

# Evoluční morfologie rostlin

## Jak přežít nepřízeň... ...a jiné adaptace

Pavel Veselý



MODULARIZACE VÝUKY  
EVOLUČNÍ A EKOLOGICKÉ  
BIOLOGIE  
CZ.1.07/2.2.00/15.0204

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Dužnatost

- hromadění zásob vody pro přežití období sucha
- Listoví či stonkoví sukulenti
- povrch listů/stonku je kryt silnou kutikulou
- rostliny suchých oblastí, malá tolerance mrazu
- často fotosyntéza CAM (CAM jsou vždy sukulenti)
- *Piperales – Peperomia*
- *Vitaceae*
- *Rosidae – Euphorbiaceae*
- *Caryophyllales – Aizoaceae, Portulacaceae, Cactaceae, Chenopodiaceae*
- *Asteridae – Crassulaceae, Asclepiadaceae, Lamiaceae, Plantaginaceae, Asteraceae*
- *Liliopsida – Agavaceae, Asphodelaceae, Orchidaceae*

# Dužnatost

<http://www.mccullagh.org/db9/1ds-4/prickly-pear-cactus-flowering.jpg>



*Opuntia ficus-indica* (Cactaceae)

# Dužnatost

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/E\\_obesa\\_obesa\\_ies.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/E_obesa_obesa_ies.jpg)



*Euphorbia obesa* (Euphorbiaceae)



# Dužnatost



*Jovibarba globifera* (Crassulaceae)



# Dužnatost

<http://pics.davesgarden.com/pics/2003/06/09/jonivy/db5906.jpg>



*Plectranthus amboinicus* (Lamiaceae)

# Semena

- samotné rostliny nepřežívají, jsou terofyty
- produkují velké množství semen s obvykle dobrou odolností a dlouhou klíčivostí
- kompetičně slabé druhy, často různé plevely, rostliny stepí, makií, pouští, obnažených dnů rybníků



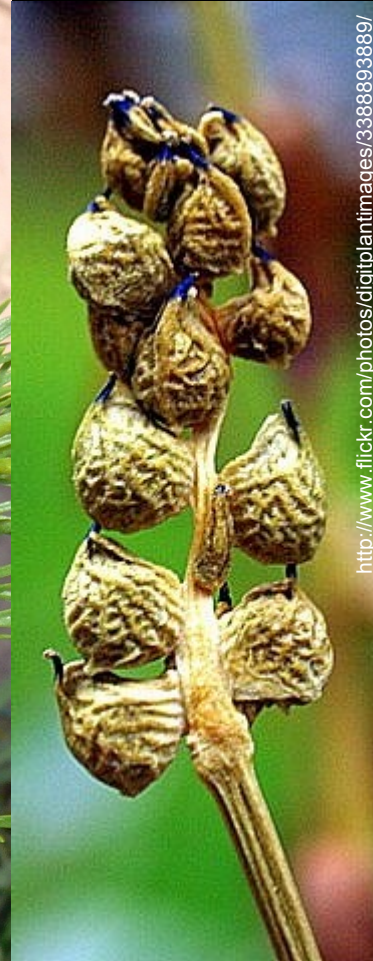
# Semena



*Erophila verna* (Brassicaceae)



# Semena



*Adonis aestivalis* (Ranunculaceae)

# Semena

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/California\\_poppy\\_\(Eschscholzia\\_californica\)\\_-\\_22.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/California_poppy_(Eschscholzia_californica)_-_22.jpg)



*Eschscholzia californica* (Papaveraceae)



# Semena



*Coleanthus subtilis* (Poaceae)

# Geofytismus

- rostliny s podzemním zásobním orgánem  
(kořenová hlíza, oddenek, oddenková hlíza, bazální hlíza, cibule)
- adaptace na periodické sucho či zastínění
- zejména mediteránní oblasti, některé pouště, lesy a stepi
- rostliny přežívají ve formě zásobního orgánu
- zejména jarní druhy mají krátkoživotné asimilační orgány
- rozšířen po většině evolučních větví, nejvíce však *Liliales* a *Asparagales*



# Geofytismus



*Galanthus nivalis* (Amaryllidaceae)



# Geofytismus



*Cyclamen purpurascens* (Primulaceae)



# Geofytismus



*Bryonia dioica* (Cucurbitaceae)

# Geofytismus



*Gynandriris sisyrinchium* (Iridaceae)



# Geofytismus



*Mandragora officinalis* (Solanaceae)



# Geofytismus



*Urginea maritima*  
(Hyacinthaceae)



# Geofytismus



*Scorzonera mollis* (Asteraceae)



# Geofytismus



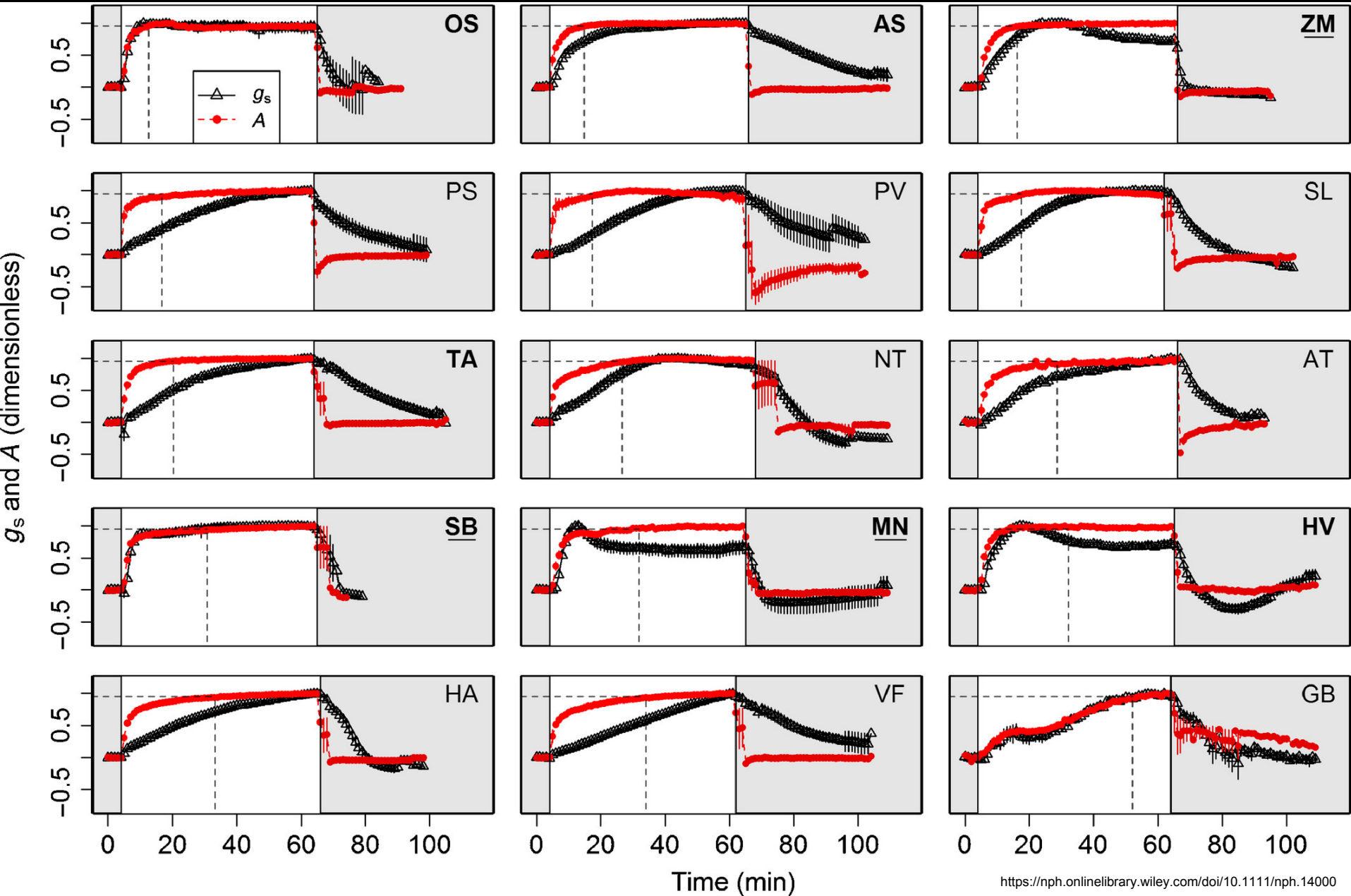
*Geranium tuberosum* (Geraniaceae)



# Velikost průduchů

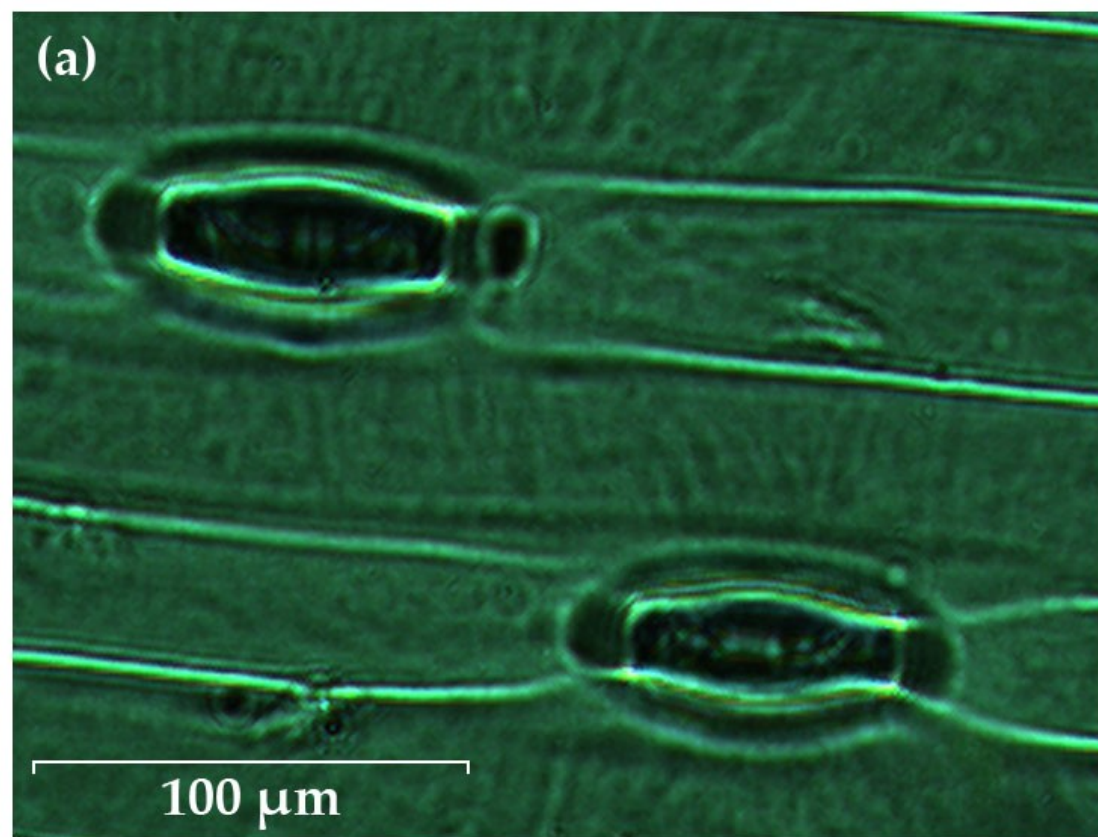
- souvisí s hospodařením s vodou
- malé průduchy lépe (rychleji) regulují výpar
- druhy suchých biotopů mají menší průduchy
- fosilní druhy v dobách vysoké vlhkosti a  $\text{CO}_2$  měly větší průduchy
- zviditelňuje velikost genomu pro selekci

# Fotosyntéza a velikost průduchů

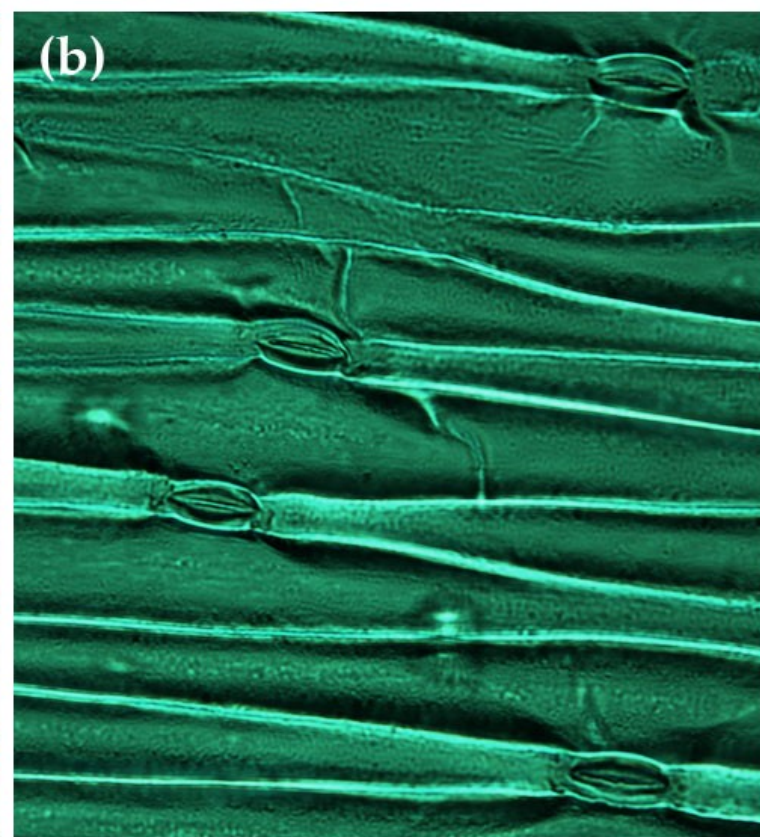




# Velikost průduchů



*Gagea lutea* (Liliaceae)



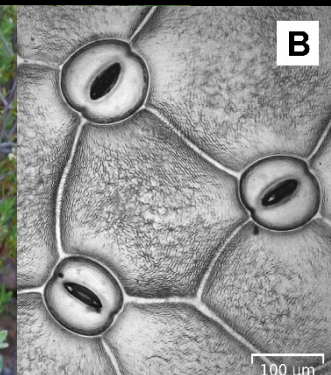
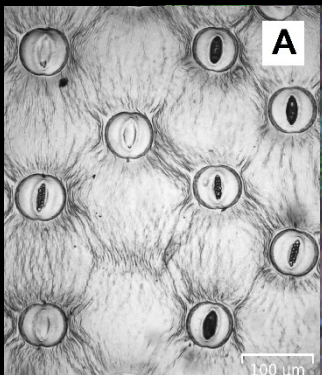
*Anthericum ramosum* (Anthericaceae)

# Kontrastující případy

- Jarní a letní geofyty
- Vytrvalé byliny a dřeviny (zejm. stromy)
- Rozdíl mezi svrchní a spodní stranou listu



# Přírodní experiment



# Opadavost

- rostliny přežívají ve formě nefotosyntetického stonku
- adaptace na nedostatek vody
- temperátní oblasti na zimu, v mediteránu a suchých tropech někdy na léto



# Opadavost

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1e/Fagus\\_sylvatica\\_autumn\\_leaves.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1e/Fagus_sylvatica_autumn_leaves.jpg)



*Fagus sylvatica* (Fagaceae)



# Opdavost



*Euphorbia dendroides* (Euphorbiaceae)



# Tvrdolistost

- adaptace na nedostatek vody
- listy jsou výrazně sklerenchymatizované
- v mediteránních oblastech a suchých tropech
- zejména dvouděložné rostliny  
(*Magnoliopsida*, *Rosopsida*)
- vzácněji jednoděložné — *Dracaena*

# Tvrdoolistost



[http://botanika.bf.jcu.cz/materials/photogallery-pictures/Laurus\\_nobilis-kvet.jpg](http://botanika.bf.jcu.cz/materials/photogallery-pictures/Laurus_nobilis-kvet.jpg)

*Laurus nobilis* (Lauraceae)



# Tvrdoolistost



*Quercus ilex* (Fagaceae)

# Poikilohydrie

- adaptace na období sucha
- schopnost tolerovat téměř úplné vyschnutí s následnou regenerací
- Mechorosty: absence kutikuly



# Poikilohydrie



Foto: Jana Procházková

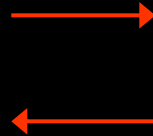


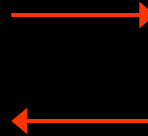
Foto: Jana Procházková

*Orthotrichum pallens*  
Bryophyta

# Poikilohydrie



<http://resurrectionplant.net/other-species-of-resurrection-plant/>

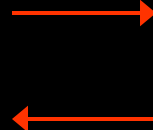


<http://www.akvar.cz/products/selaginella-lepidophylla/>

*Selaginella lepidophylla*  
Lycopodiophyta



# Poikilohydrie



*Ceterach officinarum*  
Aspleniaceae

# Poikilohydrie

- adaptace na období sucha
- schopnost tolerovat téměř úplné vyschnutí s následnou regenerací
- Mechorosty: absence kutikuly
- Krytosemenné: Gesneriaceae (*Ramonda, Haberlea, Jankaea*)



# Poikilohydrie



*Ramonda serbica*  
Gesneriaceae

# „Vzduchovody“

- adaptace na růst v hypoxických podmínkách
- Rostliny lužních lesů, bahenní a vodní rostliny
- Pneumatofory, aerenchym, sifonostélé, arthrostélé



# Aerenchym



*Juncus inflexus* (Juncaceae)



# Pneumatofory

[http://www.uspza.cz/obrazky5/08-tisovec\\_03\\_big.jpg](http://www.uspza.cz/obrazky5/08-tisovec_03_big.jpg)



*Taxodium distychem*  
(Taxodiaceae)



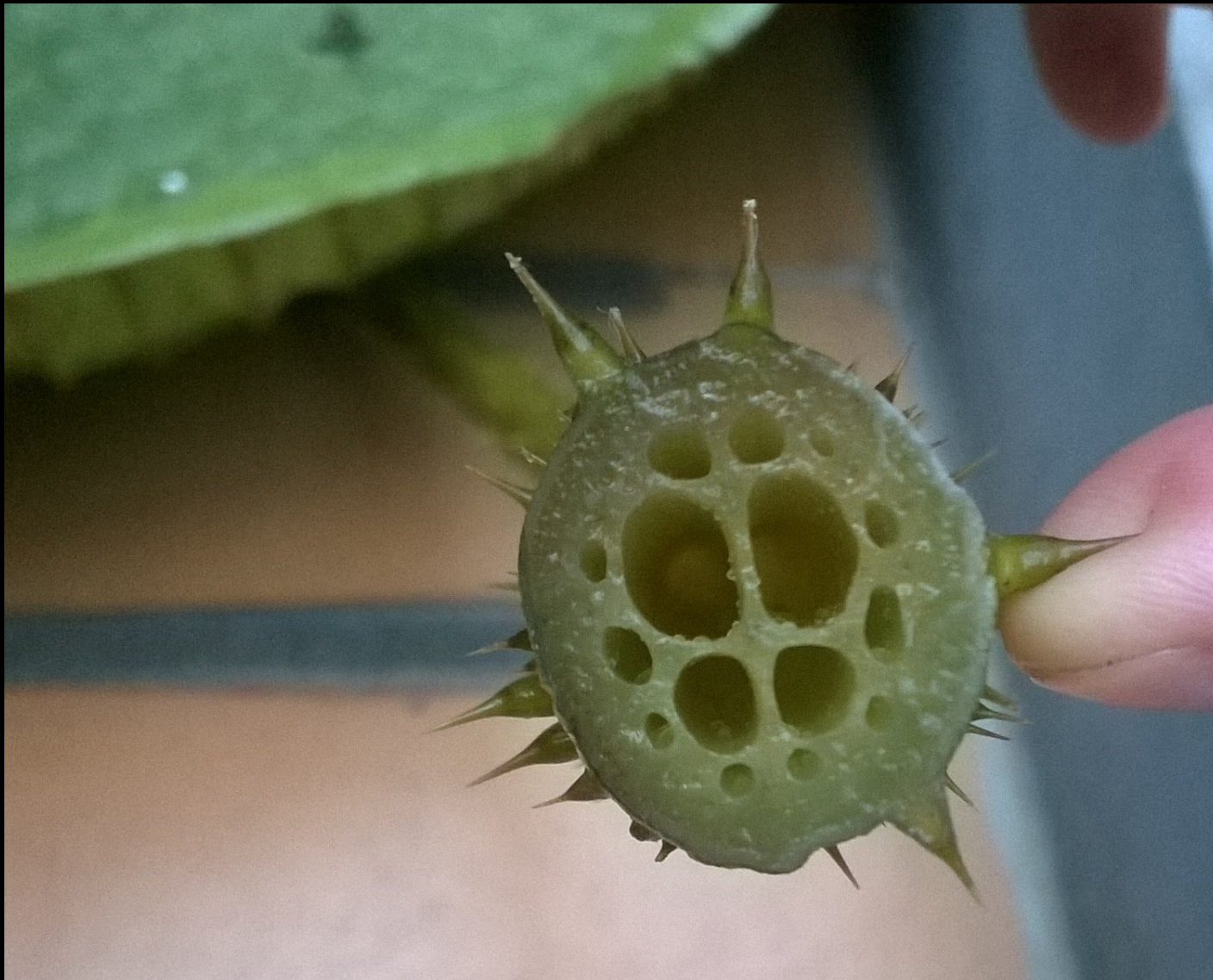
# Arthrostélé

*Equisetum arvense* L.  
©Thomas Schoepke



*Equisetum arvense* (Equisetaceae)

# Duté řapíky



*Victoria cruziana* (Nymphaeaceae)



# Adaptace na oheň

- schopnost odolat ohni či rychle regenerovat
- schopnost způsobit požár (silice)
- přežívání ve formě semen, podzemních orgánů, odolných větví (reseeders, resprouters)
- často v mediteránních oblastech či suchých tropech
- semena některých druhů klíčí až po požáru

# Odolnost k ohni



*Quercus suber* (Fagaceae)



# Schopnost regenerace



*Eucalyptus* sp. (Myrtaceae)



# Přežívání v semenech



*Robinia pseudacacia* (Fabaceae)

*Pinus sylvestris* (Pinaceae)





# Způsobení požáru



*Dictamnus albus* (Rutaceae)



# Spáleníště



PP Santon (Tvarožná)



# Spáleníště



Napier (Jižní Afrika)

# Zastínění

- Rostliny tvoří při zastínění větší listy (s méně vrstvami parenchymu)
- Většinou i druhy sciofilní mají větší listy než heliofilní
- Byliny z lesního podrostu mají další adaptace
  - červená spodní strana listů
  - iridescence listů



# Zespodu červené listy

- V podrostu lesa je „červenozelený stín“
- Zbarvení je způsobeno antokyany v pokožce spodní strany listu
- Záření se využije dvakrát, po průchodu listem se odrazí od spodní strany zpět nahoru
- V evoluci několikrát nezávisle na sobě (*Selaginella*, *Cyclamen*, *Calathea*, ...)

# Zespodu červené listy



*Cyclamen purpurascens* (Primulaceae)



# Zespodu červené listy



<https://i.redd.it/k2lkdycgf4521.jpg>

*Calathea bicolor* (Maranthaceae)



# Zespodu červené listy



*Selaginella concinna* (Selaginellaceae)



# Iridescence

- V podrostu tropických lesů
- Namodralá barva je nepravá – je způsobena lomem světla na povrchu listu přítomností nanočástic  $\text{SiO}_2$
- Ty koncentrují světlo (jako čočky)
- V evoluci několikrát nezávisle na sobě  
(*Selaginella*, *Dryopteridaceae*, *Begoniaceae*, *Cyperaceae*, ...)

# Iridescence



*Selaginella willdenowii* (Selaginellaceae)



*Selaginella uncinata* (Selaginellaceae)



# Iridescence



*Elaphoglossum* sp. (Dryopteridaceae)

# Iridescence



*Begonia pavonina* (Begoniaceae)



# Sivé povrchy

- Některé rostliny nebo jejich části mají sivý (šedo zelený) vzhled



- Vzniká lomem světla na povrchu
- Může mít tři příčiny
  - voskově ojněný povrch
  - povrch hustě pokrytý trichomy
  - vzduchové bublinky v pokožce

# Voskový povrch



*Tulipa sylvestris* (Liliaceae)



# Husté pokrytí trichomy



<http://www.biolib.cz/IMG/GAL/130741.jpg>

*Filago arvensis* (Asteraceae)



# Husté pokrytí trichomy



*Salvinia natans* (Salviniaceae)



# Vzduchové bublinky



*Pilea cadierei* (Urticaceae)

# Význam sivosti

- **Adaptace na nadměrné ozáření**  
(všechny možnosti)
- **Nesmáčivý (hydrofobní) povrch**  
(vosk / trichomy)
- **Snížení transpirace**  
(vosk / trichomy)
- **Flekatost – ochrana před herbivorním hmyzem**  
(vzduchové bublinky, chlorofylové mutace)



# Masožravost

- adaptace na nedostatek živin v půdě
- rostliny chytají drobné živočichy
- k tomu využívají metamorfované listy, nikdy však květy
- v evoluci je relativně vzácná:
  - *Oxalidales* – *Cephalotaceae*
  - (*Malpighiales* – *Passiflora foetida*)
  - *Caryophyllales* – *Dioncophyllaceae* (rod *Triphyophyllum*), *Droseraceae*, *Drosophyllaceae*, *Nepenthaceae*
  - *Ericales* – *Roridulaceae*, *Sarraceniaceae*
  - *Asterales* – *Styllidium*
  - *Poales* – *Bromeliaceae*

Asteridae

Rosidae

Liliopsida

# Masožravost

[http://www.gradinamea.ro/\\_files/Image/articole/original/drosera-capensis\\_all-red01.jpg](http://www.gradinamea.ro/_files/Image/articole/original/drosera-capensis_all-red01.jpg)



*Drosera capensis* (Droseraceae)



# Masožravost



*Dionaea muscipula* (Droseraceae)



# Masožravost



*Genlisea* sp. (Lentibulariaceae)



# Masožravost

[http://www.pinguicula.org/images/Jan\\_Flisek/Jan%27s\\_2004/Sarracenia\\_purpurea\\_Switzerland\(HR\).jpg](http://www.pinguicula.org/images/Jan_Flisek/Jan%27s_2004/Sarracenia_purpurea_Switzerland(HR).jpg)



*Sarracenia purpurea* (Sarraceniaceae)



# Masožravost

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:P\\_foetida\\_fruit.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:P_foetida_fruit.jpg)



*Passiflora foetida* (Passifloraceae)



# Parazitismus

- souvisí se ztrátou schopnosti růst samostatně
- poloparaziti nebo holoparaziti
- k proniknutí do CS využívají haustoria – metamorfované kořeny
- mezi nahosemennými existuje jediný druh *Parasitaxus ustus*
- u krytosemenných se vyvinul pouze u dvouděložných (*Magnoliopsida* a *Rosopsida*)
  - *Lurales* – *Lauraceae* – *Cassytha*
  - *Malvales* – *Cytinaceae*
  - *Malpighiales* – *Rafflesiaceae*
  - *Santalales* – *Santalaceae*, *Loranthaceae*, *Balanophoraceae*,  
*Misodendraceae*, *Opiliaceae*
  - *Ericales* – *Mitrastemonaceae*
  - *Lamiales* – *Orobanchaceae*
  - *Solanales* – *Cuscutaceae*

# Parazitismus

[http://dendrome.ucdavis.edu/treegenes/species/oracjgg/parasitaxus\\_usta\\_general.jpg](http://dendrome.ucdavis.edu/treegenes/species/oracjgg/parasitaxus_usta_general.jpg)



<http://www.conifers.org/po/pa/parasitaxus1.jpg>



*Parasitaxus ustus* (Podocarpaceae)



# Parazitismus

[http://content2.eol.org/content/2009/07/24/04/21309\\_large.jpg](http://content2.eol.org/content/2009/07/24/04/21309_large.jpg)



*Cassytha filiformis* (Lauraceae)

# Parazitismus



*Cytinus ruber* (Cytinaceae)



# Parazitismus



*Thesium linophyllum* (Santalaceae)



# Parazitismus



*Loranthus europaeus* (Loranthaceae)



# Parazitismus



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2f/Viscum\\_minimum4\\_ies.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2f/Viscum_minimum4_ies.jpg)



<http://www.flickr.com/photos/renealder/5283890444/>

*Viscum minimum* (Santalaceae)



# Hyperparazitismus



*Thesium* sp. & *Cassytha ciliolata*



# Mykotrofní rostliny

- přibližně 95 % druhů rostlin je mykorhizních
- mykorhiza zvyšuje efektivitu příjmu minerálních živin (výměnou za org. C)
- některé druhy parazitací na houbě získávají org. C
- některé nezelené druhy takto získávají všechny org. C potřebný pro růst

# Nezelené rostliny

- neefektivní fotosyntéza
- defekt v enzymatickém aparátu
- nefunkční chlorofyl
- ztráta chloroplastových genů
- ztráta chloroplastů



# Nezelené rostliny

[http://dendrome.ucdavis.edu/treegenes/species/oracjgg/parasitaxus\\_usta\\_general.jpg](http://dendrome.ucdavis.edu/treegenes/species/oracjgg/parasitaxus_usta_general.jpg)



<http://www.conifers.org/po/pa/parasitaxus1.jpg>



- má chloroplasty, ale není schopen fotosyntézy
- není schopen přenosu elektronů
- parazituje prostřednictvím mykorhizy (+někdy na xylému okolních dřevin)

*Parasitaxus ustus* (Podocarpaceae)

# Nezelené rostliny

- rostlina bez chlorofylu
- zcela závislá na mykotrofii



*Monotropa hypopitys*

Ericaceae



# Nezelené rostliny

- má vlastní chlorofyl a funkční fotosyntézu
- přesto je závislá na mykosymbiontovi a částečně od něj získává org. C



*Cephalanthera rubra*

Orchidaceae

# Nezelené rostliny

- v Květeně ČR nesprávně označen za „nezelenou ocelově modrou“ rostlinu
- má vlastní chlorofyl a měřitelnou fotosyntézu (Girlanda *et al.* 2006)
- její intenzita je dokonce nad kompenzačním bodem
- přesto je však závislá na získávání org. C od mykosymbionta



*Limodorum abortivum*

Orchidaceae



# Nezelené rostliny

- nezelená rostlina příbuzná bradáčkům a okroticím
- zcela závislá na přísunu živin od mykosymbiota
- nemá průduchy
- obsahuje chlorofyl v neaktivní formě
- chlorofyl lze zviditelnit nahřátím



*Neottia nidus-avis*  
Orchidaceae

# Nezelené rostliny

před



po



*Neottia nidus-avis*  
Orchidaceae



# Ostnitost

- trny mohou být odvozeny od listu, palistu, stonku, či kořene
- sklerenchymatická výztuž je energeticky náročná
- má význam tam, kde by ztráta biomasy okusem herbivorů byla závažná

# Ostnitost



*Rosa micrantha* (Rosaceae)



# Ostnitost



*Astragalus spinosus* (Fabaceae)

# Ostnitost



*Robinia pseudacacia* (Fabaceae)



# Ostnitost



*Prunus spinosa* (Rosaceae)

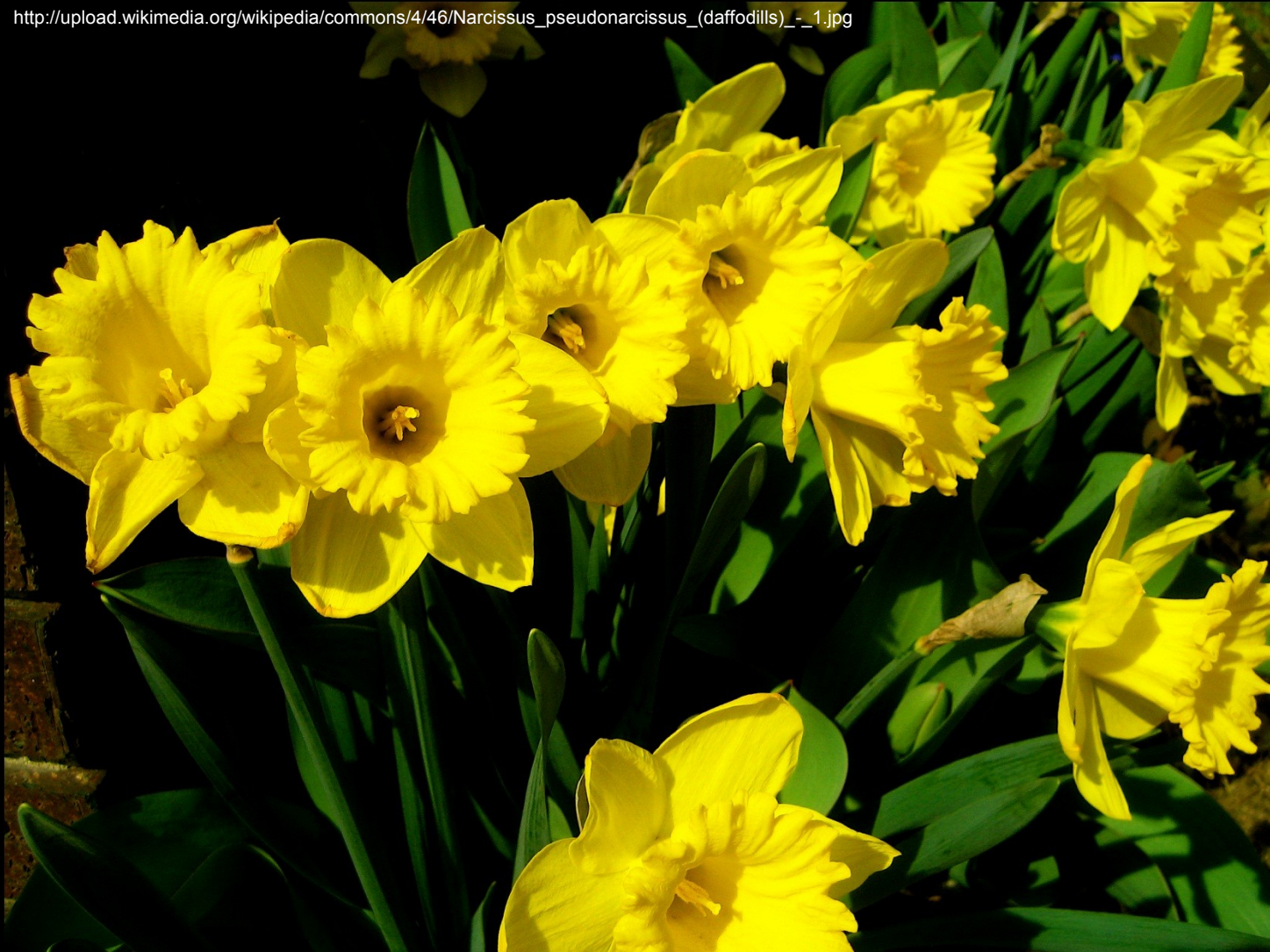
# Jedovatost, odpudivost

- alternativa či doplněk k ostnitosti
- má smysl tam, kde samotná ostnitost nestačí, případně se nevyplatí kvůli krátké vegetační sezóně
- zejména v suchých biotopech
- většina geofytů je jedovatých



# Jedovatost

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/Narcissus\\_pseudonarcissus\\_\(daffodills\)\\_-\\_1.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/Narcissus_pseudonarcissus_(daffodills)_-_1.jpg)



*Narcissus pseudonarcissus* (Amaryllidaceae)



# Odpudivost



*Allium ursinum* (Alliaceae)



# Odpudivost



*Salvia officinalis* (Lamiaceae)

# Sklápění listů

- ochrana fotosyntetických orgánů proti poškození větrem či herbivory
- *Fabaceae, Oxalidaceae*



# Sklápění listů

<http://pieknyogrod.cba.pl/wp-content/uploads/2010/06/mimosa-pudica.jpg>



*Mimosa pudica* (Fabaceae, Mimosoideae)

# Sklápění listů



*Oxalis triangularis* (Oxalidaceae)



# List jako teploměr

- okraj listu souvisí s teplotou, kdy se druh vyvinul
- podíl hladkých a zubatých listů stromů ukazuje teplotu v době existence vegetace
- zákonitost objevil r. 1978 geolog Jack Wolfe
- ověřena zkoumáním izotopů kyslíku v mořských sedimentech

# List jako teploměr

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Southern\\_Magnolia\\_Leaf\\_Cluster\\_3008px.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Southern_Magnolia_Leaf_Cluster_3008px.jpg)



*Magnolia grandiflora*  
Magnoliaceae



*Quercus pubescens*  
Fagaceae



*Ginkgo biloba*  
Ginkgoaceae

<http://photo1132/foto/theo2.jpg>



*Phoenix theophrasti*  
Arecaceae

*Cotinus coggygria*  
Anacardiaceae





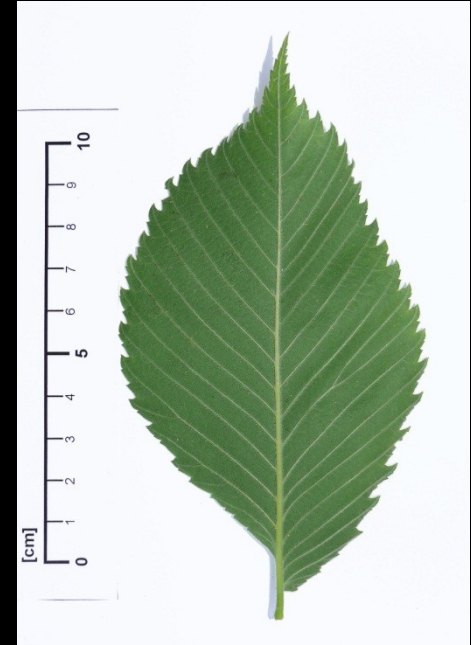
# List jako teploměr



*Castanea sativa*  
Fagaceae



*Carpinus betulus*  
Betulaceae



*Ulmus laevis*  
Ulmaceae



*Fraxinus excelsior*  
Oleaceae

# List jako teploměr

