



# Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin

## Krytosemenné: úvod

Petr Bureš



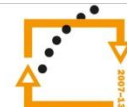
evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



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**

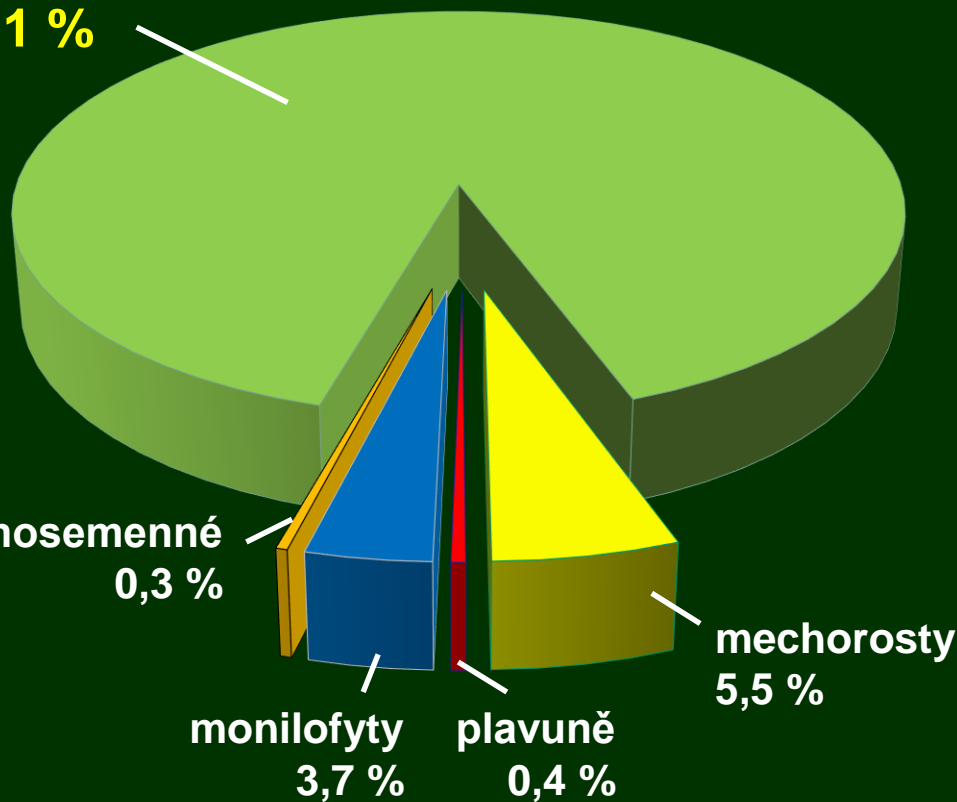
**3,7 %**

**plavuně**

**0,4 %**

**mechorosty**

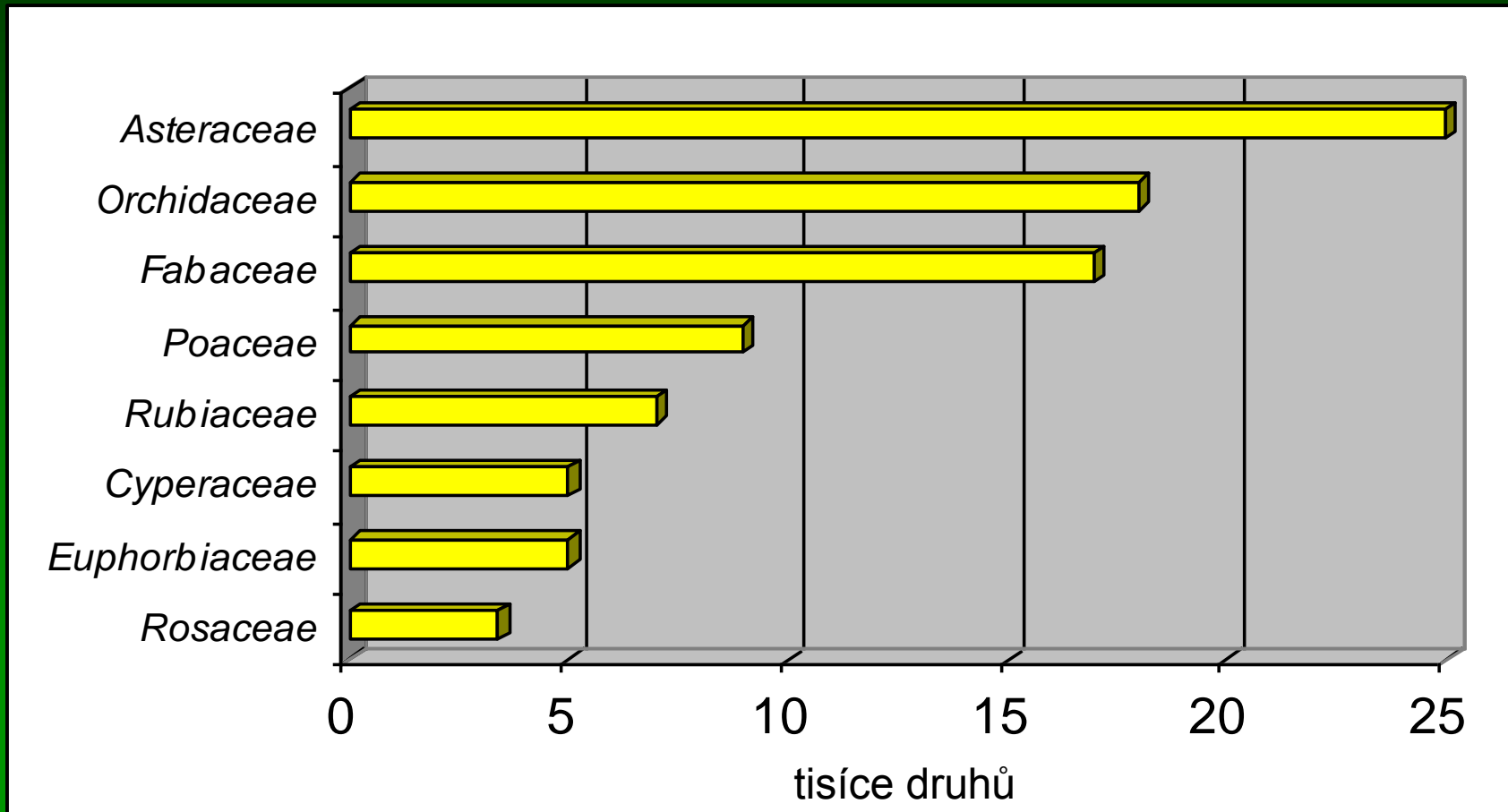
**5,5 %**



# 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*



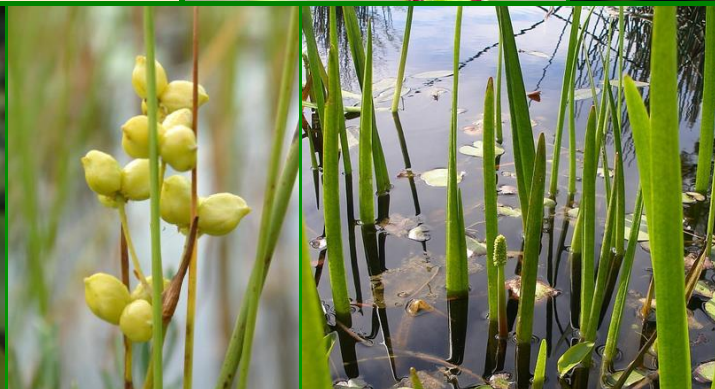
*Drosophyllum lusitanicum*



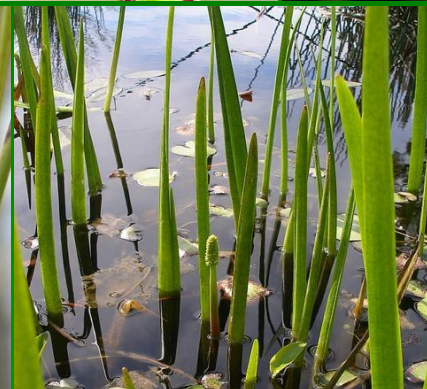
*Gomortega keule*



*Nelumbo lutea*



*Scheuchzeria palustris*



*Maundia triglochoides*



*Aphloia theiformis*

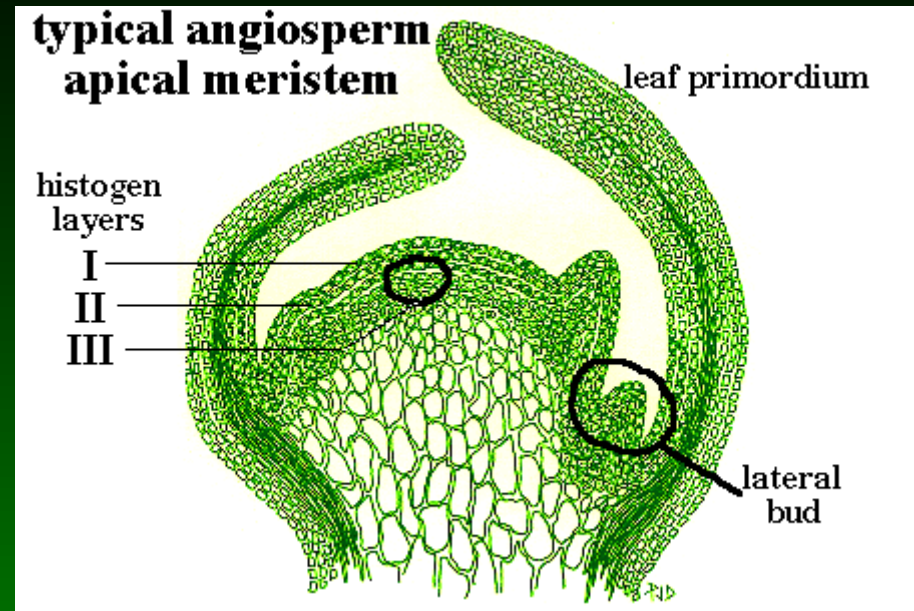
# Apikální meristém

- mnohobuněčný  
vícevrstevný

- diferencovaný na

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

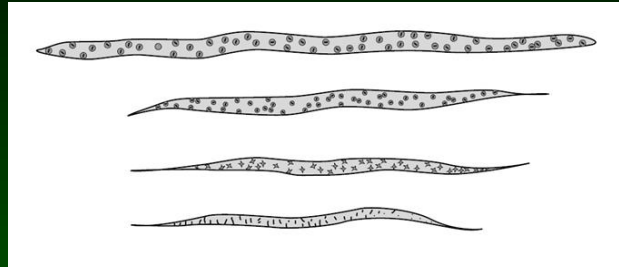
(ii) korpus dělicím buňky  
rovnoběžně s povrchem



# Struktura xylemu – kromě tracheid i tracheje a fibrily

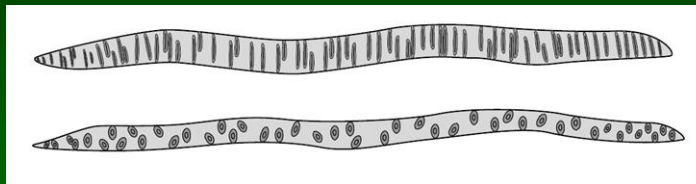
- fibrily →  
= xylemový sklerenchym

tenké  
do 10 μm



**mechanická funkce** > vodivá funkce

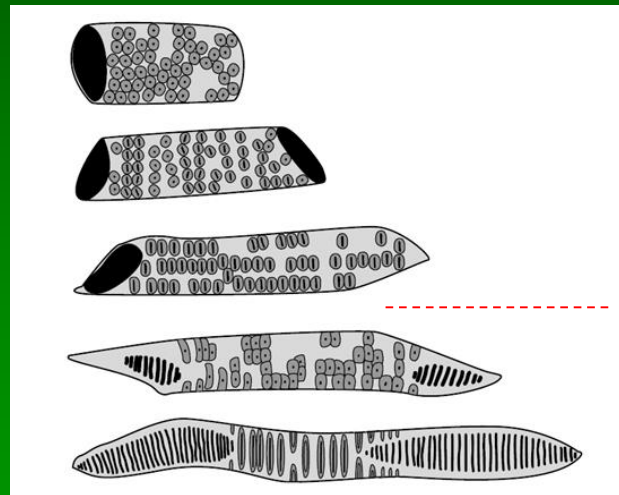
- tracheidy →  
nemají terminální otvor  
15–40 μm
- tracheje



**mechanická +  
vodivá funkce**

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

50–500 μm  
široké



mechanická funkce < **vodivá funkce**

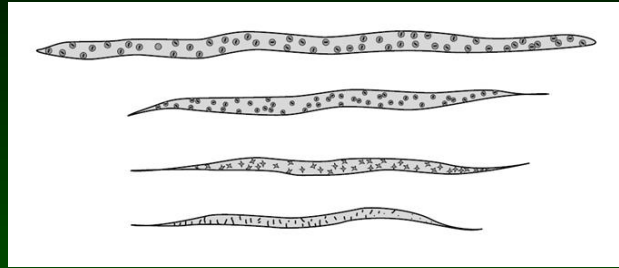
tenčí se schodovitou  
terminální perforací



# Struktura xylemu – kromě tracheid i tracheje a fibrily

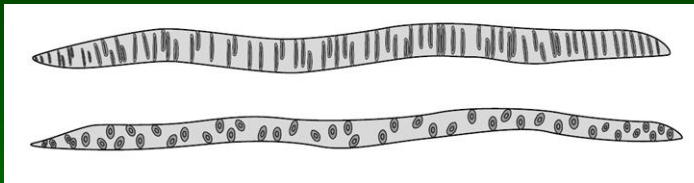
- fibrily →  
= xylemový sklerenchym

tenké  
do 10 µm



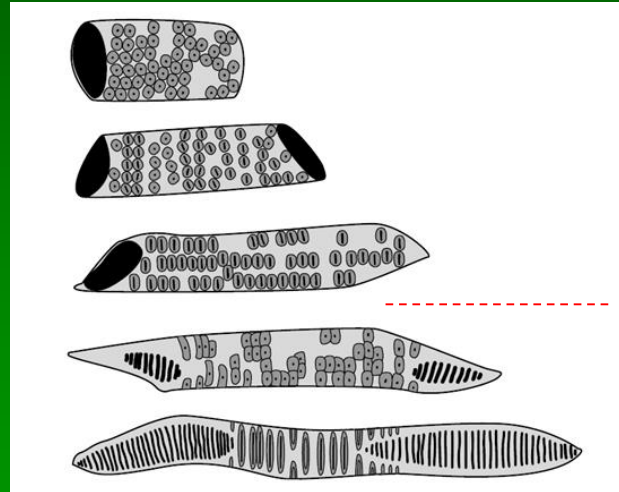
**mechanická funkce** > vodivá funkce

- tracheidy →  
nemají terminální otvor  
15–40 µm



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

- tracheje →  
50–500 µm široké



mechanická funkce < **vodivá funkce**

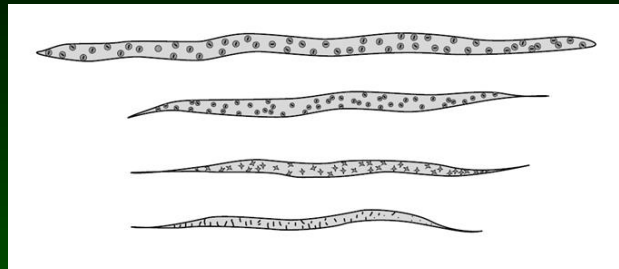
- xylemový parenchym →  
jediná živá součást xylemu – zásobní depozice škrobu – je i u nahosemenných

tenčí se schodovitou terminální perforací

# Struktura xylemu – kromě tracheid i tracheje a fibrily

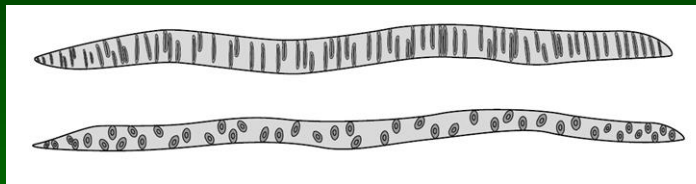
- fibrily →  
= xylemový sklerenchym

tenké  
do 10  $\mu\text{m}$



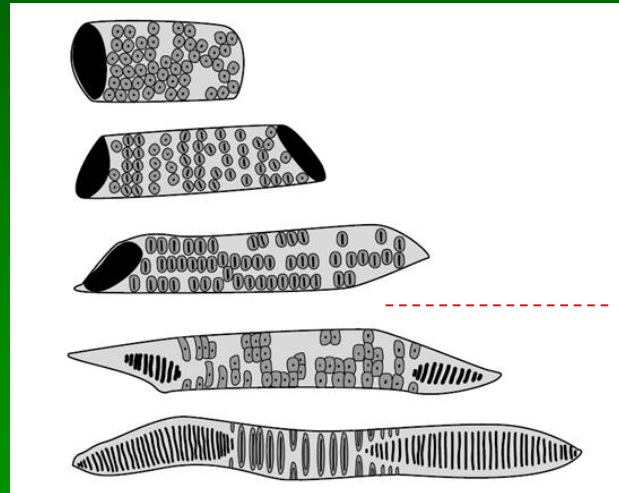
**mechanická funkce** > vodivá funkce

- tracheidy →  
nemají terminální otvor  
15–40  $\mu\text{m}$



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

- tracheje →  
50–500  $\mu\text{m}$   
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**

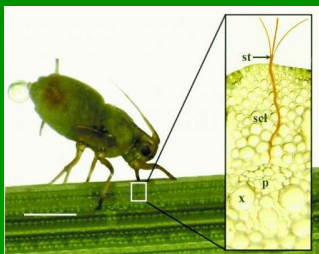
# Struktura floemu

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

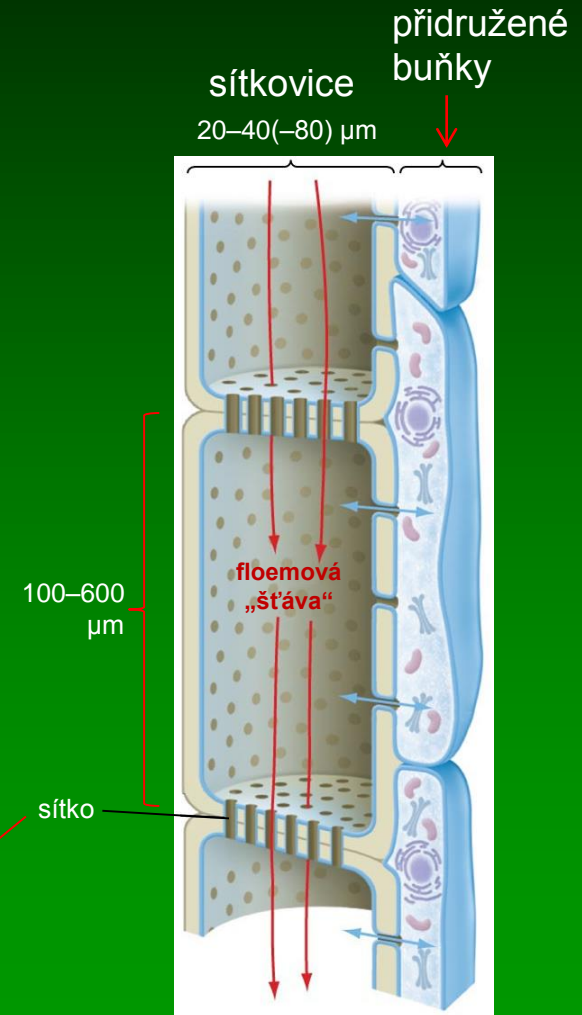
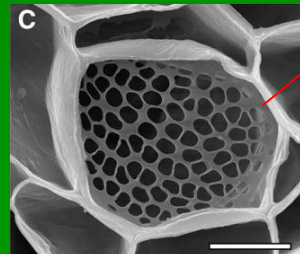
**Floémová „šťáva“** = asimiláty (hlavně cukry) z listů

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

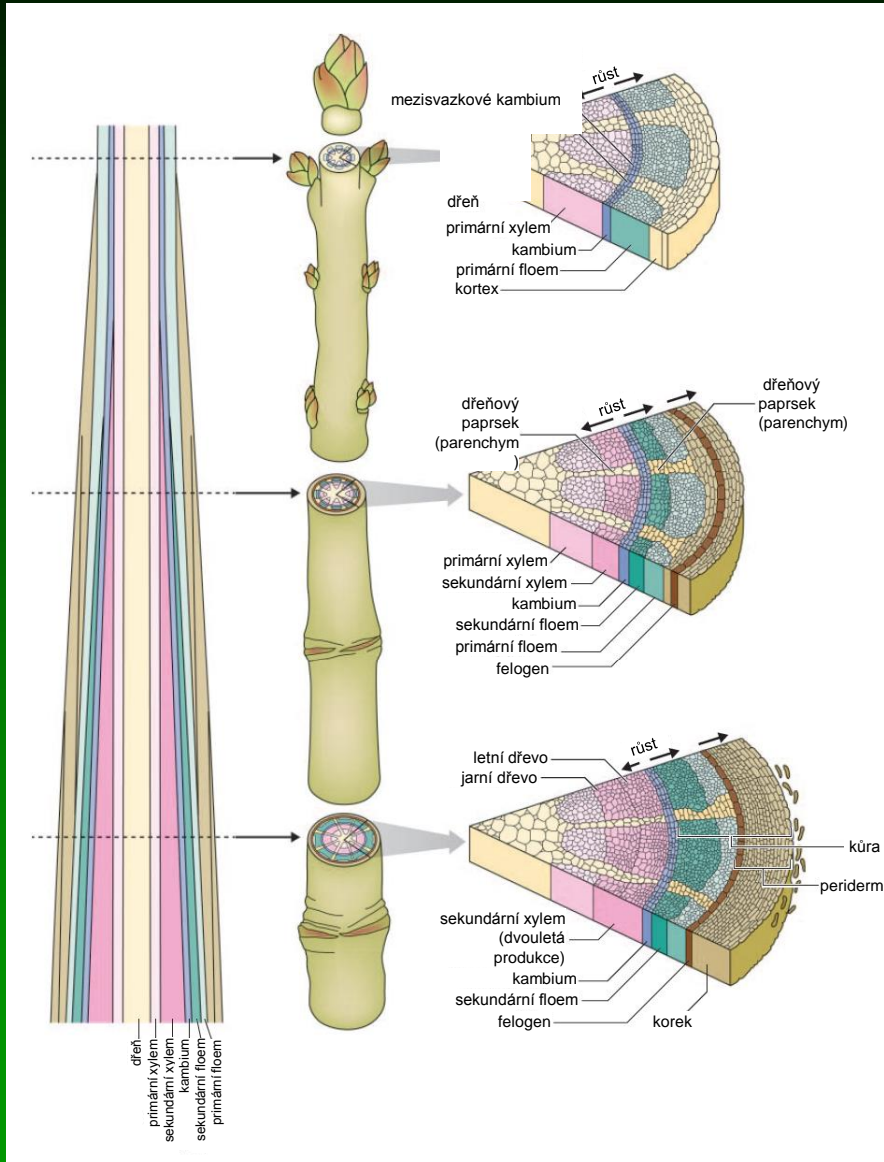
**Životnost sítkovic v temperátní zóně** = zpravidla jedna sezóna – na podzim se ucpávají kalózou



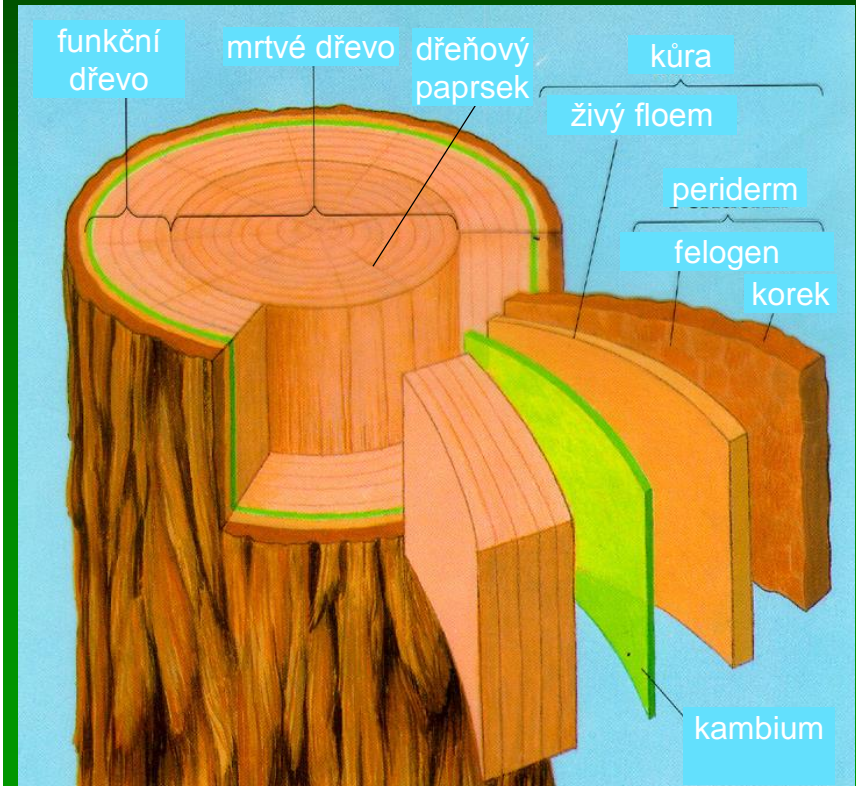
mšice saje  
na floemu  
cukrový  
roztok



# Sekundární tloustnutí

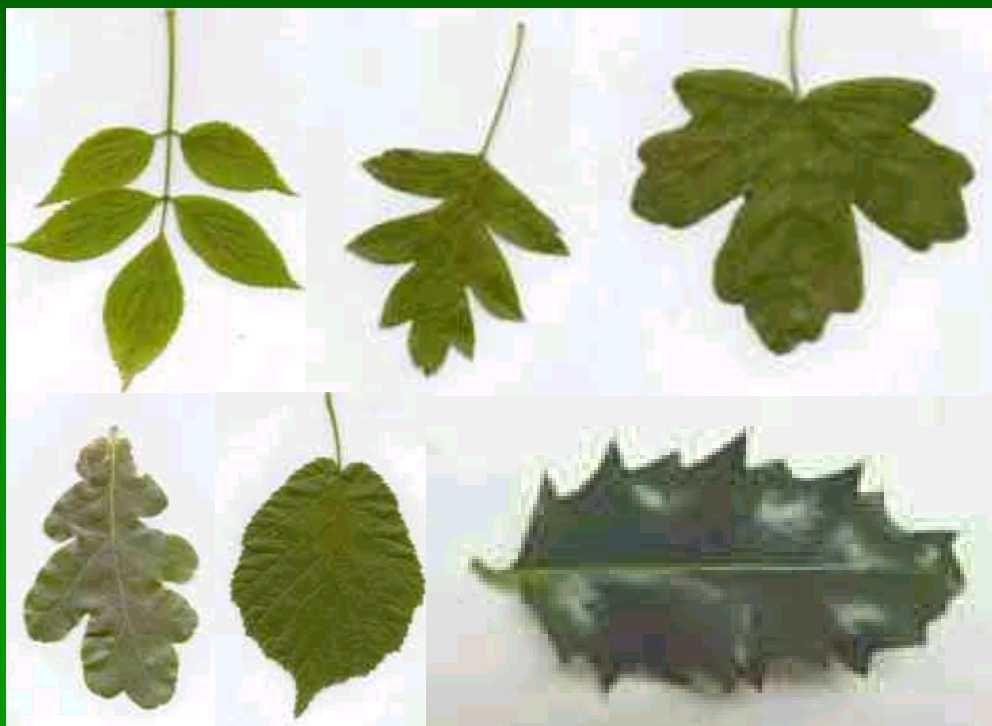


– pozice svazků původního eustélé ve ztlustlém kmeni jen sotva znatelná – tvoří ji „díly“ dortu oddělené dřevovými paprsky (původně parenchymatickou dřeví mezi jednotlivými svazky); mezi tyto „původní“ dřevové paprsky se směrem k obvodu kmene „vkládají“ činnosti kambia další dřevové paprsky

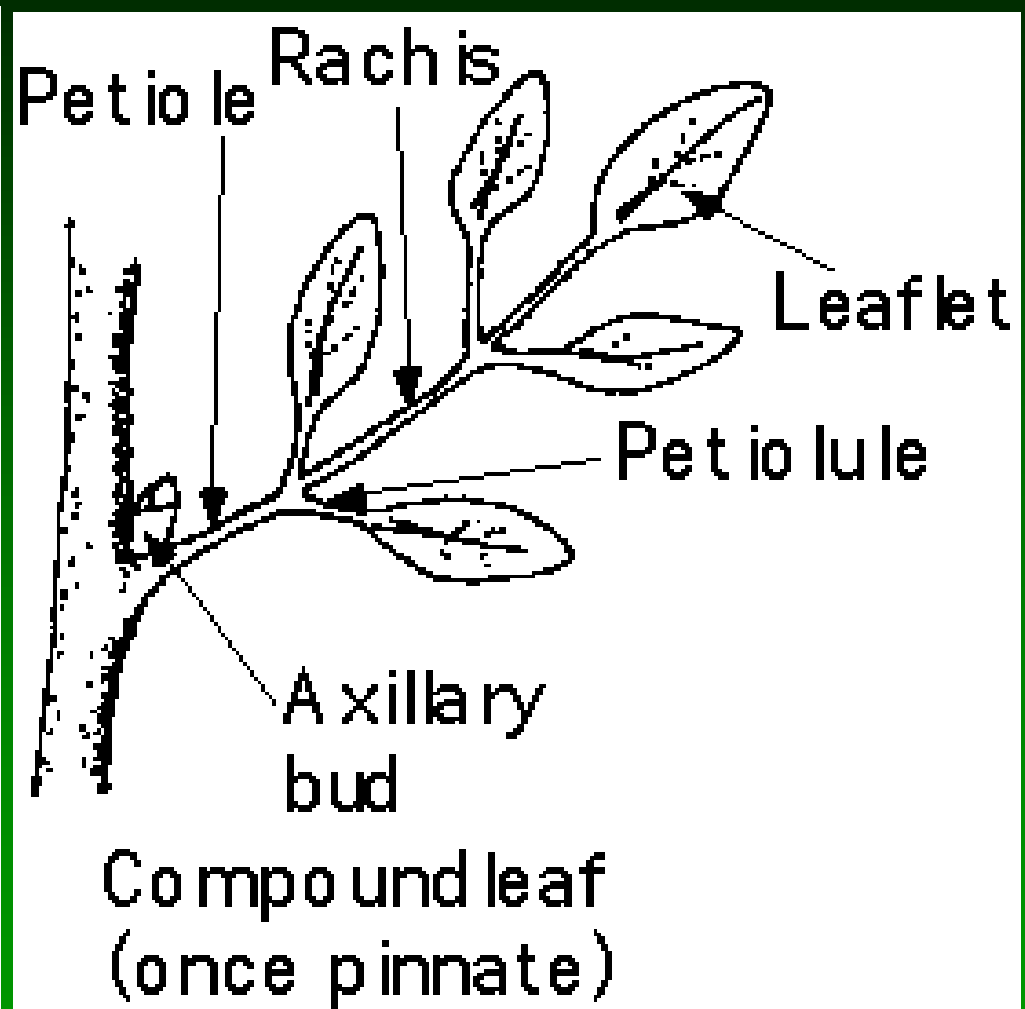
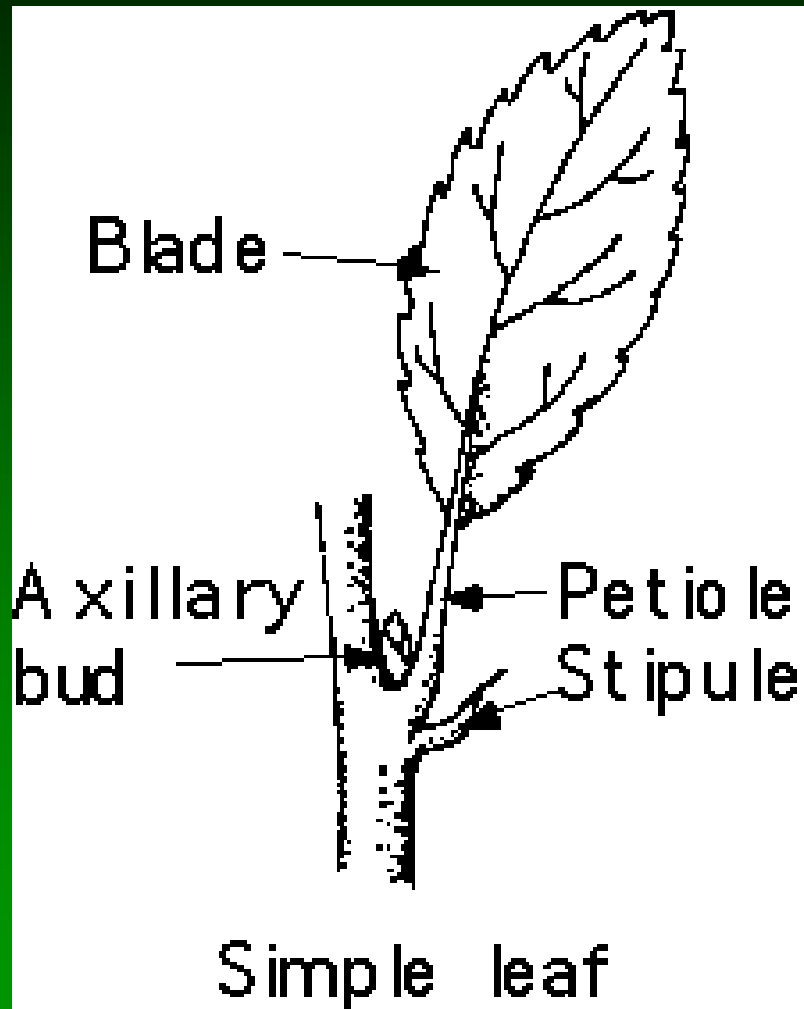


**Listy** – tvarově a velikostně rozmanité  
– opadavé i vytrvalé

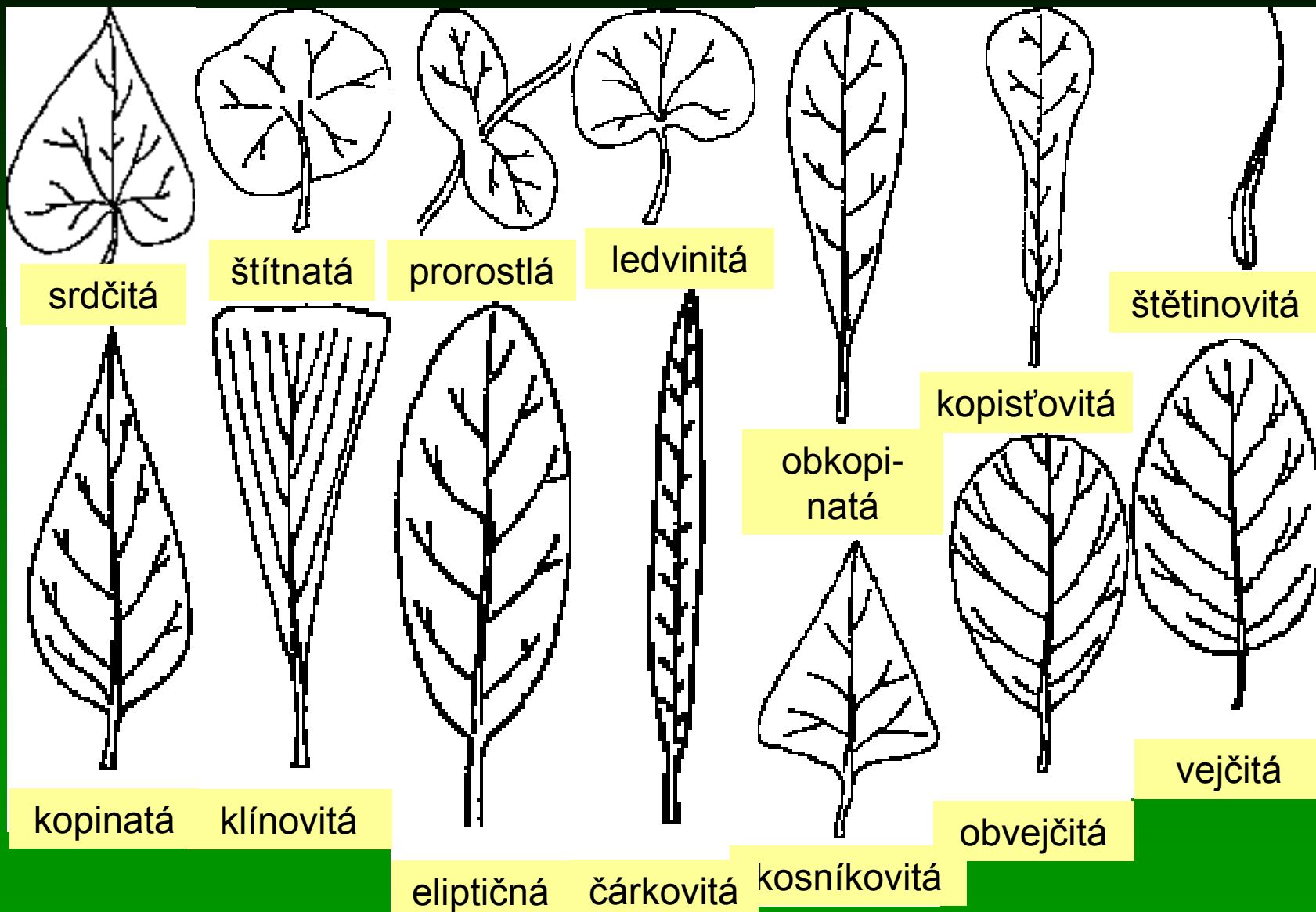
**Žilnatina** – dlanitá,  
– zpeřená nebo  
– rovnoběžná



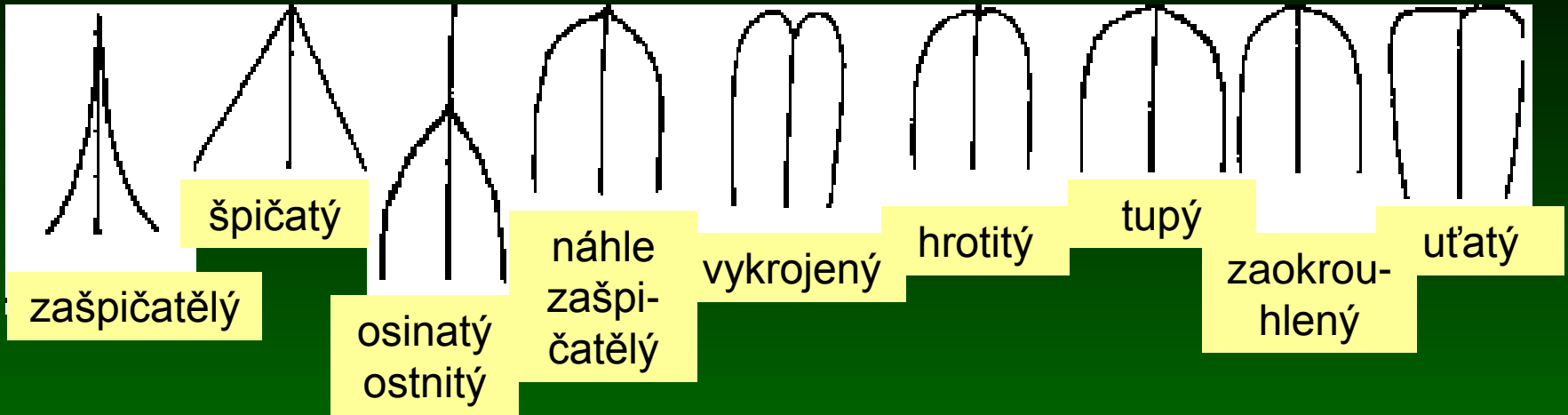
## Listy jednoduché nebo složené (z lístků)



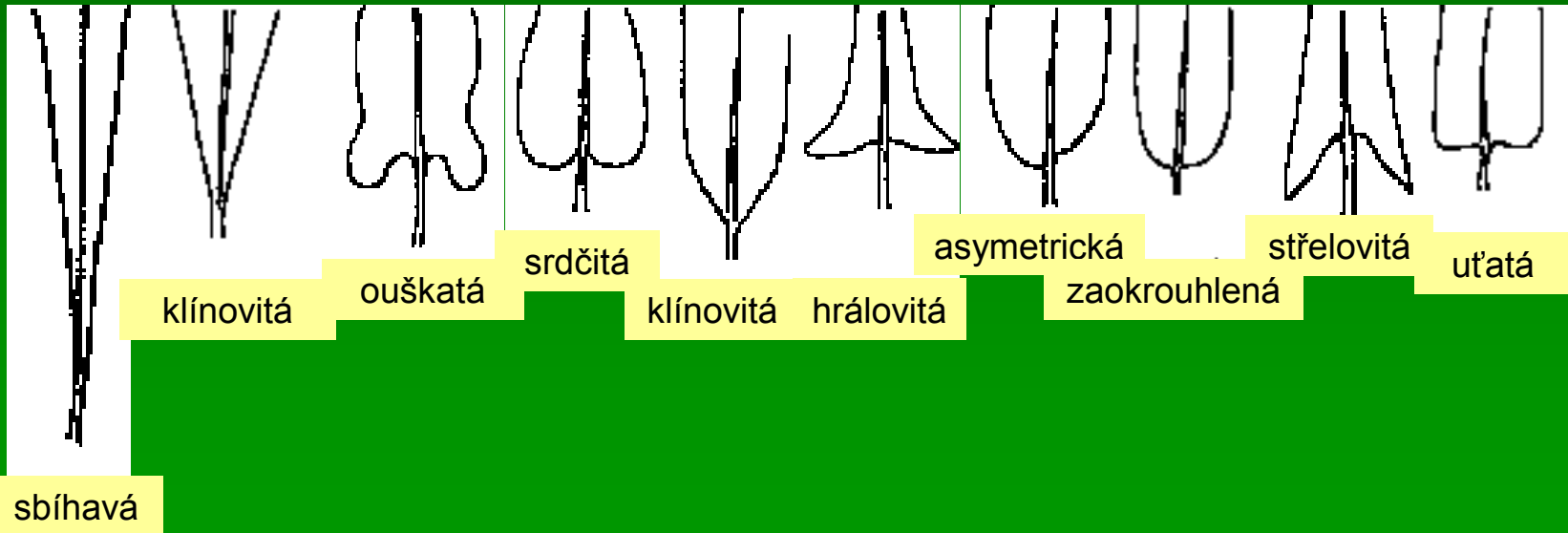
# Nejčastější tvary listové čepěle



# Tvary vrcholu listové čepele



# Tvary báze listové čepele





# Listy podle charakteru okraje

celokrajný

chobotnatý

vykrajovaný

dvojitě zubatý

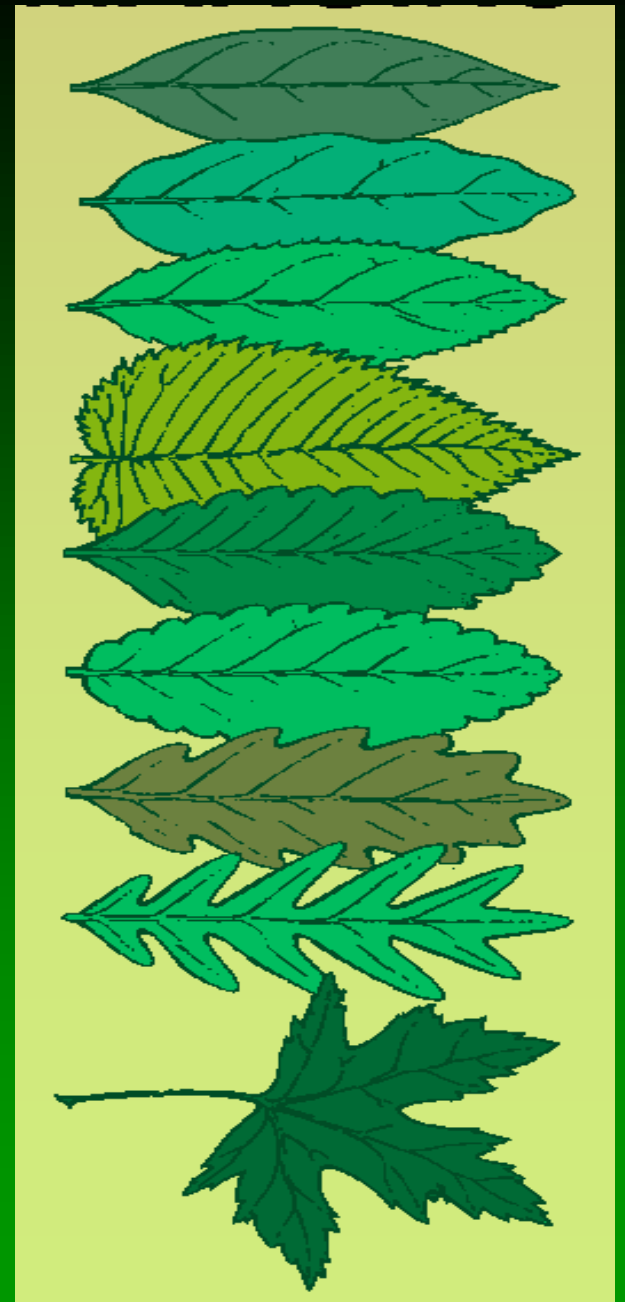
vroubkovaný

zubatý

peřenolaločný

peřenosečný

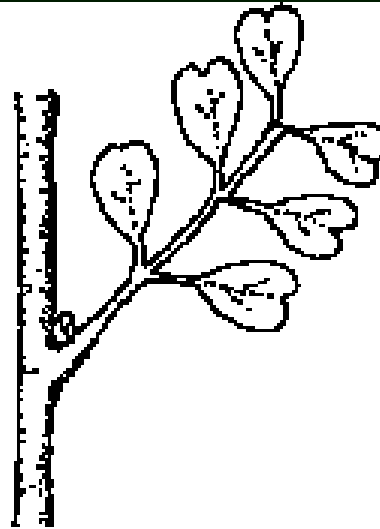
dlanitosečný



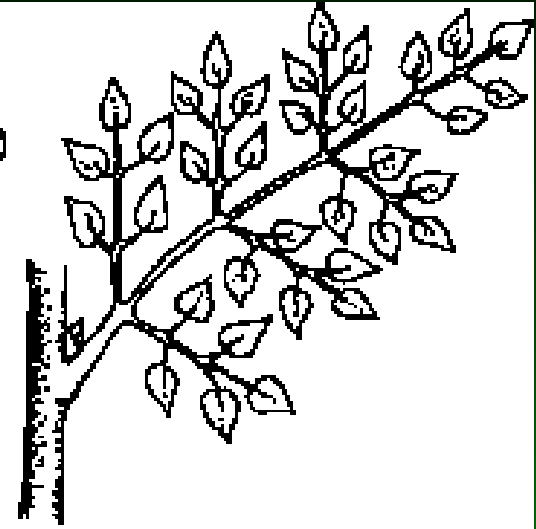
# Typy složených listů



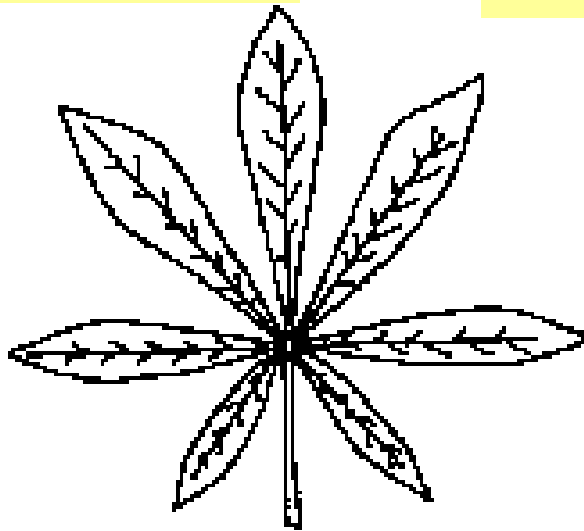
lichozpeřený



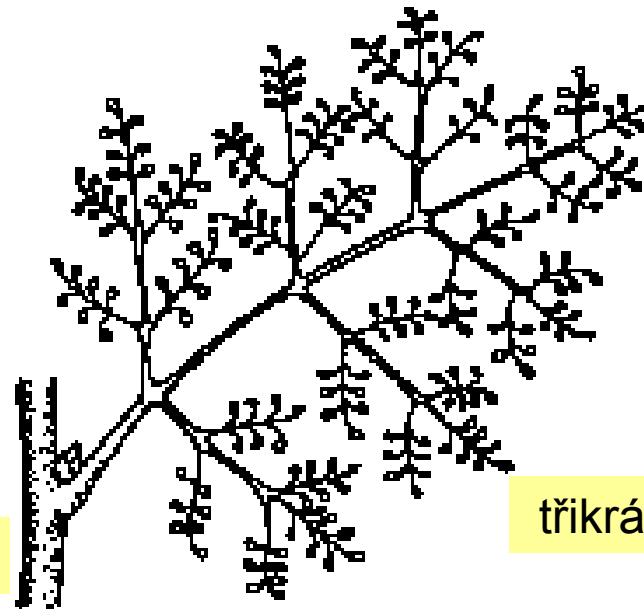
sudozpeřený



dvakrát zpeřený

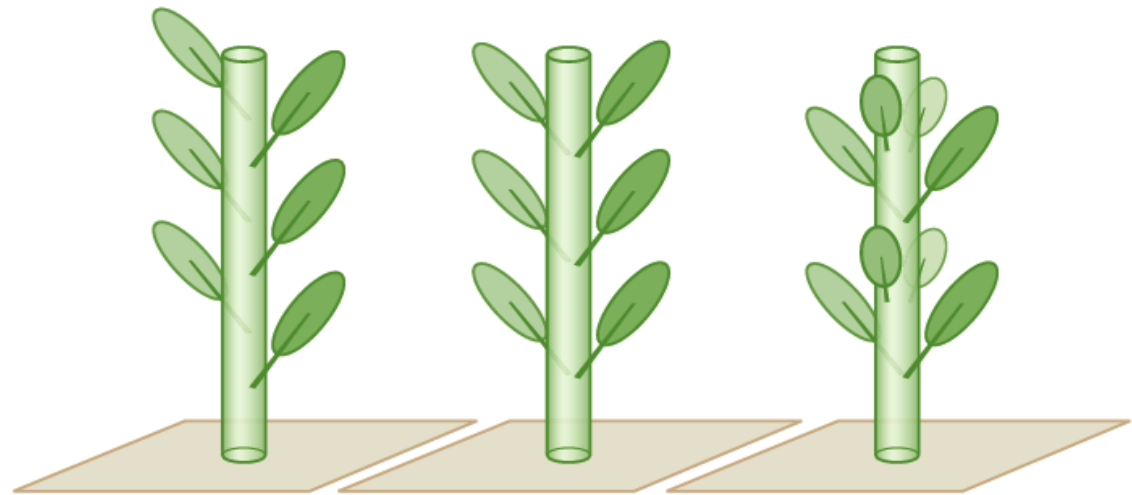


dlanitě složený (sedmičetný)



tříkrát zpeřený

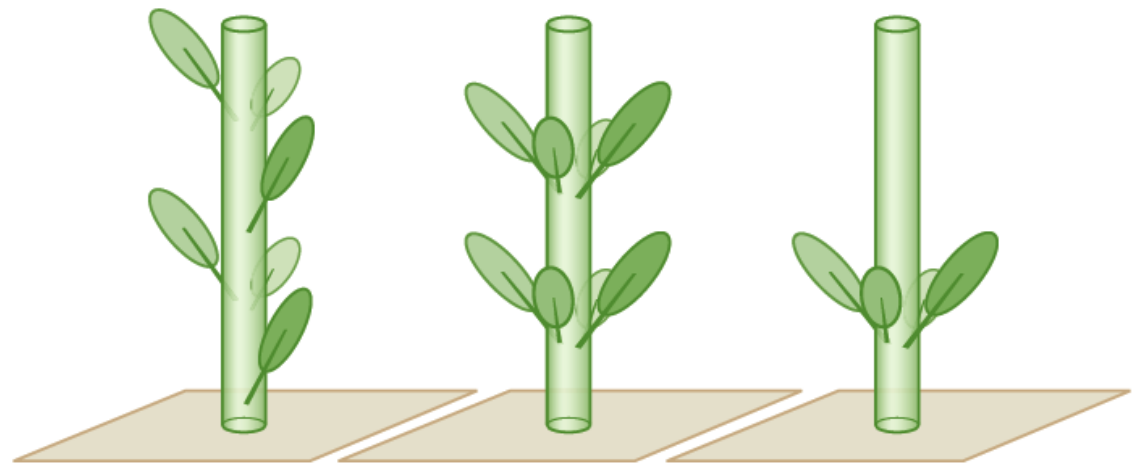
# Postavení listů na stonku



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*)



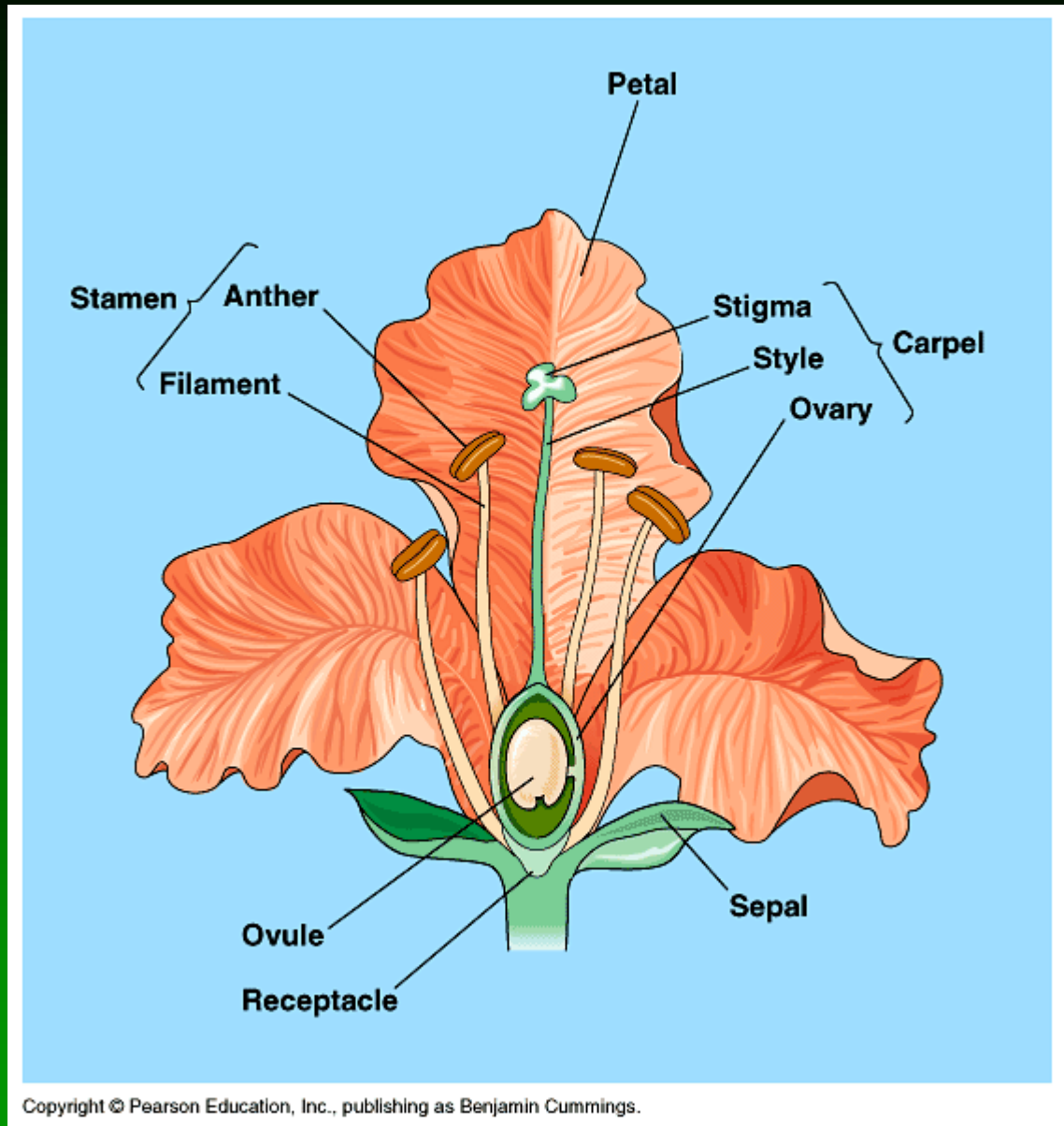
Často chrání vyvíjející se listy  
(*Ficus elastica*)

## Květ

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

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

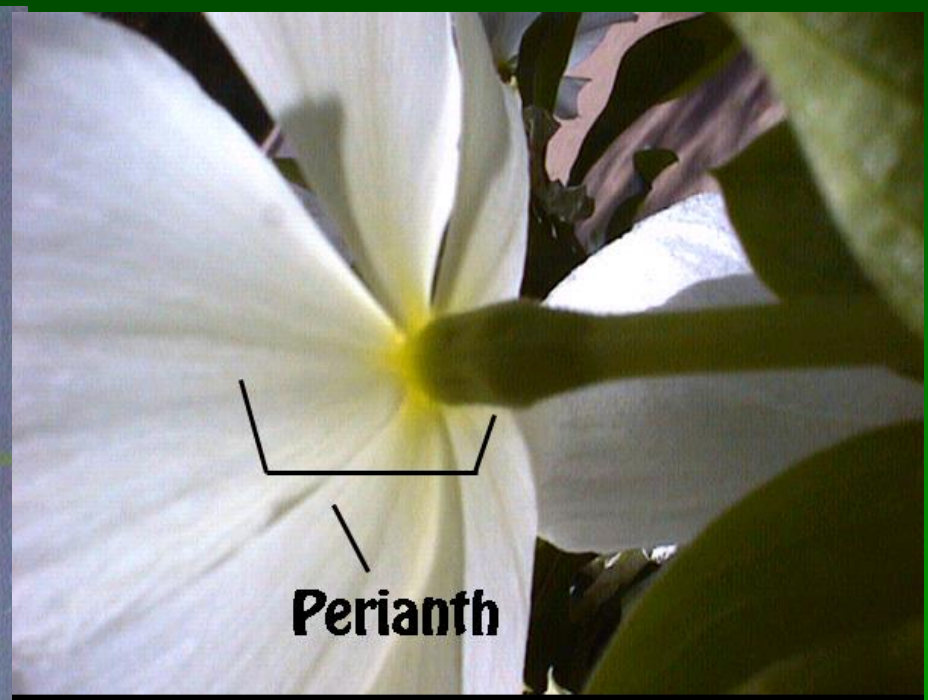
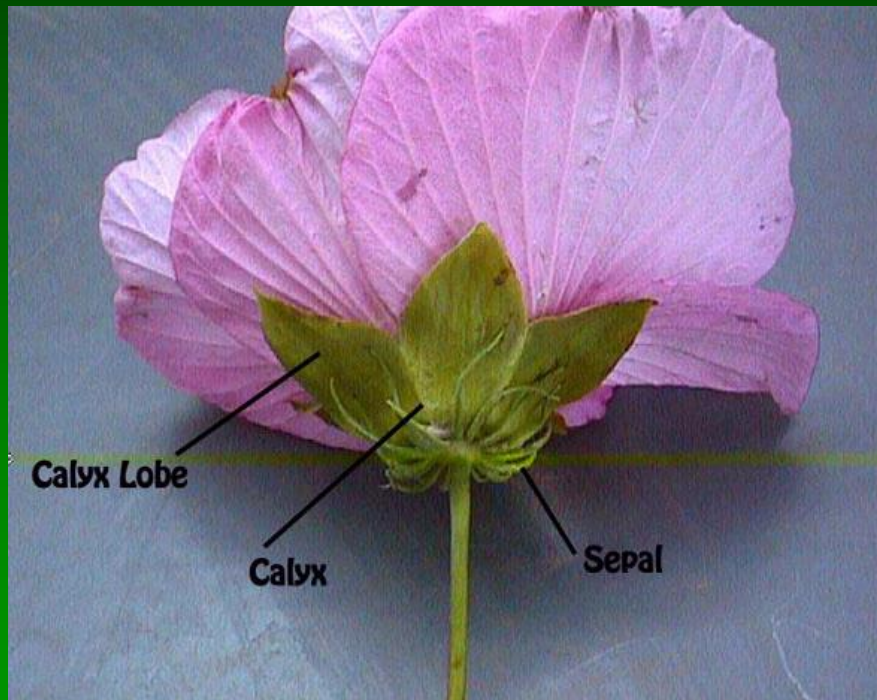
Tyto části jsou pak v různých ustálených či neustálených počtech



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**,

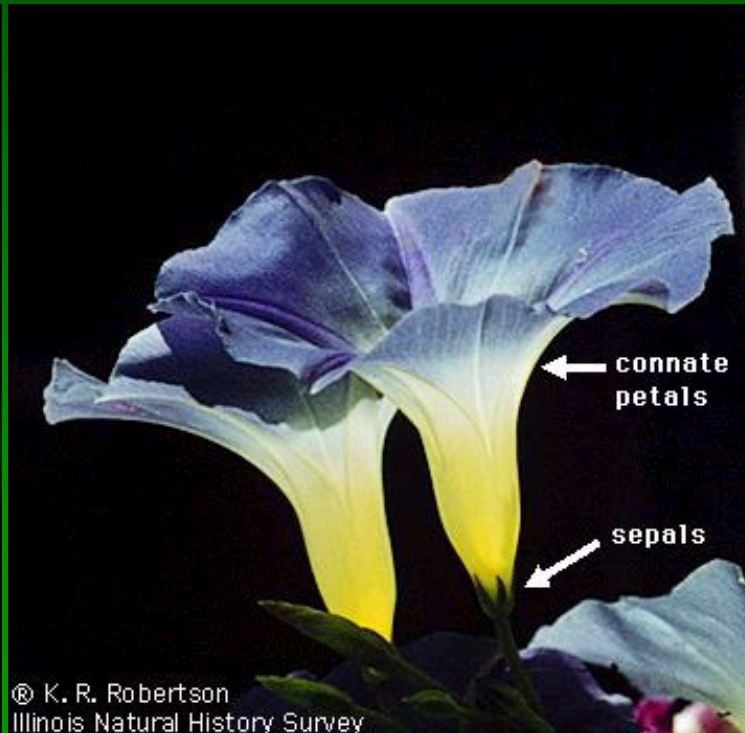
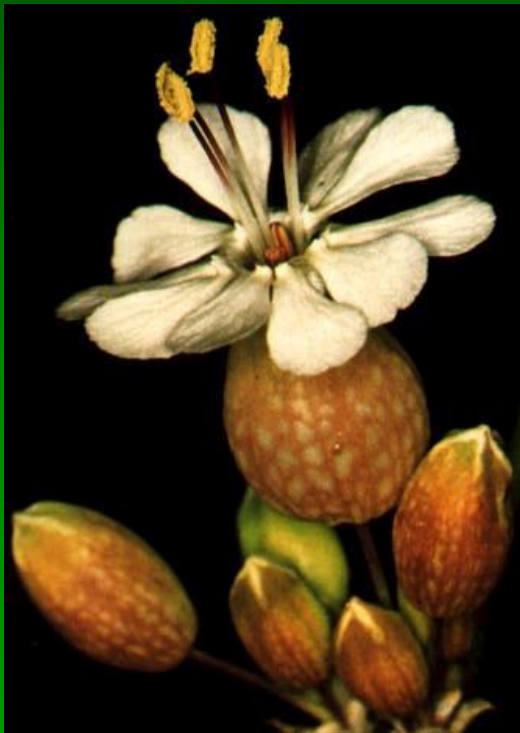


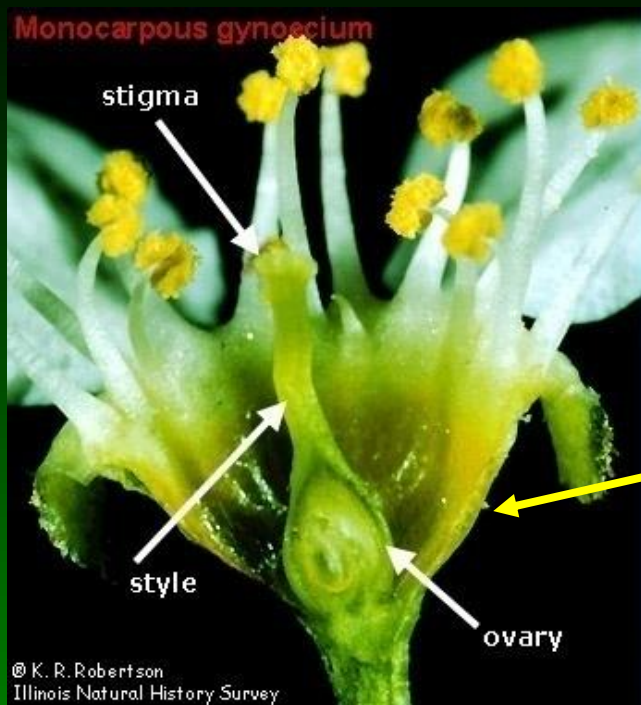
volné lístky okvětí (**tepaly**) tvoří  
květy **choritepalní**



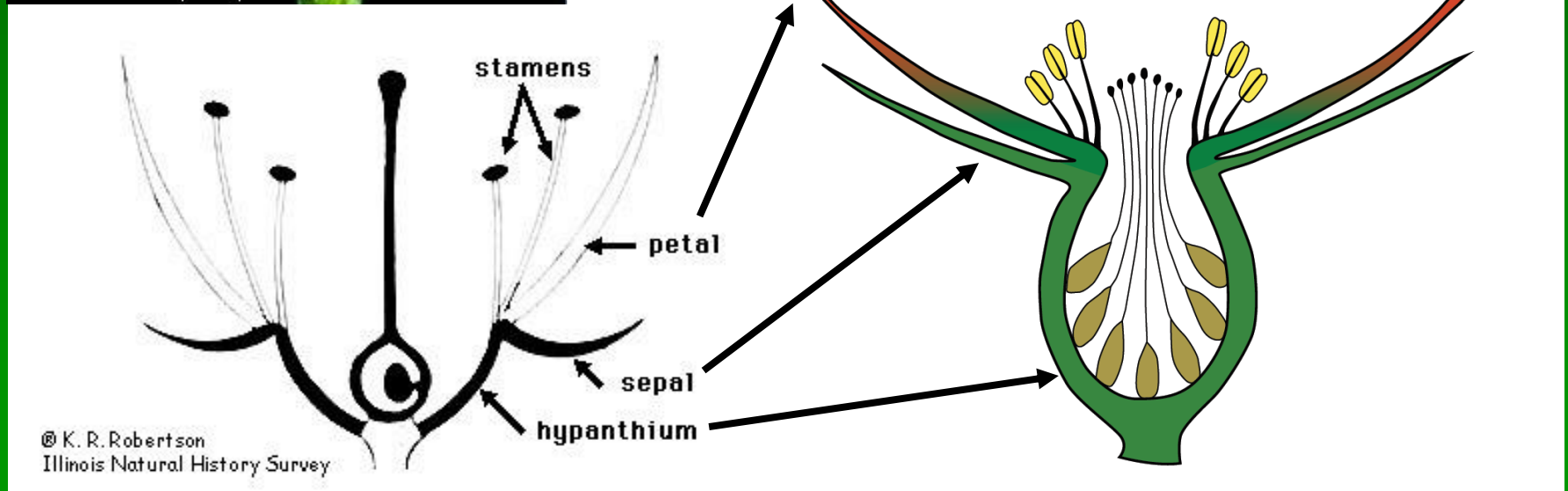
Lístky kališní (**sepaly**) mohou srůst = **květy synsepalní**,  
lístky korunní (**petaly**) mohou srůst = **květy sympetalní**,  
lístky okvětí (**tepaly**) mohou srůst = **květy syntepalní**

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



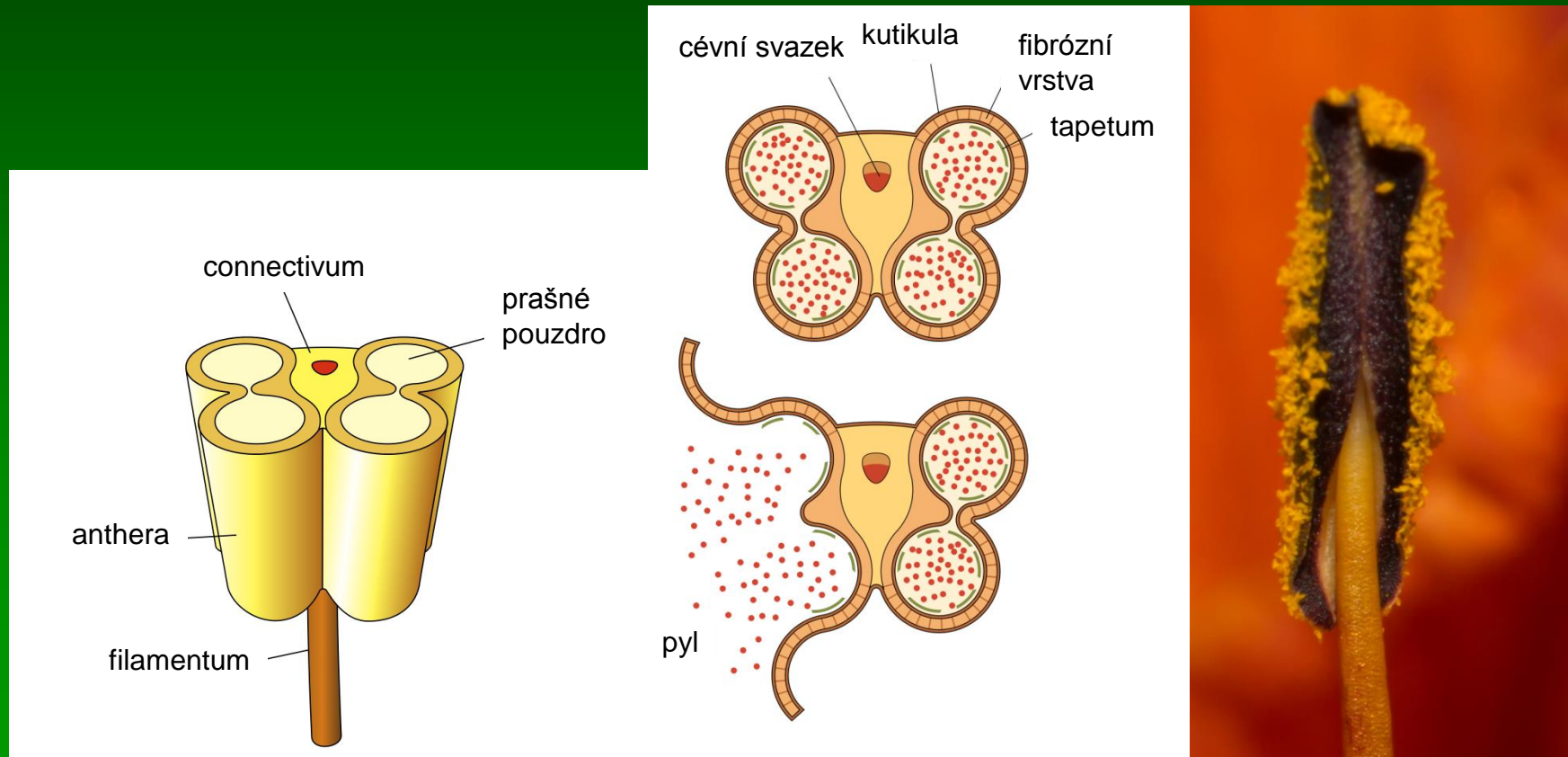


Někdy srůstají bazální části kalicha, koruny a tyčinek v **hypanthium** (= češule)



# Tyčinka:

1. nitka (filamentum),
2. prašníky (antherae  $\approx$  mikrosynangia) obvykle dva, každý zpravidla se dvěma (4.) prašnými pouzdry
3. spojidlo (connectivum = pokračování nitky spojující prašníky)



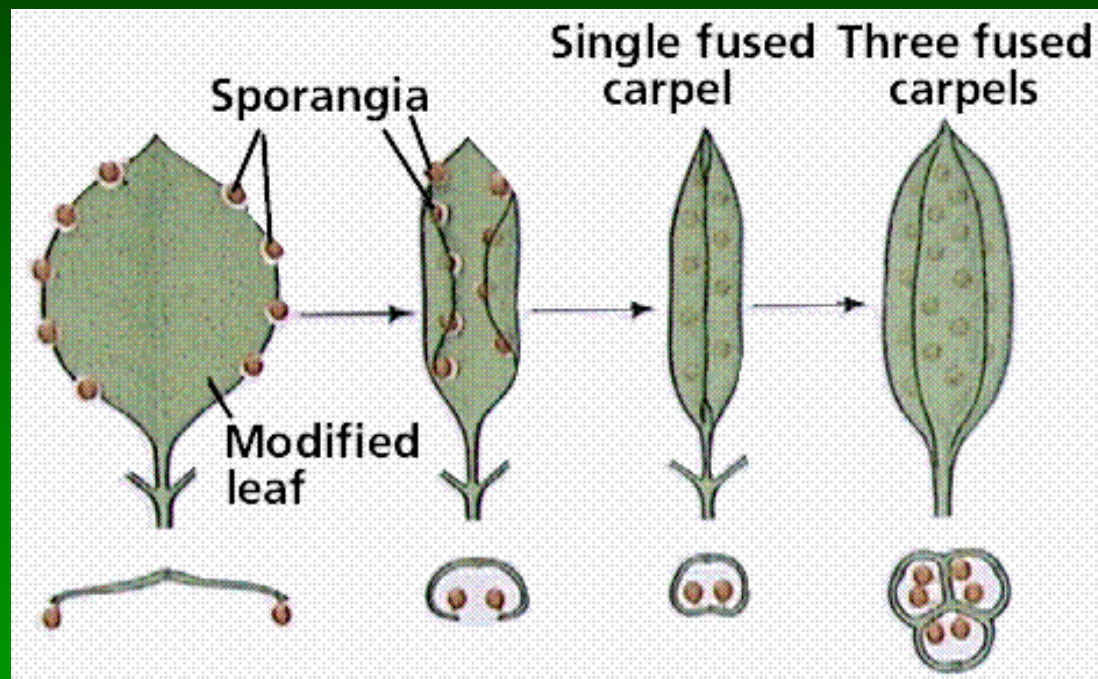
Někdy jsou mezi tyčinkami také nevyvinuté tyčinky bez prašníků = patyčinky (**staminodia**)

*Parnassia palustris*  
Celastraceae



*Pelargonium hermannii*  
Geraniaceae

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



Soubor  
plodolistů =  
**pestík**  
(gynoceum)

## Parietal placentation

Longitudinal Section



Cross Sections

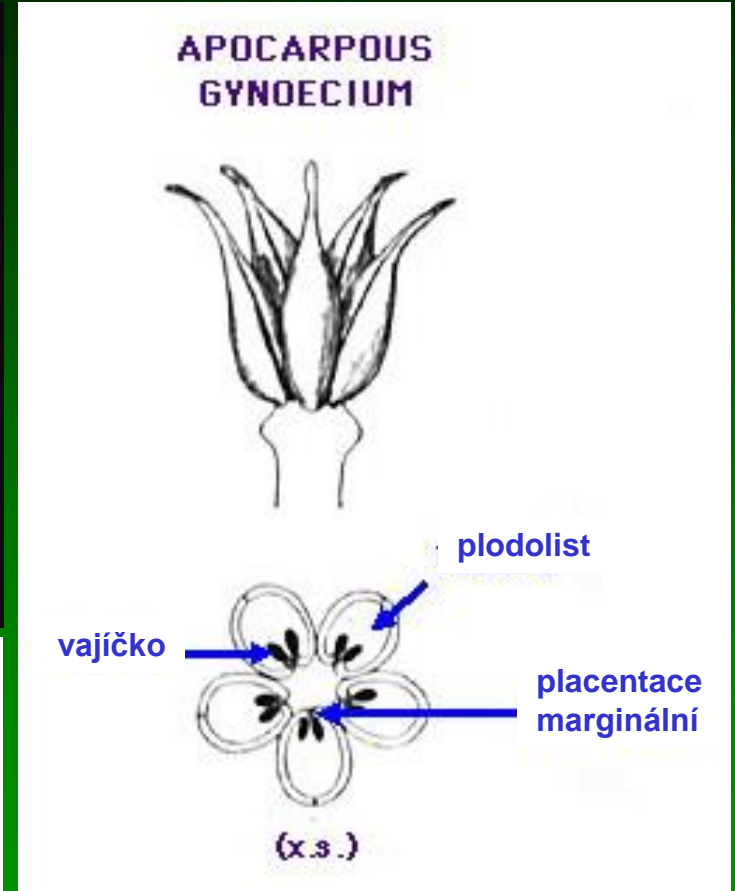
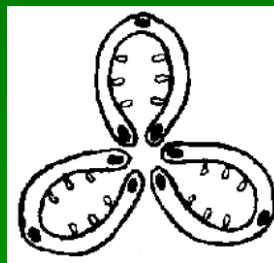
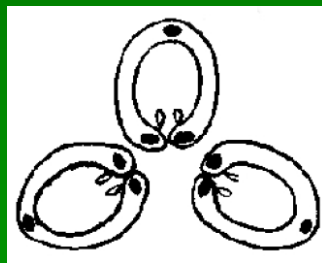


© K. R. Robertson  
Illinois Natural History Survey

# Volné, vzájemně nesrostlé plodolisty = apokarpní gyneceum

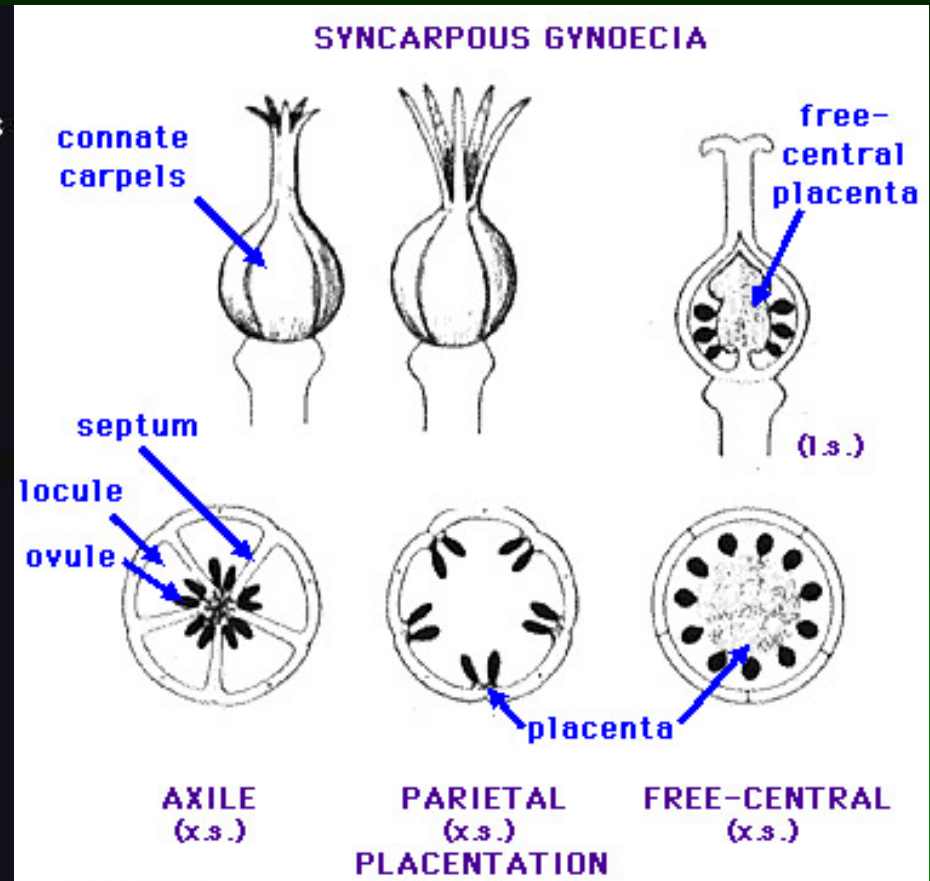
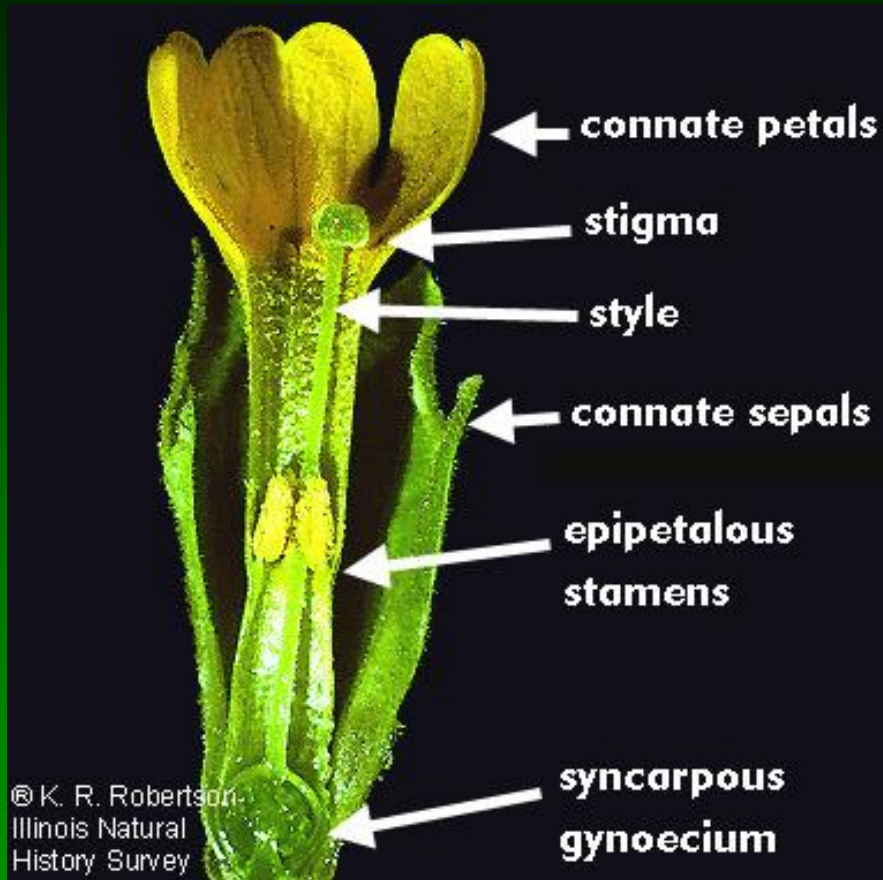


COPYRIGHT J.R. MANHART



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

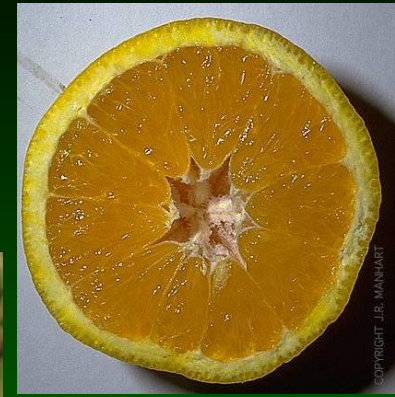
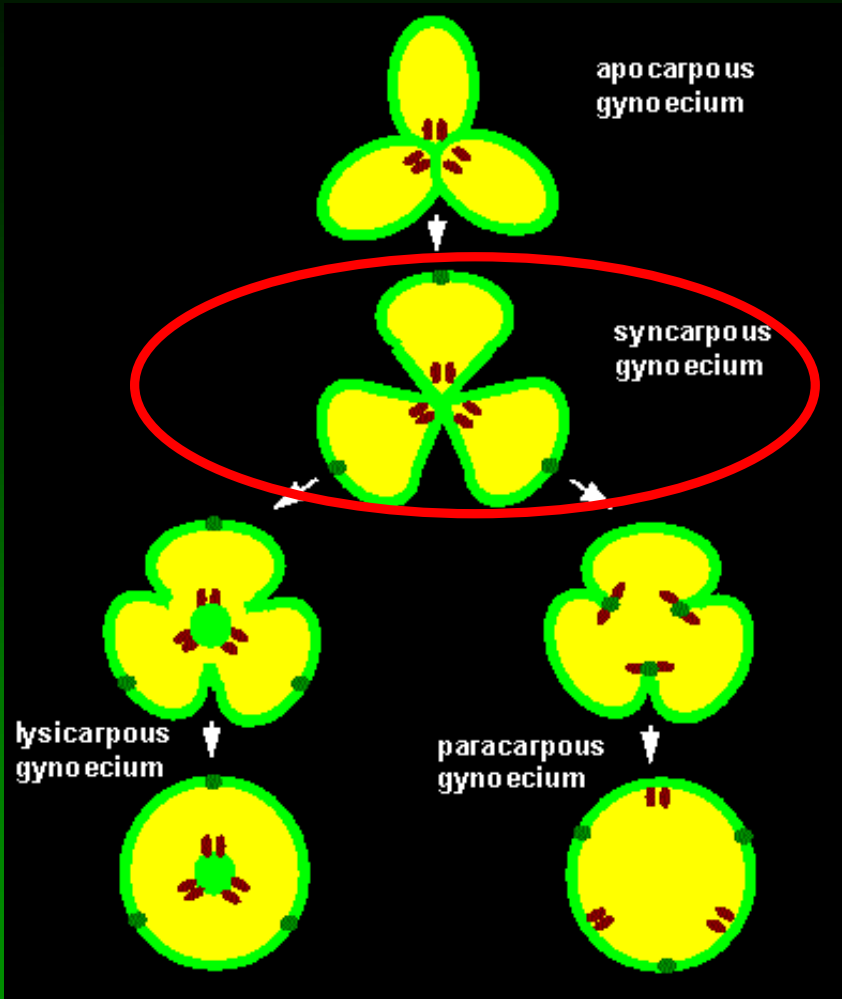
# Vzájemně srostlé plodolisty = cénokarpní gyneceum



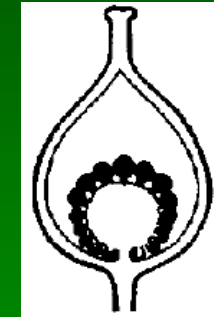
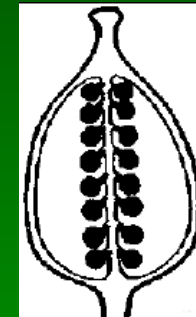
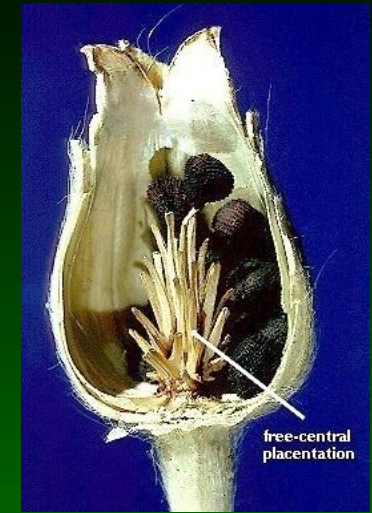
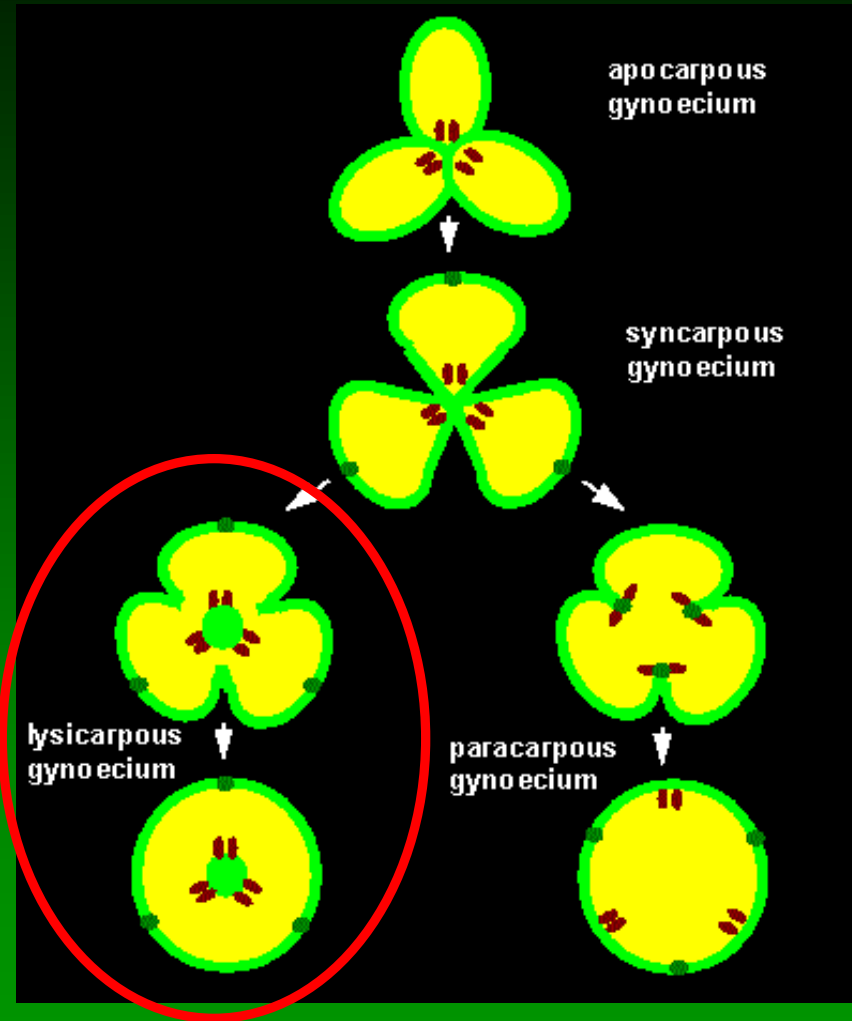
Podle polohy vajíček na plodolistech – tři typy placentace:  
1. axilární, 2. parietální a 3. centrální (popř. až bazální)



# Synkarpní gyneceum = axilární placentace = plodolisty bočně srostlé



# Lysikarpní gyneceum = centrální nebo bazální placentace



*Primulaceae*

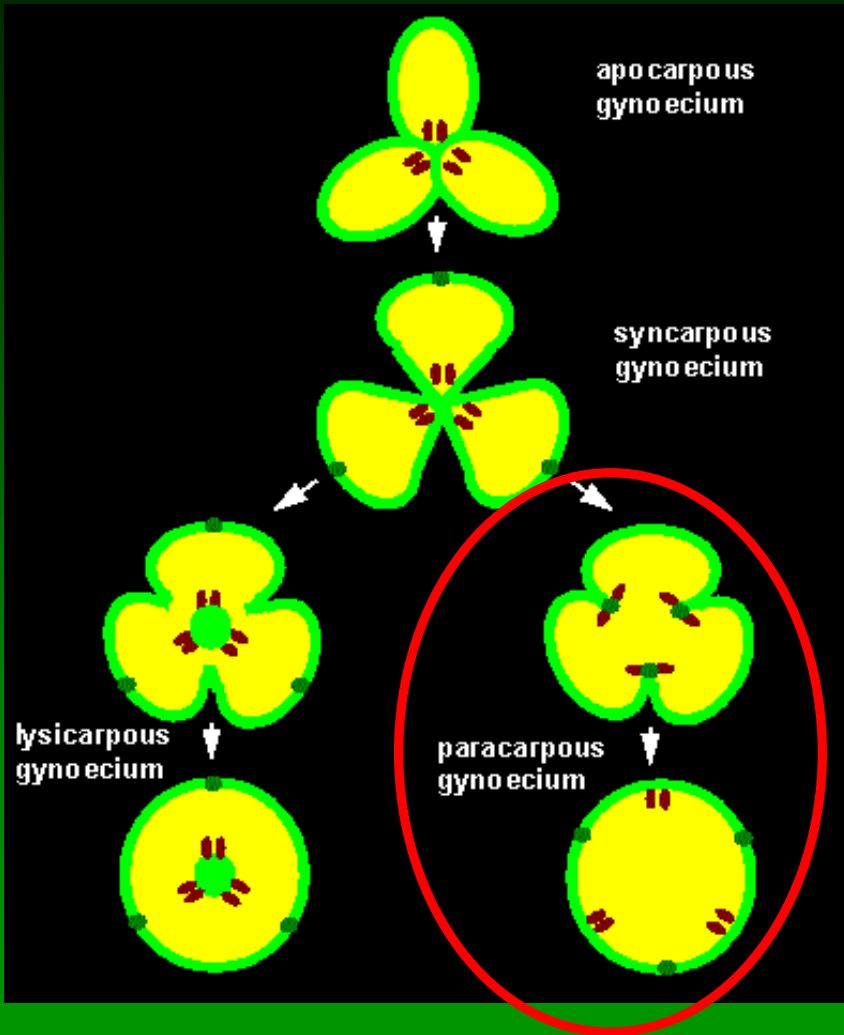


*Caryophyllaceae*



přepážky synkarpního gynecea zanikly

# Parakarpní gynoecium = parietální placentace



plodolisty srostlé svými okraji

*Orchidaceae*

*Cactaceae*



*Chenopodiaceae*



*Cucurbitaceae*



*Orobanchaceae*



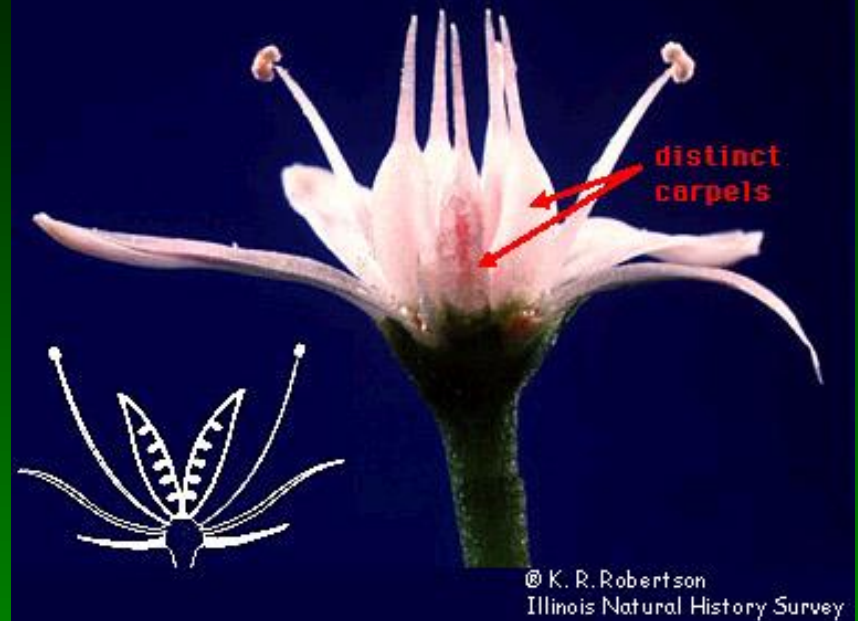
*Brassicaceae*



*Violaceae*

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

Apocarpous gynoecium

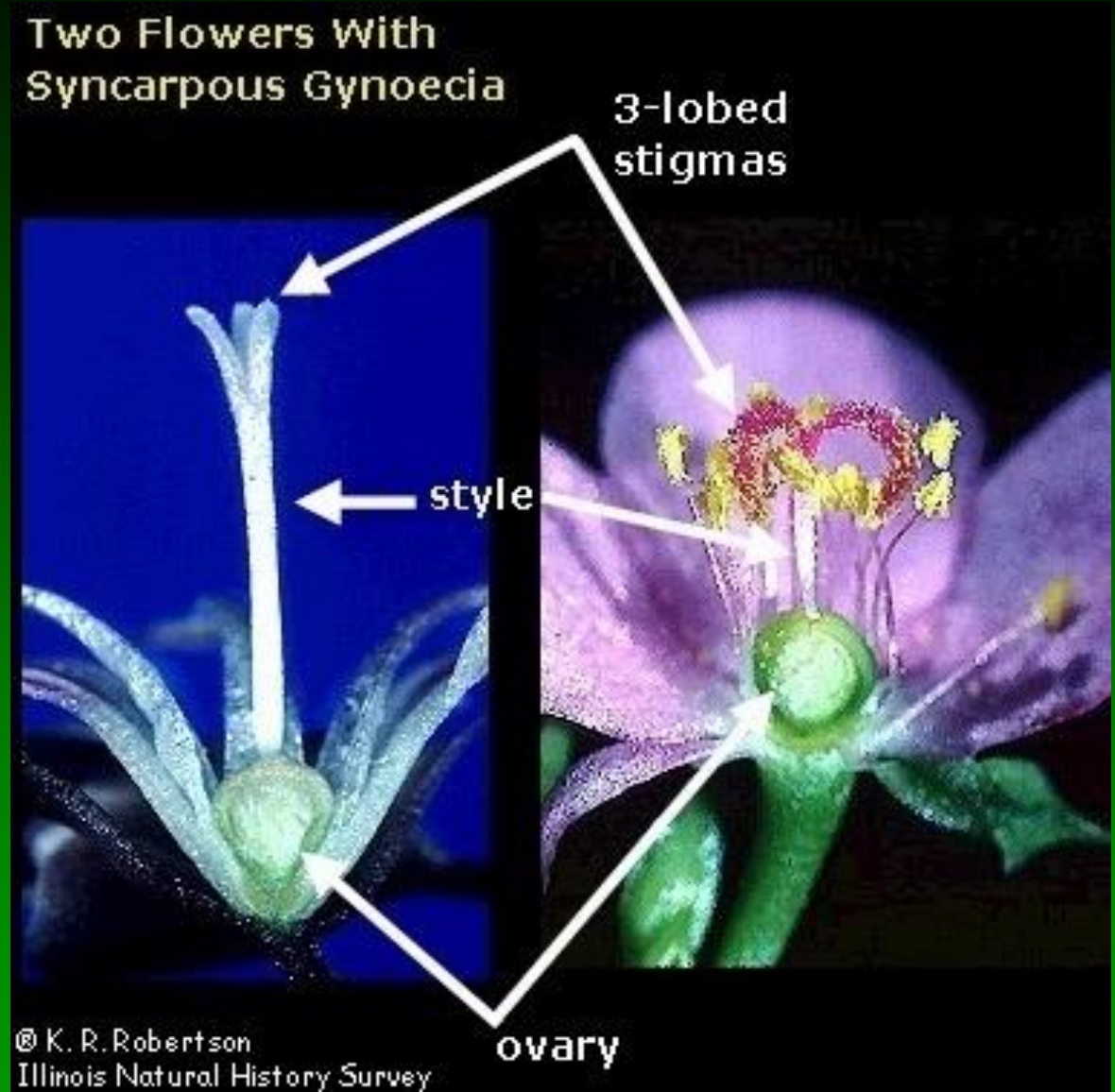


Stylodia najdeme i u cénkarpního gynecea

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

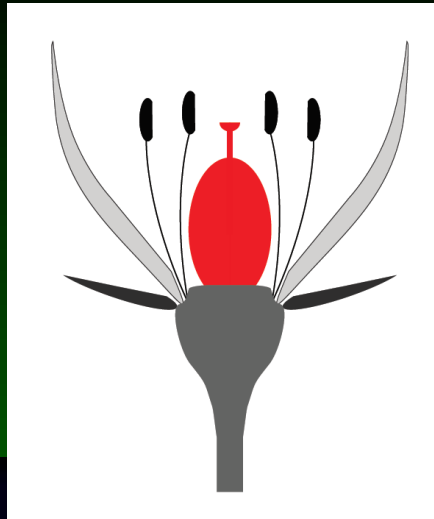
Čnělka bývá na vrcholu často rozšířená v **bliznu** (stigma)

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

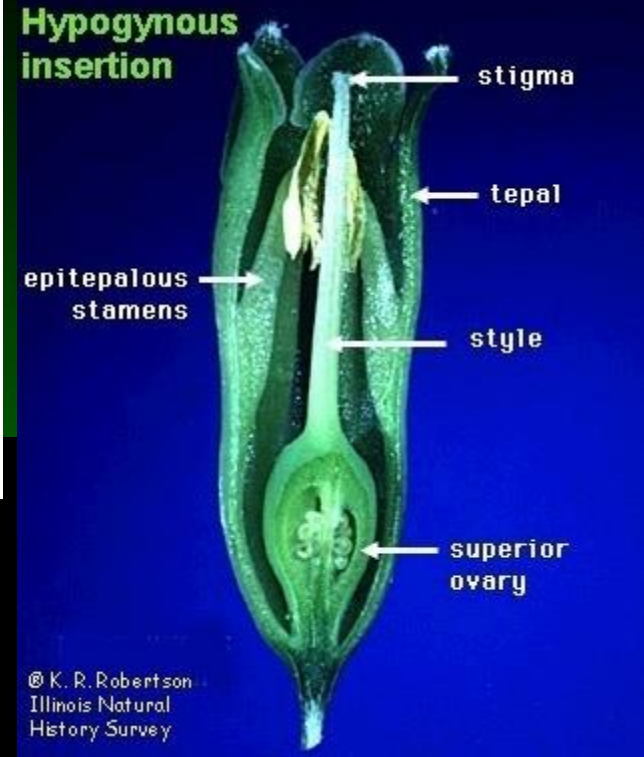


Čnělka, nitky i spodní semeník se vyvinuly jako snaha odvést opylovače co nejdál od nutričně hodnotných vajíček

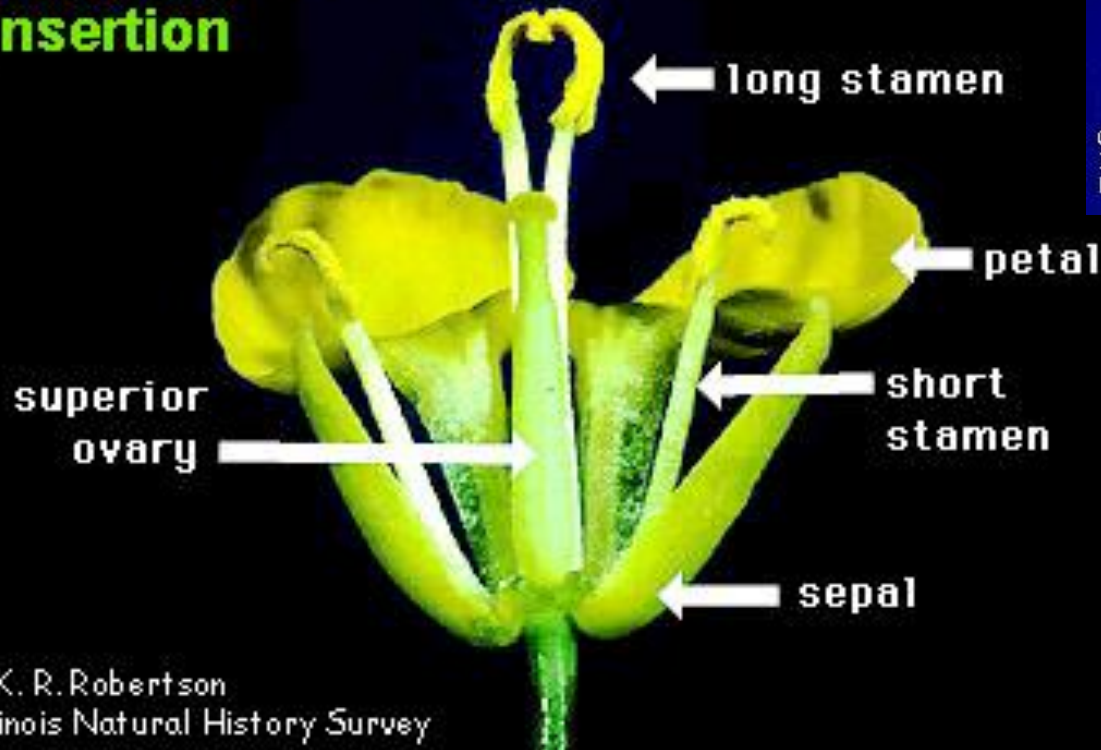
# Svrchní semeník



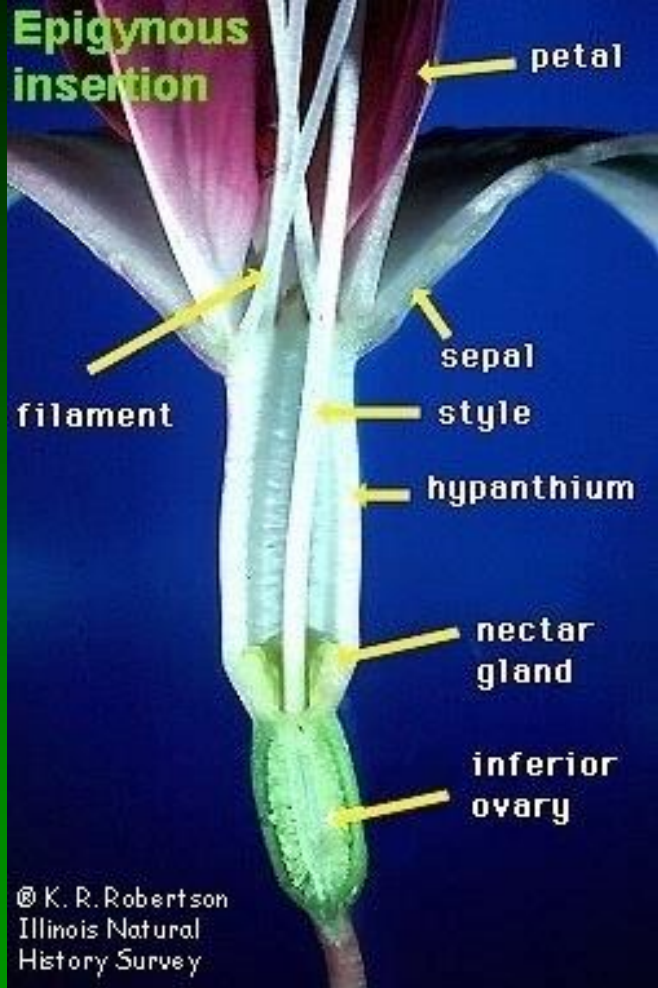
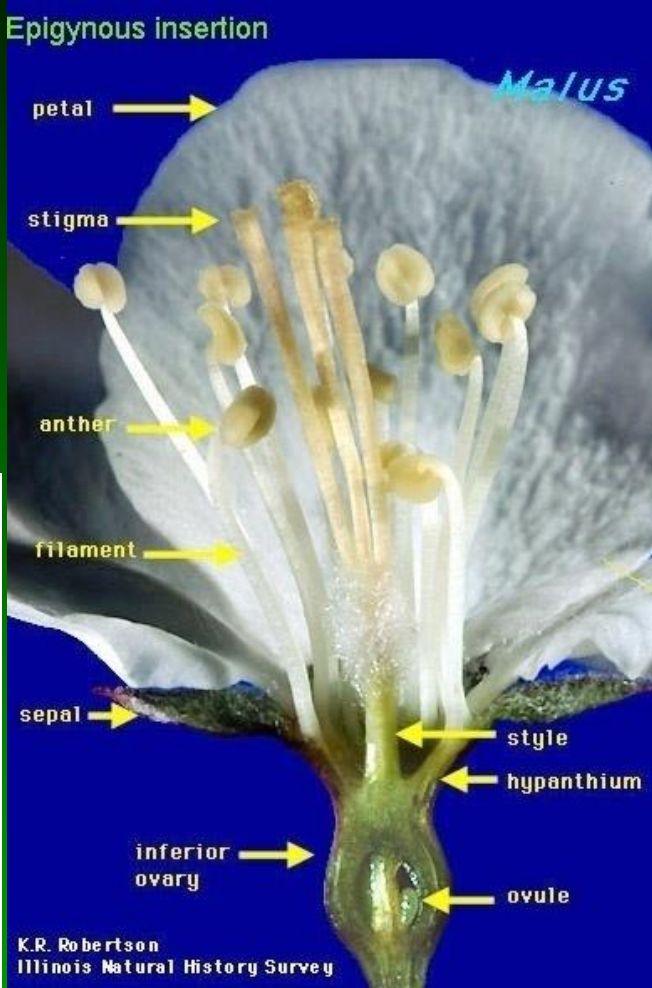
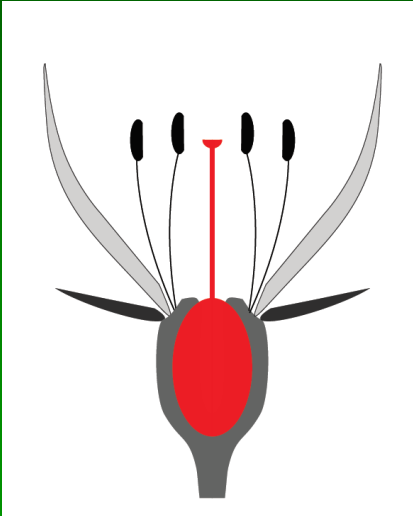
## Hypogynous insertion



## Hypogynous insertion



# Spodní semeník



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





Květy mohou být buď jednoduché,  
nebo skládají květenství různých typů



# Jednotlivé květy

*Convolvulus, Convolvulaceae*



*Anemone, Ranunculaceae*



*Tulipa, Liliaceae*



*Papaver, Papaveraceae*



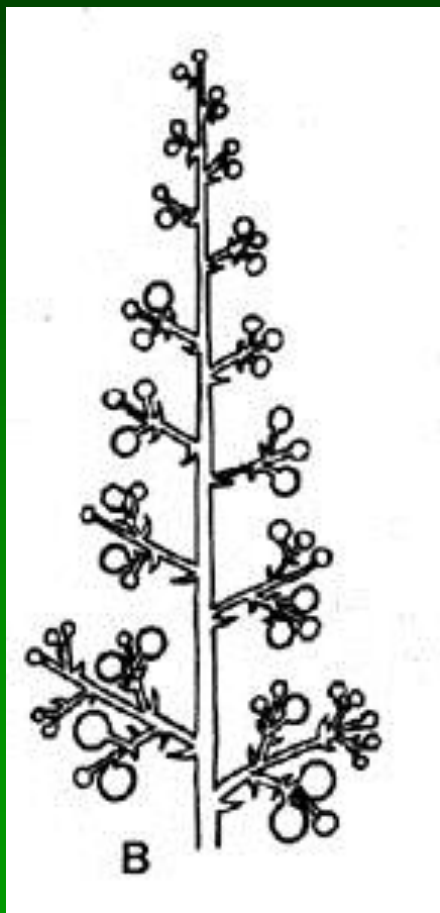
*Cucurbita, Cucurbitaceae*



# Hroznovitá květenství

# lata

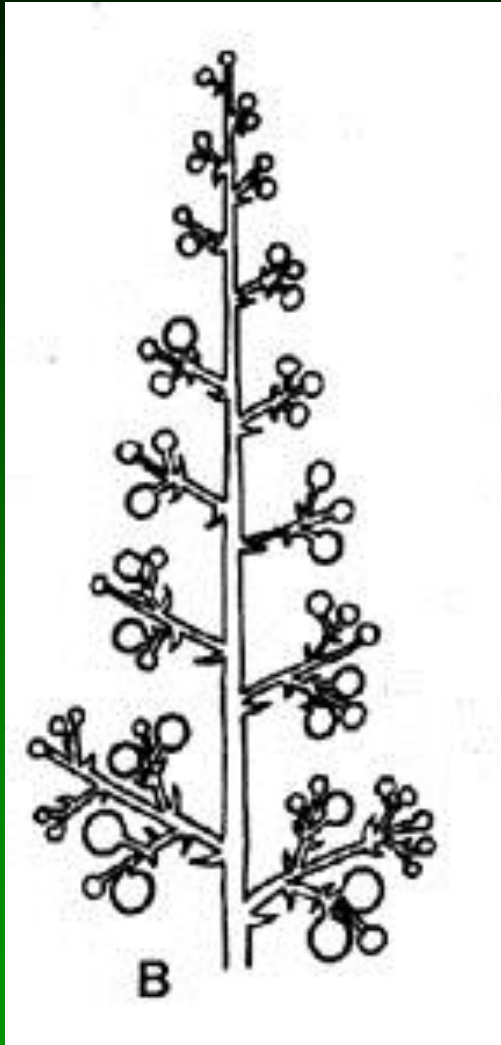
dlouhé hlavním větveno  
na něm ještě  
kratší rozvětvené postranní větve  
(*Vitis vinifera*, vinná réva)  
Vitaceae



Lata

šeřík (*Syringa*, *Oleaceae*)

javor (*Acer*) *Sapindaceae*

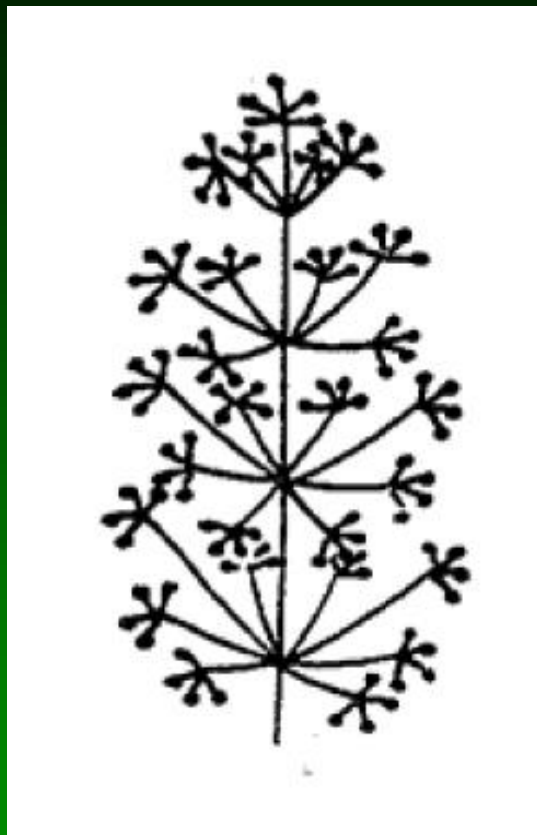


© K. R. Robertson  
Illinois Natural History Survey

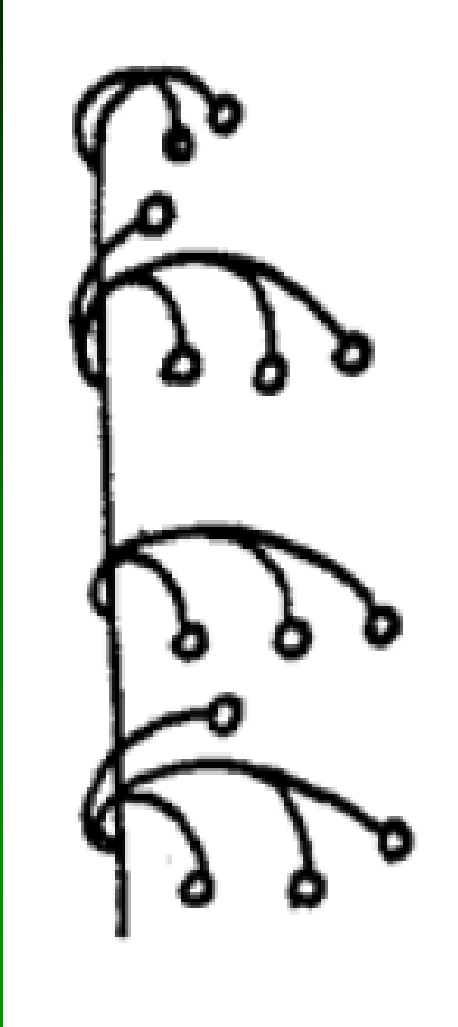


# Přeslenitá lata

## žabník (*Alisma*) Alismataceae



# Jednostranná lata



*Bromus*



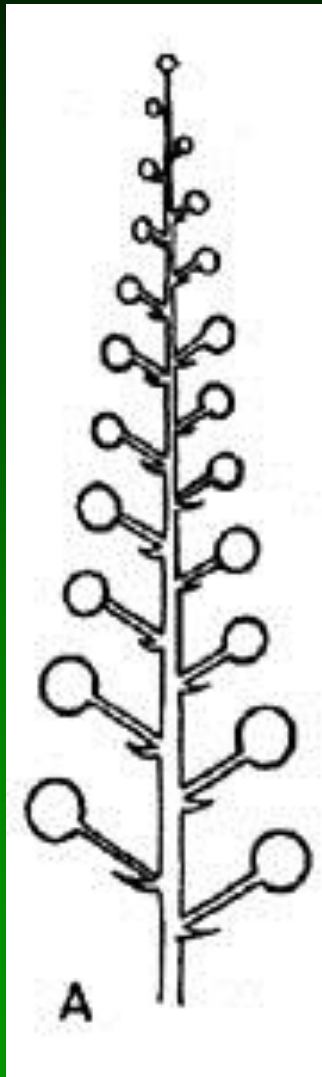
*Festuca*



© K. Lauber

*Melica uniflora*

hrozen



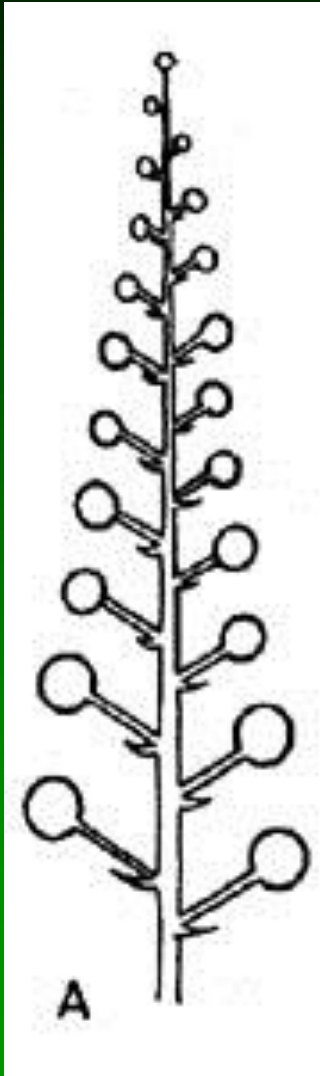
*Aconitum*, Ranunculaceae



*Corydalis*, Papavearaceae



hrozen

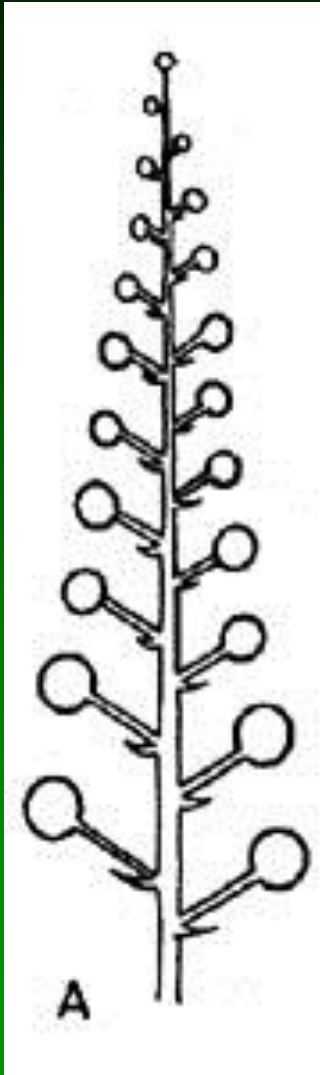


*Lupinus*  
(*Fabaceae*)



*Hyacinthus*  
*Hyacinthaceae*

hrozen



penízek (*Thlaspi*)

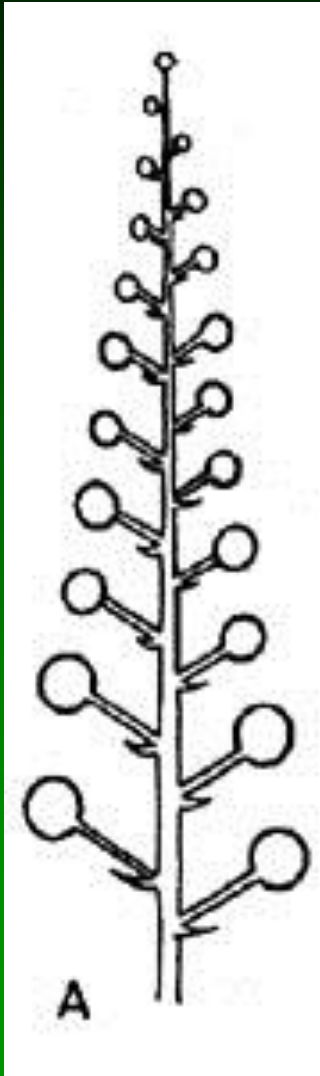
*Brassicaceae*

pstroček (*Maianthemum*)

*Convallariaceae*



hrozen

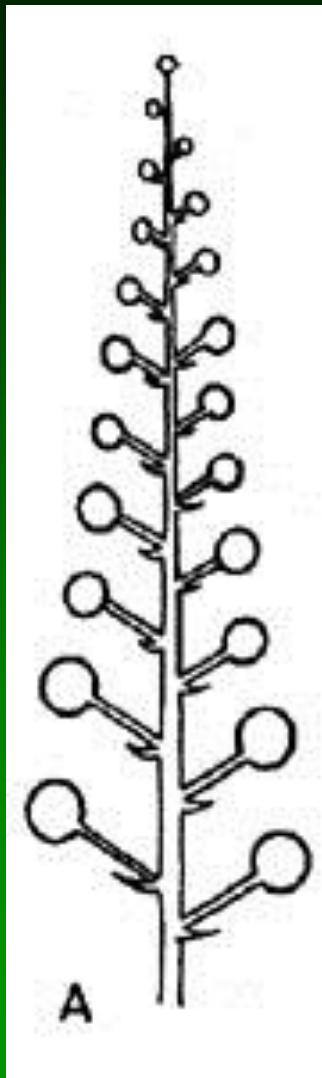


vrbovka (*Chamaenerion*,  
*Onagraceae*)



vachta (*Menyanthes*,  
*Menyanthaceae*)

# hrozen



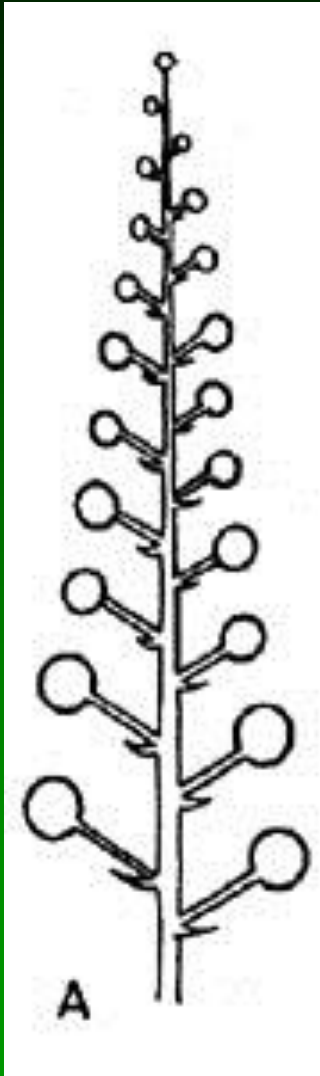
vřes (*Calluna*, *Ericaceae*)



rybíz (*Ribes*, *Grossulariaceae*)



hrozen



střemcha (*Padus racemosa*)

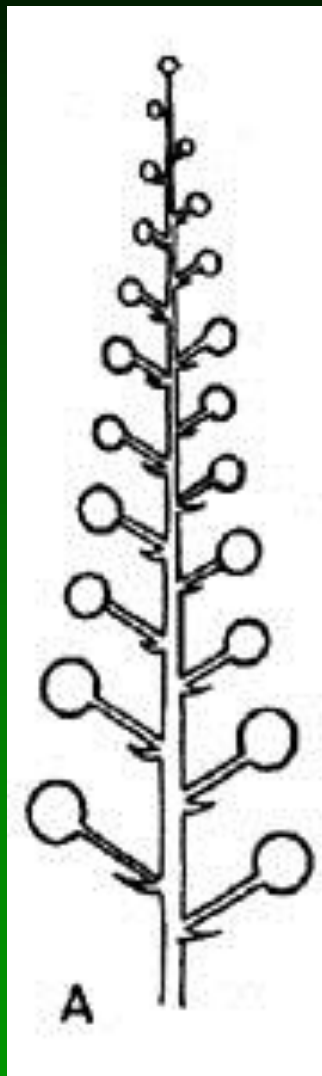
Rosaceae



akát (*Robinia pseudacacia*)

Fabaceae

hrozen

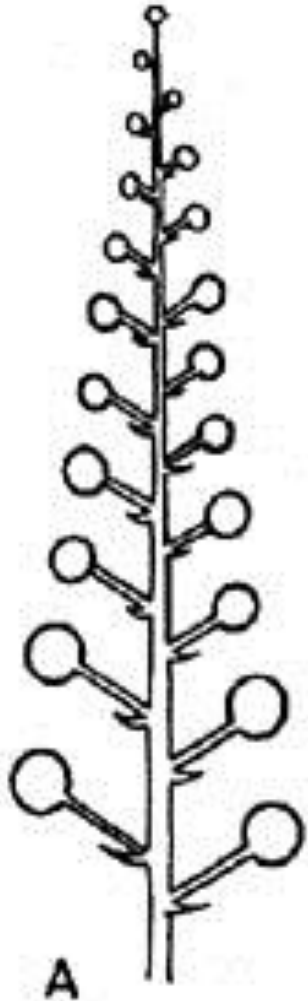


Inice květel (*Linaria vulgaris*)  
Plantaginaceae



rozrazil rezekvítek (*Veronica chamaedrys*) – úžlabní hrozny  
Plantaginaceae

hrozen



prstnatec (*Dactylorhiza majalis*)

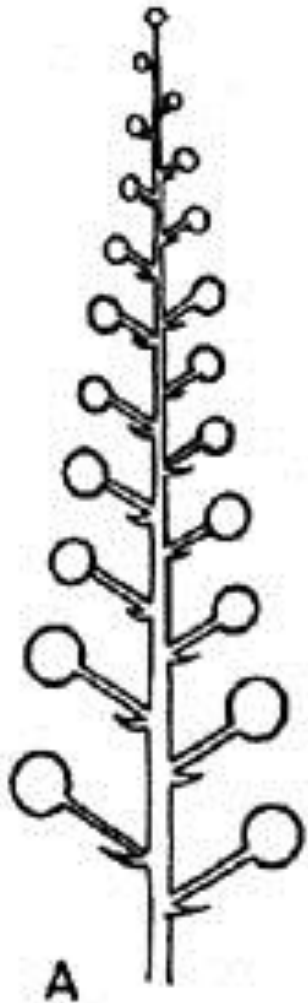
Orchidaceae



modřenec (*Muscari*)

Hyacinthaceae

hrozen



samorostlík klasnatý  
(*Actaea spicata*)

Ranunculaceae

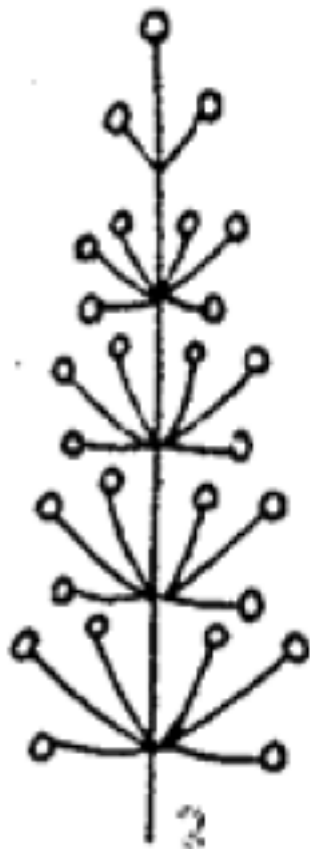


dřišťál (*Berberis vulgaris*)

Berberidaceae



hrozen  
přeslenitý



*Hottonia palustris*, žebratka bahenní



*Primula japonica*

*Primulaceae*

jednostranný  
hrozen

**hruštička**  
*(Ramischia)*



**Vicia**



**Digitalis**



**Convallaria**



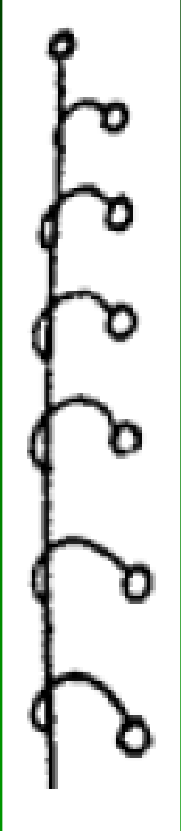
**Campanula rapunculoides**



**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

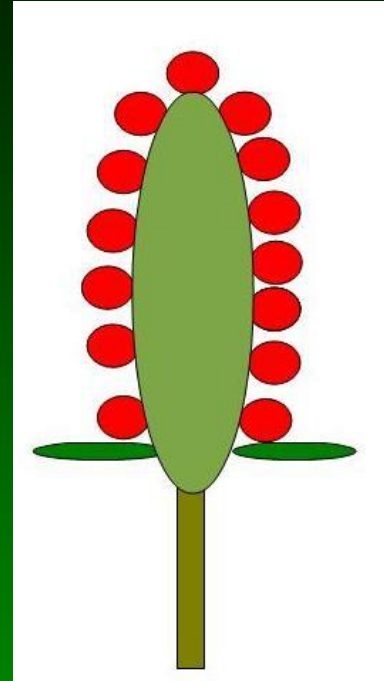
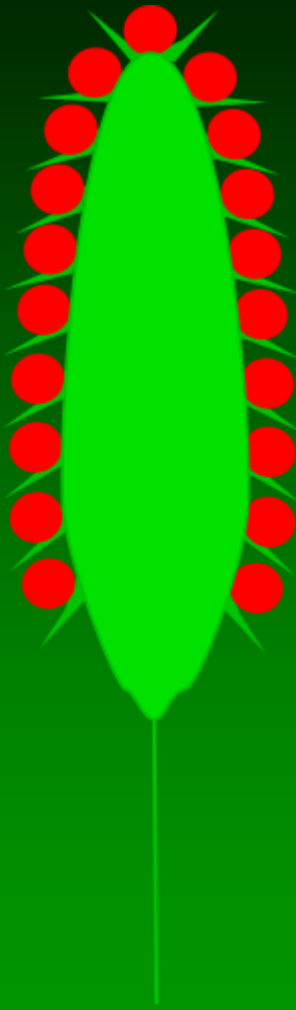
*Piper*



*Acorus*

# Palice

*Araceae*



*Zea*



*Typha*

# Jednostranný klas

*Melampyrum*



# Dvouřadý klas

*Bromelia*

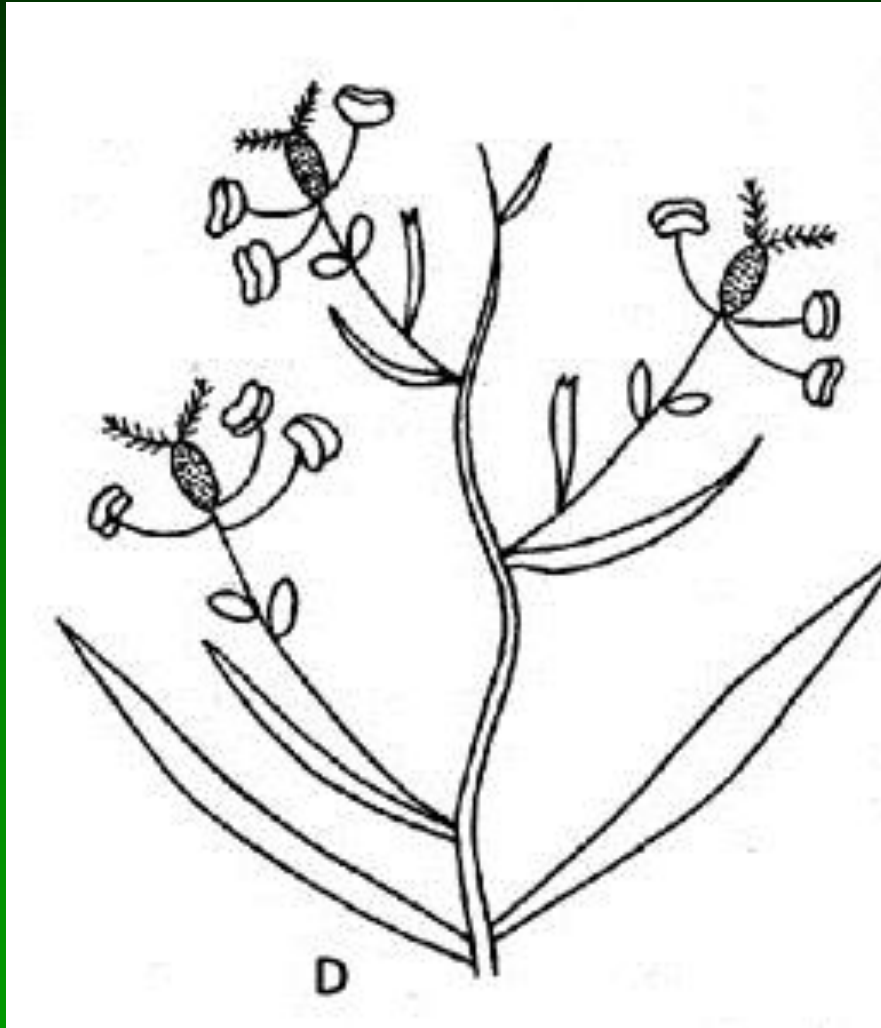


*Cyperus*





# Klásek - *Poaceae*



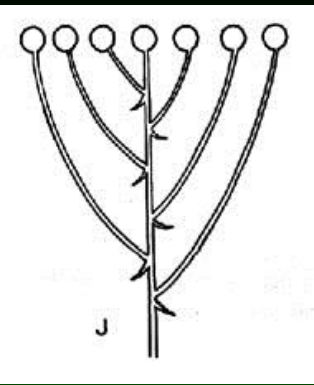
# Složený klas – klas z klásků (lichoklas)



*Blysmus*



*Lolium*



# Chocholík

štěničník (*Iberis*)



mahalebka  
(*Prunus  
mahaleb*)

snědek okoličnatý  
(*Ornithogalum  
umbellatum*),  
Asparagaceae





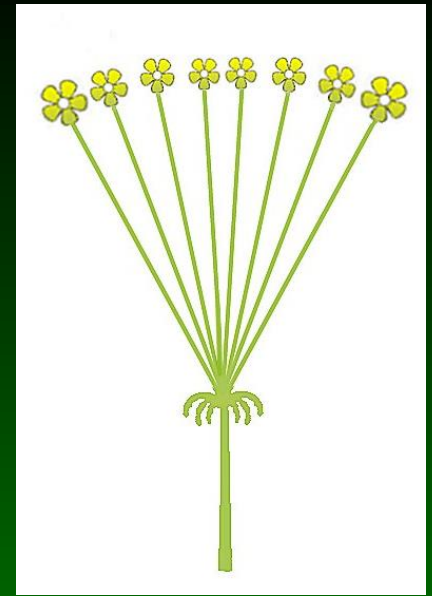
© 2000 Eleanor S. Saulys

# (Jednoduchý) okolík

štírovník  
(*Lotus*)

jarmanka  
(*Astrantia*)

břečťan (*Hedera*)  
Artaliaceae

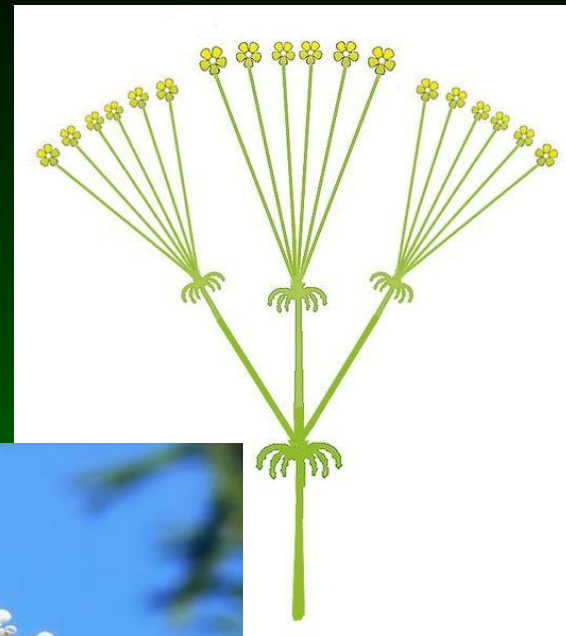


# Složený okolík - *Apiaceae*



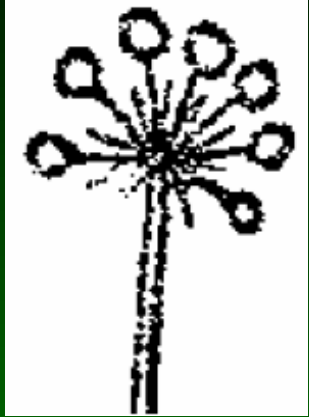
*Aegopodium  
podagraria*

*Daucus carota*



<http://botanika.wendys.cz>

# Hlávka



*Trifolium*

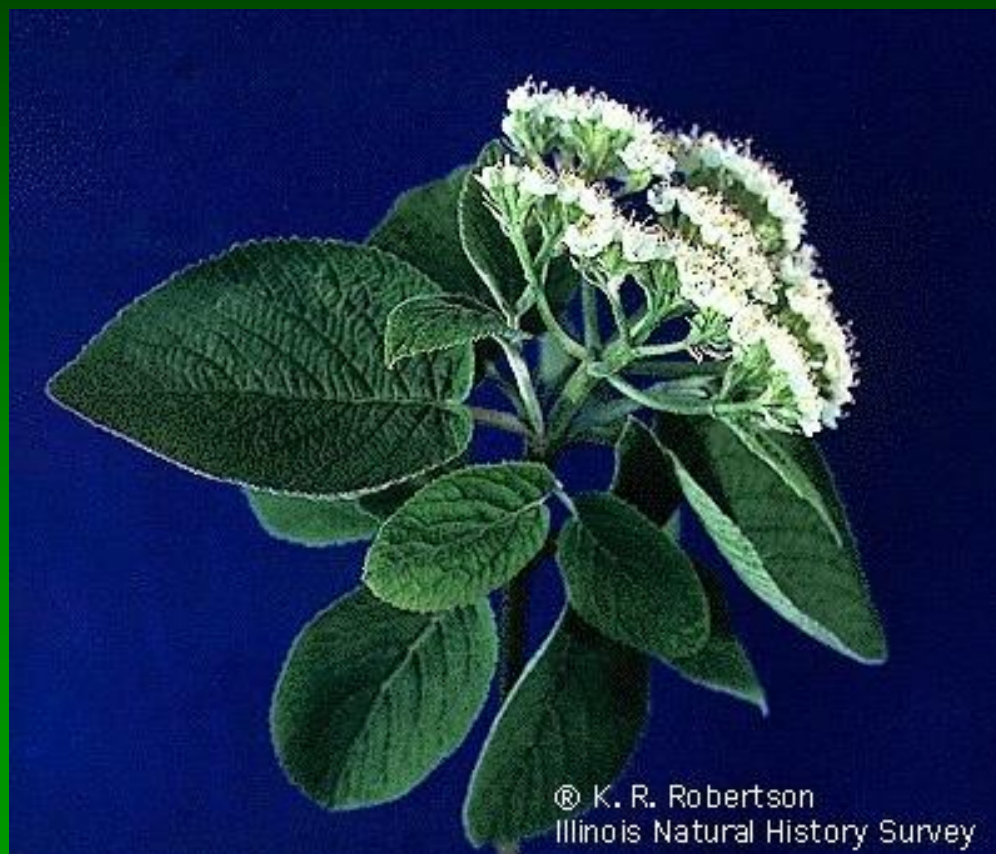
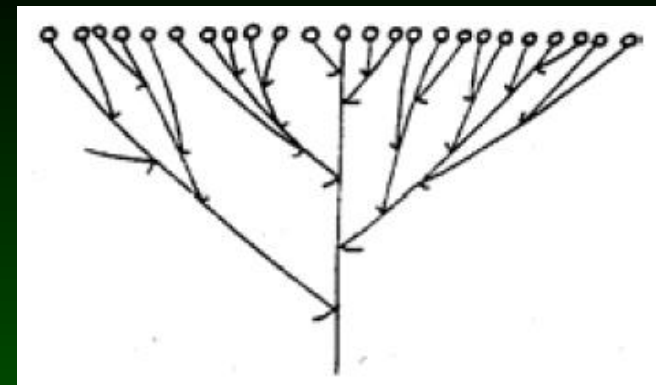


*Phyteuma orbiculare*

# Úbor - Asteraceae



# Chocholičnatá lata



© K. R. Robertson  
Illinois Natural History Survey

***Viburnum*, Adoxaceae**



***Sambucus*, Adoxaceae**



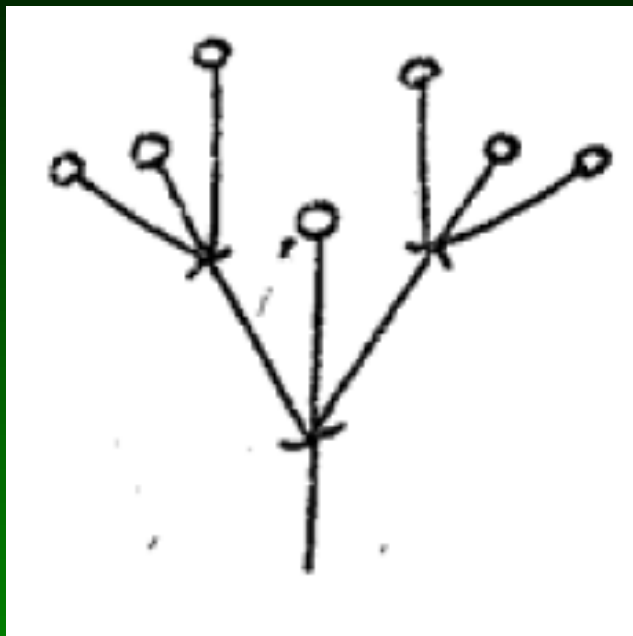
# Chochličnatá lata

A close-up photograph of a Sorbus aucuparia flower cluster. The image shows a dense, rounded inflorescence of numerous small, white flowers with prominent, long, yellowish stamens. The background is dark and out of focus, highlighting the intricate details of the blossoms. The overall appearance is that of a typical white flowering dogwood.

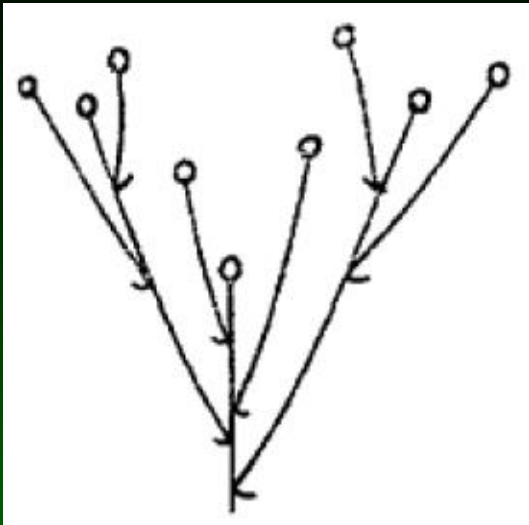
*sorbus aucuparia*  
© 2004 pictured by antonie van den bos  
for aycronto.com

# Vrcholičnatá květenství

# Vidlan - *Caryophyllaceae*



# Kružel



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



*Luzula*



*Filipendula*



*Schoenoplectus*

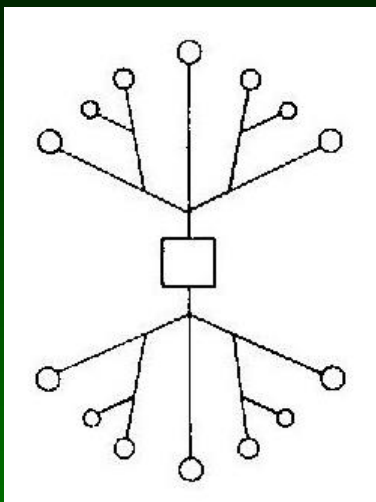


*Eriophorum*



strboulovitě  
stažený kružel

Lichopřeslen bývá tvořen vidlany (nebo vijany)



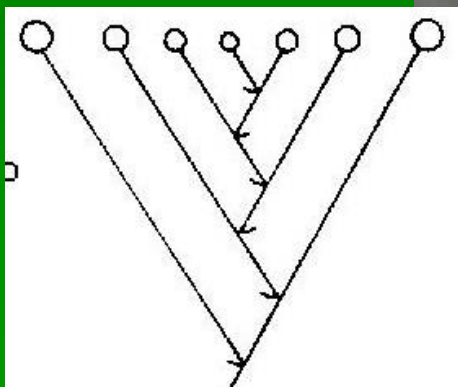
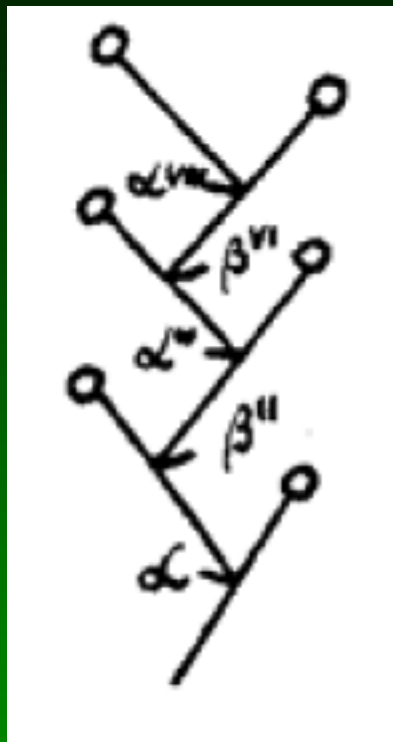
*Rumex*



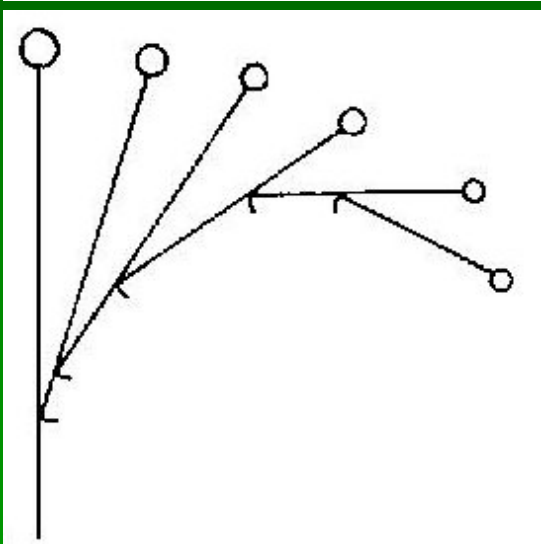
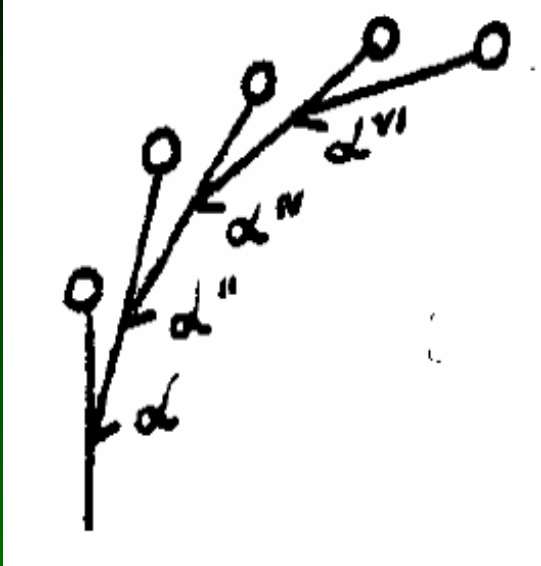
*Lamiaceae*



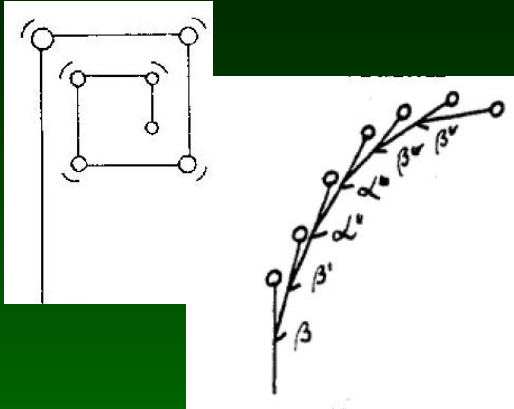
# Vějířek – *Iris*, *Iridaceae*



# Srpek – *Gladiolus*, *Iridaceae*



# Šroubel (o 90° a na jednu stranu)



šmel  
okoličnatý  
(*Butomus  
umbellatus*)  
Butomaceae



*Allium*, Amaryllidaceae



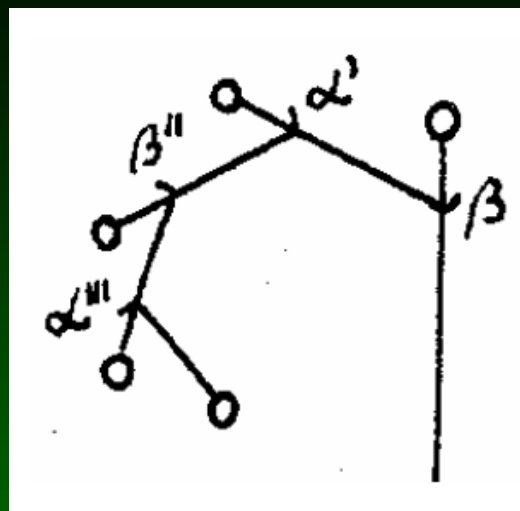
třezalka  
tečkovaná  
(*Hypericum  
perforatum*)  
Hypericaceae





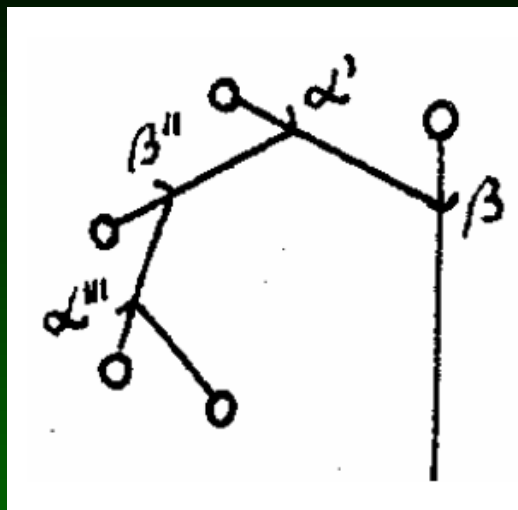
Vijan (o 90° a na různé strany)

- *Solanum*



Dvojvijn (o 90° a na různé strany)

- *Boraginaceae*



# Příklady složených květenství a jim podobných zhovadilostí

# Hrozen až lata úborů

*Petasites*

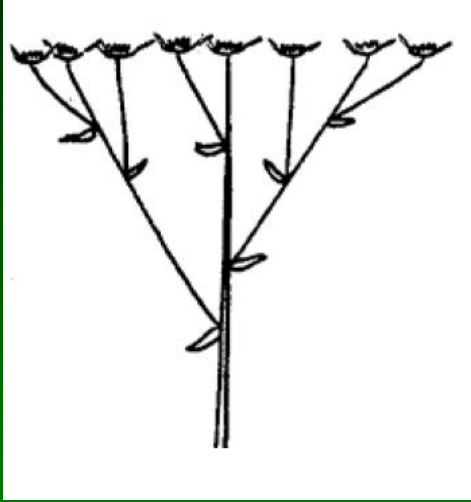


Chocholík až  
chocholičnatá  
lata úborů

*Achillea millefolium*



*Tanacetum vulgare*



*Eupatorium cannabinum*

*Tanacetum parthenium*

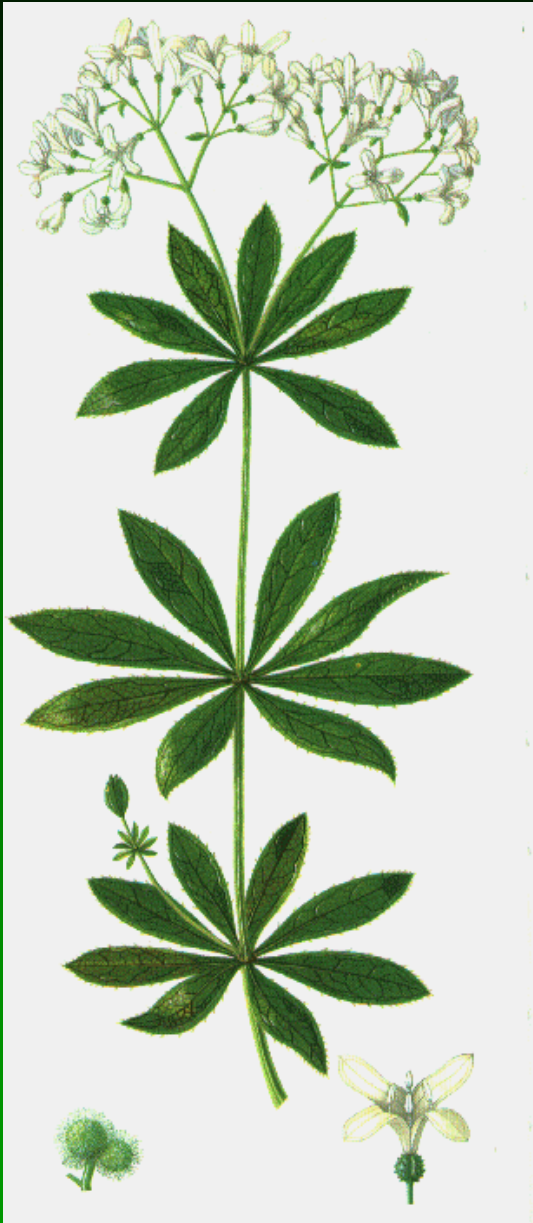
# Lata složená z klásků

třeslice (*Briza*)

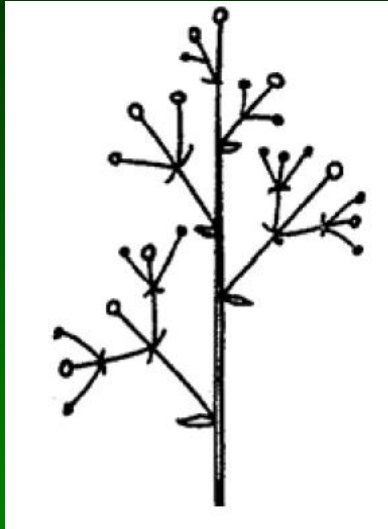
lipnice (*Poa*)



# Chocholičnatá lata vidlanů



*Galium  
odoratum*  
*Rubiaceae*



*Galium  
album*

Lata vidlanů



# Lata vijanů

**jírovec (*Aesculus hippocastanum*) Sapindaceae**





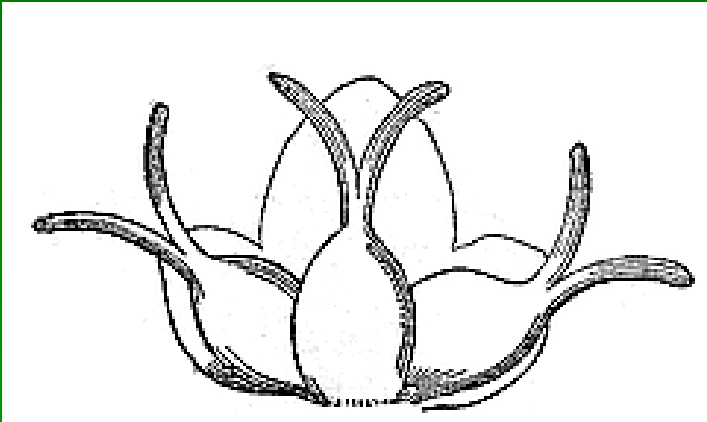
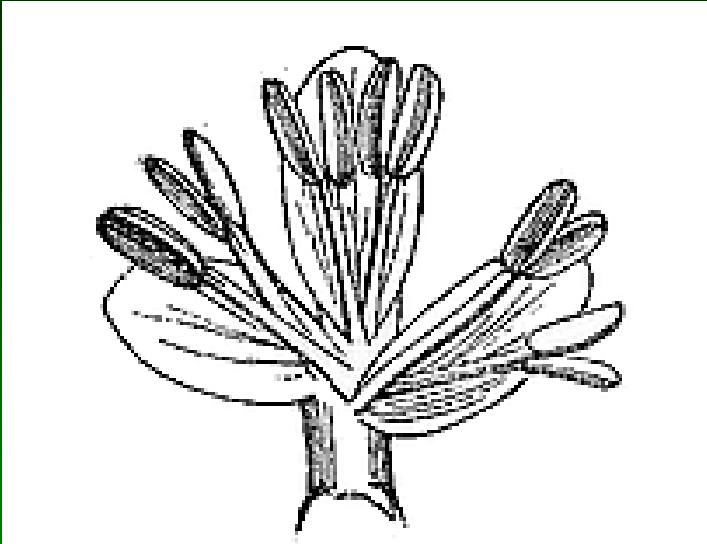
jednostranný  
hrozen složený  
z klásků



*Melica nutans*

# Jehněda tvořená vidlany

*Betula*



Jehněda  
tvořená  
vidlany



*Quercus*

*Juglans  
regia*



*Castanea  
sativa*



*Alnus*

(samčí květenství)

# Strboul



*Succisa*



*Dipsacus*



*Knautia*

hlávka tvořená  
vidlany

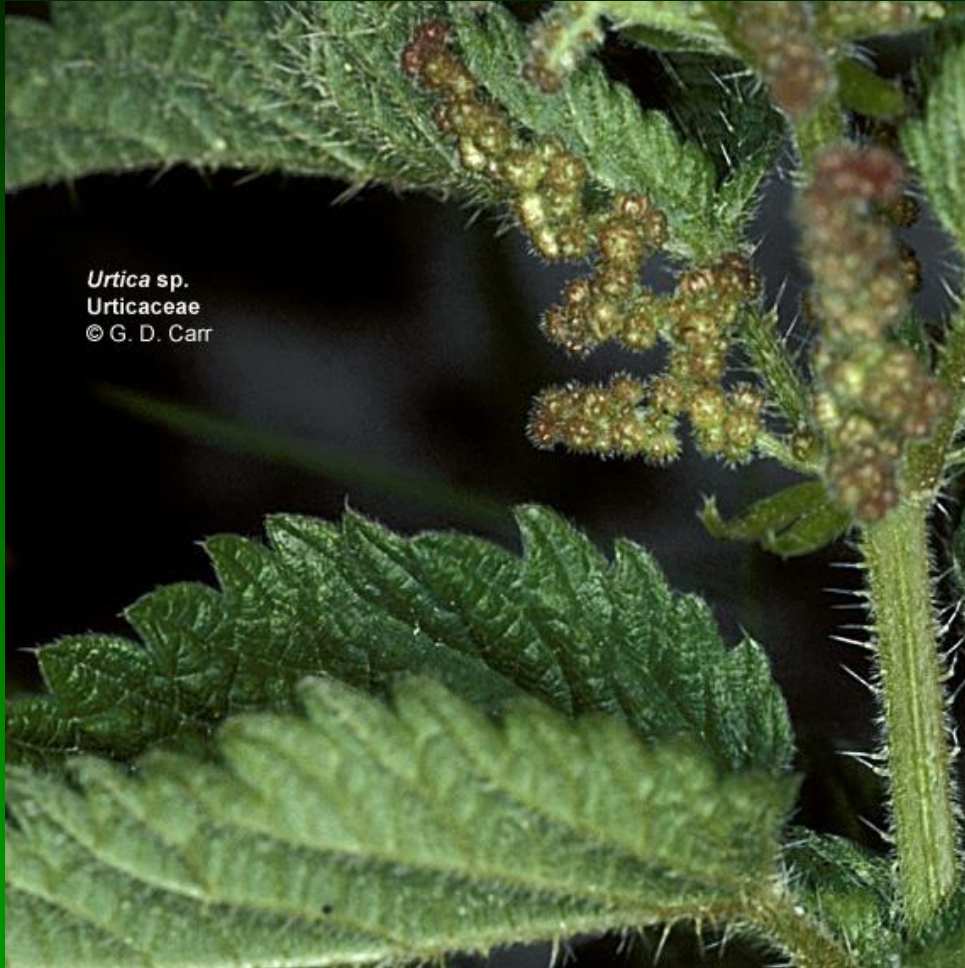
*Caprifoliaceae*

# Strboul jednokvětých úborů

*Echinops*



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



*Urtica*



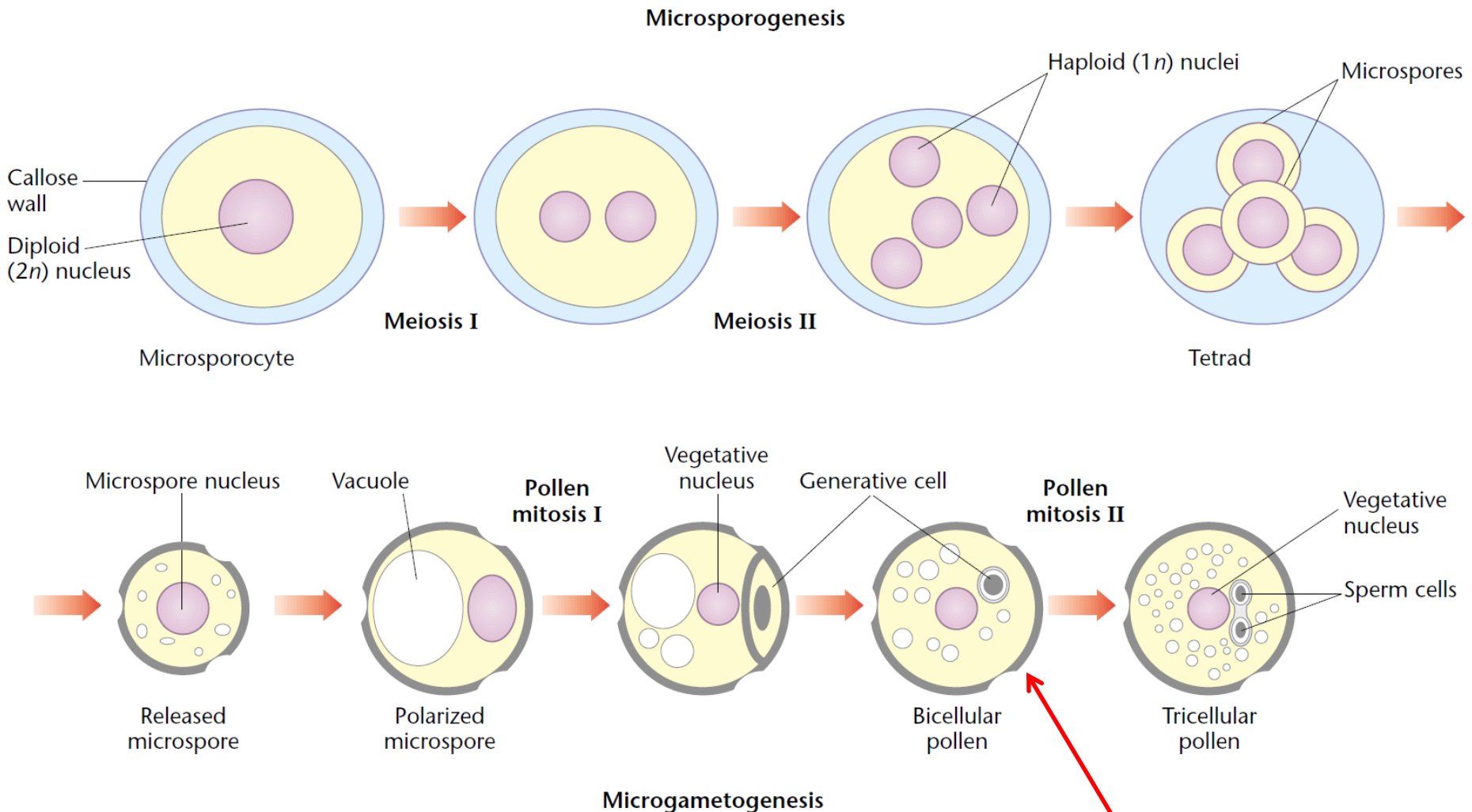
*Chenopodium*

# Rozmnožování krytosemenných rostlin

morfologie pohlavních  
orgánů

rodozměna

# Ontogeneze pylu

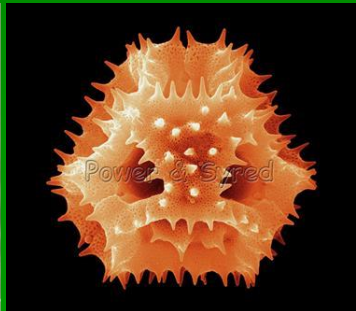
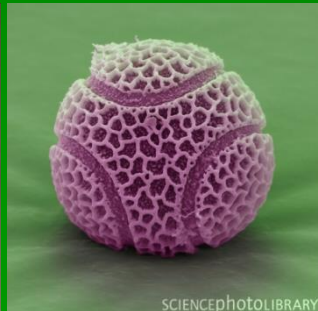
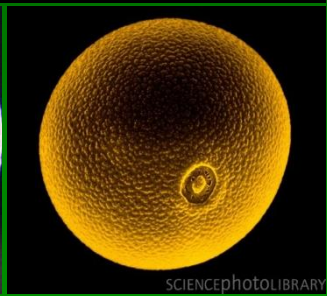
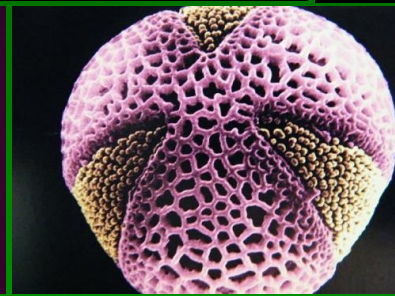
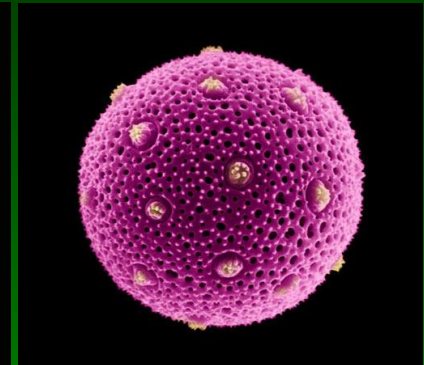
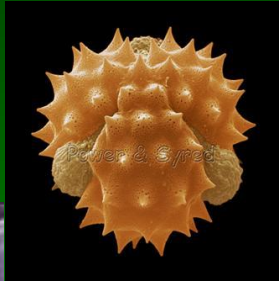
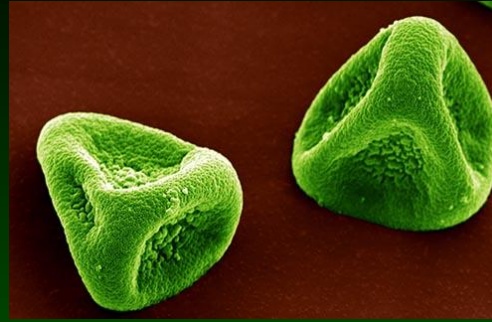


generativní buňka  
migruje do cytoplasmy



# Pyl a opylení (angl. pollination)

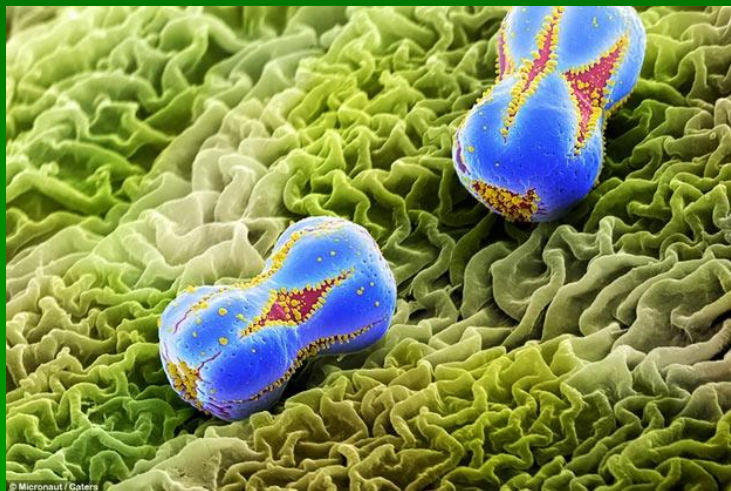
pylová zrna bez  
vzdušných  
vaků



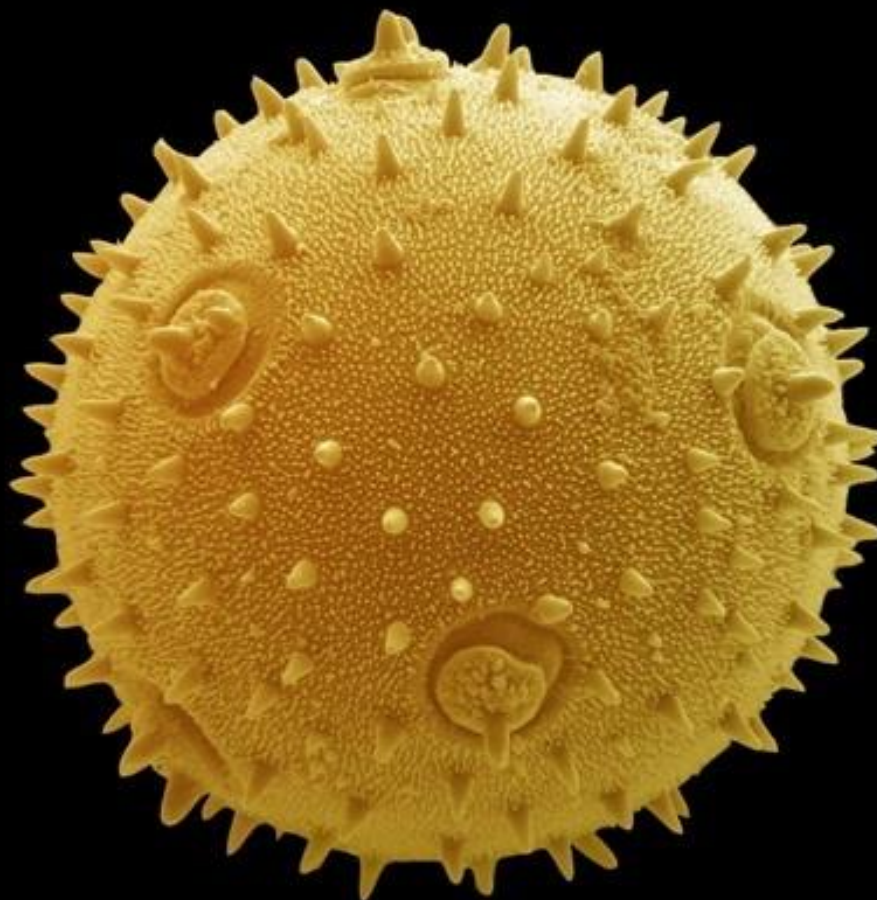
# Velikost pylu

6 – 150  $\mu\text{m}$

*Myosotis*



*Cucurbita*



*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*)

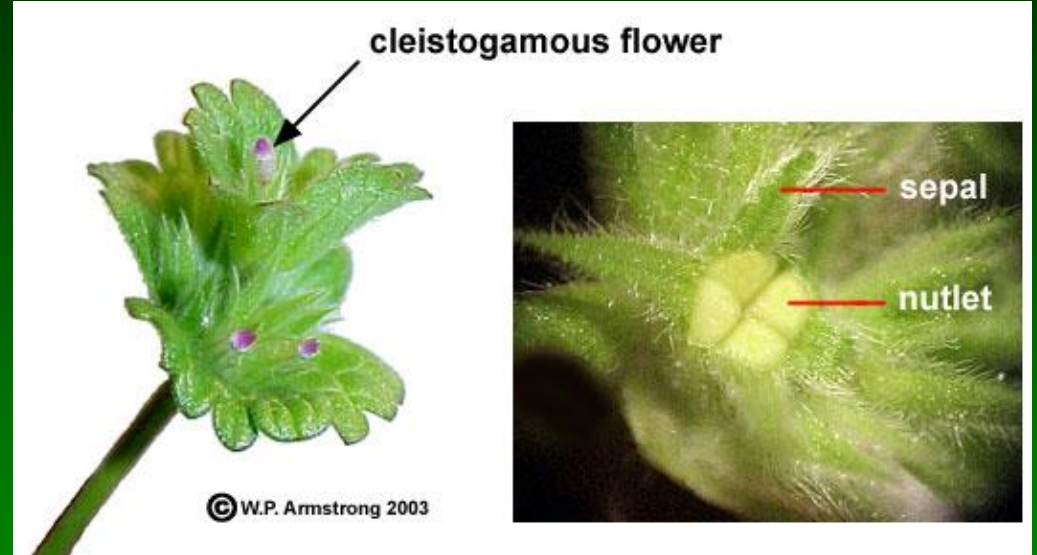
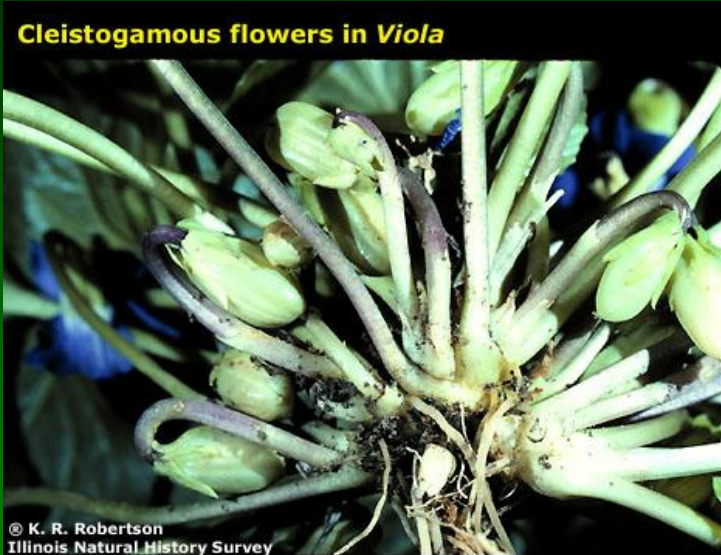
# Vzácně mohou opylovat také hlodavci



# Opylovat mohou dokonce i primáti (madagaskarští lemuři)



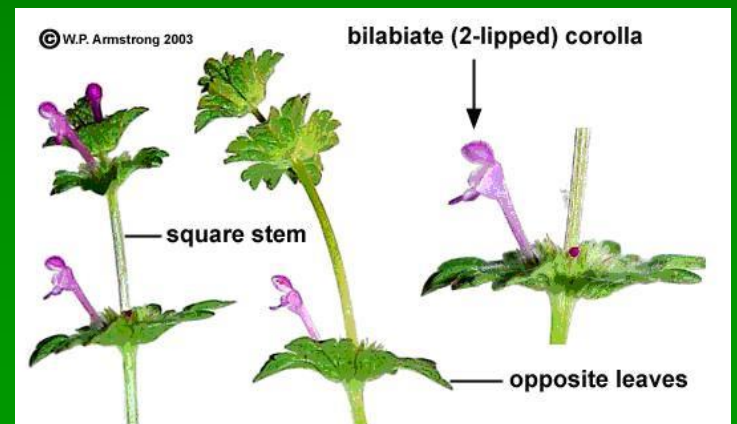
Někdy dochází k samoopylení v uzavřených květech, které se neotvírají = **kleistogamie** (např. u různých druhů violek - *Viola* či u hluchavky objímavé - *Lamium amplexicaule*)



**Chasmogamické květy rodu *Viola***



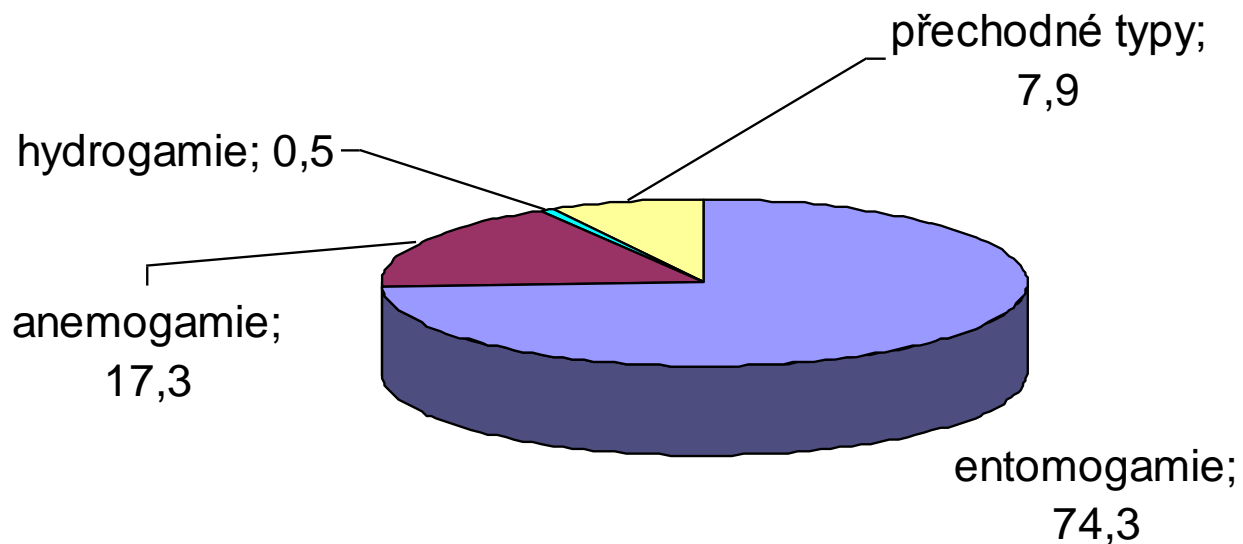
**Chasmogamické květy u *Lamium amplexicaule***



# 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.

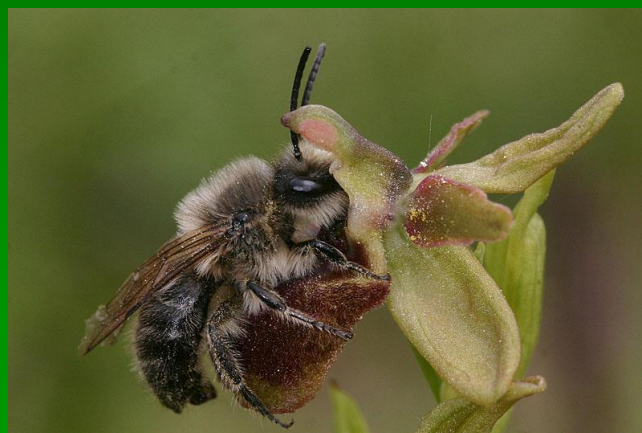




# Navigace hmyzu v UV části světelného spektra



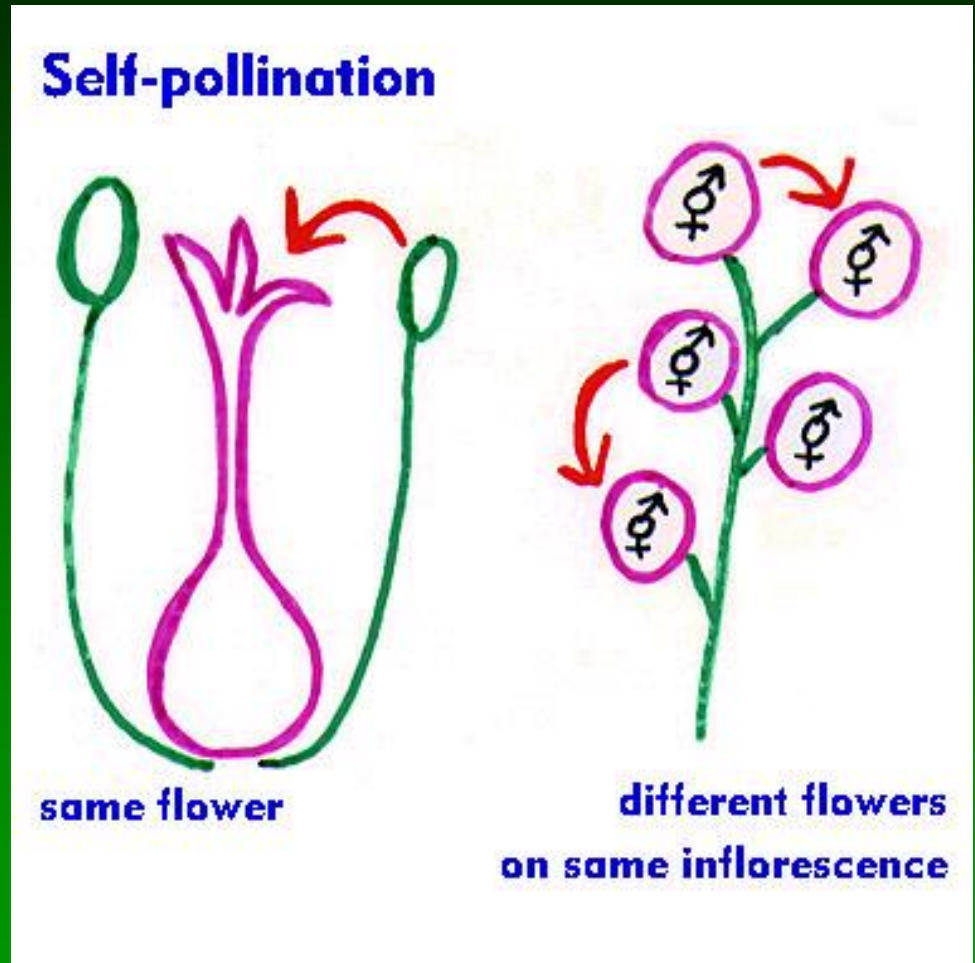
# Pseudokopulace – tořič (*Ophrys*, *Orchidaceae*)



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

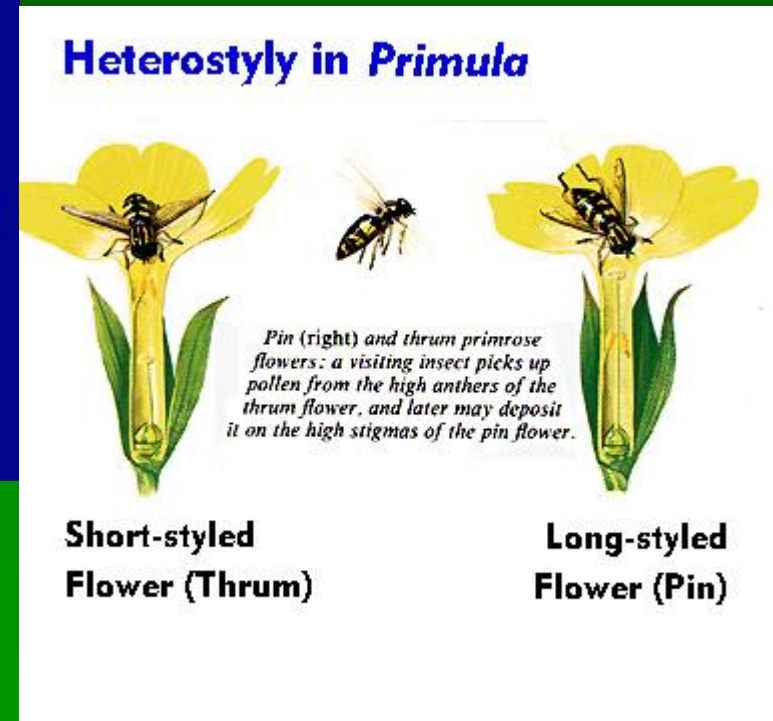
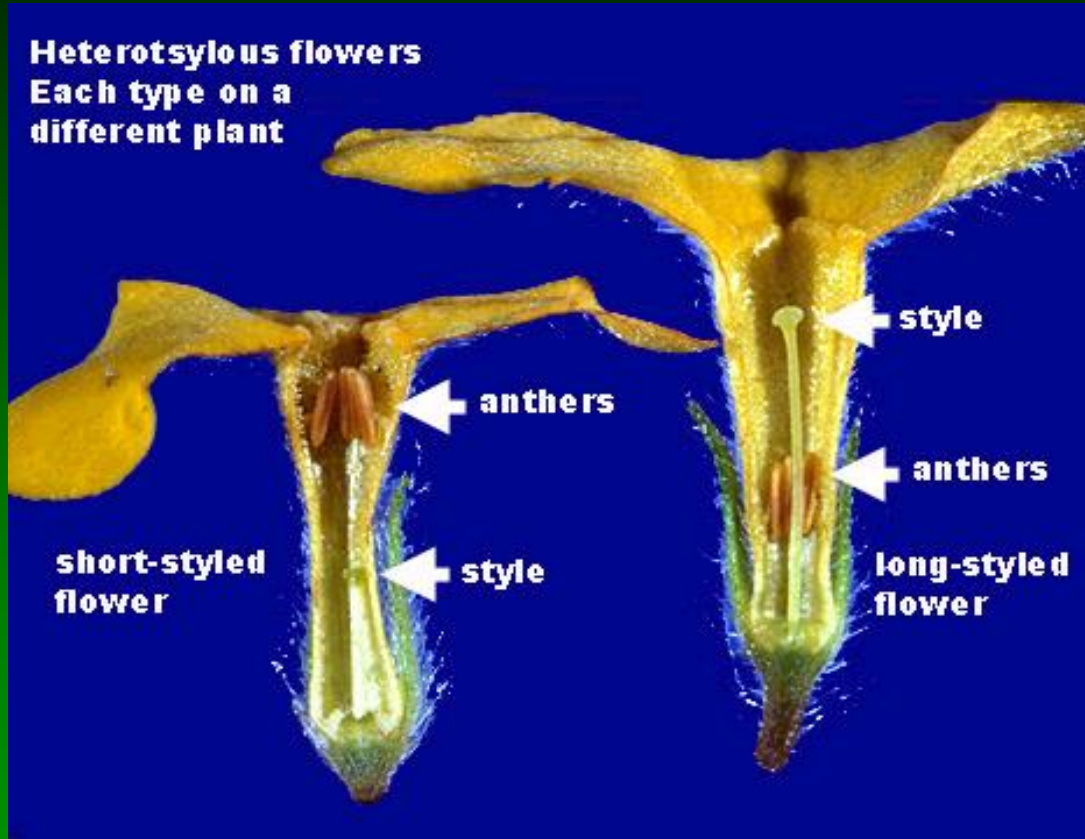


Autogamie (selfing)  
=> inbrední deprese, ale ...

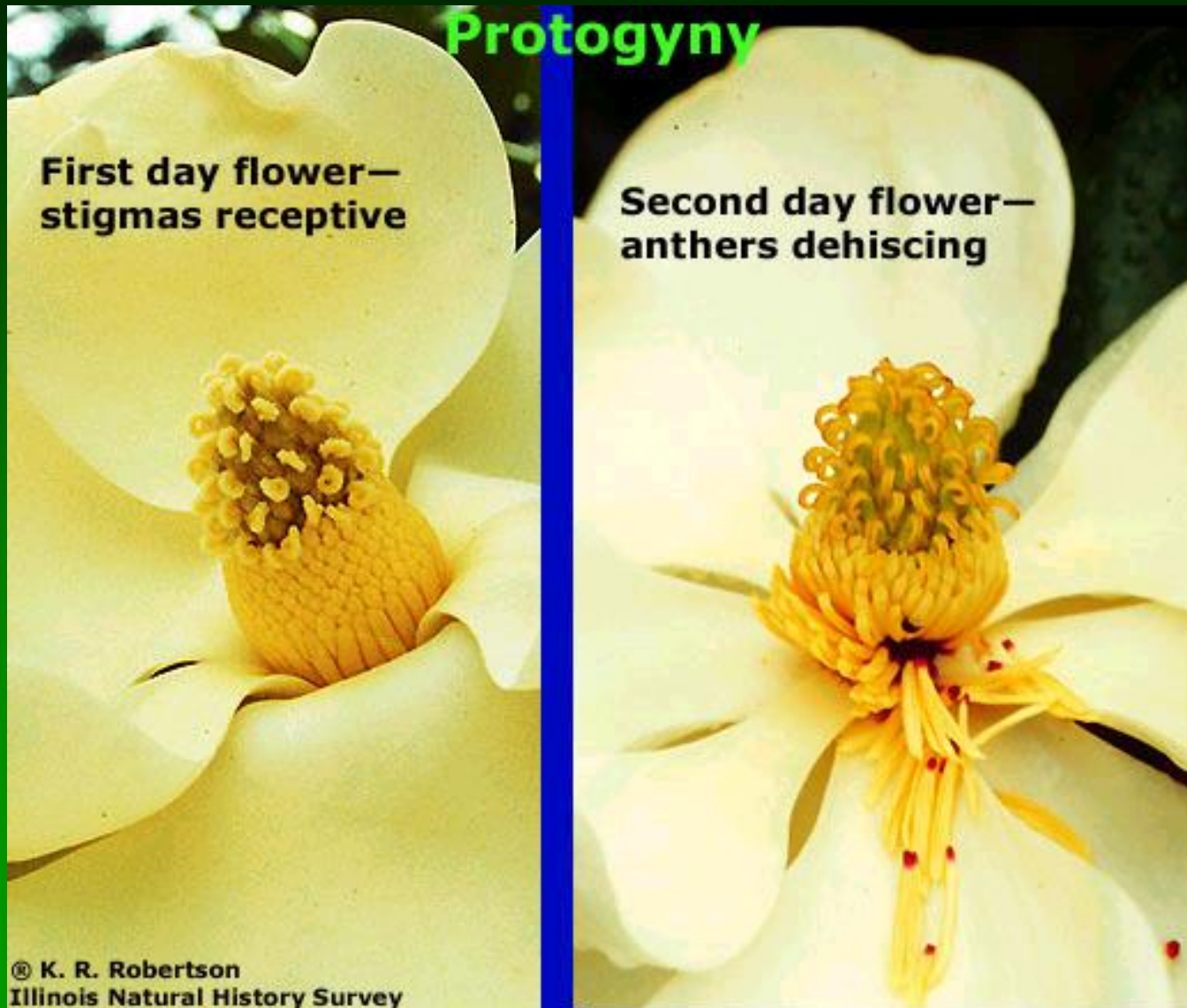


Geneticky podmíněná: self kompatibilita x self inkompatibilita  
evolučně původní odvozená (30–50 % druhů)

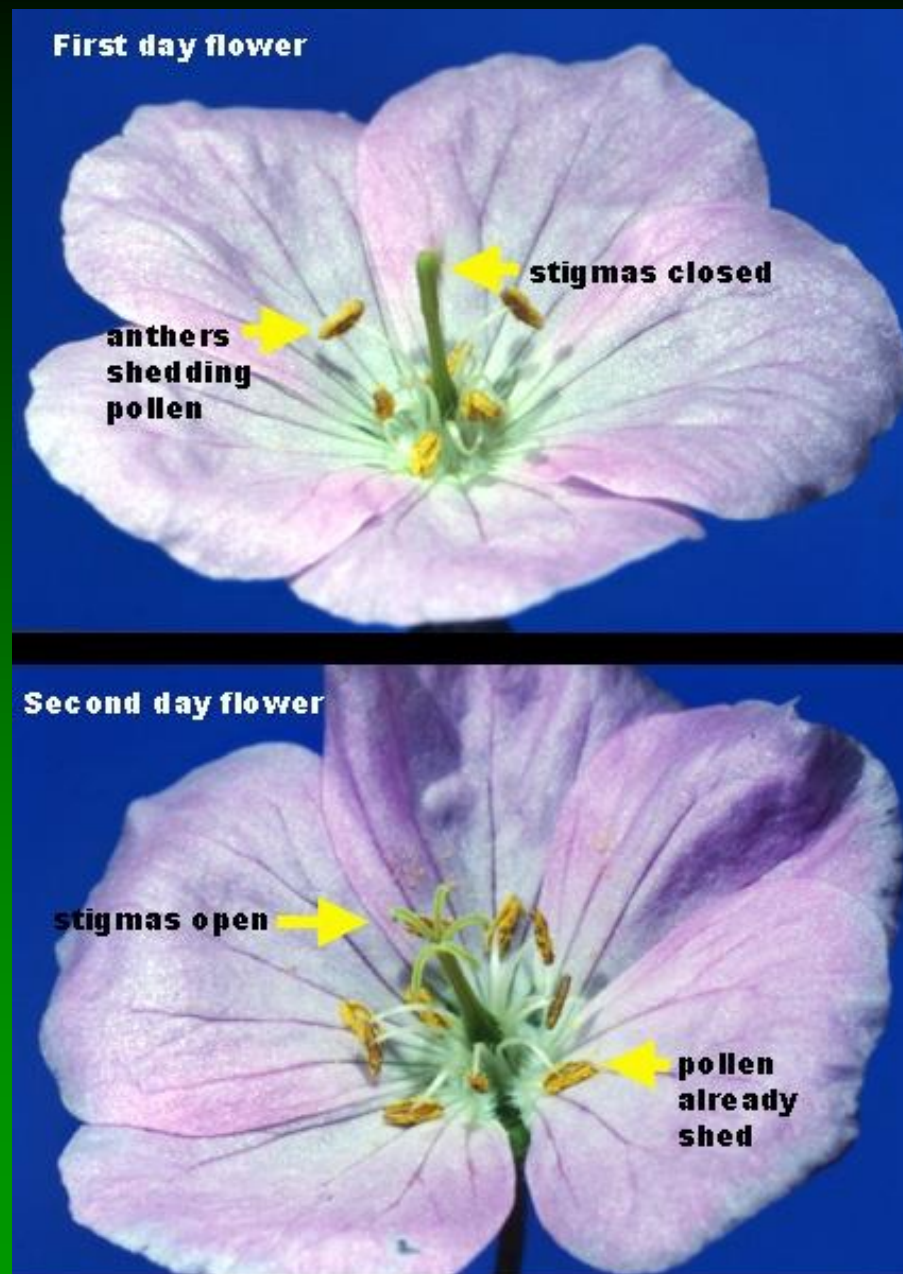
# Jedním ze způsobů jak se bránit autogamii vlastním pylem je heterostylie



# Dalším způsobem jak se bránit autogamii vlastním pylem je protogynie



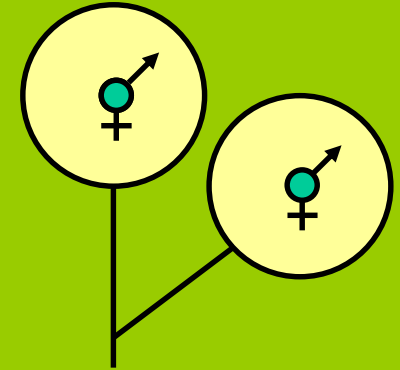
Analogickým způsobem  
může bránit bránit  
autogamii také  
**protandrie**



# Hermafroditní květ a hermafroditní druh není totéž !

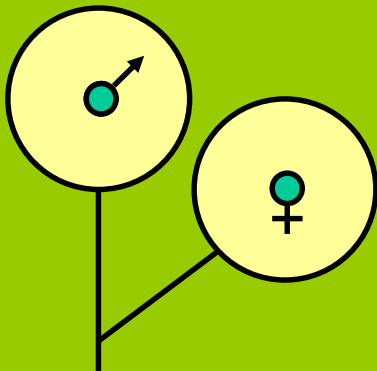
Většina druhů krytosemenných je hermafroditních – v Evropě 89%, v tropech 60%.

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

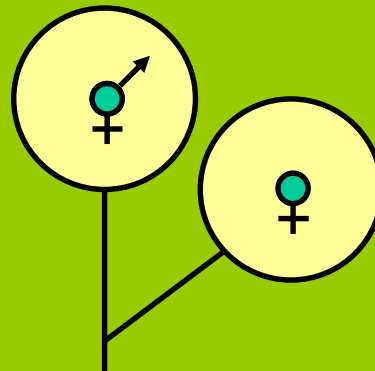


Vzácnější případy hermafroditních druhů se zcela nebo zčásti jednopohlavnými květy

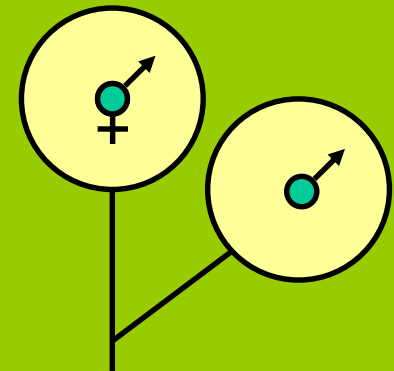
**monoecie**



**gynomonoecie**

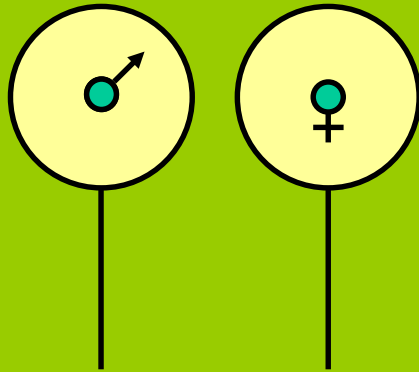


**andromonoecie**



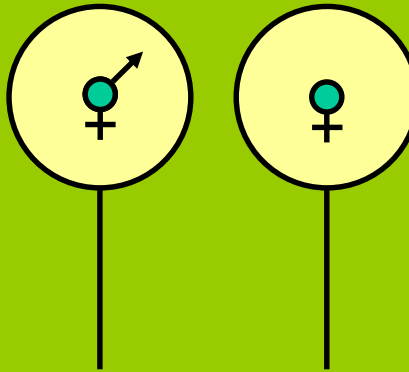
# Protikladem hermafroditních druhů jsou druhy s odděleným pohlavím

**dioecie**



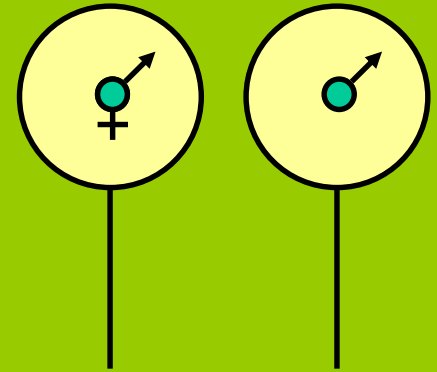
4 %

**gynodioecie**



7 %

**androdioecie**

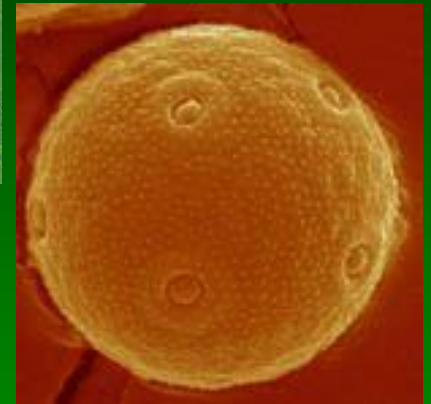
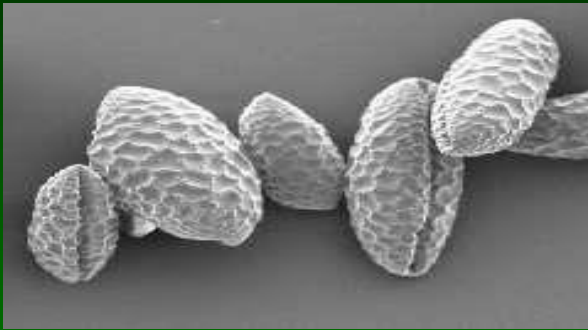


0,1 %

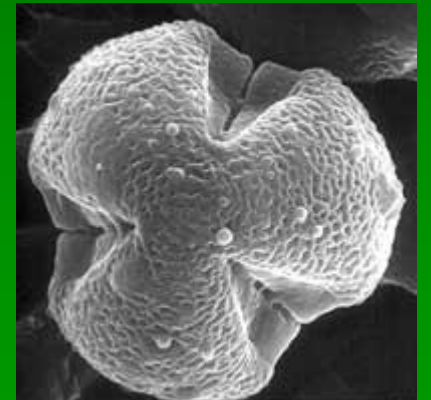
v Evropě je krytosemenných druhů s odděleným pohlavím  
přibližně 11 %



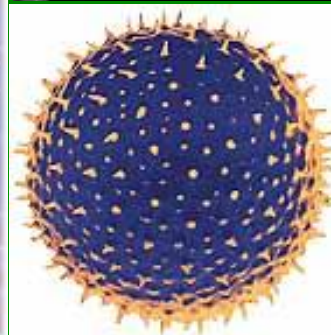
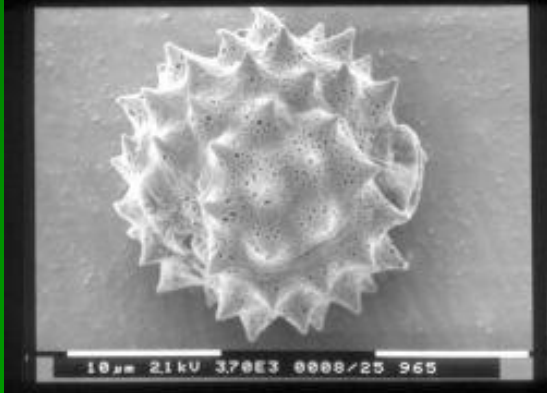
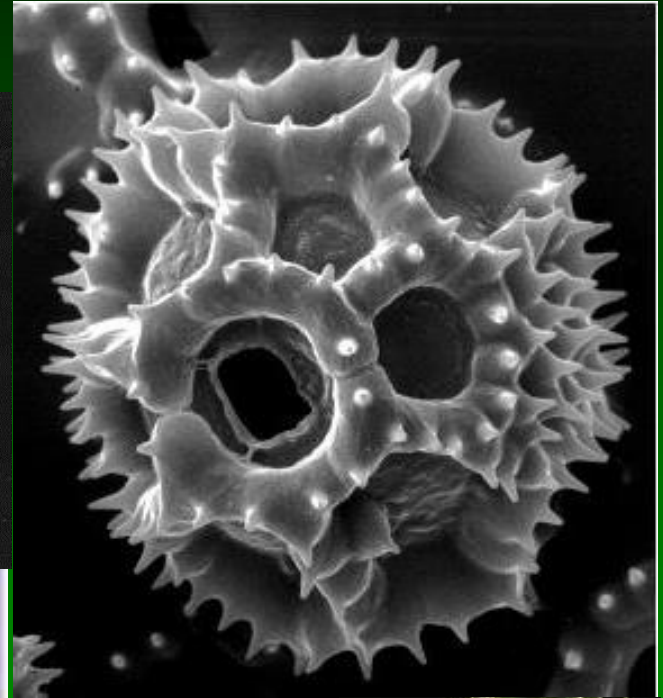
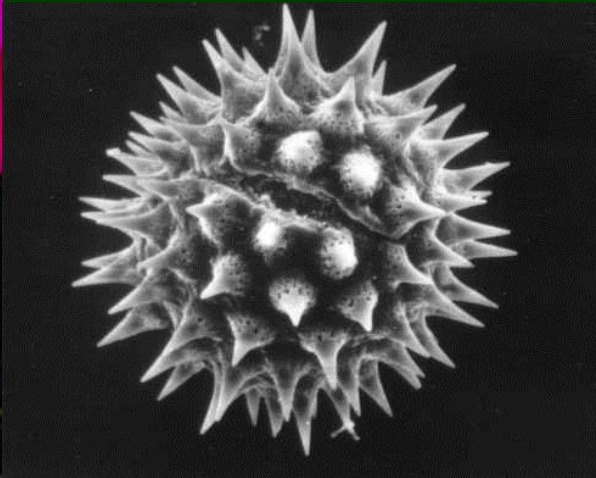
U anemogamních druhů bývá pyl hladký,  
u hydrogamních je bez zvláštních  
přizpůsobení



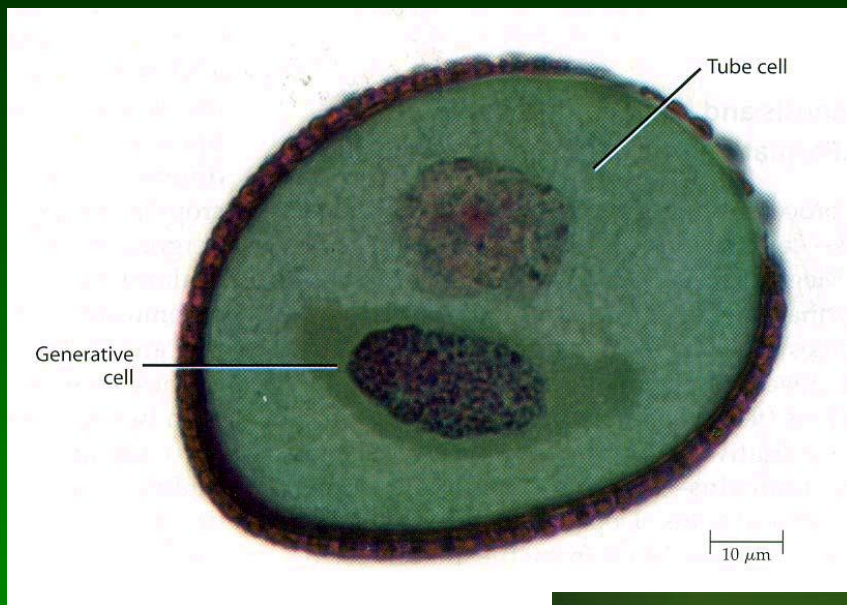
Pollen



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

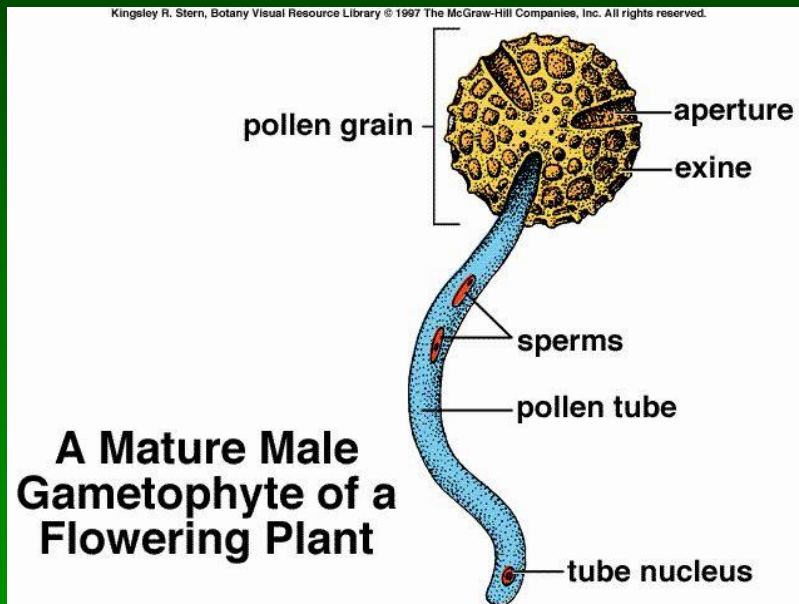


Jednobuněčné pylové zrno se při zrání dělí ve větší buňku vegetativní a menší generativní; v tomto dvoubuněčném stavu je přeneseno na bliznu;



# 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)

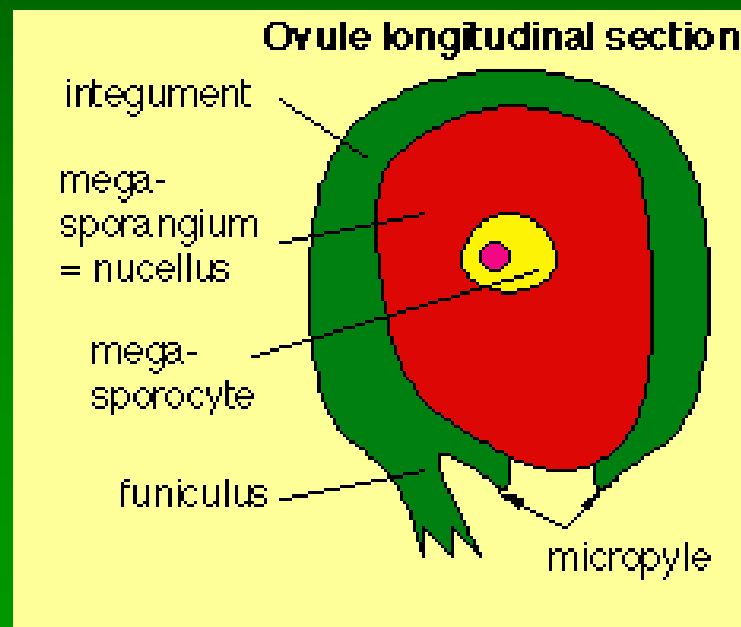
1 nebo 2 obaly

mikropyle (klový otvor),

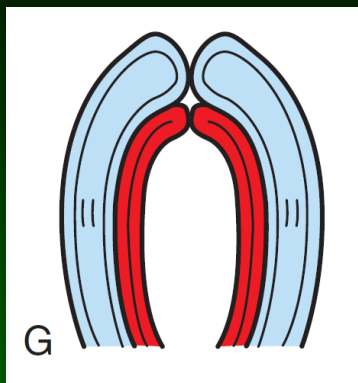
nemá pylovou ani archegoniální komoru

funikulus (poutko spojující vajíčko s plodolistem)

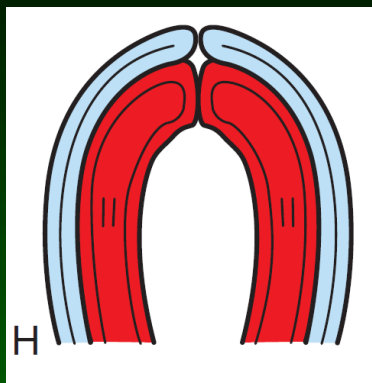
nucellus (= homolog archesporu) → jediný megasporocyt



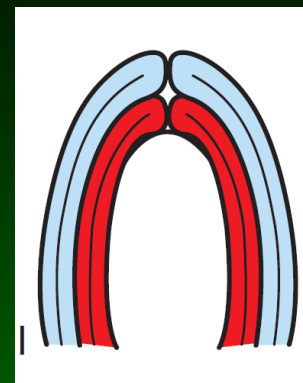
# Typy vajíček dle tloušťky a počtu obalů = integumentů



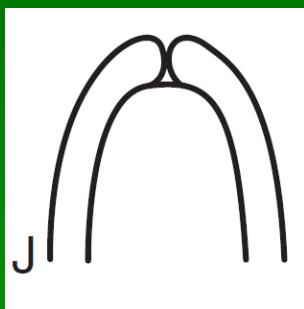
G bitegmické s vnějším integumentem tlustším



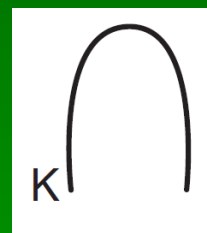
H bitegmické s vnitřním integumentem tlustším



I bitegmické se stejně silnými integumenty



J unitegmické



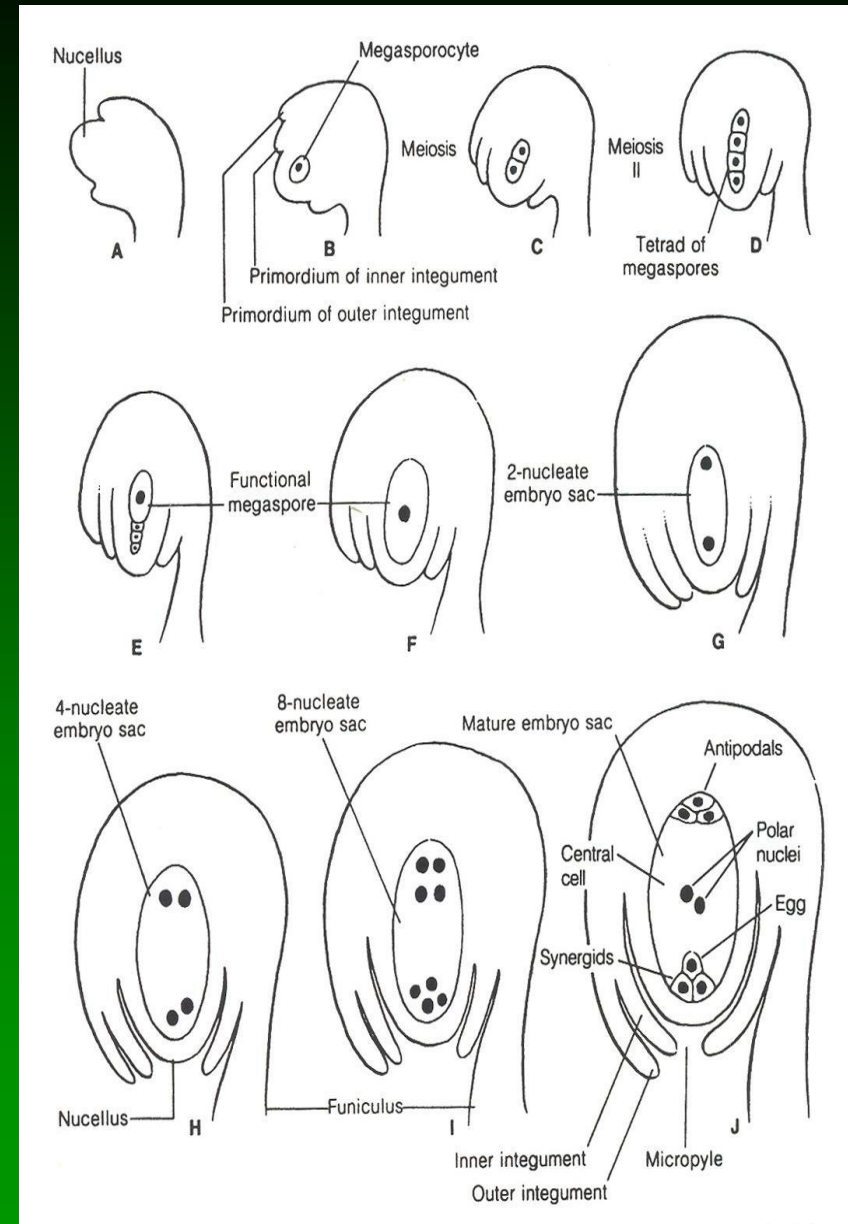
K ategmické

# Zrání zárodečného vaku

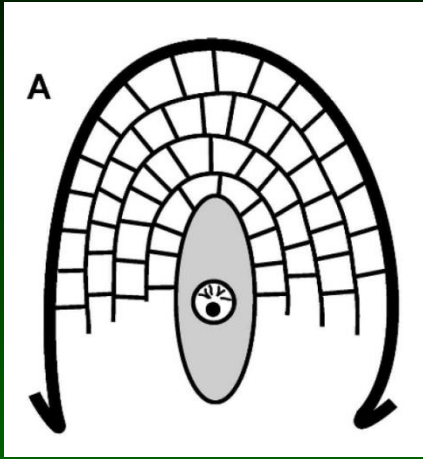
- (1) zveličená buňka nucellu = 1 megasporocyt
- (2) 2x meióza megasporocytu = 4 megaspóry
- (3) tři megaspóry zanikají
- (4) 3x mitóza zbylé megaspóry = 8jaderný zárodečný vak
- (5) 6 jader se s částí cytoplasmy osamostatní v oosféru, 2 synergidy a 3 antipody
- (6) 2 jádra se spojí v centrální jádro

(70% krytosemenných má 8-jaderný)

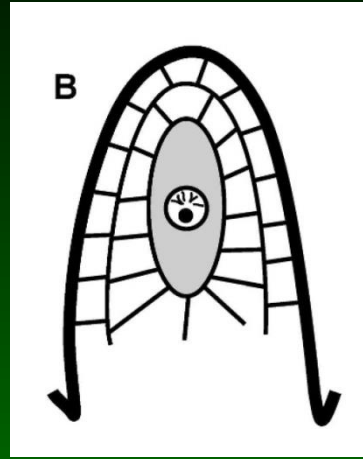
Zárodečný vak = homolog  
megaprotalia = samičího gametofytu



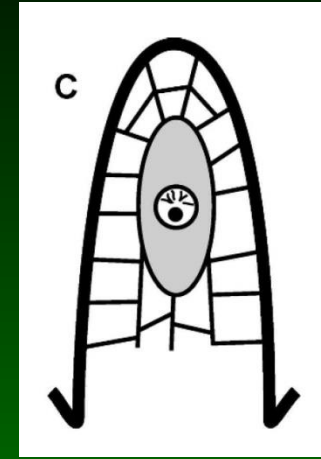
# Typy vajíček dle tloušťky nucellu nad megasporocytem



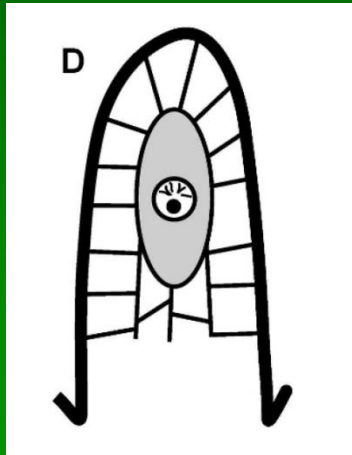
A krasinucelátní s několika vrstvami



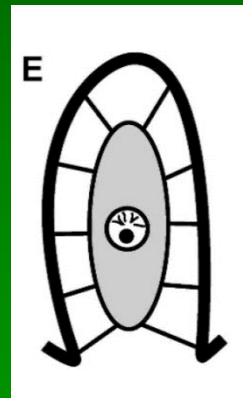
B slabě krasinucelátní se 2 vrstvami



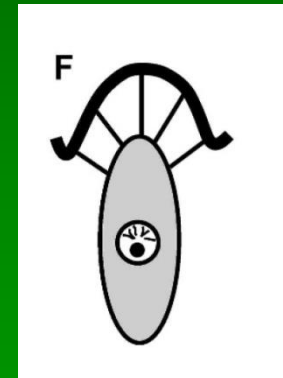
C pseudokrasinucelátní s 1 vrstvou periklinálně rozdělenou na 2 nad megasporocytem



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



E tenuinucelátní s 1 vrstvou nad megasporocytem



F 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*.



**Anatrovní:** 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*).

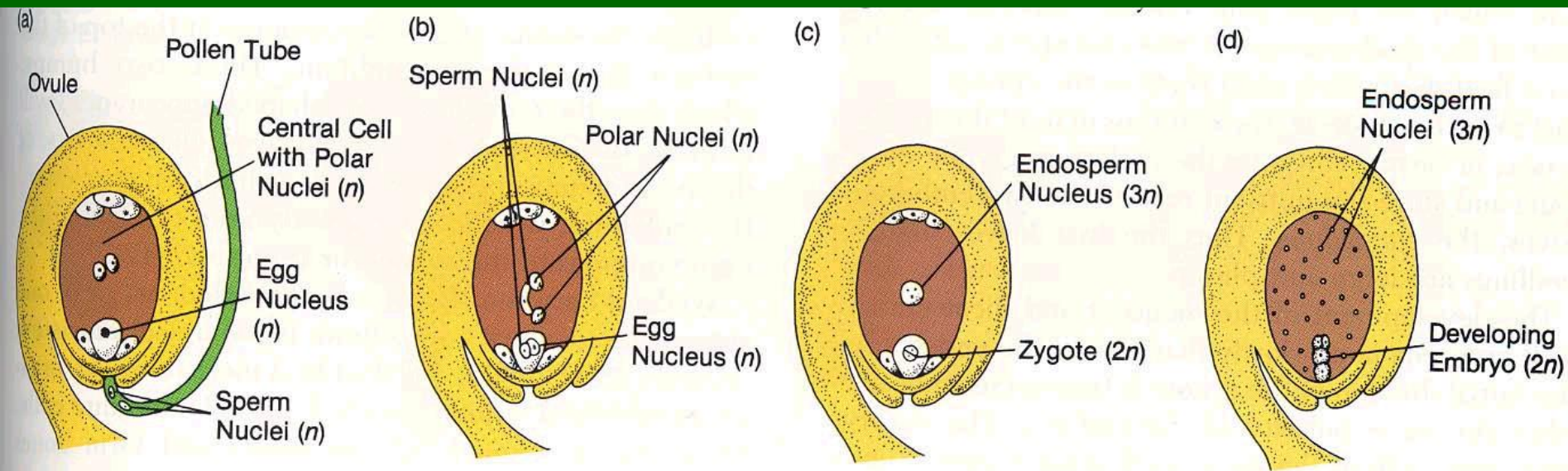


**Circinotropní:** Stočené o 360°  
(*Opuntia*, *Plumbaginaceae*).

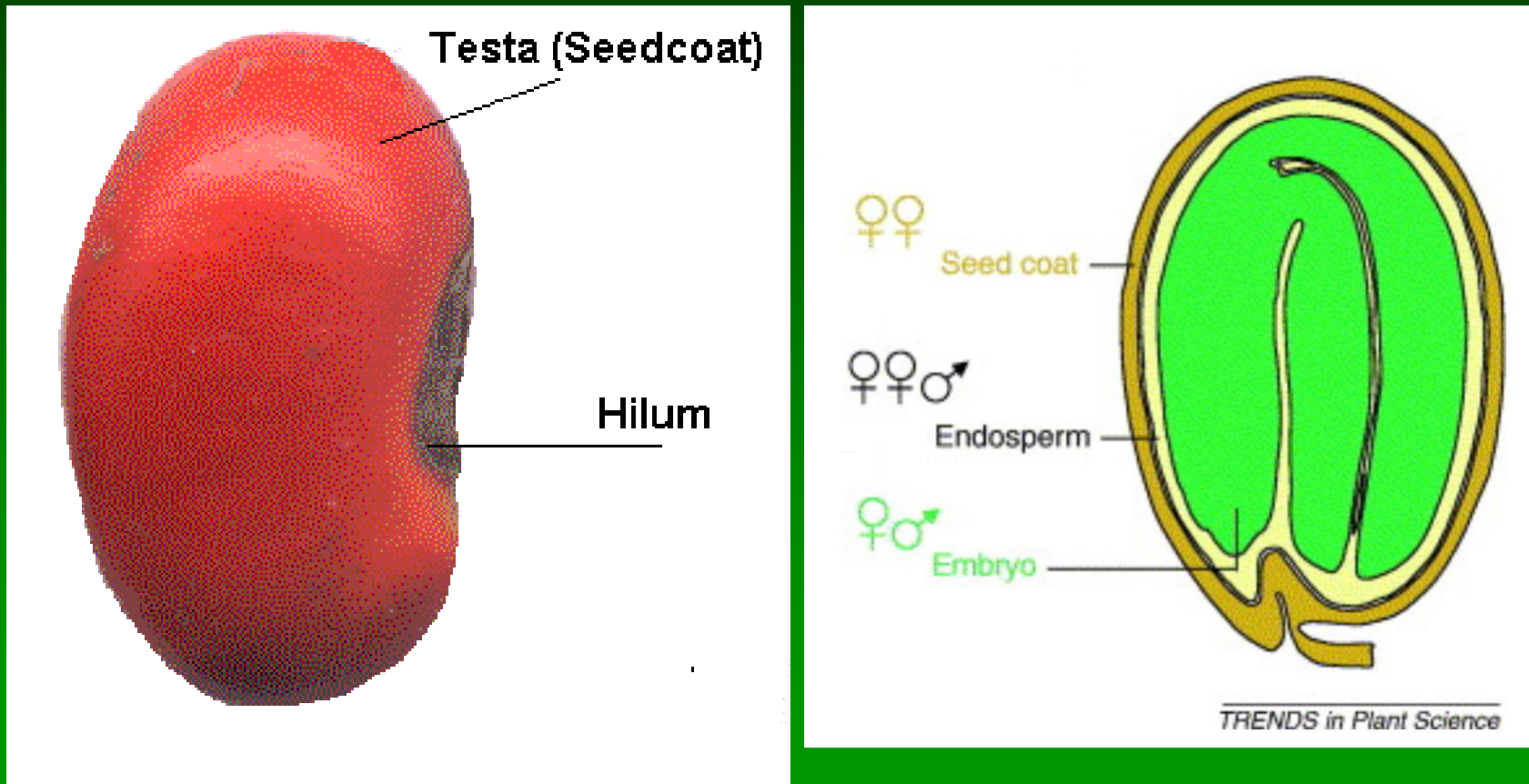
# Oplození (angl. fertilization) je dvojitá

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

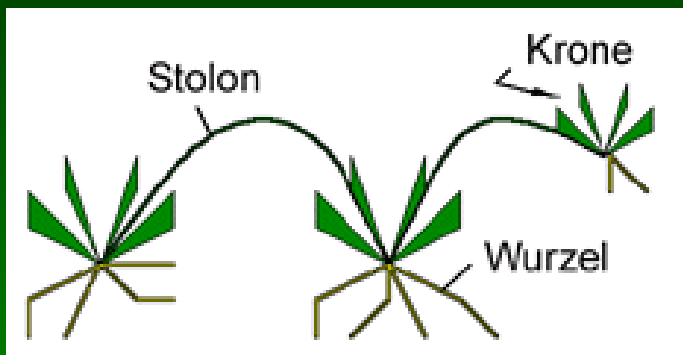


Povrch semene je obvykle kryt o semením (testa) embryo má vyvinut základ stonku (plumula) a základ kořene (radicula), v místě spojení vajíčka poutkem zůstává na semeni jizva (hilum).



# Rozšiřování krytosemenných rostlin morfologie semen a plodů

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

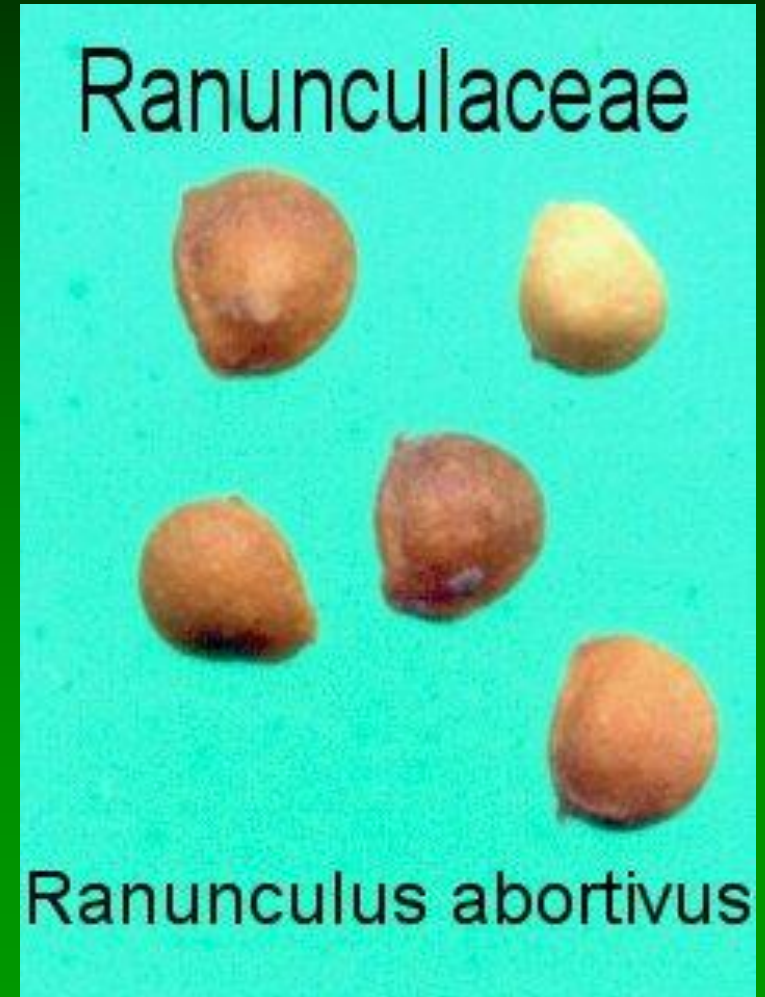


Semena nemusí vznikat jen na základě syngamie.  
Alternativou je asexuální rozmnožování pomocí semen –  
agamospermie (= apomixie *pro parte*)

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*)



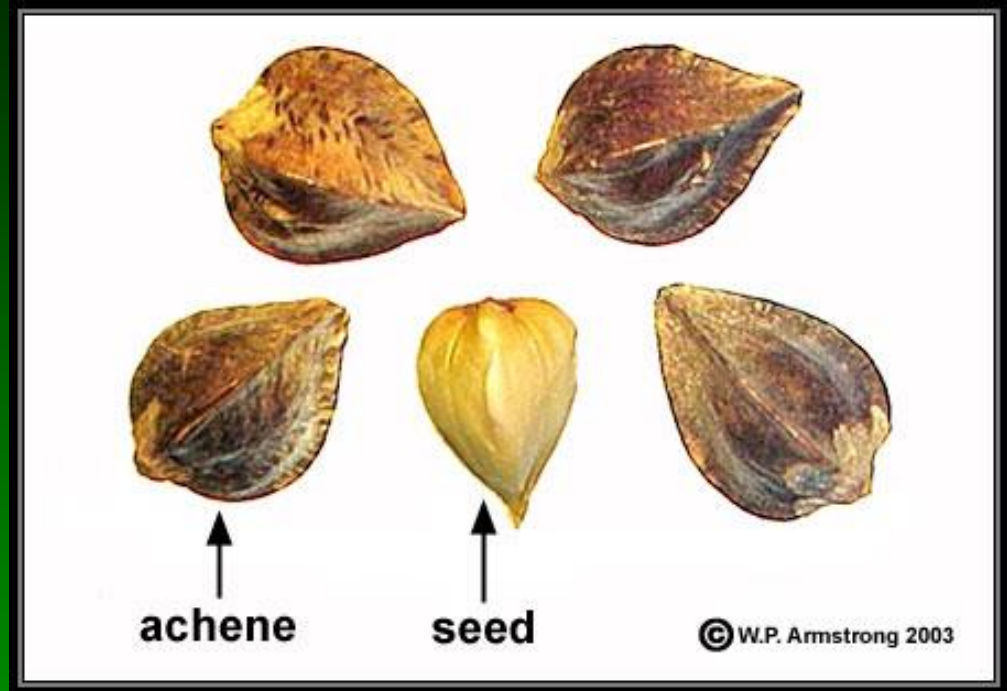
Nažka u slunečnice (*Helianthus*, *Asteraceae*) – pro nažky je typické, že oplodí a osemení k sobě sice těsně přiléhají, ale nesrůstají



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



# Trojboká cénokarpní nažka u *Polygonaceae*



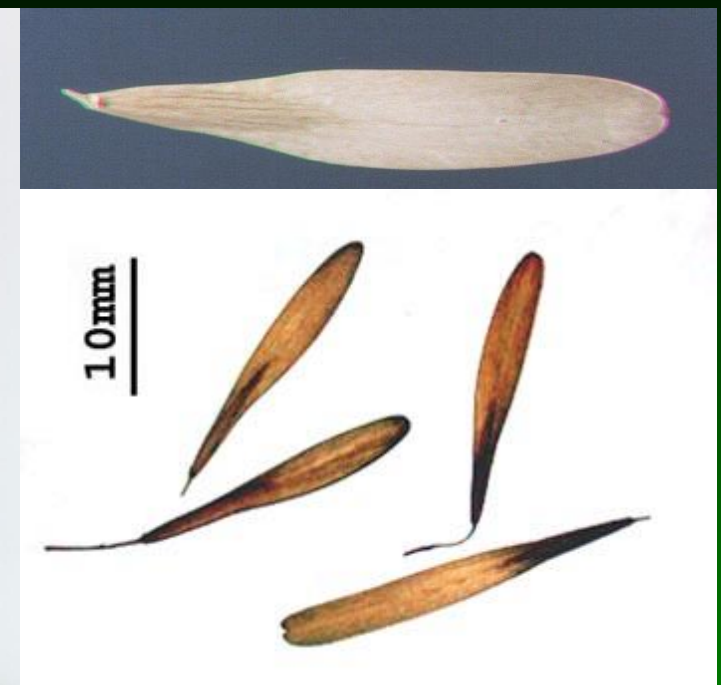
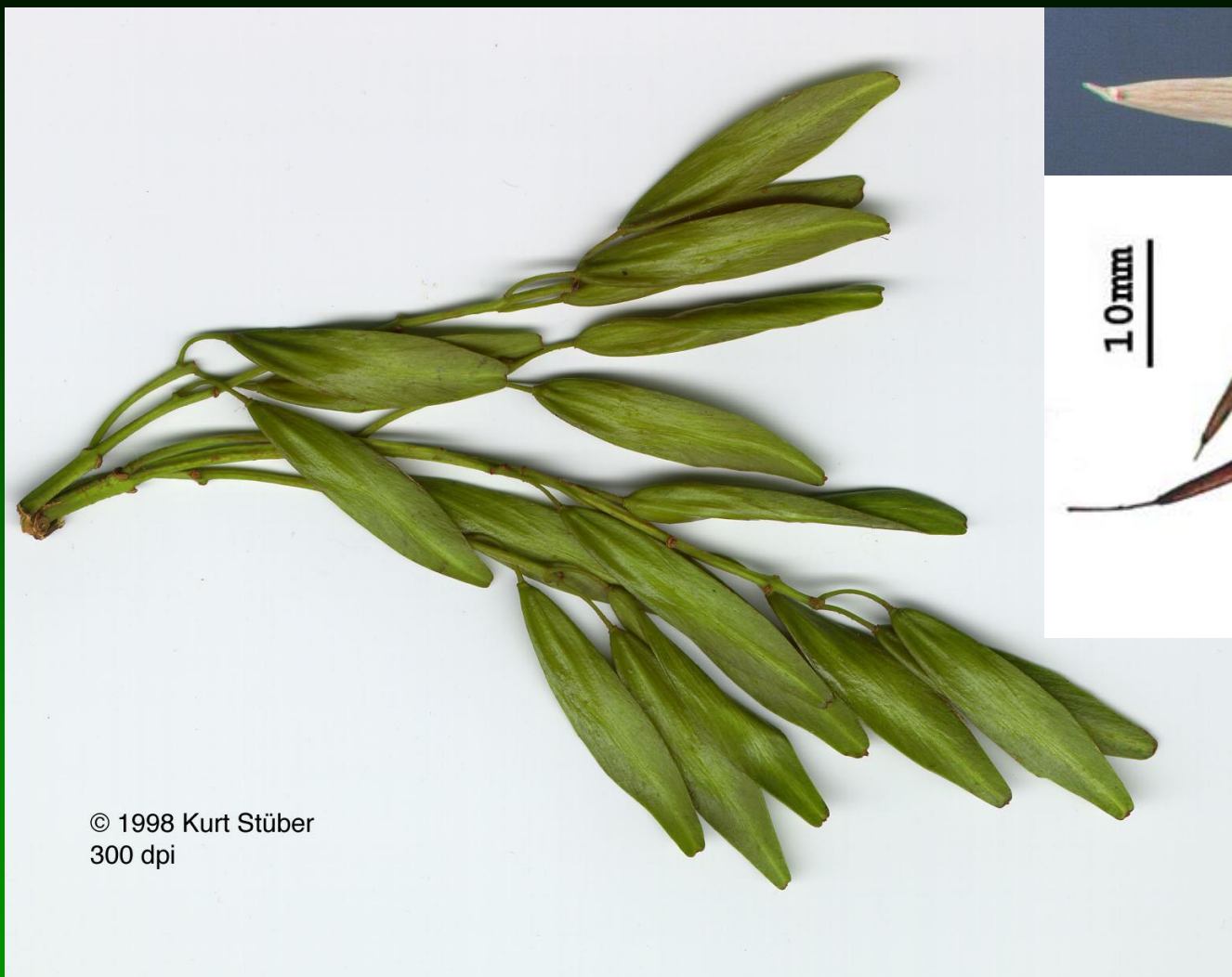
# Okřídlená cénokarpní nažka (samara)

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*



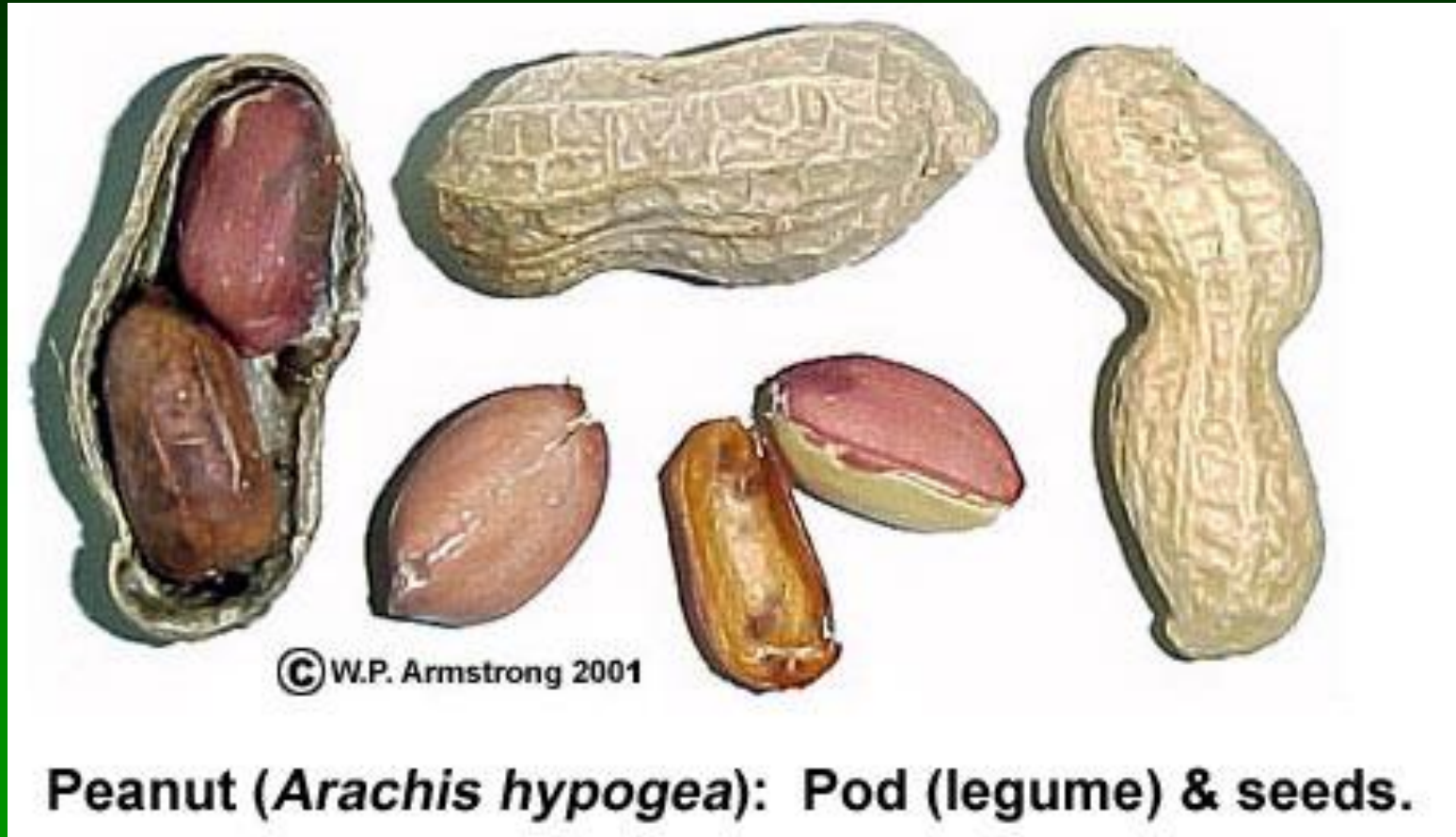
stračka (*Consolida*)  
počet plodolistů a tedy  
i měchýřků redukován  
na jediný v každém  
květu



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*



sněžěnka – *Galanthus*, *Amaryllidaceae*



modřeneček – *Muscari*, *Hyacinthaceae*



lilie – *Lilium*, *Liliaceae*



kosatec – *Iris*, *Iridaceae*



# Trojpozdrá tobolka



violka (*Viola*, *Violaceae*)



pryšec (*Euphorbia*, *Euphorbiaceae*)

# Dvoupouzdrá tobolka



svlačec (*Convolvulus*, *Convolvulaceae*)

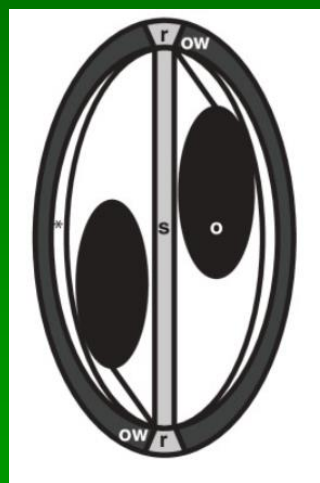
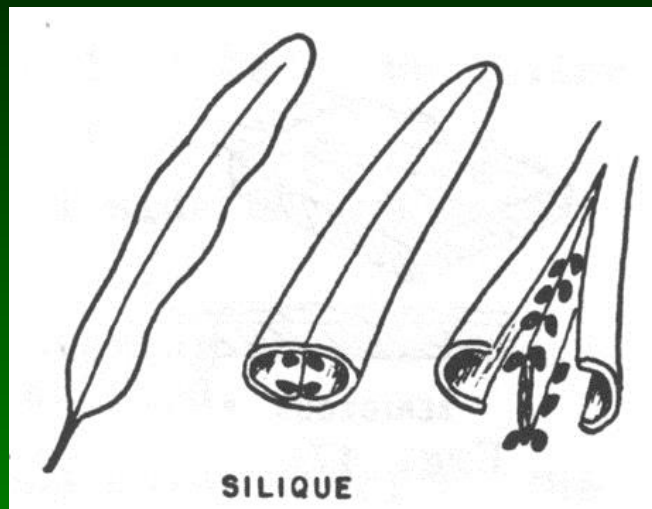
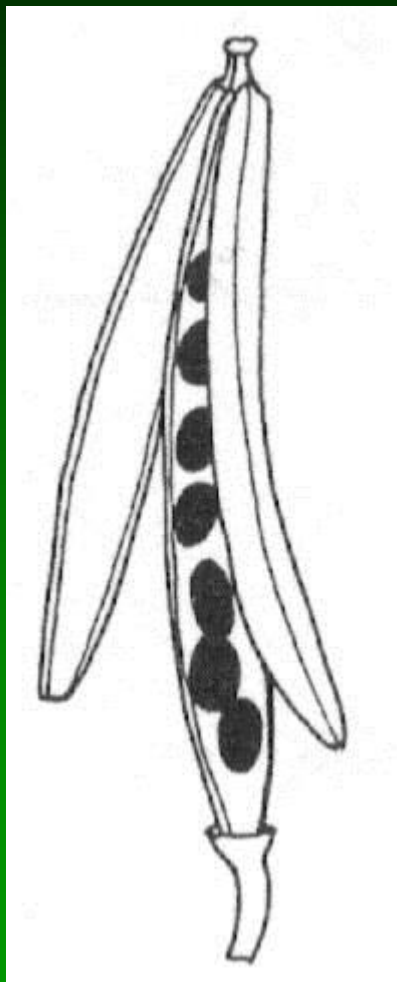
rozrazil (*Veronica*, *Plantaginaceae*)



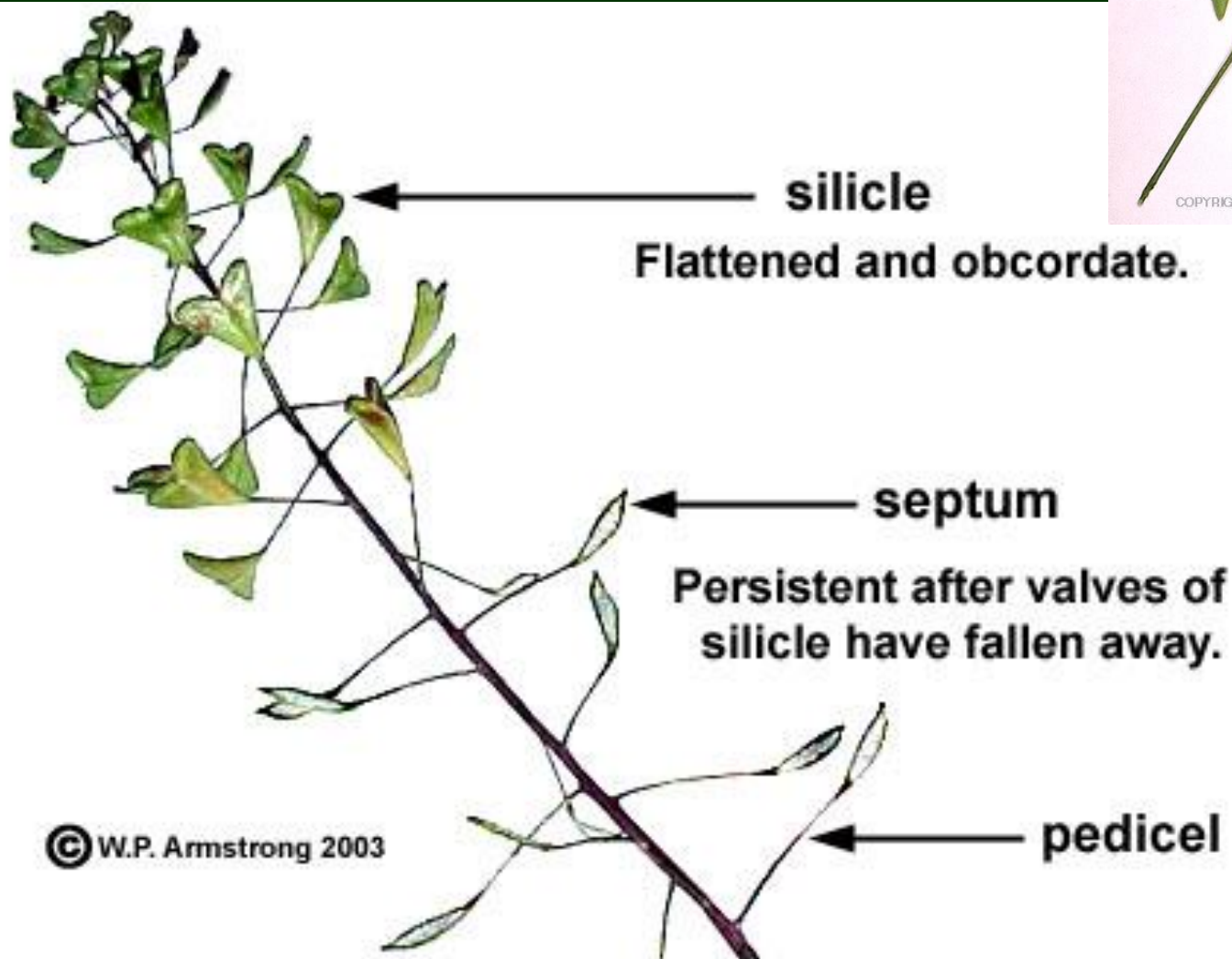
náprstník (*Digitalis*, *Plantaginaceae*)

bažanka (*Mercurialis*,  
*Euphorbiaceae*)

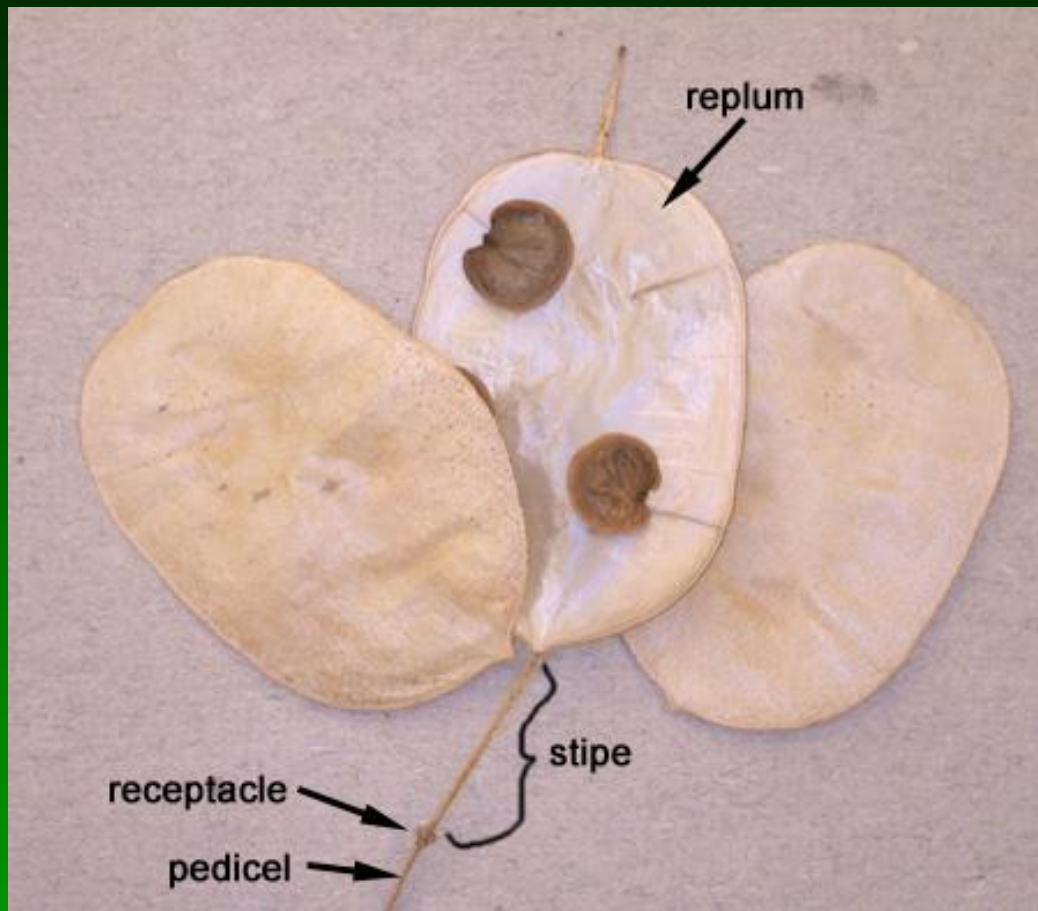
Také šešule brukvovitých (*Brassicaceae*) se dvěma chlopněmi a střední přepážkou je typem tobolky



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



# Nebo u měsíčnice (*Lunaria annua*)



# Jednoupouzdrá tobolka



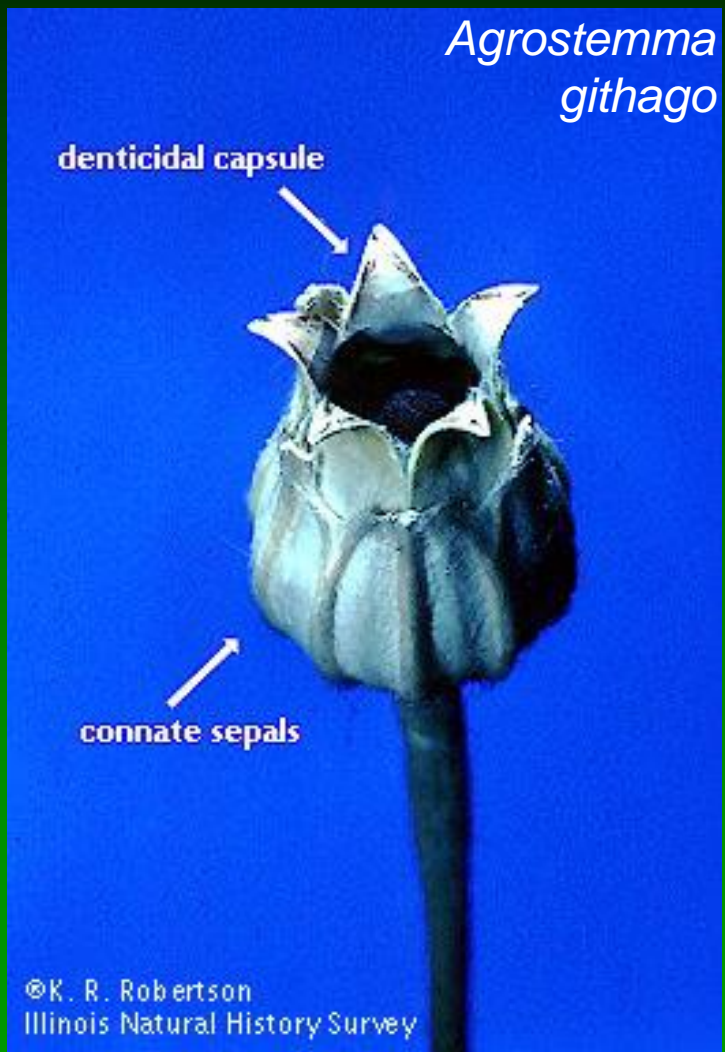
© 2009 k. chayka

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*)





# Dvou- až čtyřpouzdrá tobolka



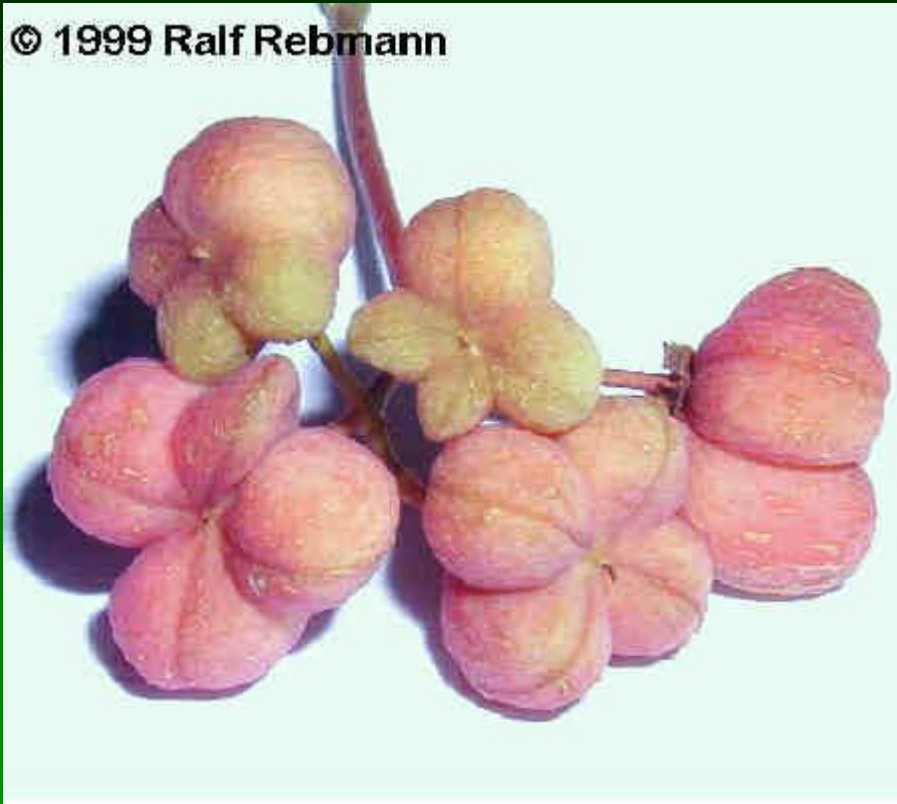
durman (*Datura*, *Solanaceae*)

# Troj- až pětipouzdrá tobolka



zvonek (*Campanula*, *Campanulaceae*)

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



Zdužnatělé tobolky má také *Averroa carambola* (*Oxalidaceae*)



tobolka *Oxalis acetosella* (*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*)

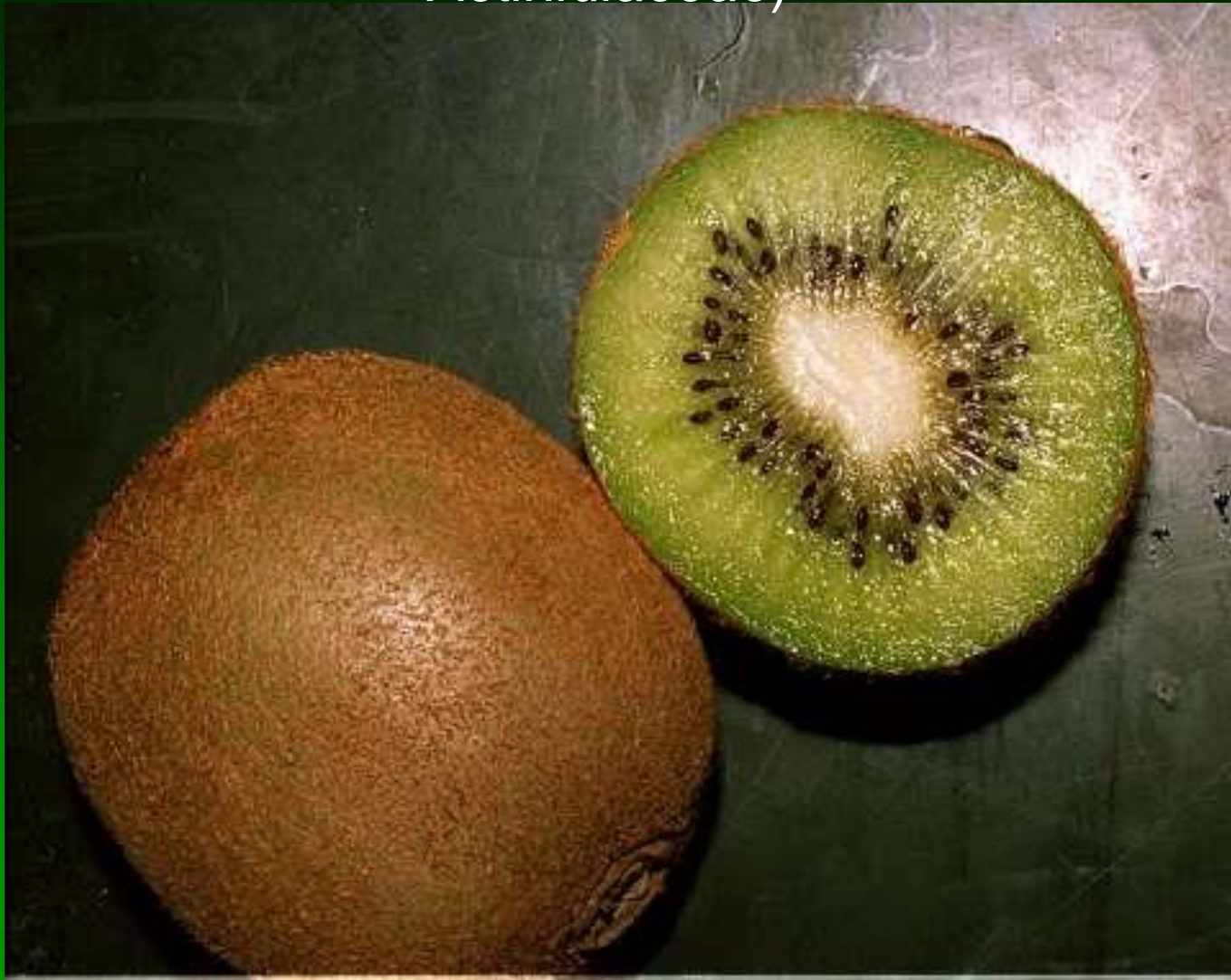


# různí zástupci čeledi tykvovitých - *Cucurbitaceae*

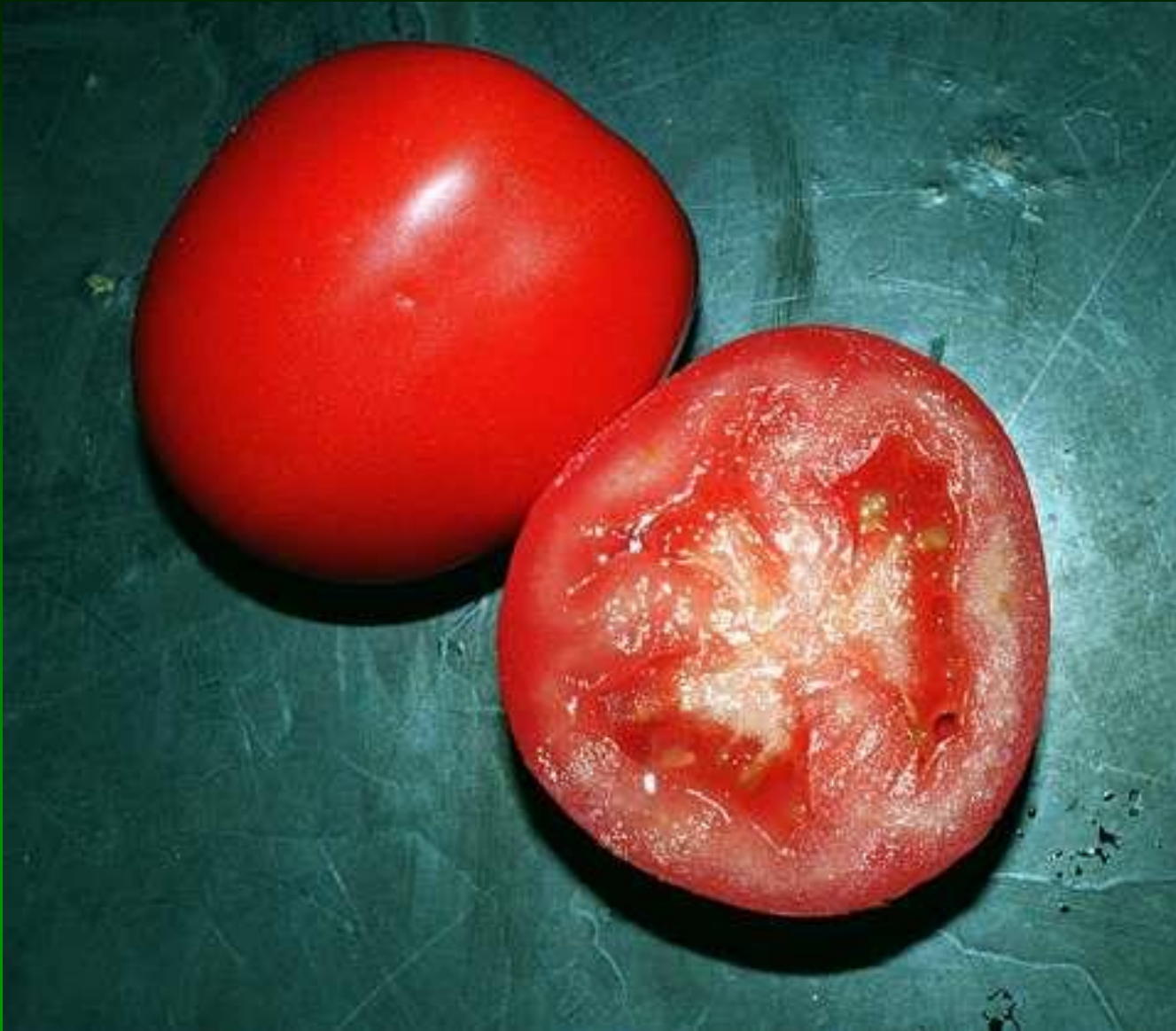




Bobule cénokarpního typu má také kiwi (*Actinidia*,  
*Actinidiaceae*)



# 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,  
Convallariaceae  
(Asparagaceae)*



*Convallaria,  
Convallariaceae  
(Asparagaceae)*



*Polygonatum,  
Convallariaceae  
(Asparagaceae)*



*Paris, Melanthiaceae*



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

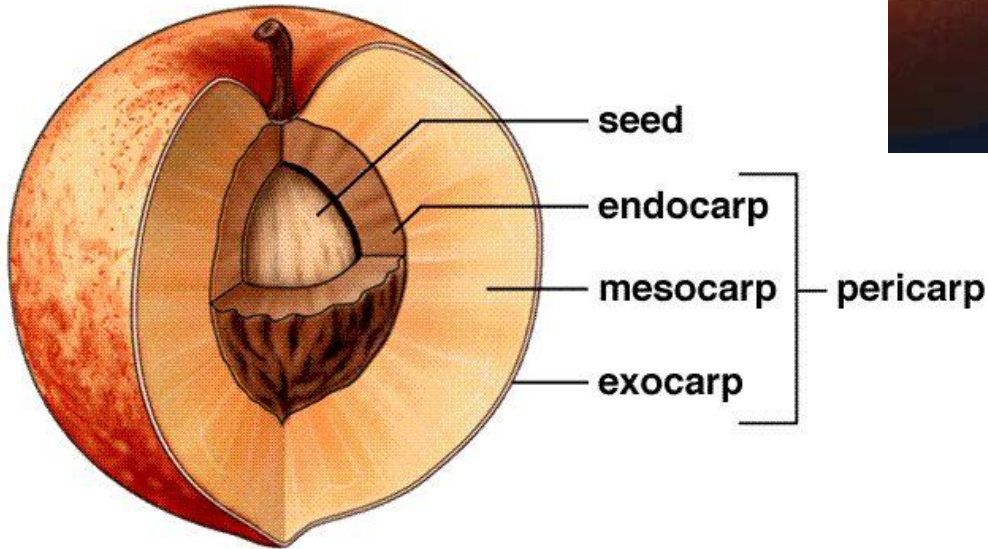


Dužnatým plodu je peckovice s trojvrstevným oplodím (blanitý exokarp, dužnatý mezokarp a sklerenchymatický endokarp) může vynikat z apokarpního gynecea



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

## Regions of a Mature Fruit



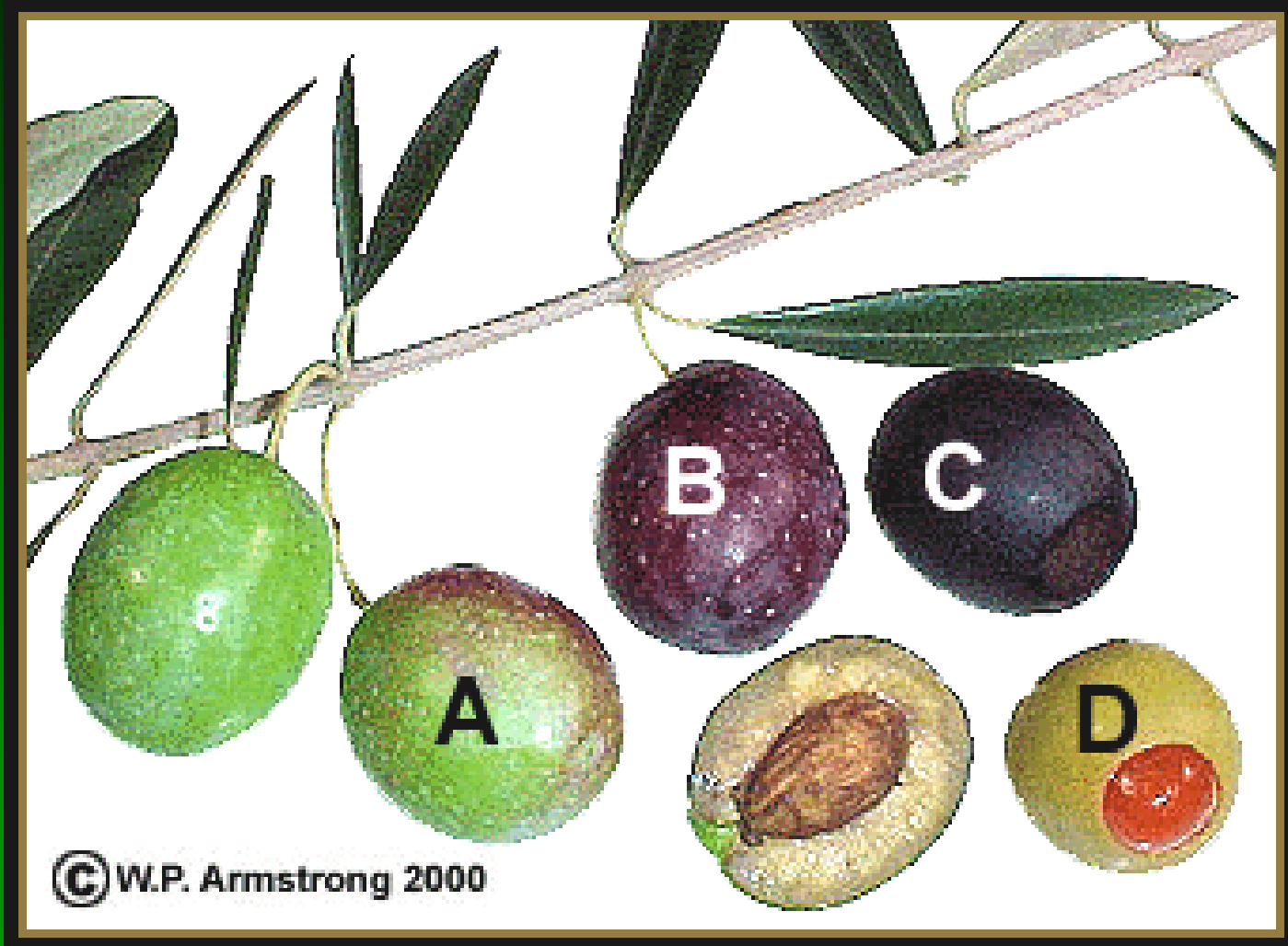
– např. u růžovitých  
(*Rosaceae* – meruňka –  
*Armeniaca*)



# Broskev, třešeň



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



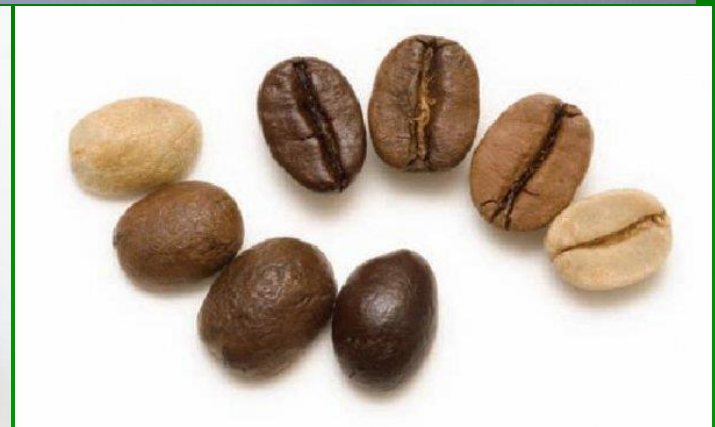
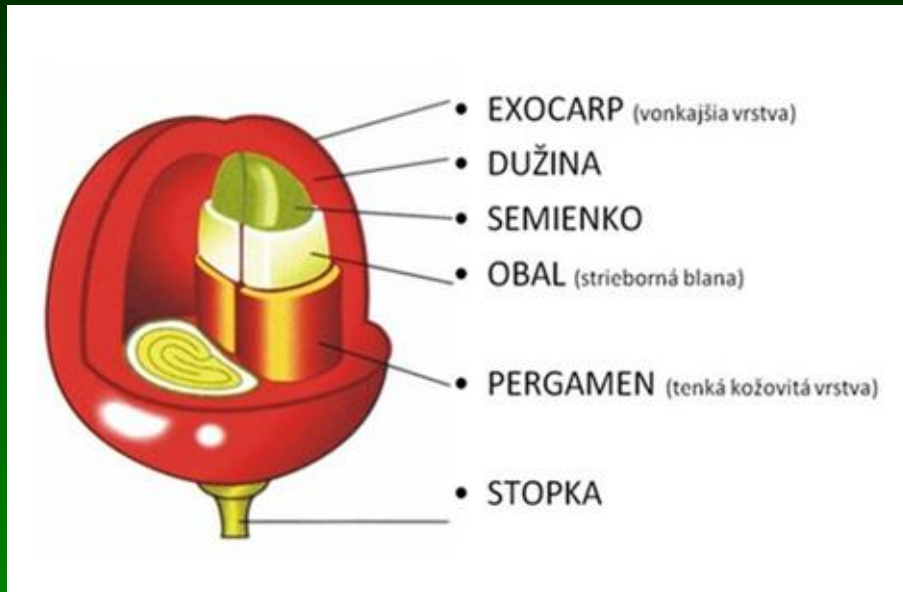
Peckovici má také palma kokosová nebo palma datlová,  
(*Areaceae*)



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



# Dvousemenná peckovica 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*)

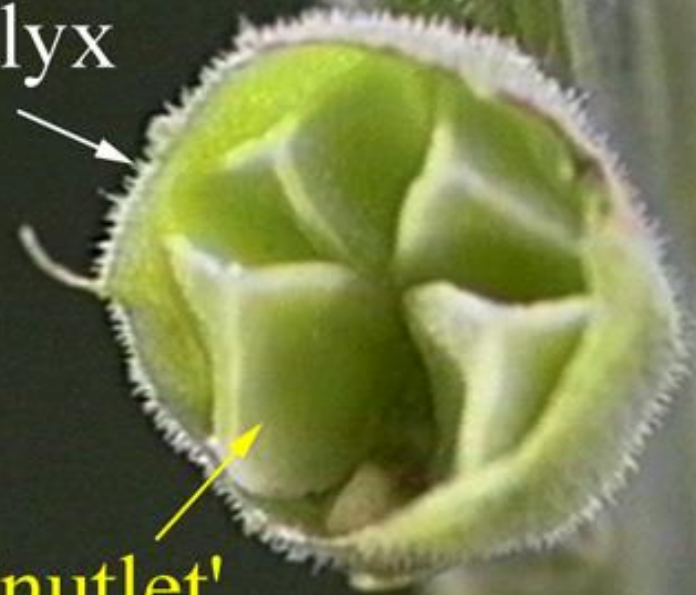
# Lamiaceae



*Dracocephalum parviflorum*

calyx

'nutlet'





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



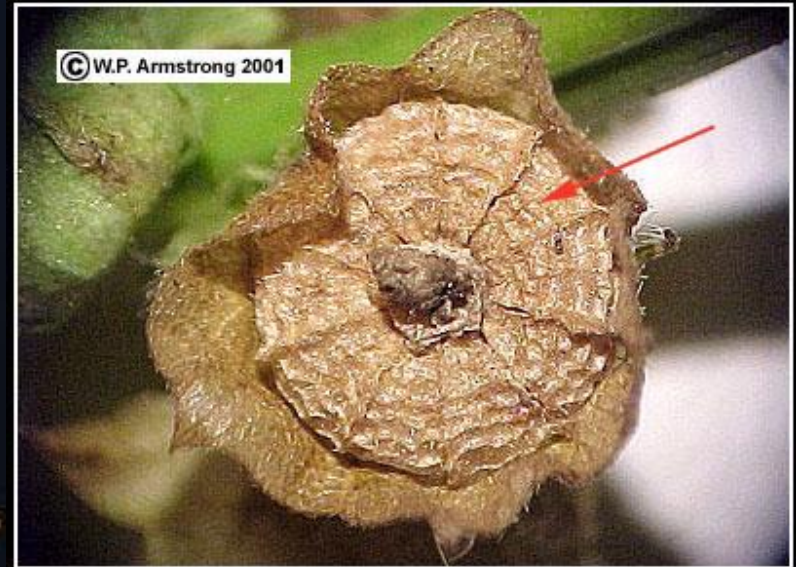
Poltivým plodem je také okřídlená dvounažka (samara) u  
javoru (*Acer*, *Sapindaceae*)



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



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



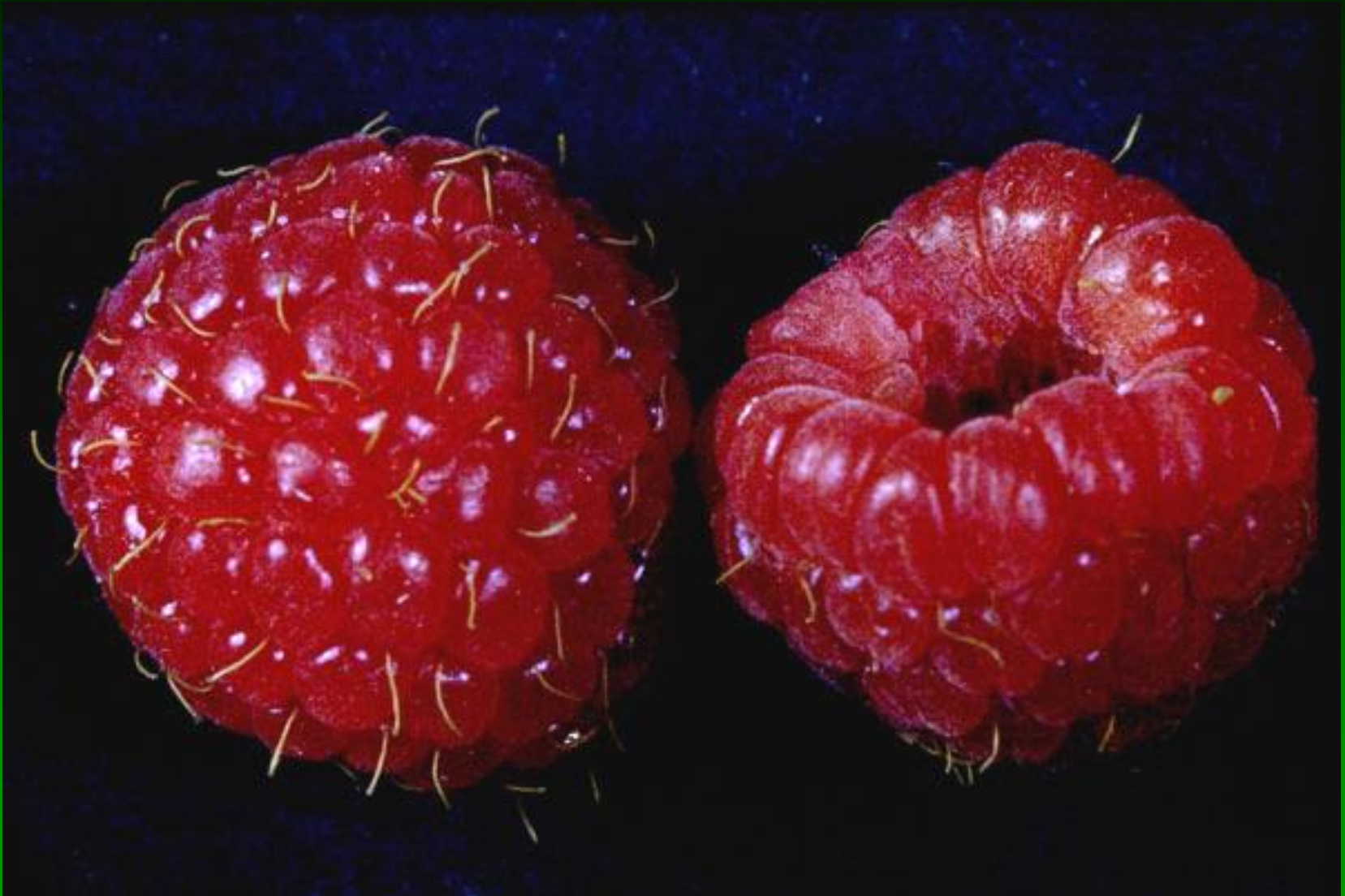
Rozpadavé plody, které rozpadají jinak než podél plodolistů nazýváme lámavé – vznikají jen z cénokarpných gyneceí. Je to např. struk u ředkve (*Raphanus*, *Brassicaceae*)



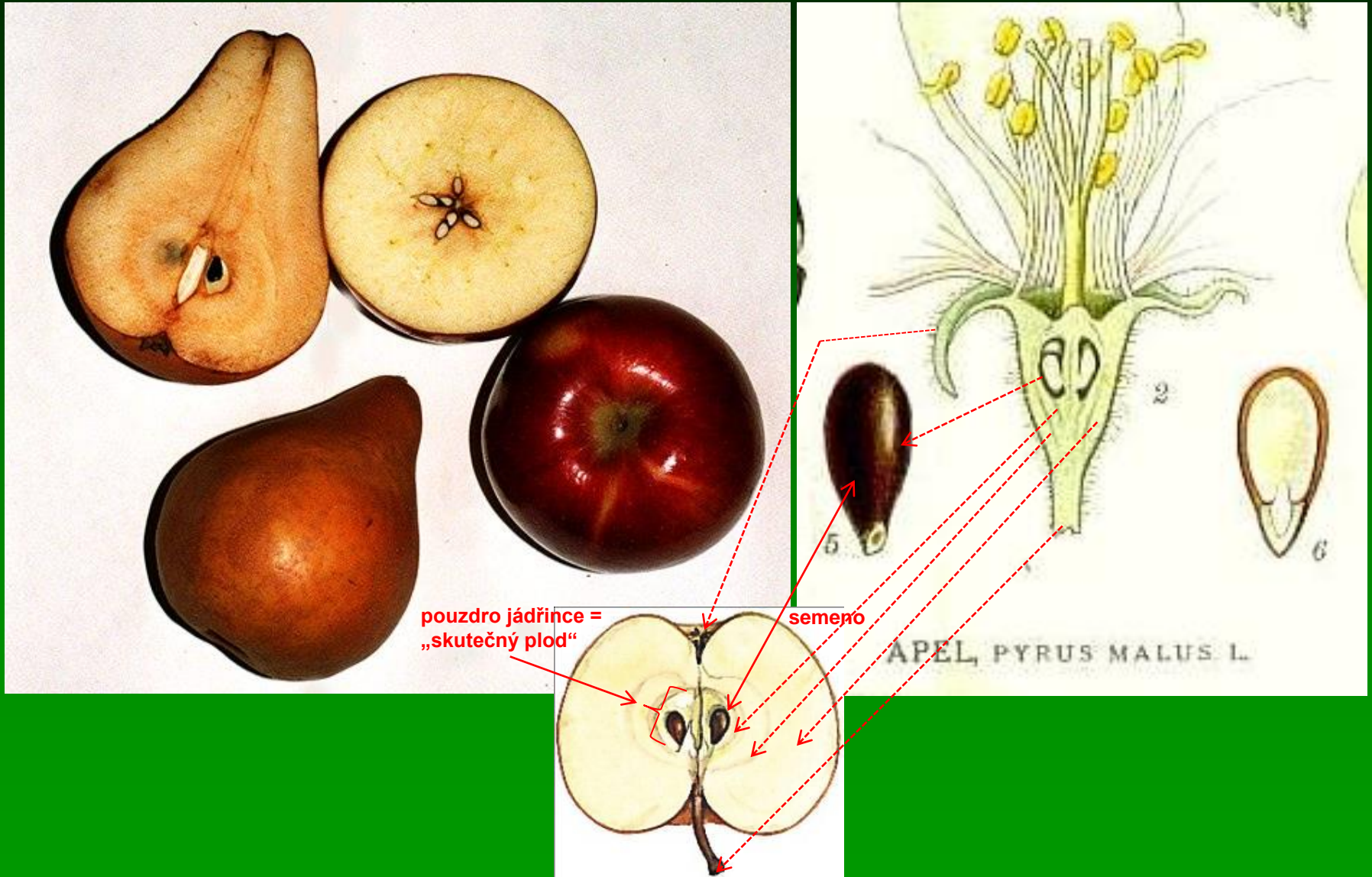
Souplodí je útvar vzniklý spojením apokarpních plodů obvykle květním lůžkem např. mnohoměchýřek u magnolie (*Magnolia*, *Magnoliaceae*)



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

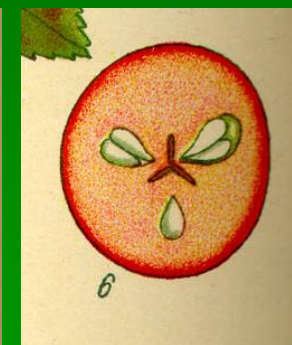


# Zdužnatělá češule obalující souplodí nažek (jádřinec) dává vznik souplodí zvanému malvice

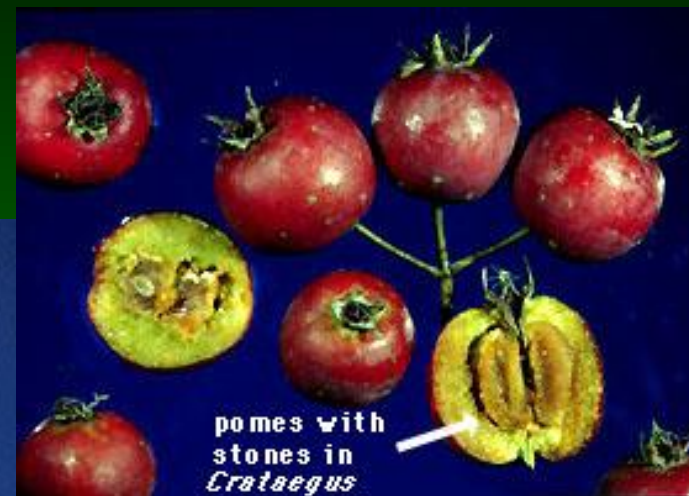




Také jeřabiny (*Sorbus*, *Rosaceae*) jsou drobnými malvicemi



# 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 jako 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

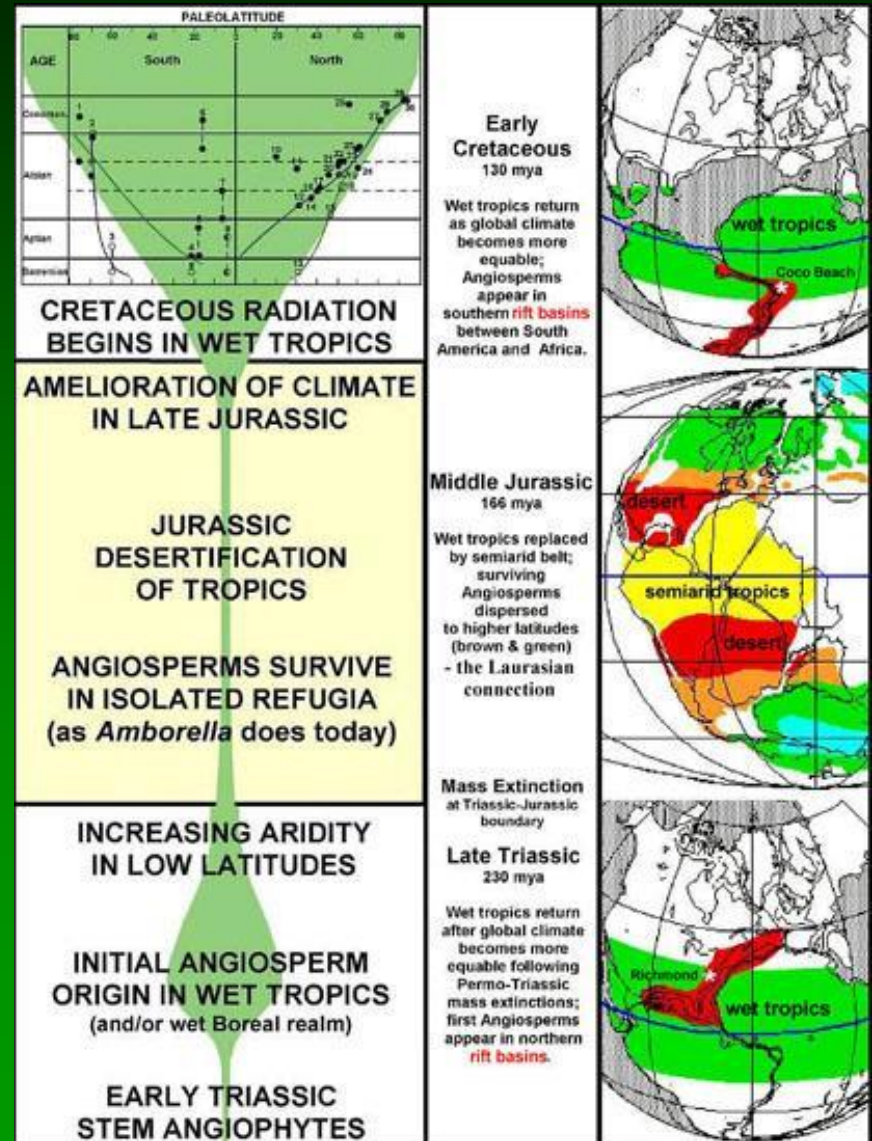
křída: diverzifikovalo ca 98 % dnešních čeledí



jura: prošly (úzkým hrdlem láhve) = vymírání

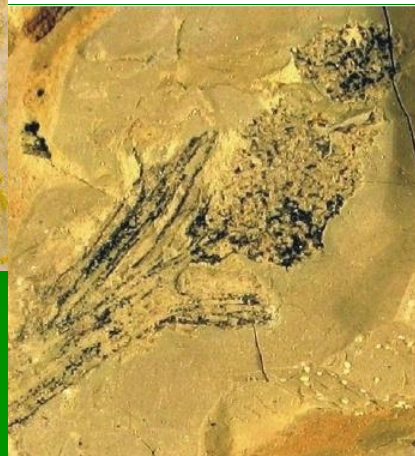
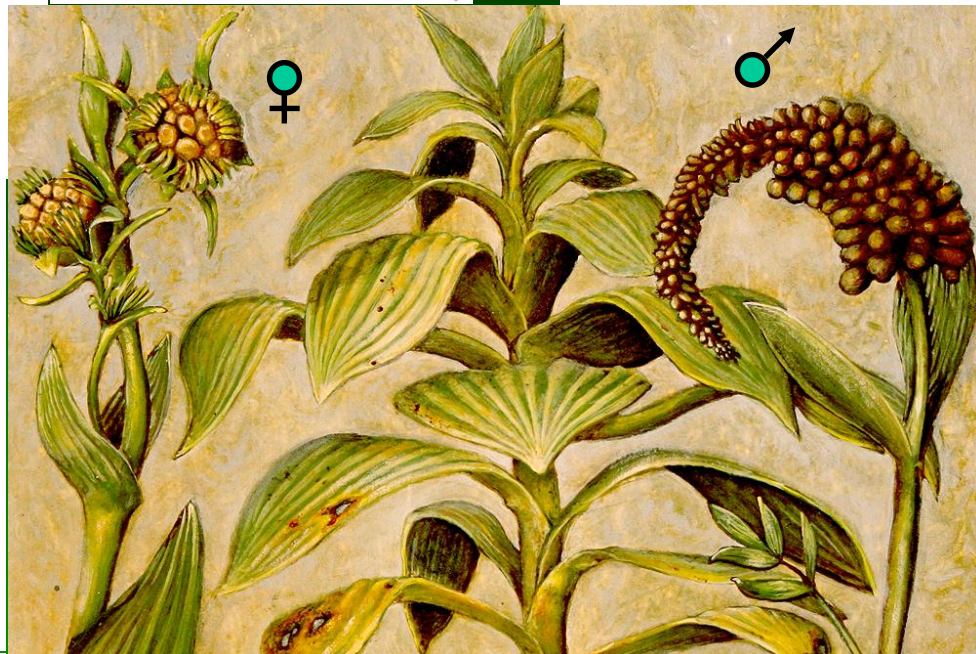
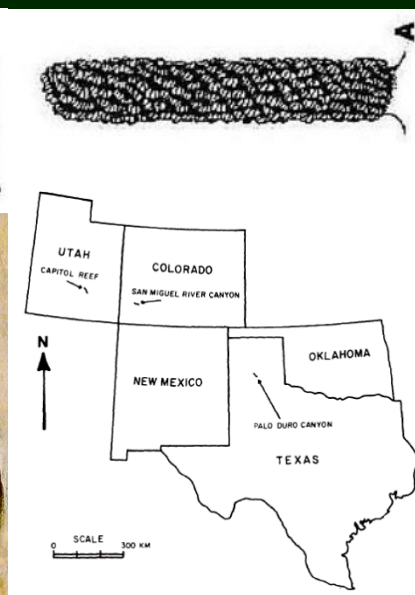
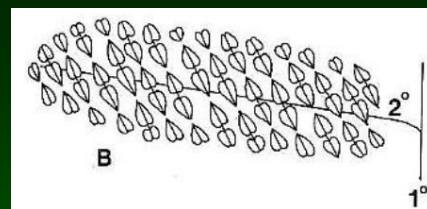
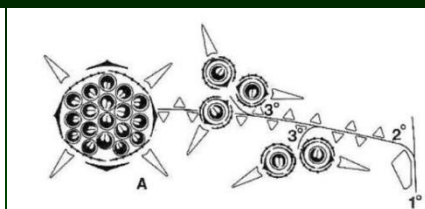
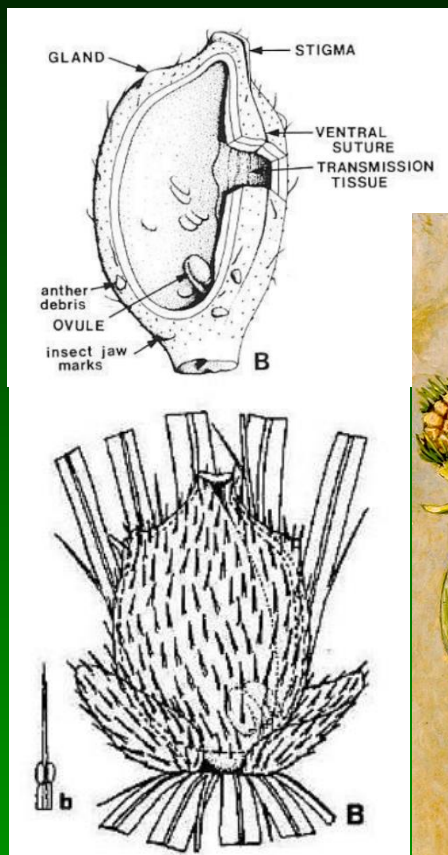


trias: podle molekulárního datování již tehdy vznikly hlavní skupiny = bazální, dvouděložné i jednoděložné krytosemenné rostliny





# *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



26

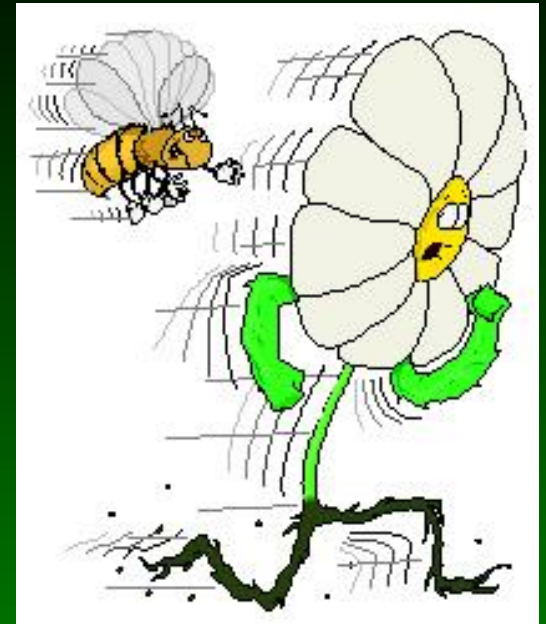
Křídovou expanzi krytosemenných podmínila:

- » 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

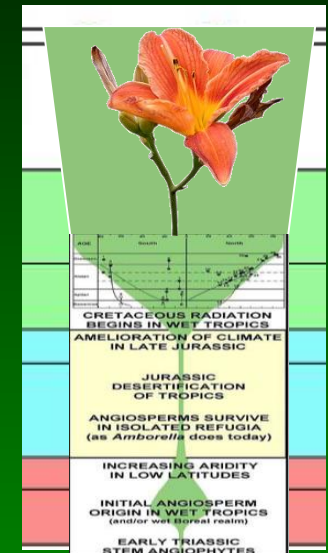
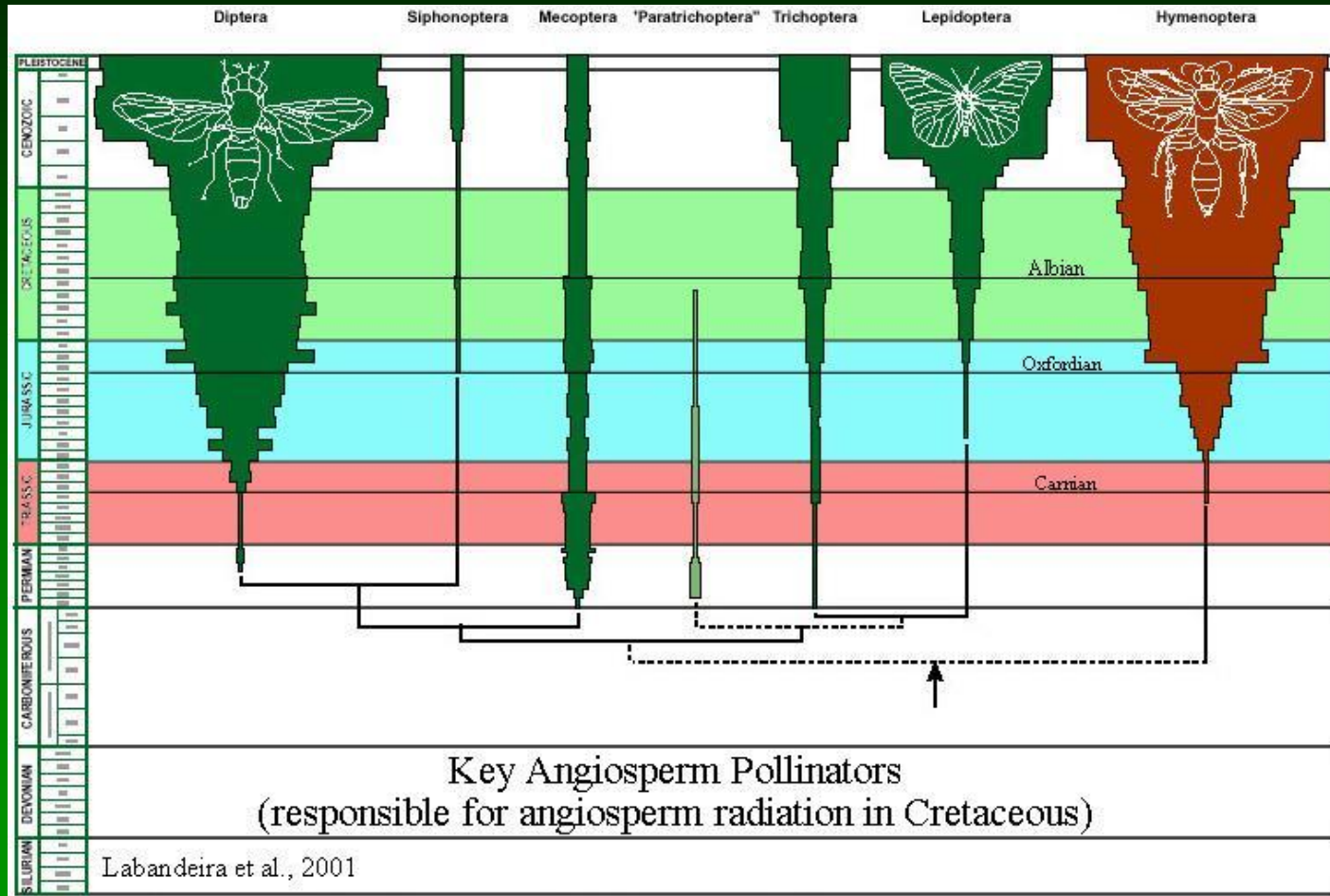
koevoluce krytosemenných rostlin a  
hmyzu  
(= vzájemně podmíněná evoluce)



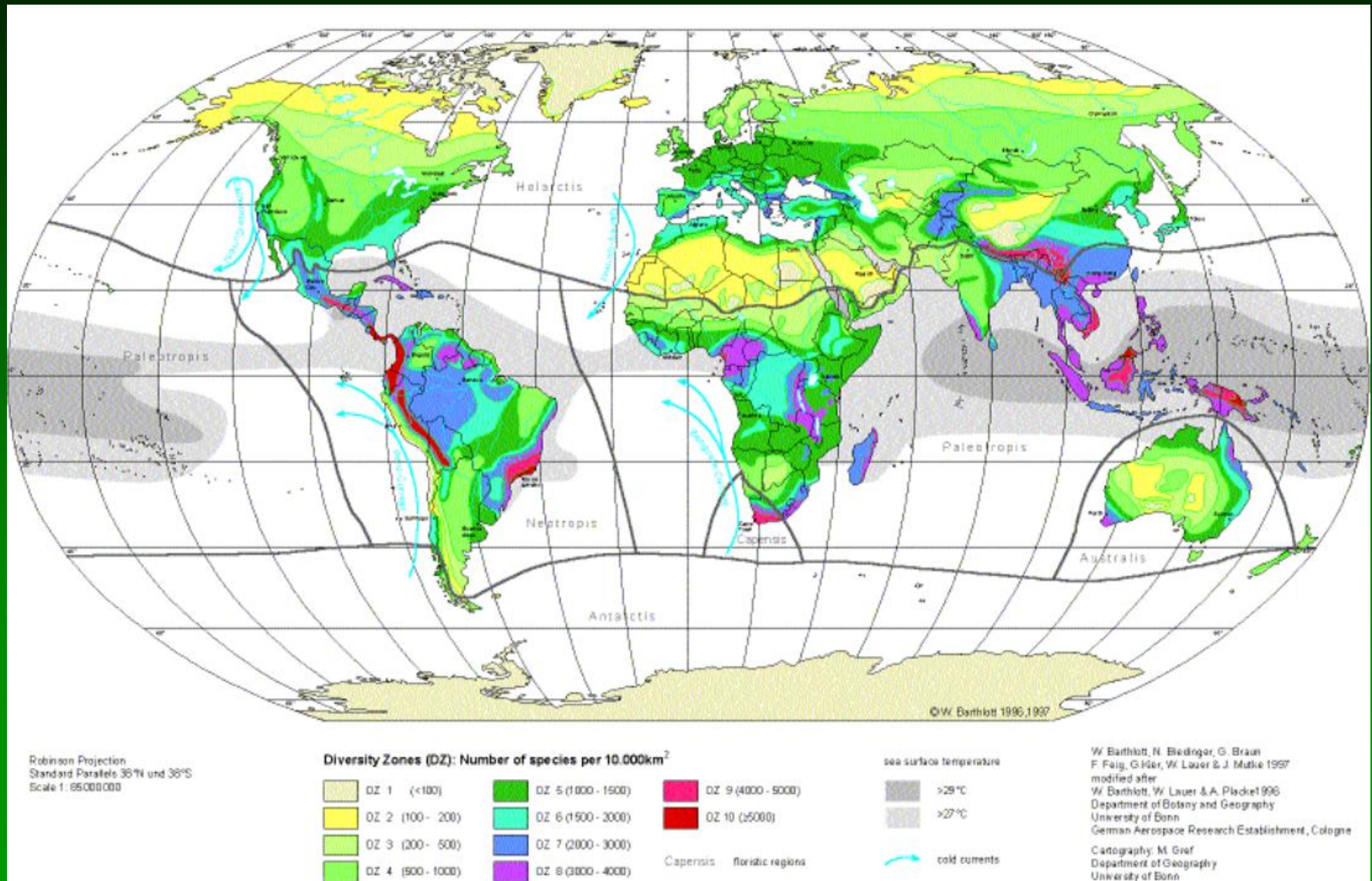
morfologická diverzifikace  
hlavně květních částí



# Diverzifikace hlavních typů opylovačů a krytosemenných v geologickém čase



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

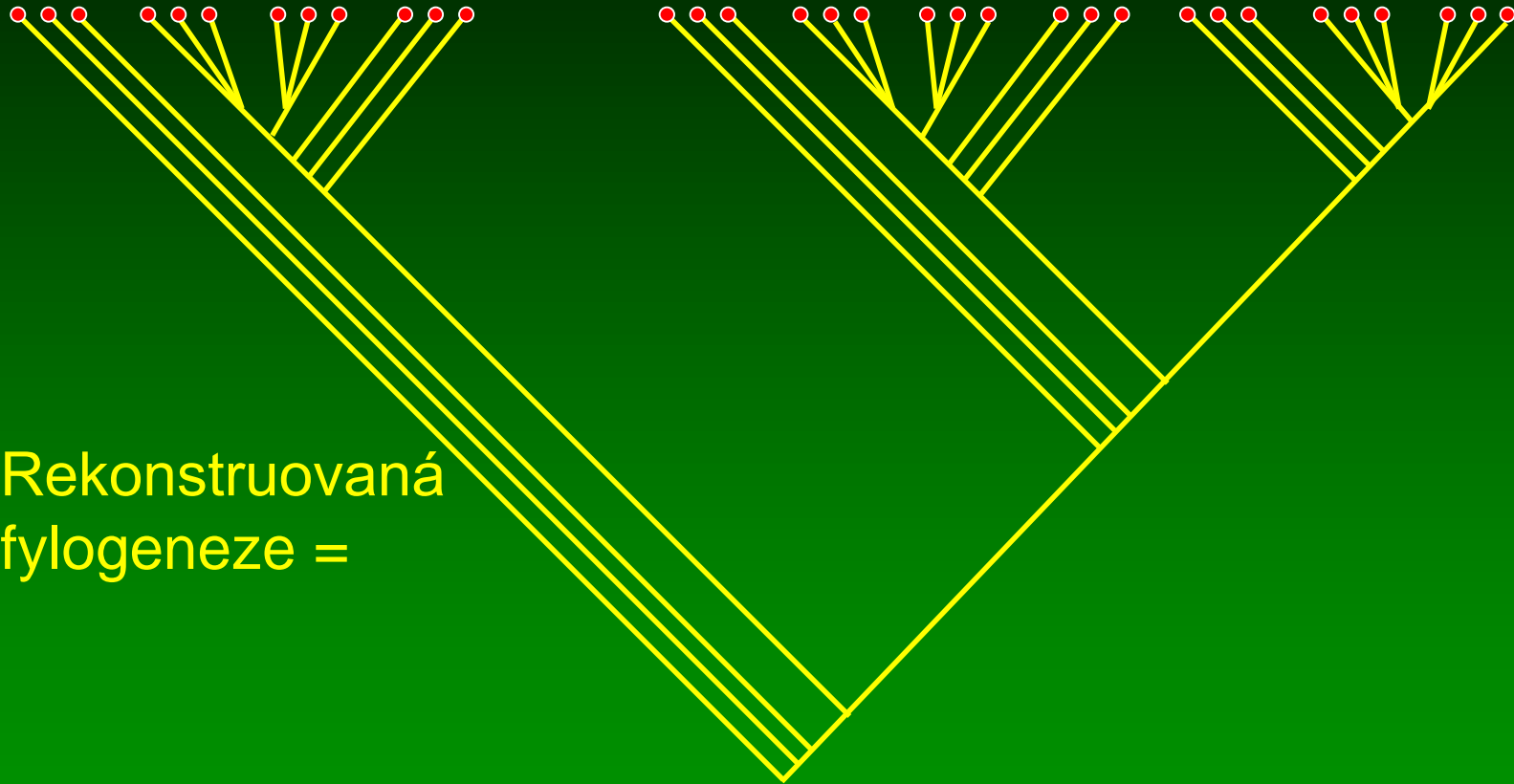


Dnešní druhy =



# Rekonstrukce fylogeneze

Dnešní druhy =

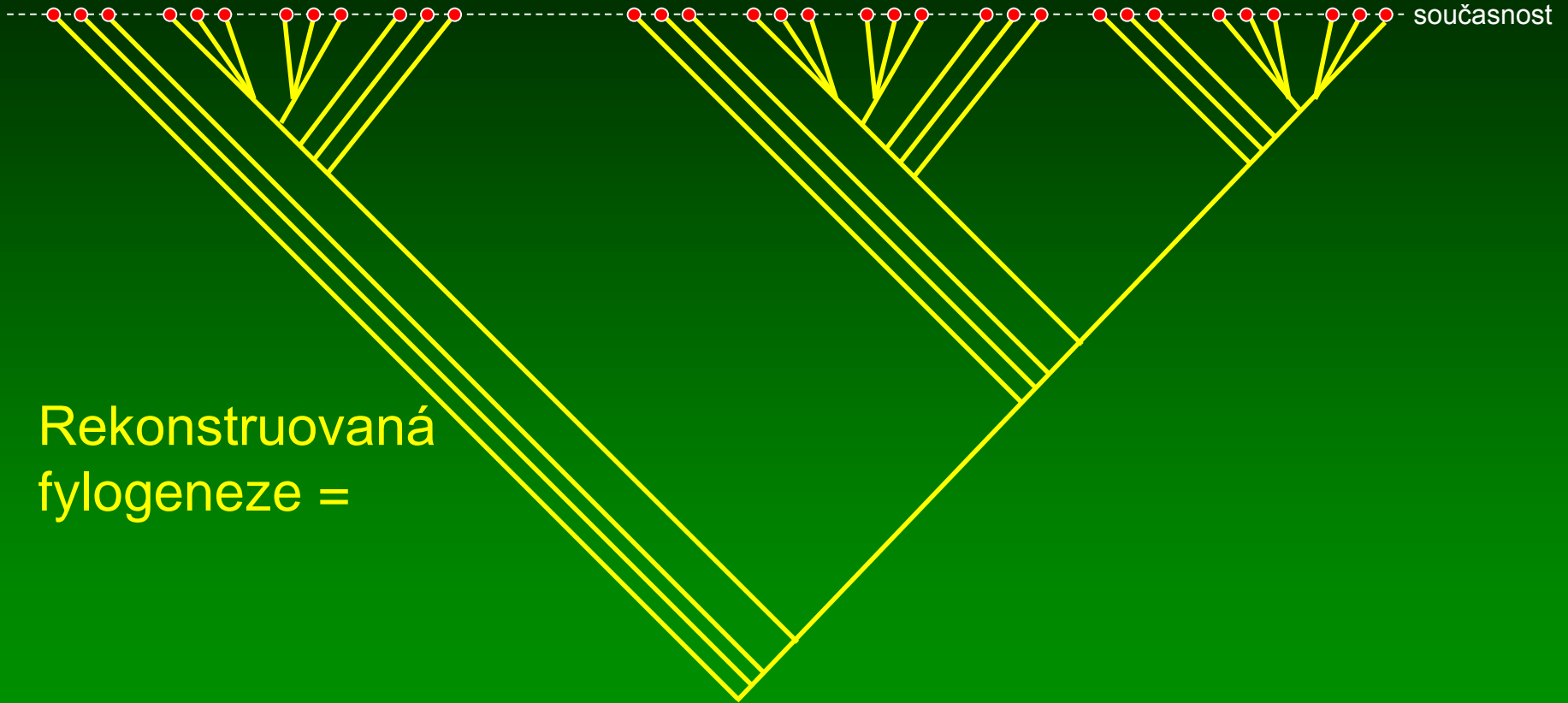


Rekonstruovaná  
fylogeneze =

# Rekonstrukce fylogeneze



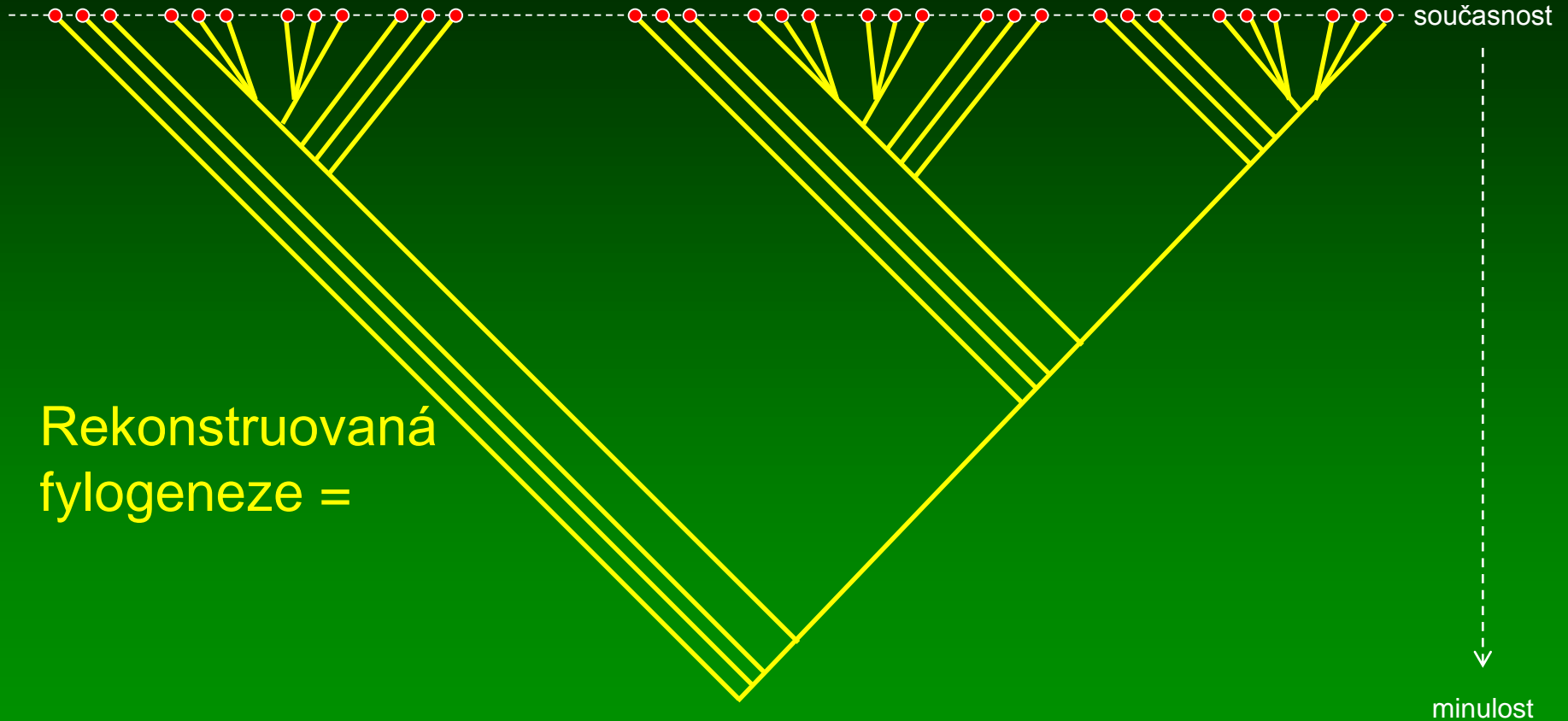
Dnešní druhy =



Rekonstruovaná  
fylogeneze =

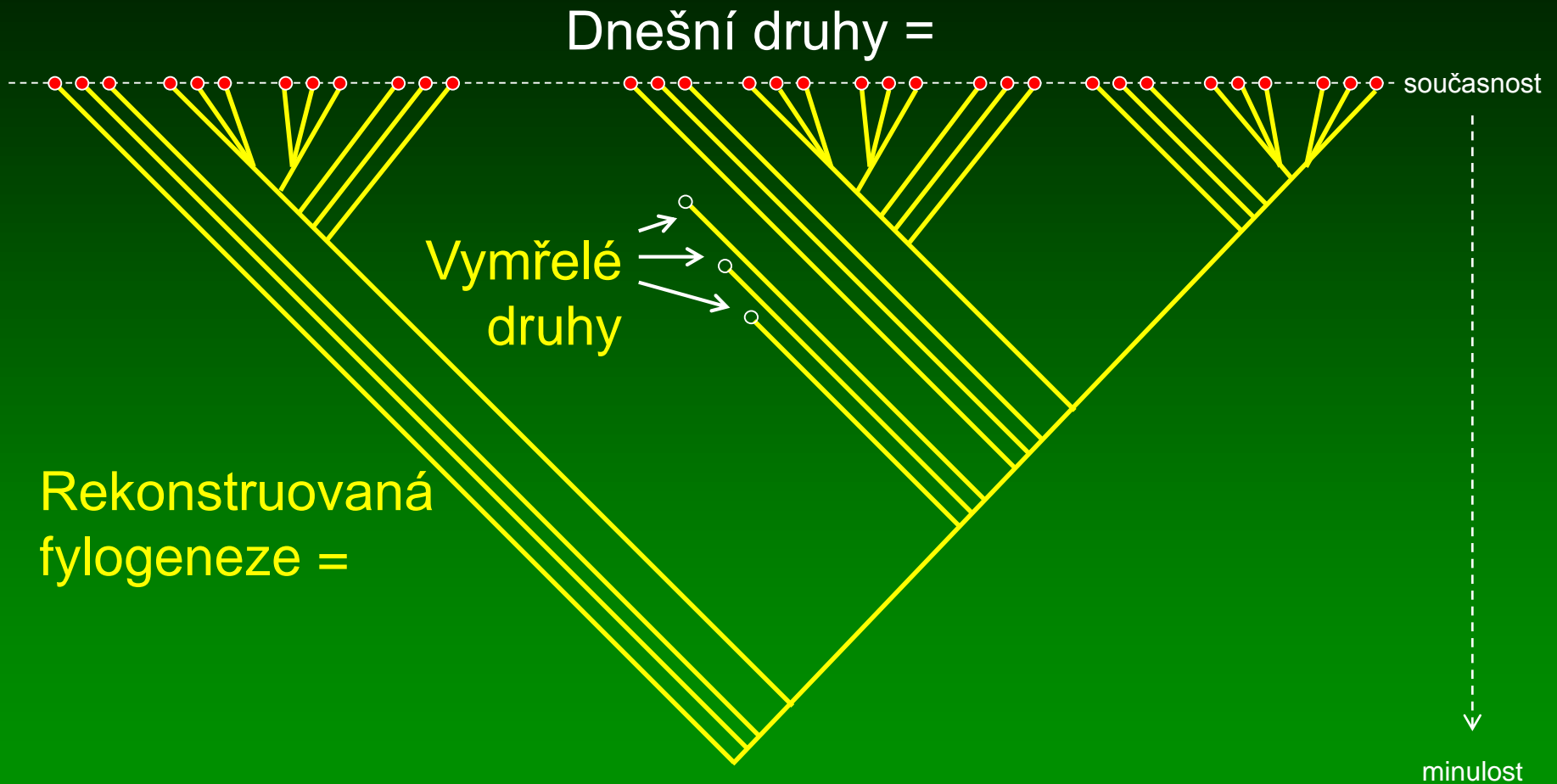
# Rekonstrukce fylogeneze

Dnešní druhy =

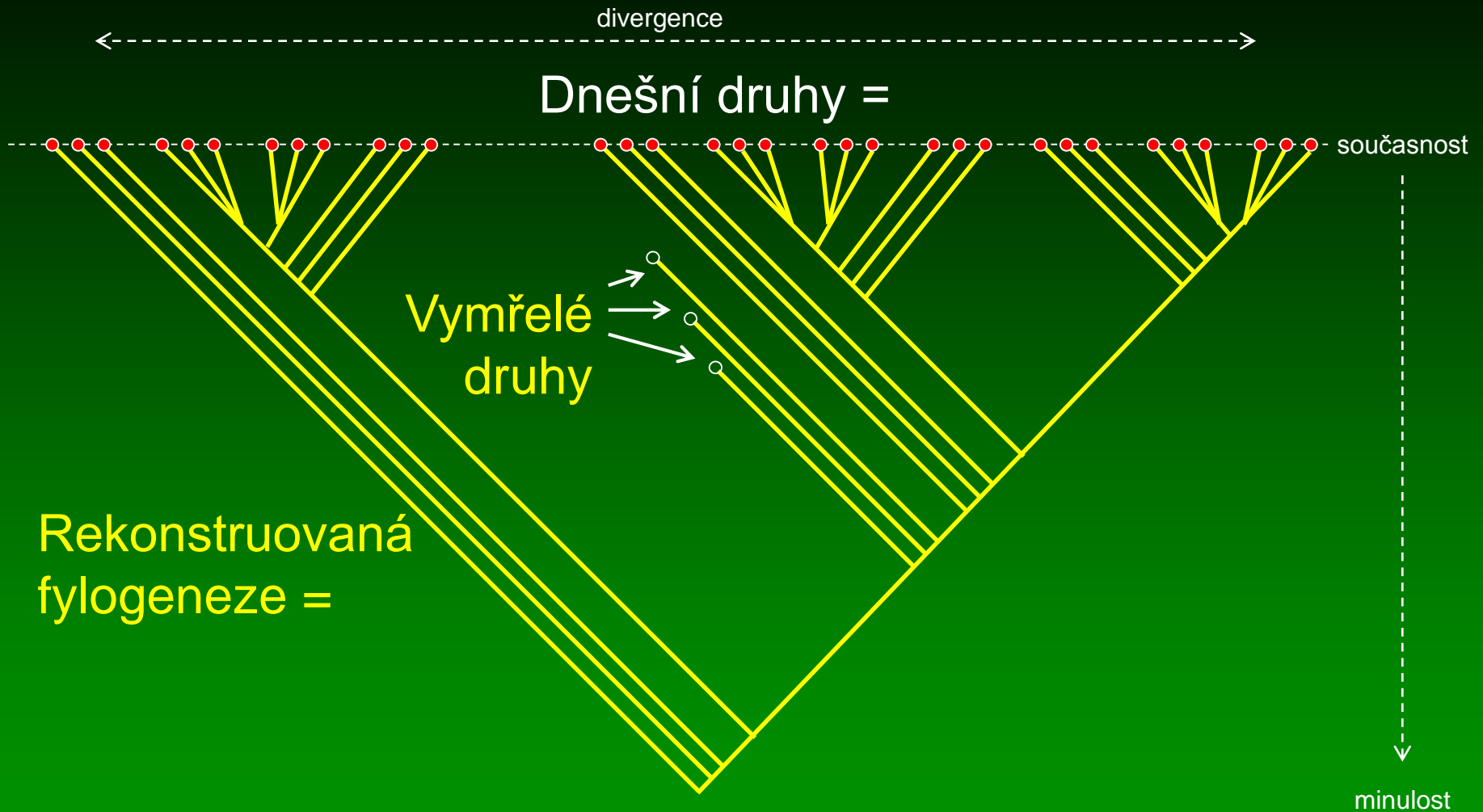


Rekonstruovaná  
fylogeneze =

# Rekonstrukce fylogeneze

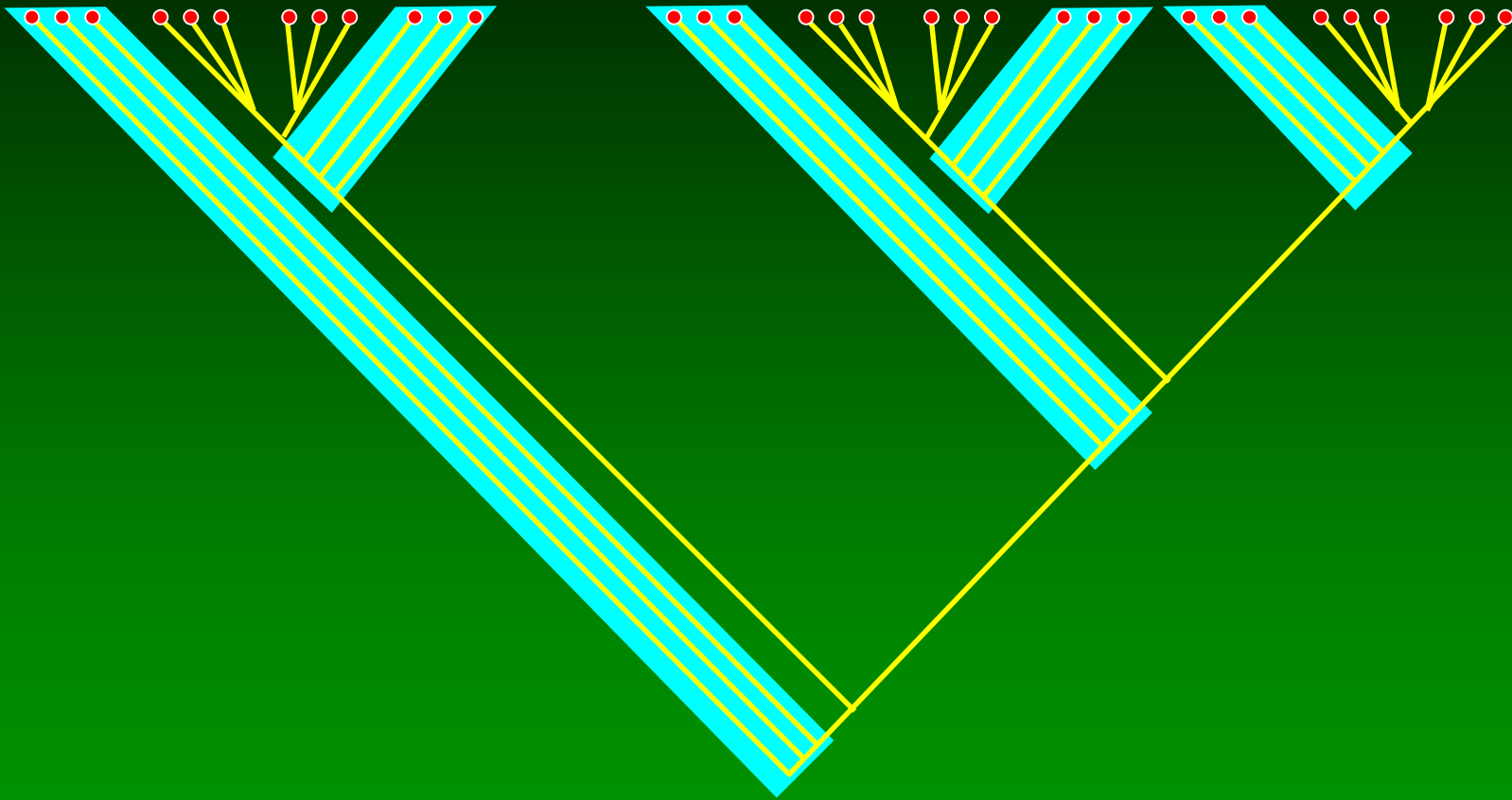


# Rekonstrukce fylogeneze



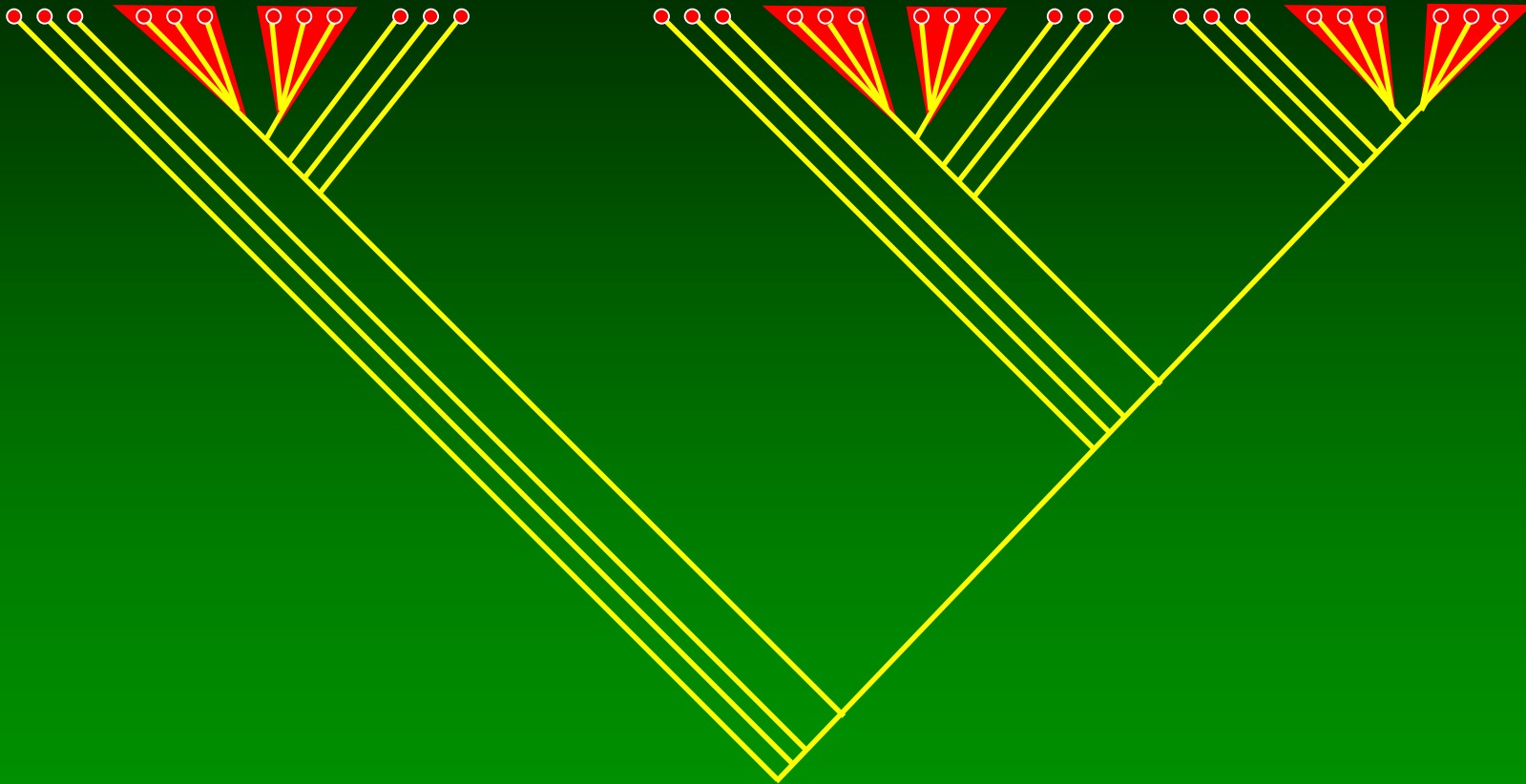
# Rekonstrukce fylogeneze

Parafyletické taxony =



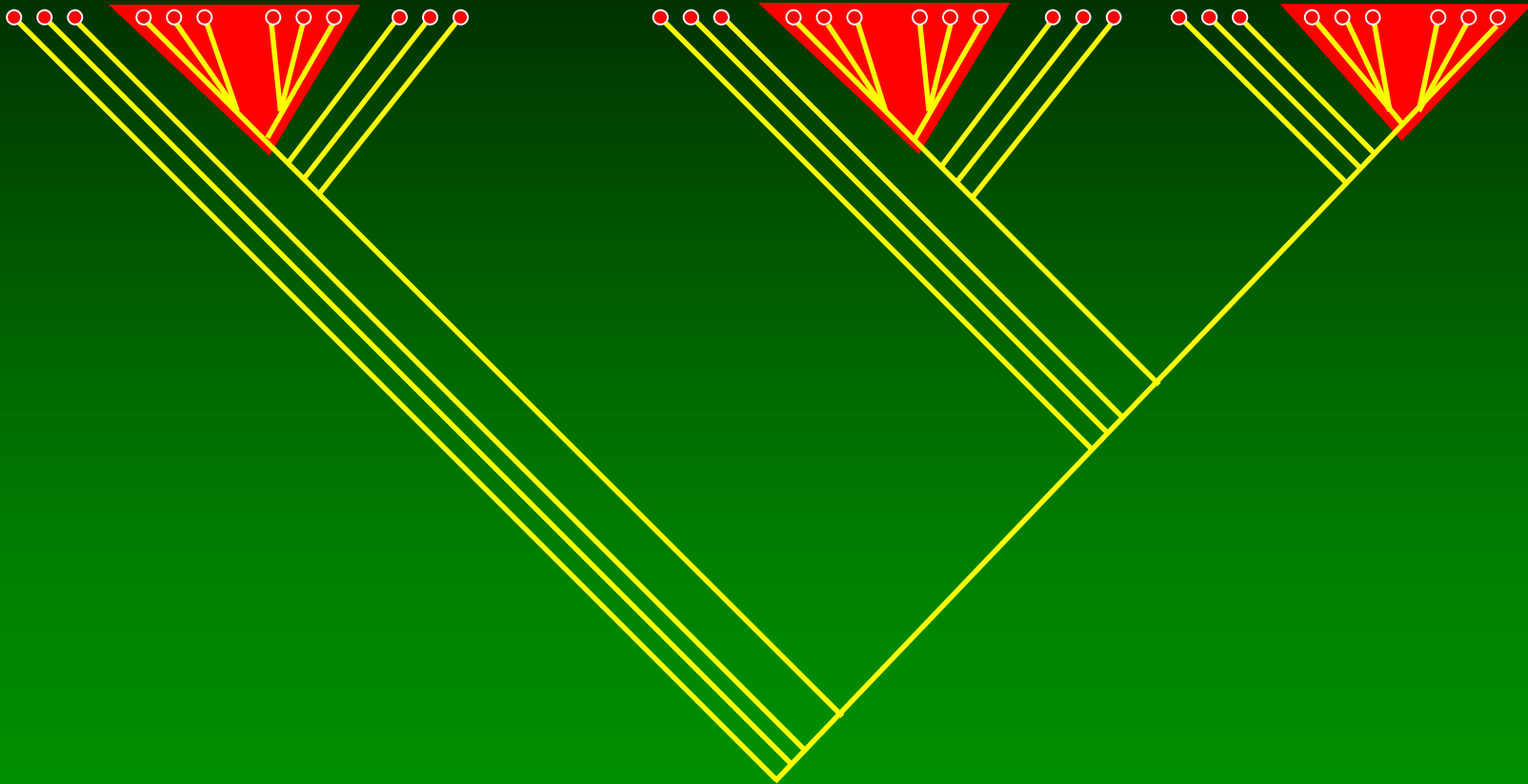
**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

Monofyletické taxony =



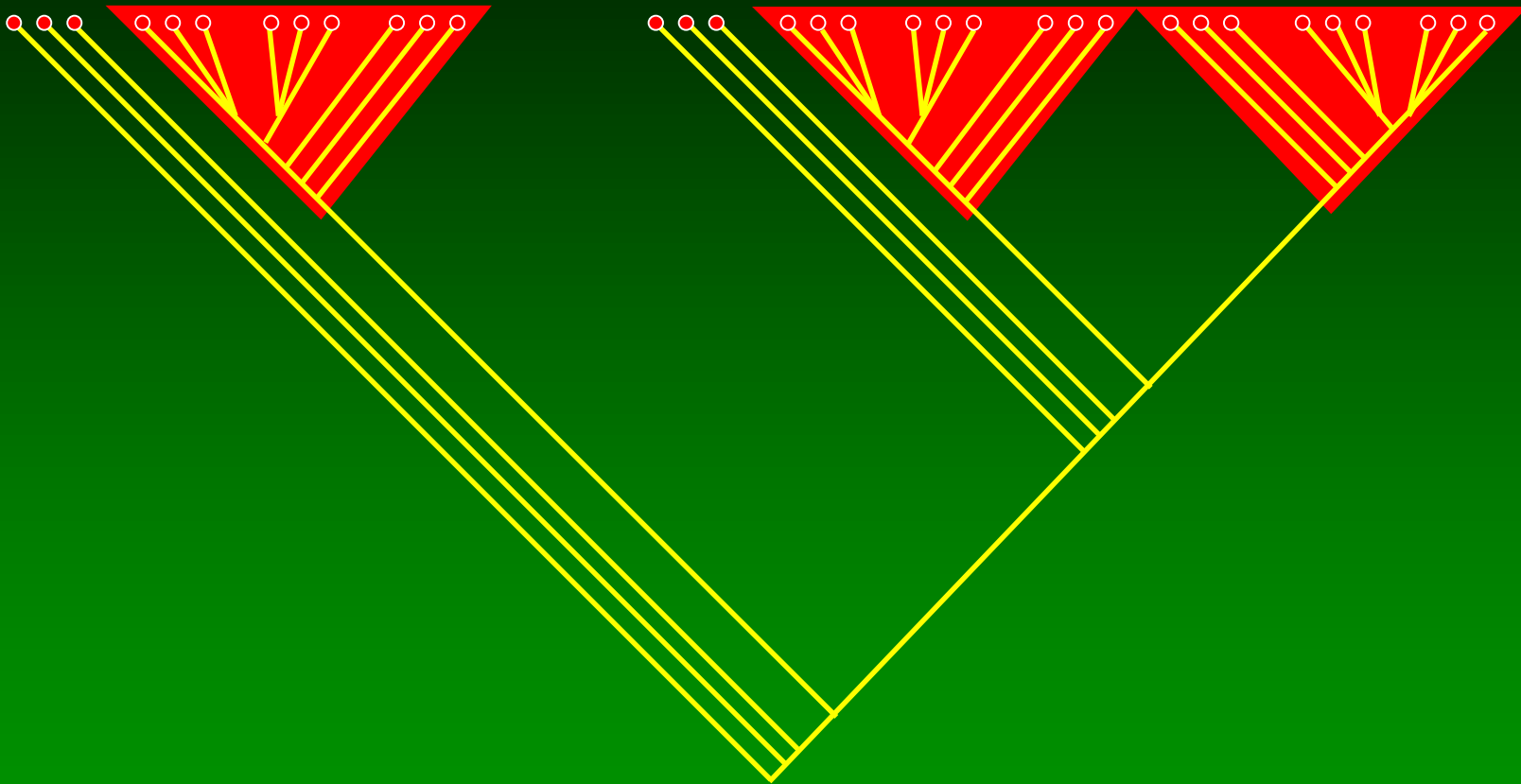
**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

Monofyletické taxony =



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

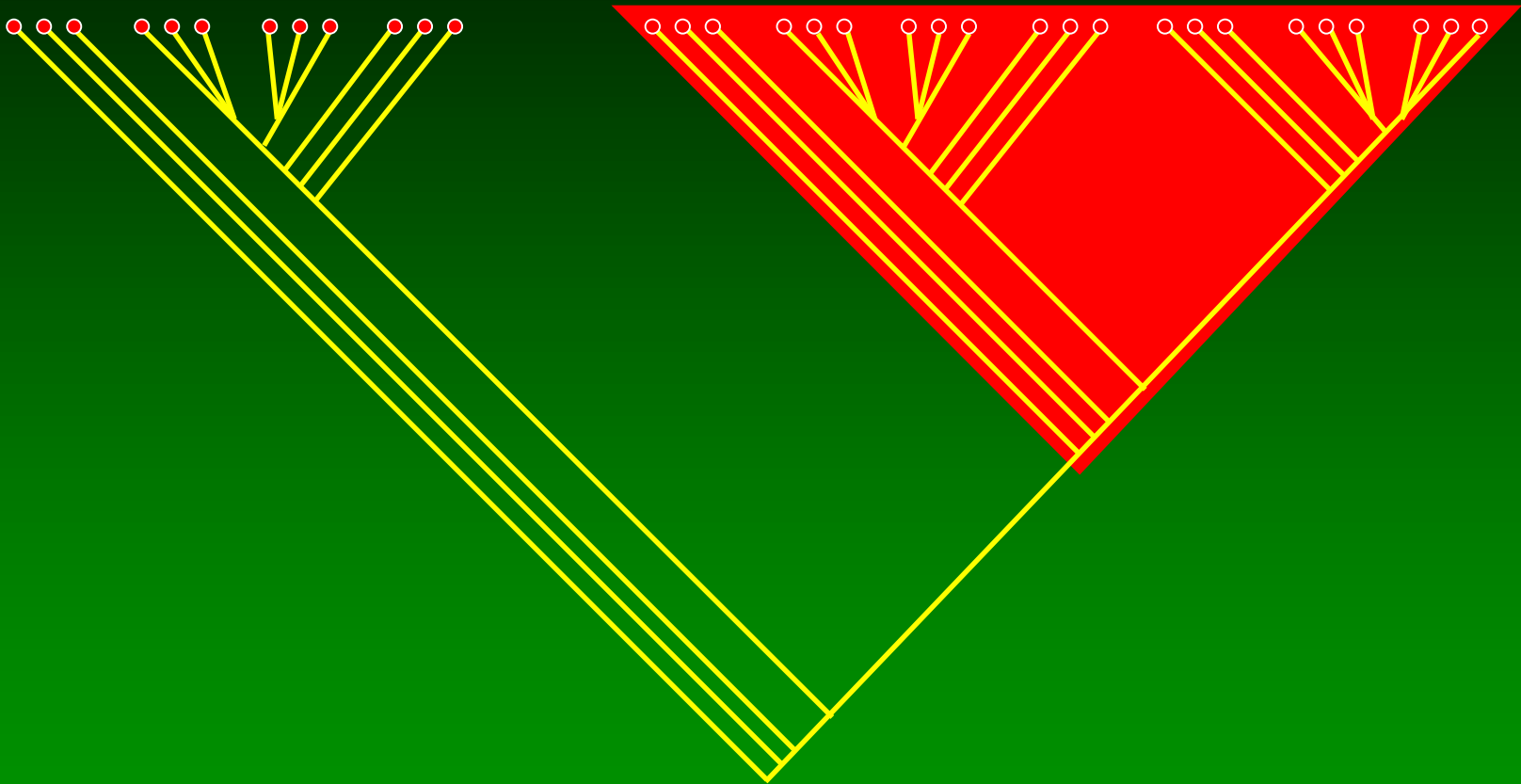
Monofyletické taxony =



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

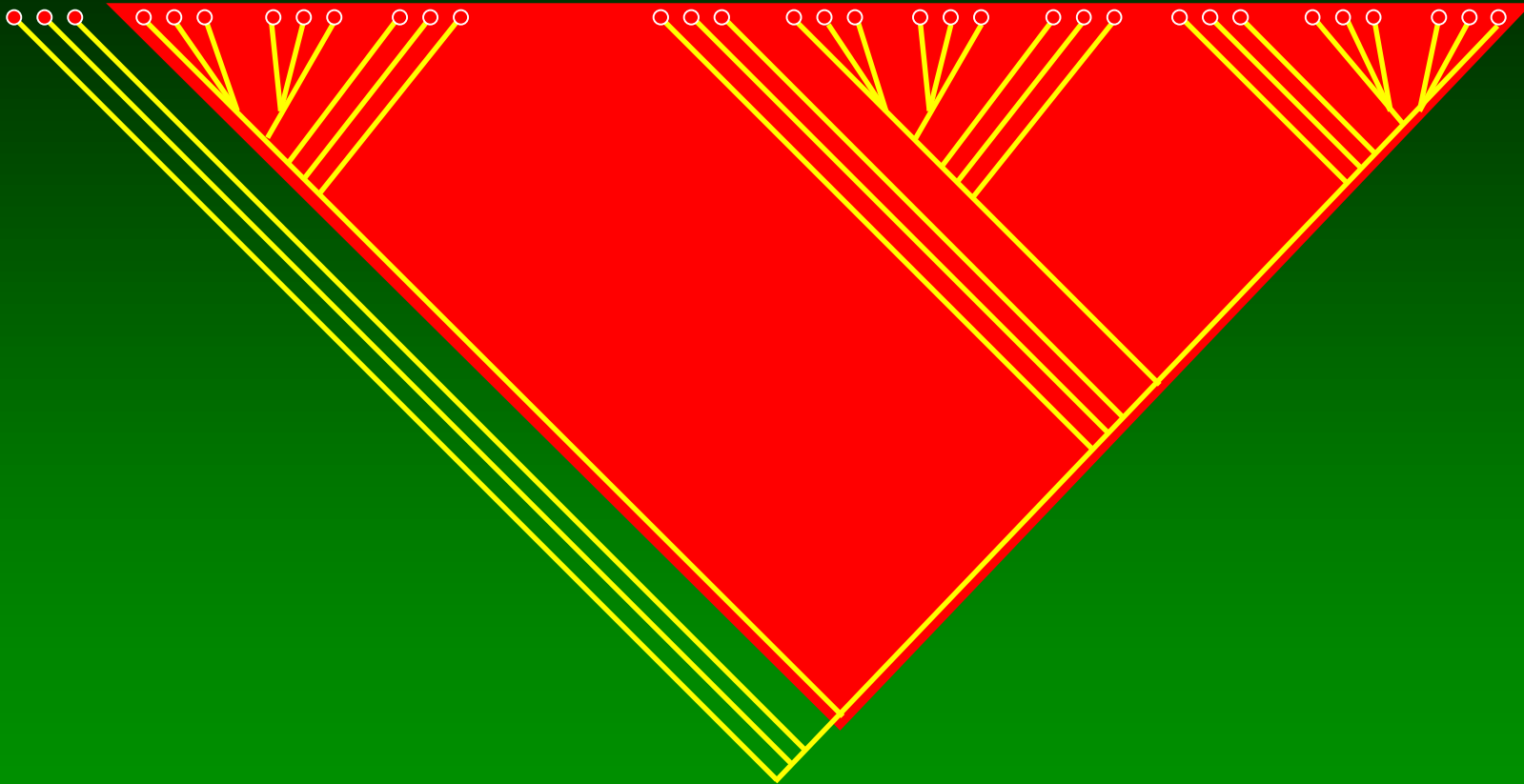


Monofyletický taxon =



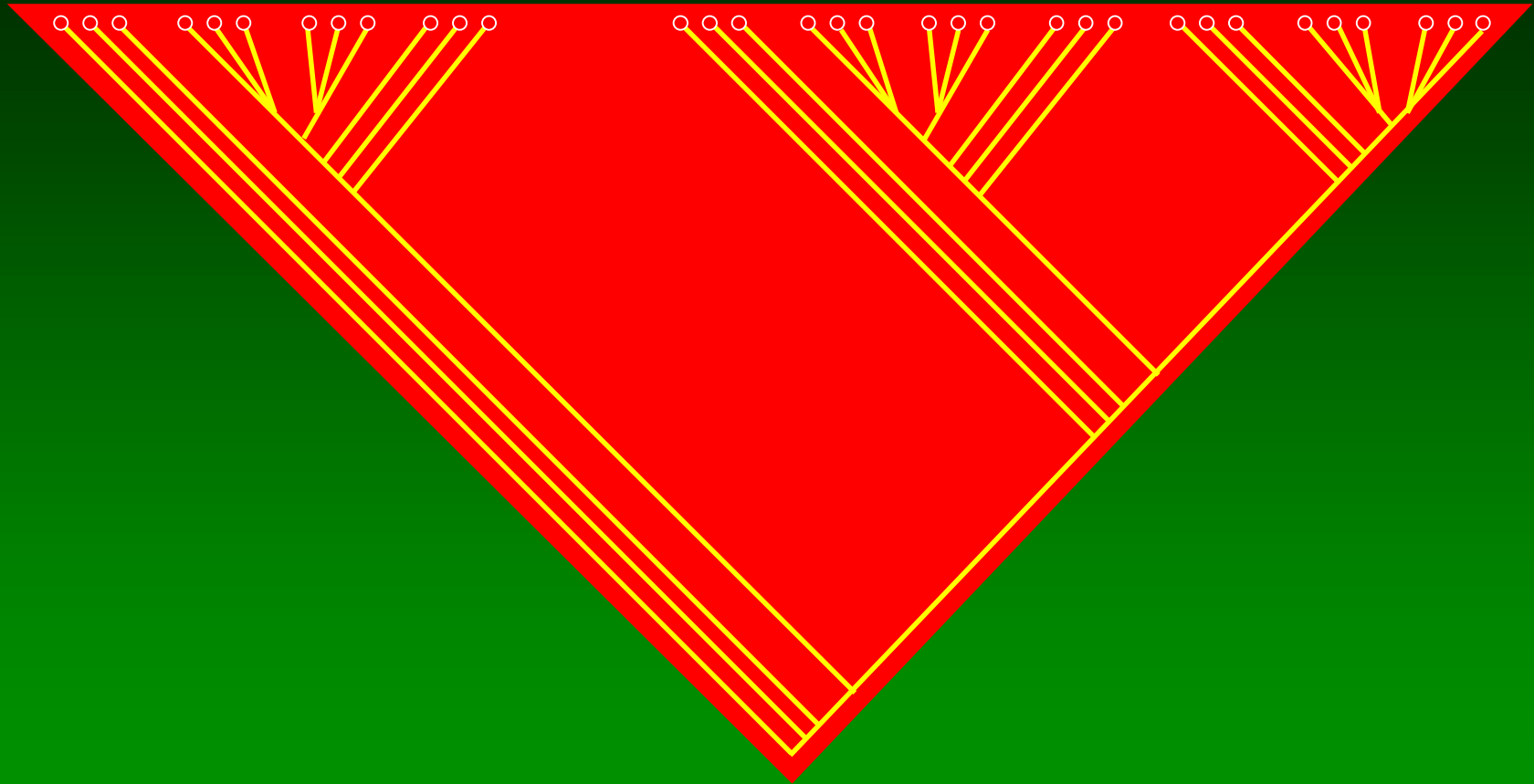
**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

Monofyletický taxon =



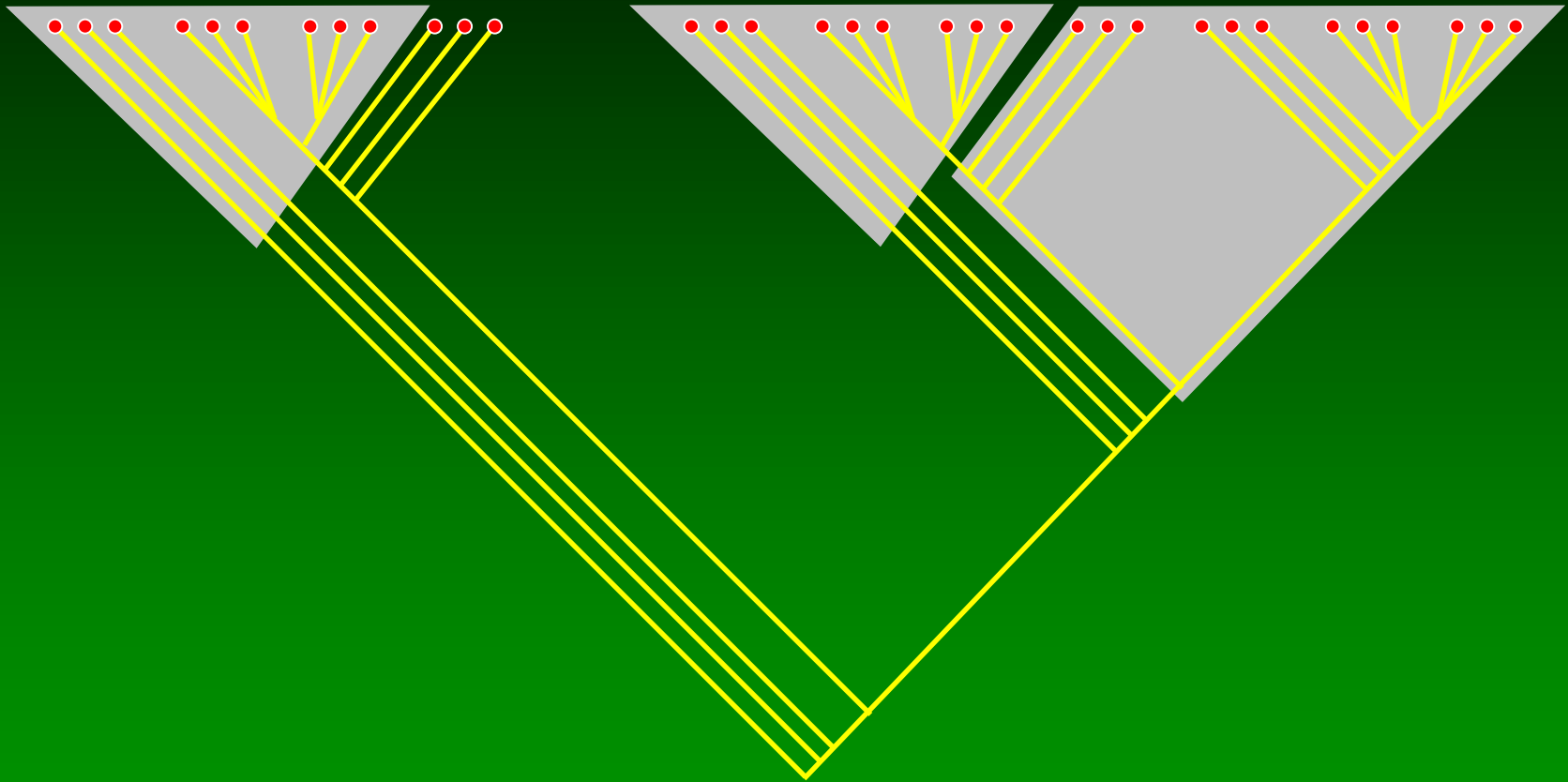
**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

Monofyletický taxon =



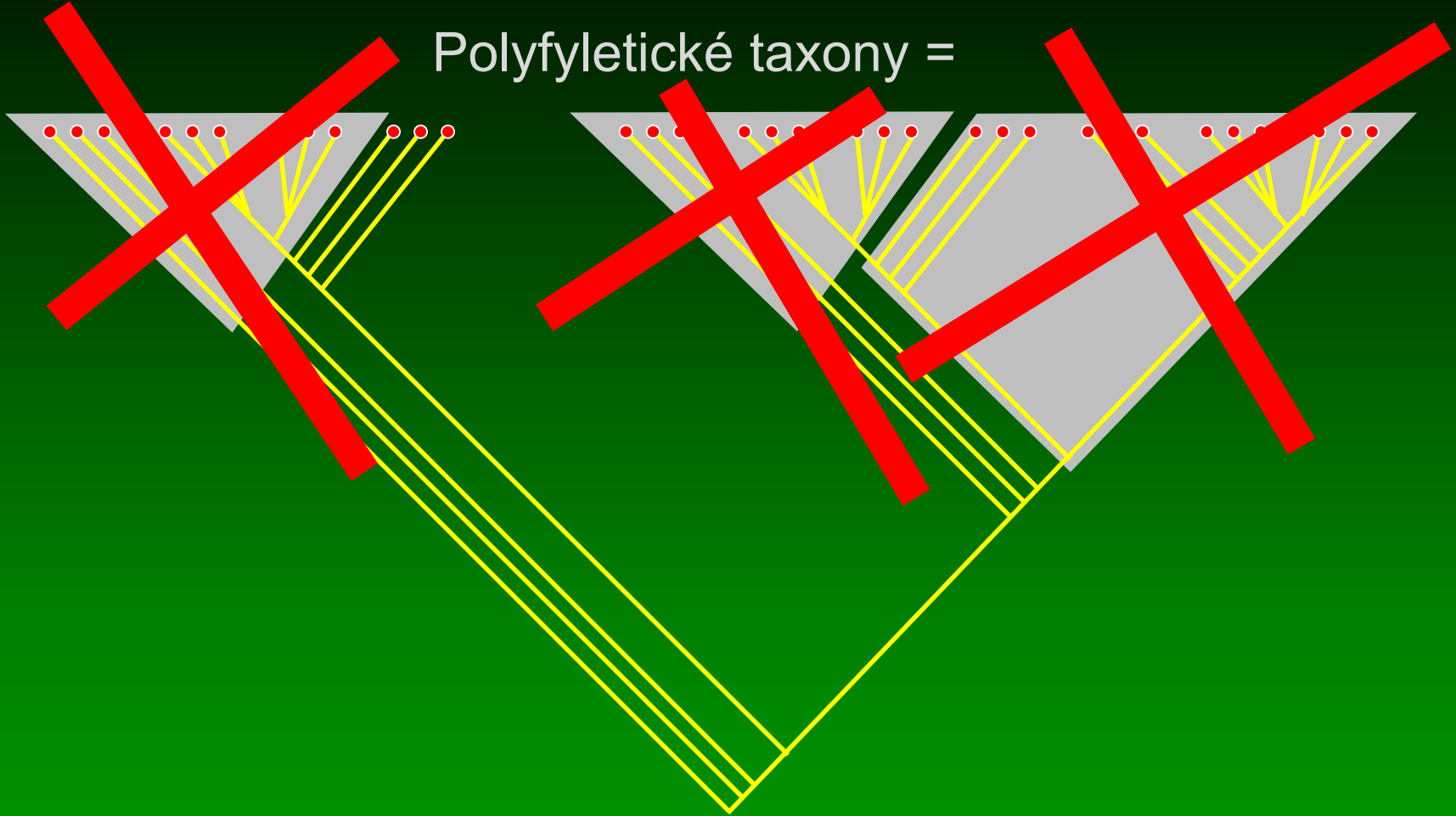
**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

Polyfyletické taxony =



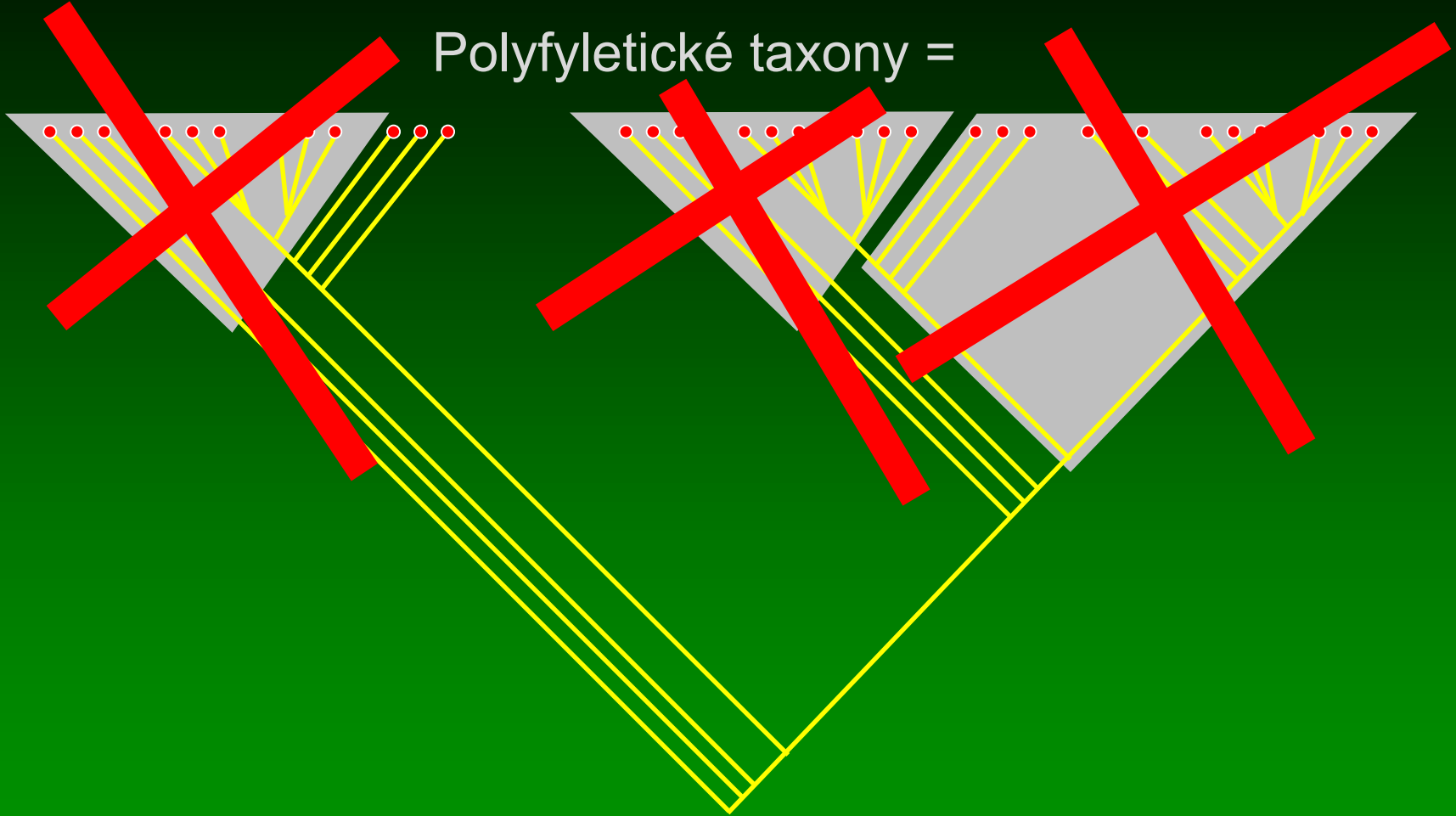
**Monofyletické x Parafyletické x Polyfyletické „taxony“**

Polyfyletické taxony =

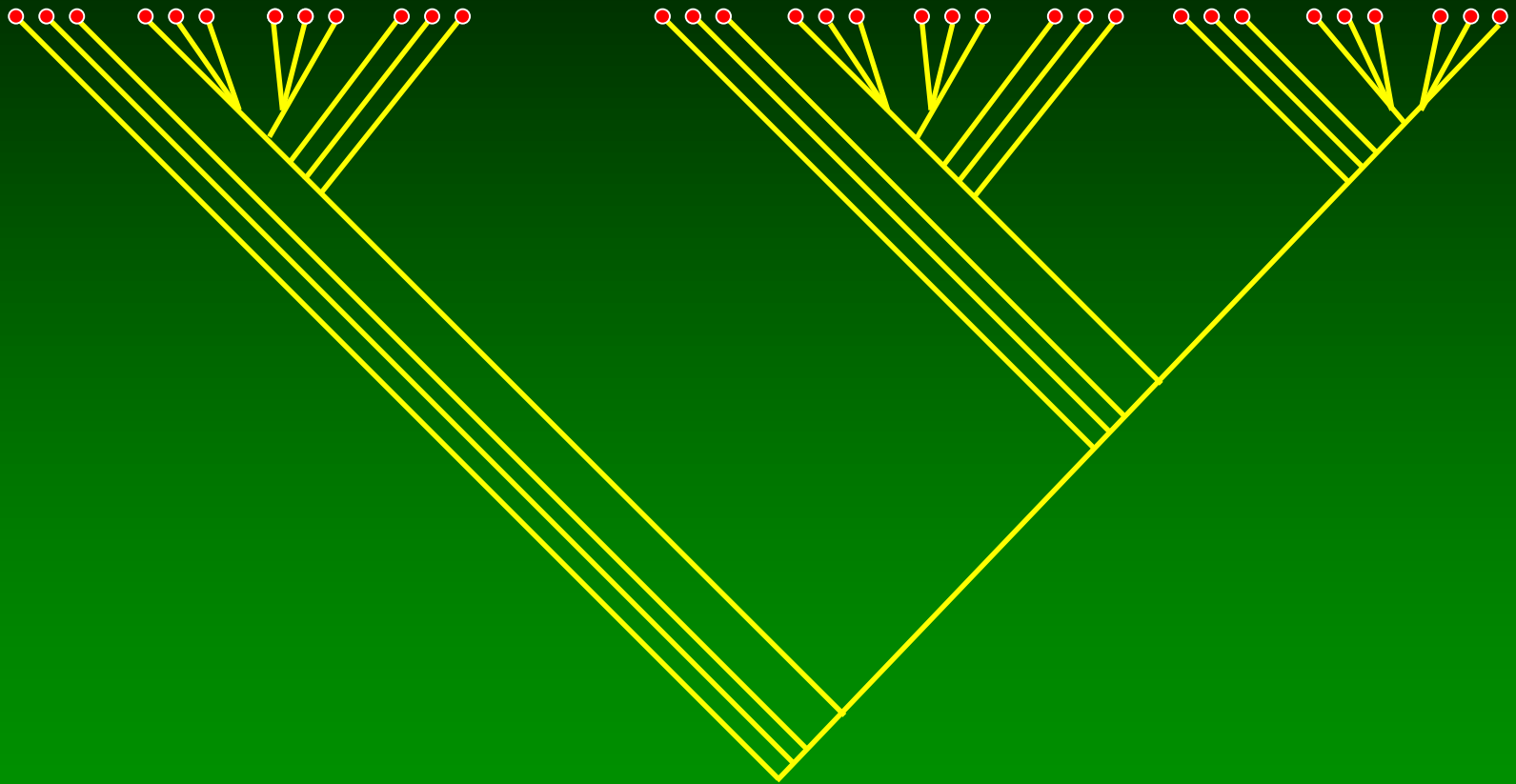


Monofyletické x Parafyletické x ~~Polyfyletické „taxony“~~

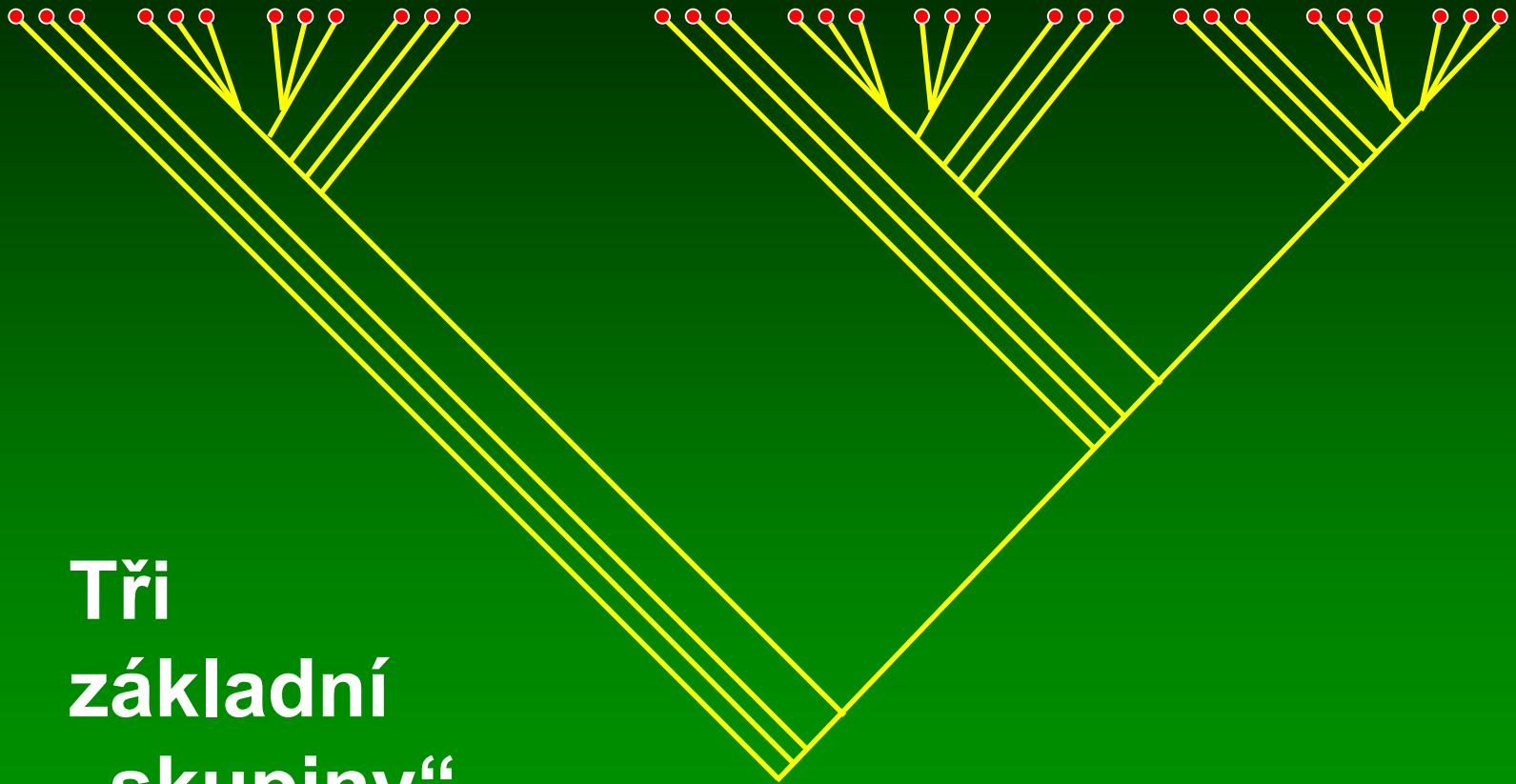
Polyfyletické taxony =



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



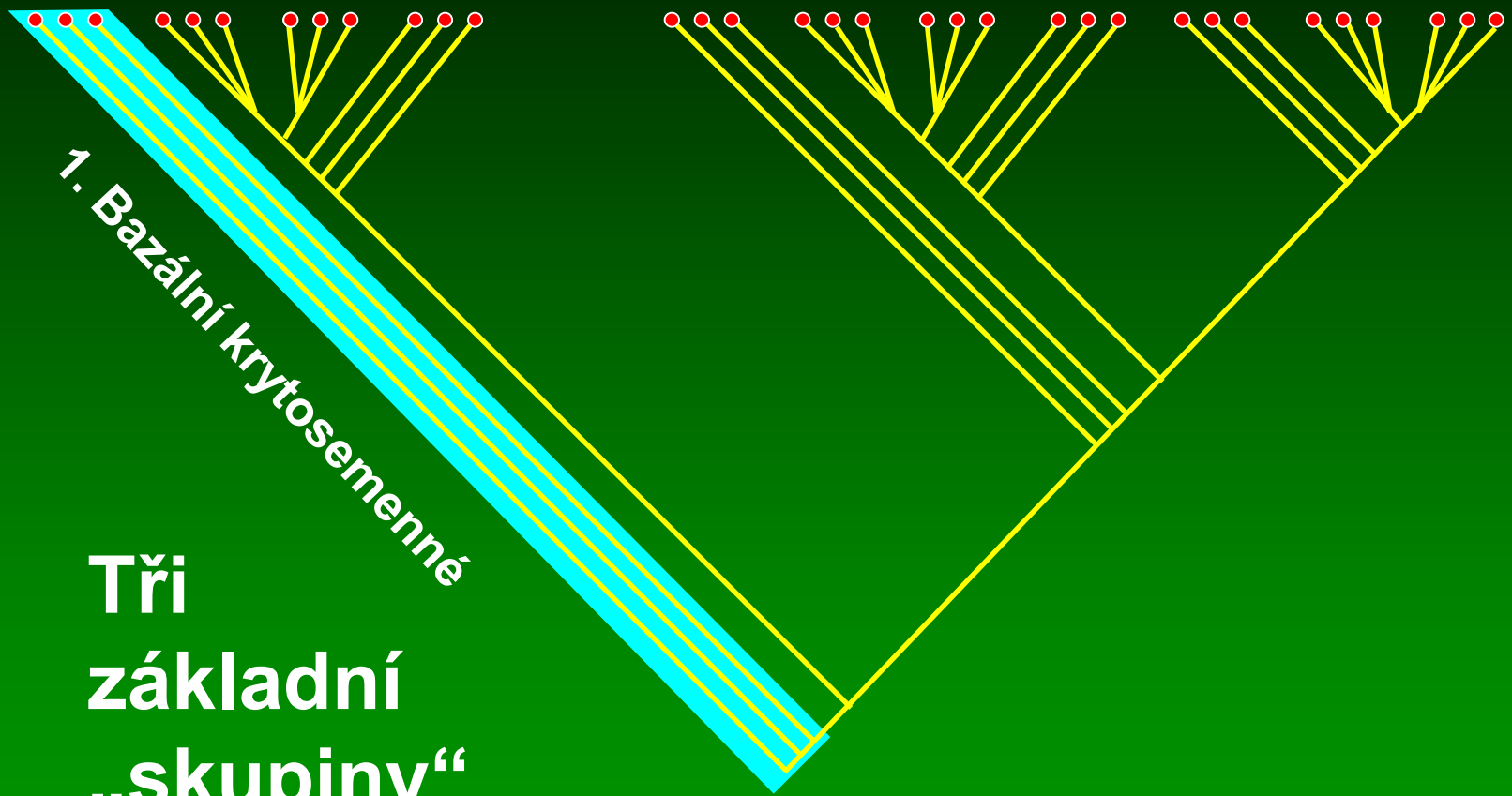
# fylogeneze recentních krytosemenných



**Tři  
základní  
„skupiny“**

**fylogeneze recentních krytosemenných**

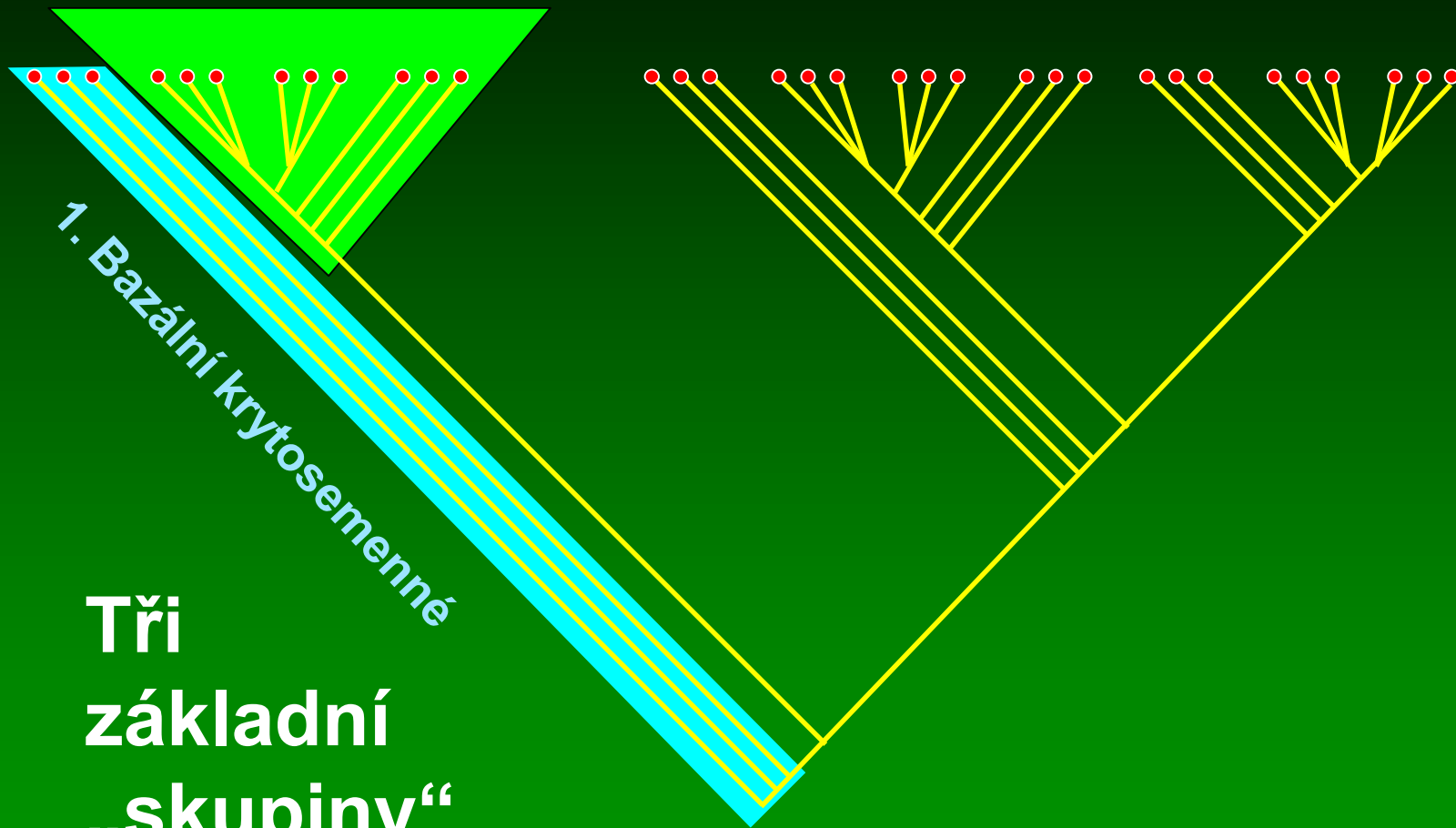




**Tři  
základní  
„skupiny“**

# fylogeneze recentních krytosemenných

## 2. Jednoděložné

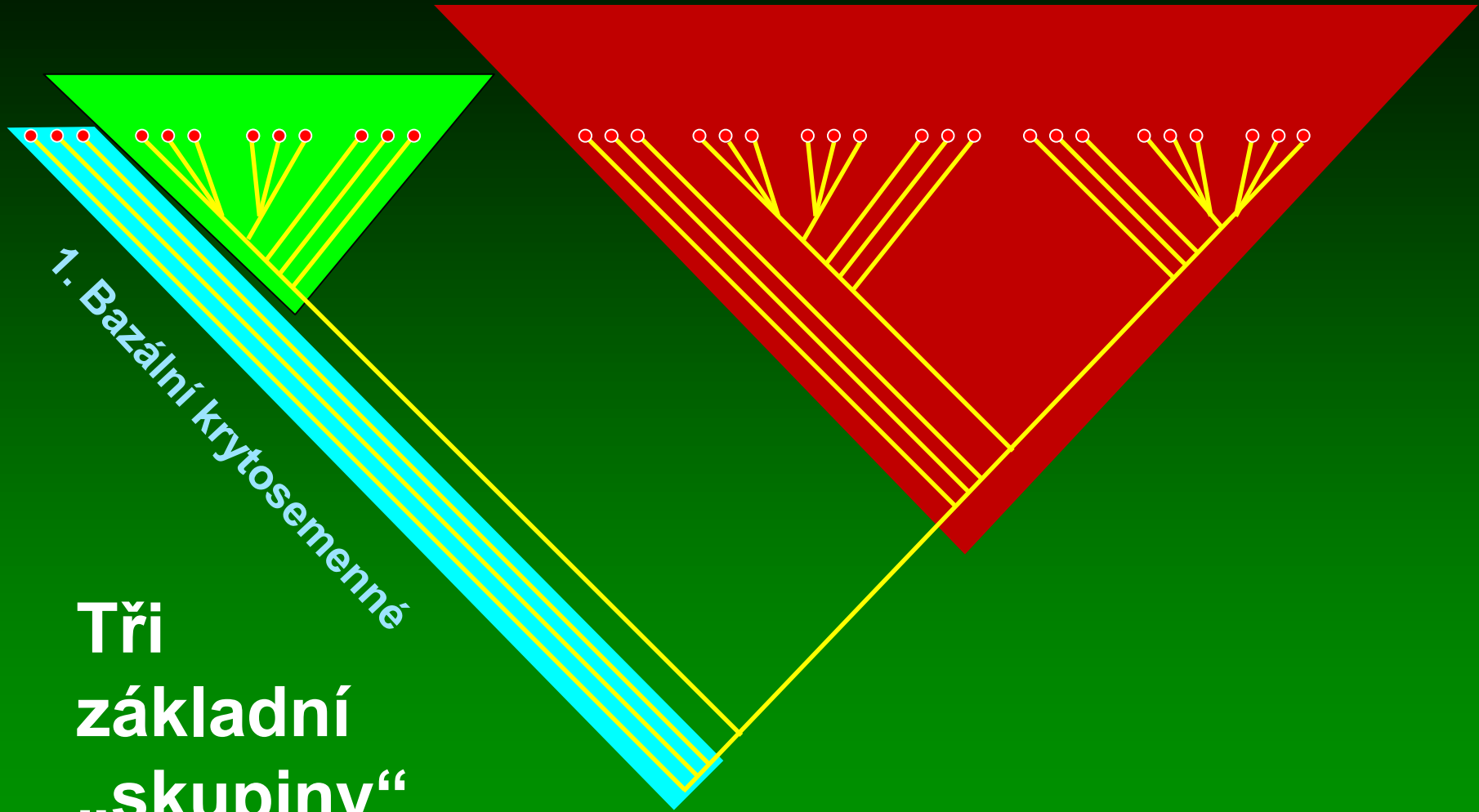


**Tři  
základní  
„skupiny“**

**fylogeneze recentních krytosemenných**

## 2. Jednoděložné

## 3. Dvouděložné

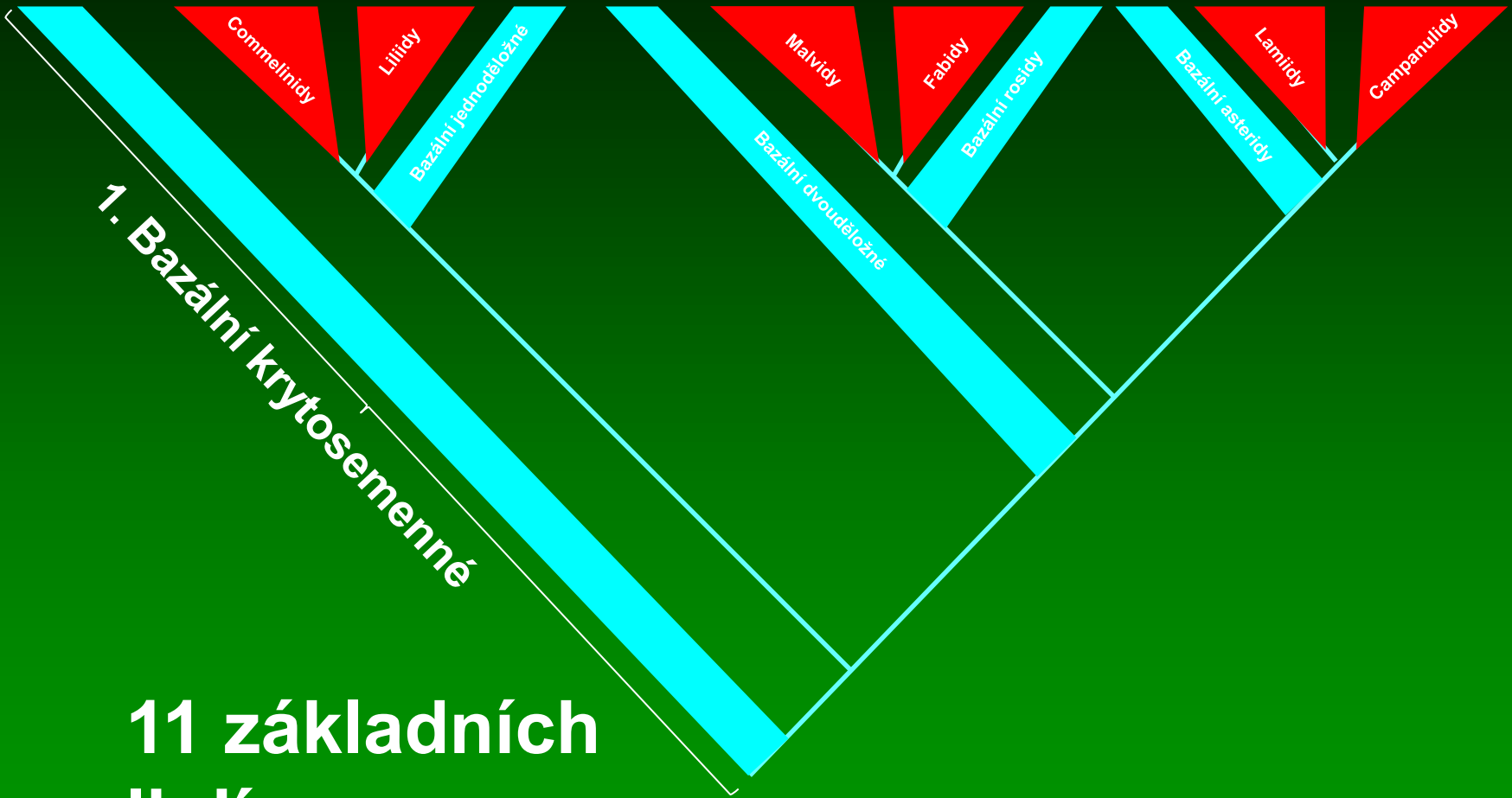


**Tři  
základní  
„skupiny“**

# fylogeneze recentních krytosemenných

## 2. Jednoděložné

## 3. Dvouděložné



11 základních  
linií

fylogeneze recentních krytosemenných