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

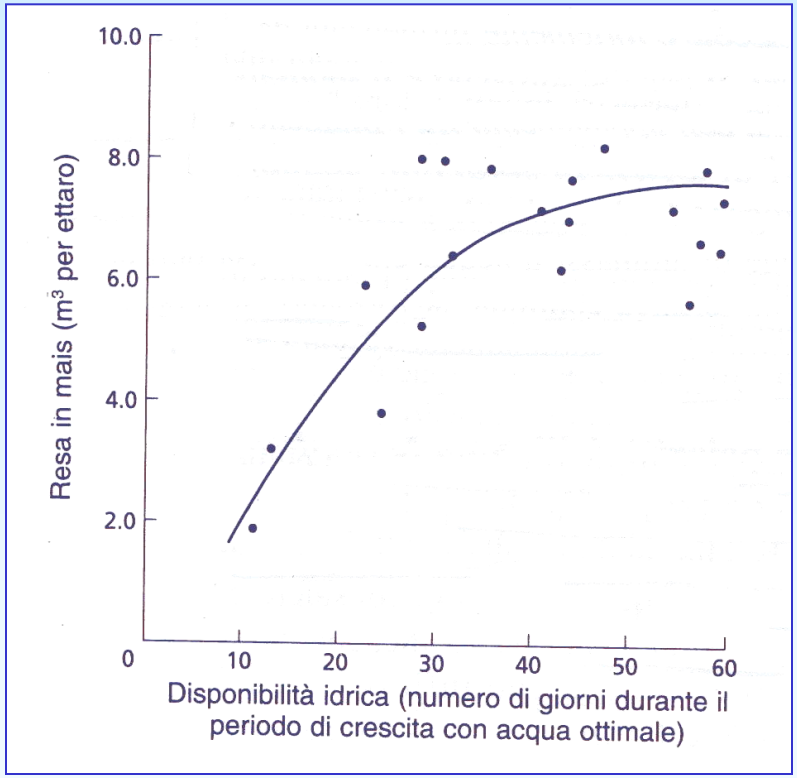
• Protoplasma	75-90%
• Organuli cellulari (mitocondri-cloroplasti)	50%
• Frutti	85-90%
• Foglie	80-90%
• Radici	70-95%
• Legno primaverile	35-75%
• Tessuti in accrescimento	80-95%
• Semi maturi	10-15%
• Semi con grosse quantità di grassi	5-7%

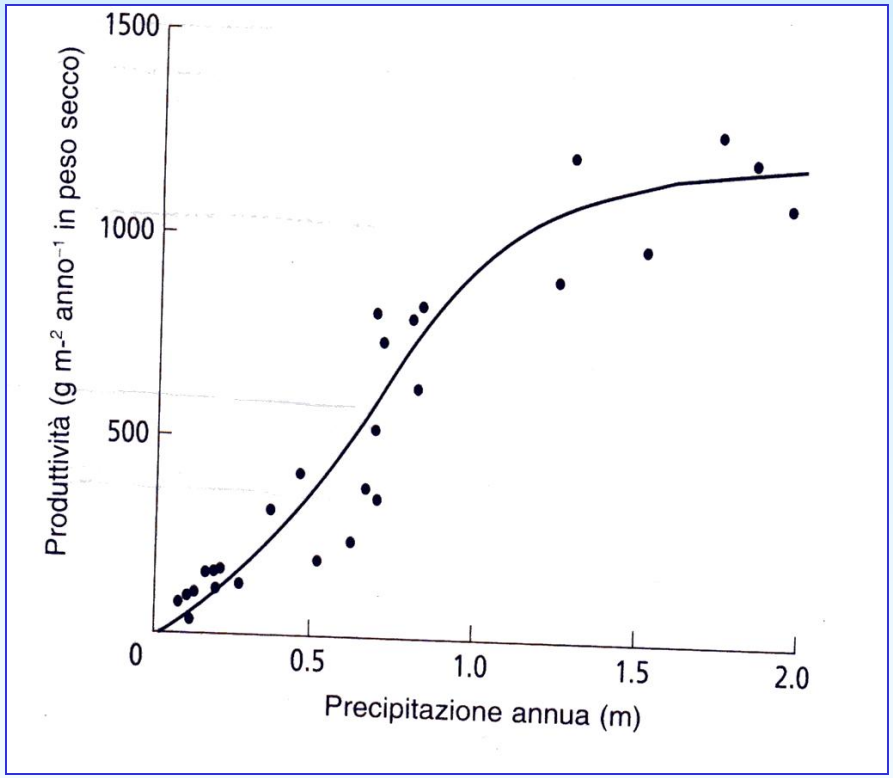
Sono sicuramente tra i tessuti vegetali più secchi, ma per germinare devono assorbire una quantità considerevole di acqua

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 agro-ecosistemi e degli ecosistemi naturali

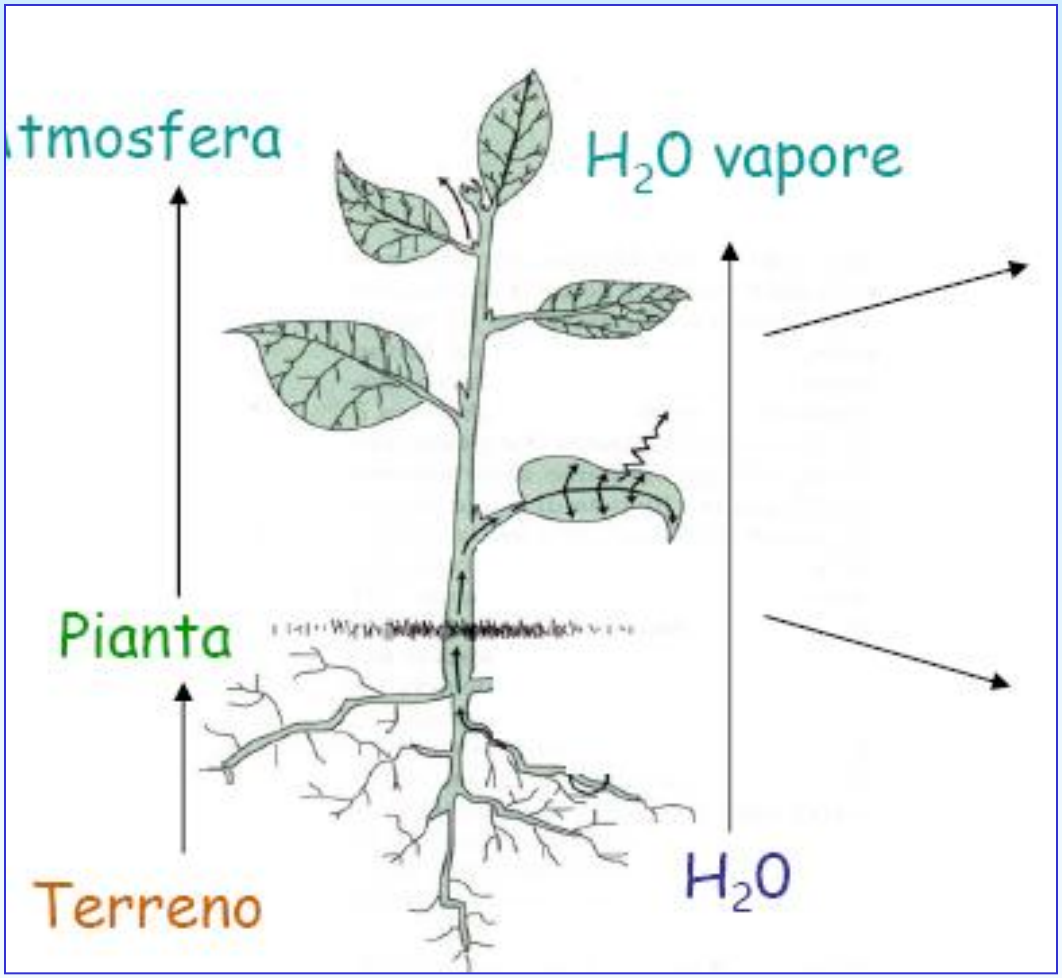




L'H2O è necessaria per un'elevata resa produttiva

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
o
Relazioni idriche

La parte radicale deve continuamente recuperarla

Processi fondamentali per la sopravvivenza

- Assorbimento
- Conduzione
- Traspirazione

Il problema di mantenere il contenuto in H_2O

Table 2.2.1. Water use and resources acquisition (CO_2 in plants and O_2 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_2O	O_2	H_2O
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_2O/CO_2 or H_2O/O_2	192		13	

Per una mole di CO_2 catturata per la fotosintesi, circa 200 moli di acqua andrebbero perse

- 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 DISSECAZIONE – 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 CO_2). 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.

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 soppresse

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

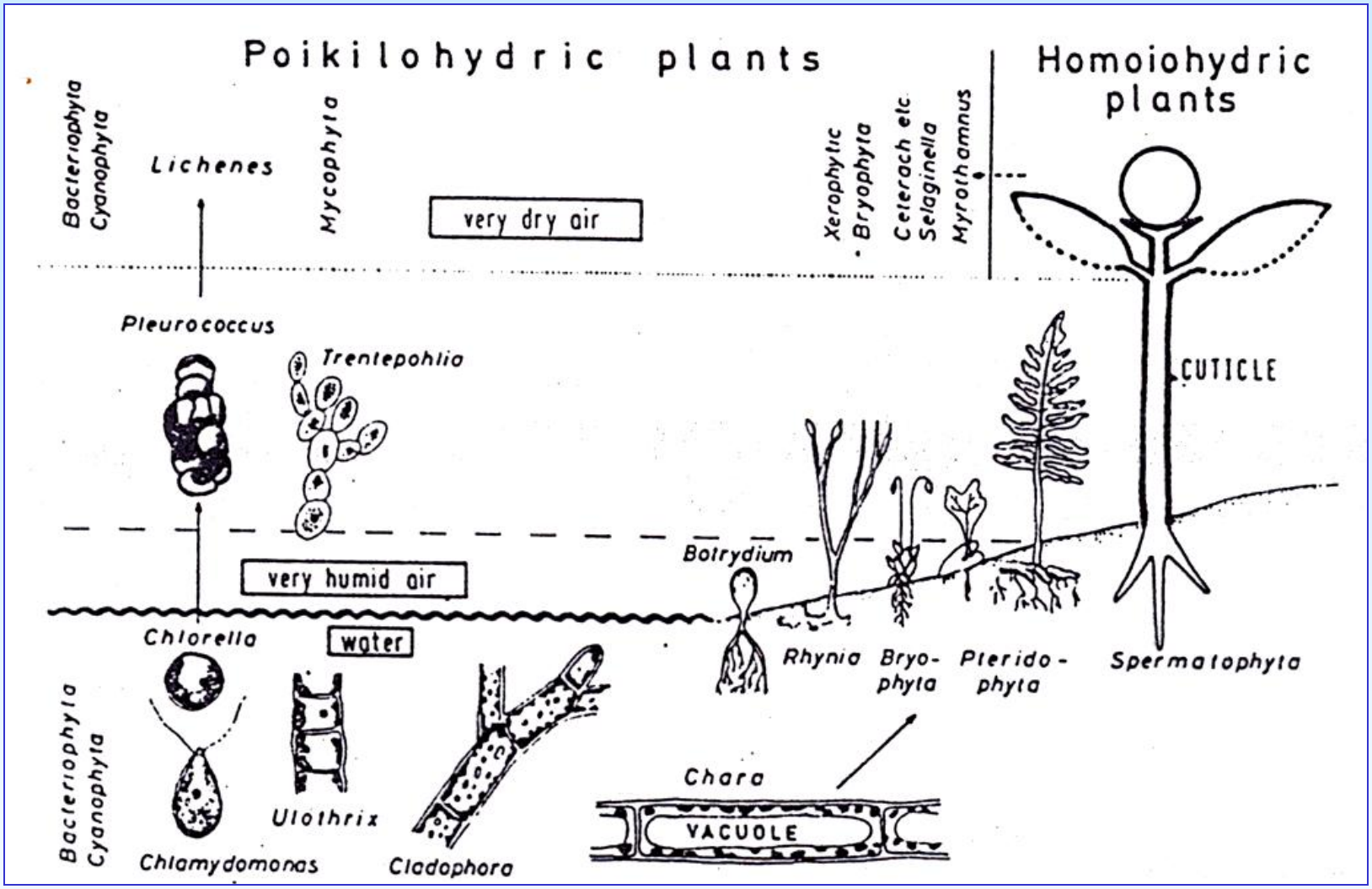
Vacuolo + **Cuticola** + **stomi** +

Esteso apparato radicale deputato all'assorbimento di H_2O

Controllo adeguato di H_2O, 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



Le relazioni idriche hanno guidato l'evoluzione delle piante

Natural Adaptations to water

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

(Le idrofite, come dice il nome, sono piante amantidell'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 che crescono nelle oasi sono particolari e sono dette freatofite 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.**

(La maggior parte delle piante che vivono nelle zone temperate sono mesofite , piante che si sono adattate a moderati apporti di acqua. Punto di appassimento-15 bar)

- **Xerophytes – dry environments**

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

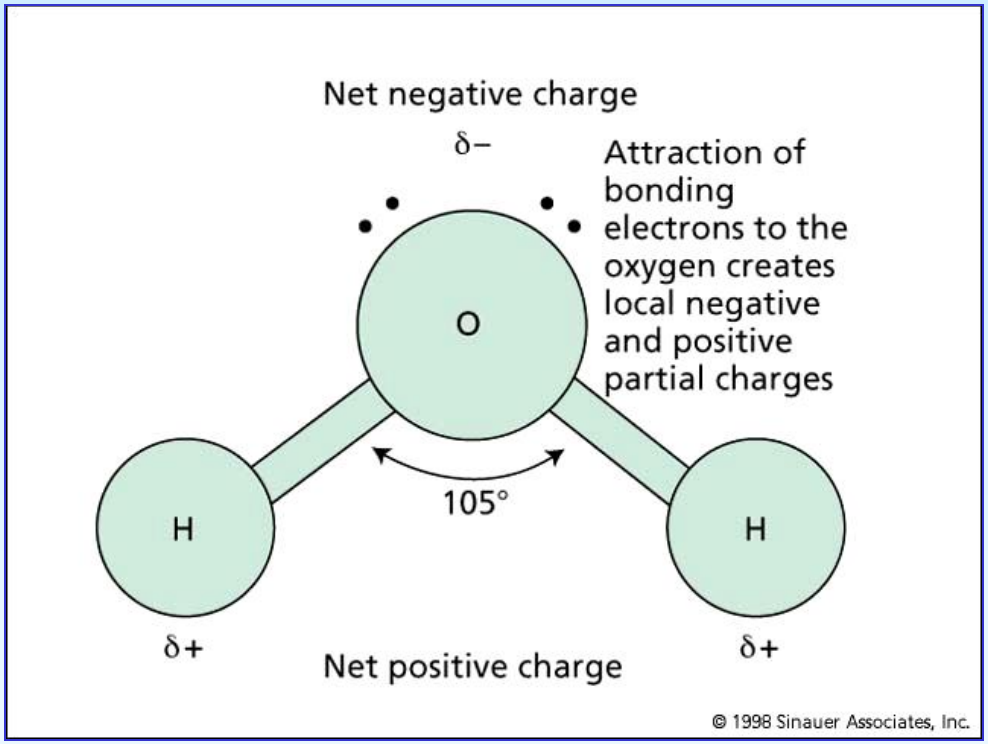
Cosa è importante conoscere dell'acqua?

- **Capire l'importanza di specifiche caratteristiche dell'H_2O per la pianta**
- **Conoscere le forze ed i processi coinvolti nel movimento dell'H_2O**
- **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)

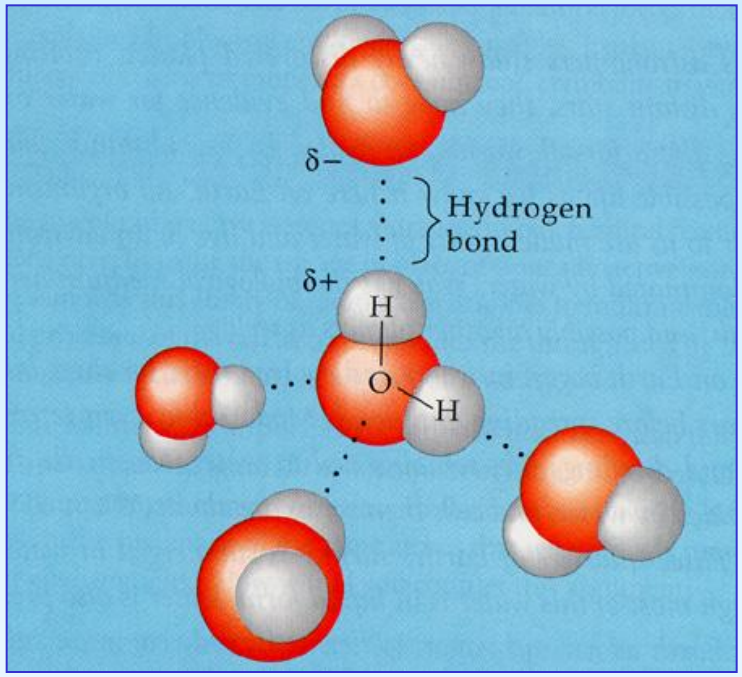
Proprietà dell'acqua: parziale polarità della molecola



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'H_2O 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'H_2O non possiede carica netta**

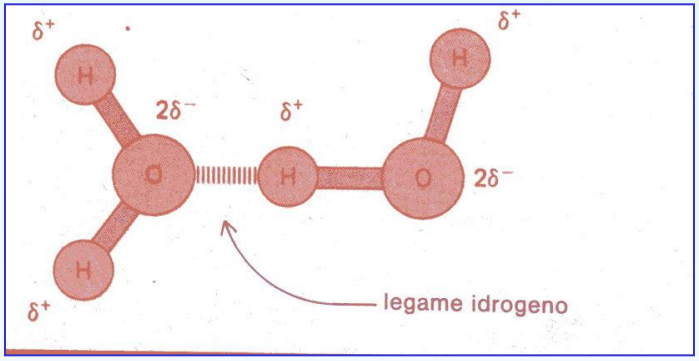
Proprietà della molecola: Legame idrogeno



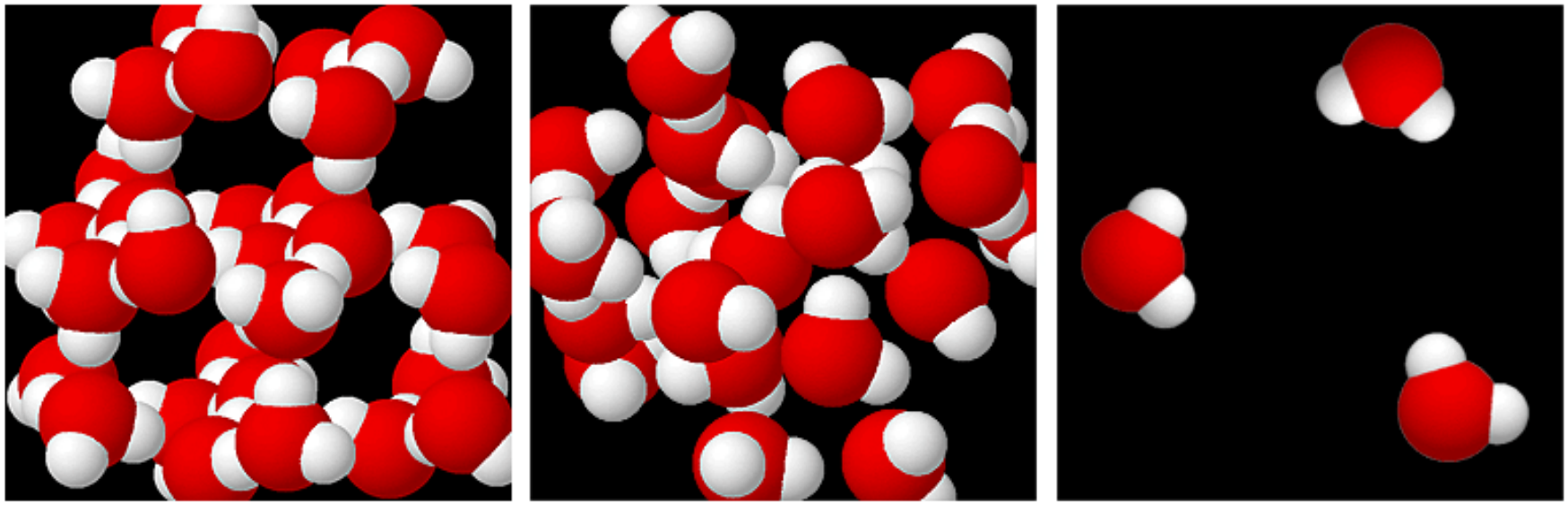
Due molecole d'H_2O possono dare origine ad un legame idrogeno

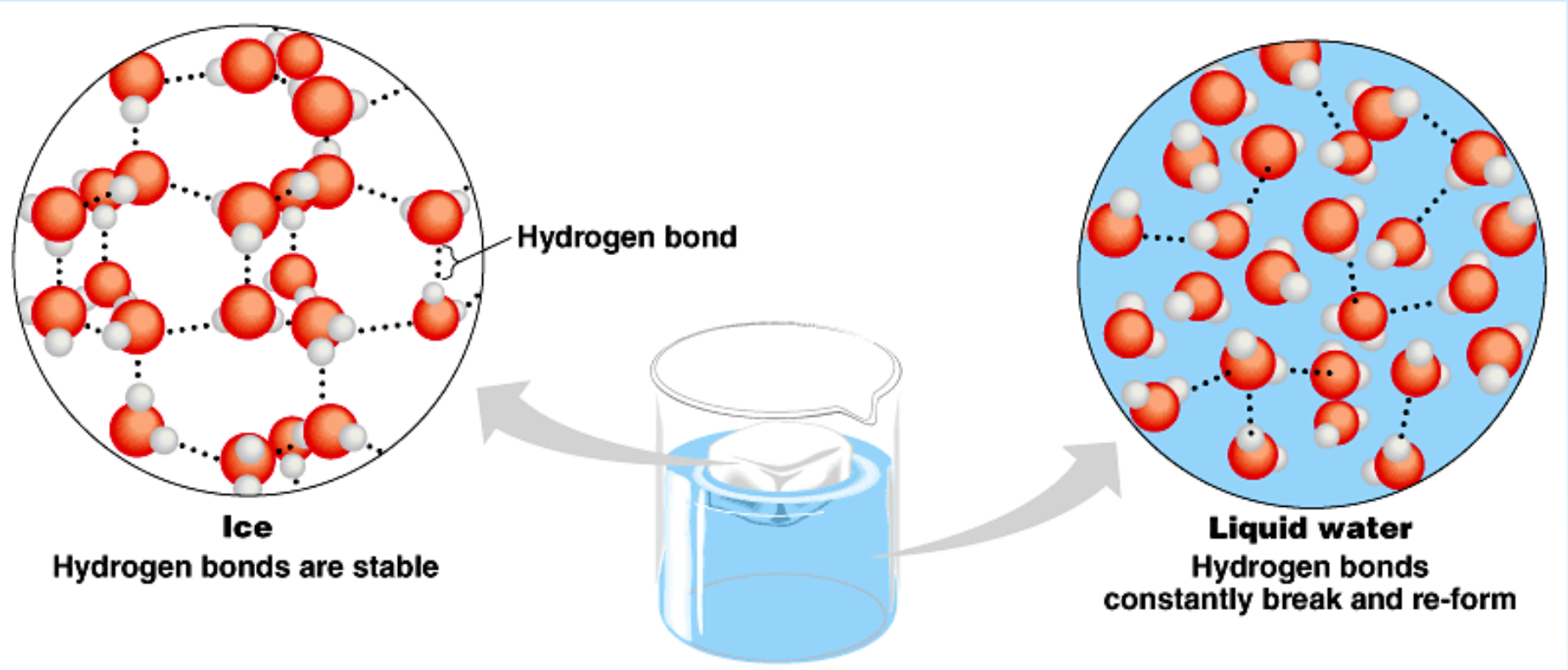
Il legame H è 1/20 di quello covalente

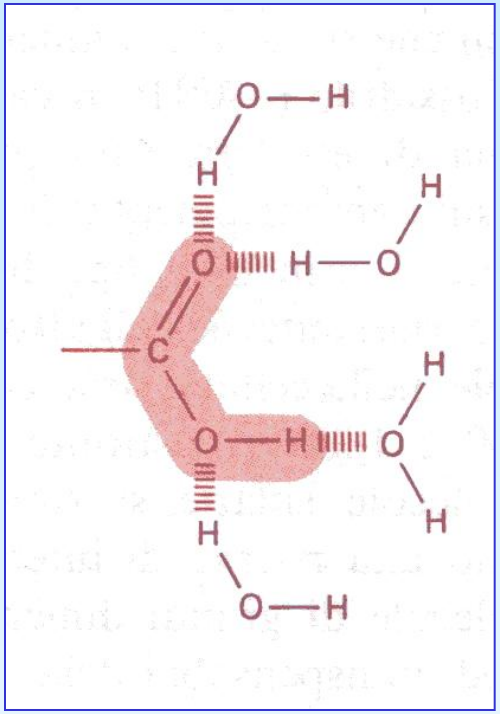
In soluzione acquosa determina formazioni di ammassi di molecole d'H_2O che a causa dell'agitazione termica continua si spezzano e si formano continuamente



Ice, water, vapor




Hydrogen bond
Ice
Hydrogen bonds are stable
Liquid water
Hydrogen bonds
constantly break and re-form

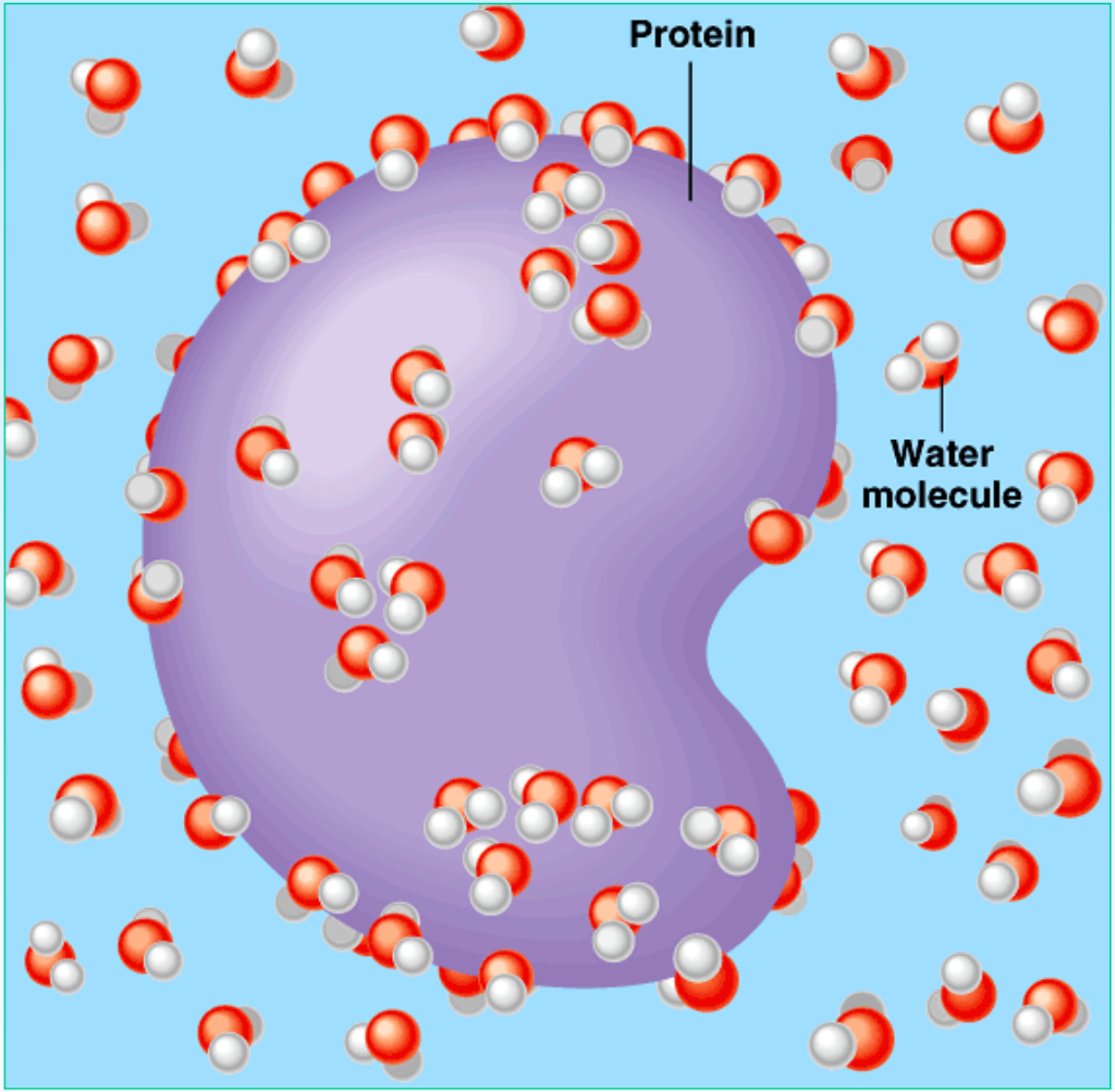


Il legame H si forma anche con altre molecole che contengono gruppi polari

Le molecole d'H_2O 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

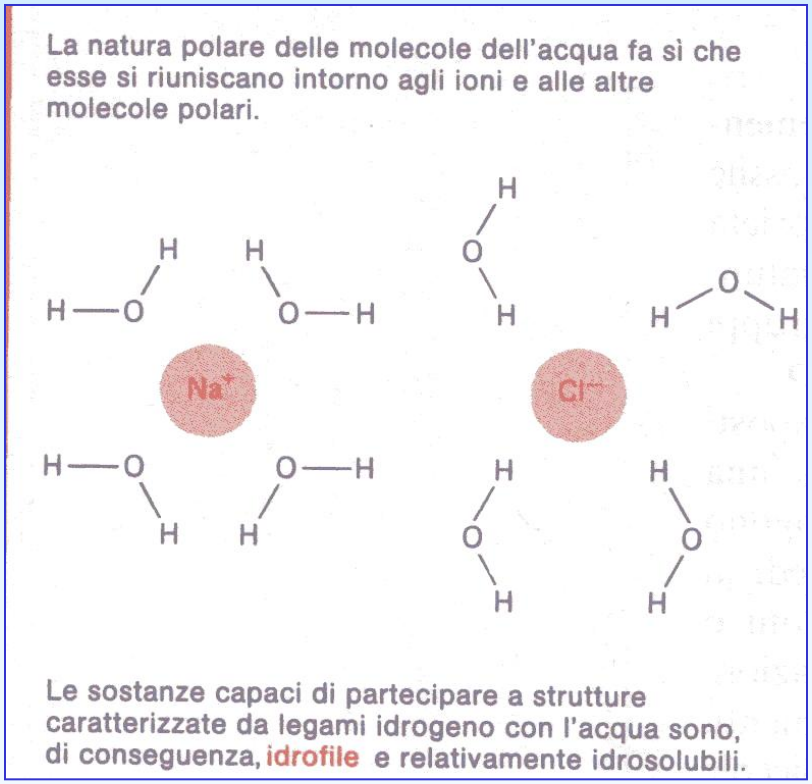
E' responsabile della struttura delle proteine, dei polisaccaridi, degli acidi nucleici e della stabilità di appaiamento dei filamenti di DNA

Water-soluble protein



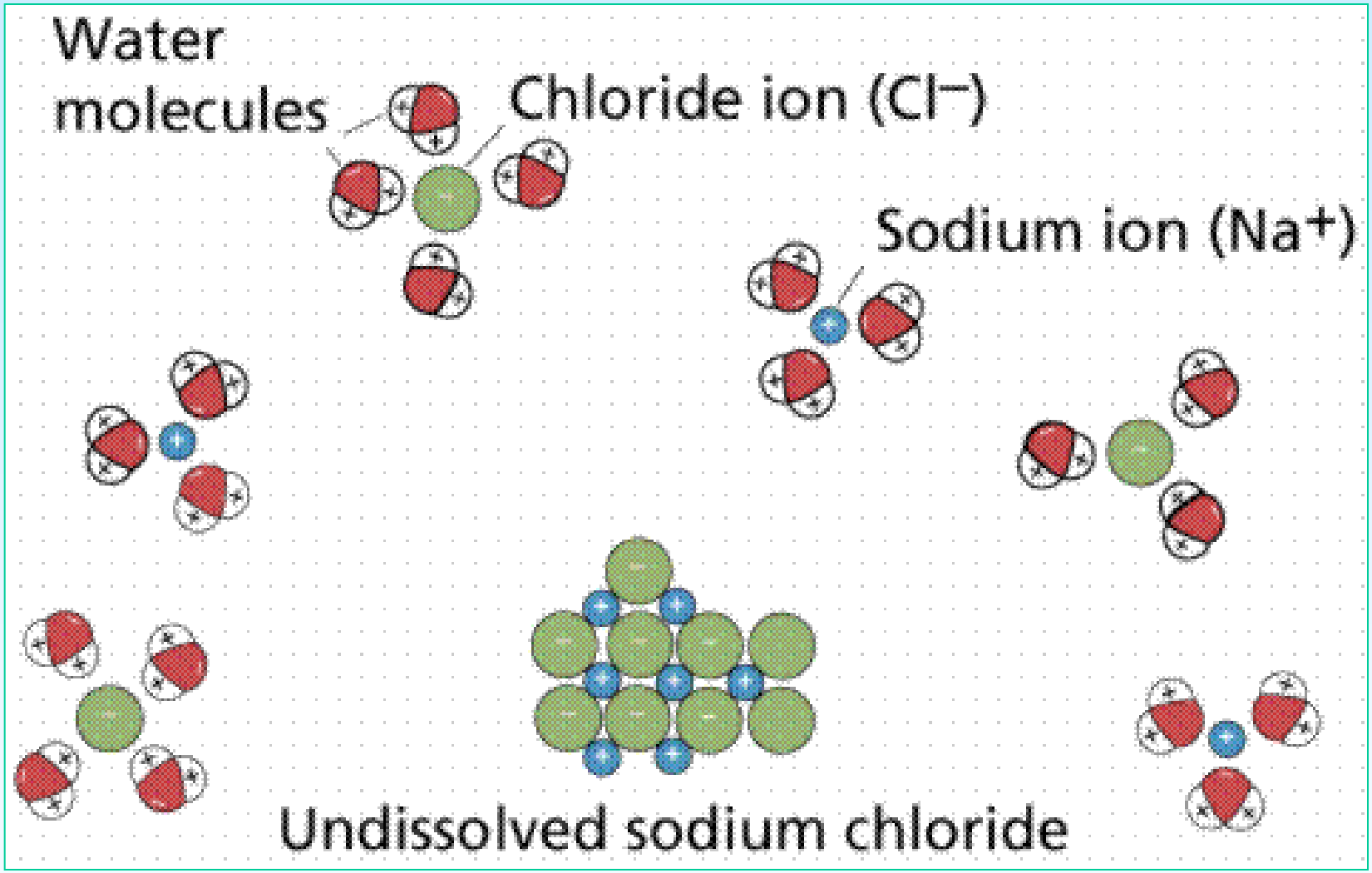
Piccole dimensioni della molecola + natura polare

Solvente eccezionale in grado di sciogliere un gran numero di sostanze



- 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'H_2O 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

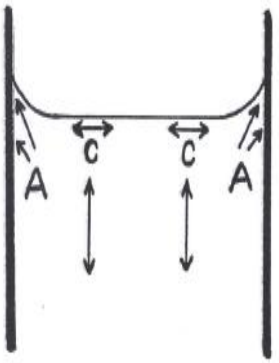
Importanza fisiologica: Permette alla pianta di raffreddarsi quando perde H_2O per traspirazione. Una tipica foglia dissipa per traspirazione circa ½ del calore netto che riceve dal sole e questo rappresenta un mezzo importante per la regolazione termica

- **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



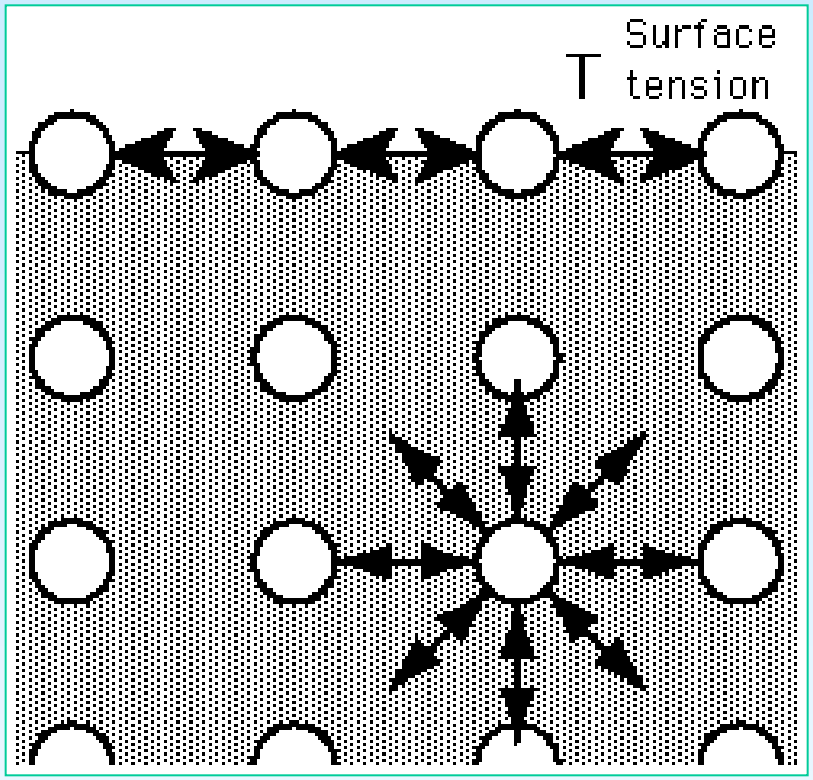
Meniscus - curved air/ water interface

A = adhesion
C = cohesion

Capillarity is caused by:

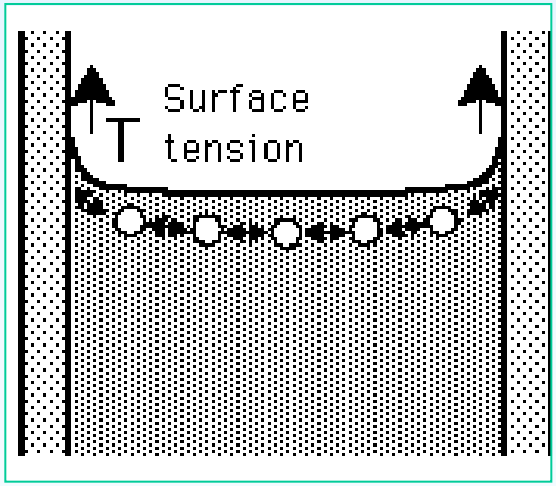
ADHESION - attraction of water molecules to walls of tube

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



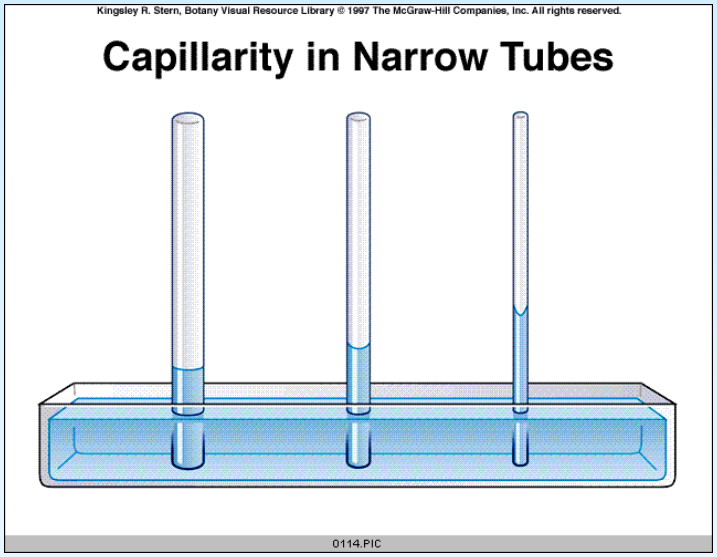
- **ELEVATA TENSIONE SUPERFICIALE**

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

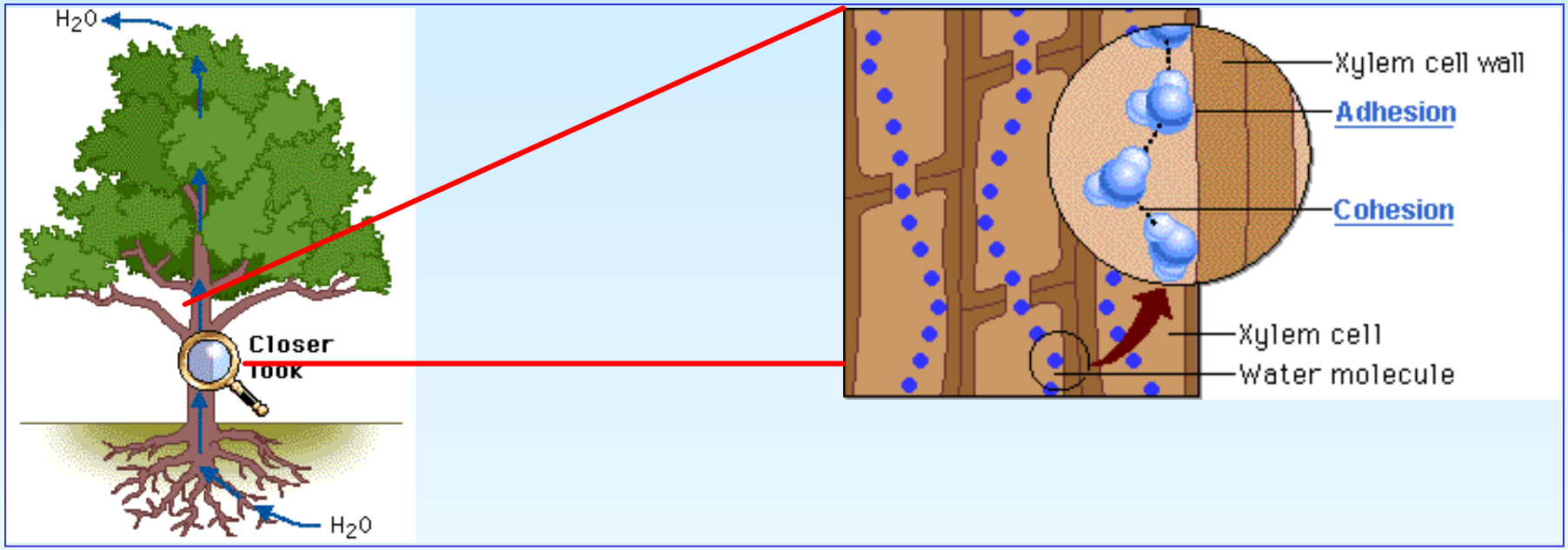


Coesione + Adesione + Tensione superficiale

Fenomeno della capillarità: tendenza dell'H_2O di risalire un sottile tubo contro la forza di gravità



- Tale forza non giustifica il trasporto dell'H_2O per lunghe distanze
- Permette alle superfici delle pareti cellulari di cellule direttamente esposte all'aria di rimanere umide e non seccare

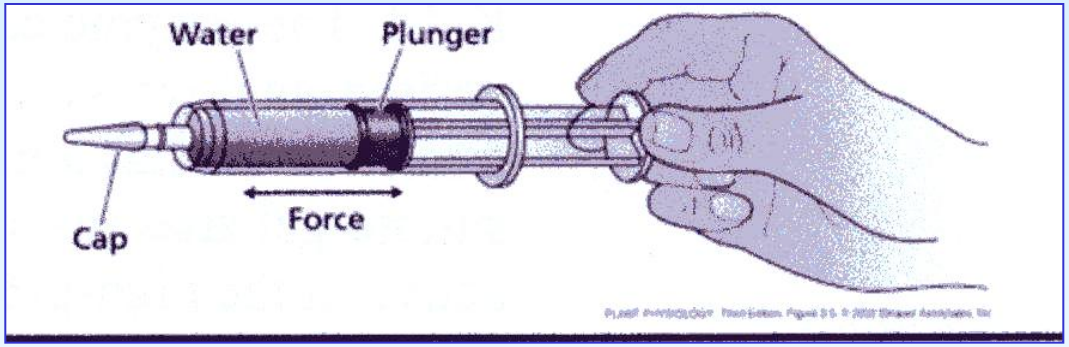


In un vaso xilematico dal raggio 25 µm
la salita per capillarità è di 0,6m

Coesione = Elevata forza tensile = Elevata forza di trazione

Importanza fisiologica: H_2O è tirata attraverso la sommità degli alberi più alti senza che la colonna si rompa

Le molecole d'H_2O 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'H_2O 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 INCOMPRIMIBILE → 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

H_2O nelle cellule è presente in differenti forme

- H_2O di idratazione
- H_2O interstiziale o vascolare
- H_2O di riserva

H_2O 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' H_2O totale cellulare

In accordo con il carattere polare dell' H_2O, 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

H_2O di idratazione è assolutamente necessaria, una sua riduzione può alterare la struttura protoplasmatica

H_2O di riserva → **E' l'H_2O 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 H_2O legata osmoticamente nel succo cellulare ed H_2O 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 H_2O

H_2O interstiziale o vascolare → **Serve come mezzo di trasporto negli spazi fra le cellule e negli elementi conduttivi del sistema xilematico e floematico**

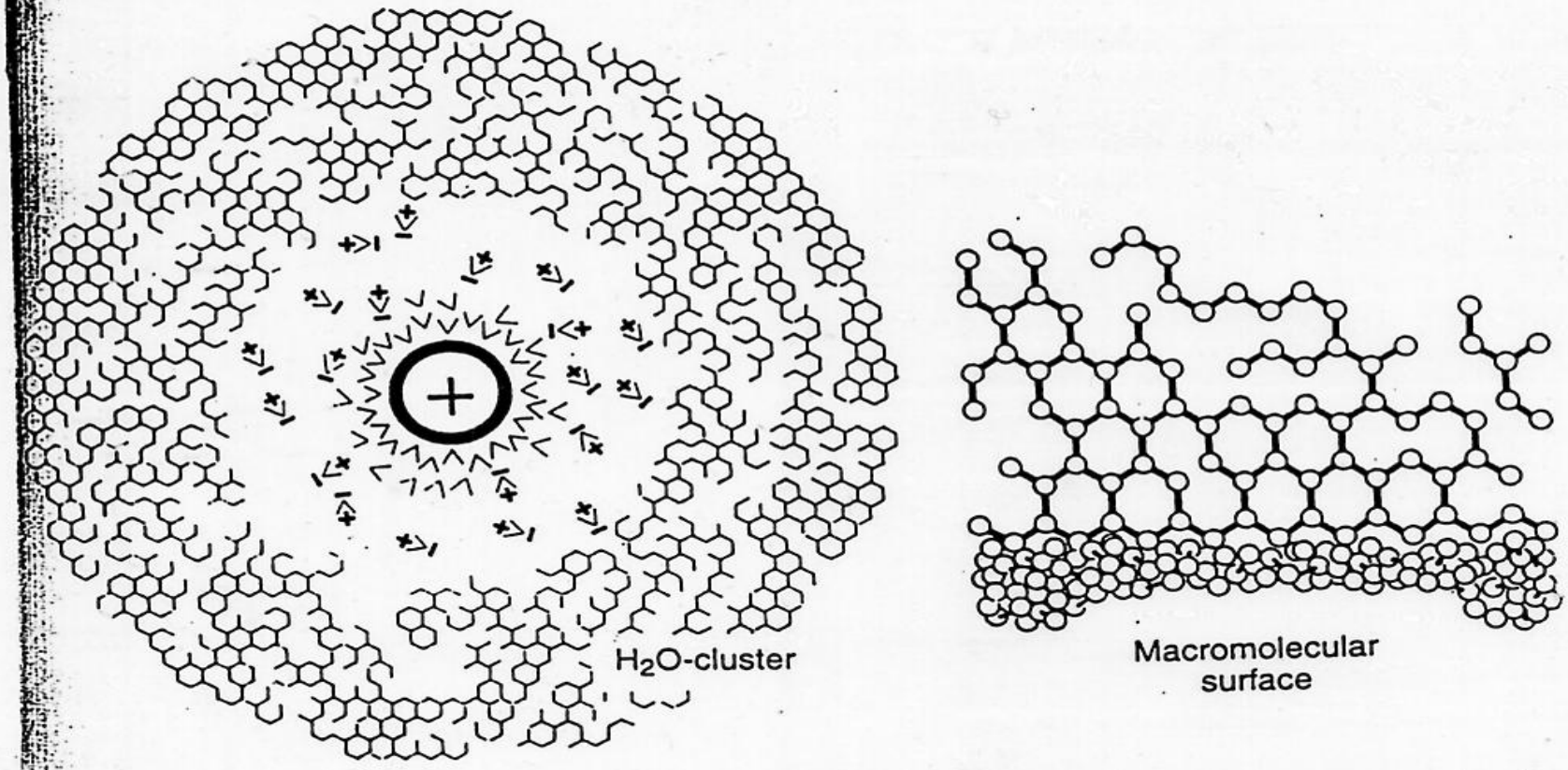
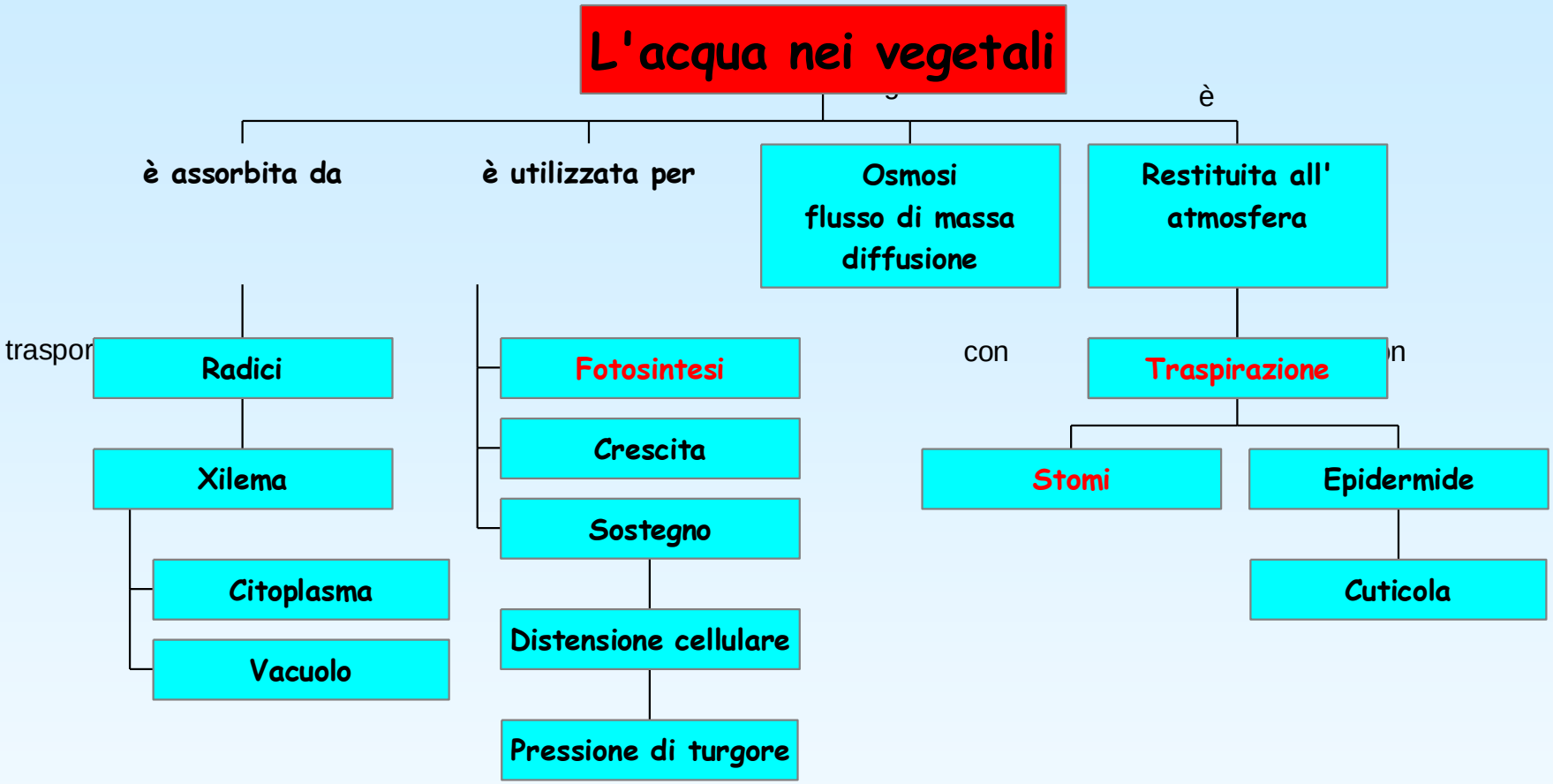


Fig. 4.2. Structure and binding of water. *Left* Arrangement of the dipole water molecules around a positively charged ion; the more distant water molecules, no longer under the influence of the ion, organize via hydrogen bonds into short-lived microcrystals, continuously forming and re-forming. Between 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
è
è assorbita da
è utilizzata per
Osmosi
flusso di massa
diffusione
Restituita all'
atmosfera
Radici
Xilema
Citoplasma
Vacuolo
Fotosintesi
Crescita
Sostegno
Distensione cellulare
Pressione di turgore
con
Traspirazione
Stomi
Epidermide
Cuticola