

Vodní režim rostlin

- Úvod
- **Adaptace, aklimace:** rostliny vodní, poikilohydrické (řasy, mechy, lišejníky, kapradiny, vyšší rostliny) a homoiohydrické.
- **Obsah vody, RWC, vodní potenciál a jeho komponenty:** charakteristika, uplatnění, vzájemné vztahy
- **Voda a dlouhivý růst**

Srážky a evapotranspirace u různých ekosystémů

Porost	Oblast	Roční úhrn srážek (mm)	Evapotranspirace v % úhrnu srážek	Odtok (povrchová a podzemní voda) v % úhrnu srážek
Lesnaté krajiny				
Tropický deštný les	povodí Konga	1900	73	27
Savana	povodí Konga	1250	82	18
Opadavé lesy (na rovinách)	střední Evropa	600	67	33
	severovýchodní Asie	700	72	28
Jehličnaté lesy (na rovinách)	střední Evropa	730	60	40
	severových. Evropa	800	65	35
Horské lesy	jižní Andy	2000	25	75
	Alpy	1640	52	48
	střední Evropa	1000	43	57
	Severní Amerika	1300	38	62
Travné porosty				
Savany	semiariidní tropy	700	85	15
Rákosiny	střední Evropa	800	> 150	0
Pastviny	střední Evropa	700	62	38
Horské louky	Alpy			
	– za rok	1000 – 1700	10 – 20	80 – 90
	– za vegetační období	500 – 600	25 – 40	60 – 75
Stepi	východní Evropa	500	95	5
Pustiny				
Polopouště	subtropy	200	95	5
Pouště	subtropy	50	> 100	0
Tundra	Severní Amerika	180	55	45
Chladná horská poušť (puna)	Jižní Amerika	370	70 – 80	20 – 30

Adaptace, aklimace

- Životní prostředí rostlin (klimatická pásma, množství srážek, obsah vody v půdě, vlhkost vzduchu, zasolení)
- Rostliny vodní a suchozemské (poikilohydrické a homoiohydrické)
- Adaptace, aklimace

Základní charakteristiky

- Vodní bilance rostliny:
 - absorpce - transpirace, vliv půdní a vzdušné vlhkosti
- Obsah vody v rostlině [%] = $(FM - DM / FM) \times 100$
- FM - čerstvá hmotnost, DM - hmotnost sušiny
- protoplazma 85 - 90 %, organely bohaté na lipidy (chloroplasty, mitochondrie) 50 %,
- zralé dužnaté plody 85 - 95 %, listy 80 - 90 %, kořeny 70 - 95 %, dřevo 50 %, semena , pylová zrna 5 - 15 %
- Relativní obsah vody,
 - $RWC [\%] = [1 - (FM_s - FM_a)/(FM_s - DM)] \times 100,$
 - FM_s - hmotnost po nasycení, FM_a - aktuální hmotnost

Vodní potenciál a jeho komponenty

- $\Psi_w = (\mu_w - \mu_w^0) / V_w$
- Ψ_w - vodní potenciál, μ_w - chemický potenciál vody v systému, μ_w^0 - chemický potenciál čisté vody, V_w - molární objem vody

- $\mu_w = (\partial G / \partial n_i)_{T,p,n_j}$
- G - Gibbsova volná energie, n_i - počet molů komponenty i , n_j - počet molů ostatních komponent, T - absolutní teplota, p - tlak

- $\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_m + \Psi_g$
- Ψ_s - osmotický potenciál, Ψ_p - tlakový potenciál, Ψ_m - matriční potenciál, Ψ_g - gravitační potenciál

- $\Psi_s = (RT / V_w) \ln a_w = -cRT$
- R - plynová konstanta, a_w - aktivita vody, c - koncentrace

- $\varepsilon = V (\Delta p / \Delta V)$
- ε - objemový modulus elasticity, V - objem buňky

- Rozdílné hodnoty Ψ_w a jeho komponent uvnitř buněk a v apoplastu (Ψ_{wall} a Ψ_{tissue})

Vodní potenciál listů různých druhů rostlin

Tab. 5.6. Minimální hodnoty vodního potenciálu asimilačních orgánů různých ekologicky odlišných skupin rostlin. Podle Scholandera et al. (1965), Merina et al. (1976), Bergera et al. (1978) a údajů shromážděných Richterem (1976)

Skupina rostlin	Ψ_{min} (MPa)
Vodní rostliny	-1,2
Bažinné rostliny	-1,5
Polní plodiny	-1,5 až -2,5
Trávy	-2,0 až -2,2 (-4,5)
Dřeviny mírného pásma	
Opadavé stromy a keře	-1,5 až -2,5
Jehličnany	-1,8 až -2,5 (-6,0)
Rostliny oblastí s periodickým suchem	
Tvrdoolisté druhy	-3,5 až -7,0
Druhy buše	-3,5 až -8,0
Rostliny "garrigue"	-4,0 až -8,0
Pouštní rostliny	
Keře	-5,5 až -9,0 (-16,0)
Sukulenty	-1,8 až -2,0
Rostliny mangrovů	-5,0 až -6,0
Halofyty	-3,0 až -5,5 (-9,0)

Uplatnění jednotlivých komponent

- ψ_g – vysoké stromy ($\psi_g = gh\rho$, g - gravitační konstanta, h - výška, ρ - hustota roztoku),
- ψ_m – bobtnání a první fáze klíčení semen
- ψ_p – cévy, apoplast, růst, pohyby průduchů
- ψ_s – transport na úrovni buněk a pletiv, plasmolýza, kořenový vztlak, růst

Plasmolýza

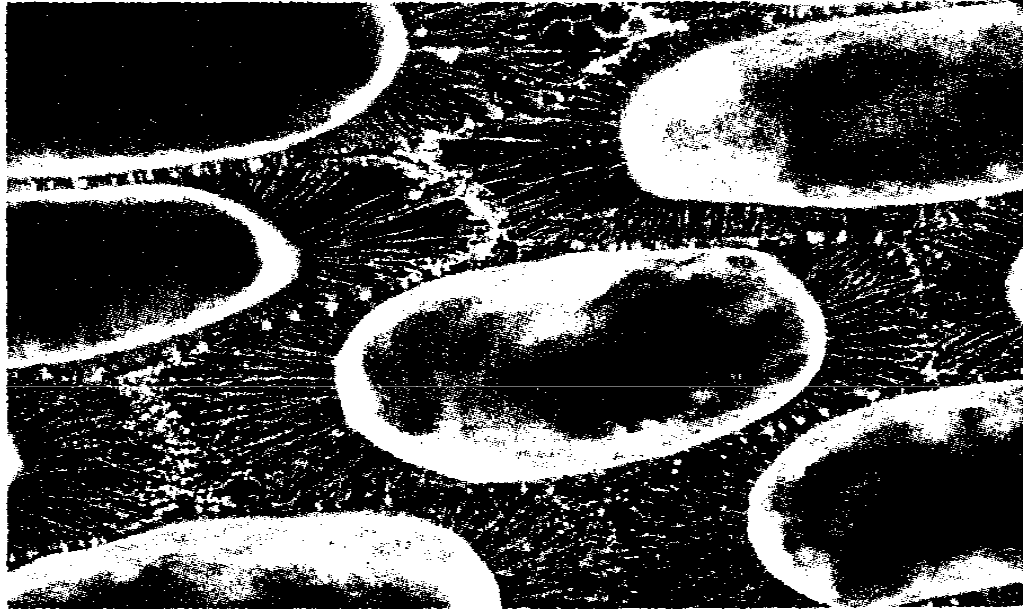


Figure 5. Onion scale leaf epidermal cells plasmolysed in 0.75 M mannitol. Stretched strands of plasma membrane connect the protoplast to the cell wall; small sections of the plasma membrane and peripheral cytoplasm remain tethered to the wall. Confocal projection, $\sim \times 750$. Photograph courtesy of Brian Gunning.

Metody stanovení

ψ_w - psychrometrie, tlaková komora [vztah mezi ψ_w a vlhkostí vzduchu: $\psi_w = (RT / V_w) \ln(e/e_s)$]

ψ_s - psychrometrie, kryoskopie

ψ_p - tlaková sonda

Termočláňkový psychrometr

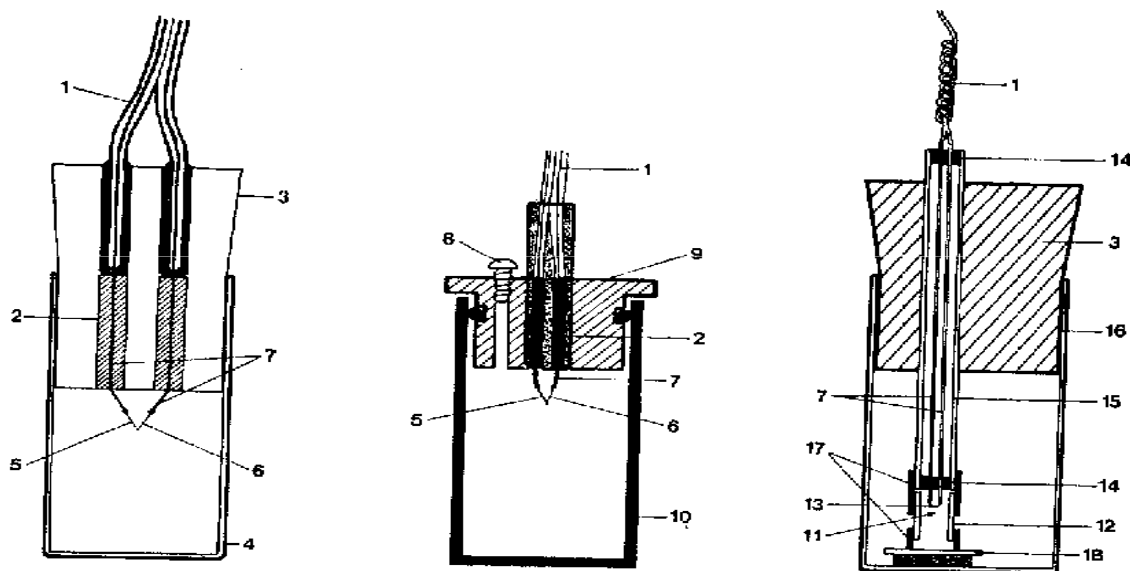
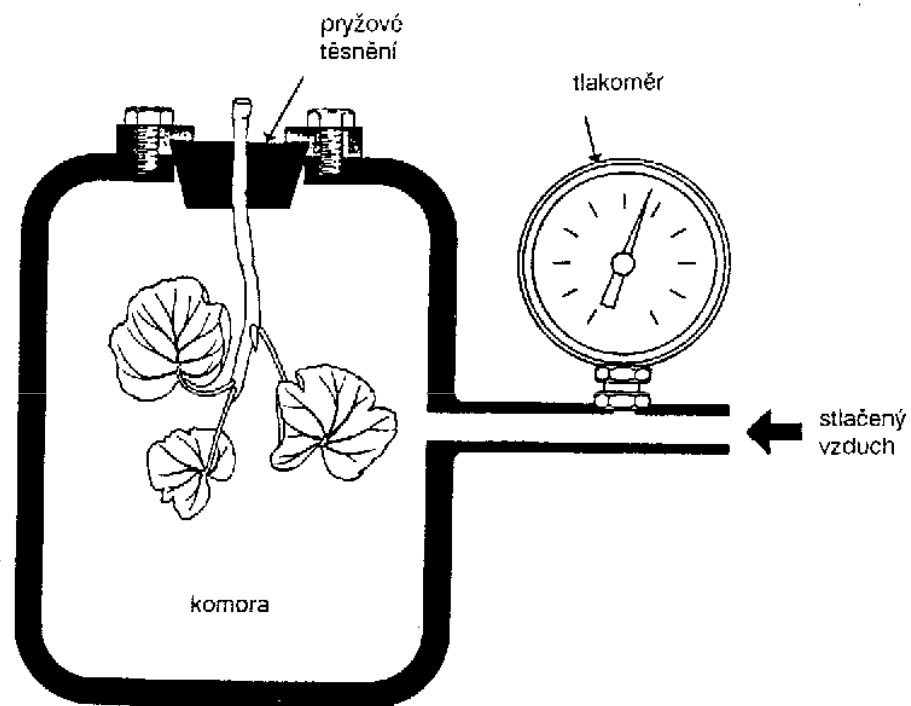


Fig. 1.14 Thermocouple psychrometers of the A type. Left: simple modification by MONTBITH and OWEN (1958). Centre: modification with a brass chamber. Right: miniature modification by MANOHAR (1966a,b,c): 1 — insulated wires, 2 — copper rods, 3 — rubber stopper, 4 — glass measuring chamber, 5 — chromel and 6 — constantan wires, 7 — copper wires, 8 — screw for pressure equilibration after closing the chamber, 9 — brass stopper with O-rings, 10 — brass chamber, 11 — psychrometric chamber, 12 — silver cylinder, 13 — thermocouple, 14 — araldite seals, 15 — glass tube, 16 — glass specimen tube, 17 — polyethylene sleeves, 18 — leaf disc.

Tlaková komora



Obr. 2.12 Princip měření vodního potenciálu tlakovou komorou. Popis v textu. (Podle Nobela 1991.)

Tlaková sonda

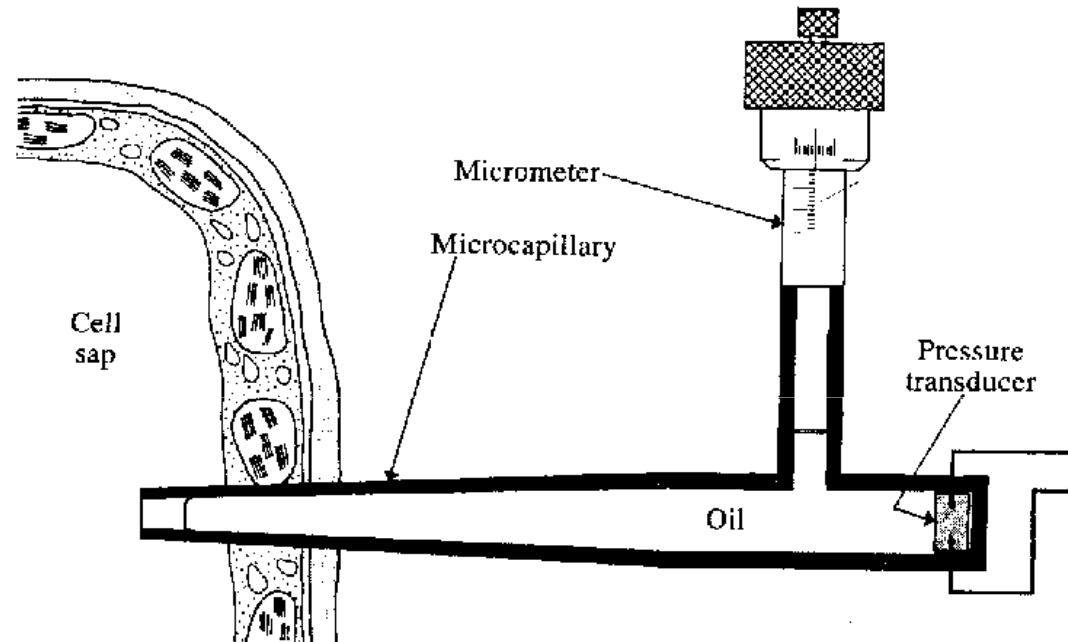
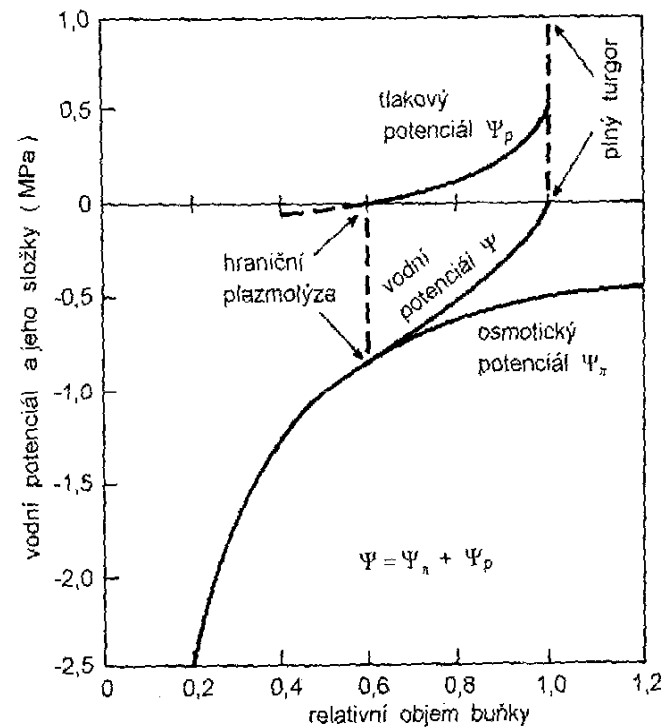


Figure 2-15. Schematic diagram of a “pressure probe,” an apparatus that can be used to measure P , L_w (or L_p , see Chapter 3), and ϵ for individual plant cells. The intracellular hydrostatic pressure is transmitted to the pressure transducer via an oil-filled microcapillary introduced into the cell. Volume can be changed by adjusting the micrometer and observing the motion of the interface between the cell sap and the oil (in the drawing the cell region is greatly enlarged relative to the rest of the apparatus).

Hoflerův diagram



Obr. 2.9 Vztah vodního potenciálu a jeho složek k relativnímu objemu buňky – tzv. Höflerův diagram. Podrobnější popis v textu. (Podle Salisburyho a Rosse 1992.)

Vodní stres

- Vzniká při jakékoli nerovnováze ve vodní bilanci rostlin kdy rychlost transpirace (E) je vyšší než rychlost absorpce (A).
- Vysoká E - nízká vlhkost vzduchu, vysoká teplota, vysoká ozáření, silný vítr – snižování E je dosahováno zavíráním průduchů, omezením jejich počtu a velikosti, dostatečnou tvorbou kutikuly a vosků, snižováním listové plochy
- Nízká A - nedostatek vody v půdě, vysoká koncentrace solí, nízká teplota půdy – zvýšení je dosahováno zvětšením kořenového systému, jeho lepším rozložením v půdě a osmotickým a elastickým vyrovnáváním
- Malé odchylky v A a E vyrovnává transport vody ze zásob a do zásob.
- Určitý malý vodní stress je nezbytný pro gradient vodního potenciálu mezi substrátem a nadzemní částí umožňující transport vody.

Osmotické a elastické vyrovnávání

- Osmotické a elastické vyrovnávání (růst, sucho, zasolení, nízká teplota, apod.), indukce snížením vodního potenciálu půdy nebo vlhkostí vzduchu
- Osmotické vyrovnávání – příjem iontů, produkce nebo hromadění osmoticky aktivních látek: cukry (glukóza, trehalóza, sacharóza), alkoholy (manitol, sorbitol, glycerol), polyaminy, aminokyseliny (prolin), betainy (glycinbetain), též ochranný význam, především membrán, prolin např. též zdroj C a N, ochrana proti ROS
- Dehydriny – zrání semen, pylových zrn, vegetativní části rostlin při stresu, též vlivem ABA
- Elastické vyrovnávání – expansin, xyloglucan endotransglykosyláza, peroxidáza

Model buněčné stěny a možnosti změny její extenzibility

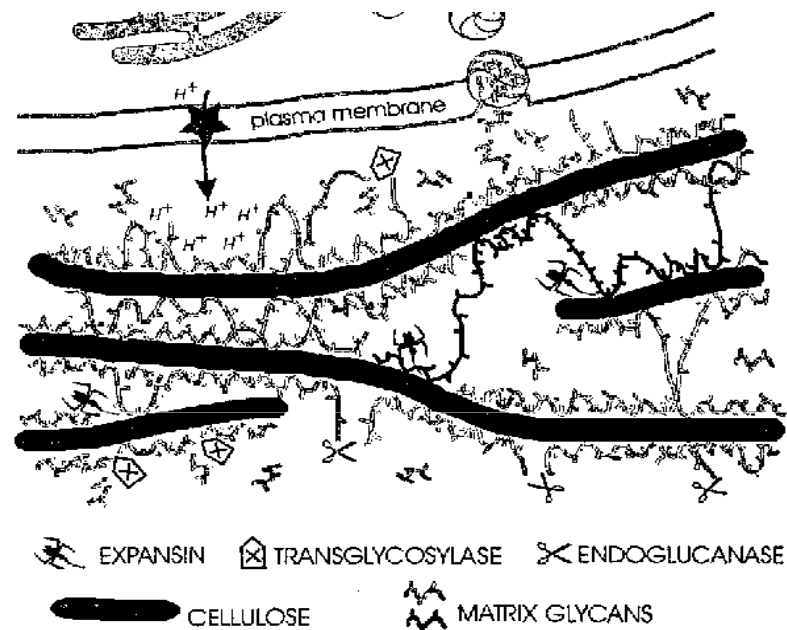
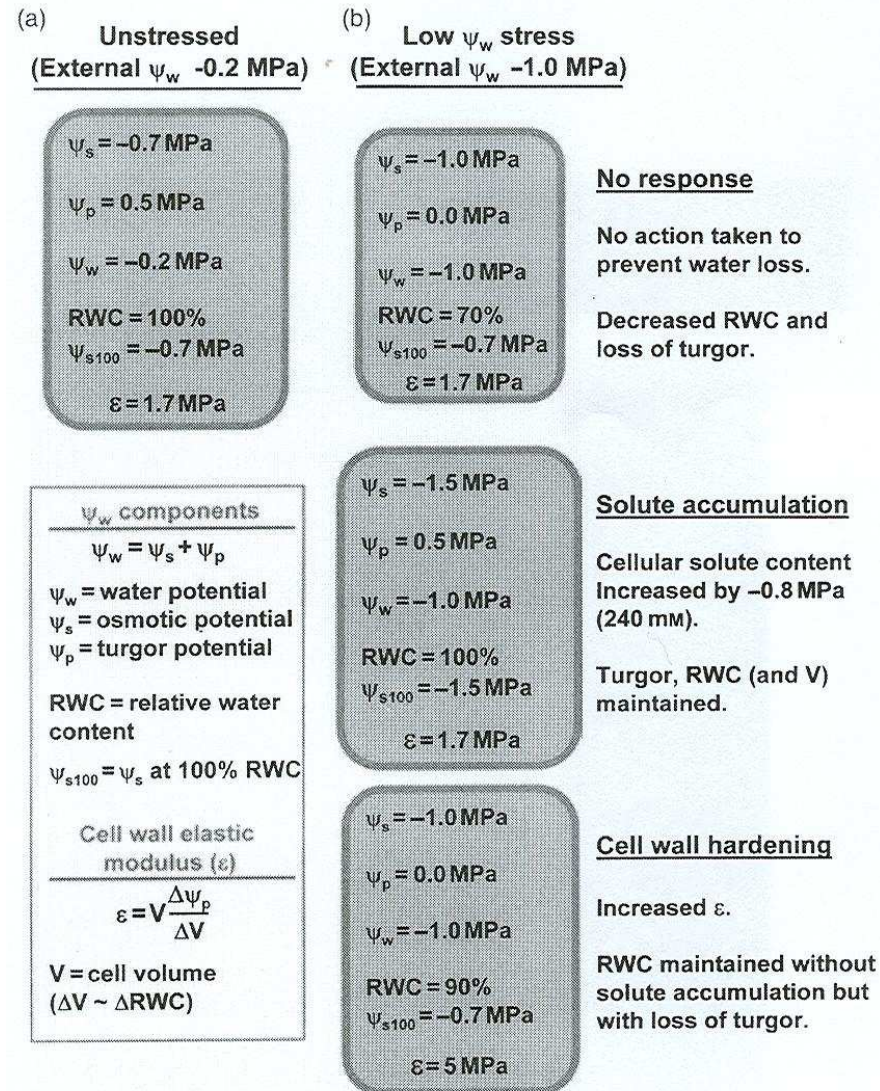


Fig. 2. Model of the cell wall and some of the activities that may alter cell wall extensibility. Cellulose microfibrils are coated with matrix glycans such as xyloglucan and embedded in a pectin/hemicellulose matrix. Expansins are thought to loosen the adhesion of matrix to the microfibrils, allowing slippage of the microfibrils and extension of the cell wall in response to the tensile forces generated by cell turgor pressure. H⁺-ATPases (star) in the plasma membrane can lower wall pH and thereby activate expansins. Transglycosylases, such as XET, can cut and ligate matrix glycans to one another, while endoglucanases can cut the xyloglucan backbone, making the wall more sensitive to expansin-induced wall extension. Cross-linking enzymes (not shown) could have the opposite effect. (Modified from Cosgrove, 1997.)

Změny vodního potenciálu a jeho komponent při stresu



Voda a růst

- **Dlouživý růst:**

- $dV/Vdt \approx m(\psi_p - Y)$

- m - extenzibilita buněčné stěny, ψ_p - tlakový potenciál, Y - hraniční tlakový potenciál

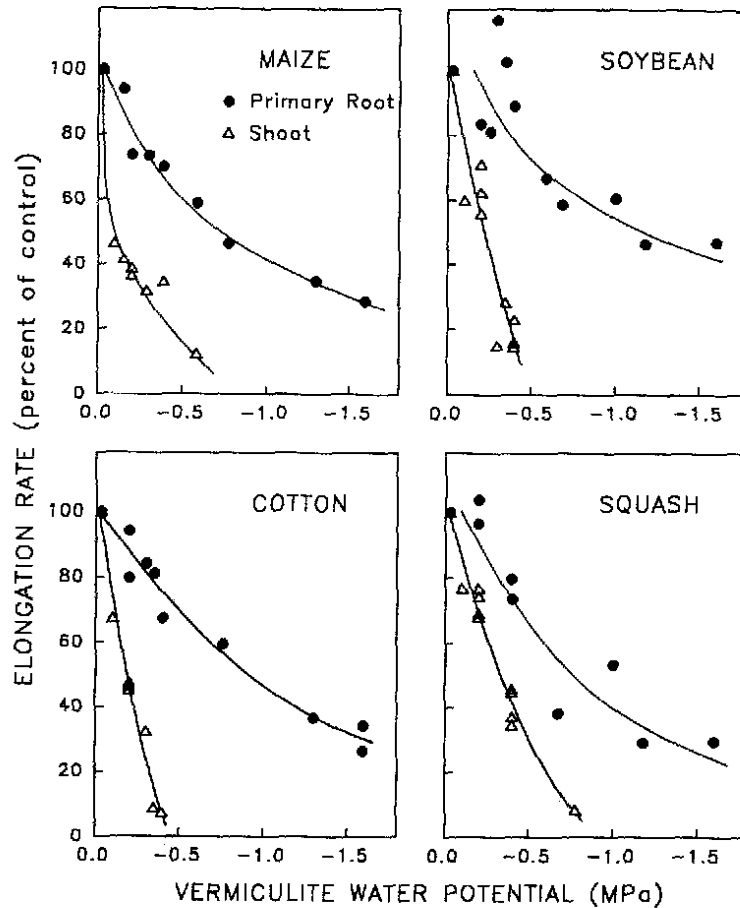
- $dV/Vdt \approx L_p(\psi_w^o - \psi_w)$

- L_p - hydraulická vodivost, ψ_w^o - vodní potenciál zdroje vody, ψ_w - vodní potenciál prodlužující se buňky

- **Lockartova rovnice:**

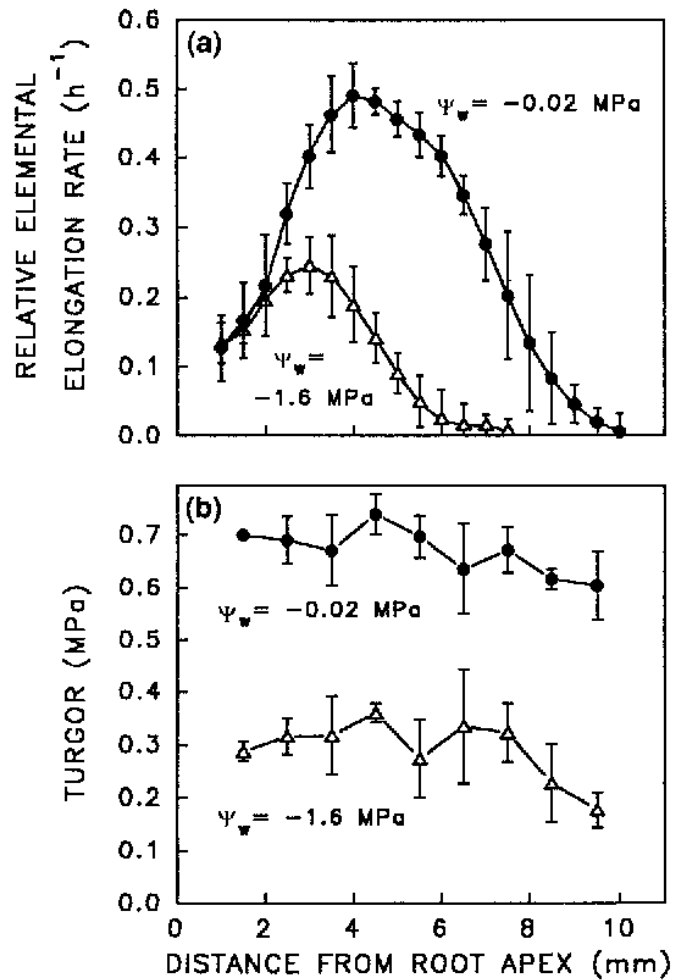
- $dV/Vdt = mL_p/(m + L_p) \times (\psi_o - \psi_s - Y)$

Vodní stress a růst



- Rozdílné ovlivnění prodlužovacího růstu kořenů a stonků snížením vodního potenciálu media

Vodní stress a růst



- Rychlost prodlužovacího růstu (a) a hodnoty tlakového potenciálu (b) v různé vzdálenosti od vrcholu kořene v medium o rozdílném vodním potenciálu

Aktivita xyloglukan endotransglykosylázy

Wall extensibility under water deficits 1547

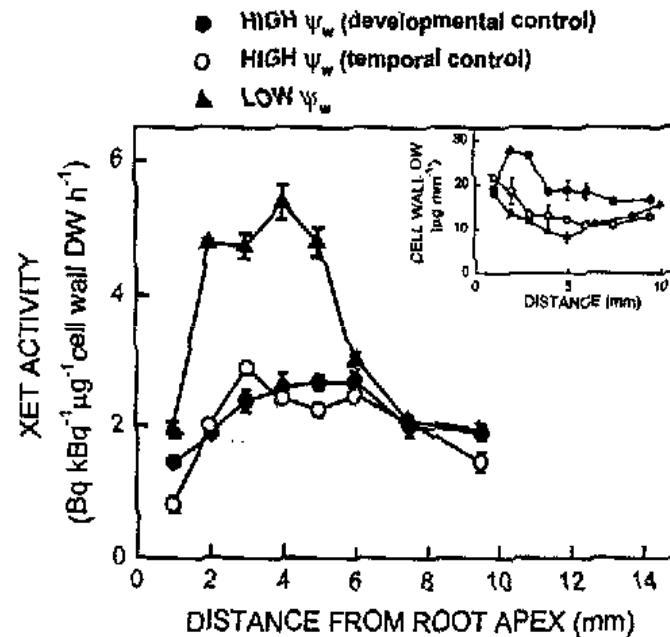


Fig. 5. Distribution of XET activity in elongation zones of maize primary roots grown at high or low ψ_w . XET activity was expressed on the basis of cell wall dry weight. Inset shows the spatial distribution of cell wall dry weight along the root tip (modified from Wu *et al.*, 1994).

Vliv NaCl na dlouživý růst

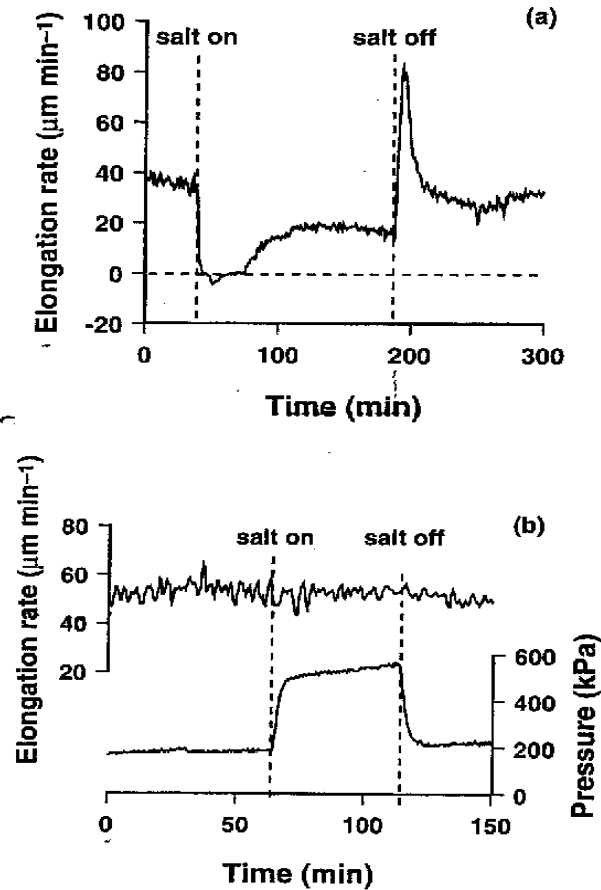


Fig. 6. The effect of changes in salinity of soil solution on elongation rate of a barley leaf, (a) with no control of leaf water status, and (b) with the plant maintained at balancing pressure, i.e. at constant leaf water status, throughout the changes. The vertical broken lines mark the times at which the solution was changed, and the broken horizontal line in (a) marks zero elongation rate. At the changes, full-strength nutrient solution was exchanged with the same solution containing 75 mM NaCl (differing by 340 kPa in osmotic pressure), or *vice versa*.