

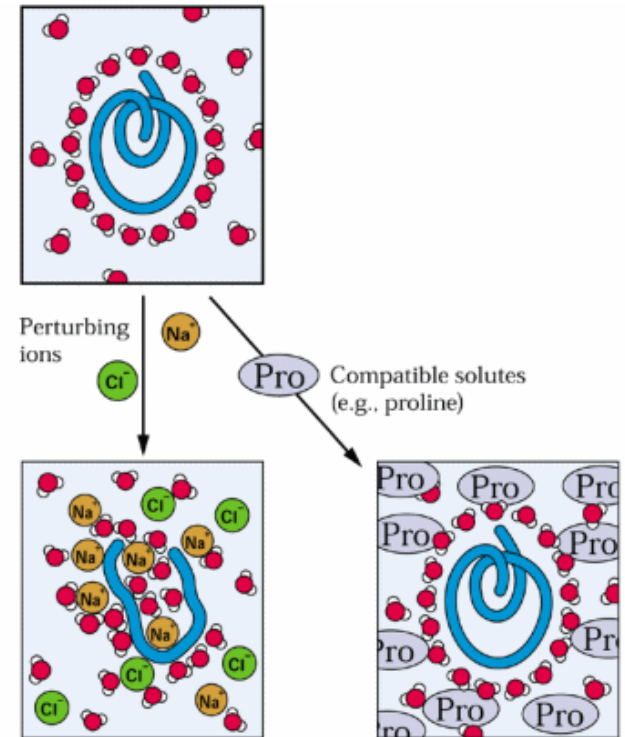
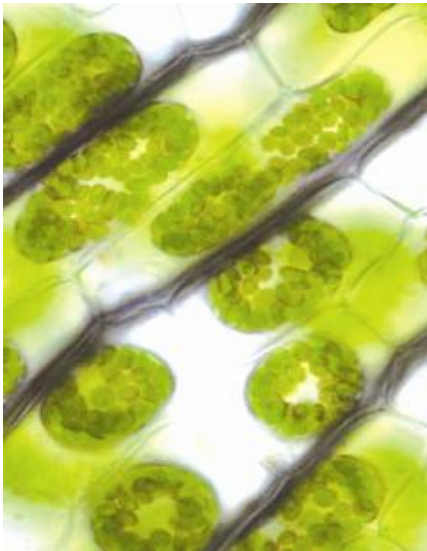
Zasolení

Zasolení - vysoký obsah anorganických iontů v půdním roztoku. Je obvyklé na mořských a oceánských březích, v ústích řek, které se do moře vlévají a jejichž voda se s mořskou mísí (vody brakické). Obsah minerálních látek v půdním roztoku se zvyšuje také v suchých oblastech, kde je výpar dlouhodobě vyšší než srážky neboť evapotranspirací z půdy odchází pouze vodní pára a minerální látky, pokud nejsou přijaty rostlinami, zůstávají v půdě. K zasolení dochází také na místech dlouhodobě uměle zavlažovaných, neboť s vodou užívanou k zavlažování přicházejí do půdy i minerální látky. Např. v Mezopotámii došlo ve starověku k výraznému snížení výnosů v jižní části, k čemuž přispěla zvýšená salinita coby následek intenzivního zavlažování.

Rostliny adaptované k životu v zasolených oblastech se nazývají **halofyta. V poslední době se zasolení objevuje v místech s nadměrnou aplikací minerálních hnojiv a podél silnic udržovaných v zimě chemickým posypem. Udává se, že asi na 6% povrchu pevniny jsou půdy zasolené.**

Co zasolení působí a jak se rostliny se zasolením vyrovnávají?

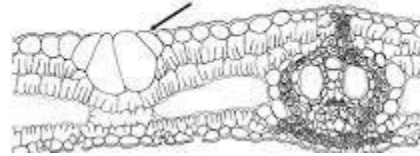
Vysoký obsah solí v půdním roztoku činí vodu obtížně dostupnou pro rostliny, proto na řadě zasolených stanovišť bývají způsoby aklimace, adaptace a obranné mechanismy podobné těm při stresu z nedostatku vody. Nadměrný obsah iontů dále narušuje strukturu proteinů a metabolické procesy, obsah některých iontů ve zvýšené koncentraci může být i toxický. I tady jsou obranné mechanismy podobné těm při stresu z nedostatku vody.



Přizpůsobení rostlin životu v zasolených půdách má některé charakteristiky obdobné jako přizpůsobení nedostatku vody.



Kamýš písečný je tráva žijící v písku na mořském pobřeží, často ve slané vodě. Je původní na pobřežích Evropy a Severní Ameriky. Je nepříjemnou invazní rostlinou např. v Kalifornii.



Příčné řezy listem, jehož stavba je obdobná jako u xeromorfních listů. Průduchy jsou uloženy v prohlubních. V listech je hojný sklerenchym.

Stavba listu a zasolení

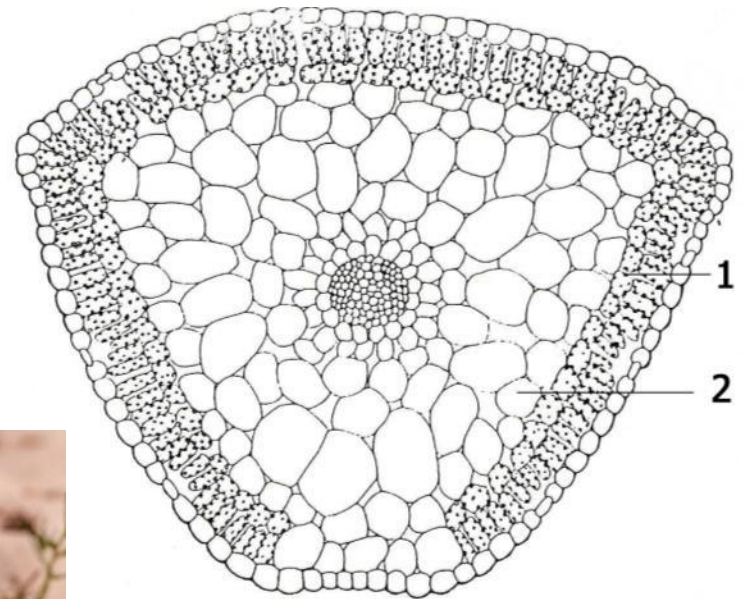
Další možností adaptace listů k zasolení je sukulence. **Sukulentní listy** jsou tlusté; v jejich středu se často vyskytuje vodní pletivo, jehož buňky obsahují jen málo chloroplastů nebo je neobsahují vůbec. Buňky bez chloroplastů jsou velké, s tenkou nástěnnou cytoplasmou a s obrovskou vakuolou, ve které se často vyskytuje sliz schopný vázat vodu.



Salicornia



Salsola kali



Řez sukulentním listem slanobýlu draselného (*Salsola kali*)

1 – parenchym s chloroplasty, 2 – vodní pletivo

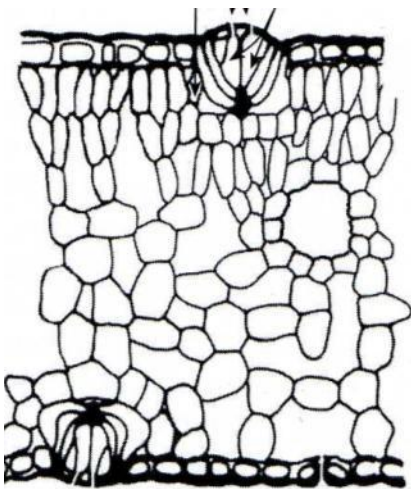
Jak zabránit hromadění solí?

Některé druhy rostlin, např. některé mangrovy (porosty bahnitých mořských břehů a brakických vod) vylučují nadbytečné množství anorganických iontů již v buňkách primární kůry kořenů (tzv. **ultrafiltrace**) a ve vnitřním prostředí rostliny udržují normální hladiny iontů. Jiné druhy rostlin tolerují určitou zvýšenou hladinu anorganických solí v apoplastu (buněčných stěnách) kořenů i nadzemní části rostliny a nadbytek solí mohou ukládat **do vakuol**, častěji je ale **vylučují** solnými žlázkami na povrch nadzemní části rostliny nebo je ukládají do specifických útvarů – solných vlásků, které nakonec opadávají.

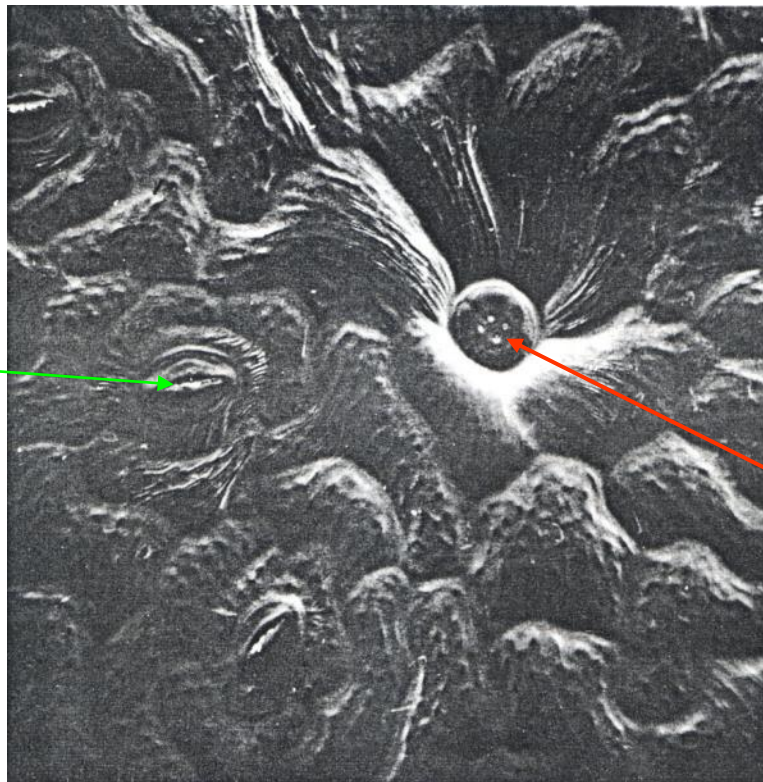


Limonium vulgare

© J R Crellin 2006



Halofyta se mohou zbavovat nadbytku solí sekrecí z nadzemních orgánů pomocí tzv. solných žlázek



Pohled na povrch listu *Limonium vulgare* se solnou žlázou

Červená šipka označuje solnou žlázu, čtyři světlé body jsou otvory v kutikule, zelená šipka označuje průduch



Krystaly soli na listu dřeviny z mangrovových porostů

Jinou možností, jak se zbavit solí jsou solné vlásky. V nich se přebytečné soli ukládají do vakuol, po jejím naplnění se vlasek odlomí.

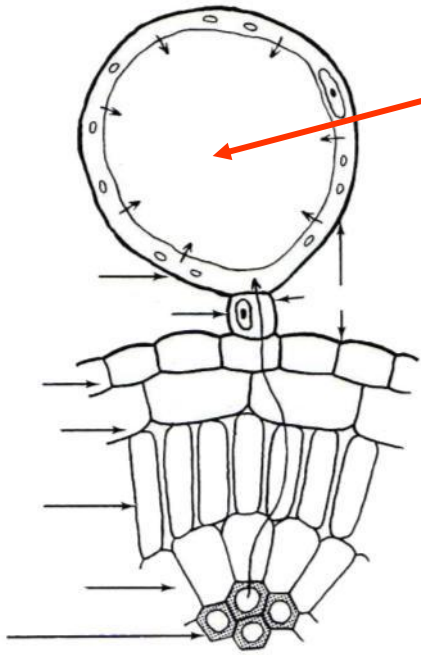
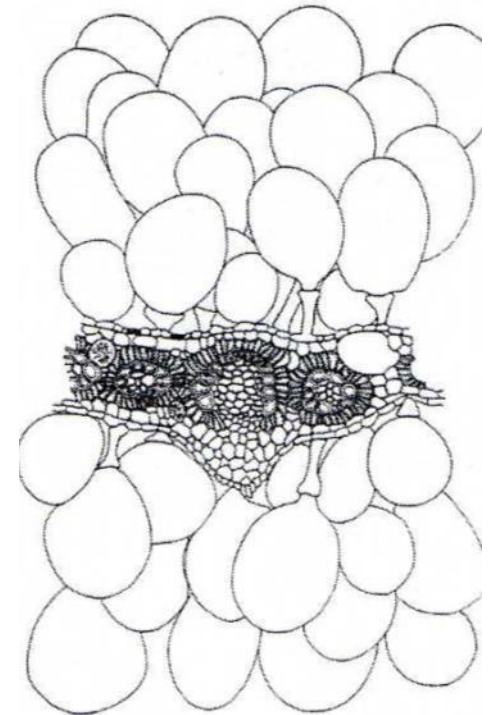


Schéma solného vlásku u lebedy (*Atriplex*)

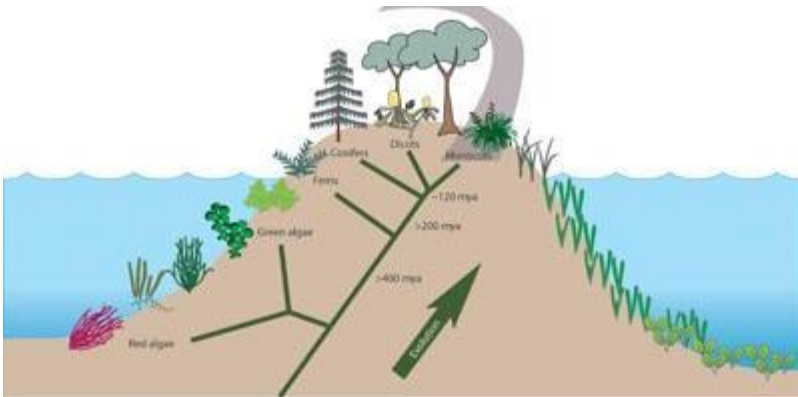
Z Esau 1977



Rostliny a nadbytek vody

Stres u rostlin může být vyvolán nejen nedostatkem vody ale i jejím nadbytkem, zaplavením.

Tzv. mokřadní rostliny, se přizpůsobily životu na okrajích vodních těles, v podmáčených půdách nebo i v mělkých vodách; jsou tomuto prostředí adaptovány a mohou v něm žít dlouhodobě nebo i trvale. Příklady – rákos, orobinec, puškvorec, mangrovové porosty.



Některé rostliny se znovu naučily žít i ve vodě, vrátily se do prostředí, ze kterého vzešly.

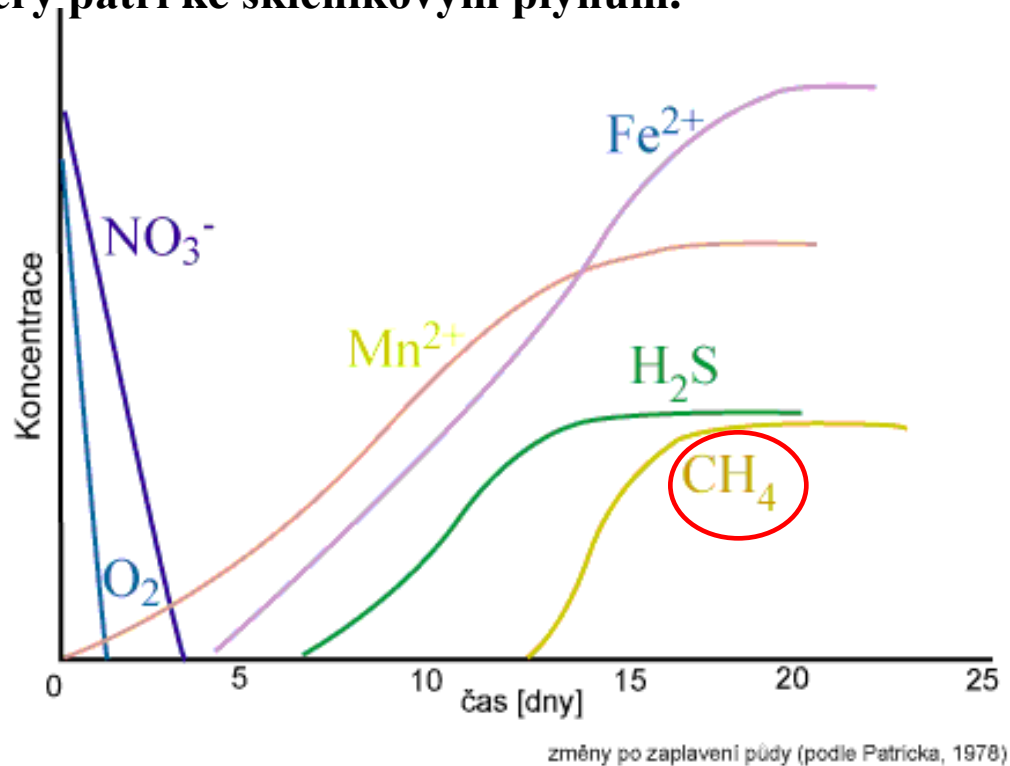
Nemokřadní rostliny mohou být schopny aklimace k životu v zaplavené půdě a poté být schopné přežít po řadu dnů, někdy i několik týdnů. Některé druhy rostlin jsou však k zaplavení citlivé, nejsou schopny aklimace a obvykle nepřežívají déle než 1 – 2 dny.

K občasnému zaplavování dochází při tání sněhu na promrzlé půdě nebo v období nadměrných srážek, a to především v půdách jílovitých a utužených nevhodnou mechanizací. **Primární příčinou stresu je nedostatek kyslíku** pro aerobní respiraci v zaplavených částech rostliny.

Obsah kyslíku v půdě bývá vždy nižší než nad zemí – závisí na typu půdy, na hloubce a na spotřebě kyslíku, který je spotřebováván kořeny a dalšími podzemními orgány rostlin, půdními živočichy a aerobními půdními mikroorganismy. Za normálních podmínek je množství O_2 dostatečné a obvykle neklesá pod 5% objemu půdní atmosféry.

Při zaplavení nebo zatopení půdy je vzduch z půdy vytěsněn a půda obsahuje pouze kyslík rozpuštěný ve vodě. Ve vodě je kyslíku výrazně méně než v atmosféře (9,1 mg/l při 20°C), z rhizosféry se záhy vyčerpá a jeho přísun je pomalý (difusní koeficient kyslíku ve vodě je o 4 řády nižší než ve vzduchu). Nedostatek kyslíku je označován jako hypoxie, jeho úplná absence anoxie.

Při zaplavení nejprve velmi rychle klesá obsah kyslíku. Poté přestávají v půdě být aktivní aerobní mikroorganismy a naopak začínají fungovat mikroorganismy anaerobní. Jejich činností vzniká celá řada látek, které jsou pro rostlinu škodlivé již při relativně nízkých koncentracích. Při dlouhodobém nedostatku kyslíku může vznikat metan, který patří ke skleníkovým plynům.



Krom toho rozkladem organických látek v anaerobím prostředí vznikají látky, které nepříznivě ovlivňují rostliny (kyselina octová, máselná aj.)

U nemokřadních rostlin dochází v zaplavené půdě k zastavení dělení buněk a tím růstu kořenů, jsou narušeny normální funkce, např. příjem vody, takže citlivní rostliny (neschopné aklimace) mohou paradoxně vadnout. Např. rajče nebo bavlník vadnou už za několik hodin po zaplavení.

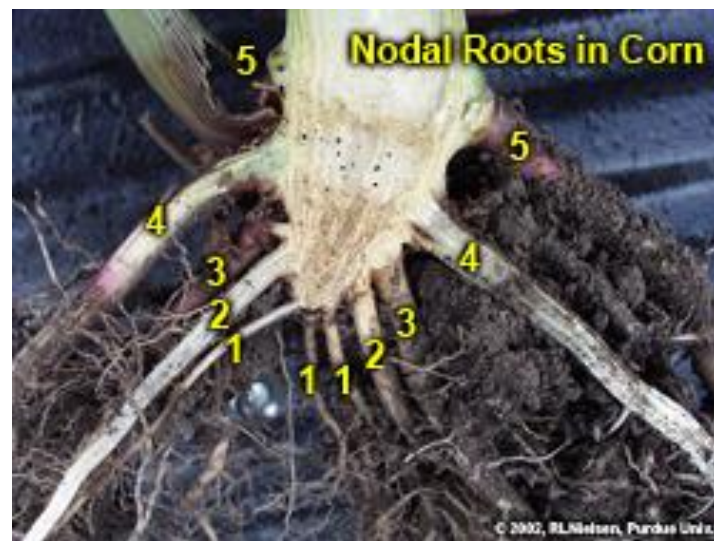
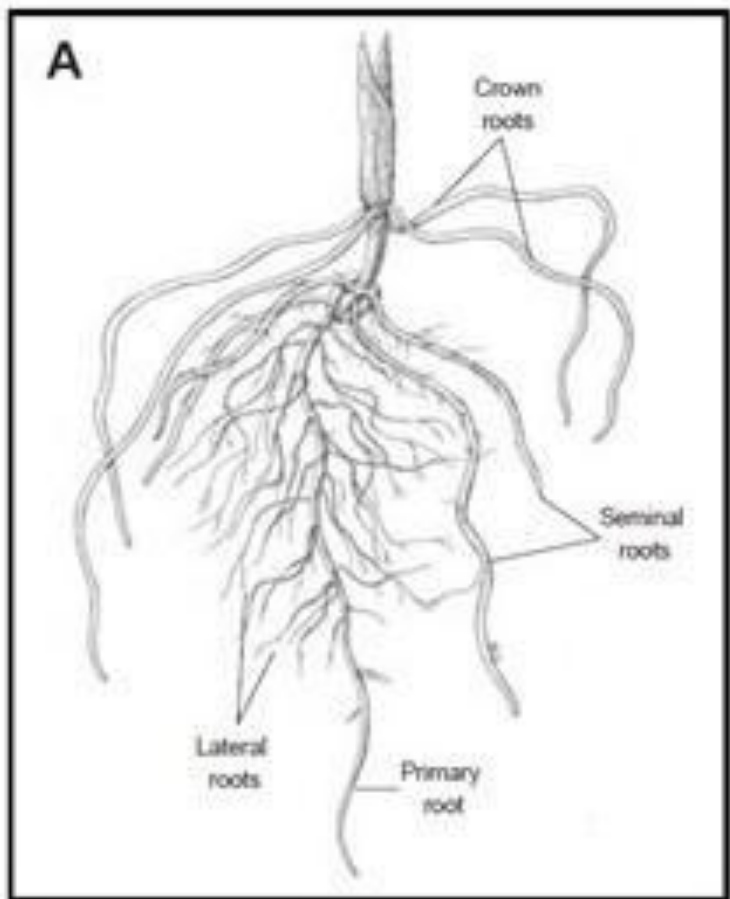


Některé nemokřadní rostliny jsou schopny aklimace a mohou v zaplavené půdě přežít řadu dnů, někdy i týdnů. Typickým příkladem je kukuřice nebo pšenice.



Jak se nemokřadní rostliny vyrovnávají se zaplavením?

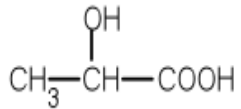
1. Pokud jsou schopny tvorby adventivních kořenů, tvoří kořeny rostoucí v povrchových vrstvách půdy, kde je obsah kyslíku vyšší.



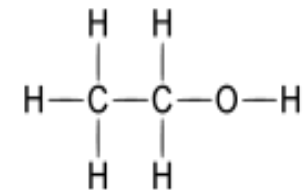
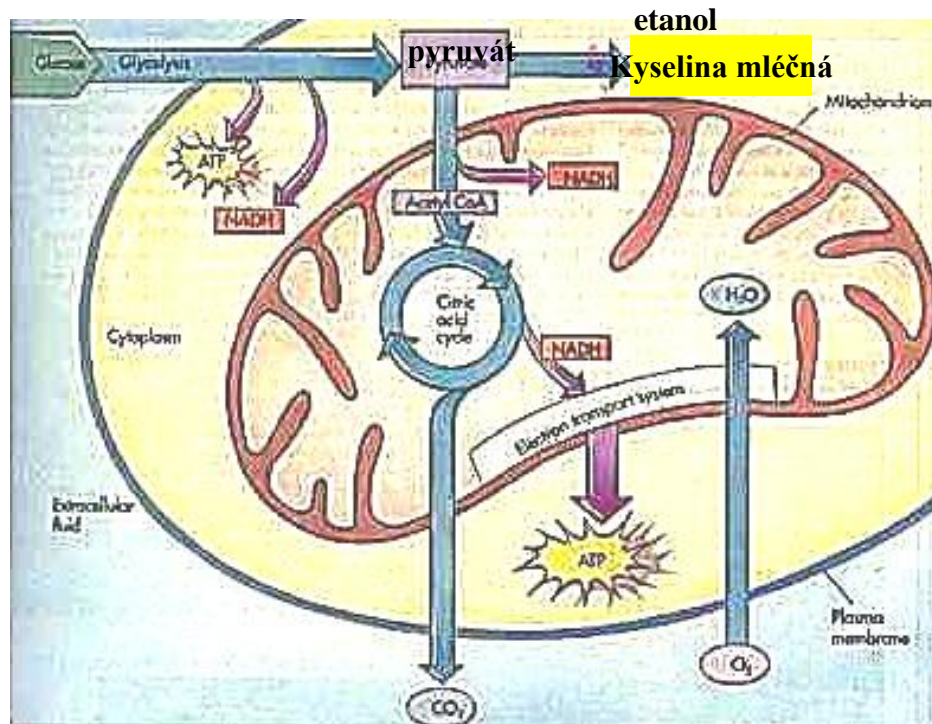
Adventivní kořeny kukuřice

2. Přepínají na anaerobní metabolismus.

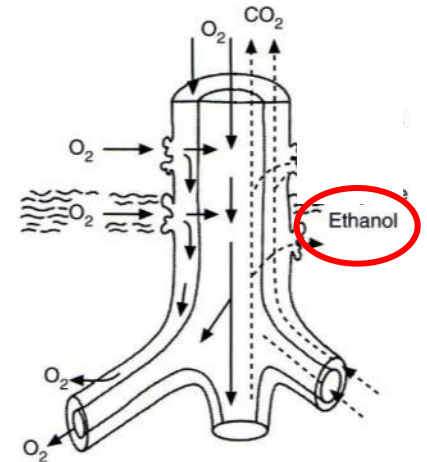
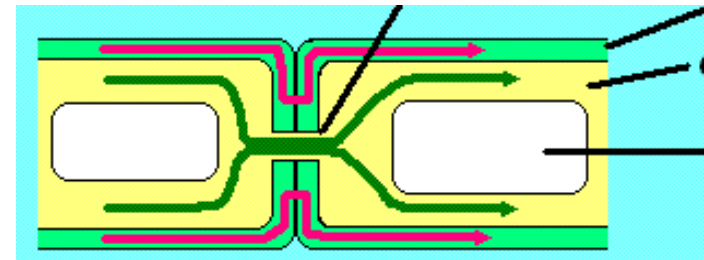
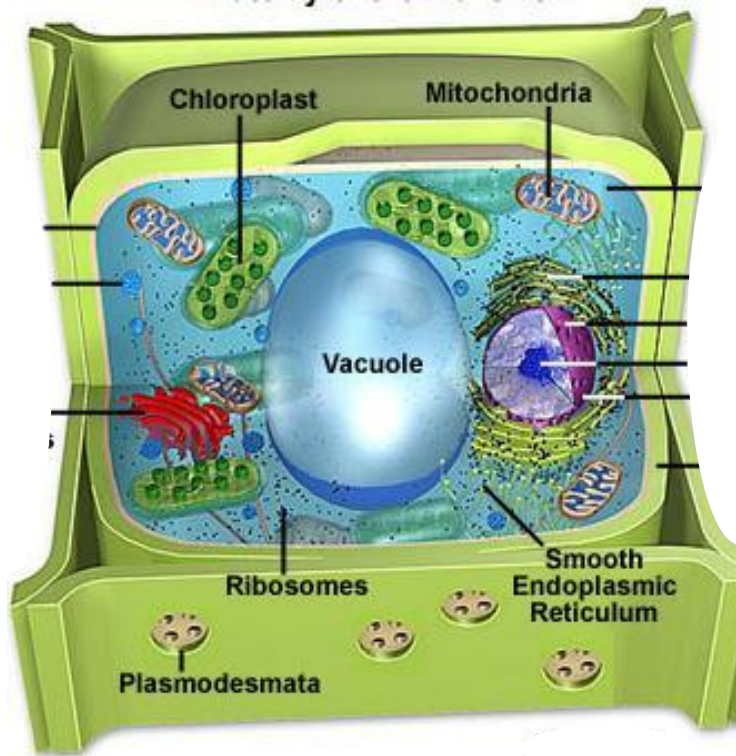
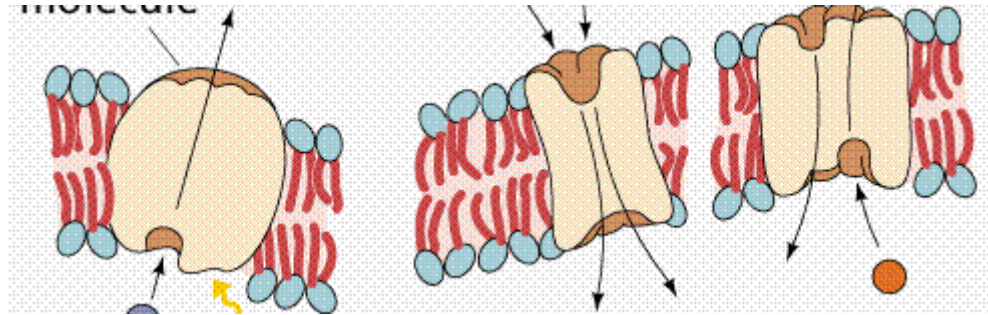
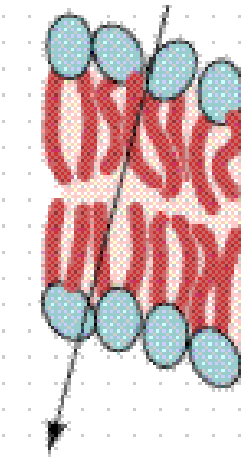
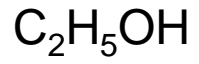
V anaerobních podmínkách buňky získávají energii fermentací. Rozkladem cukrů nevzniká oxid uhličitý a voda, ale etanol nebo kyselina mléčná. Kyselina mléčná může vést k okyselení cytoplasmu. Proto rostliny tolerantní záhy přepínají na tvorbu etanolu, který může přecházet přes membrány do apoplastu, případně i do okolního vodního prostředí. Tento způsob získávání energie ve formě ATP je však velmi neefektivní – zatímco při aerobním dýchání se z jedné molekuly získá až 32 molekul ATP, v anaerobních podmínkách jen 2 – 3. Vzhledem k tomu může docházet záhy k vyčerpání energetických rezerv.



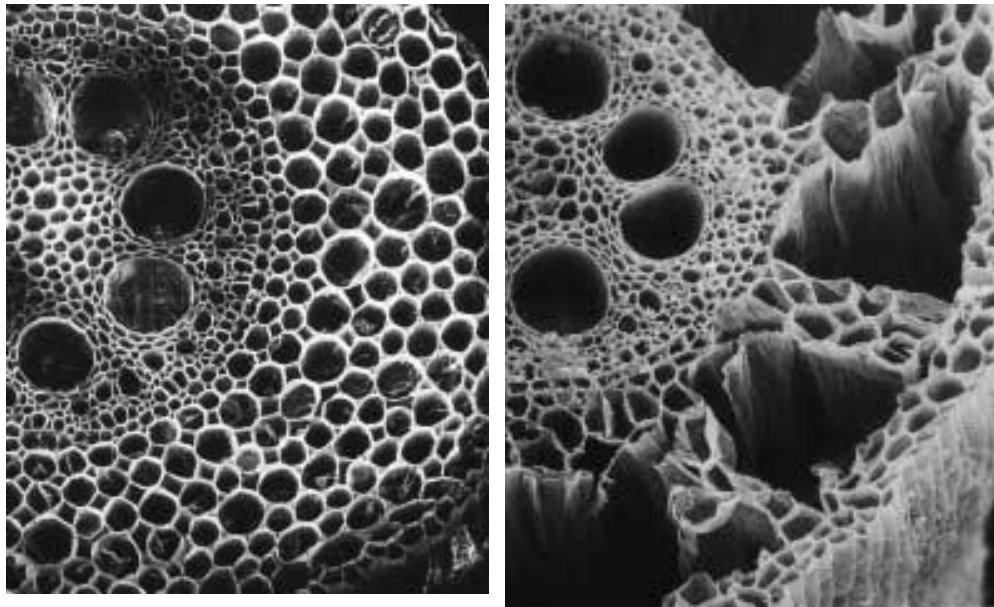
Kyselina mléčná



Etanol

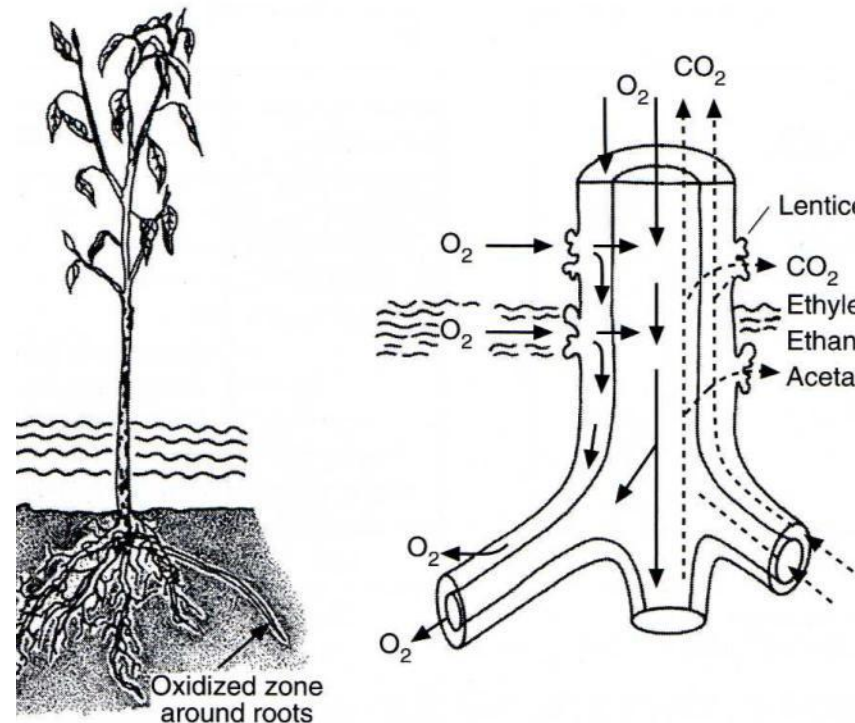


3. Tvoří se aerenchym, speciální pletivo s velkým objemem mezibuněčných prostor. Mezibuněčné prostory (interceluláry) přivádějí kyslík z atmosféry přes průduchy do listů a posléze až do kořenů. Vznikají odumíráním části buněk. Interceluláry jsou nejen transportní drahou pro plyny, ale snižují i počet živých dýchajících buněk, a tím zvyšují šanci na dostatečné zásobení kořenových špiček s dělivým pletivem.



Příčné řezy kořeny kukuřice (*Zea mays*)

Vlevo z rostliny rostoucí v substrátu s dostatkem kyslíku, vpravo s nedostatkem kyslíku. U kořene vlevo jsou vytvořené pouze drobné schizogenní interceluláry, zatímco vpravo jsou výrazné lysigenní interceluláry



Část kyslíku přivedeného do kořenů může i unikat ven z kořenů a tvořit tenkou oxidovanou zónu kolem kořenů, kde pak nežijí anaerobní bakterie a netvoří se toxické látky. Výdej kyslíku však nemůže být nadměrný.

Příklady mokřadních rostlin adaptovaných na život v zaplavených půdách



rákos



blatouch



puškovec



orobinec



ostřice



Kosatec žlutý

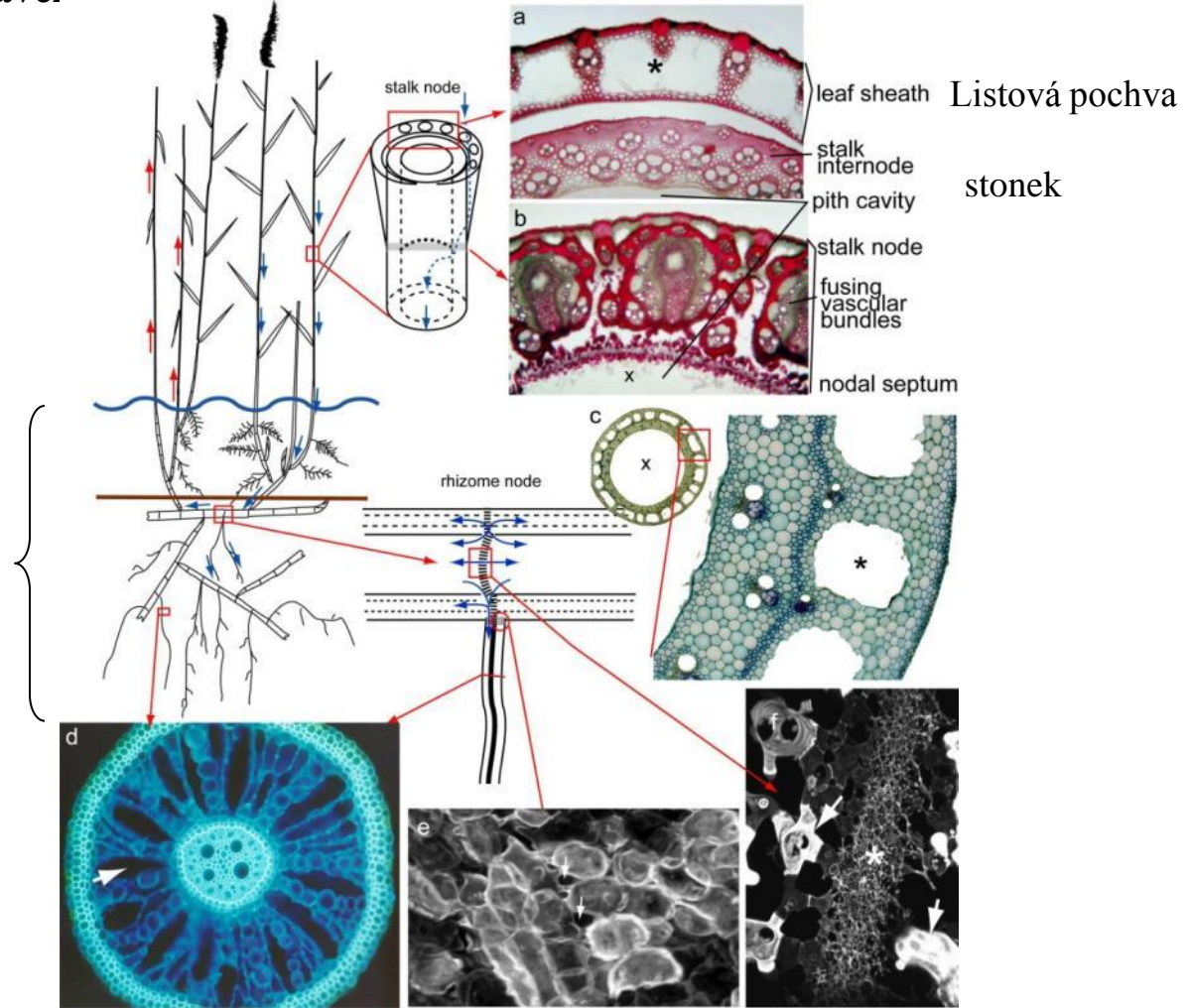


rýže

U rostlin rostoucích v mělkých vodách nebo v půdách trvale či dlouhodobě zaplavených došlo v průběhu evoluce ke konstitutivní tvorbě speciálních transportních drah, jimiž jsou schopny dopravit plyny v dostatečném množství z atmosféry do kořenů a naopak. Tyto transportní dráhy jsou představovány objemnými mezibuněčnými prostory, vzájemně propojenými. Pletivo s velkými mezibuněčnými prostory se nazývá aerenchym; propojuje zaplavovanou část rostliny s částí nezaplavenou a tvoří cestu pro difuzi kyslíku.

**Systém
mezibuněčných
prostorů
u
rákosu**

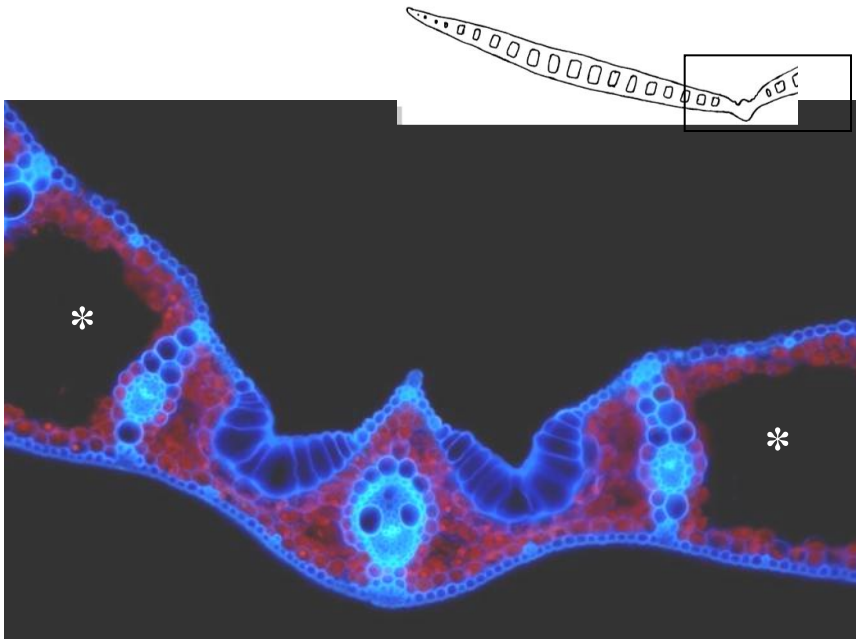
**Oblast s
nízkým
nebo
nulovým
obsahem
kyslíku**





Larvy brouka *Donacia aquatica* (reed beetle) využívají aerenchymu v oddencích rákosu jako zdroje kyslíku

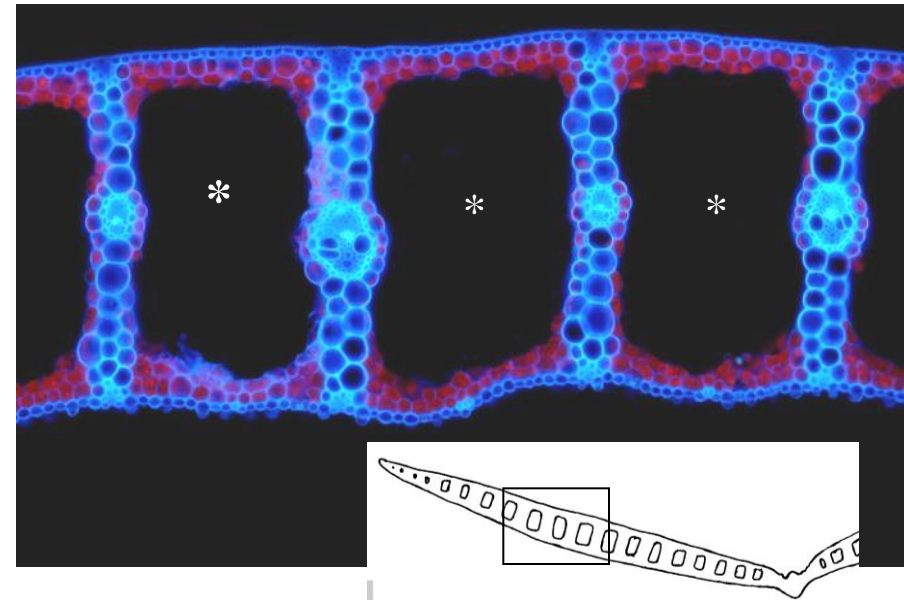
Příklady aerenchymu u mokřadních rostlin



Příčný řez středem listu zblochanu vodního (*Glyceria maxima*)

* – lysigenní intercelulára, červeně je obarven mesofyl s chloroplasty

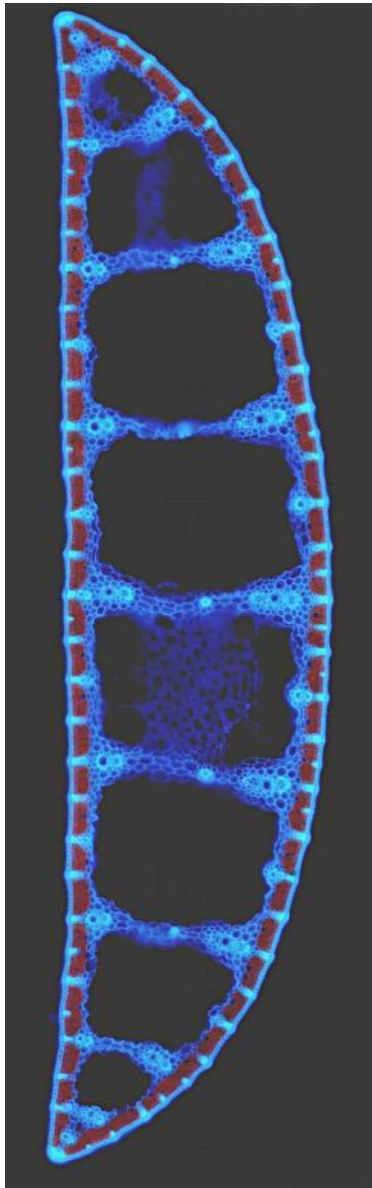
Schéma vpravo nahoře ukazuje část listu znázorněnou na obrázku



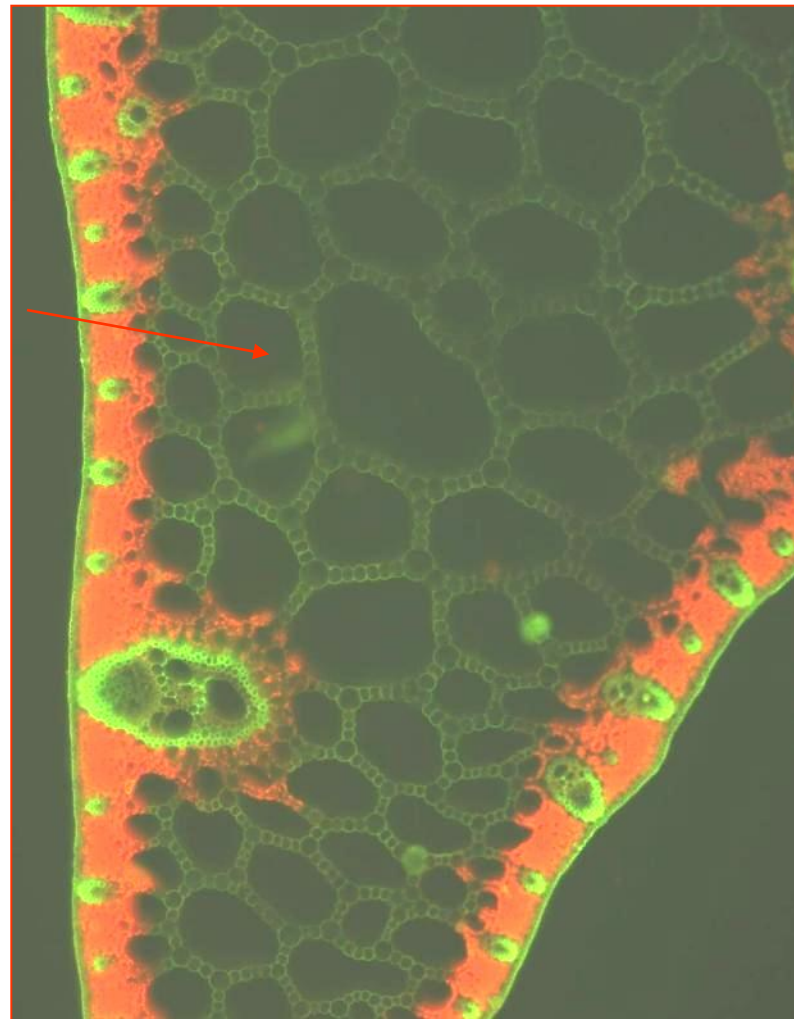
Příčný řez listem zblochanu vodního (*Glyceria maxima*)

* - lysigenní interceluláry, mesofyl s chloroplasty je červený, ve středu panelů buněk zbarvených modře, které oddělují jednotlivé interceluláry jsou kolaterální cévní svazky

Schéma vpravo dole ukazuje část listu znázorněnou na obrázku



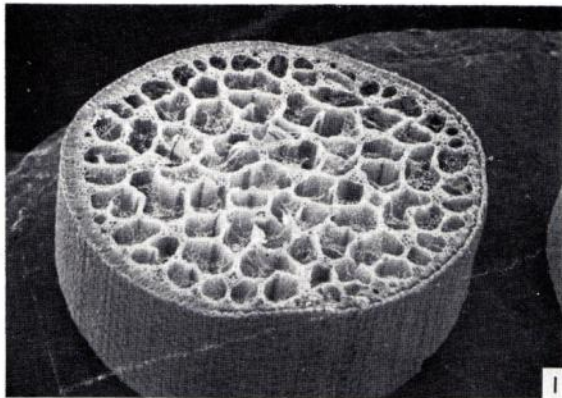
Příčný řez listem orobince (*Typha*) s výraznými intercelulárami



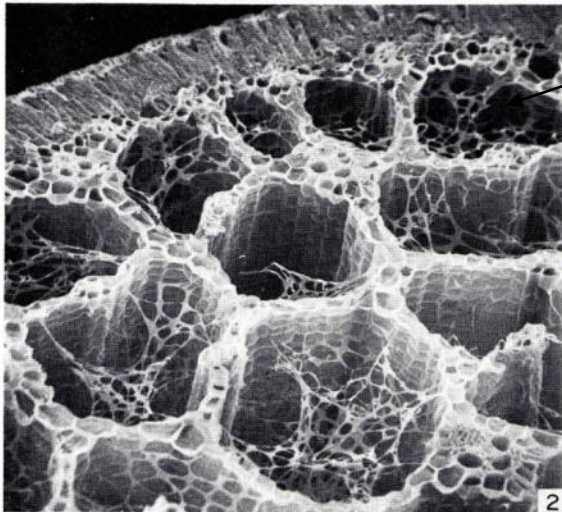
Příčný řez listem puškorce obecného (*Acorus calamus*)

Střed listu je vyplněn aerenchymem. Jednotlivé vzdušné kanály (jeden z nich je označen šipkou) jsou obklopené parenchymatickými buňkami zbarvenými světlezeleně. Při okrajích listu je mesofyl s chloroplasty zbarvený červeně, v něm probíhají cévní svazky

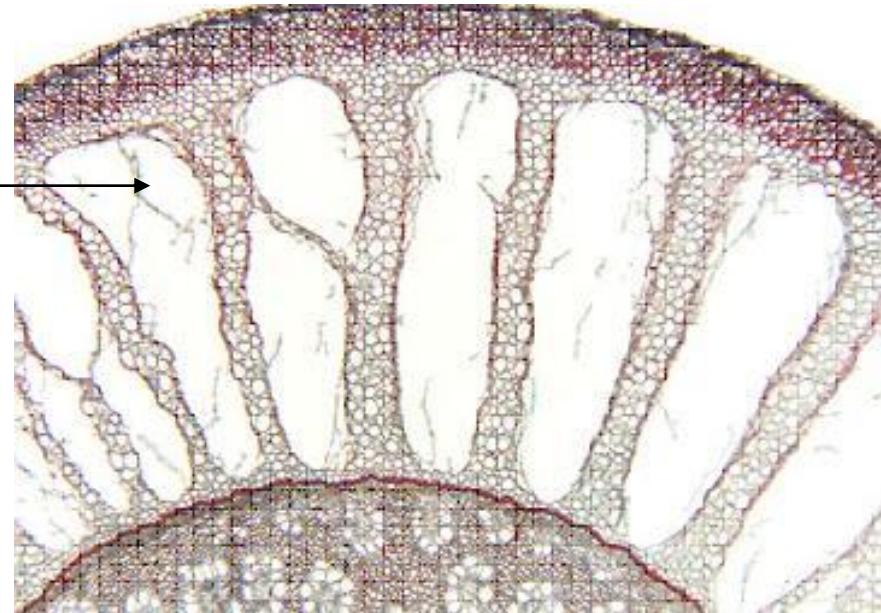
Mezibuněčné prostory ve stoncích šáchoru (vlevo) a sítiny (vpravo)

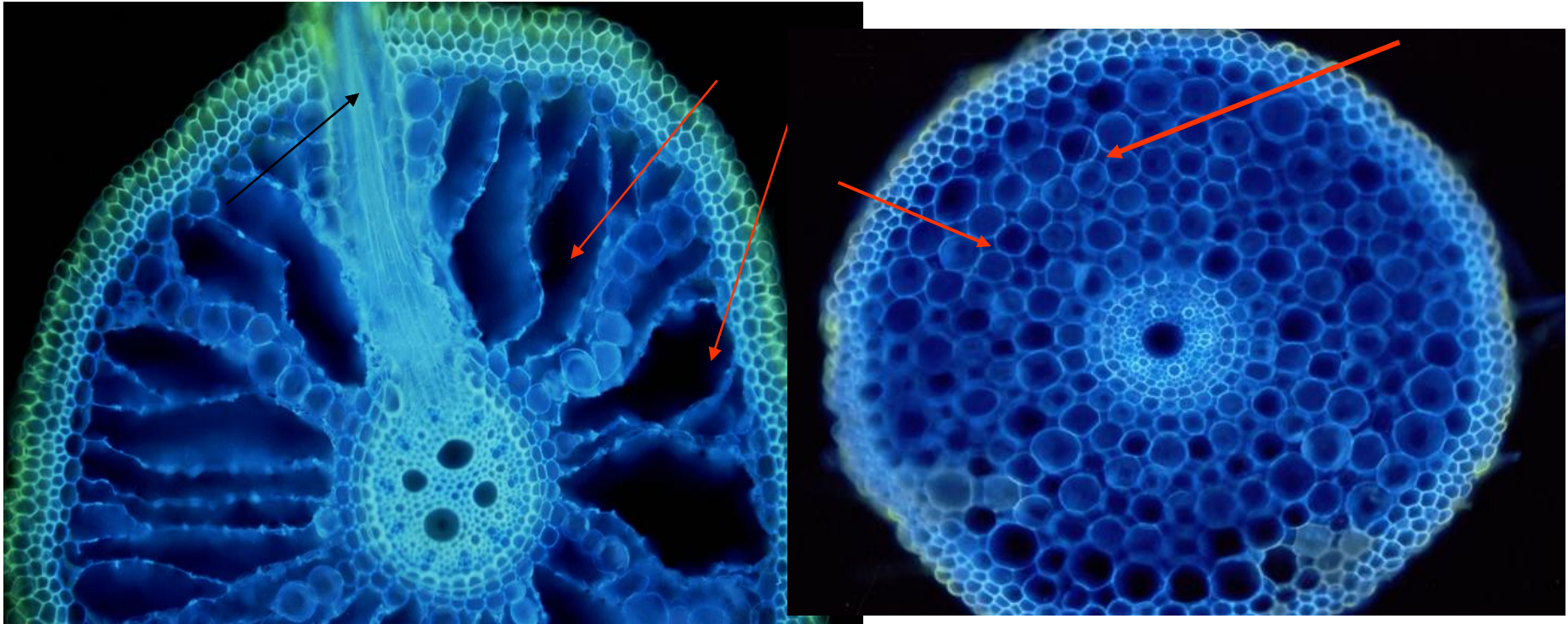


1



2



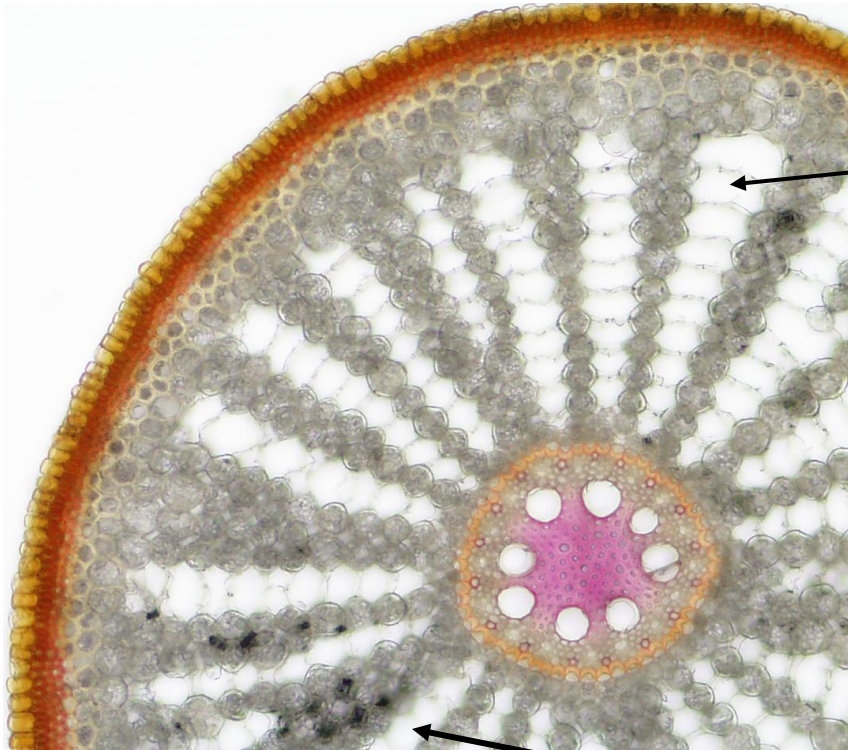


Příčný řez starší částí kořene rákosu obecného (*Phragmites australis*) s velkými lysigenními intercelulárami

Dvě lysigenní mezibuněčné prostory jsou označeny červenými šipkami, černá šipka označuje vyrůstající postranní kořen

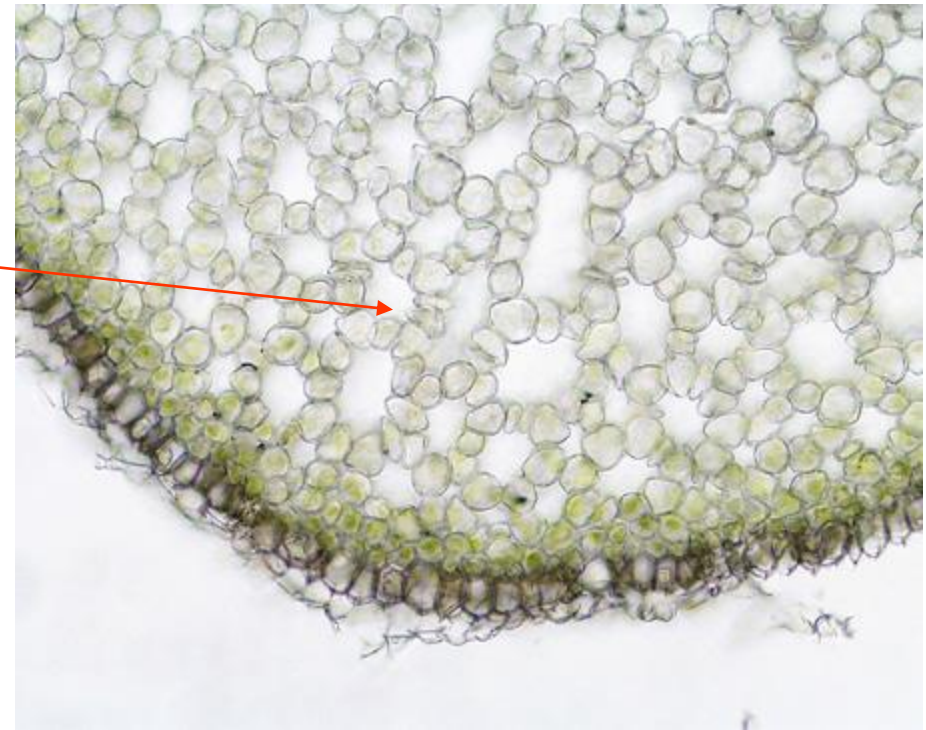
Příčný řez mladou částí kořene rákosu obecného (*Phragmites australis*) poblíž kořenné špičky

Dvě schizogenní mezibuněčné prostory jsou označeny šipkami



Příčný řez kořenem ostrice štíhlé (*Carex gracilis*) s lysigenními intercelulárami v primární kůře

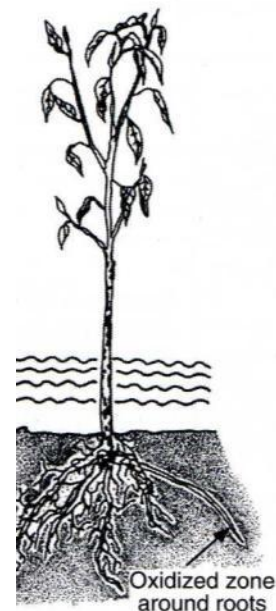
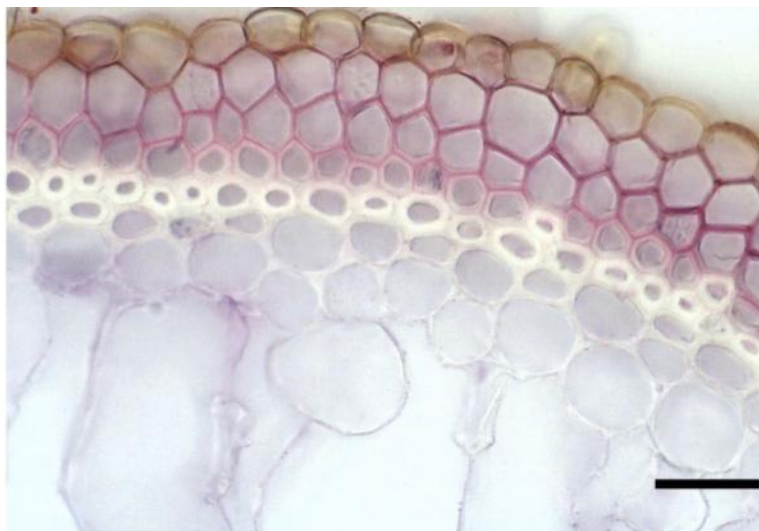
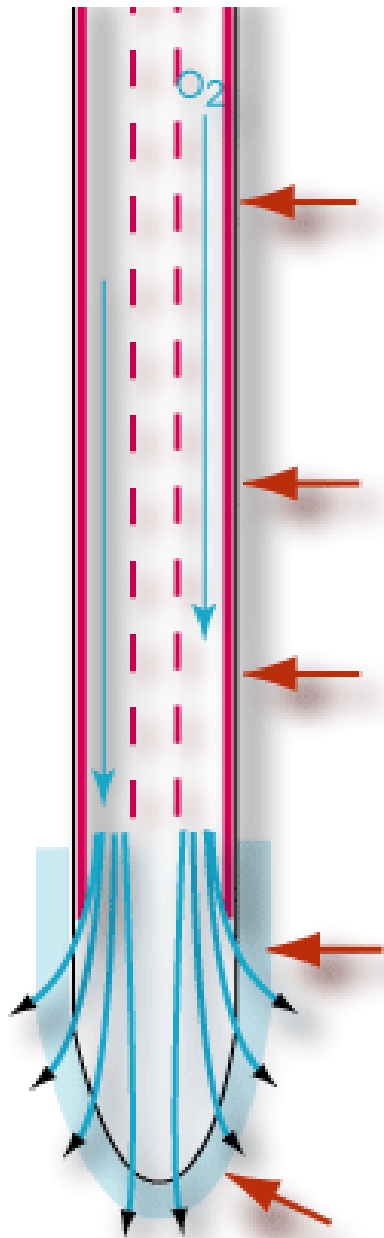
Dvě z nich jsou označeny šipkami



Příčný řez částí kořene puškorce obecného (*Acorus calamus*) se schizogenními intercelulárami.

Jedna z intercelulár je označena šipkou

Část kyslíku přivedeného do kořenů může i unikat ven z kořenů a tvořit tenkou oxidovanou zónu kolem kořenů, kde pak nežijí anaerobní bakterie a netvoří se toxické látky. Výdej kyslíku však nemůže být nadměrný. Výdej kyslíku z podzemních částí rostlin do zaplavené půdy musí být omezený a dobře regulovaný. Pod pokožkou kořenů mokřadních rostlin se tvoří jedna nebo více vrstev buněk – tzv. exodermis. Stěny buněk jsou impregnovány ligninem a suberinem a jsou nepropustné pro kyslík, zároveň brání i vstupu toxických látek do kořene. kyslík uniká pouze z míst bez exodermis, což jsou kořenové špičky a drobné postranní kořeny. Tyto oblasti jsou chráněny tenkou oxidovanou vrstvou u povrchu kořenů, je tak umožněn růst kořenů a příjem látek z půdy.



Jak se adaptovaly na své prostředí rostliny vodní (hydrofyta)?

Typy hydrofyt

- 1. Rostliny submersní, ponořené, které zůstávají celým tělem pod vodou, vznášejí se nebo jsou kořeny uchyceny na dně.**
- 2. Rostliny plovoucí na hladině, nezakořeněné**
- 3. Rostliny zakořeněné, část jejich těla je pod vodou, část splývá na hladině nebo vyčnívá nad hladinu.**

1. Příklady rostlin submersních - např. vodní mor kanadský, *Elodea canadensis* nebo růžkatec ponořený (*Ceratophyllum demersum*). Příkladem zakořeněných rostlin je stolístek klasnatý (*Myriophyllum spicatum*).



Ceratophyllum demersum



RYBICKY.NET (C) johan

Submersní vodní rostliny

obvykle nemají výraznou kutikulu a buněčné stěny pokožky jsou velmi tenké, neboť pokožka se účastní příjmu vody a minerálních živin do rostliny. V pokožce nebývají průduchy. Rostliny jsou nadnášeny vodou, a nemají vyvinutá mechanická pletiva; často jsou i málo vyvinutá pletiva vodivá, zejména xylém.



Elodea canadensis

Příklady rostlin nezakořeněných, plovoucích na vodní hladině

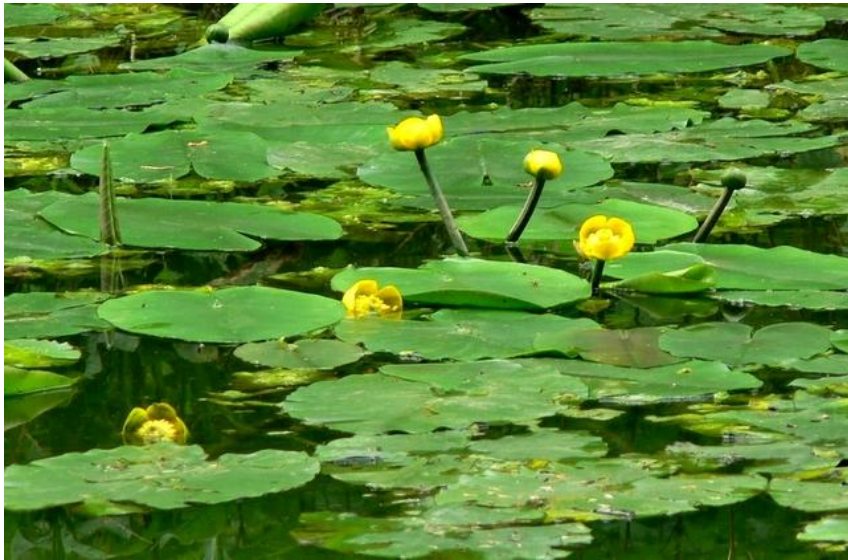


Tokozelka (vodní hyacint)



Okřehek

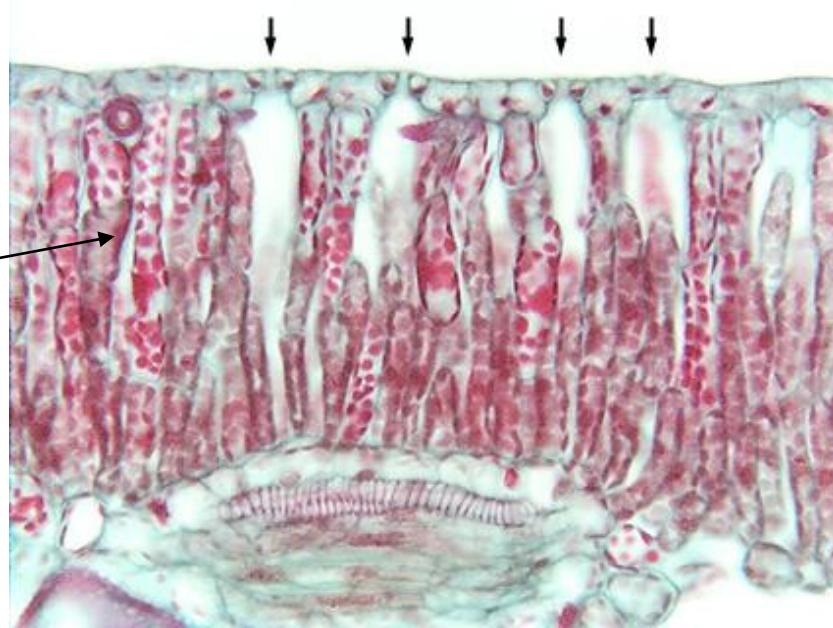
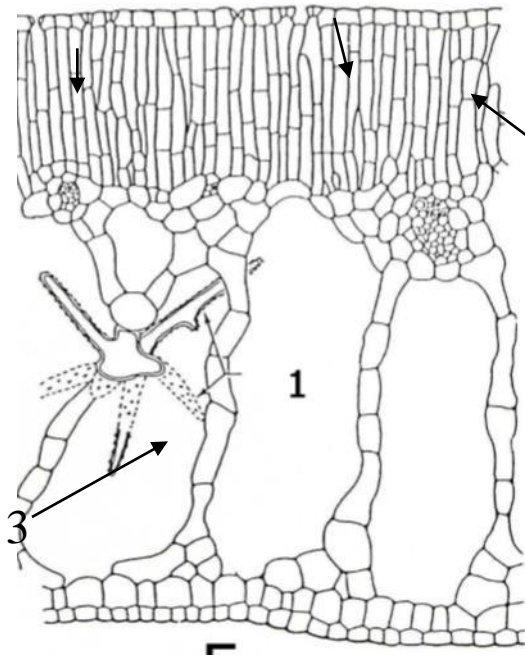
Rostliny zakořeněné s listy splývajícími na hladině



Stulík žlutý



Leknín bílý

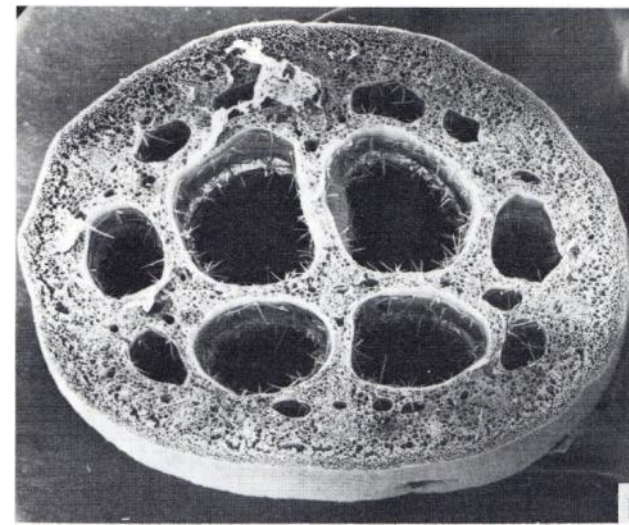


Vlevo – schéma příčného řezu listem leknínu bílého (*Nymphaea alba*) s průdouchy ve svrchní pokožce Vpravo – příčný řez horní částí listu leknínu bílého (*Nymphaea alba*)

Šipky označují průdouchy lokalizované pouze ve vrchní epidermis, 1 – intercelulára, 2 – palisádový parenchym, 3 – sklereida

Příčný řez řapíkem listu leknínu bílého (*Nymphaea alba*)

s velkými lysigenními intercelulárami



Mangrovy

Ekosystémy na březích moří a oceánů nebo při ústích řek v tropických oblastech

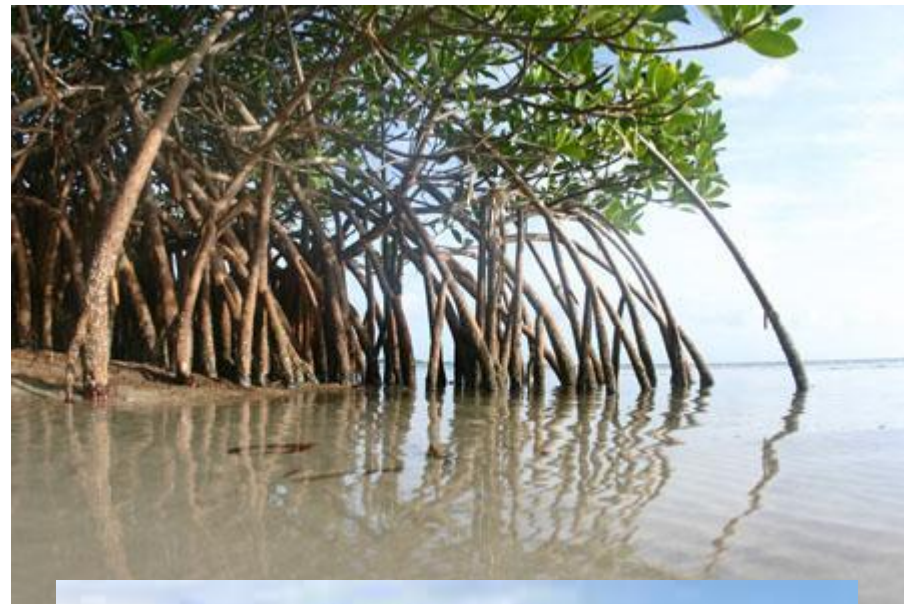
Výskyt mangrovů

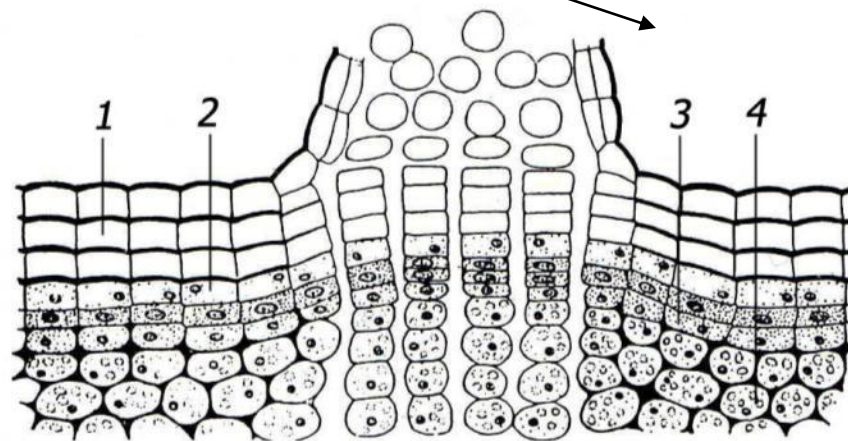
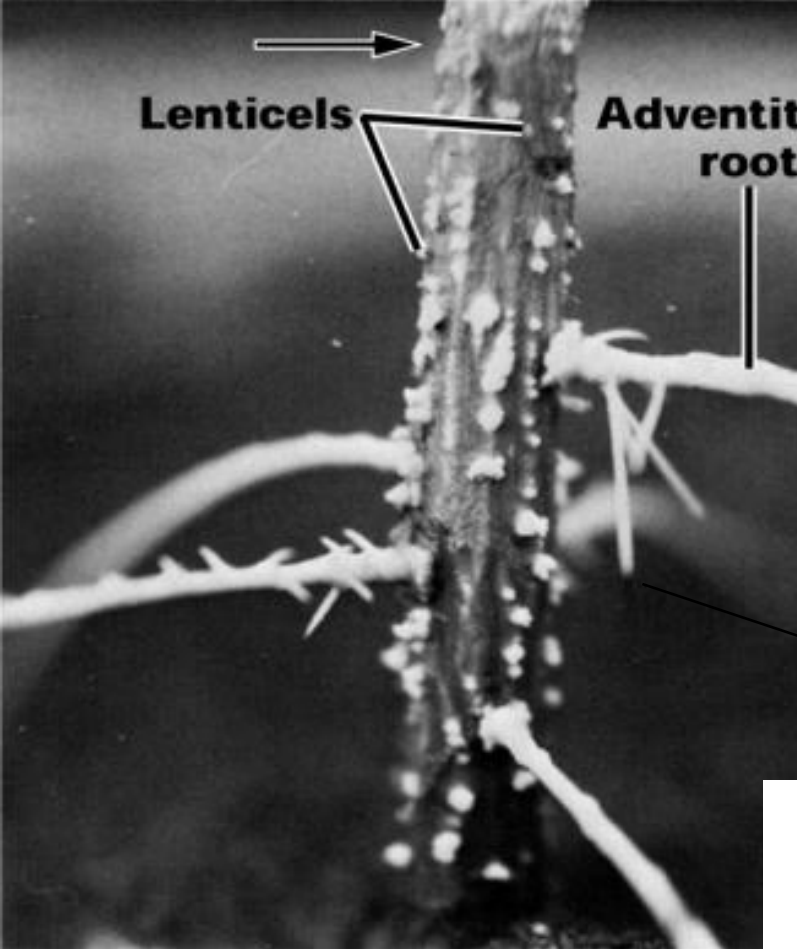


S jakými faktory se musí mangrovové porosty vypořádat?

- 1. Nedostatek kyslíku**
- 2. Zasolení, jehož množství výrazně kolísá**
- 3. Mechanické vlivy – příliv a odliv, vítr, vlny**

Rostliny z tzv. magrovových porostů na mořských březích mají často opěrné (chůdovité) kořeny, které jim poskytují stabilitu na nestabilních půdách, při větru, vlnách.





Vstup kyslíku do kořenů umožňují lenticely, které se vyskytují na kořenech u rostlin mangrovových porostů; jsou to oblasti volně uspořádaných buněk s mezibuněčnými prostory.

Některé rostliny magrovových porostů tvoří dýchací kořeny (pneumatofory) rostoucí negativně gravitropicky. Do nich vstupuje kyslík a je transportován do ostatních částí kořenového systému.



Dýchací kořeny mangrovníku (*Avicennia marina*) z mangrovových porostů v Tichém oceánu

Vlevo – celkový pohled, vpravo – detail kořenů rostoucích negativně gravitropicky

Vlevo - <http://www.pbase.com/milv/image/76900042>

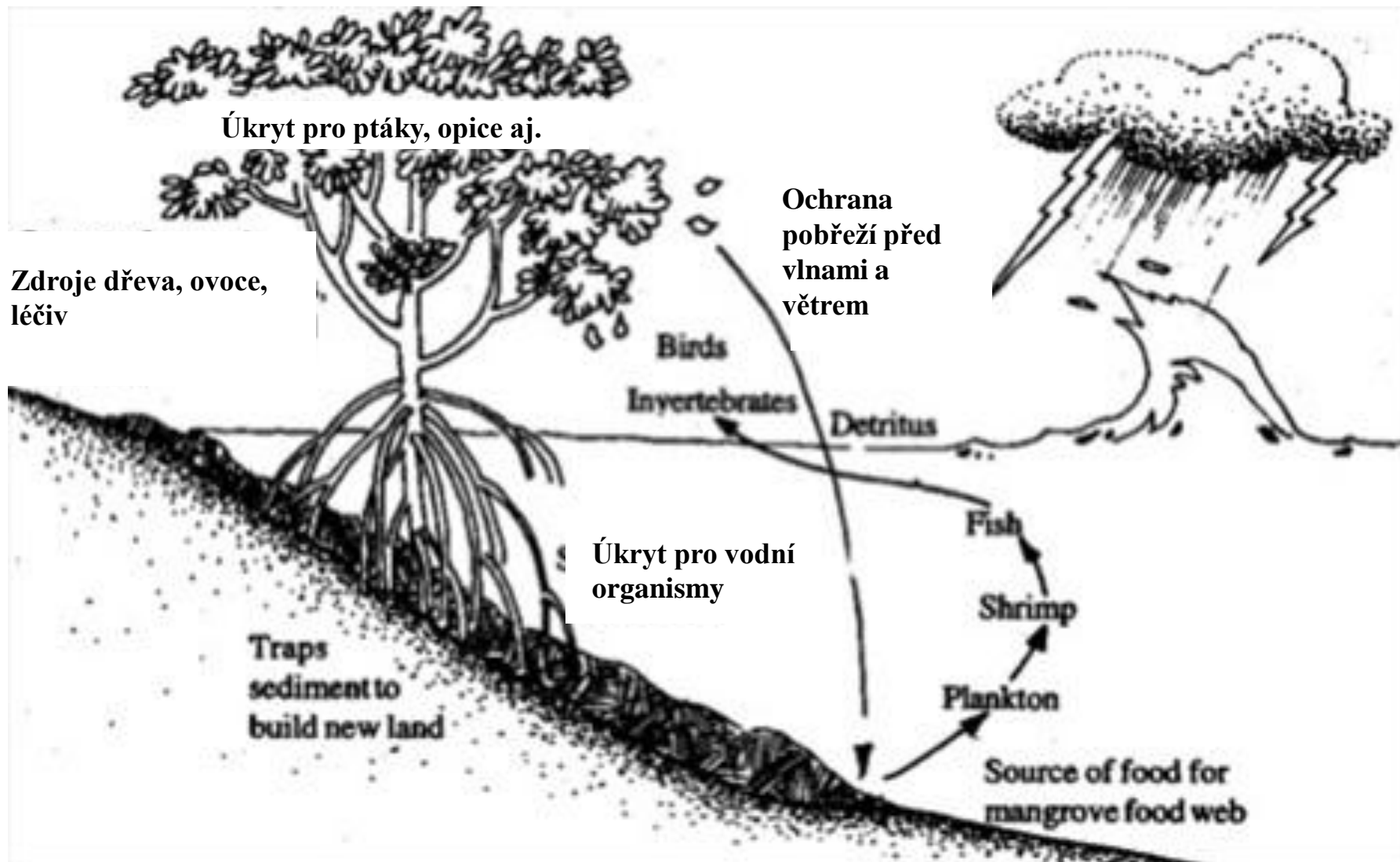
Vpravo - <http://botany.cz/cs/avicennia-marina/>

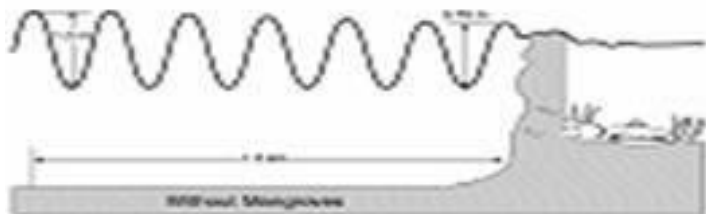
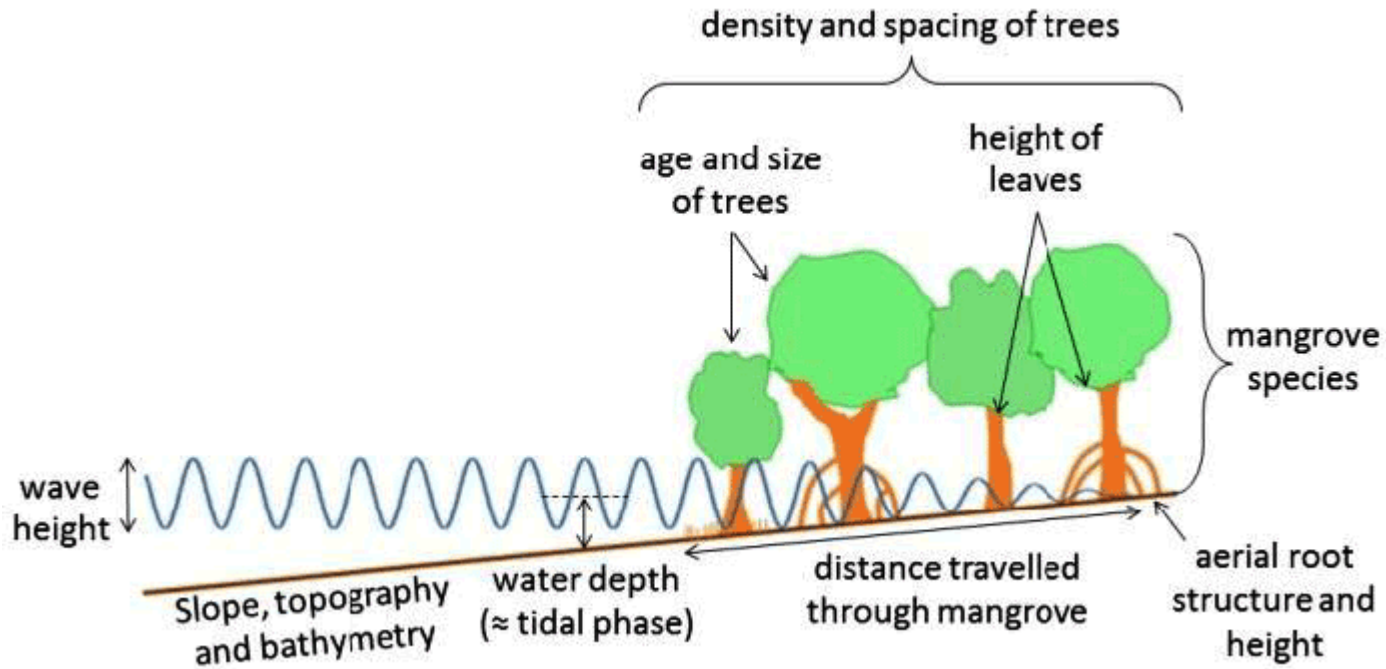
U rostlin mangrovových porostů je častá viviparie. Semena těchto rostlin neopouštějí mateřskou rostlinu, ale začínají na ní klíčit. Z báze plodu vyrůstá dlouhý stonek s kořenem. Někdy zůstávají na mateřské rostlině i rok až tři roky a dosahují délky až 1 metru. Pak od rostliny odpadnou a rostou samostatně.



Mangrove *Avicennia marina* na pláži [Cairns](#), Austrálie

Co poskytují mangrovy?





Znázornění ochranné funkce mangrovů



Život v mangrovech



Život v mangrovech

V současné době mangrovů výrazně ubývá. Jaké jsou příčiny?

- 1. Jsou devastovány kvůli bydlení a přístupu k moři pro zvyšující se počty obyvatel, ale i pro rekreaci, turistiku, průmysl**
- 2. Zvyšuje se znečištění moří (eutrofizace, plasty a jiný odpad)**
- 3. Neúměrně se zvyšuje využívání mangrovů pro rybolov, pro odběr dřeva a ovoce**



Odstraňování mangrovů





Avicennia, plod





Současné snahy o záchranu a obnovu mangrovů – snad budou úspěšné.

Sladkovodní mokřady

Funkce mokřadů

- 1. Omezení záplav a povodní**
- 2. Čištění spodních vod**
- 3. Biodiversita**

Příklady našich mokřadních rostlin adaptovaných na život v zaplavených půdách



rákos



blatouch



puškvorec



orobinec



ostřice



Kosatec žlutý



kyprej vrstice



Download Wetlands in the Minnesota Valley National...



Staňkovský rybník



MP/ONES



Vrbenské rybníky



Meandry Moravy



**Lužní lesy v Polabí (nahore) a
na horní Lužnici (dole).**



Meandry Ploučnice



Vodáci v meandrech Ploučnice



Mokr  louky u Třeboně

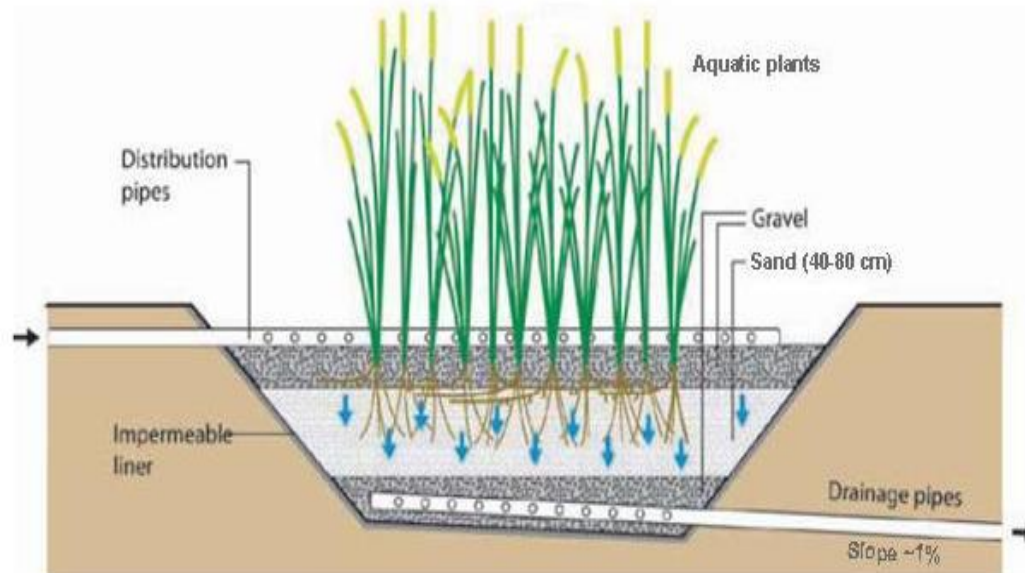


Foto: [Radek Eliášek – Vydavatelství MCU s.r.o.](#)



Foto: [Ševčík Jan](#)

Kořenové čistírny odpadních vod



Rašeliniště

Význam rašelinišť

- 1. Prameniště mnohých řek**
- 2. Omezení záplav**
- 3. Ochrana spodních vod**
- 4. Úložna CO₂**
- 5. Zdroj rašeliny užívané k topení, v zahradnictví a v lázeňství**



Šumavská rašeliňšě



Třeboňská rašeliňšě



Rašeliňšě Soos



Mofeta v rašeliňšě Soos

Příklady vegetace našich rašeliníšť



Detail rašeliníštní vegetace, Tříjezerní slat', Šumava



Rašeliník



Vlochyň



Ploník



Suchopýr pochvatý



kyhanka bažinná,



Tučnice česká



Bublinatka obecná



„*Drosera rotundifolia*

Licencováno pod CC BY-SA 2.5 via Wikimedia

Těžba rašeliny dříve a nyní



Význam rašelinišť pro archeologii a paleobiologii



Muzeum Silkeborg, Dánsko – mumie (tzv. Tollund man)



Ruka muže zv. Old Croghan, Irsko



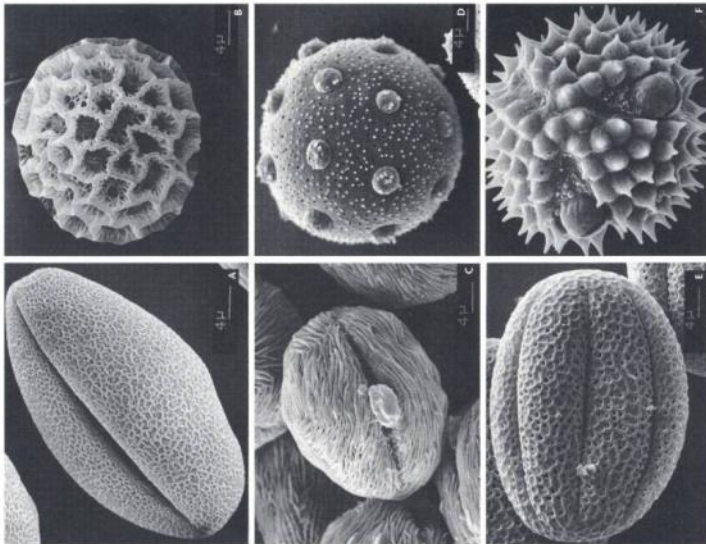
Vrš na ryby



Obrovský bobr z období pleistocénu nalezený v rašeliništi v USA (Ohio)



Bota nalezená v rašeliništi ve Skotsku.



Vodní hyacint – významná invazní rostlina

