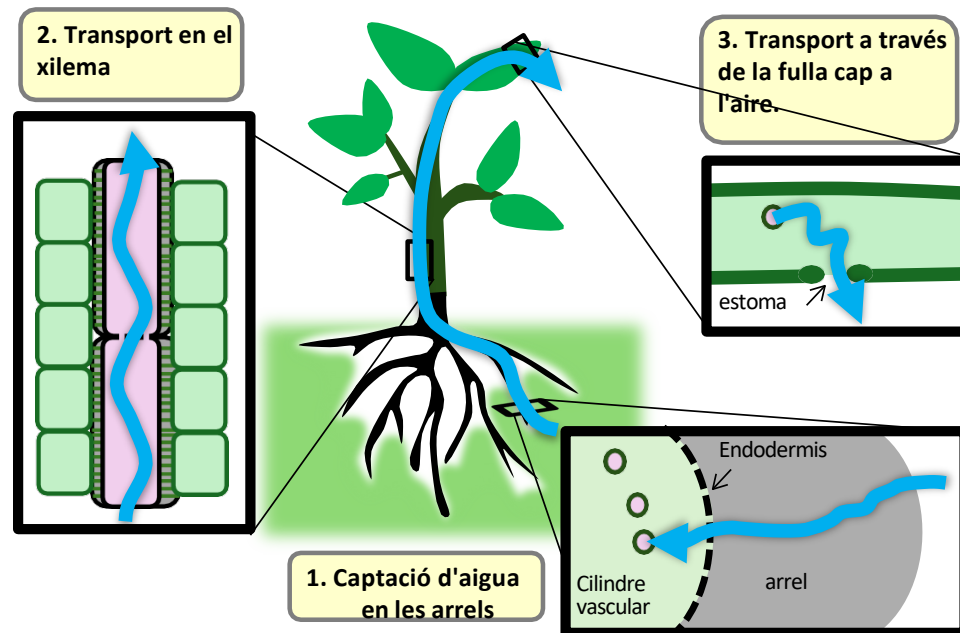


Tema 3. L'aigua a la planta

- Importància de l'aigua
- Estructura i propietats de l'aigua
- El potencial hídric: Concepte i components
- Relacions hídriques en cèl·lules i teixits



Importància i propietats de l'aigua

Importància i propietats de l'aigua

Forma part del protoplasma cel·lular (>95%) → La quantitat d'aigua que hi ha en els teixits varia → Està directament relacionada amb l'activitat fisiològica i biològica:

- + activitat (fulla) → 90-95%.
- - activitat (teixit llenyós) → 50%.
- Activitat mínima (llavors madures) → 5-10%.

Participa com a **reactiu** en nombroses **reaccions**:

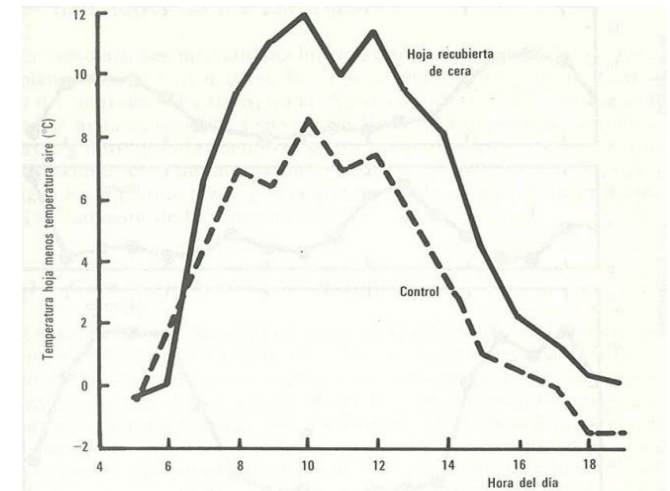
- de condensació;
- d'hidròlisi;
- fotòlisi...

És el **dissolvent** per excel·lència: important en processos d'osmosi, difusió, transport...

Confereix **turgència** → L'aigua és pràcticament incompressible.

Altres funcions:

- Control de la temp. →
- Suport de les plantes aquàtiques.
- Facilita la disseminació de fruits i llavors.



Importància i propietats de l'aigua

Table 3. Examples of differences in tissue water content values of various vegetables.

Species	Plant Part	H ₂ O Content (g g ⁻¹ DM)	Reference
<i>Asparagus officinalis</i>	Shoot	11.85	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Beta vulgaris</i>	Leaves	9.99	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Beta vulgaris</i>	Root	6.87	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i>	Leaves	10.24	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>	Leaves	6.87	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	Inflorescence	10.24	Hanif et al., 2006 [69]
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	Leaves	11.50	Hanif et al., 2006 [69]
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	Leaves	12.16	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Brassica rapa</i> var. <i>rapa</i>	Root	10.77	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Colocasia esculenta</i>	Root	2.70	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Dioscorea</i> spp.	Root	2.77	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Daucus carota</i>	Root	7.48	Duke, Atchley 1986 [68]

<i>Daucus carota</i>	Root	8.09	Hanif et al., 2006 [69]
<i>Glycine max</i>	Shoot	6.30	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Ipomoea batatas</i>	Root	2.40	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Lactuca sativa</i>	Leaves	15.12	Hanif et al., 2006 [69]
<i>Pastinaca sativa</i>	Root	3.79	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Raphanus sativus</i>	Root	17.18	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Raphanus sativus</i>	Root	12.89	Hanif et al., 2006 [69]
<i>Spinacia oleracea</i>	Leaves	9.76	Duke, Atchley 1986 [68]
<i>Spinacia oleracea</i>	Leaves	24.00	Hanif et al., 2006 [69]
<i>Vigna radiata</i>	Shoot	7.93	Duke, Atchley 1986 [68]

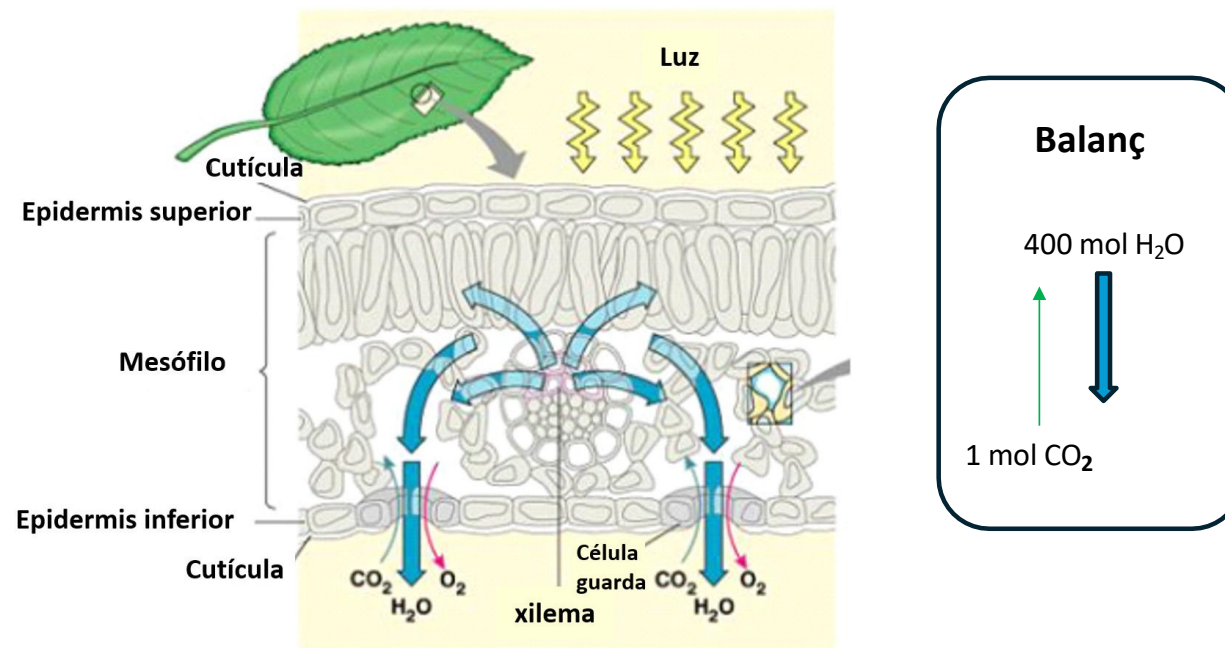
DM, dry mass. If the original results were not in units of mass of water per unit of dry mass, they were converted accordingly.

Importància i propietats de l'aigua

L'aigua és un factor molt més **limitant en les plantes** terrestres que en els animals. → La raó principal: la captura de CO_2 per a realitzar la fotosíntesi implica un intercanvi gasós amb l'atmosfera :

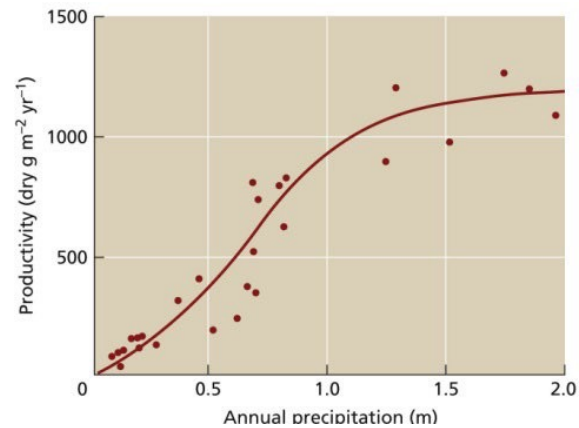
- El CO_2 es difon a l'interior de la planta.
- L'aigua es difon a l'exterior en forma de vapor.

Per cada molècula de CO_2 capturada per difusió → Pèrdua de 400 molècules d'aigua per evaporació.



Importància i propietats de l'aigua

L'aigua és el factor principal en la distribució de les plantes



L'aigua limita la productivitat dels ecosistemes naturals i de l'agricultura

Algunes plantes han desenvolupat estratègies per a controlar el consum d'aigua



Molts briòfits (no vasculars) poden tolerar la sequera.



Algunes plantes de desert són resistents a la sequera. Sobreviuen llargs períodes secs amb les llavors, i germinen i floreixen en els breus períodes de pluges.



Algunes plantes de desert toleren les condicions de sequera amb adaptacions, com arrels profundes, fotosíntesi C₄, suculència (emmagatzemament d'aigua) i fulles petites o absents.

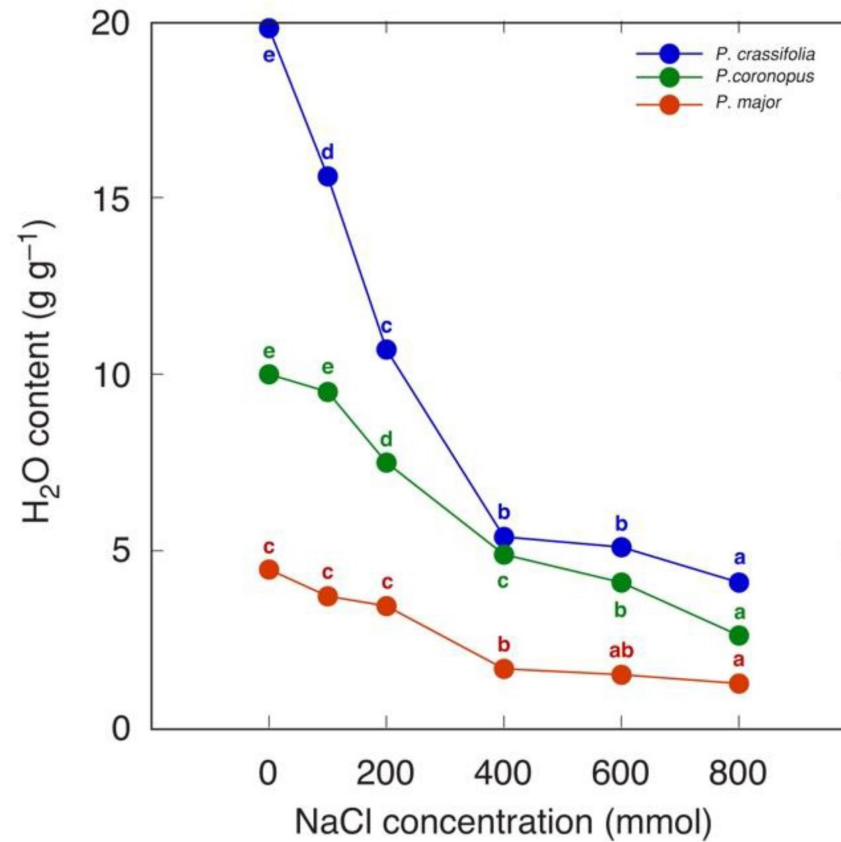


La majoria dels traqueòfits (plantes vasculars) no poden tolerar la sequera i moren.

Importància i propietats de l'aigua

Efecte de factors externs sobre el contingut d'aigua en la planta

Efecte ↑ de la salinitat sobre el contingut d'aigua de les fulles en tres espècies de *Plantago* ecològicament diferents.



Halòfites

Plantago crassifolia
Plantago coronopus

Sensible a la sal

Plantago major

Water Content of Plant Tissues: So Simple That Almost Forgotten?

by Gederts Ievinsh

Department of Plant Physiology, Faculty of Biology, University of Latvia, 1 Jelgavas Str., LV-1004 Rīga, Latvia

Plants 2023, 12(8), 1238; <https://doi.org/10.3390/plants12061238>

Submission received: 9 February 2023 / Revised: 6 March 2023 / Accepted: 6 March 2023 / Published: 8 March 2023

Importància i propietats de l'aigua

L'aigua juga un paper crucial en els éssers vius, a causa de les **propietats** que té. → Les propietats dels àtoms d'oxigen i hidrogen donen a la molècula d'aigua un **caràcter dipolar**.

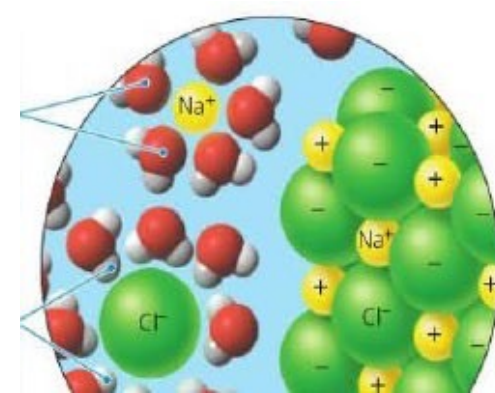
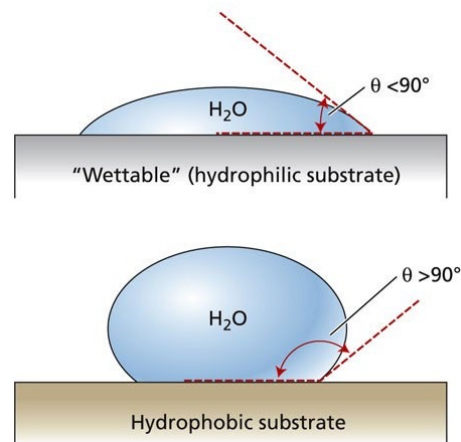
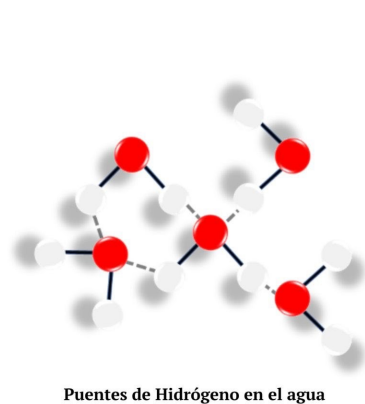
Poden establir ponts d'hidrogen amb:

- Altres molècules d'aigua: **Interaccions electroestàtiques** amb altres molècules d'aigua, a través d'enllaços de **pont d'hidrogen**.
- **Altres molècules polars o iòniques**: Gran habilitat com a **solvent** d'aquestes molècules, així com propietats d'adhesió i **cohesió**.

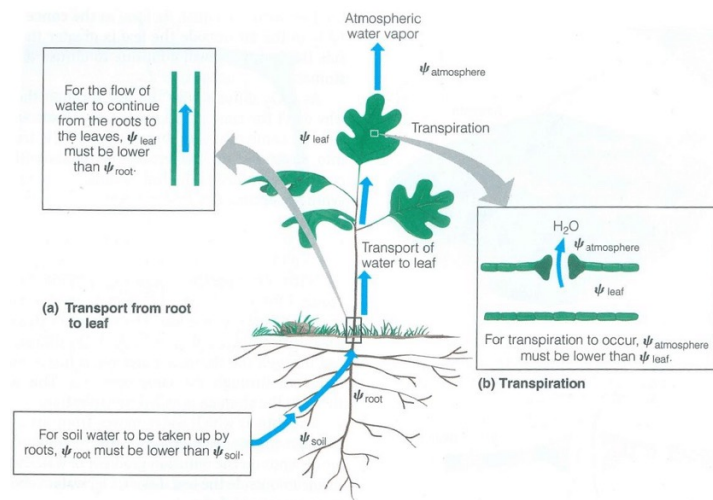
L'establiment d'aquests ponts d'hidrogen també és responsable de:

- Alta **calor específica**.
- Alta **calor latent** d'evaporació.
- **Tensió superficial**.
- **Constant dielèctrica**.

➡ **Paper moderador de la temperatura**

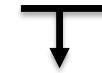


El potencial hídric: Concepte i components

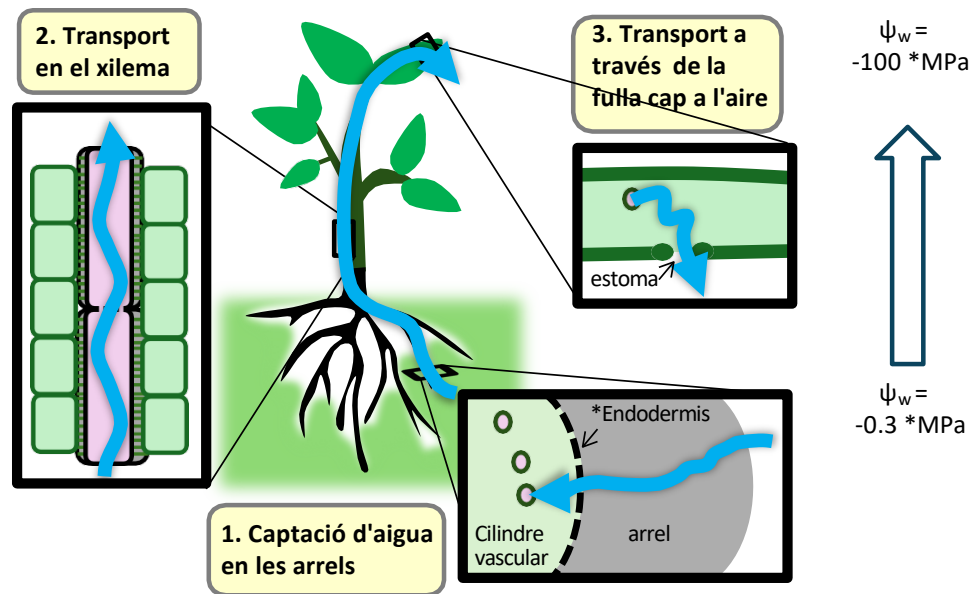


Circulació d'aigua en el sistema sol-planta-atmosfera

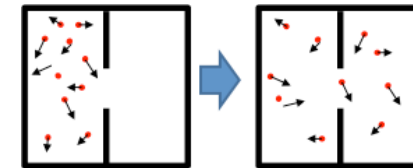
Prop del 97% de l'aigua absorbida per arrels és **transportada** a través de la planta i perduda per **transpiració** a través de la fulla. → L'aigua sempre es **mou passivament**, a favor del **gradient** de potencial hídric (ψ_w).



És el potencial químic de l'aigua (μ_w) expressat en unitats de pressió (Mpa)



L'aigua es mou per **difusió** i per **flux de massa**.



Difusió: Moviment aleatori de molècules individuals (1, 3)

Flux de massa: Aigua en els rierols, tubs, mànegues, la **columna d'aigua del xilema** (1, 2)

El potencial hídric: Concepte i components

Potencial químic de l'aigua o més específicament potencial hídric ψ_w (potencial químic per unitat de volum molar): És l'energia lliure associada a l'aigua en un moment determinat ($\psi_w = 0$ per a aigua pura a temperatura ambient a pressió atmosfèrica). Està representat en unitats de pressió (megapascals, Mpa)

- L'aigua sempre està en contacte amb **altres molècules** (solut) i en **compartiments** delimitats per **membranes biològiques** que actuen com a **barreres semipermeables**, i que deixen entrar l'aigua amb relativa facilitat però no els soluts.
- Si no hi ha energia externa, l'aigua **sempre fluirà a través d'aquestes membranes des d'on hi ha alt potencial hídric fins on hi ha potencial hídric baix** (osmosi)

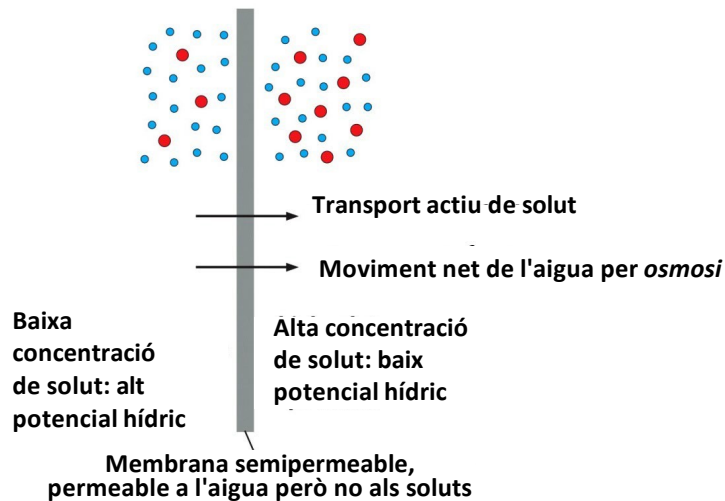
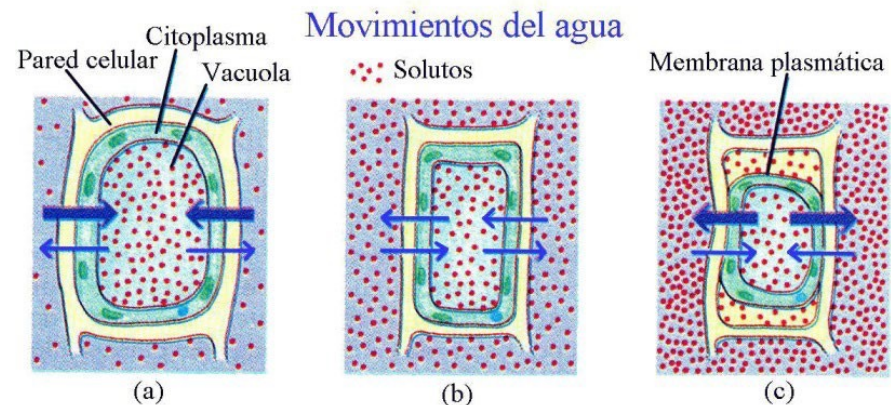
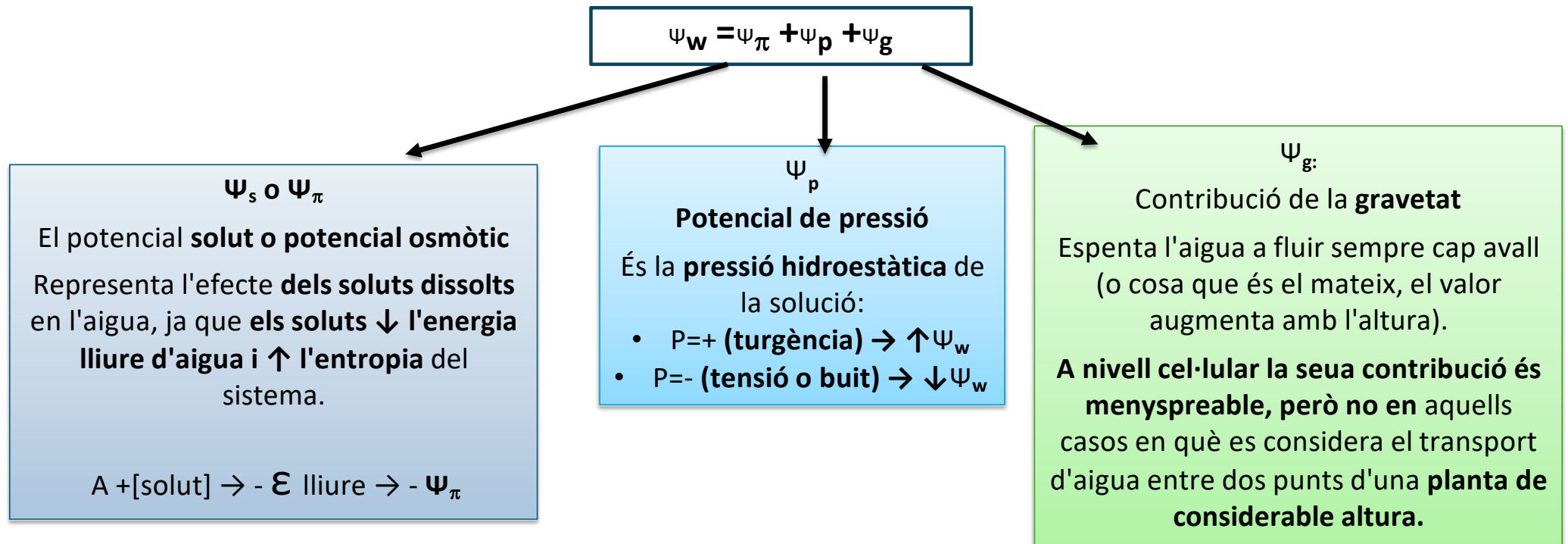


Figure 3-65c Plant Biology (© Garland Science 2010)



El potencial hídric: Concepte i components

En les cèl·lules vegetals, el potencial hídric es pot descompondre en 3 factors principals:

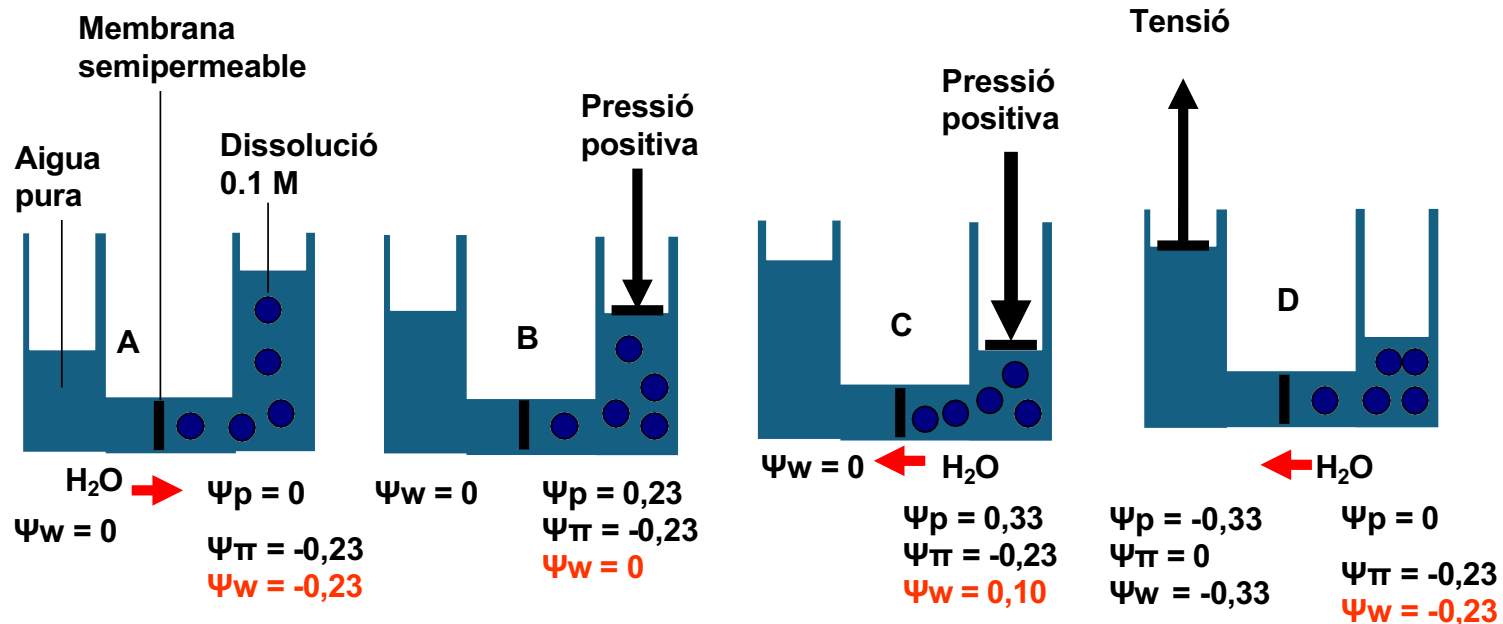


A nivell cel·lular: $\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$ $\longrightarrow$

El moviment d'aigua en els éssers vius depèn de la concentració de soluts i de la pressió.

L'aigua es mou des de regions d'alt potencial hídric a regions de baix potencial hídric, sempre fins a igualar els potencials de les àrees separades per la membrana semipermeable.

Els canvis en el Ψ_w poden ser deguts a canvis en el potencial de pressió (Ψ_p) o a canvis en el potencial osmòtic (Ψ_π)



El potencial hídric: Concepte i components

A una cèl·lula vegetal:

El **citoplasma** i el **vacúol** central contenen **soluts** que determinaran un ψ_s més **negatiu** com $\uparrow$ [soluts].

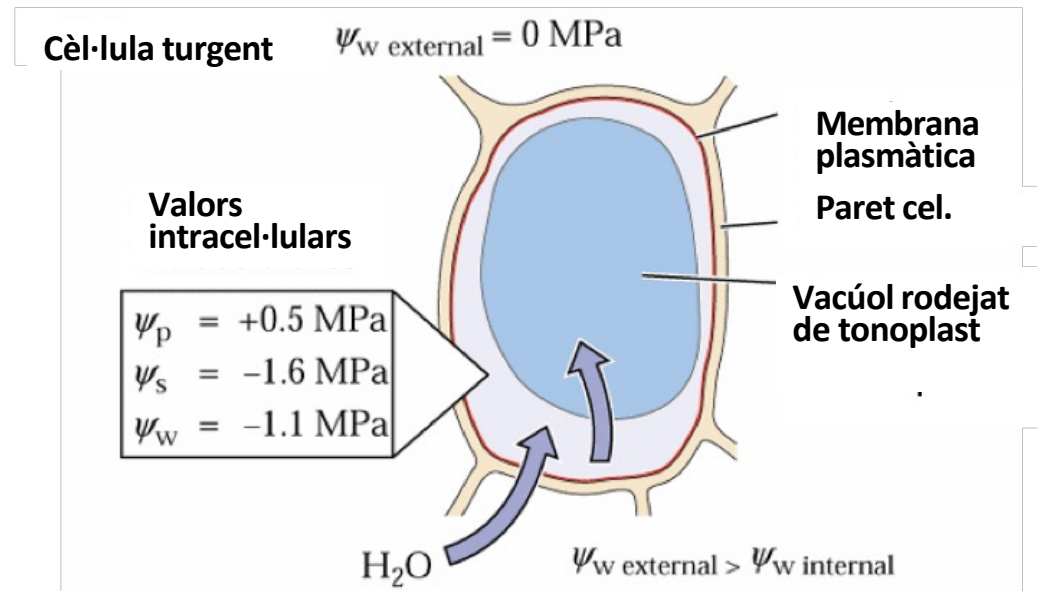


Això afavoreix l'entrada **d'aigua** des de l'exterior i l'acumulació en el **vacúol**, que **espenta** la resta dels **components** cel·lulars cap a la **membrana plasmàtica** i aquesta al seu torn cap a la **paret**.



La paret començarà a exercir un ψ_p que contrarestarà l'expansió cel·lular.

Les cèl·lules vegetals
normalment tenen valors
negatius de potencial hídric

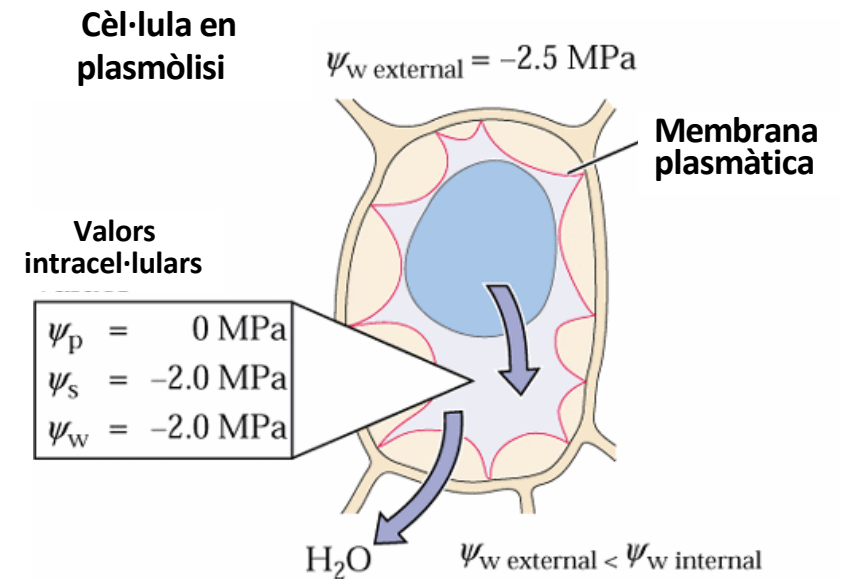


L'aigua també pot eixir de la cèl·lula en resposta a un gradient de Ψ_w

Cèl·lula en plasmòlisi:

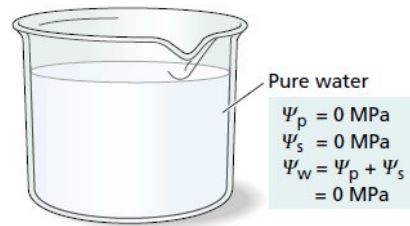
Si el Ψ_w de l'**exterior** es torna més **negatiu**, l'aigua haurà **d'eixir** de la cèl·lula fins a igualar de nou els Ψ .

Si la diferència és tal que s'arriba al fet que $\psi_p = 0$, la cèl·lula pot **separar** la seua **membrana** plasmàtica de la **paret** cel·lular i a partir de ací es produeix **plasmòlisi**.

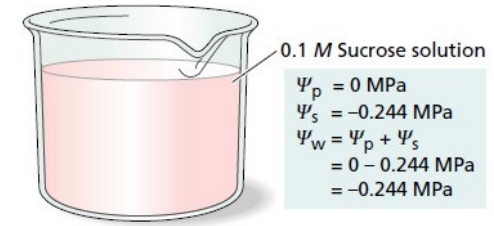


El potencial hídric: Concepte i components

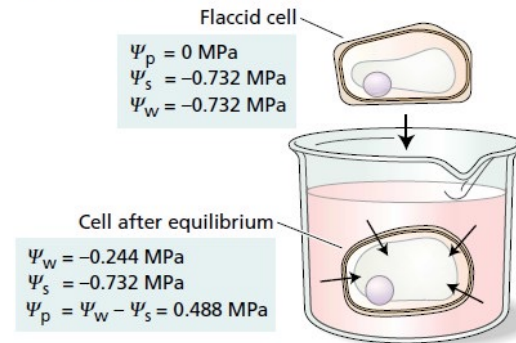
(A) Pure water



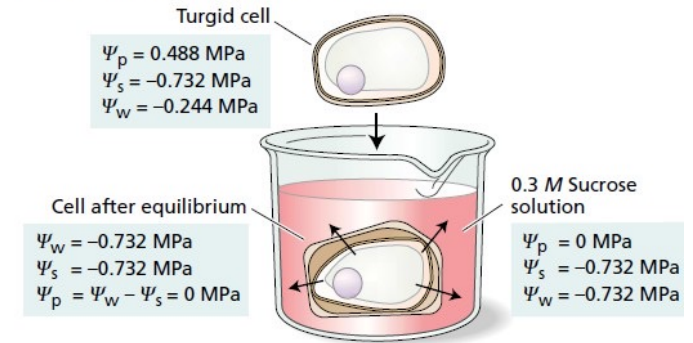
(B) Solution containing 0.1 M sucrose



(C) Flaccid cell dropped into sucrose solution



(D) Concentration of sucrose increased



(E) Pressure applied to cell

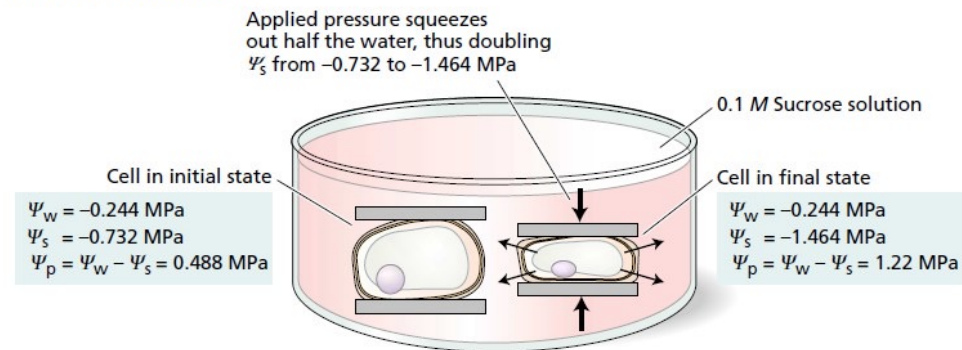


Diagrama de Hoffer

Mostra la relació entre el Ψ_w , els seus components (Ψ_p i $\Psi_s = \Psi_s$) i el volum cel·lular relatiu ($\Delta V/V$).

Amb la pèrdua inicial del volum cel·lular del 5%

↓
 Ψ_p ↓ ràpidament
 Ψ_s canvia molt poc

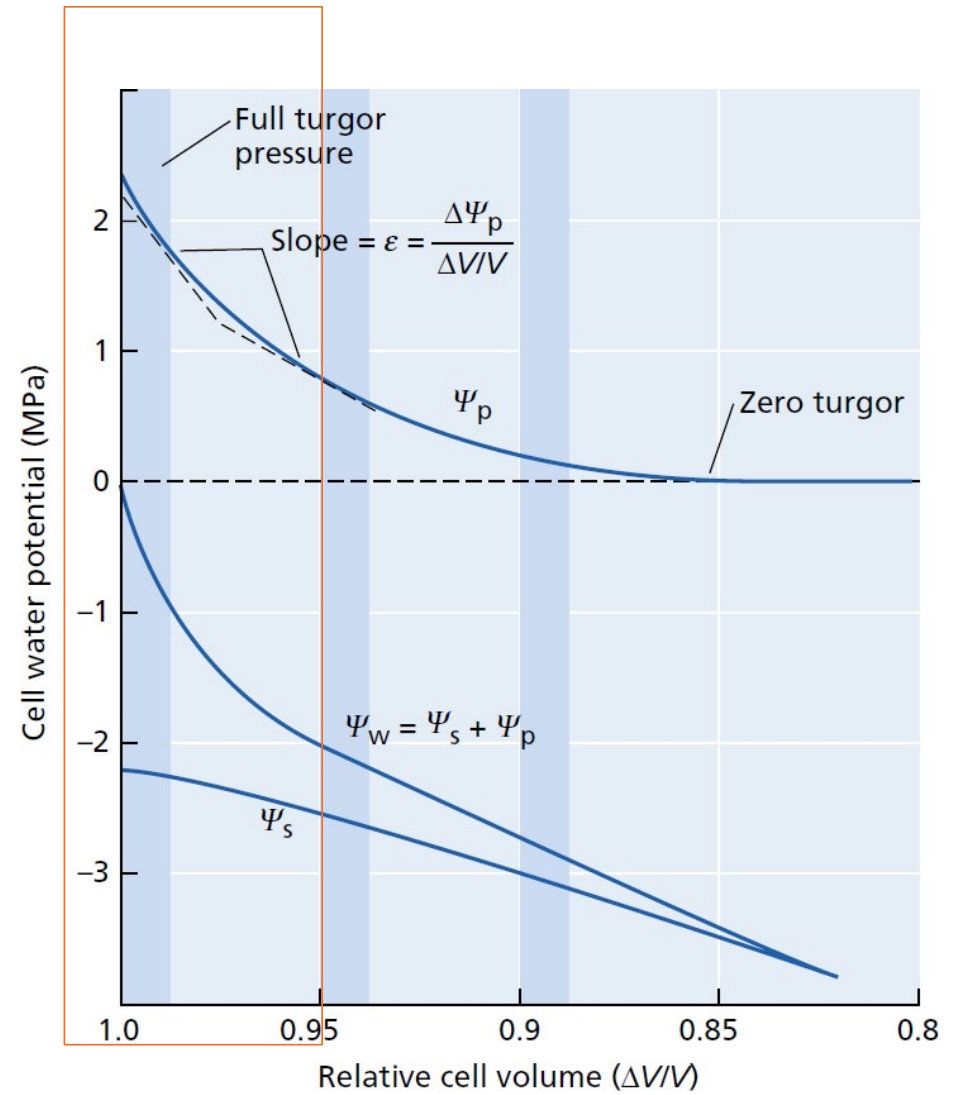


Diagrama de Hoffler

A mesura que el volum cel·lular cau per sota de 0,9



La majoria dels canvis en Ψ_w es deuen a



↓ en el Ψ_s

canvi relativament petit de Ψ_p

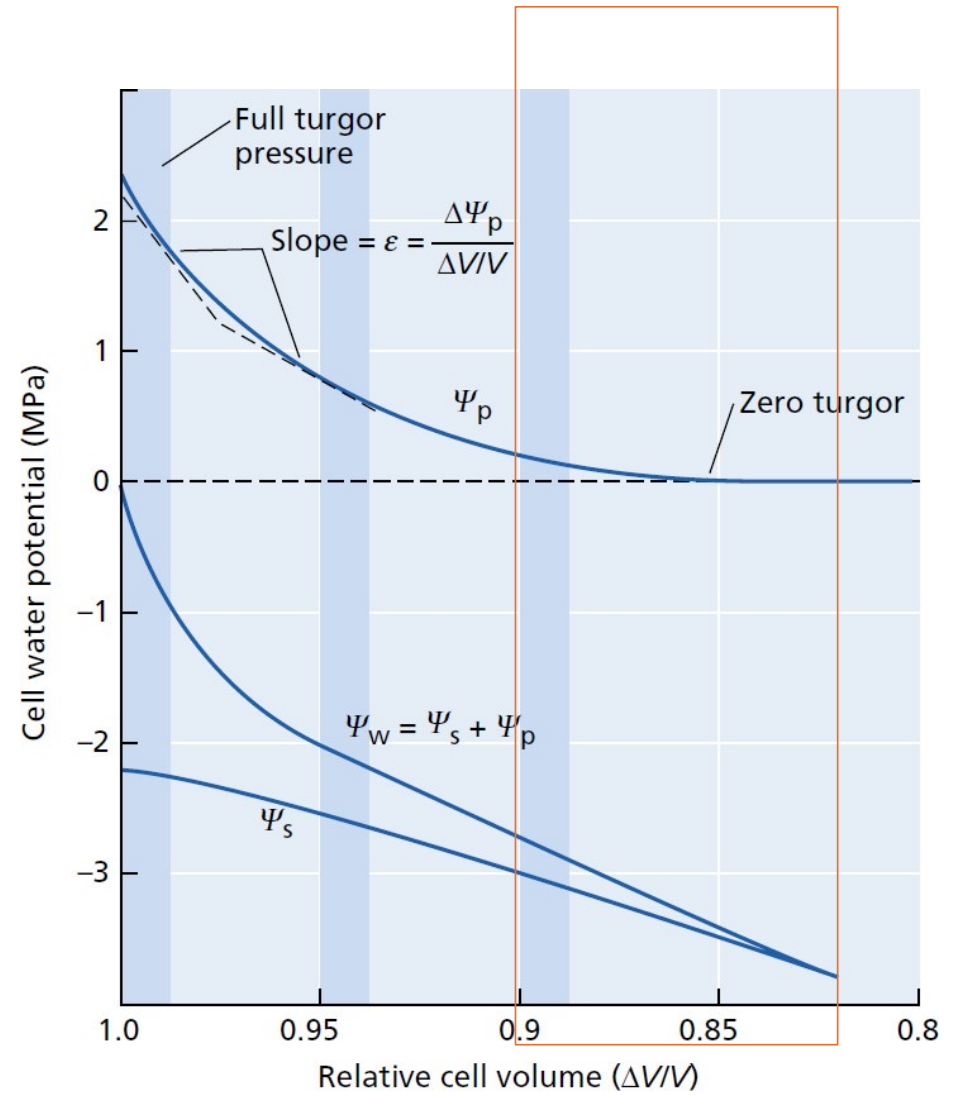


Diagrama de Hoffer

El pendent de la corba que relaciona Ψ_p amb el volum cel·lular és una mesura del mòdul d'elasticitat o ϵ

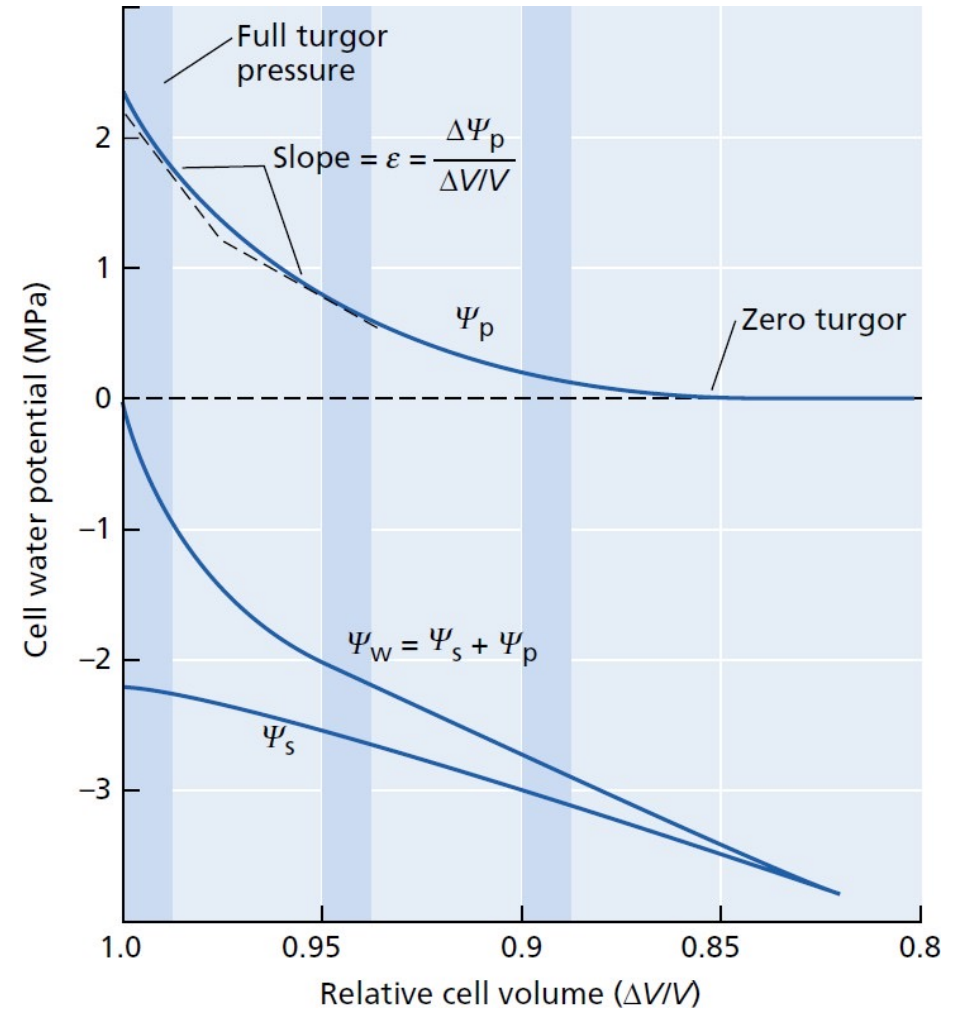


Indica la rigidesa de la paret cel·lular



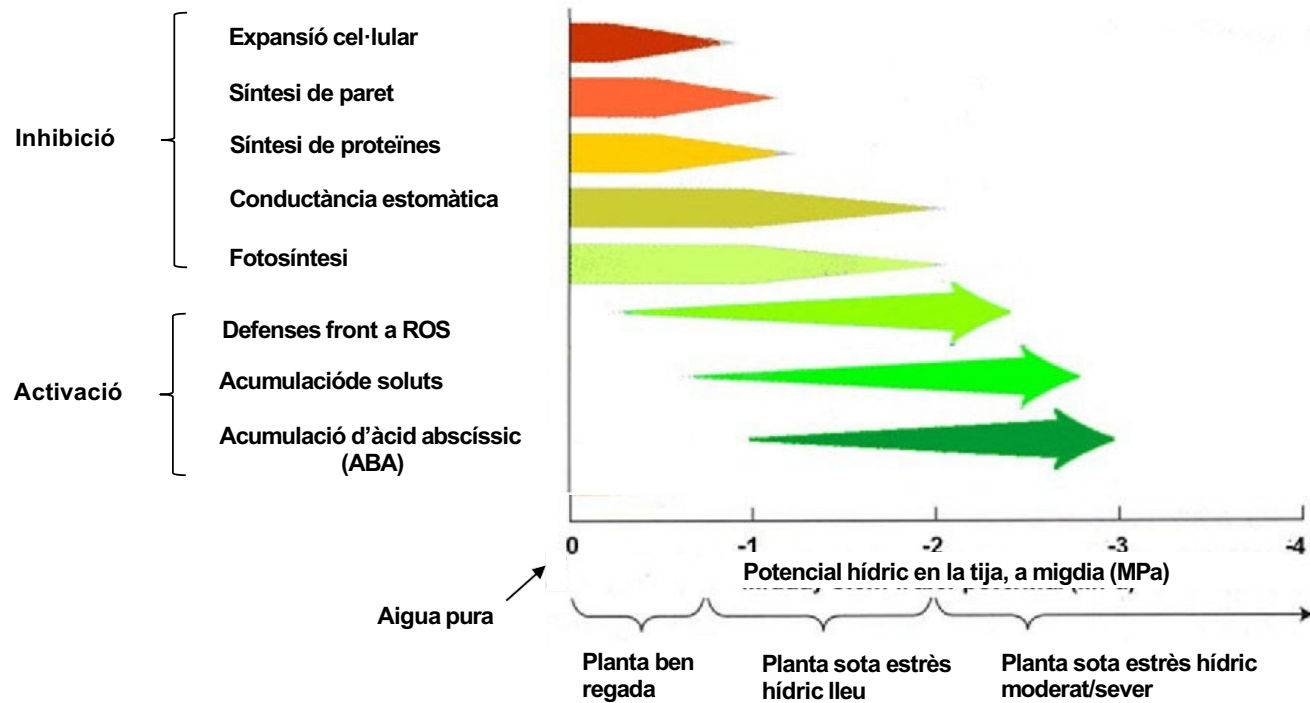
El valor de ϵ no és constant → ↓ a mesura que la cèl·lula ↓ turgència

Els valors de ϵ per a les cèl·lules vegetals es troben entre 1 i 50 MPa.



Relació entre estat hídric i funcions fisiològiques

A més de ser la força conductora de l'aigua, el potencial hídric mesura l'estat hídric de la planta.



Relacions hídriques en cèl·lules i teixits

Relacions hídriques en cèl·lules i teixits.

En el cas de les plantes, el moviment d'aigua a través de les membranes es pot dur a terme:

- **Difusió passiva directa a través de la bicapa lipídica.**
- **Difusió facilitada** per canals d'aigua específics anomenats aquaporines → Canal selectiu d'aigua a causa del diàmetre estret i la naturalesa hidrofòbica, **que exclou molècules carregades elèctricament.**

En els dos processos de difusió no hi ha **cap mena d'energia** que la impulse, a part de la **diferència del Ψ_w** entre els dos costats.

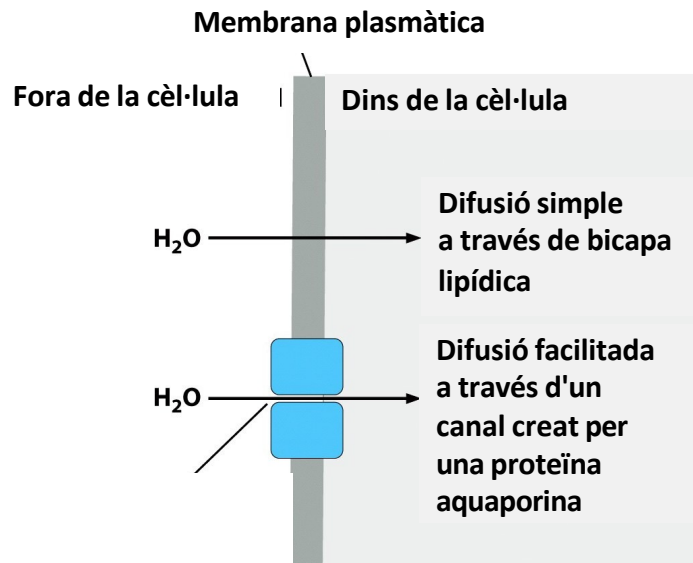
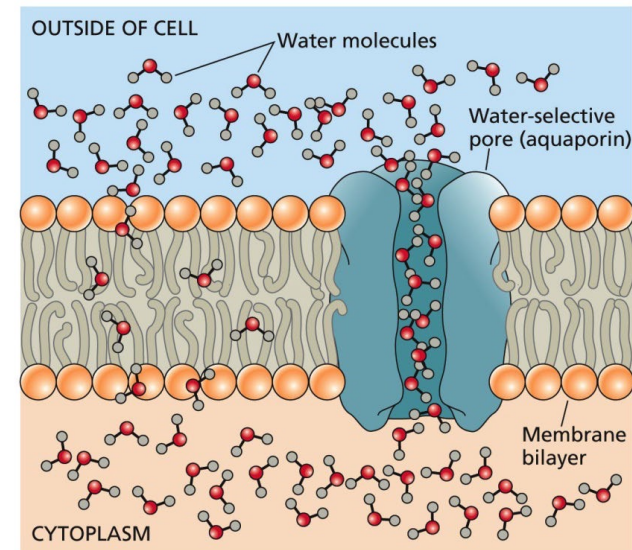


Figure 3-63 Plant Biology (© Garland Science 2010)



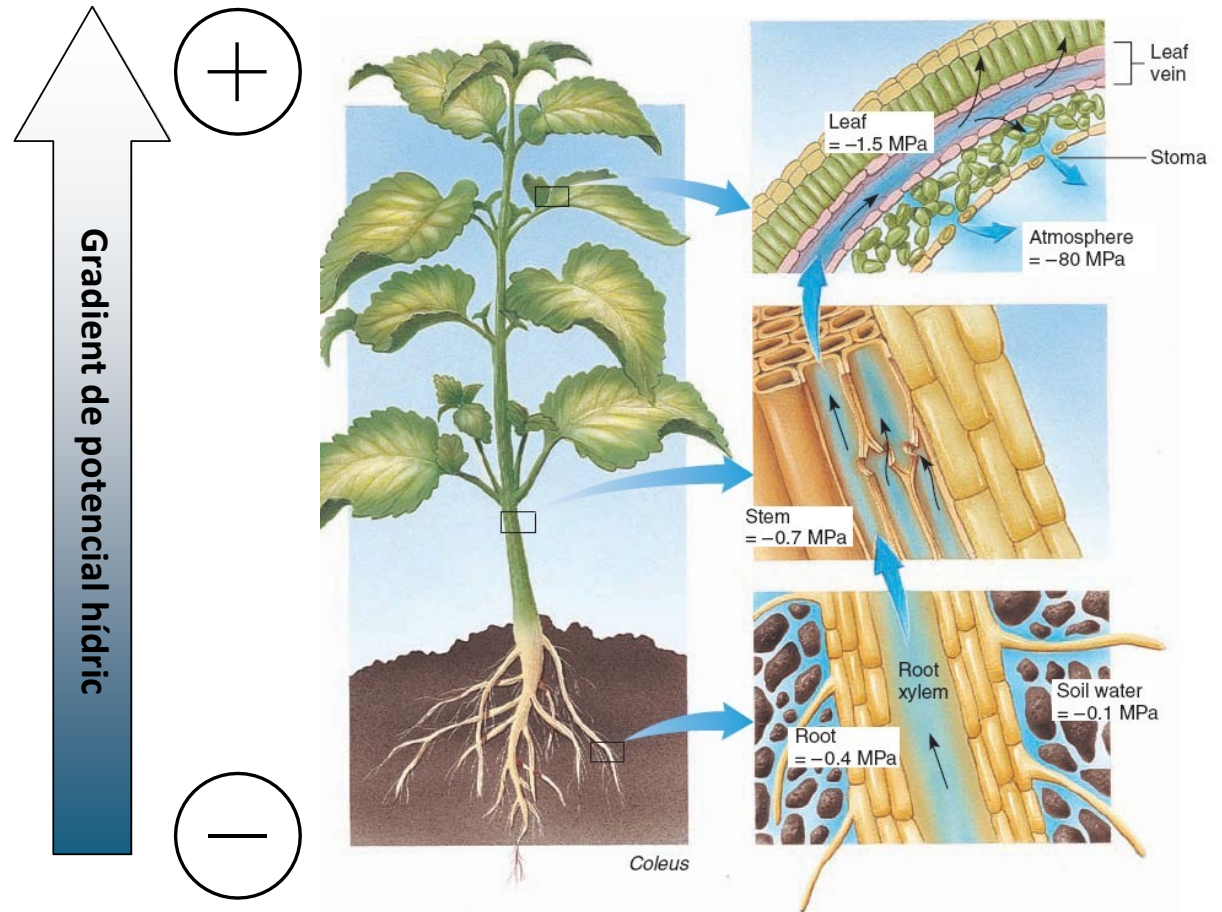
PLANT PHYSIOLOGY, 5e, Figure 3.13

© 2010 Sinauer Associates, Inc.

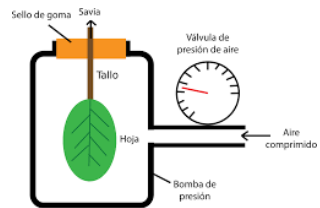
Potencials hídrics en el sistema sòl-planta-atmosfera

L'aigua es mou per les **diferències de Ψ_w** entre l'**atmosfera** (molt seca), els **teixits** interiors de la planta (humits) i el **sòl** (humit-molt humit)

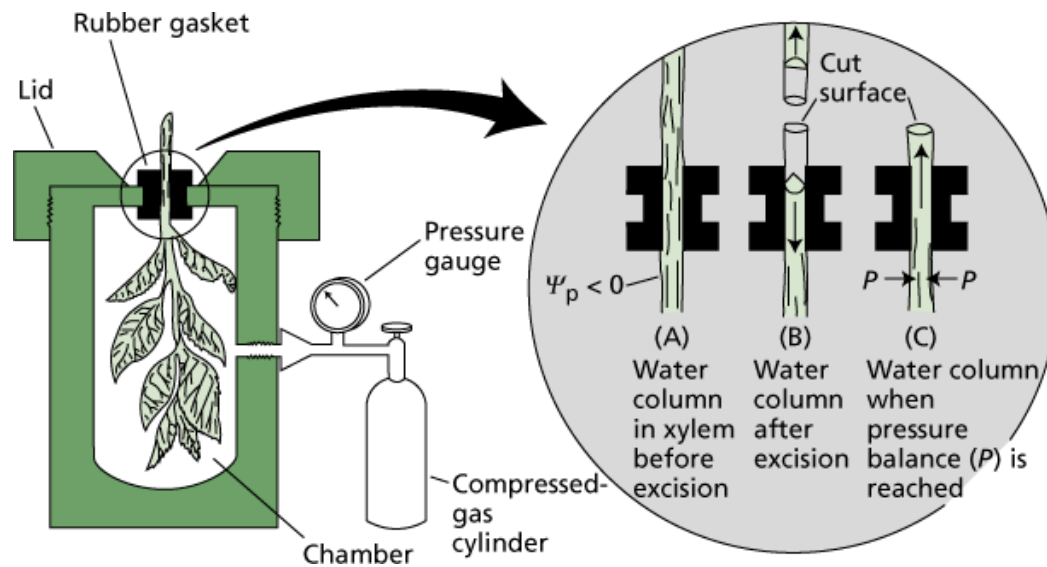
El gradient del Ψ_w que s'estableix en les diferents parts de la planta explica el flux d'aigua des del sòl a l'atmosfera → **sempre cap a potencials cada vegada més negatius**)



Mesures del potencial hídric

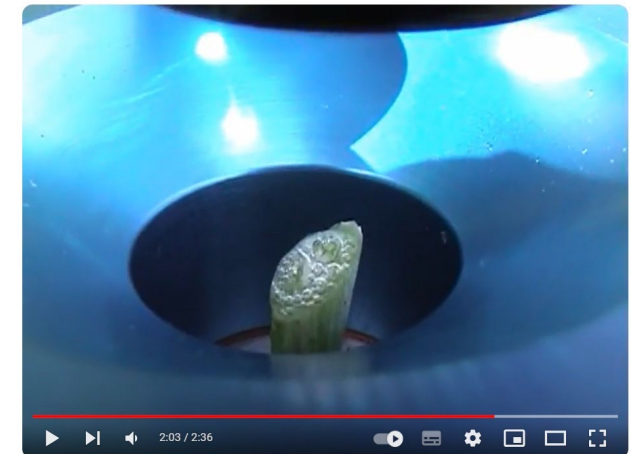


Cambra de pressió o de Scholander



Taiz i col. (2015)

<https://www.youtube.com/watch?v=Jeqo8Uyix6U>



<https://www.youtube.com/watch?v=Jeqo8Uyix6U>