



# Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin

## Krytosemenné: úvod

Petr Bureš



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# *Angiospermae* (krytosemenné)



Fylogeneticky nejvíce odvozená a druhově dnes naprosto dominantní příbuzenská skupina vyšších rostlin



**Habitus:** byliny i dřeviny rozmanitého vzhledu a různých ekologických nároků

# Krytosemenné = nejbohatší linie vyšších rostlin

## Druhová diverzita vyšších rostlin

**krytosemenné**

**90,1 %**

**nahosemenné**

**0,3 %**

**monilofyty**

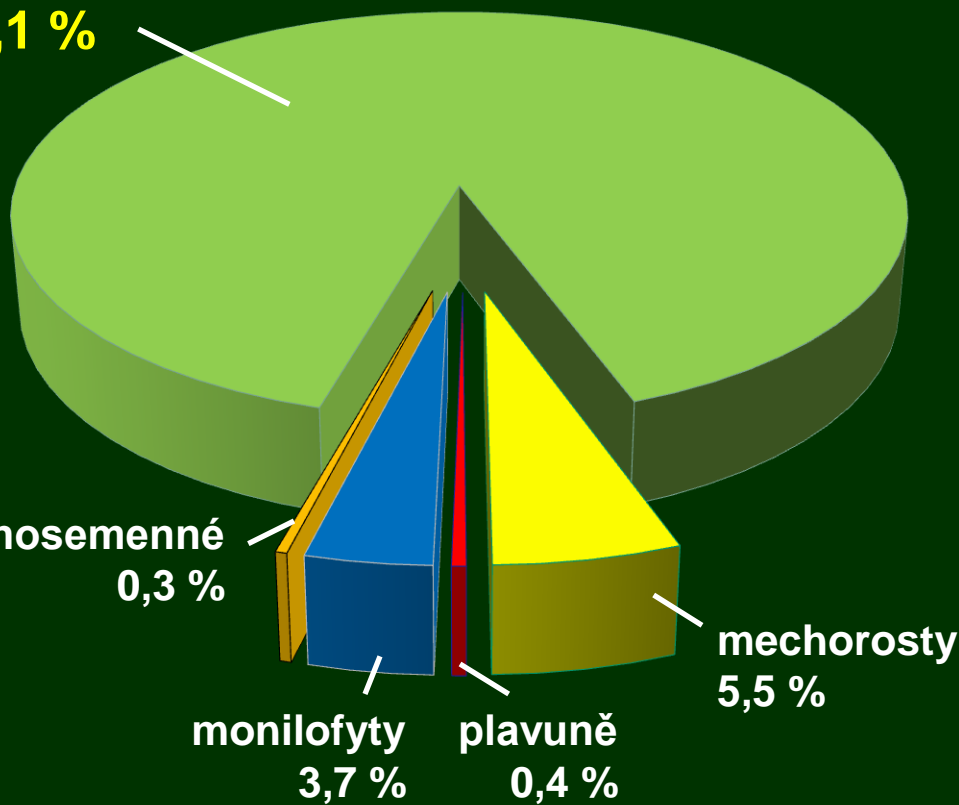
**3,7 %**

**plavuně**

**0,4 %**

**mechorosty**

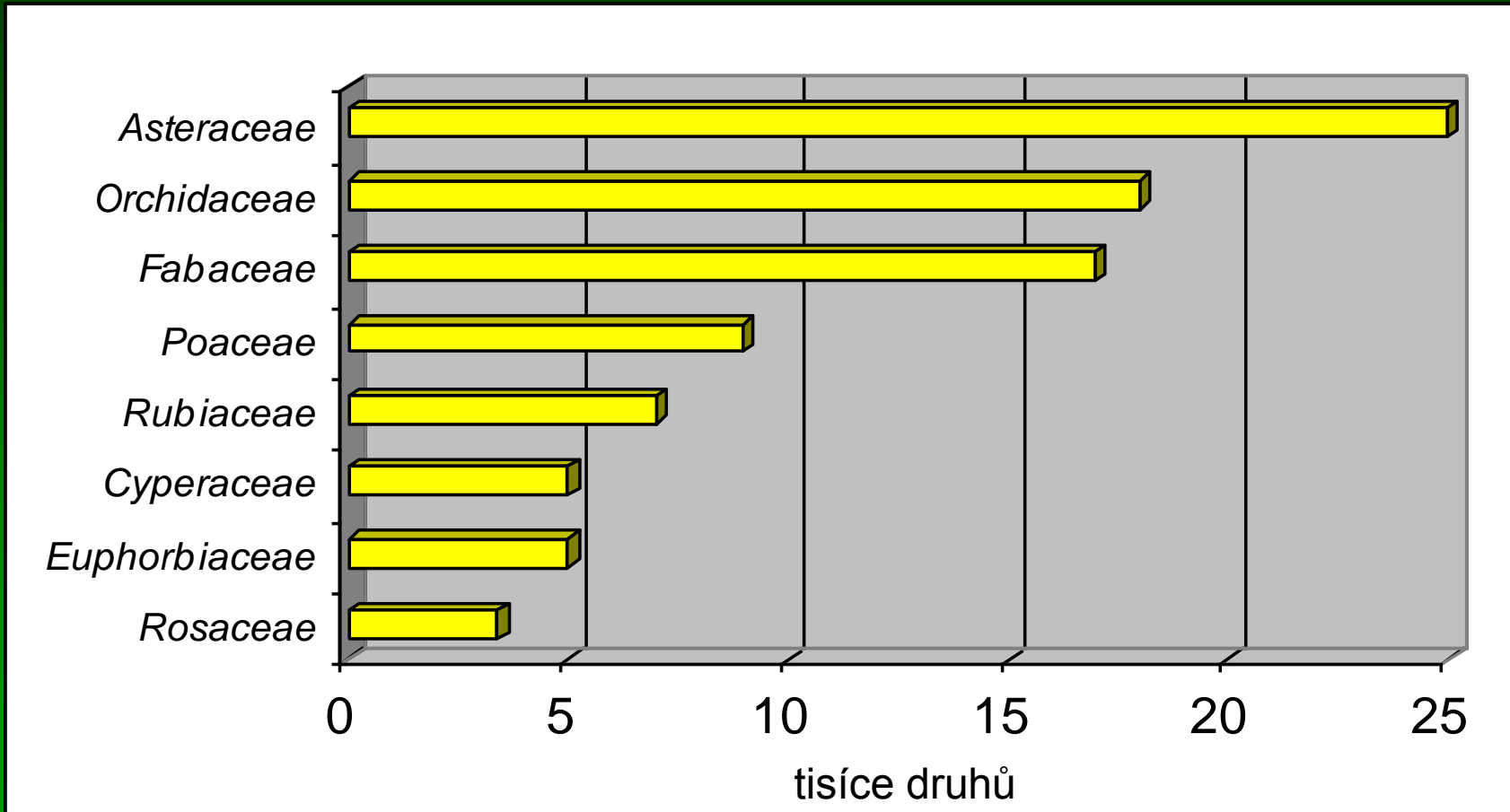
**5,5 %**



# Diverzita není rovnoměrně rozložena

Osm druhově nejbohatších čeledí krytosemenných

Skoro celá 1/10 druhové diverzity krytosemenných připadá na *Asteraceae*.



# Diverzita není rovnoměrně rozložena

**Opačný extrém** = 8 monotypických čeledí (zahrnujících jediný druh) = *Amborellaceae*, *Butomaceae*, *Drosophyllaceae*, *Gomortegaceae*, *Nelumbonaceae*, *Scheuchzeriaceae*, *Maundiaceae*, *Aphloiaceae*

*Amborella trichopoda*



*Butomus umbellatus*



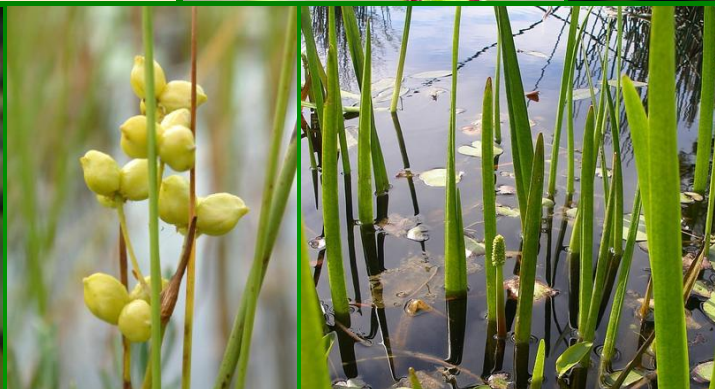
*Drosophyllum lusitanicum*



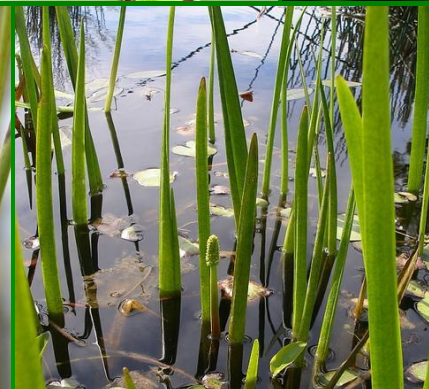
*Gomortega keule*



*Nelumbo lutea*



*Scheuchzeria palustris*



*Maundia triglochinooides*



*Aphloia theiformis*

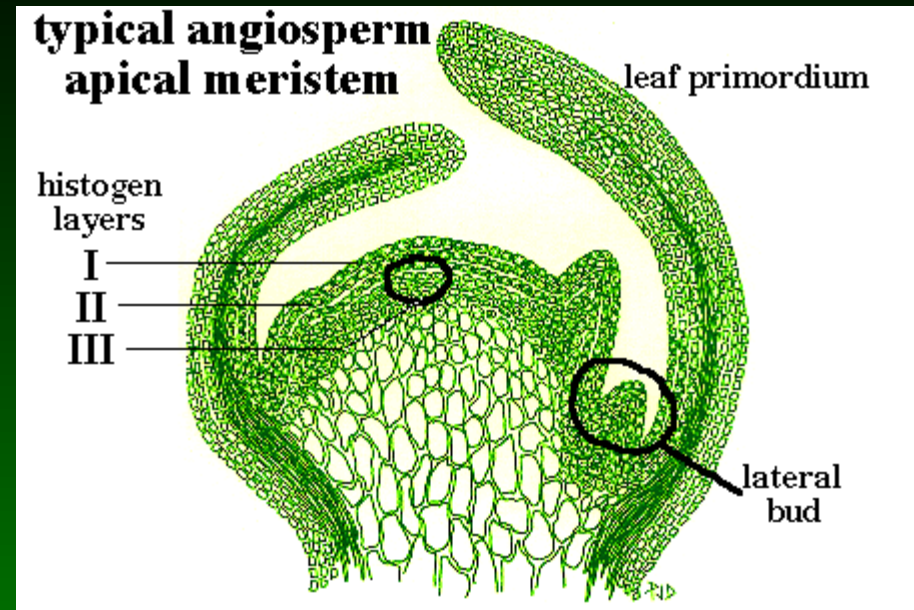
# Apikální meristém

- mnohobuněčný  
vícevrstevný

- diferencovaný na

(i) jedno- až  
vícevrstevnou tuniku  
dělicí buňky ve směru  
kolmém na povrch

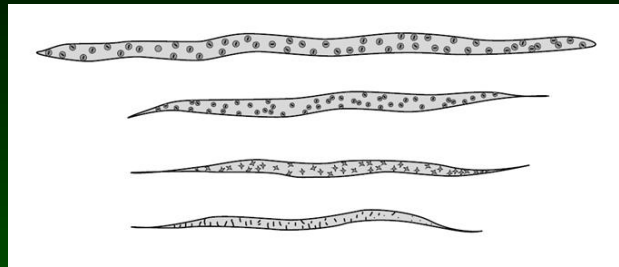
(ii) korpus dělicím buňky  
rovnoběžně s povrchem



# Struktura xylemu – kromě tracheid i tracheje a fibrily

- fibrily →  
= xylemový sklerenchym

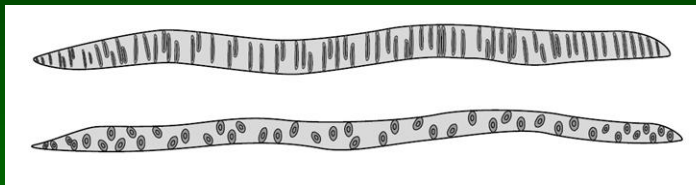
tenké  
do 10  $\mu\text{m}$



**mechanická funkce** > vodivá funkce

- tracheidy →  
nemají terminální otvor
- tracheje

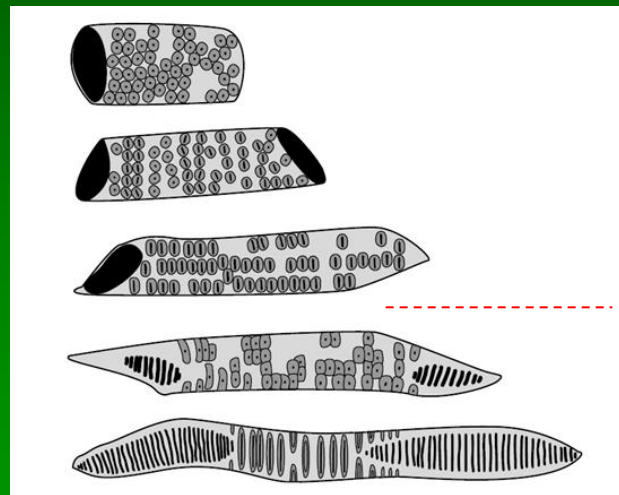
15–40  $\mu\text{m}$



**mechanická +  
vodivá funkce**

- xylemový parenchym  
jediná živá součást  
xylemu – zásobní  
depozice škrobu – je i u  
nahosemenných

50–500  $\mu\text{m}$   
široké



mechanická funkce < **vodivá funkce**

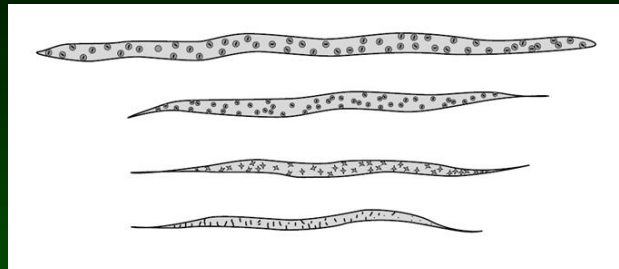
tenčí se schodovitou  
terminální perforací



# Struktura xylemu – kromě tracheid i tracheje a fibrily

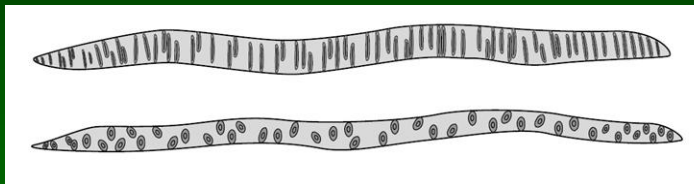
- fibrily →  
= xylemový sklerenchym

tenké  
do 10 μm



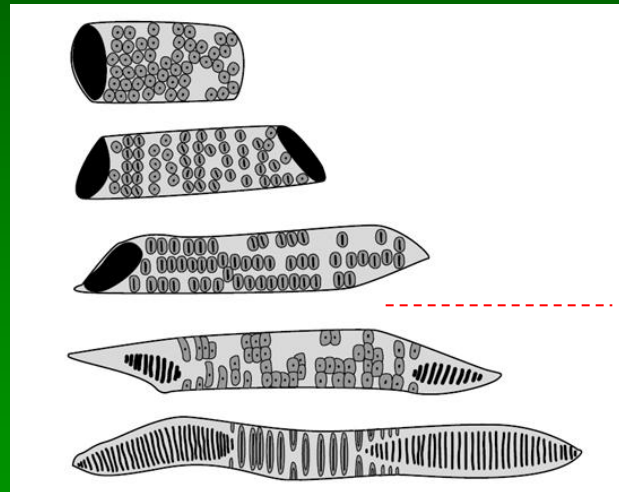
**mechanická funkce** > vodivá funkce

- tracheidy →  
nemají terminální otvor  
15–40 μm



**mechanická + vodivá funkce**  
**fylogeneticky původní**

- tracheje  
50–500 μm široké



mechanická funkce < **vodivá funkce**

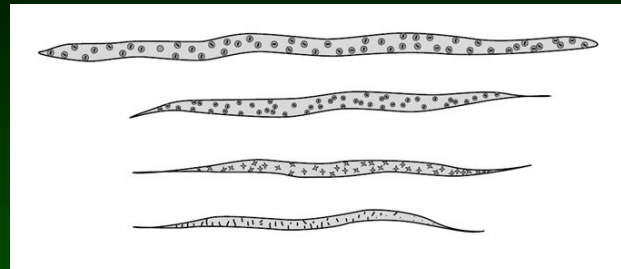
- xylemový parenchym  
jediná živá součást xylemu – zásobní depozice škrobu – je i u nahosemenných

tenčí se schodovitou terminální perforací

# Struktura xylemu – kromě tracheid i tracheje a fibrily

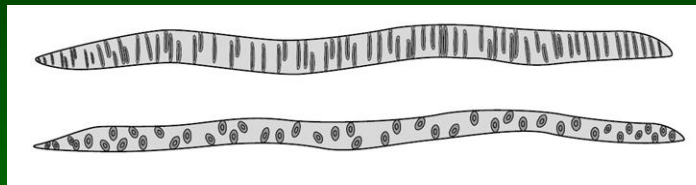
- fibrily →  
= xylemový sklerenchym

tenké  
do 10 μm



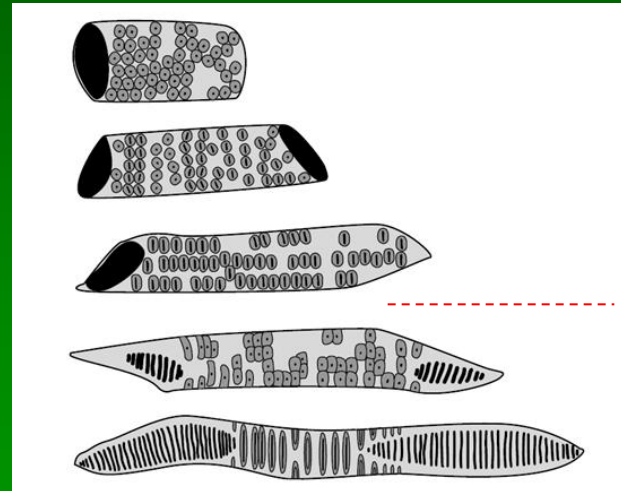
**mechanická funkce** > vodivá funkce

- tracheidy →  
nemají terminální otvor  
15–40 μm



**mechanická + vodivá funkce**  
**fylogeneticky původní**

- tracheje  
50–500 μm široké



mechanická funkce < **vodivá funkce**

- xylemový parenchym  
jediná živá součást xylemu – zásobní depozice škrobu – je i u nahosemenných

tenčí se schodovitou terminální perforací

**Tracheje krytosemenných mají často úplnou terminální perforaci, u primitivnějších ještě se schodovitou terminální perforací**

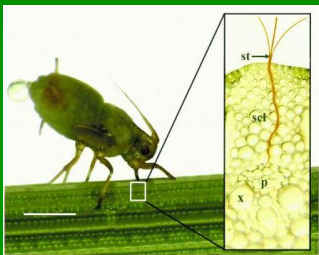
# Struktura floemu

- místo sítkových buněk **sítkovice** – navazují jedna na druhou jako tracheje
- místo Strassburgerových (albuminových) buněk (typických pro nahosemenné) mají sítkovice krytosemenných – **buňky přidružené**

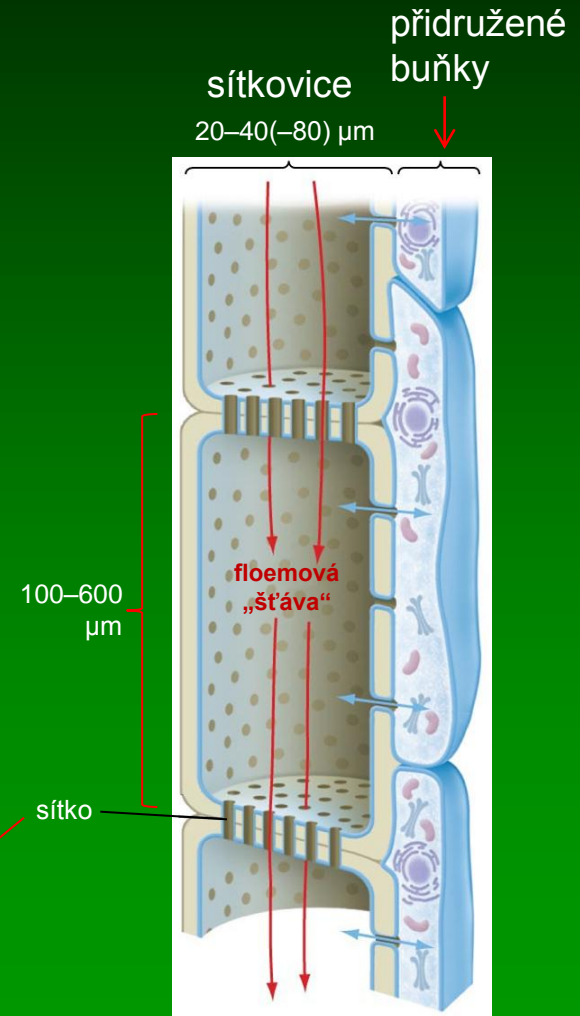
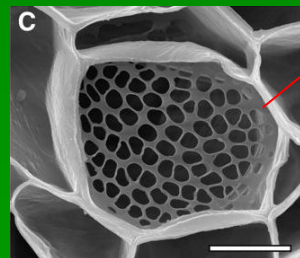
**Floémová „šťáva“** = asimiláty (hlavně cukry) z listů

- meristémy
- zásobní orgány (kořeny, plody)
- zásobní pletiva (parenchym)

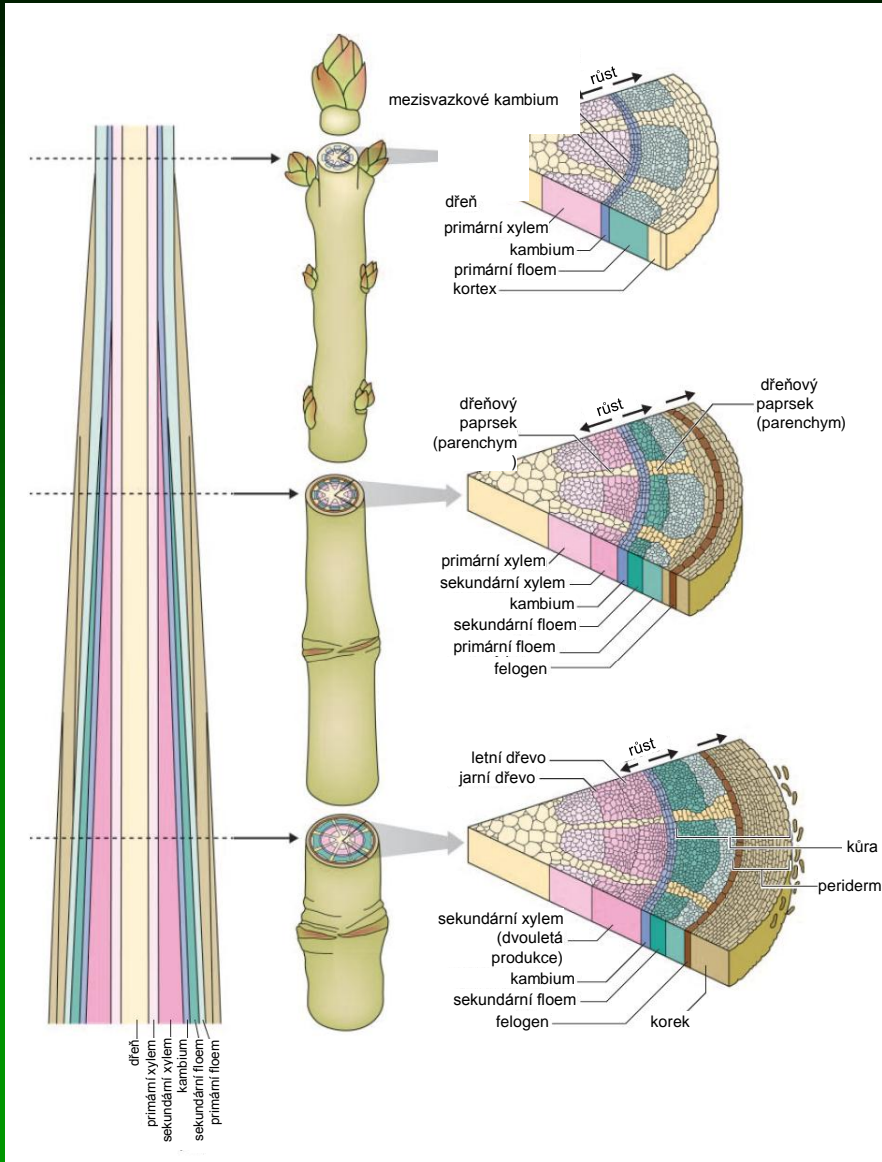
**Životnost sítkovic v temperátní zóně** = zpravidla jedna sezóna – na podzim se ucpávají kalózou



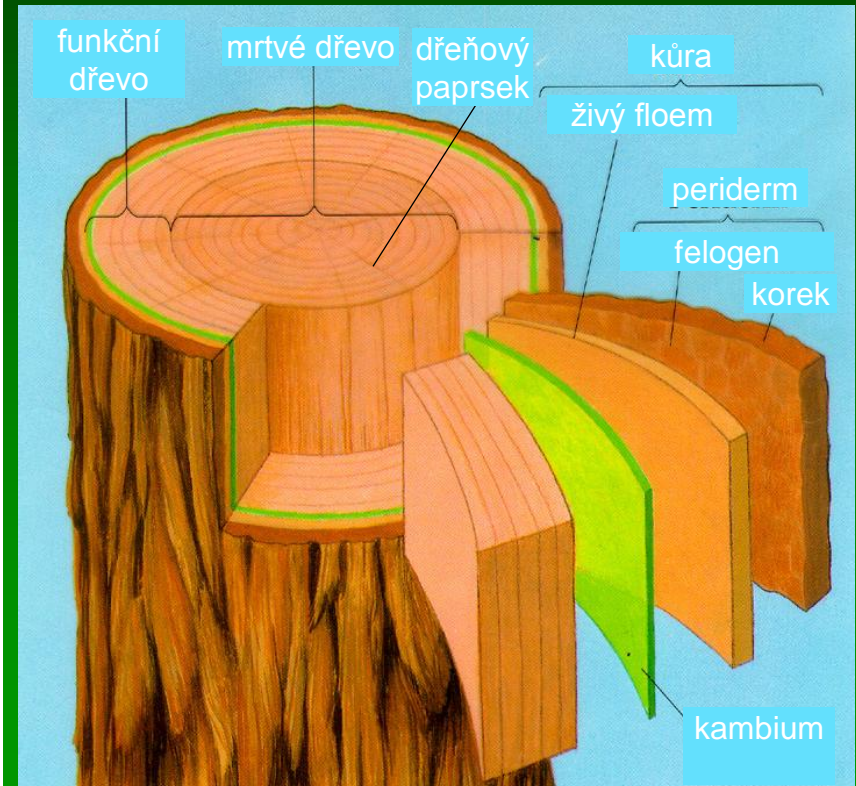
mšice saje  
na floemu  
cukrový  
roztok



# Sekundární tloustnutí



– pozice svazků původního eustélé ve ztlustlém kmeni jen sotva znatelná – tvoří ji „díly“ dortu oddělené dřevnými paprsky (původně parenchymatickou dřevní mezi jednotlivými svazky); mezi tyto „původní“ dřevné paprsky se směrem k obvodu kmene „vkládají“ činnosti kambia další dřevné paprsky

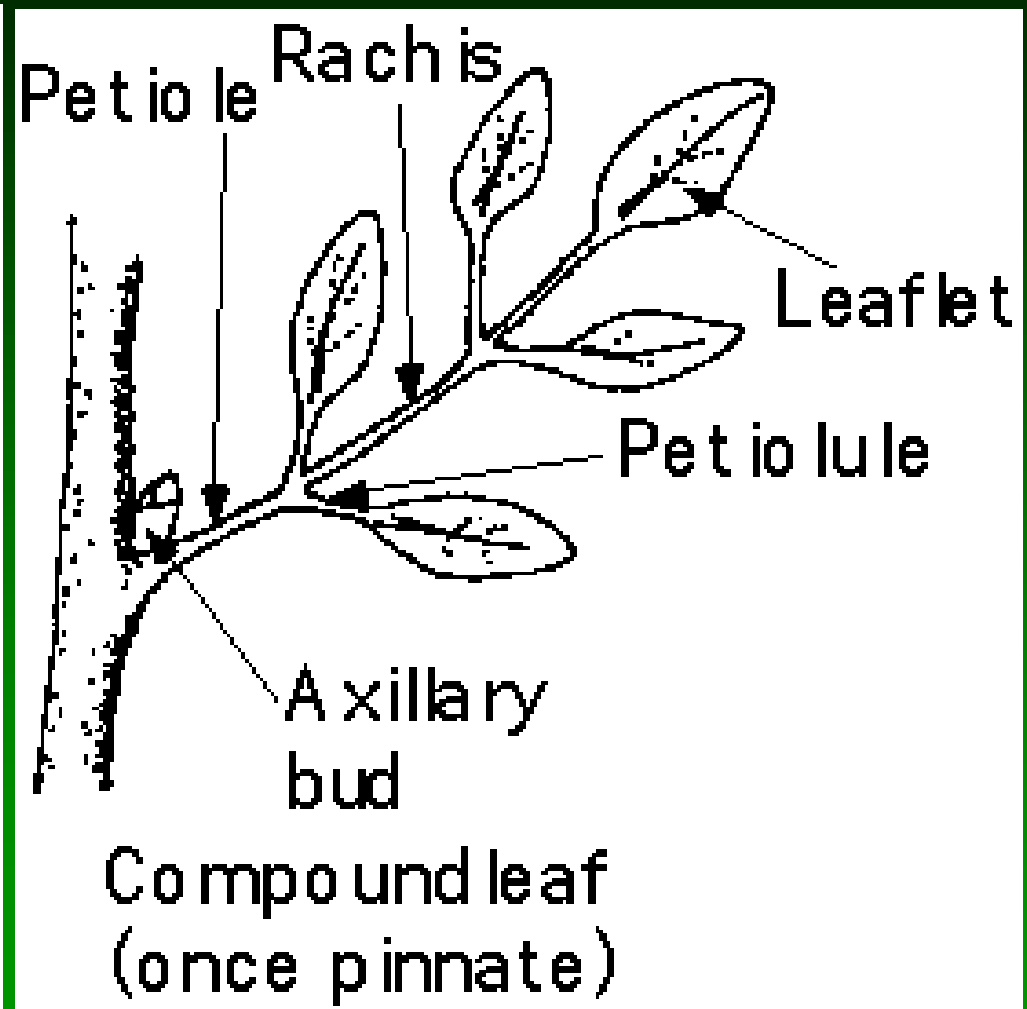
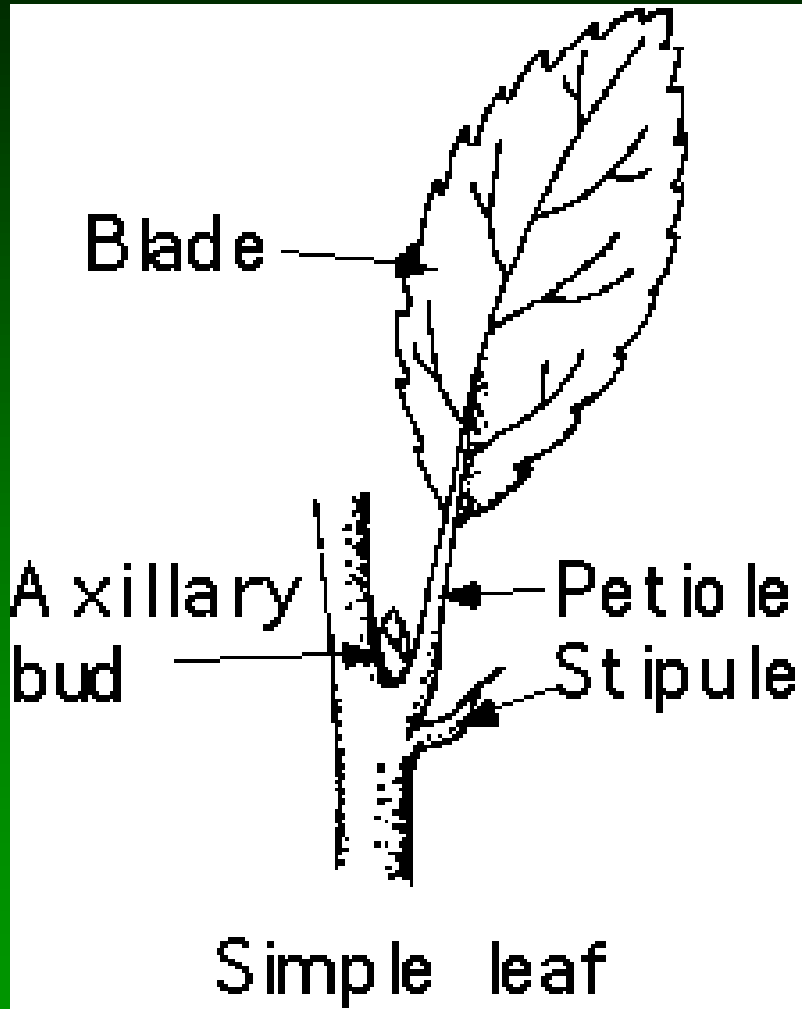


**Listy** – tvarově a velikostně rozmanité  
– opadavé i vytrvalé

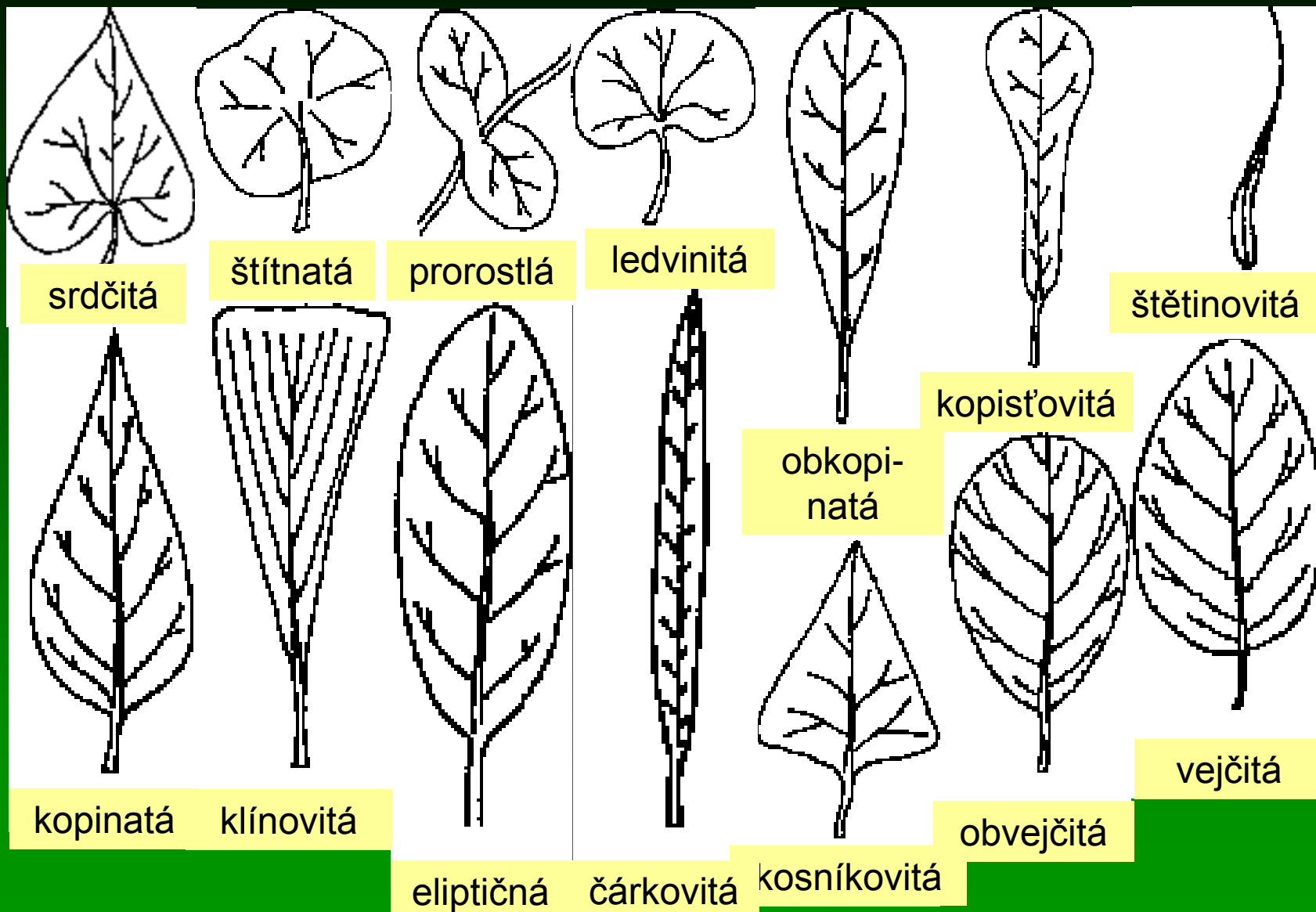
**Žilnatina** – dlanitá,  
– zpeřená nebo  
– rovnoběžná



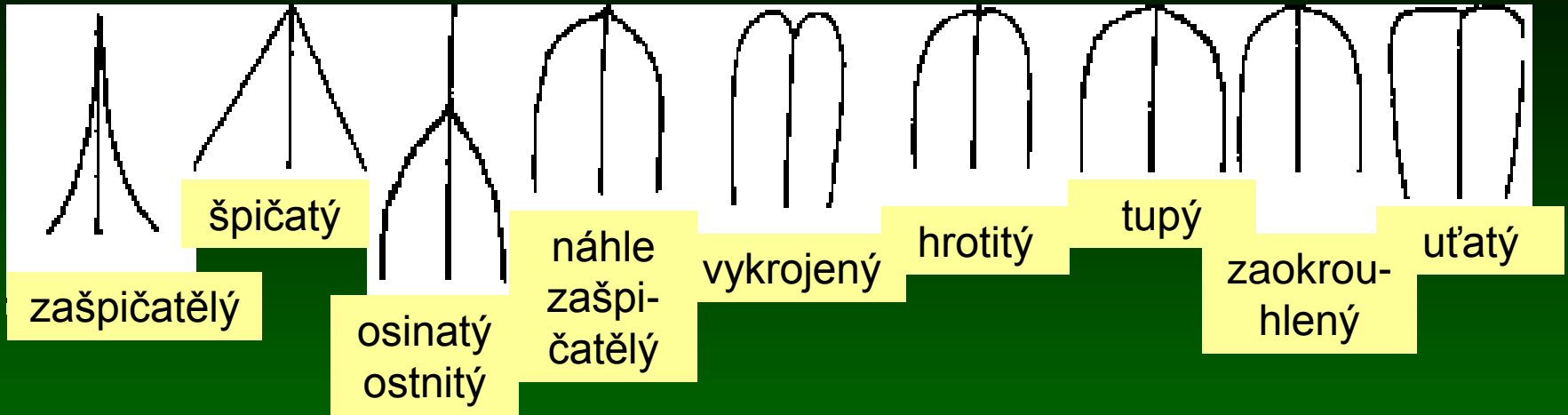
# Listy jednoduché nebo složené (z lístků)



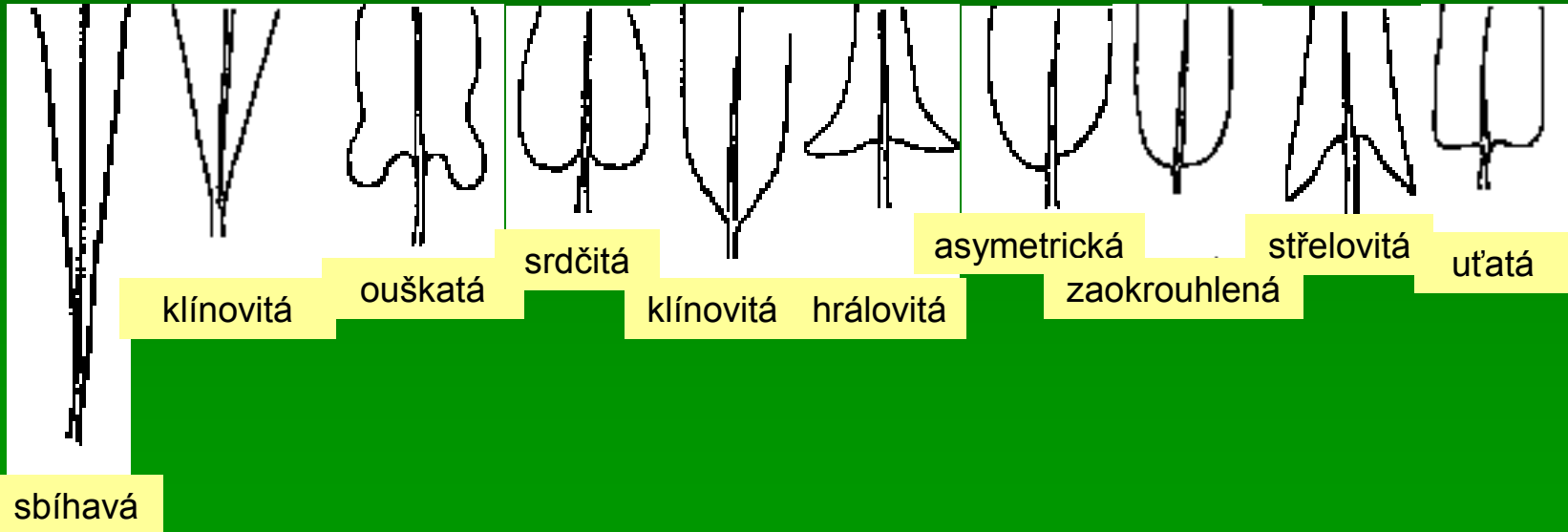
# Nejčastější tvary listové čepěle



# Tvary vrcholu listové čepele



# Tvary báze listové čepele





Listy podle  
charakteru okraje

celokrajný

chobotnatý

vykrajovaný

dvojitě zubatý

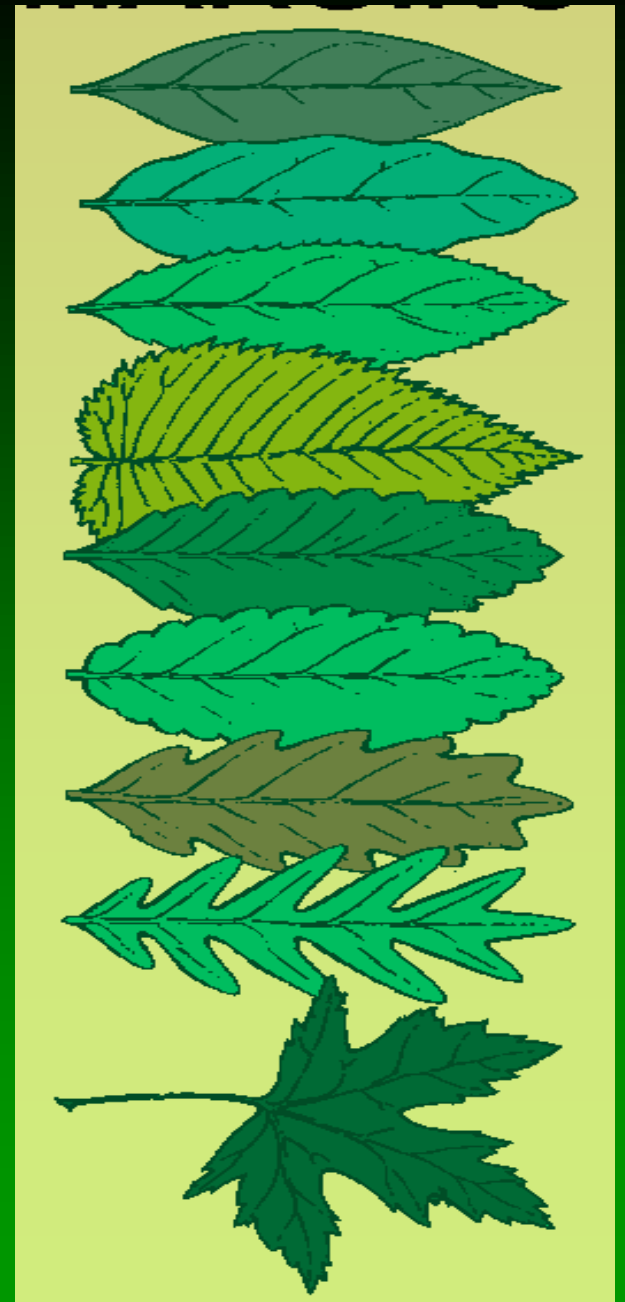
vroubkovaný

zubatý

peřenolaločný

peřenosečný

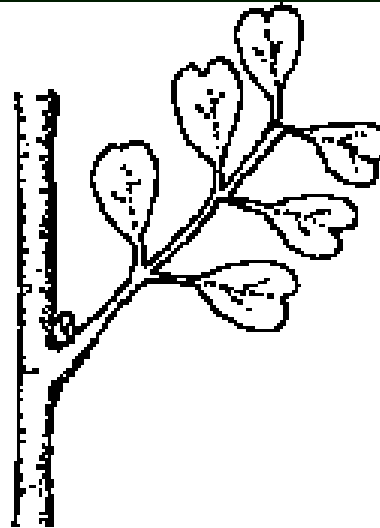
dlanitosečný



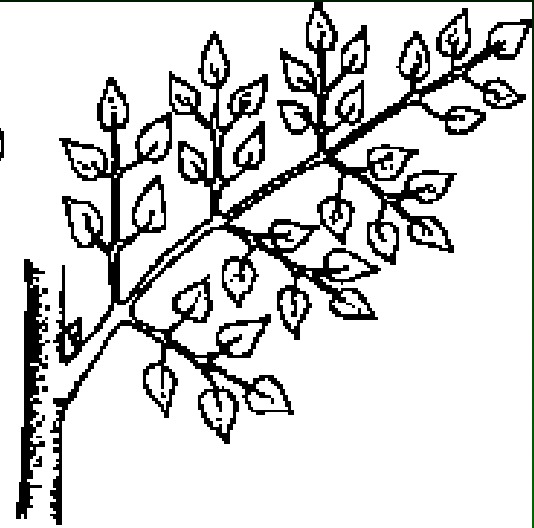
# Typy složených listů



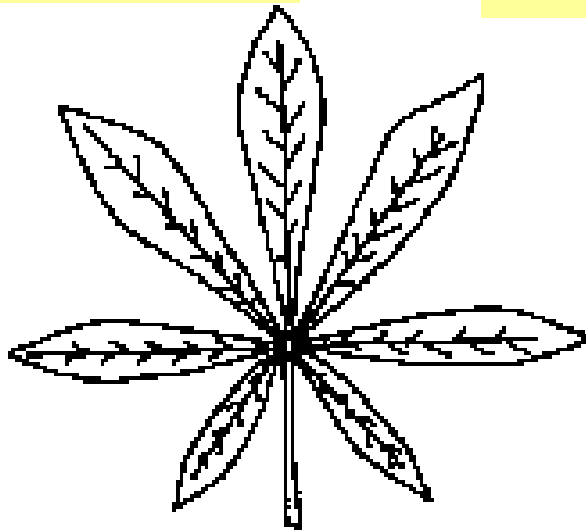
lichozpeřený



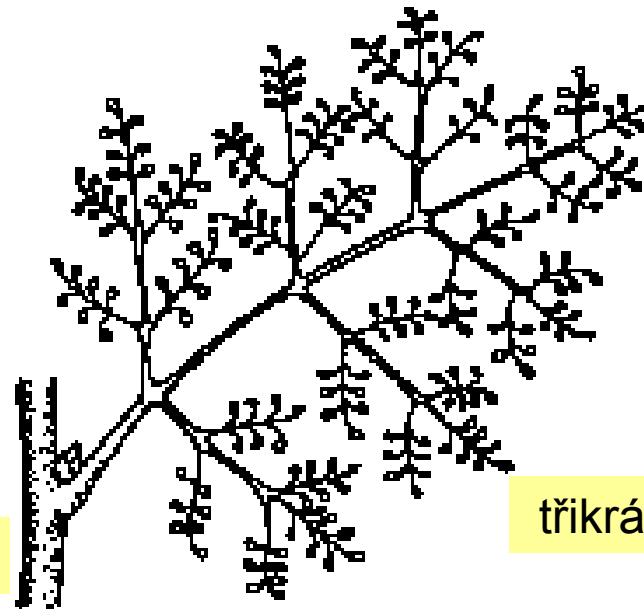
suzozpeřený



dvakrát zpeřený

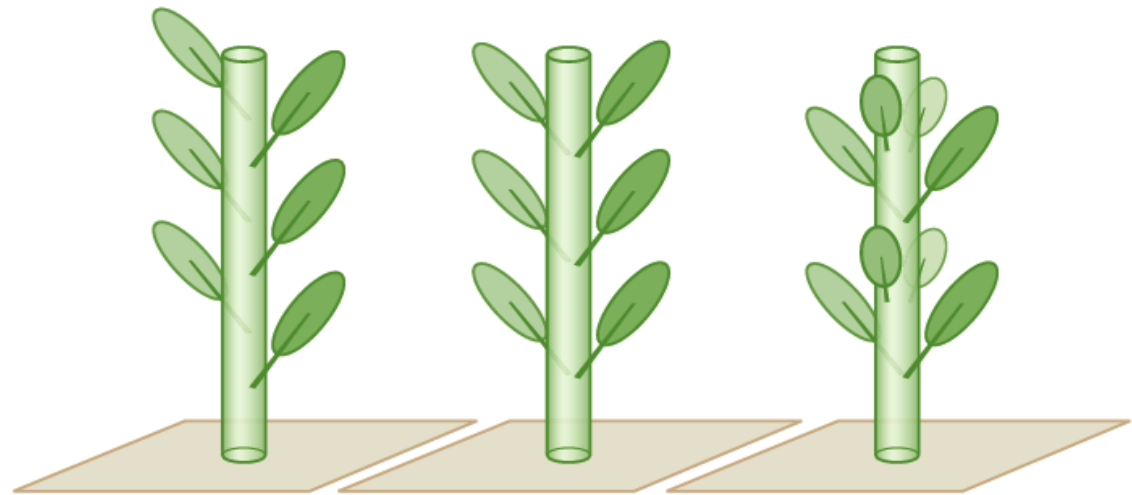


dlanitě složený (sedmičetný)



tříkrát zpeřený

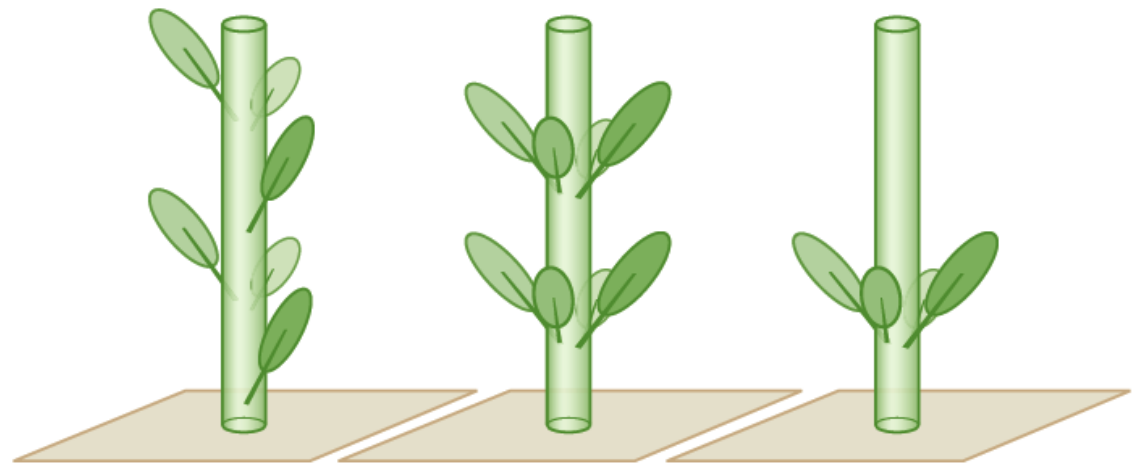
# Postavení listů na stonku



střídavé  
dvouřadé

vstřícné  
dvouřadé

vstřícné  
křížmostojné



spirální

přeslenité

v přízemní růžici

# Palisty = párovité útvary vyrůstající v místě přisedání listu na stonek



Někdy srůstají s listovým řapíkem  
(*Rosa*)



(*Trifolium*)



V čeledi *Polygonaceae* palisty srůstají v  
blanitý nálevkovitý útvar – botku



Někdy se přeměňují v trny  
(*Robinia pseudacacia*)



Pomnožené, zvětšené a  
tvarově listy připomínající  
(*Galium molugo*)



Někdy stavbou složitější  
než samotné listy  
(*Viola arvensis*)



Mohou přebírat asimilační funkci, když se  
listy změní v úponky  
(*Lathyrus aphaca*)



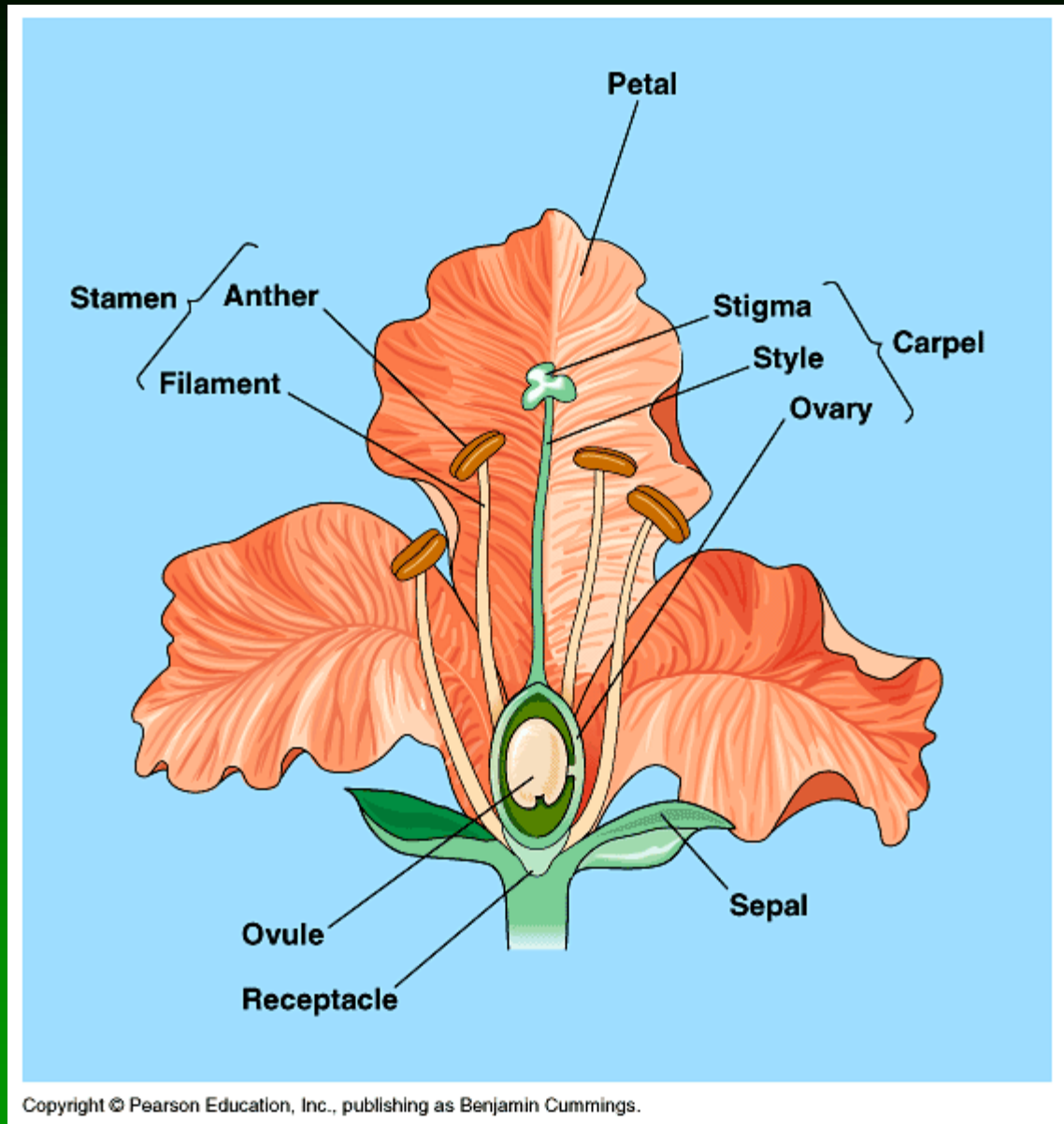
Často chrání vyvíjející se listy  
(*Ficus elastica*)

## Květ

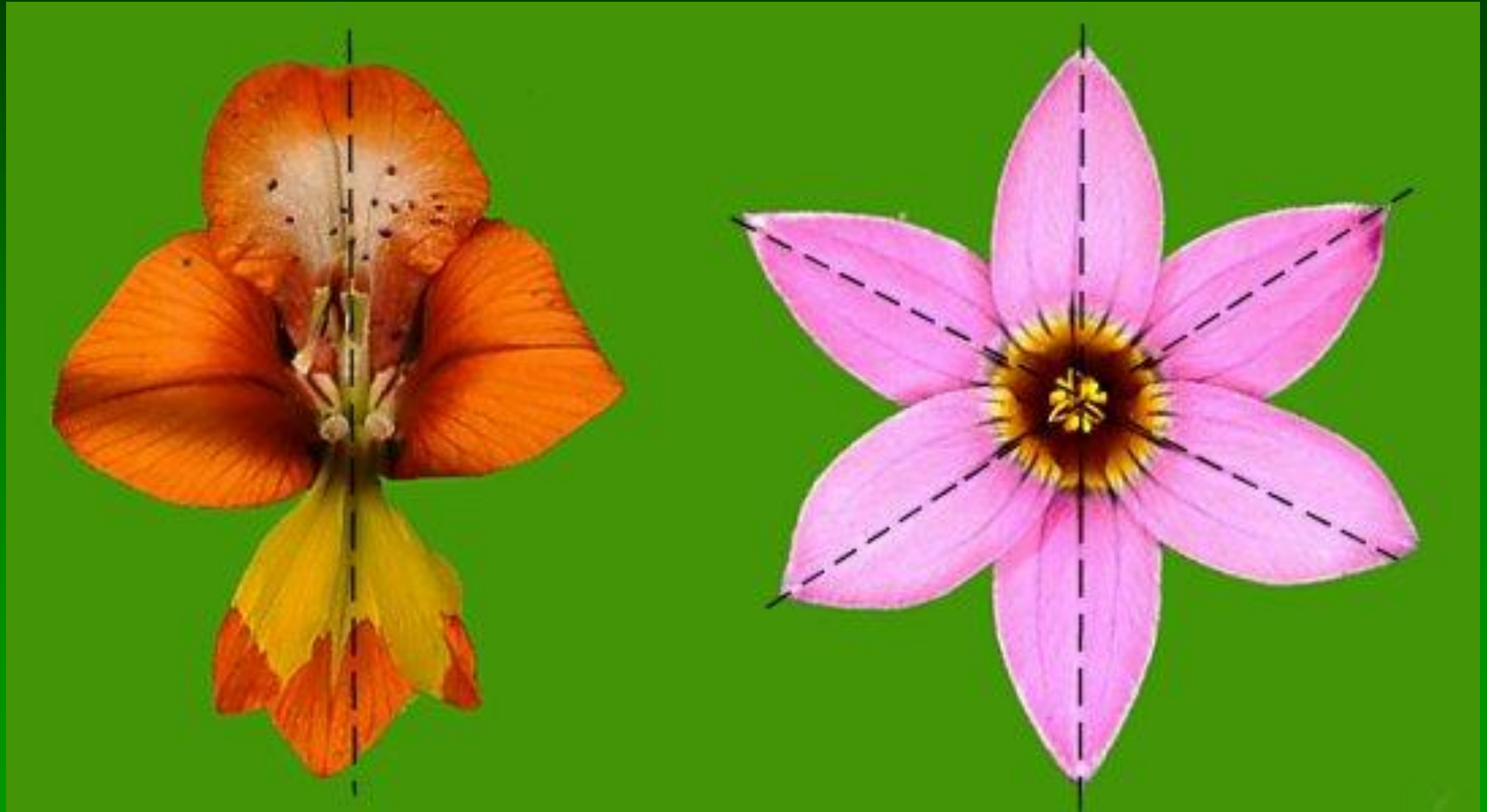
pravý květ tj. komplex metamorfovaných listů složený z na krátké ose uspořádaných

- květních obalů,  
- tyčinek  
(mikrosporofylů)
- plodolistů  
(megasporofylů)

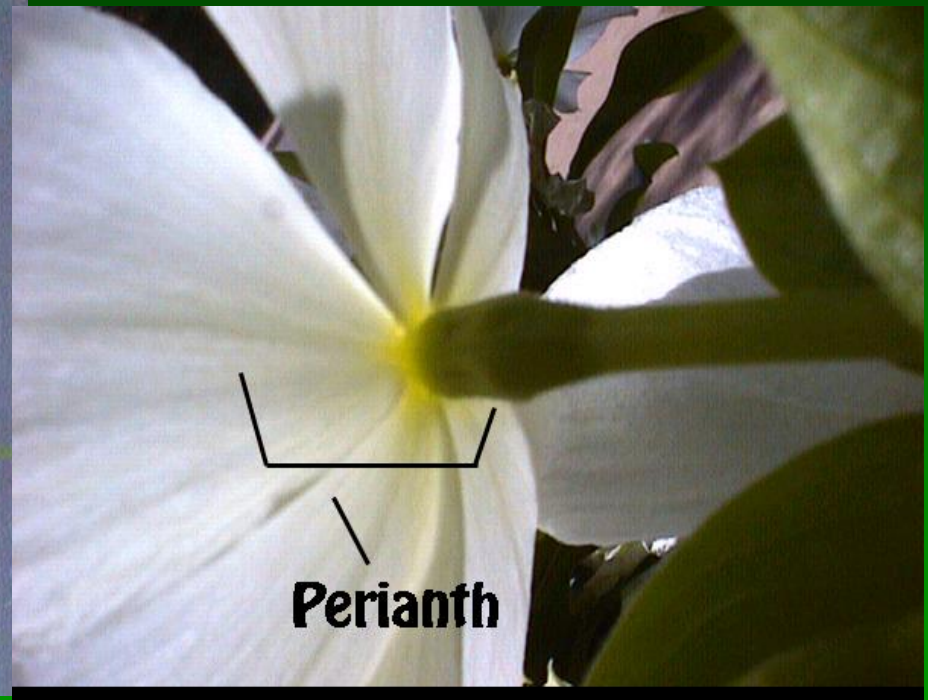
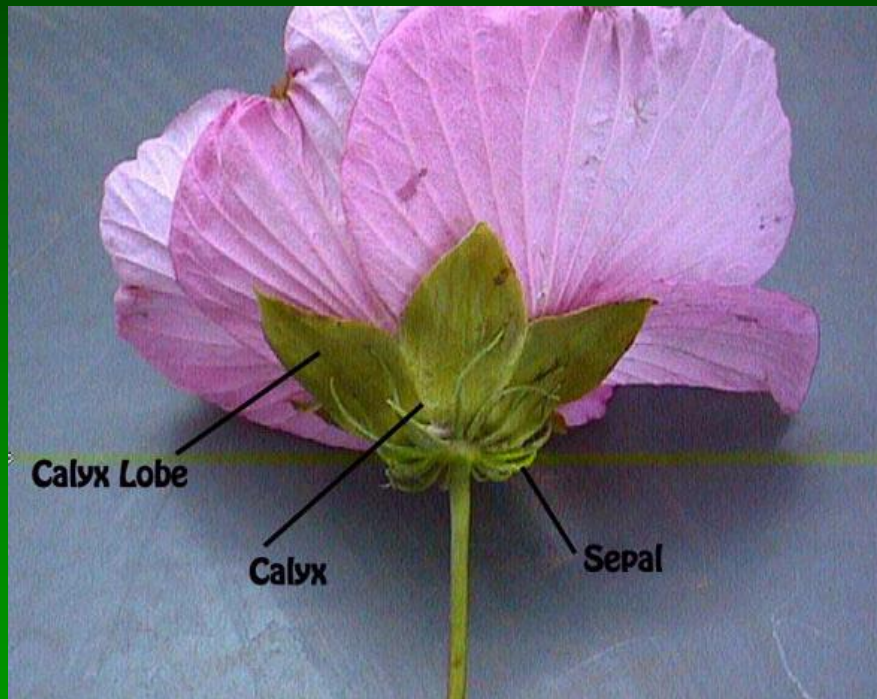
Tyto části jsou pak v různých ustálených či neustálených počtech



Podle počtu rovin souměrnosti rozlišujeme květy na **zygomorfní** - s jednou rovinou souměrnosti a **aktinomorfní** - s více než jednou rovinou souměrnosti



Květní obaly (perianth) jsou buď rozlišené na **kalich** a **korunu** (květy heterochlamydeické), nebo jsou tvořené nerozlišeným okvětím (květy homochlamydeické)



Volné lístky korunní (**petaly**) tvoří  
květy **choripetalní**,

volné lístky kališní  
(**sepaly**) tvoří  
květy **chorisepalní**,

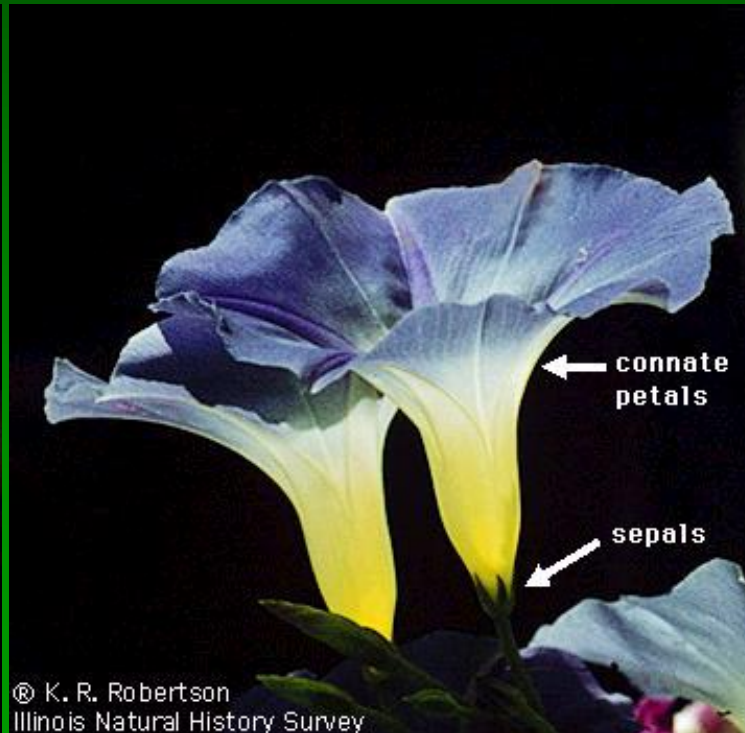


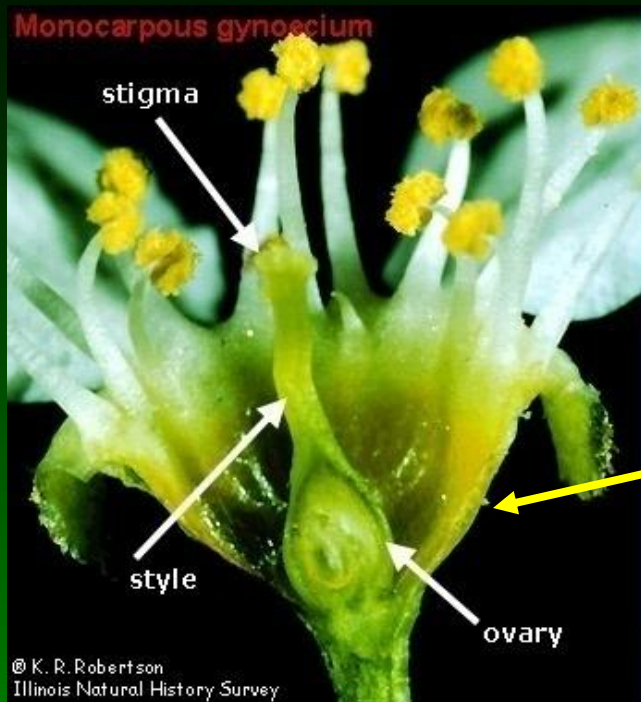
volné lístky okvětí (**tepaly**) tvoří  
květy **choritepalní**



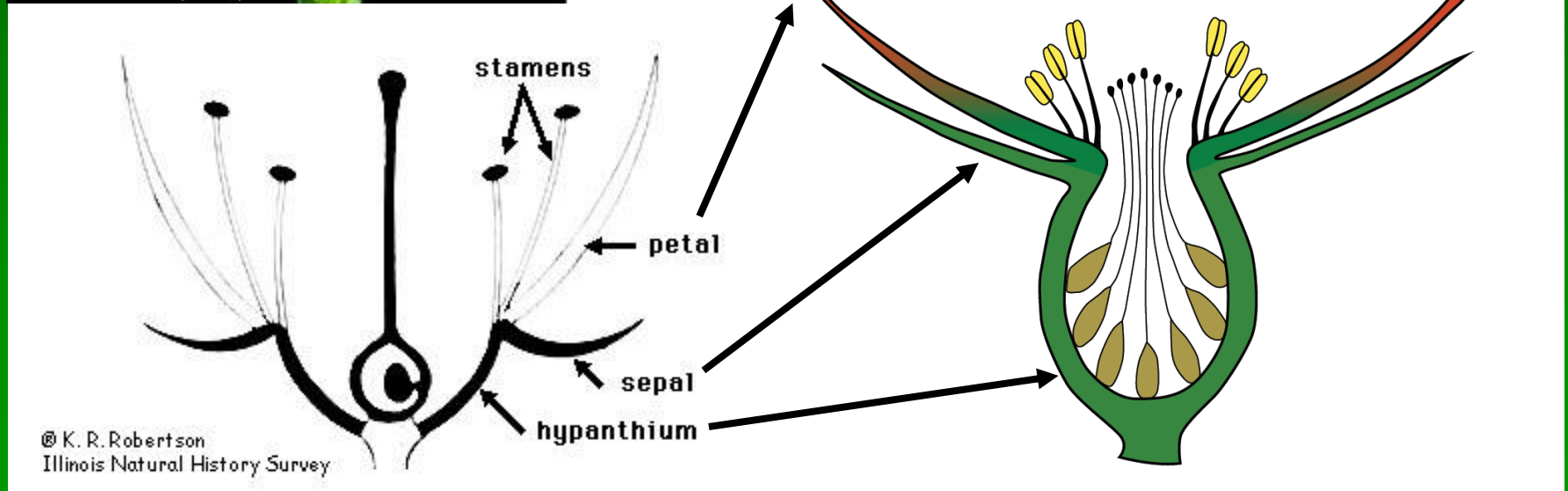
Lístky kališní (**sepaly**) mohou srůst = **květy synsepalní**,  
lístky korunní (**petaly**) mohou srůst = **květy sympetalní**,  
lístky okvětí (**tepaly**) mohou srůst = **květy syntepalní**

Srostlé části kalicha, koruny nebo okvětí se nazývají kališní,  
korunní nebo okvětní **trubka**, volné části se nazývají kališní,  
korunní nebo okvětní **cípy**



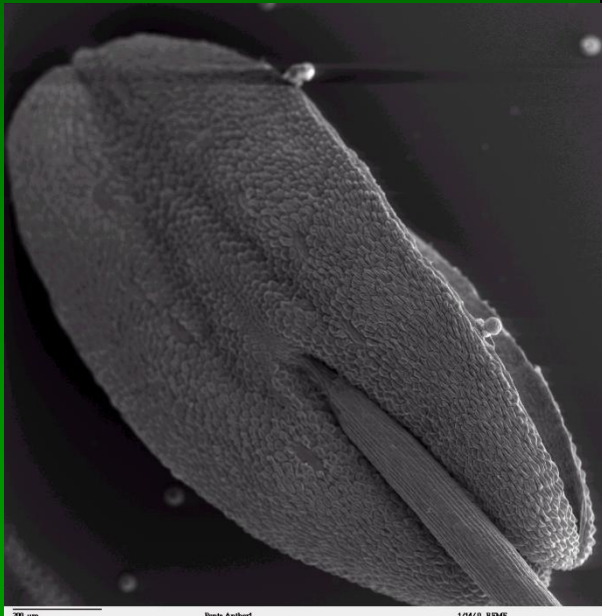
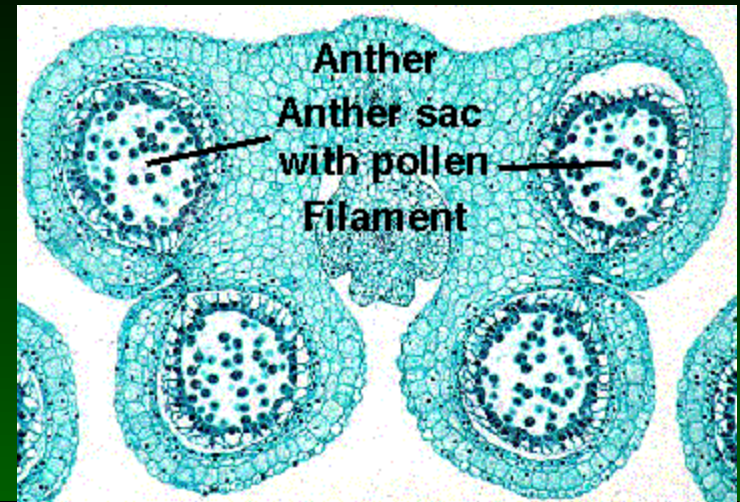


Někdy srůstají bazální části kalicha, koruny a tyčinek v **hypanthium** (= češule)



## Tyčinku tvoří:

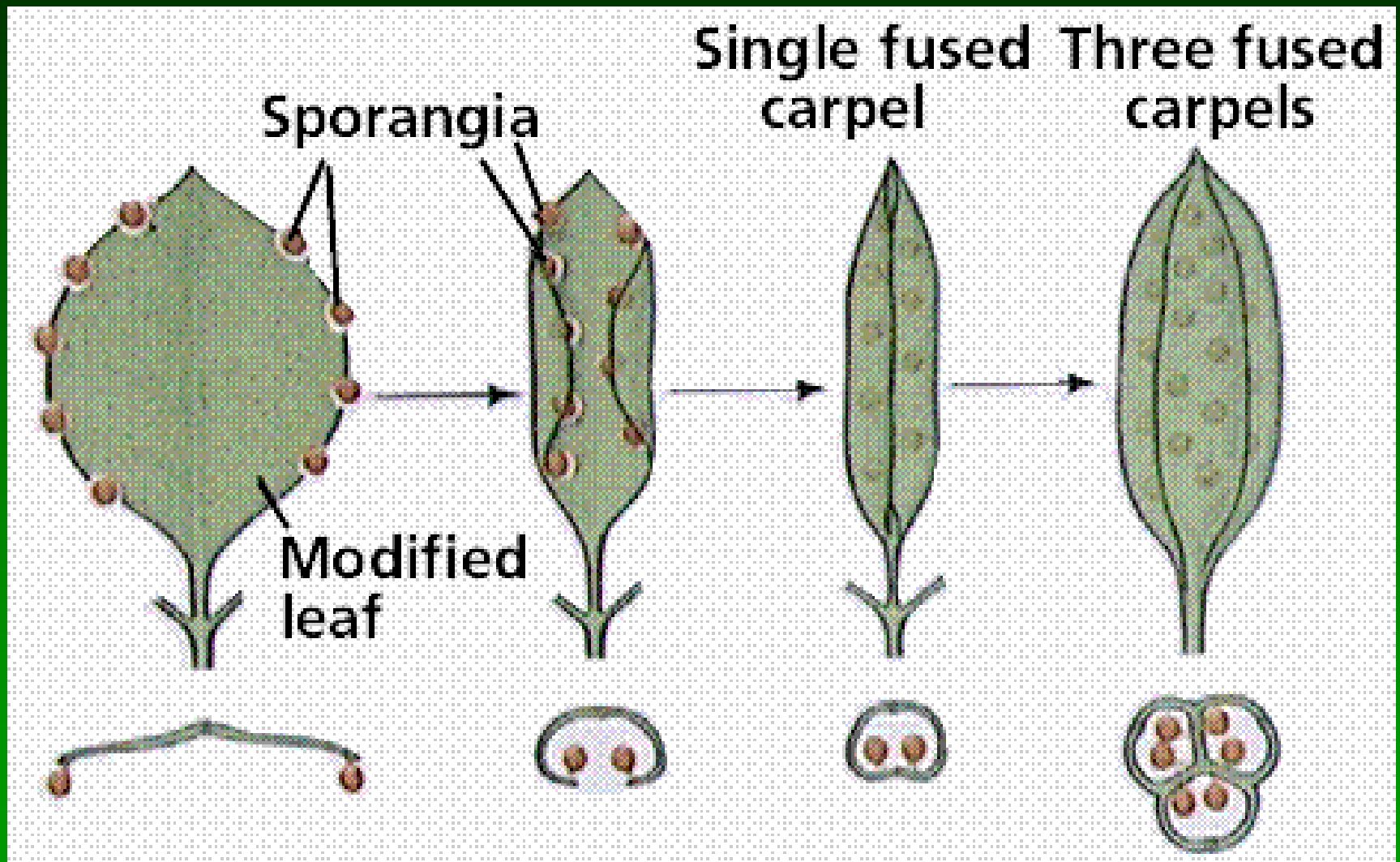
- **nitka** (filamentum),
- **spojidlo** (connectivum = pokračování nitky spojující prašníky)
- **prašníky** (antheae  $\approx$  mikrosynangia) obvykle dva, každý zpravidla se dvěma prašnými pouzdry



Někdy jsou mezi tyčinkami také nevyvinuté tyčinky bez prašníků = patyčinky (**staminodia**)



**Plodolisty konduplikátně (podélně) složené; plodolist krytosemenných vznikl z původně plochého plodolistu (megasporofyly)**



Soubor  
plodolistů =  
**pestík**  
(gynoceum)

## Parietal placentation

Longitudinal Section

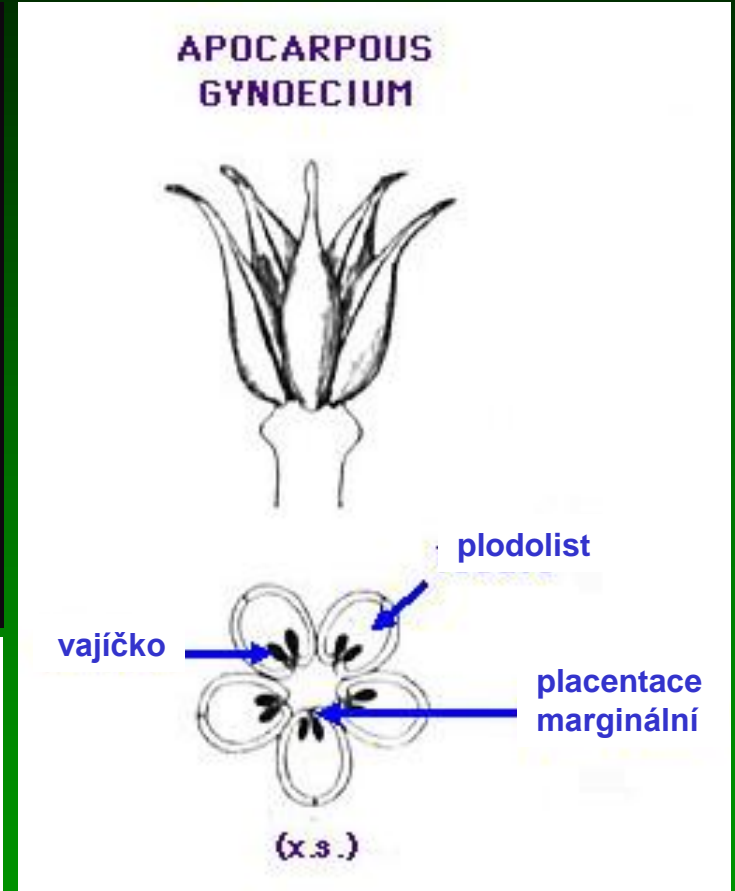
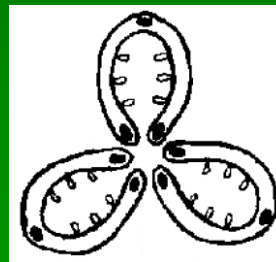
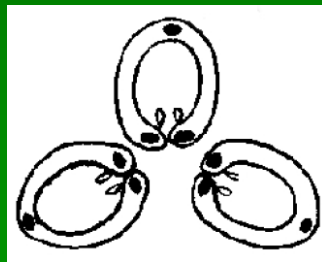


Cross Sections



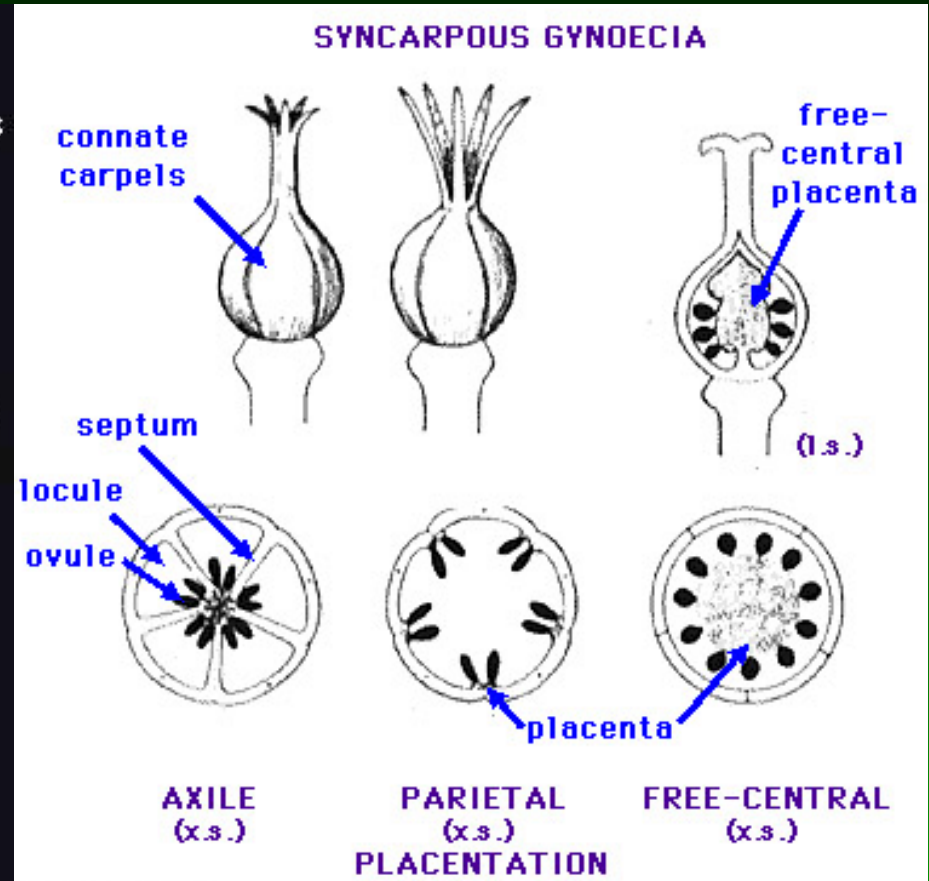
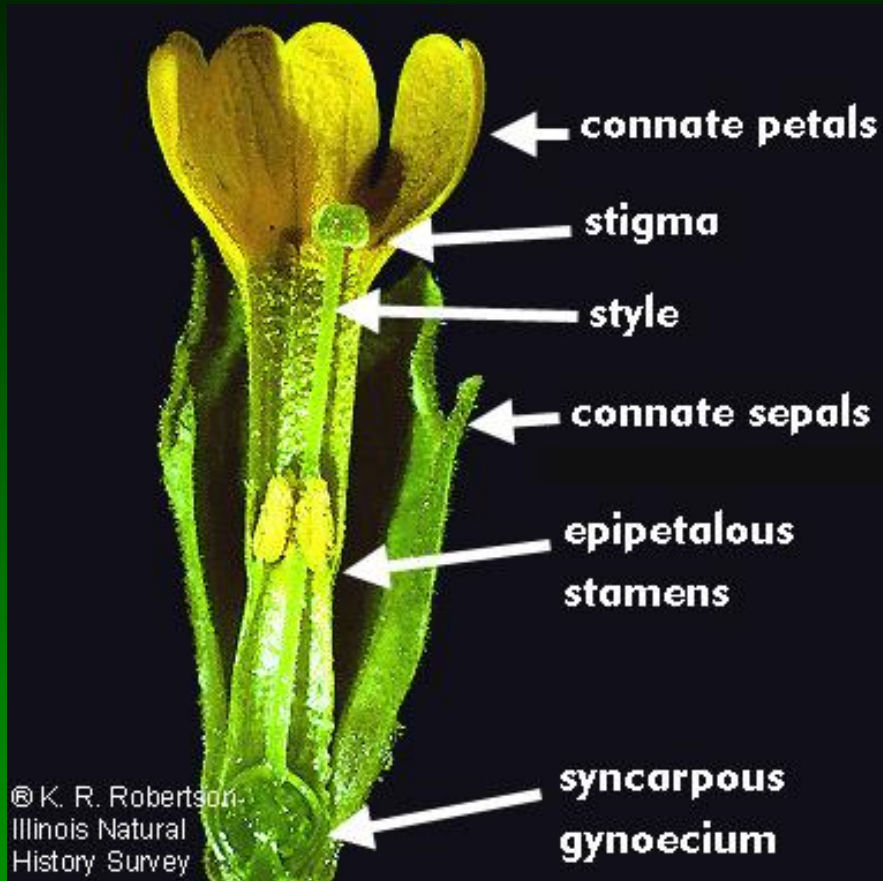
© K. R. Robertson  
Illinois Natural History Survey

# Volné, vzájemně nesrostlé plodolisty = apokarpní gyneceum



podle polohy vajíček zde rozlišujeme hlavní typy placentace: marginální, nebo laminální = laminární.

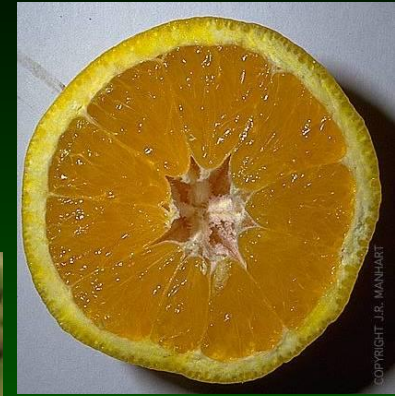
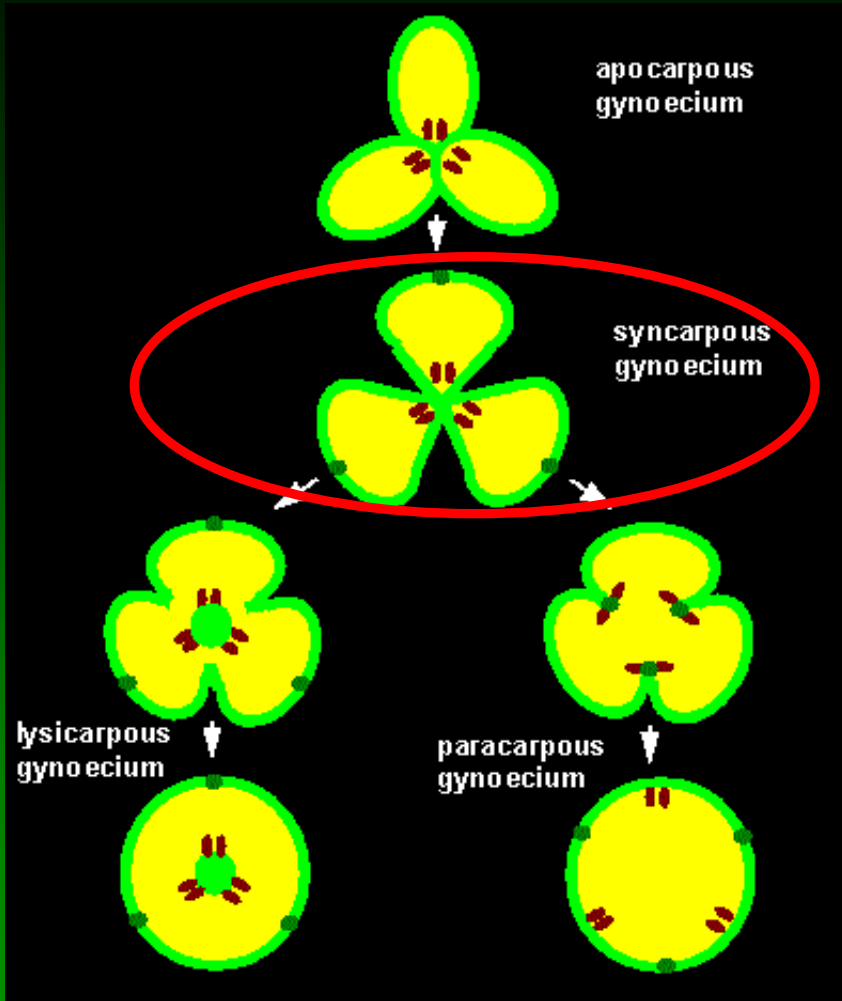
# Vzájemně srostlé plodolisty = cénokarpní gyneceum



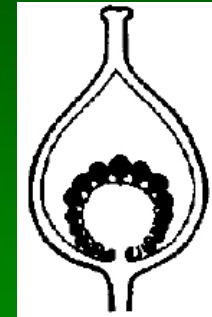
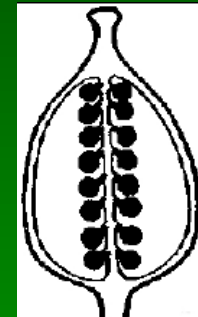
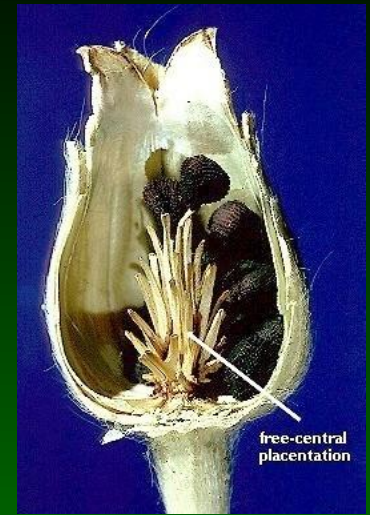
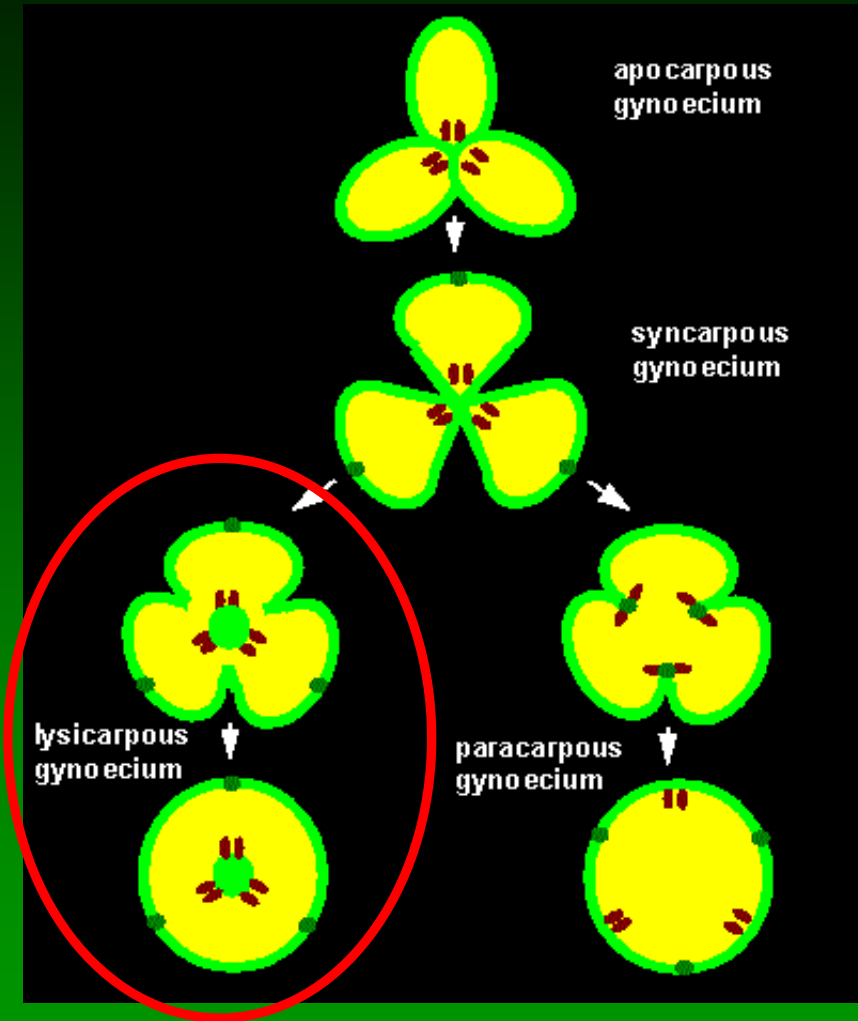
Podle polohy vajíček na plodolistech – tři typy placentace:  
1. axilární, 2. parietální a 3. centrální (popř. až bazální)



# Synkarpní gyneceum = axilární placentace = plodolisty bočně srostlé



# Lysikarpní gynoecium = centrální nebo bazální placentace



*Primulaceae*

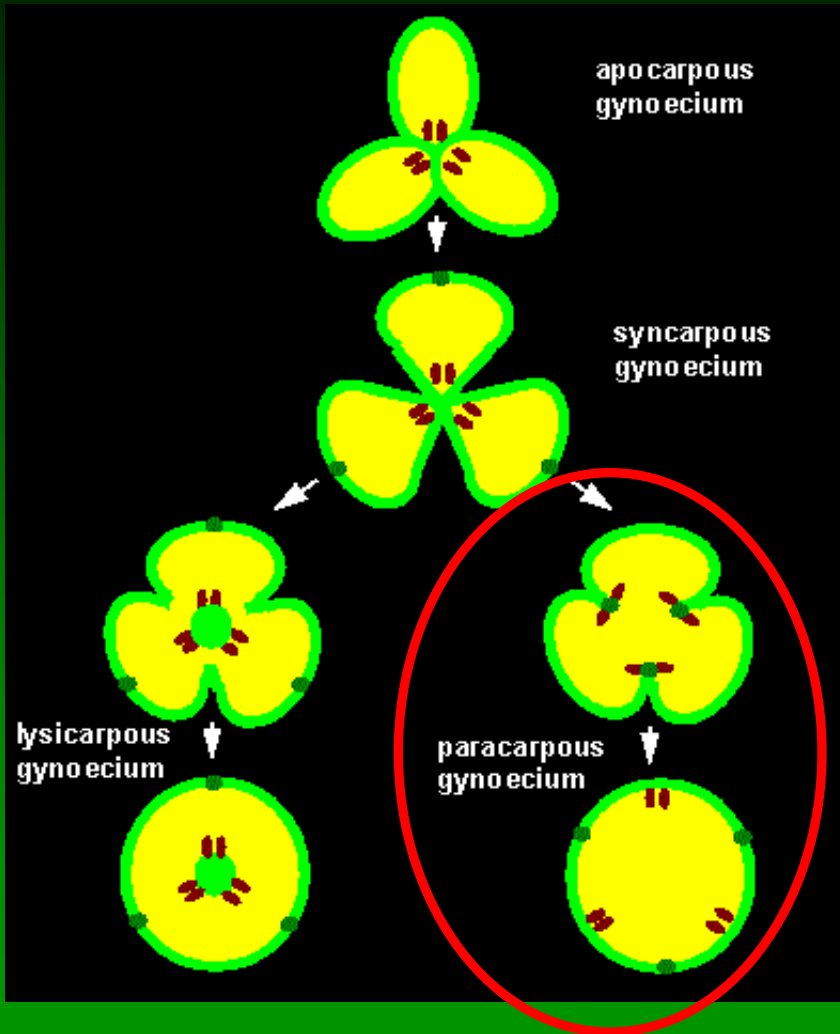


*Caryophyllaceae*



přepážky synkarpního gynocea zanikly

# Parakarpní gynoecium = parietální placentace



plodolisty srostlé svými okraji

*Orchidaceae*

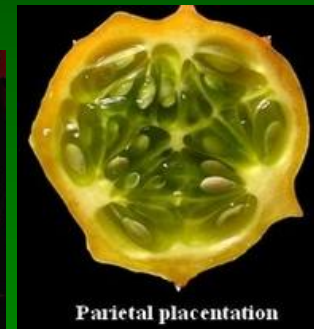
*Cactaceae*



*Chenopodiaceae*



*Cucurbitaceae*



*Orobanchaceae*



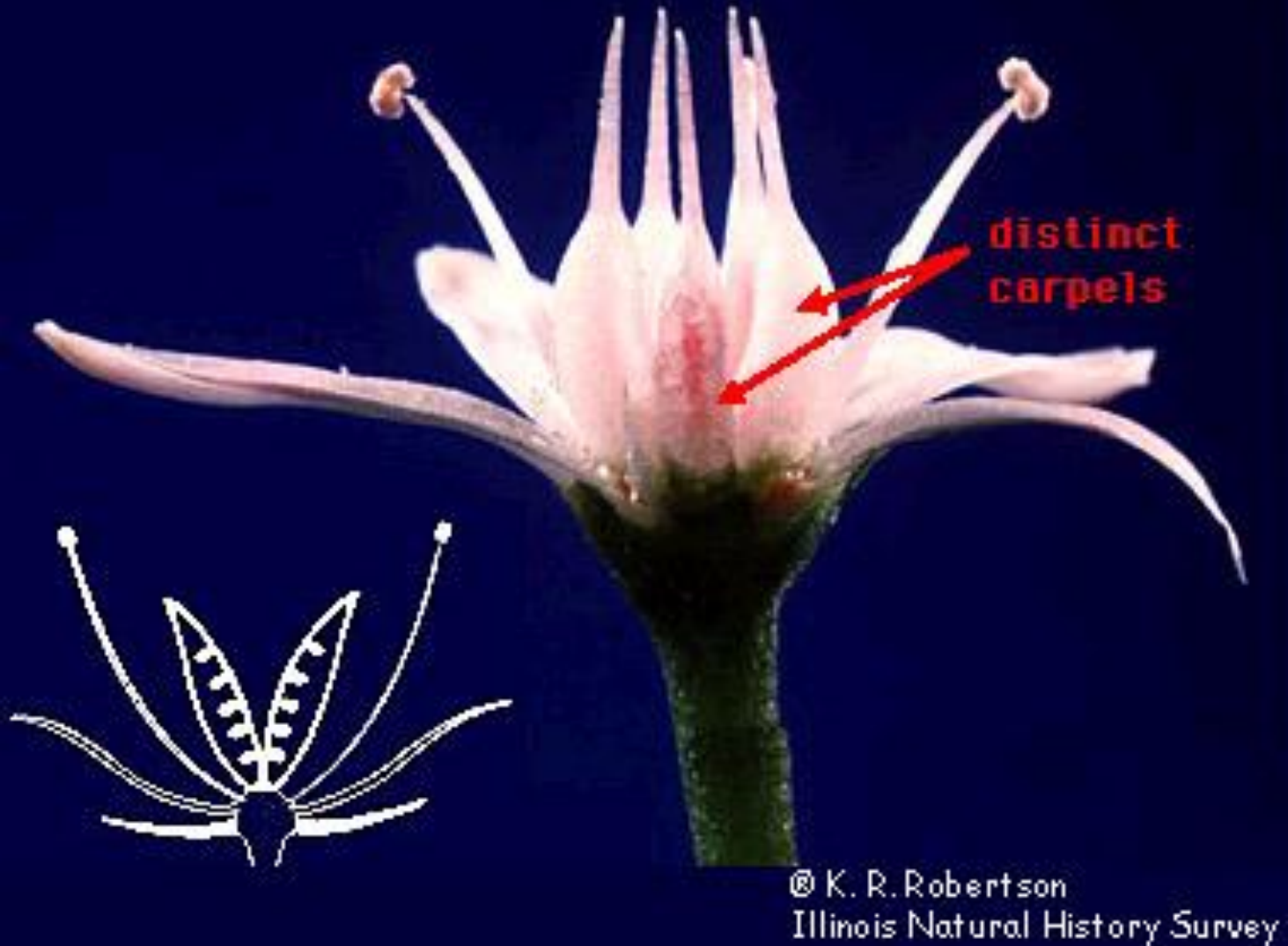
*Brassicaceae*



*Violaceae*

Volné plodolisty apokarpního gynecea mívají pačnělku (**stylodium**)

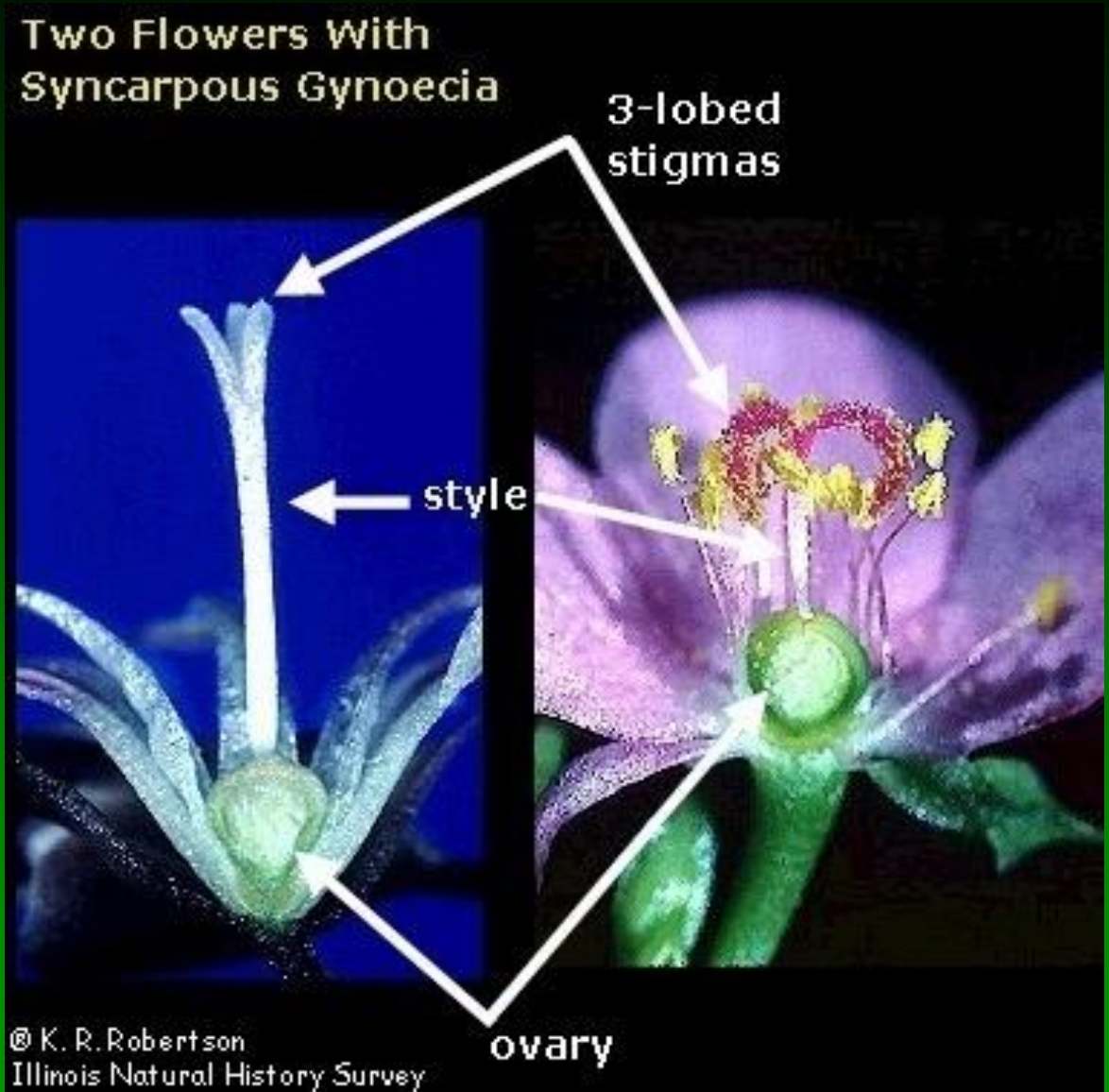
## Apocarpous gynoecium



U cénokarpního gynecea jsou stylodia často srostlá v **čnělku** (stylus)

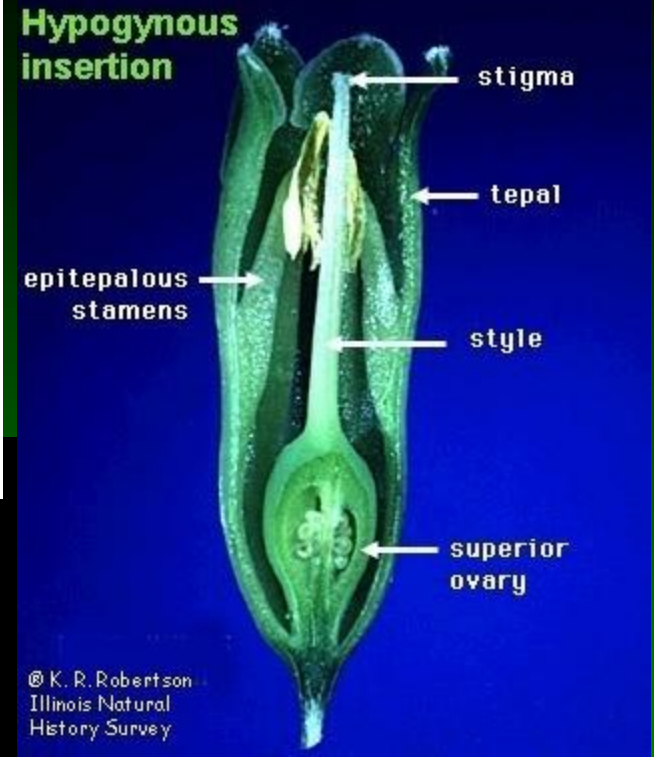
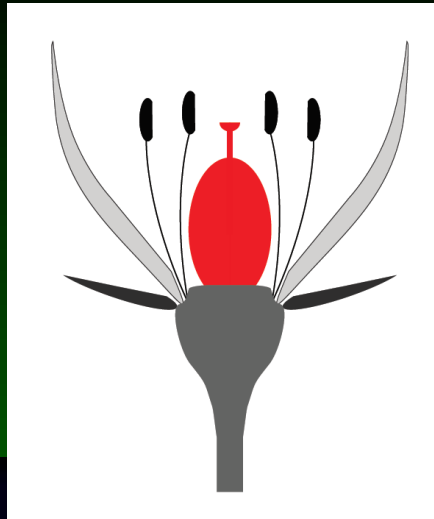
Čnělka bývá na vrcholu často rozšířená v **bliznu** (stigma)

Vajíčka jsou uzavřena ve spodní části pestíku - v **semeníku** (ovarium)

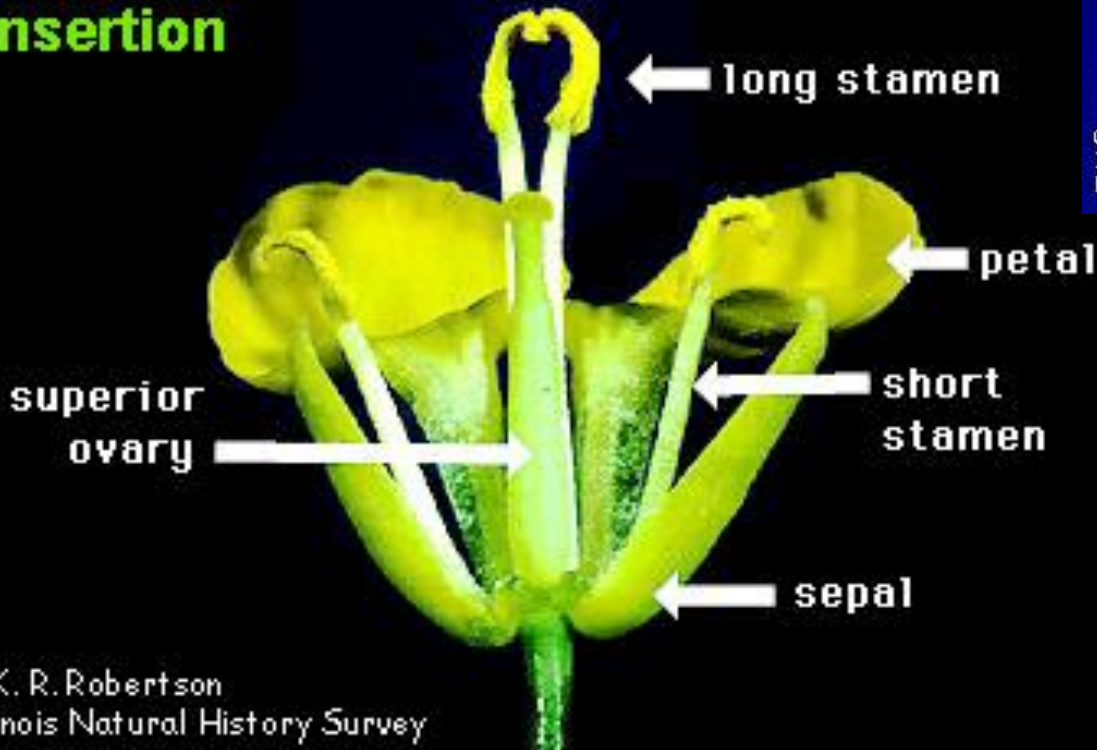


Čnělka, nitky i spodní semeník se vyvinuly jako snaha odvést opylovače co nejdál od nutričně hodnotných vajíček

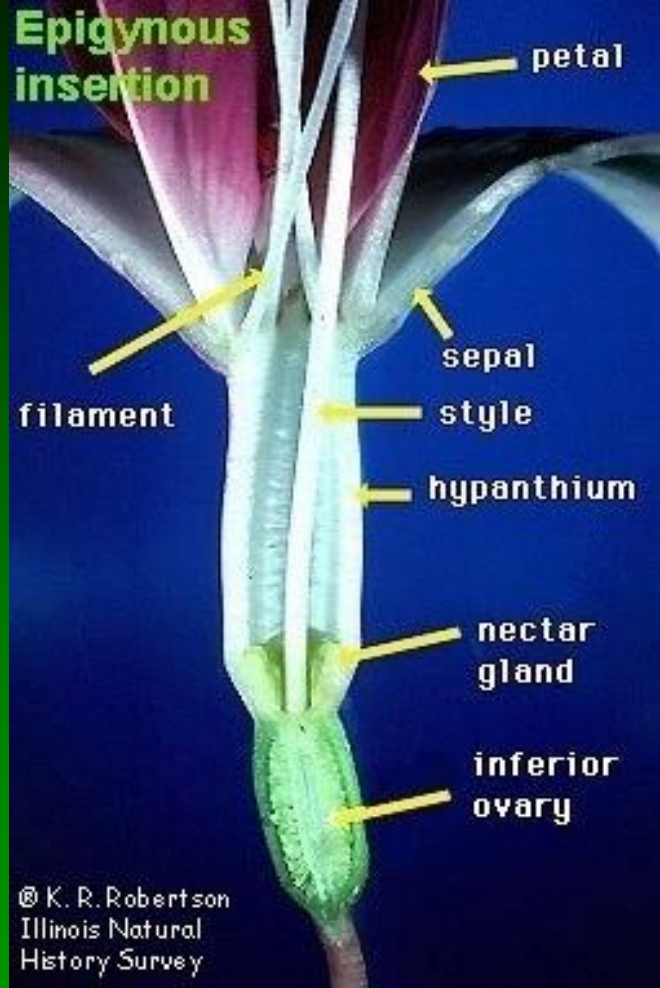
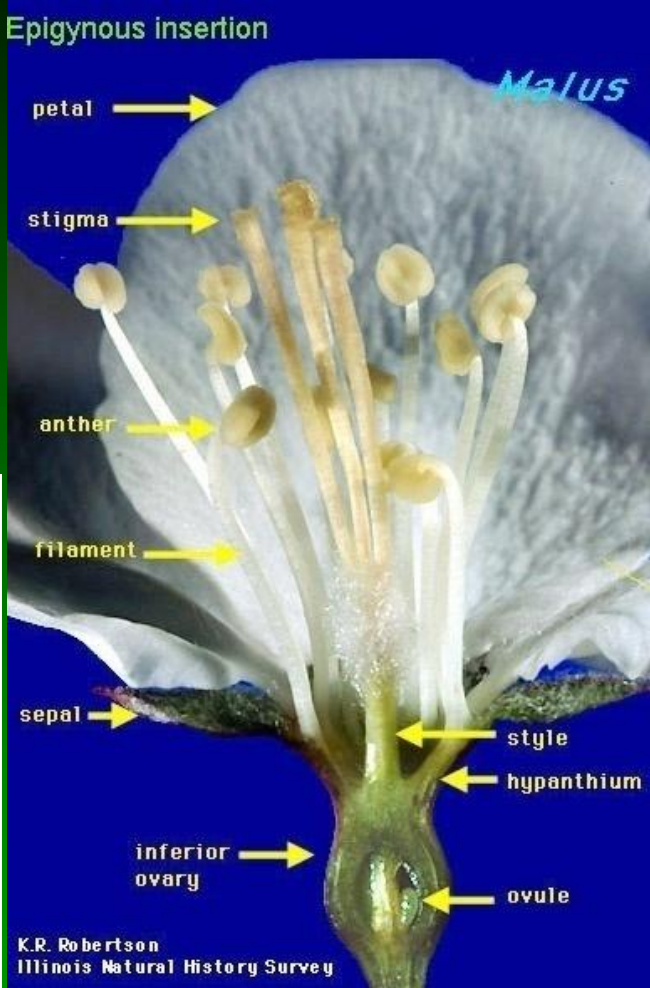
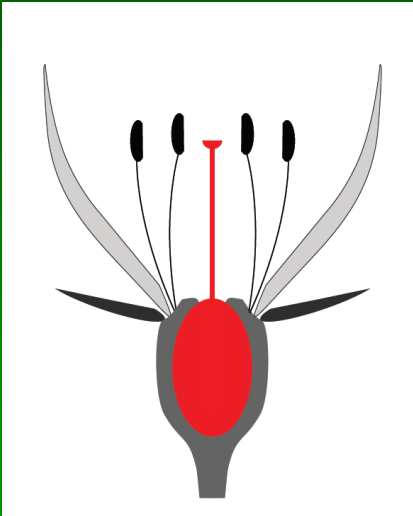
# Svrchní semeník



## Hypogynous insertion



# Spodní semeník



K lákání opylovačů mohou být v květu nektaria = medníky  
= plošky, papily nebo trichomy tvořené tenkostěnnými buňkami bez kutikuly  
produkujícími (na principu difúze) nektar = tekutinu s vysokým obsahem cukru.





Květy mohou být buď jednoduché,  
nebo skládají květenství různých typů



# Jednotlivé květy - *Papaver*

*Papaver*

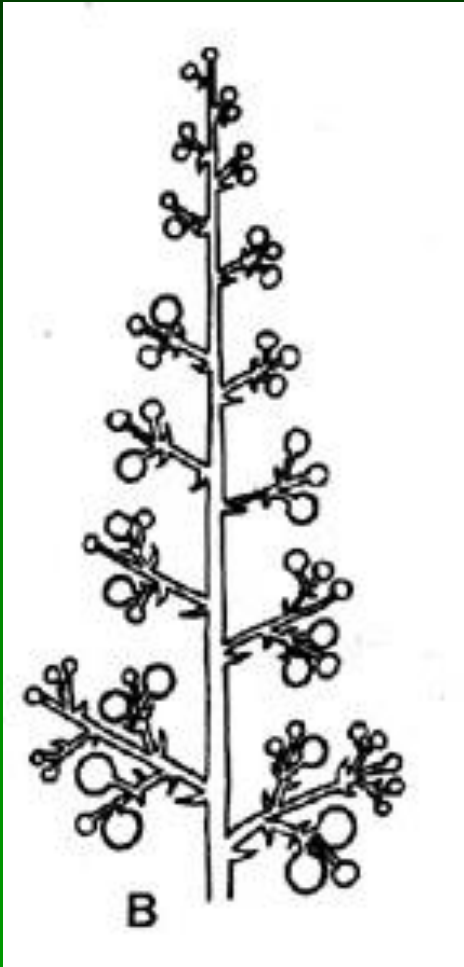
*Convolvulus*



# Hroznovitá květenství

# lata

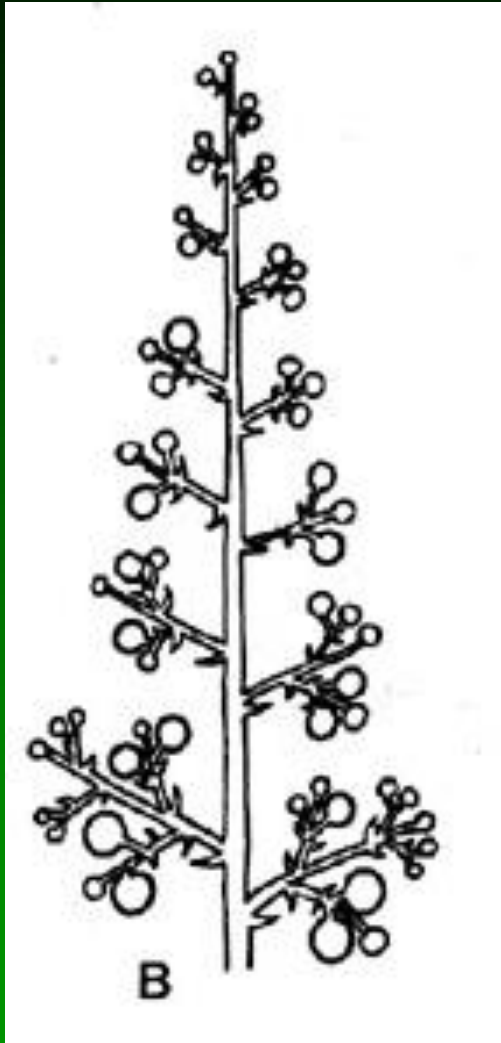
dlouhé hlavním větveno  
na něm ještě  
kratší rozvětvené postranní větve  
(*Vitis vinifera*, vinná réva).



Lata

šeřík (*Syringa*, *Oleaceae*)

javor (*Acer*)

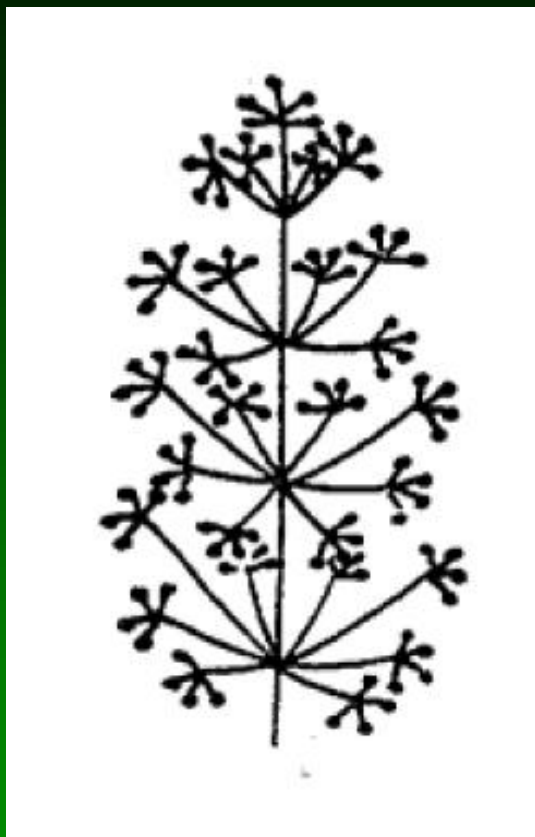


© K. R. Robertson  
Illinois Natural History Survey

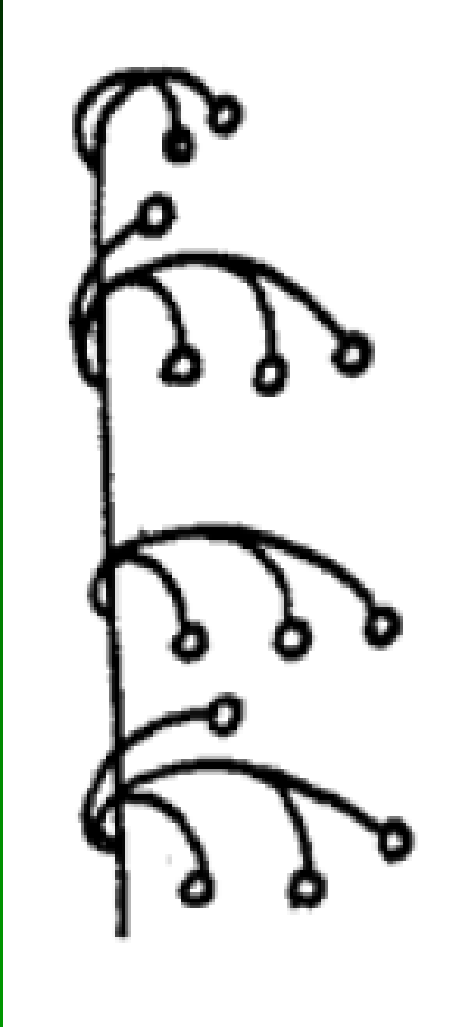


Přeslenitá lata

žabník (*Alisma*)



# Jednostranná lata



*Bromus*

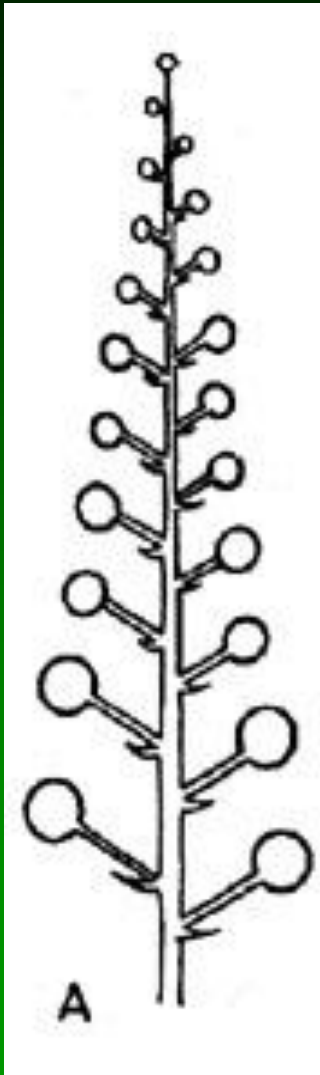


*Festuca*



*Melica uniflora*

hrozen



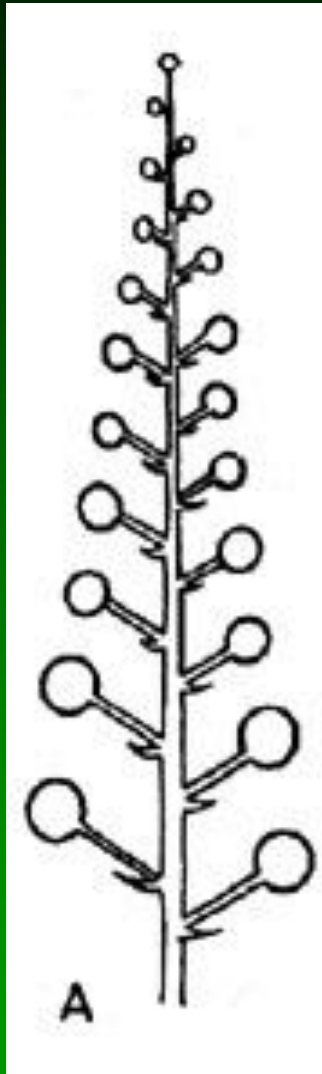
*Aconitum*



*Corydalis*



hrozen

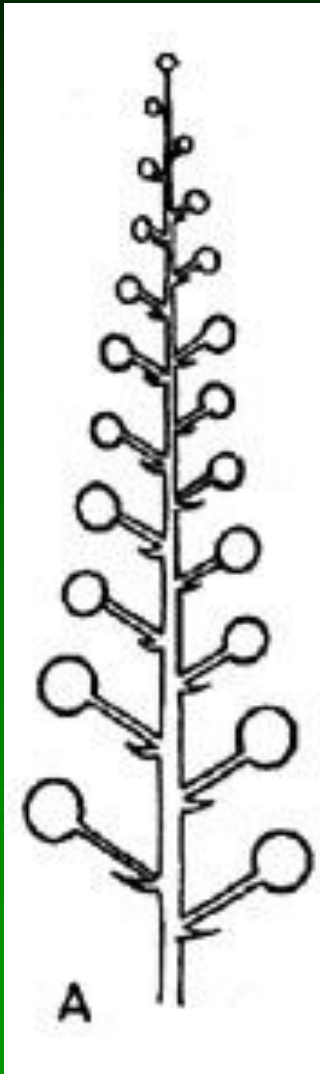


*Lupinus*



*Hyacinthus*

hrozen

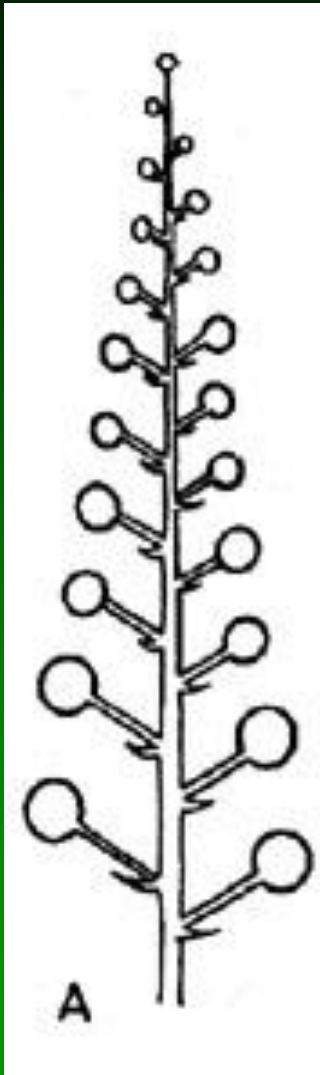


penízek (*Thlaspi*)

pstroček (*Maianthemum*)



hrozen

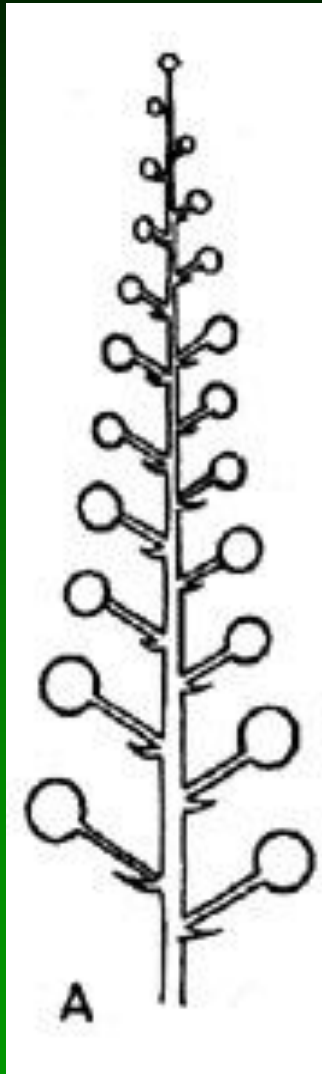


vrbovka (*Chamaenerion*,  
*Onagraceae*)



vachta (*Menyanthes*,  
*Menyanthaceae*)

# hrozen



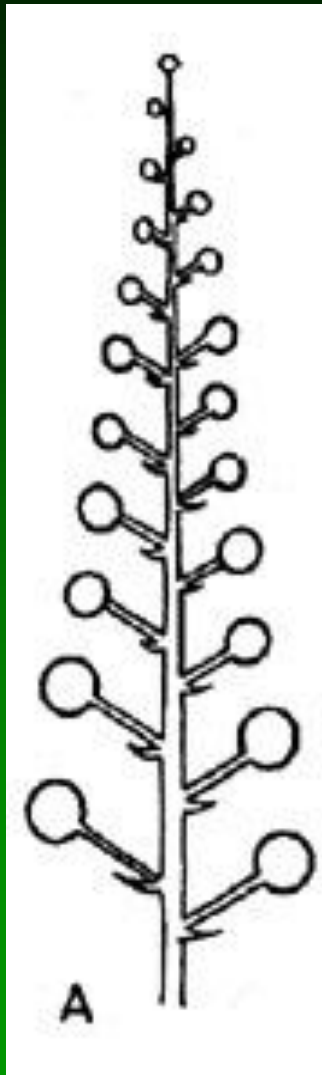
vřes (*Calluna*, *Ericaceae*)



rybíz (*Ribes*, *Grossulariaceae*)



hrozen

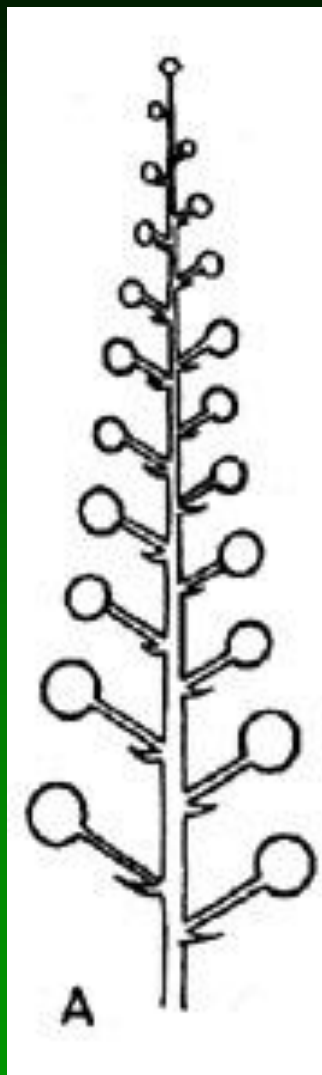


střemcha (*Padus racemosa*)



akát (*Robinia pseudacacia*)

hrozen

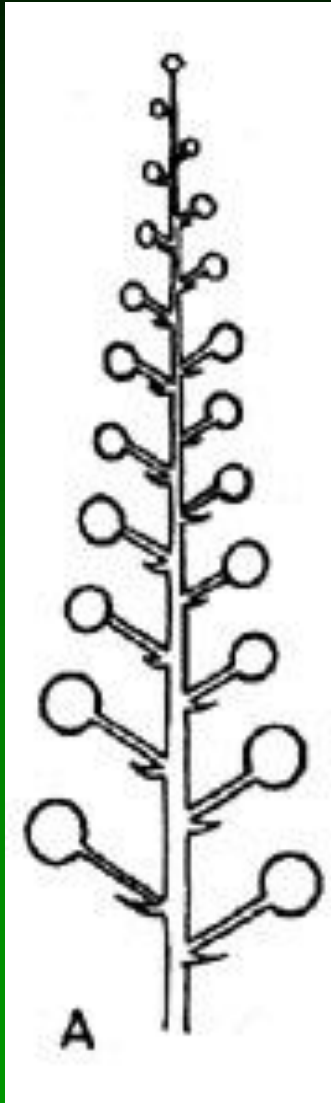


Inice květel (*Linaria vulgaris*)



rozrazil rezekvítek (*Veronica chamaedrys*) – úžlabní hrozny

hrozen



prstnatec (*Dactylorhiza majalis*)

modřenec (*Muscari*)

hrozen



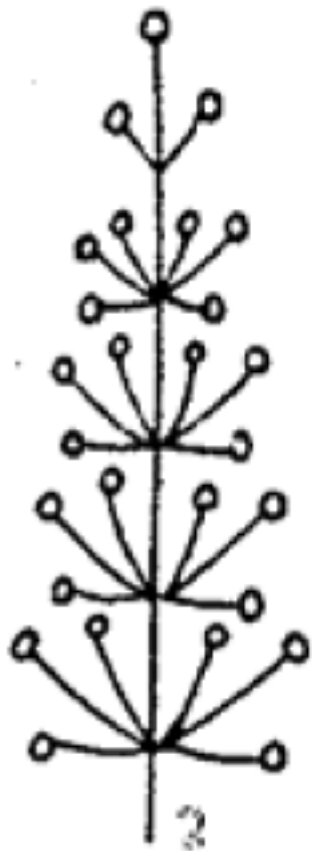
samorostlík klasnatý (*Actaea spicata*)



dřišťál (*Berberis vulgaris*)



hrozen  
přeslenitý



*Hottonia palustris*, žebrotka bahenní



*Primula japonica*

*Primulaceae*

jednostranný  
hrozen

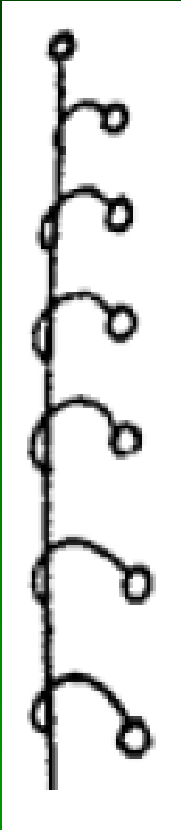
**hruštička**  
*(Ramischia)*



**Vicia**



**Digitalis**



**Convallaria**



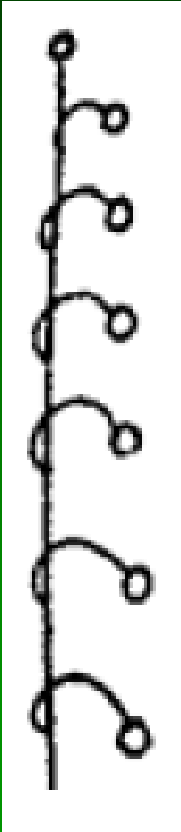
**Campanula rapunculoides**



**Melica nutans**

jednostranný  
hrozen

*Lathraea  
squamaria*



# Klas

rdest (*Potamogeton*)

jitrocel (*Plantago*)



ostřice (*Carex*)

krvavec  
(*Sanguisorba*)

zvonečník (*Phyteuma*)

# Jehněda

*Populus tremula*

*Salix*



© - josef hlasek  
www.hlasek.com  
*Carex sylvatica* a609

*Carex sylvatica*



*Piper nigrum*  
Piperaceae  
© G. D. Carr

*Piper*



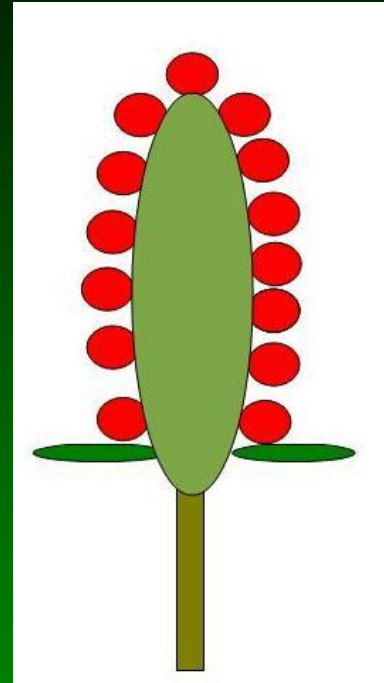
*Acorus*

# Palice

*Araceae*



*Zea*



*Typha*

# Jednostranný klas

*Melampyrum*



# Dvouřadý klas

*Bromelia*



*Cyperus*





# Klásek - *Poaceae*



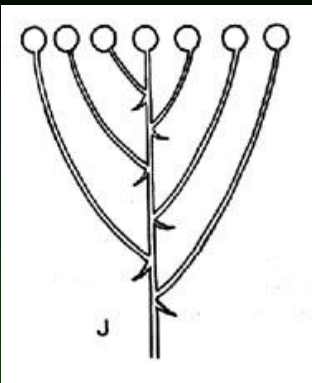
# Složený klas – klas z klásků (lichoklas)



*Blysmus*



*Lolium*



Chocholík

štěničník (*Iberis*)



mahalebka  
(*Prunus  
mahaleb*)

snědek okoličnatý  
(*Ornithogalum  
umbellatum*)



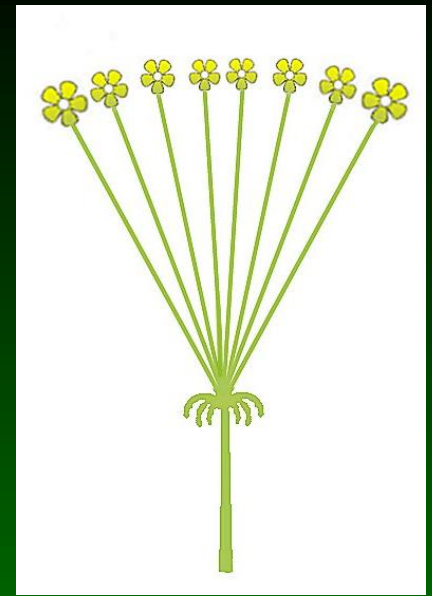


štírovník  
(*Lotus*)

jarmanka  
(*Astrantia*)



(Jednoduchý)  
okolík



břečťan (*Hedera*)

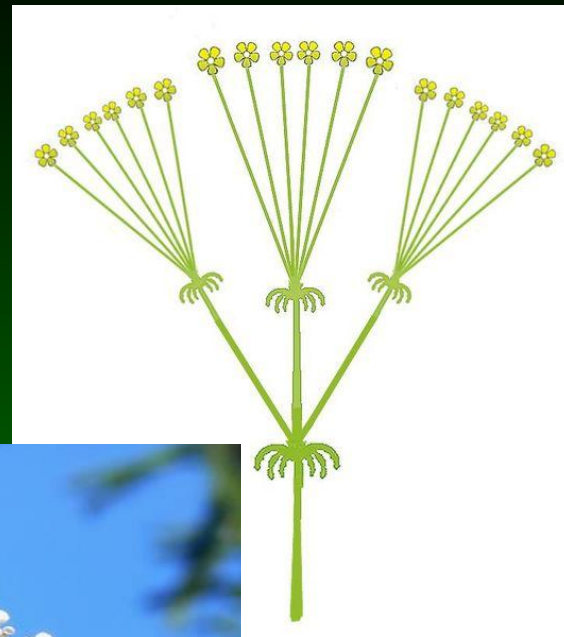


Složený okolík -  
*Apiaceae*



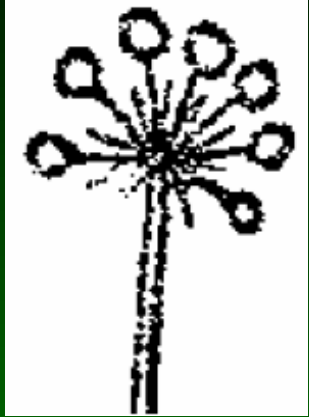
*Aegopodium  
podagraria*

*Daucus carota*



<http://botanika.wendys.cz>

# Hlávka



*Trifolium*

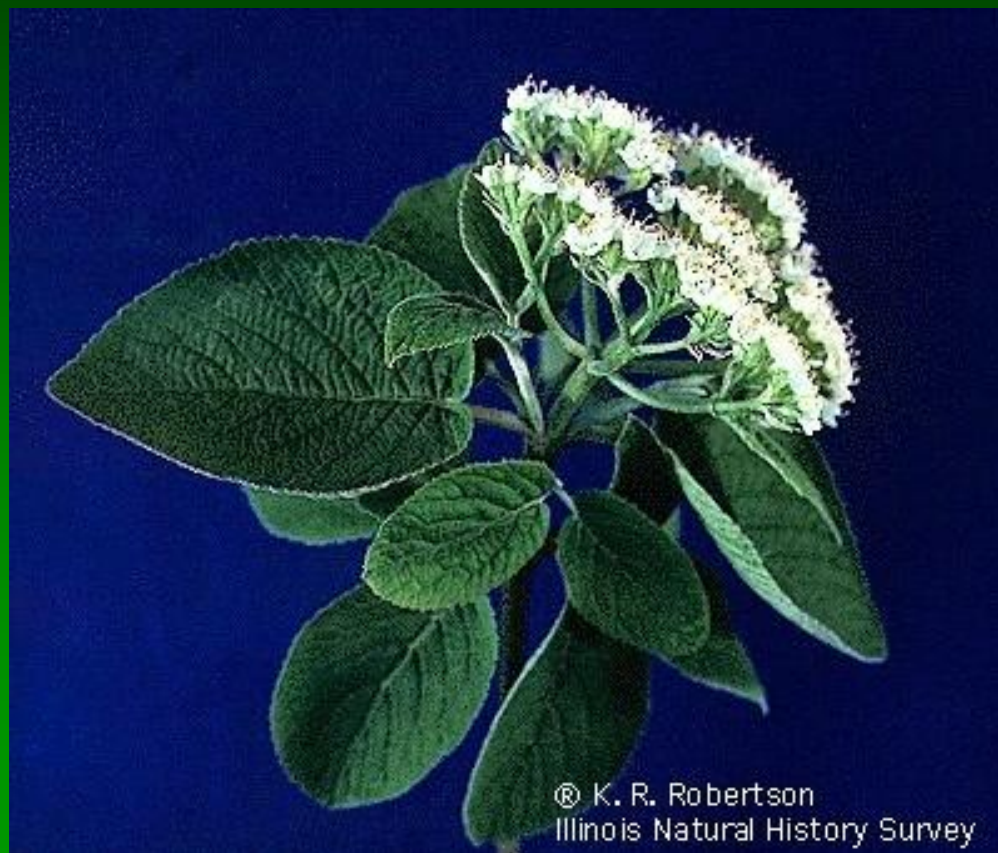
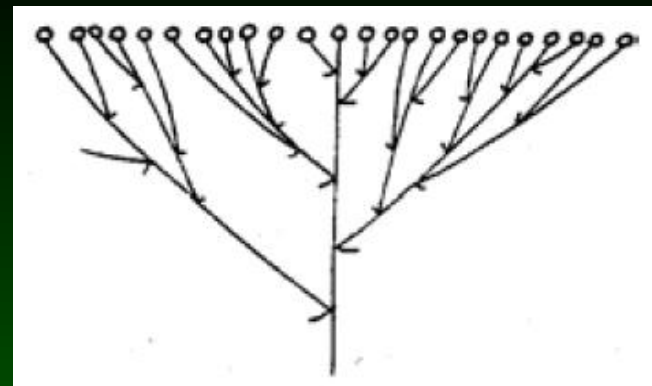


*Phyteuma orbiculare*

# Úbor - Asteraceae



# Chocholičnatá lata



© K. R. Robertson  
Illinois Natural History Survey

***Viburnum***



***Sambucus***



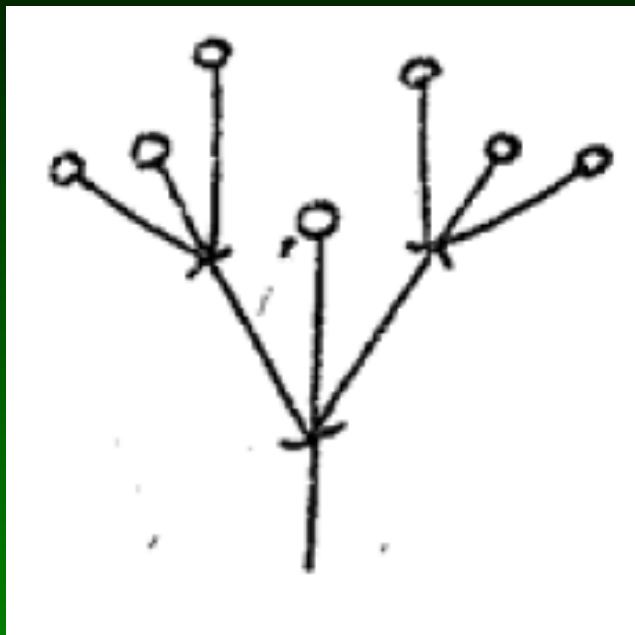
# Chochličnatá lata



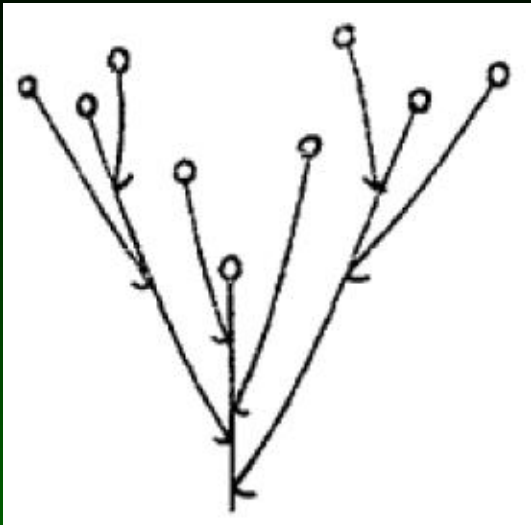
*sorbus aucuparia*  
© 2004 pictured by antonie van den bos  
for aycronto.com

# Vrcholičnatá květenství

# Vidlan - *Caryophyllaceae*



# Kružel



*Juncus effusus* *J. conglomeratus*  
strboulovitě stažený kružel



*Luzula*



*Filipendula*



*Schoenoplectus*

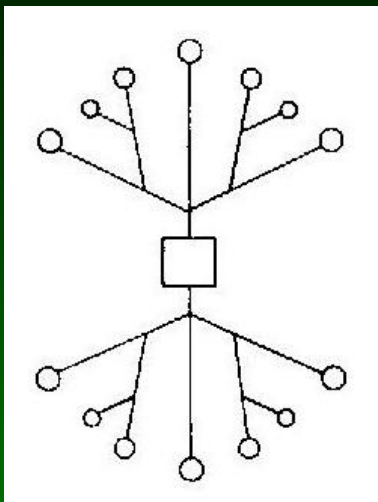


*Eriophorum*

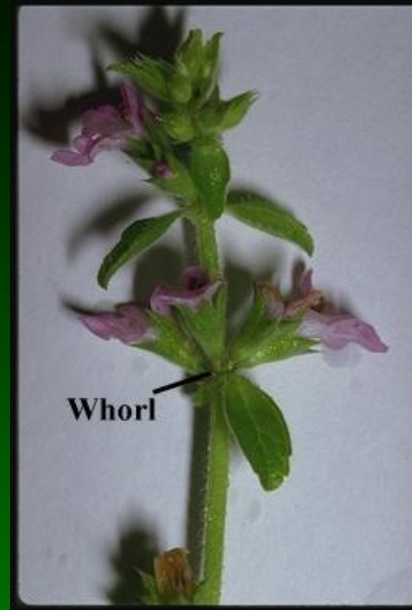


strboulovitě  
stažený kružel

Lichopřeslen bývá tvořen vidlany (nebo vijany)



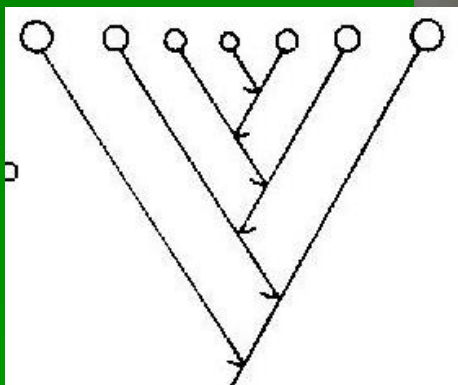
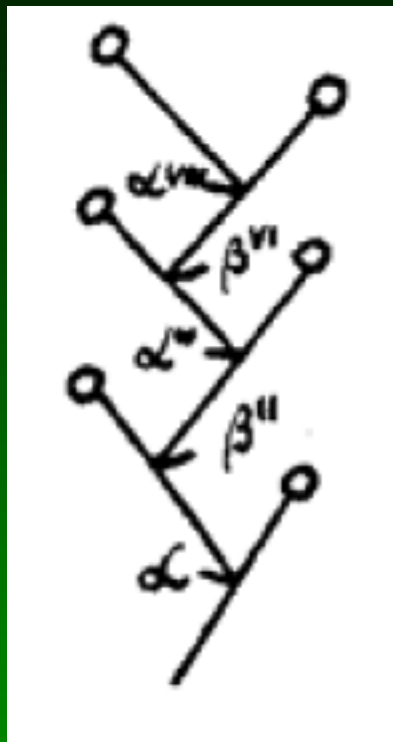
*Rumex*



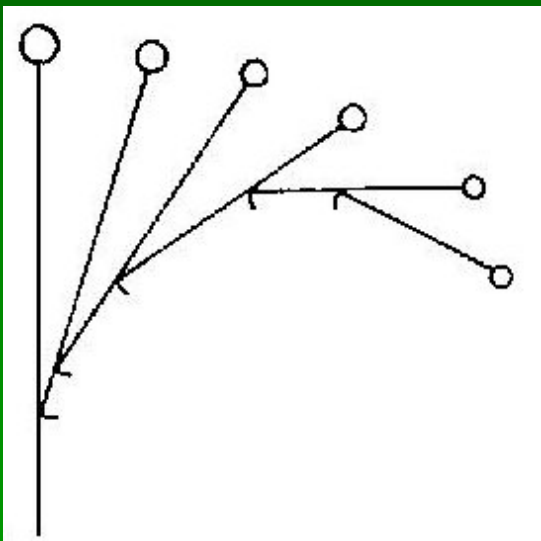
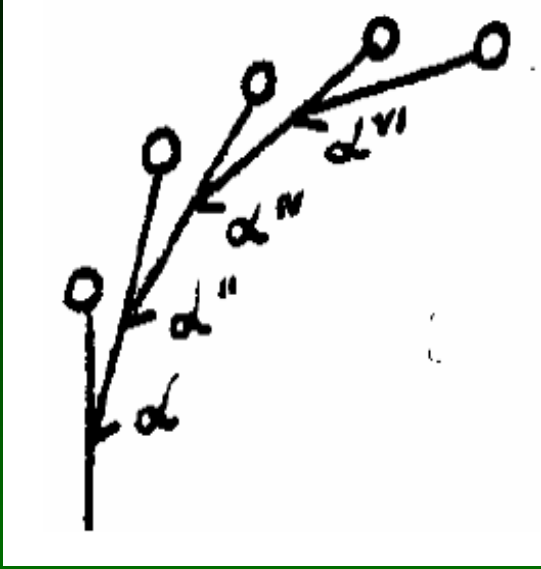
*Lamiaceae*



# Vějířek - *Iridaceae*



# Srpek – *Gladiolus*

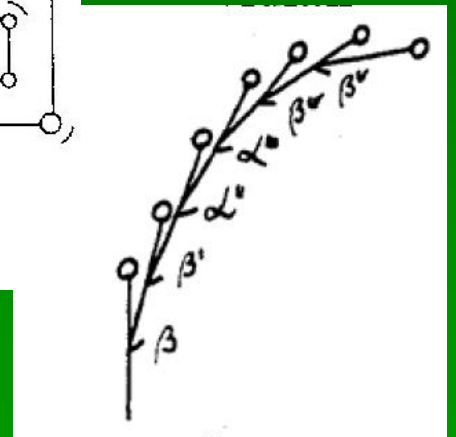
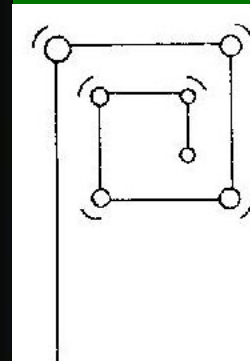


# Šroubel (o 90° a na jednu stranu)

šmel  
okoličnatý  
(*Butomus  
umbellatus*)



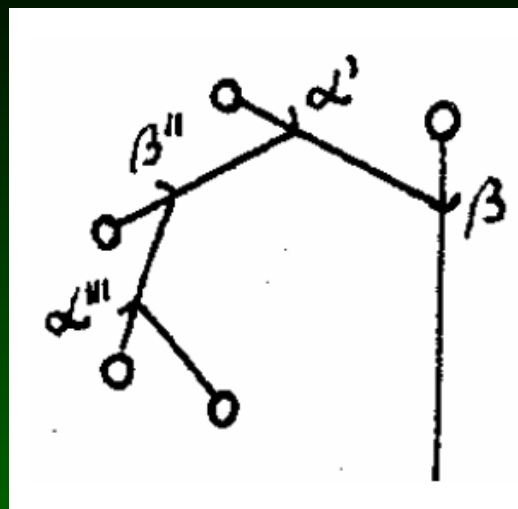
*Alliaceae*





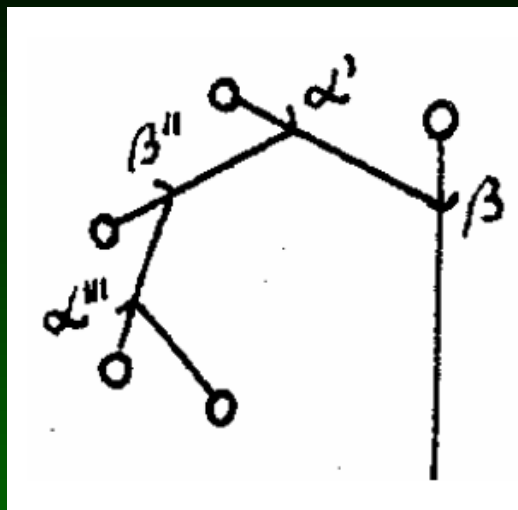
Vijan (o 90° a na různé strany)

- *Solanum*



Dvojvijn (o 90° a na různé strany)

- *Boraginaceae*



# Příklady složených květenství a jim podobných zhovadilostí

# Hrozen až lata úborů

*Petasites*

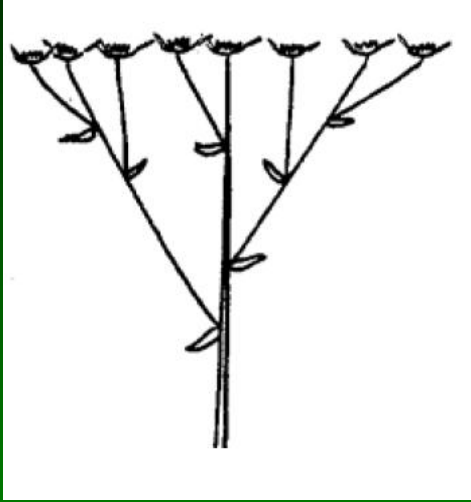


Chocholík až  
chocholičnatá  
lata úborů

*Achillea millefolium*



*Tanacetum vulgare*



*Eupatorium cannabinum*

*Tanacetum parthenium*

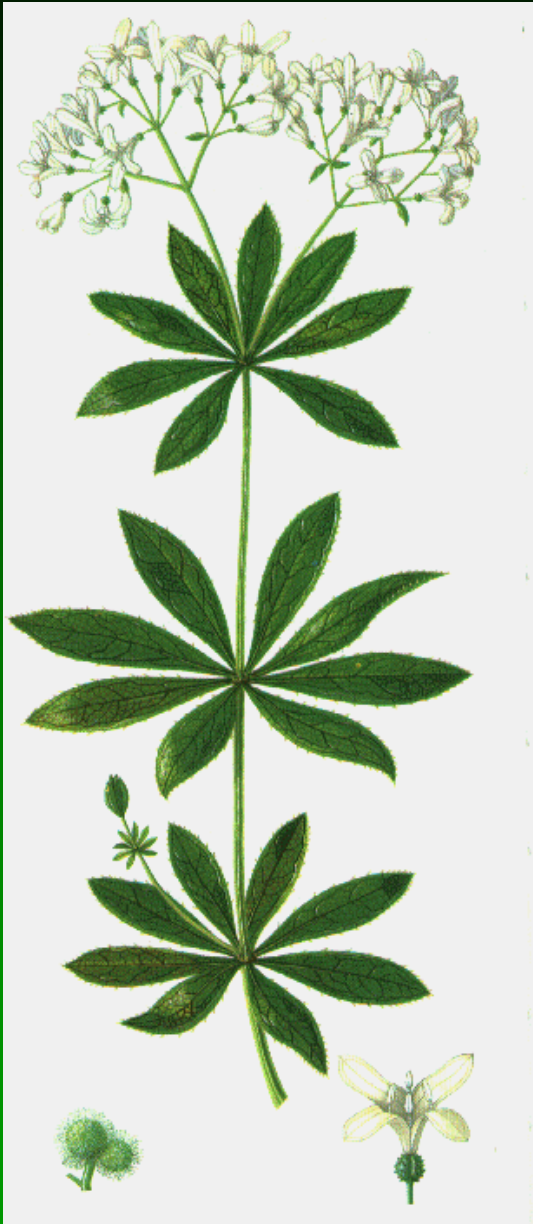
# Lata složená z klásků

třeslice (*Briza*)

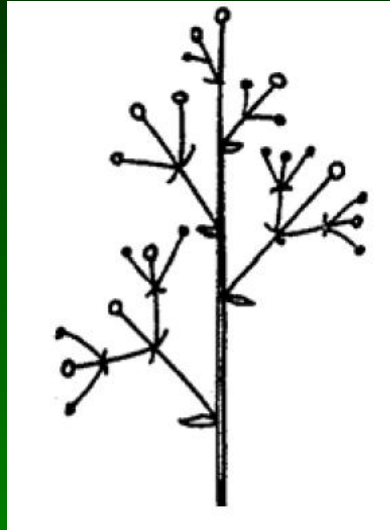
lipnice (*Poa*)



# Chocholičnatá lata vidlanů



*Galium  
odoratum*



*Galium  
album*

Lata vidlanů



# Lata vijanů

**jírovec (*Aesculus hippocastanum*)**



[www.naturfoto.cz](http://www.naturfoto.cz) © Jiri Bohdal



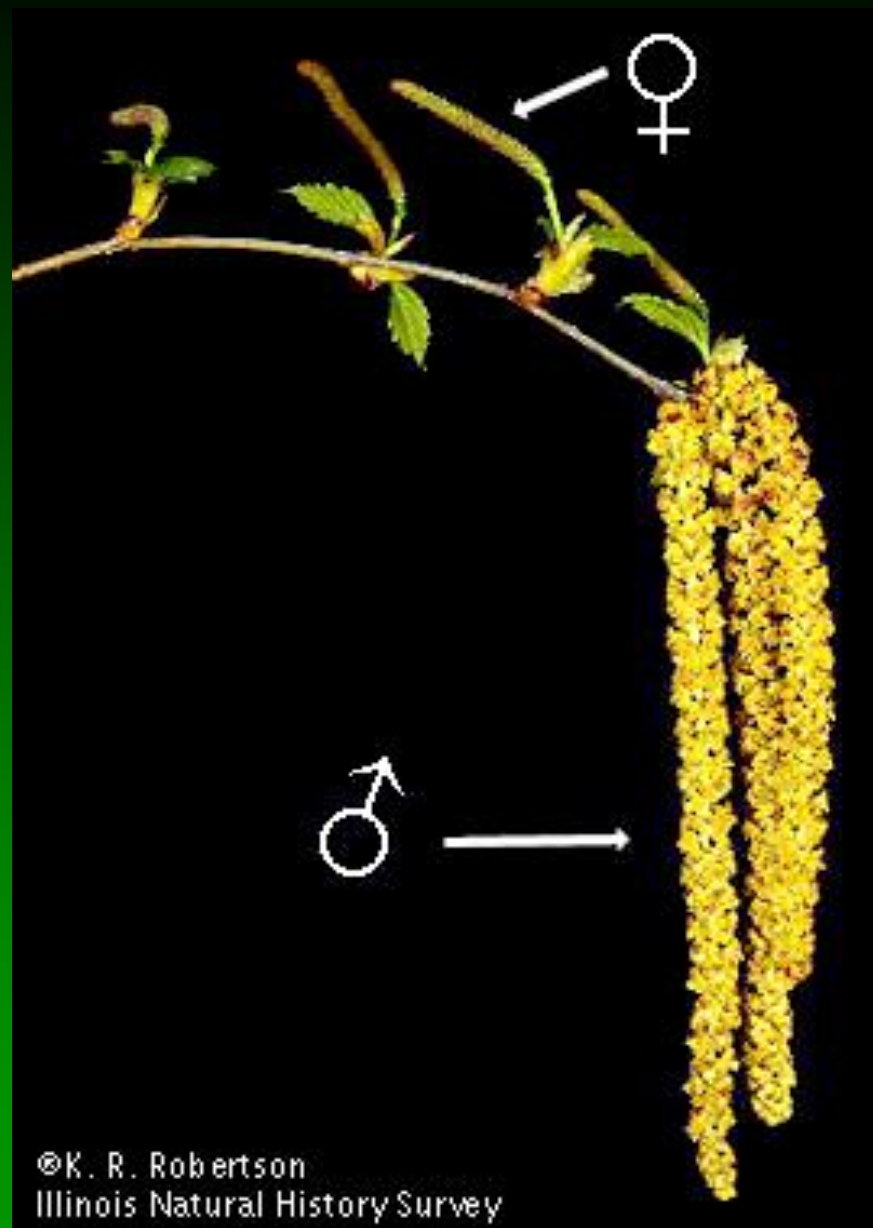
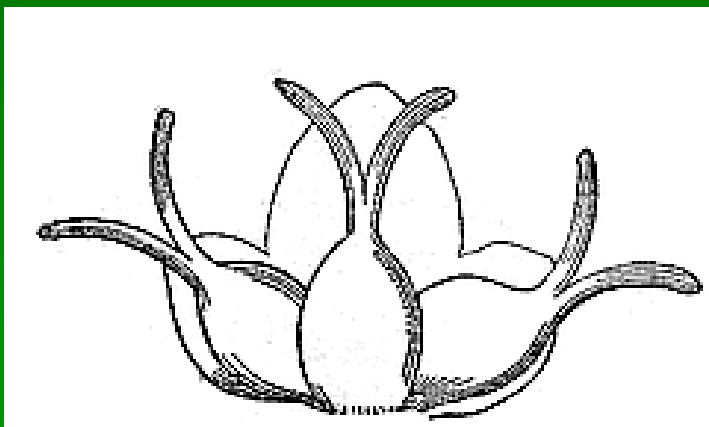
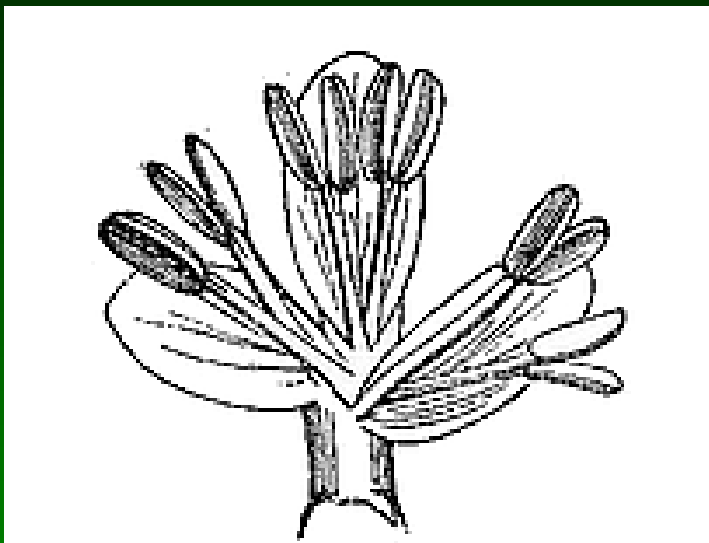
jednostranný  
hrozen složený  
z klásků



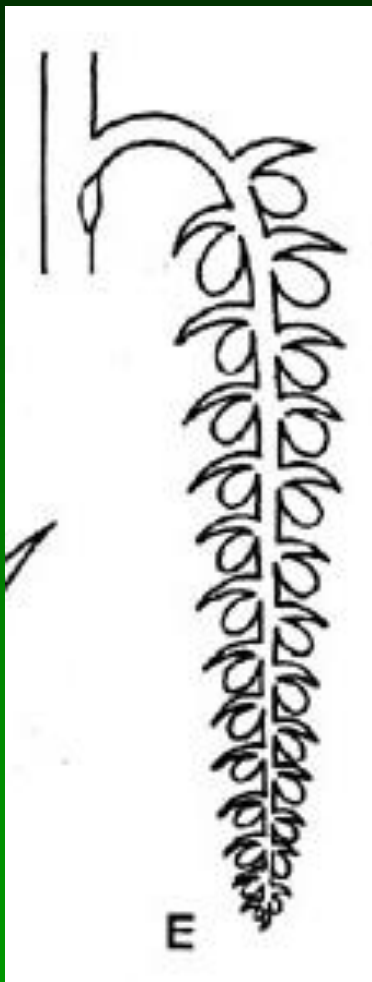
*Melica nutans*

# Jehněda tvořená vidlany

*Betula*



Jehněda  
tvořená  
vidlany



*Quercus*

*Juglans  
regia*



*Castanea sativa* MILL.  
©Bernd Liebermann

*Castanea  
sativa*



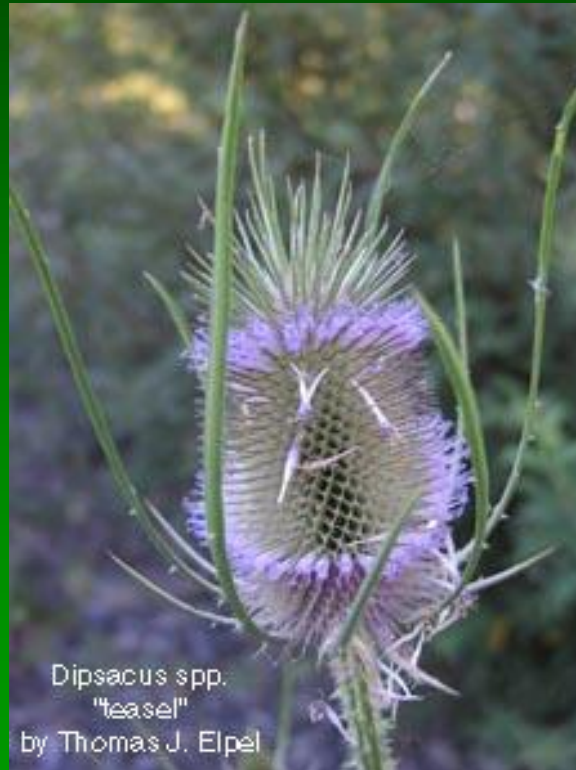
*Alnus*

(samčí květenství)

# Strboul



*Succisa*



*Dipsacus*



*Knautia*

hlávka tvořená  
vidlany

*Dipsacaceae*

# Strboul jednokvětých úborů

*Echinops*



**Klubíčka:** Lichopřeslen, lichoklas nebo licholata mohou být tvořeny také staženými vidlany = klubíčky



*Urtica*



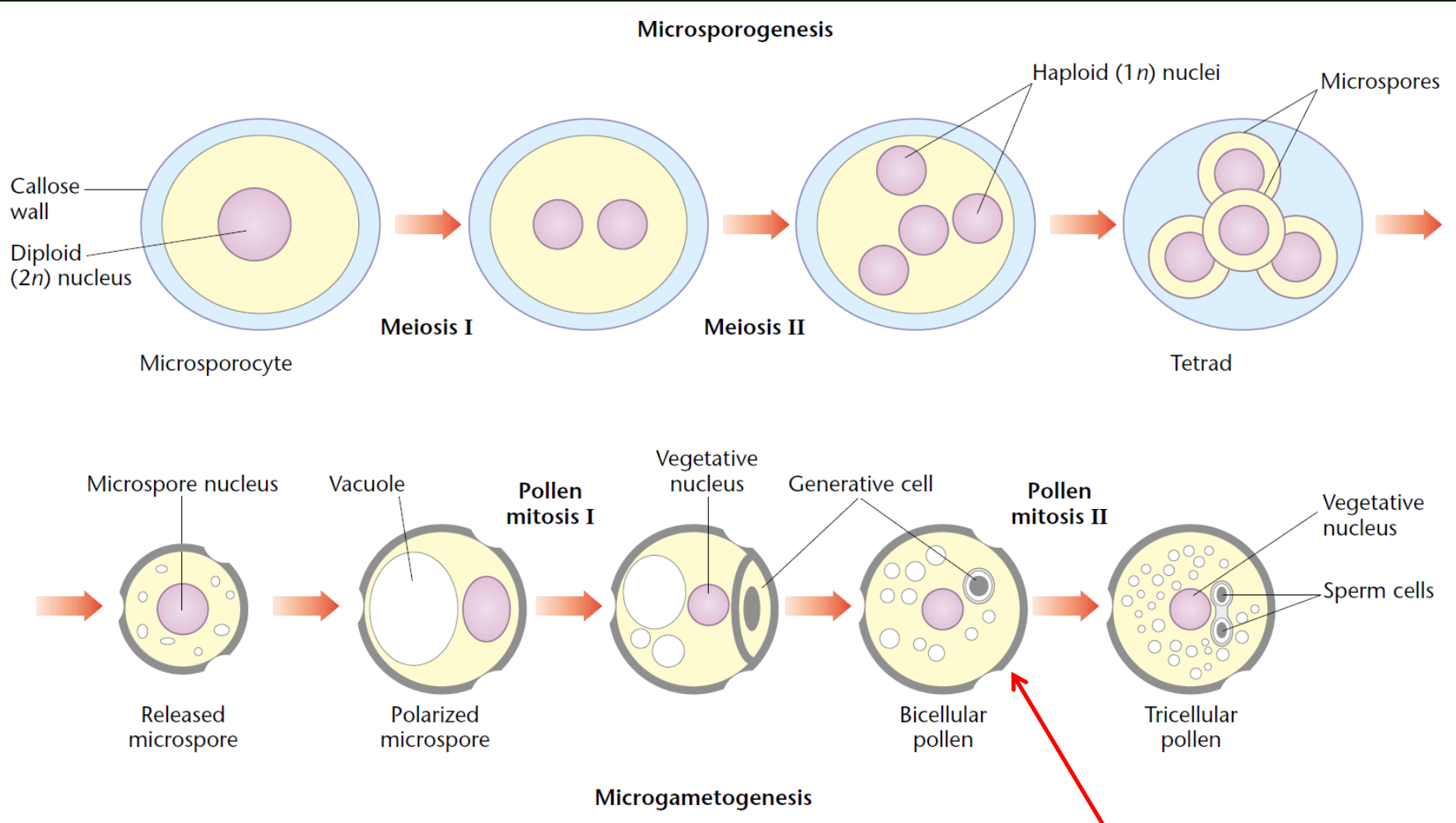
*Chenopodium*

# Rozmnožování krytosemenných rostlin

morfologie pohlavních  
orgánů

rodozměna

# Ontogeneze pylu

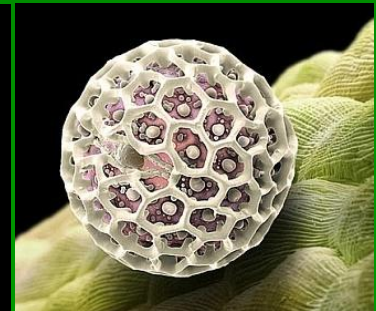
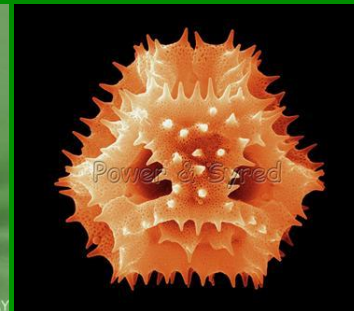
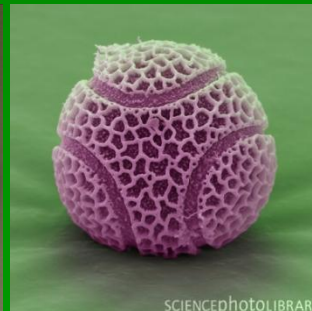
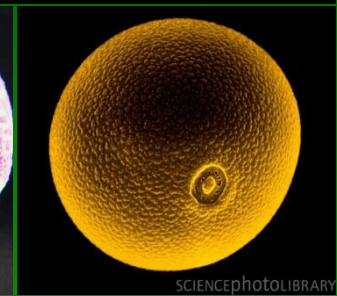
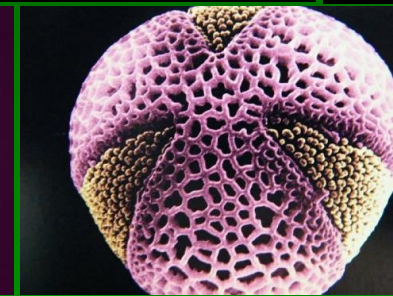
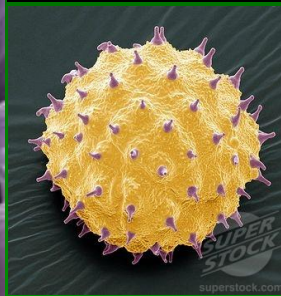
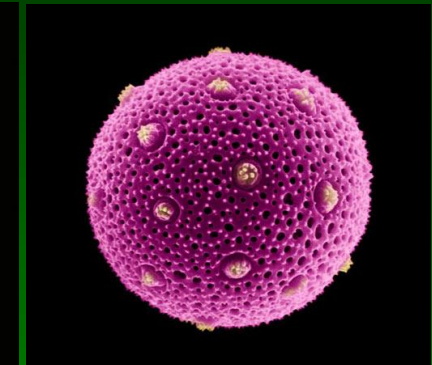
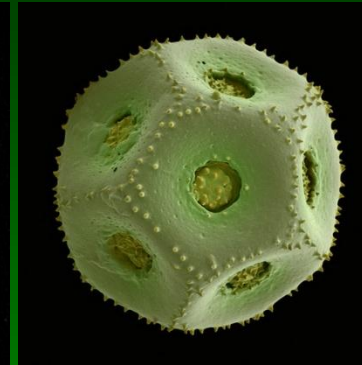
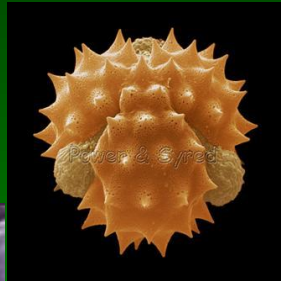
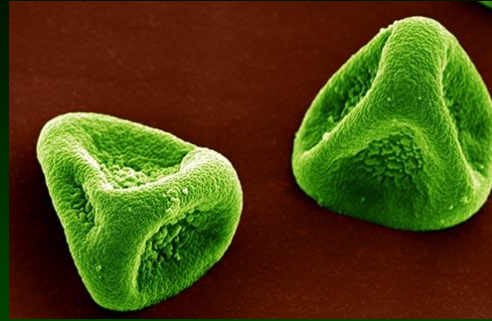


generativní buňka  
migruje do cytoplasmy



# Pyl a opylení (angl. pollination)

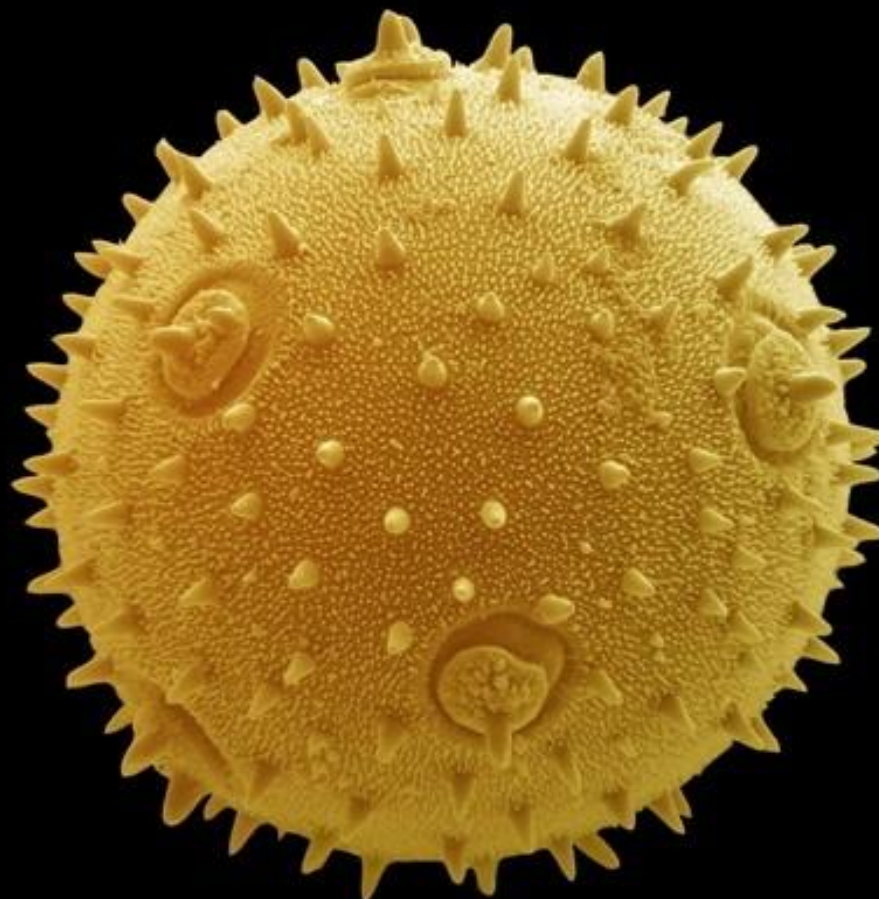
pylová zrna bez  
vzdušných  
vaků



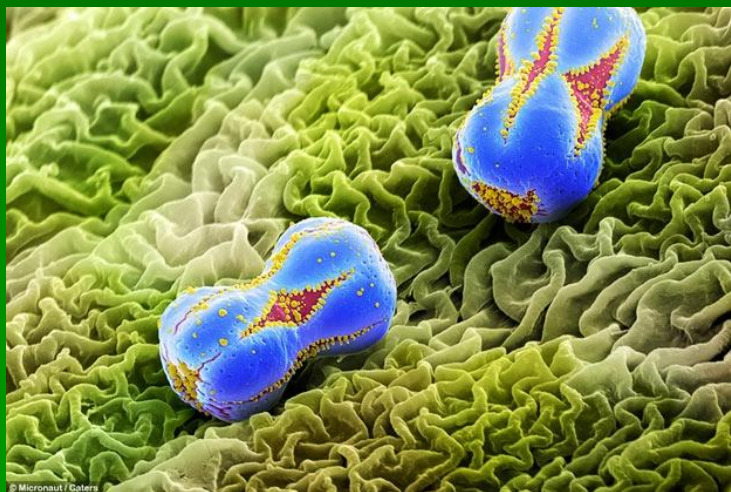
# Velikost pylu

6 – 150  $\mu\text{m}$

*Cucurbita*



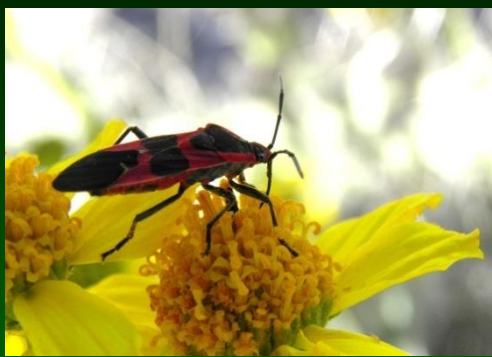
*Myosotis*



*Myosotis*

SCIENCEPHOTOLIBRARY

# Nejčastěji je pyl přenášen hmyzem = entomogamie



# Často je pyl přenášen také větrem = anemogamie



# Vzácně je pyl přenášen ptáky = ornitogamie



Vzácně je u rostlin kvetoucích  
pod hladinou pyl přenášen  
vodou = **hydrogamie** (např.  
*Zostera*, *Elodea*, *Ceratophyllum*,  
*nebo Posidonia*)



# Opylování netopýry - chiropterogamie - je vzácné



*Strongylodon macrobotrys*  
(Fabaceae) je opylovaný  
netopýry



# Opylování plazy (gekony) je vzácné





# Opylování plži – molluscogamie – je vzácné



# Také vačnatci mohou opylovat



Possam medosavý (*Tarsipes rostratus*)

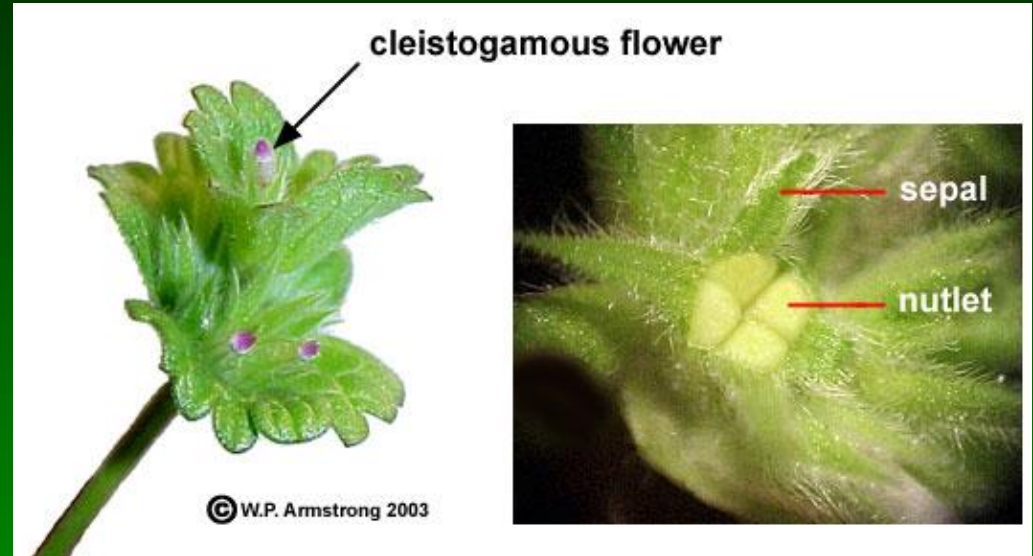
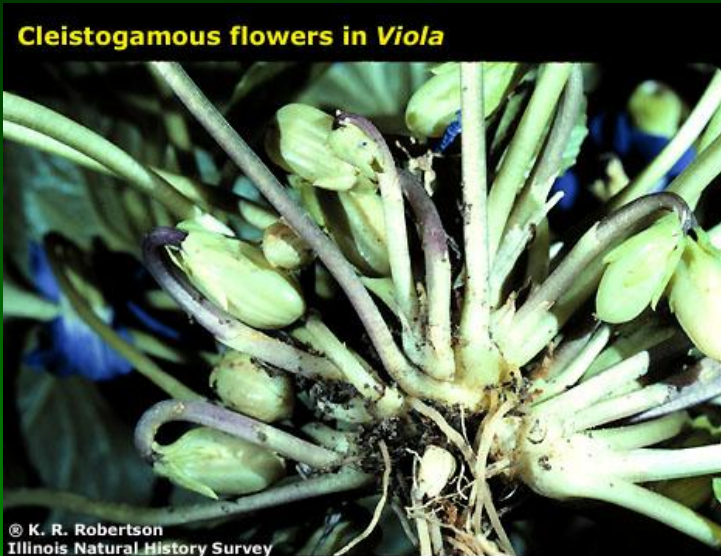
# Vzácně mohou opylovat také hlodavci



# Opylovat mohou dokonce i primáti (madagaskarští lemuři)



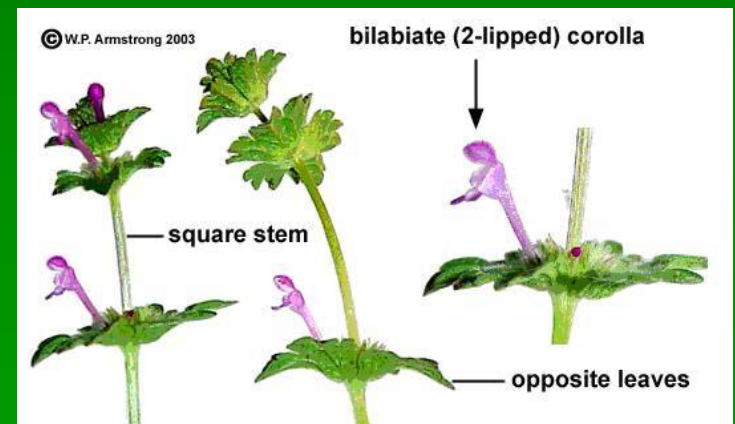
Někdy dochází k samoopylení v uzavřených květech, které se neotvírají = **kleistogamie** (např. u různých druhů violek - *Viola* či u hluchavky objímavé - *Lamium amplexicaule*)



**Chasmogamické květy rodu *Viola***



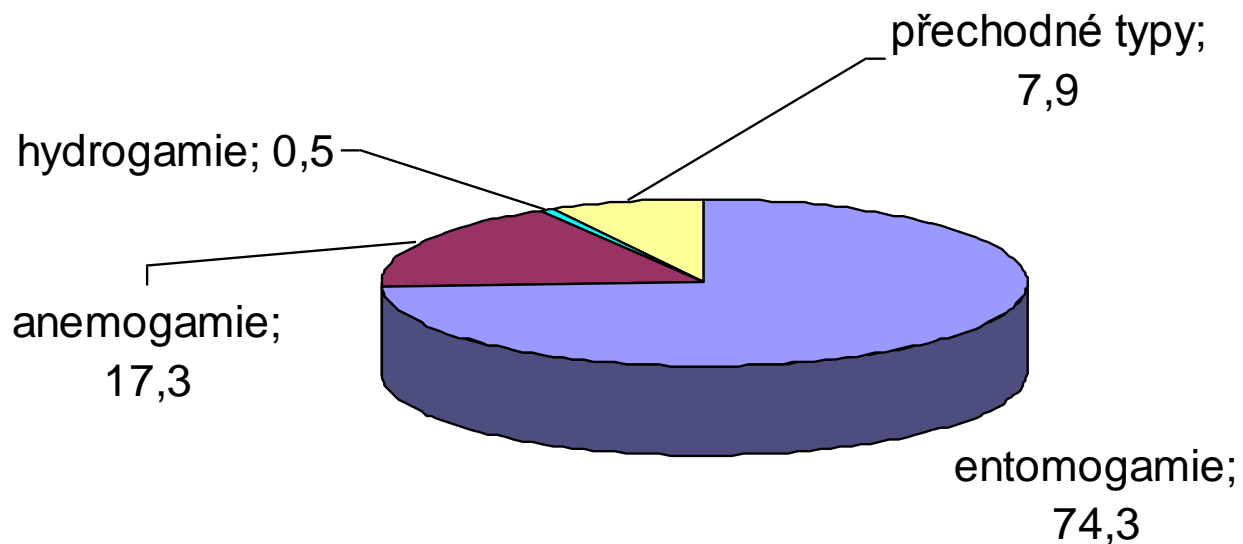
**Chasmogamické květy u *Lamium amplexicaule***



# Zastoupení typů opylení se liší podle geografických oblastí

V Česku je zdaleka nejčastější entomogamie a anemogamie

entomogamie	74.3%
anemogamie	17.3%
hydrogamie	0.5 %
přechodný nebo blíže neurčený typ	7.9 %



Živočišní opylovači navštěvují květy buď kvůli pylu (např. mák nebo růže) nebo kvůli nektaru (např. vikev nebo hluchavka)



K navigaci hmyzu slouží barva květu popř. sametový nebo naopak lesklý povrch korunních lístků

a vůně - nektar  
ani pyl však vůni  
nevydávají - ta  
se vytváří buď  
korunními lístky  
nebo nitkami  
tyčinek.





# Navigace hmyzu v UV části světelného spektra



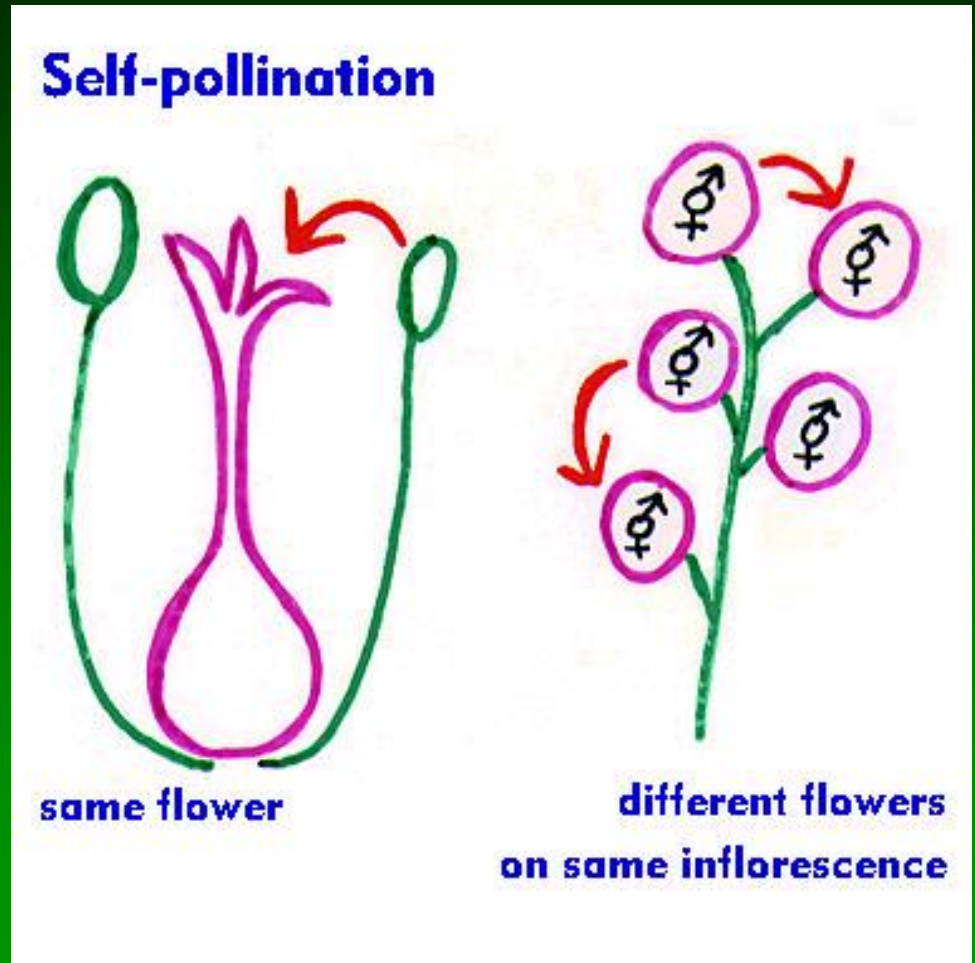
# Pseudokopulace – tořič (*Ophrys*, *Orchidaceae*)



Alogamie (outcrossing)  
=> heterózní efekt, ale ...

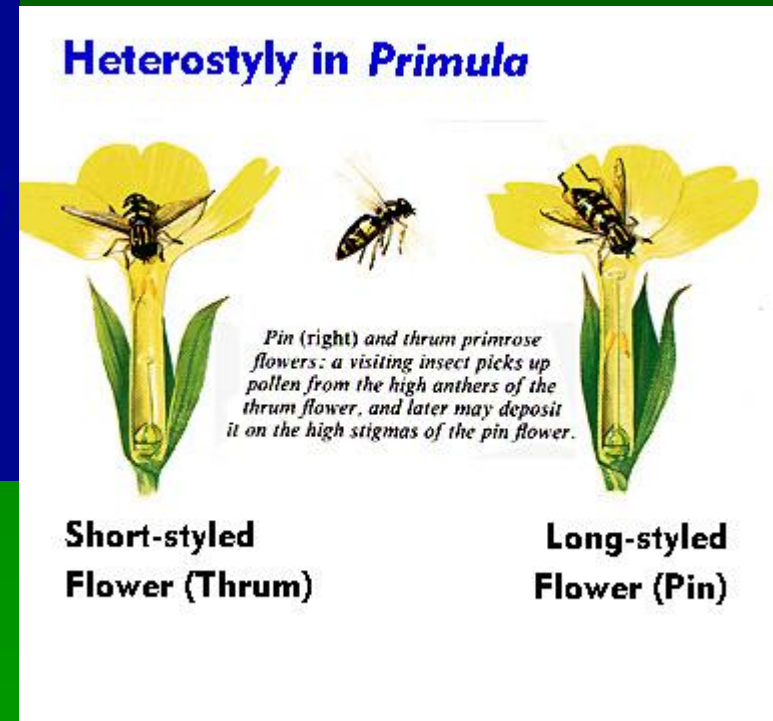
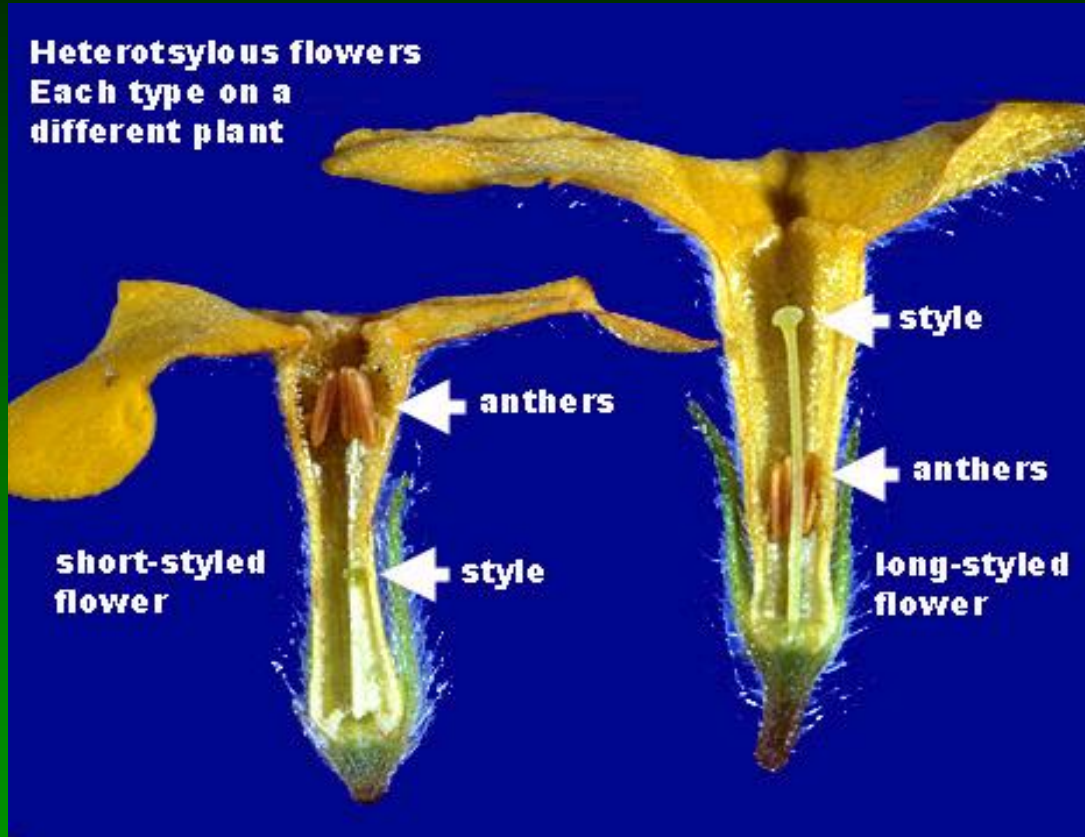


Autogamie (selfing)  
=> inbrední deprese, ale ...

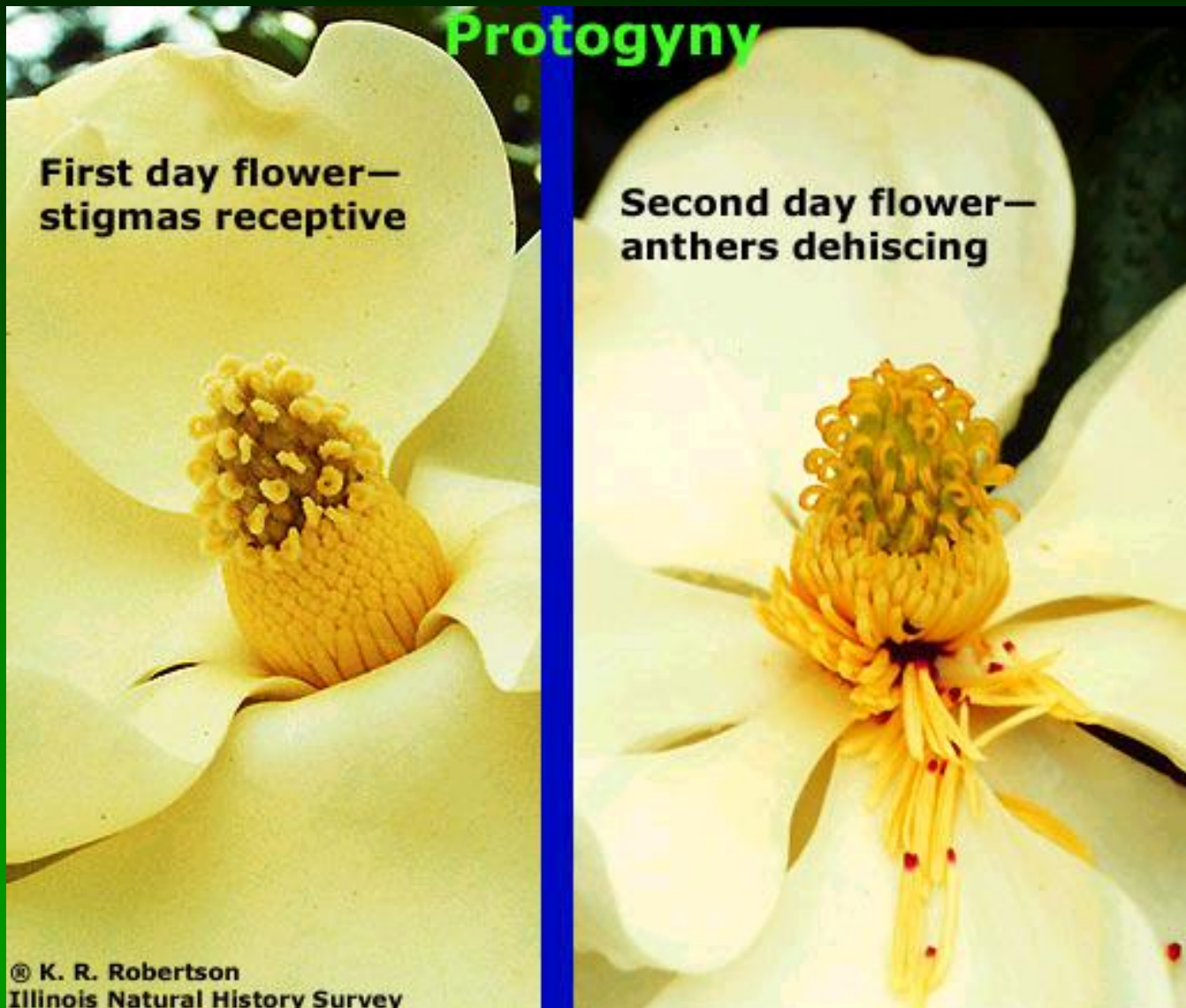


Geneticky podmíněná: self kompatibilita x self inkompatibilita  
evolučně původní odvozená (30–50 % druhů)

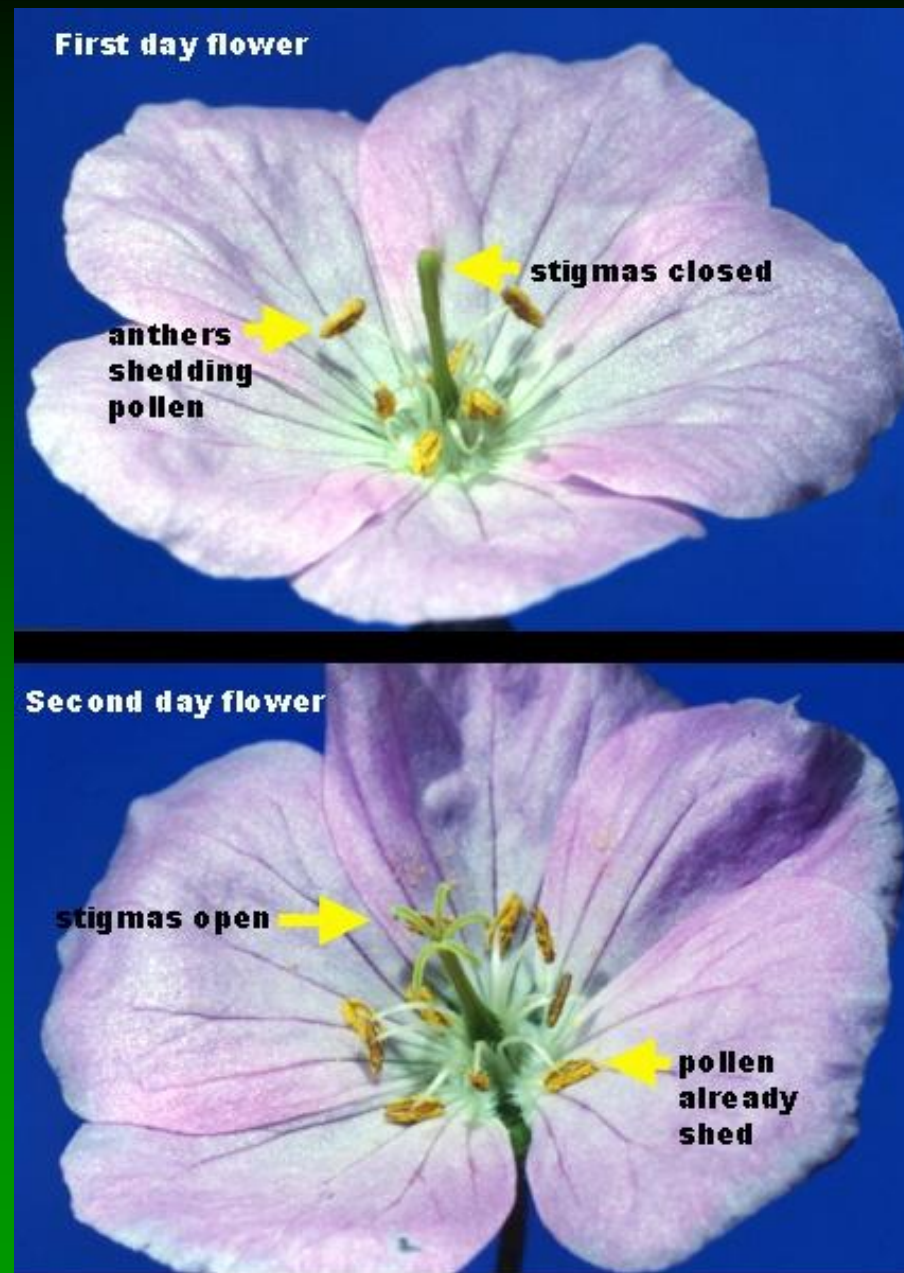
# Jedním ze způsobů jak se bránit autogamii vlastním pylem je heterostylie



# Dalším způsobem jak se bránit autogamii vlastním pylem je protogynie



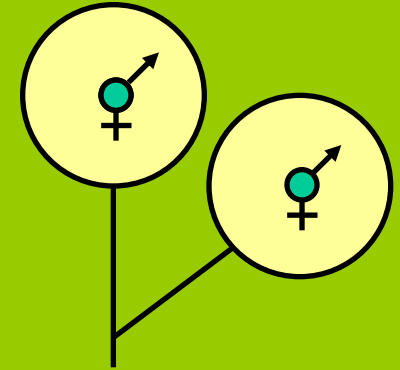
Analogickým způsobem  
může bránit bránit  
autogamii také  
**protandrie**



# Hermafroditní květ a hermafroditní druh není totéž !

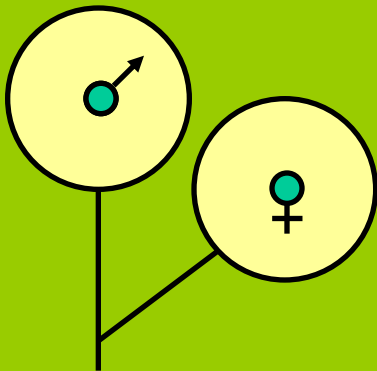
Většina druhů krytosemenných je hermafroditních – v Evropě 89%, v tropech 60%.

**Nejčastější případ hermafroditního druhu  
- jeho květy jsou oboupohlavné**

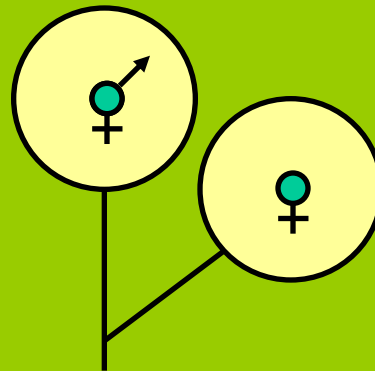


Vzácnější případy hermafroditních druhů se zcela nebo zčásti jednopohlavnými květy

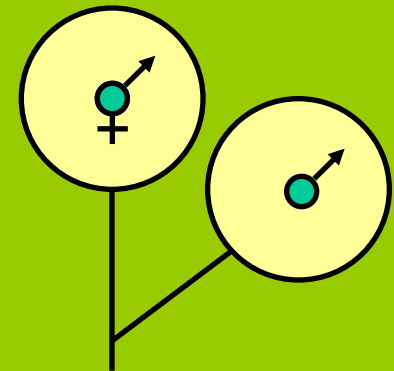
**monoecie**



**gynomonoecie**

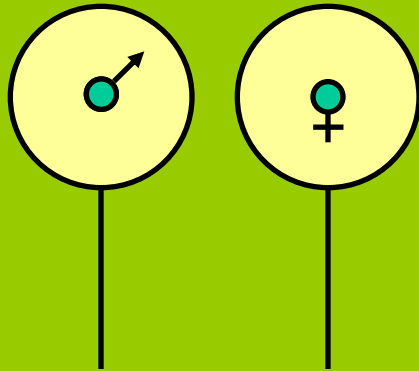


**andromonoecie**



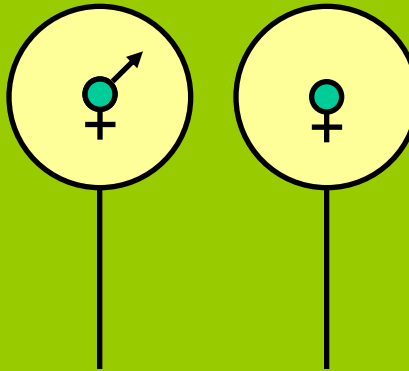
# Protikladem hermafroditních druhů jsou druhy s odděleným pohlavím

**dioecie**



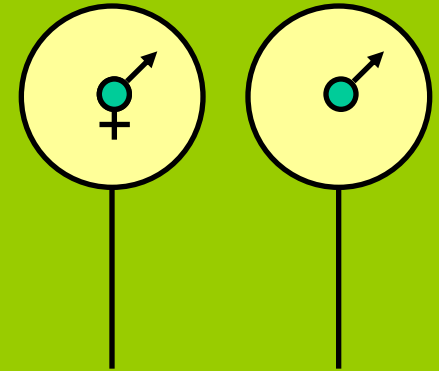
4 %

**gynodioecie**



7 %

**androdioecie**

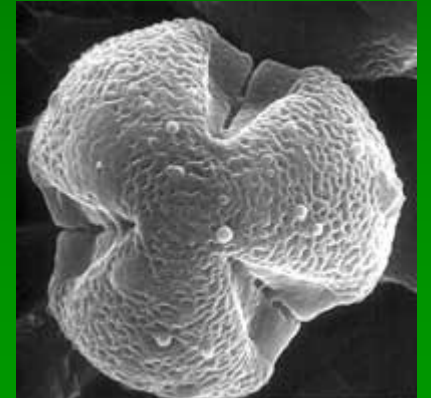


0,1 %

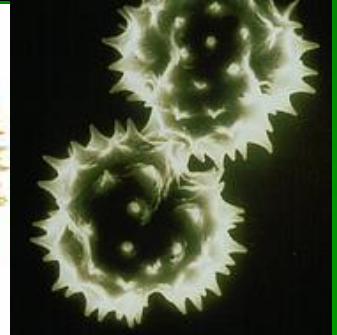
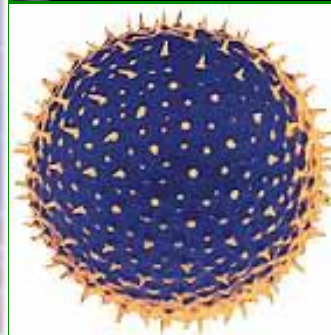
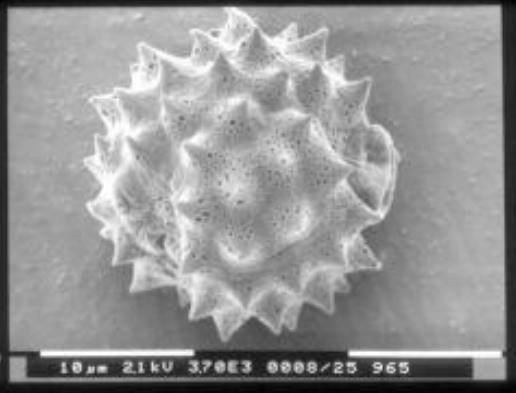
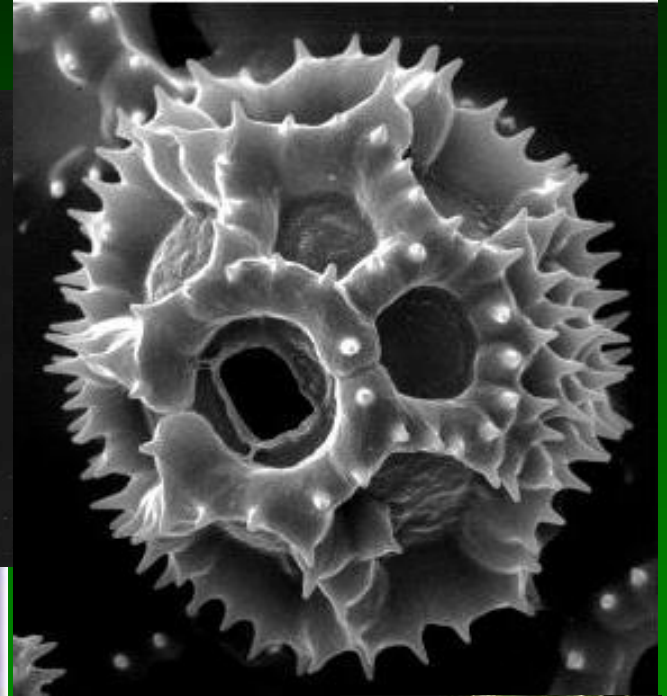
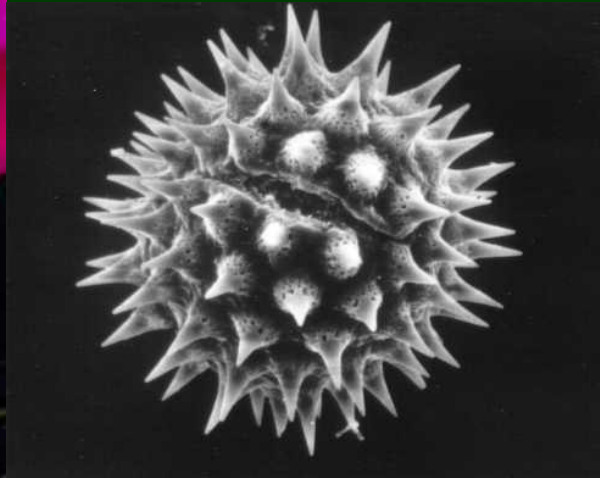
v Evropě je krytosemenných druhů s odděleným pohlavím  
přibližně 11 %



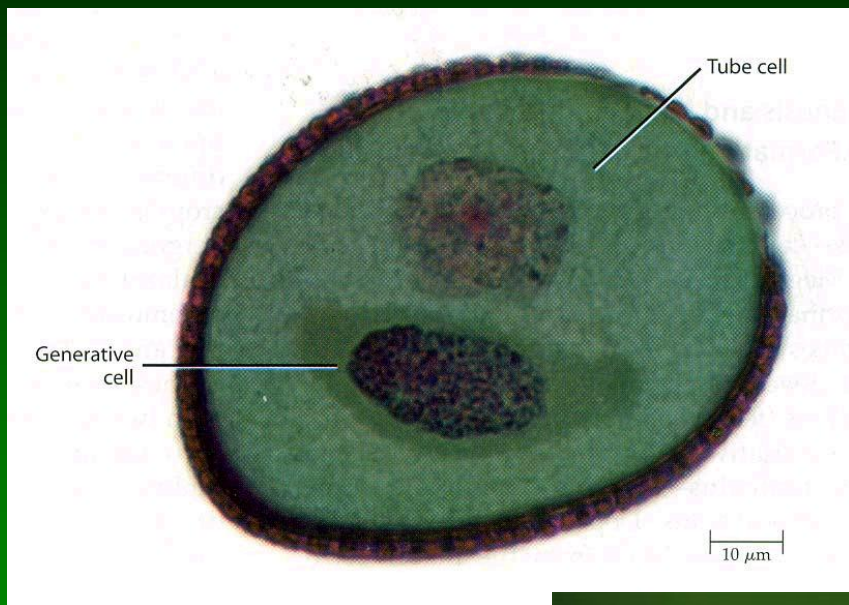
U anemogamních druhů bývá pyl hladký,  
u hydrogamních je bez zvláštních  
přizpůsobení



U entomogamních druhů je pyl často lepkavý, či s různými háčky, výrůstky nebo chloupky



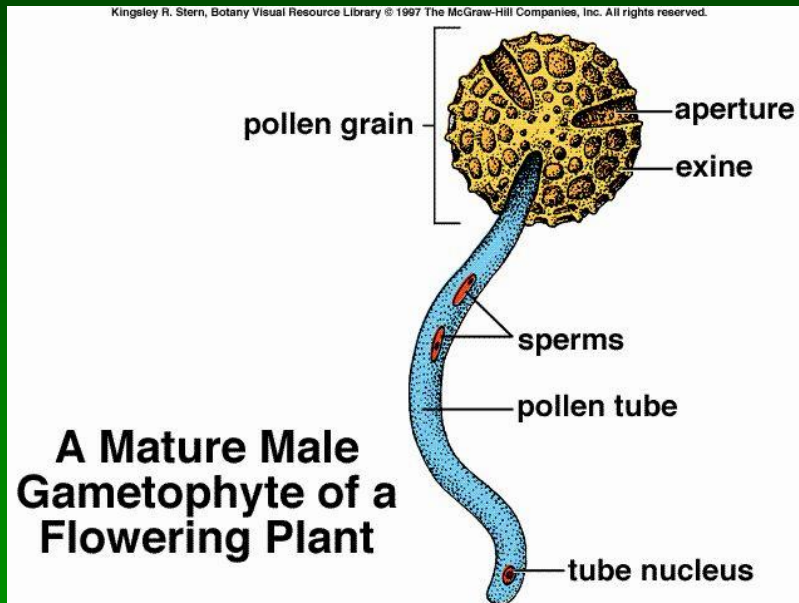
Jednobuněčné pylové zrno se při zrání dělí ve větší buňku vegetativní a menší generativní; v tomto dvoubuněčném stavu je přeneseno na bliznu;



Copyright © 2007 Dennis Kunkel Microscopy, Inc.

# Pylová láčka – vyklíčí na blizně a proroste do semeníku

- na konci buňka vegetativní, za ní buňka generativní
- generativní se před oplozením vajíčka rozdělí ve 2 buňky spermatické
- 1 vegetativní + 2 spermatické buňky = mikroprothalamium



- u kukuřice musí láčka prorůst až 50 cm
- růst pomocí cytoskeletu, hlavně aktinových mikrofilament (stejně rostou i rhizoidy a kořenové vlásky)
- rychlost růstu až 0,7 cm / hod.



# Vajíčko (megasporangium)

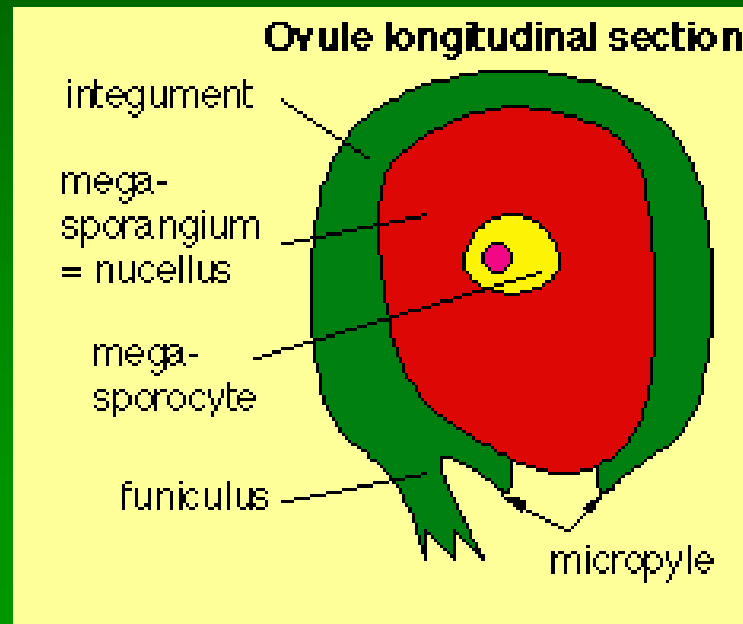
1 nebo 2 obaly

mikropyle (klový otvor),

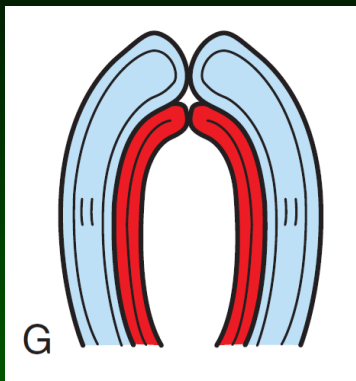
nemá pylovou ani archeconiální komoru

funikulus (poutko spojující vajíčko s plodolistem)

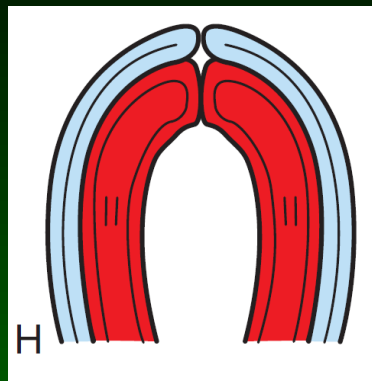
nucellus (= homolog archesporu) → jediný megasporocyt



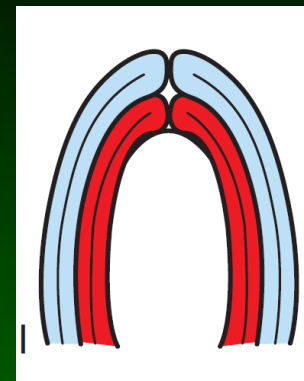
# Typy vajíček dle tloušťky a počtu obalů = integumentů



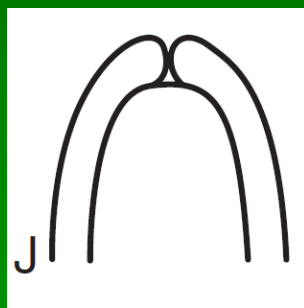
bitemické s vnějším integumentem tlustším



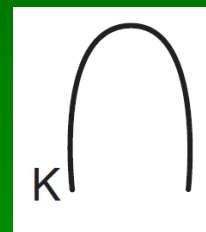
bitemické s vnitřním integumentem tlustším



bitemické se stejně silnými integumenty



unitemické



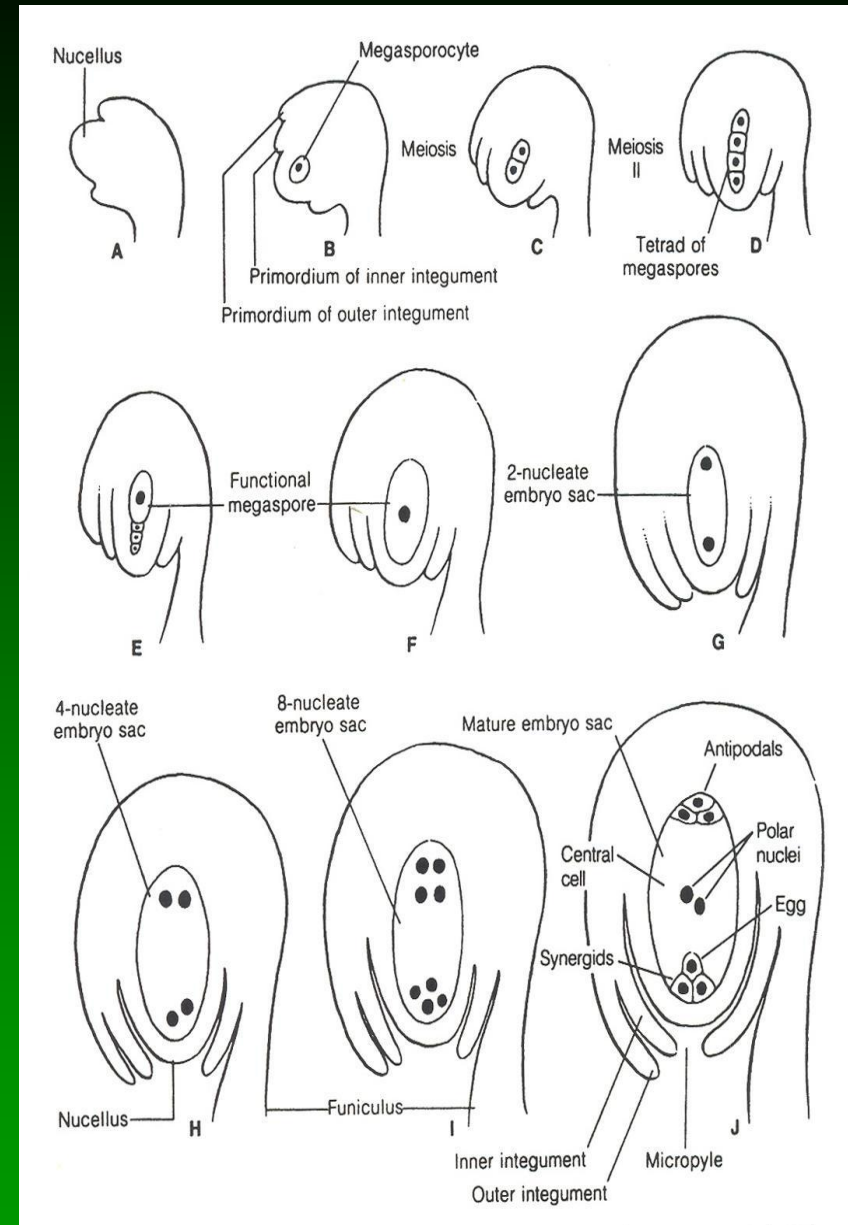
ategmické

# Zrání zárodečného vaku

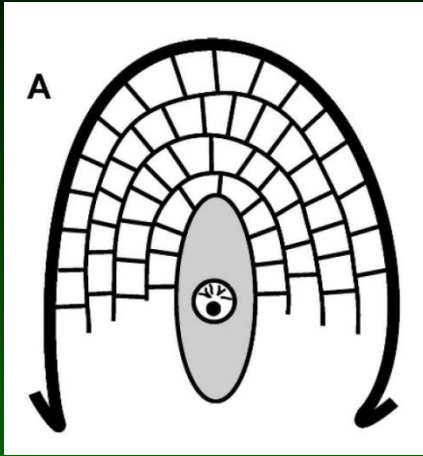
- (1) zveličená buňka nucellu = 1 megasporocyt
- (2) 2x meióza megasporocytu = 4 megaspóry
- (3) tři megaspóry zanikají
- (4) 3x mitóza zbylé megaspóry = 8jaderný zárodečný vak
- (5) 6 jader se s částí cytoplasmy osamostatní v oosféru, 2 synergidy a 3 antipody
- (6) 2 jádra se spojí v centrální jádro

(70% krytosemenných má 8-jaderný)

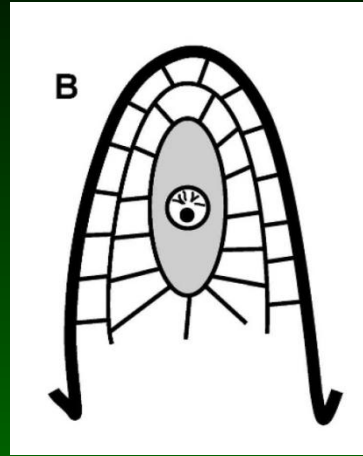
Zárodečný vak = homolog  
megaprotalia = samičího gametofytu



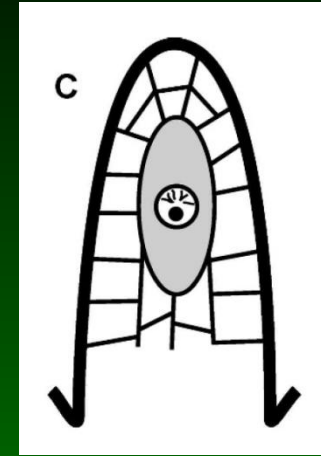
# Typy vajíček dle tloušťky nucellu nad megasporocytem



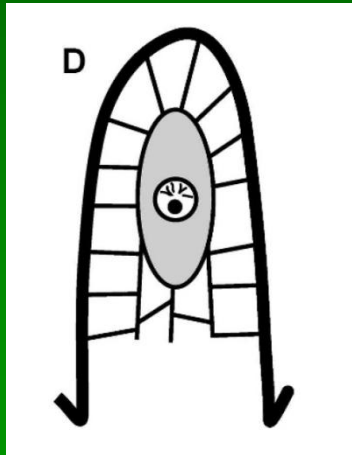
krasinucelátní s několika vrstvami



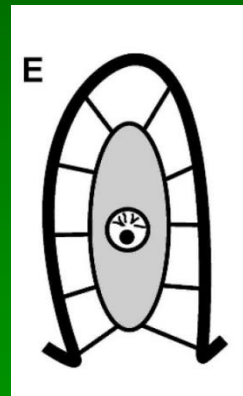
slabě krasinucelátní se 2 vrstvami



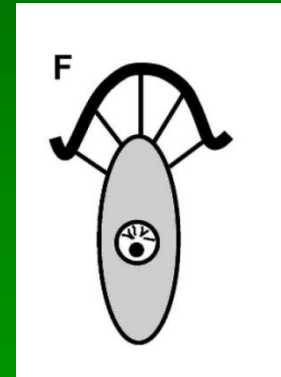
pseudokrasinucelátní s 1 vrstvou periklinálně rozdělenou na 2 nad megasporocytem



neúplně tenuinucelátní s 1 vrstvou nad megasporocytem a sterilní tkání vyplňující bázi nucellu



tenuinucelátní s 1 vrstvou nad megasporocytem



redukované tenuinucelátní s meiocytem delším než nucellus a tudíž bazálně postaveným



# Typy vajíček dle postavení vůči poutku (funiculus)



**Orthotropní:** Mikropyle, chaláza a funikulus v jedné linii: *Piper*, *Polygonum*.



**Anotropní:** Otočené o 180°. Mikropyle leží poblíž jizvy (hilum) - u 4/5 čeledí krytosemenných.



**Hemitropní:** Otočené o 90° st (např. *Ranunculus*).



**Kampylotropní:** Ohnuté o 90° (*Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*).



**Amfitropní:** Podkovovitě zahnuté vajíčko i embryo (*Lemna*, *Papaver*, *Alisma*).

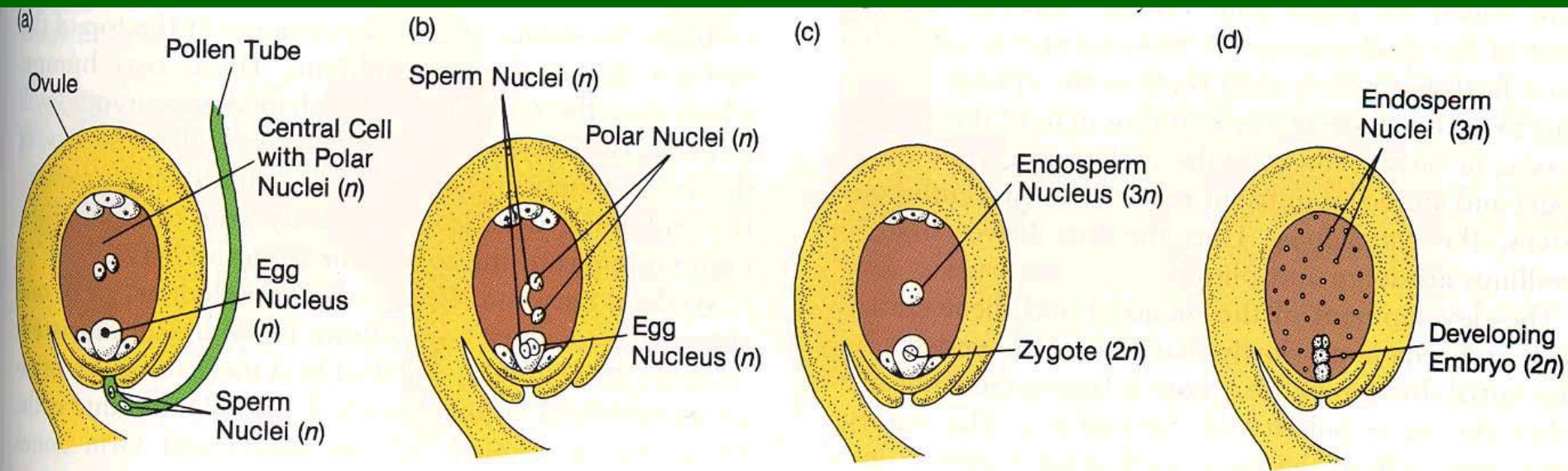


**Circinotropní:** Stočené o 360° (*Opuntia*, *Plumbaginaceae*).

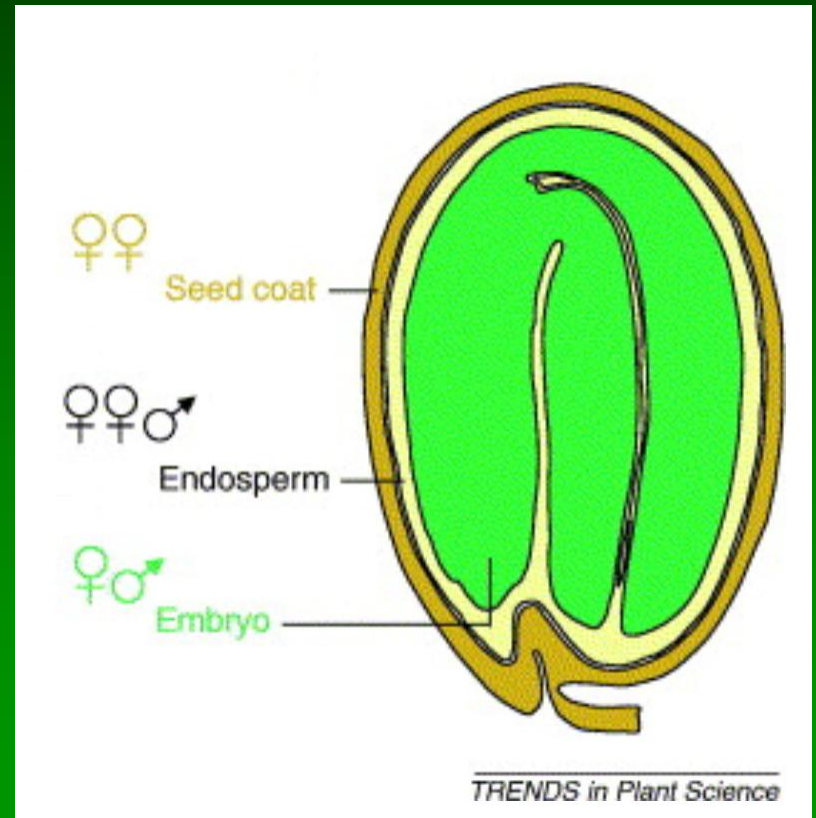
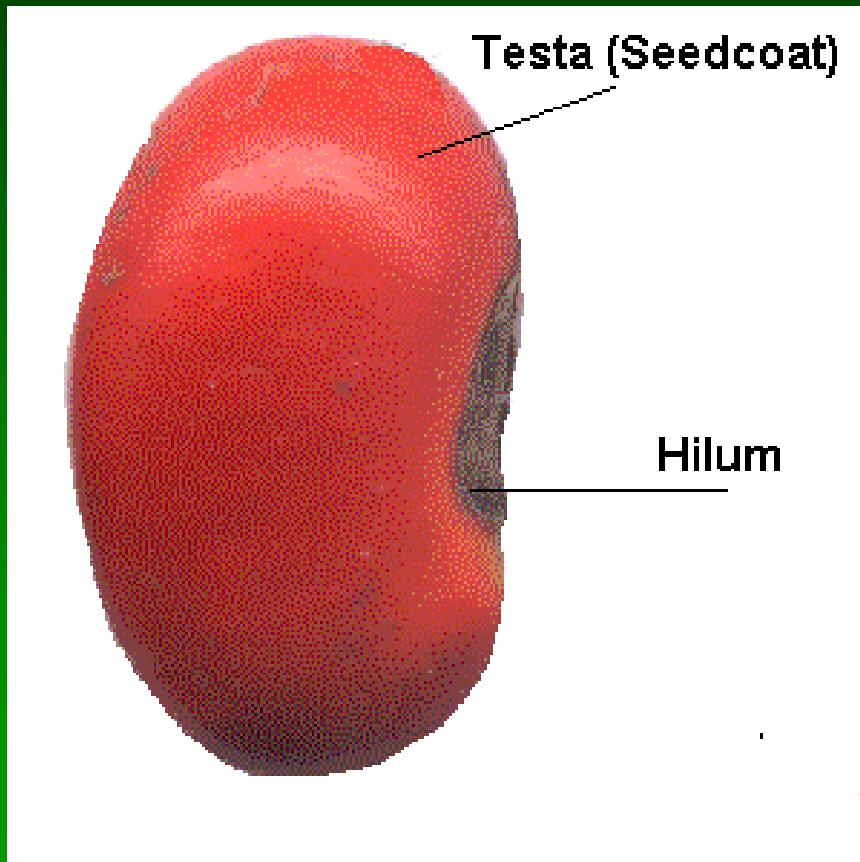
# Oplození (angl. fertilization) je dvojitá

1. **Syngamie** – haploidní jádro 1 spermatické buňky splyne s haploidním jádrem oosféry a vznikne zygota, z níž dělením vznikne embryo

2. **Konfluace** – haploidní jádro druhé splyne s centrálním diploidním jádrem a vznikne endosperm

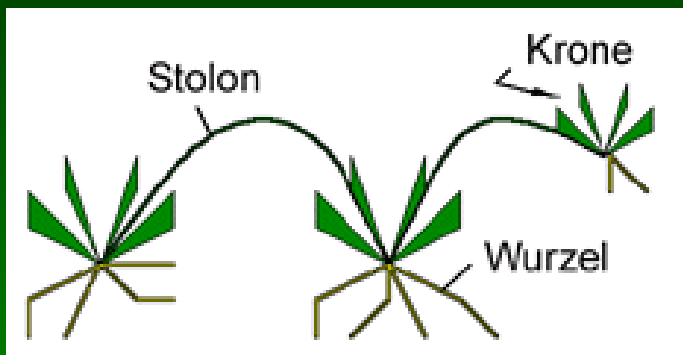


Povrch semene je obvykle kryt o semením (testa) embryo má vyvinut základ stonku (plumula) a základ kořene (radicula), v místě spojení vajíčka poutkem zůstává na semeni jizva (hilum).



# Rozšiřování krytosemenných rostlin morfologie semen a plodů

Generativní množení nemusí být převažujícím způsobem rozmnožování, naopak rozmnožování vegetativní může často převažovat.

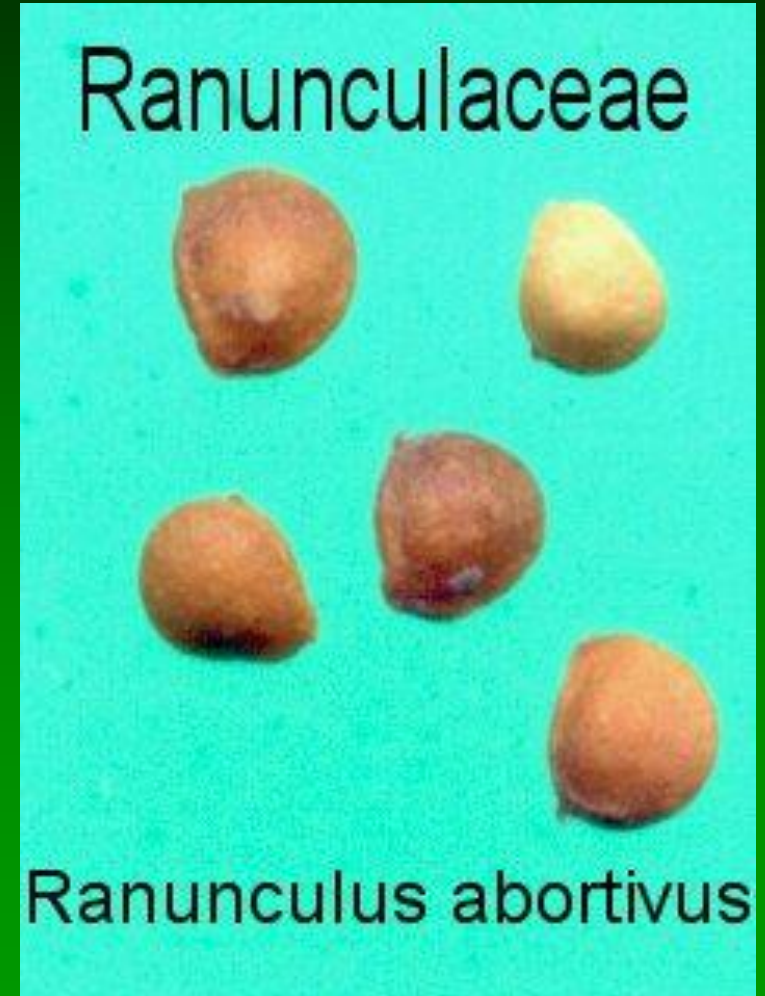


Semena nemusí vznikat jen na základě syngamie.  
Alternativou je asexuální rozmnožování pomocí semen –  
agamospermie (= apomixie *pro parte*)

nedochází pak ke genové  
rekombinaci



**Plod** - vzniká diferenciací semeníku nebo celého gynecea. Jednoduchým typem suchého plodu je jednosemenná nažka. Může vznikat z apokarpních pestíků – např. u pryskyřníkovitých (*Ranunculaceae*)



nažka vznikající z apokarpních pestíků je také u růžovitých (*Rosaceae*)



*Geum urbanum*



Nažka může vzniknout i z cénokarpního gynecea – např.  
u šáchorovitých *Cyperaceae* (*Eleocharis obtusa*)



Z cénokarpního gynecea vzniká nažka také u hvězdnicovitých (*Asteraceae*, *Taraxacum*)



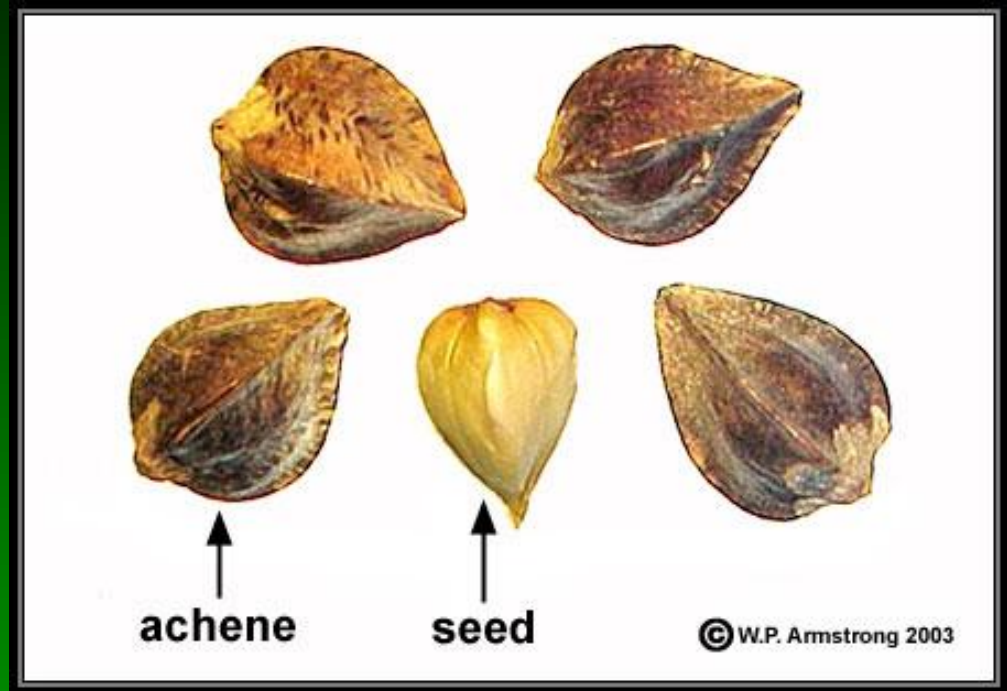
Nažka u slunečnice (*Helianthus*, *Asteraceae*) – pro nažky je typické, že oplodí a osemení k sobě sice těsně přiléhají, ale nesrůstají



Cénokarpní nažka u habru  
(*Carpinus*, *Betulaceae*), dubu -  
*Quercus*, *Fagaceae*,



# Trojboká cénokarpní nažka u *Polygonaceae*



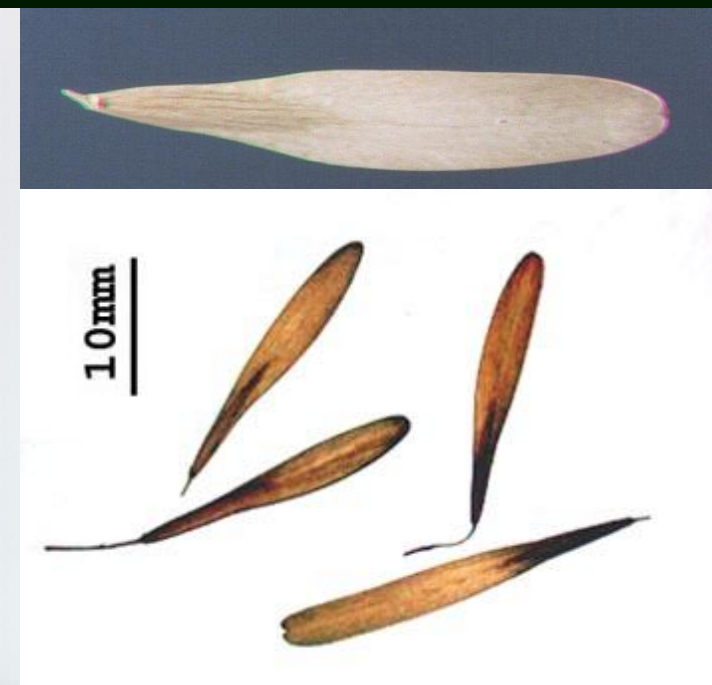
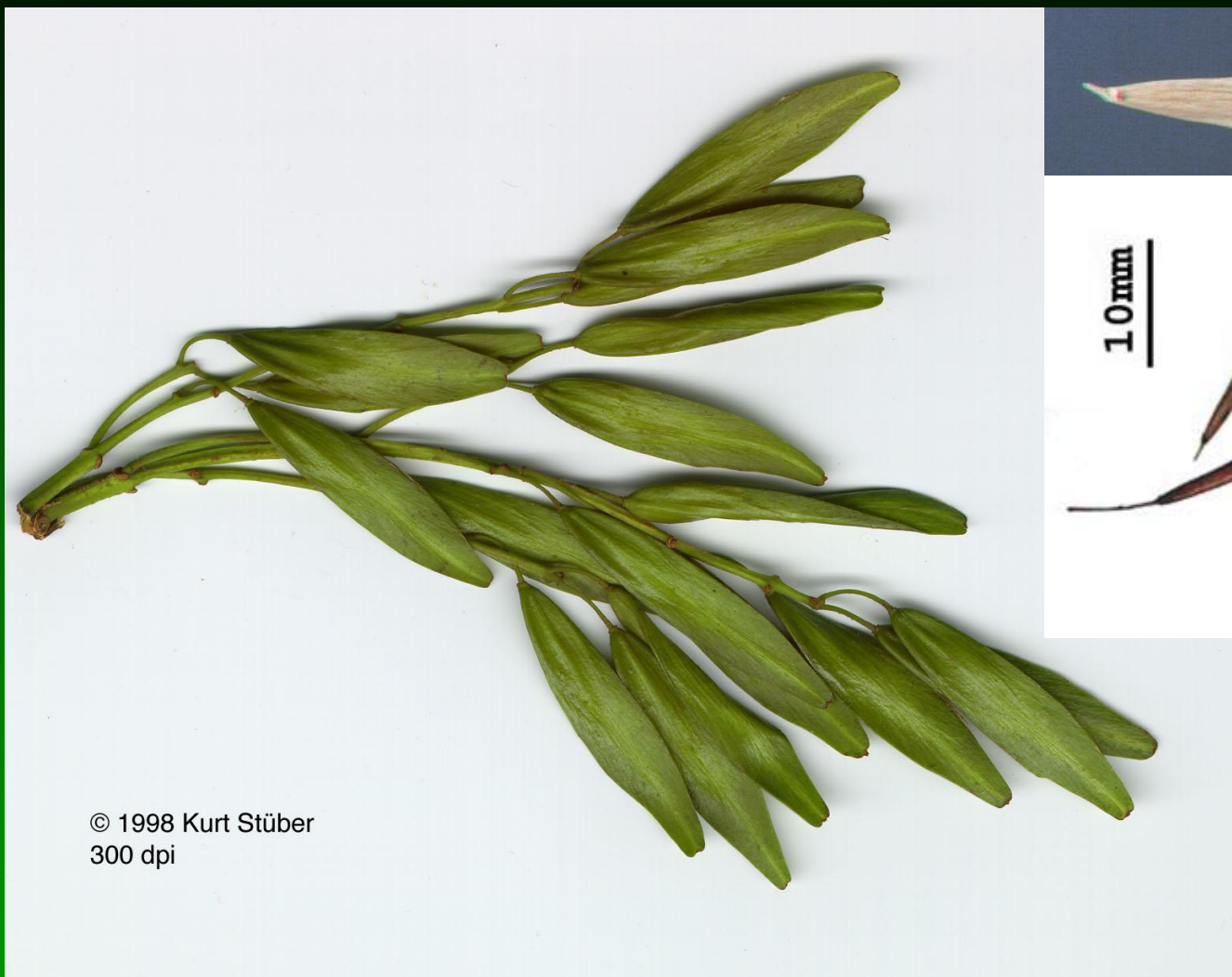
# Okřídlená cénokarpní nažka (samara)

u břízy (*Betula*)



u jilmu (*Ulmus*)





© 1998 Kurt Stüber  
300 dpi

Okřídlená  
nažka u  
jasanu  
(*Fraxinus* sp.,  
*Oleaceae*)

Suchým pukavým plodem je měchýřek (otvírá se jedním švem)  
vynikající z apokarpního gynecea (ostrožka - *Delphinium*,  
*Ranunculaceae*)





Měchýřky v čeledi  
*Ranunculaceae*

blatouch  
*Caltha*



čemeřice  
*Helleborus*



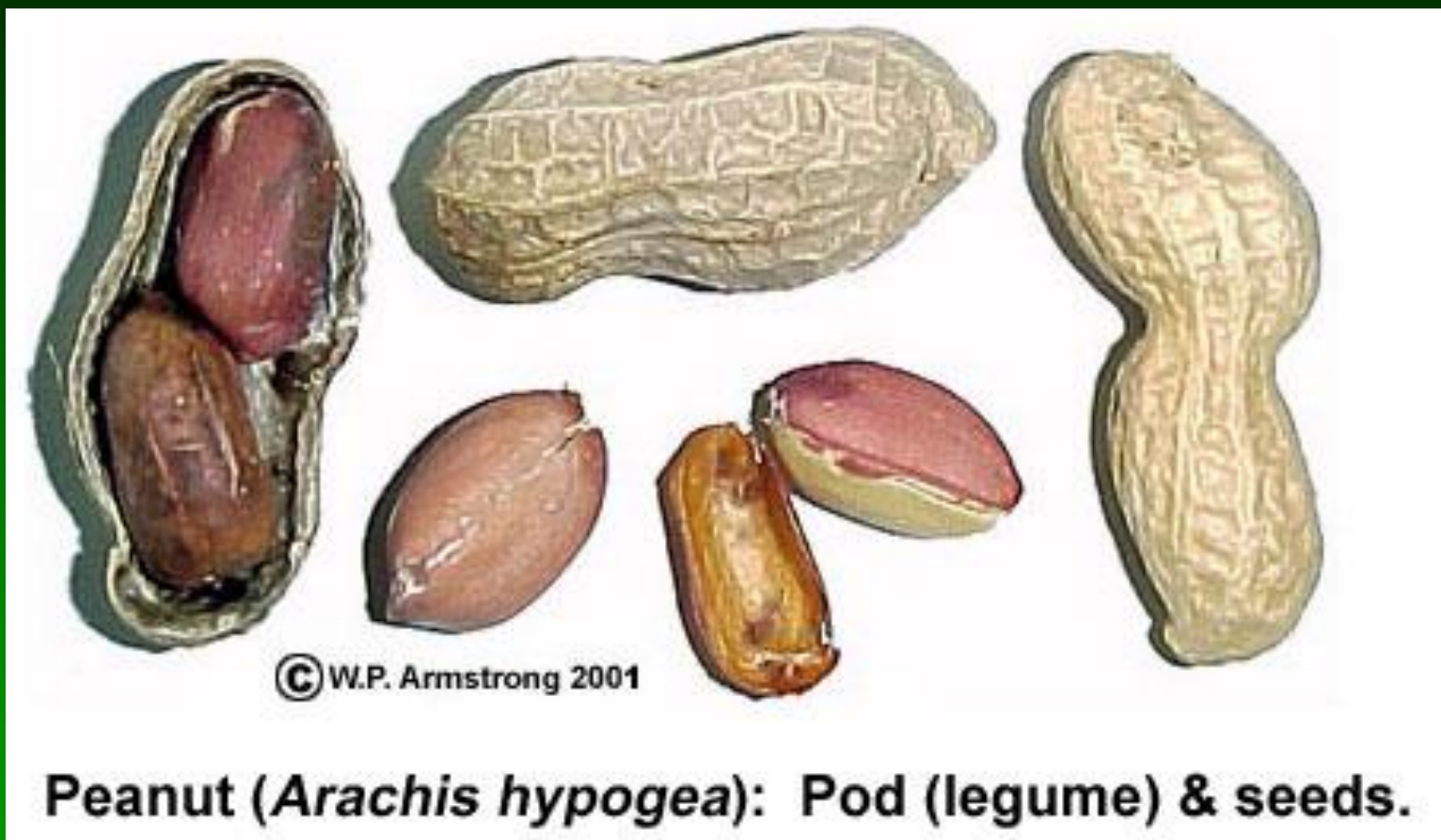
stračka (*Consolida*)  
počet plodolistů a tedy  
i měchýřků redukován  
na jediný v každém  
květu



Dalším typem suchého pukavého plodu vznikajícího z apokarpního gynecea je vícesemenný až jednosemenný lusk u čeledi bobovitých (*Fabaceae*) – otvírá se dvěma chlopněmi



Lusk u podzemnice olejné je na hranici mezi luskem a dvousemennou nažkou/oříškem



Jednoduchým suchým cénokarpním plodem je také oříšek  
(líška - *Corylus*, *Betulaceae*) – podobný nažce, ale semeno menší a  
proto v oříšku „hrká“



# Oříšky u lípy (*Tilia*, *Malvaceae*)



Jednoduchým suchým cénokarpním plodem je také obilka, která se od nažky liší oplodím pevně srostlým s osemením (kukuřice - *Zea*, *Poaceae*)



Suchým pukavým plodem vznikajícím jen z cénokarpního gynecea je tobolka. Děrami se otvírá tobolka máku (*Papaver*, *Papaveraceae*)



Trojpozdré tobolky mají  
často jednoděložné



střevíčník – *Cypripedium*, *Orchidaceae*



sněžinka – *Galanthus*, *Amaryllidaceae*



modřelec – *Muscari*, *Asparagaceae*



lilie – *Lilium*, *Liliaceae*



kosatec – *Iris*, *Iridaceae*



# Trojpozdrá tobolka



violka (*Viola*, *Violaceae*)



pryšec (*Euphorbia*, *Euphorbiaceae*)

# Dvoupouzdrá tobolka



svlačec (*Convolvulus*, *Convolvulaceae*)

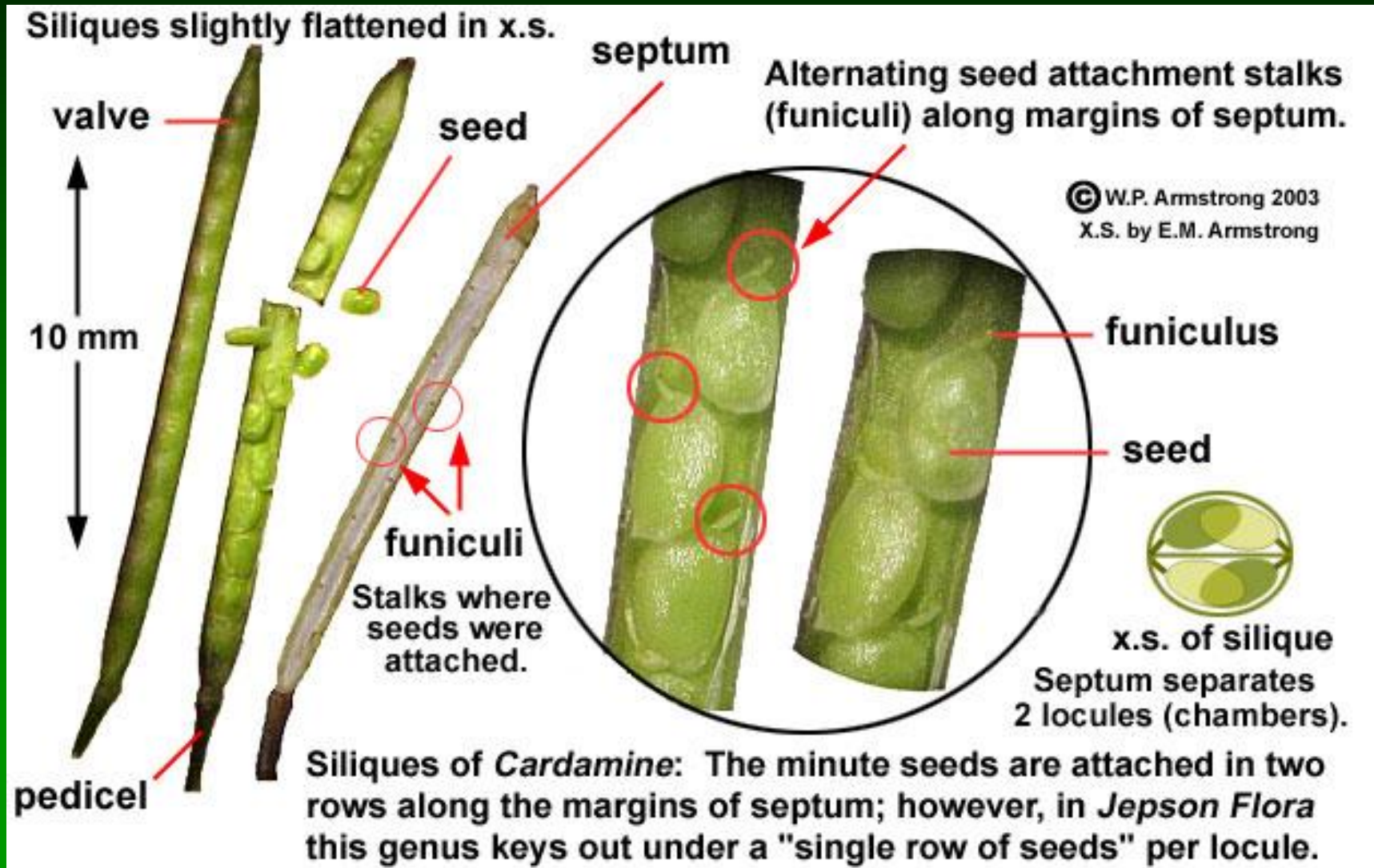
rozrazil (*Veronica*, *Plantaginaceae*)



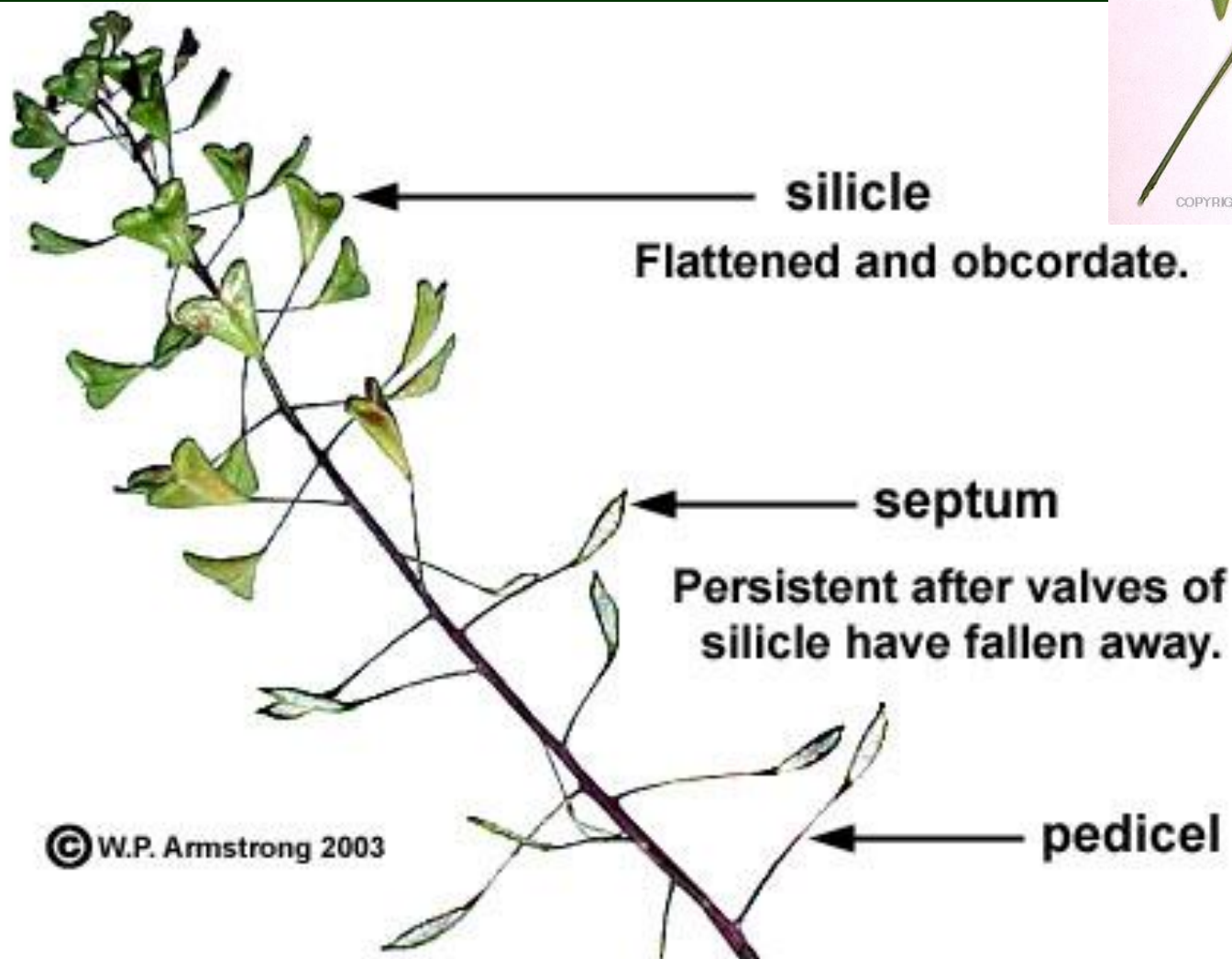
náprstník (*Digitalis*, *Plantaginaceae*)

bažanka (*Mercurialis*,  
*Euphorbiaceae*)

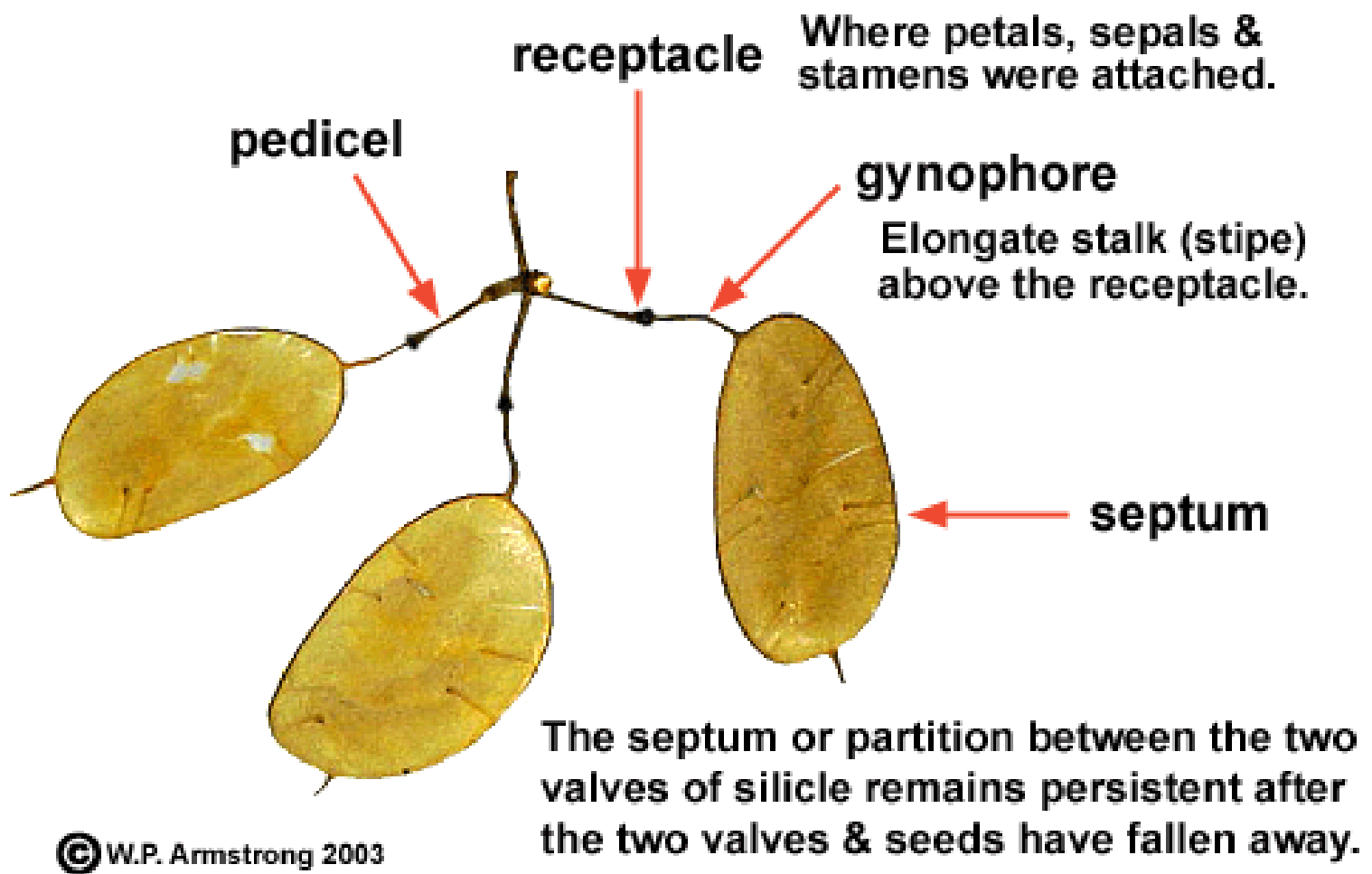
Také šešule brukvovitých (*Brassicaceae*) se dvěma chlopněmi a střední přepážkou je typem tobolky



Podobná šešuli je také šešulka – např. u  
kokošky (*Capsella bursa-pastoris*)



# Nebo u měsíčnice (*Lunaria annua*)



# Jednoupouzdrá tobolka

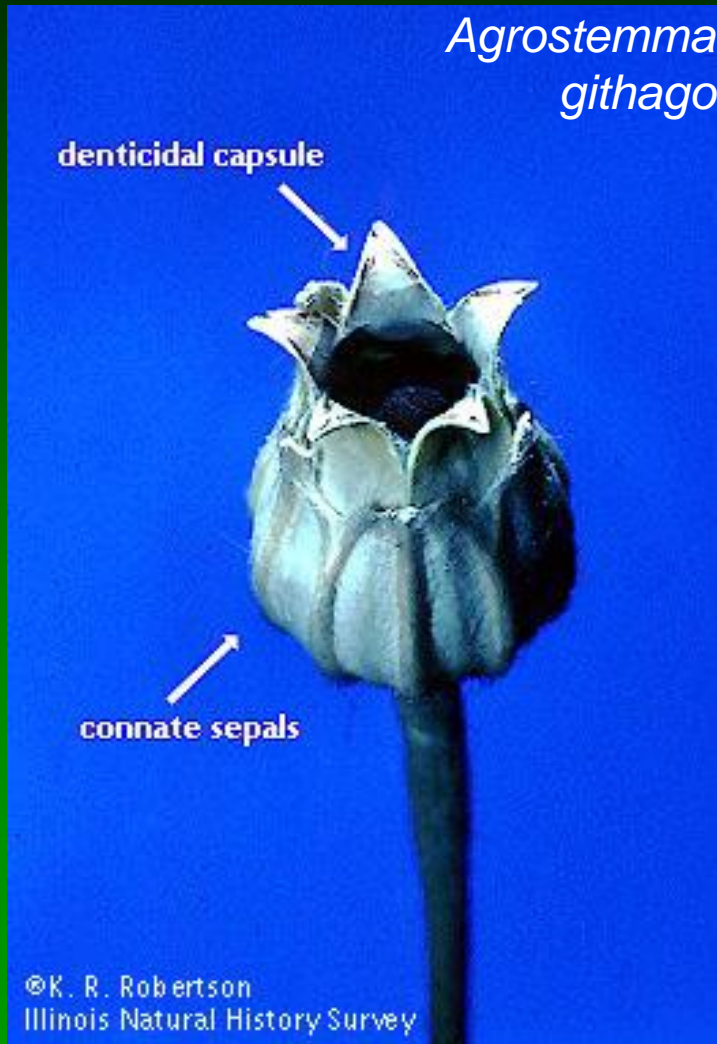


hořec (*Gentiana*, *Gentianaceae*)  
jednoupouzdrá tobolka – otvírá se  
dvěma chlopněmi



mokřýš (*Chrysosplenium*, *Saxifragaceae*)

Jednoupouzdré tobolky otvírající se nejčastěji 5 nebo 10 zuby  
najdeme u čeledi hvozdíkovitých (*Caryophyllaceae*)



Jednoupouzdré tobolky otvírající se 5 a více zuby najdeme také u čeledi prvosenkovitých (*Primulaceae*)

© Ori Fragman-Sapir



*Cyclamen persicum*



*Primula veris*



*Anagallis arvensis*



# Dvou- až čtyřpouzdrá tobolka



durman (*Datura*, *Solanaceae*)

# Troj- až pětizouzdrá tobolka



zvonek (*Campanula*, *Campanulaceae*)

# Zvláštní dužnatou tobolku má brslen (*Euonymus*, *Celastraceae*)



Zdužnatělé tobolky má také *Averroa carambola* (Oxalidaceae)



Trnitou tobolku vyplněnou  
semeny obalenými  
zdužnatělými míšky má  
durian (*Durio zibethinus*) z  
čeledi cejbovitých  
(*Bombacaceae*)



Dužnatým typem plodu je jedno- či vícesemenná bobule s rozlišenou vnější blanitou a vnitřní dužnatou částí. Vzácně může vznikat z apokarpního gynecea - např. u pryskyřníkovitých (*Ranunculaceae, Actaea*)



Mnohem častěji vzniká bobule s gynecea cénokarpního –  
např. u tykvovitých (*Cucurbitaceae*)

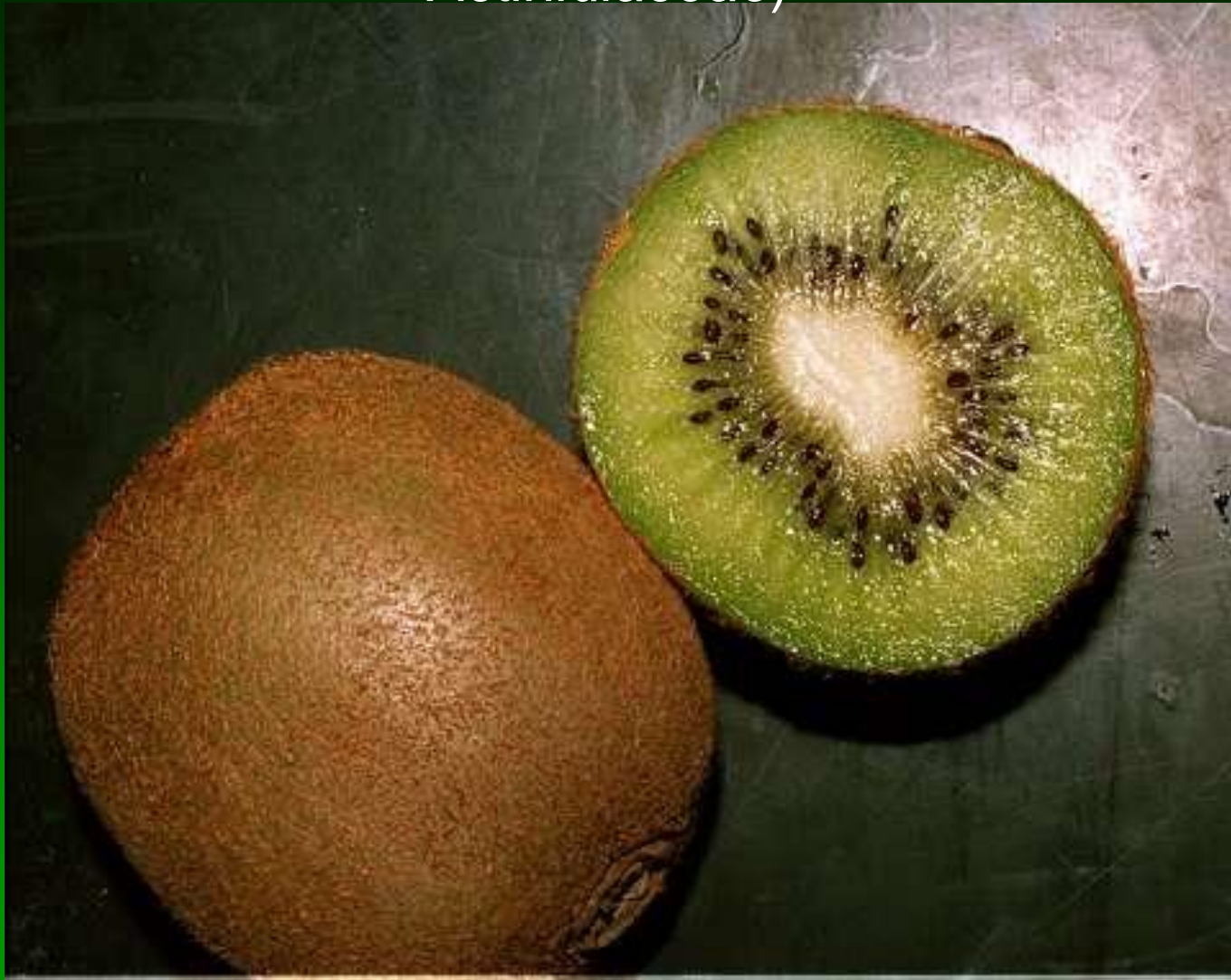


# různí zástupci čeledi tykvovitých - *Cucurbitaceae*

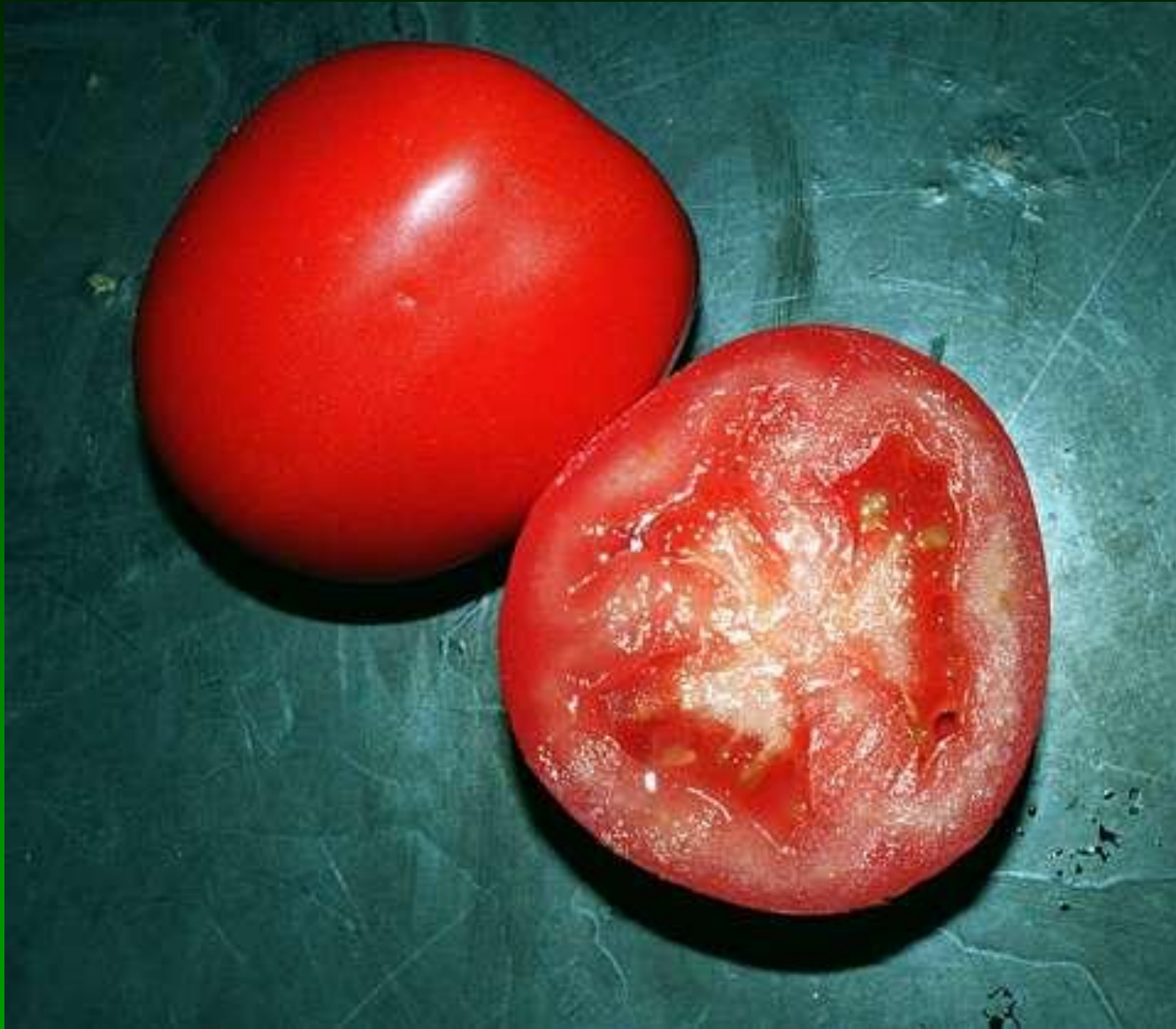




Bobule cénokarpního typu má také kiwi (*Actinidia*,  
*Actinidiaceae*)



# Nebo rajče (*Lycopersicon*) a další lilkovité (*Solanaceae*)



Nebo rybíz  
(*Ribes*) a další  
srstkovité  
(*Grossulariaceae*)



Nebo borůvka (*Vaccinium myrtillus*), brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*) a další brusnicovité (*Ericaceae*)



# Jedovaté bobule mají některé jednoděložné



*Arum, Araceae*

*Maianthemum,  
Asparagaceae*



*Paris, Melanthiaceae*



*Convallaria,  
Asparagaceae*

*Polygonatum,  
Asparagaceae*



Zvláštním typem cénokarpní bobule je hesperidium citroníku (*Citrus*, *Rutaceae*) s oplodím rozlišeným na vnější barevné flavedo a vnitřní bílé albedo. Šťavnatá dužina je zbujele pletivo vznikající dělením buněk vnitřní pokožky oplodí.



Více či méně vysýchavý typ bobule má paprika (*Capsicum*), která by mohla být považována i za zdužnatělou tobolku

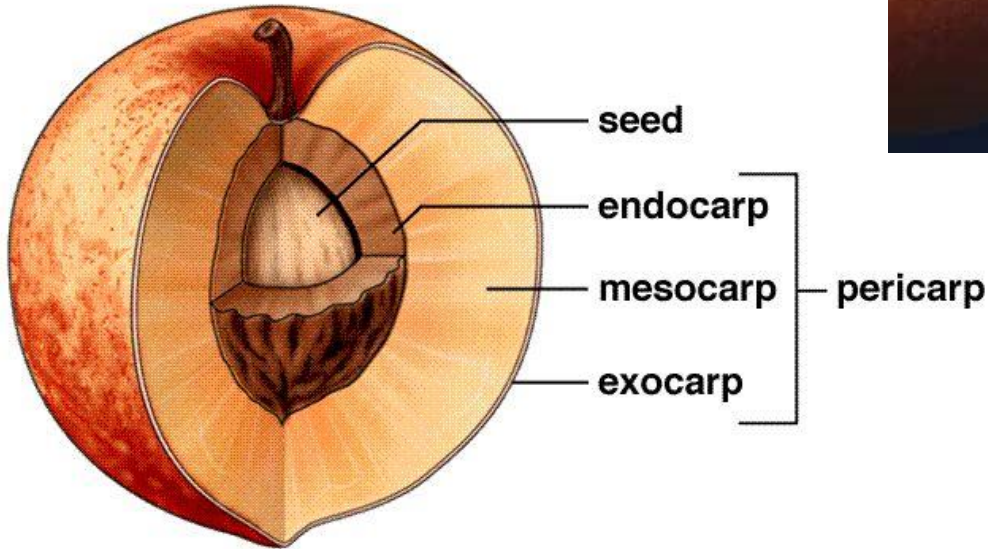


Dužnatým plodu je peckovice s trojvrstevným oplodím (blanitý exokarp, dužnatý mezokarp a sklerenchymatický endokarp) může vynikat z apokarpního gynecea



Kingsley R. Stern, Botany Visual Resource Library © 1997 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

## Regions of a Mature Fruit



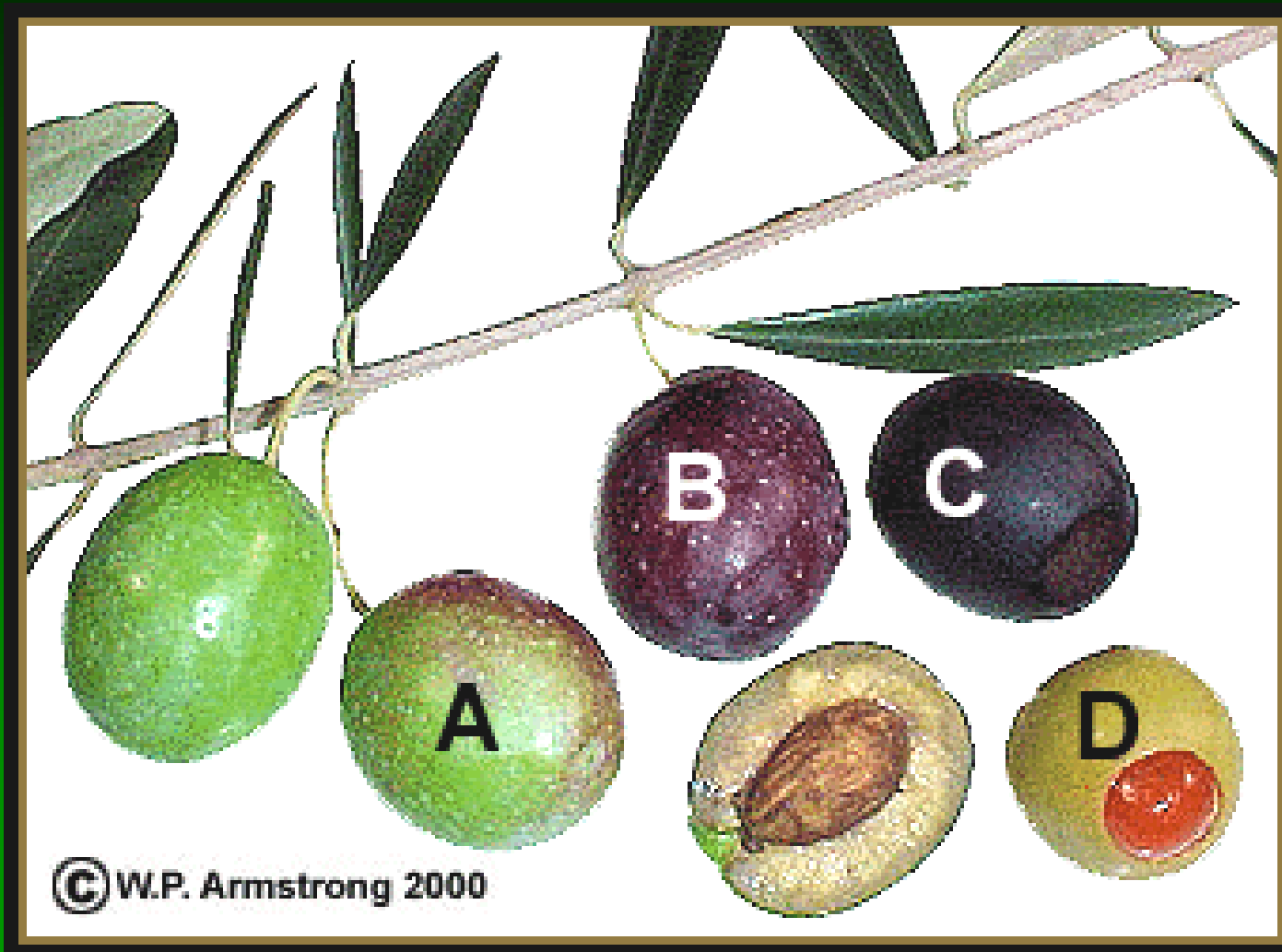
– např. u růžovitých (*Rosaceae* – meruňka – *Armeniaca*)



# Broskev, třešeň



Někdy vzniká peckovice z cénokarpního gynecea – např.  
u olivy (*Olea*, *Oleaceae*)



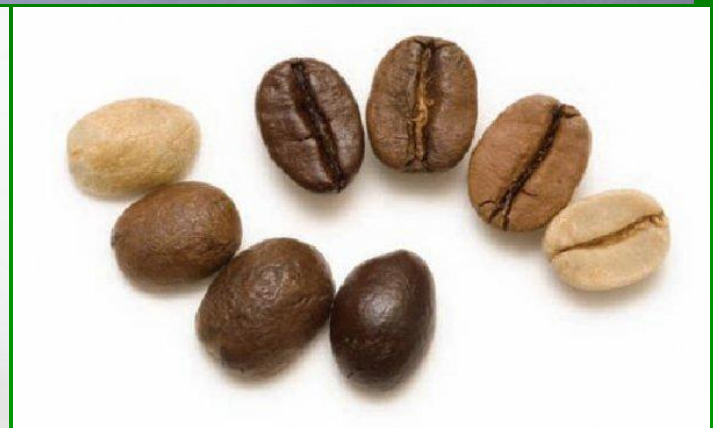
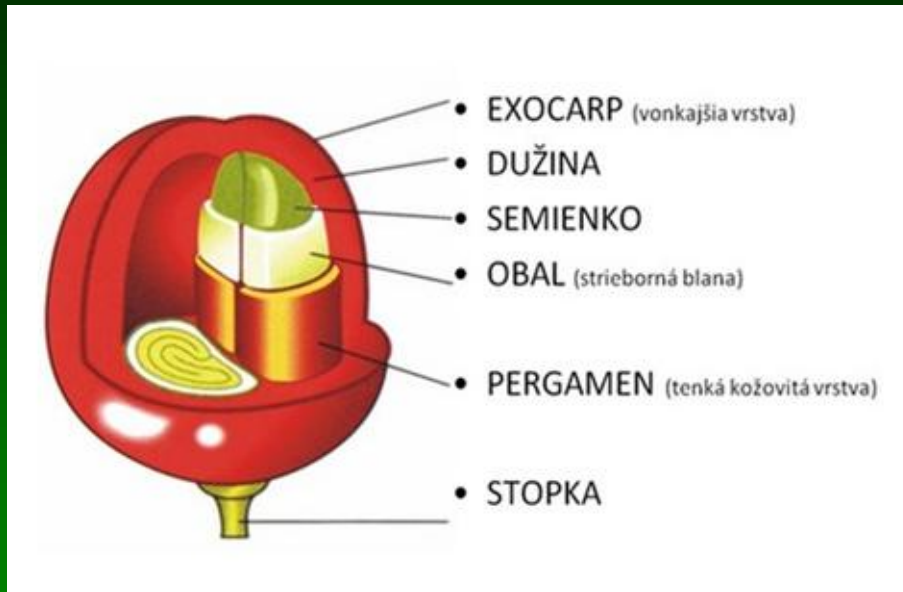
Peckovici má také palma kokosová nebo palma datlová,  
(*Areaceae*)



Ořešák (*Juglans*, *Juglandaceae*)  
má peckovici (až jednoselennou  
tobolku)



# Dvousemenná peckovice z cénokarpního gynecea –u kávovníku (*Coffea*, *Rubiaceae*)



Některé suché cénokarpní plody se rozpadají podél plodolistů, pak se nazývají poltivé (schizokarpium) – jsou to např. tvrdky u brutnákovitých (*Boraginaceae*)



# Tvrdky u užanky (*Cynoglossum*, *Boraginaceae*)



Tvrdky jsou typické také pro hluchavkovité (*Lamiaceae*)

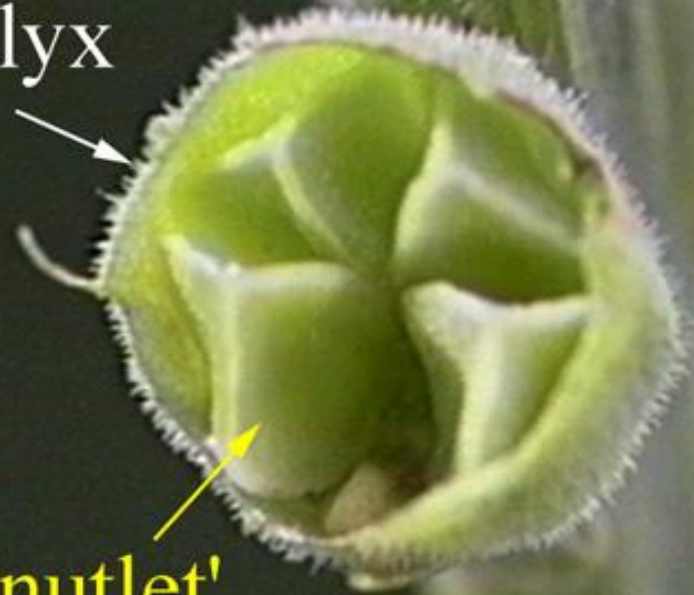
# Lamiaceae



*Dracocephalum parviflorum*

calyx

'nutlet'





Jiným typem suchého poltivého plodu, rozpadajícího se na plůdky (mericarpia) – jsou dvounažky u miříkovitých (*Apiaceae*)



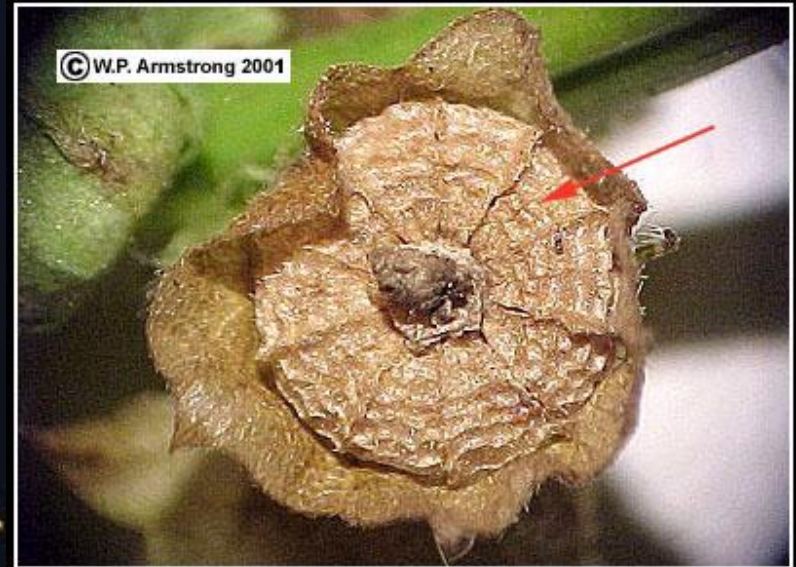
Poltivým plodem je také okřídlená dvounažka (samara) u  
javoru (*Acer*, *Sapindaceae*)



Poltivým plodem jsou také dvounažky u svízelu (*Galium*,  
*Rubiaceae*)



# Poltivé plody rozpadající se v mnoho merikarpií má i sléz (*Malva*, *Malvaceae*)



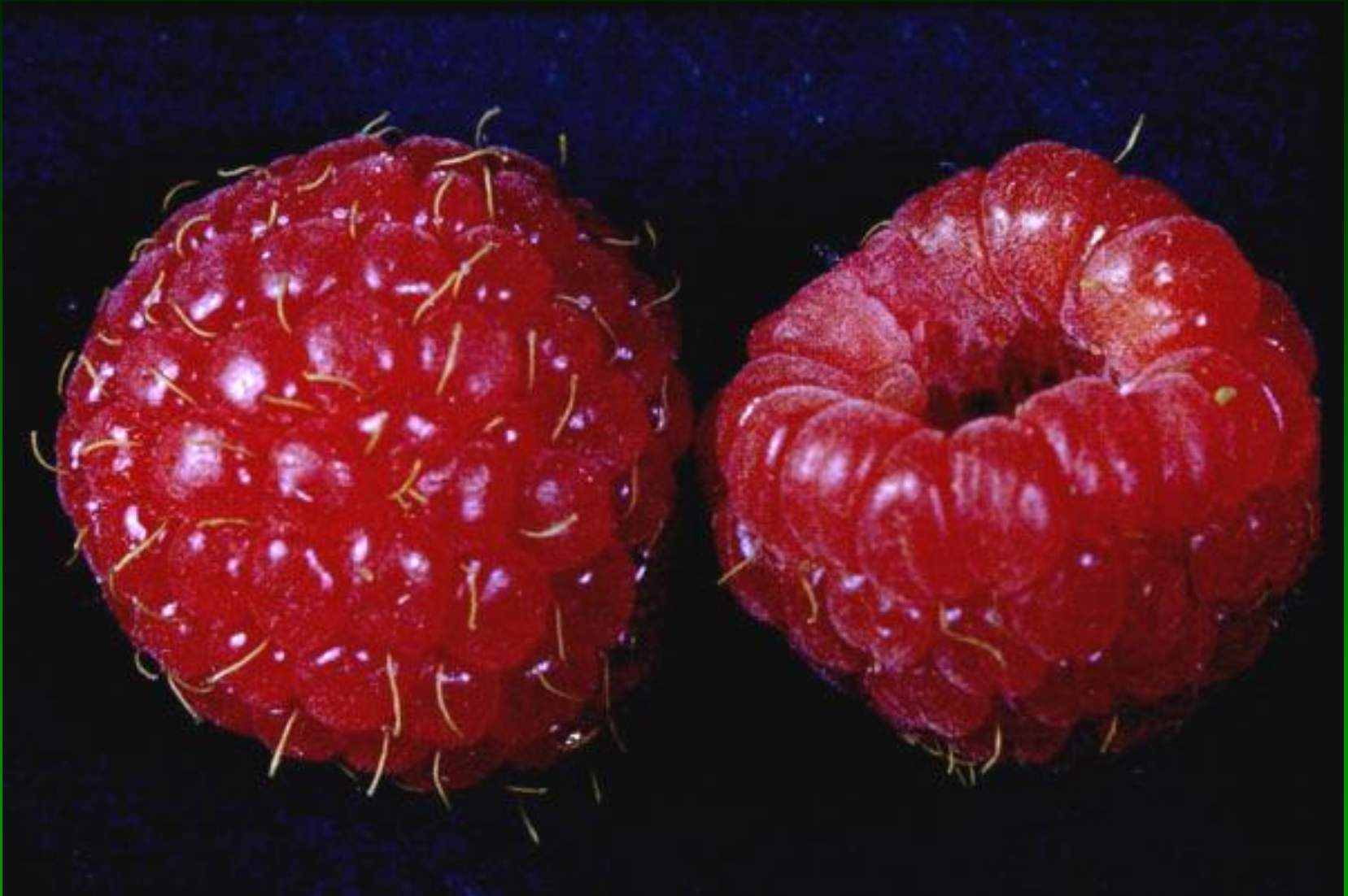
Rozpadavé plody, které rozpadají jinak než podél plodolistů nazýváme lámavé – vznikají jen z cénokarpních gyneceí. Je to např. struk u ředkve (*Raphanus*, *Brassicaceae*)



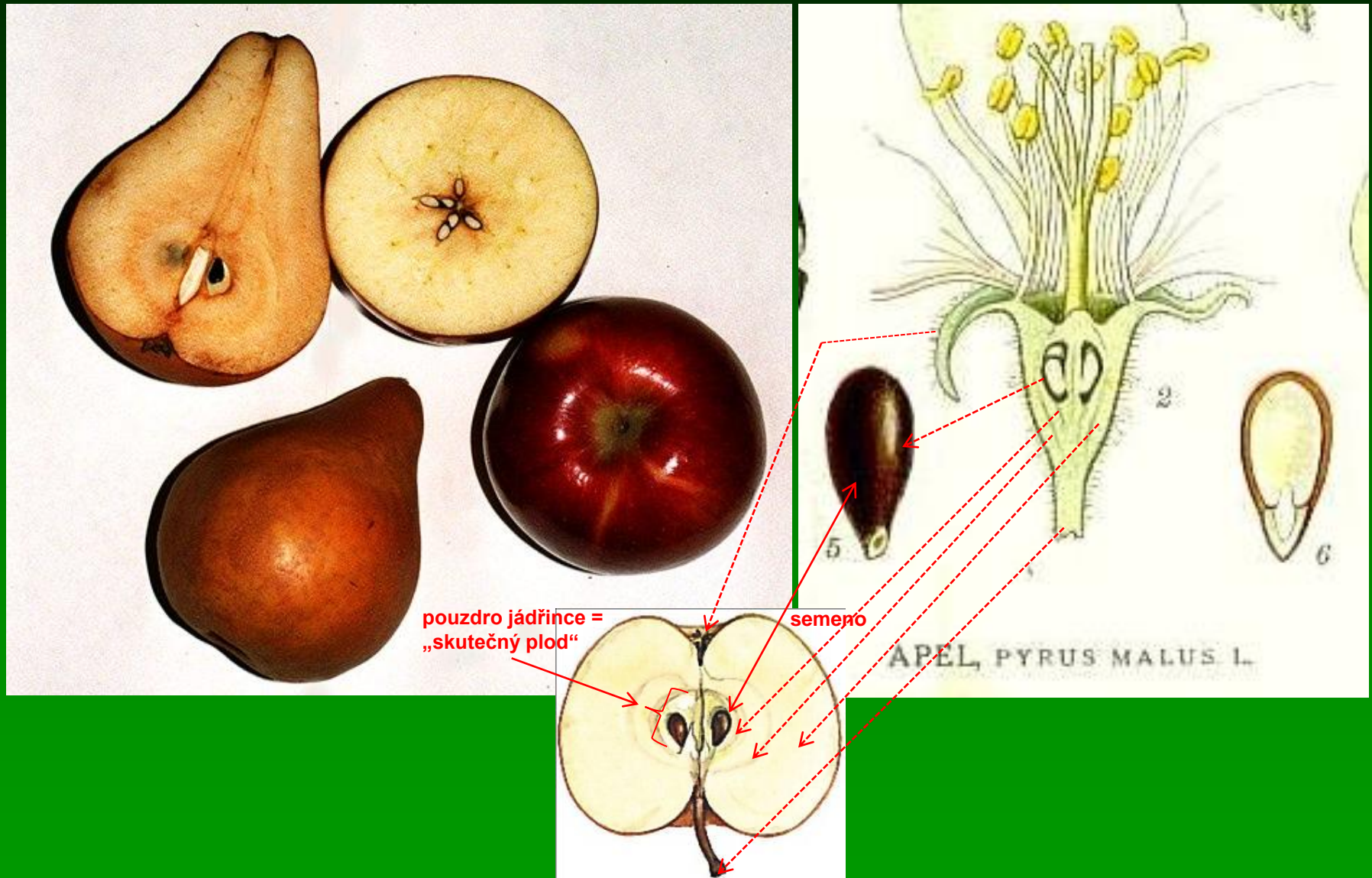
Souplodí je útvar vzniklý spojením apokarpních plodů obvykle květním lůžkem např. mnohoměchýřek u magnolie (*Magnolia*, *Magnoliaceae*)



# Souplodí peckoviček tvoří malina (*Rubus*, *Rosaceae*)



# Zdužnatělá češule obalující souplodí nažek (jádřinec) dává vznik souplodí zvanému malvice





Také jeřabiny (*Sorbus*, *Rosaceae*) jsou drobnými malvicemi



# Malvice má také hloh (*Crataegus*)



Strukturou a vznikem jsou malvicím blízké šípky (*Rosa*, *Rosaceae*)



Souplodím nažek na zdužnatěném květním lůžku jsou také jahody (*Fragaria*, *Rosaceae*)



[Květní lůžko = receptaculum]



Plodenství je plod vyniklý přeměnou celého květenství –  
např. fík (*Ficus*, *Moraceae*)



Plodenstvími jsou také plody moruší (*Morus*, *Moraceae*)



Plodenstvím, vzniklým  
přeměnou celého květenství  
spolu s listy jke také  
ananas (*Ananas*,  
*Bromeliaceae*)



**Šíření semen, plodů a jiných diaspór – rozšiřování se děje buď vlastním aktivním přičiněním rostliny = **autochorie** – např. u netýkavky (*Impatiens*, *Balsaminaceae*) katapultováním semen**





**Anemochorie** – u javoru, pampelišky, břízy a plaménku (*Clematis*), u katránu (*Crambe*) se větrem šíří celé rostliny jako stepní běžci



# Hydrochorie – kostec žlutý (*Iris pseudacorus*), kokos (*Cocos nucifera*)



Pomocí háčků se plody či celá květenství zachycují v srsti zvířat a šíří se - **epizoochorie**





Masíčka na semenech (caruncula) či tuková tělíska na plodech (elaiosomy) jsou některých druhů adaptací na šíření mravenci – **myrmekochorie**



**Endozoochorie** – při níž sehrála, stejně jako u entomogamie, úlohu koevoluce



Endozoochorie není jen adaptace využívající zvířata k šíření, ale zajišťuje i výživu novému pokolení



# Vznik krytosemenných

hlavní aspekty jejich  
evolučního úspěchu

# Evoluce diverzity krytosemenných

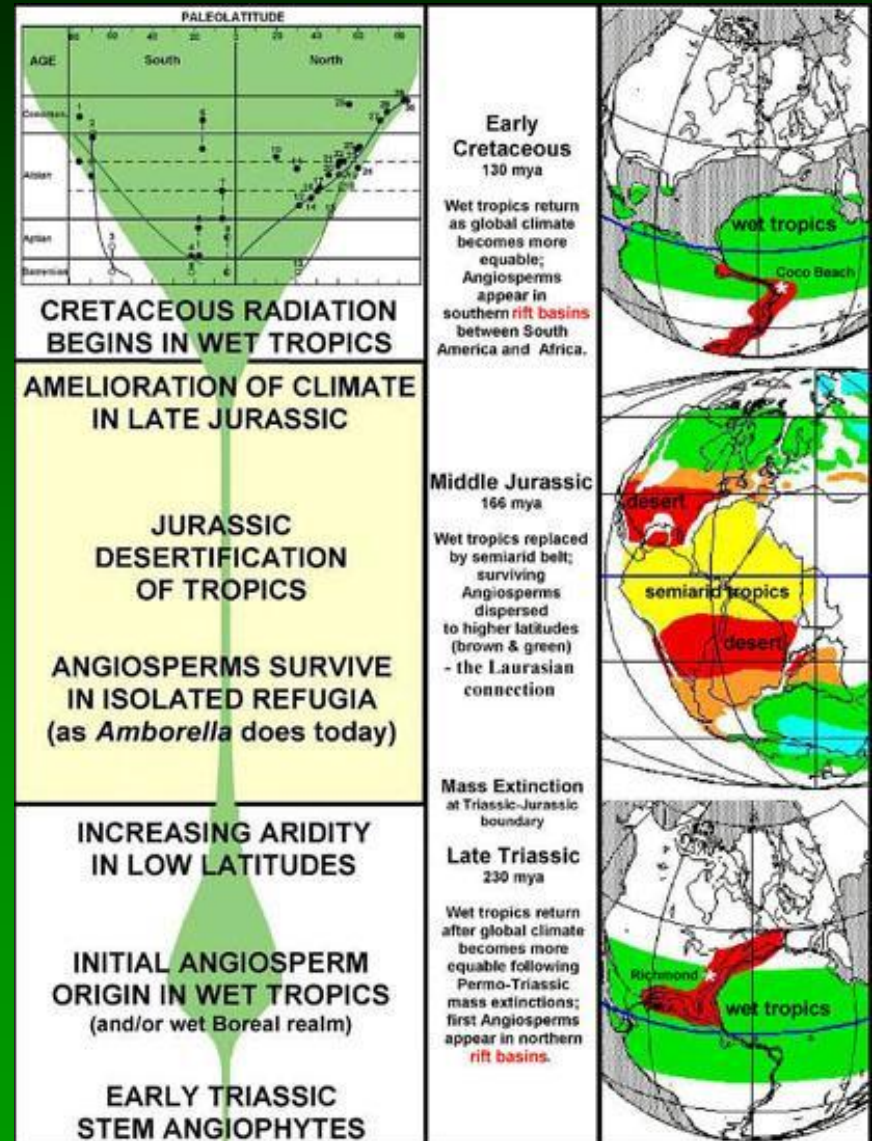
křída: diverzifikovalo ca 98 % dnešních čeledí



jura: prošly (úzkým hrdlem láhve) = vymírání

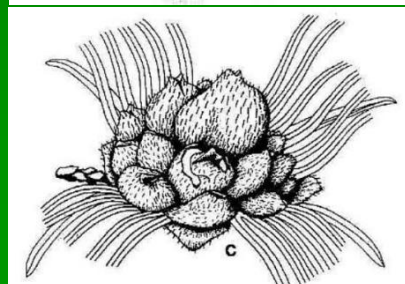
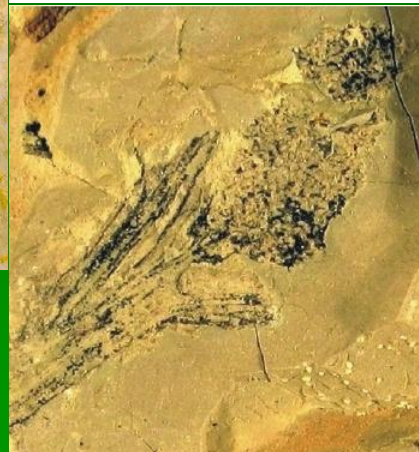
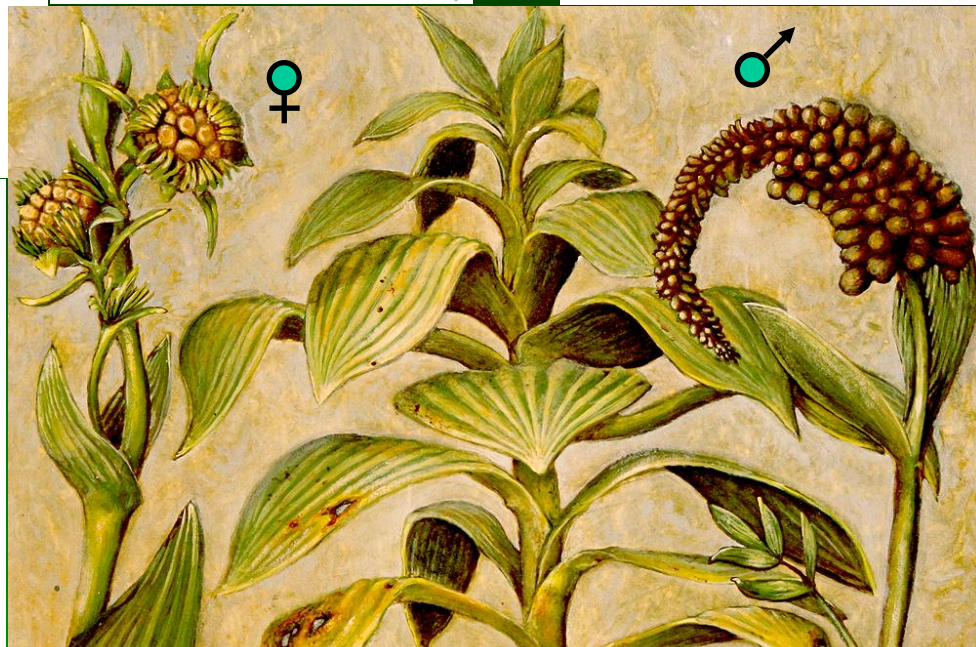
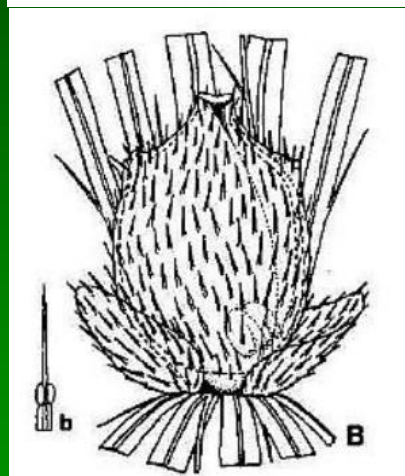
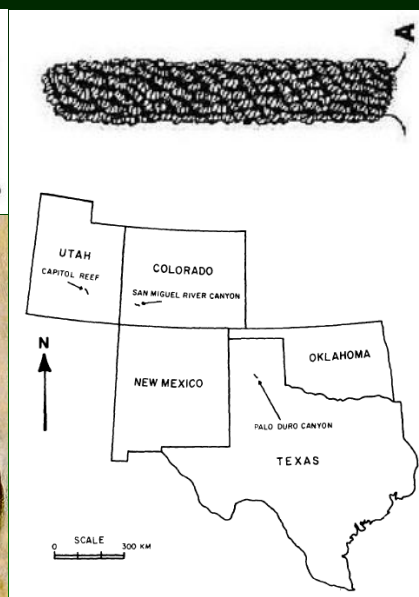
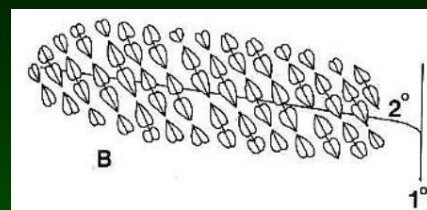
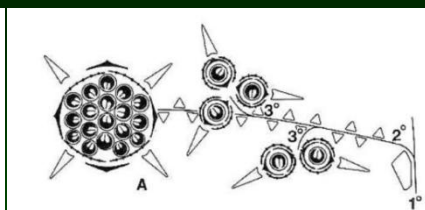
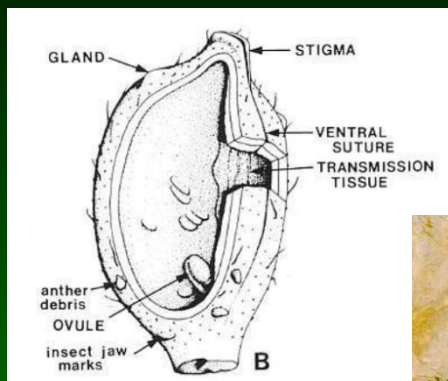


trias: podle molekulárního datování již tehdy vznikly hlavní skupiny = bazální, dvouděložné i jednoděložné krytosemenné rostliny





# *Sanmiguelia lewisii*: rekonstrukce nejstarší (220 mil. let) fosílie krytosemených. Objevena 1956 ve vrstvách svrchního triasu v Coloradu u řeky San Miguel



ca 60 cm vys.; „jednoděložné“ listy; jednopohlavné květy v šišticevitých „květenstvích“; dřevnatý stonk; plodolist s bliznou i dva okvětní lístky samičího květu pokryté žlázkami; v každém plodolistu dvě anatropní vajíčka; samčí květy nahé každý se dvěma mikrosporofyly (tyčinkami), spirálně v klasech skládajících lichoklasy

plodolisty →

tyčinky →

12



Rekonstrukce vzhledu 125 milionů let staré fosilie vodního zástupce primitivních angiosperm ze spodní křídý (nalezené r. 2002 v čínské prov. Liaoning) –

## *Archaeofructus chinensis*

– jeho předpokládané jurské stáří bylo později zpochybněno argonovým datováním

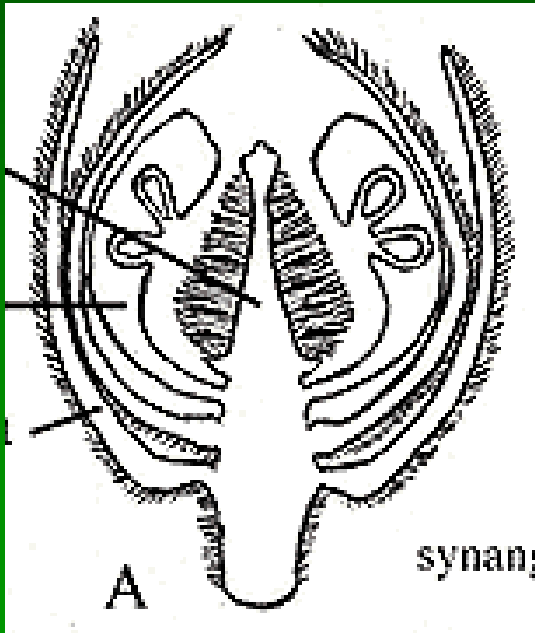


**Evoluční původ krytosemenných** není zcela jasný, jejich ancestry je možno hledat mezi megafylními typy nahosemenných – *Cycadeoideopsida* nebo *Gnetophyta*

*Williamsonia*

*Magnolia*

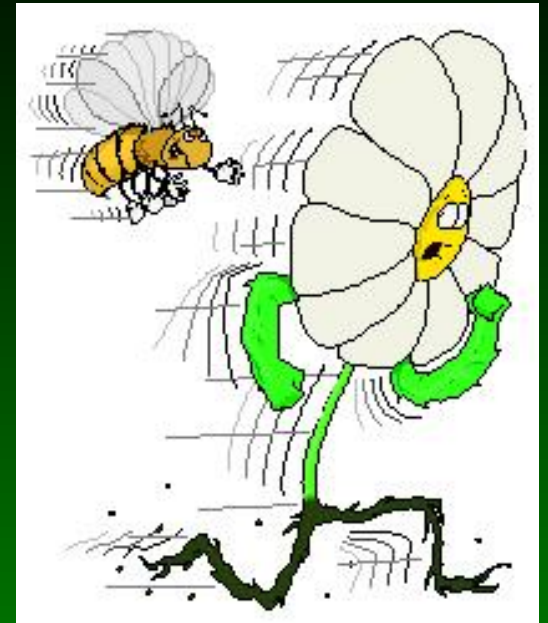
*Lilium*



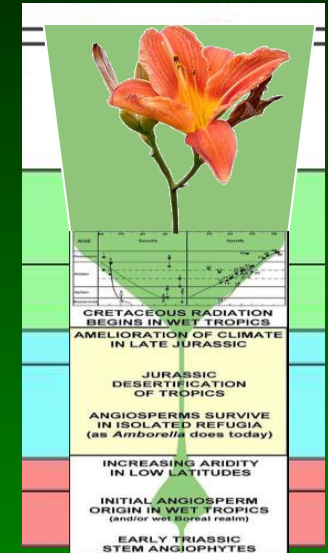
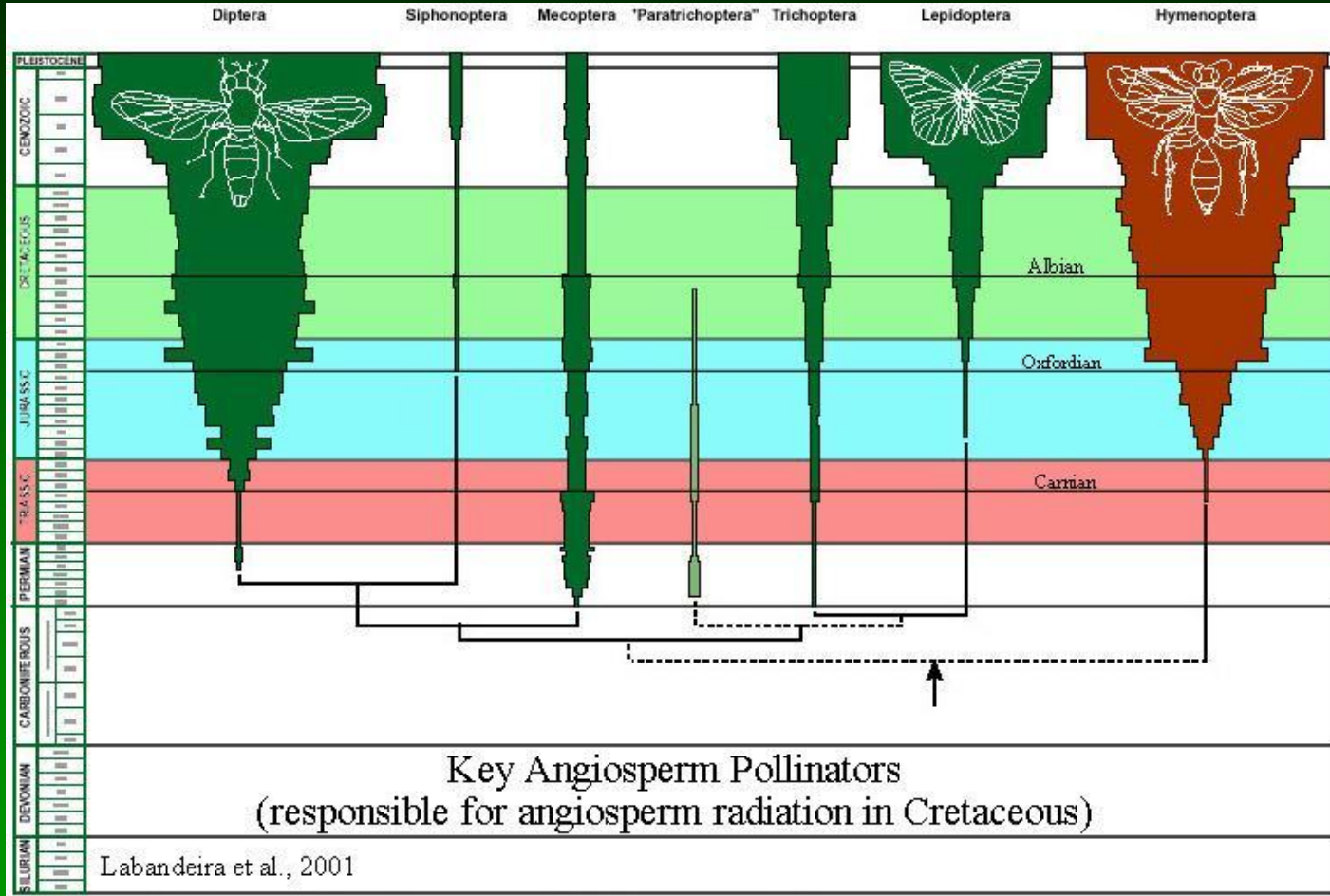
Křídovou expanzi krytosemenných podmínila:

- » velká rozmanitost fyzicko-geografických podmínek
- » vysoká konkurenční schopnost v nejrůznějších biotopech (včetně vodních)
- » kratší životní cyklus než u nahosemenných skýtající možnost rychlejšího tempa evoluce
- » rozmanitost životních forem (stromy, keře, polokeře, byliny, liány, epifyty, popř. poloparaziti, paraziti a saprofyty),
- » schopnost vytvářet složité vícevrstevné (vícepatrové) rostlinné formace a společenstva, a tedy úspěšně obsazovat a využívat i takové ekologické niky, které byly jejich rostlinným současníkům nedostupné

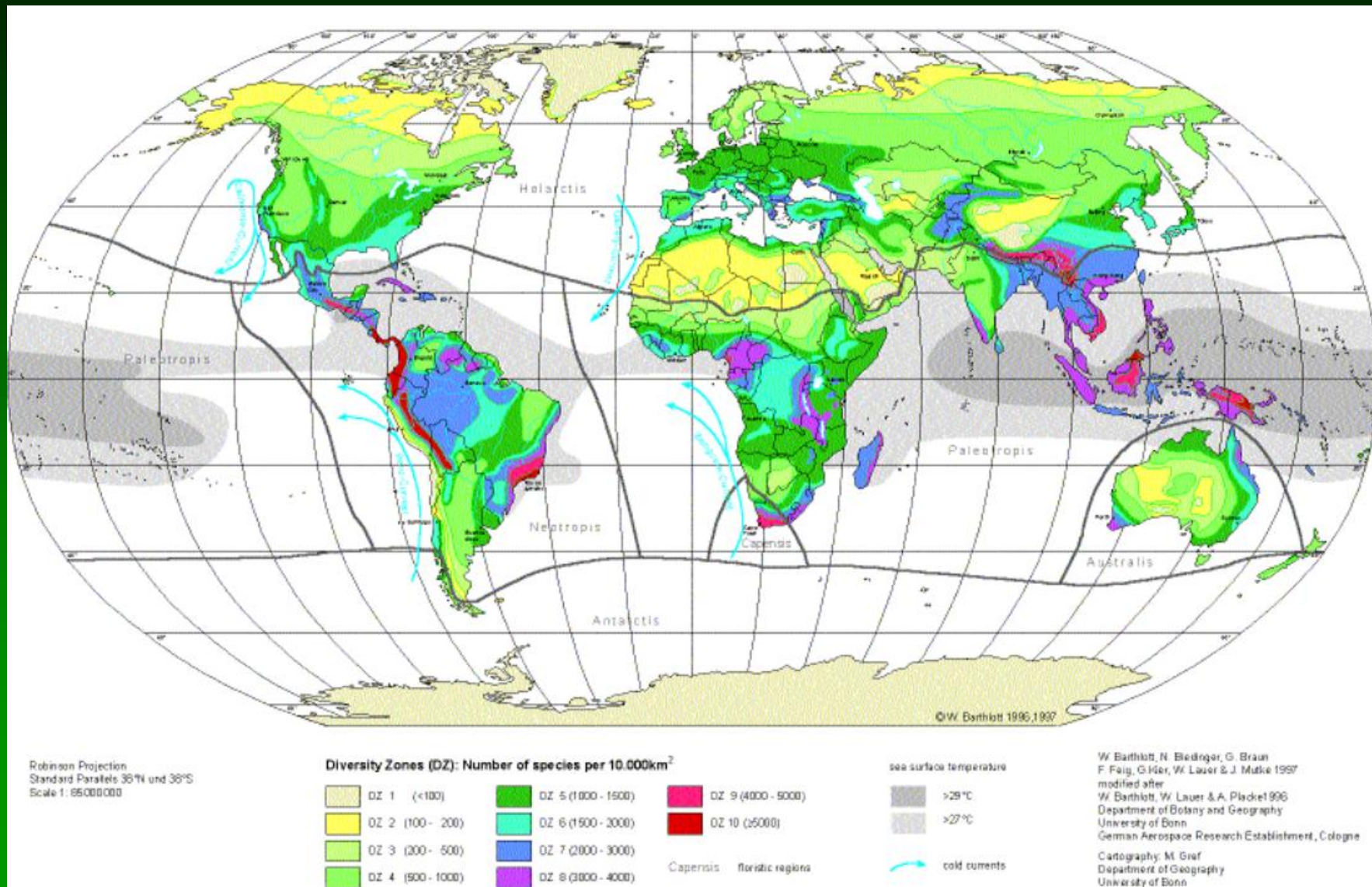
koevoluce krytosemenných a hmyzu  
vedla k morfologické diverzifikaci hlavně  
květních částí



# Diverzifikace hlavních typů opylovačů a krytosemenných v geologickém čase



# Geografické rozšíření jsou rozšířeny na celém povrchu Země s výjimkou arktických a antarktických ledových pustin



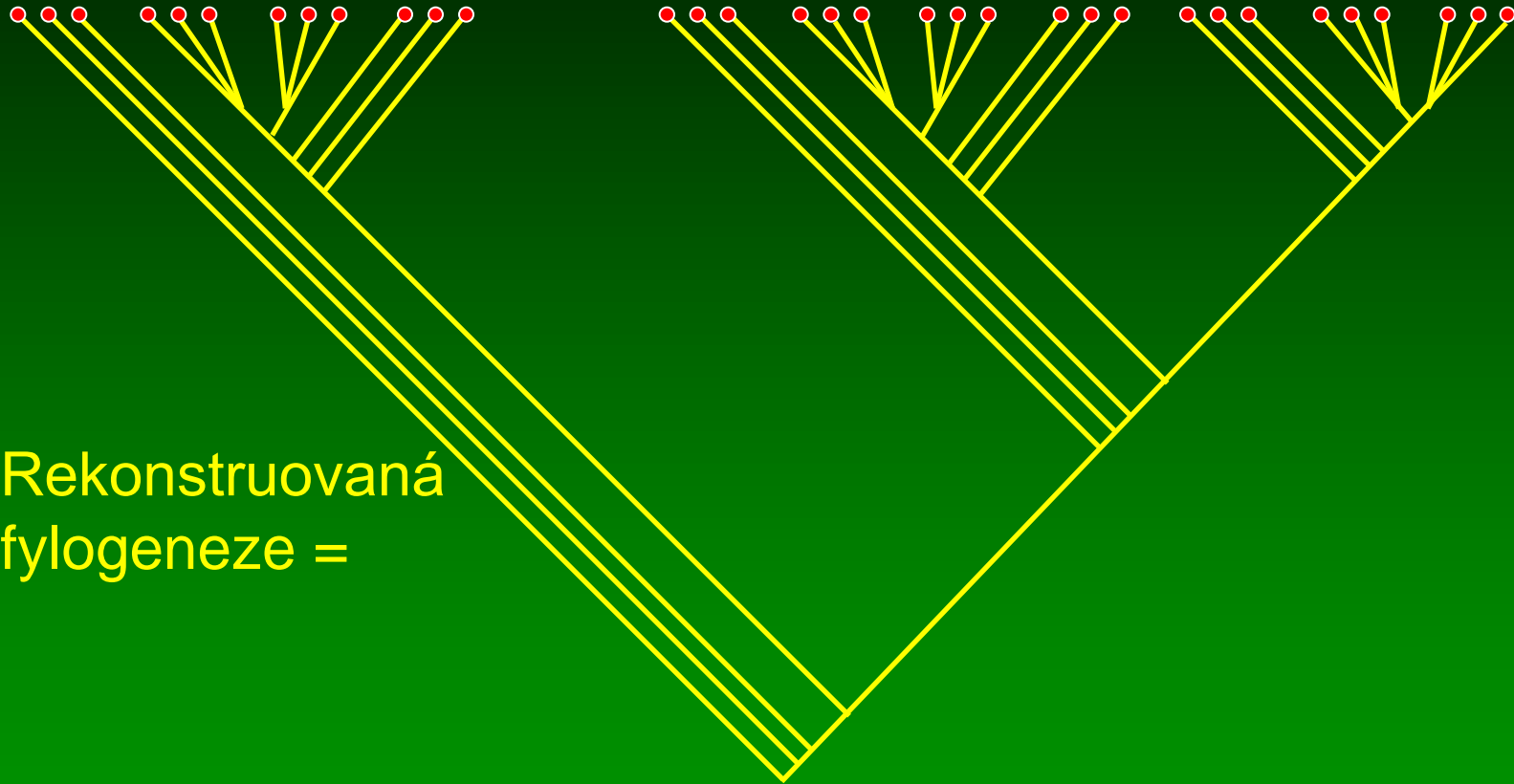
Dnešní druhy =



# Rekonstrukce fylogeneze



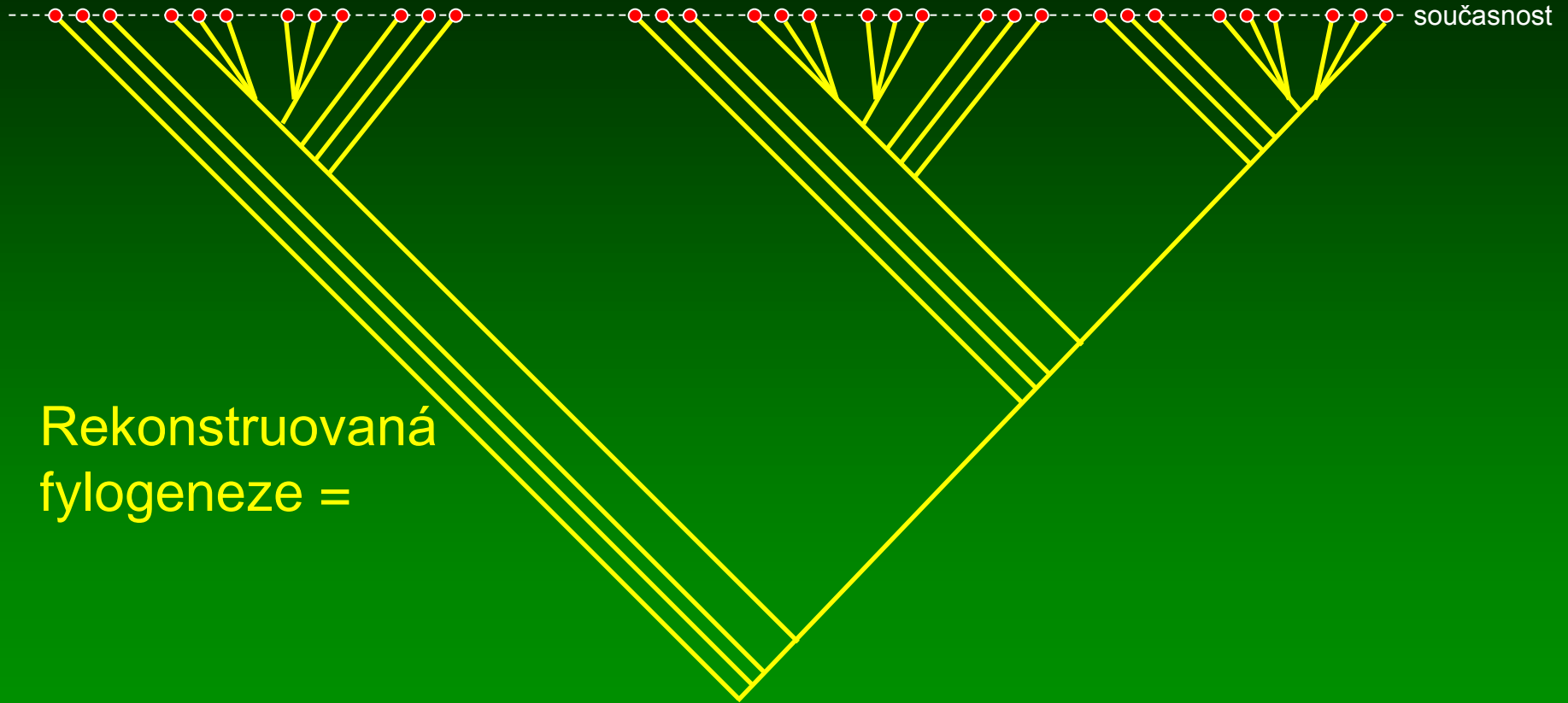
Dnešní druhy =



Rekonstruovaná  
fylogeneze =

# Rekonstrukce fylogeneze

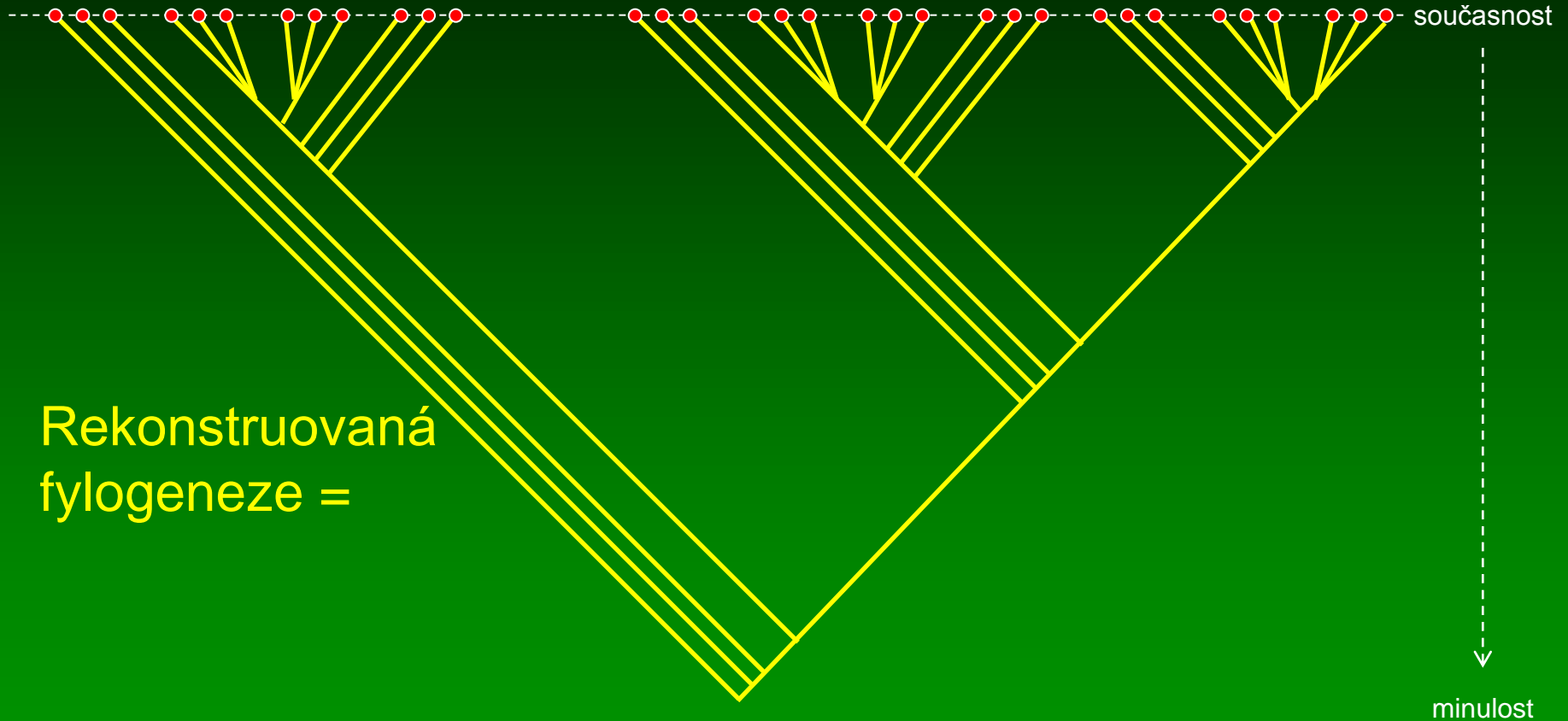
Dnešní druhy =



Rekonstruovaná  
fylogeneze =

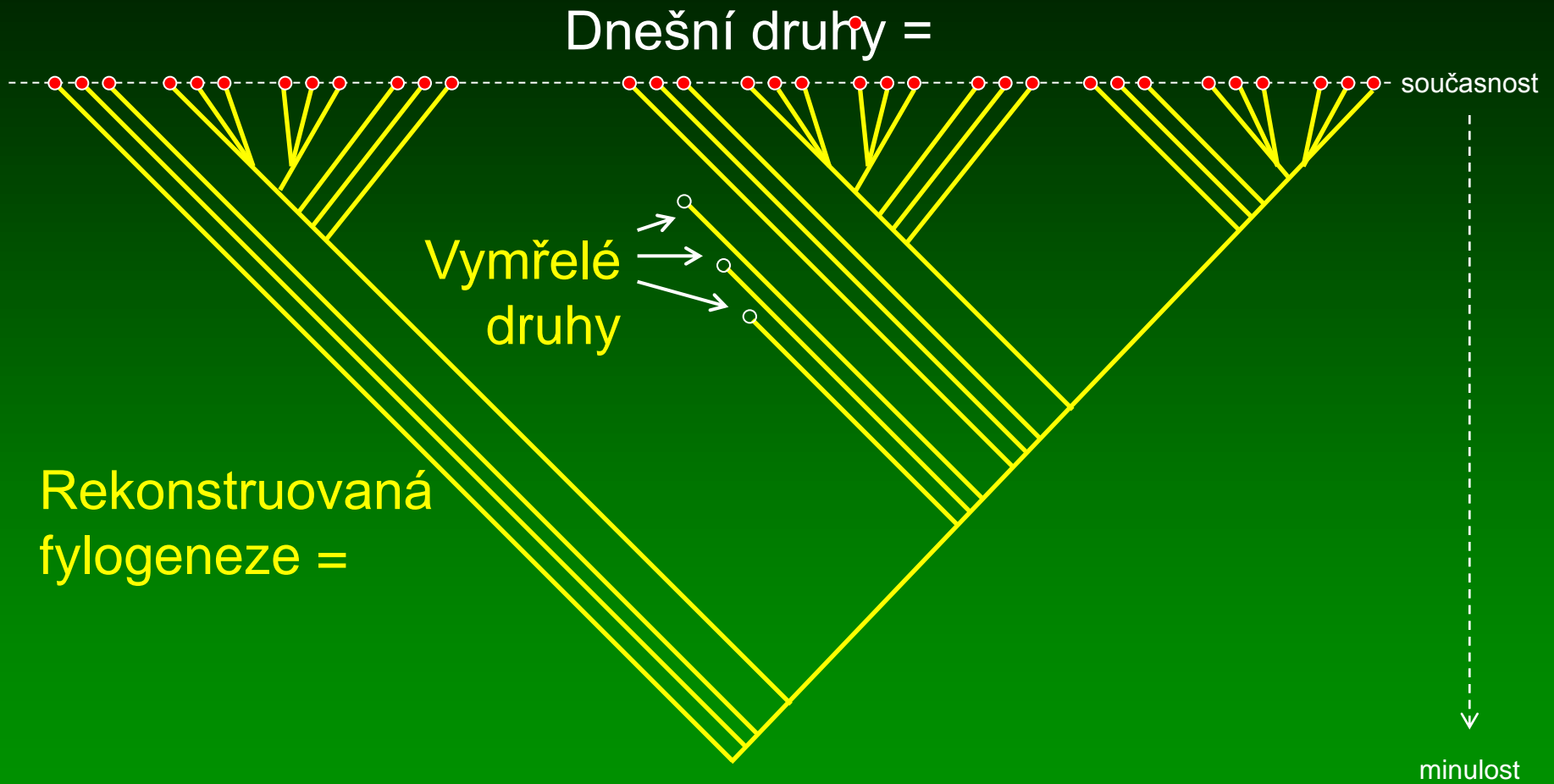
# Rekonstrukce fylogeneze

Dnešní druhy =

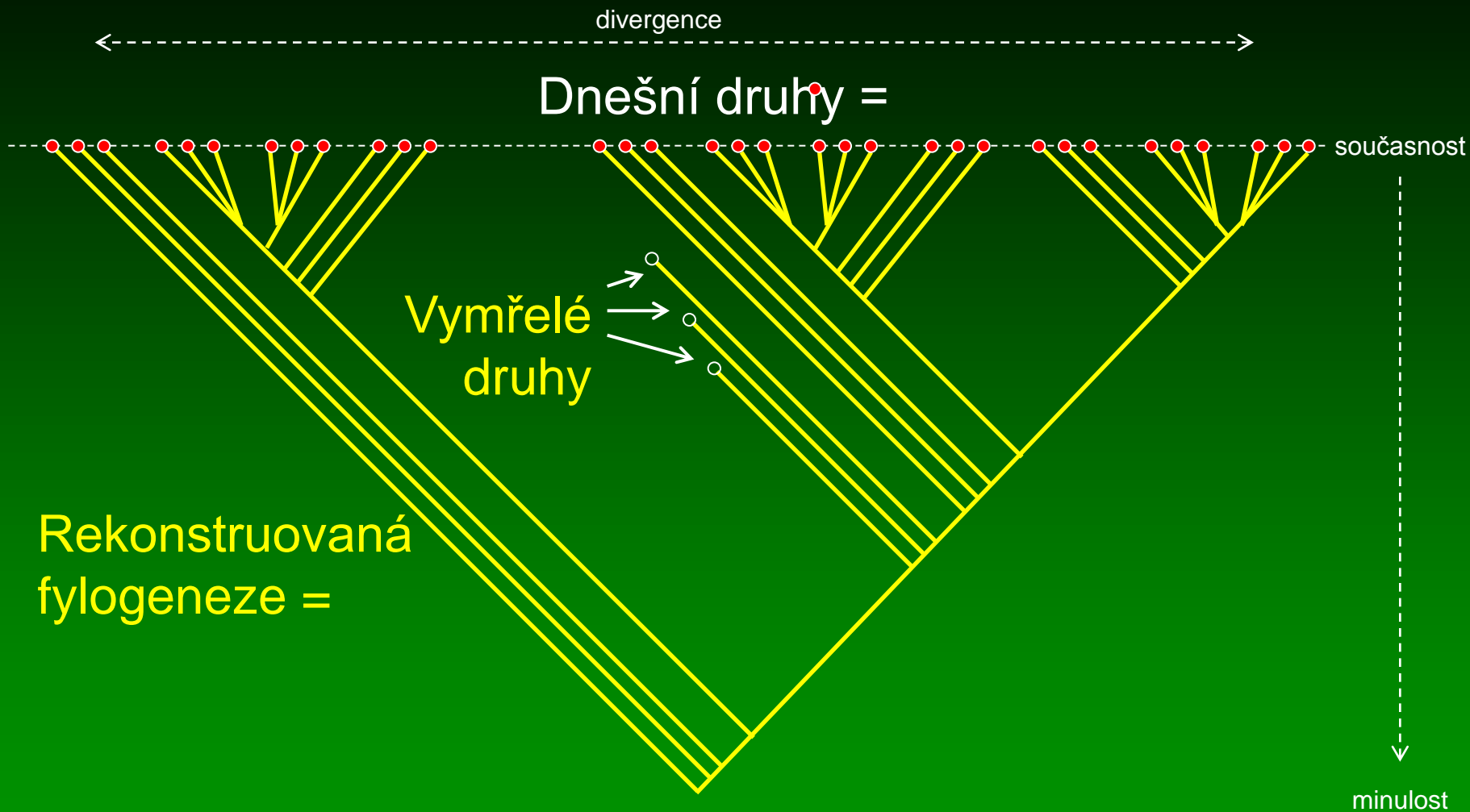


Rekonstruovaná  
fylogeneze =

# Rekonstrukce fylogeneze

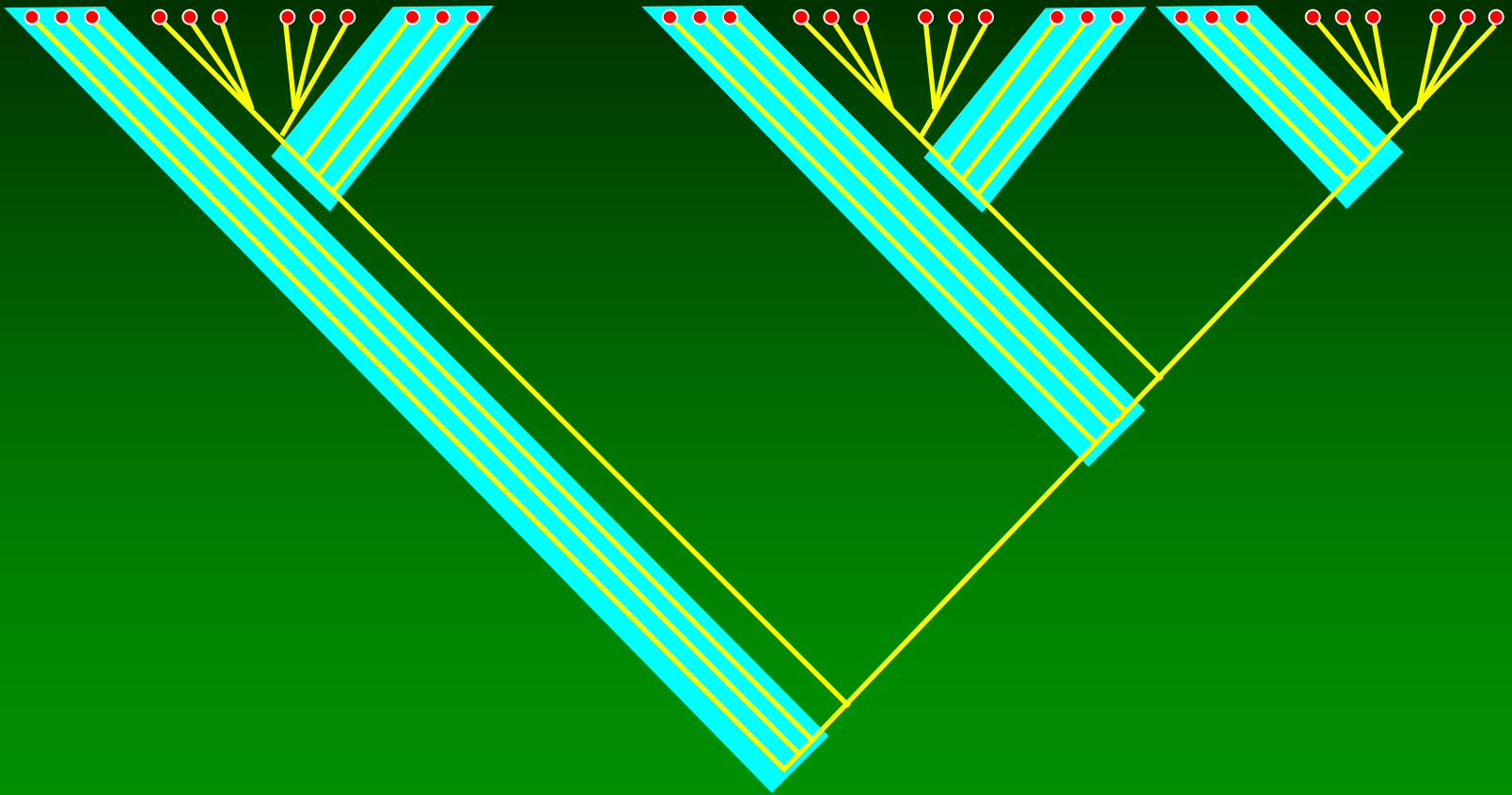


# Rekonstrukce fylogeneze



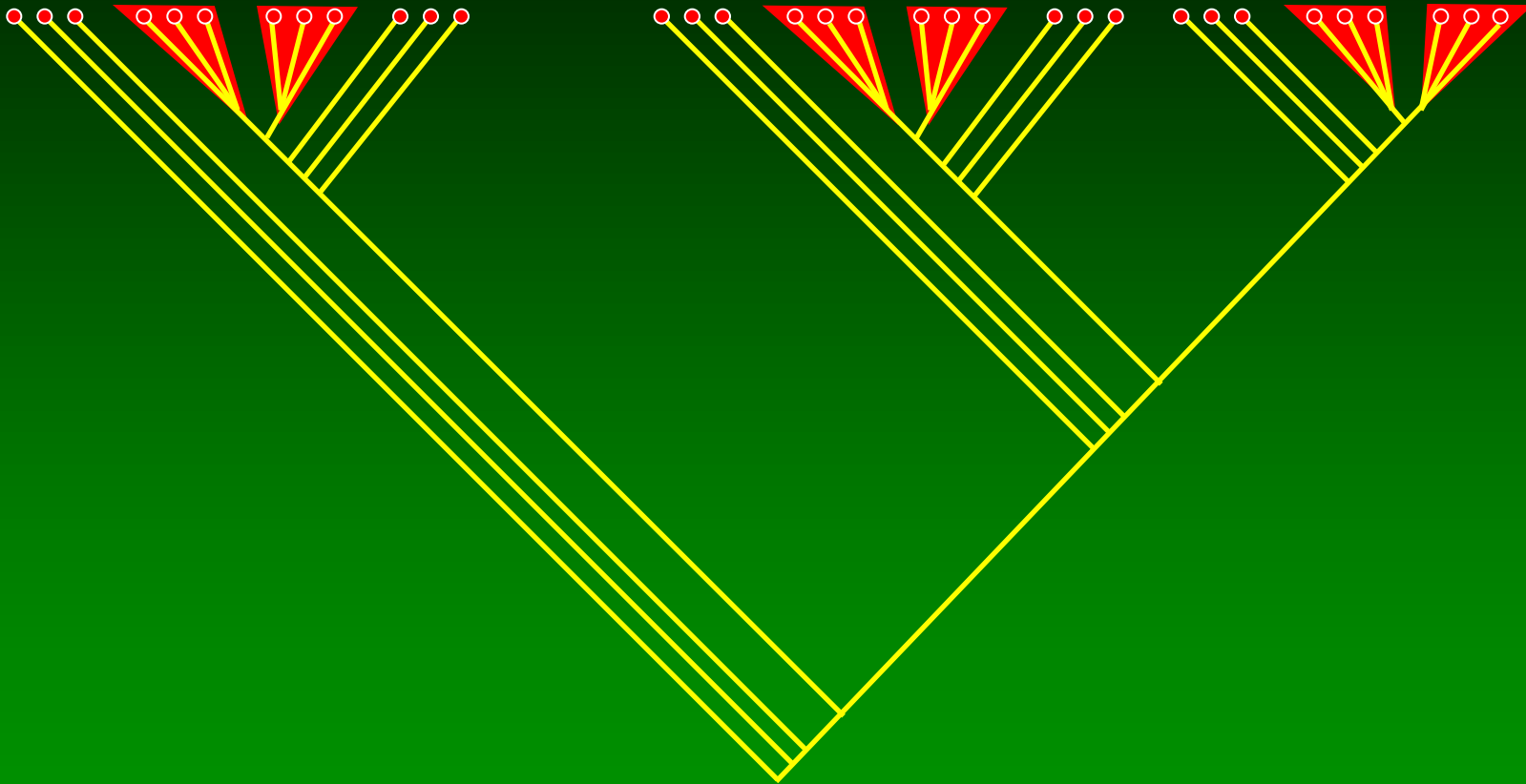
# Rekonstrukce fylogeneze

Parafyletické taxony =



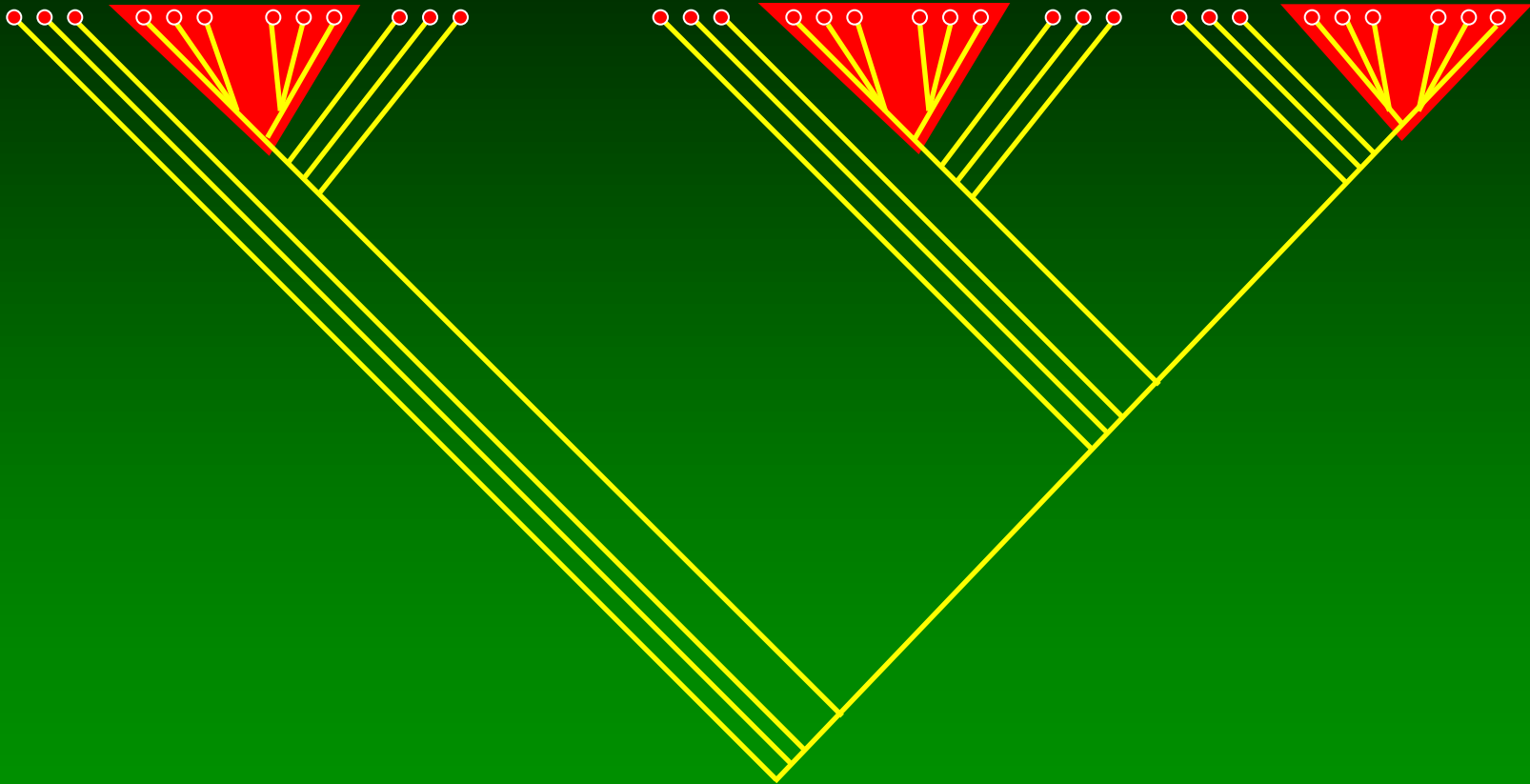
**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

Monofyletické taxony =



**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

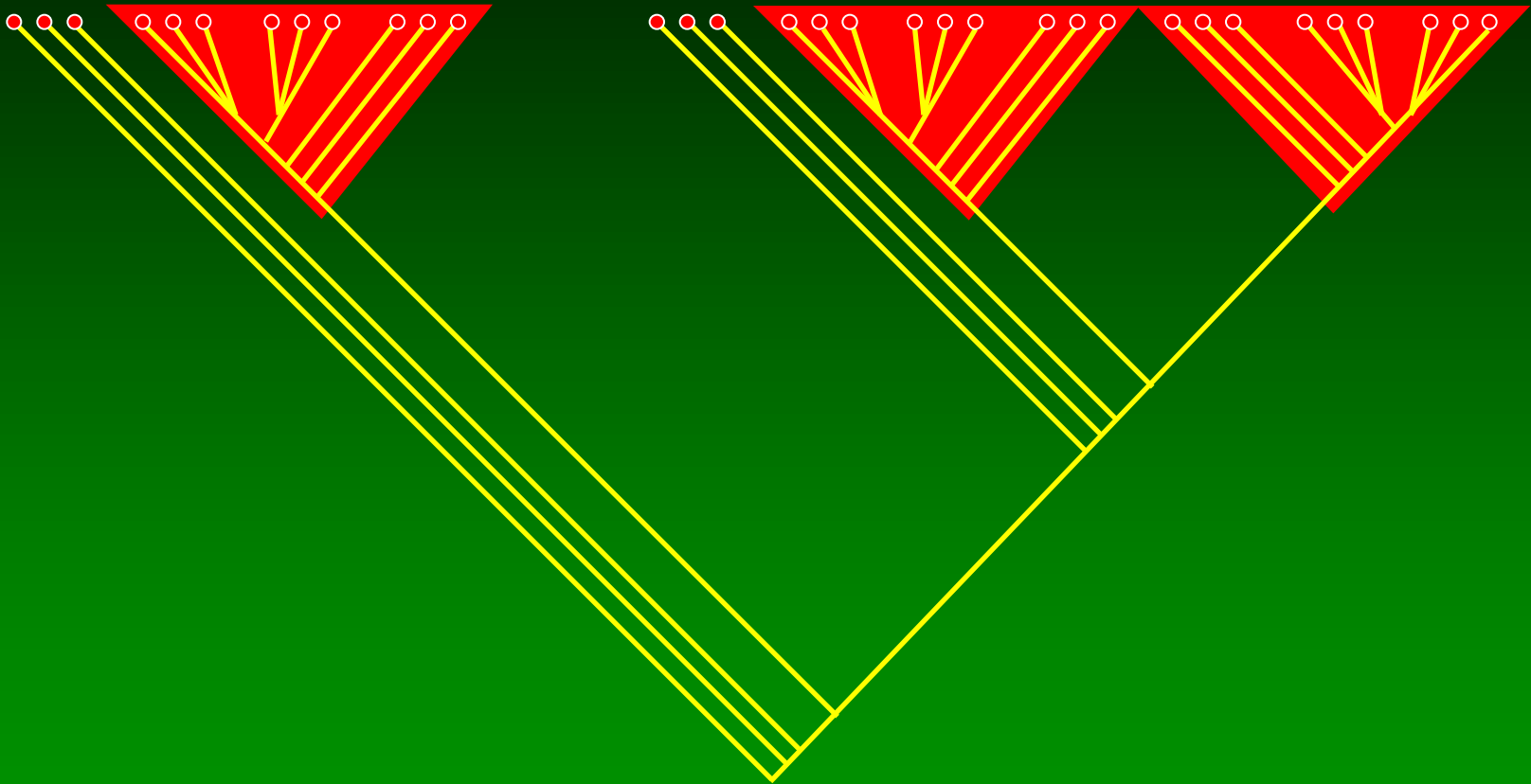
Monofyletické taxony =



**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

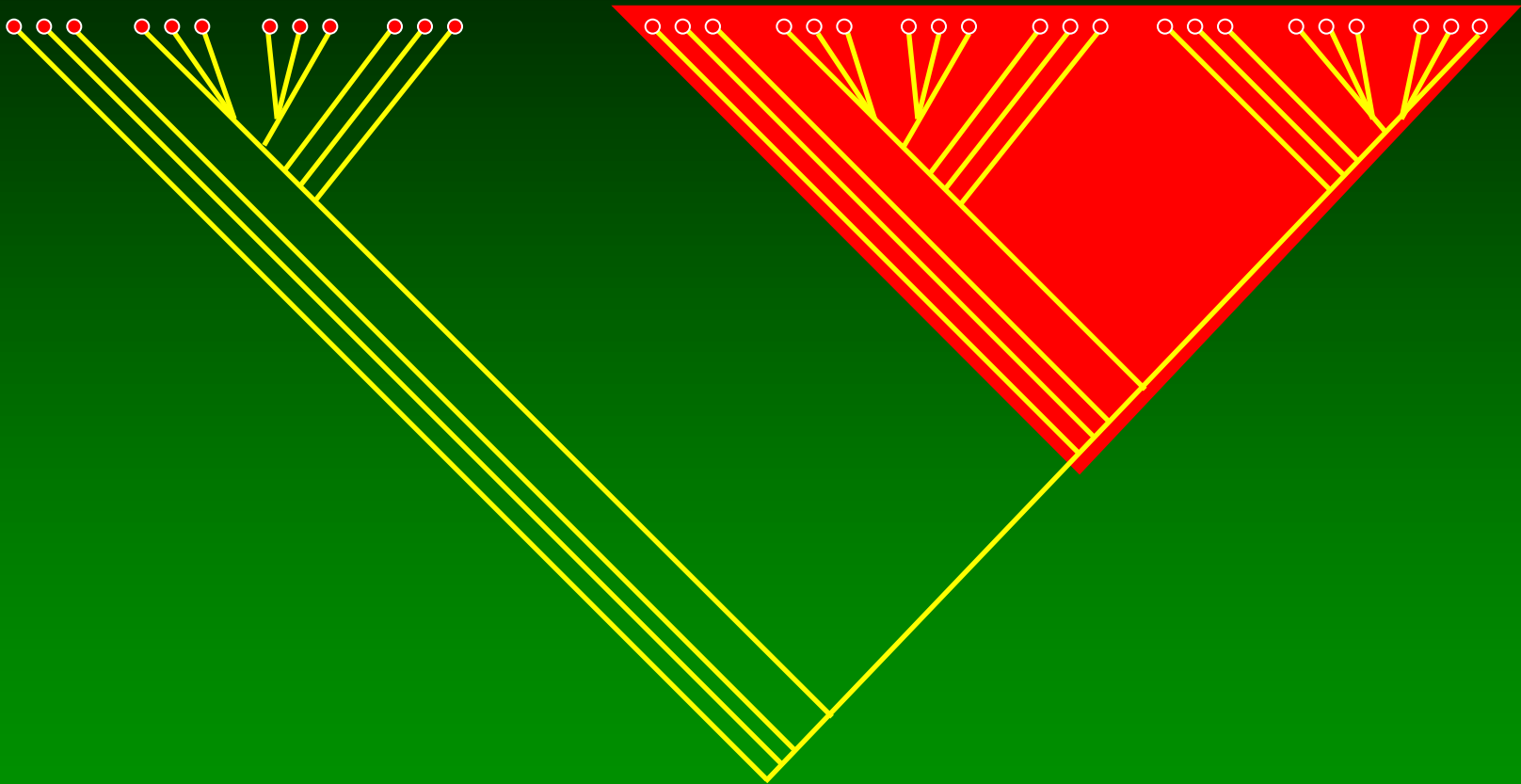


Monofyletické taxony =



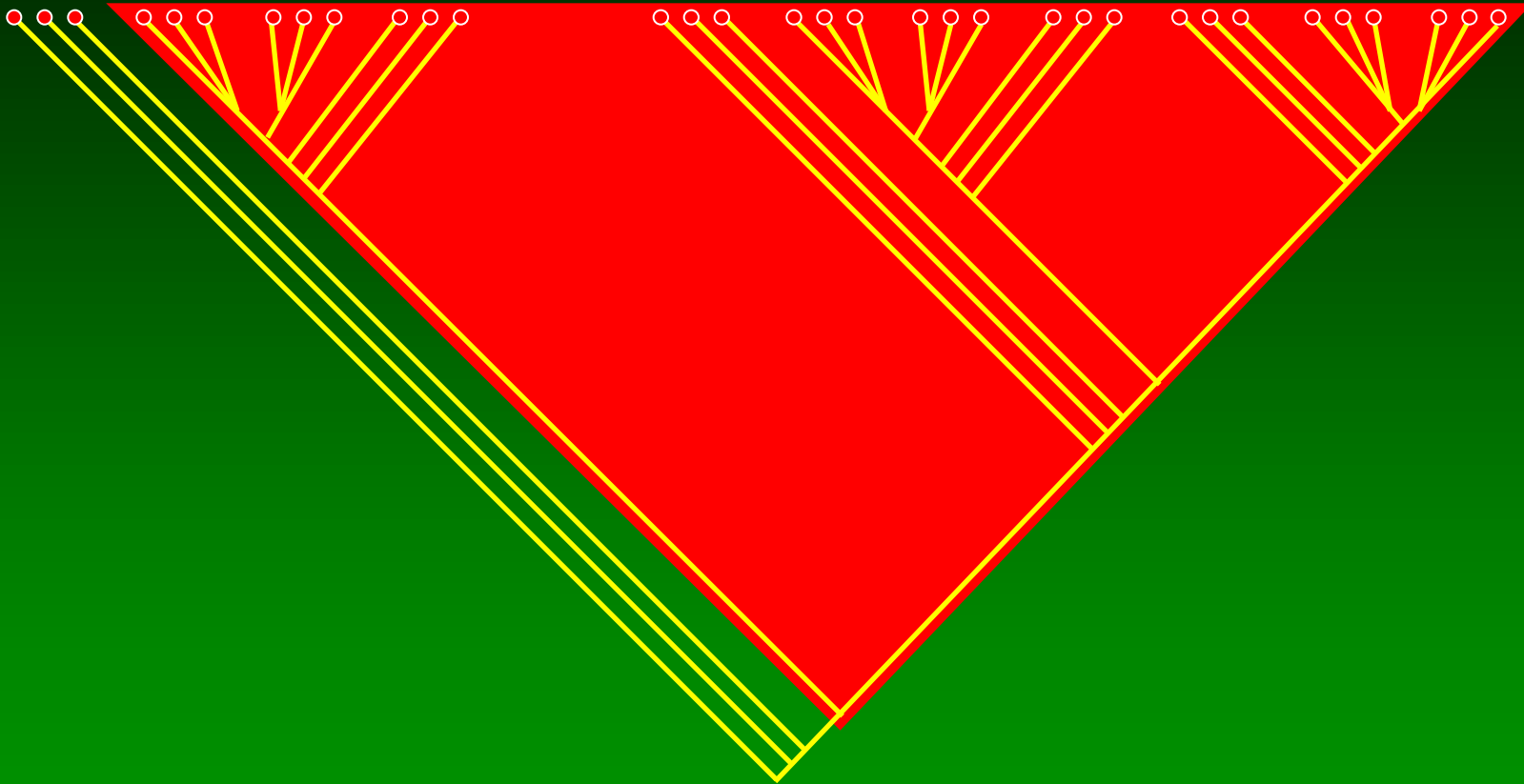
**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

Monofyletický taxon =



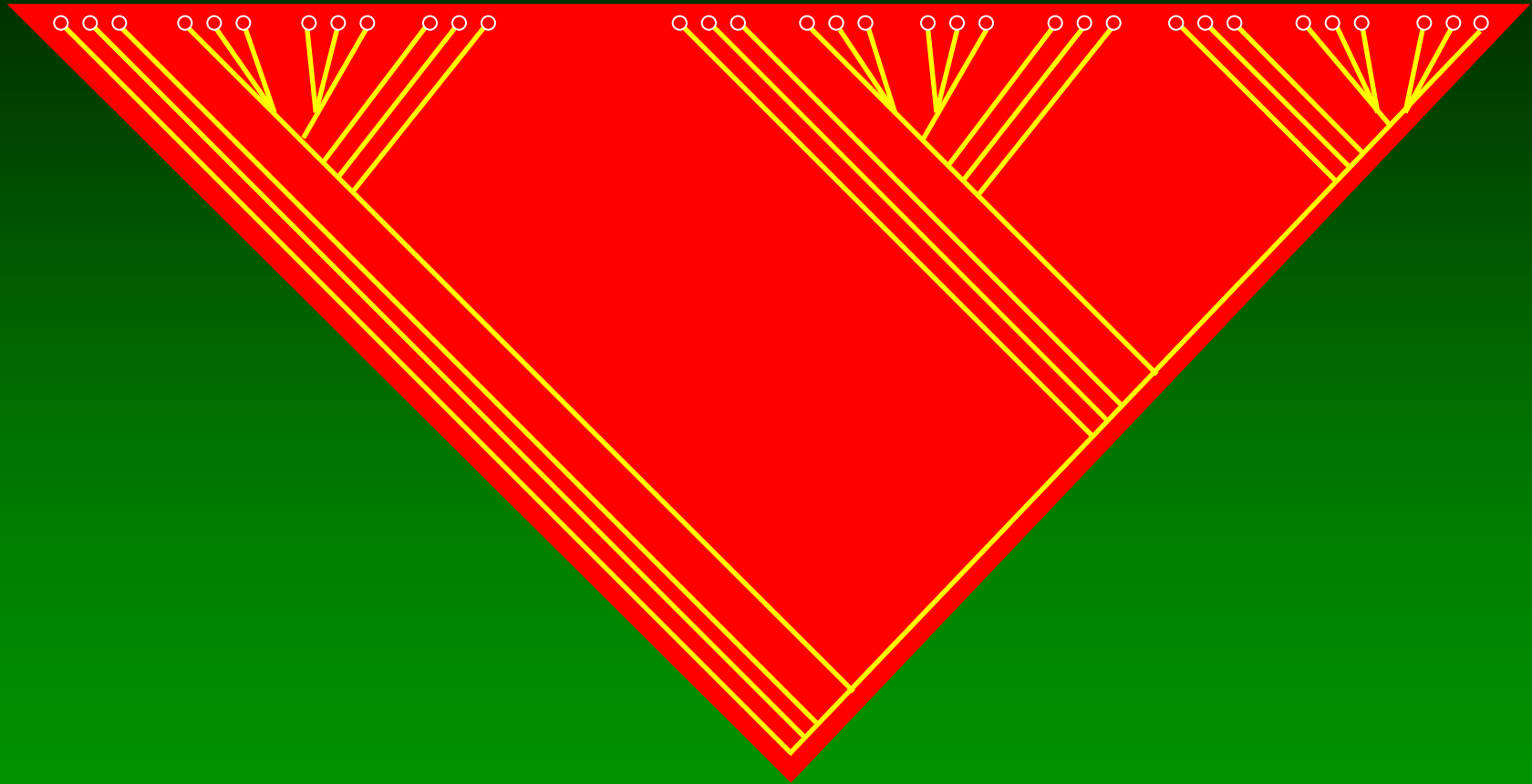
**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

Monofyletický taxon =



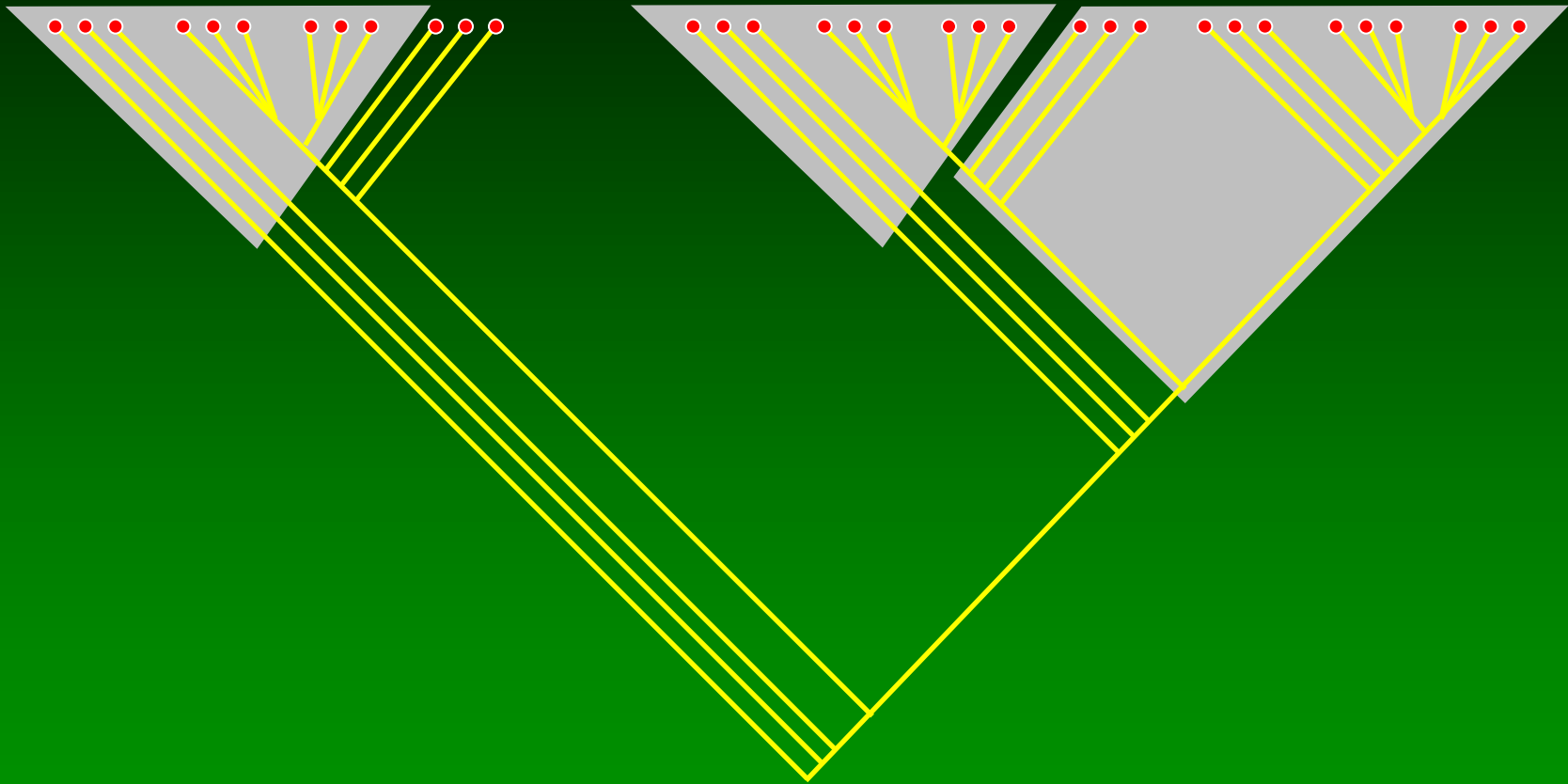
**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

Monofyletický taxon =



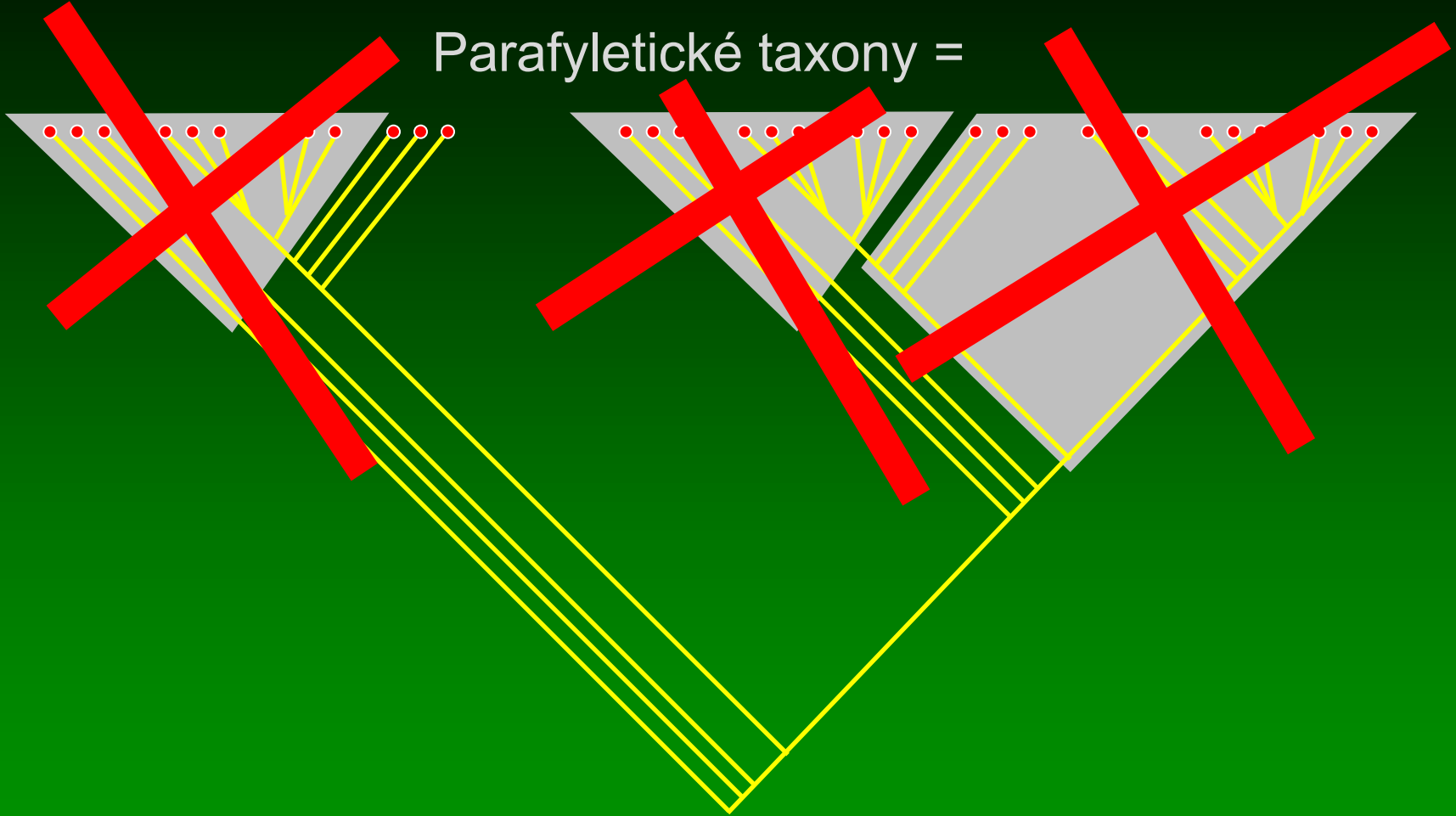
**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

Parafyletické taxony =



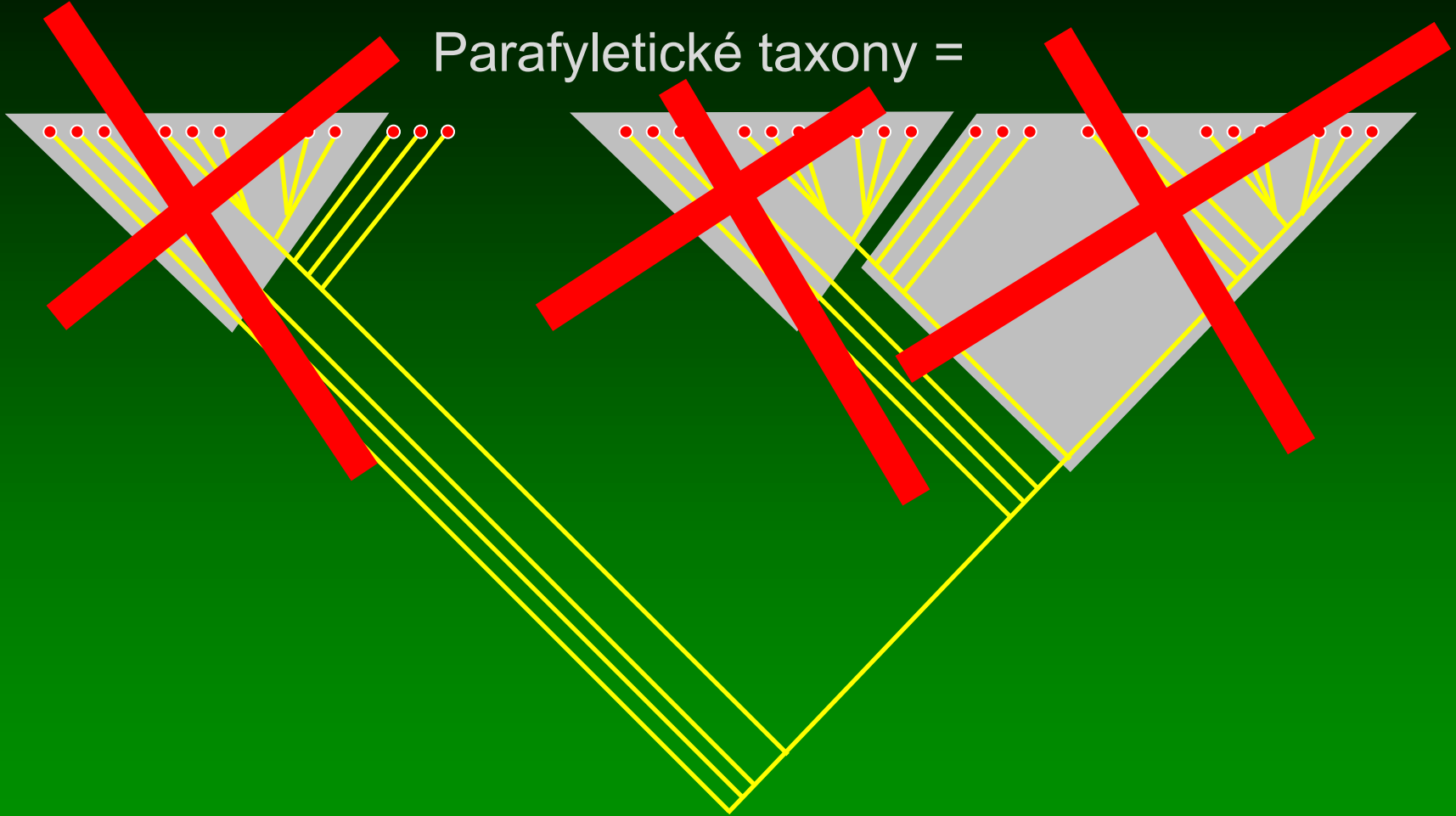
**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

Parafyletické taxony =

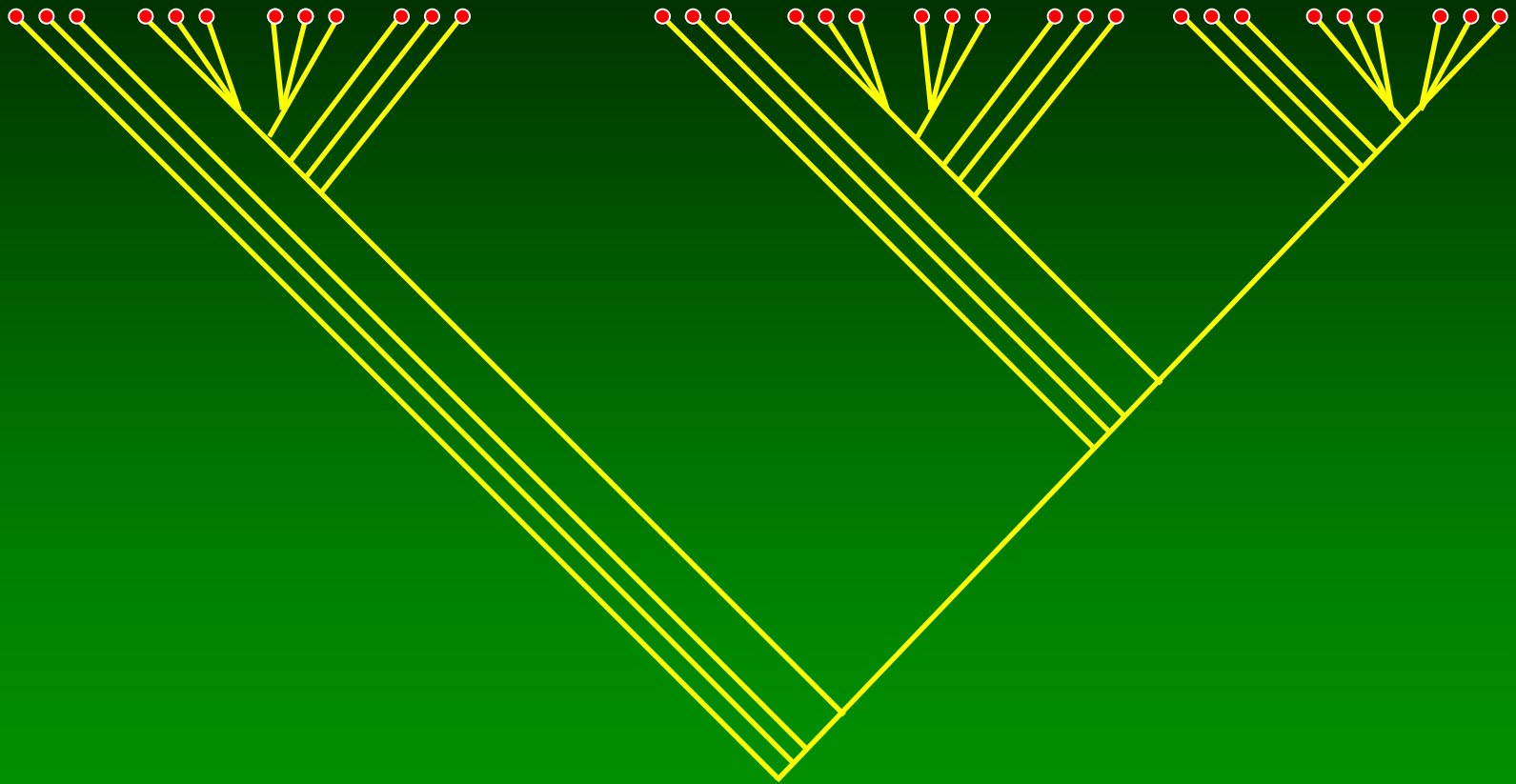


Monofyletické x Parafyletické x ~~Polyfyletické „taxony“~~

Parafyletické taxony =

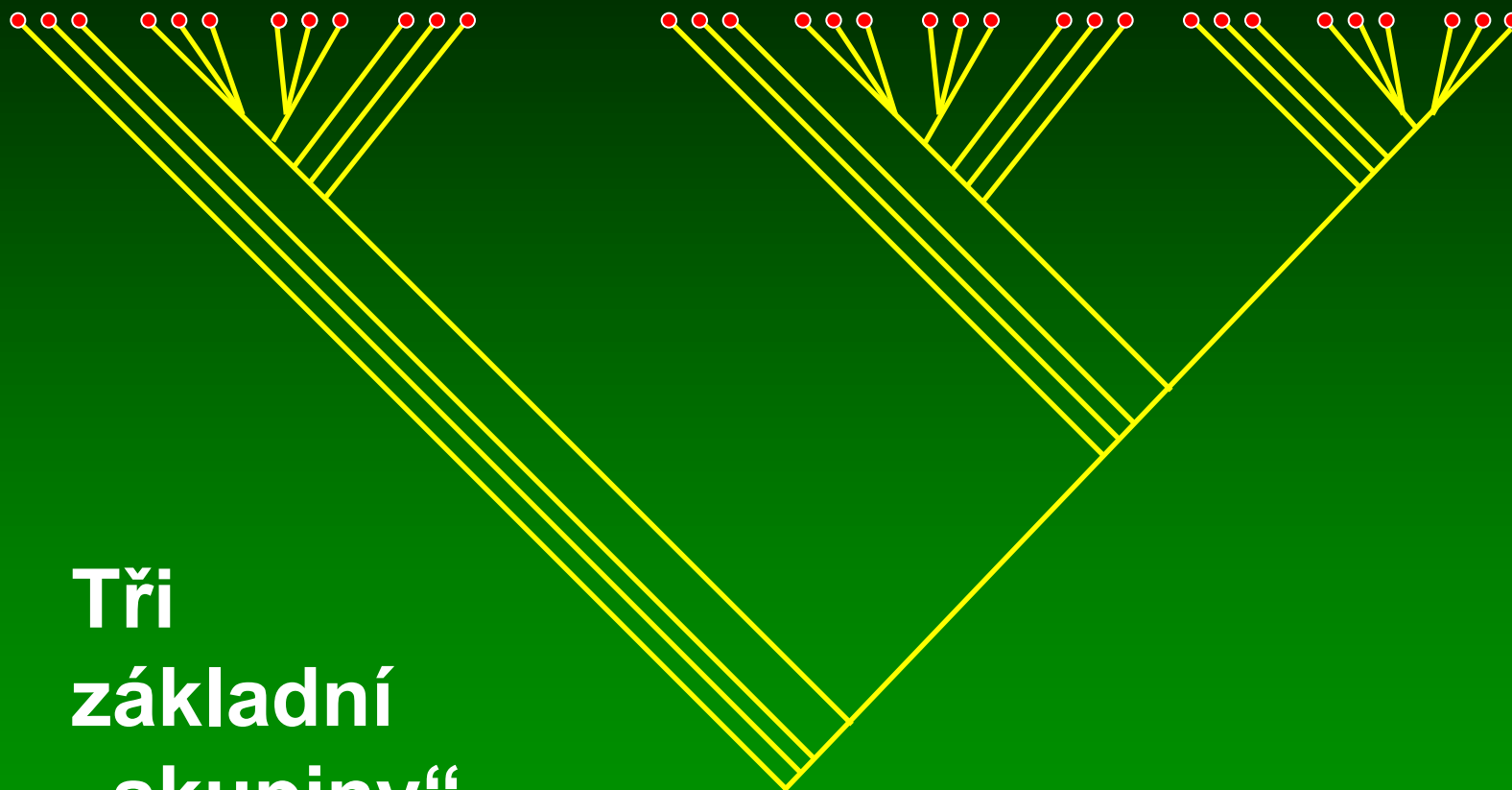


Monofyletické x Parafyletické x ~~Polyfyletické „taxony“~~



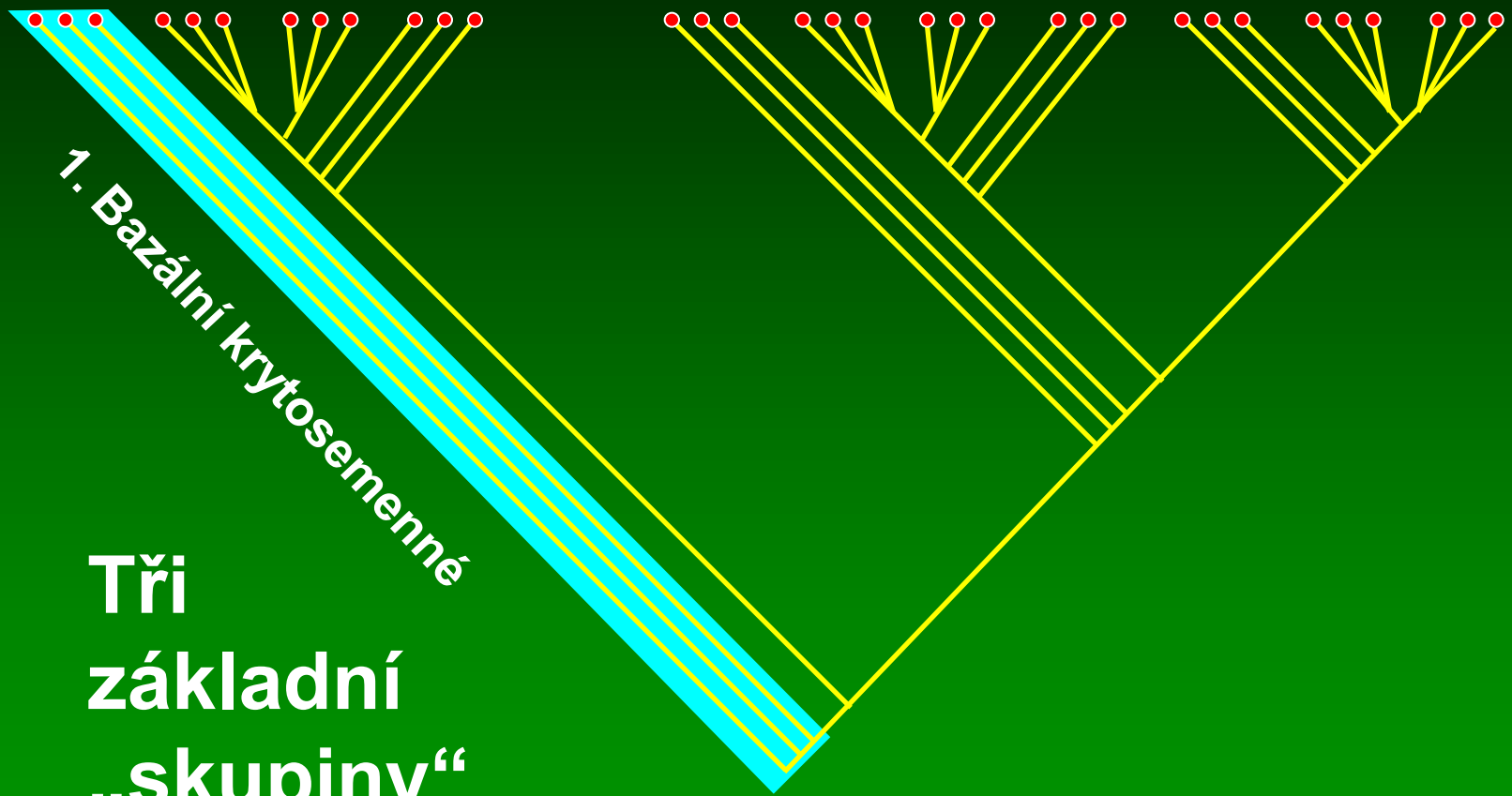
# fylogeneze recentních krytosemenných





**Tři  
základní  
„skupiny“**

**fylogeneze recentních krytosemenných**

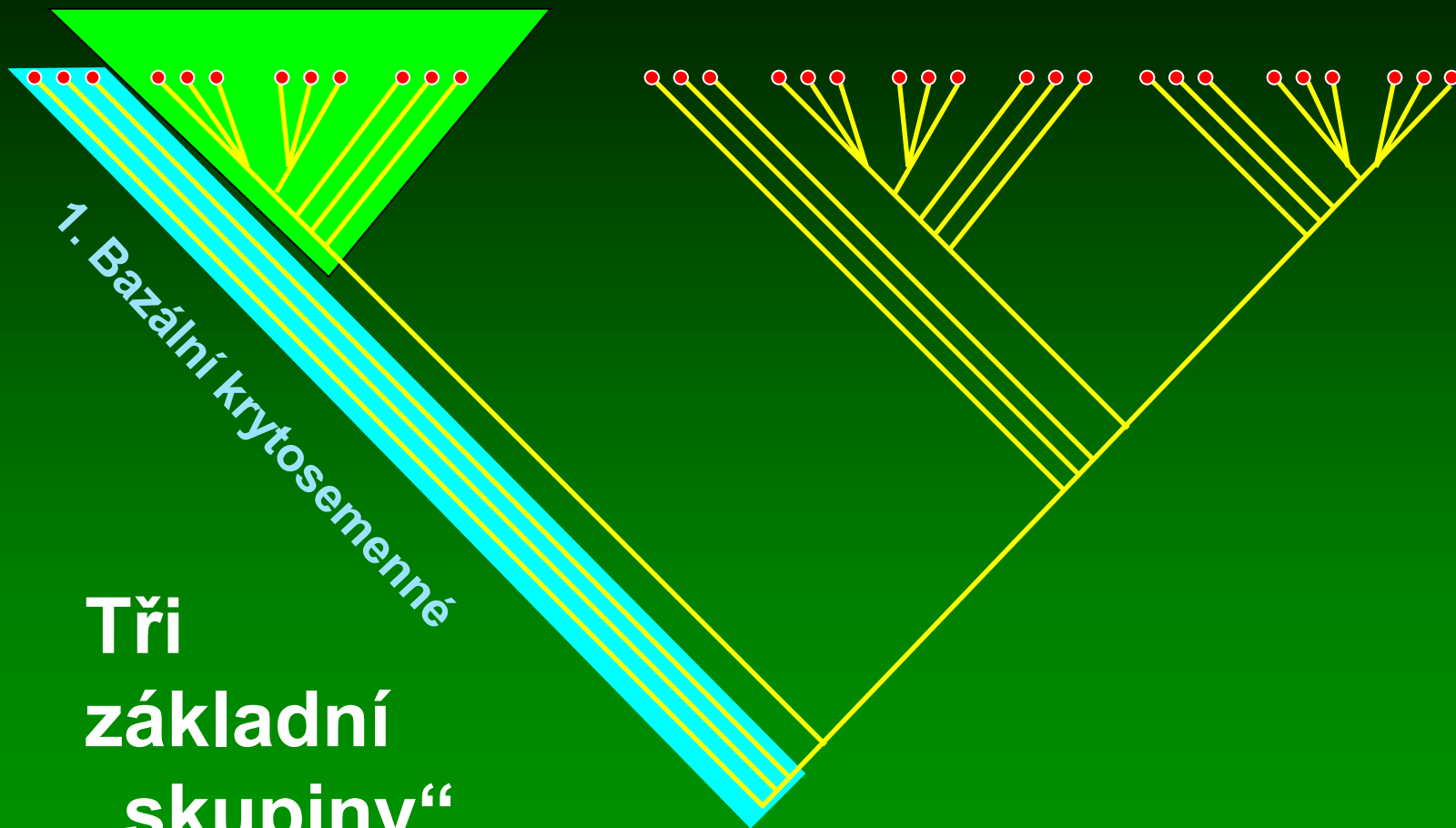


1. Bazální krytosemenné

Tři  
základní  
„skupiny“

# fylogeneze recentních krytosemenných

## 2. Jednoděložné

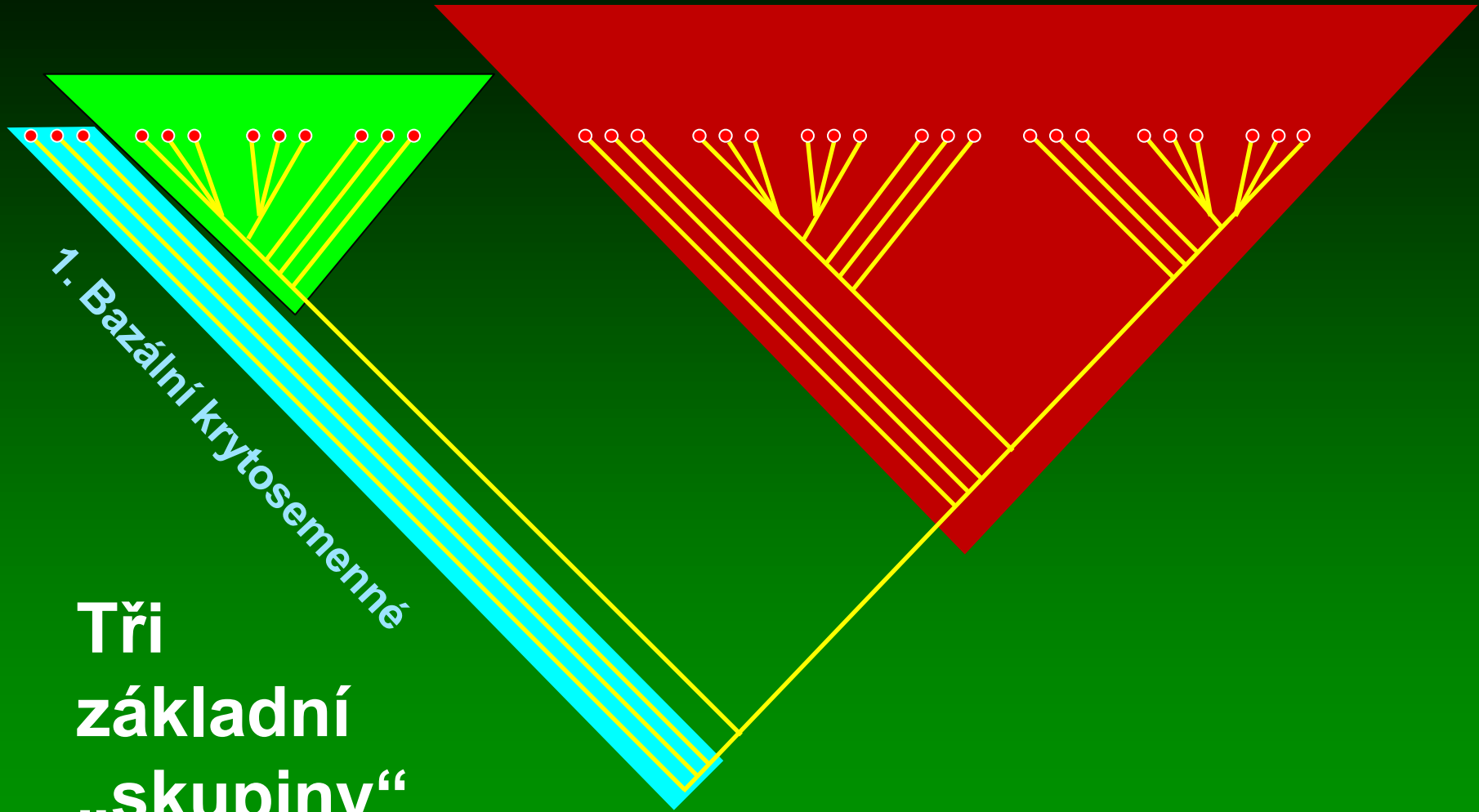


**Tři  
základní  
„skupiny“**

**fylogeneze recentních krytosemenných**

## 2. Jednoděložné

## 3. Dvouděložné



1. Bazální krytosemenné

Tři  
základní  
„skupiny“

fylogeneze recentních krytosemenných

## 2. Jednoděložné

## 3. Dvouděložné

### Rosidy

### Asteridy

Commelinidy

Liliidy

Bazální jednoděložné

Malvidy

Fabidy

Bazální rosidy

Lamidy

Bazální asteridy

Campanulidy

1. Bazální krytosemenné

11 základních  
linií

fylogeneze recentních krytosemenných