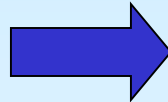


Perché cominciare con l'Acqua ??

- E' cruciale per la pianta **STRUTTURALMENTE** e **FUNZIONALMENTE**
- Le relazioni idriche hanno guidato l'**EVOLUZIONE** delle piante
- Le relazioni idriche sono fondamentali per la **CRESCITA** e le **FUNZIONI** delle piante

L'Acqua

L'acqua è
fondamentale per la
vita della cellula



Il protoplasma dà segnali di vita solo quando è fornito di acqua, se questa è assente, non necessariamente muore, ma entra in uno stato inattivo "ANABIOTICO" nel quale i processi sono sospesi

L'acqua è un elemento fondamentale per la vita delle piante

Per ogni grammo di sostanza organica formata dalle piante sono assorbiti circa 500 grammi di acqua dalle radici, trasportati attraverso il fusto e persi nell'atmosfera



L'acqua costituisce la maggior parte della massa cellulare vegetale

Il contenuto di acqua nelle piante varia in relazione alla specie, all'età della pianta, agli organi e ai tessuti vegetali considerati

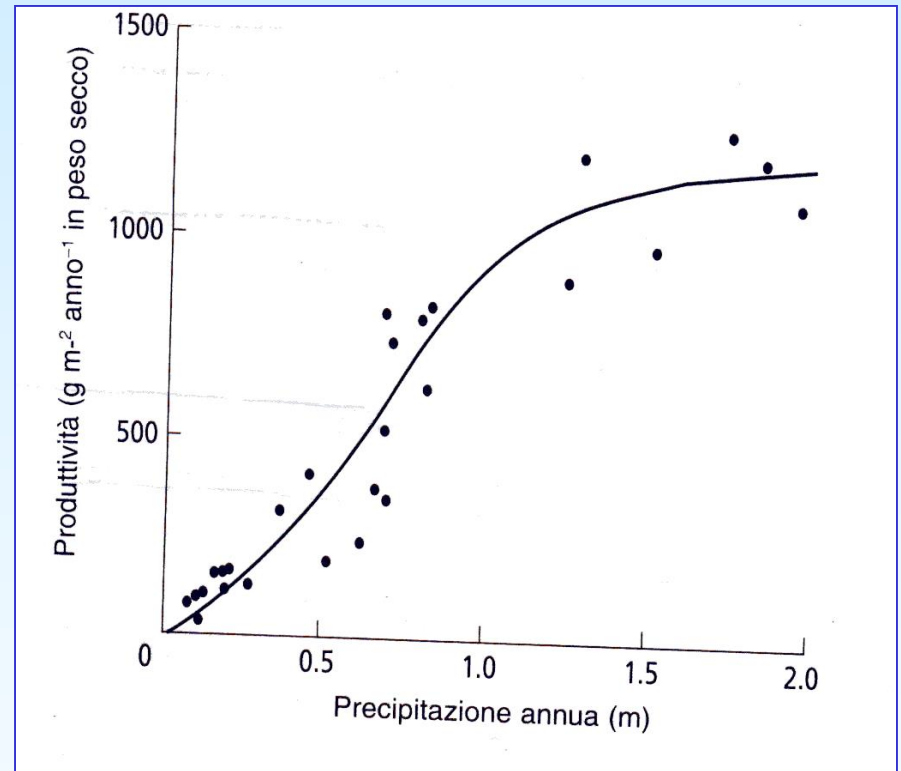
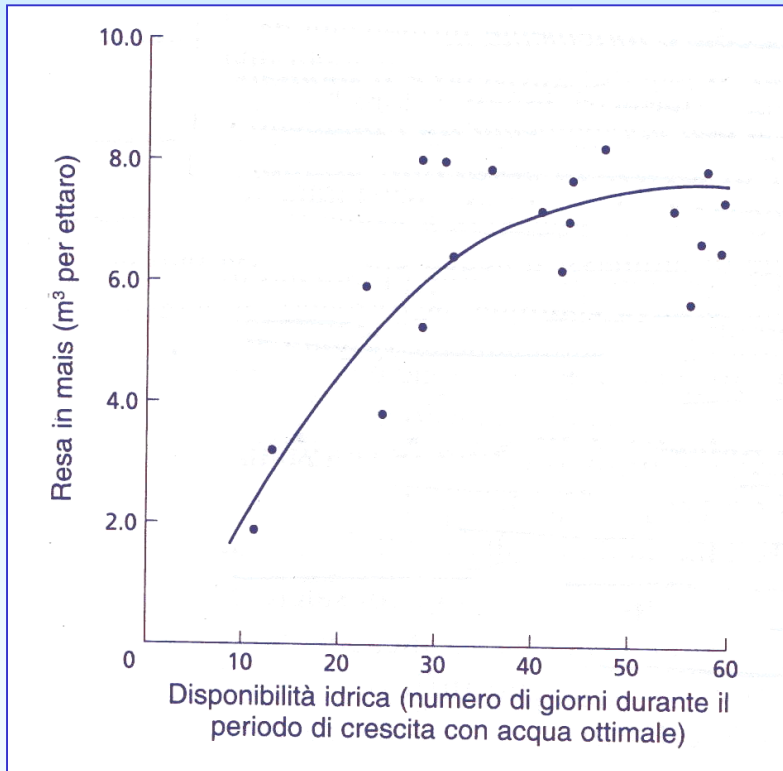
• Protoplasma	75-90%
• Organuli cellulari (mitocondri-cloroplasti)	50%
• Frutti	85-90%
• Foglie	80-90%
• Radici	70-95%
• Legno primaverile	35-75%
• Tessuti in accrescimento	80-95%
• Semi maturi	10-15%
• Semi con grosse quantità di grassi	5-7%

 Sono sicuramente tra i tessuti vegetali più secchi, ma per germinare devono assorbire una quantità considerevole di acqua

Qual' è il ruolo dell'acqua nelle piante?

- È il solvente più importante per sali inorganici, zuccheri ed anioni organici
- Influenza pesantemente le strutture molecolari, quali le membrane cellulari, le proprietà delle proteine, degli acidi nucleici, dei polisaccaridi e di altri componenti cellulari
- È il mezzo in cui avvengono tutte le reazioni biochimiche cellulari
- È il mezzo in cui avvengono reazioni chimiche essenziali come quelle coinvolte nell'idrolisi e nella disidratazione
- È il mezzo attraverso il quale gli elementi minerali vengono assorbiti, traslocati e rimobilizzati
- È un elemento fondamentale per il processo fotosintetico
- E' la forza guida per la germinazione, la crescita
- *E molti altri.....*

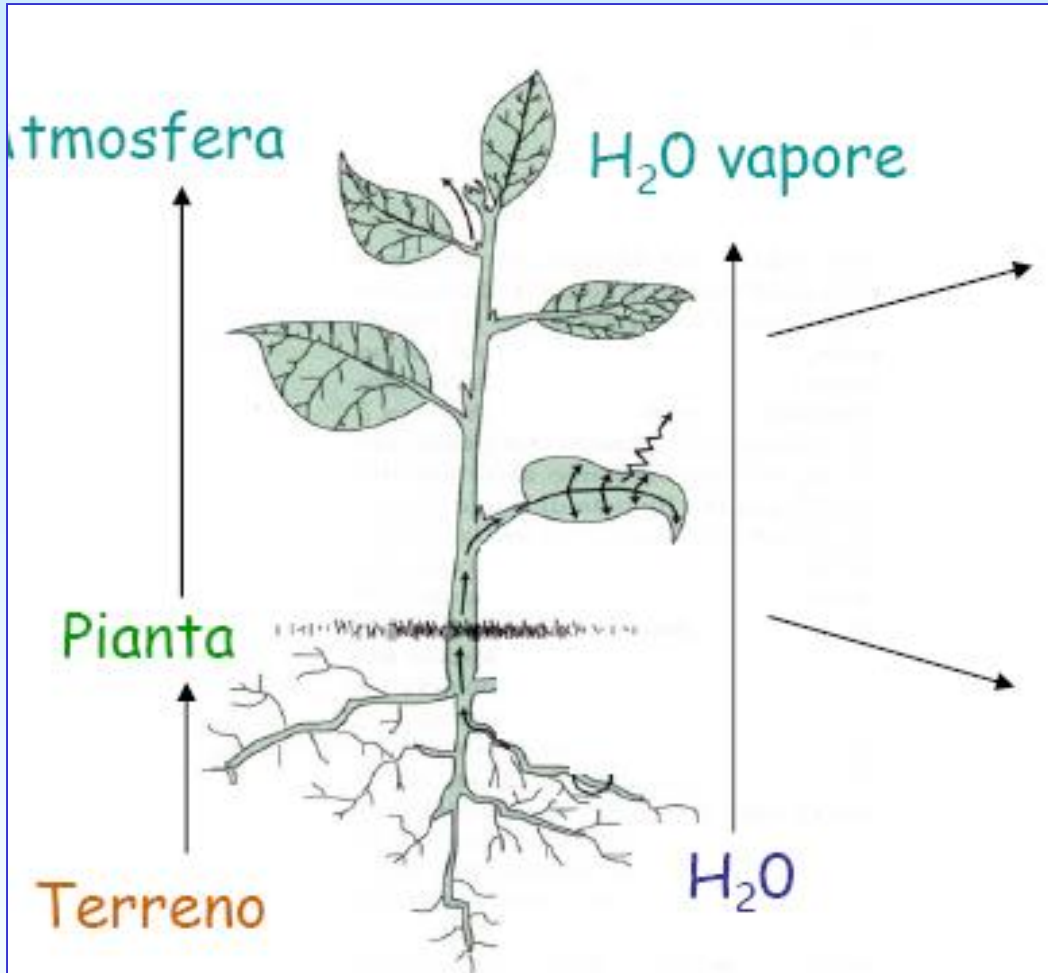
La disponibilità idrica limita la produttività degli agroecosistemi e degli ecosistemi naturali



L'H₂O è necessaria per un'elevata resa produttiva

La crescita vegetativa e produttiva dipende dall'H₂O

Nelle piante, l' H_2O rappresenta un "ospite momentaneo"



La parte aerea perde continuamente H_2O

Water relations
○
Relazioni idriche

La parte radicale deve continuamente recuperarla

Processi fondamentali per la sopravvivenza



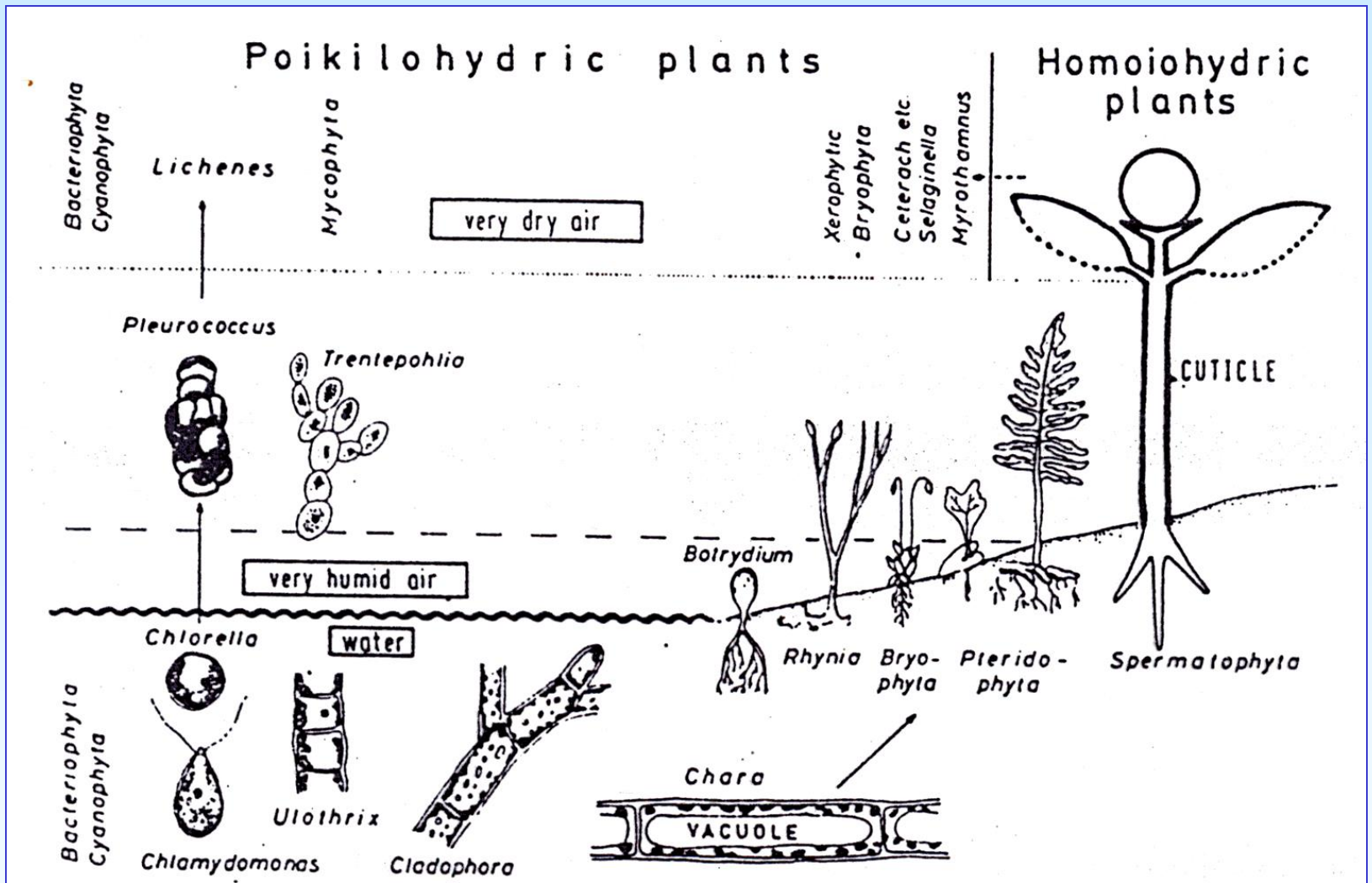
- Assorbimento
- Conduzione
- Traspirazione

Il problema di mantenere il contenuto in H₂O

■ **Table 2.2.1.** Water use and resources acquisition (CO₂ in plants and O₂ in animals) at 20 °C and 50% relative humidity and taking into account the diffusability of gases which depends on their molecular weight. A human with a body temperature of 36.6 °C acts as an example for the animal kingdom

	Plants		Human	
	CO ₂	H ₂ O	O ₂	H ₂ O
Concentration (ppm)				
– in the atmosphere	350	12000	210000	12000
– in the mesophyll or in breathed air	250	24000	160000	62000
Gradient	100	12000	50000	50000
Relationship between H ₂ O/CO ₂ or H ₂ O/O ₂		192		13

Per una mole di CO₂ catturata per la fotosintesi, circa 200 moli di acqua andrebbero perse

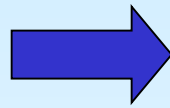


Le relazioni idriche hanno guidato l'evoluzione delle piante

Peciloidriche

- Il loro contenuto di H_2O è dovuto all'umidità dell'ambiente circostante

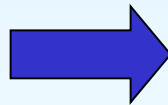
In condizioni di assenza di H_2O



- Le cellule, che mancano di vacuolo, si restringono uniformemente, non si altera la fine struttura protoplasmatica
- Le funzioni metaboliche (fotosintesi, respirazione) vengono gradualmente sopresse

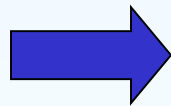
La cellula rimane vitale

In presenza di sufficiente quantità di H_2O



La cellula riassume la sua normale attività metabolica e l' H_2O viene riassunta rapidamente anche in pochi minuti e in poco tempo la cellula si rigonfia

Il range di quantità di H_2O è specie-specifico



Definisce il range di distribuzione delle varie specie

Omoioidriche

Vacuolo

+

Cuticola

+

stomi

+



**Esteso apparato radicale
deputato all'assorbimento di H₂O**

**Controllo adeguato di H₂O, il protoplasma
può essere mantenuto in uno stato attivo
anche durante variazioni di umidità**

**Ciò ha reso le piante capaci di coprire
anche vaste aree e sufficientemente
capaci di produrre fitomassa da coprire i
continenti**

**Grani pollinici ed embrioni nei semi sono considerati
stadi poichiloidrici di piante omoioidriche**

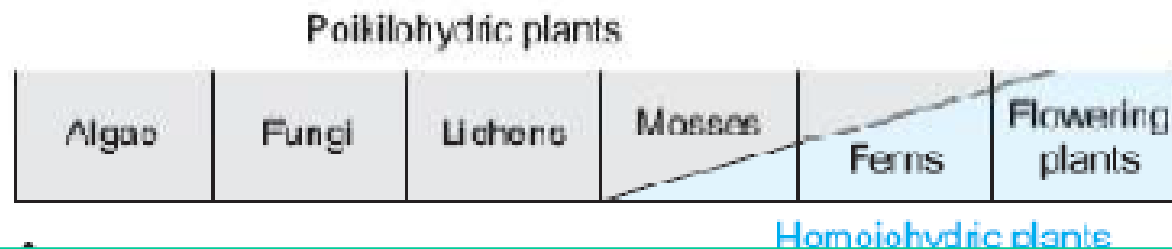
- Durante il corso dell'evoluzione, due principali strategie adattative sono state adottate:

1) TOLLERANZA alla DISSECCAZIONE – SPECIE PECILOIDRICHE

Si indica con questo termine che l'organismo ha un contenuto di acqua variabile e dipendente dalle condizioni fisiche ambientali. Durante i periodi di siccità, l'organismo diventa DORMIENTE e riprende le attività metaboliche solo quando è nuovamente disponibile l'acqua. Esempi classici sono rappresentati da Alghe e Licheni. Manca una differenziazione dei tessuti

2) NON TOLLERANTI ALLA DISSECCAZIONE – SPECIE OMOIDRICHE

specie capaci di mantenere i loro tessuti viventi sempre con elevata quantità di acqua, indipendentemente dalle condizioni esterne. Si specializzano i tessuti (radici per l'assorbimento, xilema per il trasporto, foglie per la traspirazione e il contemporaneo assorbimento di CO₂). Sono anche caratterizzate da grandi VACUOLI nelle cellule che tra le altre cose diventano dei veri magazzini di acqua. La superficie fogliare si dota di una cuticola impermeabile e gli scambi possono essere regolati solo grazie agli stomi.



Natural Adaptations to water

□ **Hydrophytes** – water or saturated areas.

(Le idrofite, come dice il nome, sono piante amanti dell'acqua. Sono abituate alla sommersione parziale o completa (non sono capaci di crescere sotto ai -5 / -10 bar di potenziale).

□ **Phreatophytes** – permanent underground

water supplies. (Le piante freatofite che crescono nelle oasi sono particolari perché hanno lunghissime radici che raggiungono l'umidità proveniente dalla falda acquifera. E' il caso della Palma da dattero delle oasi del Sahara e del Medio Oriente. Punto di appassimento-70 bar).

□ **Mesophytes** – well-balanced water supply.

(Le piante mesofite che vivono nelle zone temperate e si sono adattate a moderati apporti di acqua. Punto di appassimento-15 bar)

□ **Xerophytes** – dry environments

(Le piante xerofite richiedono un basso consumo d'acqua e sono originarie di zone estremamente aride).

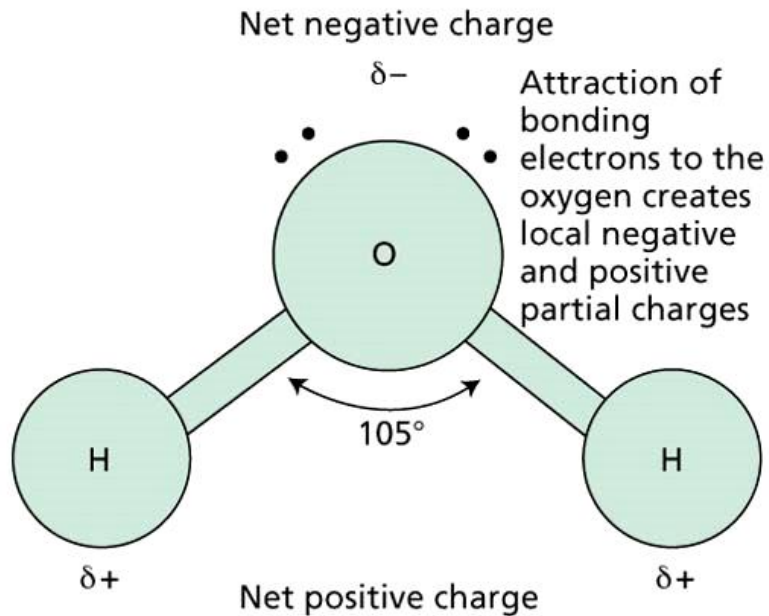
Cosa è importante conoscere dell'acqua?

- **Capire l'importanza di specifiche caratteristiche dell'H₂O per la pianta**
- **Conoscere le forze ed i processi coinvolti nel movimento dell'H₂O**
- **Capire ed applicare il concetto di potenziale idrico alle relazioni idriche della pianta**

"(there is) no doubt that water has the largest collection of anomalous properties of any common substances"

Kramer and Boyer (1995)

Proprietà dell'acqua: parziale polarità della molecola

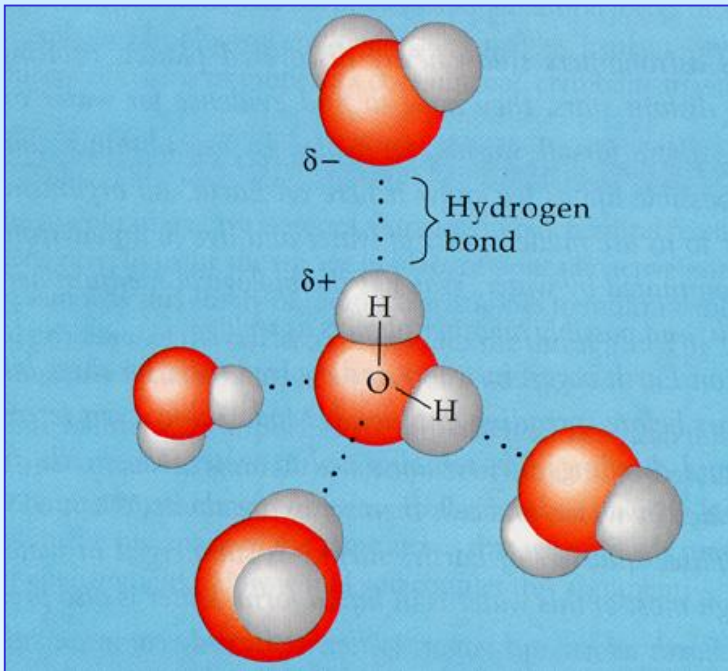


© 1998 Sinauer Associates, Inc.

Separazione Spaziale e distribuzione asimmetrica delle cariche

- Un atomo di “O” covalentemente legato a due atomi di “H”
- Due legami formano un angolo di 105°
- L’H₂O è molecola neutra n° protoni = n° elettroni
 - L’atomo “O” è più elettronegativo di quello “H” e tende ad attrarre gli elettroni
- Parziale carica negativa sull’O e parziale carica positiva sull’H
- Cariche parziali sono equivalenti per cui l’H₂O non possiede carica netta

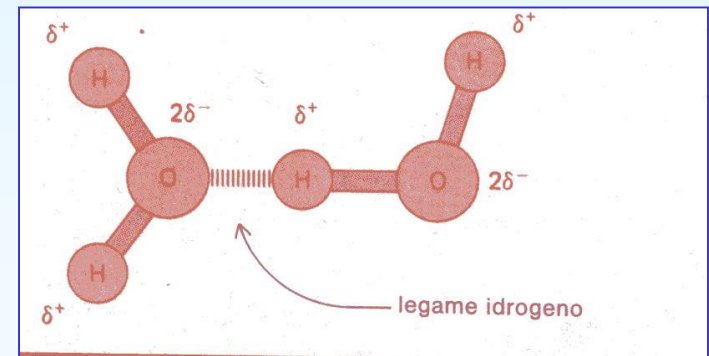
Proprietà della molecola: Legame idrogeno



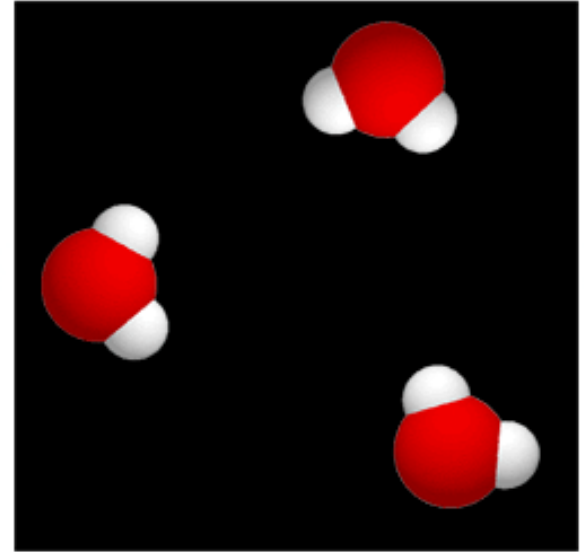
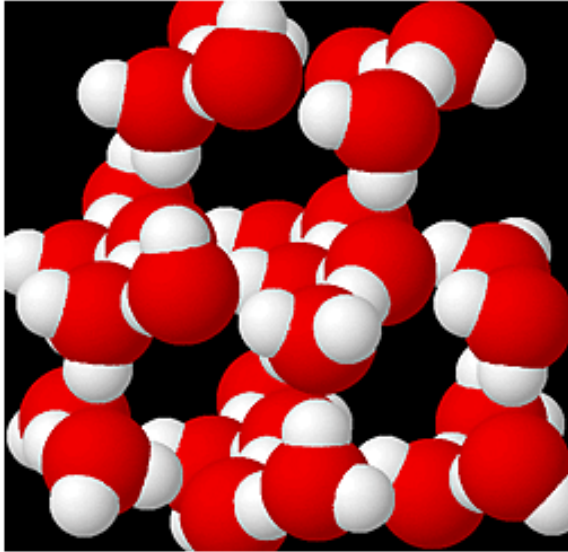
Due molecole d' H_2O
possono dare origine ad un
legame idrogeno

Il legame H è 1/20 di quello
covalente

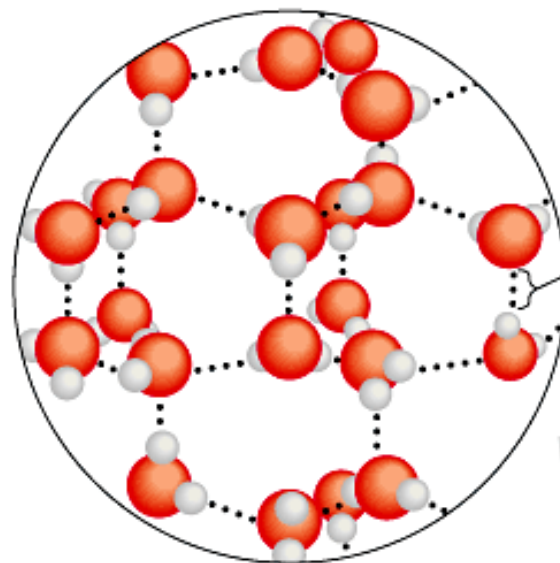
In soluzione acquosa determina
formazioni di ammassi di
molecole d' H_2O che a causa
dell'agitazione termica continua
si spezzano e si formano
continuamente



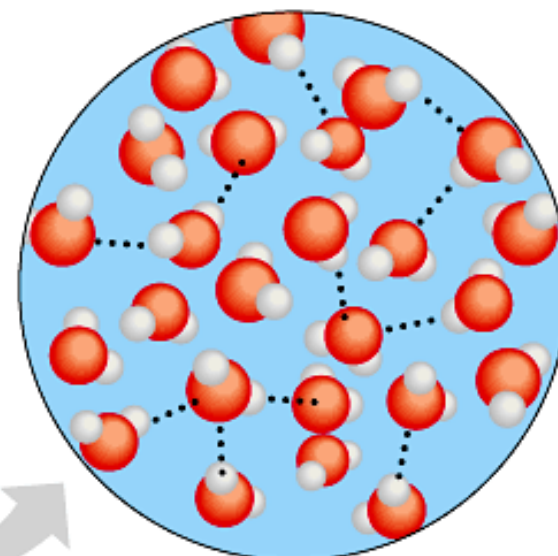
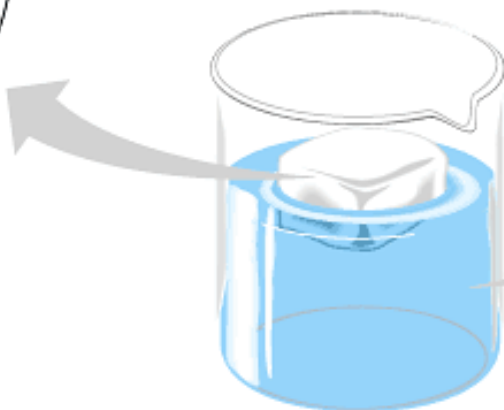
Ice, water, vapor



Benjamin
Cummings

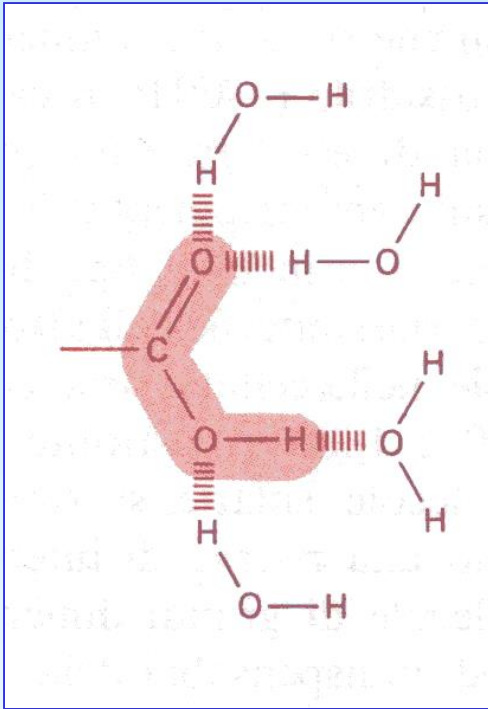


Ice
Hydrogen bonds are stable



Liquid water
Hydrogen bonds constantly break and re-form

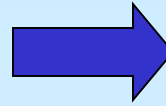
Il legame H si forma anche con altre molecole che contengono gruppi polari



Le molecole d'H₂O possono orientarsi in prossimità dei gruppi carichi o parzialmente carichi delle macromolecole formando "CONCHIGLIE di IDRATAZIONE" che riducendo le interazioni fra le macromolecole le mantengono in soluzione

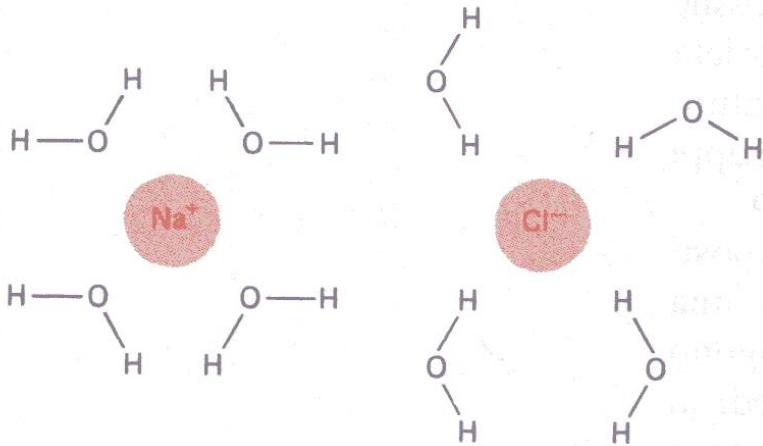
E' responsabile della struttura delle proteine, dei polisaccaridi, degli acidi nucleici e della stabilità di appaiamento dei filamenti di DNA

Piccole dimensioni della molecola + natura polare



Solvente eccezionale in grado di sciogliere un gran numero di sostanze

La natura polare delle molecole dell'acqua fa sì che esse si riuniscano intorno agli ioni e alle altre molecole polari.



Le sostanze capaci di partecipare a strutture caratterizzate da legami idrogeno con l'acqua sono, di conseguenza, **idrofile** e relativamente idrosolubili.

- Le molecole di H_2O si orientano intorno agli ioni ed ai soluti polari e mascherano le loro cariche elettriche formando una "GABBIA"

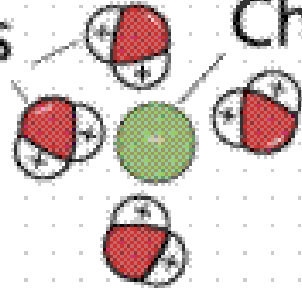
- Diminuisce l'attrazione elettrostatica tra le sostanze cariche (elevata costante dielettrica)



Ne aumenta la SOLUBILITA' in quanto le sostanze non sono più capaci di unirsi e precipitare e le aiuta a portarle in soluzione

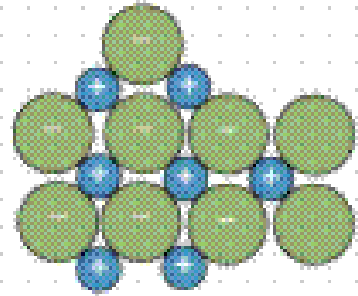
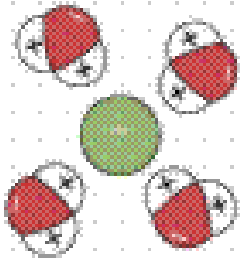
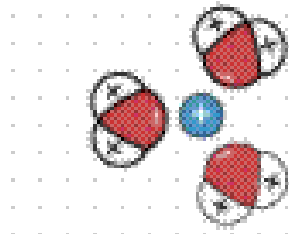
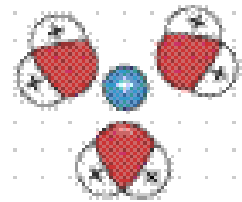
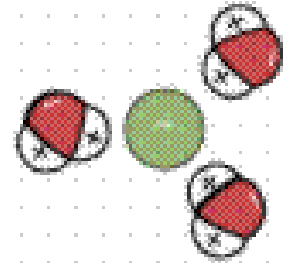
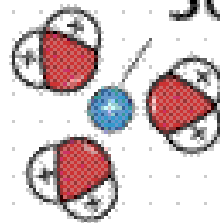
Water

molecules



Chloride ion (Cl^-)

Sodium ion (Na^+)



Undissolved sodium chloride

• ELEVATO CALORE SPECIFICO

Energia di calore richiesta per innalzare la temperatura di una sostanza di un determinato valore.

Quando la temperatura dell'H₂O viene aumentata, le molecole vibrano più velocemente, ed è necessaria grande quantità di calore per spezzare i legami H

Importanza fisiologica: **Notevole stabilità termica. Riduzione da eventuali danni da variazioni di temperatura**

• ELEVATO CALORE LATENTE di EVAPORAZIONE

Calore necessario per separare le molecole dalla fase liquida e spostarle alla fase gassosa a temperatura costante.

E' elevato per la grande energia necessaria per spezzare la tenacità del legame H

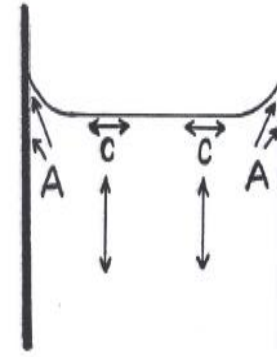
Importanza fisiologica: **Permette alla pianta di raffreddarsi quando perde H₂O per traspirazione. Una tipica foglia dissipa per traspirazione circa 1/2 del calore netto che riceve dal sole e questo rappresenta un mezzo importante per la regolazione termica**

• **PROPRIETA' DI COESIONE**

Attrazione reciproca fra le molecole simili dovuta al legame H

• **PROPRIETA' DI ADESIONE**

Attrazione fra molecole dissimili, riferita alla capacità dell'acqua di aderire ad una fase solida come la parete cellulare o una superficie vetrosa



**Meniscus - curved air/
water interface**

A = adhesion
C = cohesion

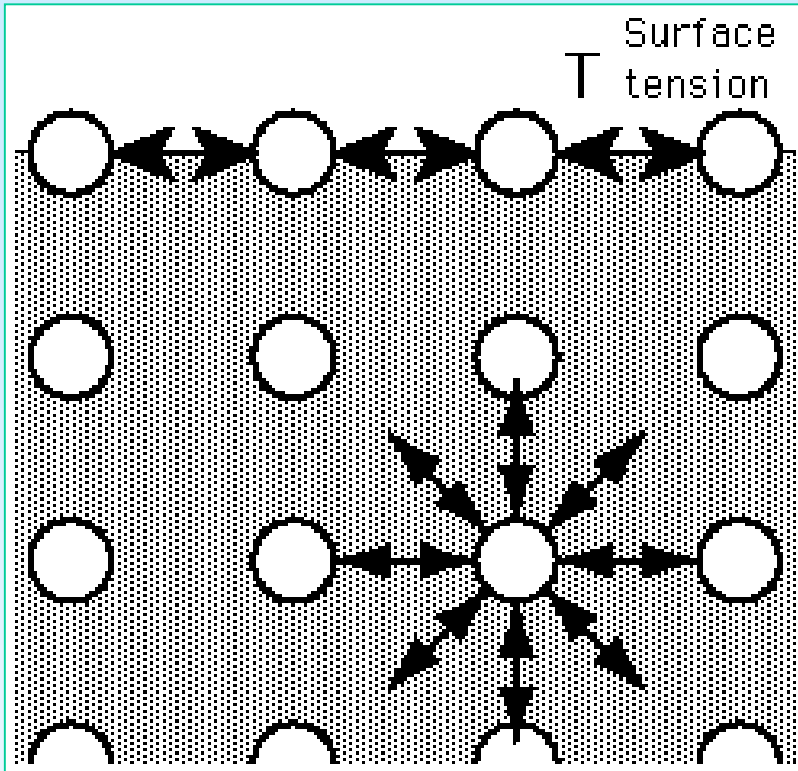
Capillarity is caused by:

ADHESION - attraction of water molecules to walls of tube

COHESION - attraction of water molecules to each other, producing surface tension.

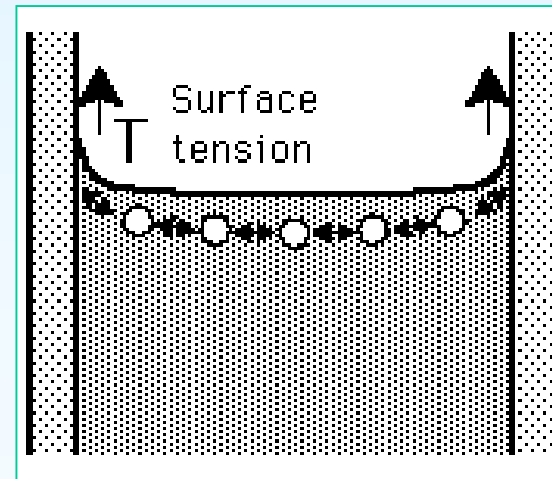
Adhesion and Cohesion





- **ELEVATA TENSIONE SUPERFICIALE**

Condizione di diseguale attrazione che esiste nell'interfaccia aria-acqua fra le molecole d' H_2O e che determina una forza differente fra le molecole. E' importante perché influenza la forma della superficie e crea una forza sul resto del liquido



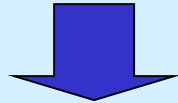
Coesione

+

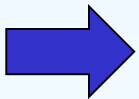
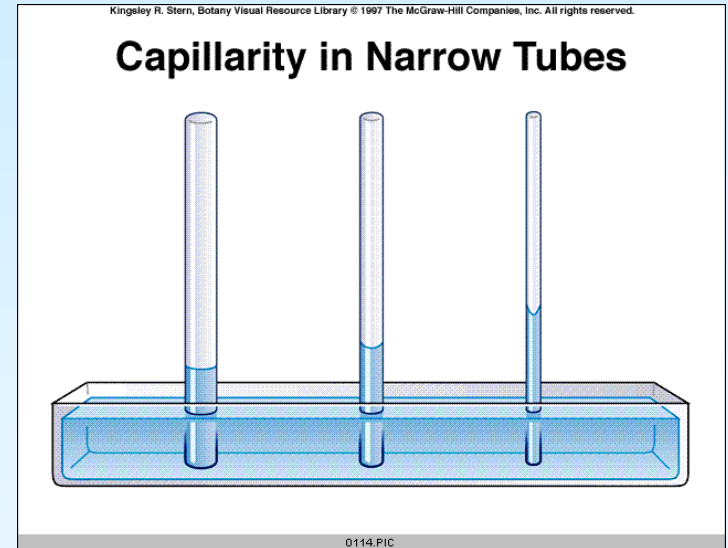
Adesione

+

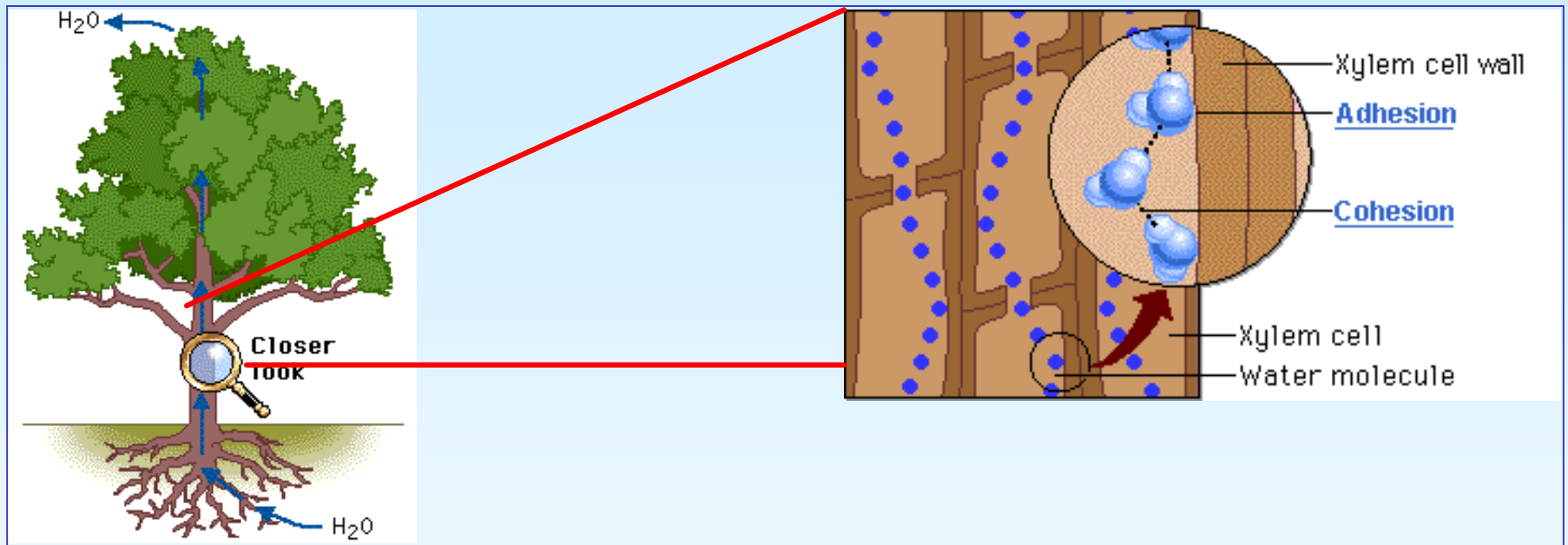
Tensione superficiale



**Fenomeno della capillarità:
tendenza dell'H₂O di risalire un
sottile tubo contro la forza di
gravità**



- Tale forza non giustifica il trasporto dell'H₂O per lunghe distanze
- Permette alle superfici delle pareti cellulari di cellule direttamente esposte all'aria di rimanere umide e non seccare

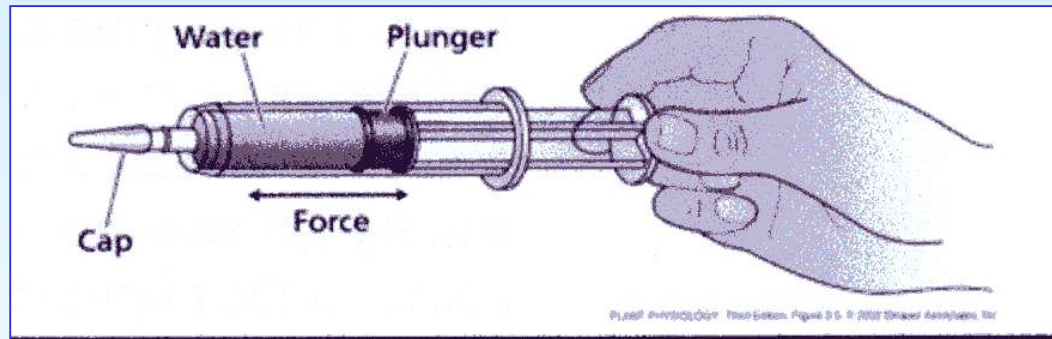


**In un vaso xilematico dal raggio $25 \mu\text{m}$
la salita per capillarità è di $0,6\text{m}$**

Coesione = Elevata forza tensile = Elevata forza di trazione

Importanza fisiologica: H₂O è tirata attraverso la sommità degli alberi più alti senza che la colonna si rompa

Le molecole d'H₂O possono resistere, in piccoli capillari, a tensioni negative di -30 MPa (circa il 10% della forza di tensione dei fili di rame e di alluminio)



La presenza di gas disciolti riduce questa tensione, una piccola bolla di gas, in un sistema sotto tensione, si espande, determinando il collasso della tensione nella fase liquida

CAVITAZIONE

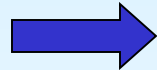


BASSA VISCOSITA'



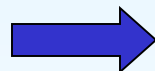
Affinchè l'H₂O possa scorrere devono essere rotti i legami H. La condivisione del legame H con altre molecole (almeno 2) determina un indebolimento del legame stesso che può essere facilmente rotto e garantire un agevole scorrimento

INERTE DAL PUNTO DI VISTA CHIMICO



E' un ambiente ideale per molte reazioni che avvengono nel protoplasma

FLUIDO INCOMPRESSIBILE

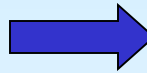
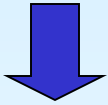


Importanza fisiologica: **garantisce alla pianta di mantenere la sua forma per effetto della pressione esercitata sulle pareti cellulari e l'espansione a seguito dell'assorbimento di acqua**

H₂O nelle cellule è presente in differenti forme

- H₂O di idratazione
- H₂O interstiziale o vascolare
- H₂O di riserva

H₂O di idratazione



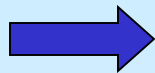
E' quella associata agli ioni, alle sostanze organiche, alle macromolecole e copre anche gli spazi tra la fine struttura del protoplasma e la parete cellulare

5-10 % dell' H₂O totale cellulare

In accordo con il carattere polare dell' H₂O, il legame è determinato da forze elettrostatiche con gli ioni e con le macromolecole, ed è unita da forze capillari nel protoplasma e nella parete cellulare

H₂O di idratazione è assolutamente necessaria, una sua riduzione può alterare la struttura protoplasmatica

H₂O di riserva



E' l'H₂O che si trova stoccata, in compartimenti specializzati, VACUOLO e VESCICOLE, come riserva

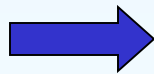
Non è completamente mobile poichè è osmoticamente legata alle sostanze disciolte come zuccheri, acidi organici, metaboliti secondari ed ioni

E' stato dimostrato nei protoplasti, con vacuolo centrale, che esiste una stretta correlazione tra H₂O legata osmoticamente nel succo cellulare ed H₂O disponibile nel protoplasma



Attraverso la polimerizzazione di piccole molecole a macromolecole (da zucchero ad amido), o attraverso il processo inverso di idrolisi, la cellula può alterare la sua pressione osmotica e regolare il flusso di H₂O

H₂O interstiziale
o vascolare



Serve come mezzo di trasporto negli spazi fra le cellule e negli elementi conduttivi del sistema xilematico e floematico

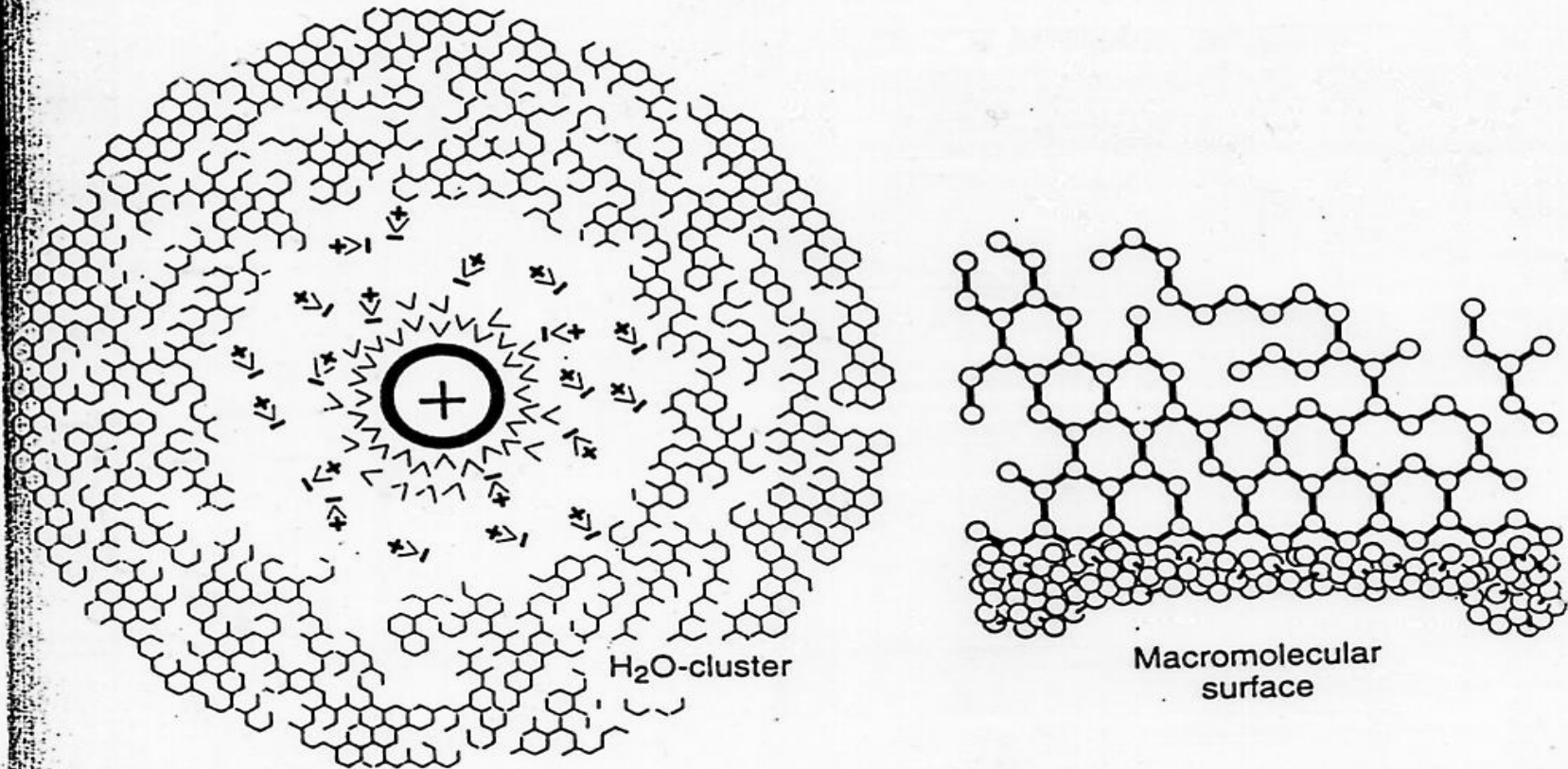


Fig. 4.2. Structure and binding of water. *Left* Arrangement of the dipole water molecules around a positively charged ion; the more distant water molecules, no longer under the influence of the ion, organize via hydrogen bonds into short-lived microcrystals, continuously forming and re-forming. Between these two layers of structuralized water is a "chaotic" zone in which the water molecules are pulled in both directions. *Right* Water molecules structured into a lattice formation by the apolar groups of macromolecules, e.g. biomembranes. (Karow and Webb 1965)

L'acqua nei vegetali

