

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 negativo 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.

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

*Il valore  $\Psi_t$  determina il movimento dell'acqua nella pianta:*

da regioni a  $\Psi_t$  più alto  $\longrightarrow$  a regioni a  $\Psi_t$  più basso

### TRASPORTO RADIALE

H<sub>2</sub>O e ioni entrano si muovono verso il cilindro centrale (stele) seguendo 2 vie:

1. **Via apoplastica** : passaggio negli spazi extracellulari
2. **Via simplastica** : interna, da cellula a cellula
  - È un trasporto attivo che richiede energia e O<sub>2</sub>

*Il trasporto apoplastico si interrompe a livello della banda  
del Caspary  $\longrightarrow$  passaggio nel simplasto*

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

Questa differenza è la forza trainante dell' H<sub>2</sub>O  
 da Suolo → alla pianta → all'atmosfera

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

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

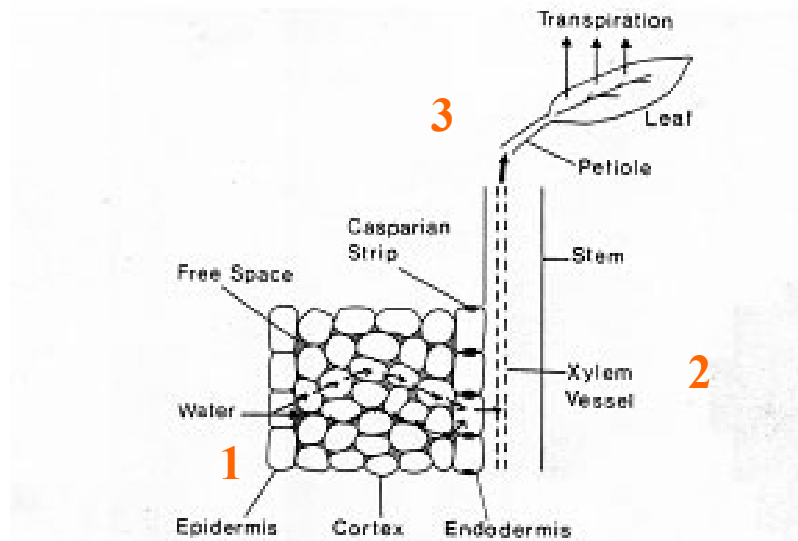


Fig. 4.4 Water pathways in the higher plant.

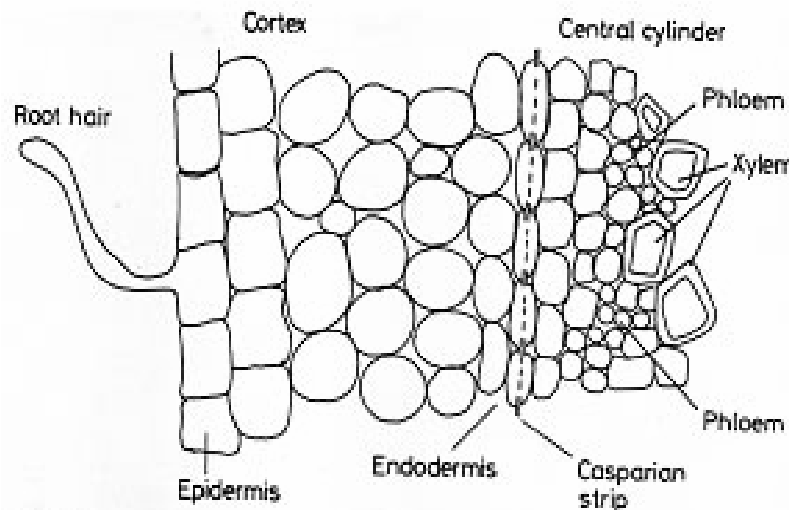


Fig. 4.5 Transverse section of a young root.

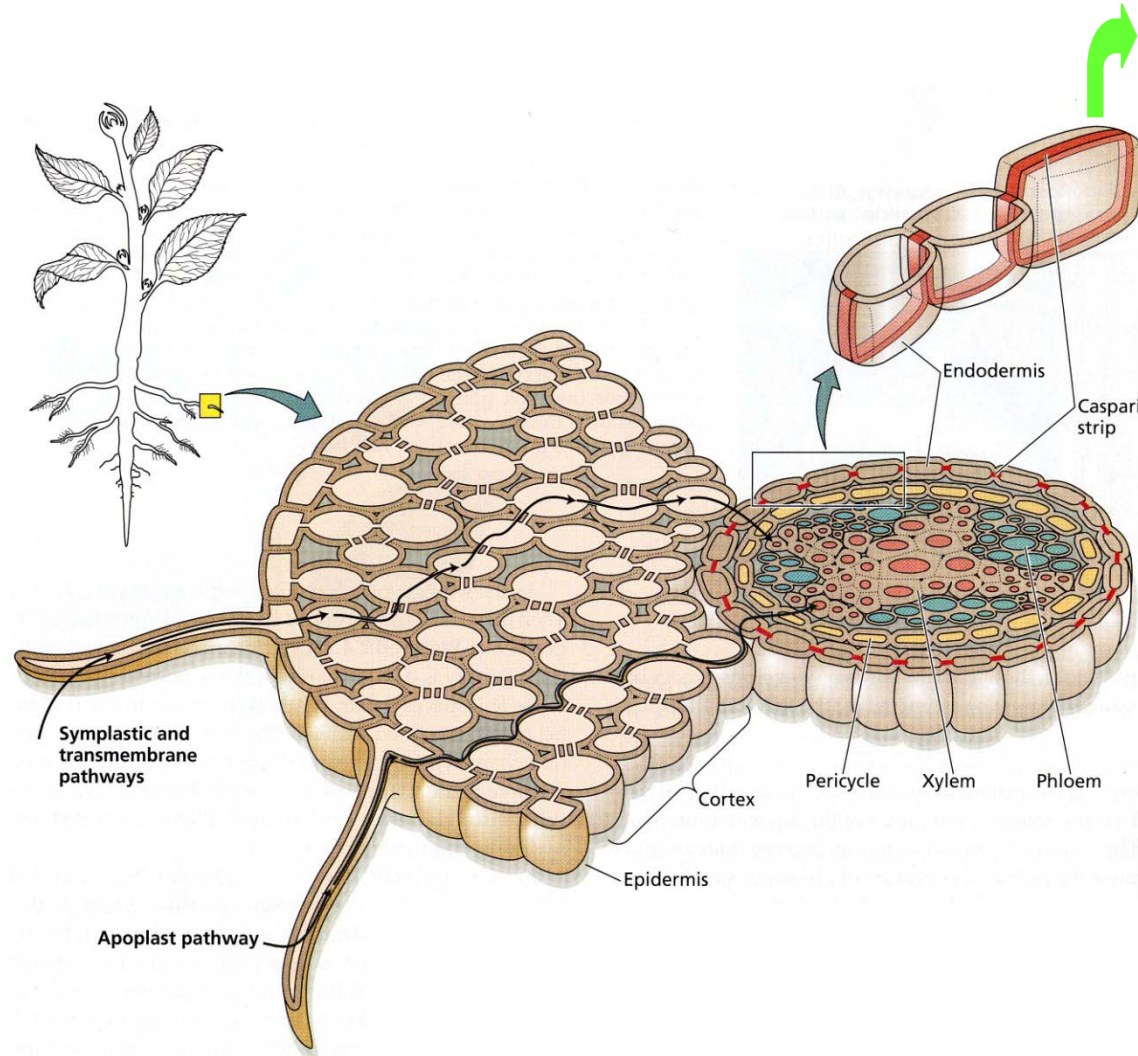
# Assorbimento dell'H<sub>2</sub>O dalle radici

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

L'H<sub>2</sub>O può seguire tre vie Apoplastica

Transmembrana

simplastica



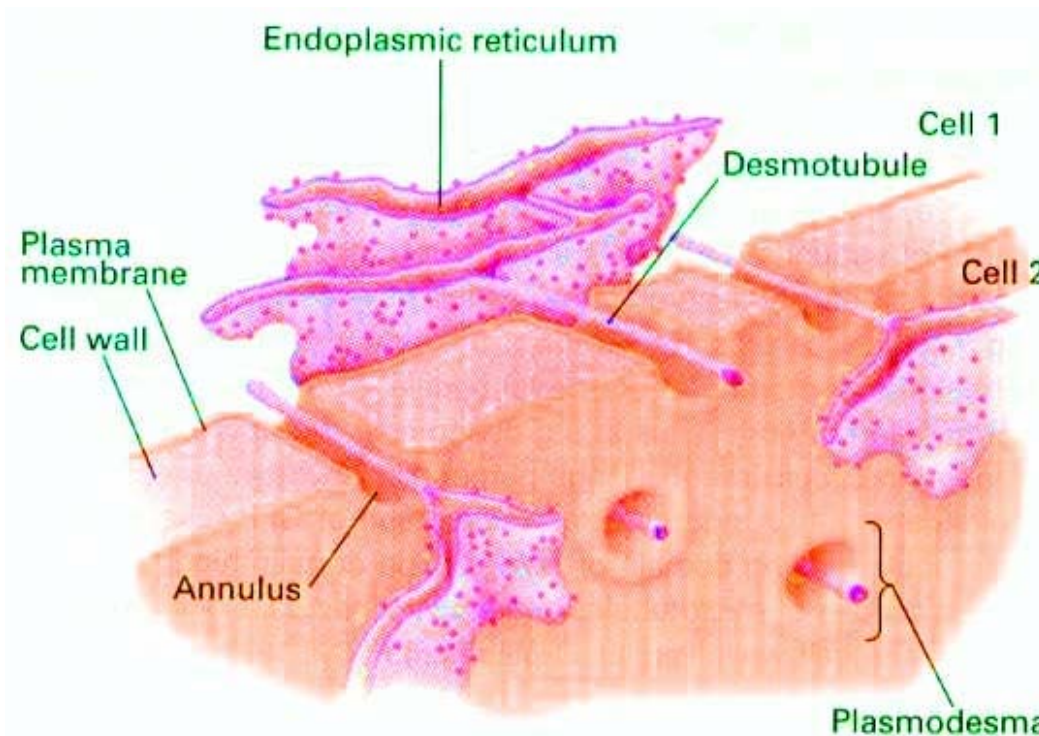
Banda di Casparia  
parete cellulare  
radiale  
nell'endoderme  
impregnata di  
suberina

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

TRASPORTO RADIALE

- Il trasporto nel simplasto avviene tramite i **PLASMODESMI** = ponti citoplasmatici che attraversano le pareti cellulari collegando cellule vicine .

Presenza di **desmotubuli** = tubi di reticolo endoplasmatico



*a livello del  
manicotto  
citoplasmatico  
avviene il  
passaggio di  
 $H_2O$  e soluti.*

**Proteine globulari** sono associate alla membrana plasmatica all'interno del poro,  
dividono il poro in 8-10 microcanali

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

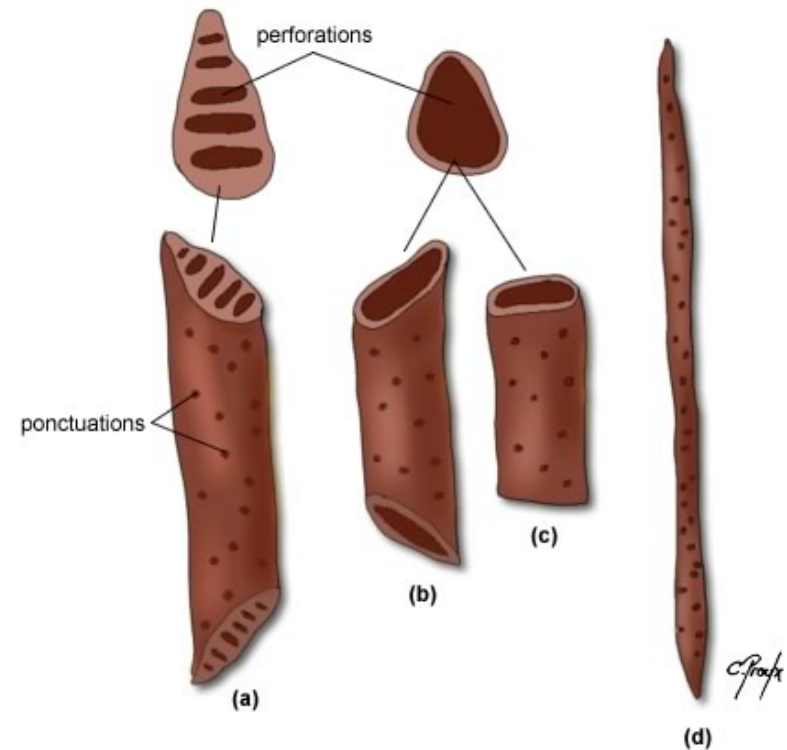
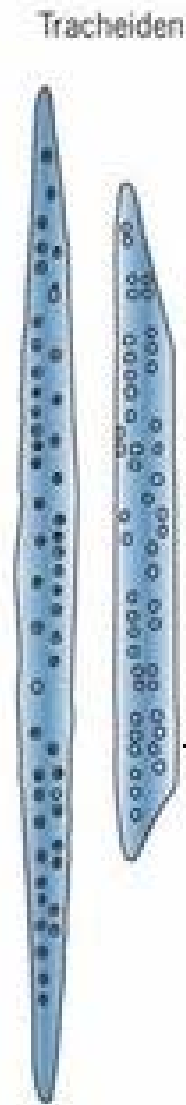
1. Fibre
2. cellule parenchimatiche
3. tracheidi
4. articoli dei vasi (trachee)

anche nel floema

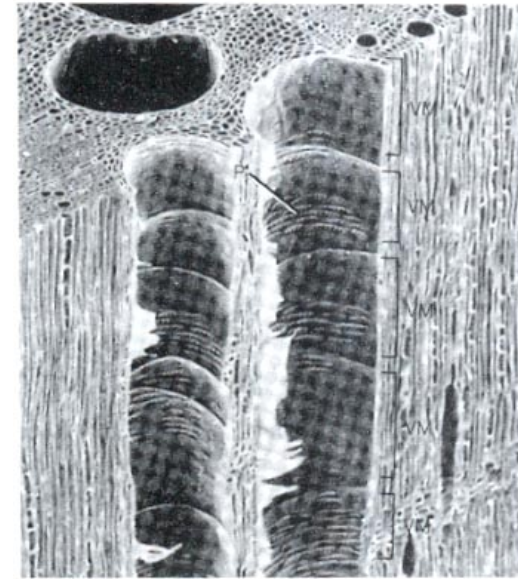
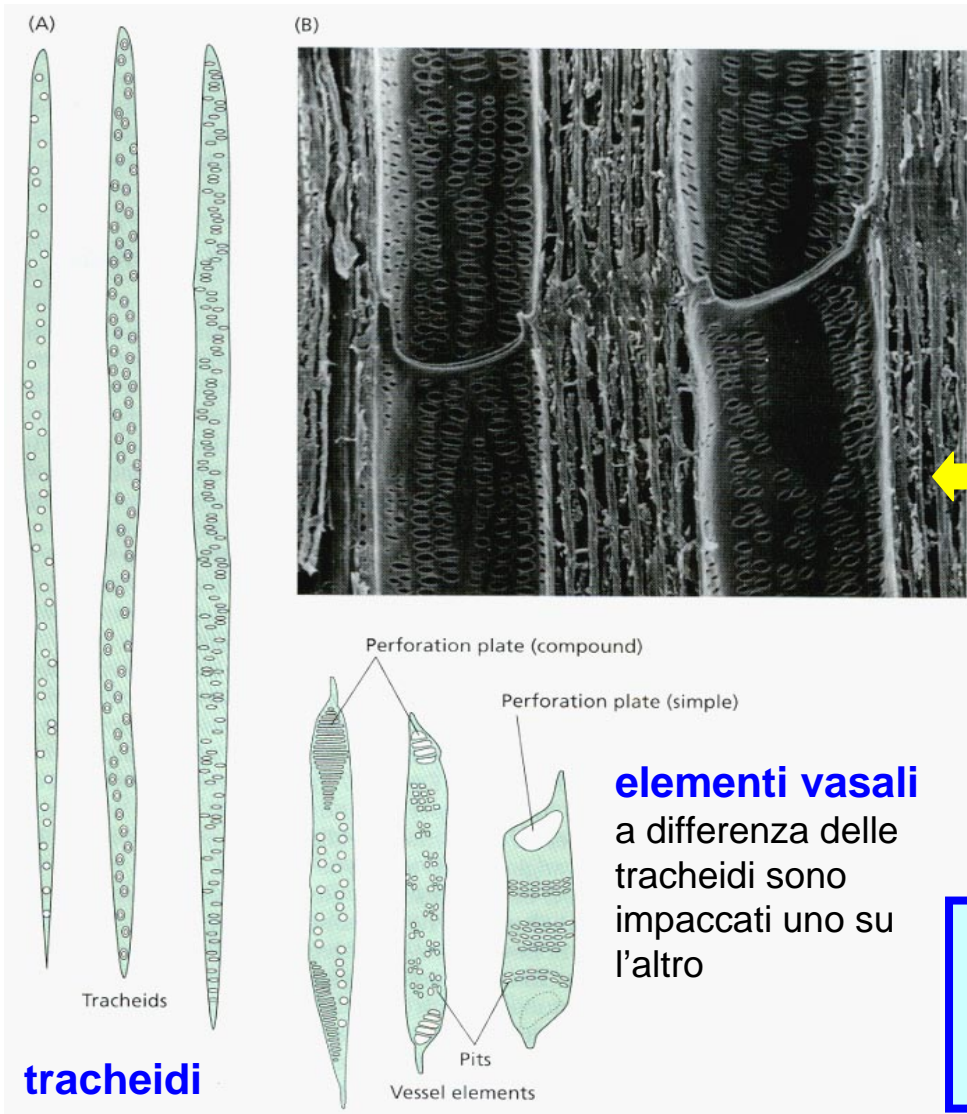
Le **cellule parenchimatiche** formano dei raggi che decorrono radialmente

**Tracheidi e articoli dei vasi** decorrono longitudinalmente

*Le gimnosperme (conifere) hanno solo tracheidi*  
*Nelle angiosperme (piante a fiore) si trovano tracheidi e articoli dei vasi*



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



**sovrapposizione di elementi vasali a formare un vaso**



le tracheidi e gli elementi vasali sono cellule morte. Tubi cavi rinforzati da pareti secondarie lignificate

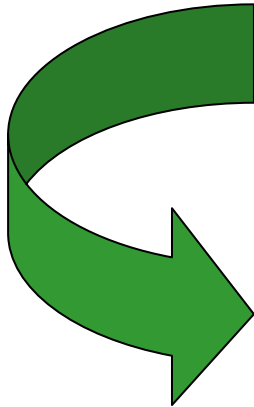
**Tracheidi** → angiosperme, gimnosperme  
**Vasi** → angiosperme

**elementi vasali** a differenza delle tracheidi sono impaccati uno su l'altro

## Nelle *tracheidi e articoli dei vasi*

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 punteggiature sulle pareti trasversali consentono anche il trasporto fra cellule adiacenti



Gli **articoli 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**

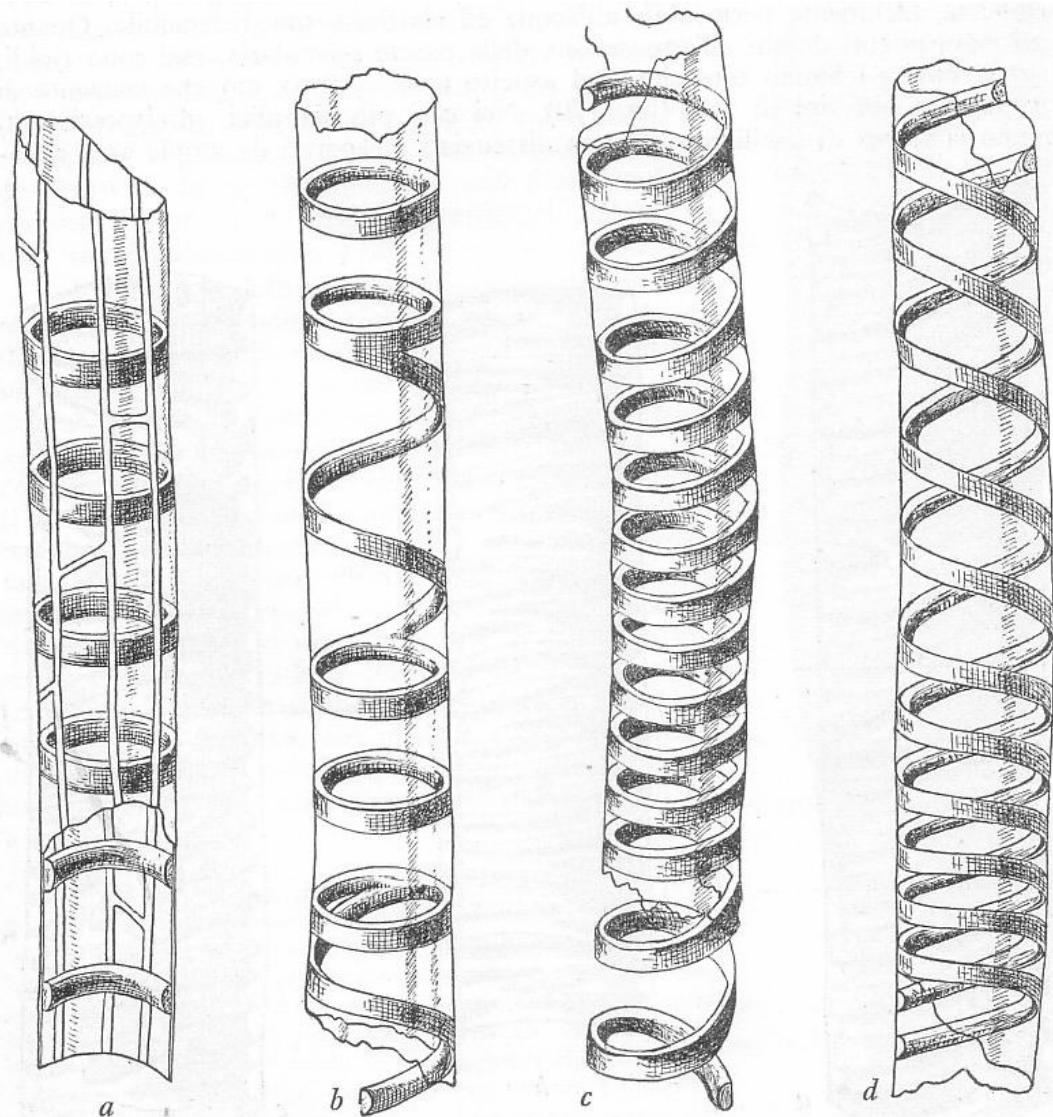
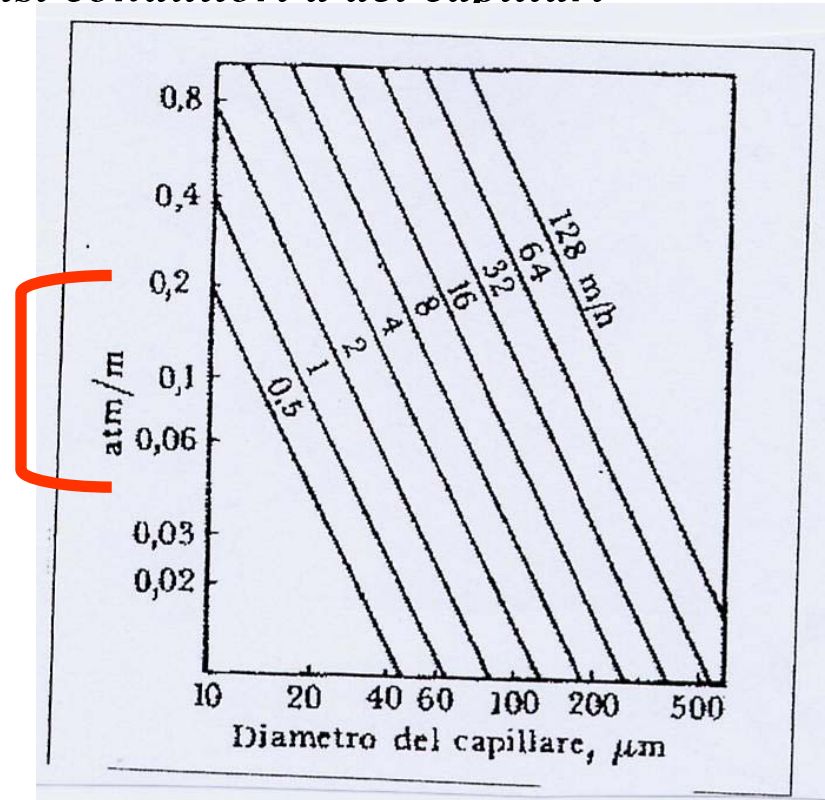


Fig. 170. - *a*, vaso anulato; *b*, vaso anulo-spiralato; *c*, vaso spiralato; *d*, vaso doppiamente spiralato (da BONNIER).

Relazione che intercorre fra:  
**Gradiente di potenziale idrico e velocità di trasporto**  
*assimilando i vasi conduttori a dei capillari*

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

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.I – 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

## CARICAMENTO DELLO XILEMA

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

**Nuovo passaggio simplasto**  **apoplasto (xilema)**

- È un trasporto mediato da carrier
- È 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 controioni 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:

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

Richiamo di  $H_2O$  dall'esterno  Aumento della pressione idrostatica



*pressione radicale*

**Spinta di  $H_2O$  e soluti verso l'alto**

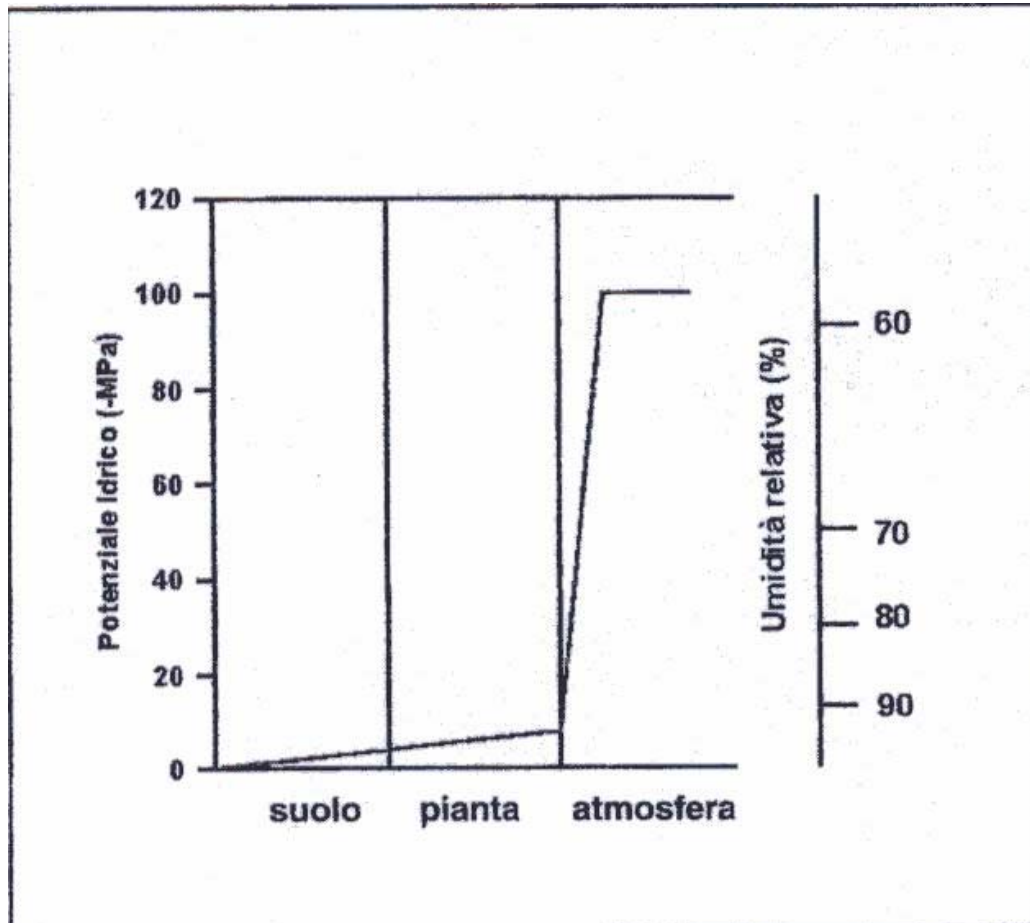
La pressione radicale diminuisce salendo verso l'alto

***Il processo determinante e prevalente***

***per assicurare la risalita dell'  $H_2O$  è la***

***suzione = pressione negativa***

***esercitata dalle foglie in seguito alla traspirazione.***



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

*T= temperatura e*

*UR= umidità relativa*

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

$$MPa = 0,1 Bar$$

Le forze di coesione esistenti fra le molecole



**Sistema continuo di acqua**

**dalle radici**  
(superfici assorbenti)

**alle foglie**  
(superfici evaporanti)

# Spostamento dell'H<sub>2</sub>O nello xilema


## Flusso di massa

**Pressione radicale?** non è sufficiente  
(0.1 MPa e si annulla se la  
traspirazione è elevata)

L'H<sub>2</sub>O si muove per la forte **TENSIONE** (pressione idrostatica  
negativa) che si sviluppa in seguito alla traspirazione e che  
tende ad aspirare l'H<sub>2</sub>O nello xilema



## TEORIA DELLA COESIONE-TENSIONE

Parete secondaria necessaria per evitare il collasso dello  
xilema  forza esercitata sulle pareti dall'H<sub>2</sub>O sotto  
tensione

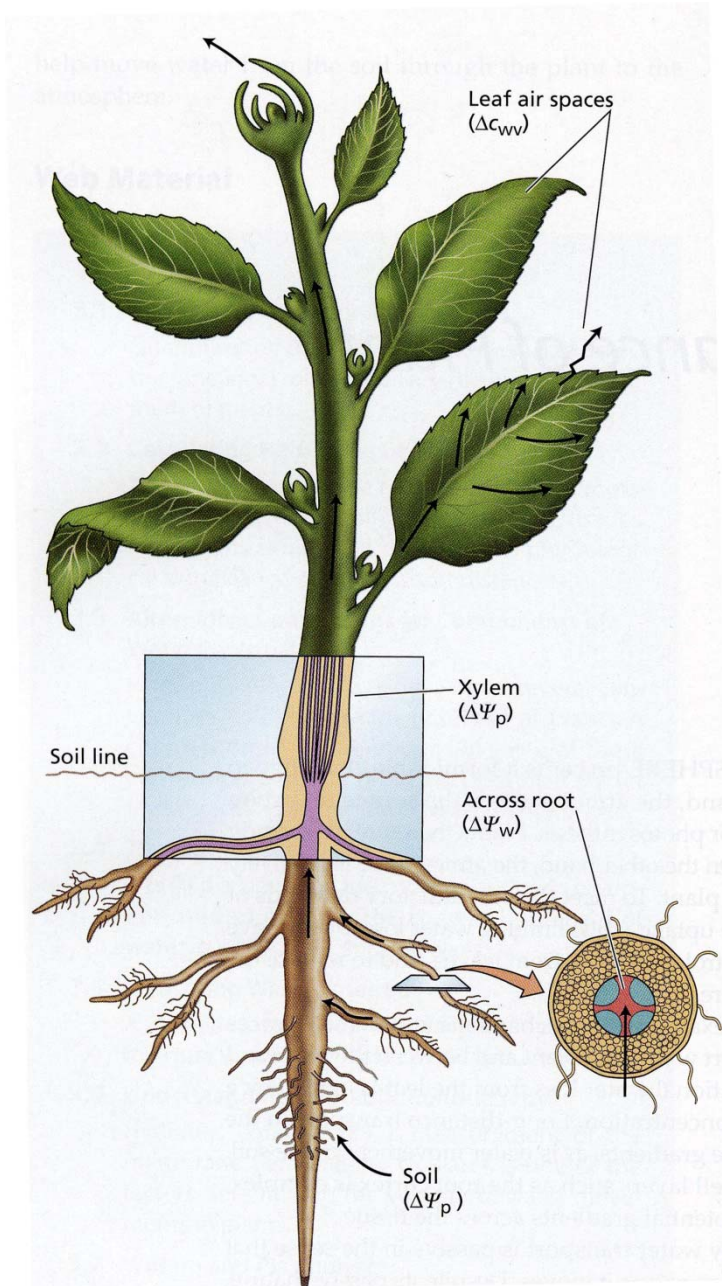
# TEORIA DELLA COESIONE

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

- Esistenza di **forze di adesione** :  
attrazione fra molecole di  $H_2O$  e pareti cellulari
- 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.
- Una interruzione della catena di molecole di  $H_2O$







## 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  
del mezzo  
esterno**

**Incremento** del contenuto ionico  
nel succo xilematico

**Riduzione** della concentrazione relativa  
del singolo ione

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

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 ??

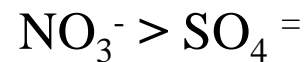
Tab. 15.8 - Effetto della temperatura sul flusso e sulla composizione ionica dell'essudato di piante di mais decapitate (\*) (modificata da Marschner, 1986).

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

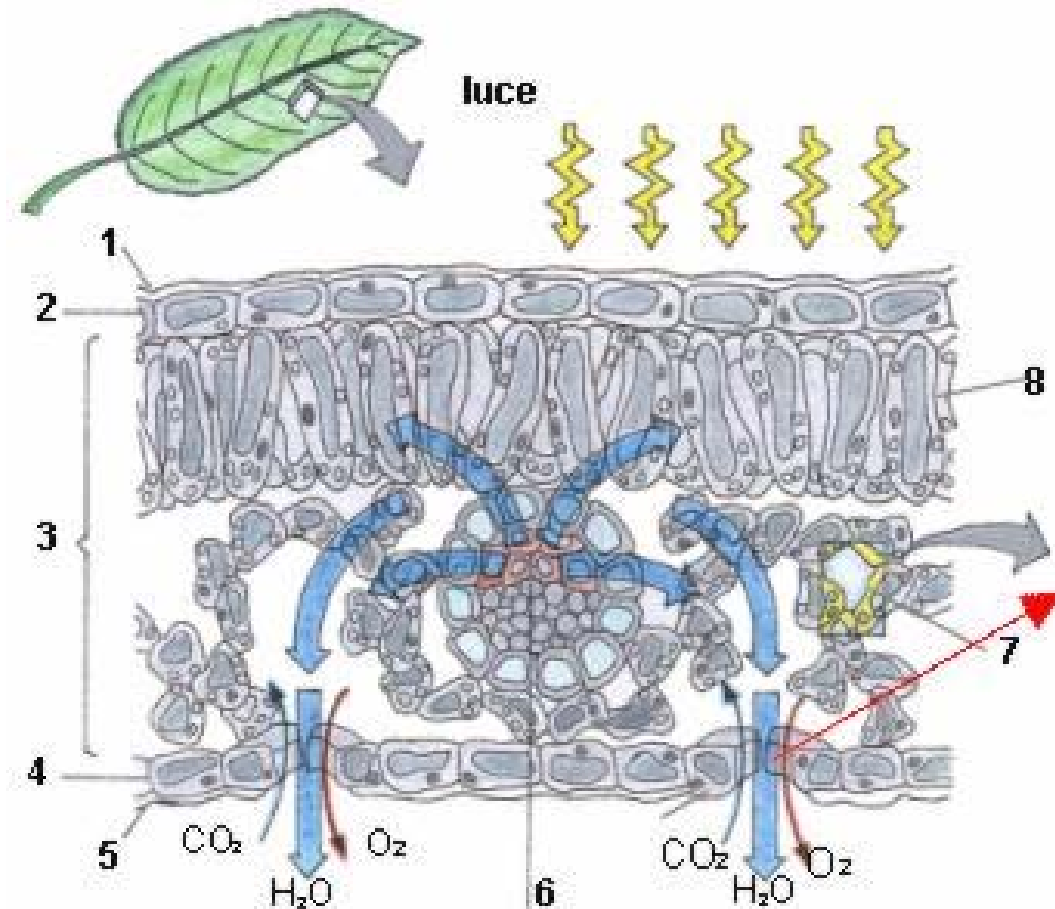
(\*) Alle piantine veniva somministrato  $KNO_3$  (1.0 mM) o  $K_2SO_4$  (0.5 mM) in presenza di  $CaSO_4$  (0.2 mM).

## Nelle foglie

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

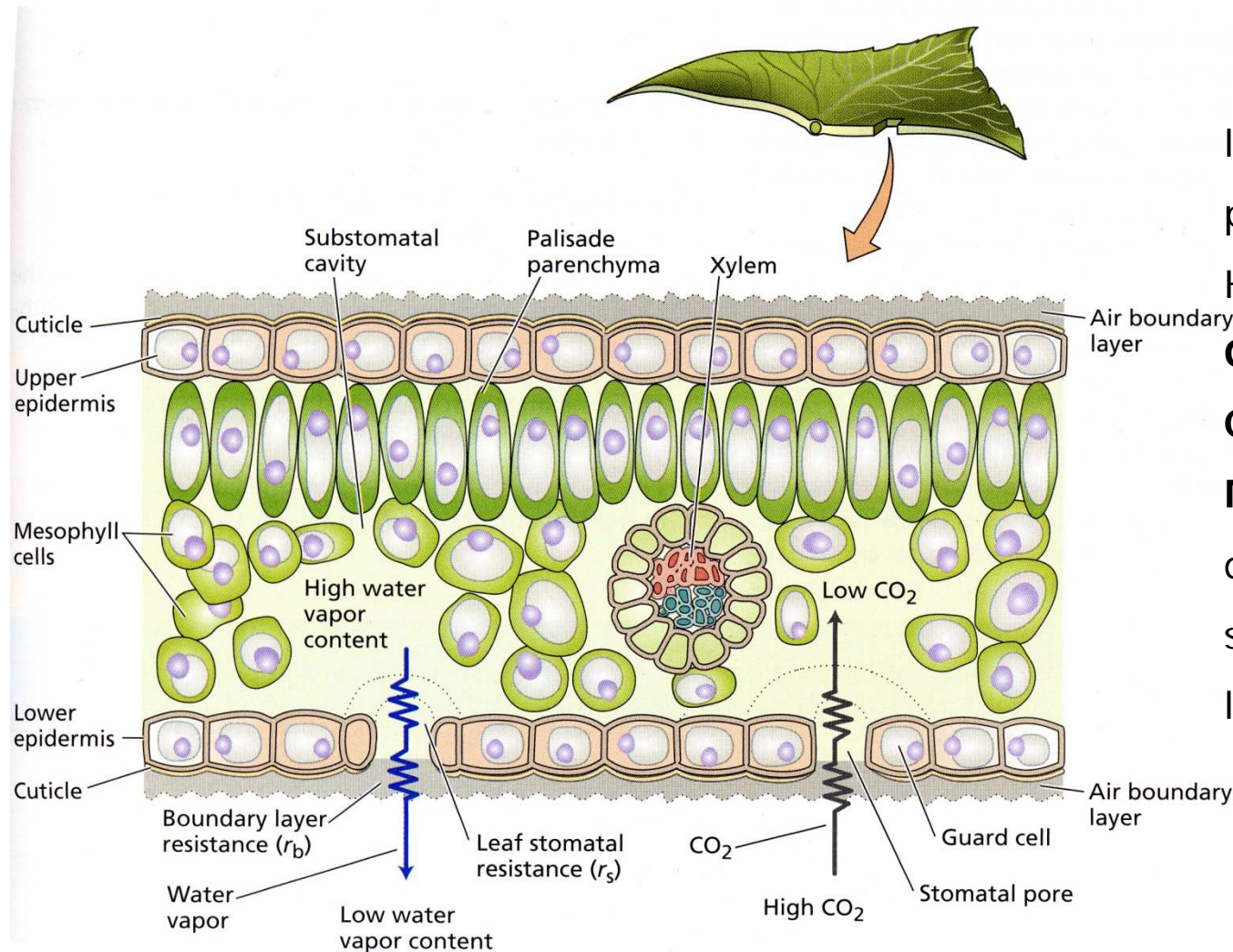
### Mesofillo

- 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

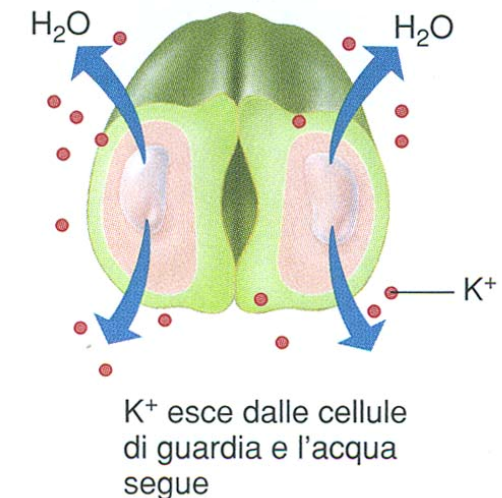
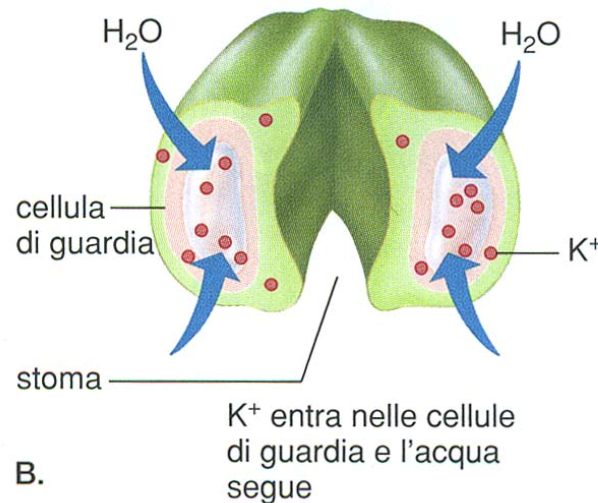
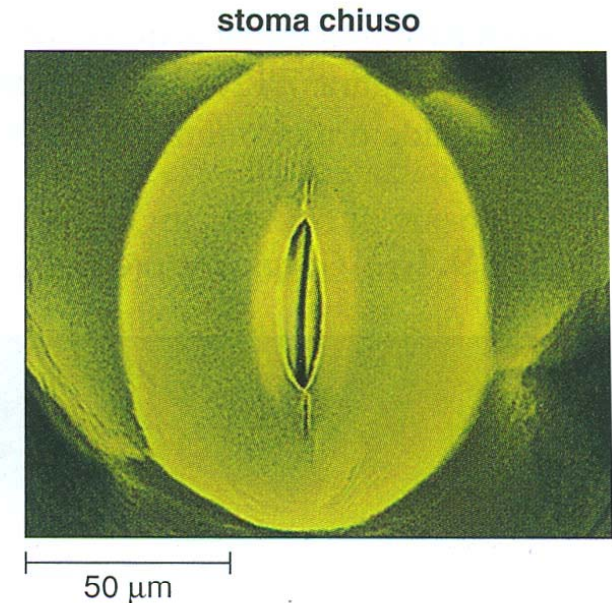
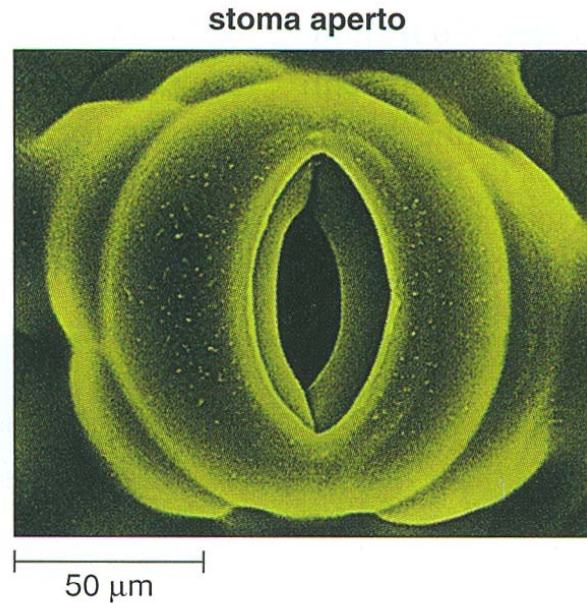


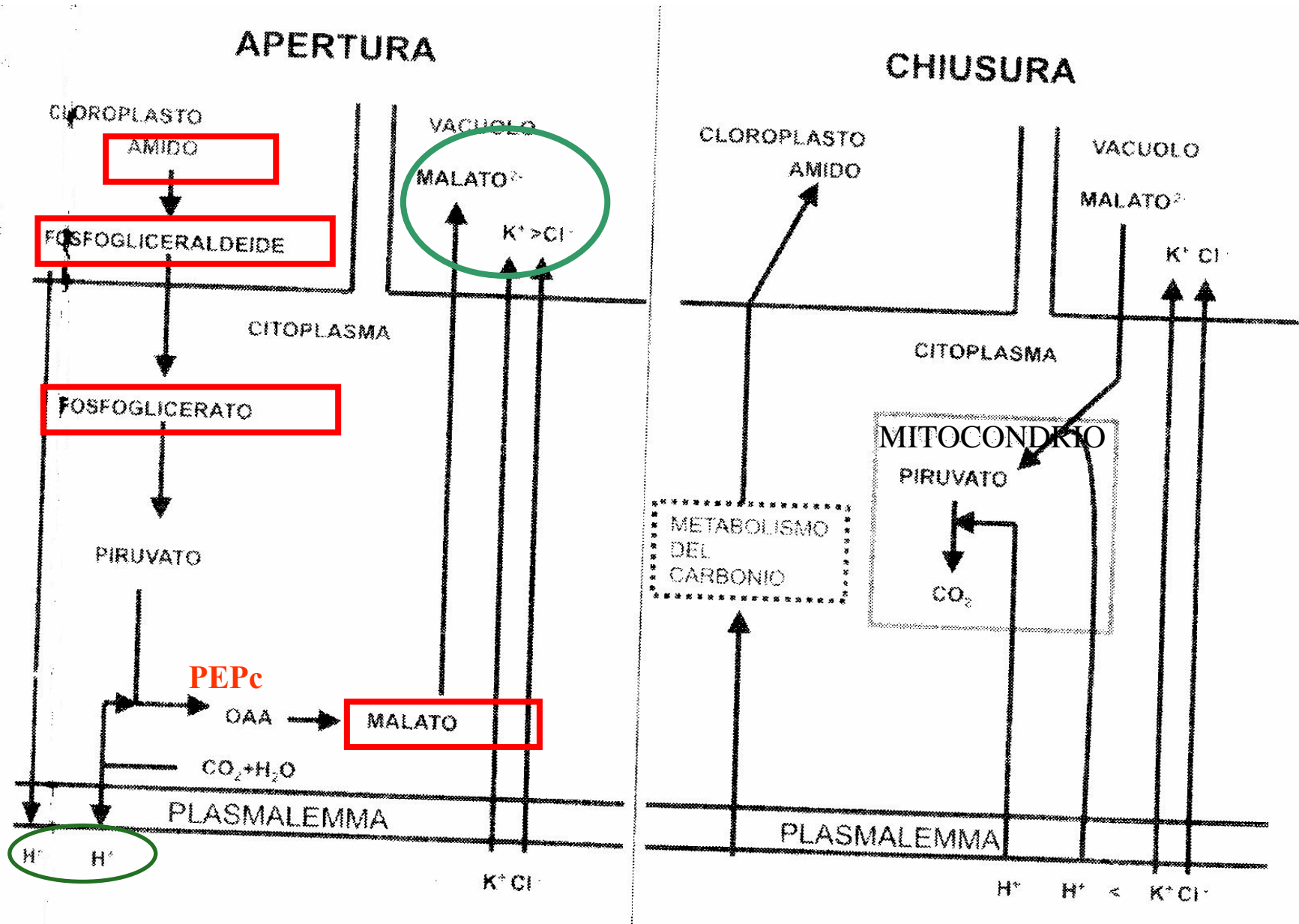
**Apertura dello stoma**

**Un flusso di ioni  $K^+$**

dalle cellule ausiliare alle cellule di guardia determina:

- Diminuzione del potenziale osmotico per l'aumento di soluti
- Richiamo di acqua dalle cellule ausiliarie





Per apertura 2 passaggi chiave: - ossidazione di fosfogliceraldeide a fosfoglicerato .  
 - Fissazione di CO<sub>2</sub> su PEP ad opera di PEPcarbossilasi → Malato  
 che funziona da osmotico e da contro-ione nel trasporto del K



## Evaporazione dell' $H_2O$ nel mesofillo fogliare

Nelle cellule vicine agli elementi conduttori della foglia

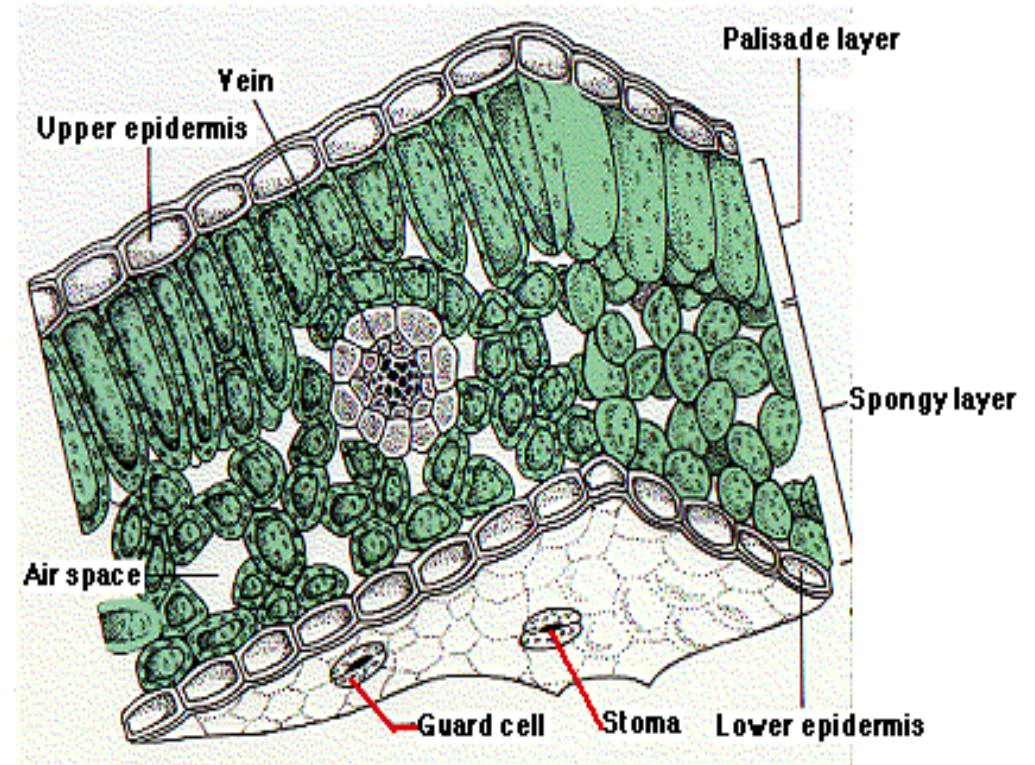
L'evaporazione dell'  $H_2O$



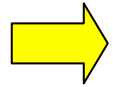
Deficit idrico nei vacuoli



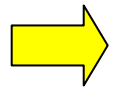
Richiamo di  $H_2O$  dai vasi conduttori



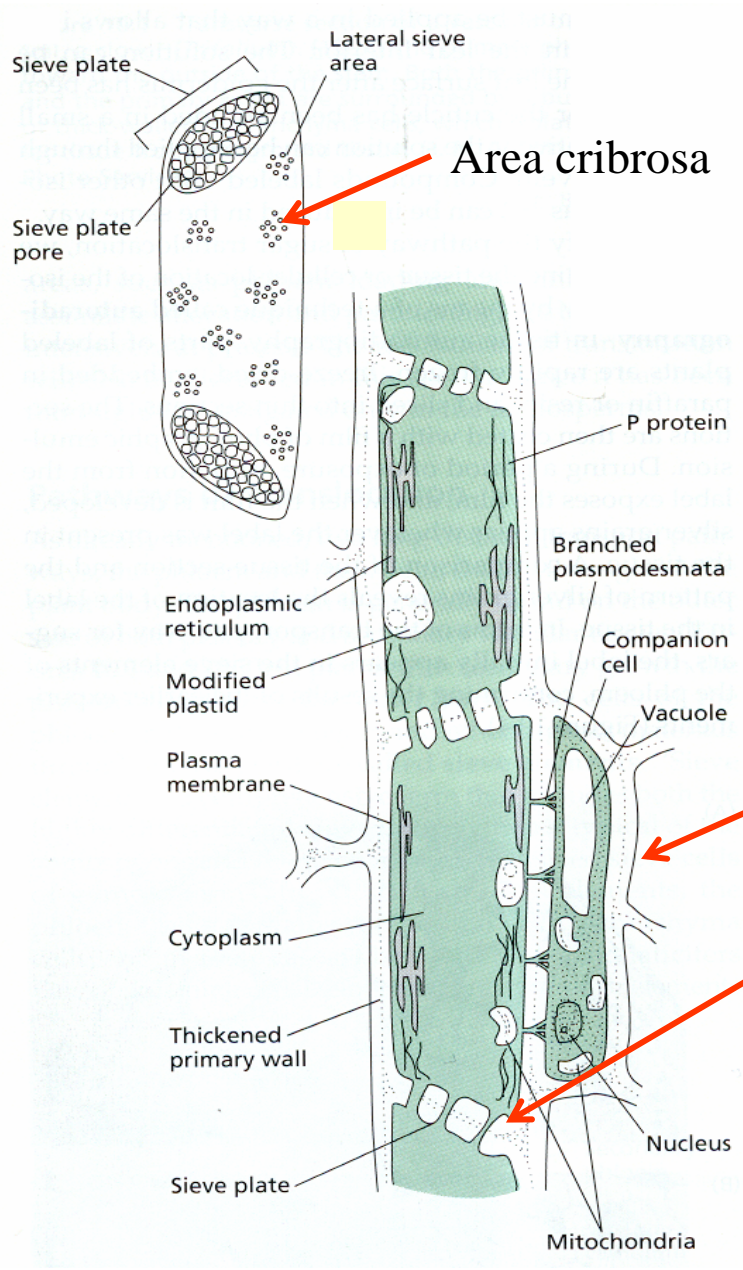
# Trasporto Floematico



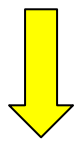
Il floema è il tessuto in grado di traslocare i prodotti della fotosintesi da foglie adulte ad aree di accrescimento ed accumulo comprese le radici



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



Elementi del Cribro



Cellule cribrose (gimnosperme)

Elementi dei tubi cribrosi (angiosperme)

Cellule compagne

Placche cribrose:  
aree estese di connessione  
tra elementi dei 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**

I pori delle placche cribrose sono dei canali aperti che permettono il trasporto fra le cellule .

Ogni elemento del cribro è associato a 1 o più

- **cellule compagne** numerosi **plasmodesmi** si trovano fra gli elementi dei tubi cribrosi e le loro cellule compagne

Le cellule compagne:

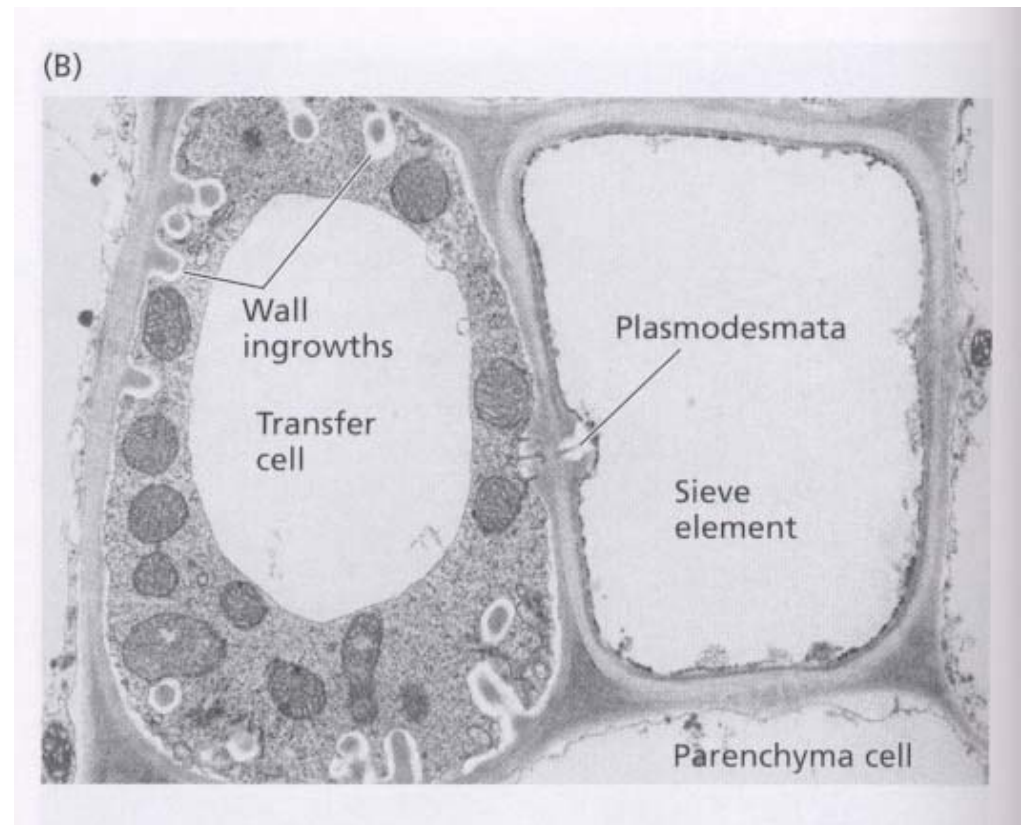
- Forniscono energia alle cellule del cribro sottoforma di ATP
- Trasporto di prodotti fotosintetici nelle foglie mature da cellule produttrici agli elementi del floema delle venature minori della foglia

Gli elementi dei tubi cribrosi sono connessi mediante plasmodesmi con una o più

## Cellule Compagne

Cellule Compagne:

- Derivano dalla stessa cellula madre dell'elemento cribroso
- Sono la sorgente di ATP e di altri composti
- Sono ricche di mitocondri



# TRASPORTO FLOEMATICO

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

**Il flusso è bidirezionale:**

Da zone di rifornimento chiamate

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



a zone di metabolismo o di accumulo dette

**Sink** = pozzo : dove i prodotti vengono utilizzati o accumulati

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:

gli apici delle radici e dei germogli sono i pozzi principali (sink)

- Durante lo sviluppo riproduttivo

i frutti sono i sink dominanti soprattutto per le 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

**del floema**

**>**

La concentrazione di soluti

**dello xilema**



# **IL TRASPORTO NEL FLOEMA**

**(Il caricamento del floema)**

**(Il modello del flusso di pressione)**

**Caricamento del floema:** *movimento dei prodotti fotosintetici dai cloroplasti del mesofillo agli elementi del cribro*

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

1. Caricamento degli elementi del cribro: gli zuccheri sono trasportati nelle cellule compagne e negli elementi del cribro

Nel cribro gli zuccheri sono più concentrati che nelle cellule del mesofillo



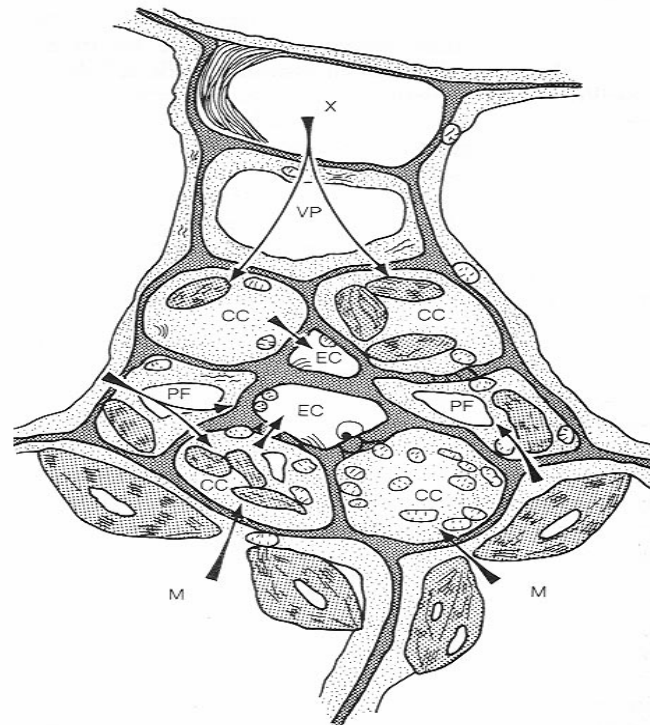
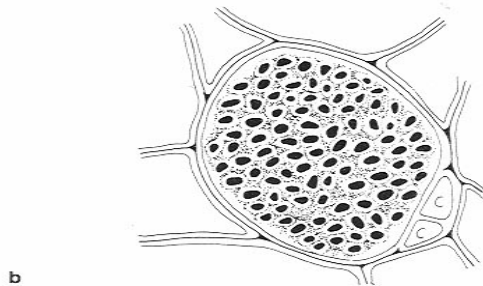
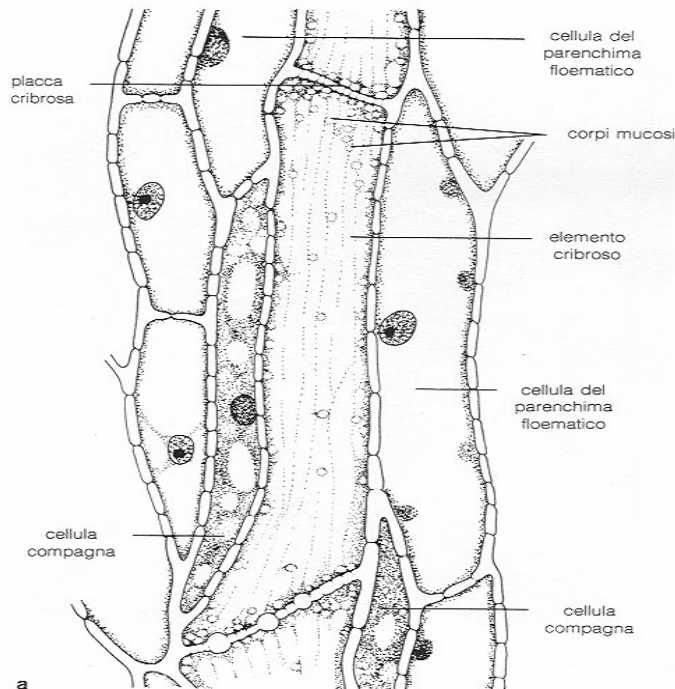
meccanismo di **Trasporto Attivo**

- Esportazione: il saccarosio e gli altri soluti entrati negli elementi del cribro vengono traslocati lontano dalla sorgente (Source) fino al Sink ( pozzo)  
trasporto a lunga distanza

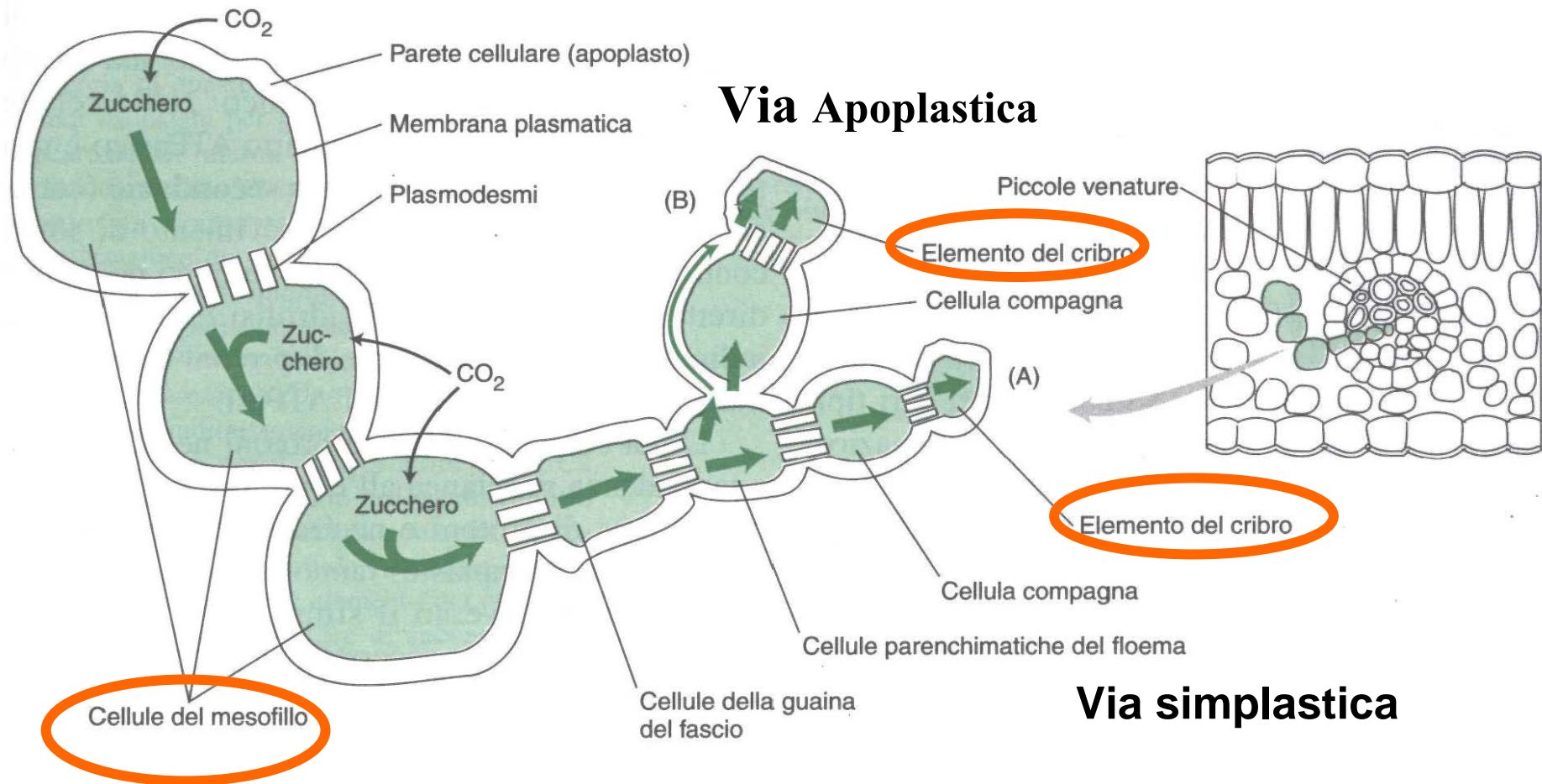
Il trasporto nel floema è attivo.

Caricamento del floema:

Cellule del mesofillo → Cellule compagne → Vasi floematici



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



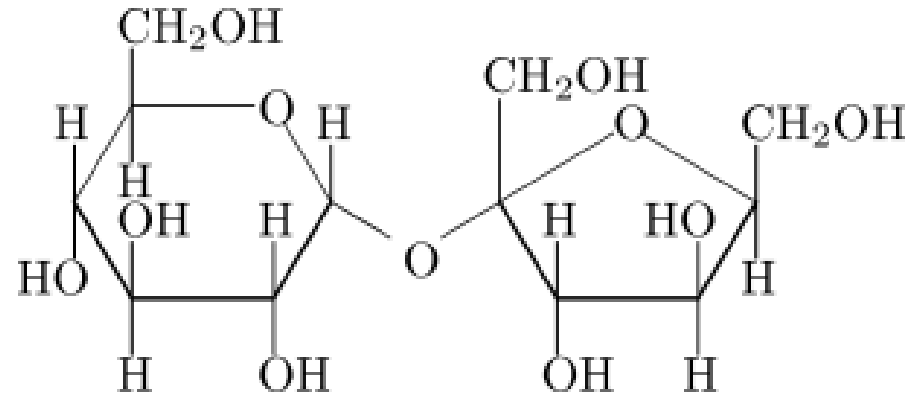
i fotosintati per entrare nei vasi cribrosi seguono meccanismi differenti a seconda dei composti:

- Gli acidi organici non richiedono un sistema attivo di caricamento, ma diffondono passivamente attraverso la membrana;
- Il saccarosio richiede un trasporto attivo

## ***SACCARIOSIO***

È UN DISACCARIDE:

1 GLU+ 1 FRU



è una molecola neutra

si trova nel complesso costituito dagli elementi del cribro e dalle cellule compagne a una concentrazione maggiore rispetto alle cellule circostanti

Viene trasportato contro il suo gradiente di concentrazione



Esistenza di un trasporto attivo

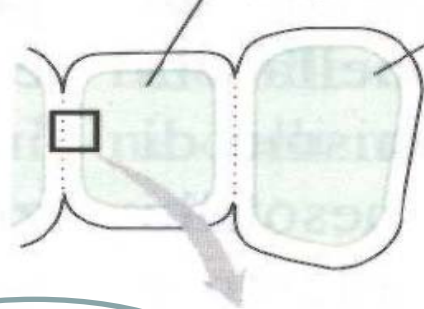
L'idrolisi dell' ATP fornisce energia per una **pompa protonica**

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

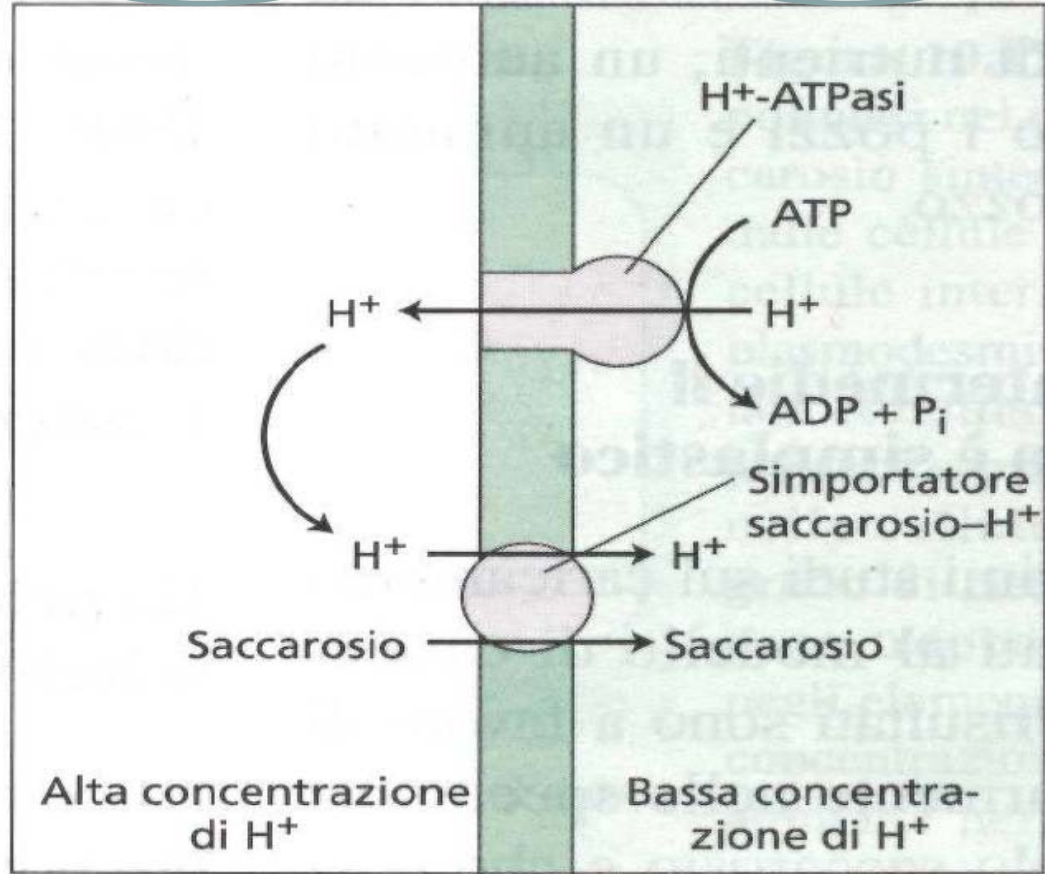


i Protoni H<sup>+</sup> rientrano  
come **cotrasporto saccarosio/ H<sup>+</sup>**

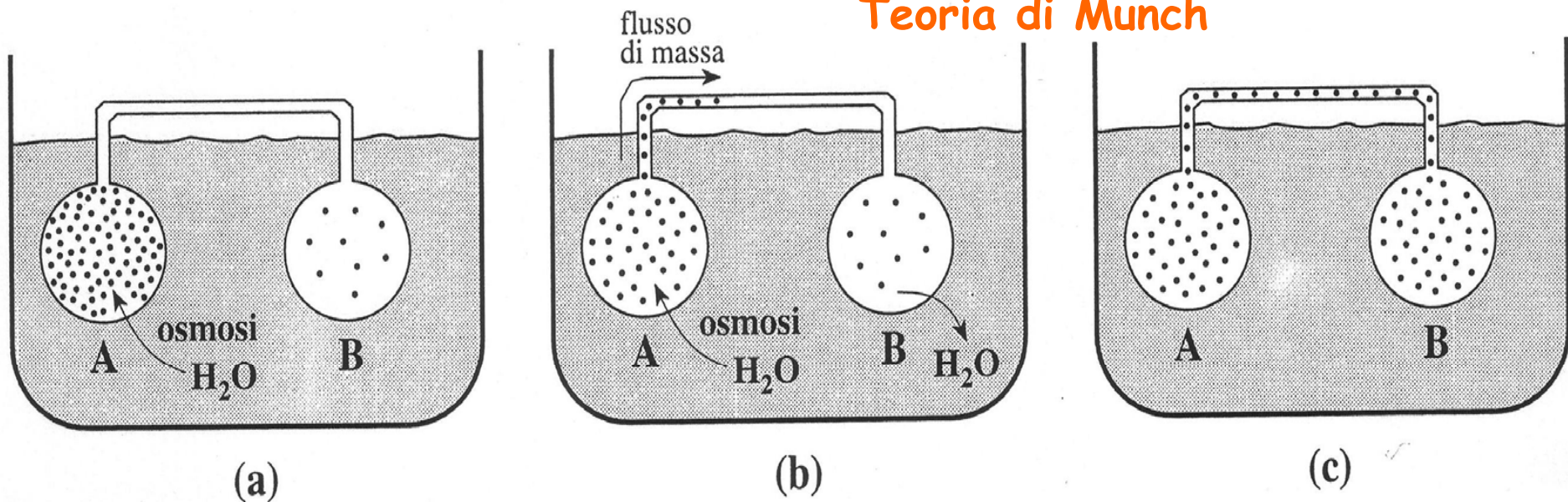
(A) Cellula compagna      Elemento del cribro (



Parete cellulare (apoplasto)      Membrana plasmatica      Citoplasma (simplasto)



## Teoria di Munch



2 osmometri collegati fra loro da un tubo.

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.

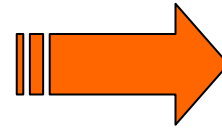
→ diminuzione della pressione nel sistema  
richiamo di altra acqua nel I° osmometro

risultato :

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

I tubi cribrosi non possono espandersi analogamente agli osmometri

*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**

### 1. Osmometro Source:

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

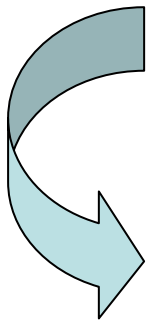
### 2. Osmometro Sink :

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



Secondo Munch nella pianta :

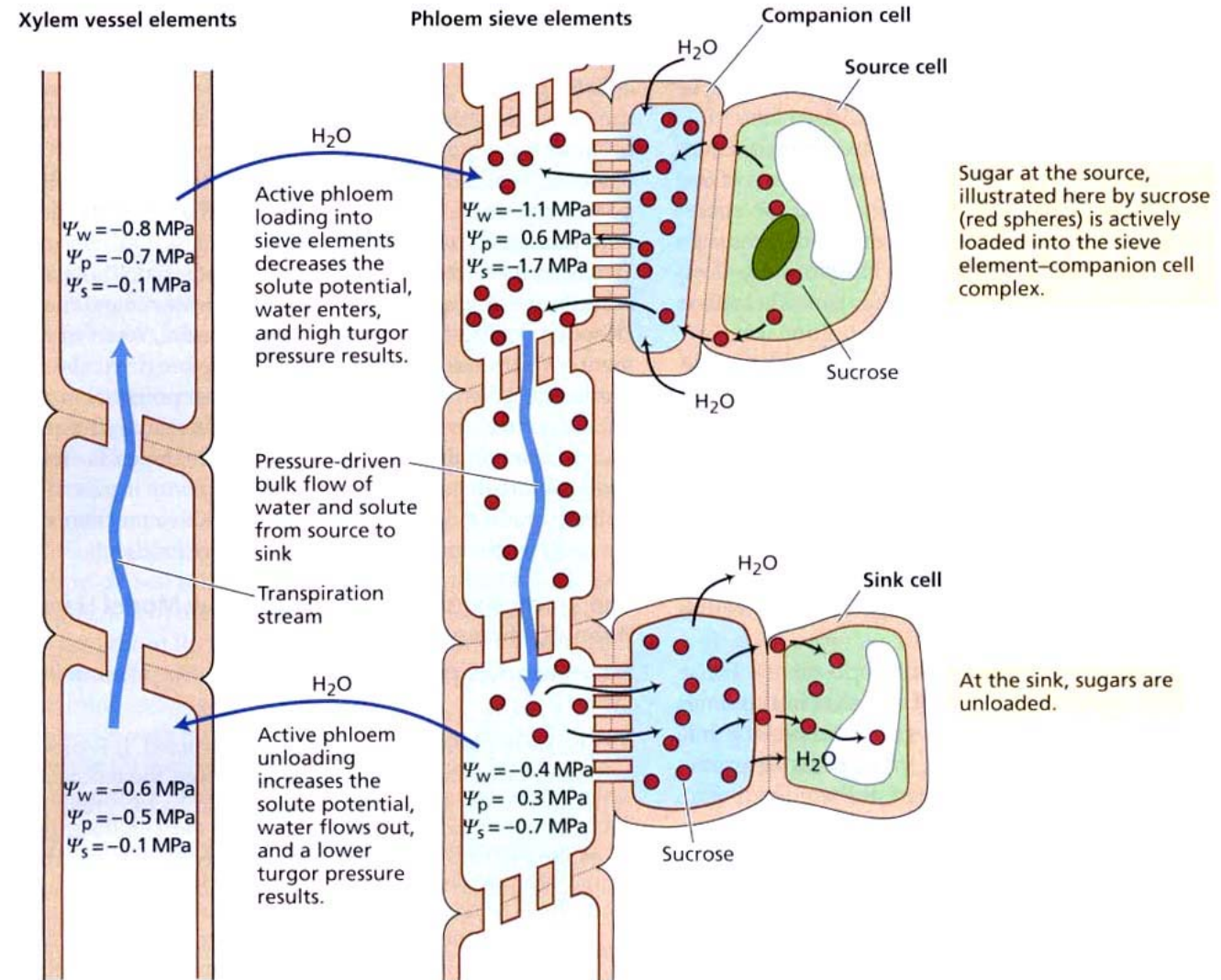
- **Gli elementi del cribro (floema)** vicino alle cellule fotosintetizzanti costituiscono il **I° osmometro**, in essi la concentrazione dei prodotti della fotosintesi è mantenuta elevata dagli zuccheri prodotti nella fotosintesi dalle cellule adiacenti del mesofillo.
- **All'estremità opposta** del 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



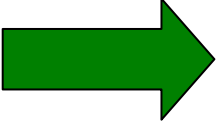
***Il flusso nei tubi cribrosi è di tipo passivo**  
secondo gradiente di pressione determinato  
dall'ingresso di acqua per osmosi nei tubi cribrosi  
all'estremità source del sistema e dalla  
fuoriuscita all'estremità sink*

# 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