

Movimenti nelle piante

6a. Lezione El. Botanica Gen. e Sist. Prof. Di Pietro 2009/2010

Le piante si muovono secondo processi lenti e predeterminati geneticamente (**movimenti di crescita**), oppure secondo processi più rapidi (**movimenti da stimolo**) relazionati alla fuga da condizioni ambientali sfavorevoli o a raggiungere condizioni ambientali più favorevoli. Una volta ricevuto lo stimolo, la pianta risponderà nel modo più adatto seguendo meccanismi che fanno capo a due tipologie principali:

- TROPISMI

- NASTIE o MOVIMENTI NASTICI

Tropismi: Si tratta di movimenti di crescita irreversibili di un organo della pianta o dell'intera pianta rispondenti ad uno stimolo unilaterale, ossia uno stimolo che agisce con maggiore intensità su un lato dell'organismo rispetto all'altro. Se la risposta della pianta avviene nella direzione da cui proviene lo stimolo si parla di tropismo positivo se la risposta avviene nella direzione opposta a quella da cui proviene lo stimolo si parla di tropismo negativo.

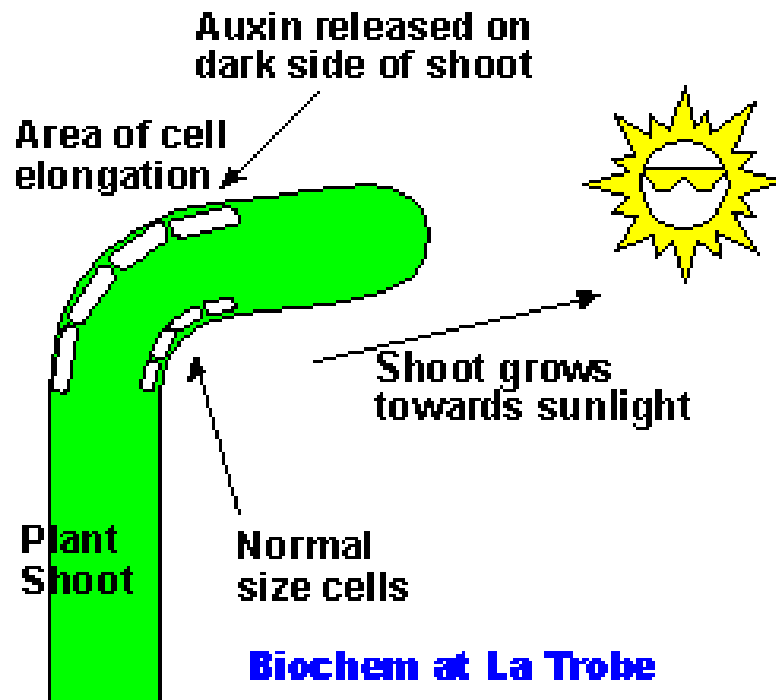
Principali tipi di tropismo:

FOTOTROPISMO (curvatura di una pianta in direzione di una sorgente luminosa) = tropismo positivo

GEOTROPISMO (movimento di crescita in risposta alla forza di gravità) = tropismo negativo

Tropismi: Fototropismo

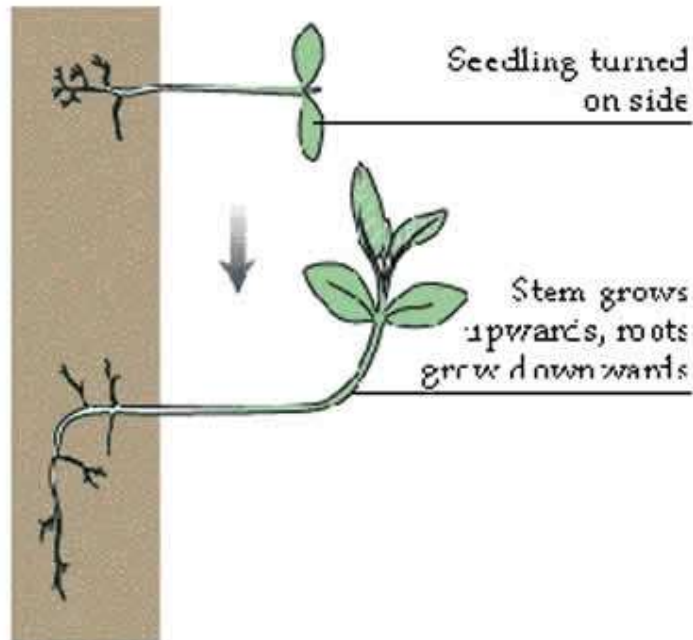
Se il germoglio viene colpito in maniera unilaterale dalla radiazione luminosa nel giro di poche ore si curverà nella direzione di provenienza di tale radiazione. Il meccanismo per cui avviene tale curvatura asimmetrica è dovuta al fatto che nelle cellule del germoglio esiste un pigmento particolarmente sensibile alla radiazione luminosa blu che si comporta conseguentemente da fotorecettore. Colpito dalla luce tale fotorecettore subisce una modifica della sua struttura chimica che a sua volta manda un segnale all'apice del germoglio. tale segnale darà il via ad uno spostamento del fitormone “**auxina**” che è un ormone vegetale prodotto dal meristema apicale. L'auxina migrerà dall'apice del germoglio verso il lato del germoglio non colpito dalla luce. Considerando che l'auxina ha come principale effetto quello di incrementare il grado di allungamento per distensione delle cellule, la sua distribuzione asimmetrica provocherà un maggiore allungamento delle cellule rimaste “al buio” rispetto a quelle colpite dalla luce. Per tale motivo il lato illuminato si distenderà di meno rispetto a quello rimasto al buio, per cui avremo una crescita asimmetrica ed il germoglio invece di crescere dritto risulterà piegato verso la luce.

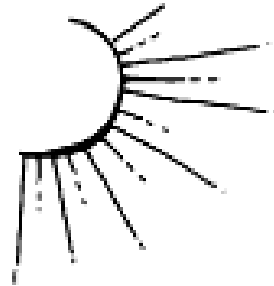


Here is a classic diagram of a shoot bending towards the light. Note how auxin released only on the dark side of the shoot is able to cause cell elongation on that side. It is the uneven cell growth which causes the shoot to bend - towards the light in this case to optimise the exposure to the light for photosynthesis.

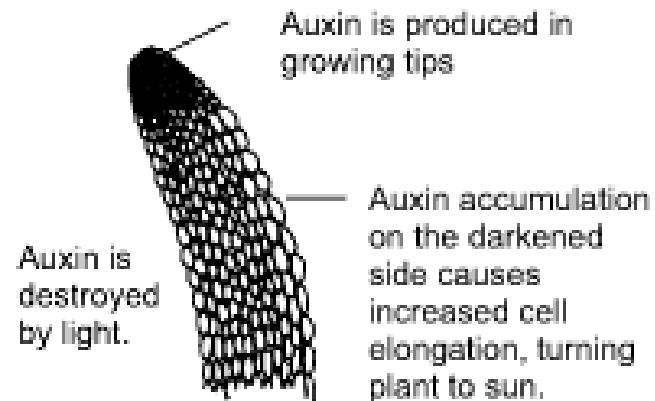
Tropismi: Geotropismo o Gravitropismo

In risposta alla forza di gravità il germoglio di una pianta fuoriuscito dal seme crescerà verticalmente verso l'alto mentre la radice crescerà verticalmente verso il basso qualunque sia l'orientamento di partenza del seme nel terreno. Il recettore geotropico è costituito dai cosiddetti **amiloplasti**, ossia dei plastidi che convertono il glucosio in amido e che con il loro movimento e orientamento nella pianta possono funzionare da **statoliti (sensori di gravità)**. Nel germoglio i sensori della gravità sono situati nella zona apicale in forma di manicotto intorno ai fasci vascolari mentre nella radice tali sensori si trovano nelle cellule centrali della cuffia radicale. Normalmente le radici primarie sono geotropiche positive in misura maggiore rispetto a quelle secondarie e terziarie le quali infatti tendono a crescere più o meno orizzontalmente. Nelle cellule della cuffia radicale di una radice che cresce verticalmente verso il basso gli amiloplasti sono generalmente concentrati lungo le pareti trasversali orizzontali; quando la radice è posta su di un lato gli amiloplasti si trovano improvvisamente sulle pareti longitudinali delle cellule (ossia quelle che prima erano trasversali); essendo sensibili allo stimolo gravitativo gli amiloplasti si spostano lentamente di nuovo verso le pareti che hanno assunto, a seguito dello spostamento artificiale, la posizione trasversale orizzontale. tale spostamento determina un gradiente nella distribuzione delle sostanze che porterà la radice a crescere nuovamente verso il basso.





Phototropism – the auxin concentration on the shaded side stimulates cell elongation, turning the stem to the sun.



Geotropism -- under influence of gravity, auxin accumulates in the lower side of a horizontal stem, causing cells to enlarge faster, turning the stem upright.

Movimenti nastici

I movimenti nastici sono movimenti delle piante in risposta a stimoli di varia natura la cui direzione è indipendente dalla direzione di provenienza dello stimolo.

Tra i movimenti nastici più conosciuti vi sono quelli di apertura e chiusura delle foglie in risposta al ciclo giornaliero di luce e buio. In questi movimenti, detti **nictinastici**, le foglie si orientano orizzontalmente durante le ore di luce e verticalmente durante le ore di buio.

Esistono poi i **movimenti tigmonastici** che sono quelli che avvengono in risposta al contatto con un oggetto solido. Un tipico movimento tigmonastico positivo è quello dei cirri delle leguminose che si avvolgono intorno all'oggetto con cui vengono a contatto permettendo così alla pianta di arrampicarsi.

Esistono movimenti **tigmonastici positivi** quelli in cui la pianta si avvicina alla sorgente dello stimolo tattile (*Hedera*, *Vitis*, *Tamus*).



Esistono movimenti **tigmonastici negativo** quelli in cui la pianta si allontana dalla sorgente dello stimolo tattile. Ad esempio in *Mimosa pudica* la stimolazione tattile di una fogliolina provoca il collasso delle altre. Il motivo è perché le piante cercano di evitare di essere mangiate dagli insetti accartocciando le foglie. Questo movimento sembra essere dovuto ad una perdita di turgore delle cellule del pulvino dovuta ad un movimento di ioni K^{+} .

Eliotropismo.

L'Eliotropismo riguarda la capacità delle piante (in particolare delle foglie e dei fiori) di muoversi durante il giorno orientandosi perpendicolarmente o parallelamente rispetto ai raggi del sole diretti.

Esistono due forme di eliotropismo fogliare:

Diaeliotropismo: le foglie rimangono perpendicolari rispetto ai raggi solari per tutta la durata del giorno. Il diaeliotropismo è caratteristico di quelle piante che normalmente hanno alti tassi fotosintetici e che non sono soggette a periodi di siccità estrema.

Paraeliotropismo: durante i periodi di siccità le foglie evitano la luce solare diretta disponendo le proprie lamine parallelamente ai raggi solari. Tale accorgimento permette di abbassare la temperatura fogliare e ridurre la perdita d'acqua per traspirazione.

La maggior parte dei capolini presenti in un campo di girasoli (*Helianthus annuus* L.) fioriti punta ad est, dove il Sole sorge. Boccioli di girasole non ancora maturi mostrano già questo eliotropismo; in giornate soleggiate seguono il percorso del sole nel cielo da est ad ovest, mentre di notte e al crepuscolo tornano ad orientarsi verso est. Il movimento è originato dalle cellule motrici del pulvino un segmento flessibile dello **stelo** che si trova proprio sotto il bocciolo stesso. Lo stelo si irrigidisce alla fine di questo stadio di maturazione e quando il girasole fiorisce lo stelo si blocca in direzione est. Per questo motivo i girasoli fioriti non sono più eliotropici, anche se la maggior parte dei fiori puntano nella direzione in cui sorge il sole.



Fotoperiodismo

Il **fotoperiodismo** è la risposta biologica della pianta al variare del rapporto luce/oscurità nel ciclo giornaliero delle 24 ore. sulla base di tale risposta le piante possono essere distinte in:

•LONGIDIURNE; BREVIDIURNE; NEUTRODIURNE

Le piante **longidiurne** sono quelle che richiedono un periodo di luce superiore ad una data lunghezza critica e fioriscono generalmente in estate.

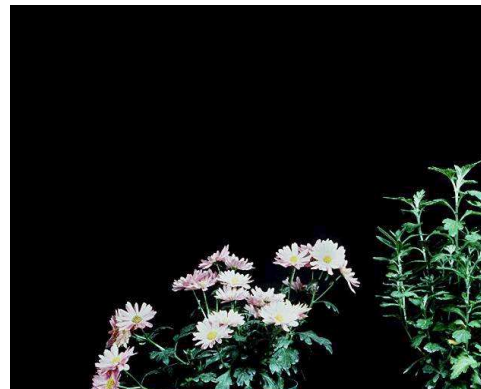
Le piante **brevidiurne** sono quelle che per fiorire hanno bisogno di un periodo di luce inferiore ad una data lunghezza critica e fioriscono soprattutto all'inizio della primavera o in autunno.

Le piante **neutridiurne** sono quelle che fioriscono indipendentemente dalla lunghezza relativa dell'alternanza luce/buio (cetriolo, tabacco, girasole, mais, ecc.).

Nella definizione di queste categorie, quindi, il fattore discriminante non è la lunghezza assoluta del fotoperiodo (durata del giorno) quanto se il fotoperiodo è di durata superiore o inferiore ad una data lunghezza critica. Per tale motivo piante diverse quali il crisantemo e lo spinacio che fioriscono se vengono esposte allo stesso numero di ore (14) di luce sono annoverate l'una (crisantemo) tra le brevidiurne e l'altra (spinacio) tra le longidiurne. In realtà il fattore discriminante nel fotoperiodismo sembrerebbe essere la durata delle ore ininterrotte di buio piuttosto che quelle ininterrotte di luce. Infatti se una pianta longidiurna (avente bisogno di un periodo di luce di circa 16 ore) viene esposta ad un periodo di buio di 16 ore ma con l'applicazione di un lampo di luce di alcuni secondi a metà di questo periodo la pianta fiorirà ugualmente.

esempio per una pianta brevidiurna

Photoperiodism



crisantemo: brevidiurno

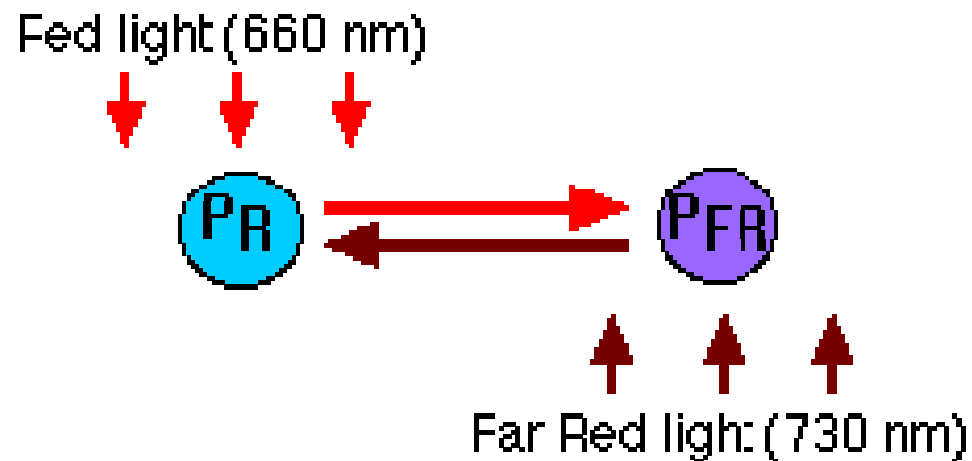


spinacio: longidiurno

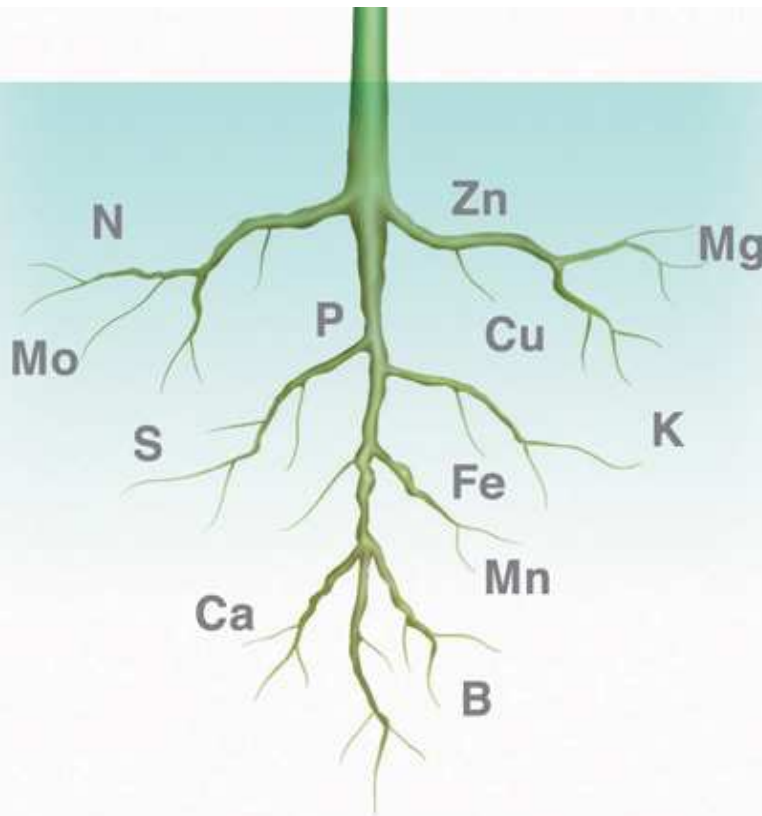
Fotoperiodismo: Ruolo del FITOCROMO

Come detto il **fotoperiodismo** è la risposta biologica della pianta al variare del rapporto luce/oscurità nel ciclo giornaliero delle 24 ore. Responsabile della risposta fotoperiodica è un pigmento, il: **FITOCROMO**, che è presente nelle piante in due forme interconvertibili. Una forma P_r è in grado di assorbire luce nella banda del **rosso** ($\lambda = 660$ nm.) e una forma P_{fr} che assorbe nella banda del **rosso scuro** ($\lambda = 730$ nm.) . Si dicono forme interconvertibili (secondo la reazione di Fotoconversione) perché quando una molecola di fitocromo P_r assorbe un fotone di luce rossa viene convertito immediatamente nella forma P_{fr} mentre il processo inverso avviene quando una molecola di P_{fr} assorbe un fotone di luce rosso scuro.

Delle due forme, P_r e P_{fr} quella biologicamente attiva (ossia quella che innesca la risposta fisiologica quali possono essere la fioritura, la germinazione del seme...) è la forma P_{fr} mentre la forma P_r è quella che inibisce la risposta. Nella luce bianca sono presenti entrambe le bande (660 e 730 nanometri) per cui durante il giorno la quantità reciproca di fitocromo P_r e P_{fr} all'interno della pianta è circa equivalente. Di notte la quantità della forma biologicamente attiva P_{fr} diminuisce rapidamente. Per questo motivo se viene fornito un lampo di luce rossa sufficientemente lungo e capace di rigenerare un discreto quantitativo di P_{fr} questo potrà avere effetti positivi per le piante longidiurne ed effetti negativi per le piante brevidiurne.



Macronutrienti e micronutrienti nelle piante



Macro Elements

N - Nitrogen
P - Phosphorous
K - Potassium

Secondary Elements

Ca - Calcium
Mg - Magnesium
S - Sulphur

Micro Elements

Fe - Iron
B - Boron
Zn - Zinc
Cu - Copper
Mn - Manganese
Mo - Molybdenum

Oltre a Carbonio, Idrogeno e Ossigeno vi sono altri 12 elementi che vengono considerati essenziali per la crescita delle piante. Alcuni elementi sono essenziali per un determinato gruppo di piante mentre altri sono importanti solo per le piante che vivono in determinati ambienti. Ad esempio le leguminose traggono beneficio dall'aggiunta di cobalto in cultura. Il sodio sembra essere essenziale per alcune piante alofite che vivono su substrati salati.

Le concentrazioni dei vari elementi inorganici nelle piante possono variare notevolmente.

Normalmente si distinguono due gruppi principali di nutrienti:

MACRONUTRIENTI: ossia gli elementi che sono richiesti in grande quantità.

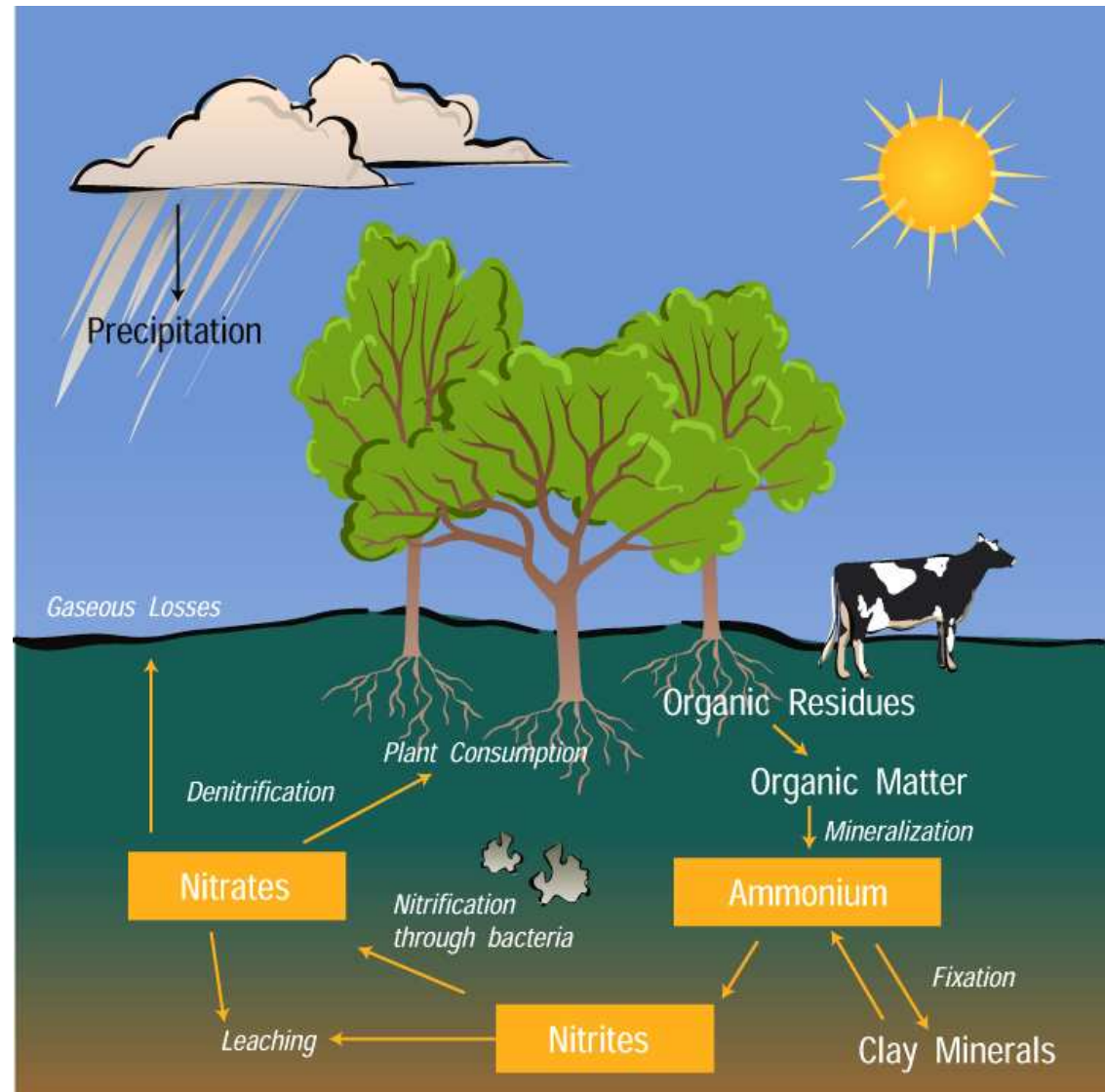
MICRONUTRIENTI: ossia gli elementi che vengono richiesti in piccole quantità o solo in tracce.

Dopo il carbonio e l'ossigeno, il potassio (K) è l'elemento di gran lunga più presente all'interno delle piante (in alcuni casi più del 10% del peso secco delle piante è composto da potassio).

Nutrizione delle piante

L'azoto è il principale fattore nutritivo per le piante. Nonostante l'azoto sia di gran lunga il principale componente dell'atmosfera terrestre (78%) le piante non possono utilizzare direttamente l'azoto atmosferico per la loro nutrizione. Il ciclo di una sostanza minerale prevede che questa, dopo essere stata sottratta al suolo per essere incorporata dalle piante, ritorni al suolo dopo la morte delle piante stesse e dopo che gli organismi decompositori abbiano scisso la sostanza organica liberando i suoi elementi minerali.

Ciclo dell'azoto



Il ciclo dell'azoto può essere ricondotto ai seguenti stadi:

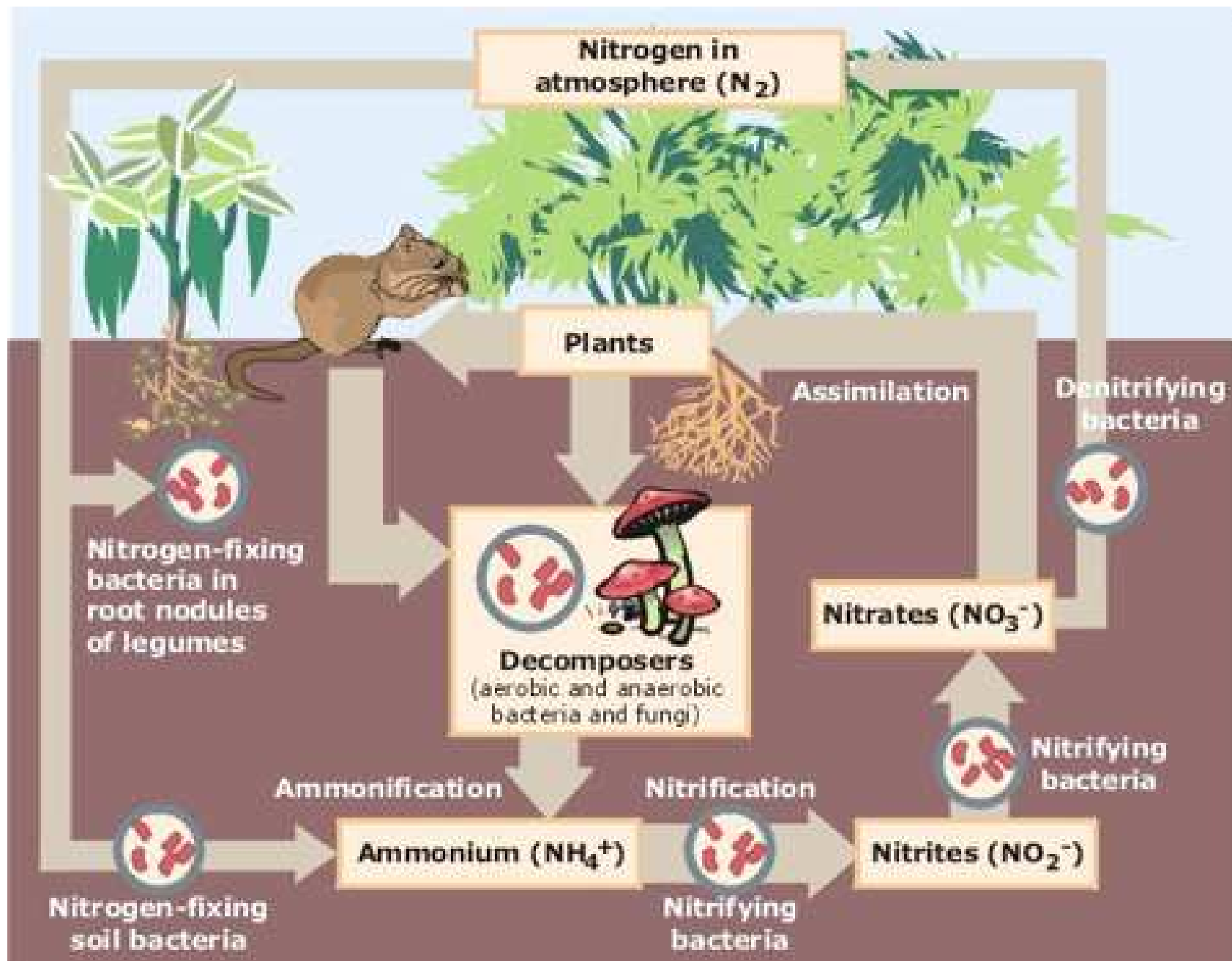
•**ammonificazione** = scissione dei composti organici azotati (proteine, amminoacidi, acidi nucleici, in prodotti più semplici e liberazione dell'azoto in eccesso sotto forma di ammoniaca (NH_3) o di ione ammonio (NH_4^+) quando l'ammoniaca si scioglie in acqua.

•**nitrificazione** = ossidazione dello ione ammonio a **nitrito** (NO_2^-) ad opera di alcuni batteri. Tale ossidazione è un processo che libera energia che viene utilizzata dai batteri nitrificanti per ridurre l'anidride carbonica a zuccheri. Tali batteri vengono detti chemiosintetici per distinguerli da quelli fotosintetici che utilizzano la luce come fonte di energia. I nitriti sono composti dannosi alla pianta per cui vengono successivamente ossidati a **nitrat** (NO_3^-) da altri batteri. Il nitrato è la forma in cui la quasi totalità dell'azoto entra nel ciclo nutritivo delle piante.

•**aminazione e transaminazione** = Una volta entrati nelle cellule vegetali i nitrati vengono ridotti a ione ammonio e incorporati in composti carboniosi (chetoacidi) per formare amminoacidi. Tale processo è noto come **aminazione**. Il gruppo amminico (NH_2) di un aminoacido può essere spostato ad un altro chetoacido per formare un diverso aminoacido (processo di **transaminazione**). In questo modo le piante sono in grado di sintetizzare tutti e 20 gli aminoacidi necessari alla loro esistenza. Gli animali sono in grado di sintetizzare solo 8 aminoacidi per cui devono necessariamente dipendere dalle piante per ottenere quelli mancanti.

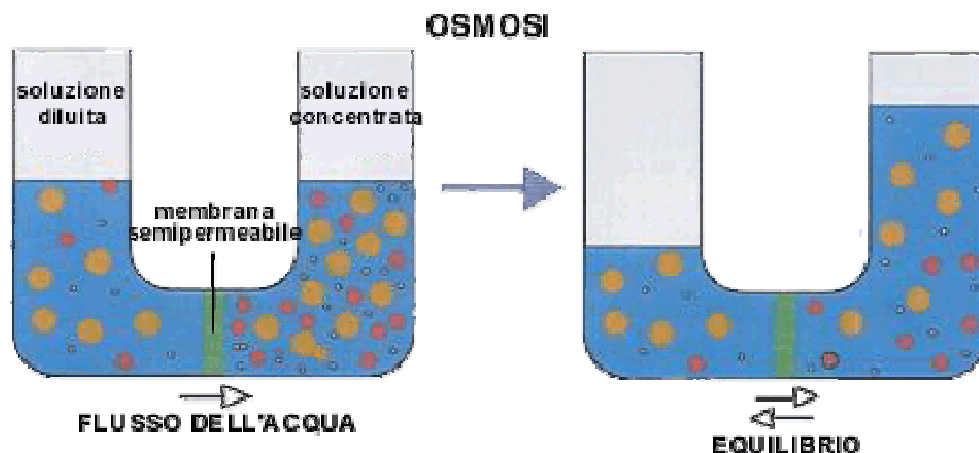
•**fissazione dell'azoto** = La fissazione dell'azoto atmosferico è un processo necessario per rifornire il suolo di azoto rimpiazzando quello che viene perso per denitrificazione o dilavamento. Tale processo, che prevede la riduzione di N_2 (azoto gassoso) a NH_4^+ (ione ammonio) e l'incorporazione di quest'ultimo nei processi di aminazione, è prerogativa di pochi batteri simbiotici. In questa associazione simbiotica le cellule vegetali forniscono l'energia necessaria alla fissazione dell'azoto e per le normali attività metaboliche del batterio mentre la leguminosa ottiene in cambio azoto in una forma assimilabile per la formazione di proteine. Il più comune batterio azoto-fissatore è il *Rhizobium* il quale è legato alle radici di molte leguminose dove è facilmente riconoscibile per i tubercoli che la sua infezione determina in questi ultimi.

Ciclo dell'azoto: schema riassuntivo



OSMOSI

L'osmosi è un fenomeno naturale: il processo consiste nel **passaggio di acqua attraverso una membrana semipermeabile** da una soluzione salina diluita ad un'altra con maggiore concentrazione per creare un equilibrio.



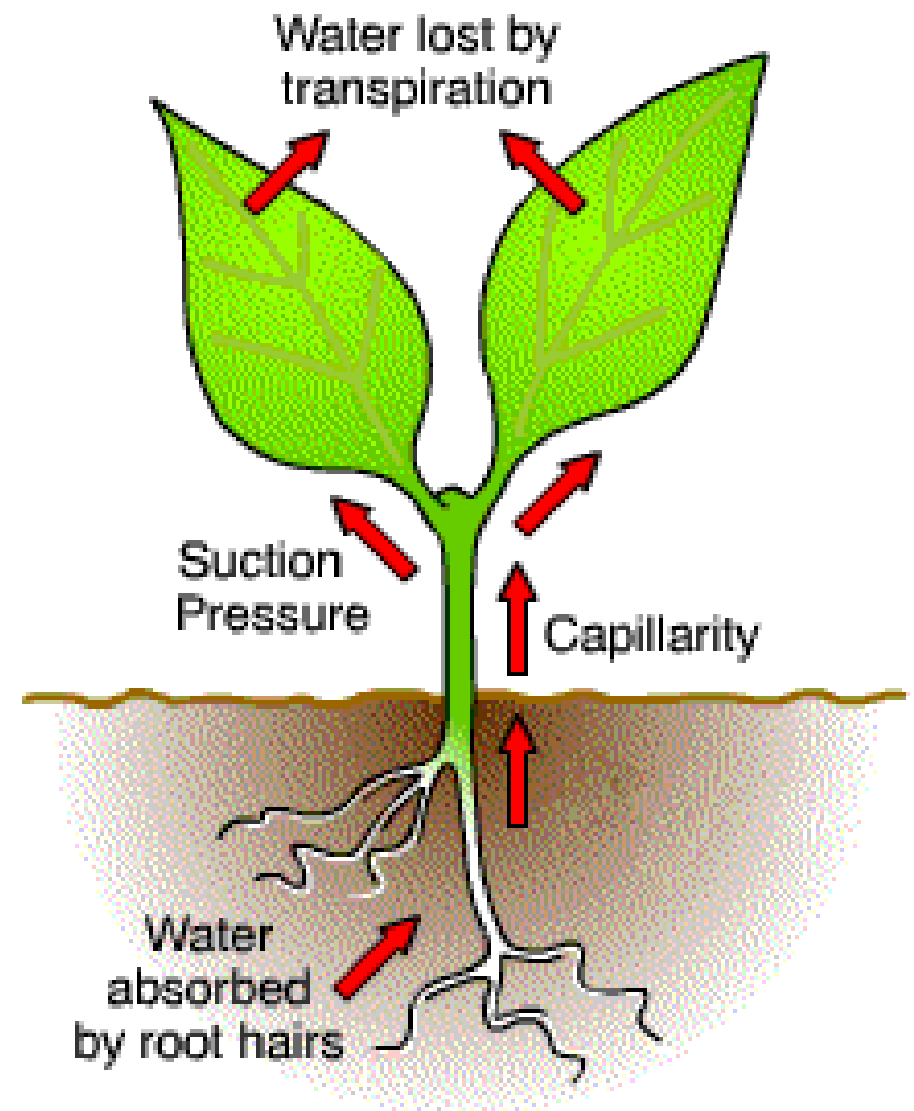
La pressione che spinge l'acqua attraverso la membrana è definita pressione osmotica.

Applicando nel comparto della soluzione a maggiore concentrazione salina una pressione superiore a quella osmotica, si inverte il fenomeno: le molecole di acqua passano attraverso la membrana, mentre le molecole dei sali, le molecole organiche e la quasi totalità di cariche microbiche vengono respinte.

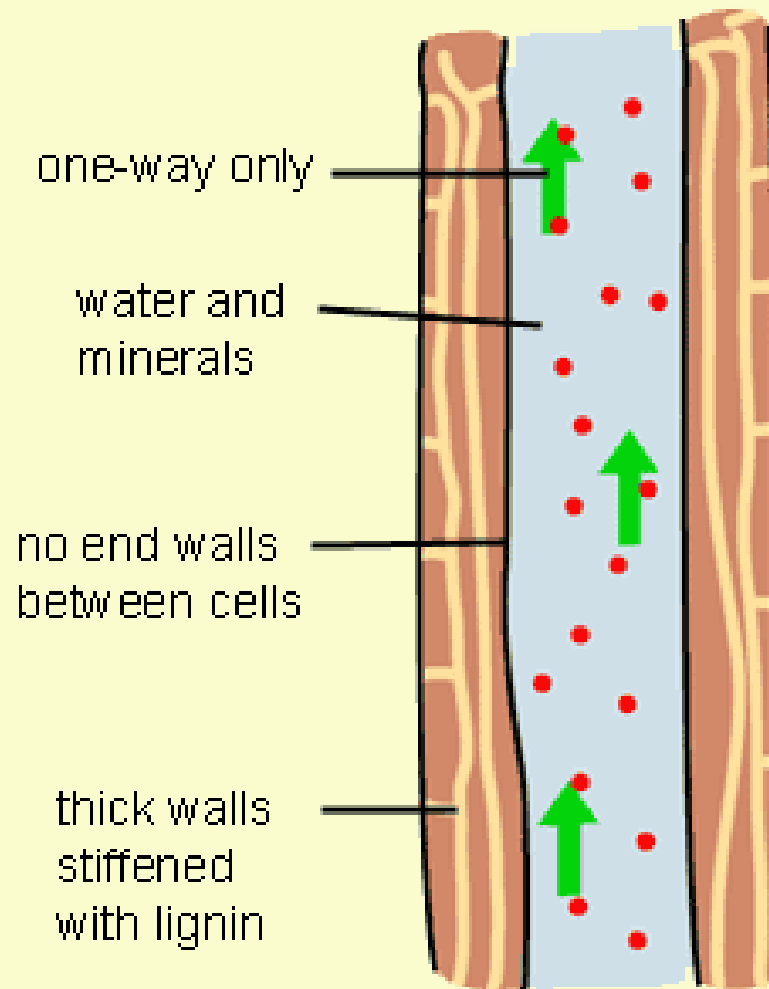


Si ottiene così una soluzione concentrata da una parte e acqua pura dall'altra.

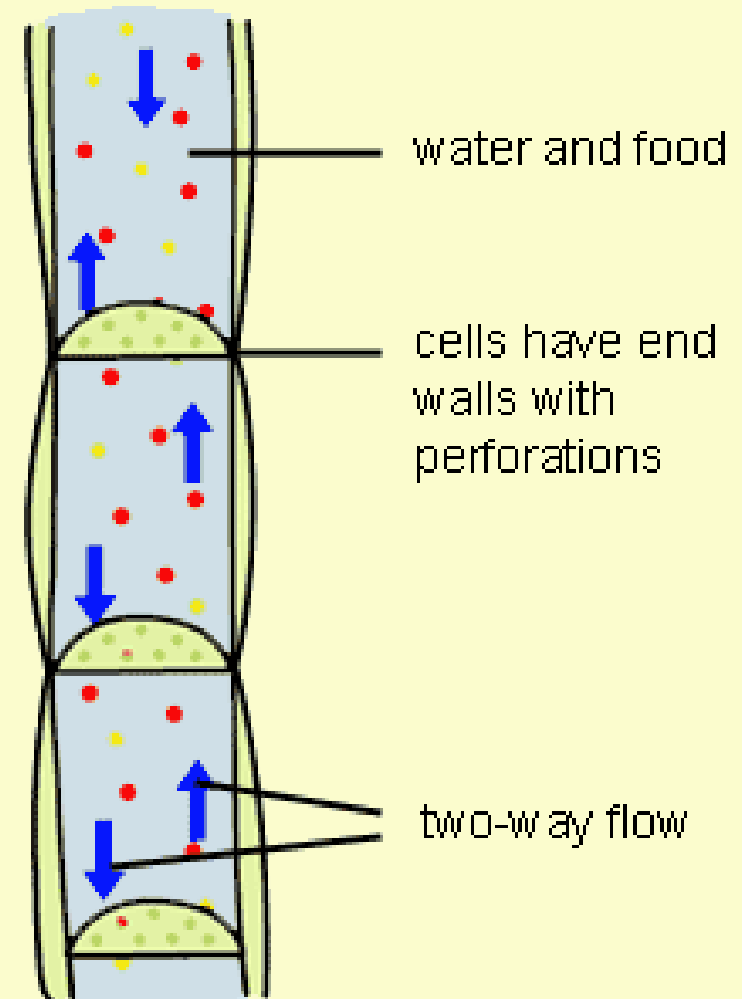
Questo processo si definisce osmosi inversa.



Vasi xilematici e floematici

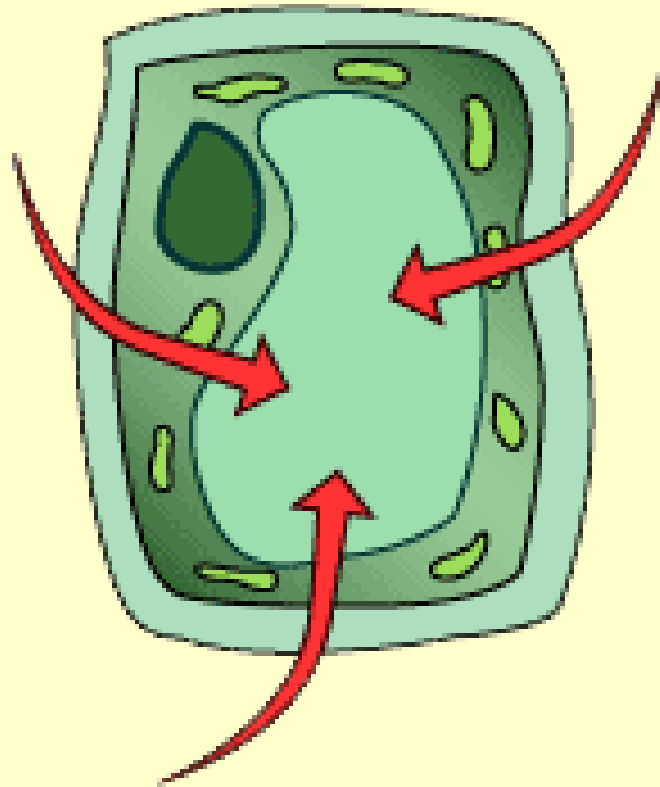


xylem vessel

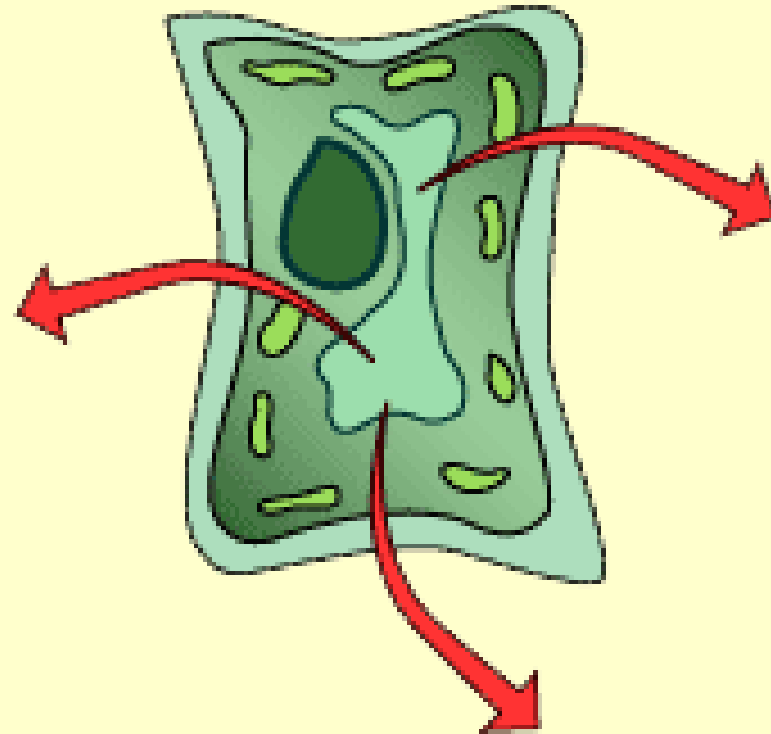


phloem vessel

Turgore cellulare



TURGID CELL:
water enters by osmosis,
vacuole swells and
pushes against cell wall



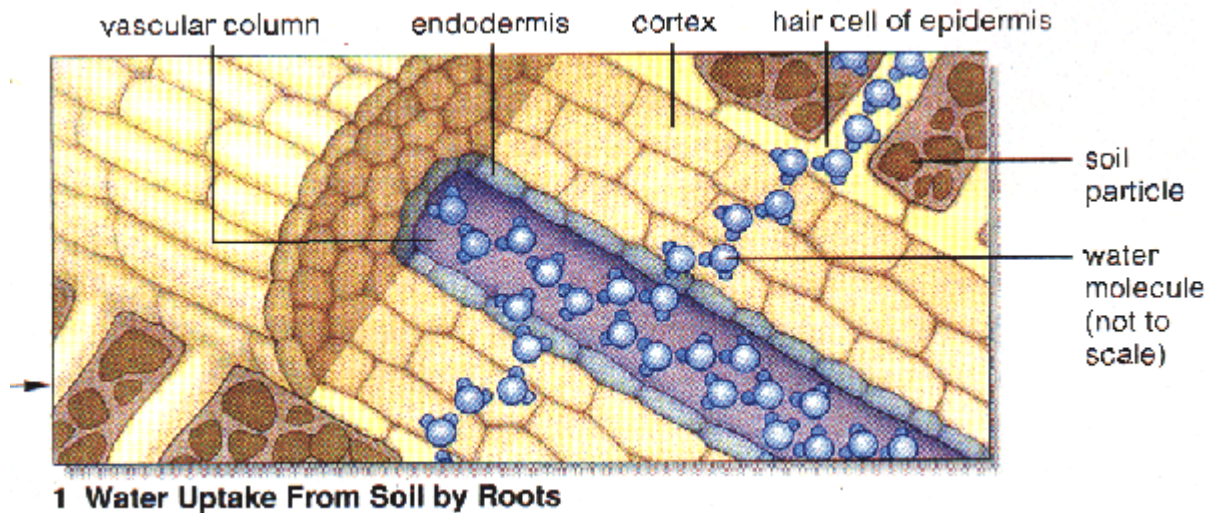
FLACCID CELL:
water lost from cell,
vacuole shrinks,
cell loses shape

Assorbimento e Trasporto nelle piante

La vita degli esseri vegetali, ancorati come sono al suolo tramite le radici, dipendono dalla capacità di queste ultime a trasportare acqua e ioni minerali dalle radici alle parti aeree delle piante e del trasporto dei nutrienti (prodotti della fotosintesi) dalle foglie alle parti non fotosintetiche delle piante.

Percorso dell'acqua nelle piante: La Radice

L'acqua entra nelle radici attraverso i peli radicali e attraversa la corteccia radicale seguendo sia la via apoplastica (intercellulare) che quella simplastica (intracellulare). Giunta all'endodermide (impermeabile all'acqua in quanto presente la "*banda del Casper*") l'acqua è costretta ad entrare nei vasi del cilindro centrale esclusivamente per via simplastica.



Le radici, per incamerare acqua per osmosi, devono avere una composizione minerale differente da quella del mezzo ambiente in cui la pianta cresce. Normalmente le cellule della radice presentano una concentrazione di ioni da 50 a 10.000 volte più alta di quella delle soluzioni circolanti. Per tale motivo, visto che le sostanze non possono diffondere naturalmente contro un gradiente di concentrazione, è evidente che gli ioni minerali vengono assorbiti per TRASPORTO ATTIVO, ovvero spendendo energia. In realtà il trasporto attivo mediato da carrier (ovvero da un trasportatore di ioni specifico) avviene due volte: 1) a livello di membrana delle cellule epidermiche; 2) escrezione degli ioni dalle cellule del parenchima vascolare alle tracheidi ed elementi delle trachee.

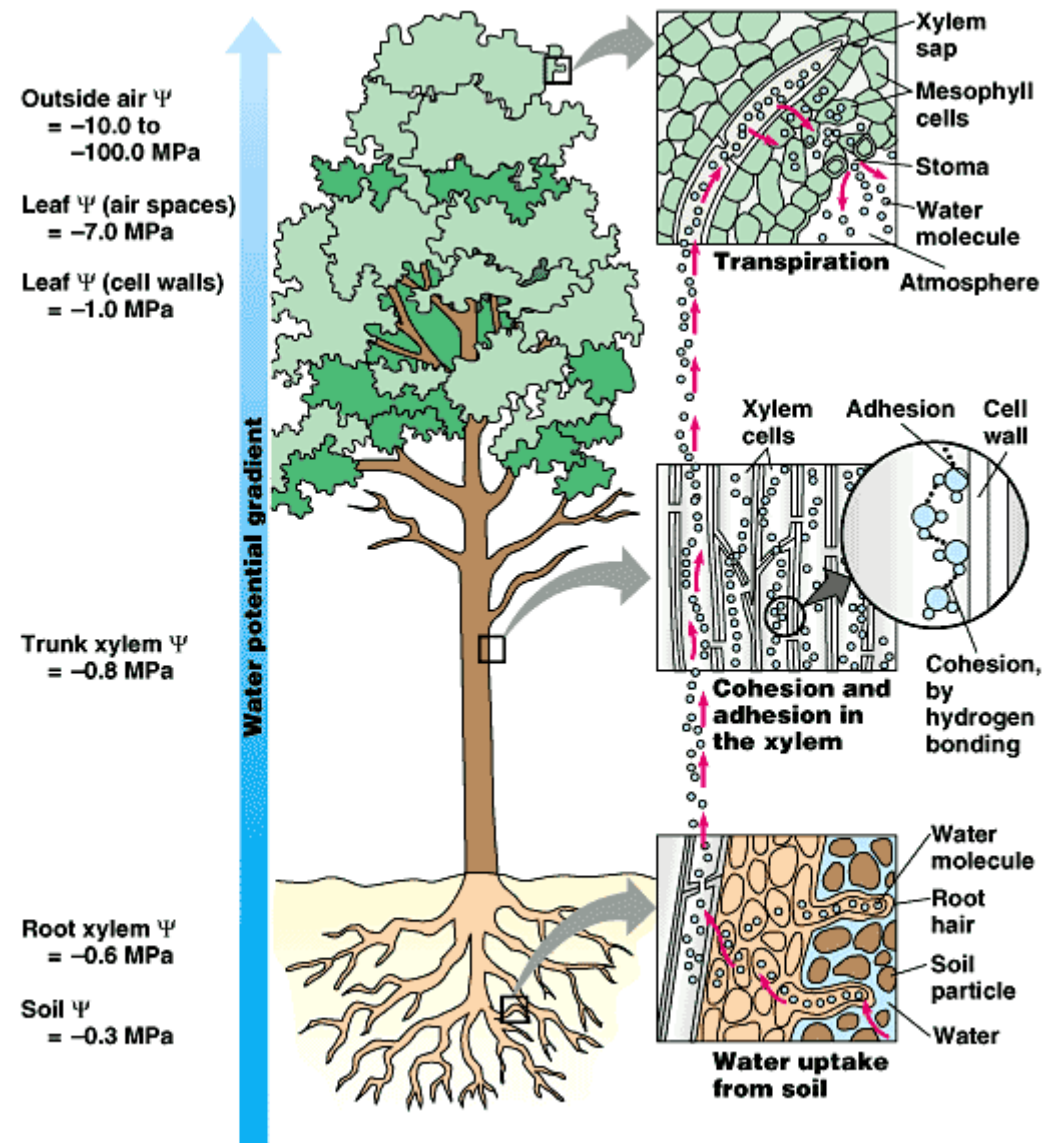
Teoria di: Coesione-Adesione-Tensione

Una volta entrata nel cilindro centrale l'acqua viene risucchiata dall'alto tramite la corrente traspiratoria secondo un meccanismo definito di **coesione-adesione-tensione**.

In poche parole l'acqua che evapora dalle pareti delle cellule del mesofillo fogliare che sono a contatto con gli spazi intercellulari richiama nuova acqua dall'interno della cellula.

La cellula perdendo acqua subisce un aumento della concentrazione dei soluti interni per cui il suo potenziale osmotico diminuisce e conseguentemente richiama acqua dalle cellule circostanti.

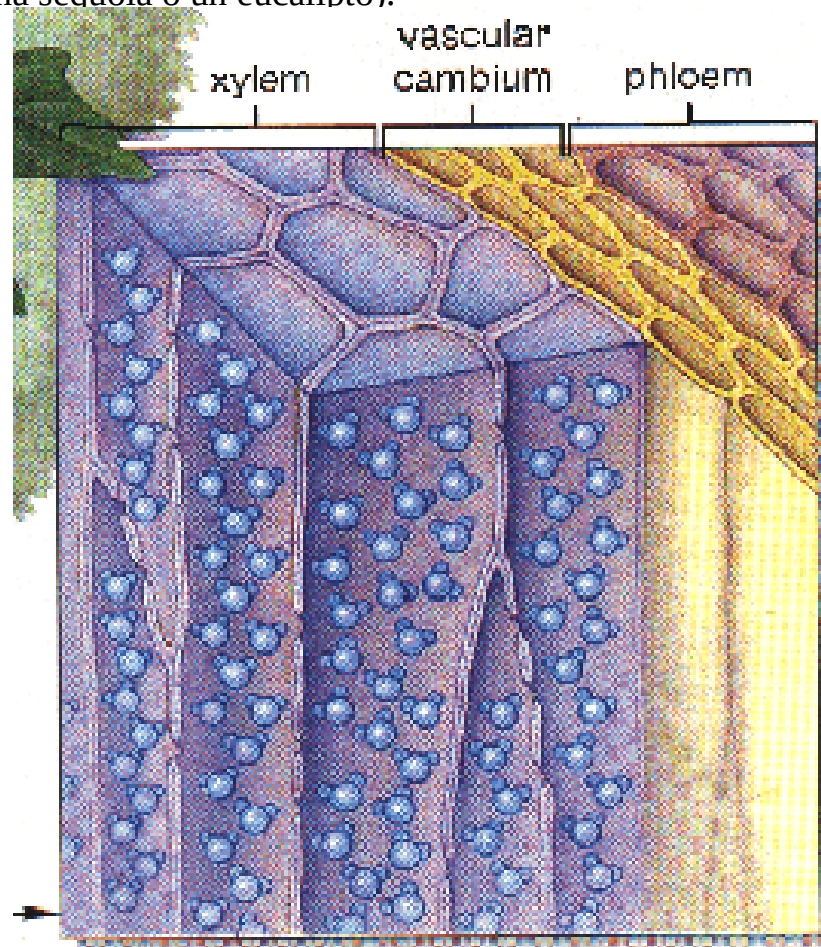
Si determina così un gradiente di potenziale dell'acqua tra cellule adiacenti dove ogni cellula richiama acqua da quella adiacente sino ad arrivare alle trachee xilematiche. La richiesta d'acqua generata dalle cellule del mesofillo e trasmessa sino agli elementi delle trachee genera una **tensione** o “**forza di aspirazione**” lungo tutta la trachea sino a risucchiare acqua dalle cellule radicali le quali, a loro volta, si troveranno in deficit idrico e intensificheranno la ricerca d'acqua nel suolo.



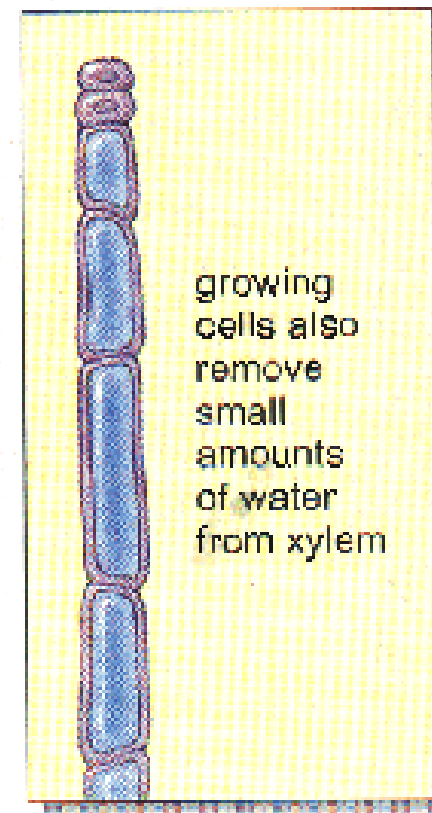
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Teoria di: Coesione-Adesione-Tensione

Le molecole d'acqua presenti nei vasi xilematici mostrano un elevato grado di **coesione** tra di loro e un elevato grado di **adesione** con le pareti dei vasi grazie alla presenza di legami idrogeno. L'elasticità dell'acqua, la coesione e l'adesione e la capillarità dei tubi xilematici sono tutti fattori molto importanti nel prevenire il distacco delle molecole d'acqua quando è sottoposta ad una tensione molto elevata richiesta per portare l'acqua sino alle foglie di un albero molto alto (immaginate una sequoia o un eucalipto).



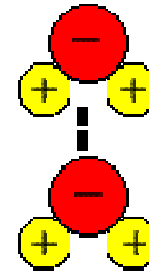
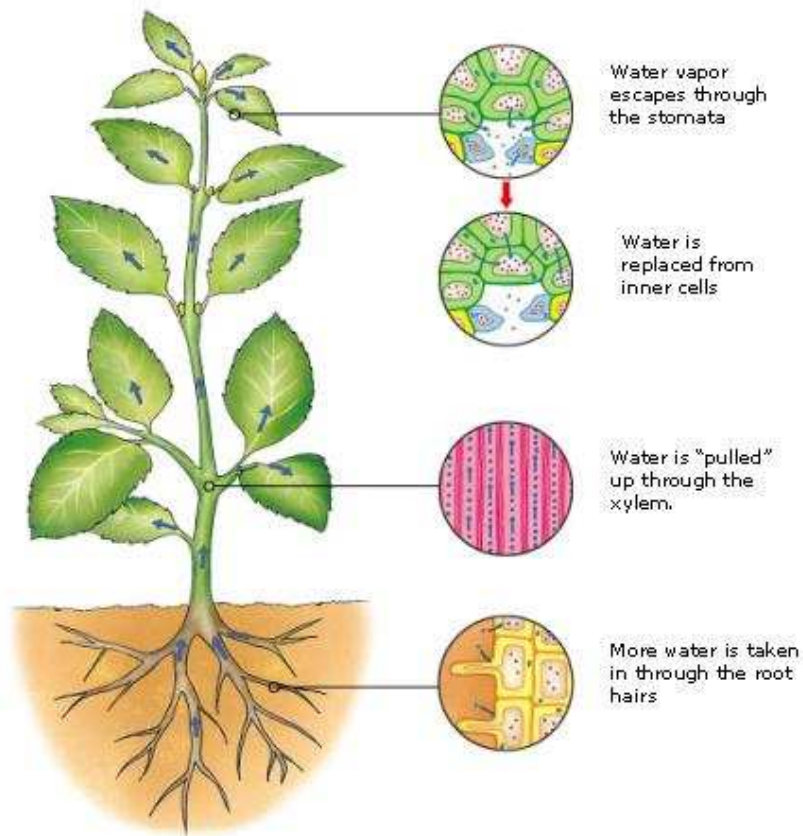
**2 Cohesion in Xylem of
Roots, Stems, and Leaves**



**Water Uptake in
Growth Regions**

Trasporto dei soluti dai vasi ai siti di utilizzazione

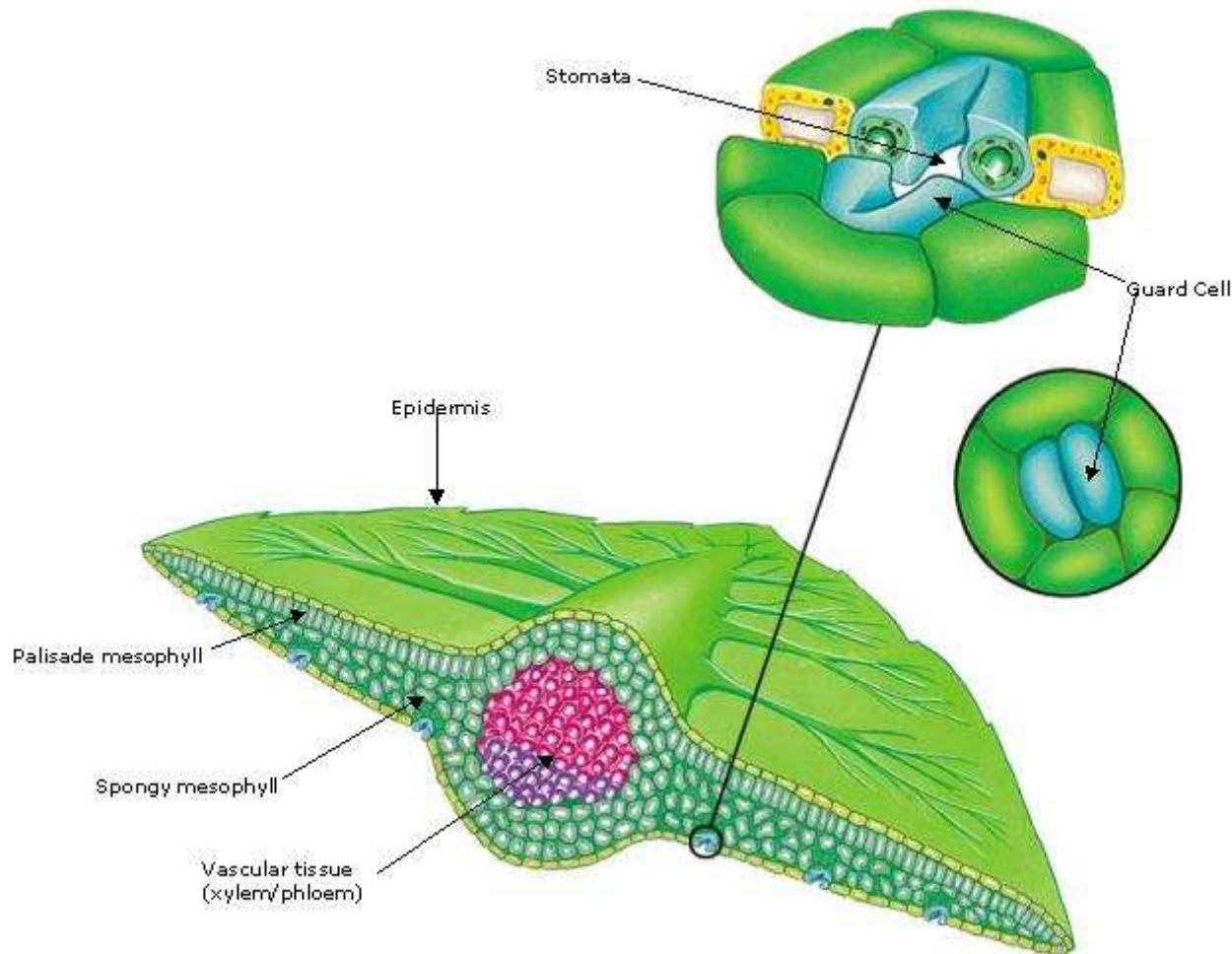
Una volta nei vasi gli ioni vengono aspirati e seguono la corrente traspiratoria sino ad arrivare alle foglie. Una volta nelle foglie gli ioni circolano per via apoplastica e possono essere assorbiti per trasporto attivo dalle cellule del mesofillo fogliare. In alcuni casi gli ioni passano dalle cellule xilematiche a quelle floematiche e vengono trasportati nella pianta assieme ai prodotti della fotosintesi.



Hydrogen Bond

Traspirazione e stomi.

TRASPIRAZIONE: Perdita di vapore acqueo da parte delle parti aeree delle piante e principalmente dalle foglie. Infatti le piante per svolgere la fotosintesi hanno bisogno di esporre il meglio possibile alla luce del sole e di incamerare CO_2 . Per entrare nelle cellule del mesofillo la CO_2 deve essere in soluzione in quanto le membrane cellulari sono praticamente impermeabili alla CO_2 gassosa. Per entrare in soluzione la CO_2 deve venire in contatto con la superficie cellulare umida; quando però l'acqua viene a contatto con l'aria che circola negli spazi intercellulari della foglia evapora. Quindi l'assorbimento di CO_2 per la fotosintesi e la perdita d'acqua per traspirazione sono due processi intrinsecamente legati. Tra i fattori che maggiormente influenzano la velocità di traspirazione citiamo: **temperatura, umidità dell'aria, vento.**



Le foglie sono ricoperte da una cuticola impermeabile all'acqua e alla CO_2 . Il 90% dell'acqua traspirata da una pianta viene perduta attraverso gli stomi (che invece costituiscono l'1% della superficie fogliare).

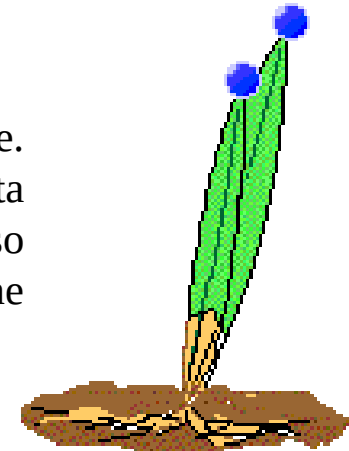
Gli stomi: sono piccole aperture dell'epidermide (soprattutto delle foglie ma anche dei giovani fusti) delimitate da cellule di guardia che variando la propria forma sono in grado di causare l'apertura o la chiusura degli stomi.

Meccanismo di apertura e chiusura degli stomi.

L'apertura o la chiusura degli stomi sono regolati dall'accumulo dei soluti (ed in particolare dello ione potassio (K^+) nelle cellule di guardia). Quando i soluti si accumulano nelle cellule di guardia queste ultime richiamano acqua dalle cellule adiacenti in quanto il loro potenziale osmotico diminuisce ed assumono uno stato di turgore cellulare che causa l'apertura degli stomi. Quando il contenuto di soluti diminuisce le cellule di guardia rilasciano acqua, il turgore diminuisce e gli stomi si chiudono. Le cellule di guardia vengono rifornite di ioni dalle cellule adiacenti. Poiché l'entrata di ioni K^+ genererebbe un accumulo troppo grande di cariche positive, è necessario che nella cellula entrino un numero circa uguale di anioni (cariche negative) per neutralizzare la carica. La chiusura degli stomi in una pianta dipende in primo luogo da una accertata condizione di stress idrico. Quando la pressione di vapor acqueo negli spazi intercellulari della foglia scende al di sotto di un dato valore % le cellule di guardia perdono i soluti e gli stomi si chiudono. Sembra ci sia una stretta correlazione tra lo stress idrico e la produzione di **acido abscissico (ABA)** da parte delle cellule del mesofillo fogliare. Infatti quando l'ABA arriva agli stomi segnala che le cellule del mesofillo sono in condizioni di stress idrico per cui si ha la conseguente perdita di soluti e di turgore nelle cellule di guardia. Altri fattori ambientali che determinano l'apertura e la chiusura degli stomi sono la **concentrazione di CO_2 , la luce, la temperatura**. Tuttavia l'apertura e chiusura degli stomi dipende anche da ritmi giornalieri endogeni, ossia che sono controllati dall'interno.

GUTTAZIONE O PRESSIONE RADICALE

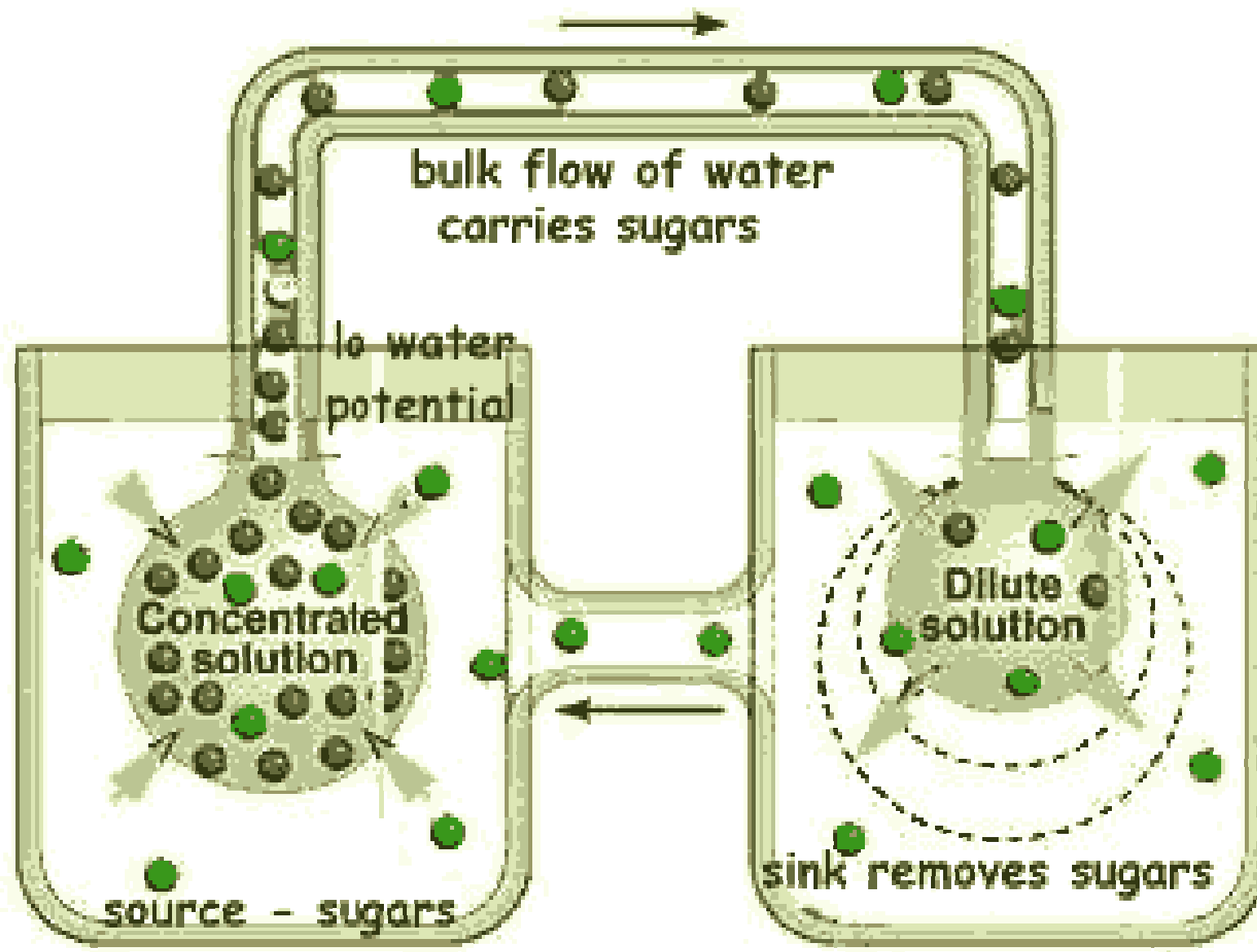
L'acqua non prevede un cammino ascensionale solo a seguito della traspirazione. Esiste infatti anche la pressione radicale o “**Guttazione**” che prevede la fuoriuscita d'acqua dalle foglie a seguito della spinta proveniente dalle radici. In questo caso l'acqua non fuoriesce dagli stomi ma da speciali aperture collocate sul margine fogliare dette **idatodi**.



La Guttazione avviene in quanto le cellule della radice sono in grado di secernere ioni nello xilema. Questi ioni, a causa della presenza dell'endodermide non possono uscire dalla radice per cui si viene a creare un potenziale osmotico negativo a cui consegue un richiamo d'acqua dall'esterno. Il surplus d'acqua e ioni nello xilema viene spinto verso l'alto e dagli idatodi fuoriescono goccioline d'acqua che sono ben visibili di prima mattina al margine delle foglie.



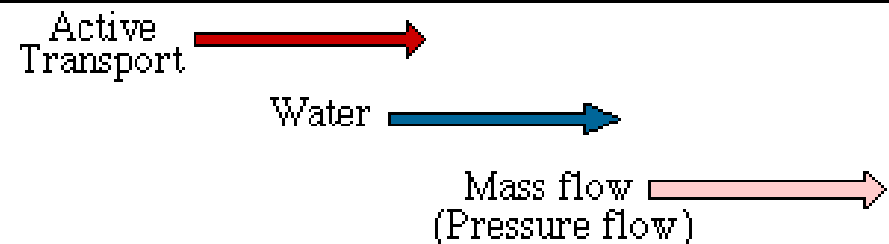
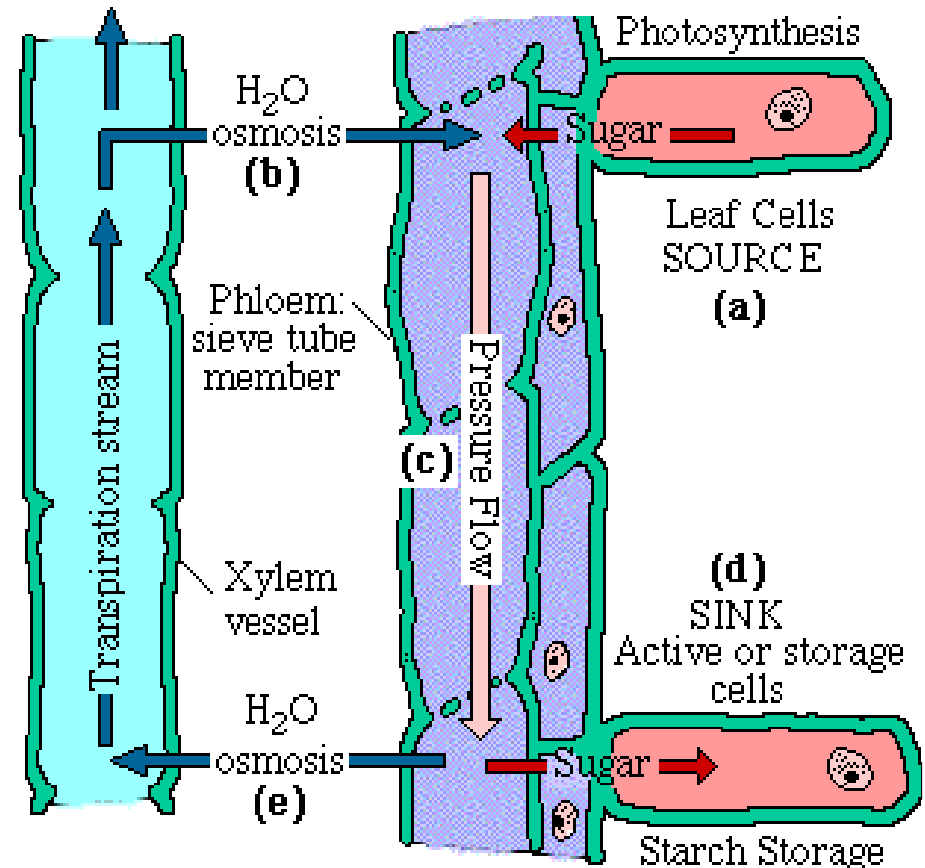
SCHEMA SEMPLIFICATO DEL TRASPORTO DI MASSA



Movimento delle sostanze nel FLOEMA

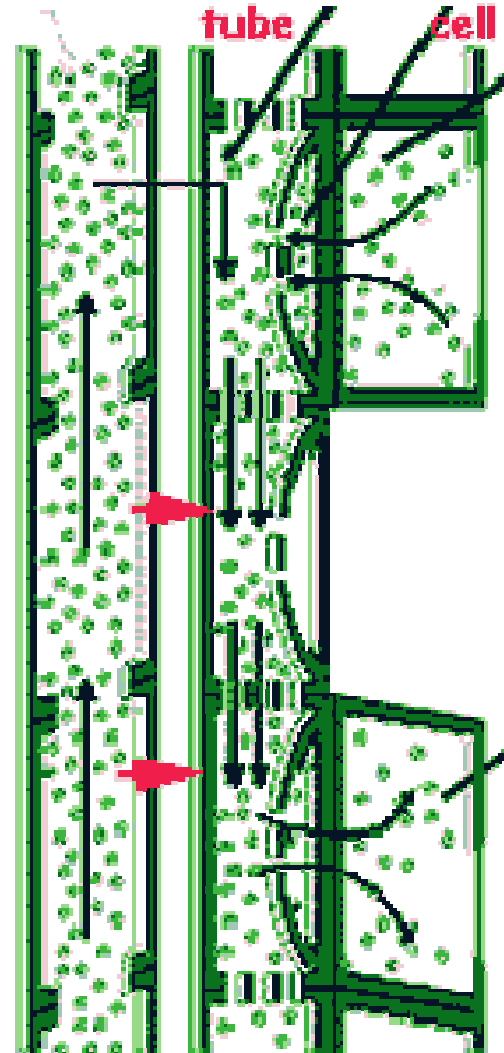
Nel Floema corre la corrente degli assimilati, ovvero quella contenente i prodotti della fotosintesi che dai luoghi di origine vengono esportati nei siti dove possono essere utilizzati o immagazzinati (radici, frutti, meristemi, semi, meristemi apicali ecc....) ossia tutte quelle parti della pianta che non sono in grado da sole a far fronte alle proprie esigenze nutrizionali.

Il meccanismo di trasporto degli assimilati nel floema segue il principio del **flusso di massa** ossia gli assimilati procedono dal luogo di origine ai siti di utilizzazione seguendo un gradiente di pressione di turgore cellulare a sua volta basato sull'osmosi. Dai siti di produzione (ad esempio le cellule fotosintetiche delle foglie) il saccarosio viene trasferito per TRASPORTO ATTIVO alle cellule del floema (cellule cribrose, elementi dei tubi cribrosi); tale processo è noto come **caricamento del Floema**. . Una volta caricata di saccarosio la cellula del floema vede abbassarsi il suo potenziale osmotico per cui richiama acqua dallo xilema. In questo modo questa prima cellula floematica vede aumentare la propria pressione di turgore per cui trasferisce passivamente acqua (e soluti) alla cellula adiacente, la quale, con lo stesso meccanismo lo trasferisce a quella successiva. Una volta arrivati ai siti di utilizzo le molecole di saccarosio vengono trasferite per trasporto attivo dalle cellule del floema a quelle del sito di utilizzo (cellule della radice). A questo punto, scaricato il saccarosio, la cellula del floema vede innalzarsi il proprio potenziale osmotico per cui scarica anche l'acqua che passerà alle cellule del sito di utilizzo sino a ritornare nelle cellule xilematiche. *Riassumendo il movimento dei prodotti della fotosintesi prevede sia trasporto passivo che trasporto attivo (spesa di energia); il trasporto passivo si ha da una cellula floematica alla successiva seguendo un gradiente di pressione osmotica. Il trasporto attivo si ha nel caricamento del floema e nella rimozione degli elaborati dalle cellule floematiche ai siti di utilizzo.*



1. Solutes (sugar) moves into seive tube by active transport which decreases its' water potential (see xylem notes)

seive tube ← companion cell ← sugar source



2. Water moves in as wp drops which results in increasing turgor pressure. This pressure causes bulk flow towards the sink

3. Water moves in from neighboring cells reinforcing the pressure. At the sink, sugar is unloaded. This decreases the wp of the sink cells so water continues to flow to it.