Fisiologia: disciplina che studia i processi chimici e fisici che si verificano negli organismi viventi, durante lo svolgimento delle funzioni biologiche.

Per **funzione** si intende un insieme di atti coordinanti volti al raggiungimento di un risultato, quindi significa che l'organismo vegetale presenta delle funzioni, anche diverse tra l'oro, che non rimangono slegate le une alle altre ma si coordinano all'unisono per raggiungere un certo obbiettivo. Al fine di comprendere questi funzionamenti si studiano processi sia fisici che chimici (biochimica vegetale).

"l'insieme di tutti gli atti coordinati volti al raggiungimento di un risultato ben definito e di un effetto utile"

Le funzioni fondamentali delle piante sono:

- Processo di nutrimento della pianta
- Processo fotosintetico
- Sintesi di sostanze organiche (zuccheri ed amminoacidi) per mezzo di reazioni enzimatiche
- Sviluppo della pianta
- Riproduzione della pianta
- Risposta della pianta all'ambiente circostante -> *stress fisiologico* = adattamento fisiologico della pianta all'ambiente

N.B.: Alcuni di questi processi prevedono il coinvolgimento dei fitormoni, ovvero degli ormoni vegetali, senza i quali determinati fenomeni possono avvenire in maniera più lenta o non avvenire.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

ACQUA E CELLULE VEGETALI

L'**acqua** è essenziale per la vita. A livello degli organismi viventi (facendo riferimento al peso fresco) è il componente fondamentale, in particolare nelle piante la H_2O% presente varierà in funzione della tipologia della pianta presa in considerazione. All'interno della pianta stessa la distribuzione dell'acqua cambia:

- Massa cellulare dei vegetali (vacuoli) -> 85-95%
- Tessuti in accrescimento quindi tessuti che presentano una elevata attività metabolica (fondamentalmente biochimica) -> 80-95% (fonte consistente di acqua)
- Legno primaverile, con attività di trasporto xilematico -> 37-75%
- Semi (organismo quiescente) -> 5-15%

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

L'**acqua**:

- Solvente utile per le reazioni chimiche cellulari e lo spostamento di molecole o ioni all'interno delle radici;
- Ha la capacità di influenzare le proprietà delle macromolecole (proteine, cellulosa...);
- Partecipa alle reazioni chimiche quali idrolisi;
- Serve alla pianta per dissipare il calore aumentando il calore specifico oppure attraverso il suo passaggio di stato in vapore (calore latente di evaporazione);
- È il fattore più limitante per la produzione agricola per via dell'irrigazione.

ATTENZIONE -> per il 100% dell'acqua che entra nelle piante però:

- Il 97% viene persa per evaporazione;
- Il 2% viene usata dalla pianta per la sua crescita;
- L'1& viene consumata nelle reazioni biochimiche quali fotosintesi ed altri processi metabolici.

N.B.: La disponibilità dell'acqua nel mondo dipende dalla posizione del terreno nel globo e dalla distribuzione stagionale delle precipitazioni.

Nel caso in cui l'acqua non sia sufficientemente disponibile la pianta soffre di stress idrico, fenomeno molto indagato in fisiologia vegetale con il fine di riuscire ad individuare quali piante sono capaci di adattarsi alle condizioni di carenza di acqua e nello specifico in quali stadi del ciclo vitale della pianta è presente questo vantaggio. Piante tolleranti allo stress idrico sono favorevolmente utilizzate in specifiche zone con carenza di acqua, in caso contrario si fa uso della genetica agraria. Particolare importanza in questo ambito la assumono le 'resurrection plant' ovvero piante con la capacità di recuperare il loro stato vitale normale attraverso piccole quantità d'acqua.

L'**acqua** presenta numerose <u>proprietà</u>:

- Punto di ebollizione molto alto;

- Volume molare piuttosto basso;
- Calore specifico elevato con un minimo a 35°C;
- Viscosità che presenta un minimo alle alte pressioni;
- È una sostanza anfotera, ovvero capace di comportarsi sia da acido che da base;
- *Coesione*: capacità di attrazione tra le molecole grazie alla formazione di legami idrogeno tra le molecole -> questo permette l'organizzazione ordinata dell'acqua e la vicinanza delle molecole tra di loro;
- *Adesione*: attrazione delle molecole da parte di una fase solida -> questa conferisce la capacità di arrampicare lungo la parete del contenitore e provoca la formazione nella parte superiore della colonna dell'acqua una figura ad U denominata menisco (sup. idrofiliche: angolo di contatto > 90° - sup. idrofobiche: angolo di contatto < 90°);
- *Tensione*: capacità di resistere a forze di trazione.

N.B.: le forze di coesione tra le molecole di un liquido sono responsabili del fenomeno detto *tensione superficiale*, questa fa sì che le molecole di acqua all'interfaccia con l'aria sono maggiormente attratte dalle altre molecole di acqua che non nella fase gassosa.

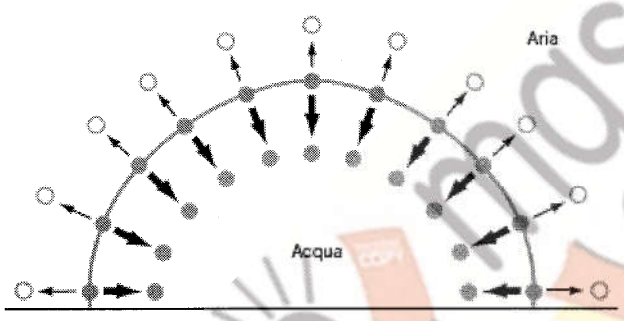


FIGURA 10.3 Dimostrazione schematica della tensione superficiale in una goccia d'acqua. Le attrazioni intermolecolari tra molecole di acqua vicine (frecce più grosse) sono più grandi delle attrazioni tra l'acqua e l'aria (frecce più sottili), e tendono quindi ad attirare le molecole d'acqua alla superficie verso la zona centrale del volume di acqua.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

-> le proprietà di coesione, adesione e tensione superficiale in combo fanno sì che l'acqua possa risalire per *capillarità*!!

Di conseguenza, all'interno della pianta, nello xilema l'acqua riesce ad arrivare agli organi superiori contro gravità grazie alla partecipazione della proprietà di capillarità: sia l'adesione che la coesione delle molecole di acqua producono una forza denominata *azione capillare*!! Ma questo non basta per risalire i vasi (ricorda BioVeg)

Il movimento dell'acqua avviene secondo le leggi di termodinamica e può avvenire per:

- DIFFUSIONE ovvero secondo gradiente di concentrazione, movimento più comune adeguato al trasporto a breve distanza, di tipo passivo semplice che determina un movimento netto di molecole dalle regioni di alta concentrazione verso quelle a bassa concentrazione ed è causato dal movimento casuale delle molecole di acqua per mezzo di agitazione termica;

- FLUSSO SI MASSA ovvero secondo gradiente di pressione, trasporto a lunga distanza dove un gruppo di molecole (non solo il solvente ma tutta la soluzione) si muovono insieme in risposta a un gradiente di pressione nello specifico il movimento avviene da una pressione più alta ad una più bassa;
- OSMOSI ovvero secondo gradiente di potenziale idrico, è il movimento dell'acqua attraverso una membrana selettivamente permeabile (cambio di volume dei due compartimenti – responsabile del turgore cellulare), è mediata dalla diffusione e dal flusso di massa.

La *velocità di diffusione* varia a seconda della sostanza coinvolta e si mantiene fino a quando non è raggiunto l'equilibrio, è regolata secondo la LEGGE DI FICK che misura quanto facilmente una sostanza si muove attraverso un mezzo!!

Pressione osmotica

(π): pressione che deve essere applicata ad una soluzione per controbilanciare la diffusione dell'acqua verso la soluzione più concentrata.

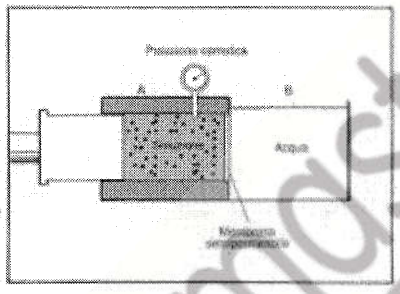


FIGURA 3.5. Rappresentazione schematica della definizione di pressione osmotica. Quando la pressione idrostatica applicata alla soluzione del compartimento A è uguale alla pressione osmotica di quella soluzione, non avviene alcun flusso netto di acqua attraverso la membrana.

MASTER COPY
Tel. 050 831 2126
Cell. 388 9837745
COPISTERIA

Il concetto di *potenziale idrico* esprime la disponibilità generale di acqua (stato idrico) all'interno della pianta e descrive la direzione del flusso idrico attraverso le membrane cellulari e i tessuti e gli organi della pianta, nello specifico l'acqua si muove dai punti di alto potenziale verso i punti di basso potenziale. *Dal punto di vista* fisico il potenziale idrico è un lavoro richiesto per muovere l'acqua fino al raggiungimento del suo stato libero puro ed è correlato al potenziale chimico (potenziale idrico = potenziale chimico/volume parziale molare).

Il *potenziale chimico* è energia libera, ovvero energia disponibile per compiere un lavoro, per mole di una data sostanza [joule/mol]; legata al *potenziale elettrochimico*.

Ψ = energia libera per unità di volume (J mol^{-3}), equivalenti ad unità di pressione (MPa)
= energia per spostare l'acqua da un punto ad un altro

Potenziale idrico (Ψ_w)

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Potenziale chimico dell'acqua diviso il volume parziale molare dell'acqua

$$\frac{\mu - \mu_o}{\overline{V}} = \frac{RT \ln a}{\overline{V}} + \frac{P\overline{V}}{\overline{V}} + \frac{mgh}{\overline{V}} = \Psi_w$$

Il potenziale idrico è l'energia per unità di volume necessaria per trasportare l'acqua a T costante da un punto del sistema al punto di riferimento

E' una misura dell'energia libera dell'acqua rispetto all'energia libera dell'acqua pura

Potenziali idrici sono la differenza tra lo stato energetico dell'acqua pura (il potenziale elettrochimico dell'acqua pura è 0!!!) e quella in considerazione nella pianta -> L'acqua nella pianta ha un'energia inferiore all'acqua pura in quanto al suo interno sono sempre presenti dei soluti, pertanto il Potenziale idrico ha un valore negativo!!

R.B.: Potenziale idrico delle piante si esprime con unità di pressione = megapascal (MPa)

L'acqua si muove secondo il gradiente di potenziale idrico riducendo la propria energia libera	$\Psi_{\text{iniziale}} > \Psi_{\text{finale}}$

Ψ dipende dalla pressione, temperatura, presenza di soluti e forza di gravità!! E il potenziale idrico della pianta può essere suddiviso nelle sue componenti:

$$\Psi_w = \Psi_p + \Psi_\pi + \Psi_m + \Psi_g$$

Ψ_w = potenziale idrico totale dell'acqua
Ψ_p = potenziale di pressione op. potenziale di turgore
Ψ_π = potenziale osmotico (det. Dall'equazione di van't Hoff)
Ψ_m = potenziale di matrice (correlata alla presenza di macromolecole)
Ψ_g = potenziale gravitazionale (si prende in considerazione solo per piante L>30m)

Il *potenziale osmotico* fa riferimento alla quantità di soluti che sono presenti nella soluzione acquosa, e quindi dai soluti disciolti in soluzione come gli ioni, infatti il potenziale osmotico è un valore che si ricava dalla misurazione dell'attività ionica della soluzione. Il suo valore è sempre negativo perché: gli ioni, nel mezzo acquoso, tendono a "sequestrare" l'acqua diminuendone dunque la concentrazione -> il potenziale idrico dell'acqua è correlato alla concentrazione di molecole di acqua presenti nella soluzione; quando sono disponibili meno molecole, per via del potenziale osmotico, il potenziale idrico diminuisce. Maggiore è la quantità di soluti presenti in soluzione all'interno della cell maggiore sarà la quantità di acqua che tenderà ad entrare per equilibrare la [soluti] presenti all'interno della cellula