

# **Evoluční morfologie rostlin**

## **Příběh stonku**

**evoluce, funkce, stavba, adaptace**

**Pavel Veselý**

# Funkce stonku

- nese asimilační orgány a květy
- v mládí fotosyntetizuje
- **rozvádí vodu s minerály a asimiláty**
- zásobní funkce
- metamorfózy

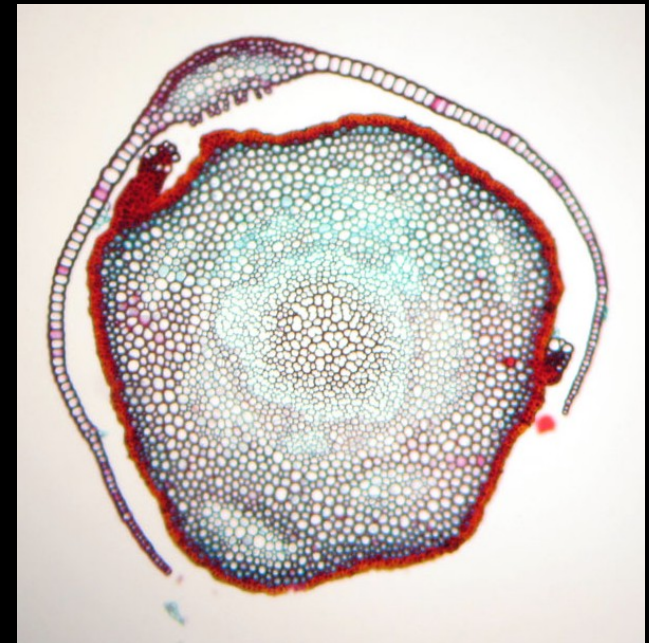
# Evolve vodivé funkce

- Mechorosty:

- příjem vody a živin celým povrchem  
(vodivá pletiva netřeba, nemají kutikulu, nebo jen tenkou)

- specializovaná pletiva –  
hydroidy

- vodivé elementy podobné tracheidám,  
ale bez sekundární BS z ligninu
    - jsou patrně homologní xylému  
cévnatých rostlin – jsou regulovány  
stejnou skupinou transkripčních faktorů



*Polytrichum* sp., řez rostlinkou

# Evoluce vodivé funkce

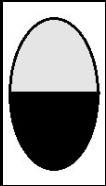
- Cévnaté rostliny:
  - protracheofyty: *Aglaophyton*, *Horneophyton*  
(vodivá pletiva ještě bez ligninu, tj. bez sekundární BS, ale morfologie podobná pokročilejším)
  - xylém s lignifikovanými tracheidami
    - homoxylické dřevo
  - Vznik cév – krytosemenné, liánovce (nezávisle)
    - heteroxylické dřevo



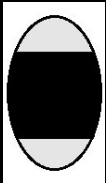
# Cévní svazky

- úplné – obsahují část dřevní i lýkovou
- neúplné
  - dřevní – na koncích rozvětvené žilnatiny listů
  - lýkové – často v zásobních orgánech
- uzavřené – neobsahují kambium, druhotně netloustnou
- otevřené – obsahují kambium, druhotně mohou tloustnout

# Cévní svazky úplné

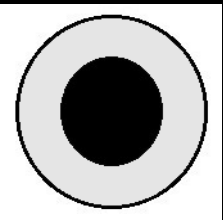


**kolaterální** — přesličky, nahosemenné, krytosemenné (arthrostélé, eustélé, ataktostélé), CS otevřené i uzavřené

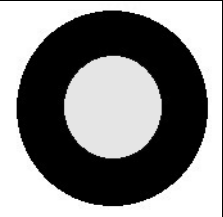


**bikolaterální** — *Cucurbitales*, *Solanales*, *Asclepiadaceae*, *Campanulaceae*, *Myrtaceae*, *Polygonaceae* (eustélé), CS otevřené, vznik z kolaterálního a neúplného lýkového CS

## koncentrické



**dřevostředný** — u kapradin (protostélé, polystélé), odvozený typ u plavuní (plektostélé), CS uzavřené



**lýkostředný** — u jednoděložných v zásobních orgánech (oddenky, stonkové hlízy) nebo při atypickém tloušťnutí stonku jednoděložných rostlin, CS uzavřené



**radiální** — v kořenech nahosemenných a krytosemenných, ve stonku fosilních rostlin: *Asteroxylon* – Zosterophyllophyta  
recentně: *Psilotum* – Psilophyta (aktinostélé), CS otevřené i uzavřené





# Cévní svazky typické

[http://kfrserver.natur.cuni.cz/lide/zelen/U3V\\_fr/prezentace/dreviny.pdf](http://kfrserver.natur.cuni.cz/lide/zelen/U3V_fr/prezentace/dreviny.pdf)



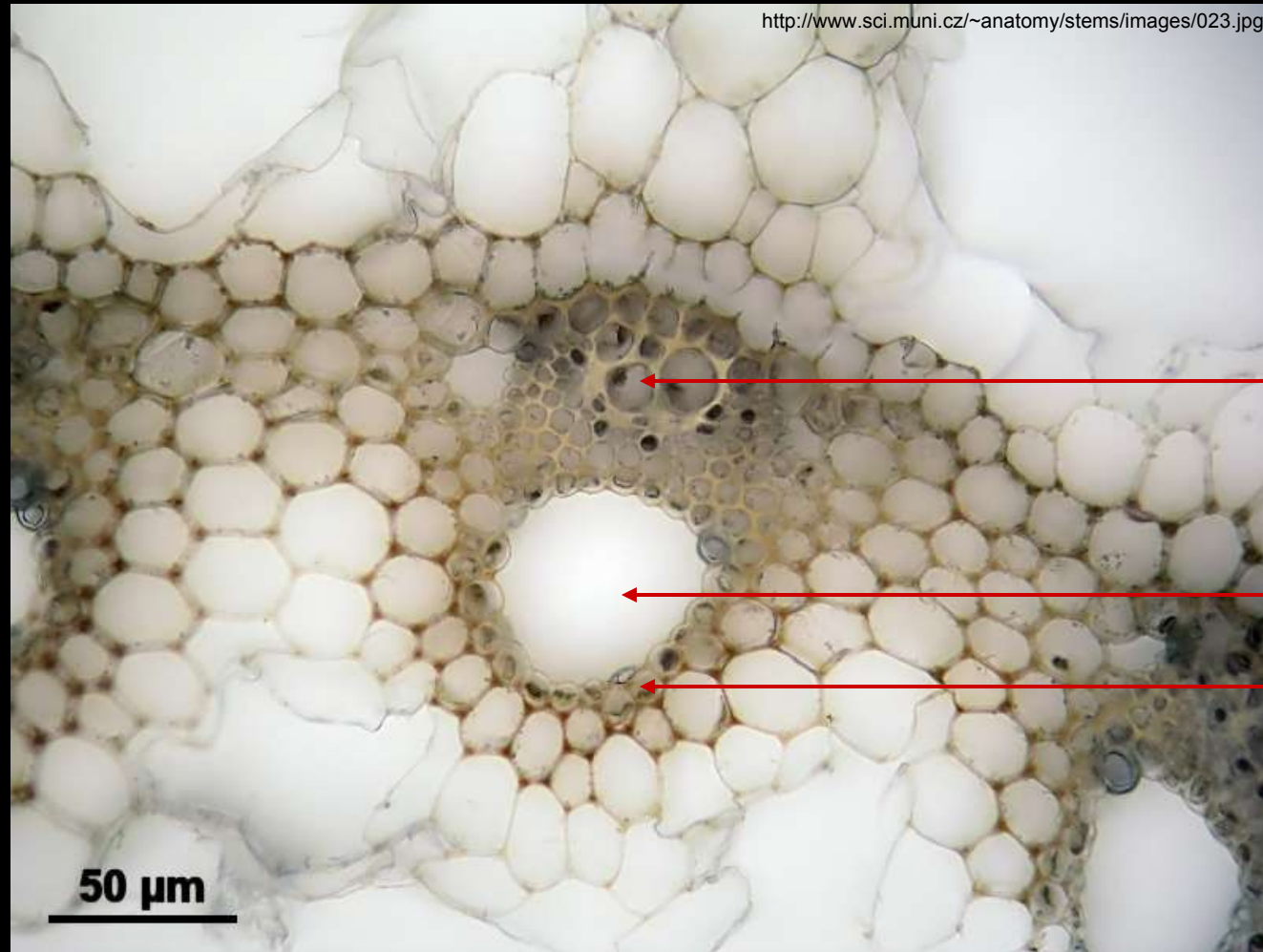
floém

xylém  
(homoxylický)

tracheidy

*Ginkgo biloba*, Ginkgoaceae

# Cévní svazky atypické



floém

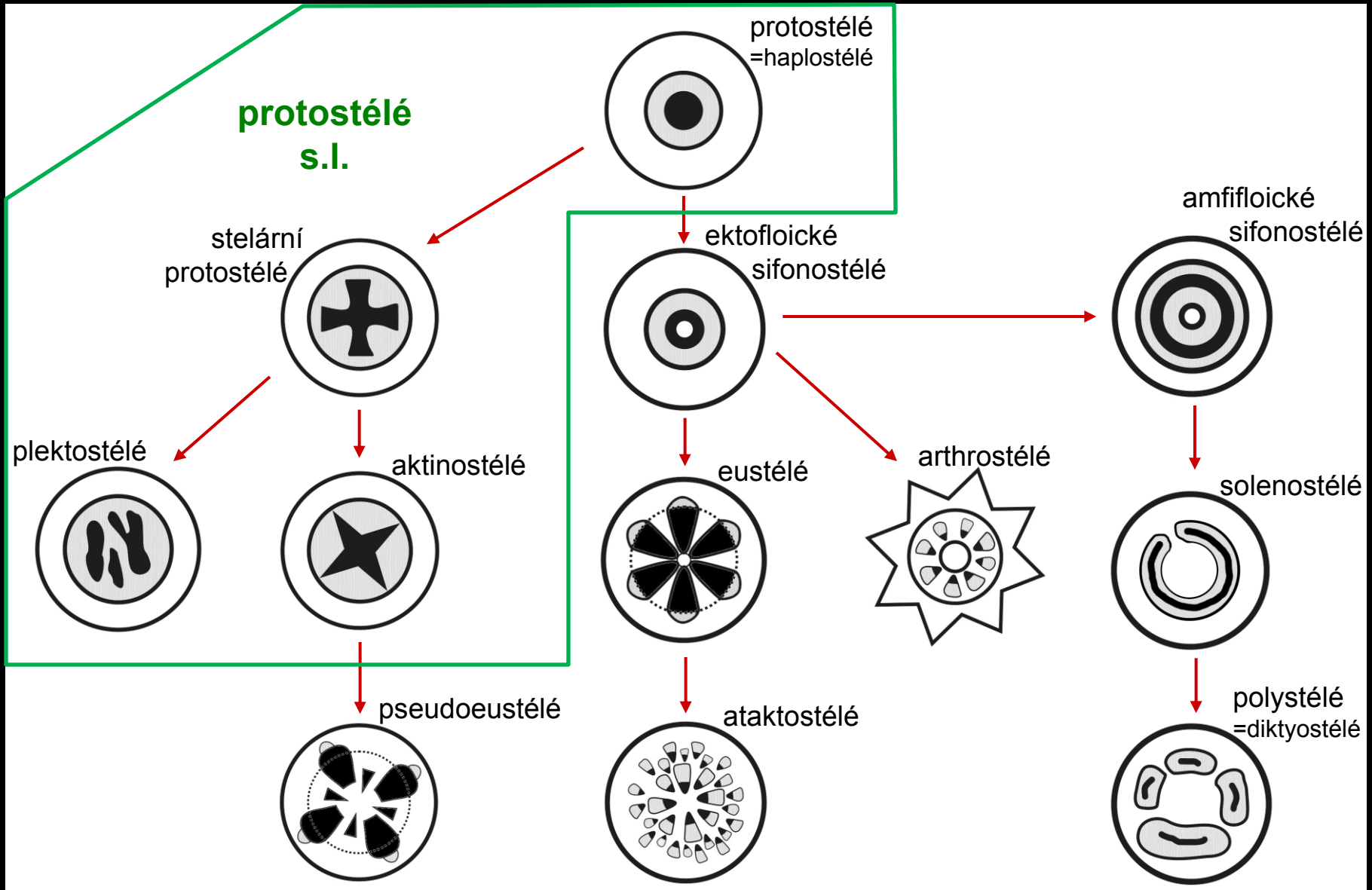
lakuna

tracheidy

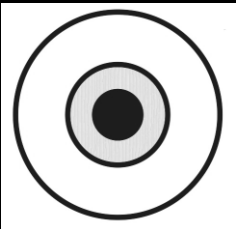
*Equisetum arvense*, Equisetophyta



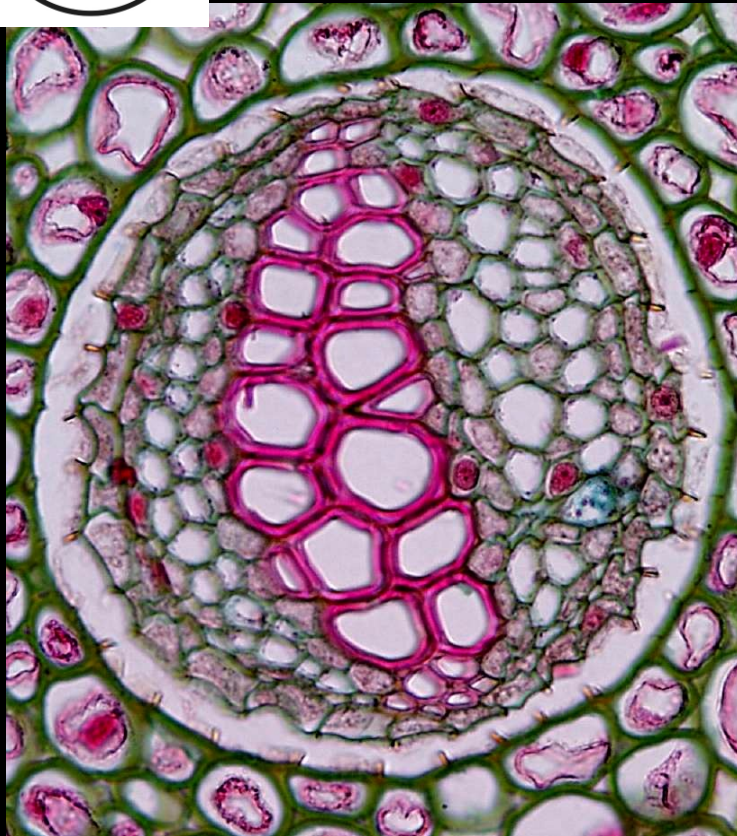
# Typy stélé



# Typy stélé



protostélé

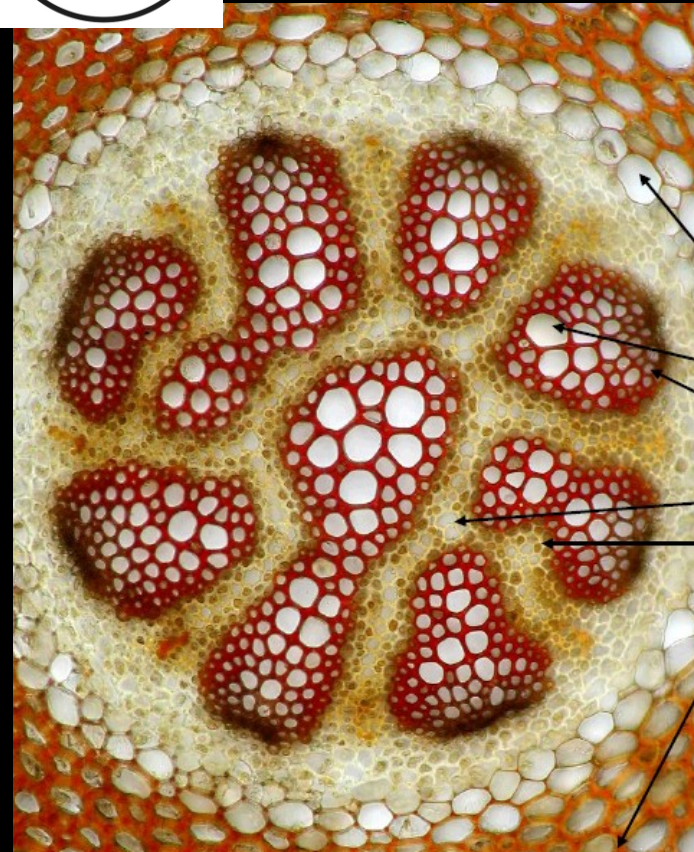


[http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie\\_stonek1.ppt](http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie_stonek1.ppt)

*Pteridium aquilinum*



plektoleste

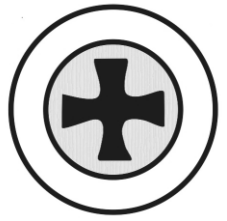


<http://botany.upol.cz/atlas/anatomie/>

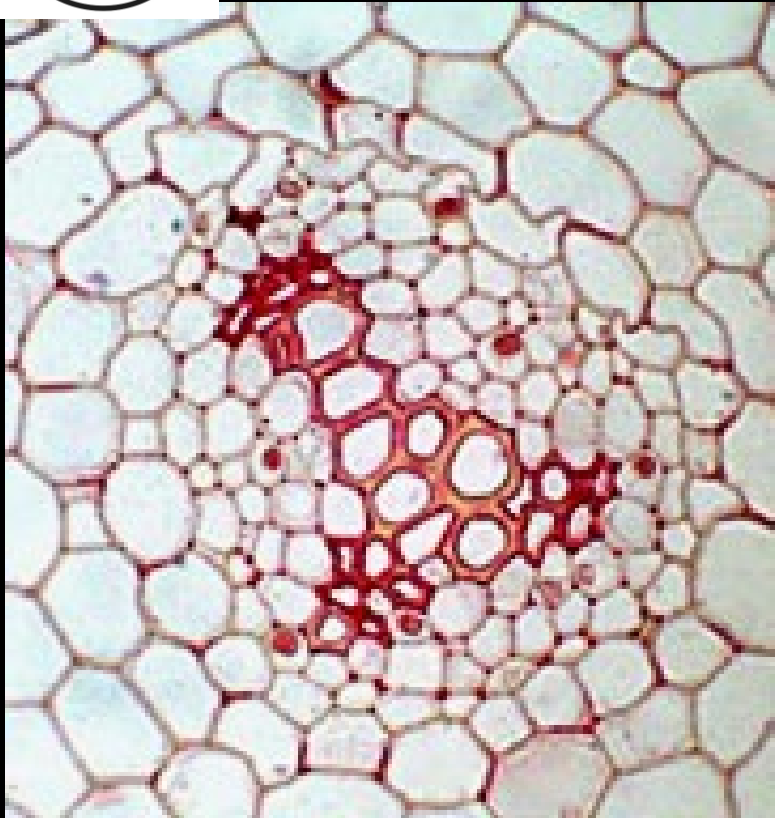
*Lycopodium clavatum*



# Typy stélé

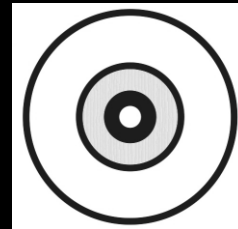


stelární protostélé

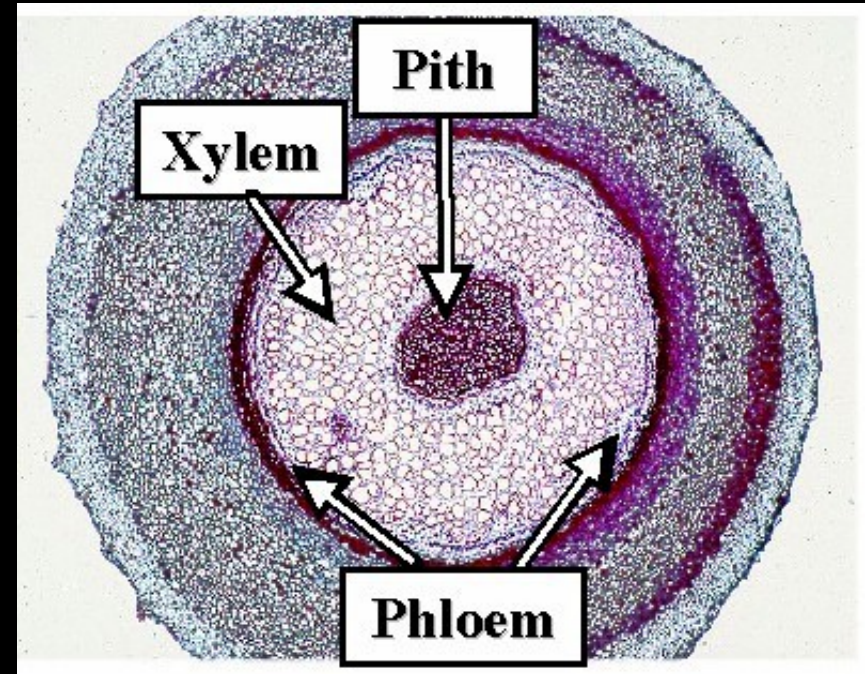


[http://digicoll.library.wisc.edu/Science/data/images/GenBot/GroupDa25\\_28/reference/26-1.12r.jpg](http://digicoll.library.wisc.edu/Science/data/images/GenBot/GroupDa25_28/reference/26-1.12r.jpg)

*Psilotum nudum*



ektofloické sifonostélé



<http://www.botany.hawaii.edu/faculty/webb/bot201/rootstemstela/EctophloicSSLab.jpg>

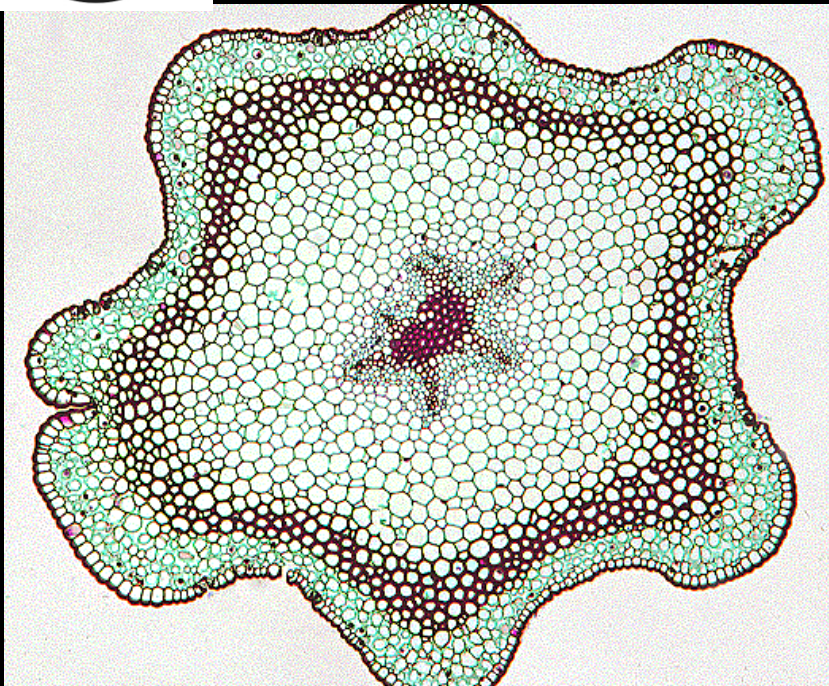
*Osmunda regalis*



# Typy stélé

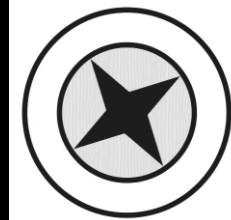


aktinostélé

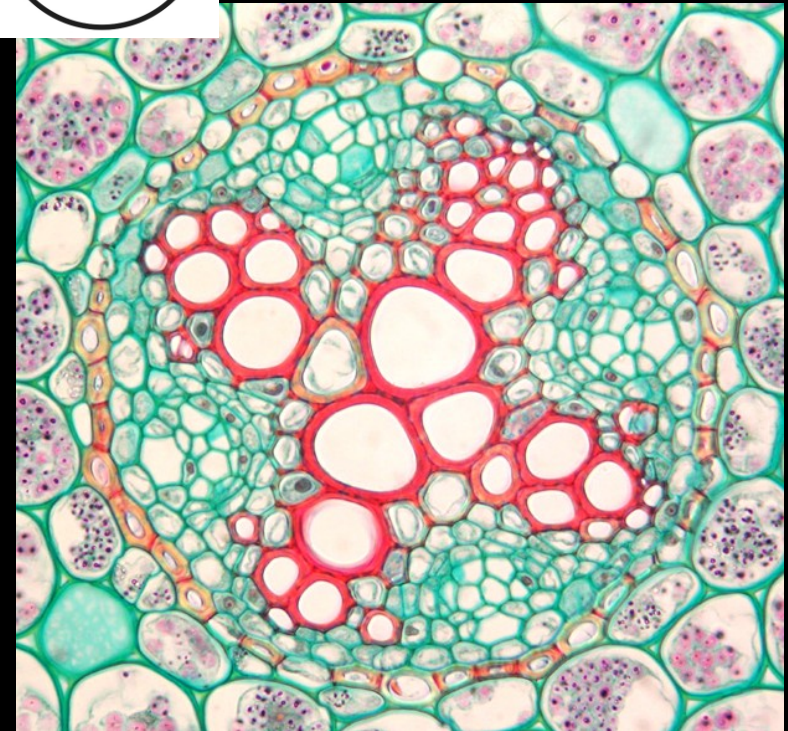


[http://www.uri.edu/cels/bio/plant\\_anatomy/images/79.gif](http://www.uri.edu/cels/bio/plant_anatomy/images/79.gif)

*Psilotum nudum*



aktinostélé

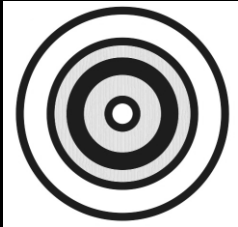


[http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie\\_stonek1.ppt](http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie_stonek1.ppt)

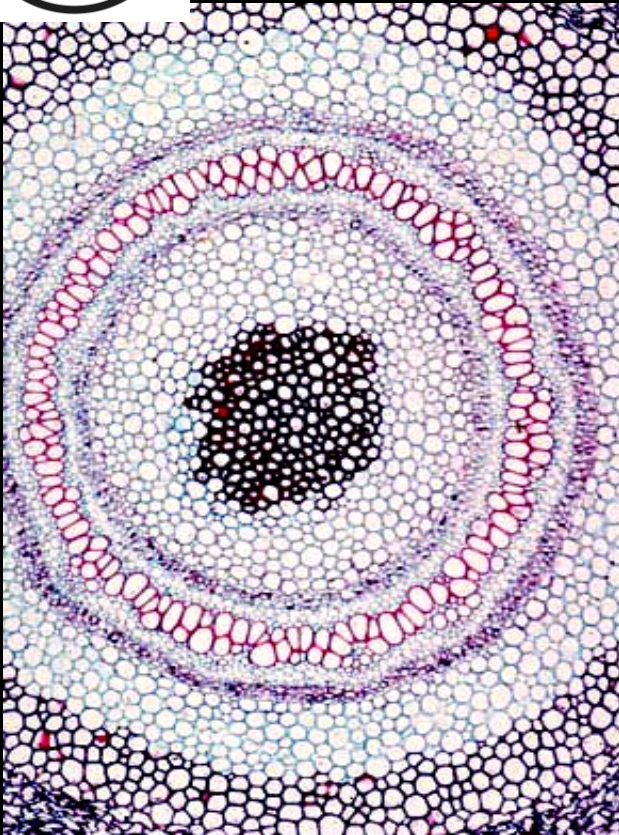
*Ranunculus* sp.



# Typy stélé

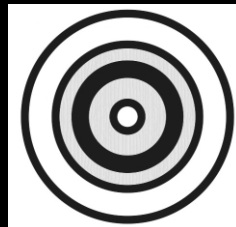


amfifloické  
sifonostélé

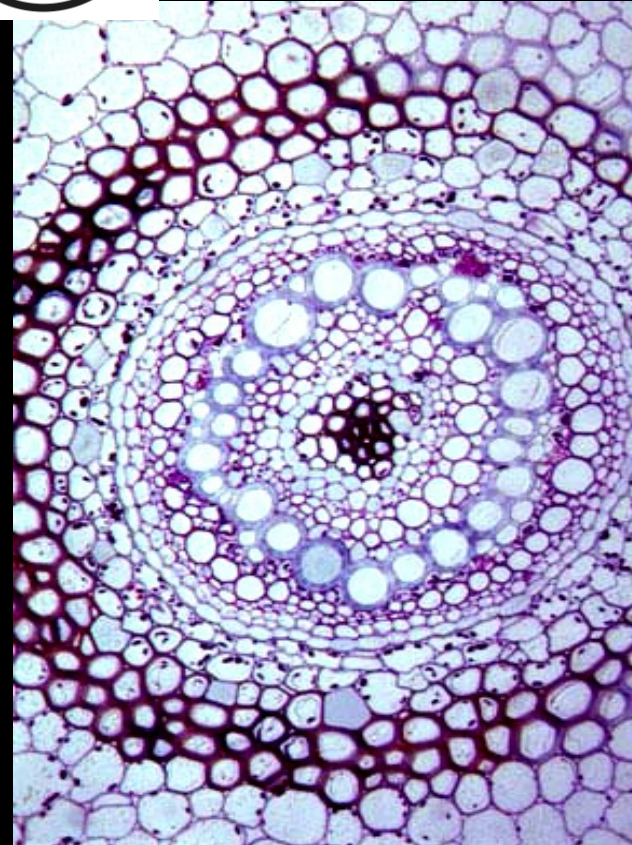


[http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie\\_stonek1.ppt](http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie_stonek1.ppt)

*Adiantum* sp.



amfifloické  
sifonostélé

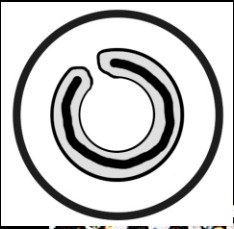


[http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie\\_stonek1.ppt](http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie_stonek1.ppt)

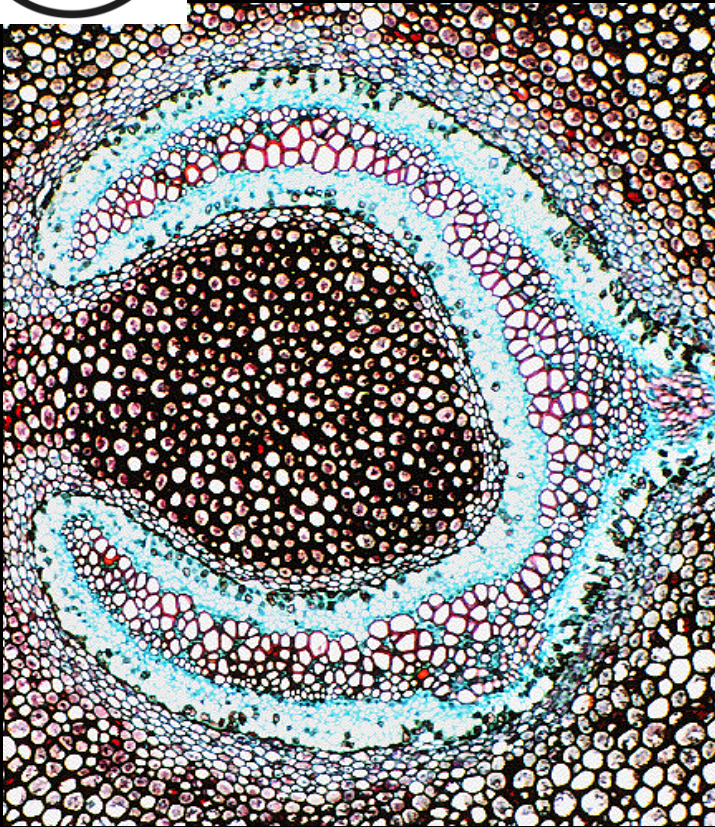
*Marsilea quadrifolia*



# Typy stélé



solenostélé



[http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie\\_stonek1.ppt](http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie_stonek1.ppt)

*Adiantum* sp.



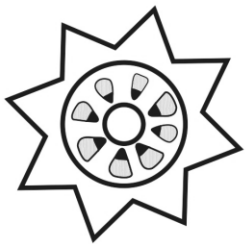
polystélé (=diktyostélé)



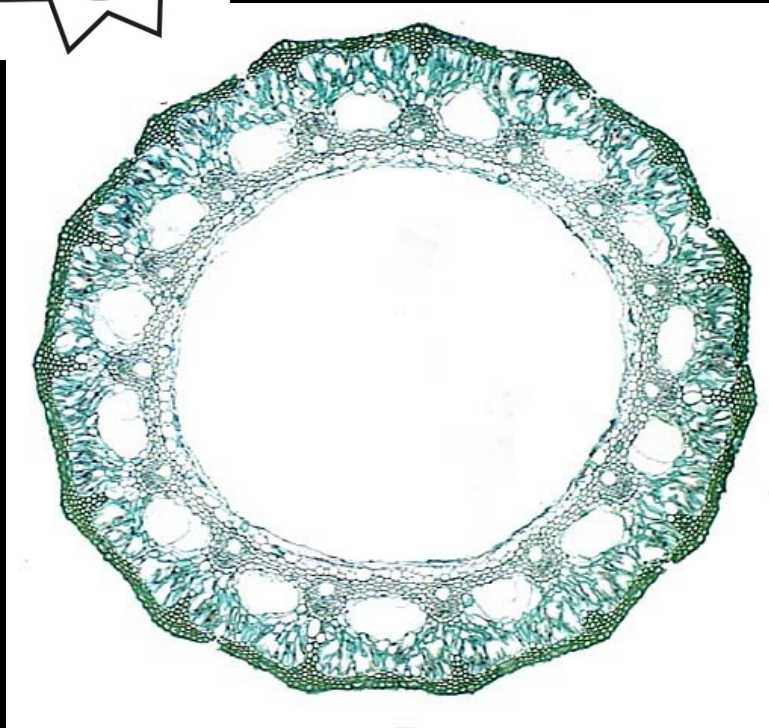
[http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie\\_stonek1.ppt](http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie_stonek1.ppt)

*Polypodium vulgare*

# Typy stélé

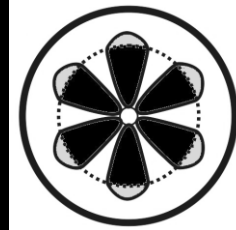


arthrostélé

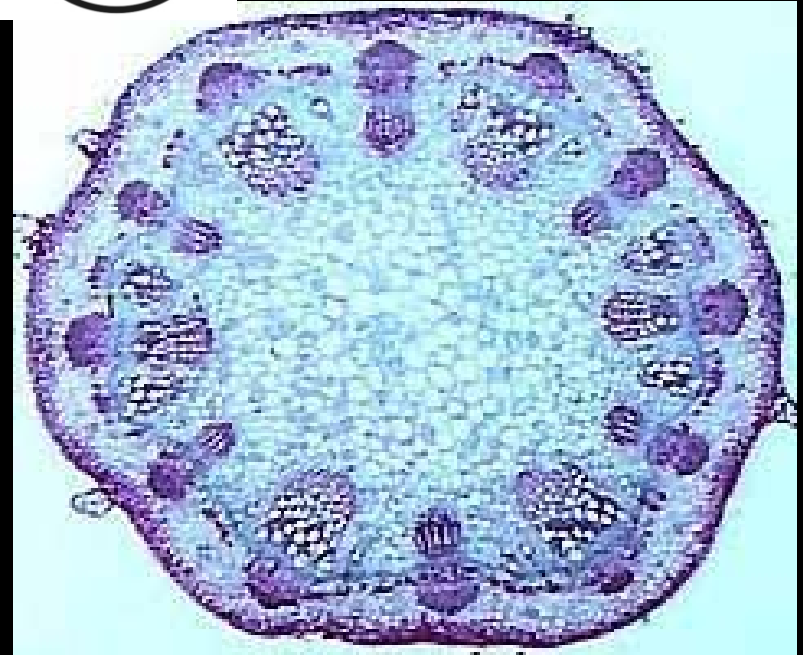


[http://botit.botany.wisc.edu/images/130/Fern\\_Allies/Sphenophyta/Equisetum/Stem\\_Cross\\_Section\\_MC\\_.jpg](http://botit.botany.wisc.edu/images/130/Fern_Allies/Sphenophyta/Equisetum/Stem_Cross_Section_MC_.jpg)

*Equisetum* sp.



eustélé

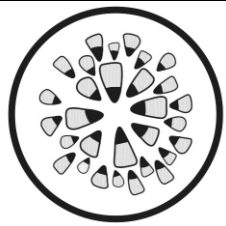


<http://www.ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/Ana/AnaP/Ana9l.jpeg>

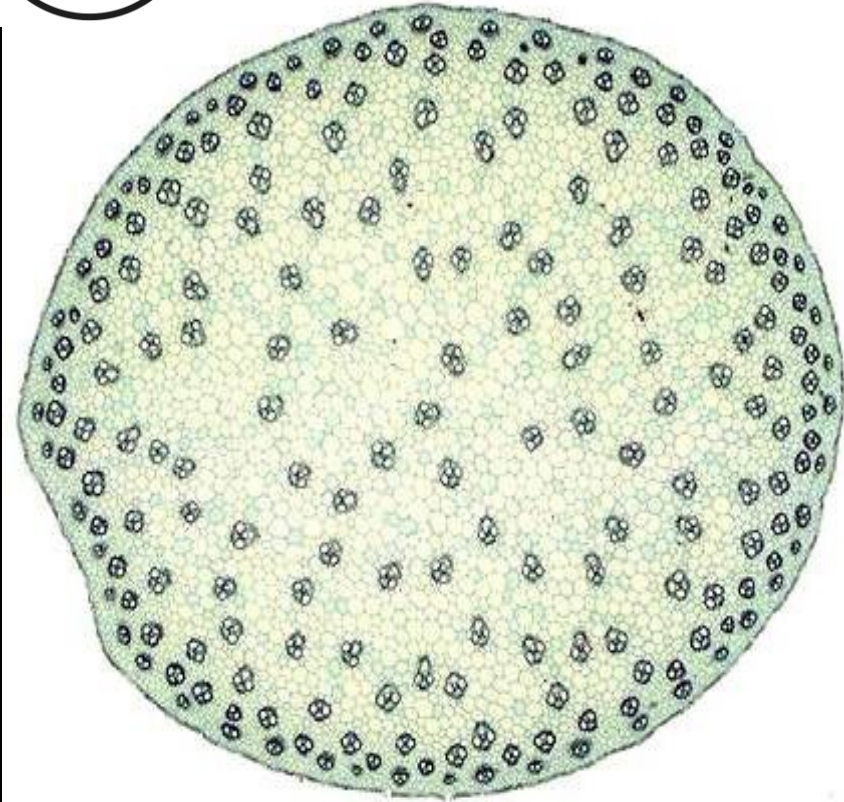
*Helianthus* sp.



# Typy stéle

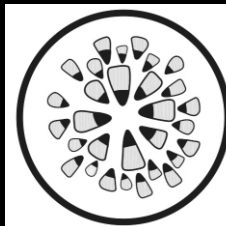


ataktostélé

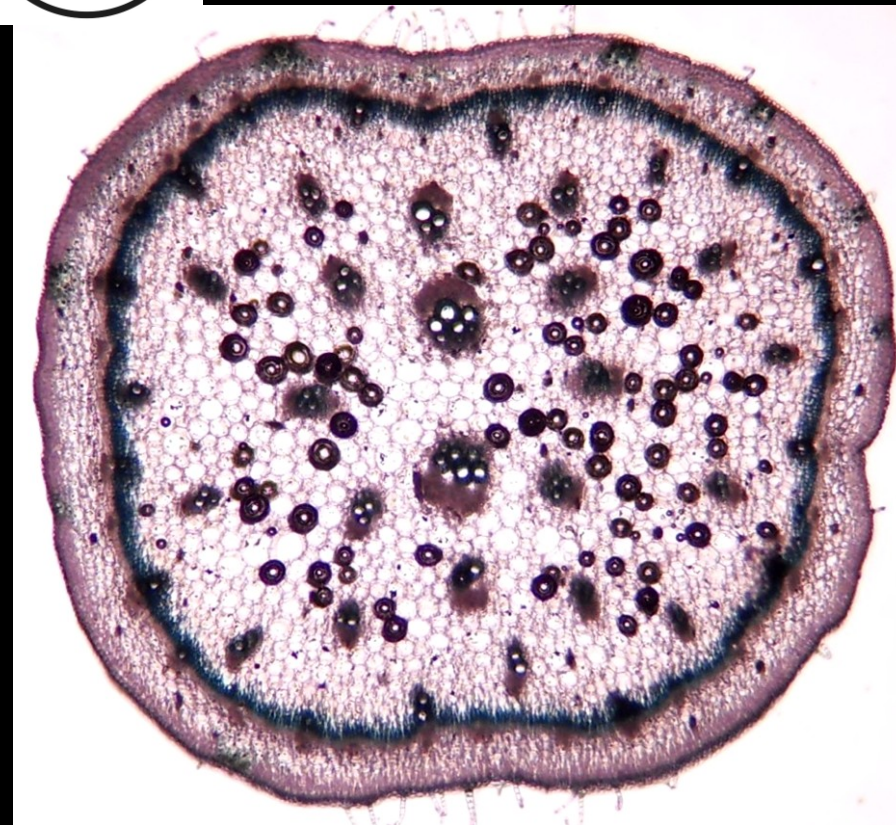


[http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie\\_stonek1.ppt](http://botanika.bf.jcu.cz/materials/morfologie/anatomie_stonek1.ppt)

*Zea mays*



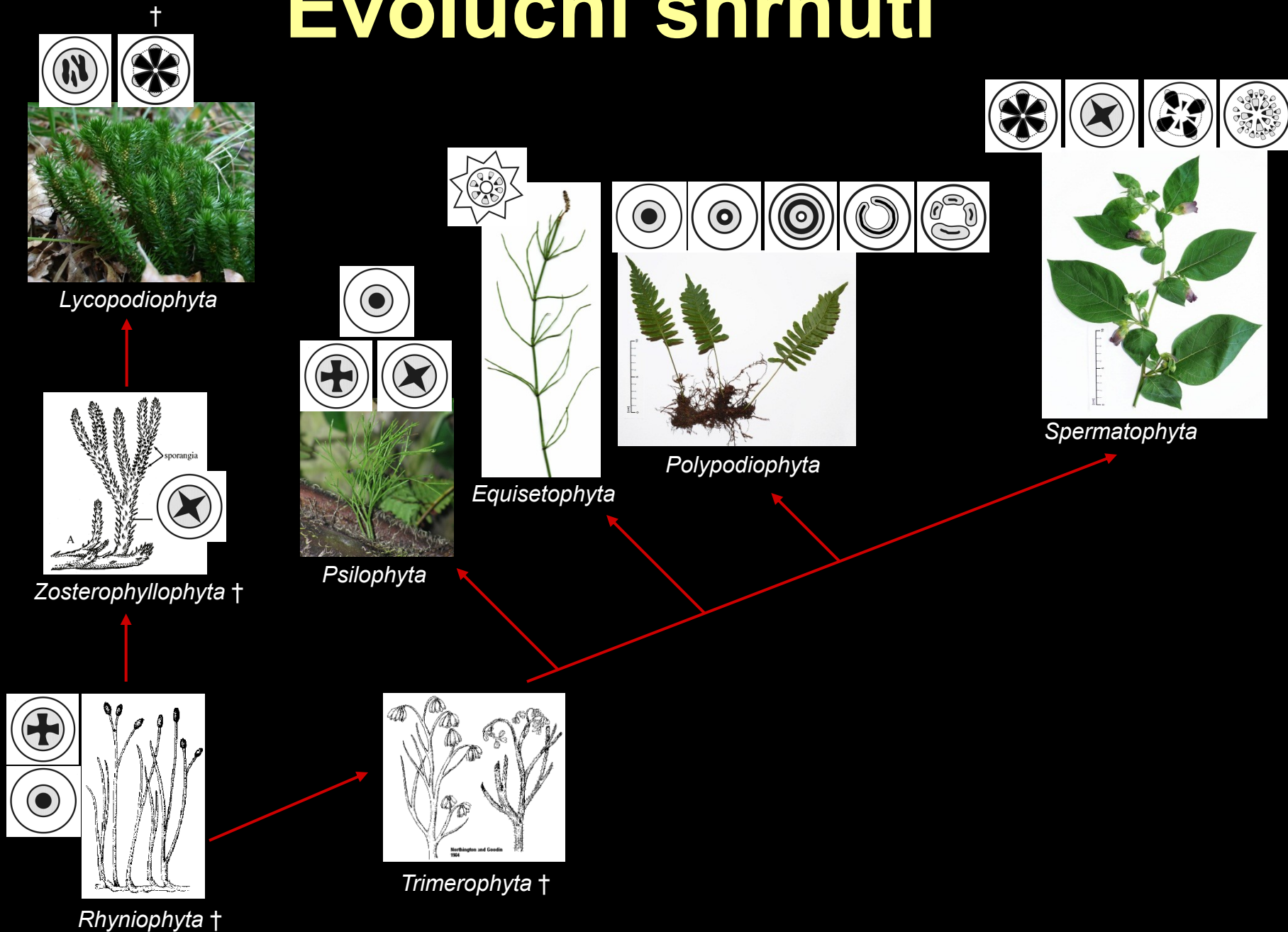
ataktostélé



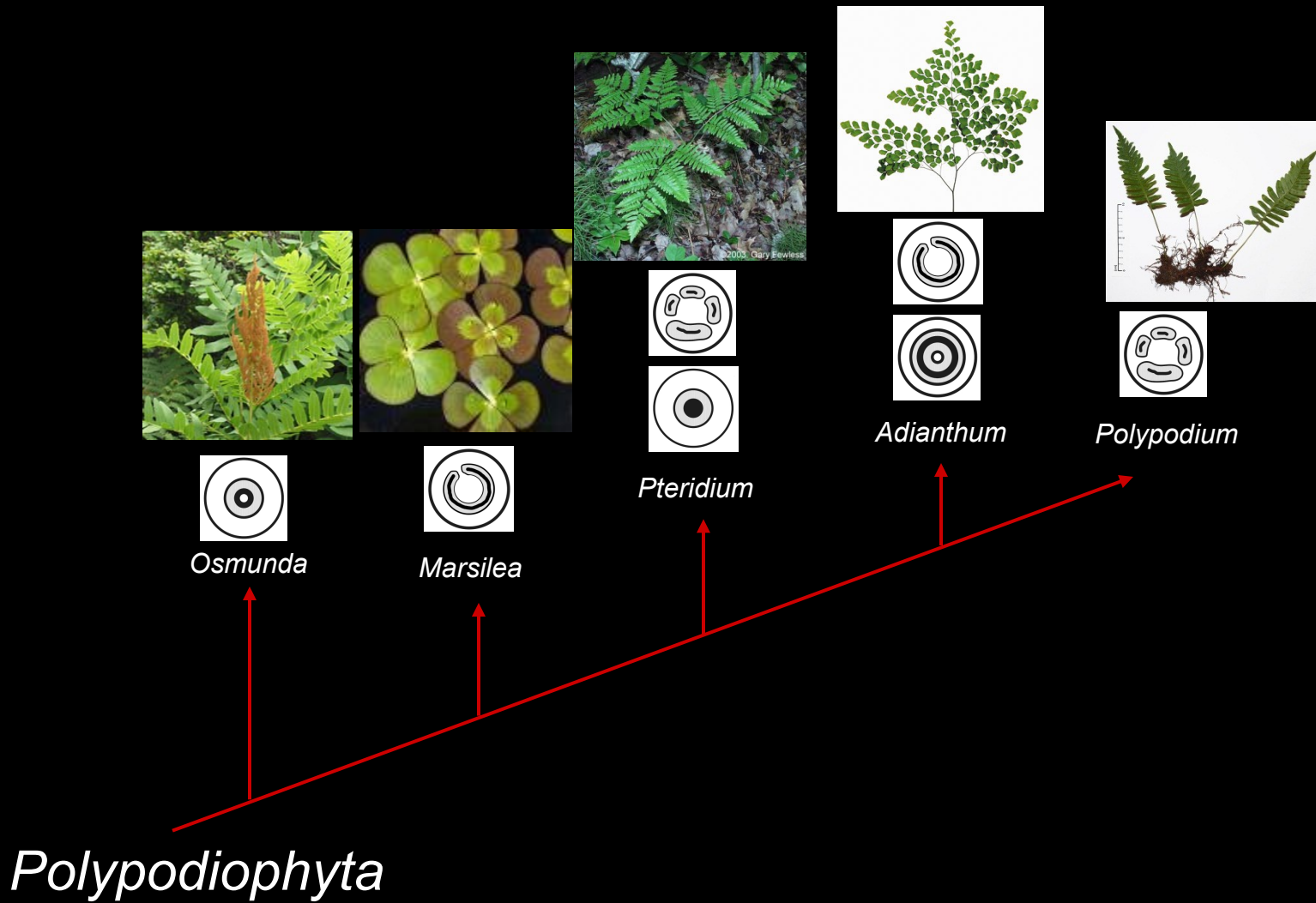
[http://www.tramil.net/fototeca/images/Mirabilis\\_jalapa\\_TigeX40\\_IB.jpg](http://www.tramil.net/fototeca/images/Mirabilis_jalapa_TigeX40_IB.jpg)

*Mirabilis jalapa*

# Evoluční shrnutí



# Evoluční shrnutí





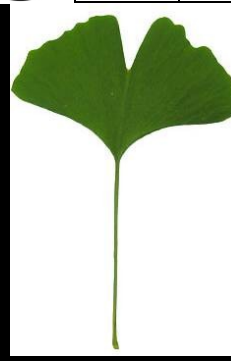
# Evoluční shrnutí



*Magnoliophyta*  
krytosemenné



*Cycadophyta*  
cykasy



*Ginkgophyta*  
jinany



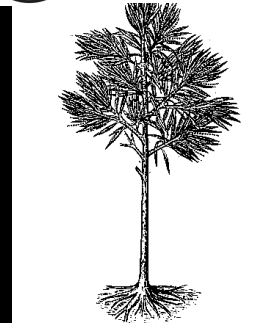
*Gnetophyta*  
liánovce



*Polypodiophyta*  
kapradiny



*Pteridospermophyta*  
kaprad'osemenné †



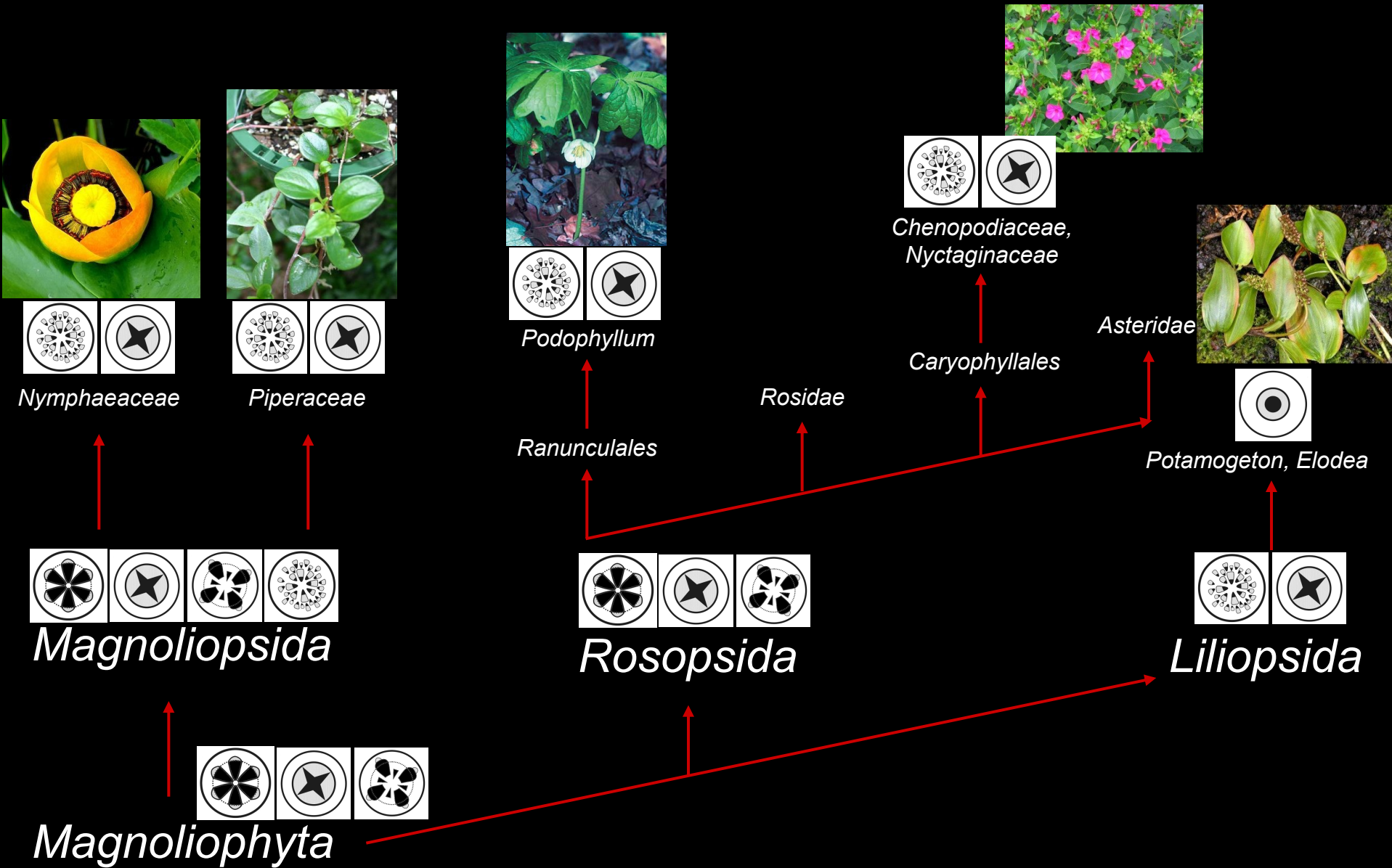
*Cordaitophyta*  
kordaity †



*Pinophyta*  
jehličnany



# Evoluční shrnutí

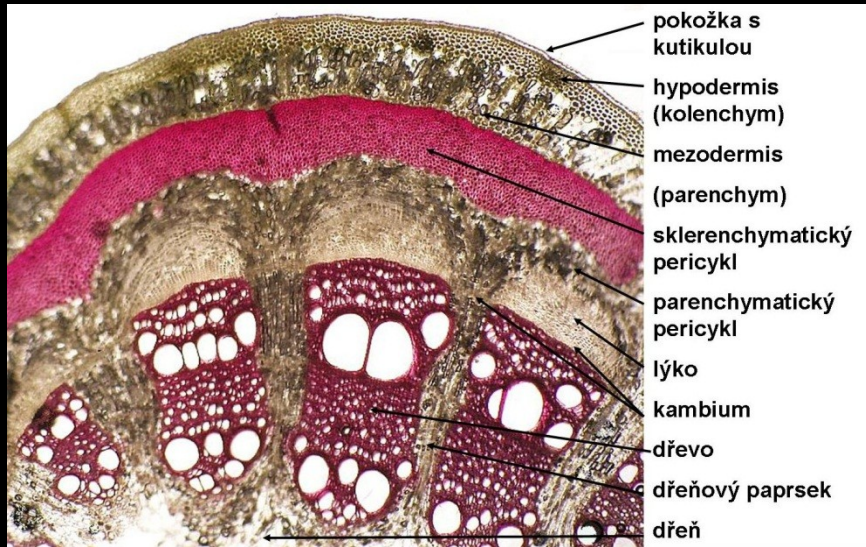


# Tloustnutí stonku

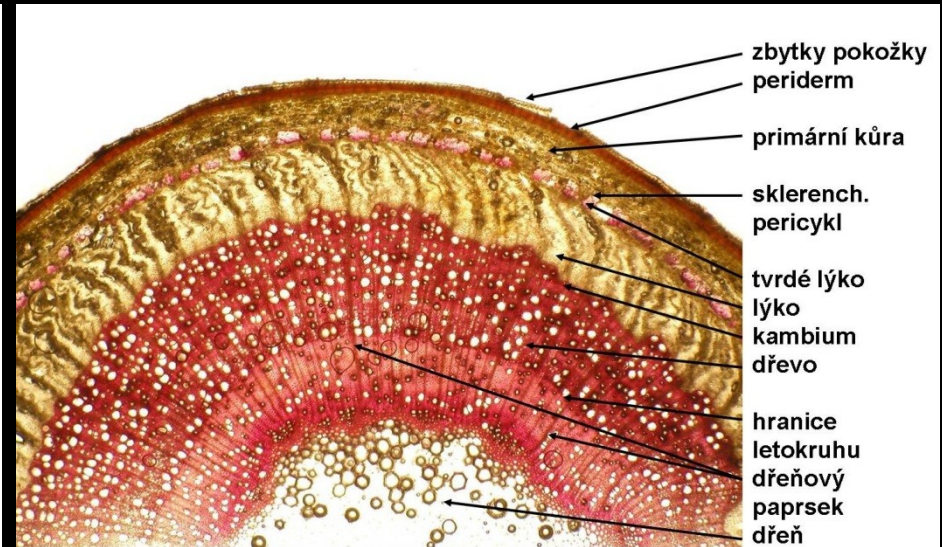




# Sekundární tloustnutí



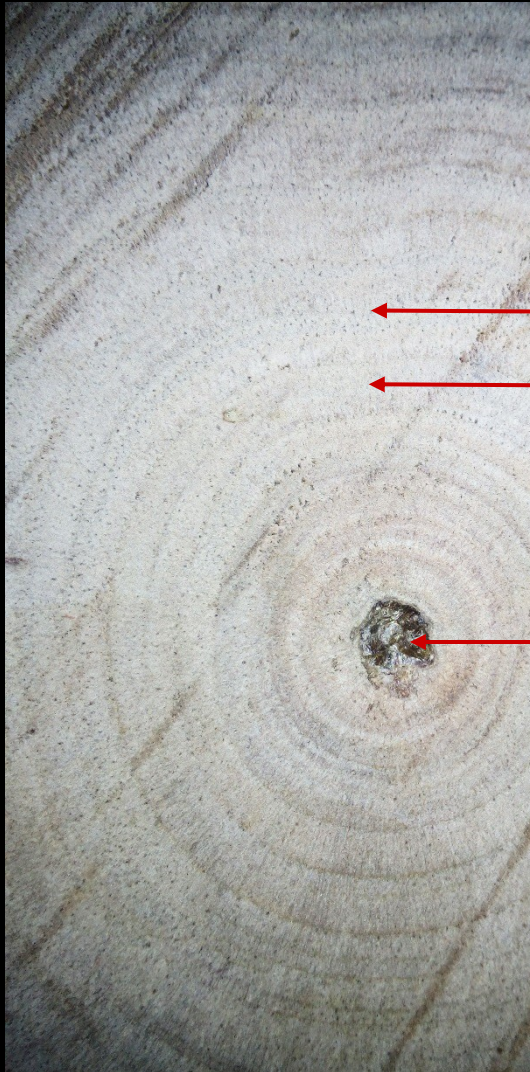
*Aristolochia durior*, dvouletý stoněk



*Prunus domestica*, dvouletá větvíčka

- Nahosemenné a dvouděložné rostliny, které mají eustélé, mohou tloustnout činností kambia (fascikulárního a interfascikulárního) a felogénu

# Sekundární tloušťnutí



← xylém, letní přírůstek

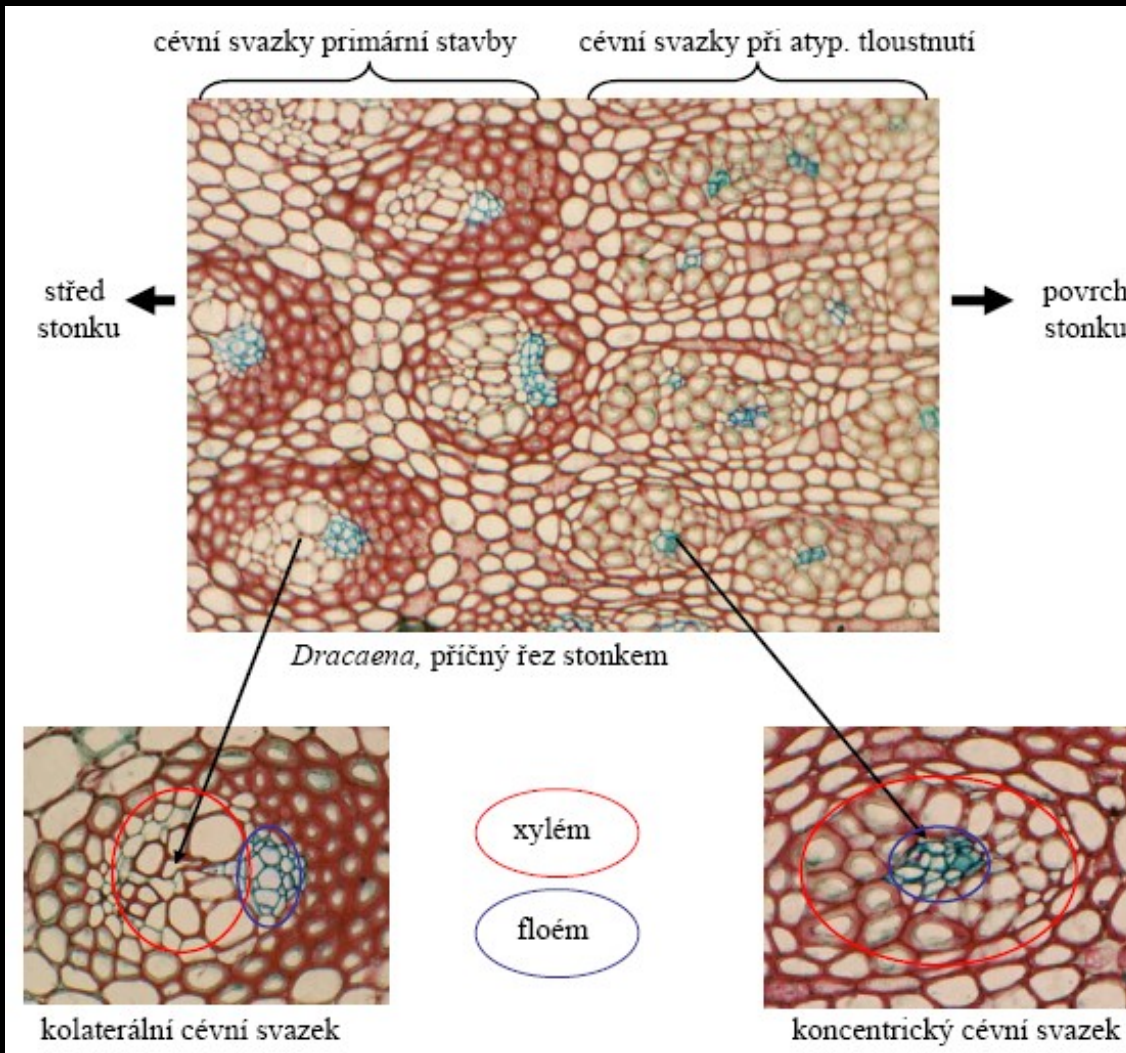
← xylém, jarní přírůstek

← dřeň

*Juglans regia*, řez kmenem

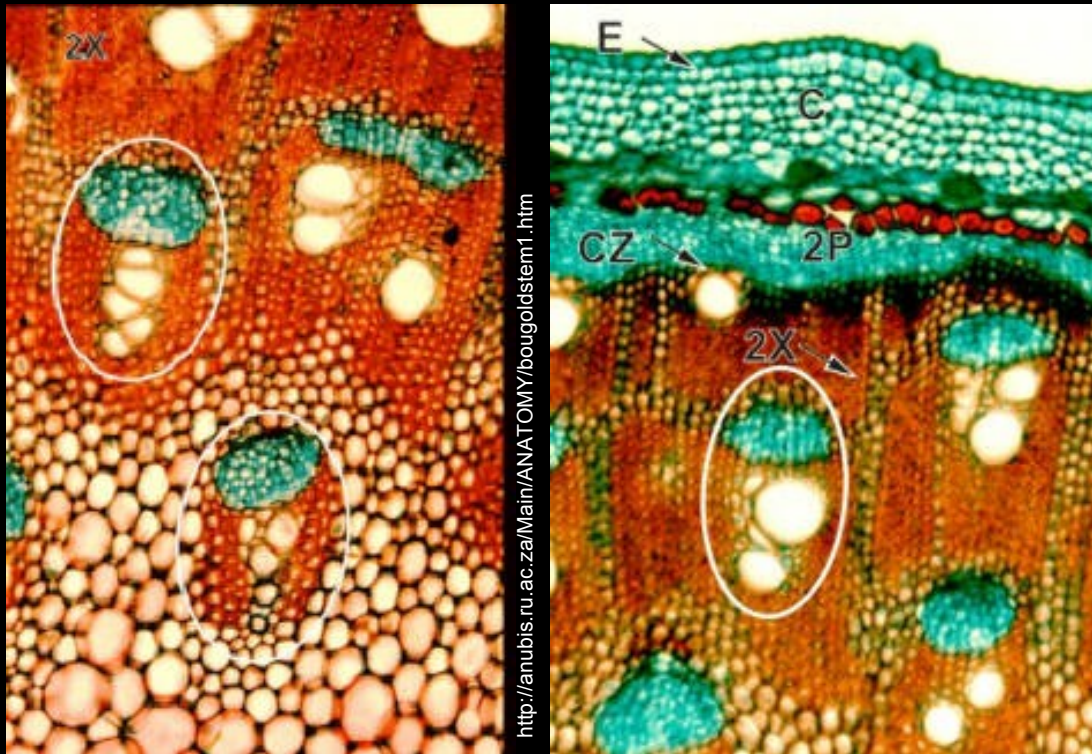


# Dracénové tloustnutí



- primární stavba stonku jednoděložných je ataktostélé
- činností meristému na povrchu stélé se vytváří parenchym s novými CS
- nově založené CS jsou koncentrické, lýkostředné

# Caryophyllidové tloustnutí



- podobně jako u jednoděložných se zakládají na okraji stéle další cévní svazky
- ty jsou však také kolaterální

*Bougainvillea spectabilis*  
(Nyctaginaceae)



# Řez kořenem řepy

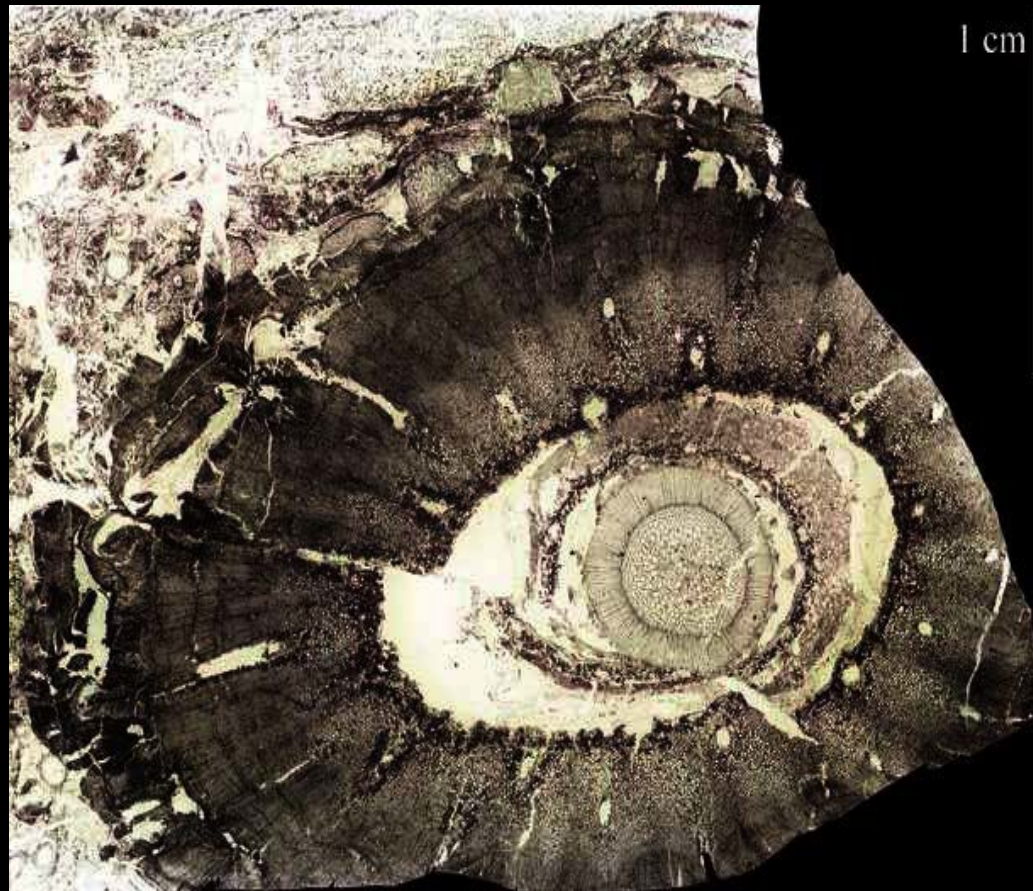


Foto: Šárka Špáníková

*Beta vulgaris* (Amaranthaceae)



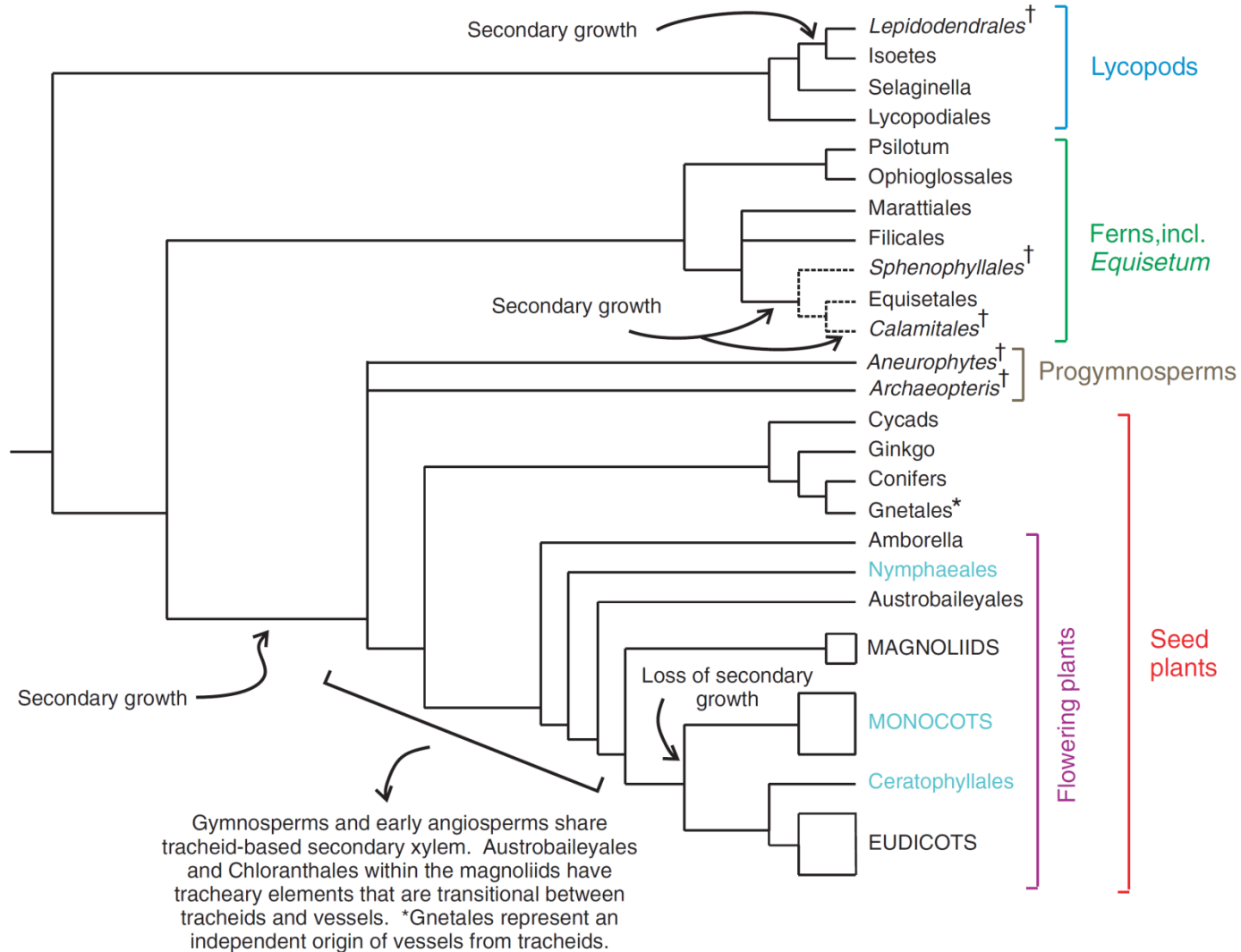
# Tloustnutí lepidodendronu



- Krátkověké monokarpické „stromy“ (10–20 let)
- Duté kmeny
- Jednostranné kambium
- Produkce xylému dovnitř
- Pevnost dodával nepropustný vnější periderm
- Absence floému



# Sek. tloustnutí v evoluci



<sup>†</sup> Extinct taxa  
 Exclusively nonwoody seed plants

# Parenchym ve dřevě

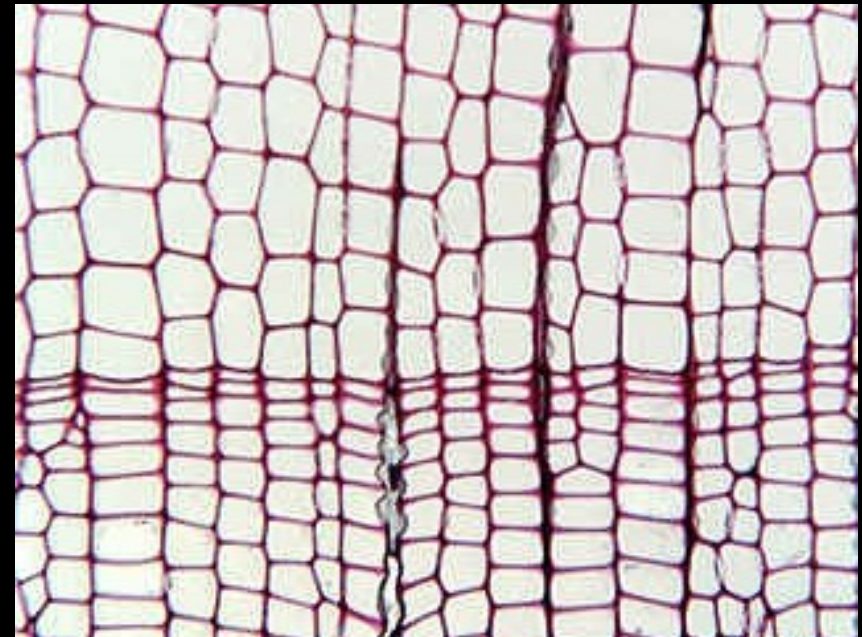
- Podle množství parenchymu v xylému (dřeňové paprsky)
- **Manoxylické dřevo** – četné paprsky parenchymu
  - dřevo řídké, malá pevnost/tuhost (např. neunese dlouhé větve)
  - obsahuje vyšší množství vody
  - nízká až žádná odolnost k mrazu
  - původní typ
  - cykasy, kaprad'osemenné, některé tropické dřeviny
- **Pyknoxylické dřevo** – parenchym jen omezeně
  - dřevo hustější, vyšší pevnost
  - k mrazu potenciálně odolné
  - odvozený typ, opakovaný vznik
  - dřeviny temperátní zóny, některé tropické

# Parenchym ve dřevě

<http://www.sbs.utexas.edu/mauseth/weblab/webchap15wood/15.2-8.htm>



manoxylické  
(*Zamia* sp.)



pyknoxylické  
(*Pinophyta*)

dřevo

# Uspořádání listů

- bývá důležitým taxonomickým znakem
  - **nepravidelné** (*Lycopodium, Huperzia*)
- 
- **střídavé** (*Rosaceae, Fabaceae, ...*)
  - **vstřícné/křížmostojné**  
(*Oleaceae, Lamiaceae, Acer, Euonymus, ...*)
  - **přeslenité**  
(*Equisetum, Paris, Lilium, Anemone, ...*)
  - **listová růžice** (*Bellis perennis, Rumex acetosella, ...*)

# Uspořádání listů

- Uspořádání je určeno růstem meristému (větší meristém u vstřícných)
- Regulace několika geny (komplementarita a redundance)
- Experimentálně sledováno na mutantech kukuřice, huseníčku a tykve





# Uspořádání listů



Mutantní kopřiva  
*Urtica dioica*

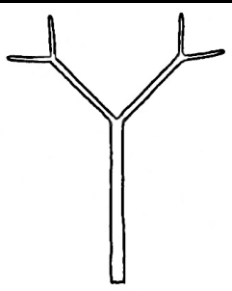
# Uspořádání listů



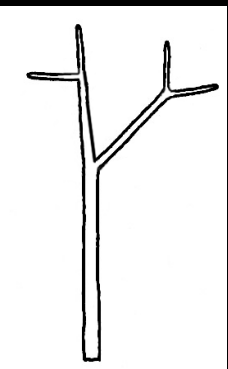
Mutantní svída  
*Cornus sanguinea*

# Větvení stonku

## I. Bez vztahu k listu

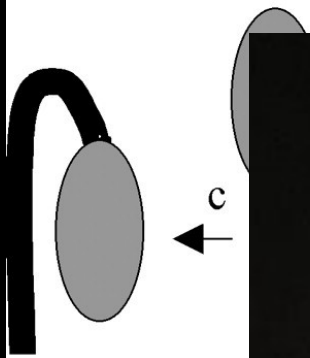


**dichotomické** (vidličnaté) – původní typ větvení, stonek se dělí na 2 rovnocenné větve (*Rhyniophyta*, *Trimerophyta*, *Psilotum*, *Lycopodium*, *Azolla*)

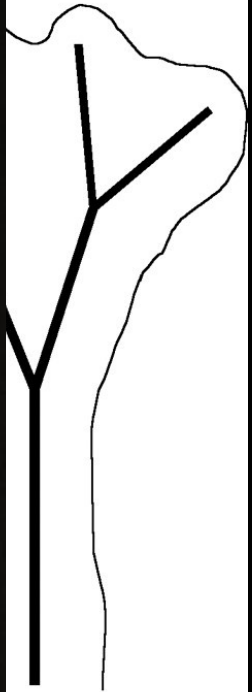


**pseudomonopodiální** – odvozené od vidličnatého, jedna z větví druhotně převáží (*Rhyniophyta*, některé *Trimerophyta*, *Lycopodiophyta*, *Psilotum*)





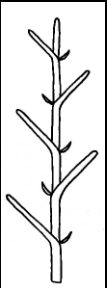
A



[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Vein\\_skeleton\\_hydrangea\\_ies.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Vein_skeleton_hydrangea_ies.jpg)

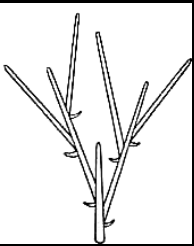
# Větvení stonku

## II. Se vztahem k listu (b)

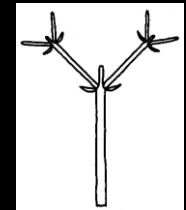


**sympodiální (vrcholičnaté)** – hlavní stonek uhýbá do strany či omezuje růst, boční větve ho přerůstají

– **monocházium** – vzniká jediná „boční“ větev, přerůstá hlavní stonek. Vzniklý útvar má často zalamovaný tvar cik-cak (*Tilia*, *Fagus*, ...)



– **dicházium** – vznikají dvě „boční“ větve, přerůstají hlavní stonek

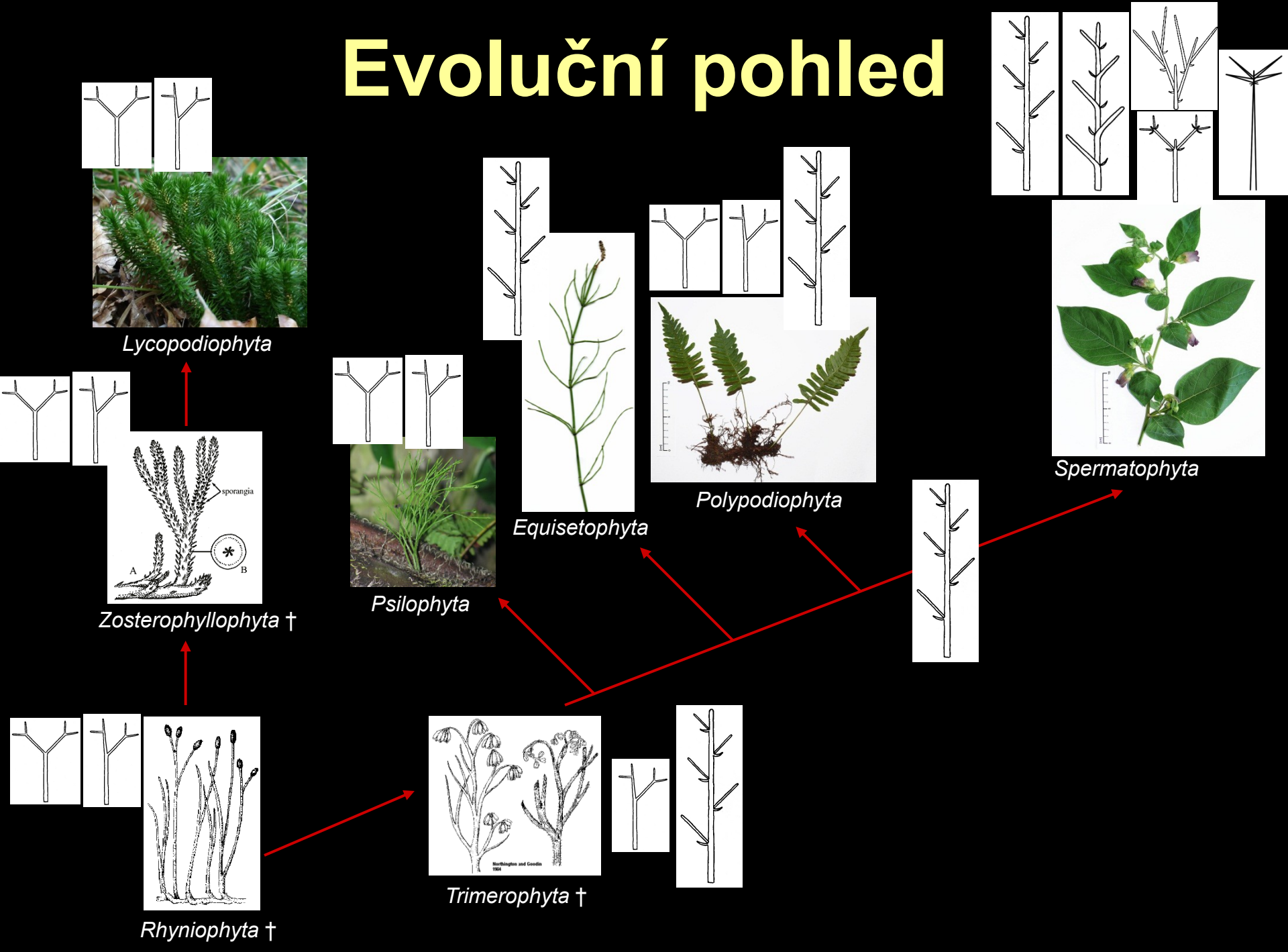


– **pseudodichotomie** – je dicházium, kde zaniká hlavní stonek, připomíná vidličnaté větvení (*Viscum*, *Syringa*)



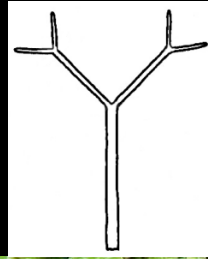
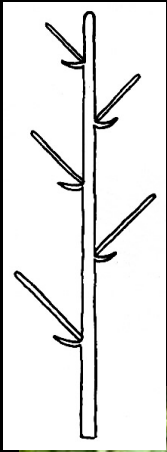
– **pleiocházium** – vzniká více větví, přerůstají hlavní stonek

# Evoluční pohled





# Evoluční pohled



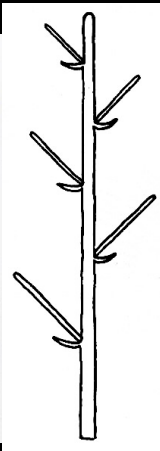
*Osmunda*



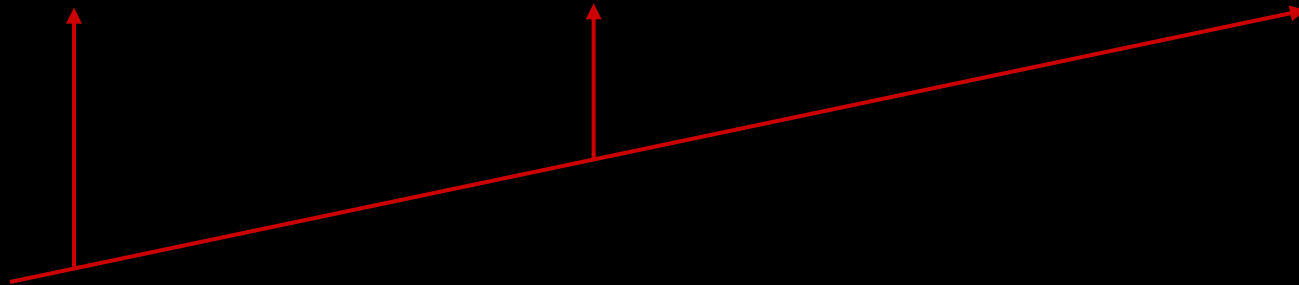
*Azolla*



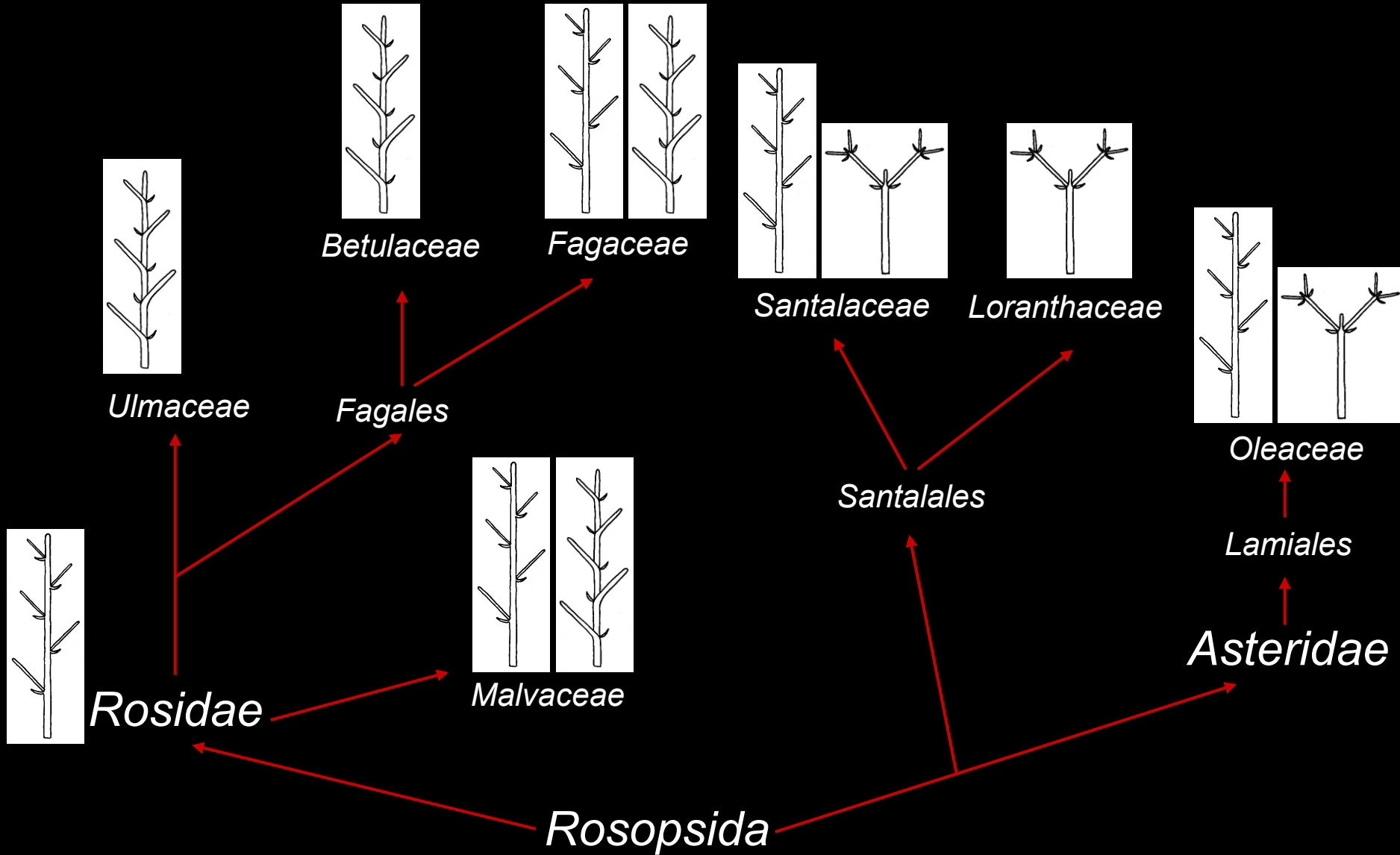
*Polypodium*



*Polypodiophyta*



# Evoluční pohled



# Metamorfózy stonku

- **Oddenek** – podzemní stonek, často pokryt šupinami, přezimuje, nefotosyntetizuje, ukládá zásobní látky (*Psilotum*, *Bellis sylvestris*, *Tussilago*, *Polygonatum*, *Iris*, *Elytrigia*)
- **Oddenková hlíza** – vzniká ztloustnutím oddenku, zásobní a rozmnožovací funkce (*Solanum tuberosum*)
- **Stonková hlíza** – vzniká ztloustnutím stonku, zásobní funkce (*Brassica oleracea* var. *caulorapa*)
- **Bazální hlíza** – vzniká ztloustnutím báze stonku, zásobní funkce (*Ranunculus bulbosus*, *Colchicum*, *Crocus*, *Iris*, *Araceae*)
- **Hypokotylová hlíza** – vzniká ztloustnutím hypokotylu, zásobní funkce (*Corydalis*, *Raphanus sativus*, *Beta*, *Cyclamen*)



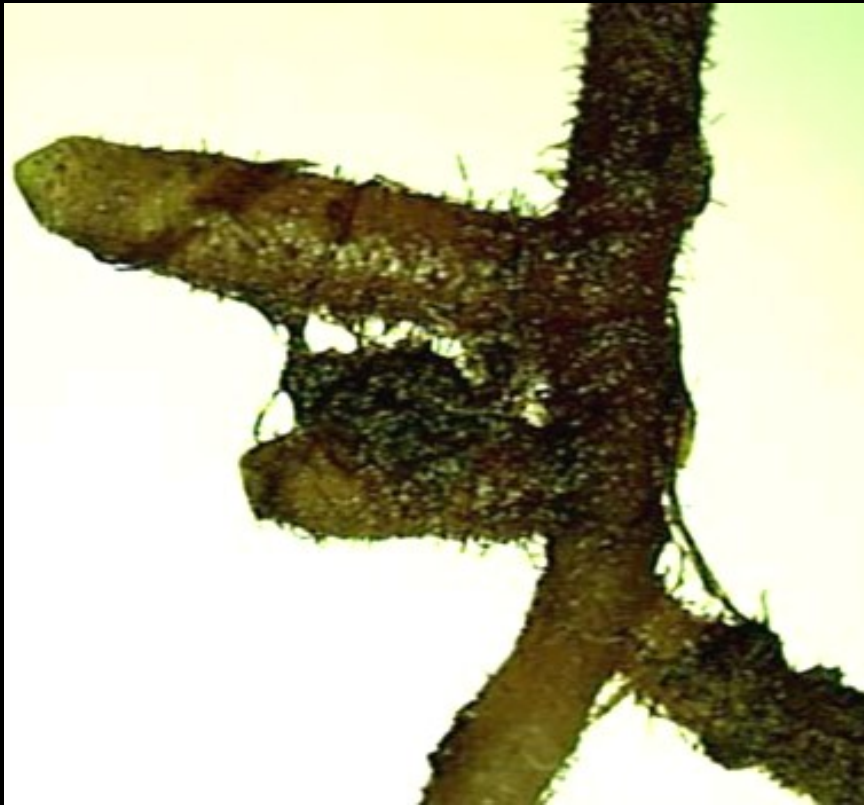
# Metamorfózy stonku

- **Cibule** – smíšená metamorfóza stonku a listů, zásobní funkce (*Liliaceae*, *Asparagaceae*, *Amaryllidaceae*, *Oxalidaceae*)
- **Stonkové úponky** – přichycování stonku k opoře, nejčastěji liány (*Vitis*, *Passiflora*)
- **Ovíjivé stonky** – zajišťování opory rostliny, pravotočivé (*Humulus*), levotočivé (*Convolvulus*, *Phaseolus*)
- **Šlahouny** – nadzemní výběžky, vegetativní rozmnožování (*Fragaria*, *Ranunculus repens*, *Chlorophytum*)

# Metamorfózy stonku

- **Stonkové trny (kolce)** – krátké větévky ostře zakončené, ochranná funkce (*Prunus spinosa*, *Crataegus*, *Gleditsia*)
- **Stonky sukulentů (chylokauly)** – zdužnatělé, zásobárna vody (*Cactaceae*, *Euphorbiaceae*, *Apocynaceae*, *Asteraceae*)
- **Fylokládia** – zploštělé stonky s asimilační funkcí (*Ruscus*, *Asparagus*, *Homalocladium*, ...)
- **Brachyblasty** – zkrácené větévky, vyrůstají z nich listy (*Ginkgophyta*, *Pinophyta*, *Malus*)

# Metamorfózy stonku



[http://botit.botany.wisc.edu/courses/img/Systematics/Phyla/Psilophyta/Psilotum\\_rhizome.jpg](http://botit.botany.wisc.edu/courses/img/Systematics/Phyla/Psilophyta/Psilotum_rhizome.jpg)

**Oddenek** – *Psilotum nudum*  
(*Psilophyta*)



<http://botany.cz/foto/solatuherb4.jpg>

**Oddenková hlíza** – *Solanum tuberosum*  
(*Solanaceae*)



# Metamorfózy stonku



<http://www.publicdomainpictures.net/pictures/4000/nahled/1-1244818989T5Zu.jpg>

**Stonková hlíza** – *Brassica oleracea* var. *caulorapa*  
(*Brassicaceae*)



<http://www.srgc.org.uk/bulblog/log2007/080807/Colchicum%20bulbs.jpg>

**Bazální hlíza** – *Colchicum autumnale*  
(*Colchicaceae*)



# Metamorfózy stonku



[http://www.hardycyclamens.com/images/hardy\\_cyclamen\\_corn-top-lg.jpg](http://www.hardycyclamens.com/images/hardy_cyclamen_corn-top-lg.jpg)

**Hypokotylová hlíza** – *Cyclamen hederifolium*  
(*Primulaceae*)



<http://www.sbs.utexas.edu/bio406d/images/pics/pas/Passiflora%20incarn%20tendrils.jpg>

**Stonkové úponky** – *Passiflora incarnata*  
(*Passifloraceae*)



# Metamorfózy stonku



[http://www.hlasek.com/foto/calystegia\\_sepium\\_a3694.jpg](http://www.hlasek.com/foto/calystegia_sepium_a3694.jpg)

**Ovívivé stonky** – *Calystegia sepium*  
(*Convolvulaceae*)



[http://img5.rajce.idnes.cz/d0502/2/2398/2398186\\_29402b4c1f6a1f6a185d0492f14041d2/images/Pryskyrnik\\_plazivvy\\_-\\_ranunculus\\_repens.jpg](http://img5.rajce.idnes.cz/d0502/2/2398/2398186_29402b4c1f6a1f6a185d0492f14041d2/images/Pryskyrnik_plazivvy_-_ranunculus_repens.jpg)

**Šlahouny** – *Ranunculus repens*  
(*Ranunculaceae*)



# Metamorfózy stonku



<http://www.plant-identification.co.uk/images/rosaceae/prunus-spinosa-3.jpg>

**Kolce** – *Prunus spinosa*  
(*Rosaceae*)



<http://www.srgc.org.uk/bulblog/log2005/030505/True%20bulb.jpg>

**Cibule** – *Narcissus* sp.  
(*Amaryllidaceae*)

# Metamorfózy stonku



[http://windowsillcactus.com/wc\\_images/euphorbia\\_trigona.jpg](http://windowsillcactus.com/wc_images/euphorbia_trigona.jpg)

**Chylokauly** – *Euphorbia trigona*  
(stonky sukulentů) (*Euphorbiaceae*)



**Fylokládia** – *Ruscus aculeatus*  
(*Asparagaceae*)



# Metamorfózy stonku



<http://botanika.bf.jcu.cz/morfologie/LarixBrachDet.jpg>

**Brachyblasty** – *Larix decidua*  
(*Pinaceae*)