

# Movimento dell'acqua e degli assimilati

TRASPIRAZIONE: perdita di vapore acque da parte delle piante, strettamente connessa all'assorbimento di CO<sub>2</sub> per la fotosintesi



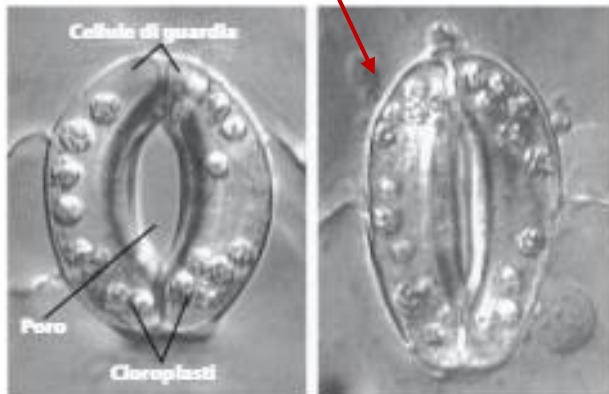
- Una piccola frazione si perde dalla cuticola che rende le foglie impermeabili
- Una piccola frazione si perde dalle lenticelle del sughero

Una grande frazione si perde dagli STOMI

APERTURA: accumulo di soluti e abbassamento del potenziale idrico nelle cellule di guardia richiama acqua e la pressione di turgore aumenta

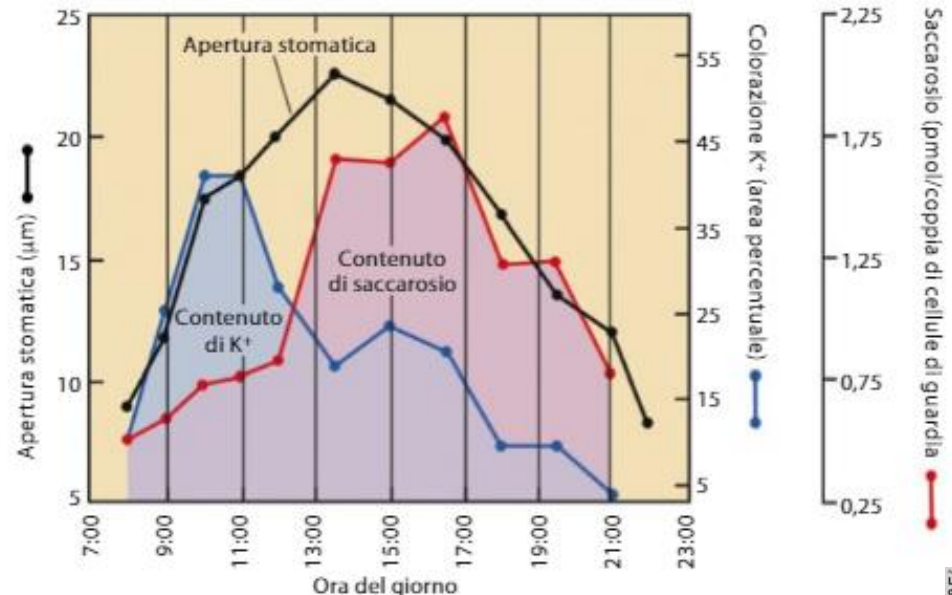
CHIUSURA: processo inverso

Impedisce la perdita di vapore acqueo e l'ingresso di CO<sub>2</sub> (unica sorgente è la respirazione)



(a) cambiamenti di forma delle cellule di guardia

### Principali soluti osmotici



## Fattori che influenzano la traspirazione

*Eccesso di CO<sub>2</sub>*: causa la chiusura degli stomi

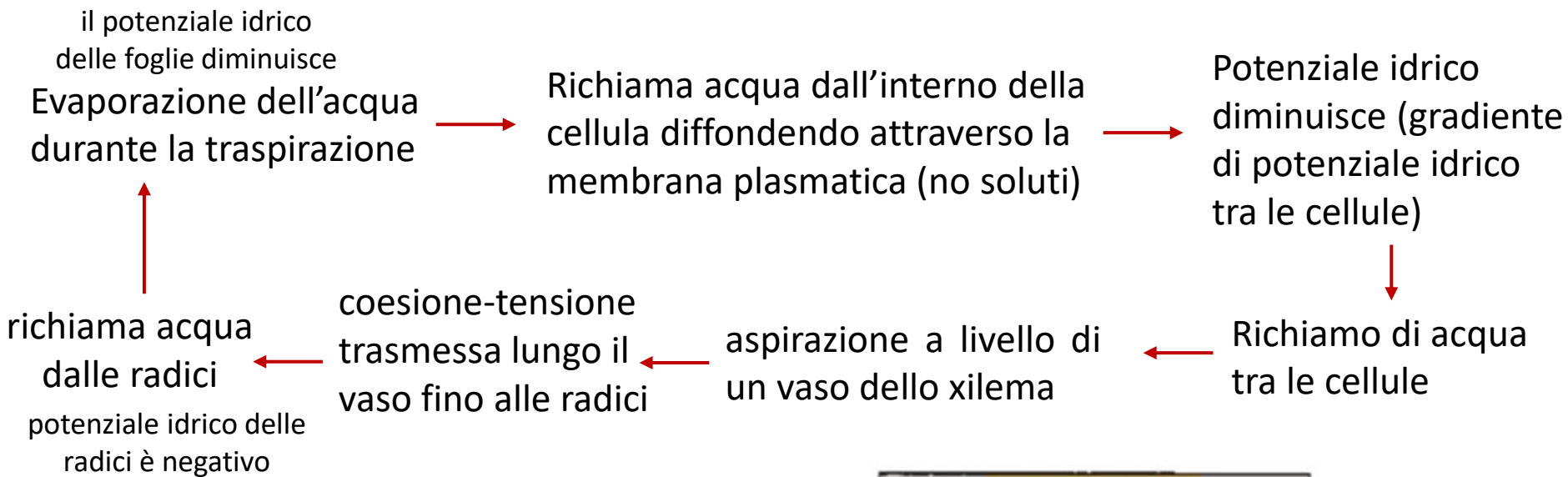
*Temperatura*: la velocità di evaporazione dell'acqua raddoppia ad ogni aumento di 10 °C. Gli stomi si chiudono a 30 – 35 °C (aumenta la CO<sub>2</sub> prodotta dalla respirazione)

*Umidità*: la velocità di traspirazione è proporzionale alla differenza della pressione di vapore tra gli spazi intercellulari (aria) e la superficie della foglia. L'acqua si perde più lentamente se l'aria è carica di vapore acqueo

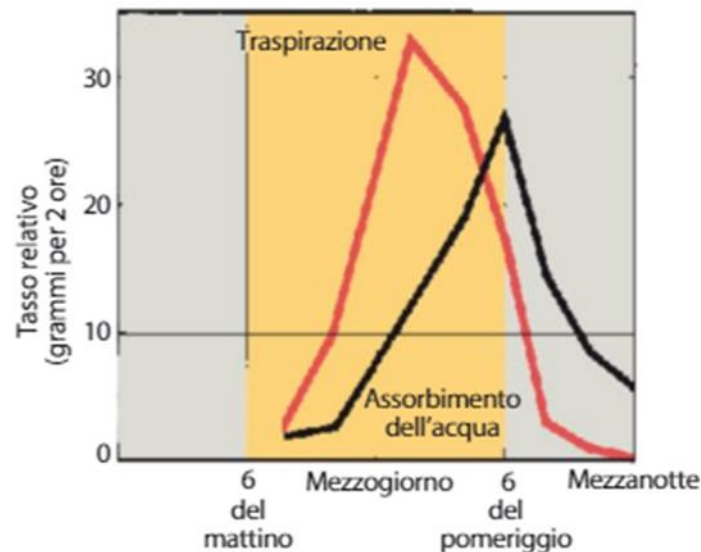
*Correnti d'aria*: una brezza fresca asporta il vapore acqueo dalla foglia e accelera l'evaporazione

## Assorbimento e trasporto dell'acqua

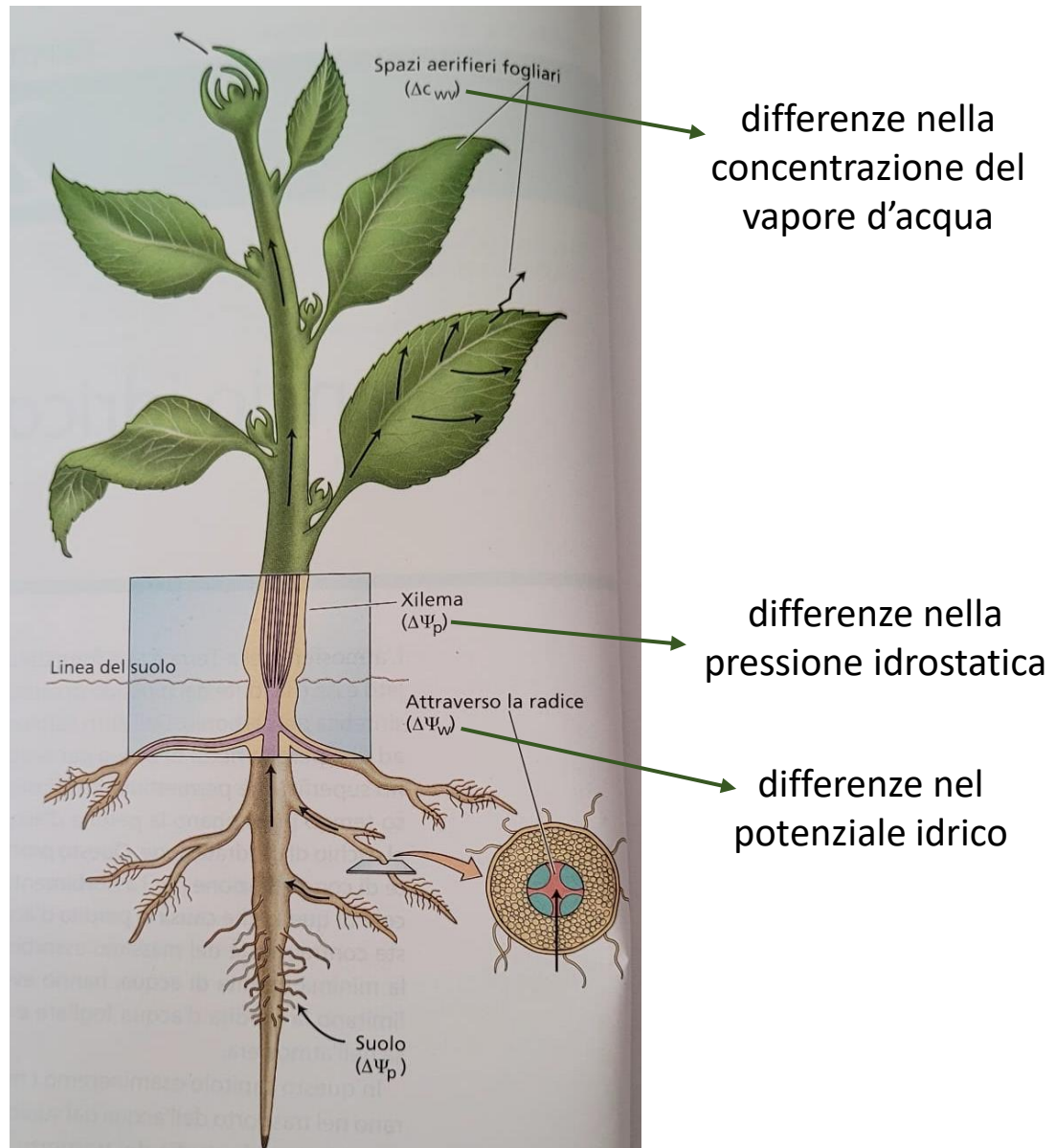
L'acqua si muove lungo lo XILEMA ed è "tirata" in alto lungo il corpo della pianta dall'alto



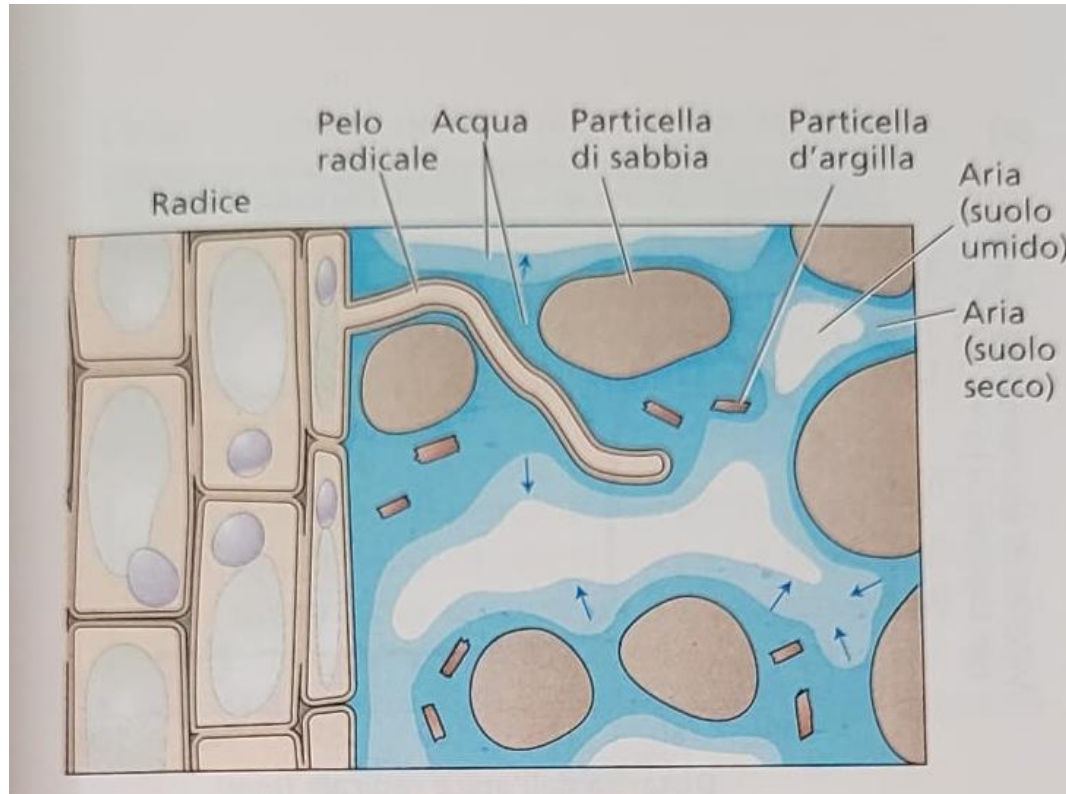
Il gradiente di potenziale idrico dalle foglie alla soluzione del suolo che bagna le radici fornisce la forza trainante per il movimento dell'acqua



# Principali forze motrici per il flusso d'acqua dal suolo all'atmosfera



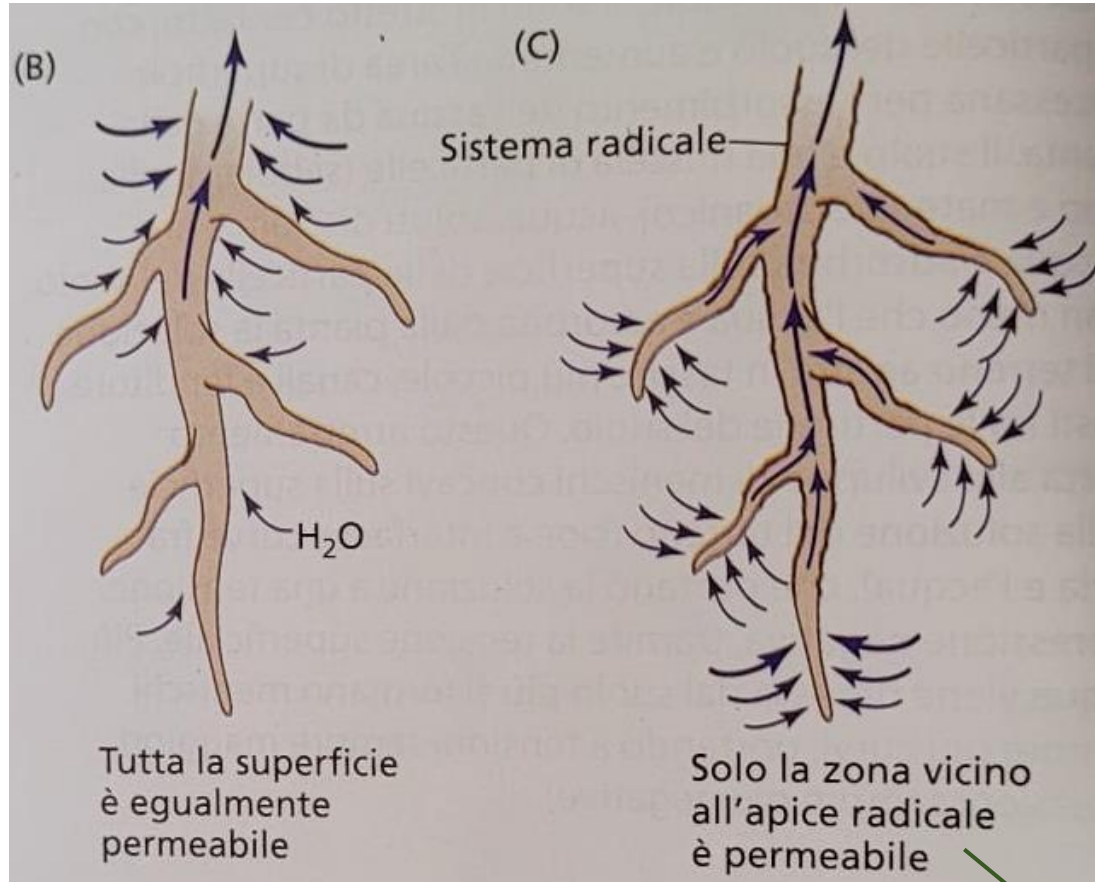
I peli radicali sono in stretto contatto con le particelle del suolo e aumentano l'area di superficie necessaria per l'assorbimento dell'acqua da parte della pianta



Fisiologia Vegetale Applicata – Lionetti & Bellicampi – PICCIN Ed.

Più acqua viene rimossa dal suolo più si formano interfacce curve tra aria e acqua (menischi concavi) che aumentano la tensione superficiale portando la soluzione ad una pressione negativa

## Schema della velocità di assorbimento dell'acqua in diverse zone della radice



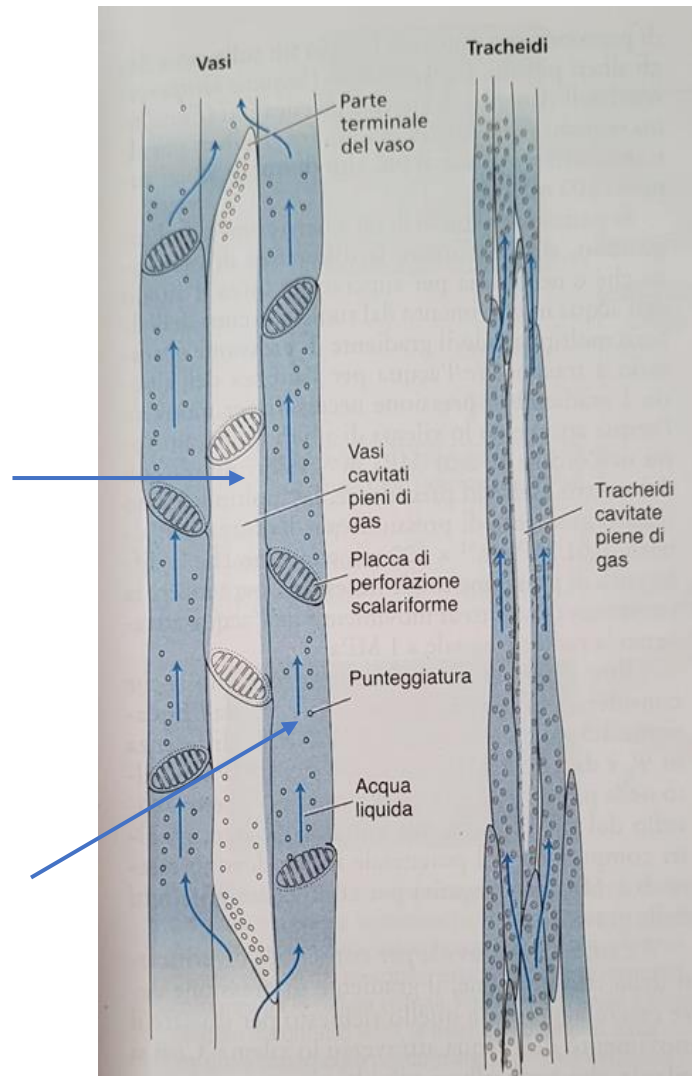
Fisiologia Vegetale Applicata – Lionetti & Bellicampi – PICCIN Ed.

Le zone più vecchie della radice sono impermeabili a causa della deposizione di suberina

Gli elementi dello xilema (vasi e tracheidi) sono vie parallele e interconnesse per il movimento dell'acqua

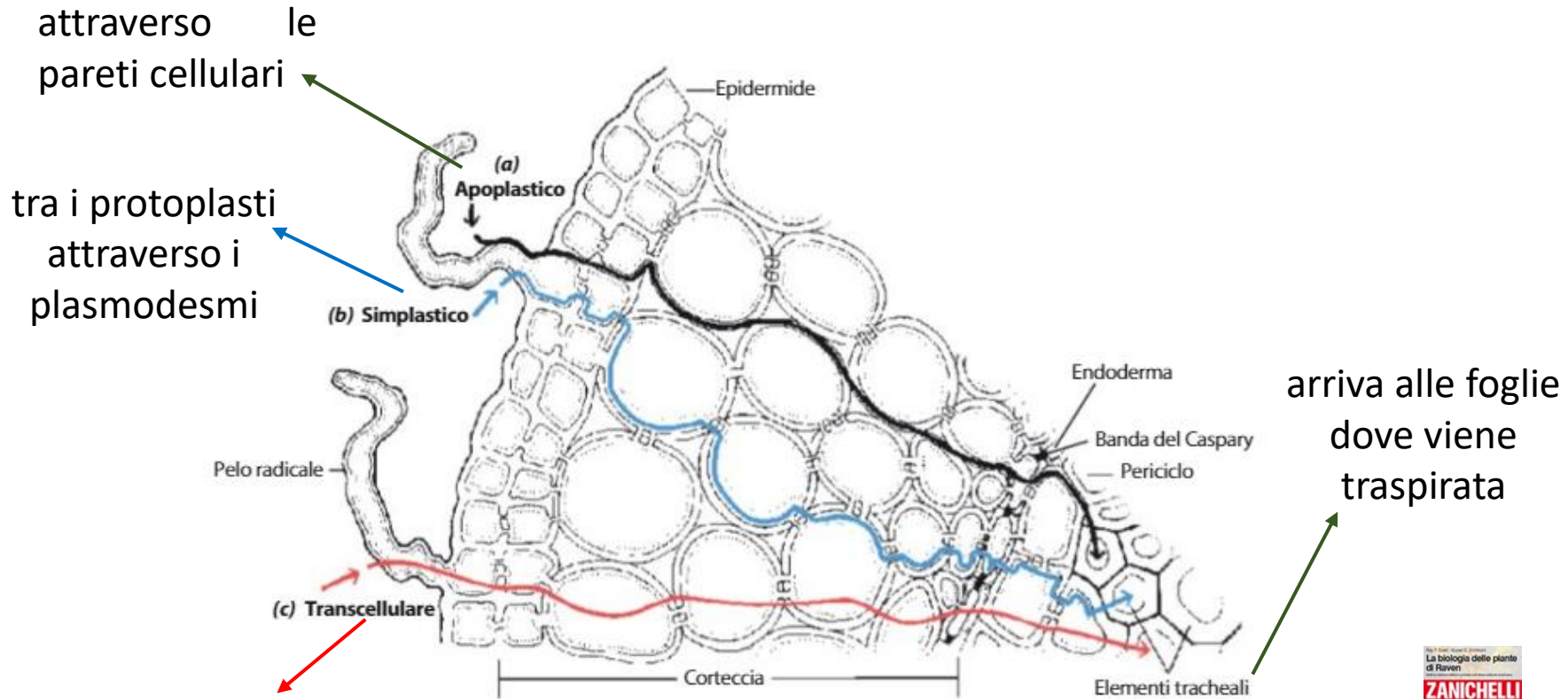
La cavitazione blocca il flusso dell'acqua a causa della formazione di bolle di gas all'interno del vaso (embolia)

I pori delle punteggiature aiutano a prevenire il diffondersi dell'embolia permettendo all'acqua di spostarsi attraverso gli elementi tracheali adiacenti





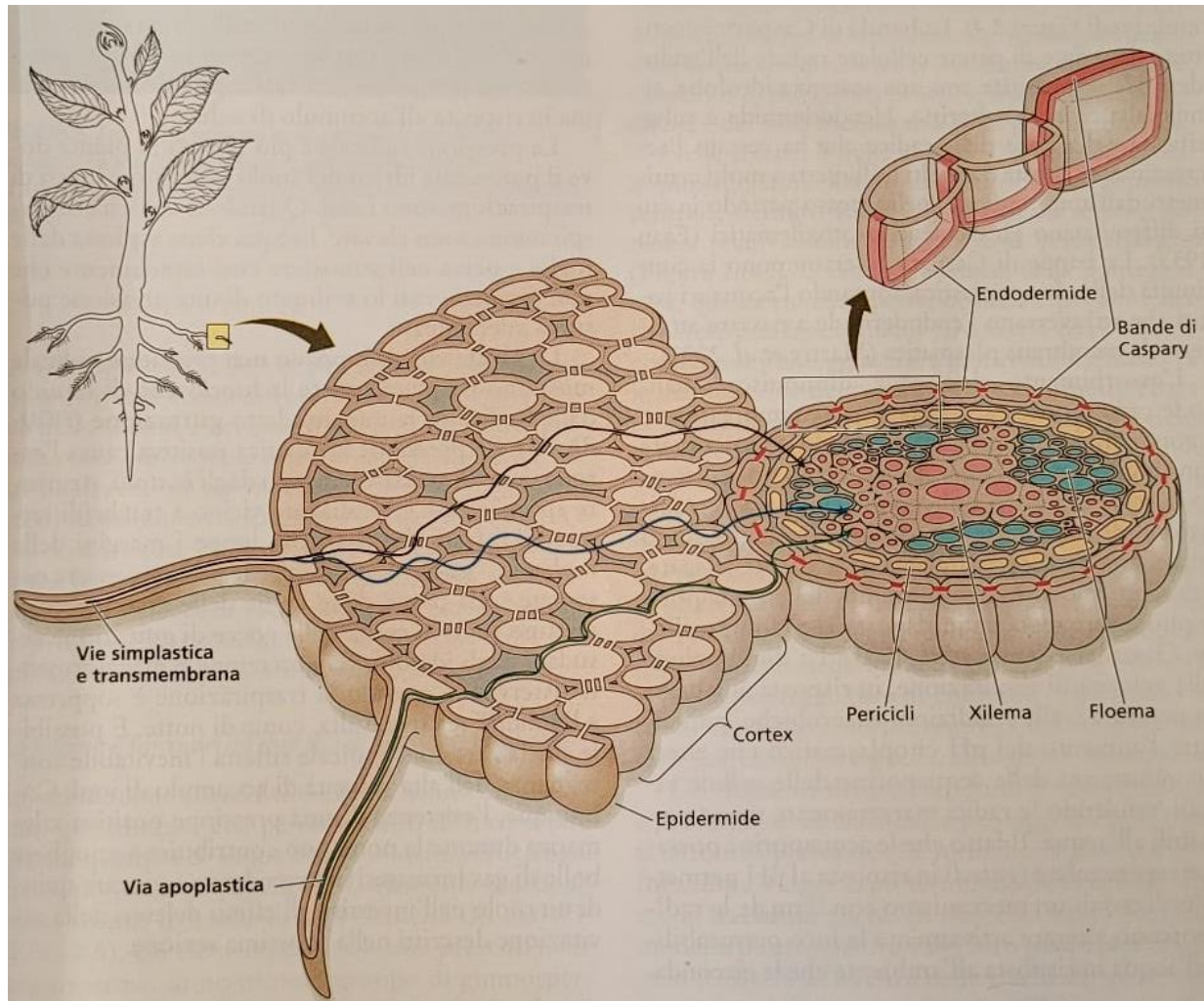
# Assorbimento di acqua dalla radice *avviene attraverso l'epidermide delle radici giovani*



tra le cellule passando da vacuolo a vacuolo (acquaporine)

La differenza di potenziale idrico tra la soluzione del suolo alla superfici della radice e la linfa xilematica è la forza trainante per il movimento dell'acqua attraverso le radici

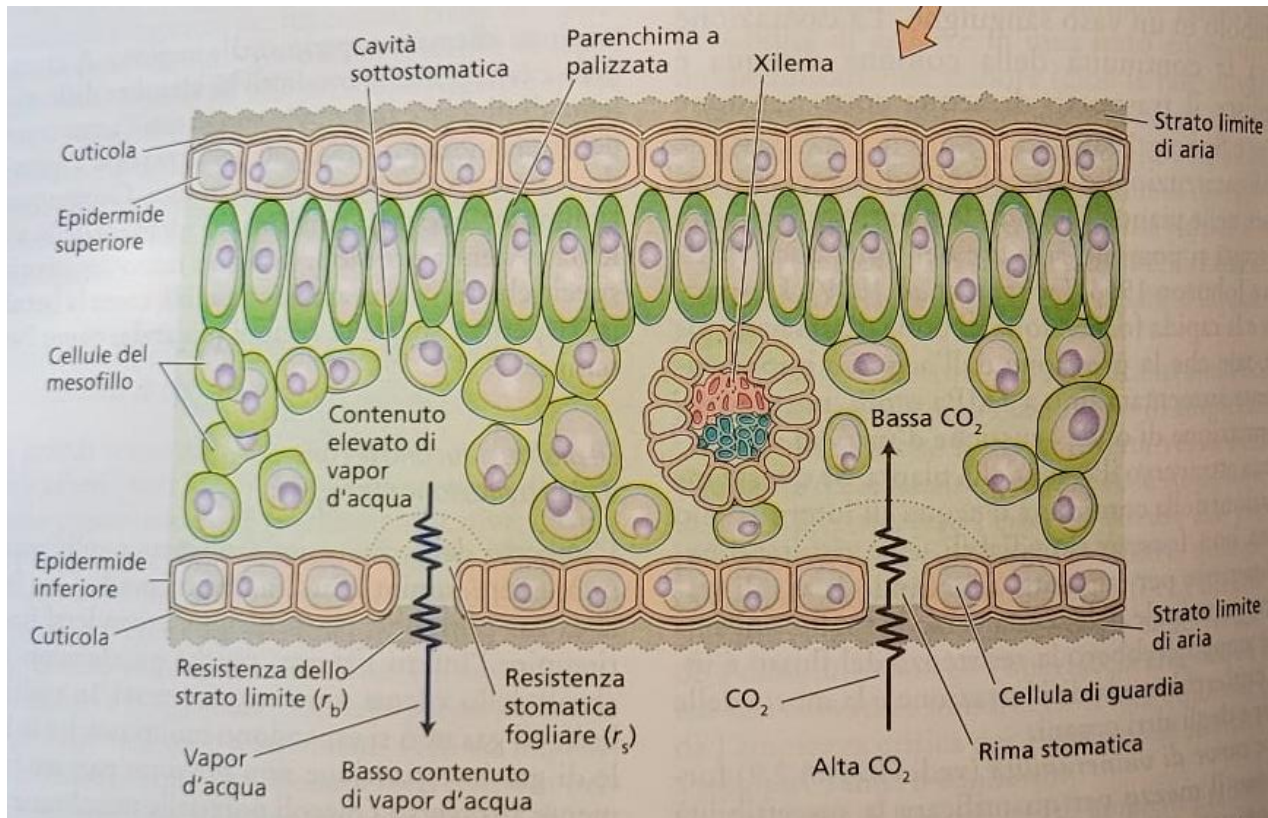
## Vie di assorbimento idrico da parte della radice



Fisiologia Vegetale Applicata – Lionetti & Bellicampi – PICCIN Ed.

La via apoplastica è bloccata dalle bande del Caspary dell'endoderamide

## Cammino dell'acqua attraverso la foglia



Fisiologia Vegetale Applicata – Lionetti & Bellicampi – PICCIN Ed.

L'acqua è trasportata dallo xilema verso le pareti cellulari del mesofillo dove evapora negli spazi aeriferi all'interno della foglia. Il vapor d'acqua per diffusione si sposta tramite la rima stomatica e attraversa lo strato limite dell'aria immobile che aderisce sulla superficie esterna della foglia. La CO<sub>2</sub> diffonde in direzione opposta secondo il suo gradiente di concentrazione (basso all'interno, elevato all'esterno)

Se la traspirazione è bassa (notte) il gradiente è mantenuto dalla secrezione di ioni nello xilema rendendo il potenziale idrico dello xilema più negativo e richiamando acqua nel vaso



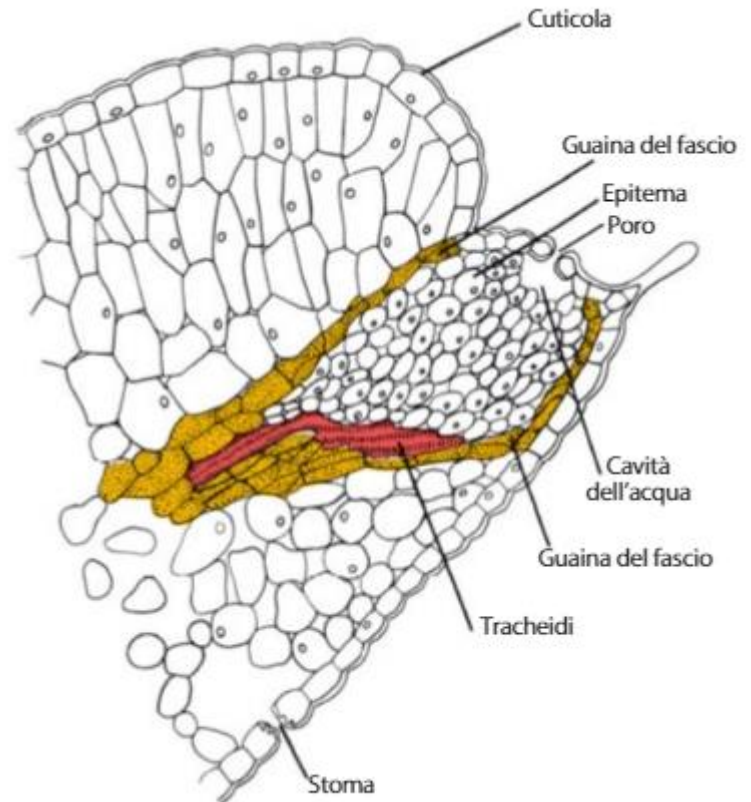
## PRESSIONE RADICALE

spinge acqua e ioni disciolti verso l'alto nello xilema

*Guttazione*: fuoriuscita di goccioline di acqua, per la pressione radicale, dalla foglia attraverso le aperture degli IDATODI presenti alle estremità e ai margini delle foglie. Non hanno la capacità di chiusura/apertura

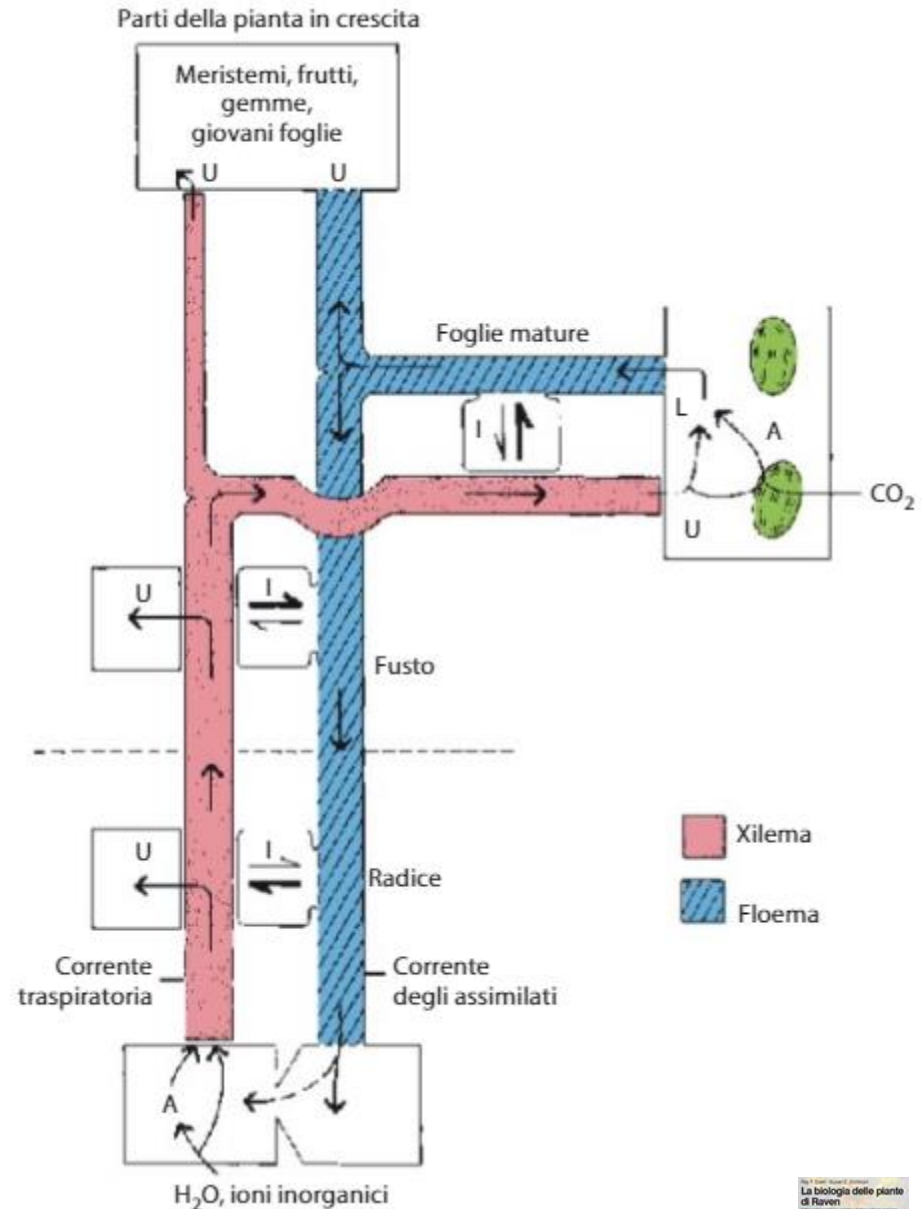


Fisiologia Vegetale Applicata – Lionetti & Bellicampi – PICCIN Ed.

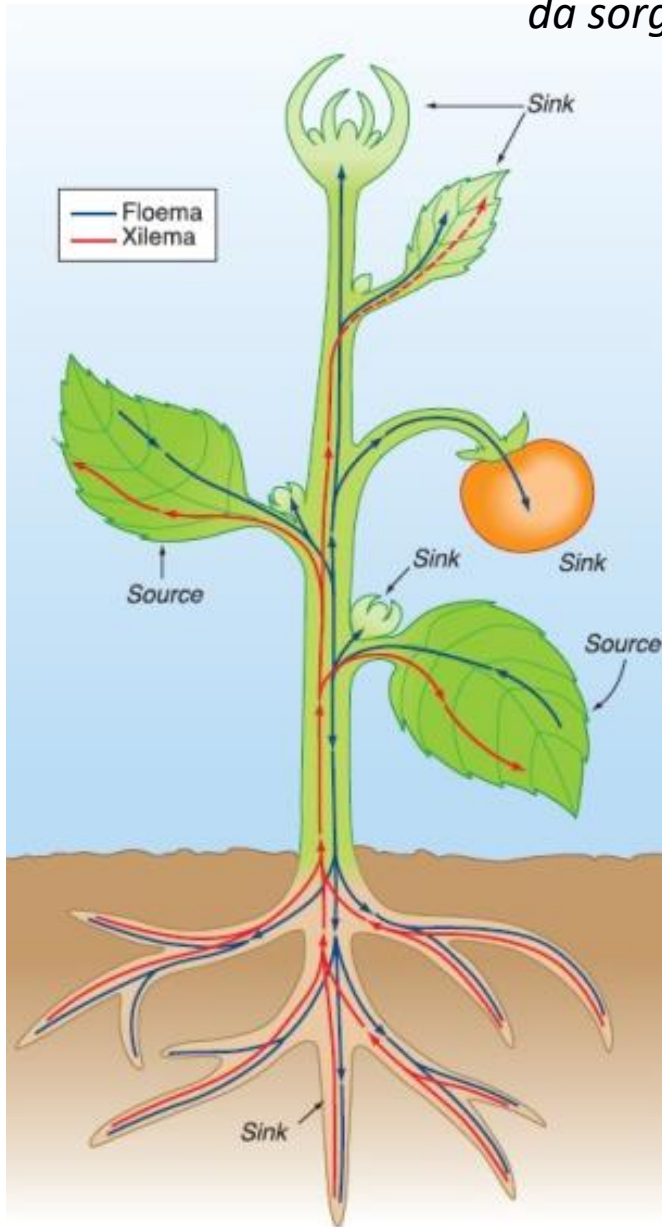


## Assorbimento di ioni inorganici attraverso la radice

- Avviene attraverso l'epidermide delle radici giovani, principalmente segue la via simplastica e richiede energia
- Facilitato dalla presenza di funghi micorizzici associati alla radice
- I minerali vengono assorbiti mediante "Trasporto attivo" e trasportati lungo il vaso nella corrente traspiratoria
- Alcuni ioni escono lateralmente dal vaso e raggiungono i tessuti della radice e del fusto, altri arrivano alla foglia
- Nella foglia si muovono insieme all'acqua nell'apoplasto fogliare e vengono trasferiti al floema ed esportati insieme al saccarosio nella corrente degli assimilati



## Movimento degli assimilati da sorgente a ricevente (*source to sink*)



Il collegamento *source to sink* è garantito dal floema: rifornisce il ricevente degli zuccheri sintetizzati nella sorgente (TRASLOCAZIONE)

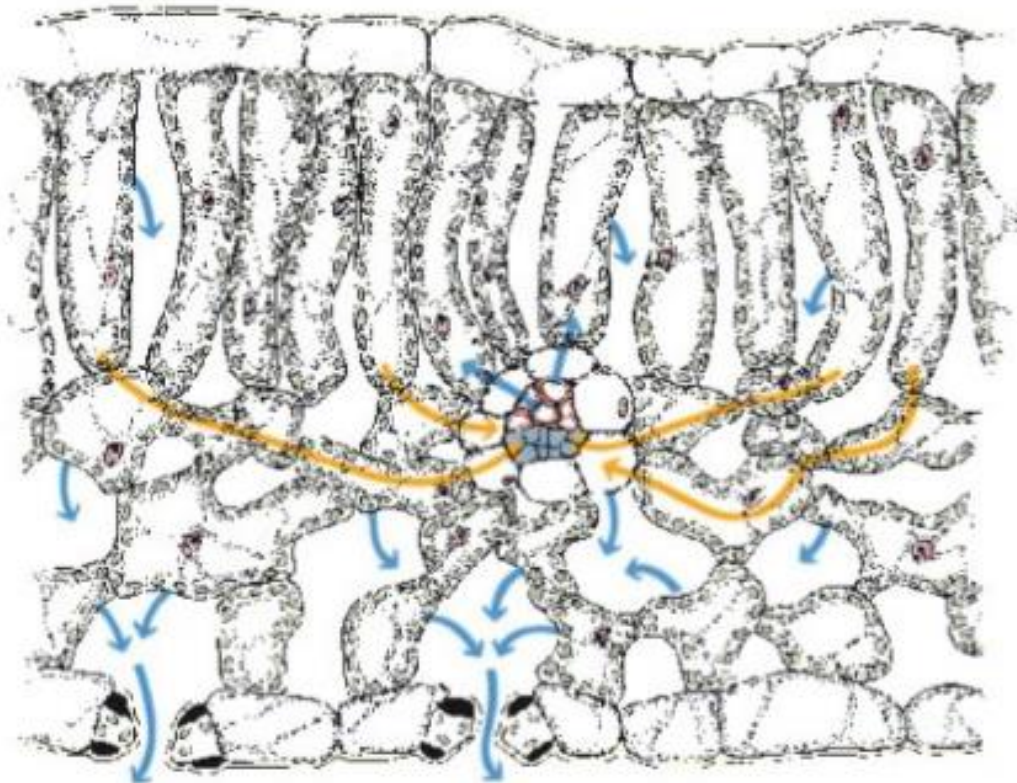


*Corrente degli assimilati del floema*: procede sia verso il basso (da foglie mature a radici) sia verso l'alto (da foglie mature all'apice vegetativo)

Il flusso xilematico procede parallelamente al flusso floematico ma sempre verso l'alto (dalle radici all'apice della pianta)

*Via simplastica* dal mesofillo alla guaina del fascio fino alle cellule intermedie dove sintetizza raffinosa e stachiosa che diffondono nei tubi creando una differenza di concentrazione (*trappola di polimeri*)

*Via apoplastica* richiede energia ed è guidato da una H<sup>+</sup>-ATPasi associata alla membrana plasmatica (*simporto saccarosio-protoni*)



*Frecce blu:* diffusione dell'acqua per evaporazione  
*Frecce gialle:* molecole di zucchero passano dal mesofillo al floema per entrare nella corrente degli assimilati

## Flusso di massa sotto pressione generato per osmosi

Gli assimilati vengono trasportati dalle sorgenti (source) ai pozzi (sink) secondo un gradiente di pressione di turgore che si sviluppa osmoticamente

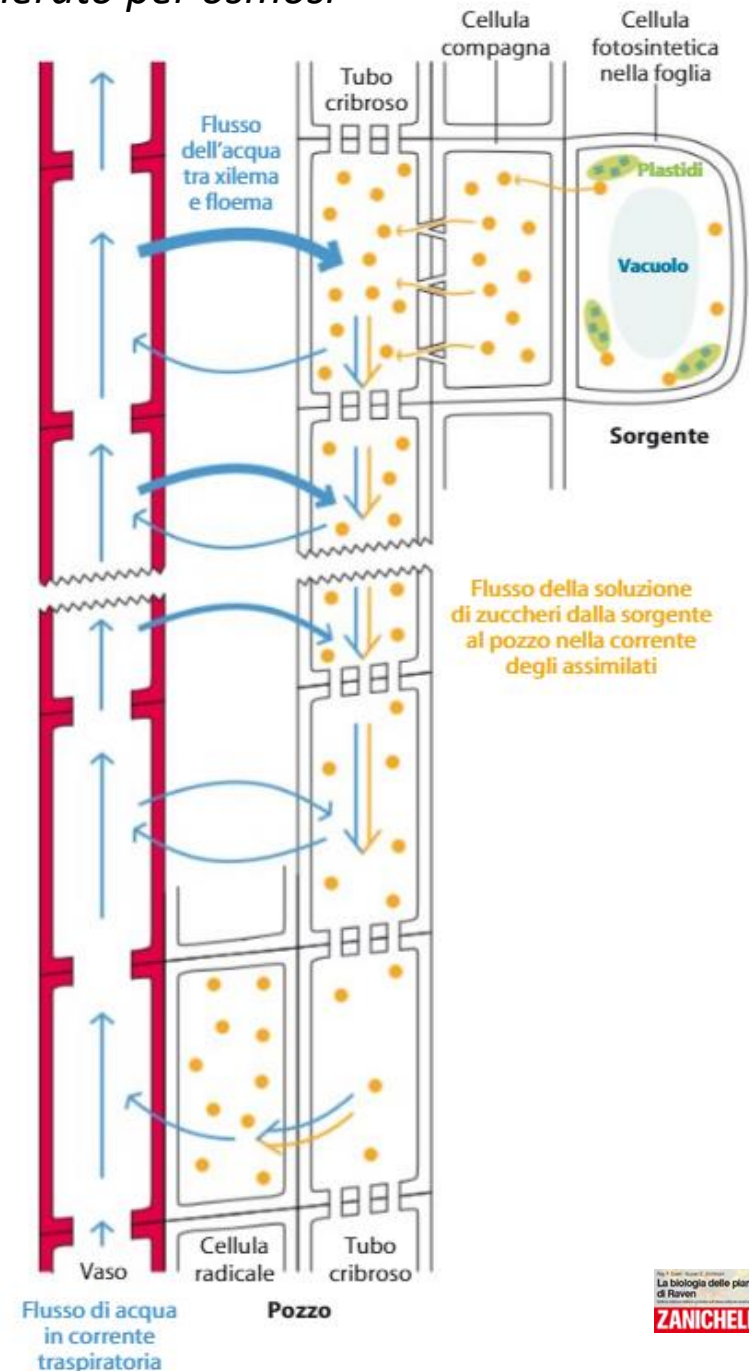
Il saccarosio nel floema (*riempimento del floema*) diminuisce il potenziale idrico dei tubi cribrosi e l'acqua dallo xilema entra nel floema per osmosi



Il saccarosio trasportato passivamente dall'acqua viene "scaricato" negli organi *sink* (tessuti in crescita o radice con funzione di riserva); *trasporto post-floematico*

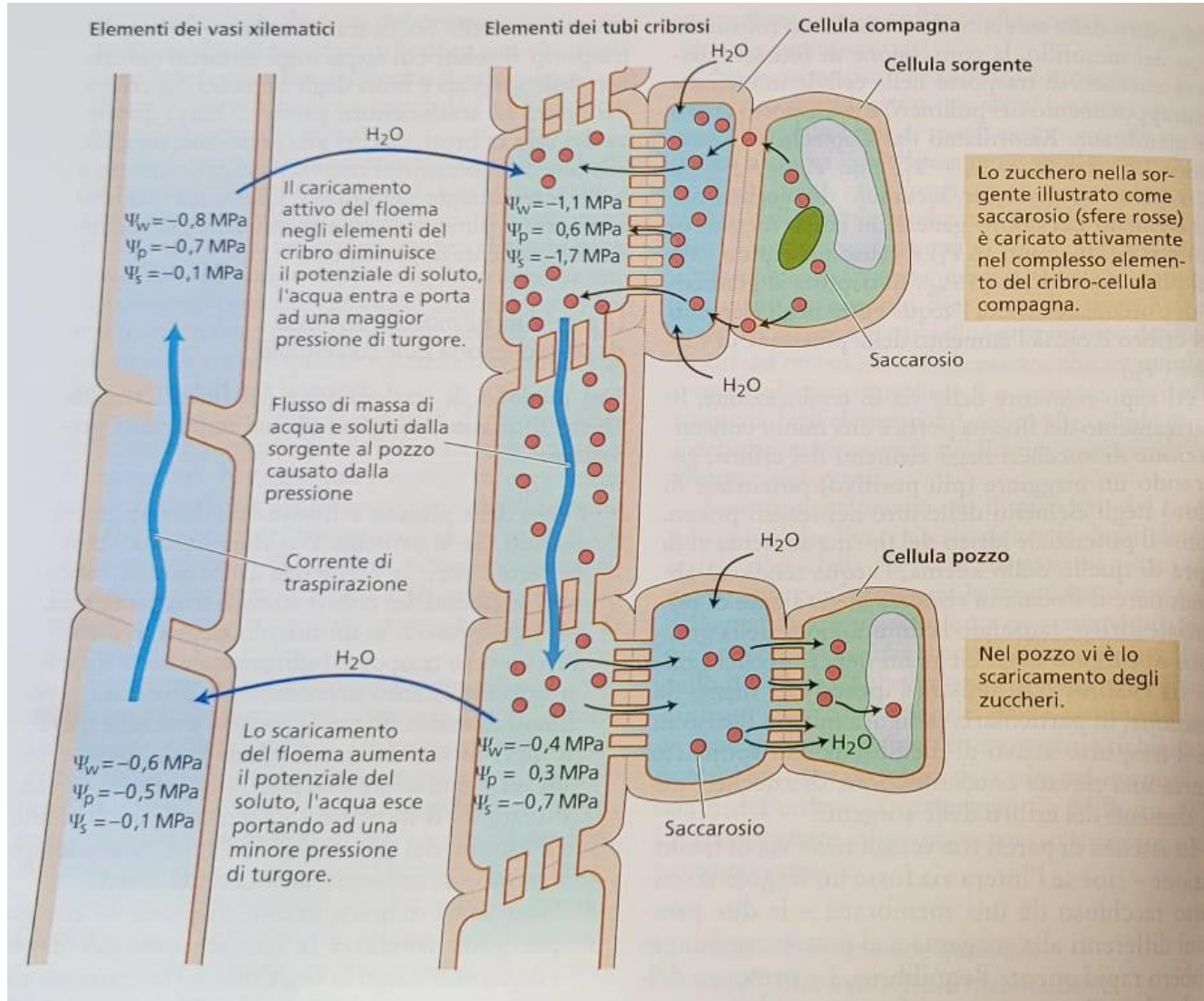


Il potenziale idrico del *sink* aumenta, l'acqua fuoriesce dal tubo ed entra nello xilema per essere rimessa in circolo dalle correnti traspiratorie

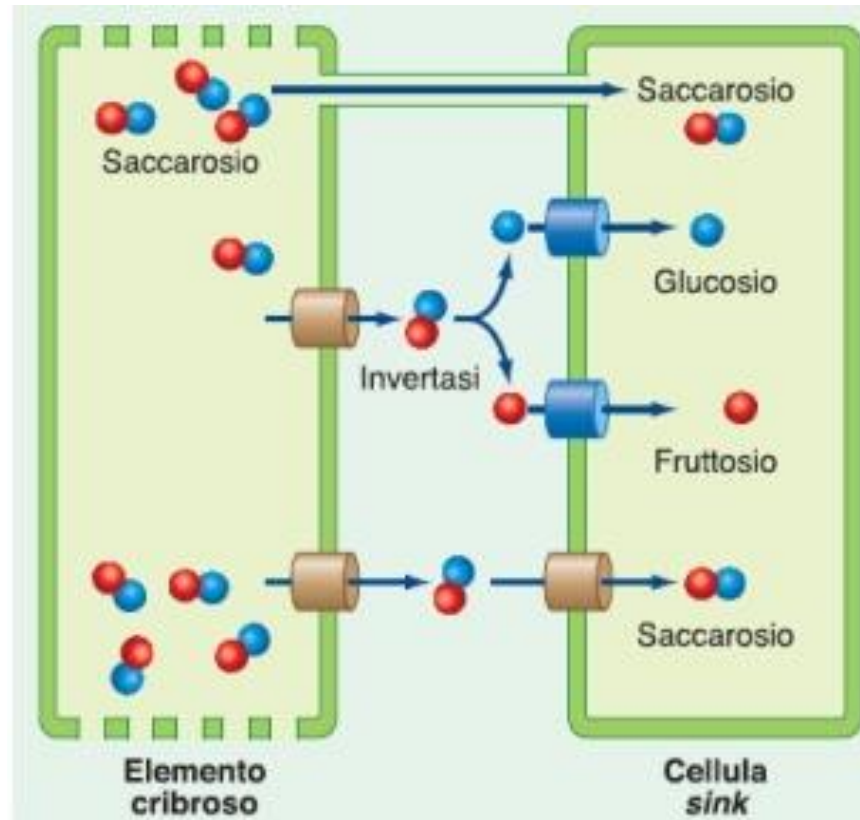




# Modello del flusso da pressione per la traslocazione del floema



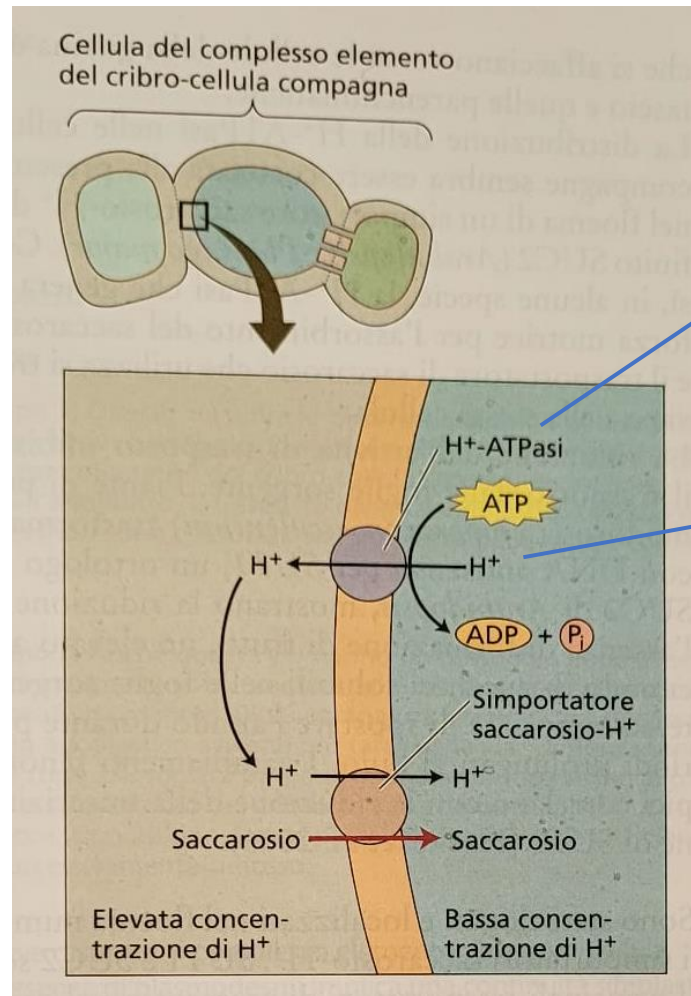
## Mobilizzazione del saccarosio



Il trasporto simplastico del saccarosio avviene attraverso i plasmodesmi

Il trasporto apoplastico attraverso l'azione o meno delle invertasi

## Trasporto del saccarosio dipendente dall'ATP



L'ATPasi pompa protoni fuori dalla cellula e dentro l'apoplasto

Idrolisi dell'ATP

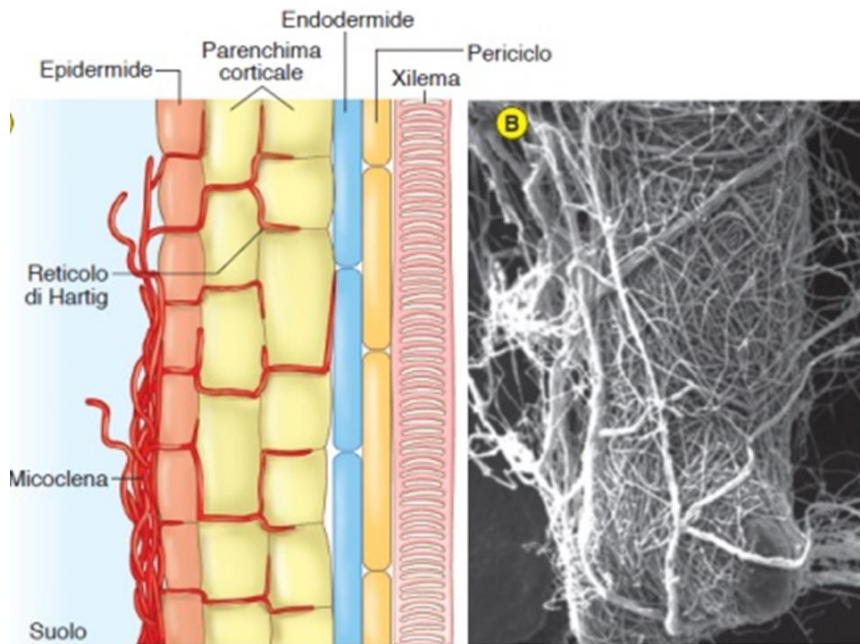
Fisiologia Vegetale Applicata – Lionetti & Bellicampi – PICCIN Ed.

L'energia del gradiente protonico viene utilizzata per trasportare il saccarosio all'interno del simplasto del complesso elemento del cribro-cellula compagna attraverso un simportatore saccarosio-H<sup>+</sup>

## Funghi micorrizici

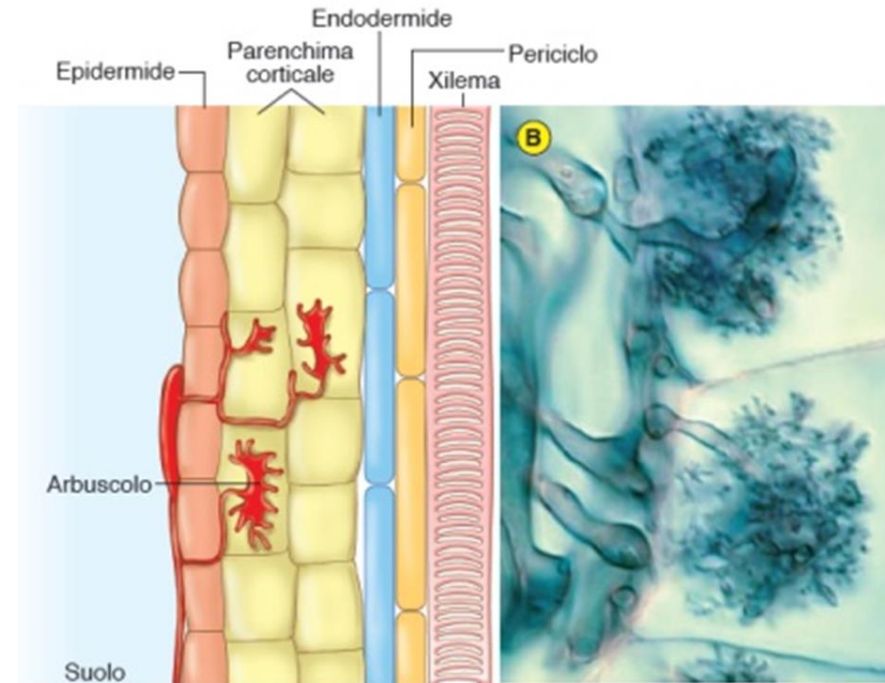
Le micorrize sono associazioni simbiotiche tra funghi del terreno e radici non lignificate che espandendosi conferiscono resistenza alla siccità e alle malattie e facilitano l'assorbimento di sostanze nutritive del terreno. Le radici forniscono ai funghi simbiotici zuccheri, proteine e vitamine

### Ectomicorriza



Le ife che si insinuano nell'apoplasto delle cellule corticali della radice (reticolo di Hartig)

### Endomicorriza

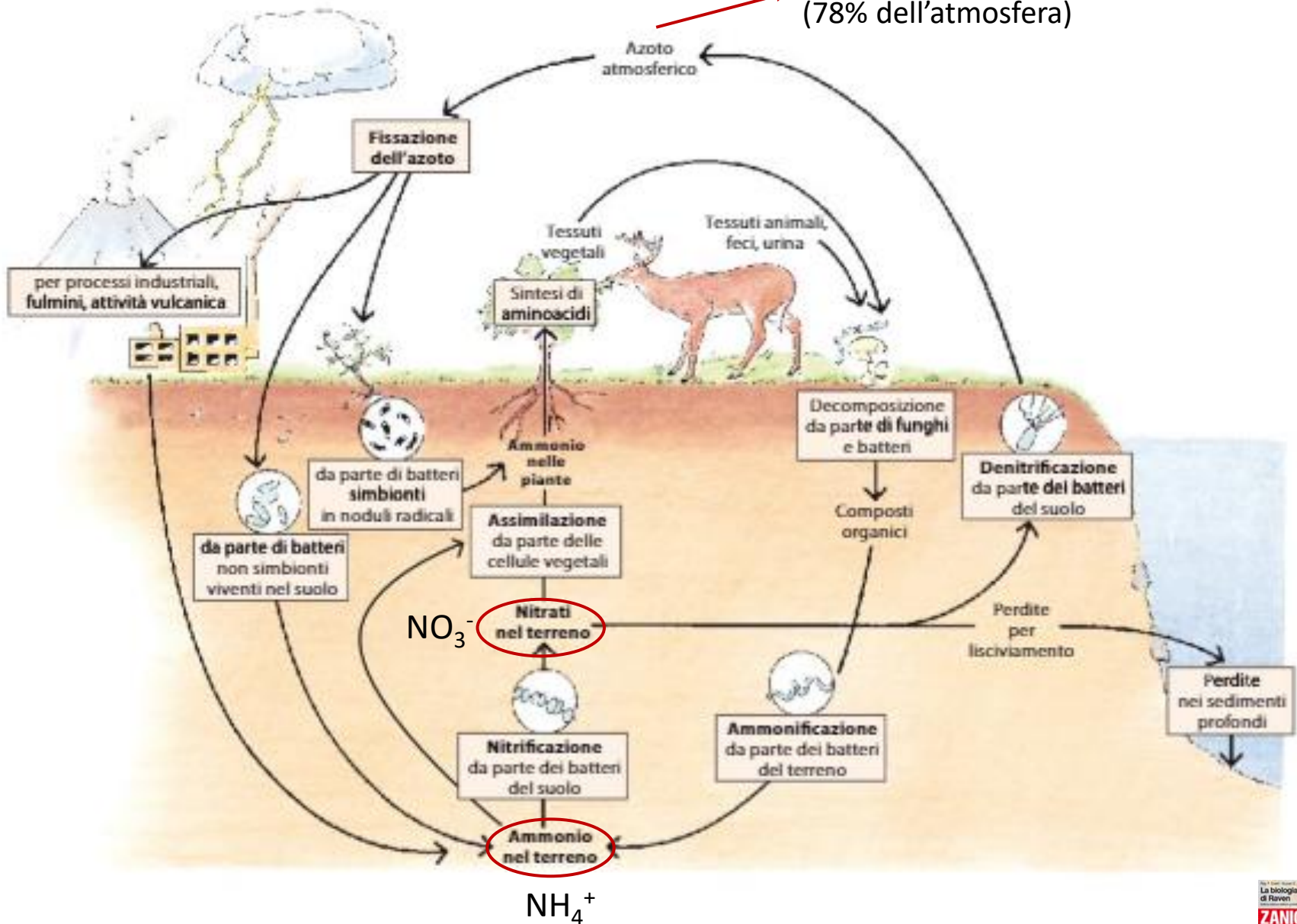


Le ife affondano nelle cellule corticali della radice e formano strutture arbuscolari

# Il ciclo dell'AZOTO

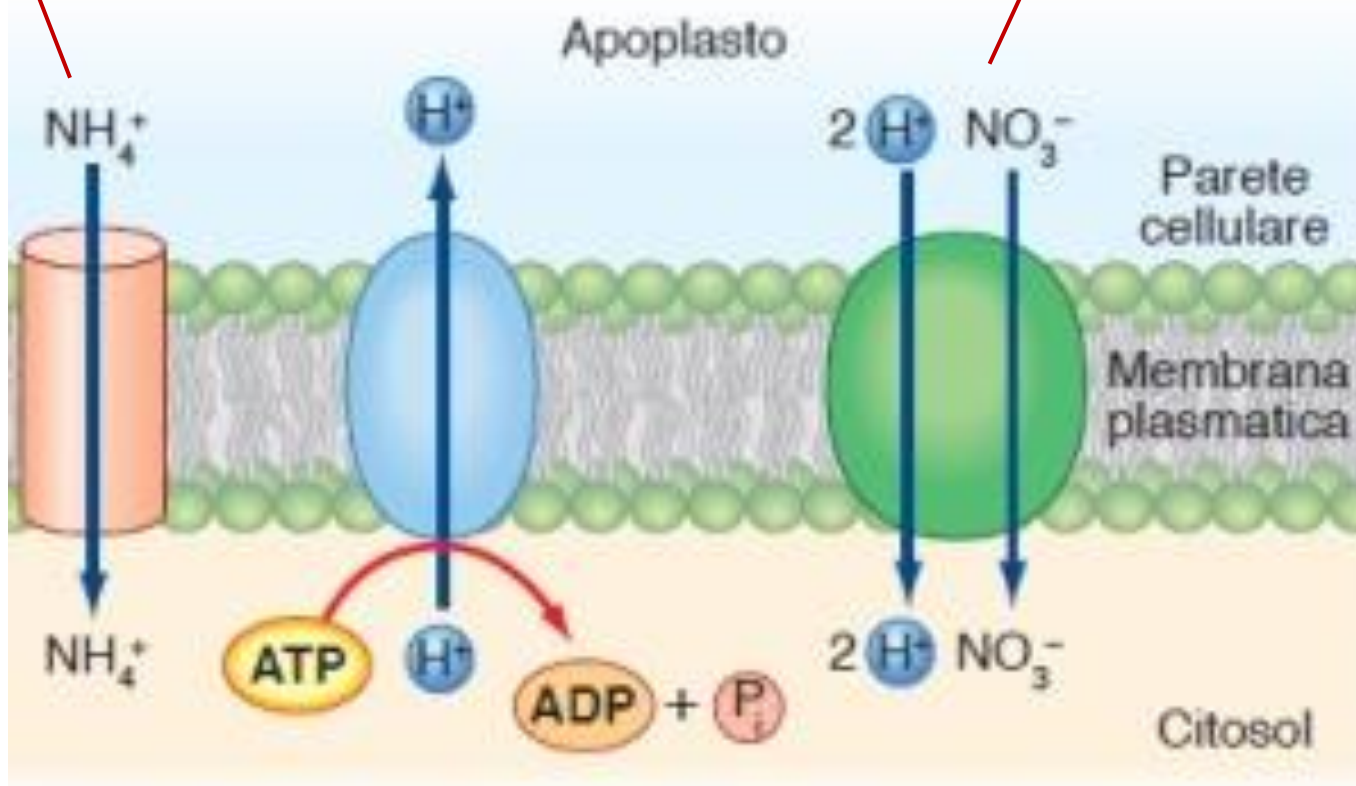
*ammonificazione, nitrificazione, assimilazione*

N<sub>2</sub> non assimilabile  
(78% dell'atmosfera)



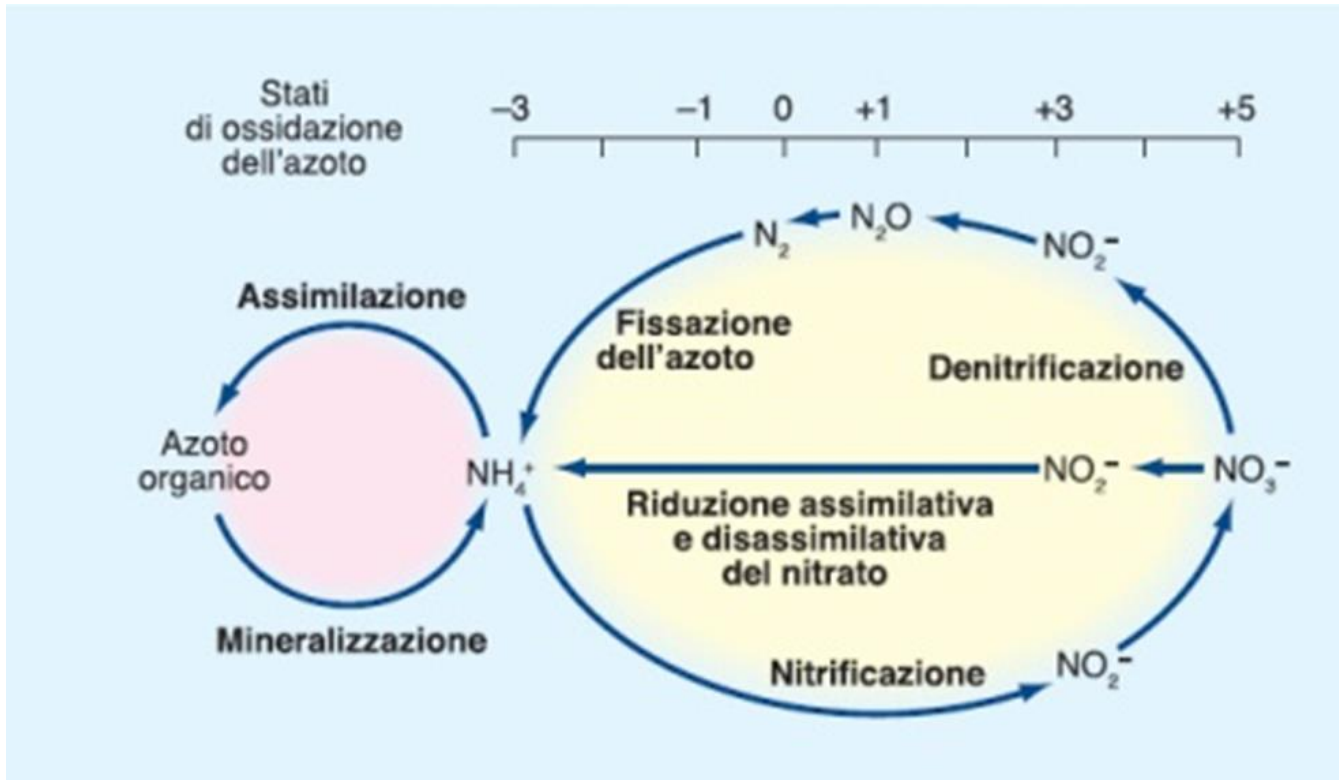
Assorbimento passivo  
dell'ammonio  
attraverso un canale

Assorbimento attivo del nitrato via  
carrier in simporto con protoni



Idrolisi dell'ATP

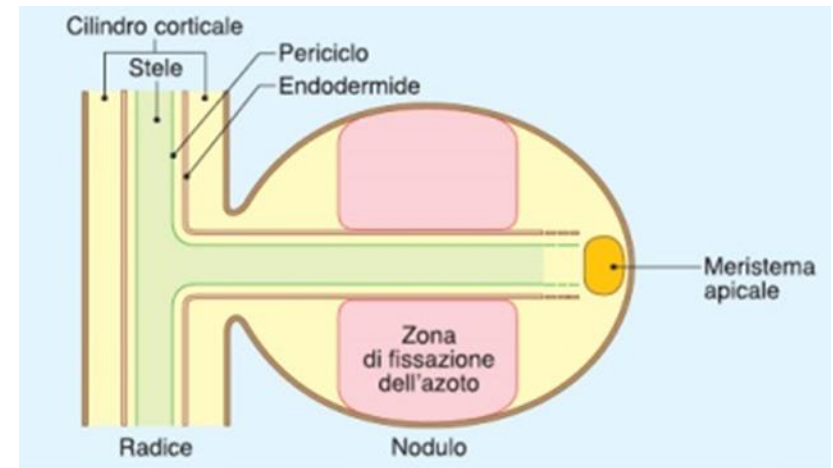
## Schema semplificato del ciclo dell'azoto



Passaggio dell'azoto attraverso i diversi stati di ossidazione

## Batteri azotofissatori

Associazione simbiotica tra radici (leguminose) e batteri (Rhizobium e Bradyrhizobium), che fissano l'azoto atmosferico e lo cedono alla pianta in cambio di carbonio in forma organica



Radice di leguminosa con noduli prodotti dalla simbiosi con un rizobio

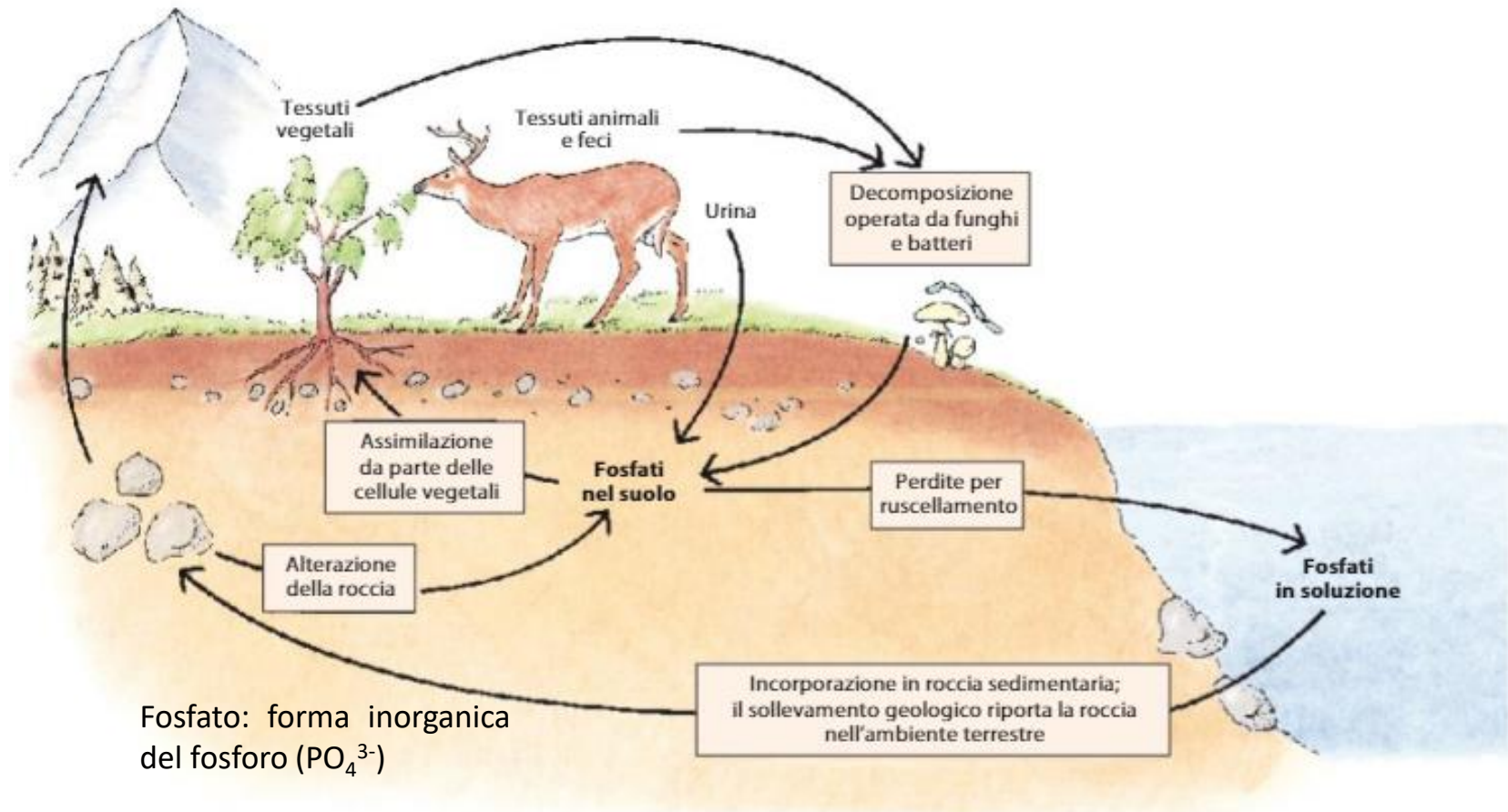


## Esempi di batteri azoto-fissatori che stabiliscono relazioni simbiotiche con le piante

Phylum	Specie simbiotica	Ospite eucariotico	Localizzazione nell'ospite
Cyanobacteria	<i>Nostoc</i> spp. <i>Anabaena</i> sp. <i>Trichodesmium</i> sp. <i>Synechococcus</i> sp. <i>Cyanothece</i> sp. <i>Cyanothece</i> sp.	Briofite (Equiseti) Pteridofite ( <i>Azolla</i> ) Gimnosperme ( <i>Cycas</i> ) Angiosperme ( <i>Gunnera</i> ) Funghi (Cianolicheni) Diatomee ( <i>Rhopalodia gibba</i> )	Extracellulare (nel gametofito) Extracellulare (all'interno della foglia) Extracellulare (nelle radici coralloidi) Intracellulare (in cellule ghiandolari del fusto) Extracellulare (nei cefalodi o nel tallo) Intracellulare
Actinobacteria	<i>Frankia</i> sp.	Piante attinorriziche	Noduli radicali
Proteobacteria	<i>Bradyrhizobium</i> sp. <i>Rhizobium</i> sp. <i>Sinorhizobium</i> sp. <i>Azorhizobium</i> <i>Azospirillum</i> sp.	Leguminose Leguminose Leguminose Leguminose Graminacee	Intracellulare (nei noduli radicali) Intracellulare (nei noduli radicali) Intracellulare (nei noduli radicali) Intracellulare (nei noduli radicali) Extracellulare

# Ciclo del fosforo

La riserva di fosforo è contenuta nella crosta terrestre



Le piante adottano strategie per assimilare il fosforo: produzione di molte radici laterali, di peli radicali, radici raggruppate, micorrize (arbuscolari)