FUNZIONI DELL'ACQUA NELLA PIANTA

Importanza dell'acqua per la pianta

- ✓ *È reagente nella sintesi fotosintetica e in tutti i processi idrolitici*
- ✓ *Regola la moltiplicazione e l'espansione cellulare*
- ✓ *È solvente delle sostanze nutritive del terreno permettendone l'assorbimento*
- ✓ *È veicolo degli elementi nutritivi e dei prodotti metabolici sintetizzati all'interno delle piante*

TRASPIRAZIONE ⟶ *Azione termoregolatrice*

FUNZIONI DELL'ACQUA NELLA PIANTA

Importanza dell'acqua per la pianta

- ✓ È reagente in tutti i processi fisiologici e biochimici

  Nei processi anabolici

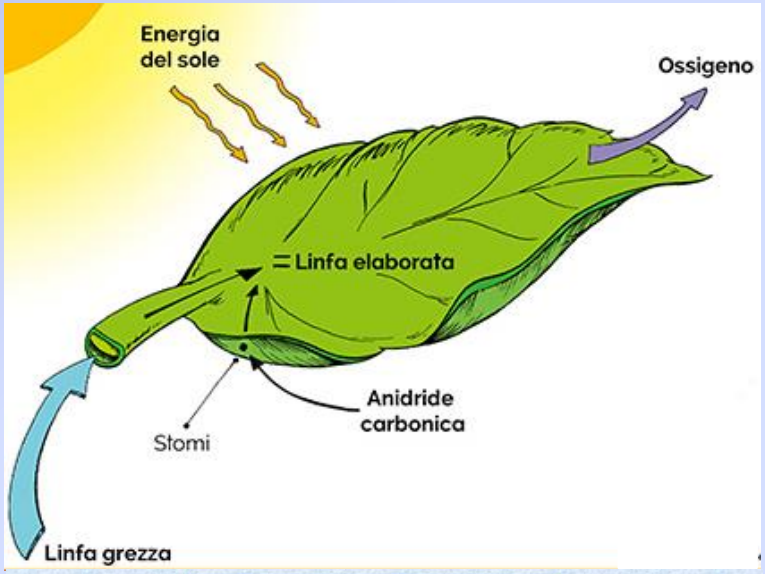
  fotosintesi

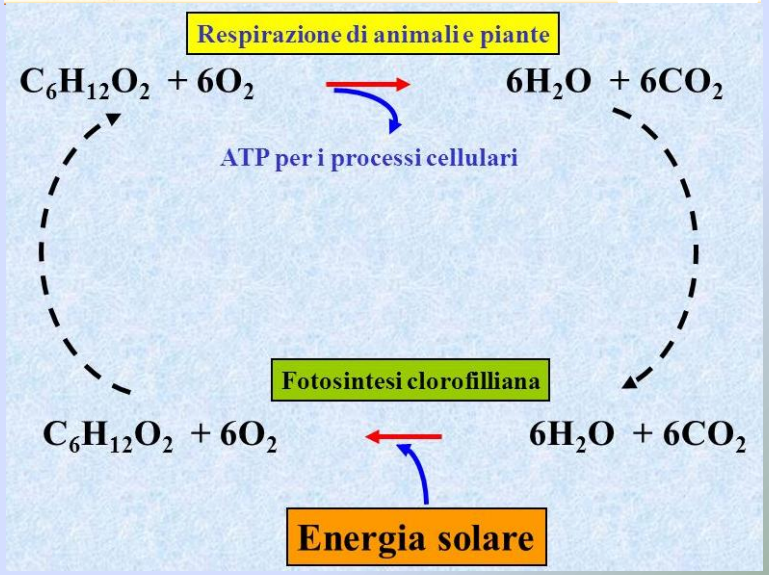
  Nei processi catabolici

  respirazione

  amilolisi

  ciclo di Krebs, ecc.





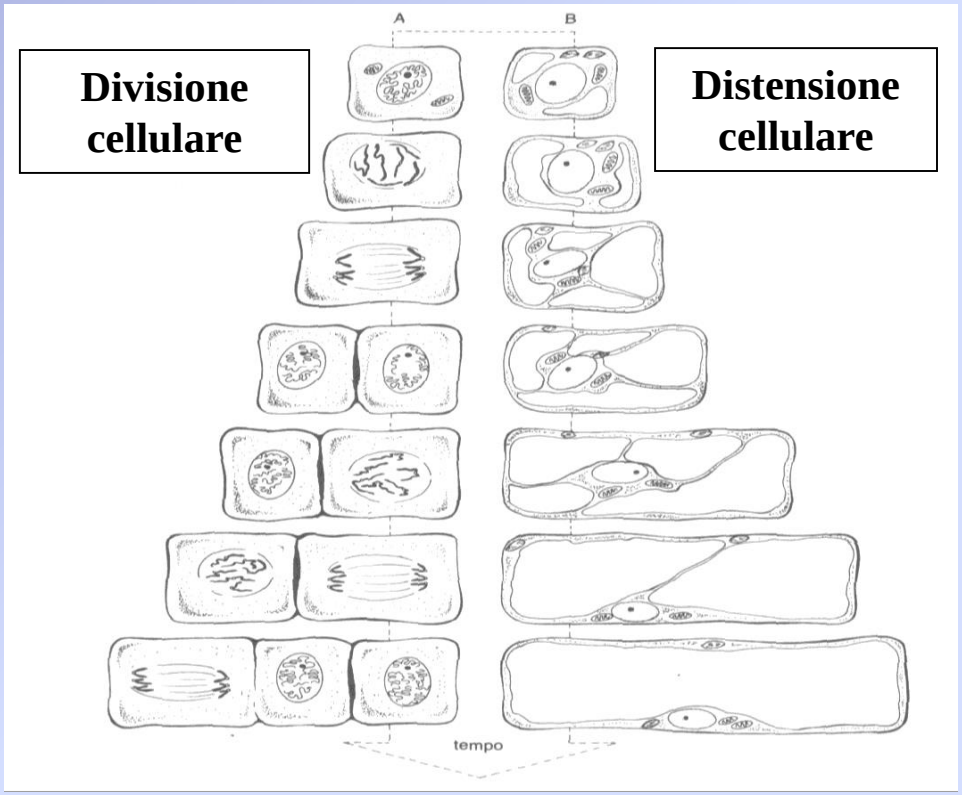
FUNZIONI DELL'ACQUA NELLA PIANTA

✓Regola la moltiplicazione e l'espansione cellulare

impartisce turgore alle cellule che aumentano di volume

determina la forma, la struttura e la dimensione della pianta

fornisce supporto meccanico e rigidità ai tessuti non lignificati



In che modo l'acqua determina espansione cellulare?

POTENZIALE IDRICO DELLE PIANTE(Ψ)

Concetto di energia libera dell'acqua

Energia che occorre spendere per spostare l'unità di quantità (di massa o di volume) di acqua per una determinata distanza

Tendenza universale della materia in natura

Movimento da punti con energia potenziale maggiore a punti con energia potenziale minore

$\Psi = 0$ *acqua libera* $\Psi > 0$ *acqua in pressione* $\Psi < 0$ *acqua in tensione*

Unità di misura

Atmosfera Bar Pascal

1 bar = 100.000 Pascal = 100 Kilo Pascal = 0,1 Mega Pascal

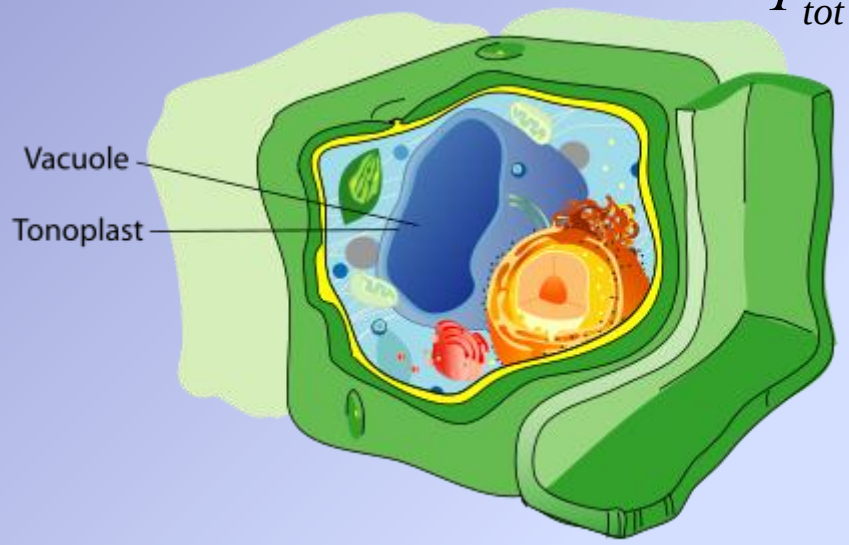
1 bar = 0,1 MPa 1 MPa = 10 bar

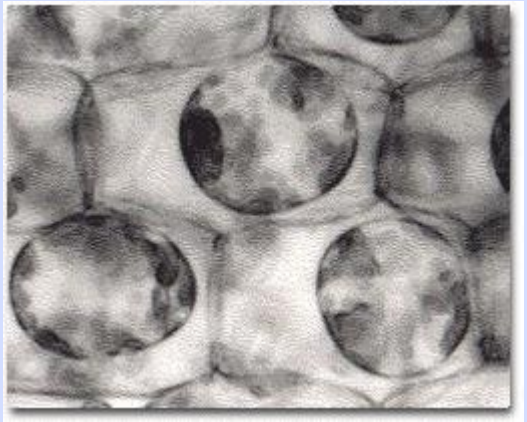
POTENZIALE IDRICO DELLE PIANTE(Ψ)

Componenti di Ψw

Ψm	*potenziale matriciale*
Ψg	*potenziale gravitazionale*
$\Psi \pi$	*potenziale del soluto*
$\boldsymbol{\Psi p}$	***potenziale di turgescenza***

$$\Psi_{tot} = \Psi m + \Psi g + \Psi \pi + \Psi p$$



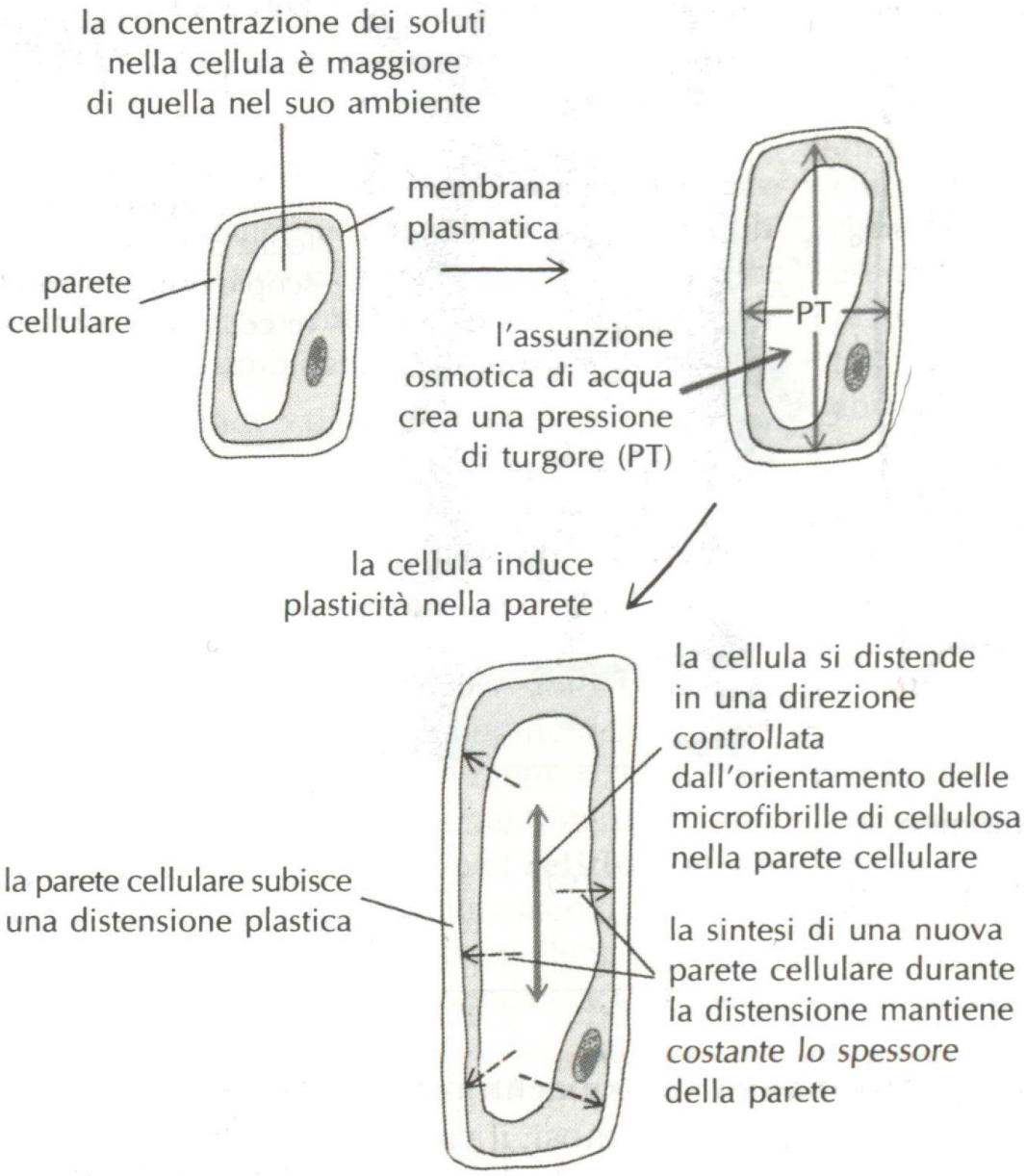


$$\Psi m + \Psi g = 0{,}11 \text{ Mpa (trascurabili)}$$

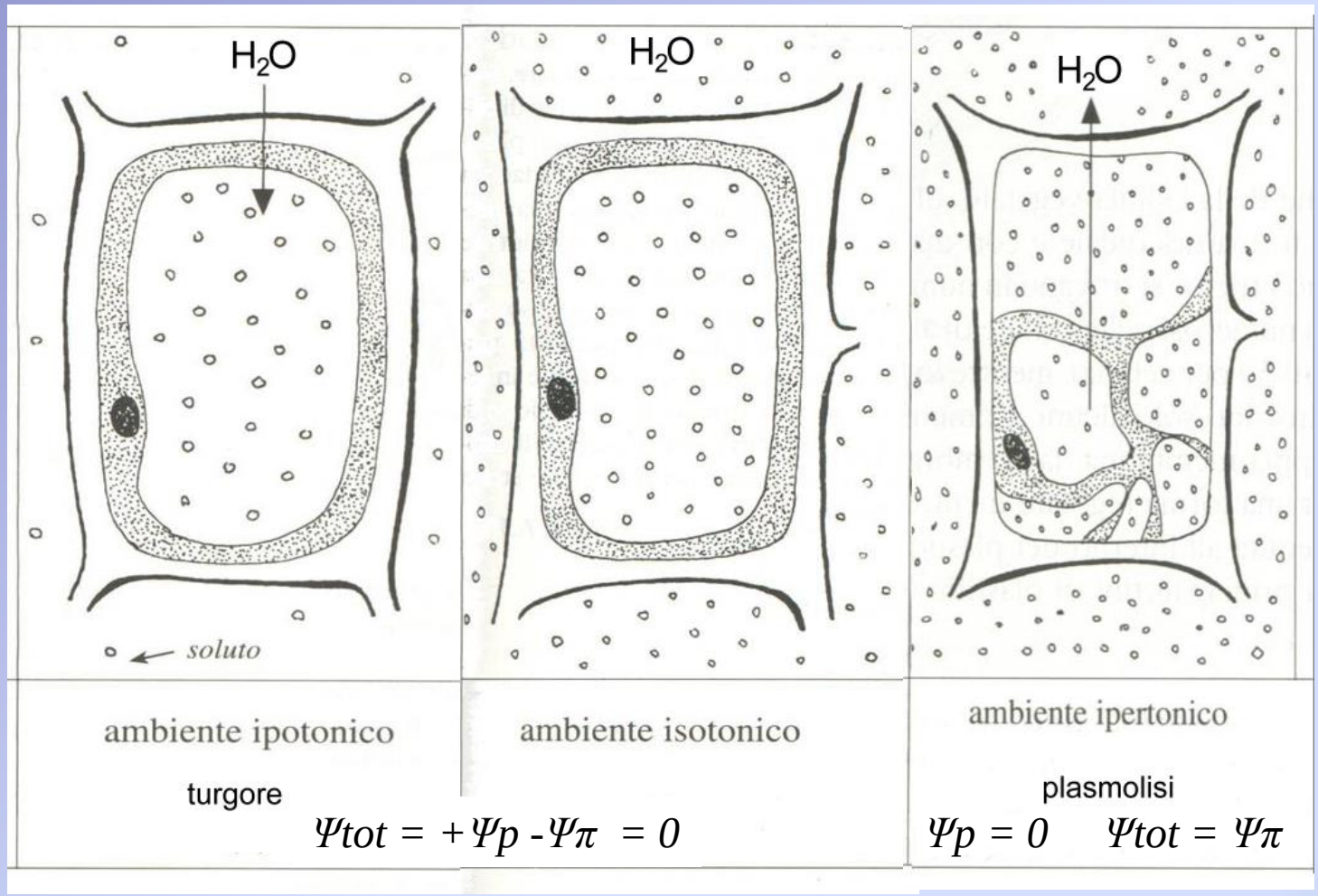
$$\Psi_{tot} = \Psi \pi + \Psi p$$

$$\Psi p = \text{da } 0{,}3 \text{ a } 2 \text{ MPa}$$

Distensione cellulare (pressione di turgore)



Distensione cellulare (pressione di turgore)

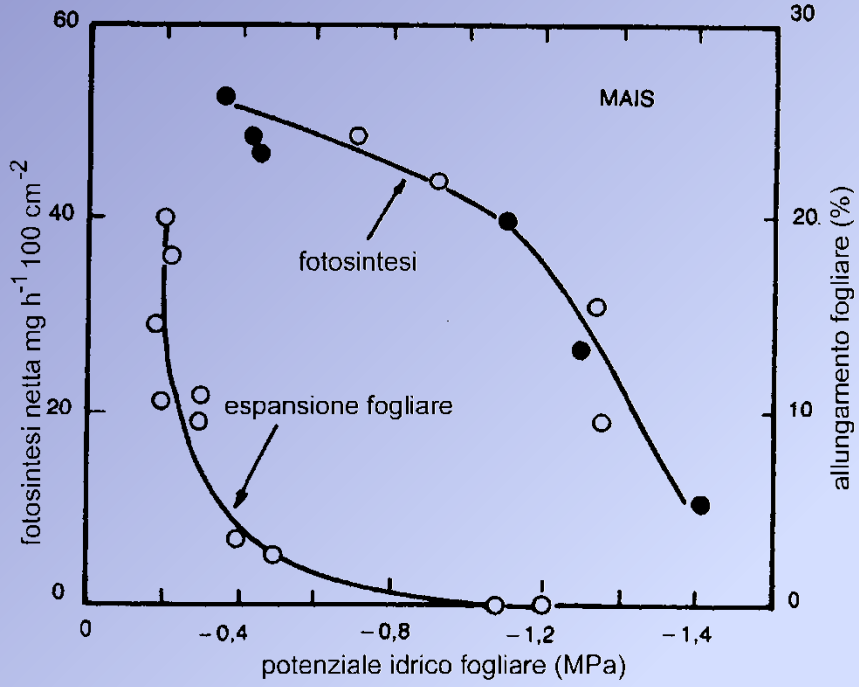


Il potenziale di turgore Oscilla da +0,5 a +2 MPa

Il potenziale di turgore oscilla da +0,3 a +0,5 MPa

Il potenziale di turgore è nullo

Distensione cellulare (pressione di turgore)

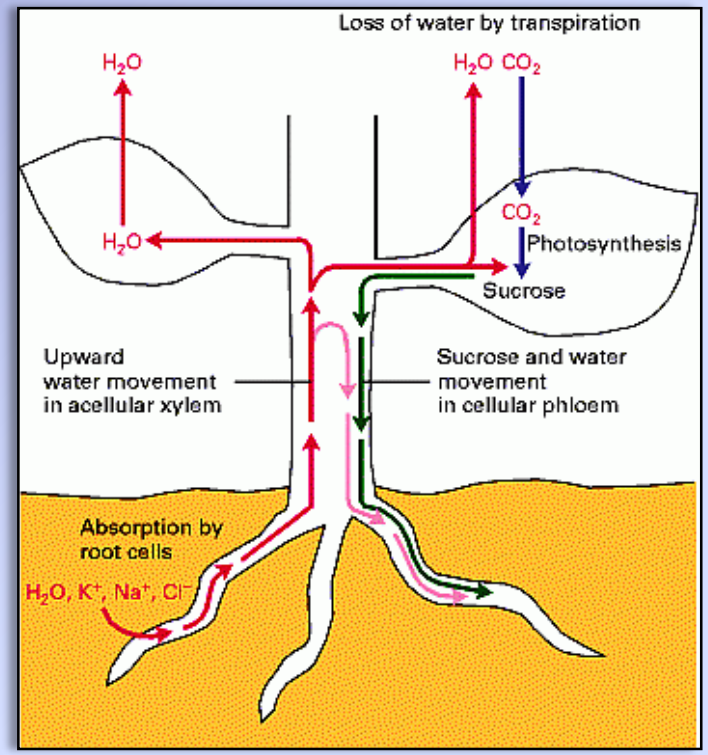


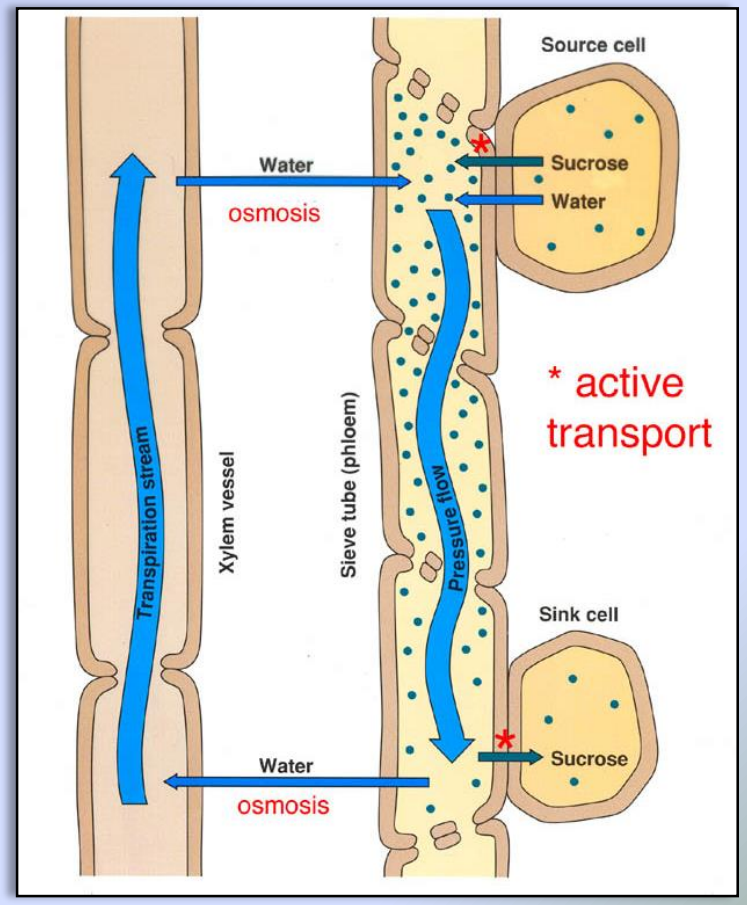
Relazione tra potenziale idrico, espansione fogliare e fotosintesi in piante di mais

Azione solvente dell'acqua

L'acqua è in grado di sciogliere un maggior numero e una maggiore quantità di sostanze rispetto a qualsiasi altro liquido

- ✓È solvente delle sostanze nutritive del terreno permettendone l'assorbimento
- ✓È veicolo degli elementi nutritivi e dei prodotti metabolici sintetizzati all'interno delle piante





ACQUA COSTITUZIONALE 1 – 1,5 g l^{-1}

Contenuto idrico di alcune parti di pianta (% del peso fresco) (Kramer, 1983)

Radici:	%	
Orzo, porzione apicale	93,0	Kramer e Wiebe, 1952
Pinus taeda, porzione apicale	90,2	Hodgson, 1953
Pinus taeda, micorriza	74,8	Hodgson,1953
Carota, parte edule	88,2	Chatfield e Adams, 1940
Girasole, sistema radicale	71,0	Wilson et al., 1953
Steli e fusti:		
Asparago, punta	88,3	Daughters e Glenn, 1946
Girasole, media steli interi	87,5	Wilson et al., 1953
Pinus banksiana	48,0-61,0	Raber, 1937
Pinus echinata, floema	66,0	Huckenpahier, 1936
Pinus echinata, legno	50,0-60,0	Huckenpahier, 1936
Pinus taeda, ramoscelli	55,0-57,0	McDermott, 1941
Foglie:		
Lattuga, foglie interne	94,8	Chatfield e Adams, 1940
Girasole, foglie in piante di 7 settimane	81,0	Wilson ai al., 1953
Cavolo, maturo	86,0	Miller, 1938
Granturco, maturo	77,0	Miller, 1938
Frutti:		
Pomodoro	94,1	Chatfield e Adams, 1940
Cocomero	92,1	Chatfield e Adams, 1940
Fragola	89,1	Daughters e Glenn, 1946
Mela	84,0	Daughters e Glenn, 1946
Semi:		
Granturco, mat. cerosa	84,8	Daughtera e Glenn, 1946
Granturco, secco	11,0	Chatfield e Adams, 1940
Orzo	10,2	Chatfield e Adams, 1940
Arachide	5,1	Chatfield e Adams, 1940

TRASPIRAZIONE

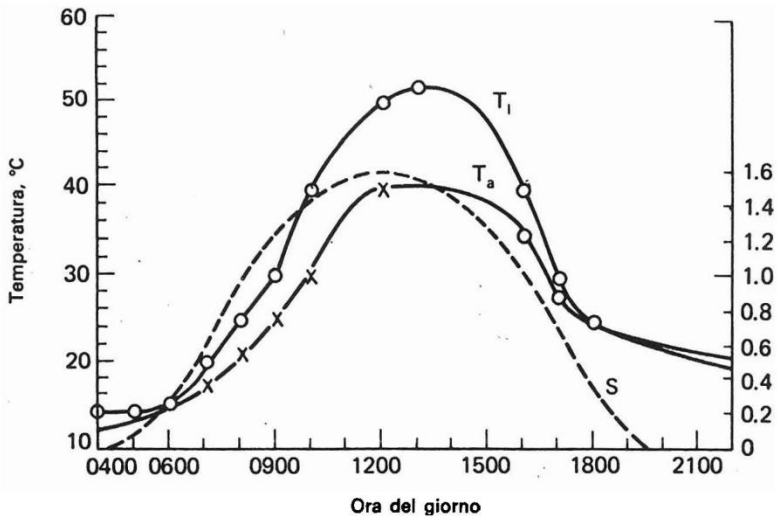
✓ TRASPIRAZIONE ⟶ Azione termoregolatrice

Evaporazione
assorbe energia

2,45 MJ kg^{-1} di acqua

586 cal g^{-1} di acqua

riduzione della
temperatura dell'aria

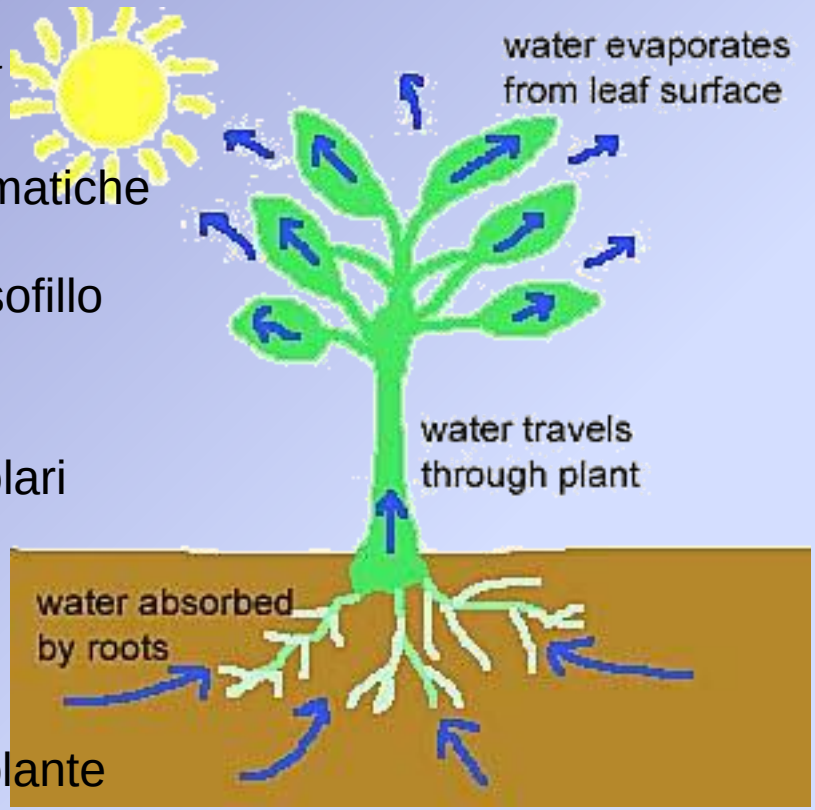


Variazioni nella radiazione solare ricevuta dalla superficie della terra (S), temperatura dell'aria (T_a) e temperatura di una foglia completamente illuminata (T_1) nel corso del giorno e della notte.

ASSORBIMENTO E RISALITA DELL'ACQUA NELLE PIANTE

Il passaggio dell'acqua all'interno della pianta è continuo

atmosfera
↑
camere sottostomatiche
↑
cellule del mesofillo
↑
tessuti vascolari
↑
radici
↑
soluzione circolante



Meccanismi della pianta per contrastare la richiesta evaporativa dell'atmosfera

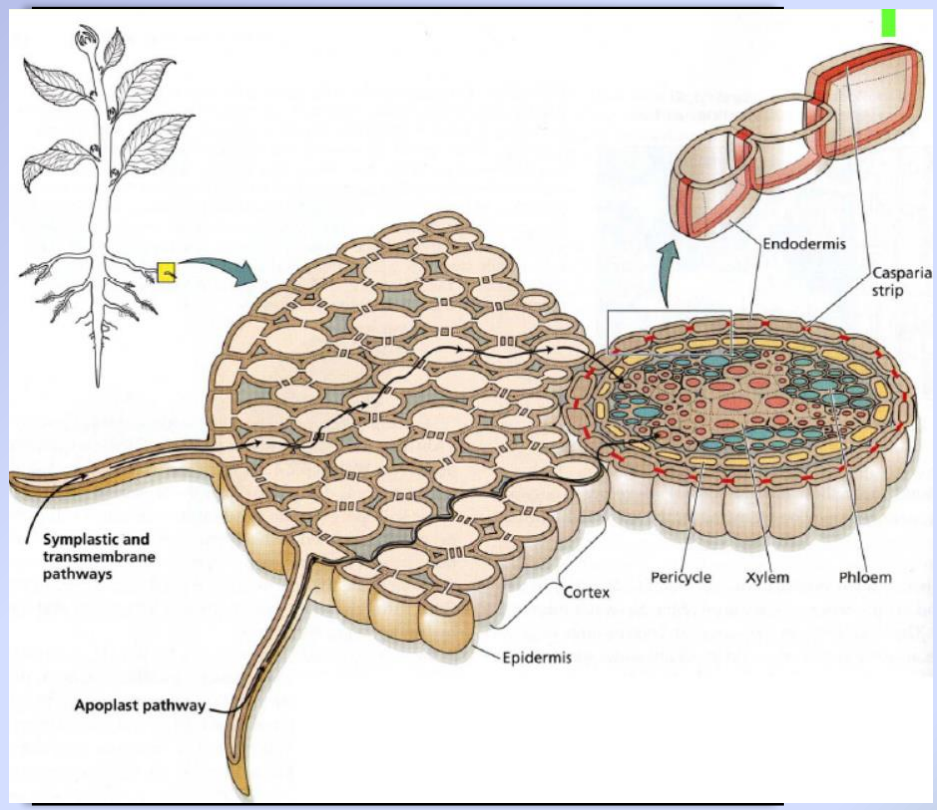
traspirazione
↓
la pianta cerca di stabilire un equilibrio (bilancio idrico)
↑
assorbimento radicale

ASSORBIMENTO E RISALITA DELL'ACQUA NELLE PIANTE

✓ l'acqua penetra nelle radici Attraverso i peli radicali (con grossi vacuoli) e si muove seguendo due vie:

1) Via apoplastica: passaggio negli spazi extracellulari

2) Via simplastica: intracellulare, attraverso il protoplasto



✓ penetra nei tessuti xilematici e si crea un flusso continuo verso l'alto: CORRENTE DI TRASPIRAZIONE → condizione essenziale la colonna d'acqua non deve subire interruzioni

meccanismo

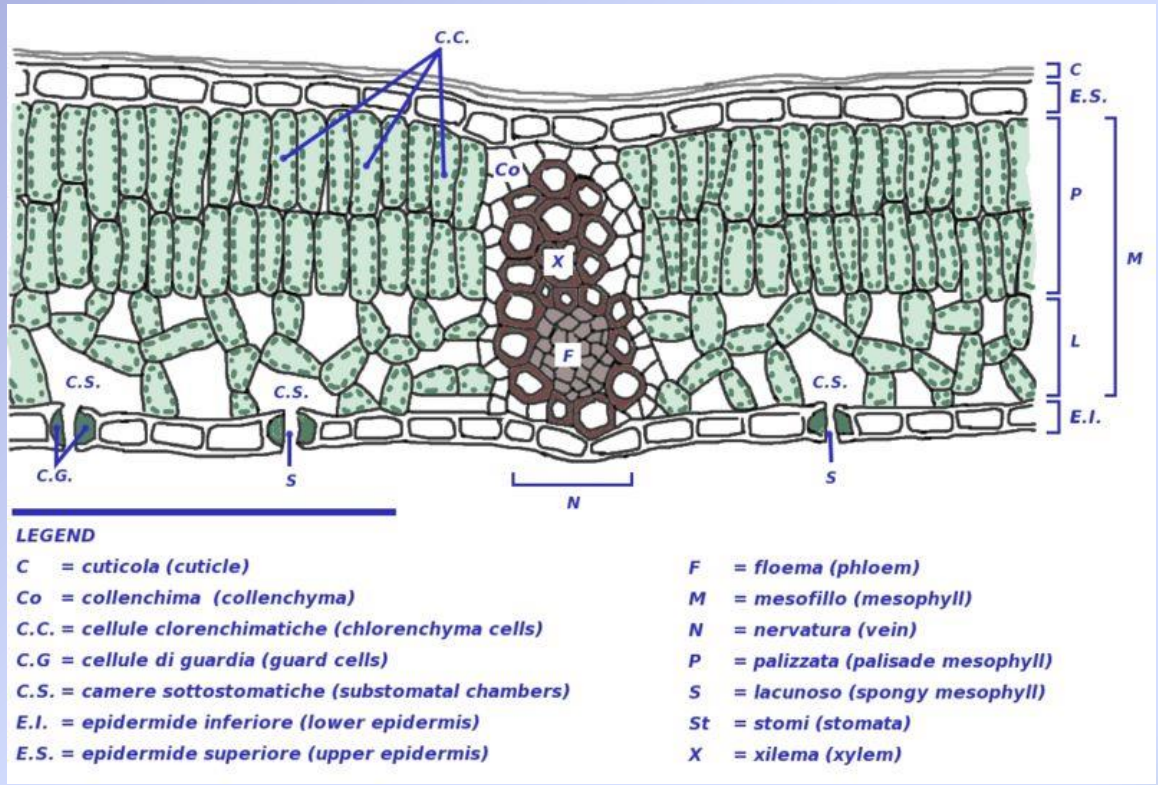
tensione idrostatica

coesione

ASSORBIMENTO E RISALITA DELL'ACQUA NELLE PIANTE

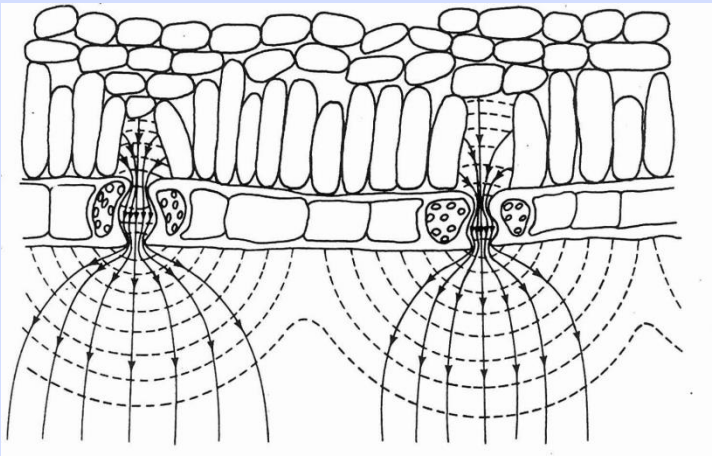
- ✓ nelle foglie fuoriesce dai fasci vascolari e si muove tra le cellule del mesofillo

  meccanismo
  adesività
  capillarità



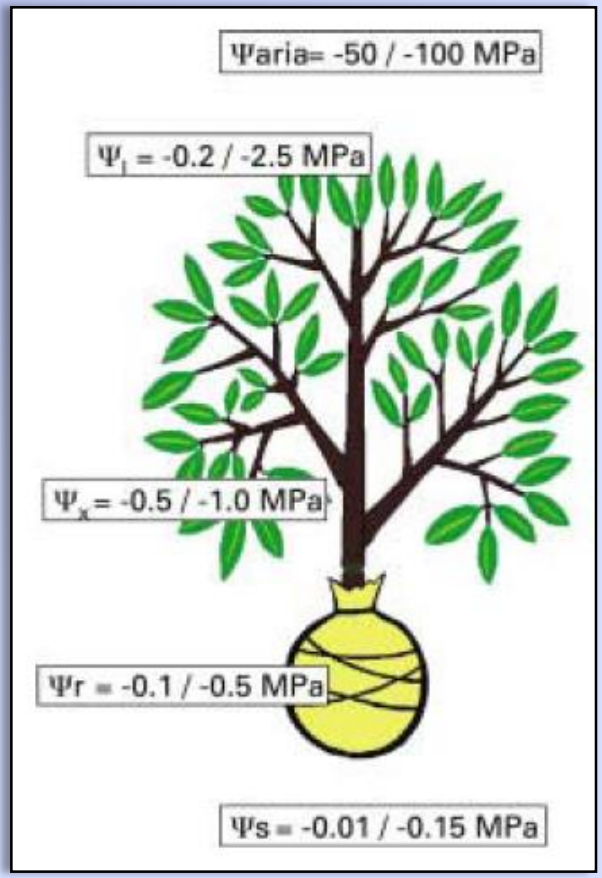
- ✓ dal mesofillo passa alle camere sottostomatiche e fuoriesce dalle aperture stomatiche

  meccanismo
  evaporazione

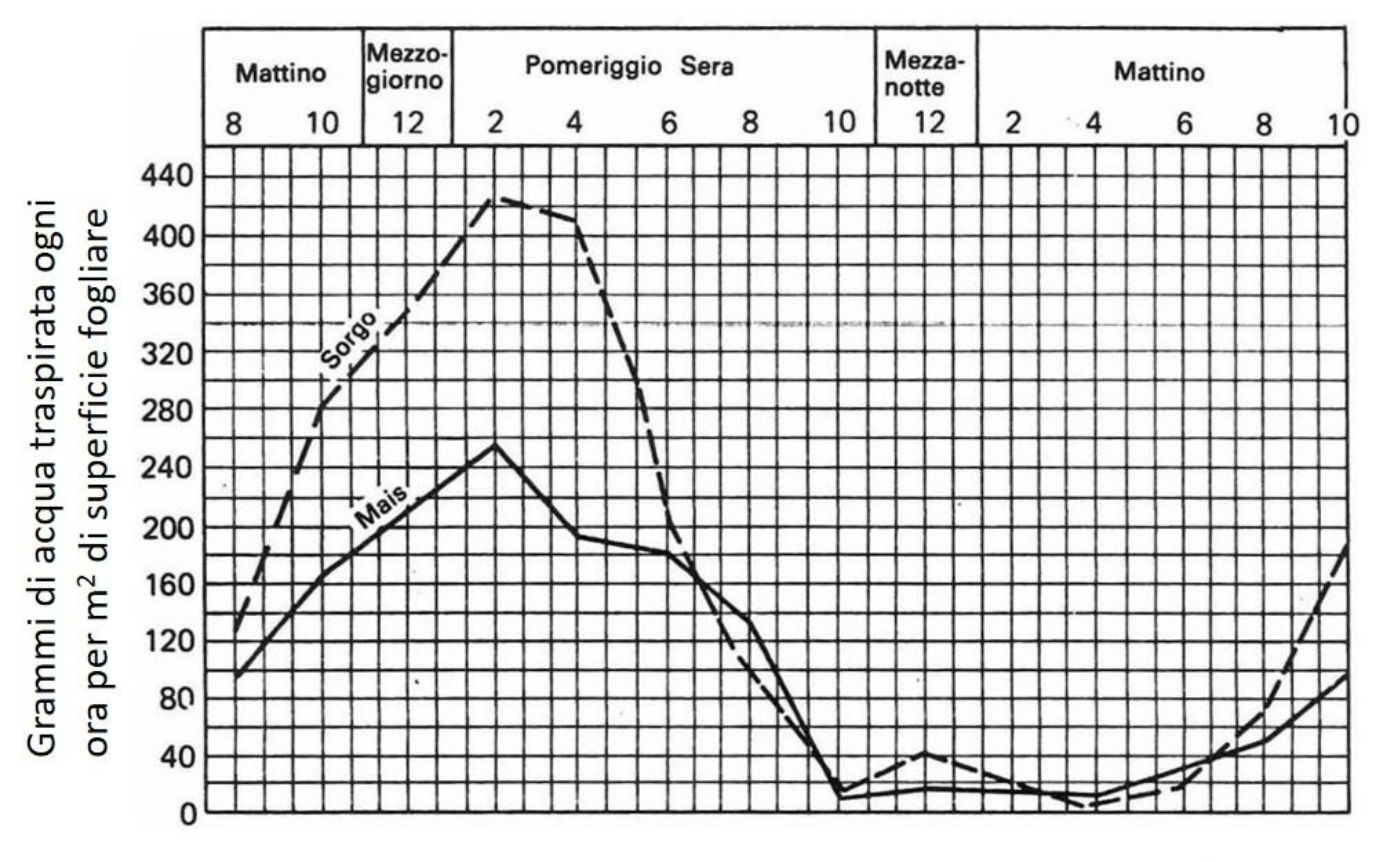


IL TRASPORTO DELL'ACQUA NEL CONTINUUM SUOLO-PIANTA-ATMOSFERA

Il gradiente di potenziale nel continuum suolo-pianta-atmosfera è la forza che guida il trasporto attraverso la pianta: il flusso idrico partirà da un punto del sistema ad alto (meno negativo) potenziale idrico a un altro punto a basso (più negativo) potenziale idrico. Normalmente il flusso seguirà la direzione dal suolo (ψ_{suolo} = -0,01 ÷ -0,15 MPa) verso l'atmosfera (ψ_{atm} = -50 ÷ -100 MPa) passando attraverso la pianta.



INTENSITÀ DI TRASPIRAZIONE



in condizioni di buon rifornimento idrico

aumenta fino alle prime ore del pomeriggio

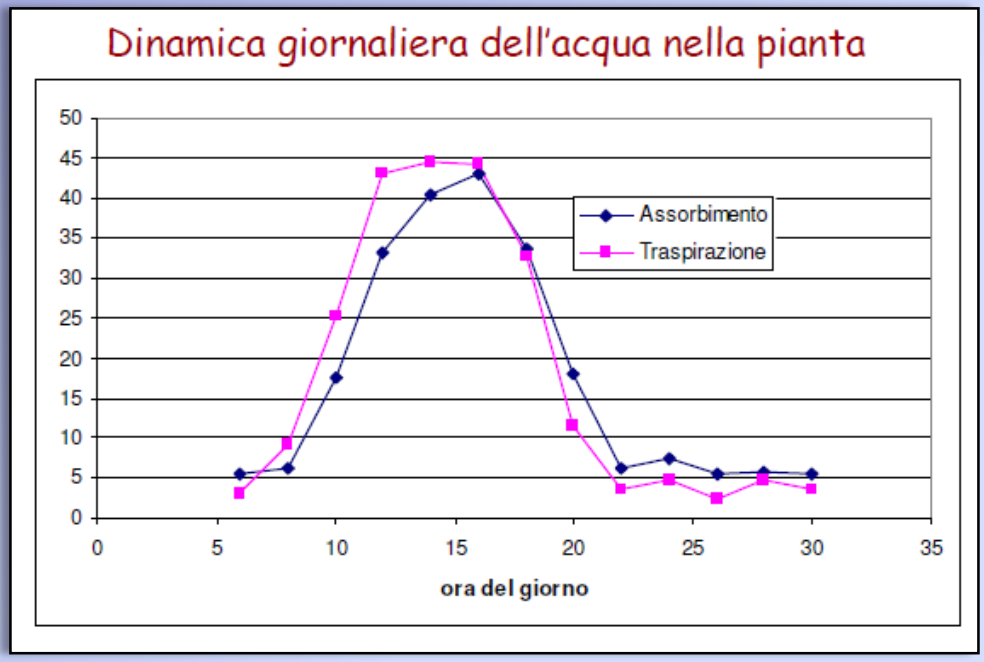
successivamente diminuisce

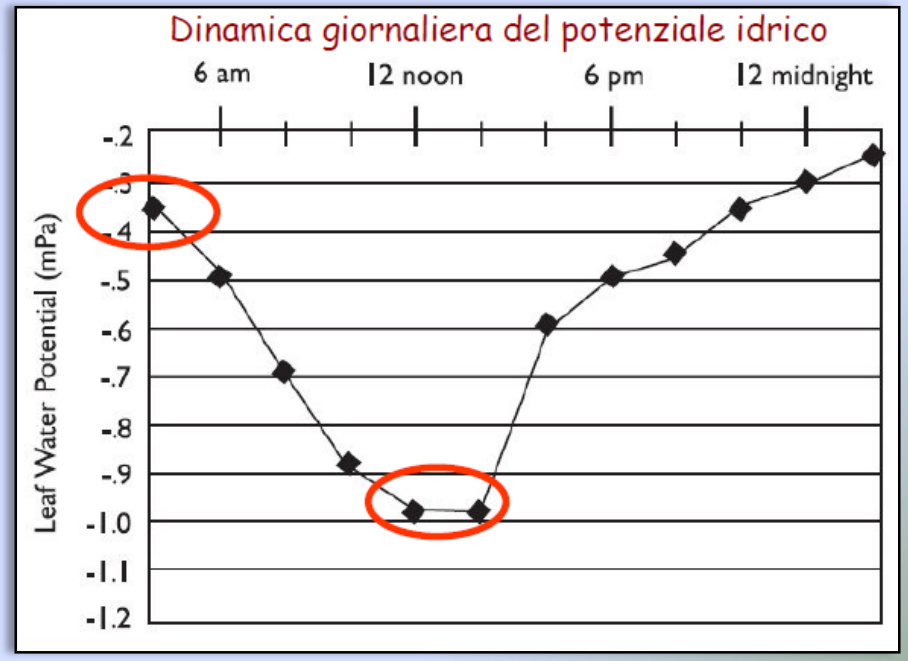
si riduce notevolmente nelle ore notturne

DINAMICA GIORNALIERA DELL'ACQUA E DEL POTENZIALE IDRICO NELLA PIANTA

Il potenziale idrico fogliare alla mattina è prossimo allo zero (*potenziale idrico di rugiada è la misura del potenziale idrico fogliare effettuata al mattino presto*), man mano che trascorre la giornata diventa sempre più negativo sino a raggiungere, in condizioni normali, valori di -0,5 MPa -0,7 MPa.

In condizioni di stress il potenziale idrico fogliare può raggiungere i -1,5 ÷ -1,7 MPa.





DEFICIT IDRICO

La traspirazione supera l'assorbimento radicale

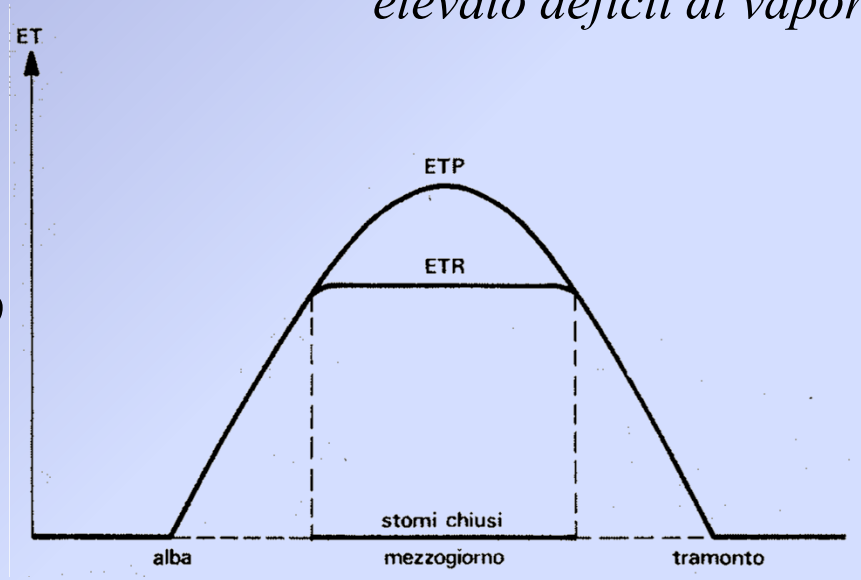
deficit idrici moderati ⟶ inevitabili

ore più calde della giornata

limitato contenuto idrico del terreno

elevato deficit di vapore nell'atmosfera

anche in condizioni di buon rifornimento idrico del suolo

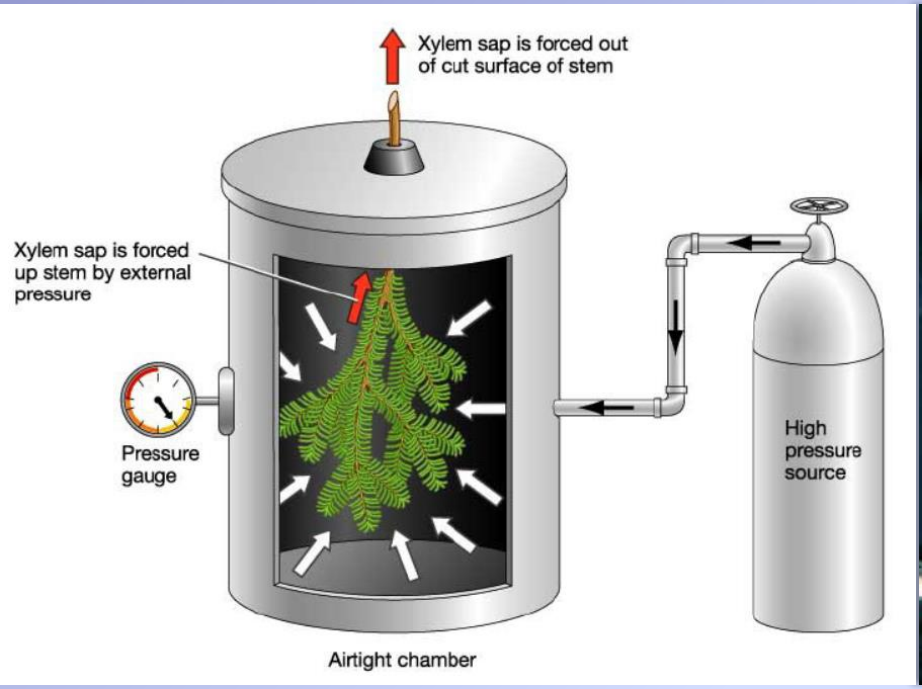


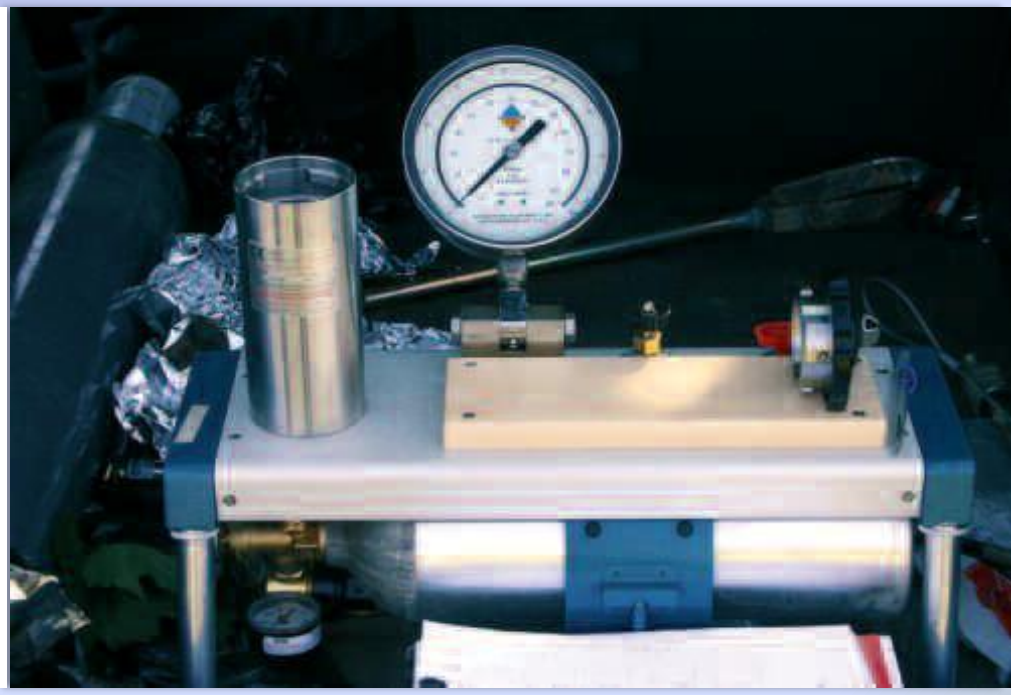
La pianta ristabilisce l'equilibrio idrico durante la notte

$$\Psi_{pianta} = \Psi_{terreno}$$

MISURA DEL POTENZIALE IDRICO NELLA PIANTA

La misura del potenziale fogliare permette di valutare lo stato idrico della pianta; si misura con apposite camere a pressione.



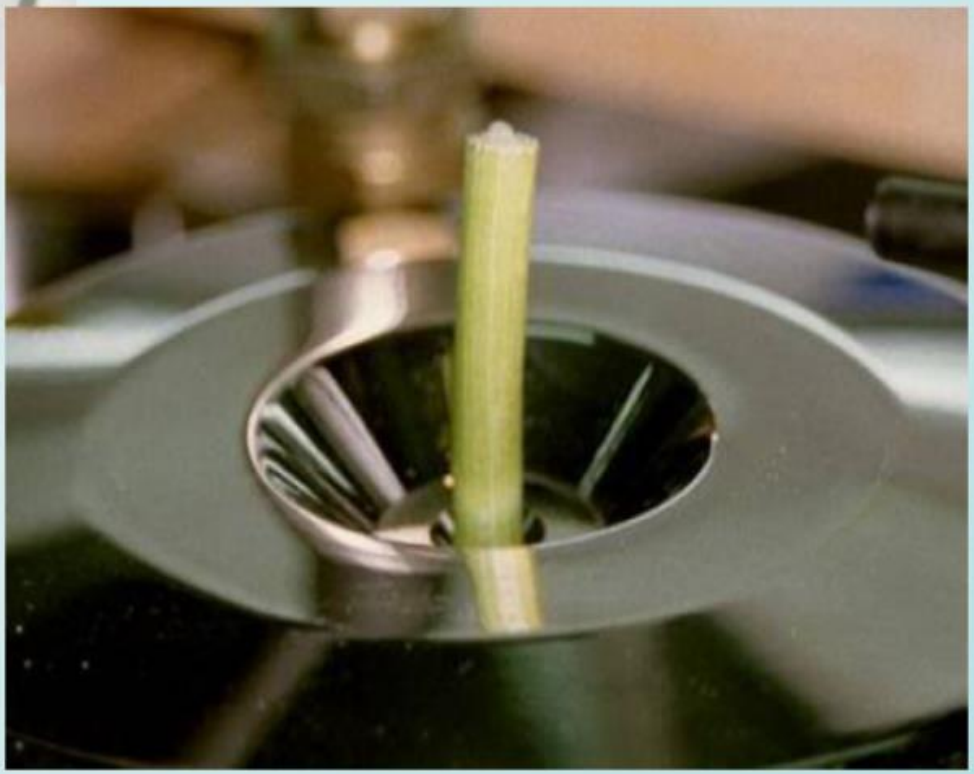


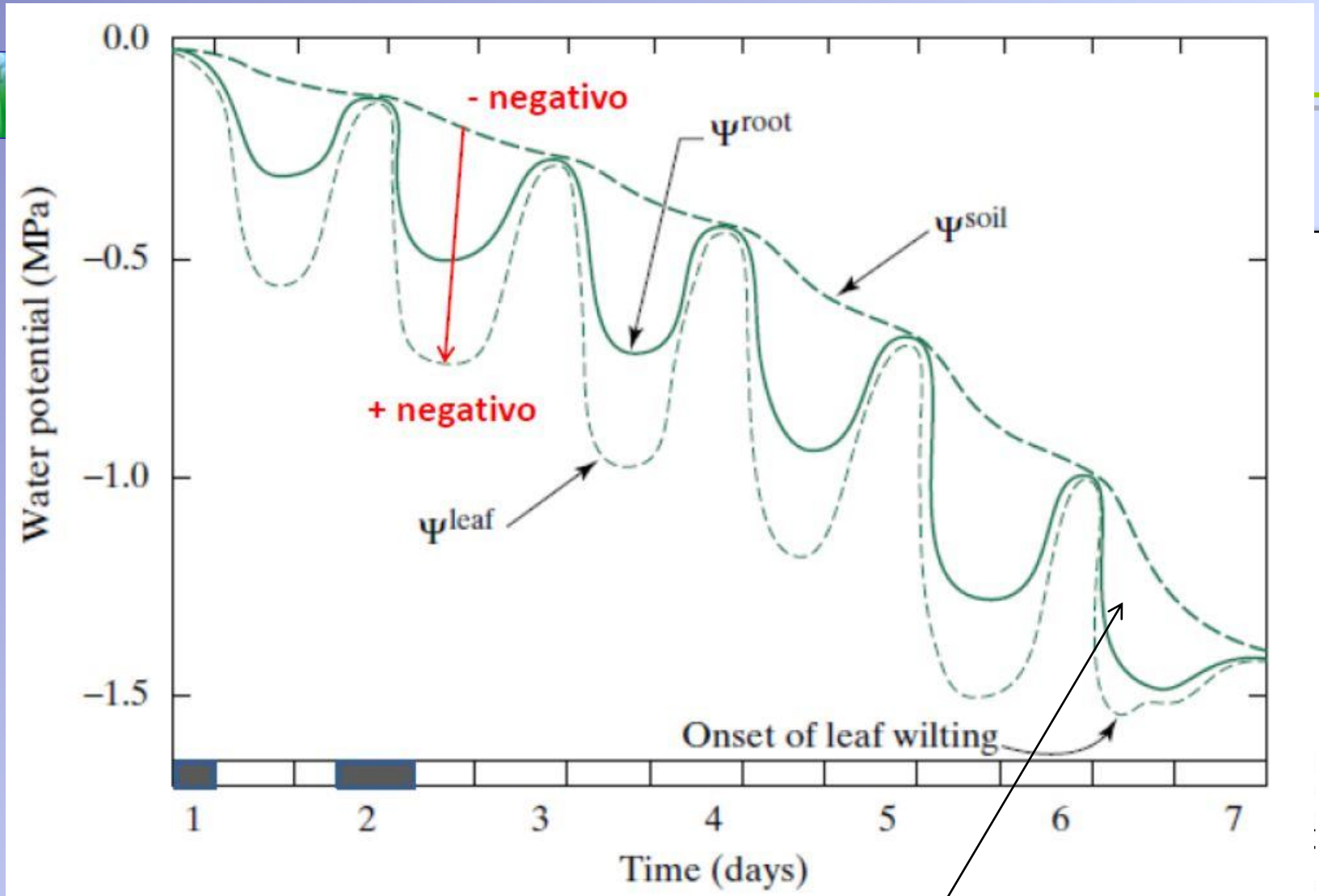
Camera di Sholander

Si tratta di una camera a pressione, munita di un apposito misuratore di pressione e collegata, durante le misure, ad una bombola contenente del gas liquido inerte ad alta pressione (in genere si tratta di azoto, non ossigeno perché danneggia i tessuti vegetali).

La pressione esercitata all'interno della camera, farà apparire acqua sulla superficie di taglio.

La pressione a cui questo avviene, viene registrata e si chiama "pressione di bilanciamento", perché controbilancia esattamente la tendenza dell'acqua ad entrare e a rimanere all'interno delle cellule.





Schematic representation of daily changes in the water potentials in the soil, a root, and a leaf of a plant in an initially wet soil that dries over a 1-week period for a rapidly draining sandy soil. Ψ^{soil} is the water potential in the bulk soil, Ψ^{root} is that in the root xylem, and Ψ^{leaf} is the value in a mesophyll cell. Shaded regions indicate night. [Adapted by permission from Slatyer (1967).].

CONSEGUENZE DEL DEFICIT IDRICO

Modificazioni anatomiche

Ridotta distensione cellulare
Organi di dimensioni ridotte
Cuticola spessa
Lignificazione precoce dei tessuti

Modificazioni dello sviluppo

Accorciamento del ciclo *drought escape*
Compromissione di germinazione, impollinazione, fecondazione, granigione, ecc..
Cascola di foglie, fiori, frutti, ecc..

Modificazioni metaboliche

Ridotta assimilazione netta
Aumento della concentrazione di alcuni composti
saccarosio (barbabietola), nicotina (tabacco), glutine (frumento), ecc.
Ostacolo della sintesi proteica
accumulo di nitrati nei tessuti

RIDUZIONI DI RESA DOVUTE AL DEFICIT IDRICO

Specie a sviluppo indeterminato

Con ritmo di crescita continuo
Coltivate per l'intera biomassa
alberi da legno – foraggere – barbabietola – ecc.

Perdite di resa proporzionali al deficit (effetto additivo dello stress)

$$\frac{ETR}{ETP} = \frac{80 + 50 + 90}{80 + 100 + 120} = \frac{220}{300} = 0{,}73$$

Specie a sviluppo determinato

Ciclo biologico con una serie di fasi consecutive
Fasi dipendenti l'una dall'altra con formazione di organi riproduttivi
alberi da frutto – colture da granella – ecc.

Perdite di resa più che proporzionali al deficit (effetto moltiplicativo dello stress)

$$\frac{ETR}{ETP} = \frac{80 \times 50 \times 90}{80 \times 100 \times 120} = \frac{360.000}{960.000} = 0{,}37$$