**


acidificazione del pH xilematico (5.2-6.0)



Gli  $H^+$  agiscono da contro-ioni nel trasporto di **cationi**

**rilascio di ioni  $K^+$  e  $Ca^{2+}$**

dalle cellule del parenchima al vaso xilematico

Gli **anioni** entrano per gradiente elettrico:  **Lo xilema è carico +**

Il rilascio di ioni nello xilema è condizionato da:

*Disponibilità di  $O_2$  e di Carboidrati nelle radici  
per rifornire di energia il trasporto attivo*

# Il sistema di caricamento dello xilema è regolato indipendentemente dall'assorbimento radicale.

Il rilascio di ioni nello xilema provoca:

Aumento  $\Psi_{\text{osmotico}}$   $\longrightarrow$  Diminuzione  $\Psi$  della pianta

Richiamo di  $\text{H}_2\text{O}$  dall'esterno  $\longrightarrow$  Aumento della pressione idrostatica  $\Psi_p$



*pressione radicale*

Spinta di  $\text{H}_2\text{O}$  e soluti verso l'alto

La pressione radicale diminuisce salendo verso l'alto

*Il processo determinante è la*

*pressione negativa esercitata dalle foglie*

*in seguito alla traspirazione (Suzione = Tensione)*

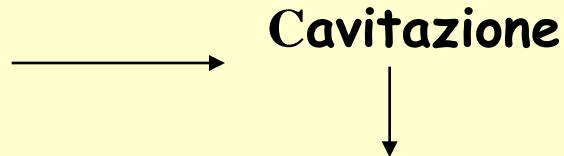


*La forza motrice è il gradiente decrescente  
di  $\Psi$  dal suolo all'atmosfera*

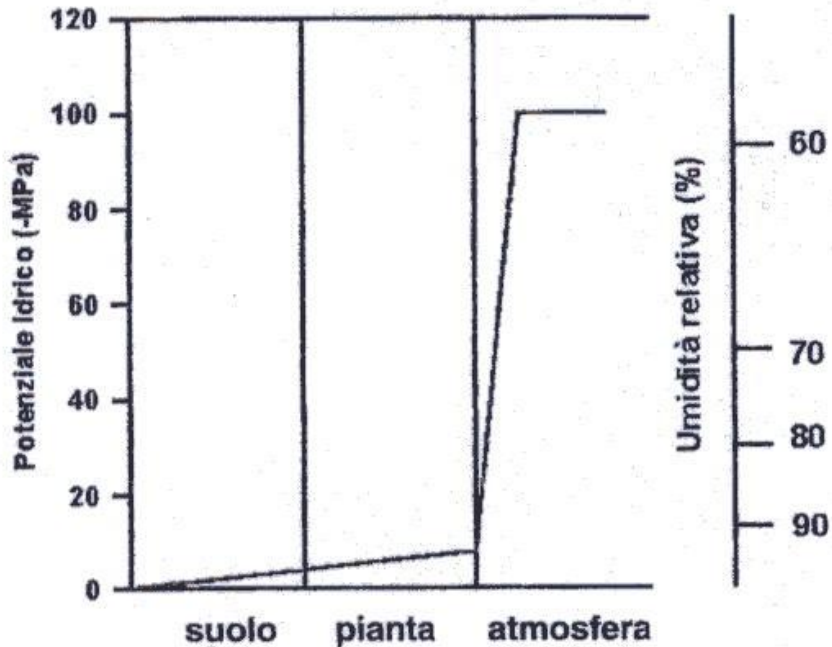
**TEORIA DELLA COESIONE**

- La **coesione** è dovuta ai legami fra le molecole di  $H_2O$  lungo la via di scorrimento  $\longrightarrow$  **tensione** che si trasmette verso il basso, fino alle radici e al terreno.
- Esistenza di **forze di adesione** :  
attrazione fra molecole di  $H_2O$  e pareti cellulari
- Una **interruzione della catena di molecole di  $H_2O$**

Formazione di bolle di aria



Blocco della Traspirazione



**Il potenziale idrico dell'acqua nell'atmosfera** si calcola sulla base della relazione che considera

*T= temperatura e*

*UR= umidità relativa*

$$\Psi = -10,7 \times T \times \log 100/UR$$

$$0,1 \text{ MPa} = 1 \text{ Bar}$$

**Le forze di coesione** legano le molecole di H<sub>2</sub>O



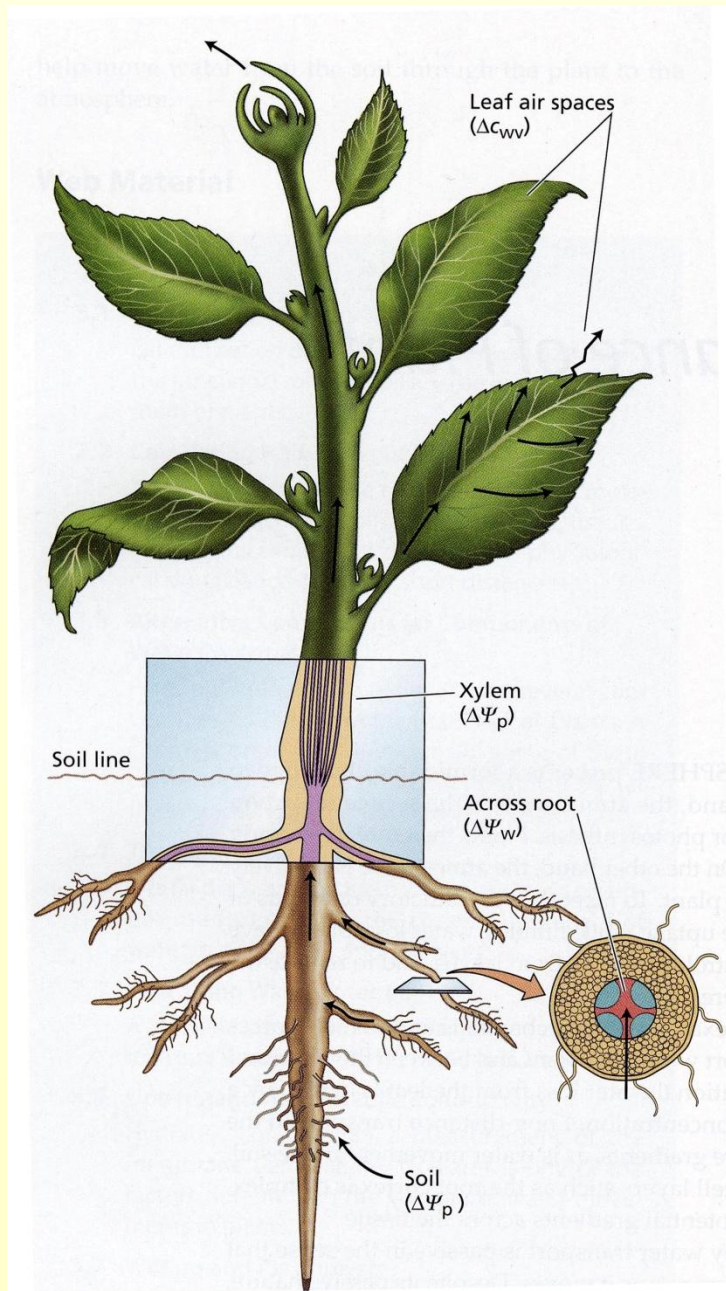
**Sistema continuo di acqua**

**dalle radici**

(superfici assorbenti)

**alle foglie**

(superfici evaporanti)



## meccanismi e forze motrici per il trasporto dell'acqua

gradiente di concentrazione del vapor d'acqua nella traspirazione

gradiente di pressione nel trasporto a lunga distanza nello xilema

gradiente di potenziale idrico nella radice

gradiente di pressione nel suolo

## *FATTORI che influenzano velocità e composizione del succo xilematico*

**1. Aumento della concentrazione ionica nel mezzo esterno**

**Incremento** del contenuto ionico nel succo xilematico

**Diminuzione** del flusso per abbassamento del gradiente di concentrazione fra mezzo esterno e succo xilematico

**Riduzione** della concentrazione relativa del singolo ione

Tab. 15.7 - Relazione tra concentrazione ionica nel mezzo nutritivo, composizione e flusso dell'essudato in piante di girasole decapitate (modificata da Marschner, 1986).

Concentrazione (mM) di $KNO_3$ e $CaCl_2$ nel mezzo nutritivo	Composizione dell'essudato (mM)			Fattore di concentrazione			Flusso dell'essudato (ml · 4 ore)
	$K^+$	$Ca^{2+}$	$NO_3^-$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$NO_3^-$	
0.1	7.3	2.8	7.4	73	28	74	4.0
1.0	10.0	3.2	10.7	10	3.2	10.1	4.5
10.0	16.6	4.2	10.3	1.7	0.4	1.0	1.6

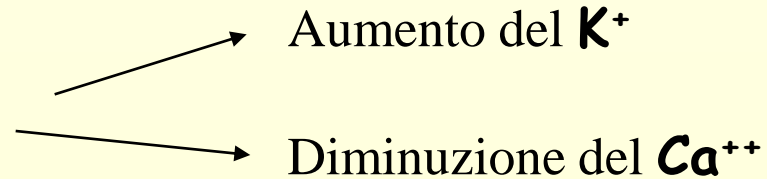
## 2. Aumento di Temperatura:



Aumento del volume del flusso

Alterazione del rapporto

$K^+ / Ca^{++}$



Alterazione della selettività di membrana ??

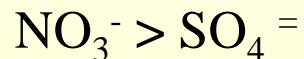
Tab. 15.8 - Effetto della temperatura sul flusso e sulla composizione ionica dell'essudato di piante di mais decapitate (\*) (modificata da Marschner, 1986).

Temperatura (°C)	Flusso dell'essudato (ml - 4 ore)	Composizione ionica (mM)		Rapporto $K^+ / Ca^{2+}$
		$K^+$	$Ca^{2+}$	
8	5.3	13.4	1.5	8.9
18	21.9	15.2	1.0	15.2
28	31.7	19.6	0.8	24.5

(\*) La concentrazione di  $KNO_3$  e  $CaCl_2$  nel mezzo nutritivo era 1.0 M.

### 3. Rapporto anioni/cationi

- *La velocità del flusso è doppia con il trattamento con  $KNO_3$*
- La quantità di  $K^+$  assorbita è invariata nei 2 trattamenti
- La concentrazione degli anioni è diversa:



- Il deficit di cariche negative viene bilanciato da un accumulo maggiore di anioni organici.

Tab. 15.9 - Flusso e composizione ionica dell'essudato di piantine di frumento (\*) (modificata da Triplett et al., 1980).

Parametri	Trattamento	
	$KNO_3$	$K_2SO_4$
Flusso dell'essudato ( $\mu\text{l}/\text{h} \cdot 50$ piante)	372	180
Composizione ionica ( $\mu\text{eq}/\text{ml}$ )		
Potassio	23.3	24.5
Calcio	9.1	9.5
Nitrati	18.1	0.0
Solfati	0.2	0.8
Acidi organici	9.6	25.8

(\*) Alle piantine veniva somministrato  $KNO_3$  (1.0 mM) o  $K_2SO_4$  (0.5 mM) in presenza di  $CaSO_4$  (0.2 mM).

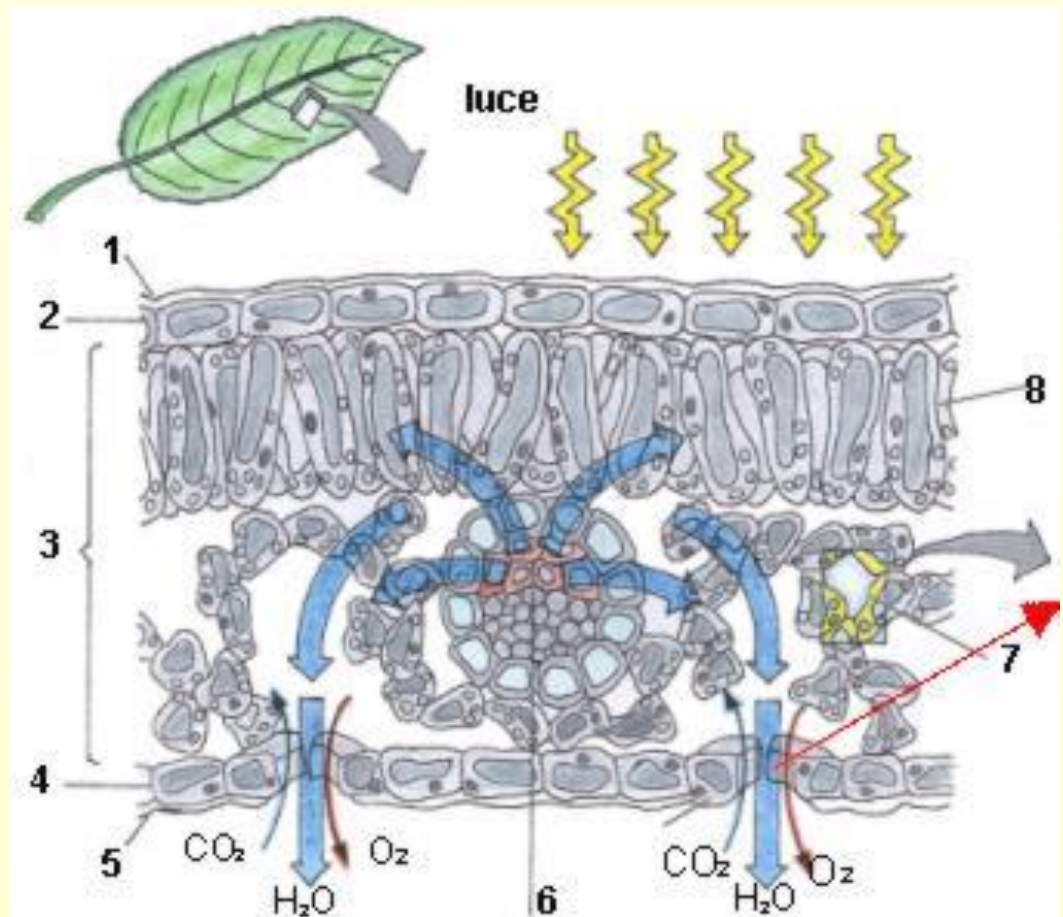
Nelle **foglie**

- l'acqua evapora dalle pareti cellulari del **parenchima a palizzata** e del **Parenchima lacunoso** che insieme formano il

**Mesofillo**

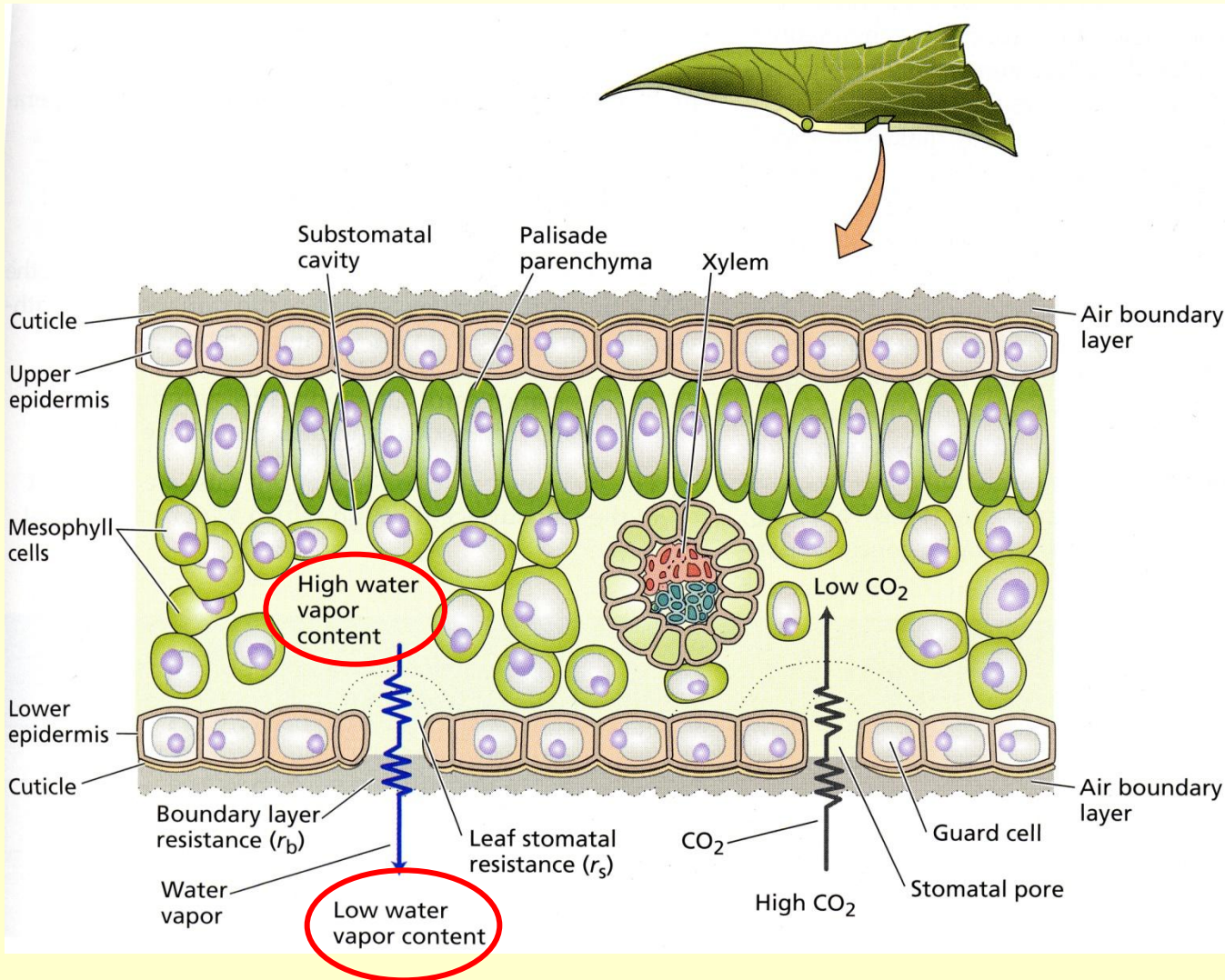
- passaggio negli **spazi intercellulari**
- in comunicazione con l'esterno attraverso gli

**stomi** = aperture regolabili



- La + parte del vapore acqueo e dei gas passa attraverso l'apertura (rima stomatica) compresa fra le **cellule di guardia**
- La cuticola cerosa presente sull'epidermide delle foglie limita la diffusione

l' $H_2O$ , evaporata dalla superficie delle cellule negli spazi aeriferi, esce dalla foglia per **diffusione**



la forza motrice per la perdita di  $H_2O$  è il **GRADIENTE DI CONCENTRAZIONE del vapor d'acqua** tra gli spazi aeriferi e l'aria

La velocità di traspirazione dipende, oltre che dal gradiente di concentrazione, dalla resistenza alla diffusione



Gli stomi si aprono perché le cellule di guardia assorbono acqua e si rigonfiano

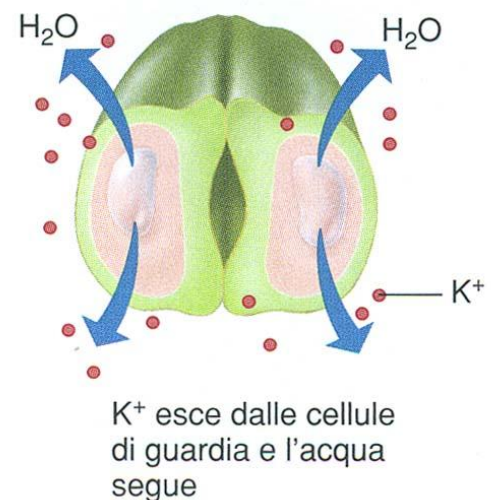
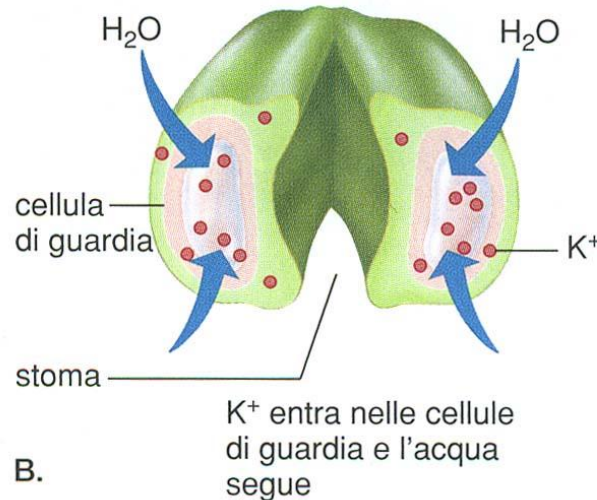
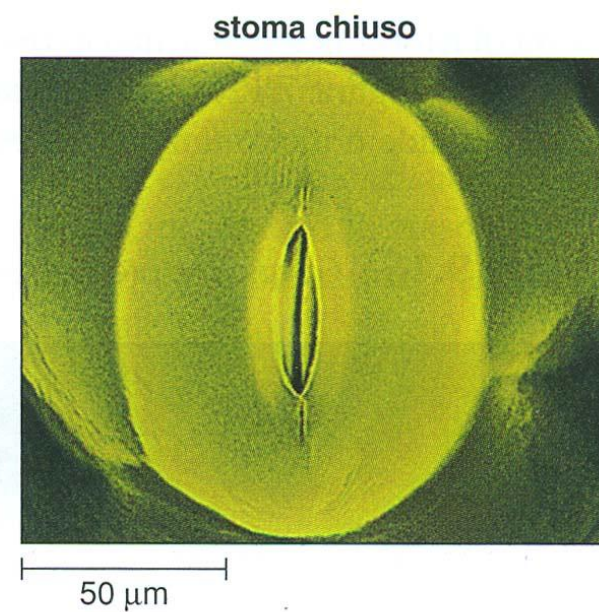
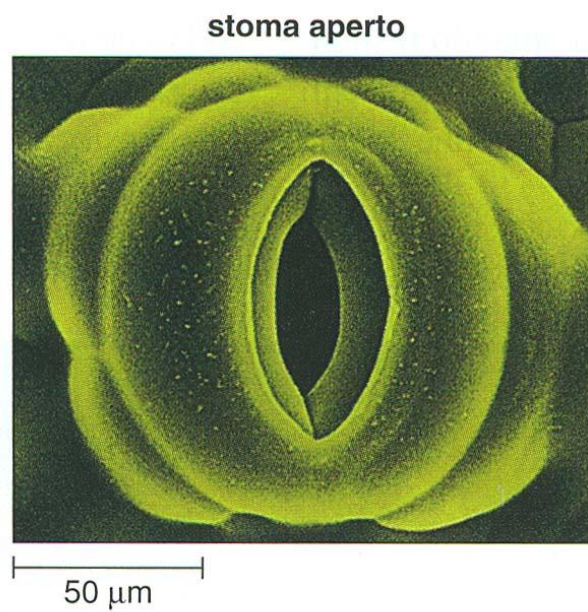
- Le microfibrille di cellulosa impediscono aumento in diametro
- Allungamento lungo le pareti esterne
- Le cellule di guardia si rigonfiano verso l'esterno

**Apertura dello stoma**

Un flusso di ioni  $K^+$

dalle cellule ausiliare alle cellule di guardia determina:

- Aumento del potenziale osmotico e abbassamento del potenziale idrico
- Richiamo di acqua dalle cellule ausiliarie



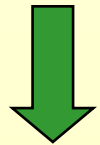
# Evaporazione dell' $H_2O$ nel mesofillo fogliare

*Nelle cellule vicine agli elementi conduttori della foglia*

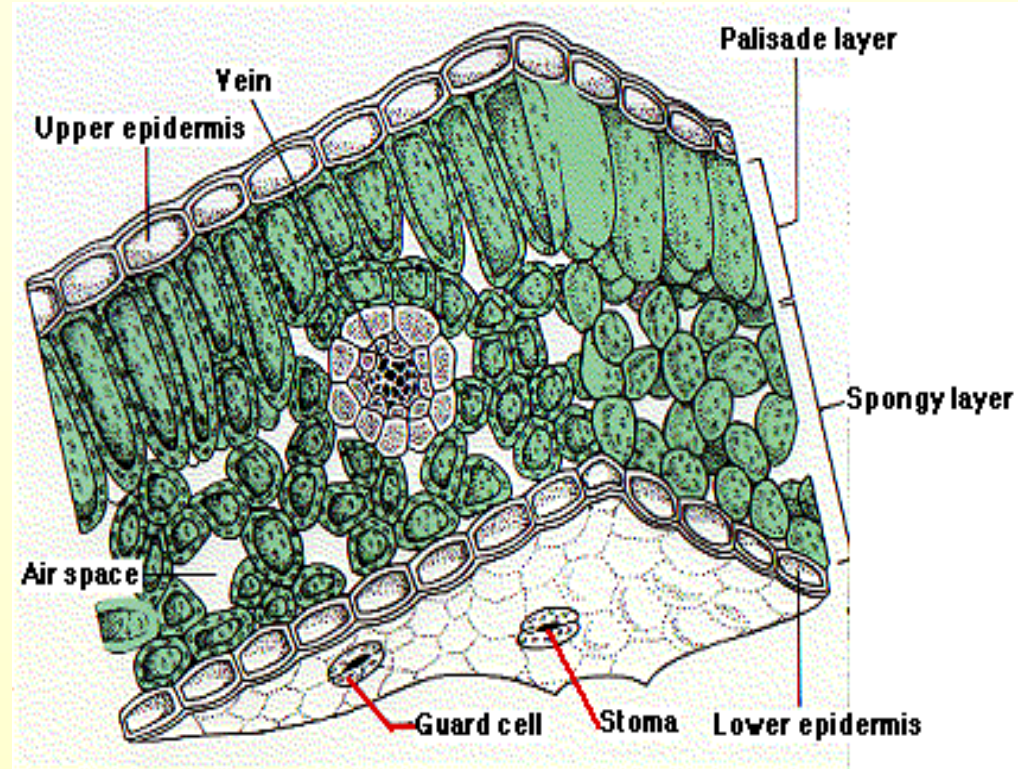
L'evaporazione dell'  $H_2O$



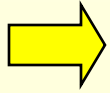
Deficit idrico



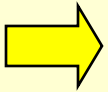
Richiamo di  $H_2O$  dai vasi conduttori



# Trasporto Floematico

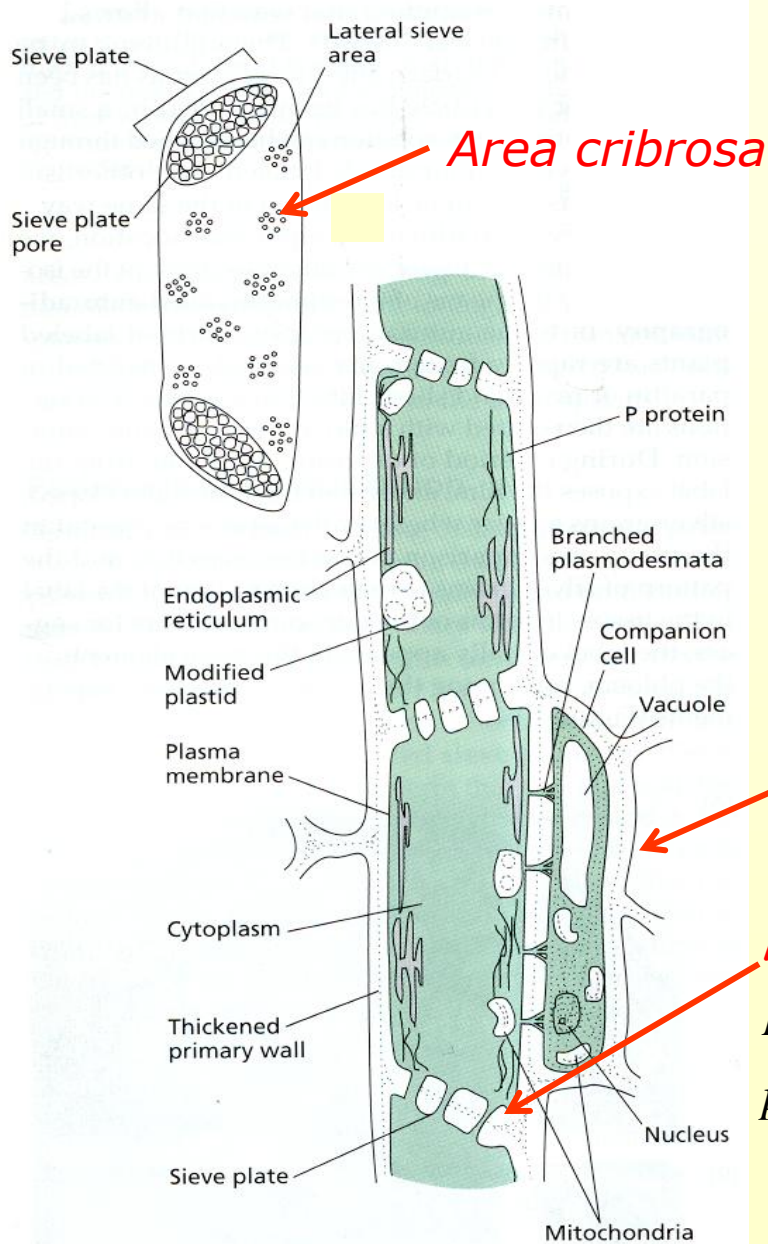


Il floema è il tessuto in grado di traslocare i **prodotti della fotosintesi** da foglie adulte ad aree di accrescimento e di accumulo



Ridistribuisce **l'acqua ed altri composti** pervenuti per via xilematica agli organi non soggetti a traspirazione (frutti, semi, tessuti meristemati)

# Cellula Cribrosa



## Elementi del Cribro



Cellule cribrose (gimnosperme)

Elementi dei tubi cribrosi (angiosperme)

Ogni elemento del cribro è associato a 1 o più

**cellule compagne**

**Placche cribrose:**

*I pori delle placche cribrose sono canali aperti e permettono il trasporto fra tubi cribrosi*

**Gli elementi del cribro** sono caratterizzati da

- **aree cribrose:**

Porzioni della parete cellulare dove pori (diametro 1-15  $\mu\text{m}$ ) mettono in comunicazione le cellule conduttrici.

- **Placche cribrose** posseggono dei pori più grandi e sono situate sulle pareti terminali degli elementi cribrosi

Le cellule si uniscono a formare una serie longitudinale



### **Tubi cribrosi**

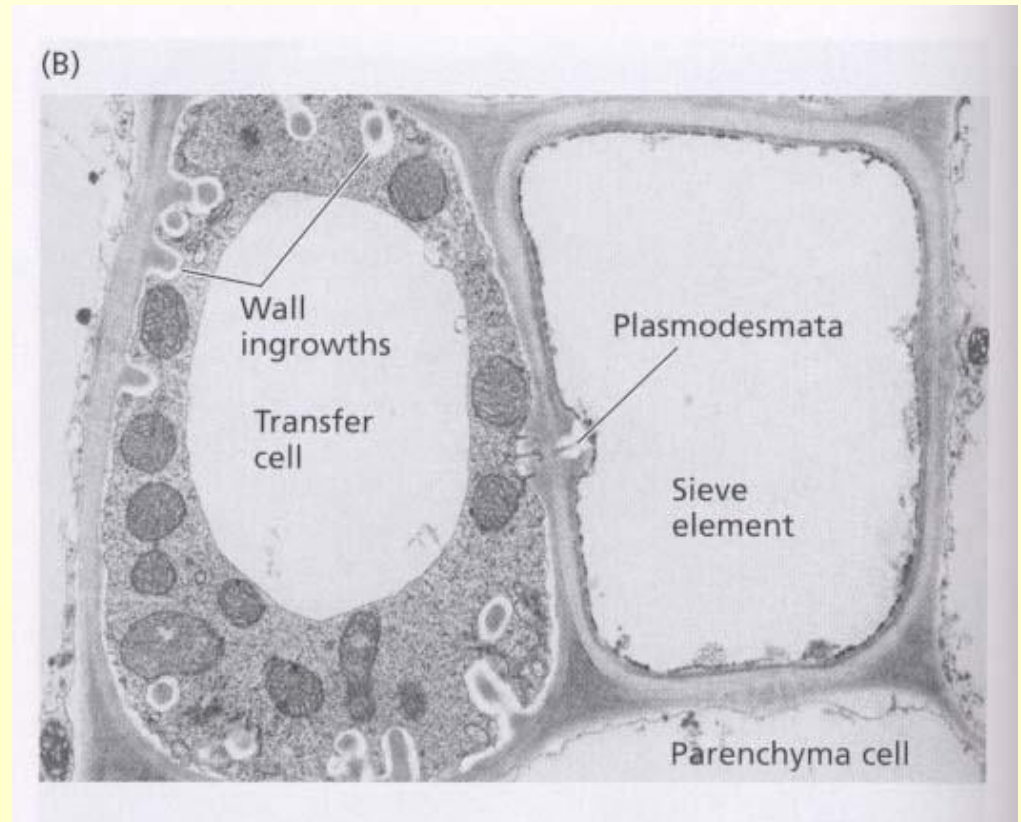
- Gli elementi dei tubi cribrosi mancano di nucleo, tonoplasto, microfilamenti, microtubuli, Golgi e ribosomi

- Contengono **Proteina P**: si trova in tutte le dicotiledoni e in molte monocotiledoni (PP1 e PP2)

Funzione: ostruisce i pori per evitare la perdita di succo floematico quando viene provocato un taglio o una ferita

## Cellule Compagne

- Derivano dalla stessa cellula madre dell'elemento cribroso
- Sono ricche di mitocondri
- Sono sorgente di ATP e di altri composti
- Trasporto di prodotti fotosintetici da cellule produttrici agli elementi del floema



# TRASPORTO FLOEMATICO

La direzione di traslocazione nel floema non è definita rispetto alla gravità

Il **flusso è bidirezionale**:

Da zone di rifornimento

**Source** = sorgente : tessuti fotosintetizzanti o di riserva



a **Sink** = pozzo : zone di metabolismo o di accumulo

Una foglia adulta è **source** : fotosintetizza più del suo  
fabbisogno

Una foglia giovane è **sink** : il suo fabbisogno metabolico  
supera la capacità produttiva

la distinzione  
non è netta

*I Sink non sono equamente riforniti da tutte le foglie (source) di una pianta  
ci sono regole anatomiche e di sviluppo:*

- VICINANZA

Le **foglie mature superiori** di una pianta riforniscono

—————> Foglie giovani e gli apici vegetativi

Le **foglie inferiori** riforniscono —————> il sistema radicale

Le foglie in **posizione intermedia** —————> esportano in entrambe le direzioni

- SVILUPPO

*L'importanza dei Sink può variare durante lo sviluppo:*

- Durante l'accrescimento vegetativo:

i tessuti meristemati di radici e germogli sono i pozzi principali (sink)

- Durante lo sviluppo riproduttivo

i frutti sono i sink dominanti soprattutto dalle foglie + vicine (source)



**Tabella 8.1**

Confronto tra la composizione della linfa xilematica e quella della linfa floematica del lupino bianco (*Lupinus albus*)

	Linfa xilematica mg L <sup>-1</sup>	Linfa floematica mg L <sup>-1</sup>
Saccarosio	ND <sup>a</sup>	154 000
Amminoacidi	700	13 000
Potassio	90	1 540
Sodio	60	120
Magnesio	27	85
Calcio	17	21
Ferro	1,8	9,8
Manganese	0,6	1,4
Zinco	0,4	5,8
Rame	Tr <sup>b</sup>	0,4
Nitrato	10	ND <sup>a</sup>
pH	6,3	7,9

<sup>a</sup> ND = non presente in quantità misurabile.

<sup>b</sup> Tr = presente in tracce.

Riportato da Pate (1975).

La concentrazione dei soluti

La concentrazione di soluti

**del floema**

**>**

**dello xilema**

# IL TRASPORTO NEL FLOEMA

**Il caricamento del floema:**

*movimento dei prodotti fotosintetici*

*dai cloroplasti del mesofillo agli elementi del cribro*



***modello del flusso di pressione***

Il prodotto iniziale della fotosintesi (triosio) viene trasportato dal cloroplasto al citosol e convertito in **saccarosio** .

1. Caricamento degli elementi del cribro: (trasporto a breve distanza)

gli zuccheri sono trasportati nelle cellule compagne e negli elementi del cribro  
meccanismo di **Trasporto Attivo**:

*nel cribro gli zuccheri sono più concentrati  
che nelle cellule del mesofillo*

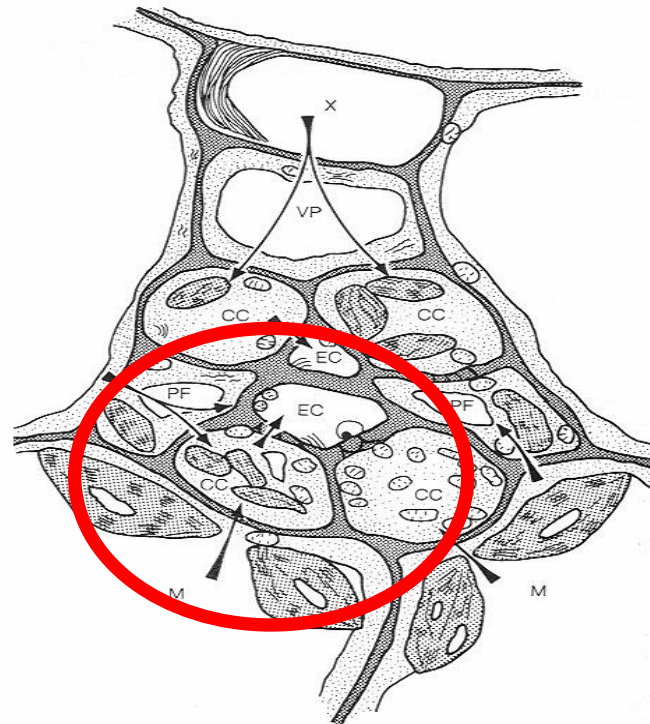
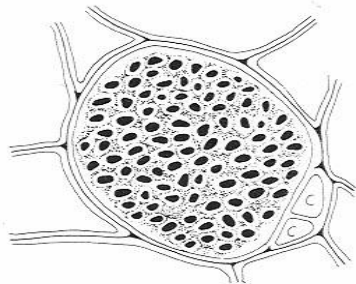
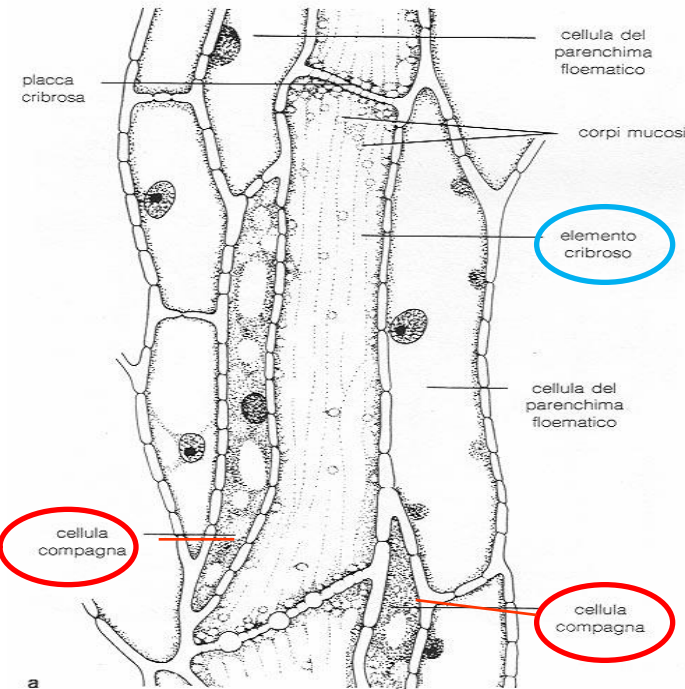
2. Esportazione: il saccarosio e gli altri soluti vengono traslocati lontano dalla sorgente (Source) fino al Sink ( pozzo)



trasporto a lunga distanza

## Caricamento del floema:

Cellule del mesofillo → Cellule compagne → Vasi floematici



gli zuccheri  
fotosintetizzati  
nelle cellule del  
mesofillo fogliare  
entrano nel floema  
a livello del complesso  
*cellula compagna*  
*/elemento del cribro,*  
*considerati*  
*come un'unica unità*  
*funzionale.*

***Gli acidi organici non richiedono un sistema attivo di caricamento,***

ma diffondono passivamente attraverso la membrana

- ***Il saccarosio richiede un trasporto attivo :*** è una molecola neutra  
*nel complesso costituito dagli elementi del cribro e dalle cellule compagne è a una concentrazione maggiore*

Trasporto contro gradiente di concentrazione



Trasporto attivo

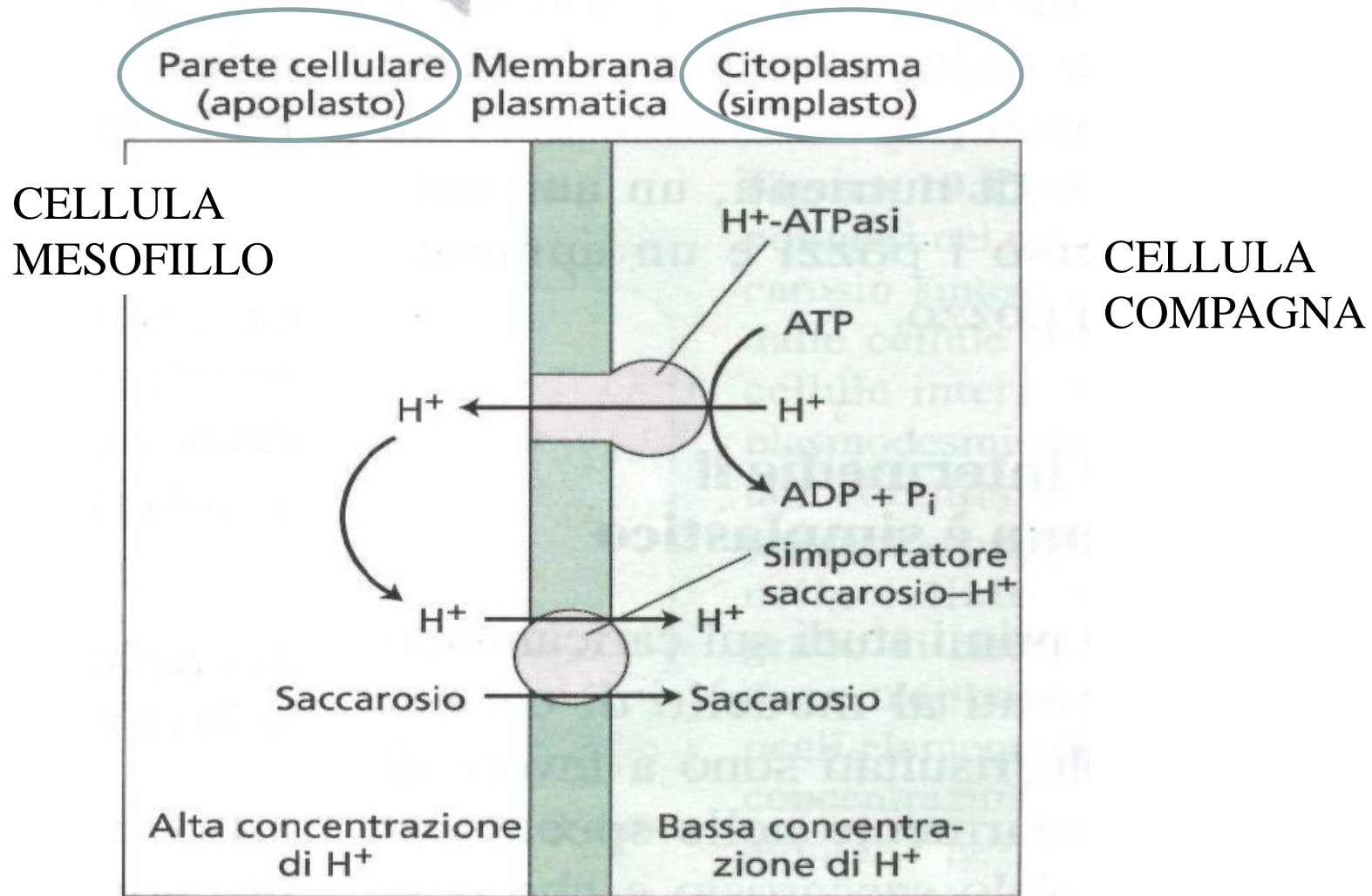
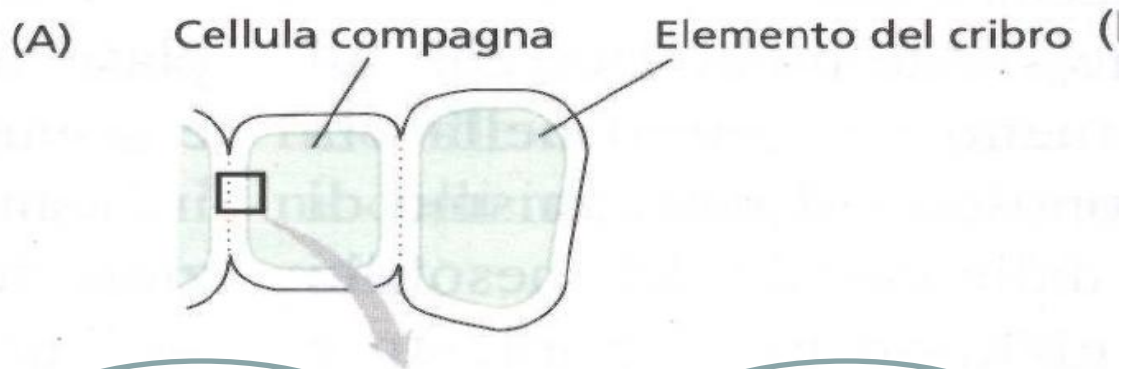
L'idrolisi dell' ATP fornisce energia per una **pompa protonica**

H<sup>+</sup> fuori dalla membrana nell'apoplasto

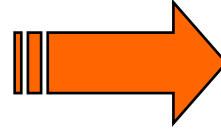


H<sup>+</sup> rientrano

come **cotrasporto saccarosio/ H<sup>+</sup>**



*I processi di caricamento del floema (nel source) e di scaricamento (nel sink) producono la forza motrice per la traslocazione dei soluti nel floema*



*La traslocazione dei fotosintati nel floema avviene per **flusso di massa o flusso di pressione** secondo **la teoria di Munch***

## **2 osmometri collegati fra loro da un tubo:**

### **1. Osmometro Source: (A)**

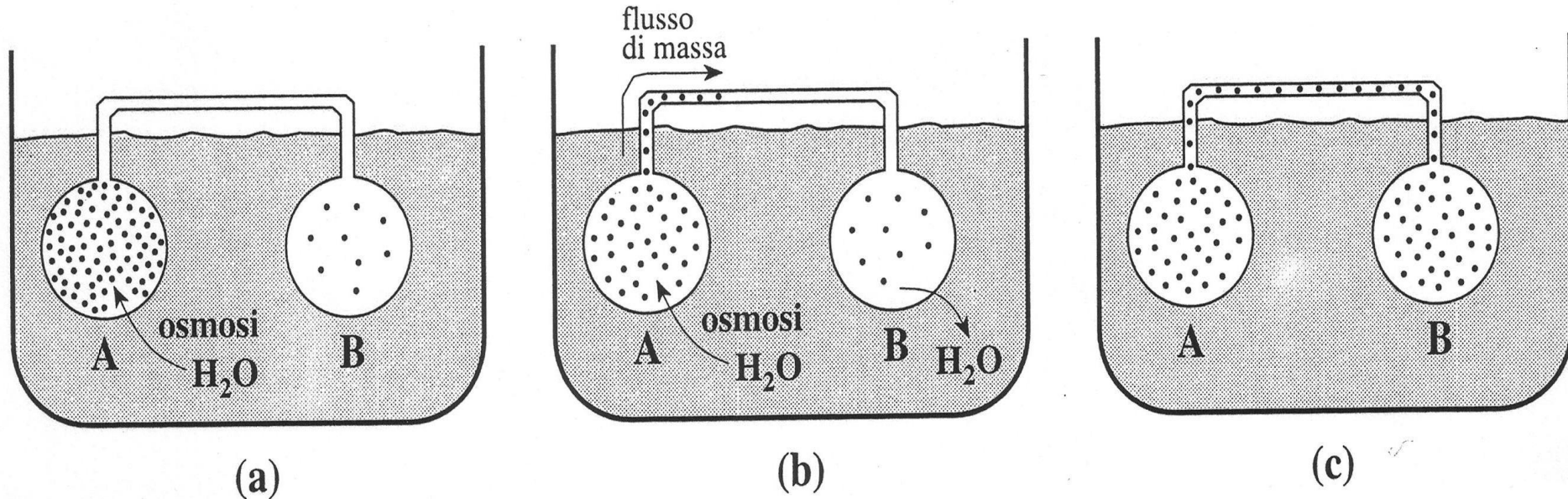
elevata concentrazione di soluti  $\longrightarrow$  **basso  $\psi$**   
richiamo di  $H_2O$   $\longrightarrow$  aumento p idrostatica ( **$\Psi_p$** )

La soluzione viene spinta verso la concentrazione minore

### **2. Osmometro Sink : (B)**

l'apporto di soluti +  $H_2O$   $\longrightarrow$  **Aumento p idrostatica ( $\Psi_p$ )**  
 $\longrightarrow$  fuoriuscita di  $H_2O$  all'esterno

# Teoria di Munch



Per osmosi → ingresso di acqua e aumento di pressione I° osmometro.  
la pressione si trasmette dal I° al II°

*l'aumento di pressione idrostatica nel II°* → potenziale + positivo del mezzo esterno → l'acqua esce attraverso la membrana.

→ diminuzione della pressione nel sistema  
richiamo di altra acqua nel I° osmometro

risultato :

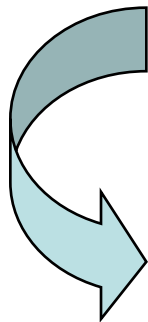
*un flusso di massa (acqua e soluti) attraverso dal I° verso il II° osmometro.*

I tubi cribrosi non possono espandersi analogamente agli osmometri



Secondo Munch nella pianta :

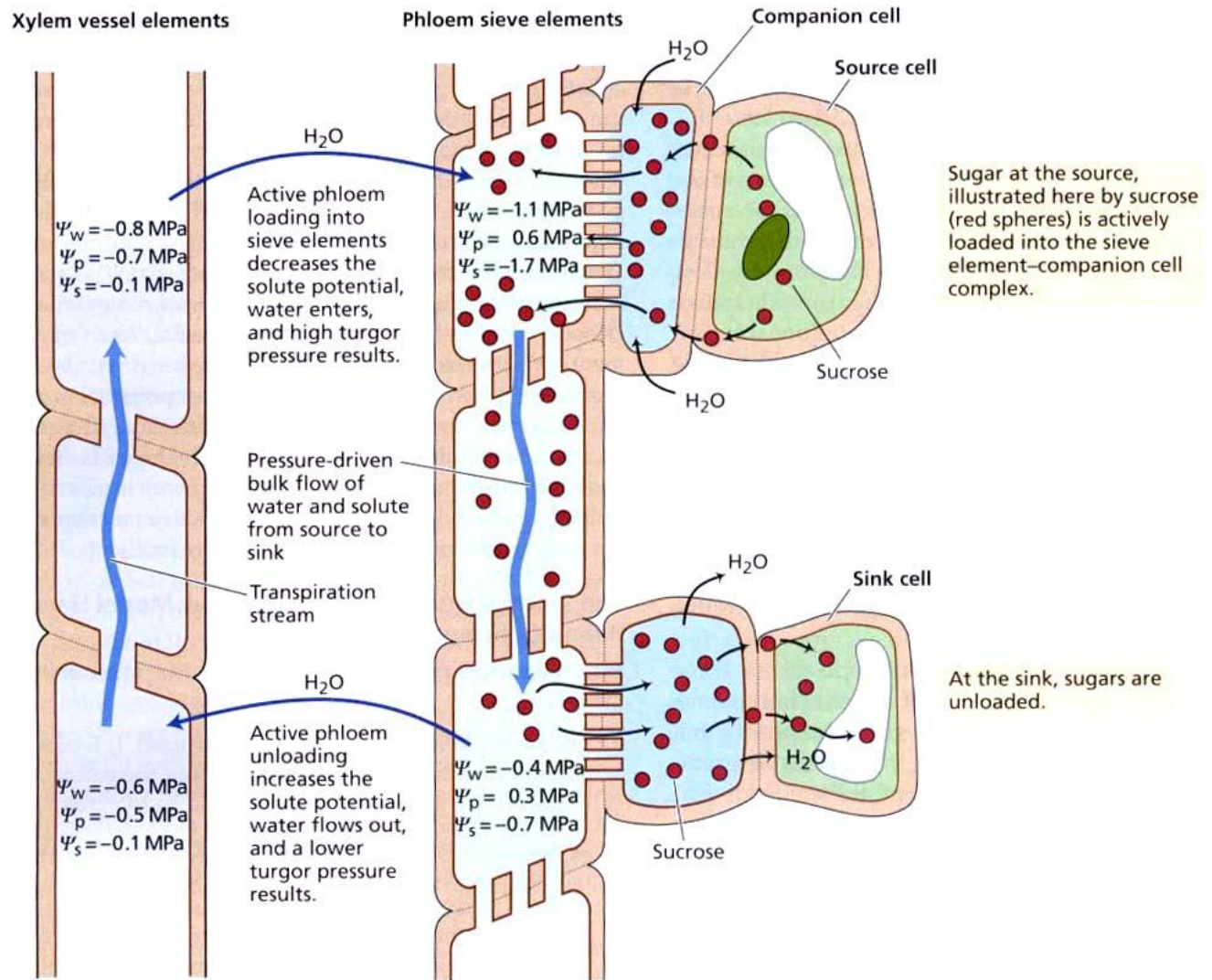
- **Gli elementi del cribro (floema)** vicino alle cellule fotosintetizzanti costituiscono il **I° osmometro "source"**: la concentrazione dei prodotti della fotosintesi è mantenuta elevata dalle cellule adiacenti del mesofillo.
- **All'estremità opposta** del sistema floematico, "**sink**", la concentrazione degli assimilati è mantenuta bassa (**II° osmometro**) in quanto essi vengono trasferiti ad altre cellule dove vengono utilizzati o accumulati sottoforma di amido.
- Il **canale di collegamento** fra source e sink è **il sistema floematico** con i suoi tubi cribrosi



***Il flusso nei tubi cribrosi è di tipo passivo**  
**secondo gradiente di pressione** determinato  
dall'ingresso di acqua per osmosi nei tubi cribrosi  
all'estremità source del sistema e dalla  
fuoriuscita all'estremità sink*

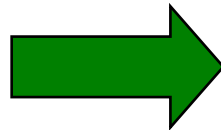
# Flusso da pressione

*Il flusso avviene in risposta ad un gradiente di P che si crea in seguito al caricamento e allo scaricamento del floema*



Lo *scaricamento del saccarosio* avviene tramite un *Processo diffusivo* secondo gradiente di concentrazione:

Da un comparto  
più concentrato



verso un comparto  
a concentrazione minore

Il gradiente è garantito da una rapida rimozione  
del saccarosio che può essere:

- Accumulato
- Idrolizzato e consumato
- Inviato per via simplastica o apoplastica ai tessuti riceventi