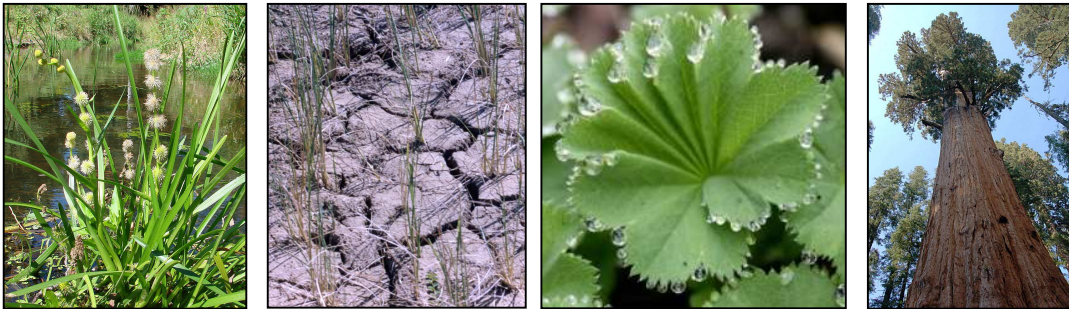




VODNÍ REŽIM ROSTLINY

Teoretický úvod:



Praktikum fyziologie rostlin

Teoretický úvod: VODNÍ REŽIM ROSTLINY

Termín **vodní režim rostliny** (syn. vodní provoz rostliny) zahrnuje **příjem** vody rostlinou z okolního prostředí, **vedení** (pohyb) **vody v rostlině** a **výdej** vody z rostliny do okolního prostředí. Výdej vody ve formě vodní páry se nazývá **transpirace**.

Molekula vody je **malá**, jako celek je **elektroneutrální** avšak **silně polární**. Polarita jí dává schopnost **vytvářet intermolekulární interakce** s jinými polárními molekulami a pojímat je do sebe, tj. rozpouštět je. Voda **udržuje stálý objem**. Má **vysoké specifické teplo**, tj. množství energie nutné ke zvýšení teploty 1g vody v kapalném stavu o 1°K při zachování stejného tlaku, a **výborně teplo vede**. Tyto vlastnosti vody **minimalizují teplotní změny uvnitř rostliny** a udržují **teplotní vyváženost** (balanci) **v rostlině**. Voda má **vysoké molární teplo fázového přesunu**, tj. množství tepla nutné pro přechod 1 molu látky ze skupenství kapalného do plynného při konstantním tlaku a teplotě okolí 25°C. Pro vodu se uvádí 44 kJ . mol⁻¹ při 25°C (2,44 MJ . kg⁻¹). Díky této vlastnosti vody se rostlina při transpiraci ochlazuje.

Vodní režim rostliny je **neoddělitelně spjat** s dalšími důležitými procesy. Je to především **příjem minerálních látek, transport látek v rostlině, fotosyntéza a stabilizace teplotních poměrů** v rostlině i jejím okolí.

Voda celou rostlinu prostupuje (průměrný obsah vody v rostlině je 60-90%) a tvoří nejen **prostředí pro pohyb rozpuštěných anorganických i organických látek** v buňce, mezi buňkami i v celé rostlině, ale také **hydratuje** buněčnou stěnu i cytoplazmu, **ovlivňuje strukturu molekul** proteinů, nukleových kyselin a polysacharidů. Tvoří prostředí, ve kterém probíhá většina biochemických reakcí a do mnoha procesů vstupuje jako **reakční agens** (např. hydrolýza zásobních látek, fotosyntéza). Vnitřní pozitivní hydrostatický tlak vody **pomáhá udržet tvar** rostliny.

Rostlina vodu **neustále přijímá a vydává**. Na dlouhé vzdálenosti se voda v rostlině pohybuje **hromadným tokem** (tj. konvekcí), při pohybu na velmi krátké vzdálenosti a v plynné fázi se uplatňuje **difúze**. **Pro příjem, udržení a vedení vody v rostlině má základní význam osmóza** (Box. 1).

Box. 1. Osmóza

Osmóza je specifický proces vyrovnávající rozdíl koncentrací rozpuštěných látek mezi dvěma různě koncentrovanými roztoky, které jsou odděleny **polopropustnou**, tj. **semipermeabilní membránou**. Semipermeabilní membrána propouští jen molekuly rozpouštědla. Molekuly vody spontánně pronikají – **difundují** – do roztoku s vyšší koncentrací rozpuštěných látek, čímž se jeho **objem zvětšuje**. Pronikání molekul vody do roztoku s vyšším obsahem rozpuštěných látek lze zamezit tím, že je koncentrovanější roztok vystaven tlaku. Tlak, který **působení rozdílu koncentrací vyrovná** a zamezí pronikání vody do koncentrovanějšího roztoku, se nazývá **tlak osmotický** a obvykle se označuje π . Jeho velikost je závislá na **rozdílu koncentrací rozpuštěných látek** a na **teplotě**.

Obsah vody v rostlině, nebo v její části, se obvykle vyjadřuje jako **vodní sytostní deficit** (VSD) nebo **relativní obsah vody** (RWC).

Vodní sytostní deficit (VSD) udává, kolik vody rostlině nebo její části chybí do maximálního nasycení. Vyjadřuje se v % a vypočítává se podle následujícího vzorce:

$$\text{VSD (\%)} = \frac{\text{hmotnost po nasycení vodou} - \text{čerstvá hmotnost}}{\text{hmotnost po nasycení vodou} - \text{hmotnost sušiny}} \cdot 100$$

Relativní obsah vody (RWC = relative water content) vyjadřuje, kolik vody z maximálního možného množství rostlina skutečně obsahuje, udává se v % a vypočítává se podle následujícího vzorce:

$$\text{RWC (\%)} = \frac{\text{čerstvá hmotnost} - \text{hmotnost sušiny}}{\text{hmotnost po nasycení vodou} - \text{hmotnost sušiny}} \cdot 100$$

Základním pojmem vodního režimu rostlin je termín **vodní potenciál**. Tato **veličina** se používá prakticky jen ve fyziologii rostlin a **charakterizuje stav vody** v rostlině, v její části nebo v jejím nejbližším okolí (v půdě, v atmosféře). Symbolem vodního potenciálu je řecké písmeno Ψ_w (velké psí). Hodnota vodního potenciálu je **relativní**, srovnávací (referenční) hodnotou je **potenciál čisté vody**, který je **konvenčně považován za nulový**. Vodní potenciál udává **rozdíl** mezi potenciálem vody, která je **složkou určité soustavy a vody čisté**, na kterou působí stejný atmosférický tlak, stejná teplota prostředí a stejná síla gravitačního pole jako na vodu v uvažované soustavě.

Vodní potenciál je **chemický potenciál vody vztahovaný na její molární objem** a **udává se v jednotkách tlaku**, tj. v **Pa** (obvykle v MPa = megapaskal).

$$\Psi_w = \frac{\mu_w}{V_w} \quad \text{Pa}$$

μ_w – chemický potenciál vody
 V_w – molární objem vody ($18 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$)
 Pa = paskal (jednotka tlaku) = $\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$

Vodní potenciál má, stejně jako potenciál chemický, několik složek, které působí aditivně. **Složky vodního potenciálu jsou potenciál osmotický** (koncentrační), **tlakový** a **gravitační**. Vztah lze vyjádřit následovně:

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_g \quad \text{Pa}$$

Ψ_w – vodní potenciál, Ψ_s – osmotický potenciál, Ψ_p – tlakový potenciál, Ψ_g – gravitační potenciál

Ψ_s – osmotický potenciál vody v roztoku (syn. osmotická, koncentrační složka) závisí na koncentraci látek v ní rozpuštěných. Osmotický potenciál vody je číselně roven osmotickému tlaku π , hodnota osmotického potenciálu je však záporná, neboť rozpuštěné látky – soluty - potenciál vody snižují.

$$\Psi_s = -\pi = -R \cdot T \cdot c_s \quad \text{Pa}$$

R = univerzální plynová konstanta ($8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), T – absolutní teplota v kelvinech ($273 + ^\circ\text{C}$), c_s – koncentrace solutů (počet molů všech částic rozpuštěných v 1 m^3 roztoku). Osmotický potenciál vody závisí na množství rozpuštěných částic, nikoli na jejich kvalitě.

Někdy se činitel c_s nahrazuje součinem $c \cdot i$, kde c je koncentrace rozpuštěné látky ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$) a i je tzv. izotonický koeficient $= 1 + \alpha (n - 1)$, kde α je stupeň disociace a n = počet částí vzniklých disociací (pro NaCl je $i = 2$, pro sacharózu je $i = 1$).

Ψ_s 0,1M roztoku NaCl, který je ve vodě plně disociován na dvě částice (ionty Na^+ a Cl^-), je $-0,488 \text{ MPa}$, Ψ_s 0,1M roztoku sacharózy je $-0,244 \text{ MPa}$ neboť sacharóza se ve vodě rozpouští ale nedisociuje a počet částic se nemění.

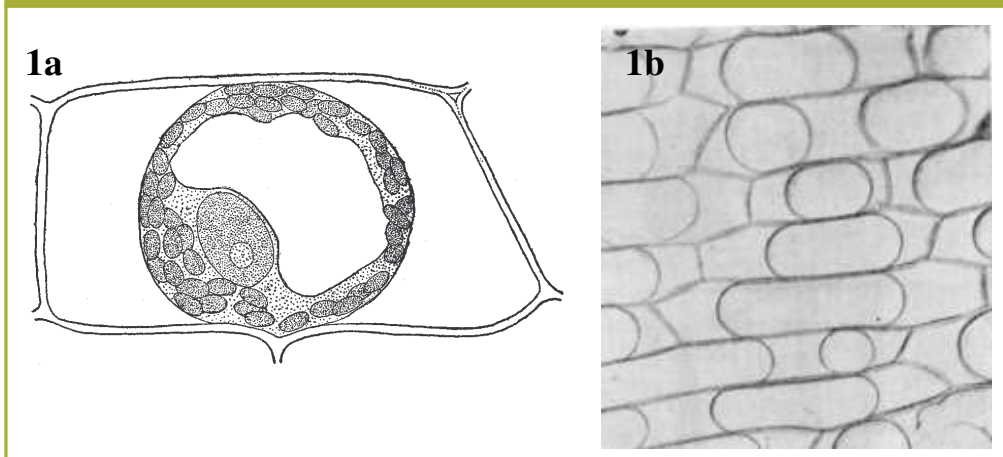
Je-li koncentrace solutů vně protoplastu, tj. v apoplastu, vyšší než uvnitř, nachází se protoplast v prostředí, které označujeme jako **hypertonické**. Za těchto podmínek voda protoplast opouští, objem protoplastu se zmenšuje až přestane vyplňovat prostor ohraničený buněčnou stěnou. Tento jev se nazývá **plazmolýza** (obr. 1).

Obr. 1. Plazmolýza

1a) plazmolyzovaná buňka mezofylu doušky vodní (*Eloдея densa*)

1b) plazmolyzované buňky vnitřní pokožky suknice cibule (*Allium cepa*)

Převzato z Smith et al. 1946 (obr. 1a) a z Němec a kol 1949 (obr. 1b)



Je-li v **apoplastu koncentrace solutů stejná jako v protoplastu**, nachází se protoplast v prostředí **izotonickém**. Za těchto podmínek je příjem vody z apoplastu do protoplastu stejný jako výdej vody z protoplastu do apoplastu a objem protoplastu se nemění. Je-li v **apoplastu koncentrace solutů nižší než v protoplastu** prostředí se označuje jako **hypotonické** a voda osmoticky vstupuje do protoplastu, **protoplast zvětšuje objem a tlačí na buněčnou stěnu**. Tlaku protoplastu na buněčnou stěnu se říká **tlak turgorový** neboli **turgor**. Turgor je vyrovnáván pevností buněčné stěny a tlakem okolních pletiv. Je-li turgor větší než síly, které ho vyrovnávají, dojde k **plazmoptýze**, tj. k narušení celistvosti buněčné stěny a desintegraci protoplastu.

Ψ_p je **tlakový potenciál** vody v roztoku (syn. složka tlaková, hydrostatický tlak; často se značí P). Udává **rozdíl mezi tlakem vody v soustavě a tlakem atmosférickým** a může být kladný, nulový nebo záporný. **Kladný tlakový potenciál** může mít např. voda v protoplastech, které se nacházejí **hypotonickém** v prostředí. Kladný tlakový potenciál může mít také voda v apoplastu, např. ve vodivých elementech xylému kořene při vysoké koncentraci solutů a dostatečném množství dostupné vody. Kladný tlakový potenciál vody v xylému kořene tlačí vodu do nadzemní části rostliny. Tato síla se nazývá **kořenový vztlak**.

Při nedostatku vody může být **hydrostatický tlak** v buňce nižší než tlak atmosférický, tedy **záporný**. Při záporném hydrostatickém tlaku může docházet ke smršťování protoplastu, který přestane na buněčnou stěnu vyvíjet tlak. Záporný tlakový potenciál může mít při vysoké transpiraci a nedostatečném zásobení rostliny vodou z půdy i voda v apoplastu – v xylému, v mezibuněčných prostorech nebo v buněčných stěnách. Voda je za těchto podmínek ve stavu **tenze** (napětí, podtlaku). Vně se tento stav projevuje ochablostí – **vadnutím**.

Ψ_g - **gravitační potenciál** (syn. gravitační složka) je dán působením gravitace a polohou vody v gravitačním poli vzhledem k poloze, která je považována za referenční. Je roven součinu **vzdálenosti od referenční úrovně** (h v m), **hustoty vody** (ρ = specifická hmotnost vody = $10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) a **gravitačního zrychlení g** (gravitační konstanta $9,806 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$).

$$\Psi_g = h \cdot \rho \cdot g \quad \text{Pa}$$

Vertikální změna polohy o **10 m** působí změnu gravitačního potenciálu přibližně o **0,1 MPa** (v absolutní hodnotě).

Někdy se uvádí další složka vodního potenciálu – Ψ_m – **matriční potenciál**. Matriční potenciál **snižuje vodní potenciál tenké vrstvy vody** (1 až 2 molekuly vysoké), která se udržuje v **kapilárních prostorech** buněčných stěn, suché půdy a suchých semen nebo pevně

line k povrchům bobtnajících koloidů. U hydratovaných pletiv je matriční potenciál zahrnut v potenciálu osmotickém a tlakovém a zanedbává se. Při bobtnání koloidů, např. při klíčení semen, je však matriční potenciál významný.

Vodní potenciál v rostlině, Ψ_w , má negativní hodnotu (je záporný). Voda se pohybuje z míst s vyšším, tj. méně negativním, vodním potenciálem do míst s nižším, tj. negativnějším, vodním potenciálem. Rychlost pohybu vody je vedle rozdílu vodního potenciálu, tj. hybné síly $|\Delta\Psi|$, závislá na propustnosti prostředí (půdy, pletiva, buňky nebo membrány). Hodnoty vodního potenciálu v různých částech systému půda – rostlina – atmosféra uvádí tabulka 1.

Tab. 1. Hodnoty vodního potenciálu v různých částech systému půda – rostlina – atmosféra (Nobel 1991, obrázek převzat z Taiz a Zeiger 2002)

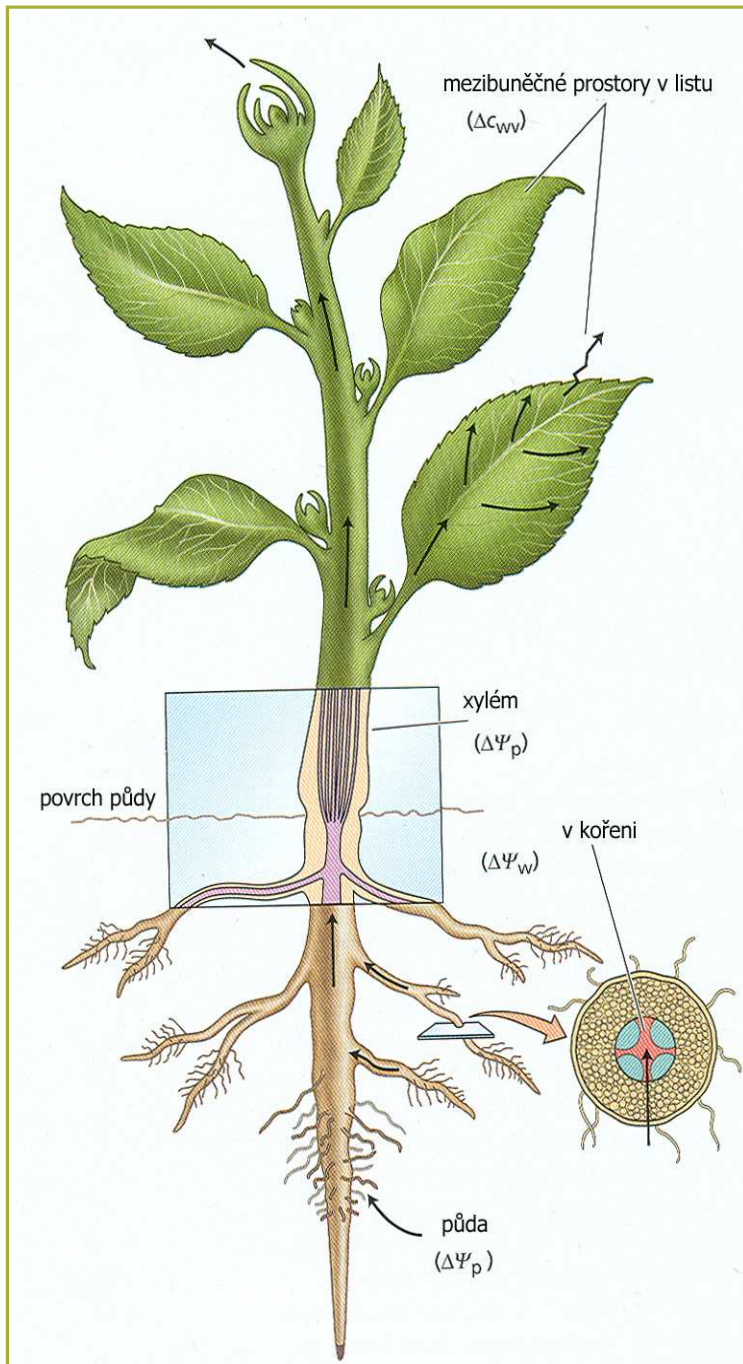
část systému		vodní potenciál Ψ_w (MPa)	osmotický potenciál Ψ_s (MPa)	tlakový potenciál Ψ_p (MPa)	gravitační potenciál Ψ_g (MPa)
atmosféra	vzduch hned za hraniční vrstvou při relativní vlhkosti 50%	-95,1	-	-	0,1
	vzduch v okolí průduchů při relativní vlhkosti 60 %	-70,0	-	-	0,1
	vzduch v průduchové štěrbině 95% relativní vlhkosti	-6,9	-	-	0,1
rostlina	buněčná stěna mezofylové buňky ve výšce 10 m	-0,8	-0,5	-0,4	0,1
	vakuola mezofylové buňky 10 m nad povrchem půdy	-0,8	-1,1	0,2	0,1
	xylém v listech 10m nad povrchem půdy	-0,8	-0,1	-0,8	0,1
	xylém v kořenech na úrovni povrchu půdy	-0,6	-0,1	-0,5	0
půda	půda v blízkosti kořenů	-0,5	-0,1	-0,4	0
	půda 10 cm pod povrchem 1 cm od kořene	-0,3	-0,1	-0,2	0

Rostliny jsou schopné přijímat vodu celým **povrchem těla**. Suchozemské rostliny však přijímají naprostou většinu vody **kořeny z půdy**. Od povrchu kořene je voda vedena **radiálně živými pletivy** přes rhizodermis, primární kůru a endodermis do parenchymu středního válce. Parenchymem středního válce je voda transportována **k vodivým pletivům radiálního cévního svazku kořene**, kde vstupuje do **xylému**. Xylémem je voda vedena **axiálně do prýtu**. V **nadzemní části rostliny** je voda transportována **xylémem k apikálnímu vzrostnému vrcholu stonku a xylémem stop**, které z vodivých pletiv stonku odbočují, **do**

větví a listů. V čepeli listu se cévní svazek větví a vytváří hustou, morfologicky druhově specifickou, síť tenkých cévních svazků – **listovou žilnatinu.** Zároveň je voda z xylému vedena **také radiálně živými pletivy do buněk stonku, listů a dalších orgánů.** Na vnějším i vnitřním **povrchu nadzemní části rostliny** voda mění skupenství kapalné v plynné a **ve formě vodní páry přechází do atmosféry** (obr. 2).

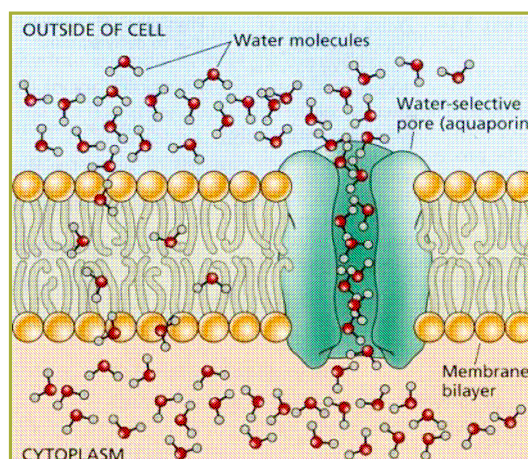
Stěny buněk xylému jsou zpevněny **ligninem.** **Lignin** – po celulóze druhá nejrozšířenější organická látka na naší planetě, je amorfní, větvený heteropolymer, jehož **základními stavebními jednotkami jsou vícesytné aromatické alkoholy.** Lignin se může ukládat do všech vrstev buněčné stěny tj. do střední lamely, primární i sekundární buněčné stěny. Ukládání ligninu (lignifikace) omezuje transport látek buněčnou stěnou a výrazně zvyšuje pevnost buněčné stěny. Tvoří se nejen v xylému ale i v jiných pletivech (např. ve sklerenchymu).

Živá pletiva mají obecně daleko nižší hydraulickou vodivost než specializované transportní elementy xylému a voda je v nich transportována pouze na **krátké vzdálenosti.** V živých pletivech je voda vedena **apoplastem,** tj. buněčnými stěnami a mezibuněčnými prostory, nebo **buněkami.** Transport cévními elementy xylému je **transport apoplastem.** Buněčná cesta zahrnuje symplast a transmembránový transport. **Symplast** je cytoplazmatické kontinuum, vzniká neúplným



Obr. 2 Hlavní hnací síly transportu vody v kontinuu půda, rostlina, atmosféra
(převzato z Taiz a Zeiger 2002, upraveno)

oddělením protoplastů při dělení buněk, které spolu zůstávají propojeny specifickými strukturami – **plazmodezmy**. Při **transmembránovém transportu** voda opakovaně přechází přes membrány, z protoplastu do apoplastu a z apoplastu do protoplastu jiné buňky. Voda překonává **membrány** (nejen plazmalemu a tonoplast ale i membránu endoplazmatického retikula) vysoce specifickými **transportními kanály**, které se nazývají **akvaporiny** (obr. 3).



Obr.3 Akvaporiny

(převzato z Taiz a Zeiger 2002)

Mezofylové buňky a také některé **parenchymatické buňky stonku**, jsou větší nebo menší částí svého povrchu v kontaktu s **plynnou**

fází, která vyplňuje **mezibuněčné prostory**. Na tomto vnitřním fázovém rozhraní a na **vnějším povrchu buněk pokožky voda přechází do plynné fáze a difunduje do atmosféry**. Tím se rostlina ochlazuje.

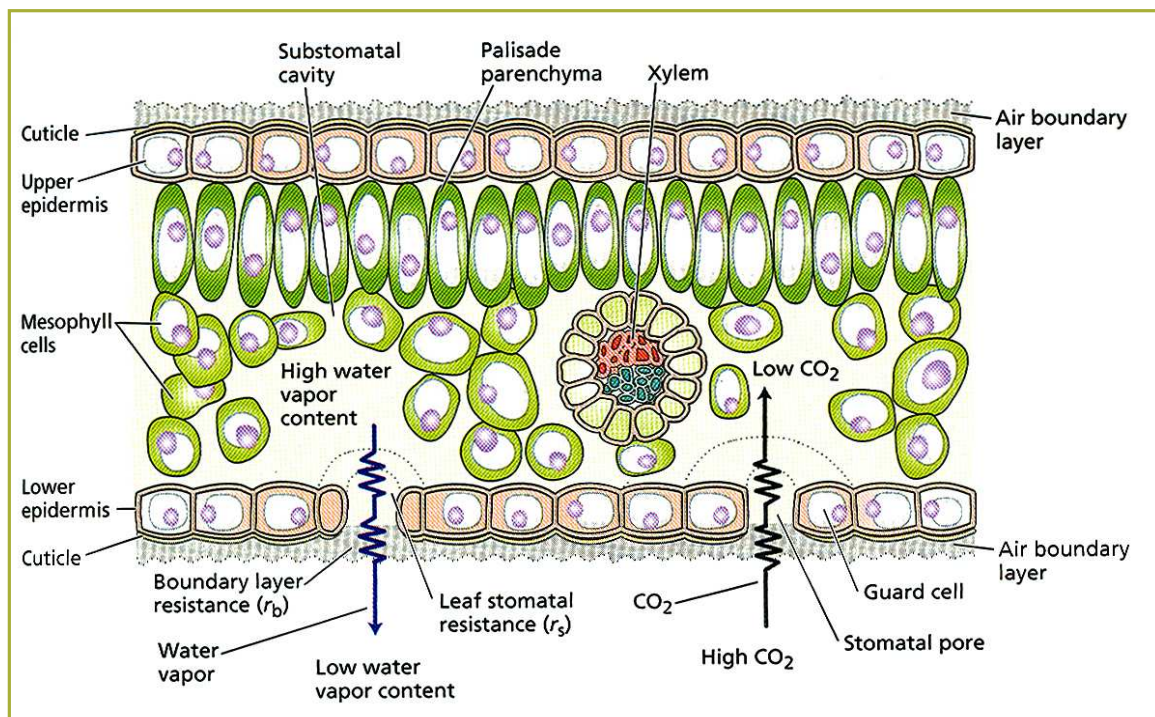
Z vnitřního povrchu rostliny vodní pára difunduje mezibuněčnými prostory do **podprůduchových dutin** a odtud **průduchovými štěrbinami** přes **hraniční vrstvu nehybného vzduchu do atmosféry**. Voda vydaná touto cestou se nazývá **transpirace stomatární**. Z vnějšího povrchu epidermálních buněk voda difunduje do atmosféry přes kutikulu a hraniční vrstvu nehybného vzduchu. Výdej vody touto cestou (tj. přes kutikulu) se nazývá **transpirace kutikulární**. Charakter kutikuly (složení a výška vrstvy) odpovídá druhu rostliny a dlouhodobým vlhkostním poměrům na stanovišti.

Transpirace, vstup vody do protoplastů buněk živých pletiv a kořenový vztlak jsou hlavní činitele působící pohyb vody v rostlině.

Transpirace (kutikulární i stomatární) se charakterizuje její **rychlostí** a vyjadřuje se jako množství vody (mol, g nebo l), které se vypaří z jednotkové listové plochy (m^2) za jednotku času (s).

Rychlost transpirace je díky průduchům proměnlivá, závisí na mnoha komplexně působících vnějších i vnitřních faktorech. Patří mezi ně především dostupnost vody v půdě, potřeba a dostupnost CO_2 pro fotosyntézu, teplota, vlhkost a proudění vzduchu v atmosféře. Otvírání a zavírání průduchů je proces velmi komplexní, který v sobě působení těchto faktorů integruje. Faktory působí různými signálními cestami, významnou úlohu hraje fytohormon **kyselina abscisová**. **Průduchová štěrbinu, hlavní cestu, kterou voda opouští rostlinu je současně hlavní cestou pro vstup CO_2 z prostředí do rostliny** (obr. 4). Dostupnost CO_2

z prostředí je rozhodující pro čistou fotosyntézu (P_N) a tedy růst rostliny. Rostlina udržuje optimální poměry mezi ztrátou vody, dostupností CO_2 a regulací teploty neustále a velmi dynamicky. Stav průduchů je charakterizován jejich vodivostí neboli konduktancí, která udává, kolik vody nebo CO_2 (v mmolech) projde jednotkovou plochou průduchové štěrbině (m^2) za jednotku času (s). Vyjadřuje se nejčastěji v mmolech $\text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2}$ průduchové štěrbině $\cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 4 Schéma pohybu vody a CO_2 mezi listem a atmosférou
(převzato z Taiz a Zeiger 2002)

Literatura:

Buchanan, B., Gruissem, W. and Jones, R. (Eds.) - **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. American Society of Plant Physiologist. 2000.

Němec B., Prát S., Kořínek J. **Učebnice anatomie a fyziologie rostlin**. LKN Praha 1949.

Nobel P.S. **Physicochemical and Environmental Plant Physiology**. Academic Press, Inc. San Diego, California 1991.

Procházka a kol. **Fyziologie rostlin**. Academia Praha 1998 (kapitola Vodní provoz, autor J. Šantrůček)

Smith G.M. et al. **Textbook of General Botany**. The Macmillan Comp. New York, 1946.

Taiz, L. and Zeiger, E. **Plant Physiology**. Sinauer Associates, Inc., Publishers. 2002.



Zadání praktických úloh k tématu:

VODNÍ REŽIM

Přehled úloh k vypracování:

Úkol 1: Transport vody v rostlině

- 1a)** Pomocí barevných inkoustů **modelujte transport vody cévními svazky rostliny**, sledujte časový průběh a lokalizaci transportu.
- 1b)** Zhotovte příčné řezy stonkem a řapíkem, **na mikroskopických preparátech pozorujte vodivá pletiva**, detekujte lignin

Úkol 1: Transport vody v rostlině

Cíl:

Kudy se voda v rostlině pohybuje a proč?

Hypotéza, kterou během práce ověříme:

Voda se pohybuje prostřednictvím vodivých pletiv. Hnací silou je transpirace listů.



Dílčí úlohy:

1a) Pomocí barevných inkoustů **modelujte transport vody cévními svazky rostliny**, sledujte časový průběh a lokalizaci transportu

1b) Zhotovte příčné řezy stonkem a řapíkem, **na mikroskopických preparátech pozorujte vodivá pletiva**, detekujte lignin

Úloha 1a: Pomocí barevných inkoustů **modelujte transport vody cévními svazky rostliny**, sledujte časový průběh a lokalizaci transportu

Princip: Voda a v ní rozpuštěné látky je vedena ze substrátu buňkami primární kůry kořene až do dřevní části cévních svazků, odkud je vedena cévami do stonku a odtud dále do listů a ostatních částí rostliny. Prokážeme to, dáme-li rostlinu do vody obarvené vhodným barvivem a necháme ji transpirovat. Budeme moci sledovat **postupný transport barviva stonkem** vzhůru nejen zvenčí, ale na příčných ručních řezech i ověříme, jakým pletivem transport probíhá. **Detekce ligninu** v buněčných stěnách cév nám pomůže lépe lokalizovat vodivá pletiva, kterými transport probíhá. Lignin lze detekovat reakcí s polyfenoly, např. s floroglucinolem v prostředí silných kyselin. Výsledkem je červené zbarvení.

Laboratorní postup:

Potřeby pro úlohu 1a:

- rukavice
- plášť
- žiletka
- štěteček
- podélná nádoba s vodou
- 2 zkumavky s rovným zakončením stěn u ústí
- stojan na zkumavky
- inkoust (2 barvy)



- stojan
- svorky
- lampička
- podložní a krycí sklíčko
- Pasteurova pipeta
- mikroskop

Provedení úlohy 1a:

1. Do stojanu umístěte zkumavky tak, aby se jejich ústí dotýkala.
2. Do každé zkumavky nalijte inkoust jedné barvy. Barvu je možné nepatrně zředit vodou.
3. Rostlinu v květináči uřízněte žiletkou cca 5cm nad zemí a co nejrychleji ji přeneste do podélné nádoby s vodou tak, aby byla ponořena řezná plocha.
4. Nyní pracujte pod vodní hladinou! Veďte minimálně 5cm dlouhý řez středem stonku (rovnoběžně s povrchem). O orientaci žiletky se poradte s vedoucím cvičení.
5. Každou polovinu stonku vložte do jedné kádinky a rostlinu připevněte svorkou ke stojanu.
6. Nad rostlinu připevněte lampičku. Takto nechte rostlinu 60 minut. Uspořádání experimentu ukazuje obr. 1.
7. Sledujte pohyb barviva prýtem a slovně okomentujte rychlost pohybu (za jak dlouho se zbarvily jednotlivé části rostliny od počátku měření?).



Obr. 1: Umístění rostliny v nádobkách s inkoustem (foto: E.

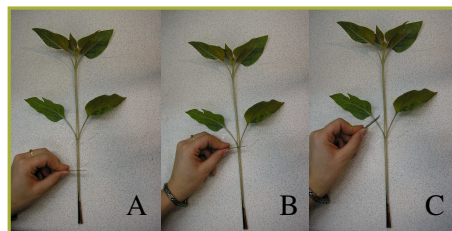
Úloha 1b: Zhotovte příčné řezy stonkem a řapíkem, **na mikroskopických preparátech pozorujte vodivá pletiva, detekujte lignin**

Potřeby pro úlohu 1b:

- mikroskop
- podložní a krycí sklíčka
- žiletka
- jehla
- kořen mrkve nebo bezová duše
- hodinové sklíčko
- štěteček
- roztok HCl-floroglucinolu (Wiesnerovo činidlo; 1% floroglucinol v 12% HCl)
- roztok okyseleného glycerolu (50% glycerol + konc. H₂SO₄ v poměru 10:1)

Provedení úlohy 1b:

1. Před uplynutím doby pokusu si vezměte **kontrolní neobarvenou rostlinu** a proveďte **příčné ruční řezy**. Ty Vám budou sloužit jako kontrolní při porovnání s obarvenými řezy. Řezy veďte v místě internodia stonku, v místě stonkového nodu a řapíkem listu (viz. obr. 2A,B,C).



Obr. 2: Schéma umístění příčných řezů
(foto: E. Husáková)

2. Řezy okamžitě štětečkem přenášejte do kapky **HCl-floroglucinolu** na hodinovém sklíčku (aby nezaschly). Barvit asi 5 minut, poté řezy štětečkem přeneste na podložní sklíčko do kapky okyseleného glycerolu (montovací médium) a opatrně přikryjte krycím sklíčkem. Nadbytečné montovací médium odsajte buničitou vatou - dbejte, abyste neměli krycí sklíčko svrchu potřísněné, hrozí nebezpečí poškození objektivů mikroskopu kyselinou.
3. Preparát pozorujte v mikroskopu. Třešňově červené zbarvení ukazuje na přítomnost ligninu v buněčných stěnách. Do protokolů zhotovte jednoduchý nákres. Popište jaká pletiva se obarvila.
4. Stejným způsobem zpracujte **rostlinu obarvenou inkousty**. Po uplynutí doby pokusu vyjměte rostlinu z barvicího roztoku a příčně ji rozřízněte na stejných místech jako rostlinu kontrolní.
5. V tomto případě řezy **nebarvěte floroglucinolem**, pouze je prohlédněte pod mikroskopem.
6. Zakreslete anatomickou stavbu řezu v jedné vybrané části rostliny a popište jednotlivé části (epidermis, primární kůra, parenchym, sklerenchym, cévní svazky, floém, xylém). Zapište, která část pletiv se obarvila a srovnajte ji s neobarvenými (kontrolními) řezy. Nezapomeňte uvést celkové zvětšení mikroskopu.

Vyhodnocení experimentu:

Vypracujte protokol, do kterého podrobně popíšete pohyb barviva rostlinou (včetně časového průběhu). Zakreslete řez vybrané části kontrolní a obarvené rostliny. Na obrázku naznačte místa uložení ligninu u kontrolní rostliny. U rostliny inkubované v barevných inkoustech zakreslete distribuci barvy na řezu. Nákres slovně okomentuje (uveďte, v jakých částech vodivých pletiv se barvivo nachází a proč).



Zkuste formulovat odpovědi na následující otázky.

Jakým směrem se voda pohybovala a proč?

Co by se stalo, pokud by podélný řez bází stonku nebyl proveden pod vodní hladinou?

Došlo ke smísení barevných inkoustů?