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

Systém a evoluce vyšších rostlin

Krytosemenné: úvod

Petr Bureš

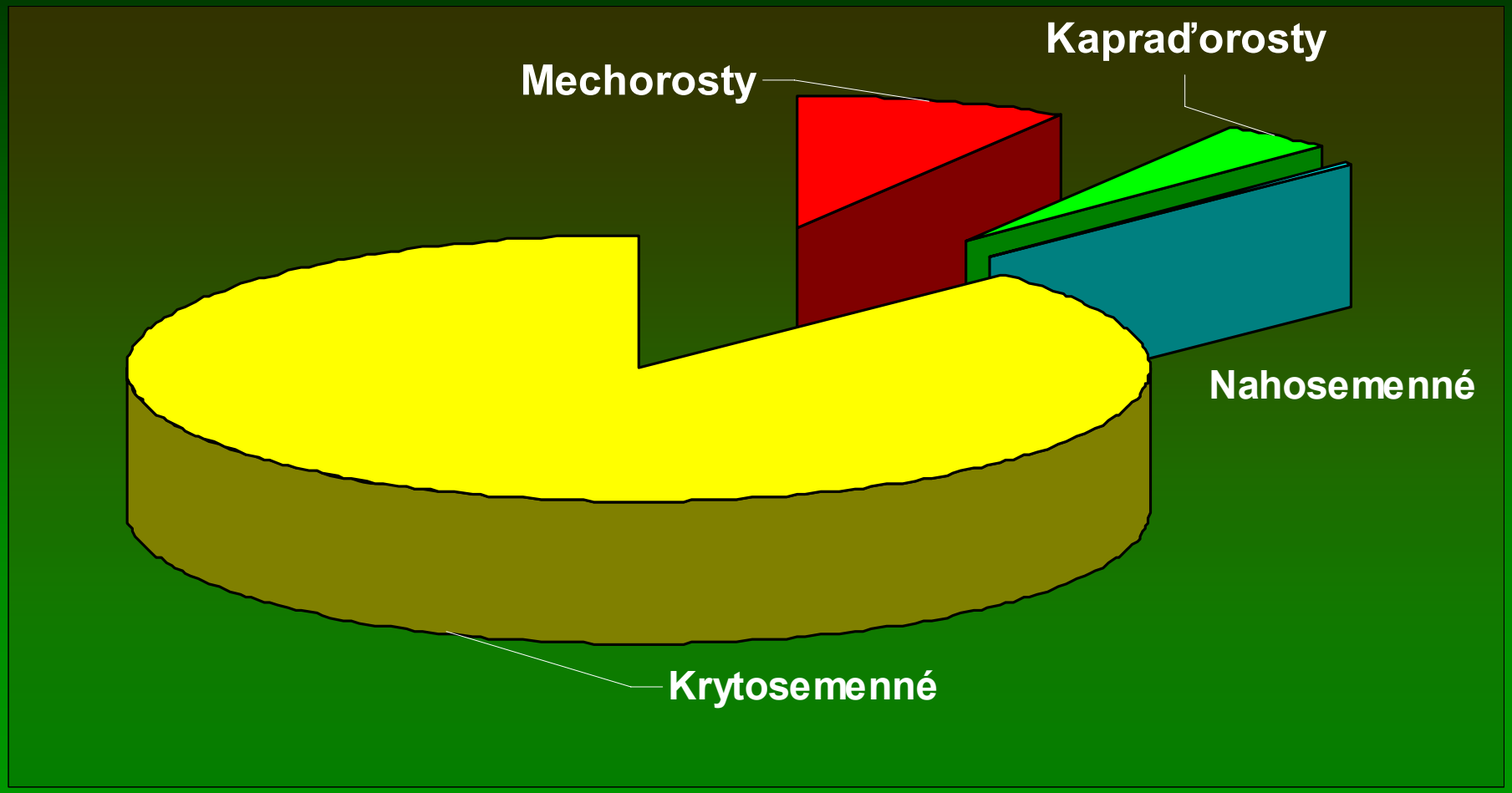
evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Magnoliophyta
(krytosemenné)

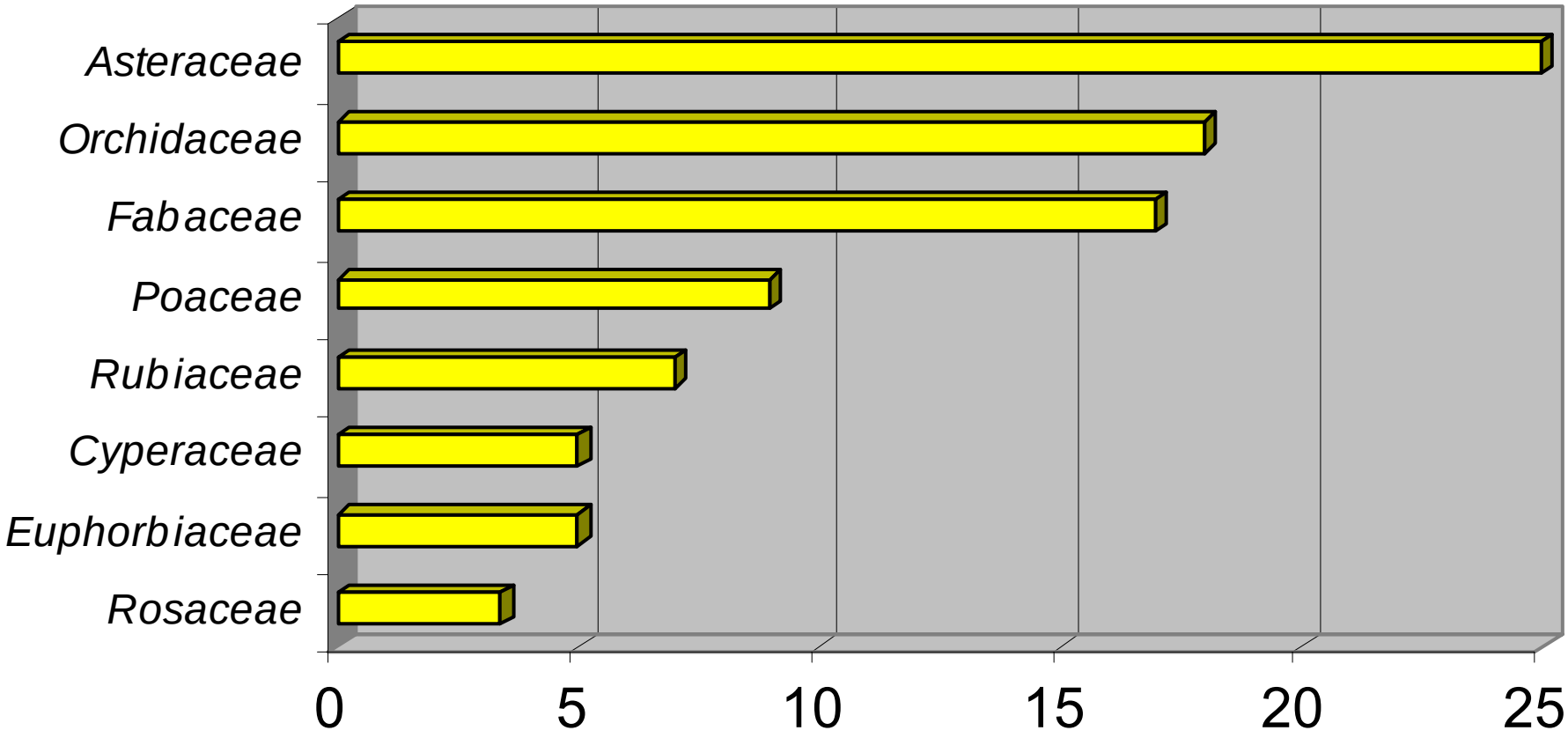
Fylogeneticky nejvíce odvozená a druhově dnes naprosto dominantní příbuzenská skupina vyšších rostlin

Habitus: byliny i dřeviny rozmanitého vzhledu a různých ekologických nároků

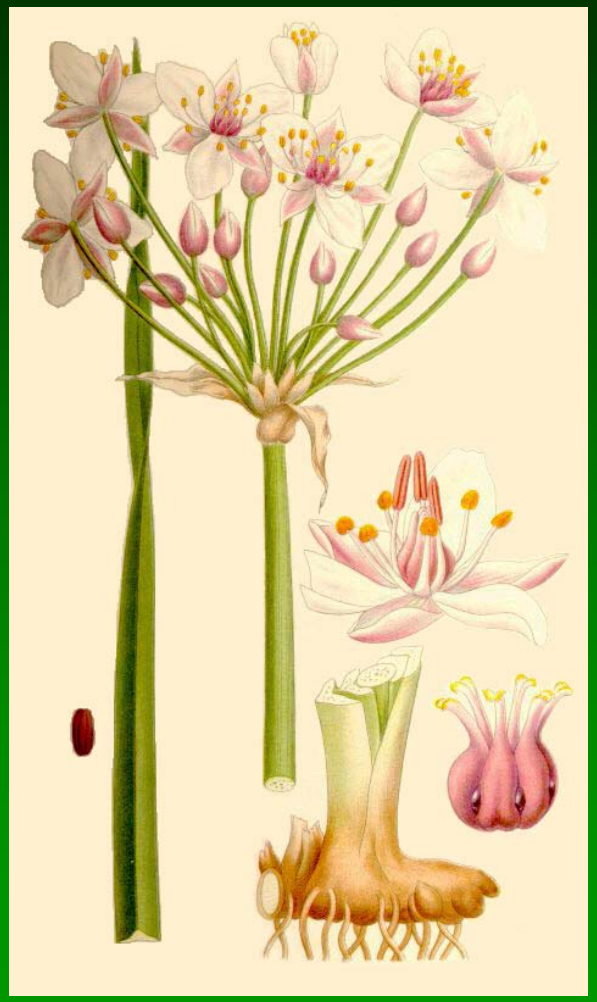
Srovnání počtu druhů krytosemenných s ostatními skupinami vyšších rostlin: mechorosty - 25 000, kapraďorosty 10 000, nahosemenné 800, krytosemenné 250 000



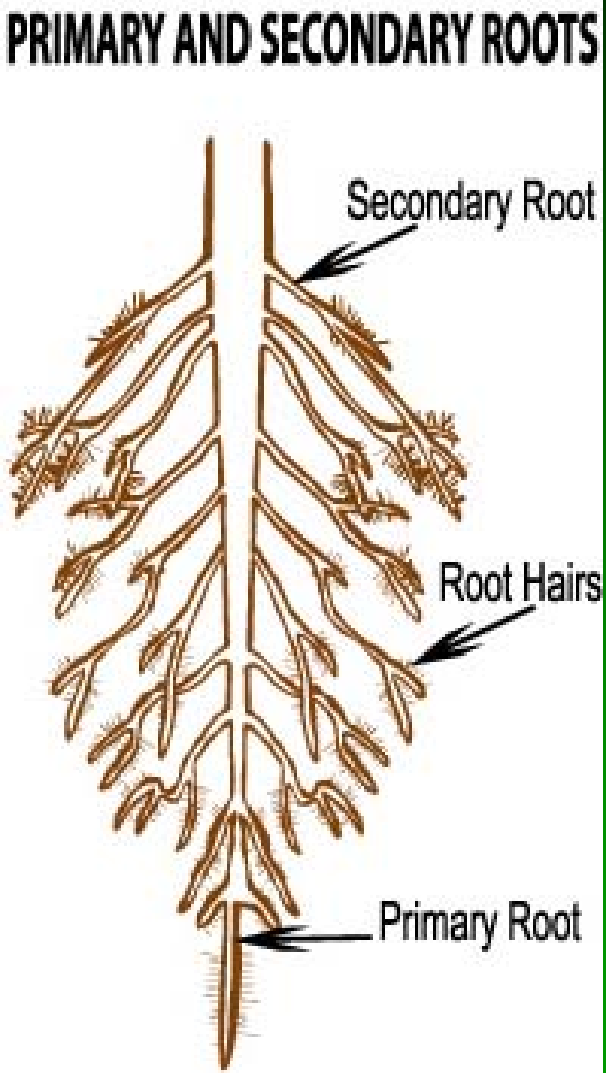
Osm druhově nejbohatších čeledí krytosemenných. Celá jedna desetina druhového bohatství krytosemenných pak připadá na jedinou čeleď - *Asteraceae*.

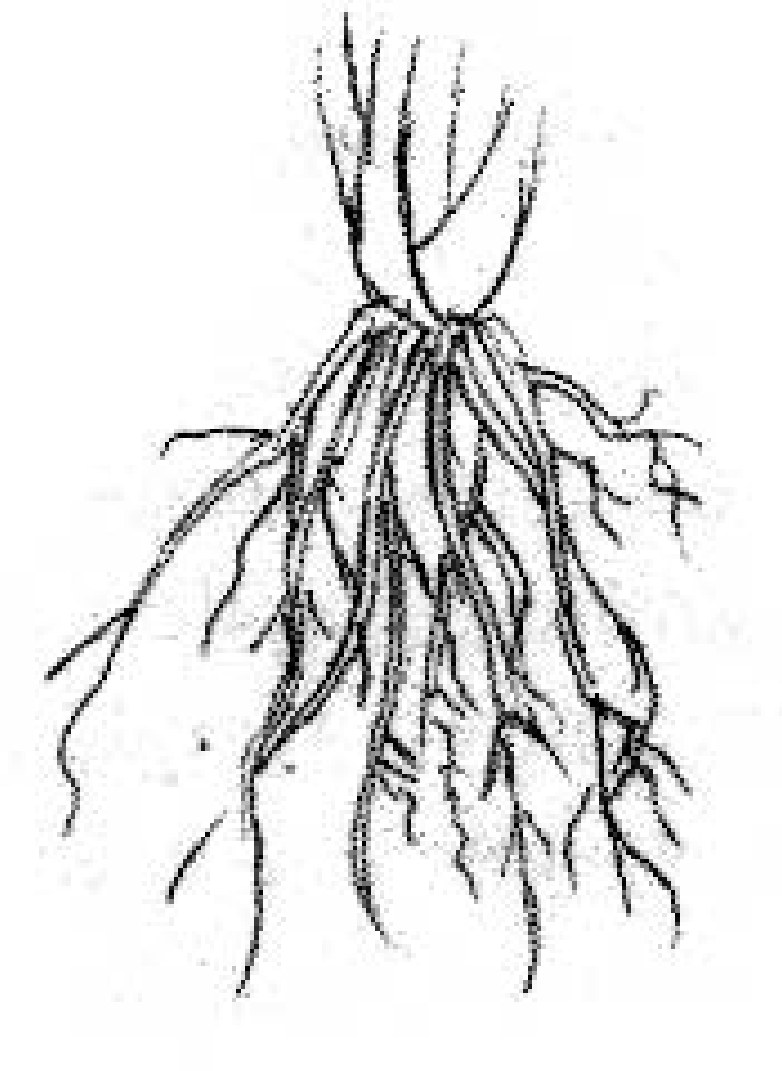


Opačným extrémem jsou čeledi zahrnující pouze jeden jediný druh - např. ***Hippuridaceae, Butomaceae***



Hlavní (primární) kořen vytrvává nebo zaniká = allorhizie nebo homorhizie





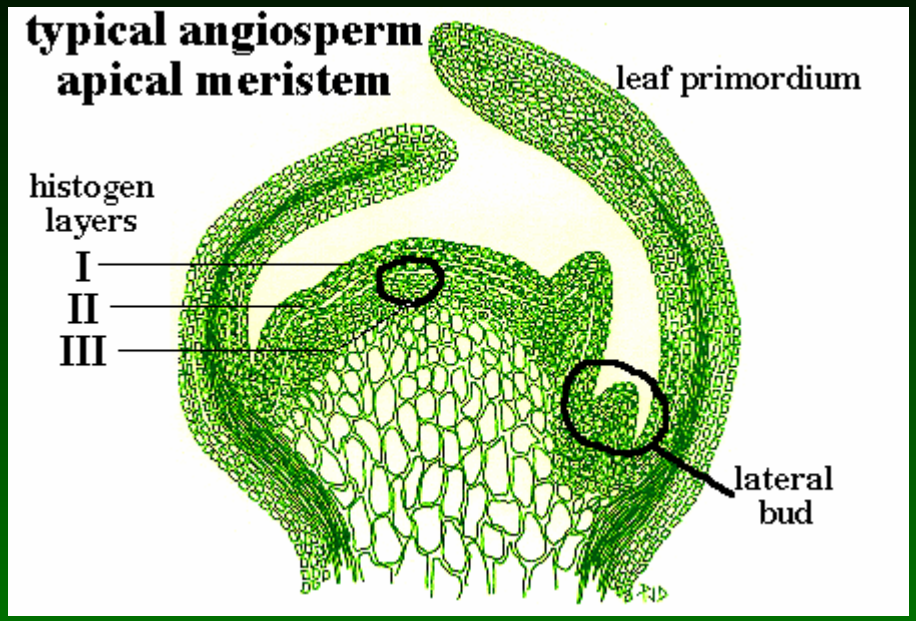
Apikální meristém

- mnohobuněčný vícevrstevný

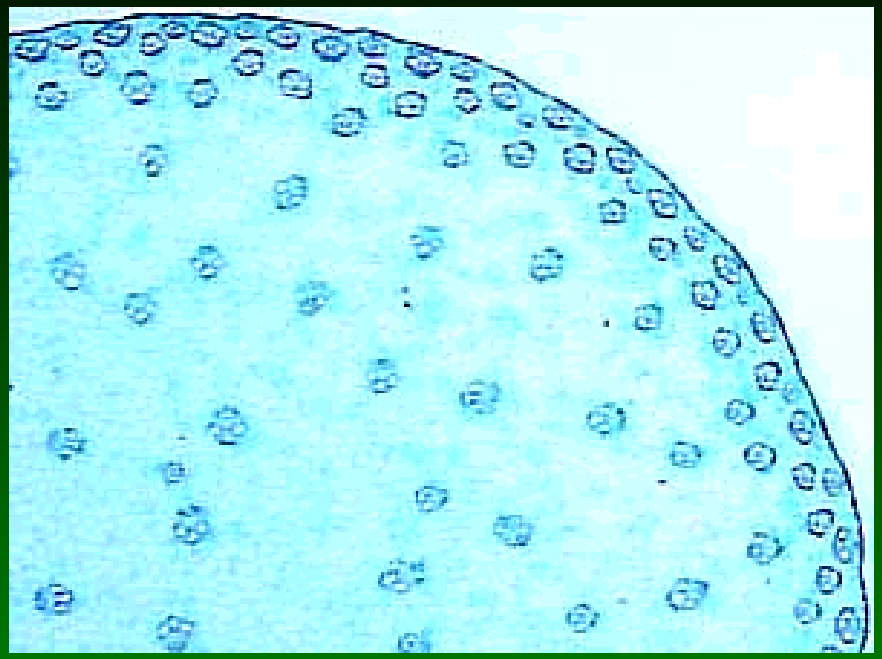
- diferencovaný na

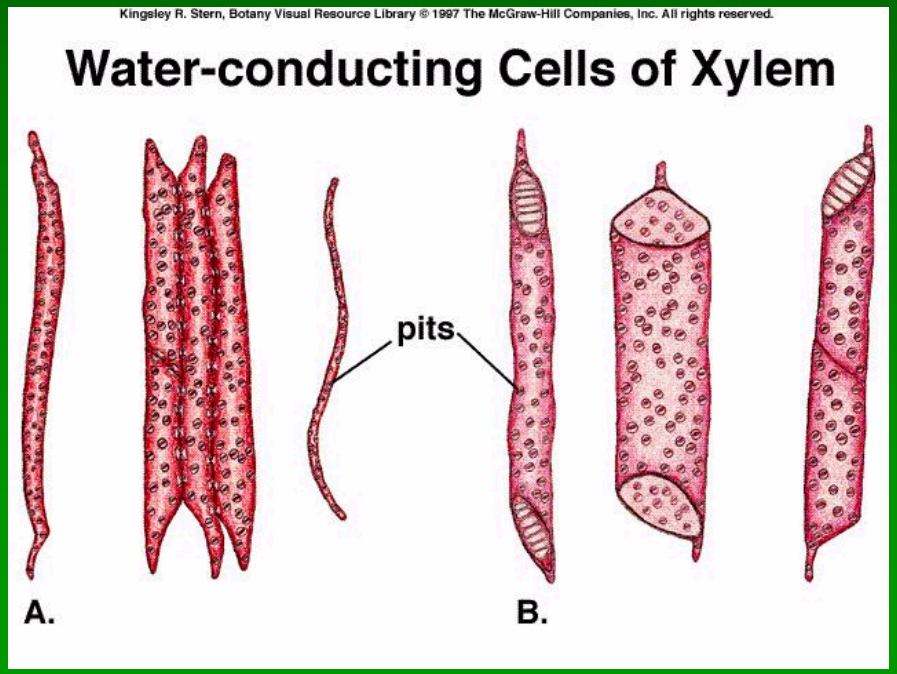
(i) jedno- až vícevrstevnou tuniku dělící buňky ve směru kolmém na povrch

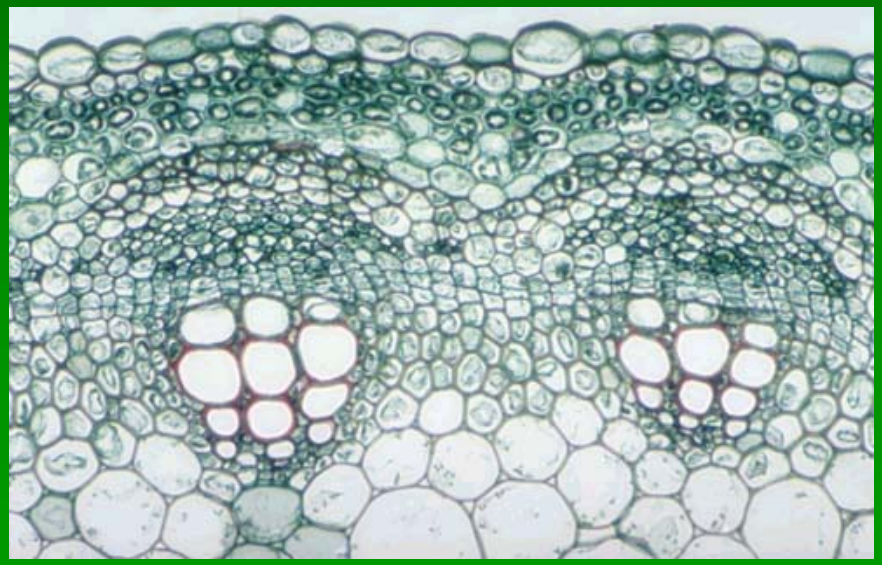
(ii) korpus dělícím buňky rovnoběžně s povrchem

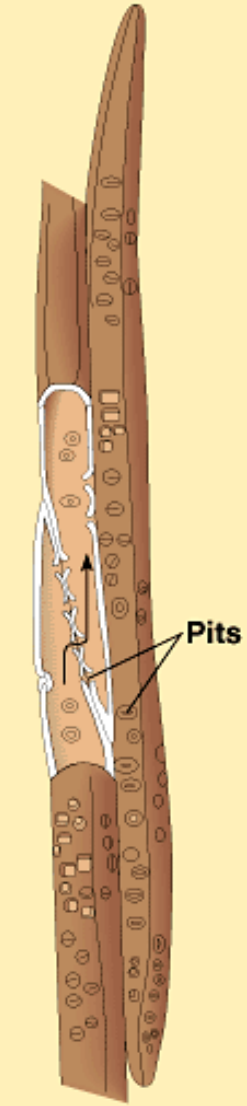


Stonek - druhotně tloustne nebo netloustne; cévní svazky eustélické nebo ataktostélické xylém heteroxylární (s tracheidami i trachejemi); pouze u primitivních typů homoxylární (jen s tracheidami)

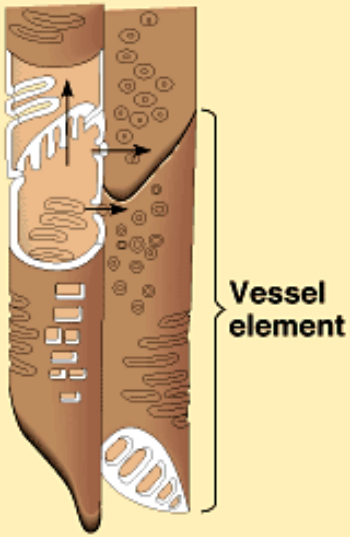




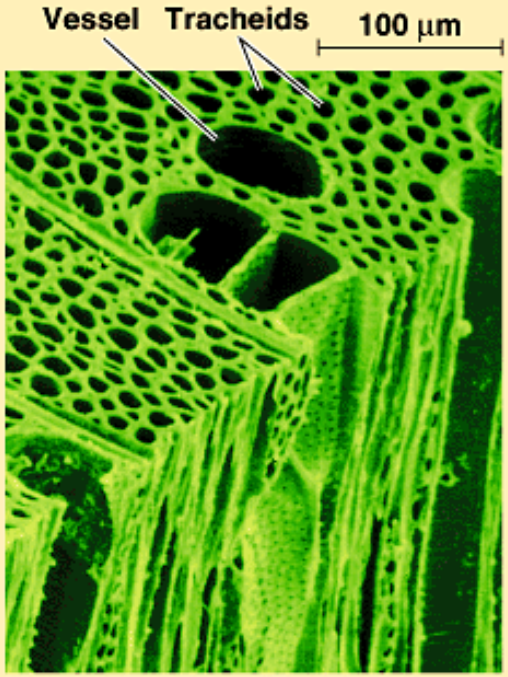




(a)Tracheids



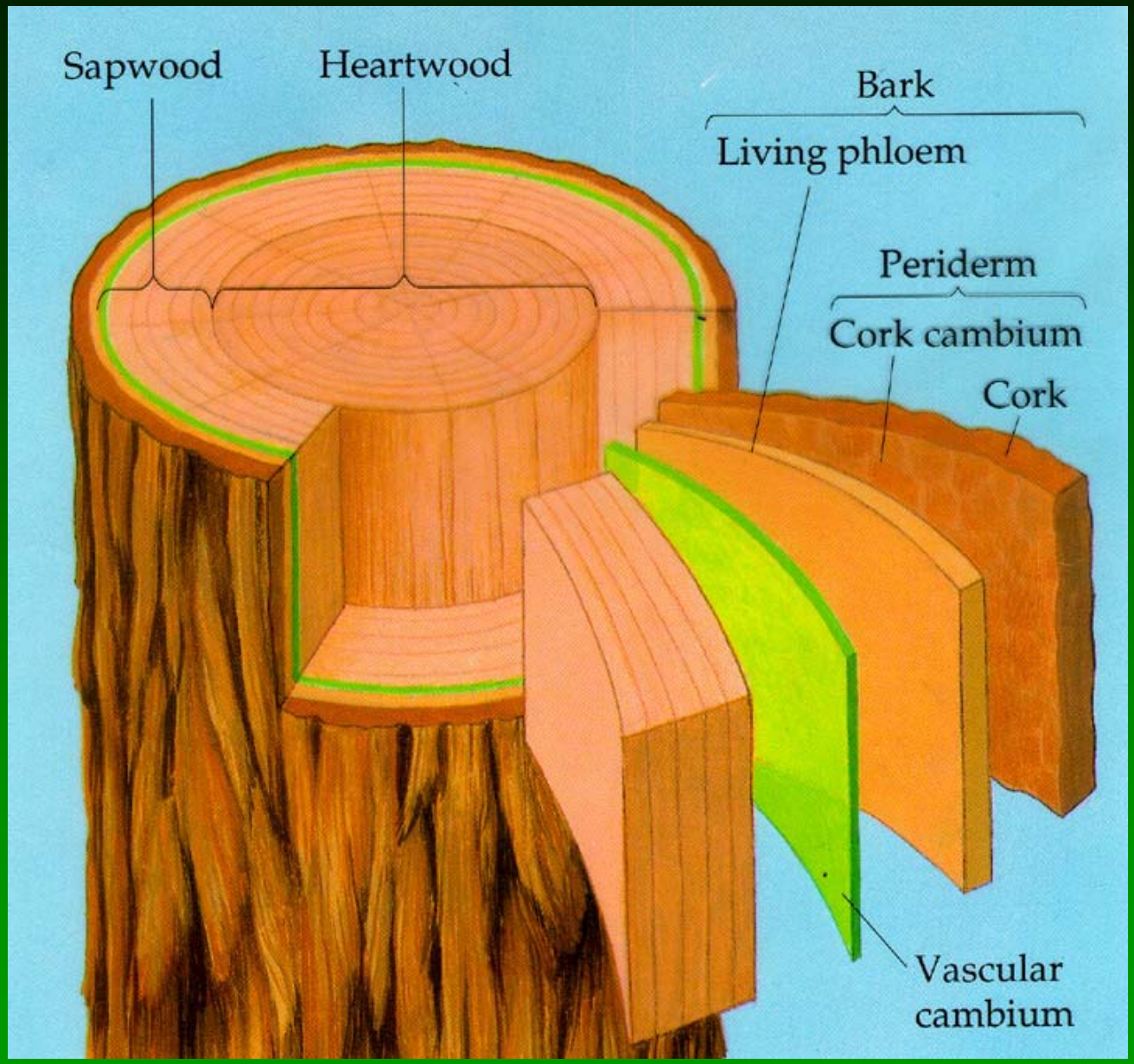
(b)Vessel elements with partially perforated end walls



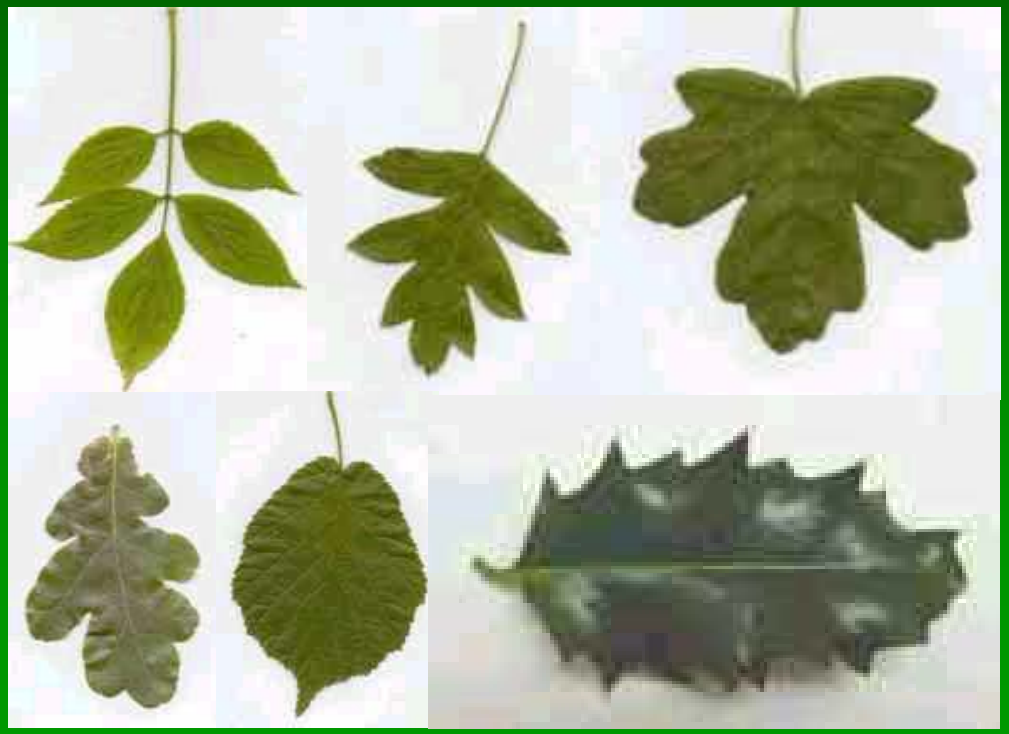
(c)Tracheids and vessels (colorized SEM)

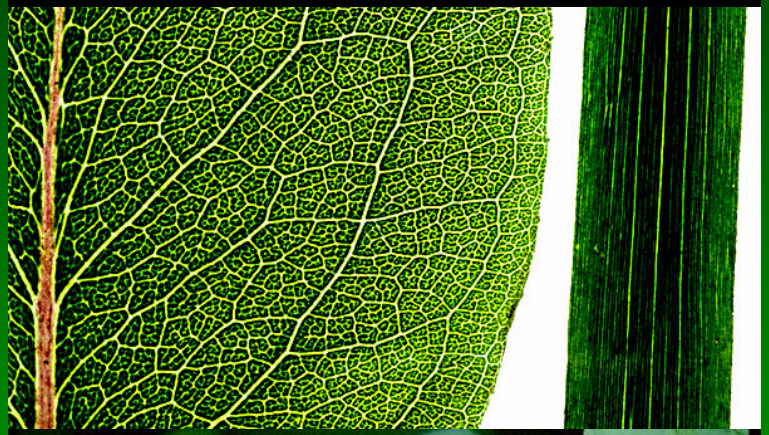
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

U sekundárně tloustnoucích má kmen na průřezu letokruhy

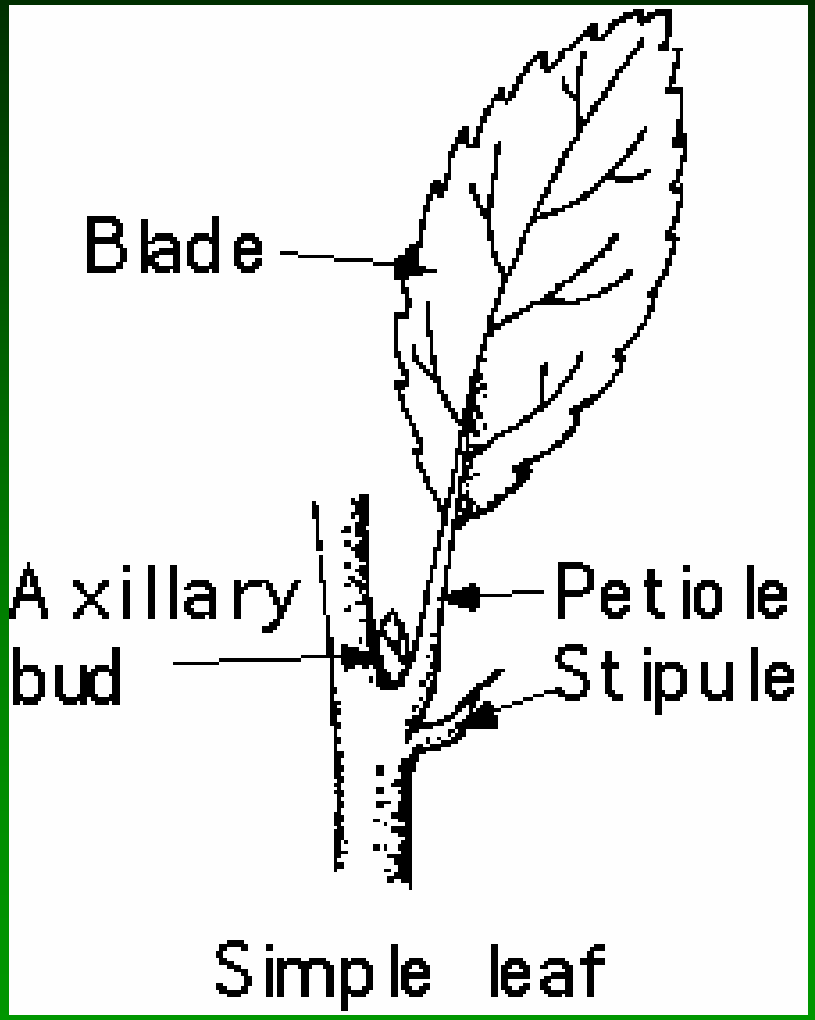


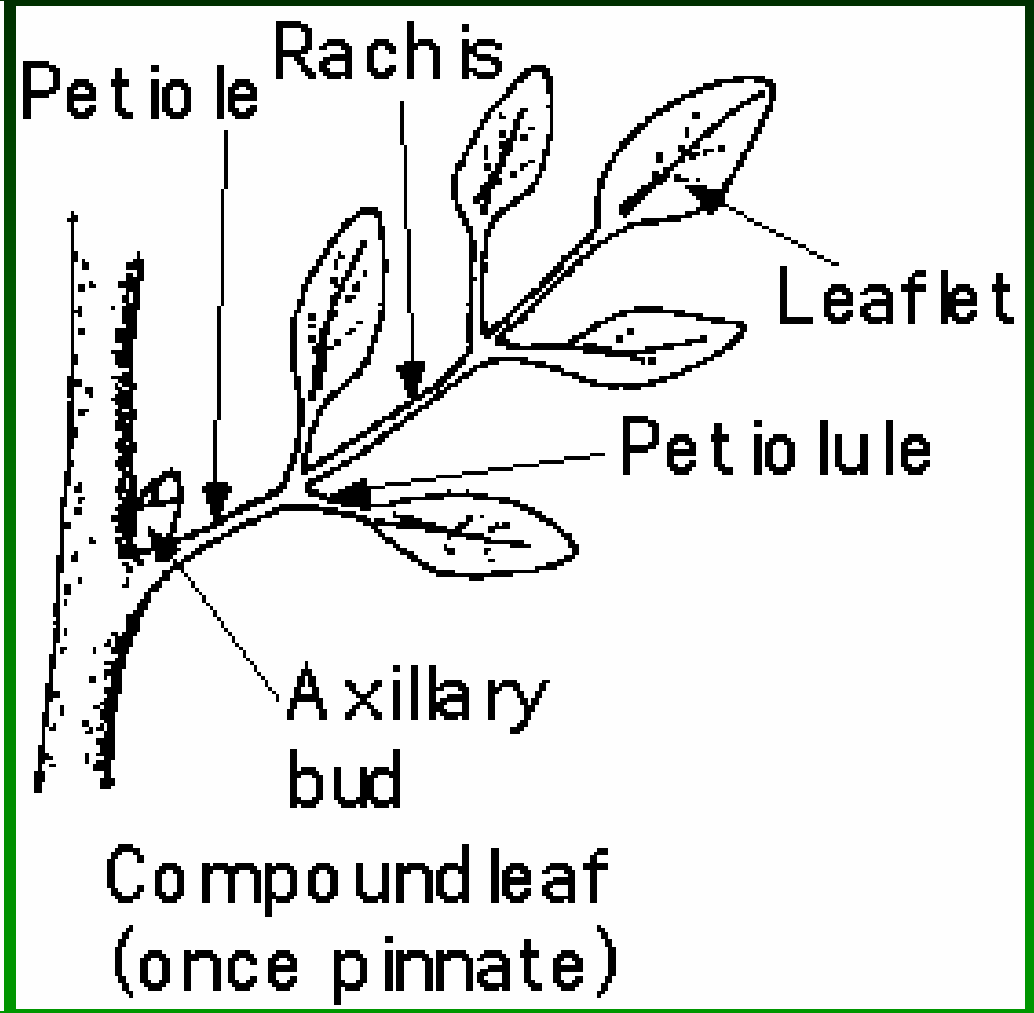
Listy megafylní, převážně lupenité
velmi rozmanitého charakteru
malé i velké
opadavé i vytrvalé
žilnatina dlanitá, zpeřená nebo rovnoběžná



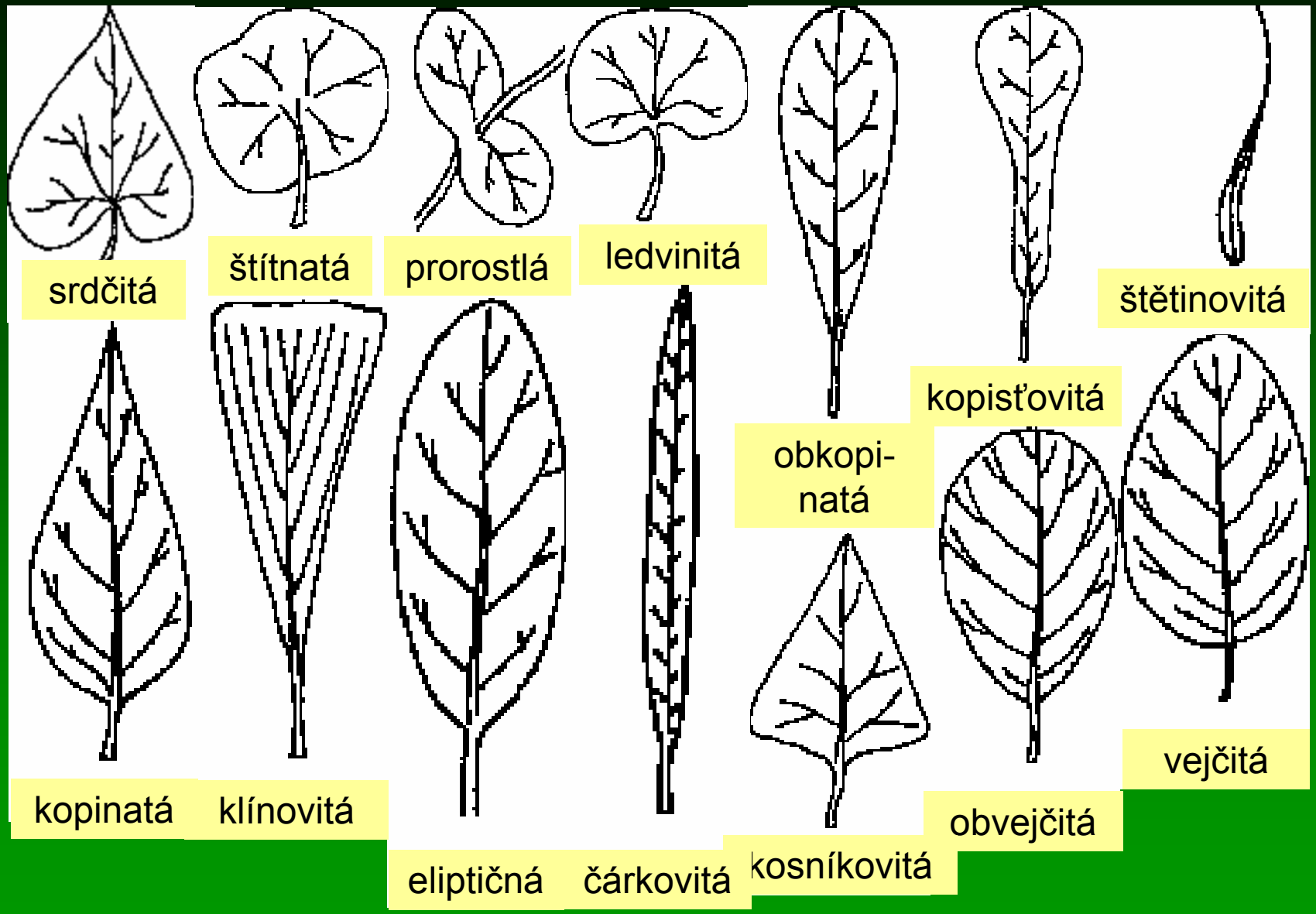


Listy jednoduché nebo složené (z lístků)

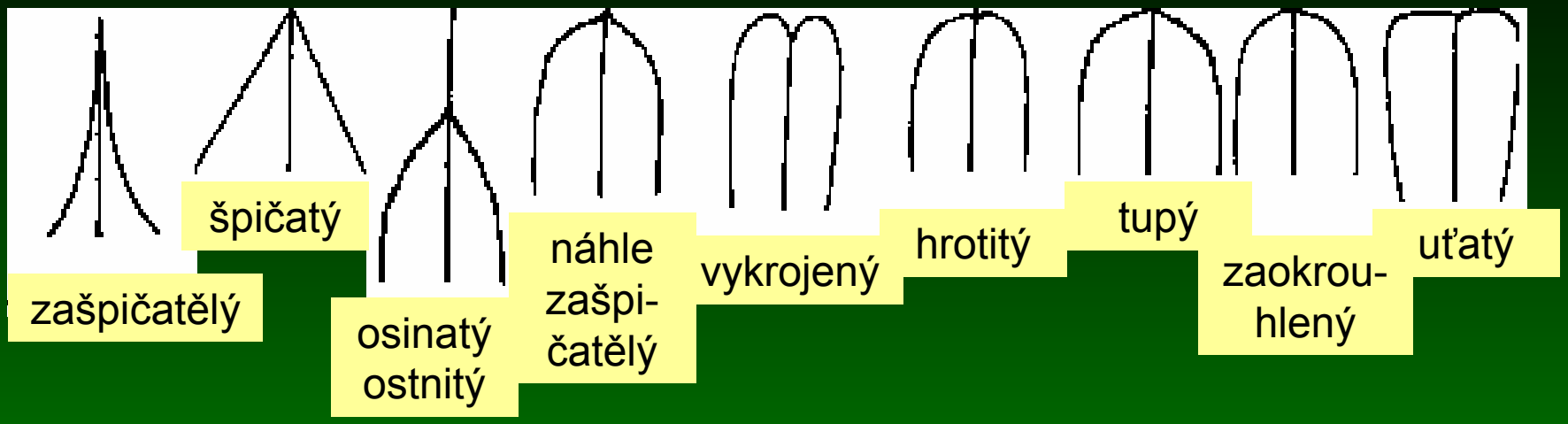




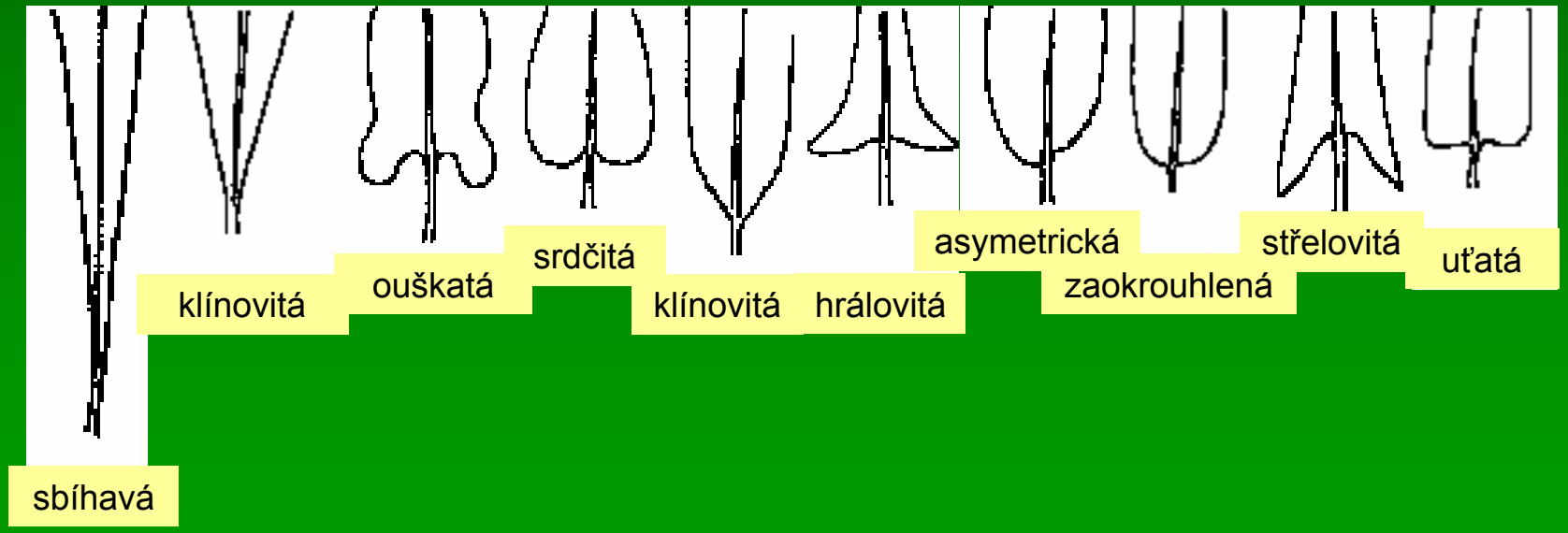
Nejčastější tvary listové čepele



Tvary vrcholu listové čepele



Tvary báze listové čepele



Listy podle charakteru okraje

celokrajný

chobotnatý

vykrajovaný

dvojitě zubatý

vroubkovaný

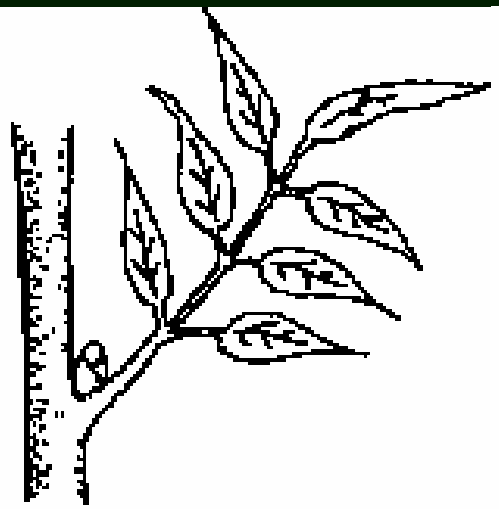
zubatý

peřenolaločný

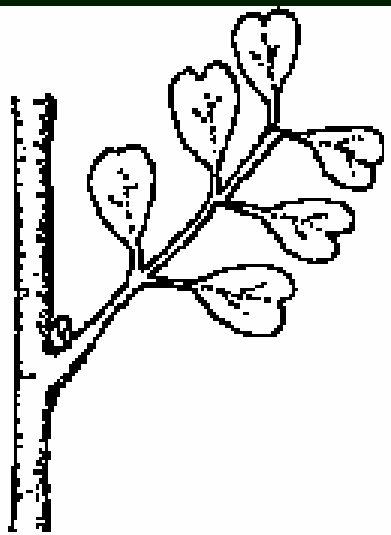
peřenosečný

dlanitosečný

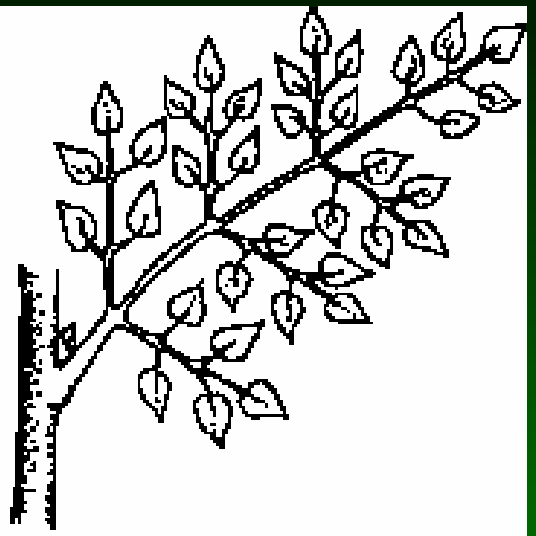
Typy složených listů



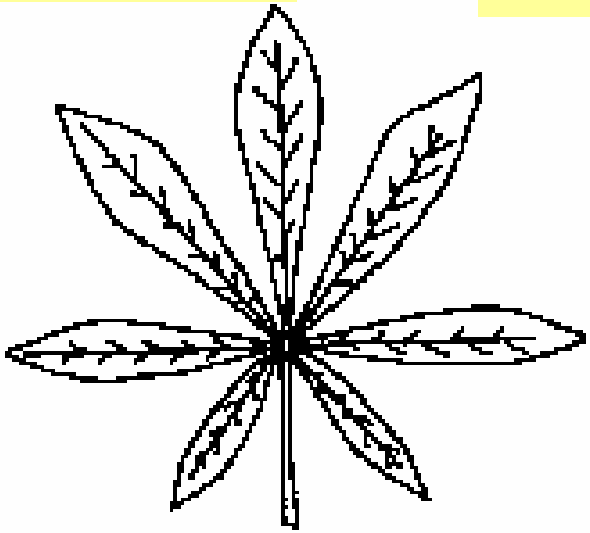
lichozpeřený



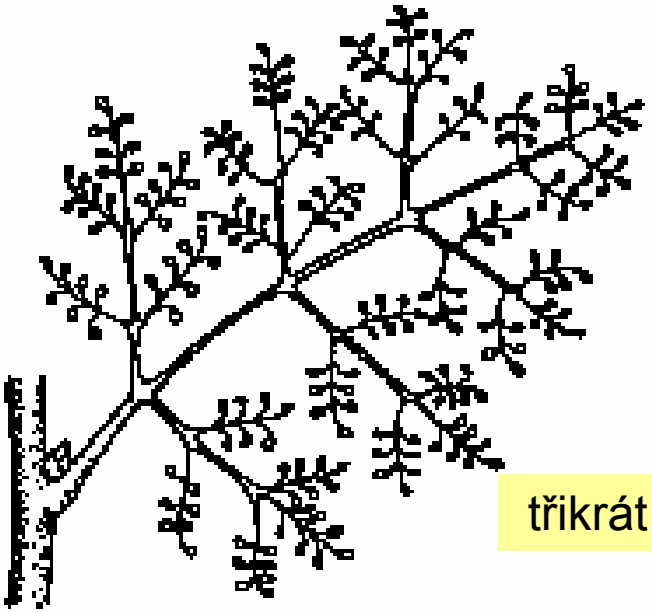
sudozpeřený



dvakrát zpeřený

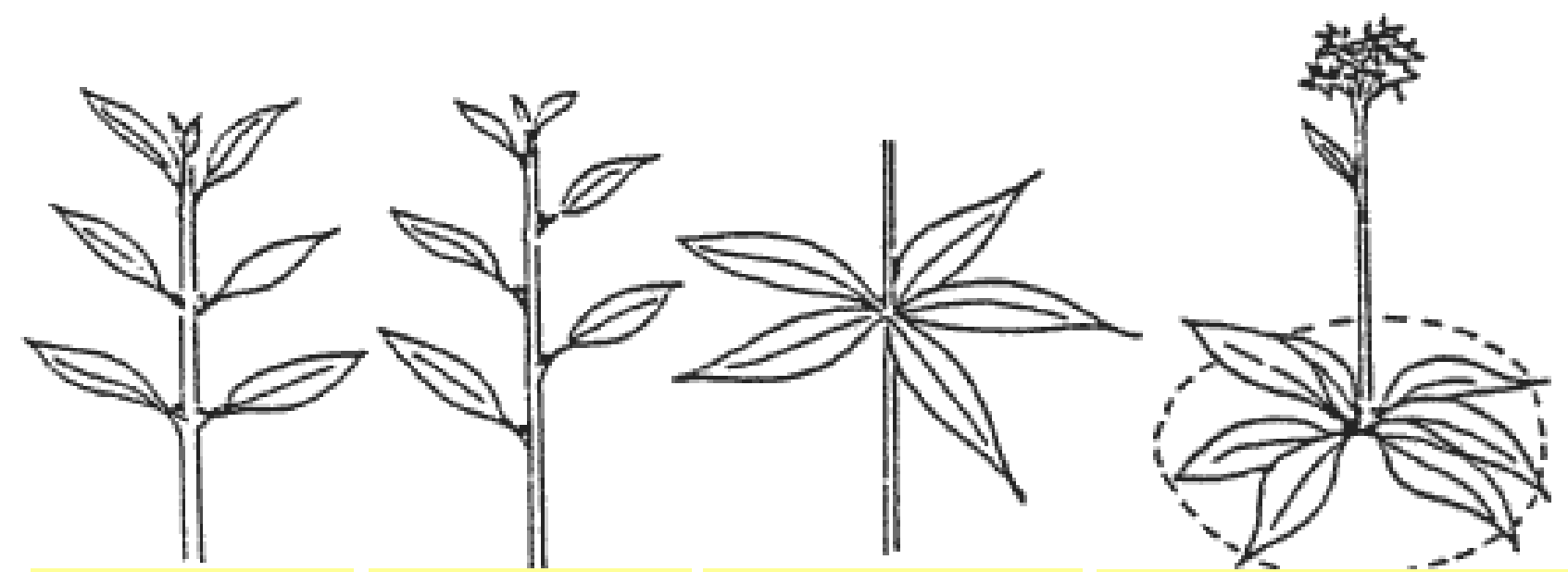


dlanitě složený (sedmičetný)



třikrát zpeřený

Postavení listů na stonku může být:

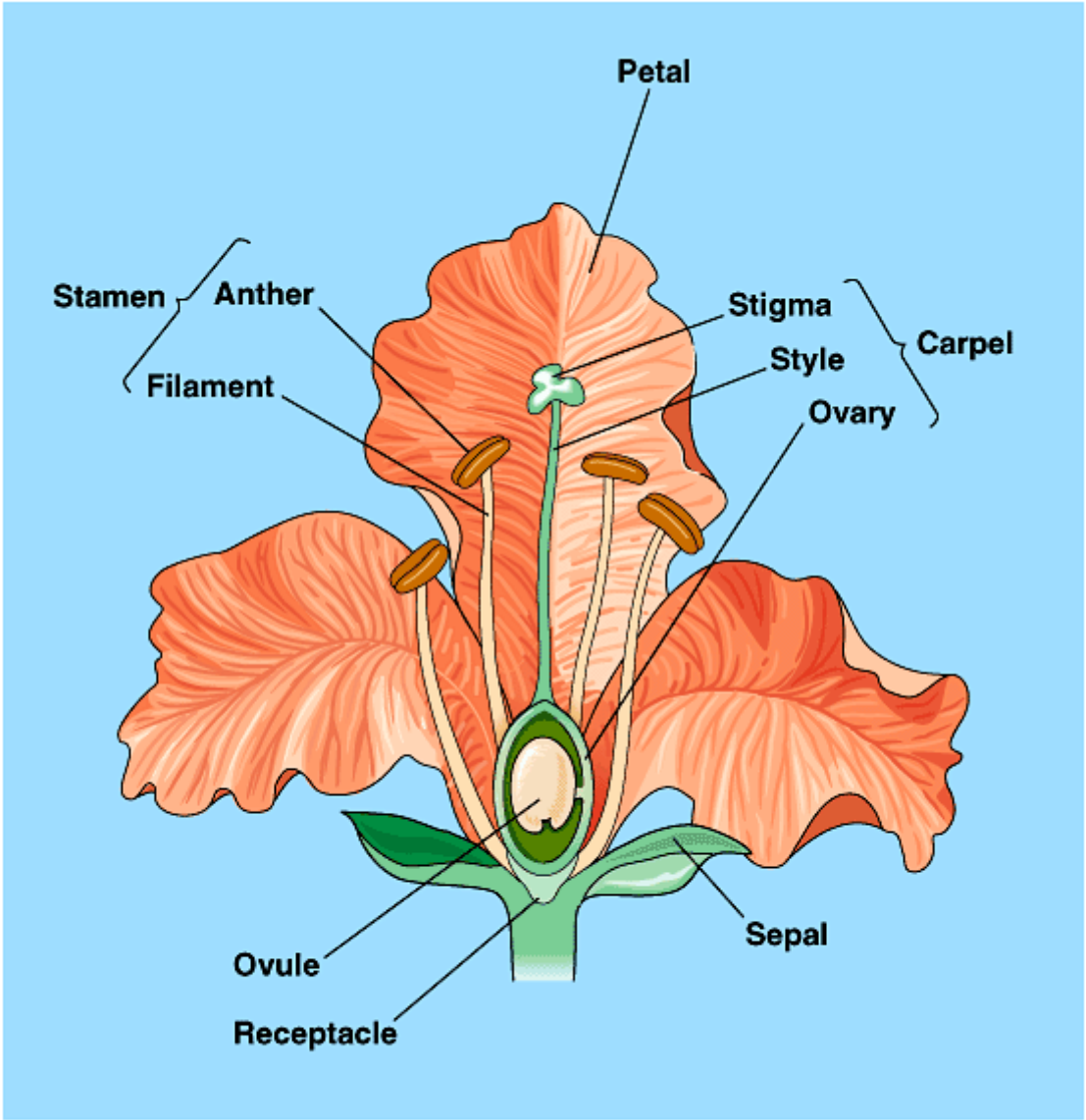


vstřícné | střídavé | v přeslenech | v přízemní růžici

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

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

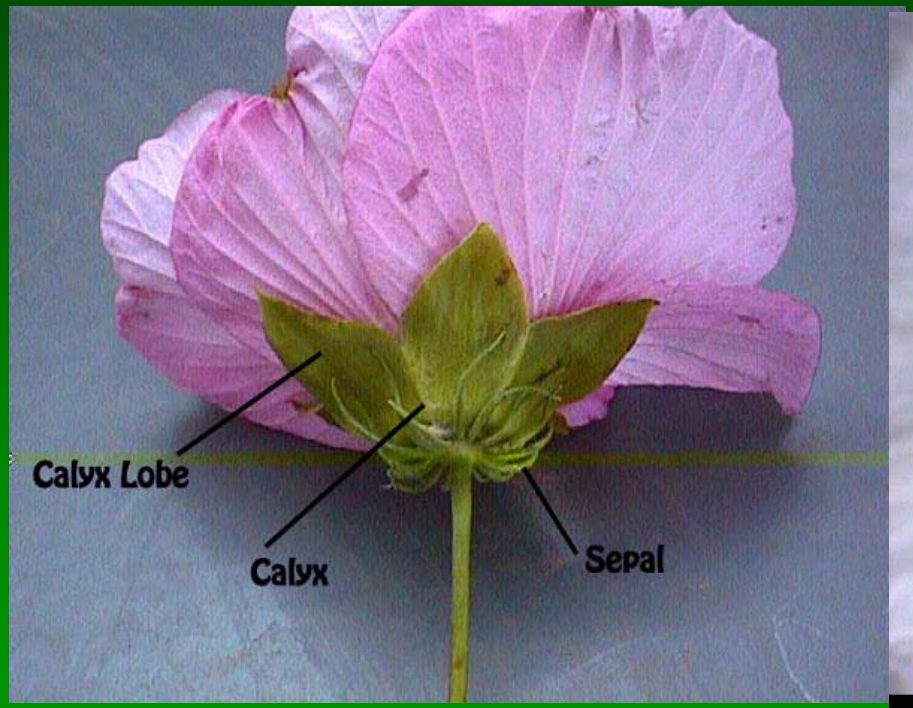
Tyto části jsou pak v různých ustálených či neustálených počtech

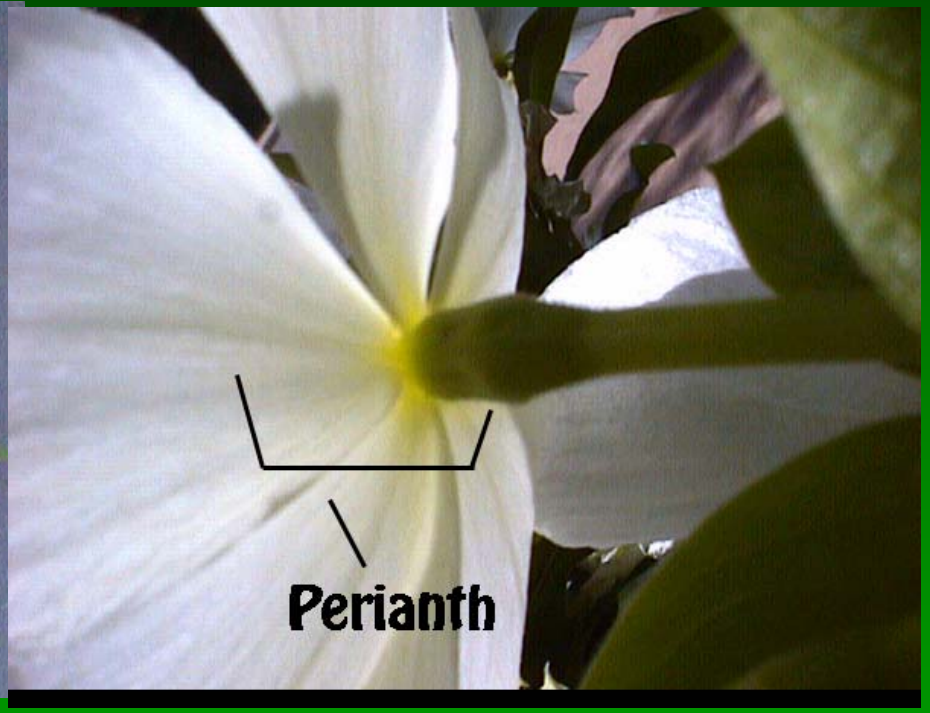


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

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**)





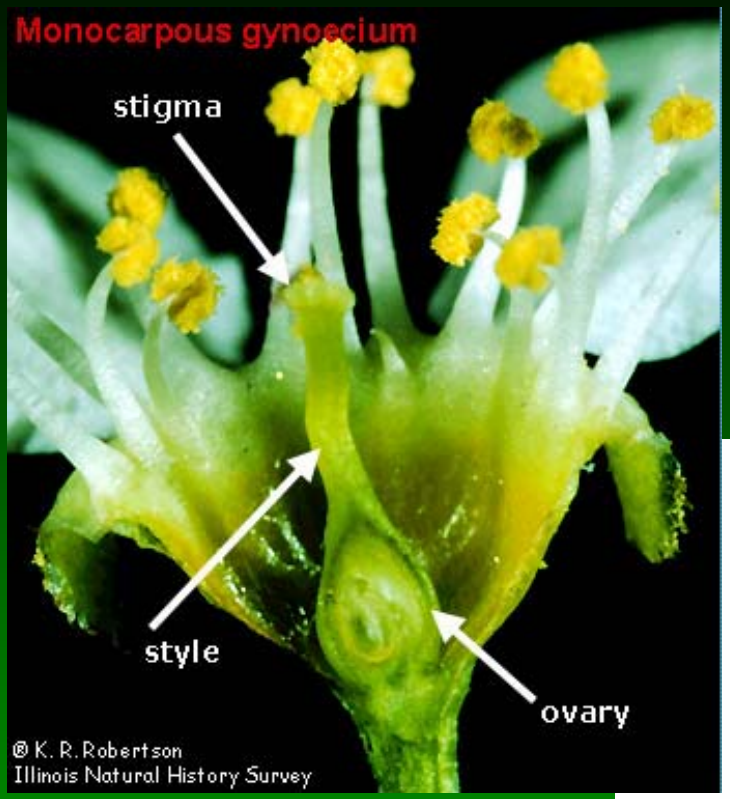
Volné lístky korunní (**petaly**) tvoří **květy choripetalní**,

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

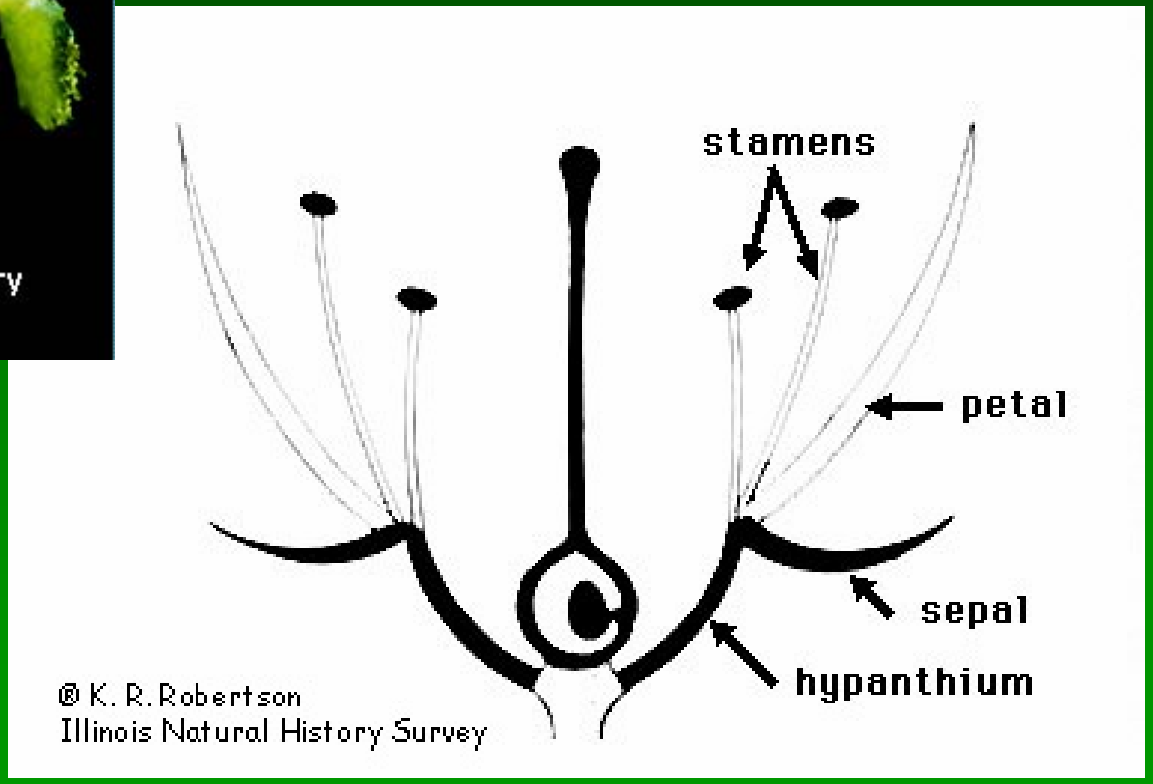
volné lístky okvětí (**tepaly**) tvoří **květy choritepalní**

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

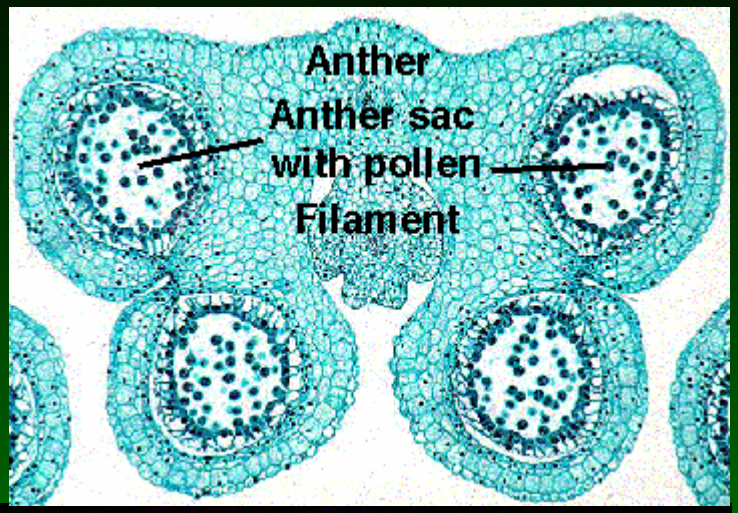
Srostlé části kalicha, koruny nebo okvětí se nazývají kališní, korunní nebo okvětní **trubka**, volné části se nazývají kališní, korunní nebo okvětní **cípy**

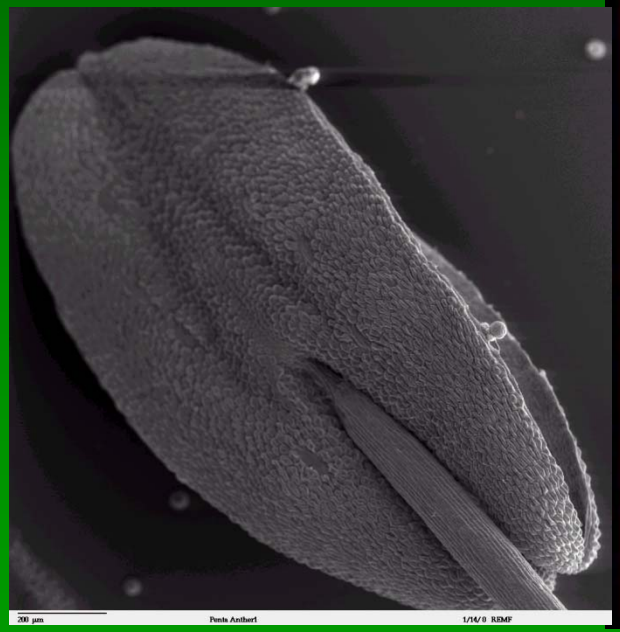


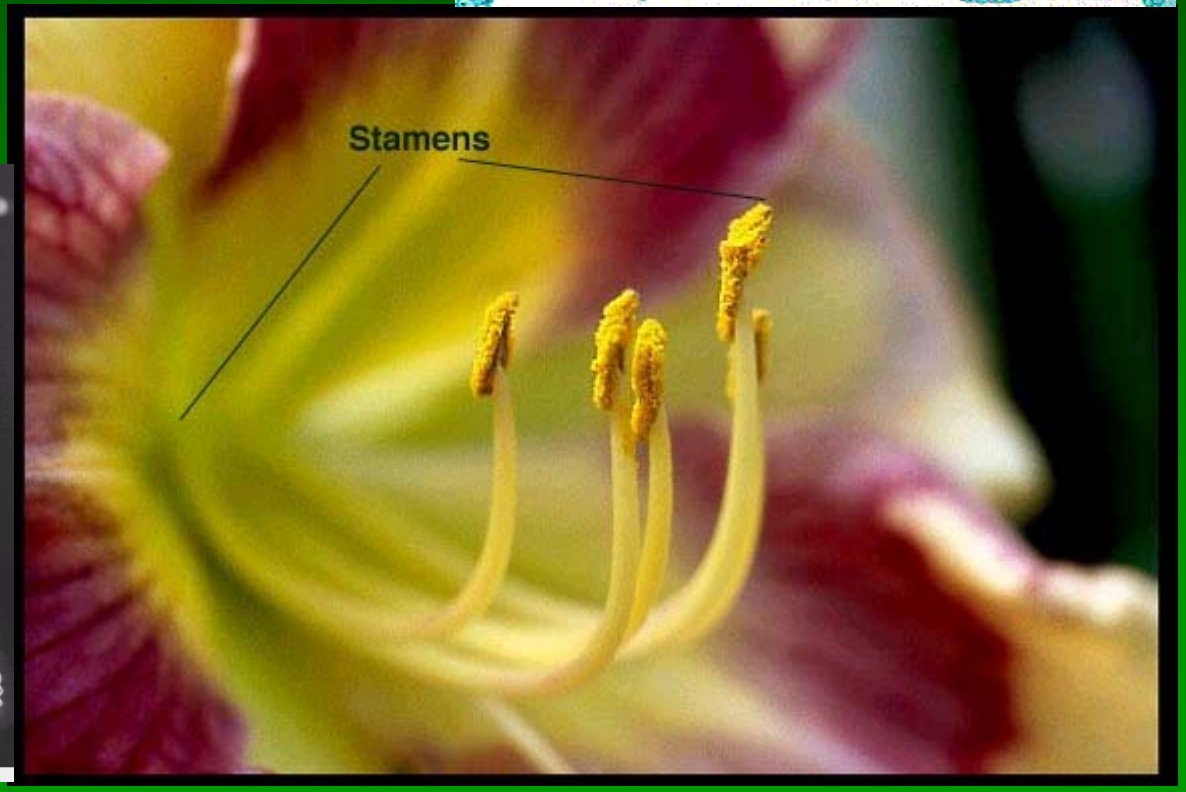
Někdy srůstají bazální části kalicha, koruny a tyčinek v hypanthium (= receptaculum)



Tyčinky sestávají z nitky (filamentum), spojidla (connectivum) a obvykle 2 mikrosynangií (prašné váčky, též prašníky, anthera)

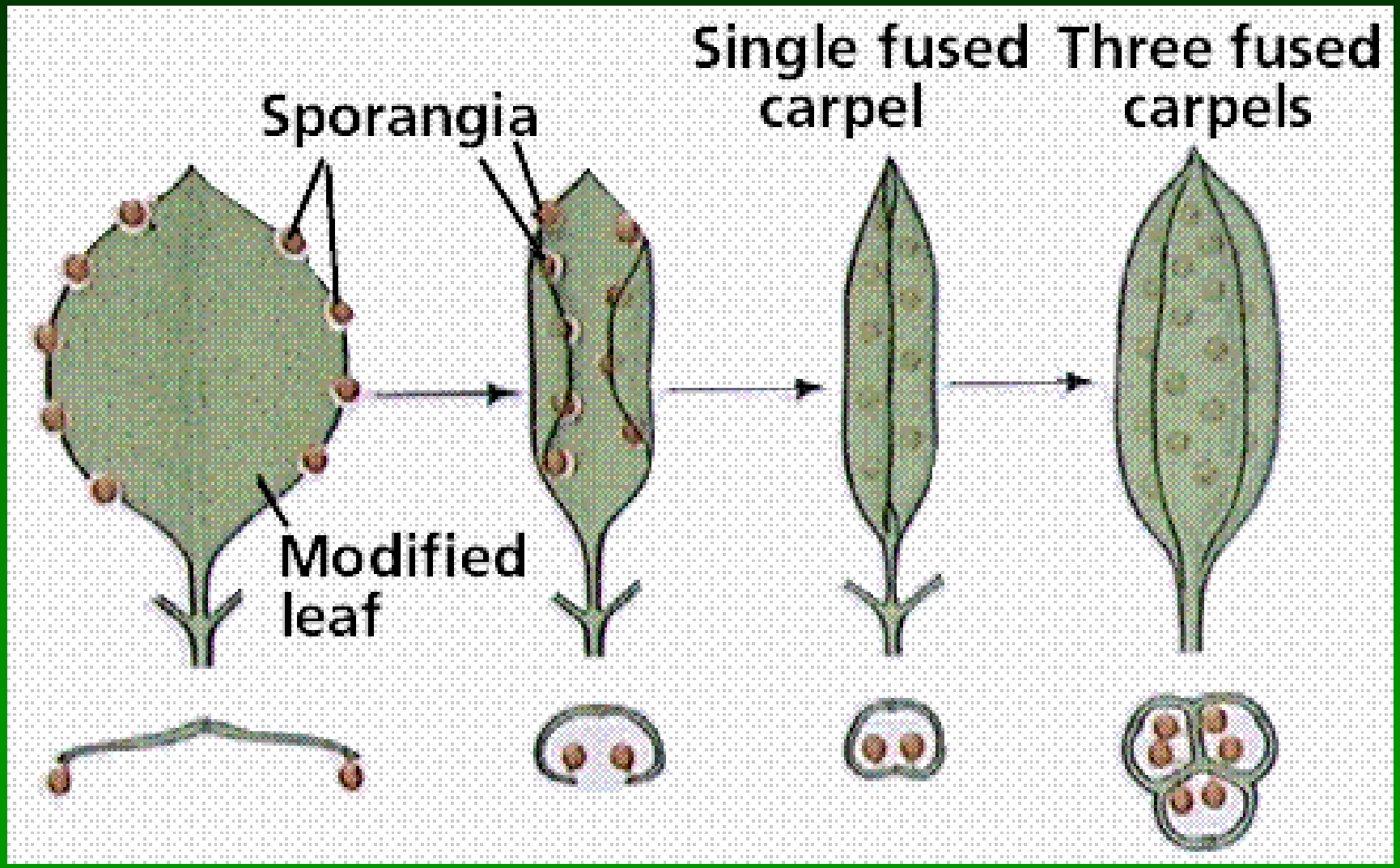






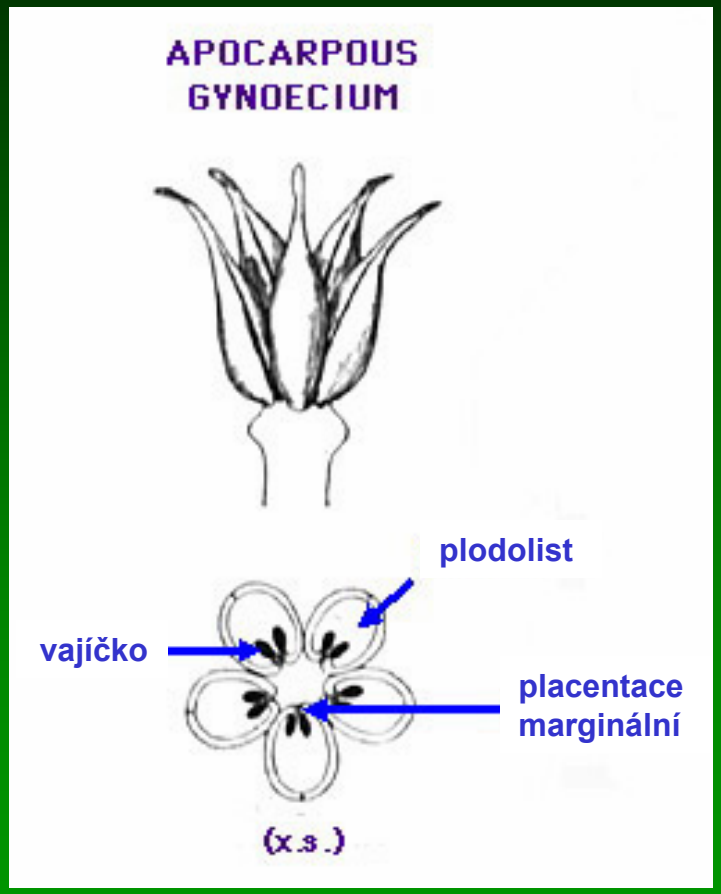
Někdy jsou mezi tyčinkami také nevyvinuté tyčinky bez prašníků = patyčinky (**staminodia**)

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

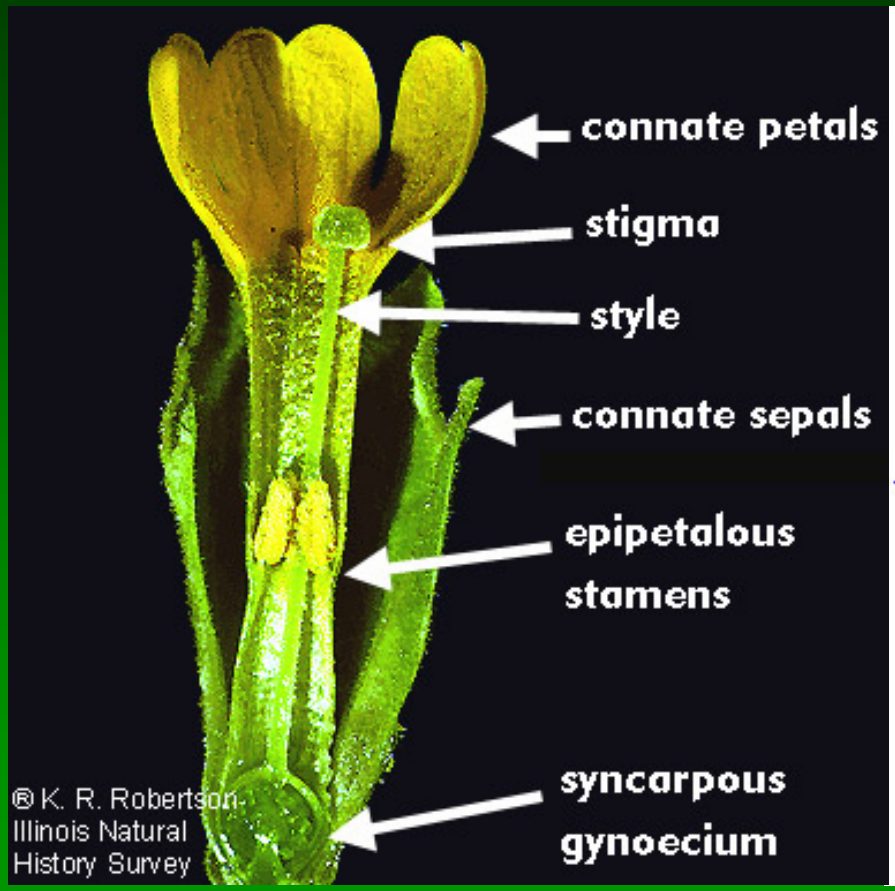


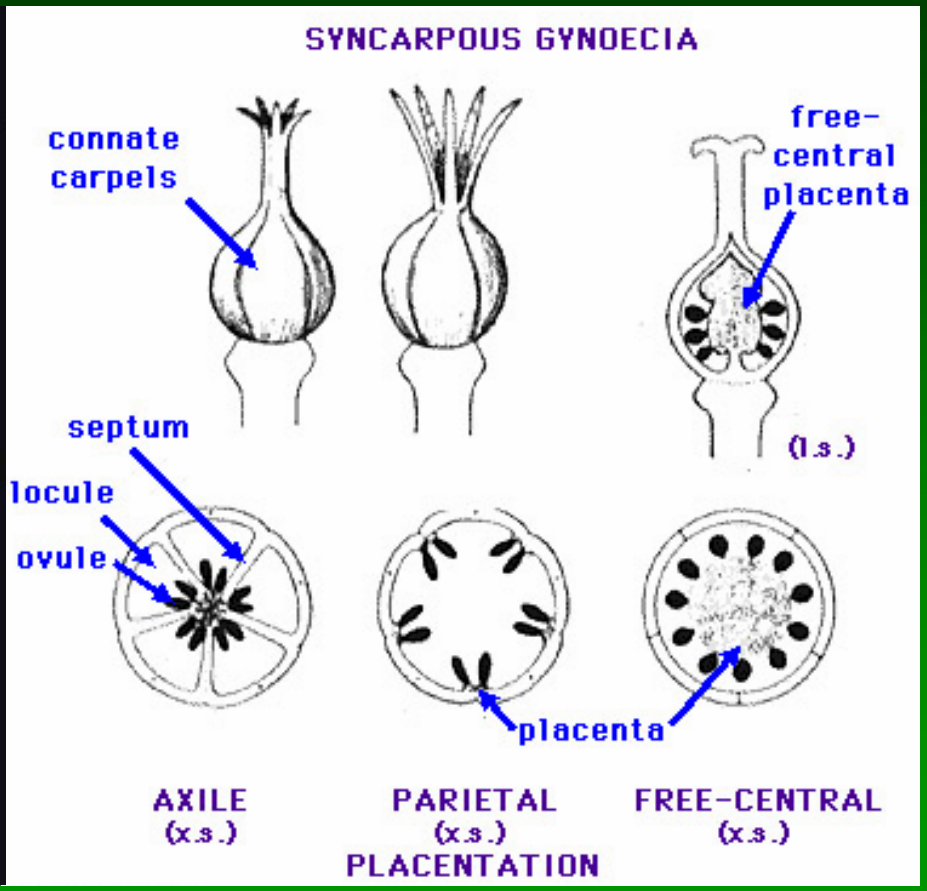
Plodolisty tvoří obvykle soubor - **pestík** (čes. gyneceum, angl. lat. gynoeceum)

Plodolisty tvořící pestík jsou buď volné, vzájemně nesrostlé = **apokarpní gyneceum**

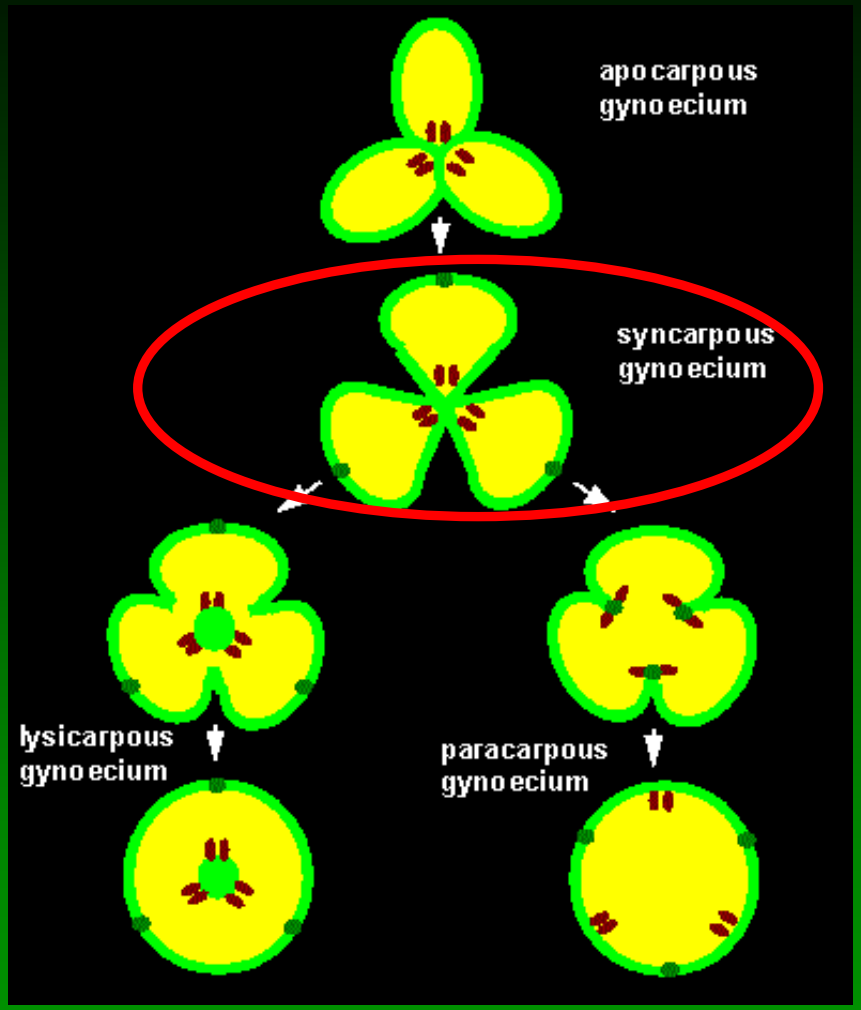


Jindy jsou plodolisty pestíku více či méně srostlé = **cénokarpní gyneceum**, podle polohy vajíček na plodolistech rozlišujeme typy **placentace**: **axilární, parietální a centrální**.

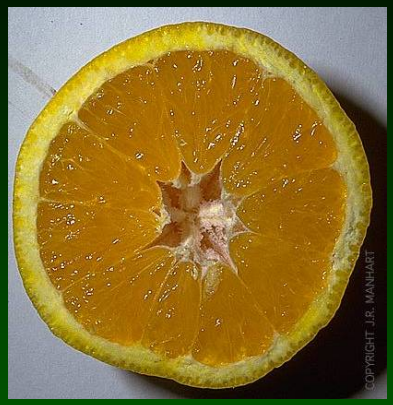




Synkarpní gyneceum = axilární placentace



Solanaceae



Rutaceae

Convolvulaceae

Malvaceae

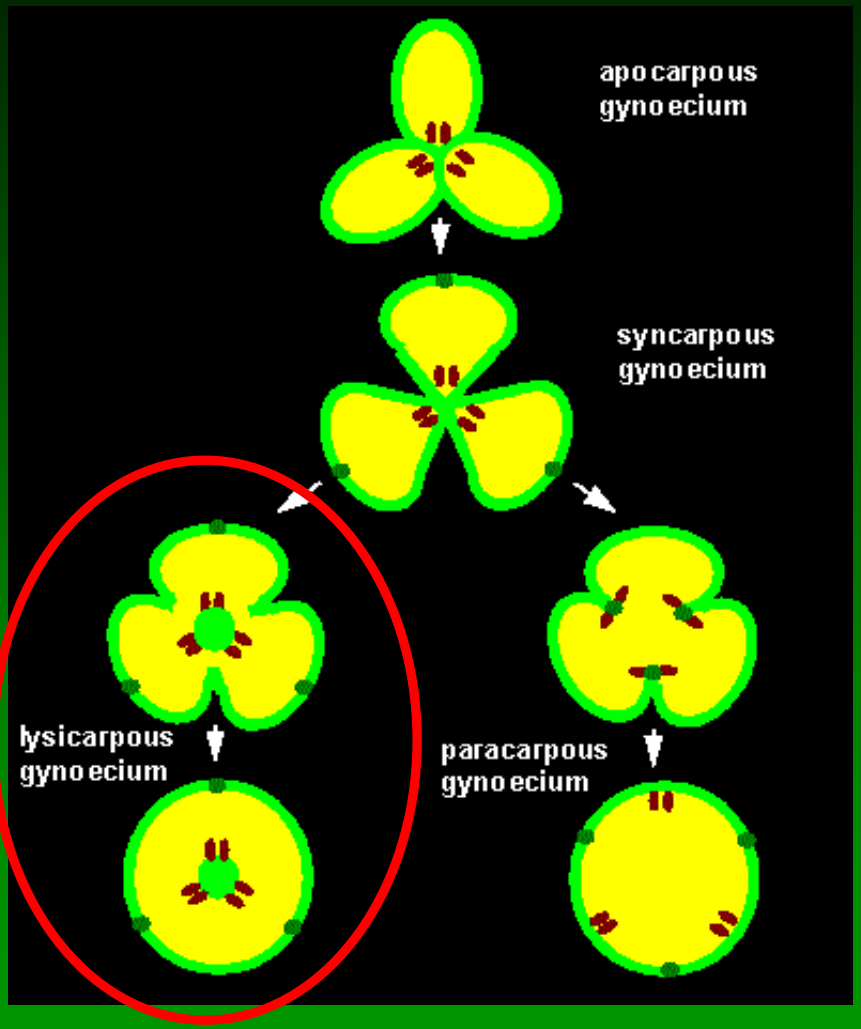
Iridaceae

Grossulariaceae

Vacciniaceae

Papaveraceae

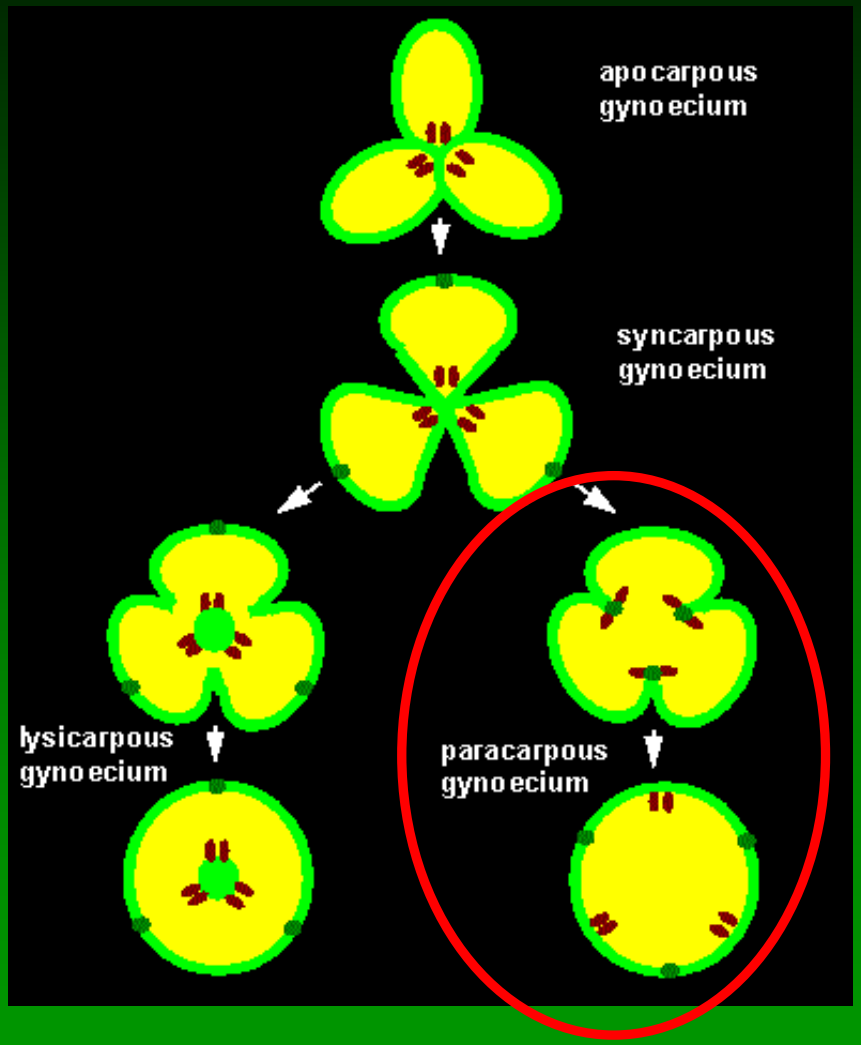
Lysikarpní gyneceum = centrální nebo bazální placentace



Primulaceae

Caryophyllaceae

Parakarpní gyneceum = parietální placentace



Chenopodiaceae

Orchidaceae

Cactaceae

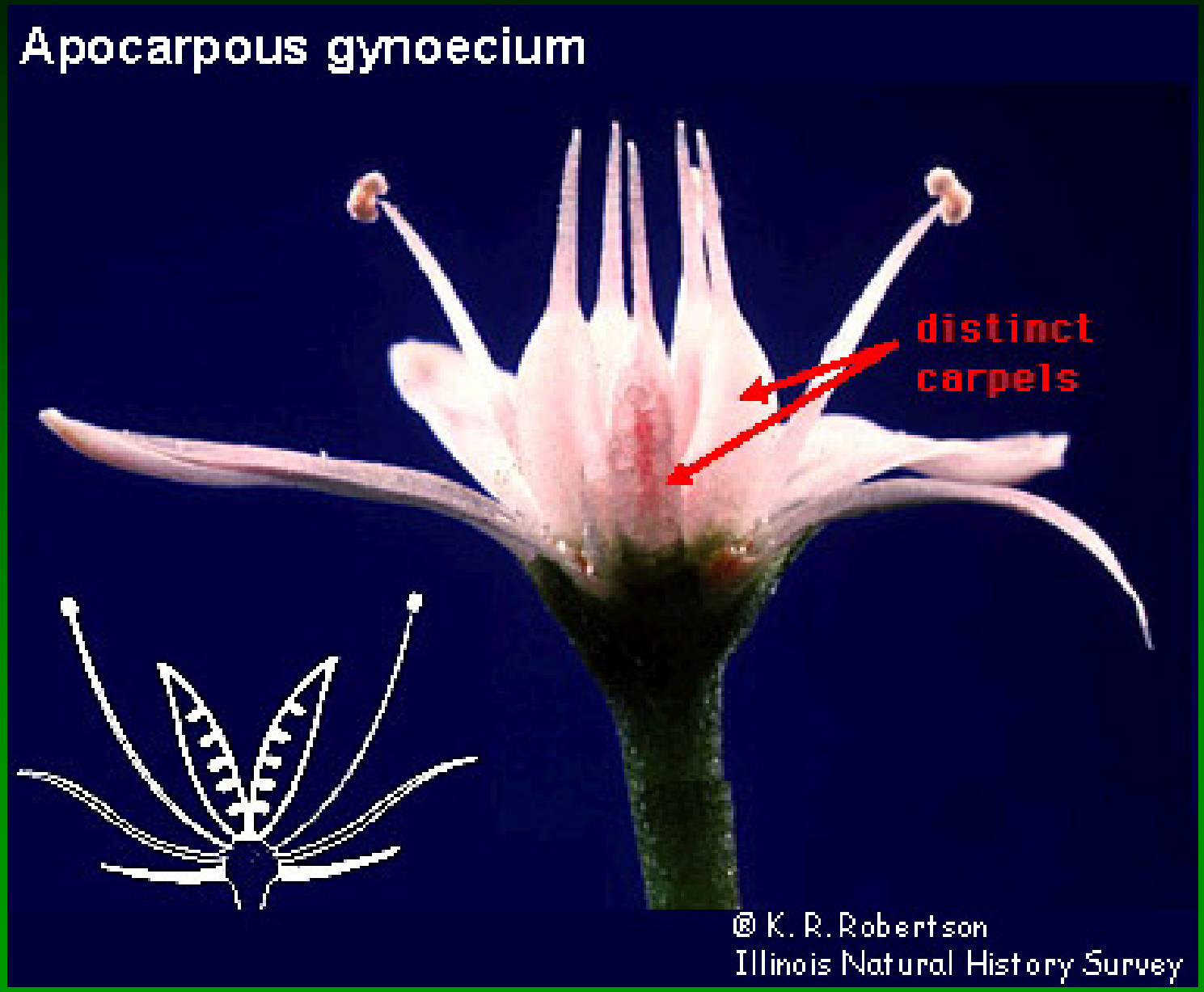
Cucurbitaceae

Orobanchaceae

Brassicaceae

Violaceae

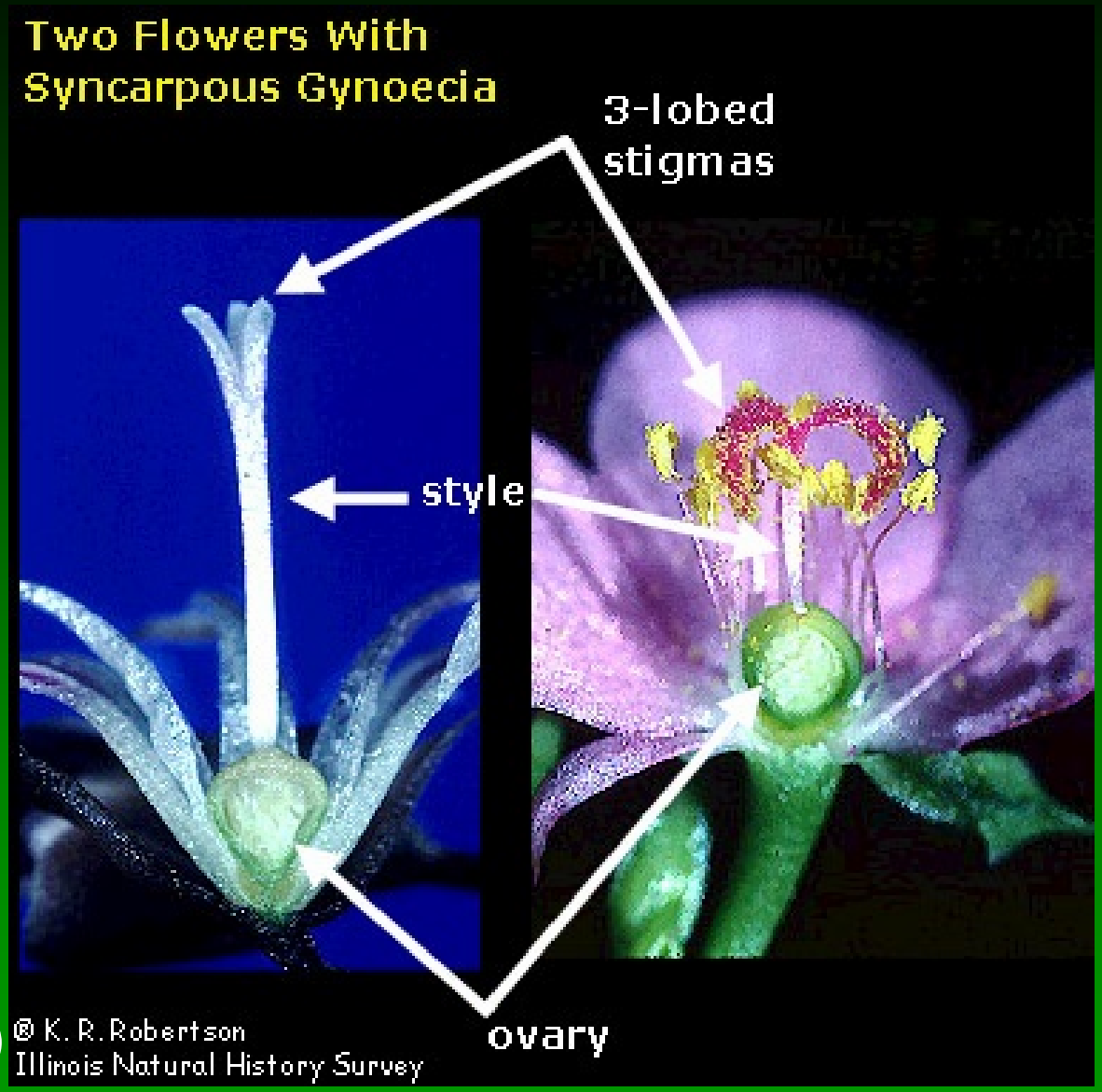
Volné plodolisty apokarpního gynecea mívají pačnělku (**stylodium**)



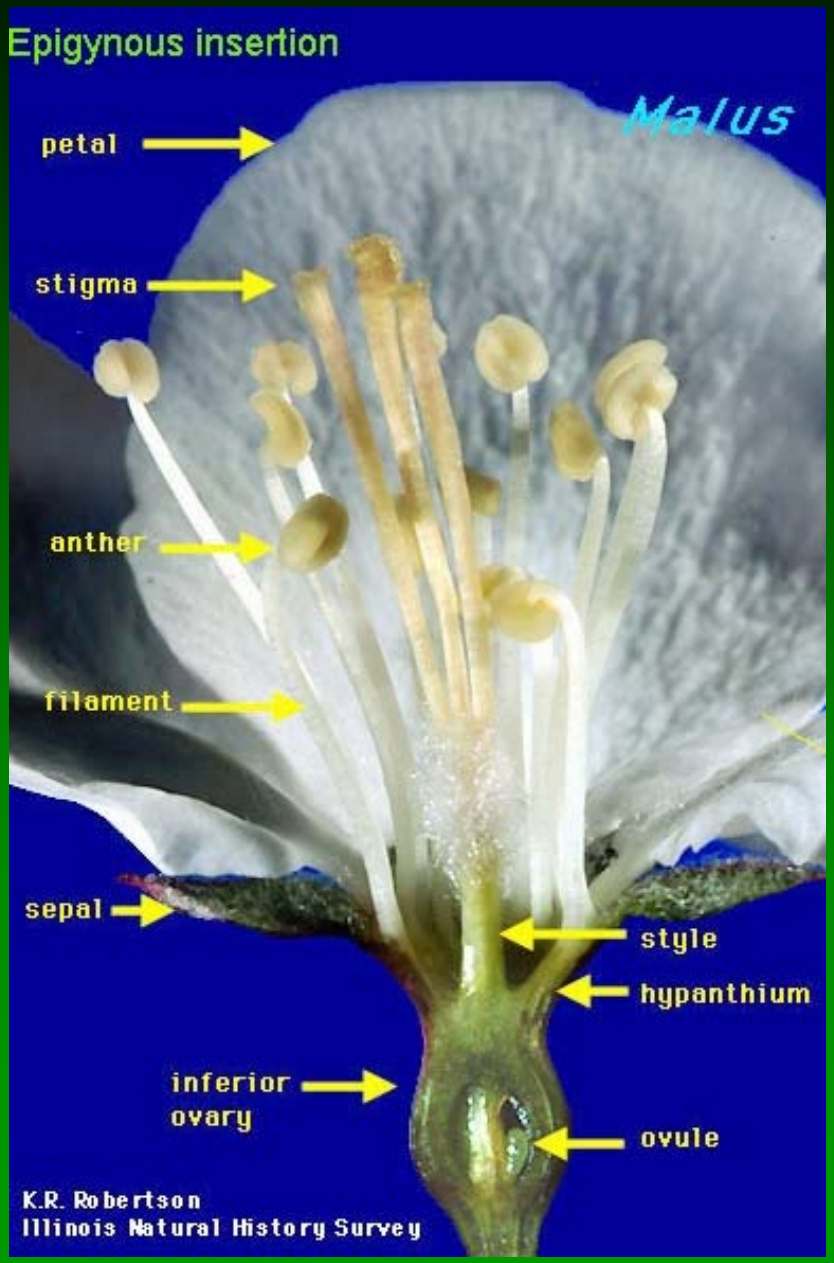
U cénokarpního gynecea jsou stylodia často srostlá v **čnělku** (stylus)

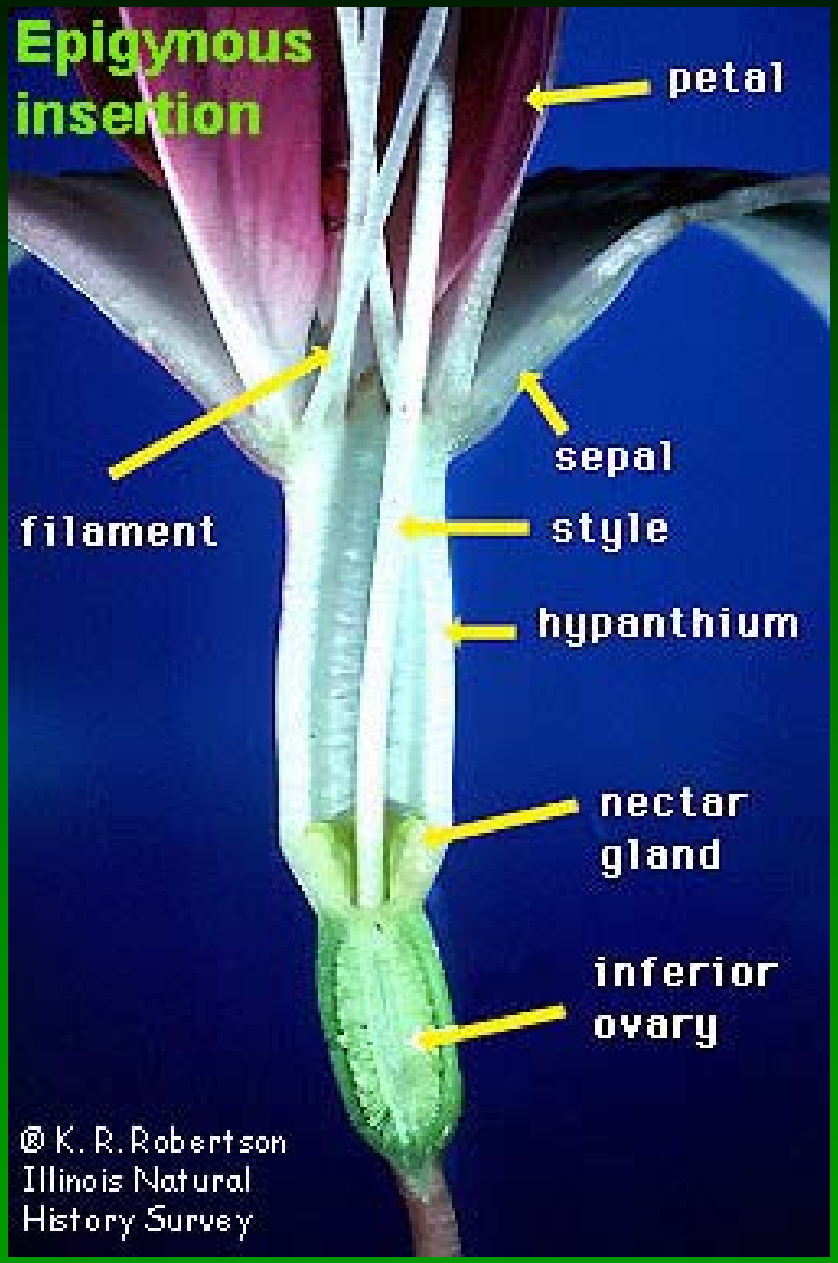
Čnělka bývá na vrcholu často rozšířená v **bliznu** (stigma)

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

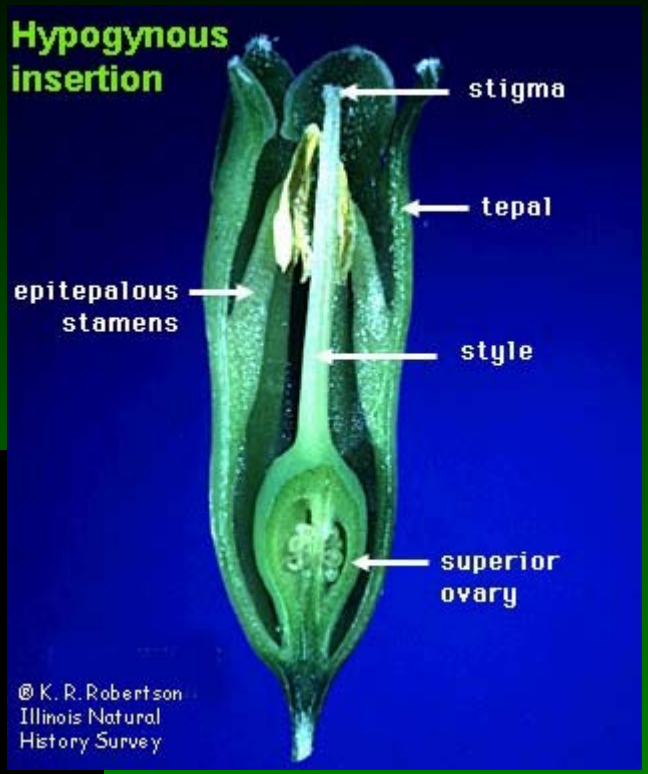


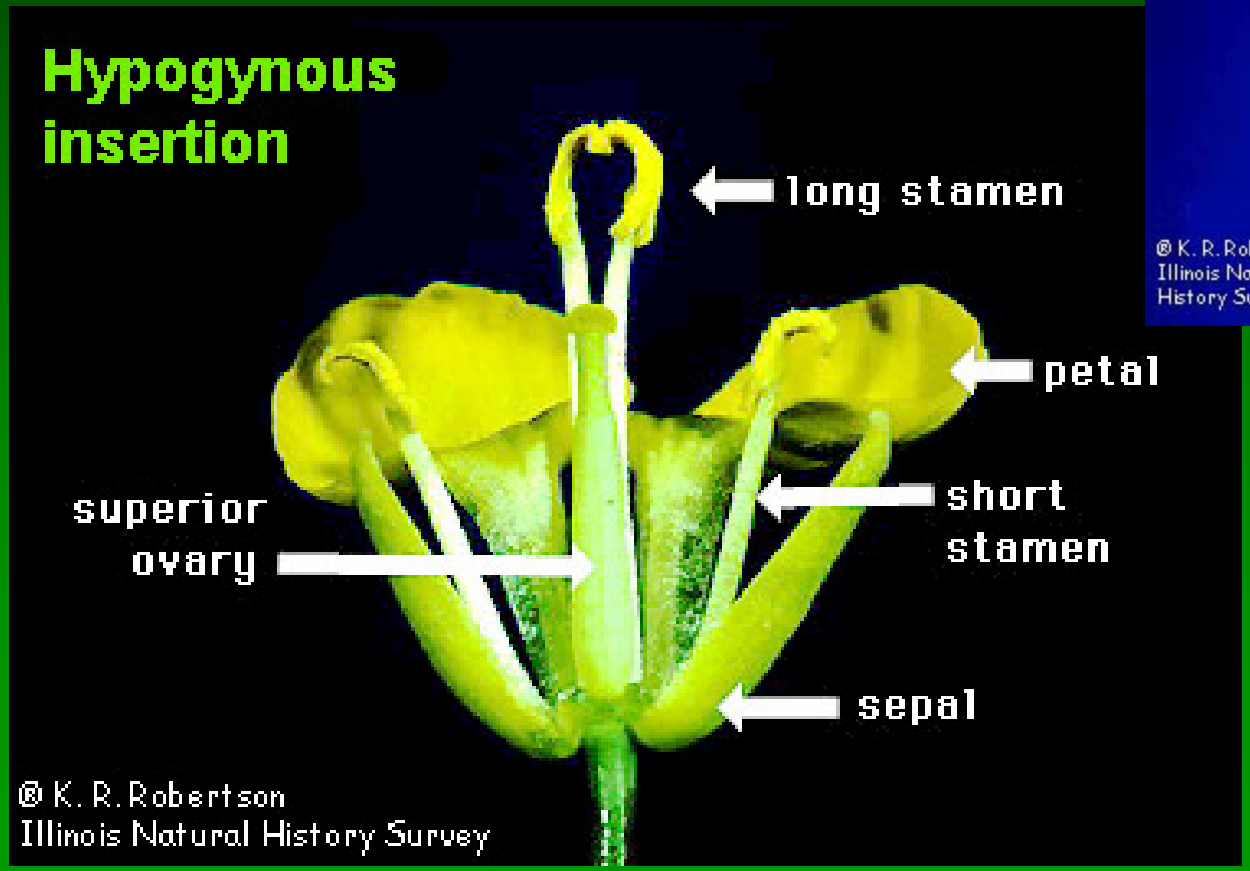
Spodní semeník





Svrchní semeník





Květy mohou být buď jednoduché,

nebo skládají květenství různých typů

Jednotlivé květy - *Papaver*

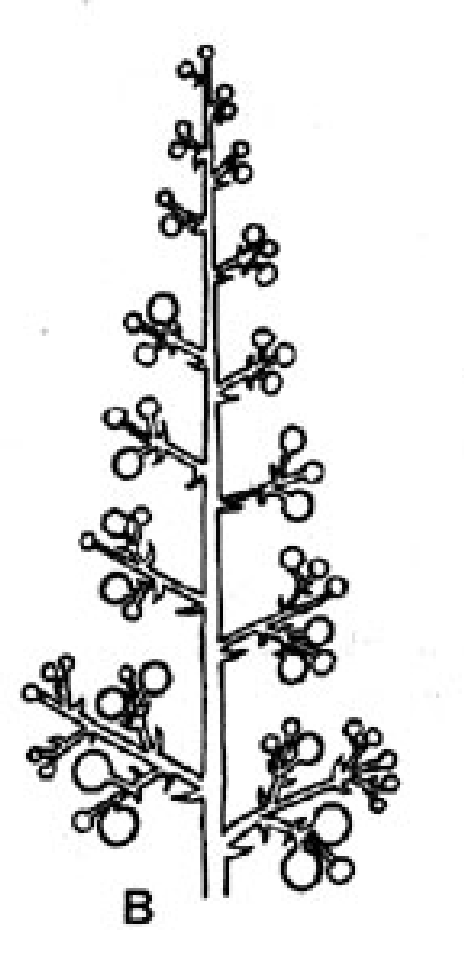
Papaver

Convolvulus

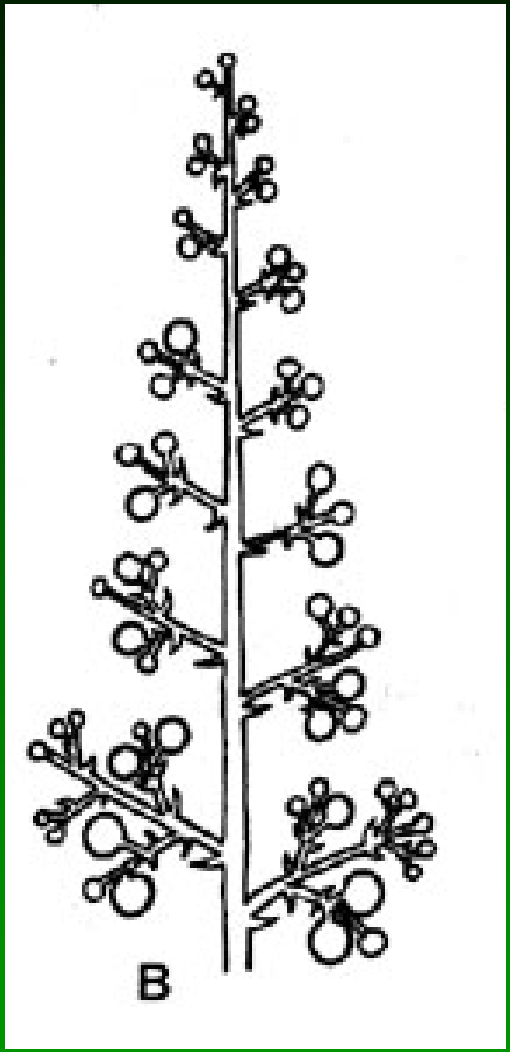
Hroznovitá květenství

lata

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



Lata

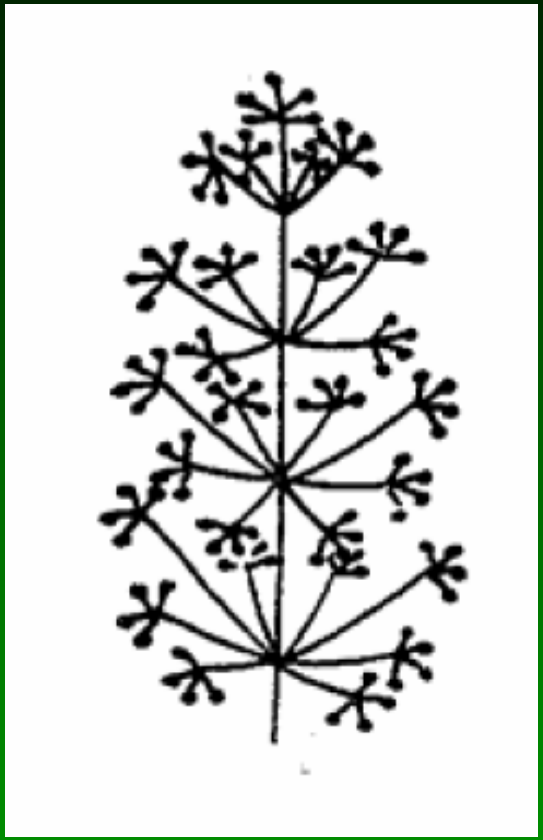


šeřík (*Syringa, Oleaceae*)

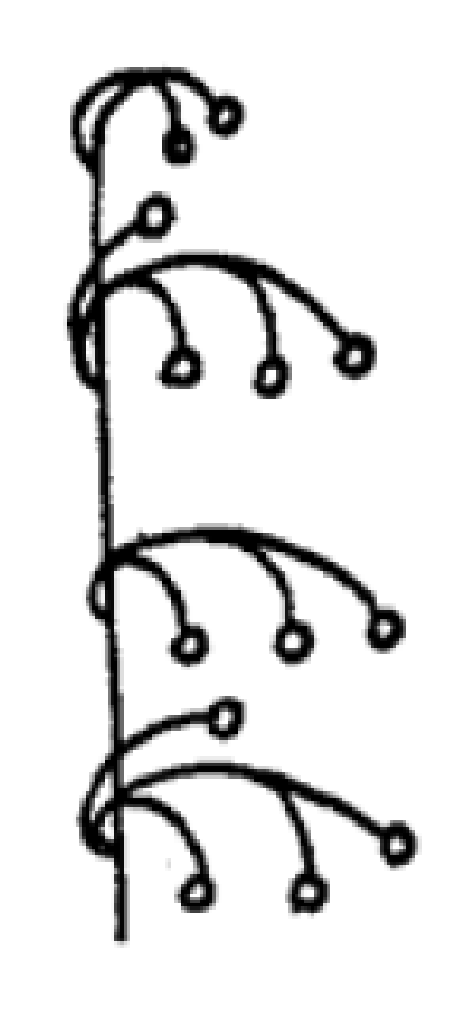
javor (*Acer*)

Přeslenitá lata

žabník (*Alisma*)



Jednostranná lata

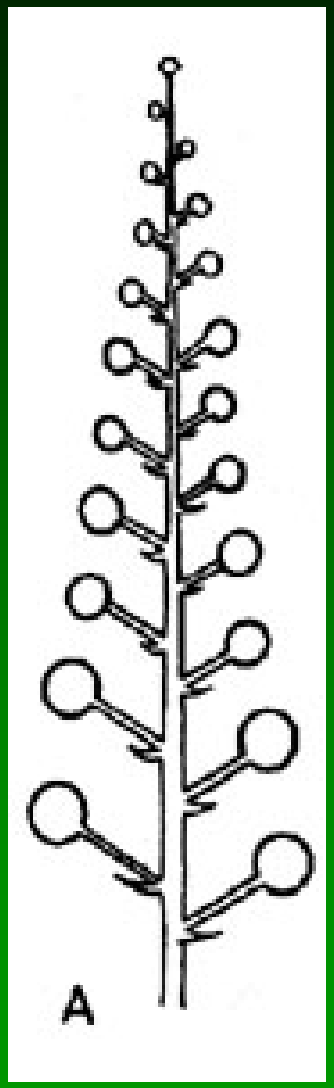


Bromus

Festuca

Melica uniflora

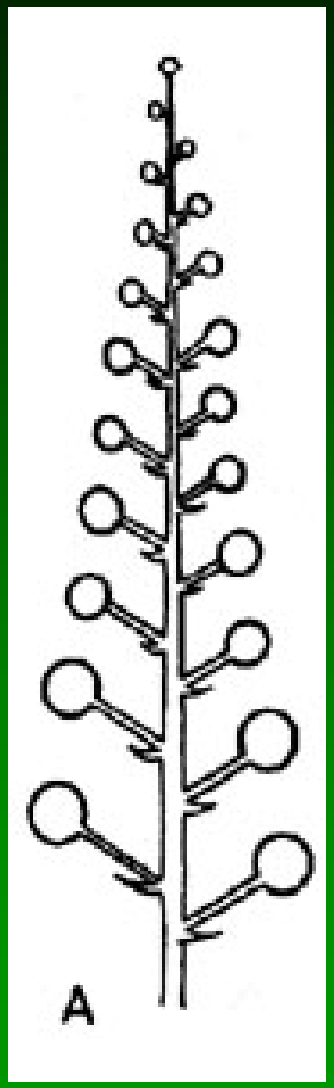
hrozen



Aconitum

Corydalis

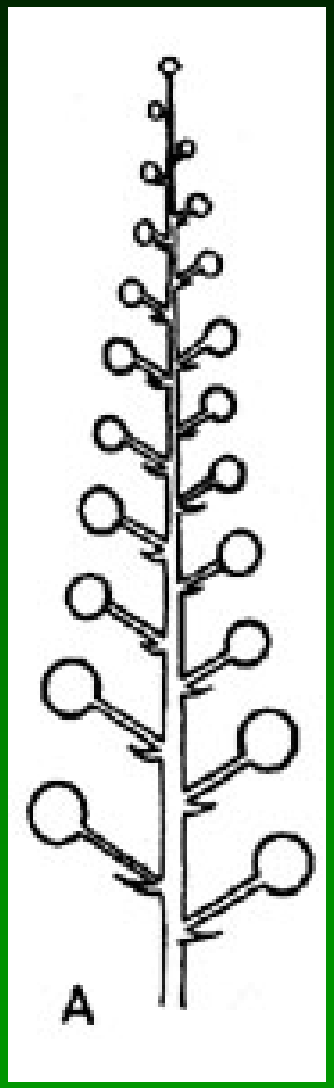
hrozen



Lupinus

Hyacinthus

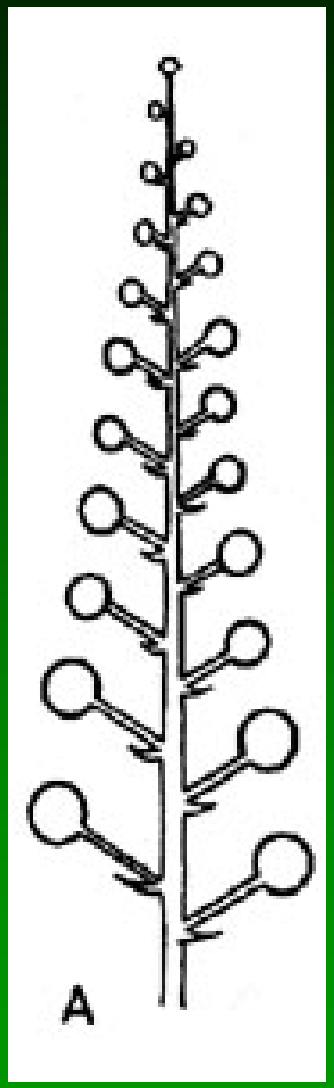
hrozen



penízek (*Thlaspi*)

pstroček (*Maianthemum, Liliaceae*)

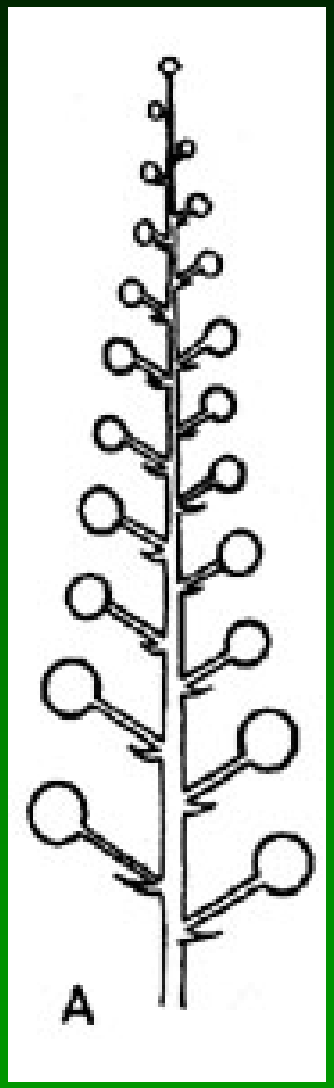
hrozen



vrbovka (*Chamaenerion, Onagraceae*)

vachta (*Menyanthes, Menyanthaceae*)

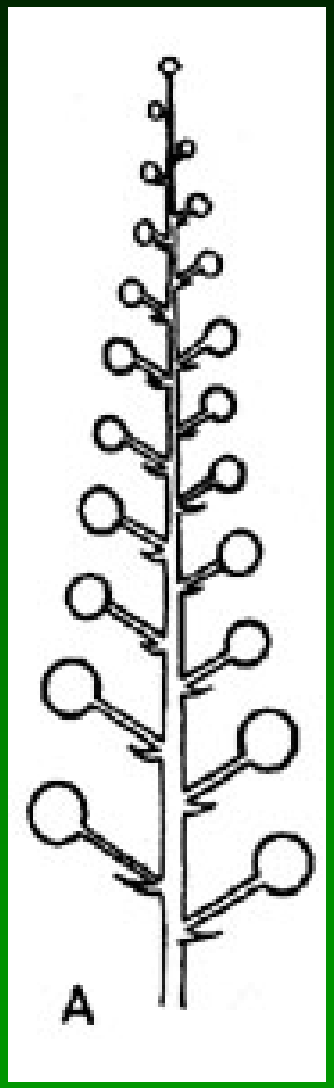
hrozen



vřes (*Calluna, Ericaceae*)

rybíz (*Ribes, Grossulariaceae*)

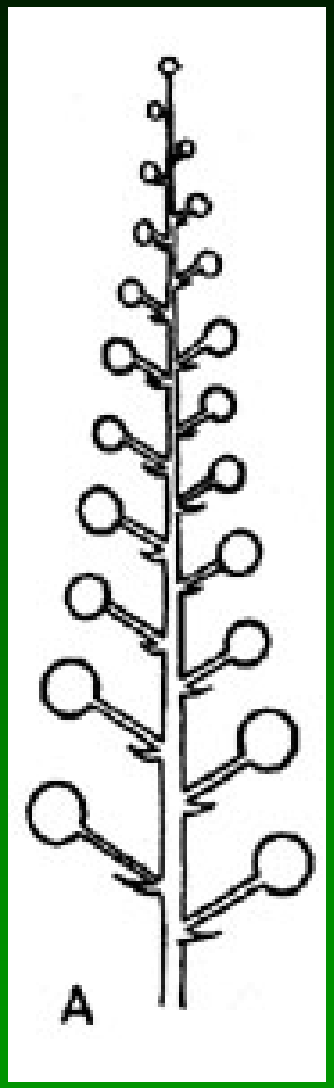
hrozen



střemcha (*Padus racemosa*)

akát (*Robinia pseudacacia*)

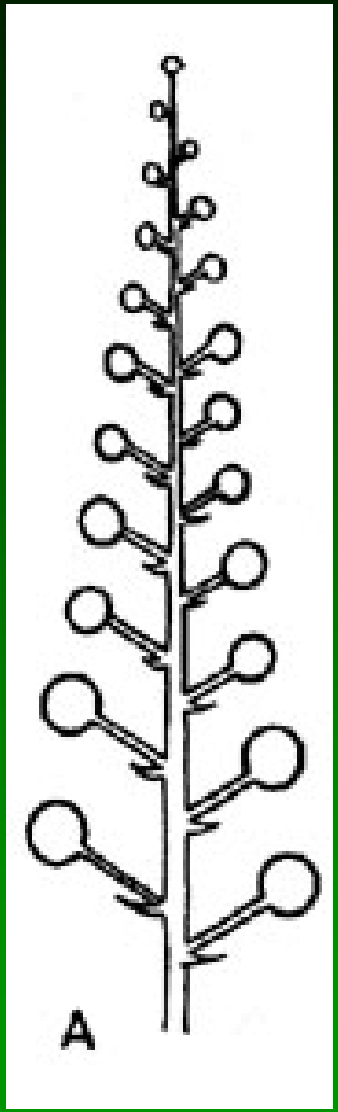
hrozen



lnice květel (*Linaria vulgaris*)

rozrazil rezekvítek (*Veronica chamaedrys*) – úžlabní hrozny

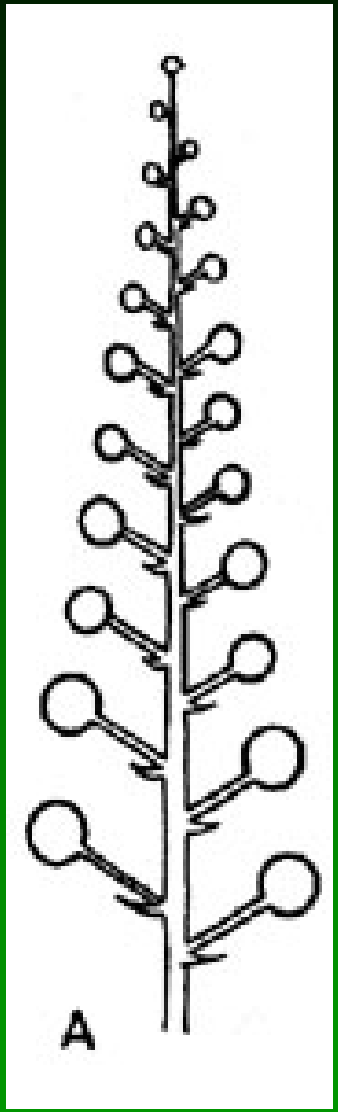
hrozen



prstnatec (*Dactylorhiza majalis*)

modřenec (*Muscari*)

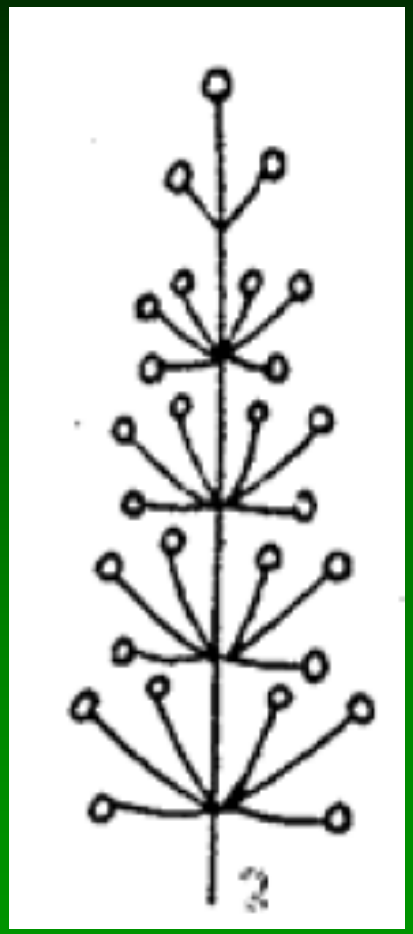
hrozen



samorostlík klasnatý (*Actaea spicata*)

dřišťál (*Berberis vulgaris*)

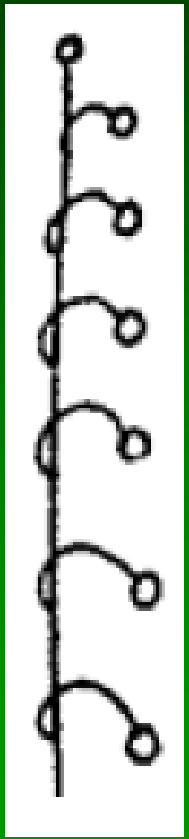
hrozen přeslenitý



Hottonia palustris, žebratka bahenní

Primula japonica

jednostranný hrozen



hruštička (*Ramischia*)

Vicia

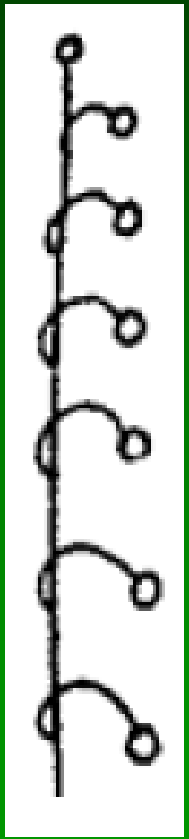
Digitalis

Convallaria

Campanula rapunculoides

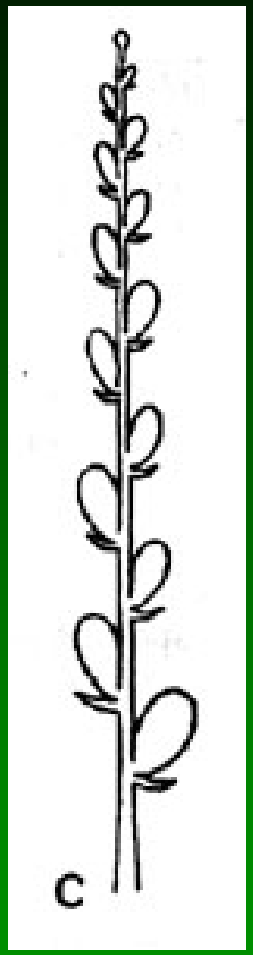
Melica nutans

jednostranný hrozen



Lathraea squamaria

Klas



rdest (*Potamogeton*)

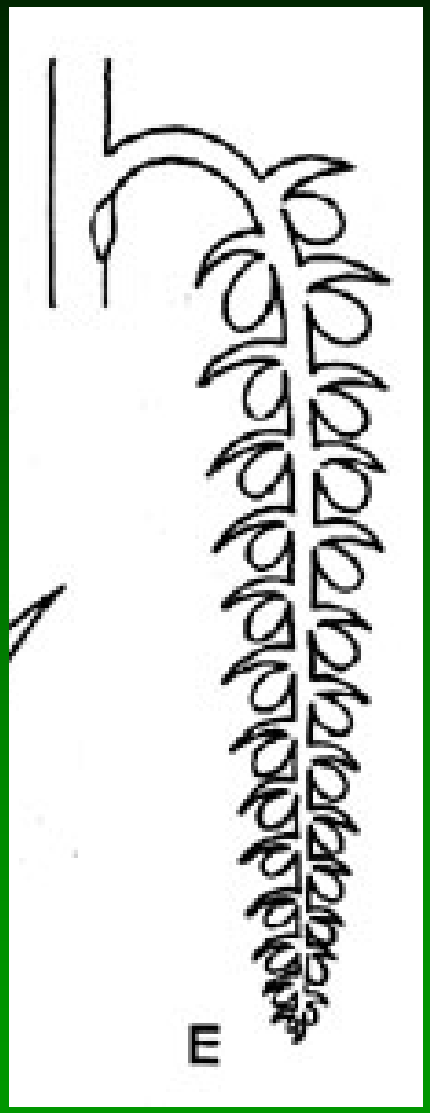
jitrocel (*Plantago*)

ostřice (*Carex*)

krvavec (*Sanguisorba*)

zvonečník (*Phyteuma*)

Jehněda



Populus tremula

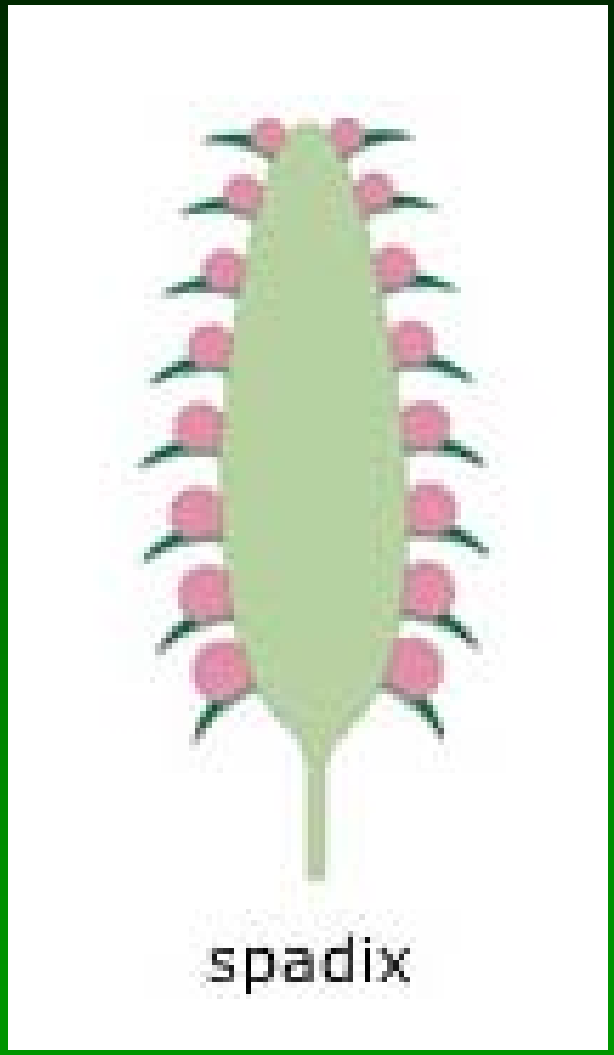
Salix

Carex sylvatica

Piper

Palice

Acorus



Araceae

Zea

Typha

Jednostranný klas

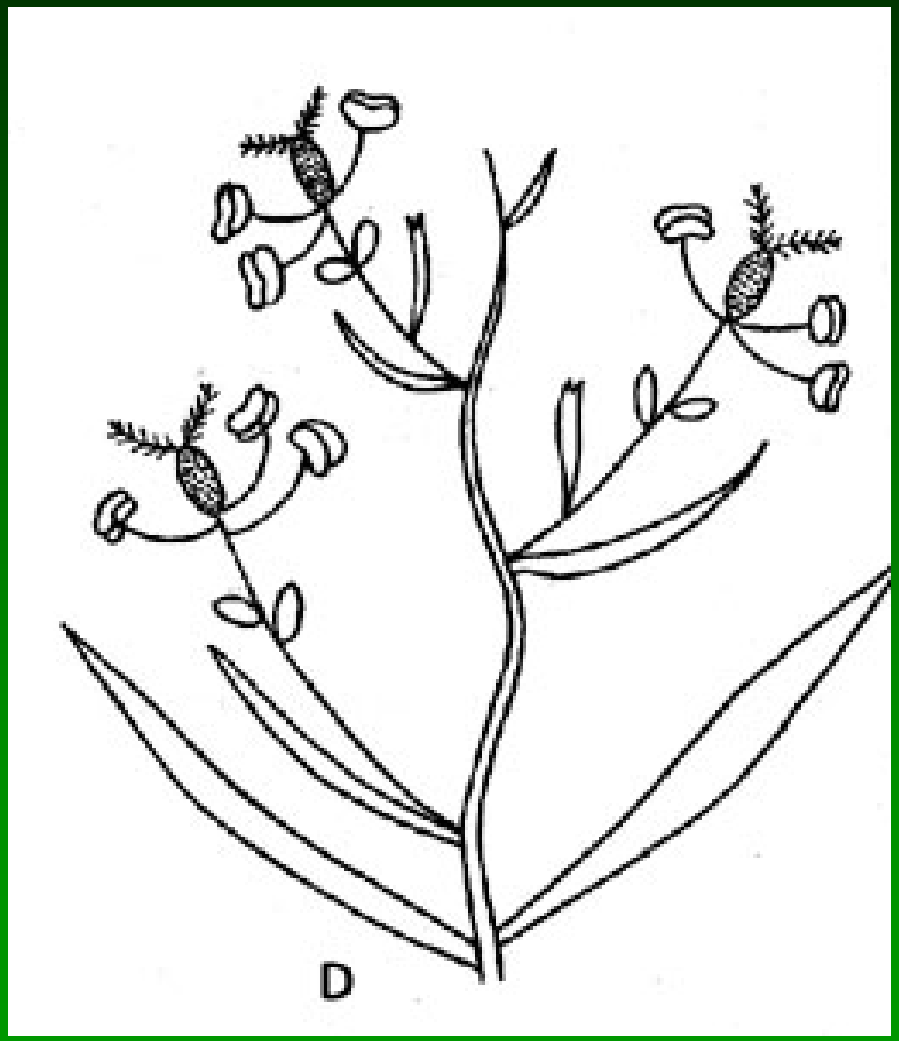
Melampyrum

Dvouřadý klas

Bromelia

Cyperus

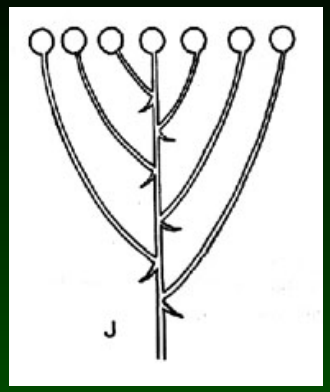
Klásek - *Poaceae*



Složený klas – **klas z klásků (lichoklas)**

Blysmus

Lolium



Chocholík

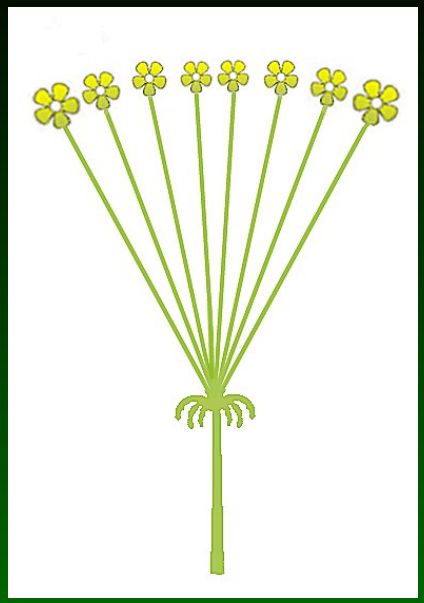
mahalebka (*Prunus mahaleb*)

snědek okoličnatý (*Ornithogalum umbellatum*)

štěničník (*Iberis*)

(Jednoduchý) okolík

štírovník (*Lotus*)

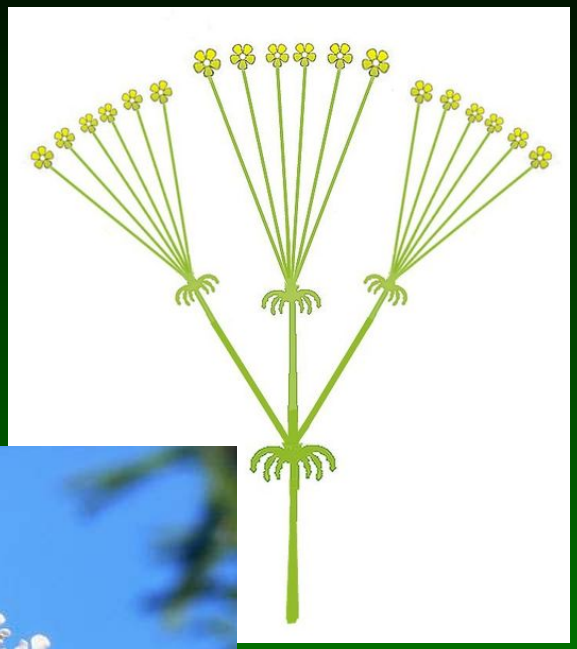


jarmanka (*Astrantia*)

břečťan (*Hedera*)

Složený okolík - *Apiaceae*

Aegopodium podagraria



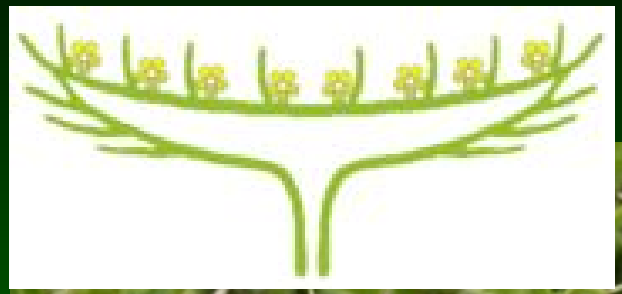
Daucus carota

Hlávka

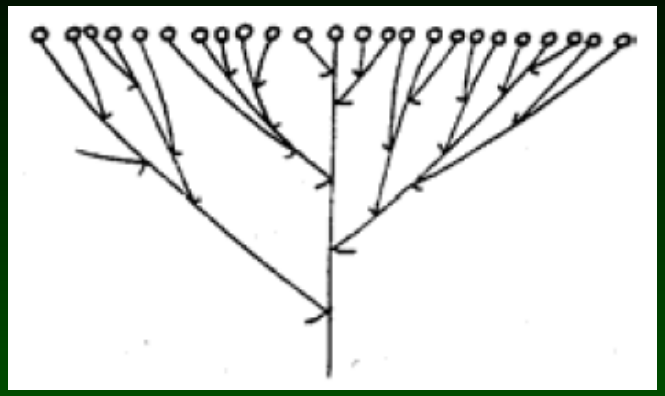
Trifolium

Phyteuma orbiculare

Úbor - *Asteraceae*



Chocholičnatá lata

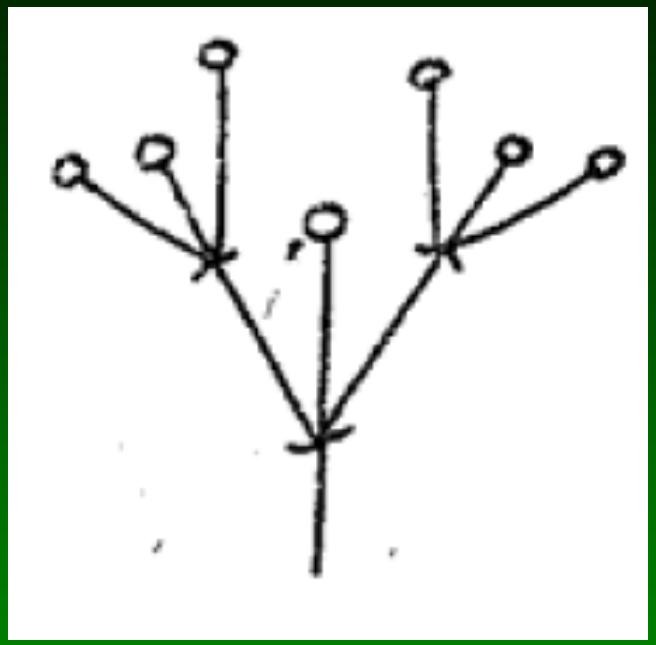


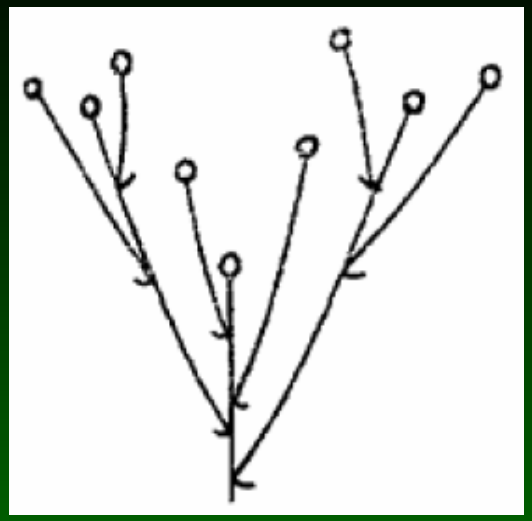
Viburnum ***Sambucus***

Chocholičnatá lata

Vrcholičnatá květenství

Vidlan - *Caryophyllaceae*





Kružel

Luzula

Filipendula

Schoenoplectus

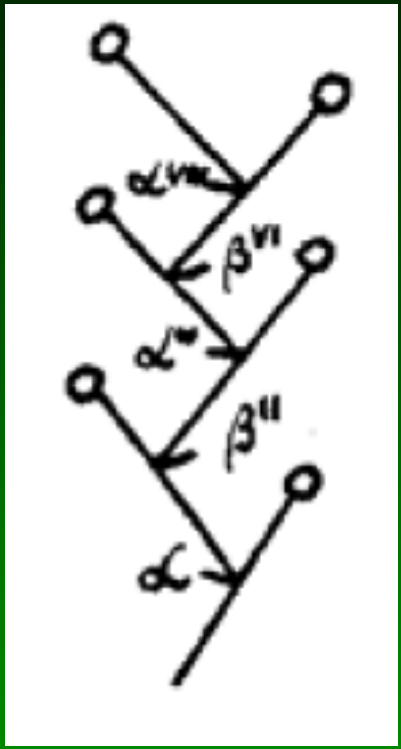
Eriophorum

Lichopřeslen **bývá tvořen vidlany (nebo vijany)**

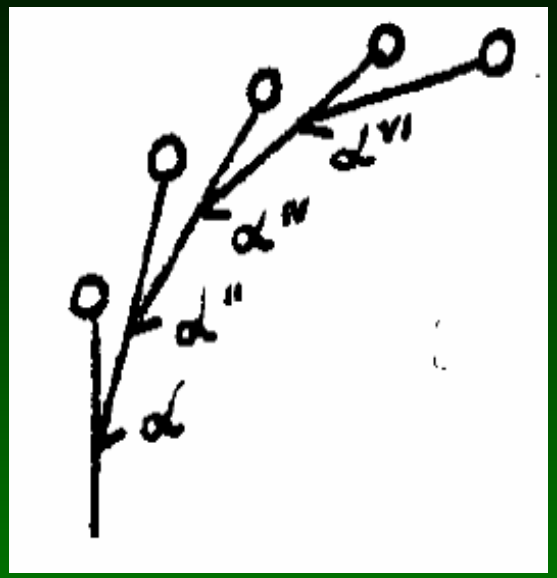
Rumex

Lamiaceae

Vějířek - *Iridaceae*



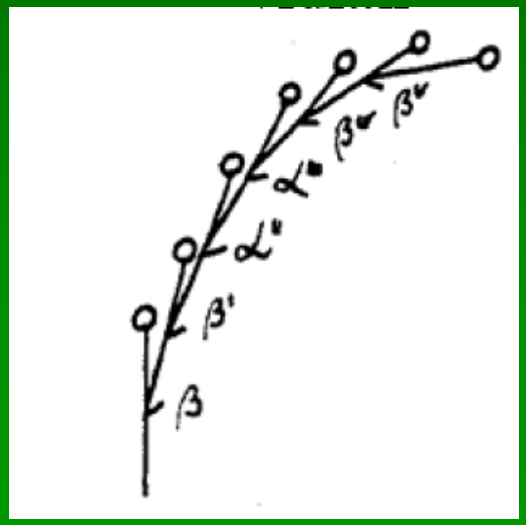
Srpek – *Gladiolus*



Šroubel (o 90° a na jednu stranu)

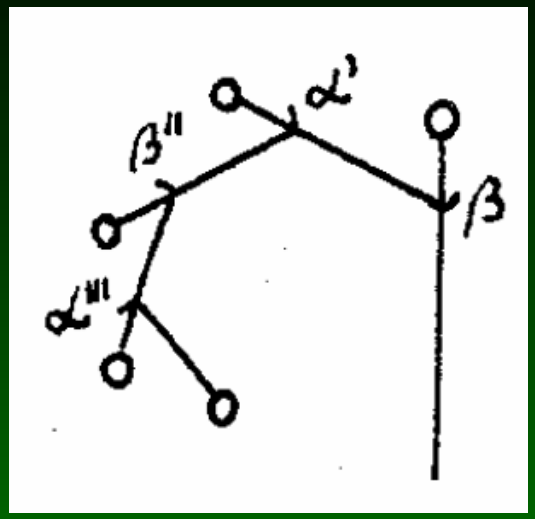
šmel okoličnatý (*Butomus umbellatus*)

Alliaceae



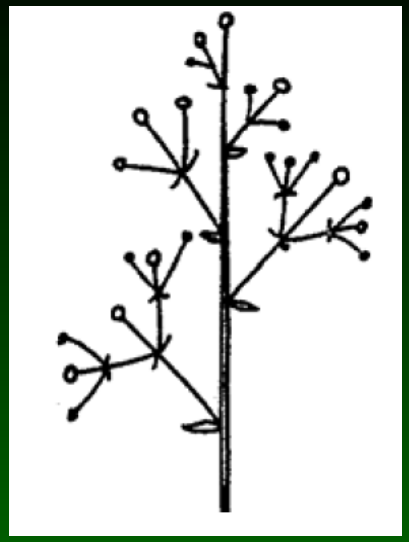
Dvojvijan **(o 90° a na různé strany)**

- *Boraginaceae*



Příklady složených květenství

a jim podobných zhovadilostí



Lata vijanů

jírovec (*Aesculus hippocastanum*)

Lata složená z klásků

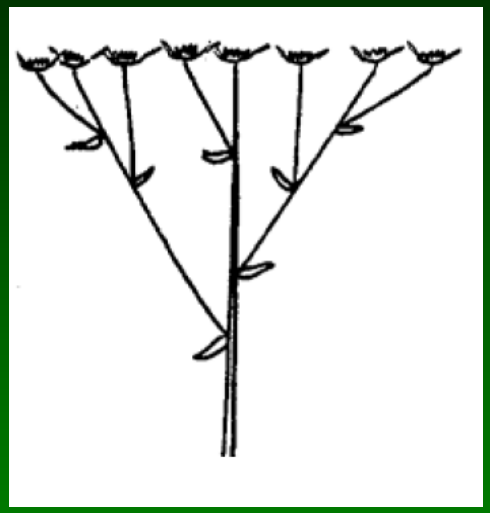
třeslice (*Briza*)

lipnice (*Poa*)

jednostranný
hrozen složený
z klásků

Melica nutans

Chocholík až chocholičnatá lata úborů



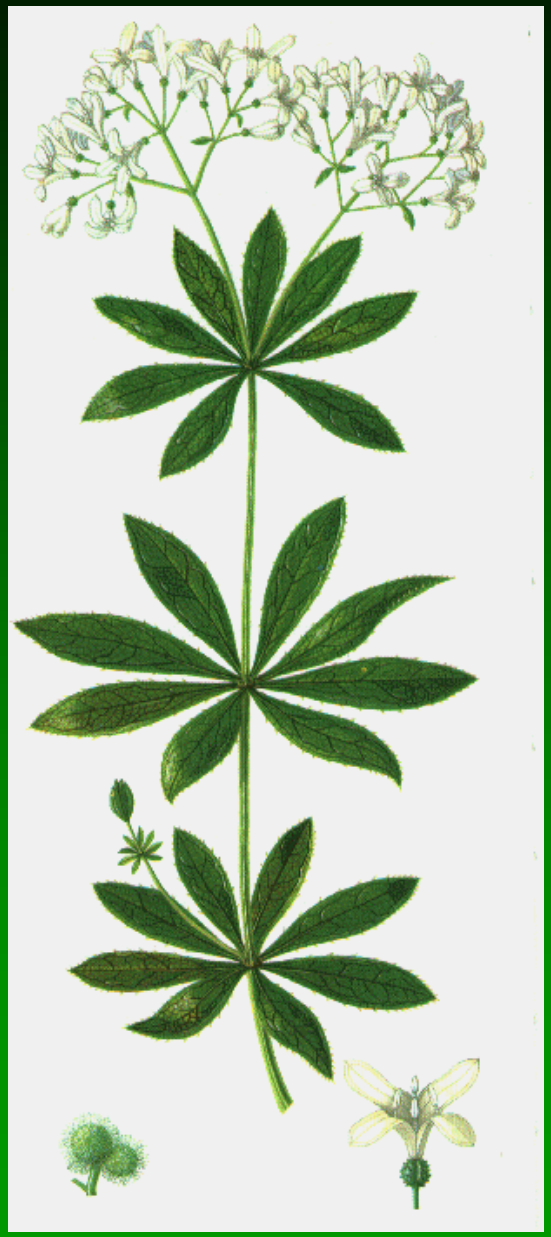
Achillea millefolium

Tanacetum vulgare

Eupatorium cannabinum

Tanacetum parthenium

Chocholičnatá lata vidlanů



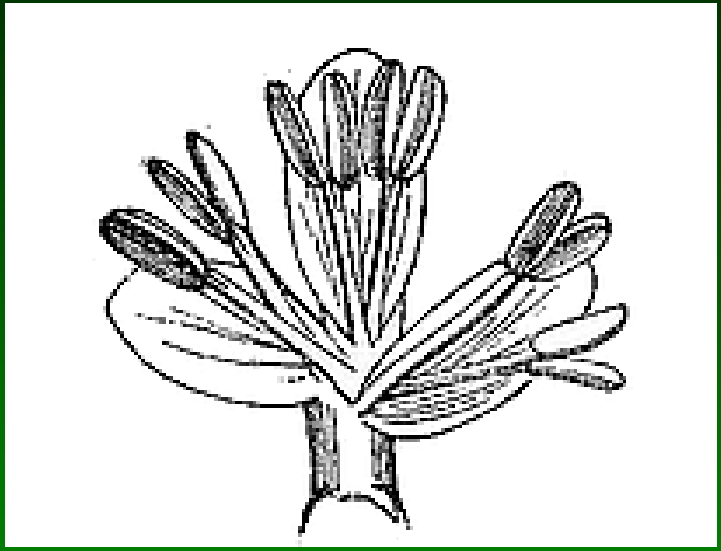
Galium odoratum

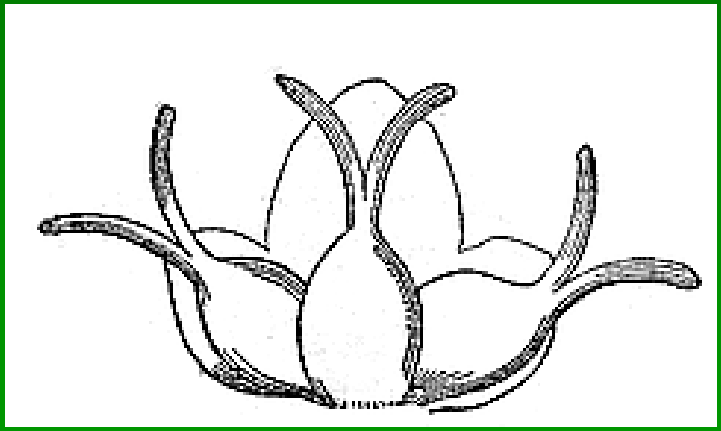
Galium album

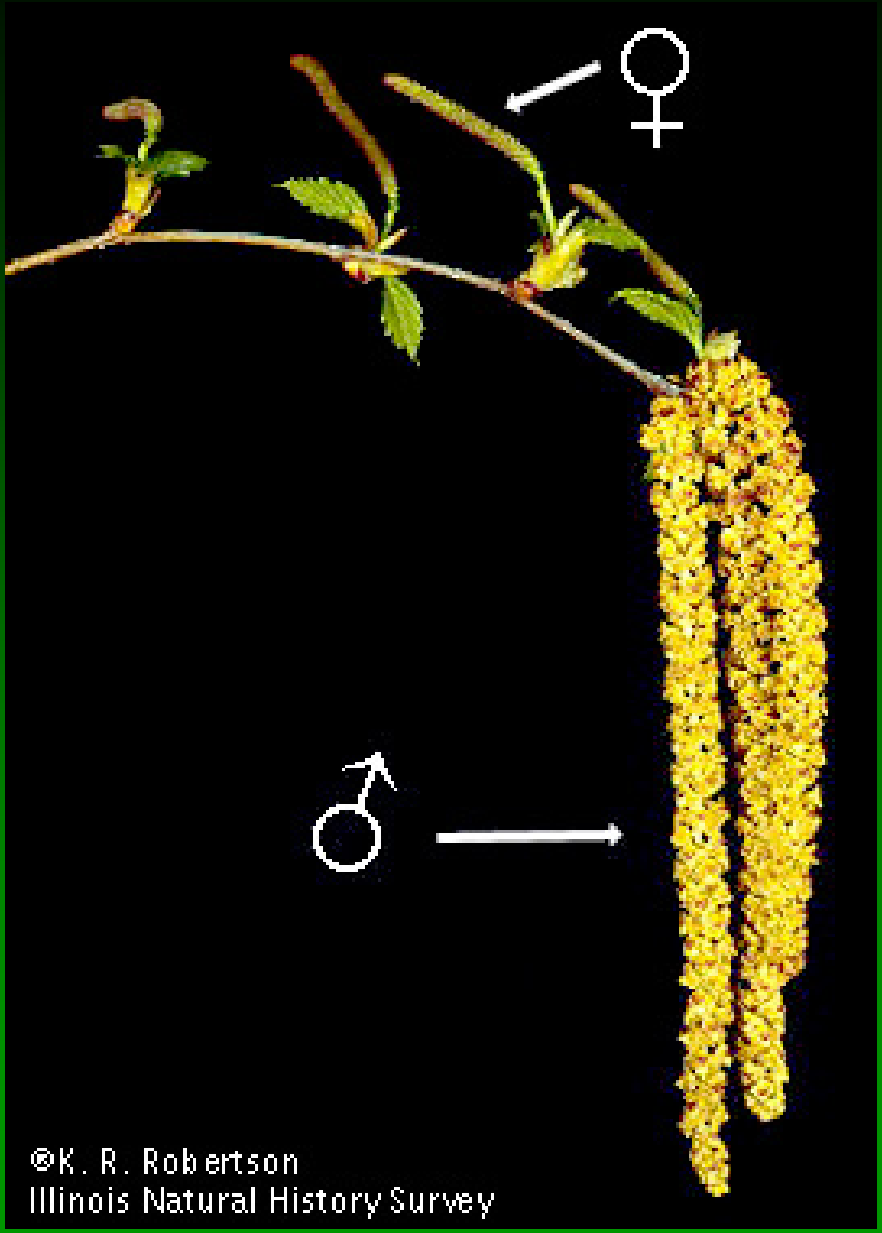
Lata vidlanů

Jehněda tvořená vidlany

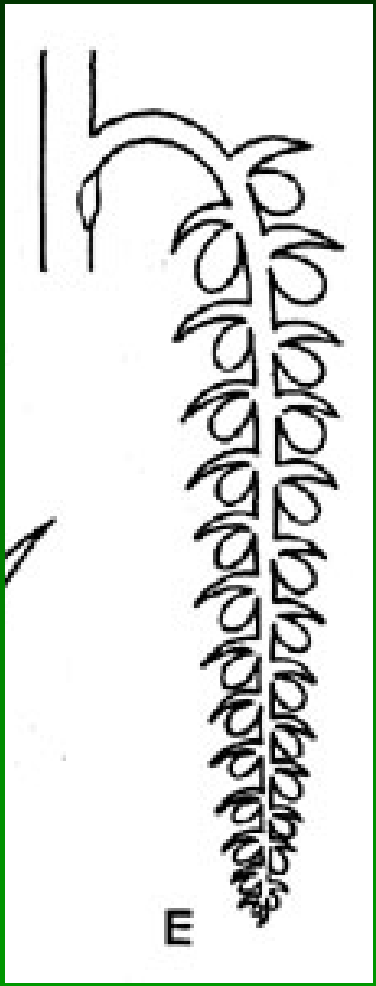
Betula







Jehněda tvořená vidlany



(samčí květenství)

Quercus

Juglans regia

Castanea sativa

Alnus

Hrozen až lata úborů

Petasites

Strboul

Succisa

Dipsacus

Knautia

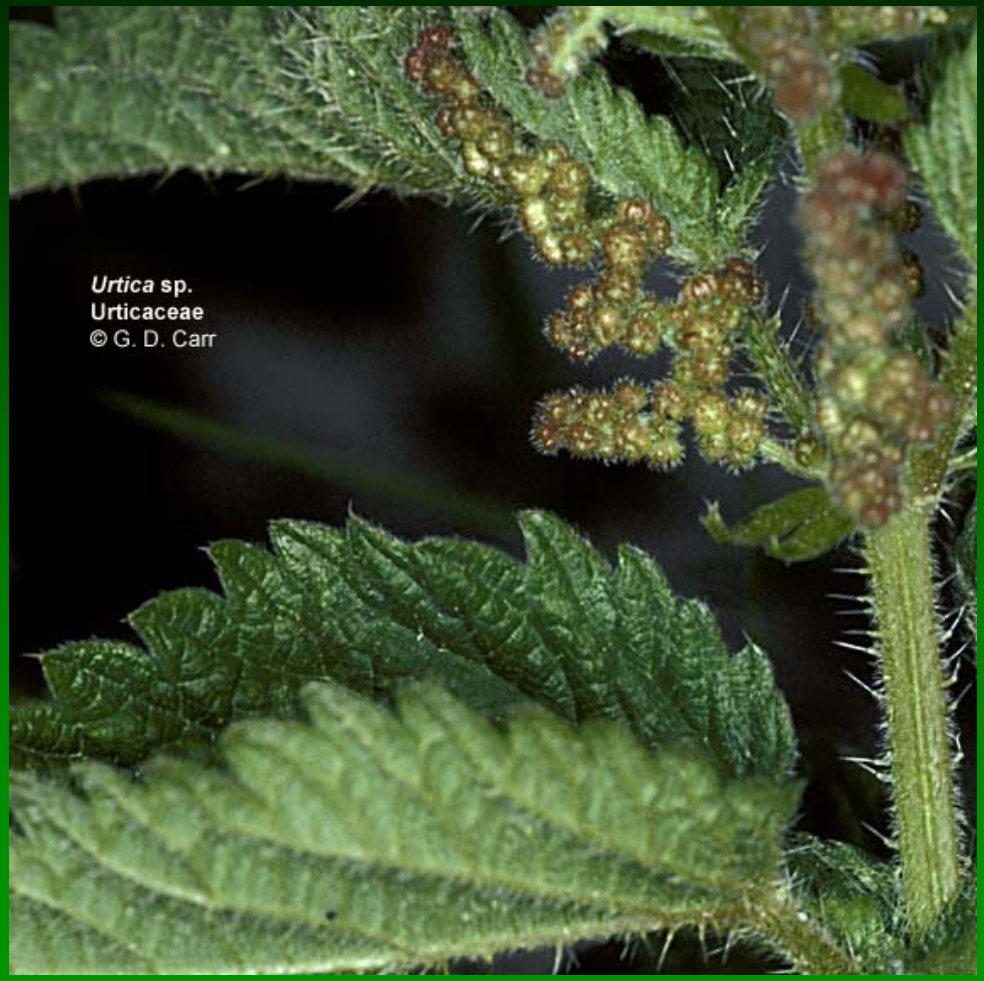
hlávka tvořená vidlany

Dipsacaceae

Strboul jednokvětých úborů

Echinops

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



Urtica

Chenopodium

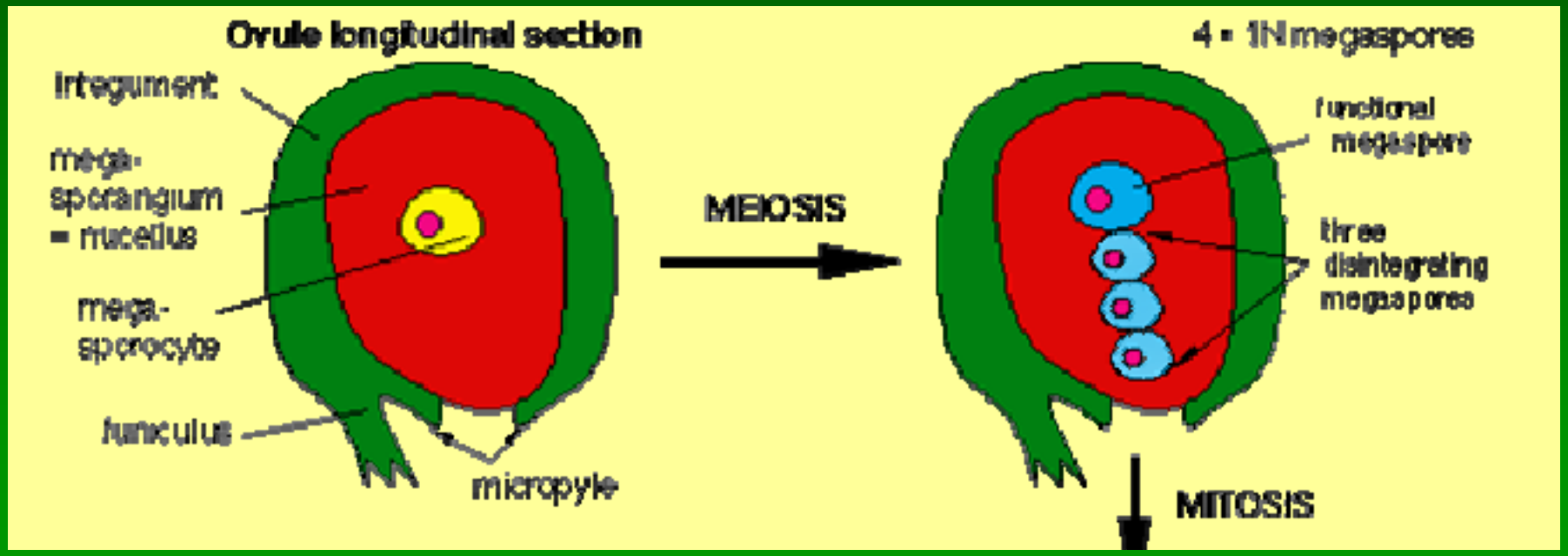
Vajíčko

má 2 obaly (kupula + integument) nebo 1 obal (integument)

má klový otvor (mikropyle), nemá pylové komory

s placentou spojeno poutkem (funiculus)

primární živné pletivo (nucellus) homologické megasporangiu

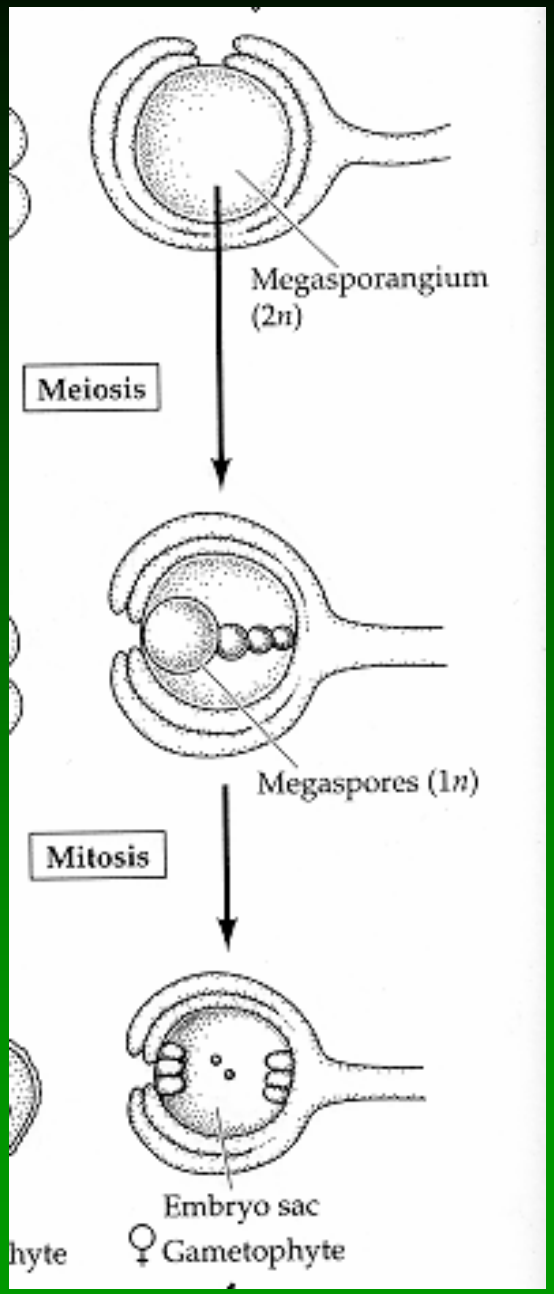


Jedna buňka nucellu se zveličuje a dává meiotickou tetrádogenezí vznik 4 buňkám

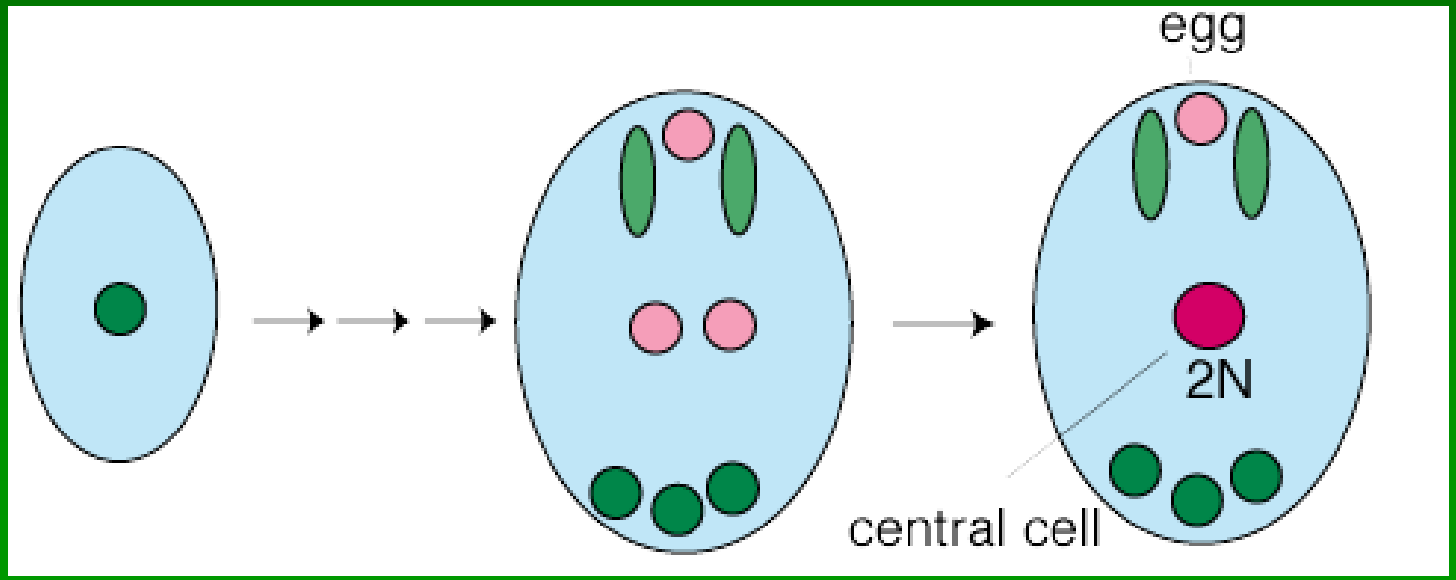
homologickým magaspórám - 3 z nich odumírají

zbylá se 3x mitoticky dělí na 8jaderný zárodečný vak (sacculus embryonalis)

zárodečný vak je homologický megaprothaliu

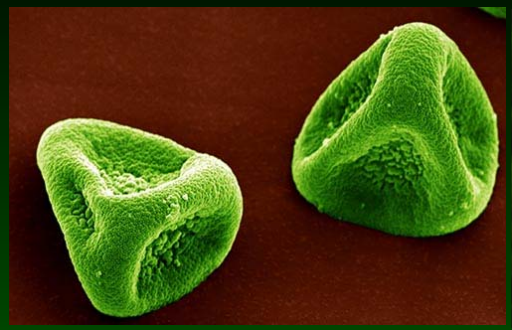


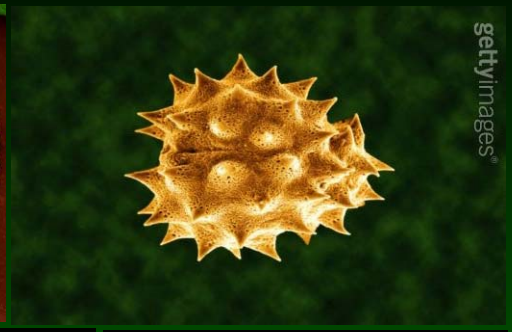
3 buňky se umístí na pólu poblíž mikropyle - spolu s částí cytoplazmy se obalí cytoplazmatickou mambránou a vytvoří samostatné buňky, prostřední z nich se zveličuje a vytváří buňku vaječnou - oosféru, boční tvoří podpůrné buňky - synergidy. Další 3 jádra se umístí při opačném pólu a osamostatňují se jako 3 buňky protistojné - antipody, zbývající 2 jádra se umístí uprostřed zárodečného vaku, splynou a dávají tak vznik diploidnímu, řidšeji triploidnímu, centrálnímu (polárnímu) jádru zárodečného vaku.

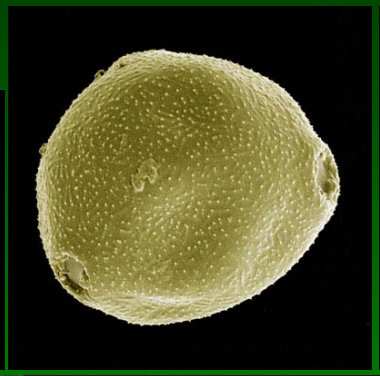


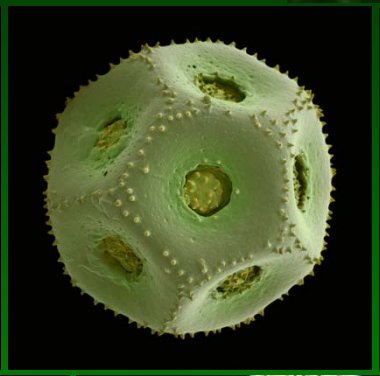
Pyl a opylení (angl. pollination)

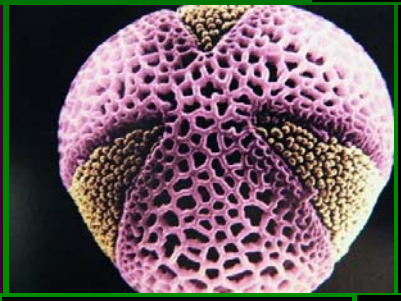
pylová zrna bez vzdušných vaků

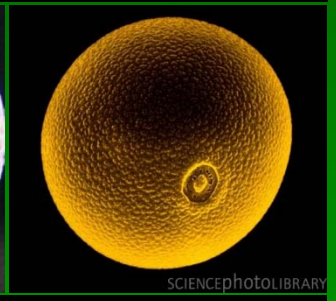






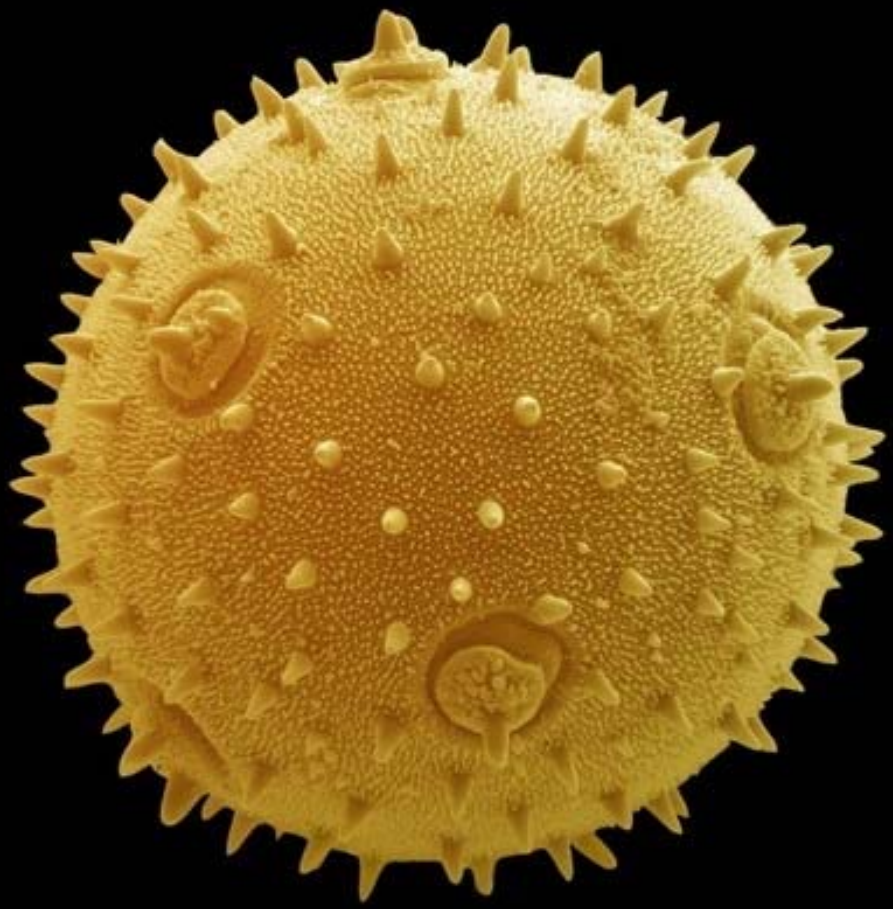




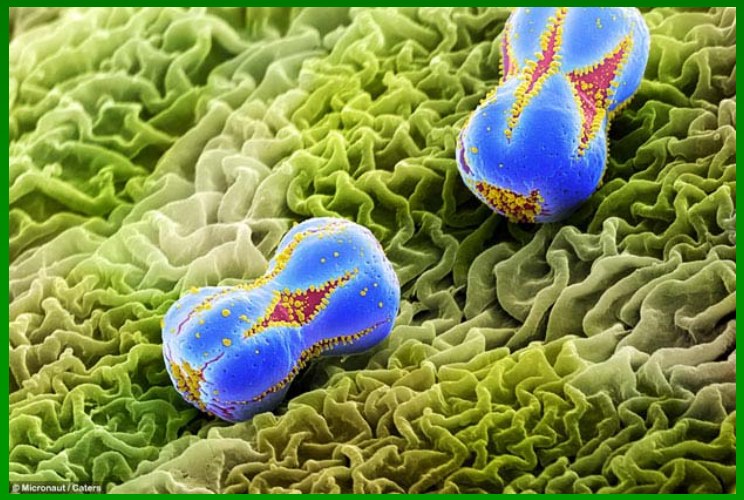


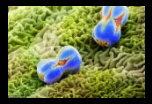
Velikost pylu
6 – 150 µm

Cucurbita



Myosotis





Myosotis

SCIENCEphotoLIBRARY

Nejčastěji je pyl přenášen hmyzem = **entomogamie**

Často je pyl přenášen také větrem = **anemogamie**

Vzácně je pyl přenášen ptáky = **ornitogamie**

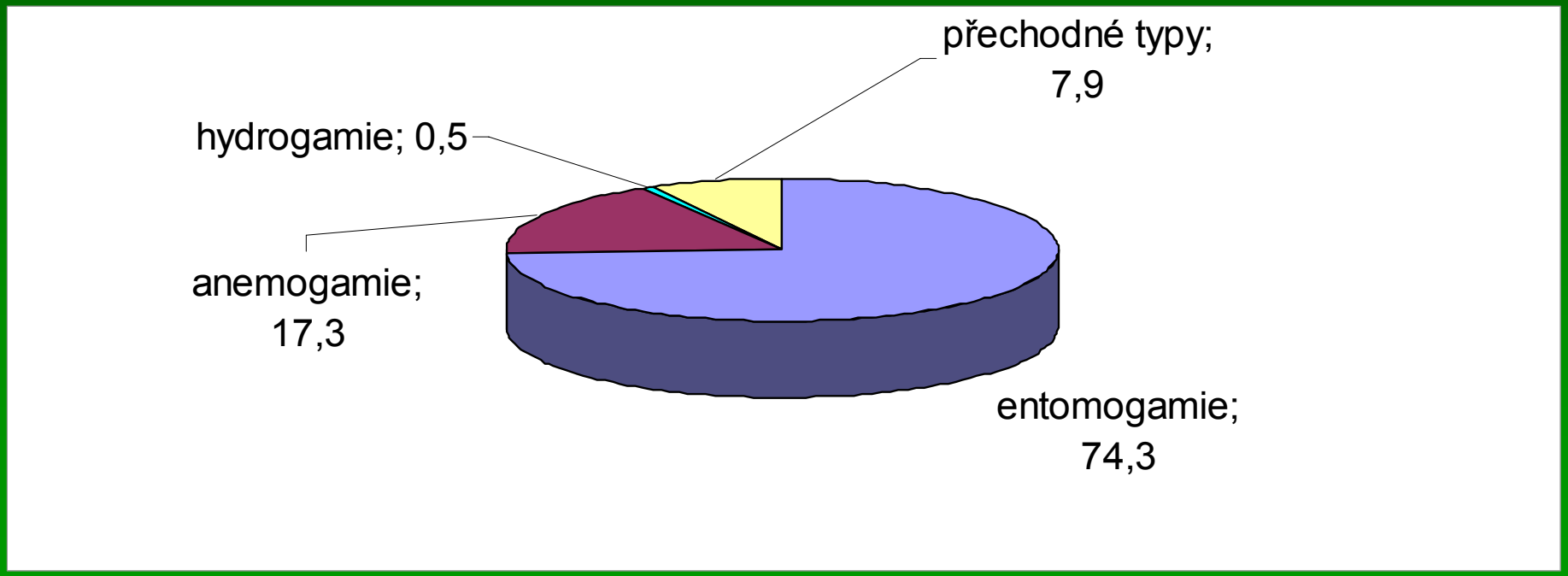
Vzácně je u rostlin kvetoucích pod hladinou pyl přenášen vodou = **hydrogamie** (např. *Zostera*, *Elodea, Ceratophyllum, nebo Posidonia*)

Opylování netopýry chiropterogamie je vzácné

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

Zastoupení jednotlivých typů opylení se velmi odlišuje podle geografických oblastí (v bývalém Československu zjistil prof. Daumann v r. 1972 následující poměrné zastoupení druhů patřících k jednotlivým typům:

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

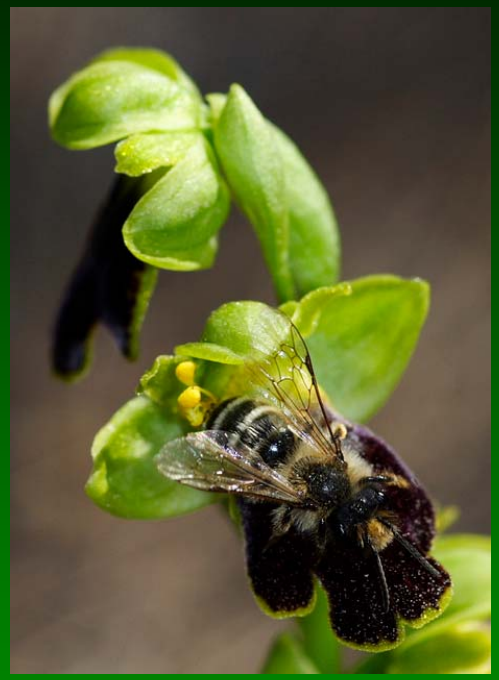


Hmyz navštěvuje květy buď kvůli pylu (např. mák nebo růže) nebo kvůli nektaru (např. vikev nebo hluchavka)

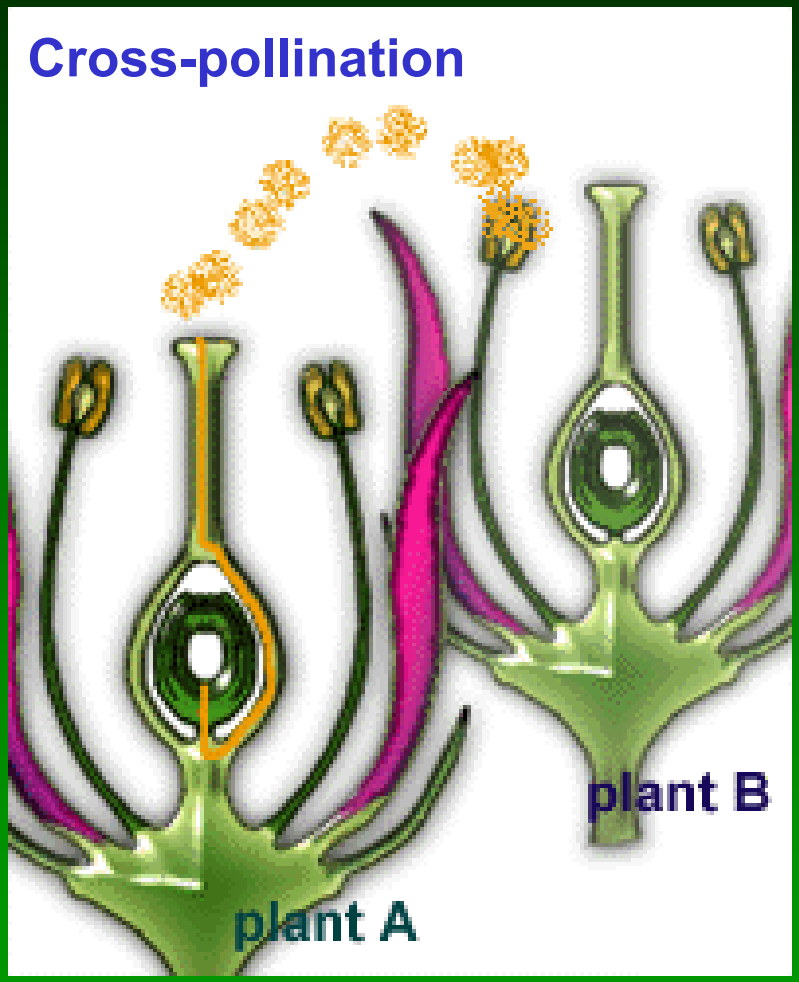
K navigaci hmyzu slouží barva květu popř. sametový nebo naopak lesklý povrch korunních lístků

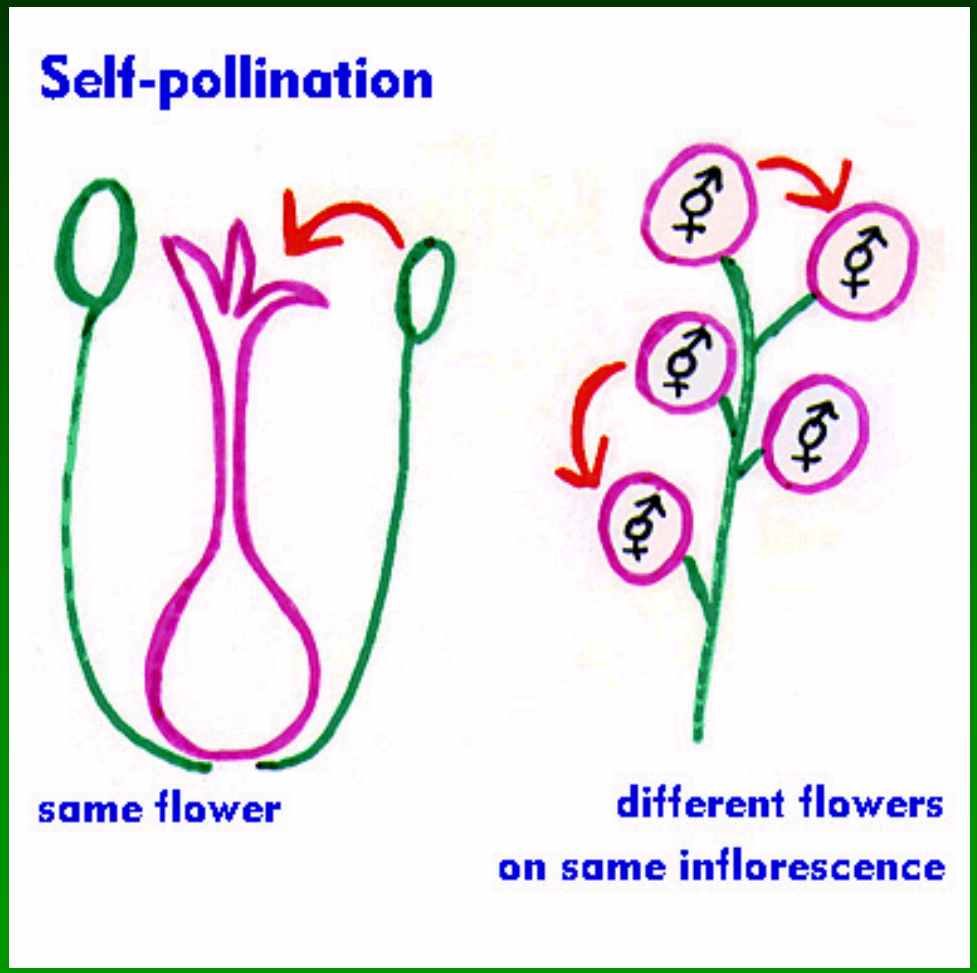
a vůně - nektar ani pyl však vůni nevydávají - ta se vytváří buď korunními lístky nebo nitkami tyčinek.

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

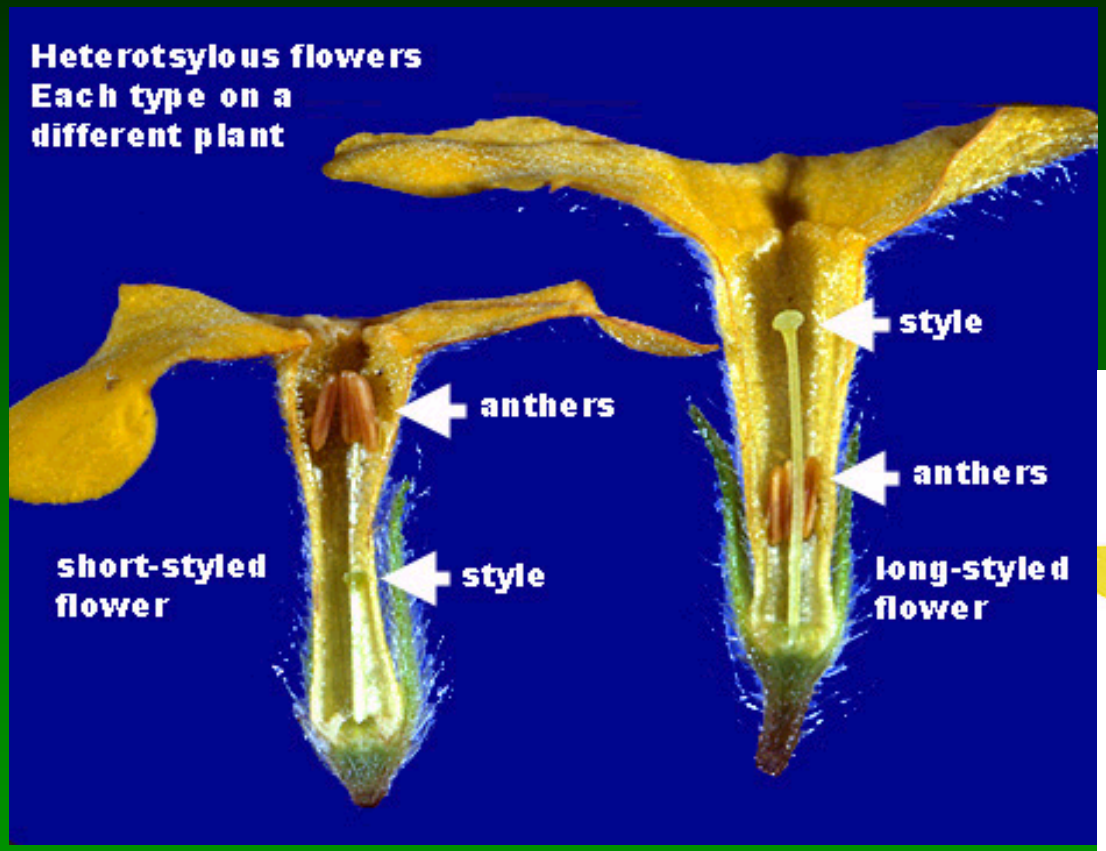


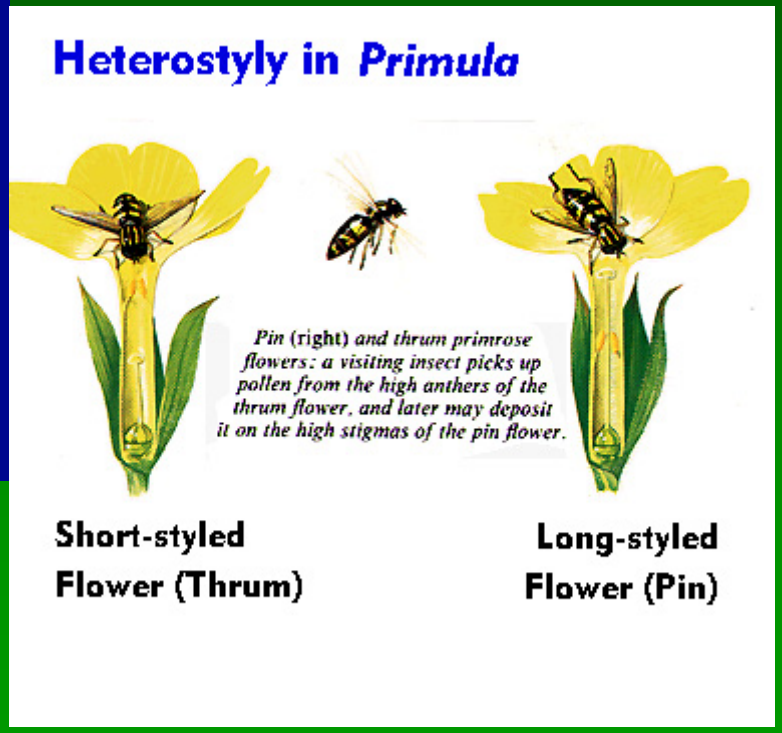
Z hlediska rekombinace genů je výhodnější allogamie (cross pollination) oproti autogamii (self pollination)



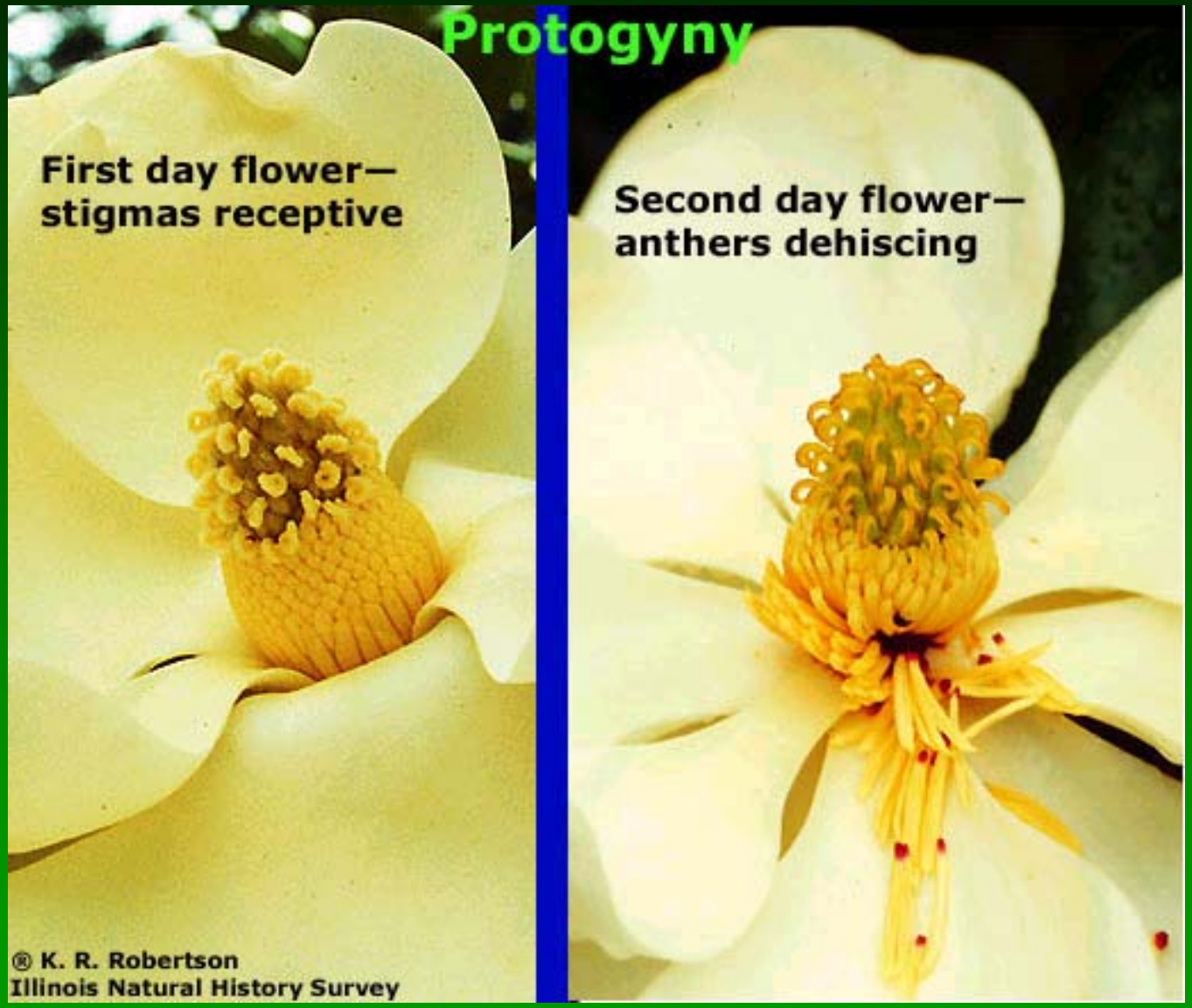


Jedním ze způsobů jak se bránit autogamii vlastním pylem je **heterostylie**

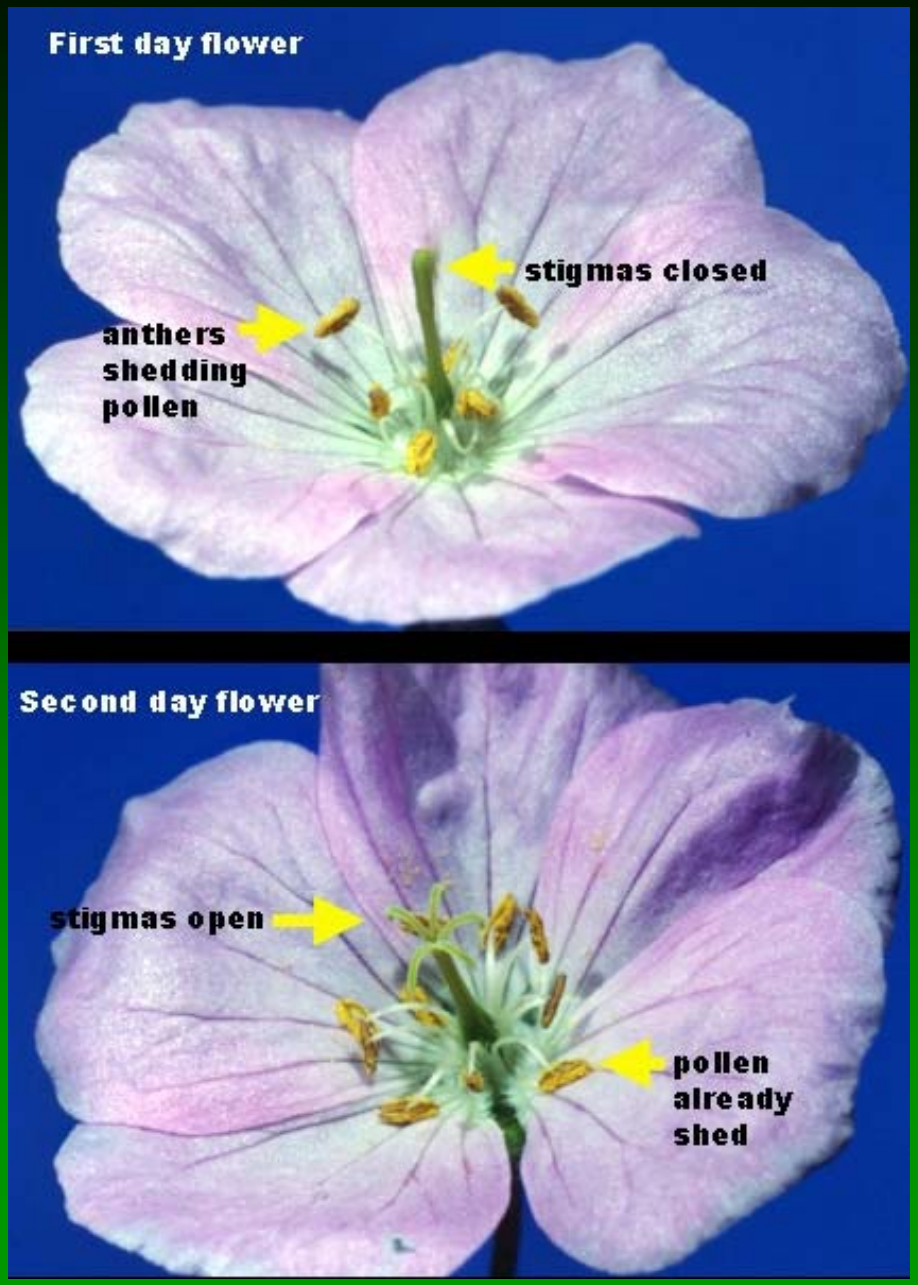




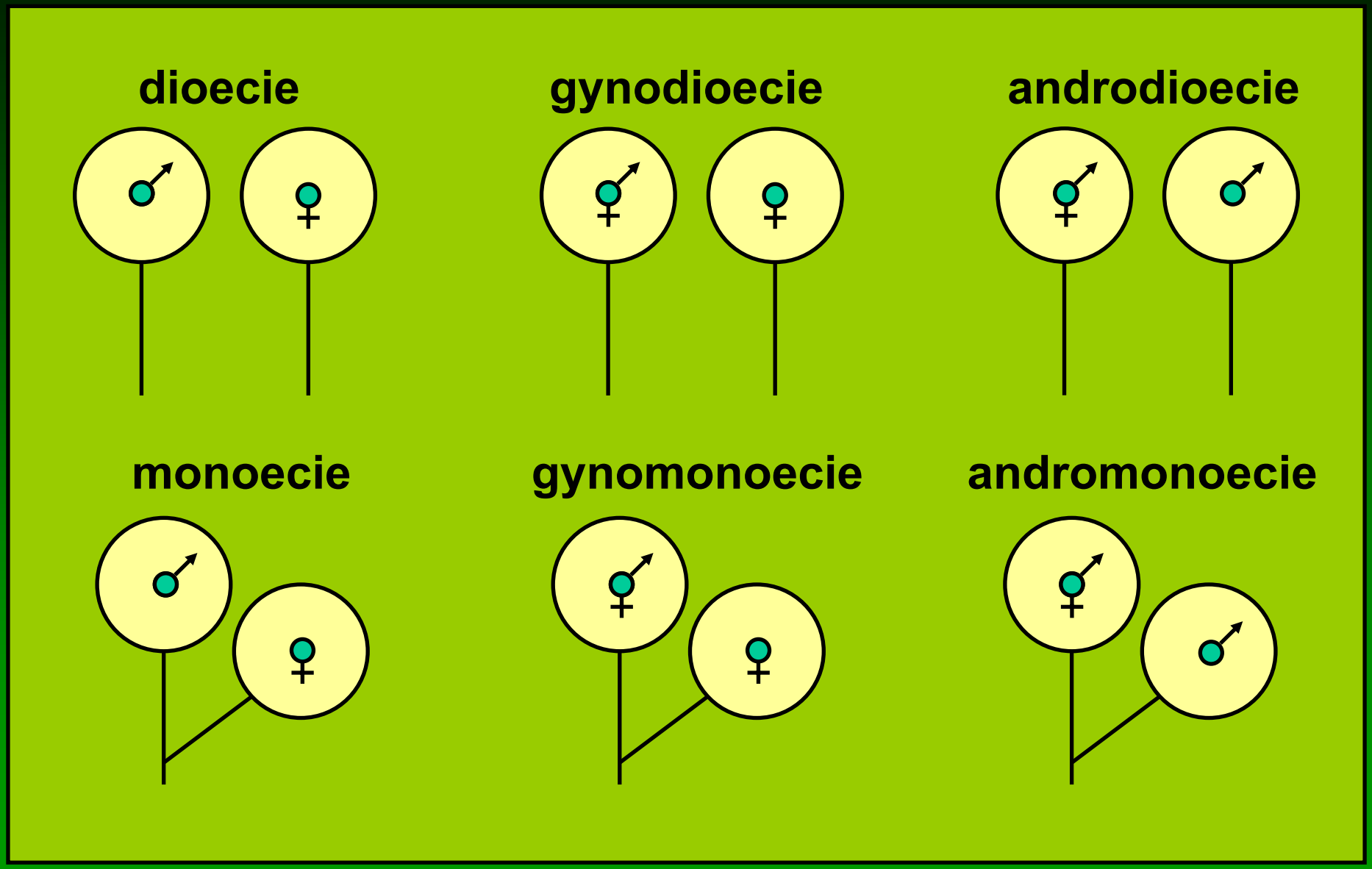
Dalším způsobem jak se bránit autogamii vlastním pylem je **protogynie**



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

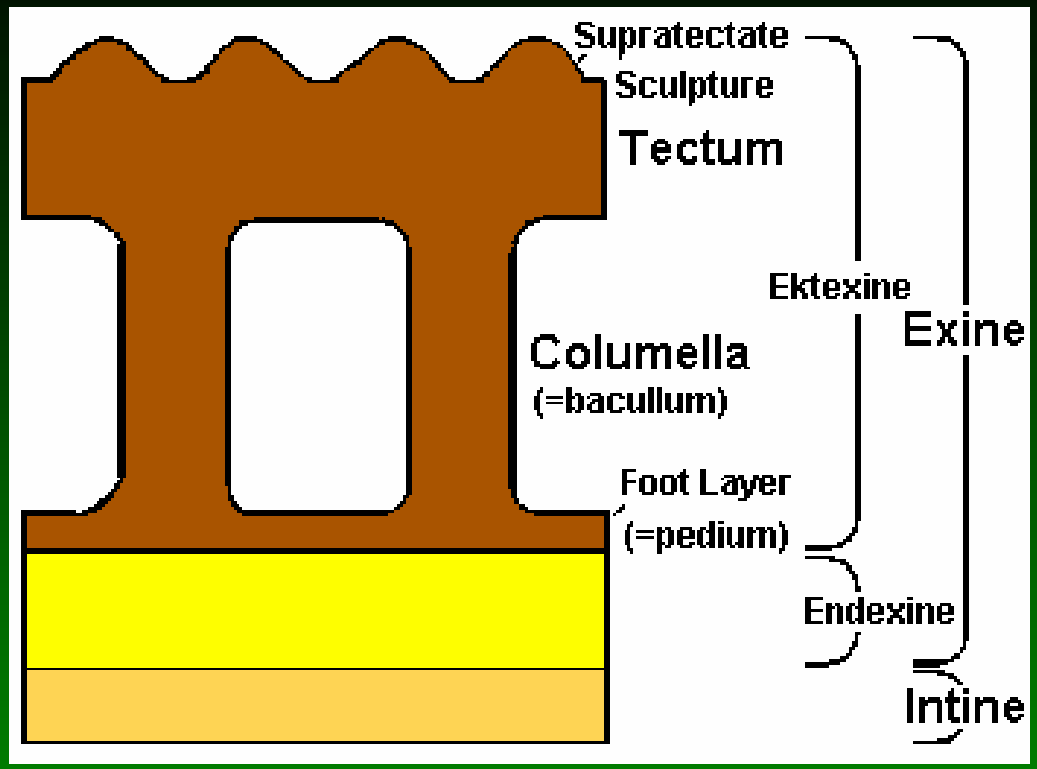


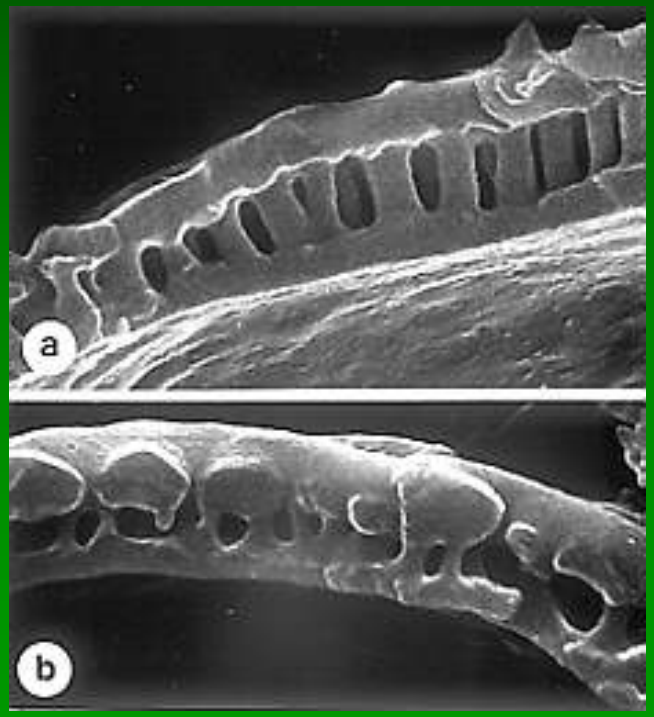
Systémy s jednopohlavnými květy

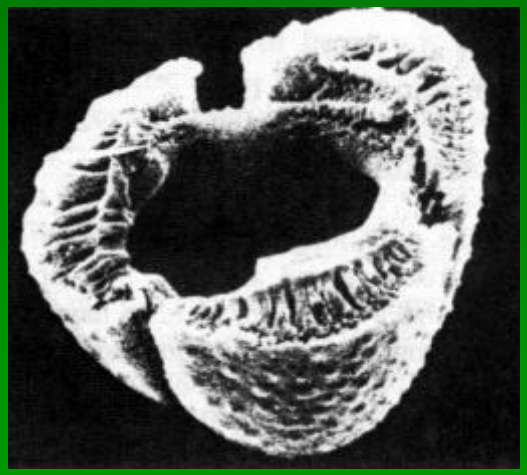


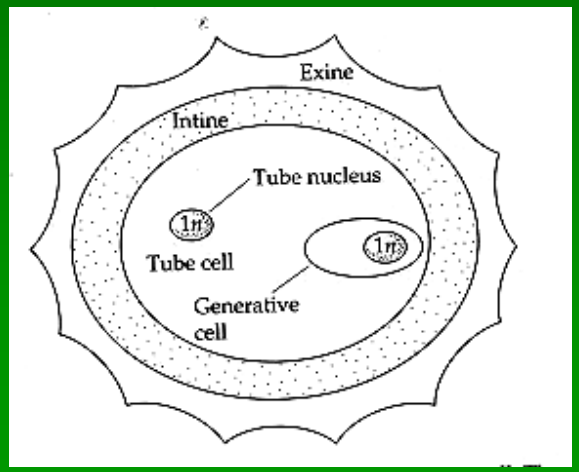
Povrch pylu

Povrch pylového zrna tvoří dvouvrstevná blána:
vnější – exina a vnitřní - intina

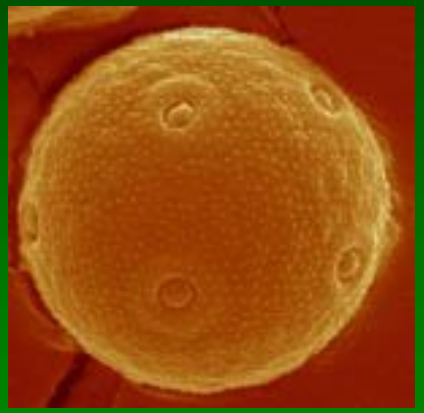


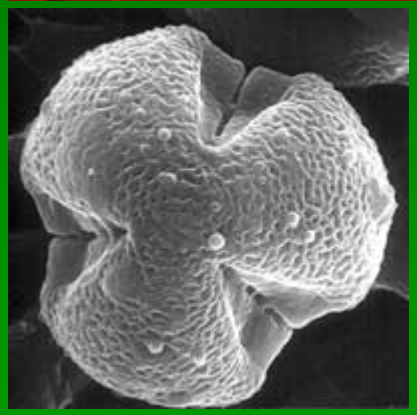




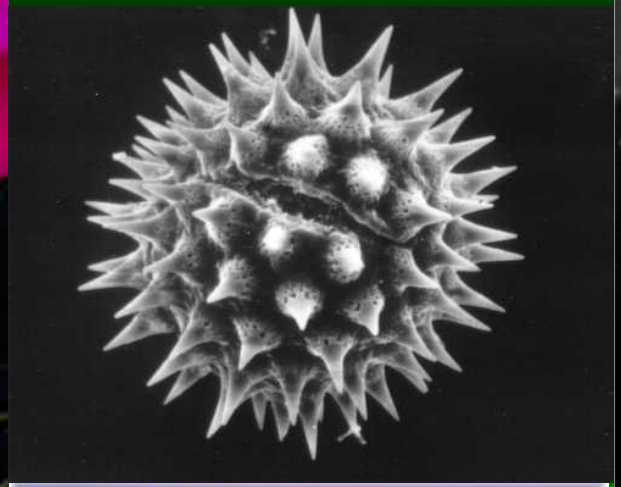


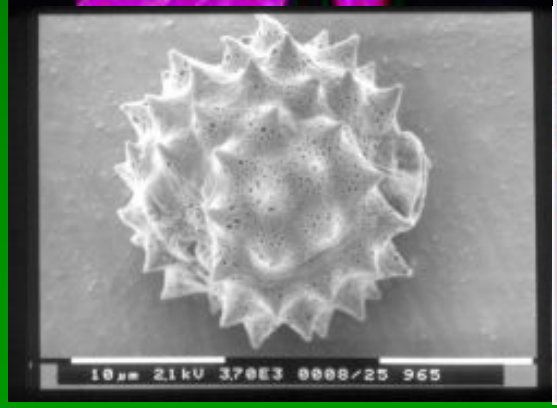
U anemogamních druhů bývá pyl hladký, u hydrogamních je bez zvláštních přizpůsobení

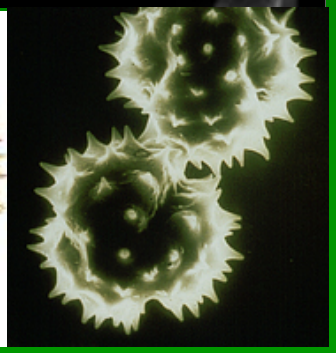




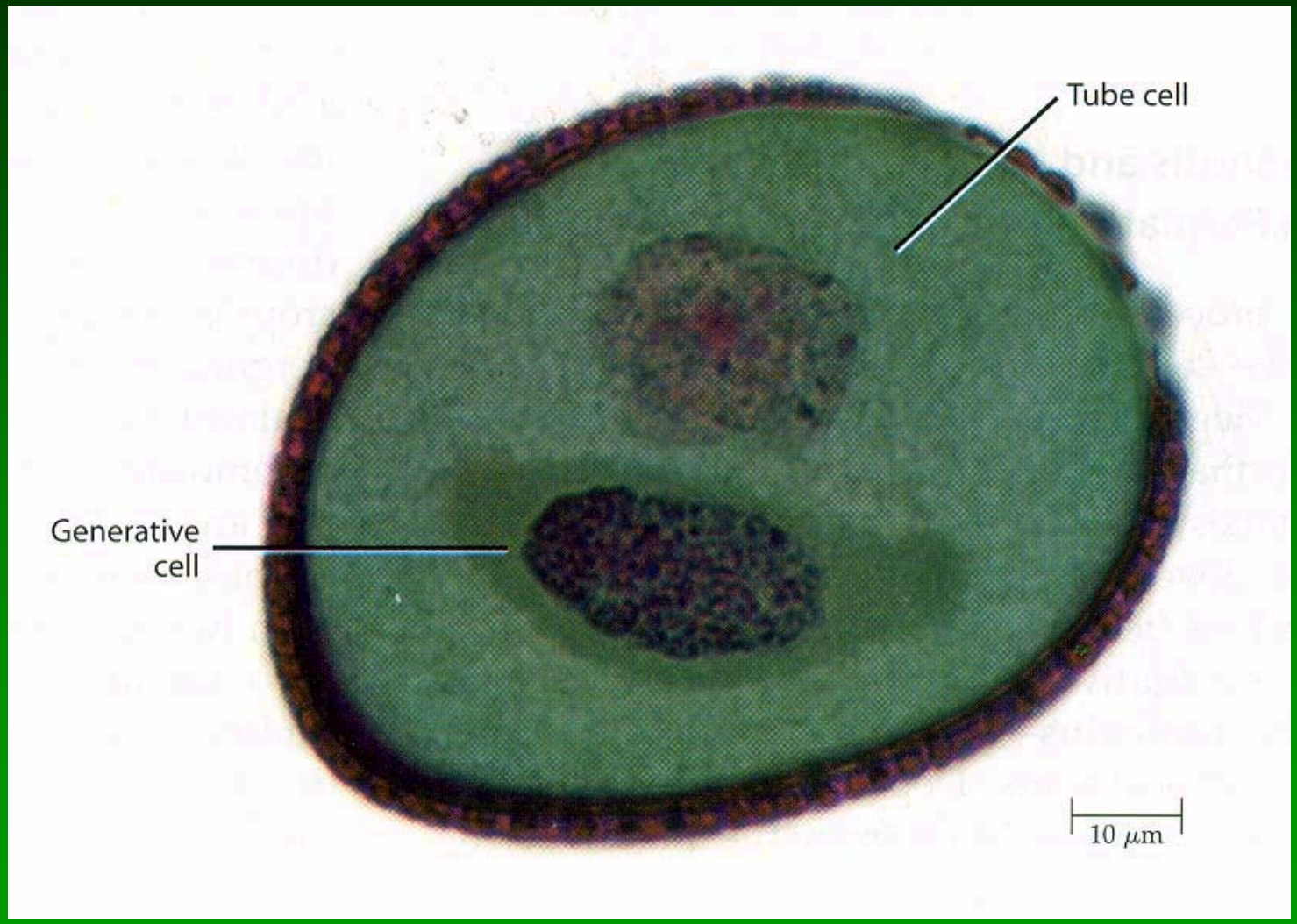
U entomogamních druhů je pyl často lepkavý, či s různými háčky, výrůstky nebo chloupky



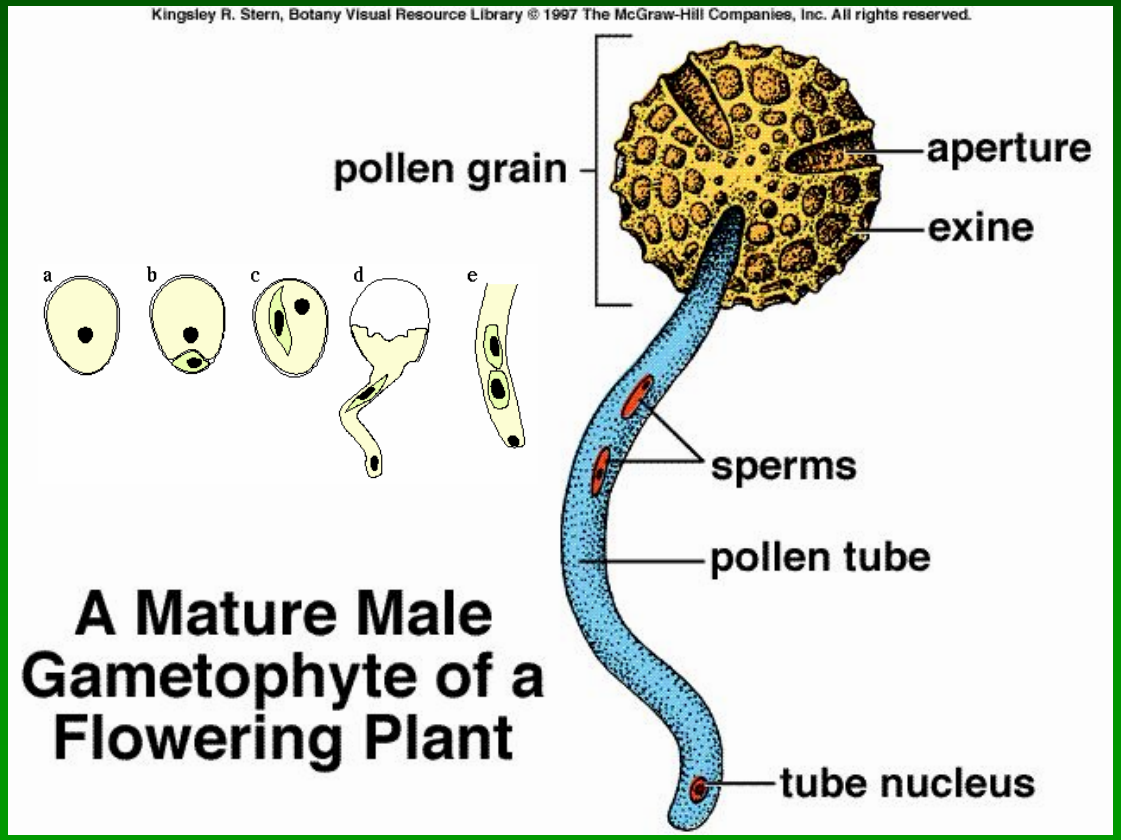




Jednobuněčné pylové zrno se při zrání dělí ve větší buňku vegetativní a menší generativní; v tomto dvoubuněčném stavu je přeneseno na bliznu;



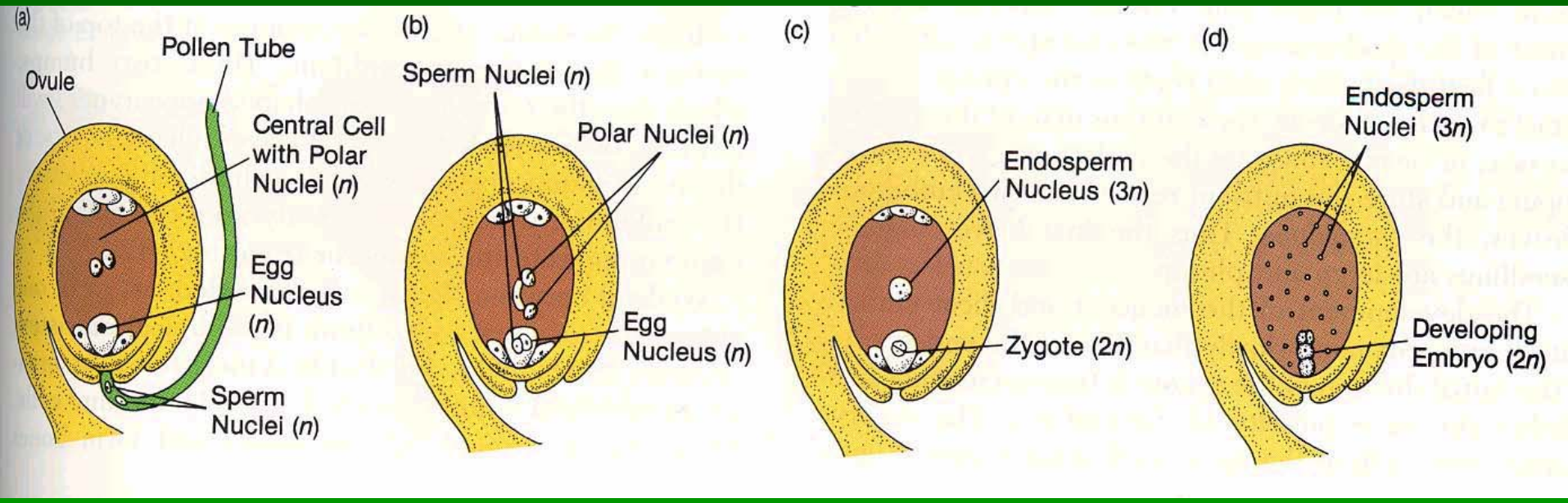
na blizně vyklíčí v láčku která proroste do semeníku; na konci láčky je nesena buňka vegetativní a za ní generativní; generativní buňka se před oplozením vajíčka rozdělí ve 2 buňky spermatické (3 buňky láčky = 1 vegetativní + 2 spermatické jsou homologické mikroprothaliu)



Oplození (angl. fertilization) **je dvojí**

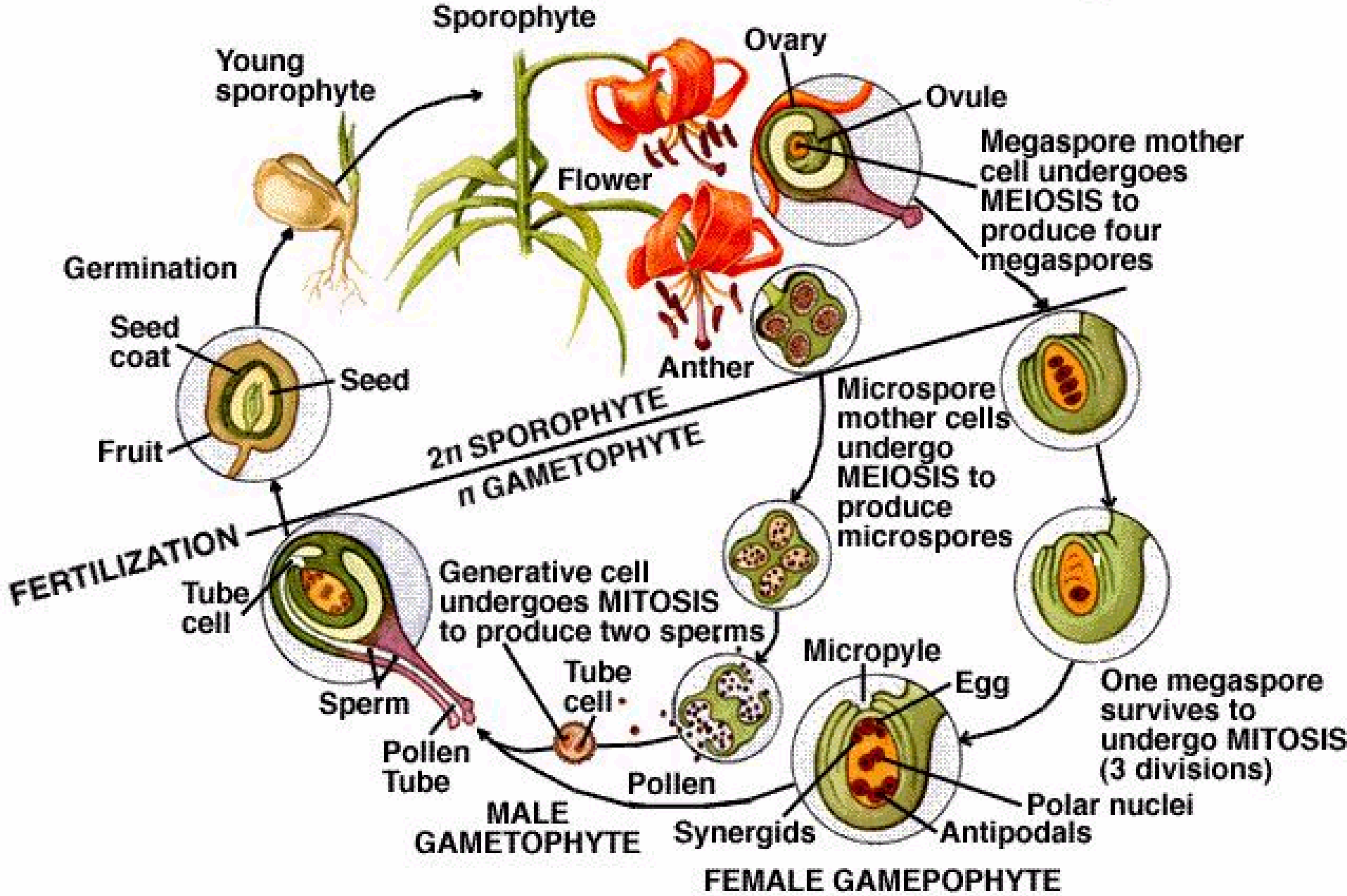
1. **Syngamie –** haploidní jádro 1 spermatické buňky splyne s haploidním jádrem oosféry a vznikne zygota, z níž dělením vznikne embryo

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

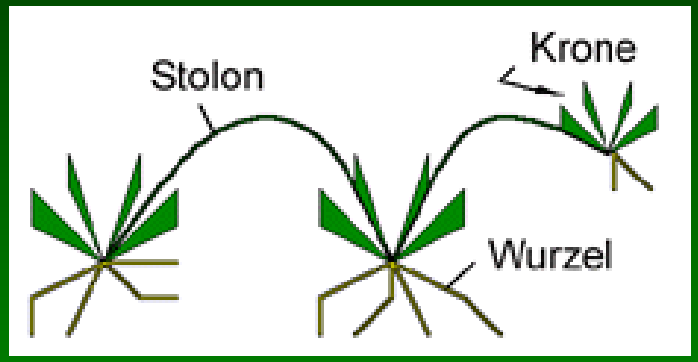


Randy Moore, Dennis Clark, and Darrell Vodopich, Botany Visual Resource Library © 1998 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

Generalized Life Cycle of Flowering Plants



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



Vzniku semen nemusí vždy předcházet syngamie, pak hovoříme o asexuálním rozmnožování pomocí semen - apomixii (angl. i lat. apomixis) čili agamospermii

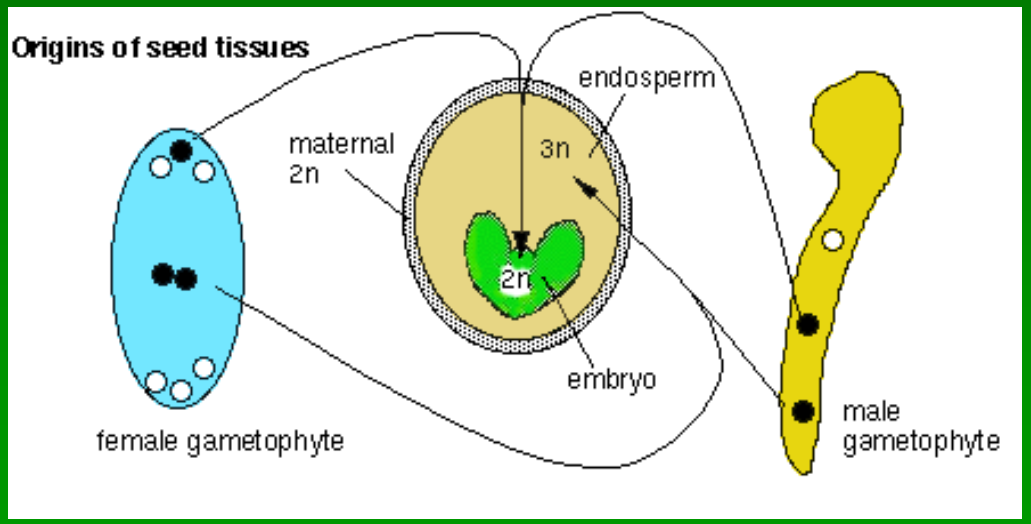
nedochází pak ke genové rekombinaci
apomixie je buď partenogenetického typu - tj. když se embryo diferencuje z oosféry - haplonti obvykle hynou, ale typy vzniklé **diplosporií** tj. diploidizací oosféry přežívají
jiný typ apomixie je **apogamie**, kdy se embro diferencuje z jiné buňky zárodečného vaku než z oosféry

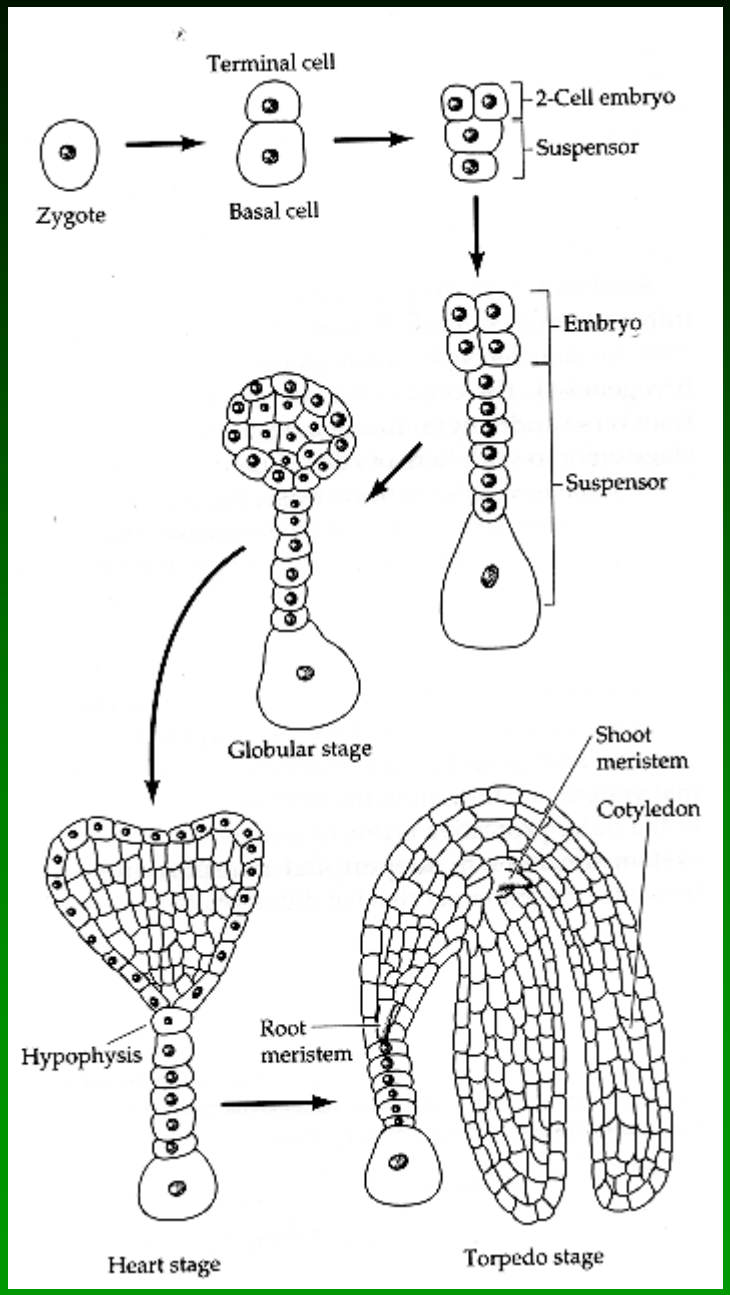
Semeno

ze syngamií vzniklé zygoty se diferencuje dvou- nebo jednoděložné embryo

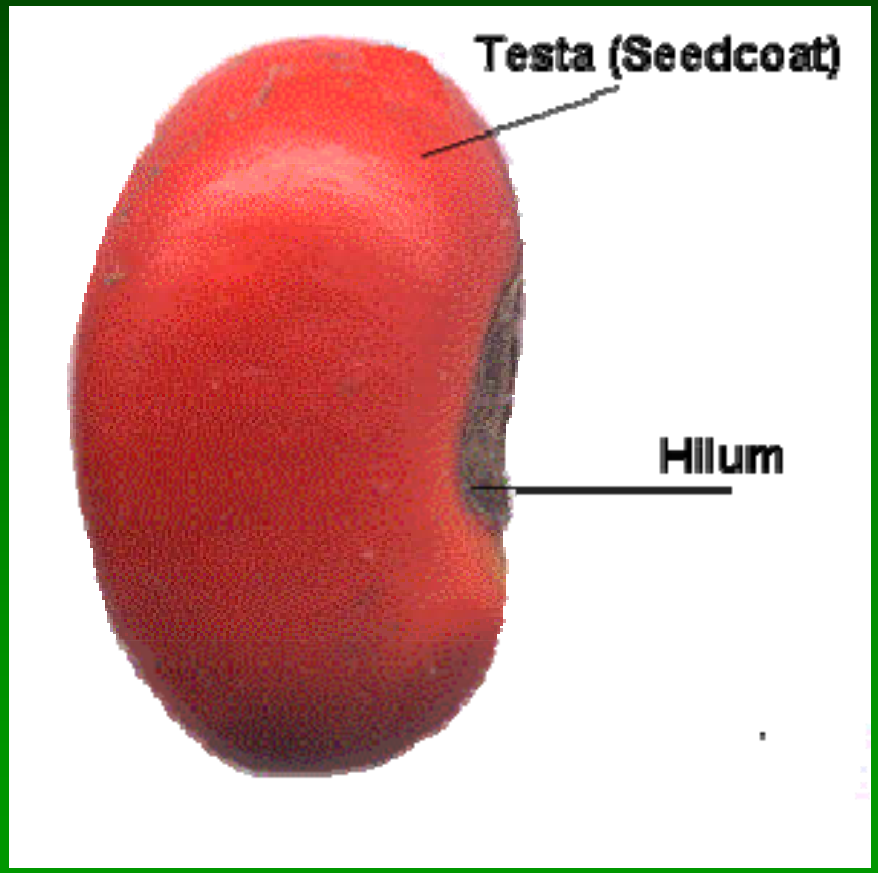
z konfluací vzniklého triploidního jádra se diferencuje vnitřní triploidní pletivo endosperm sloužící k výživě embrya, proto nazývané živné.

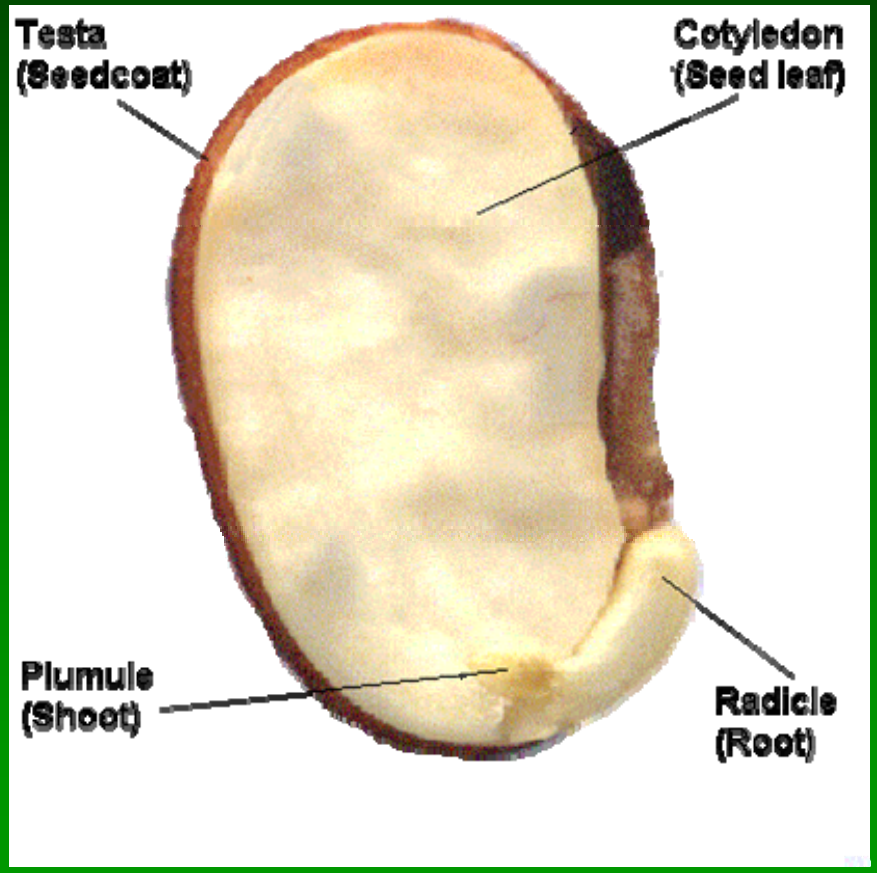
nucellus se mění ve vnější živné pletivo - perisperm



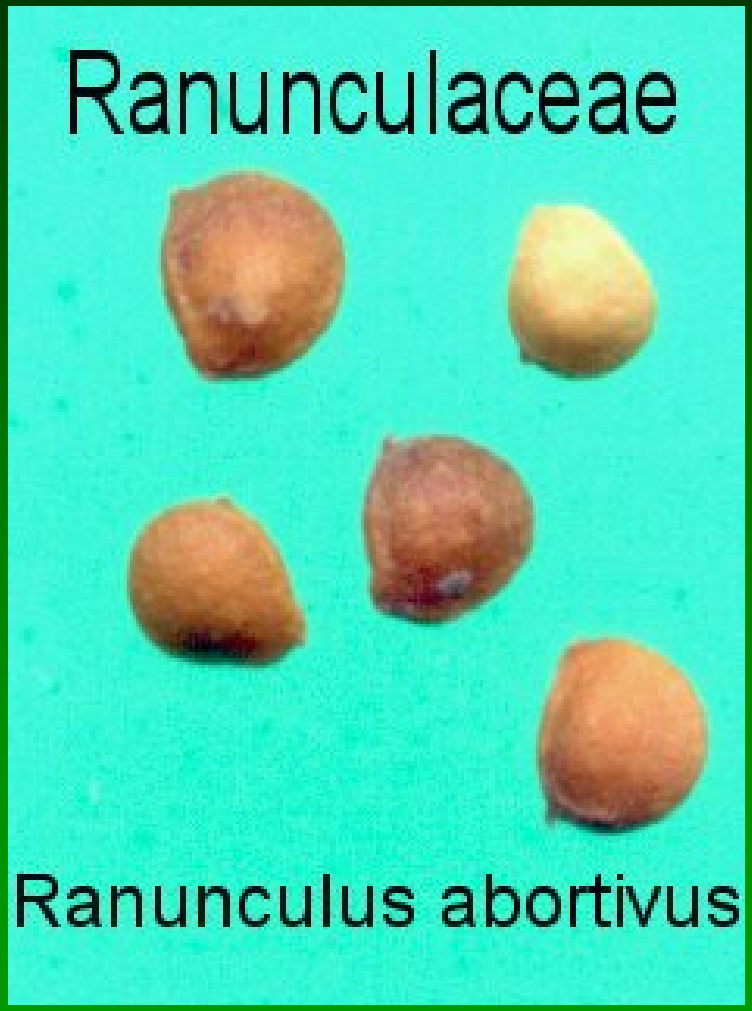


Povrch semene je obvykle kryt osemením (testa) embryo má vyvinut základ stonku (plumula) a základ kořene (radicula), v místě spojení vajíčka poutkem zůstává na semeni jizva (hilum).





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

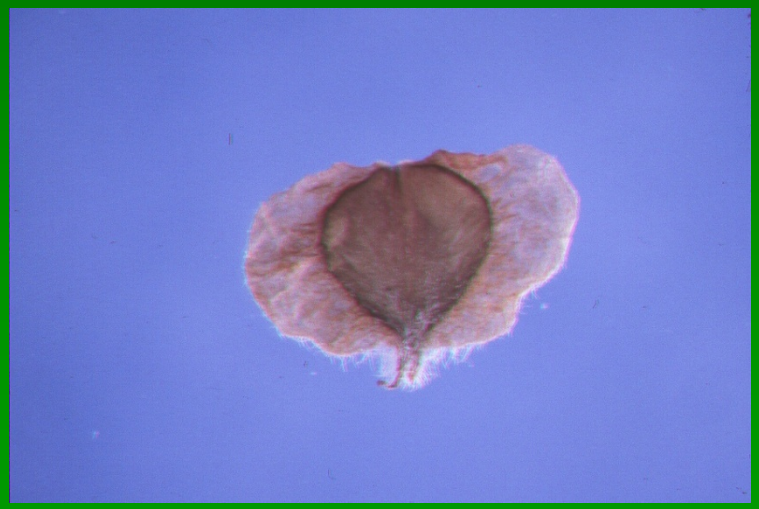


Nažka může vzniknout i z cénokarpního gynecea – např. u šáchorovitých *Cyperaceae* (*Eleocharis obtusa*)

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,*



Okřídlené nažky u jasanu – *Fraxinus* sp., *Oleaceae*

Suchým pukavým plodem je také měchýřek vynikající z apokarpního gynecea (ostrožka - *Delphinium*, *Ranunculaceae*)

Měchýřky v čeledi *Ranunculaceae*

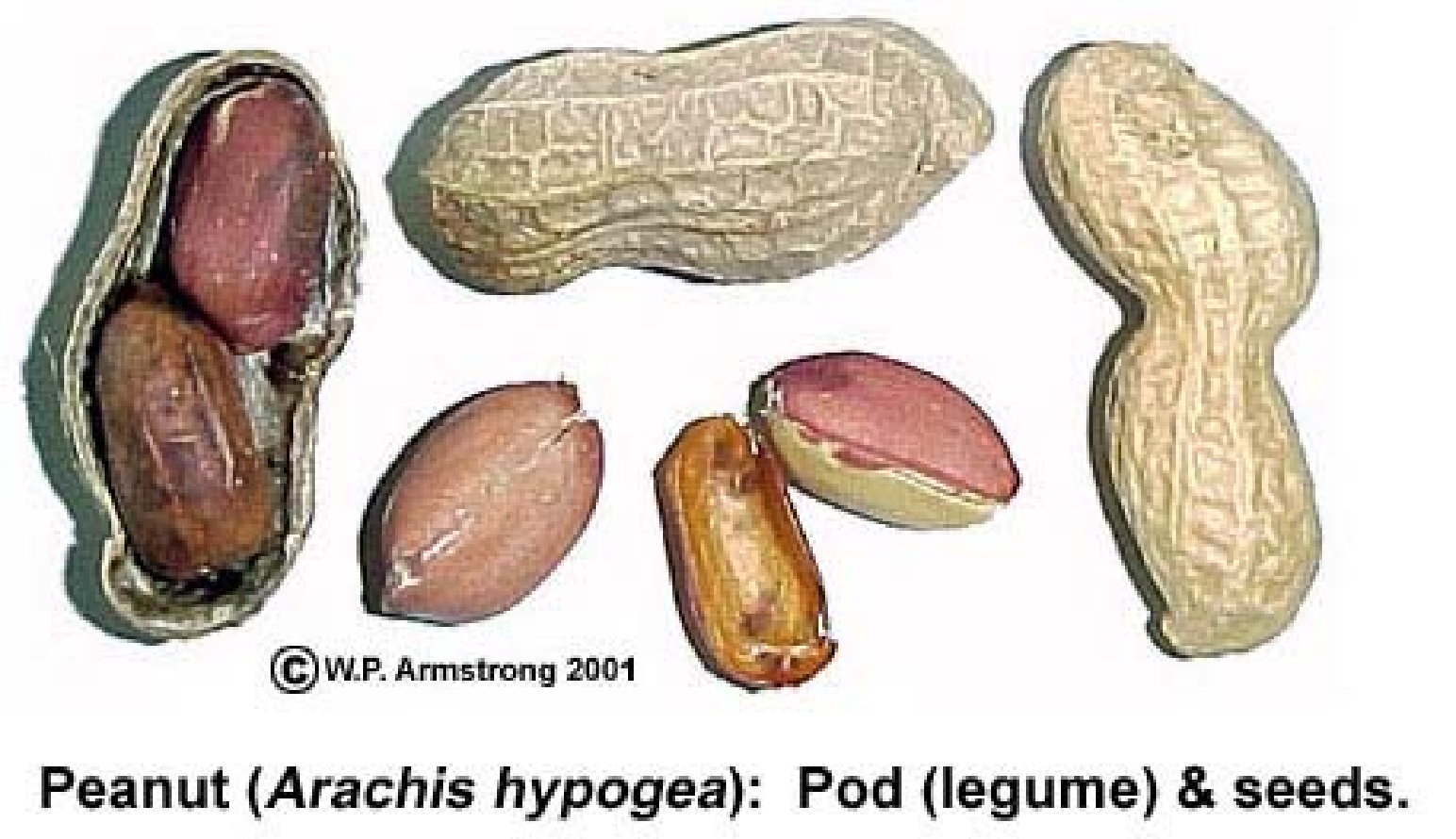
stračka (*Consolida)* počet plodolistů a tedy i měchýřků redukován na jediný v každém květu

blatouch
Caltha

čemeřice
Helleborus

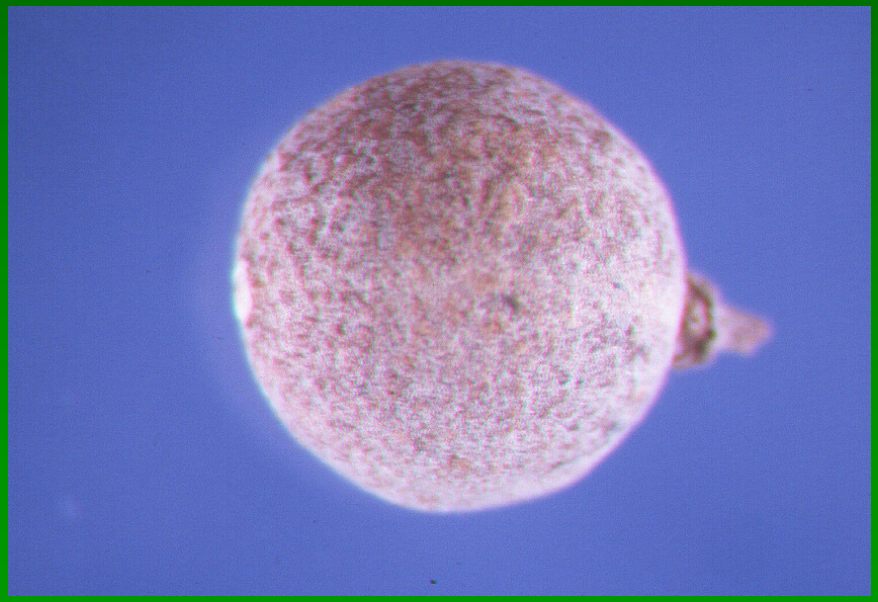
Dalším typem suchého pukavého plodu vznikajícího z apokarpního gynecea je vícesemenný až jednosemenný lusk u čeledi bobovitých (*Fabaceae*), otvírající se dvěma chlopněmi

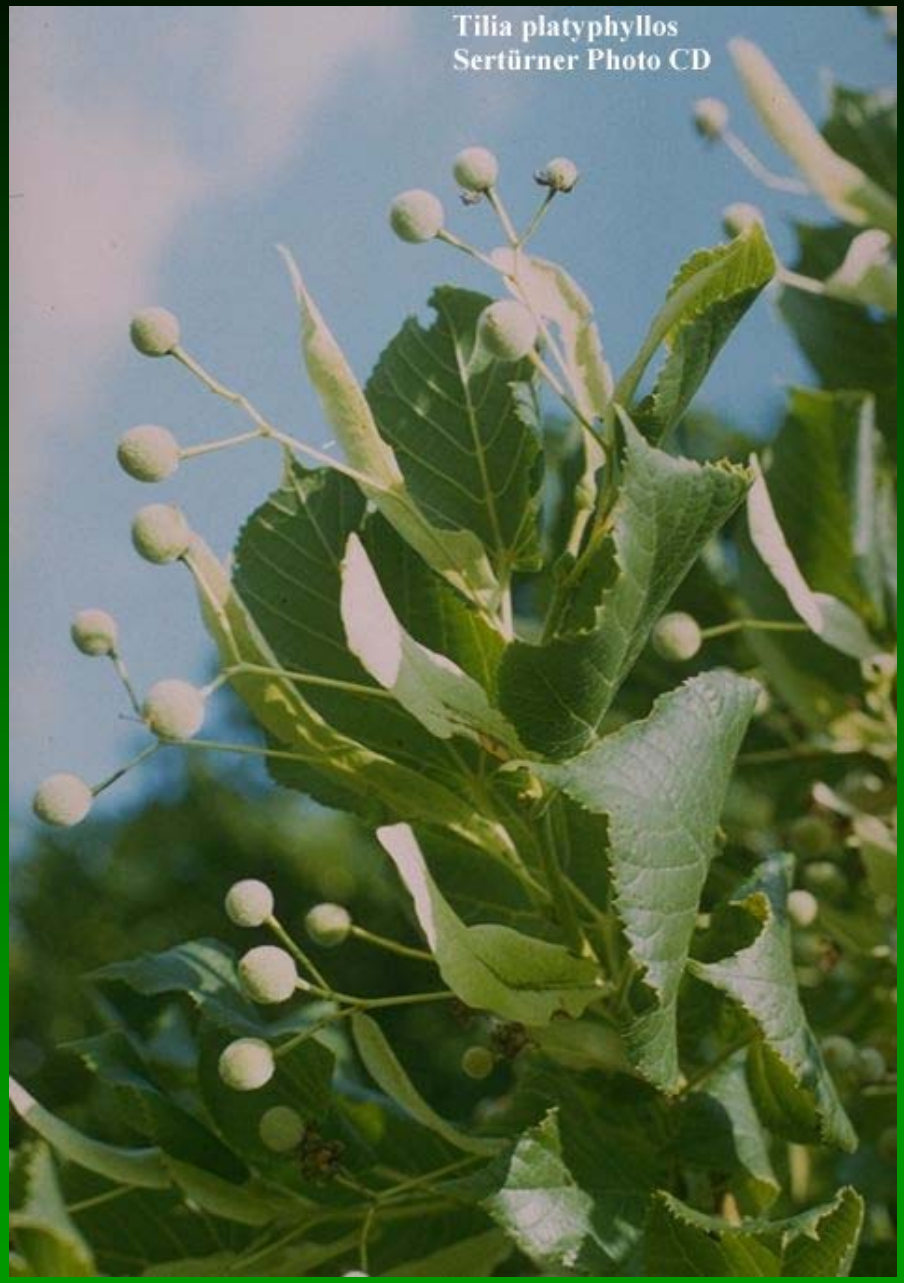
Lusk u podzemnice olejné je na hranici mezi luskem a dvousemennou nažkou



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

Oříšky u lípy (*Tilia*, *Tiliaceae*)



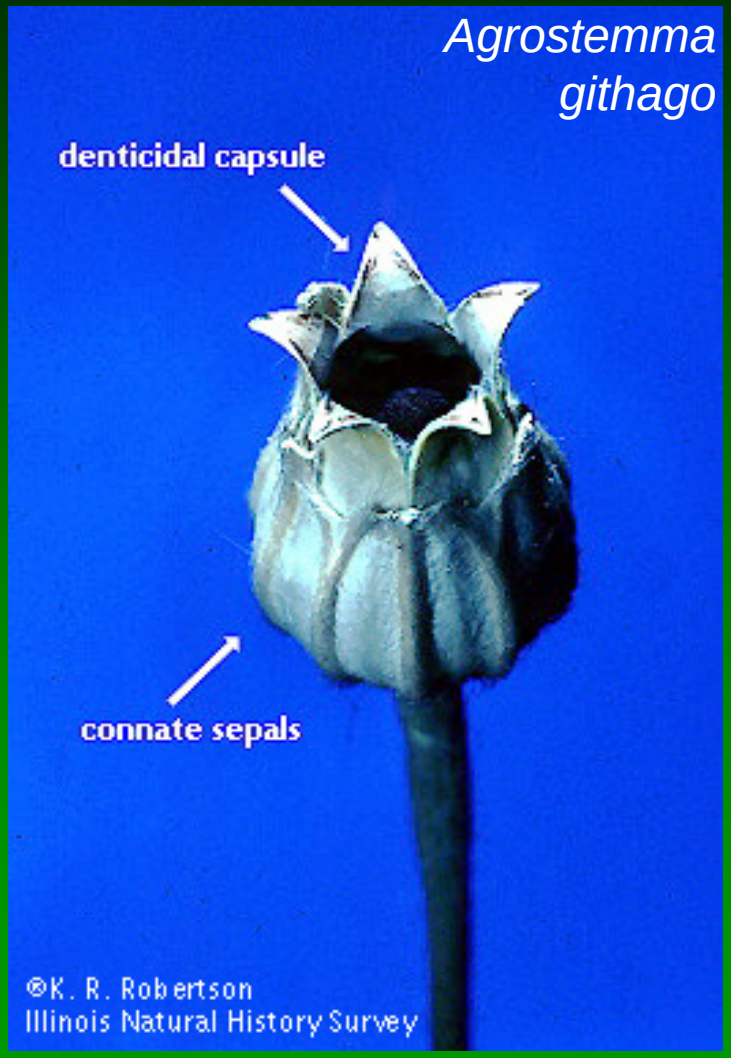


Jednoduchým suchým cénokarpním plodem je také obilka, která se od nažky liší oplodím pevně srostlým s osemením (kukuřice - *Zea*, *Poaceae*)

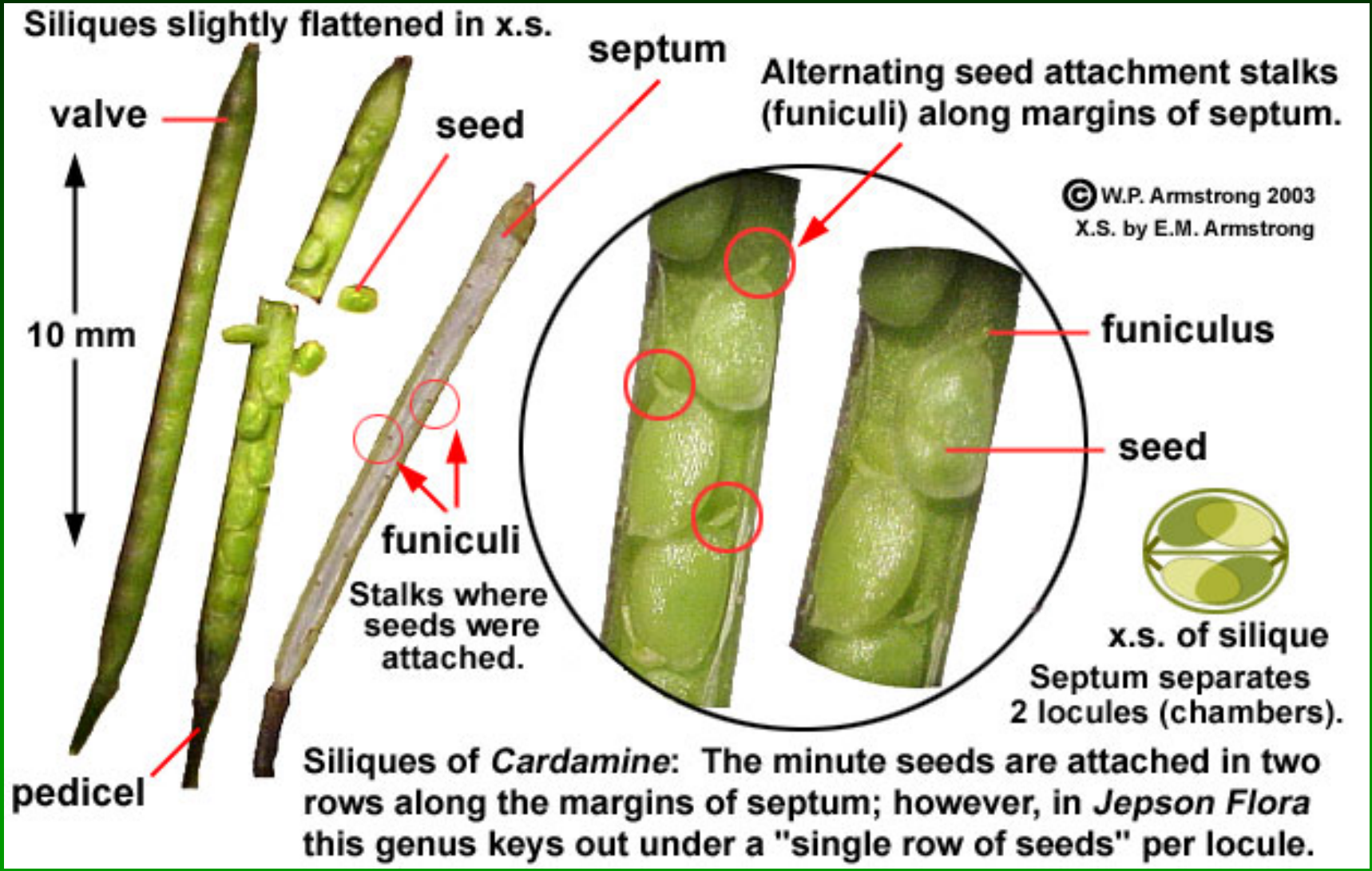
Suchým pukavým plodem vznikajícím jen z cénokarpního gynecea je tobolka. Děrami se otvírá tobolka máku (*Papaver*, *Papaveraceae*)

Trojpouzdré tobolky má kosatec – *Iris*, *Iridaceae*

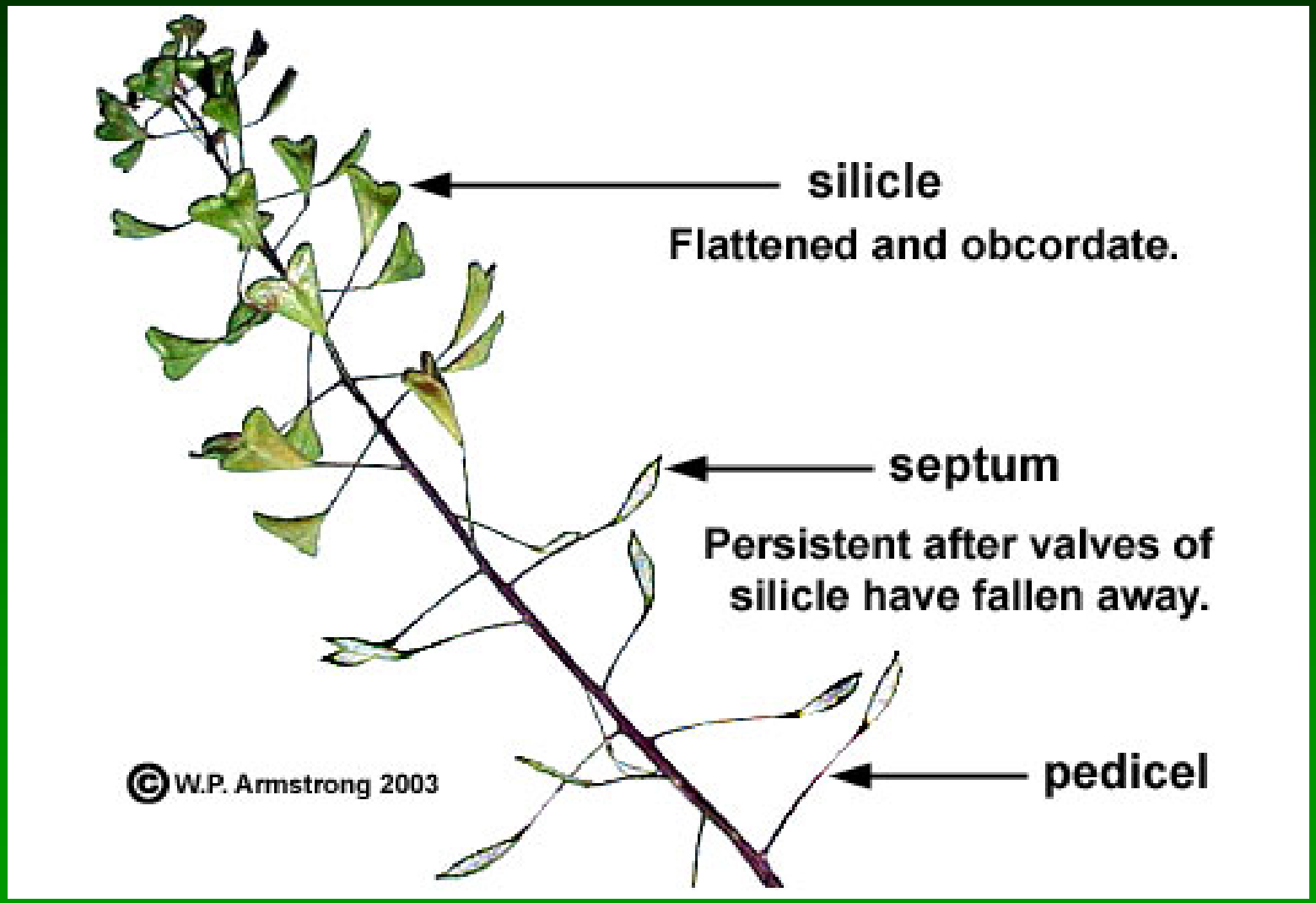
Tobolky otvírající se nejčastěji 5 nebo 10 zuby najdeme u čeledi hvozdíkovitých (*Caryophyllaceae*)



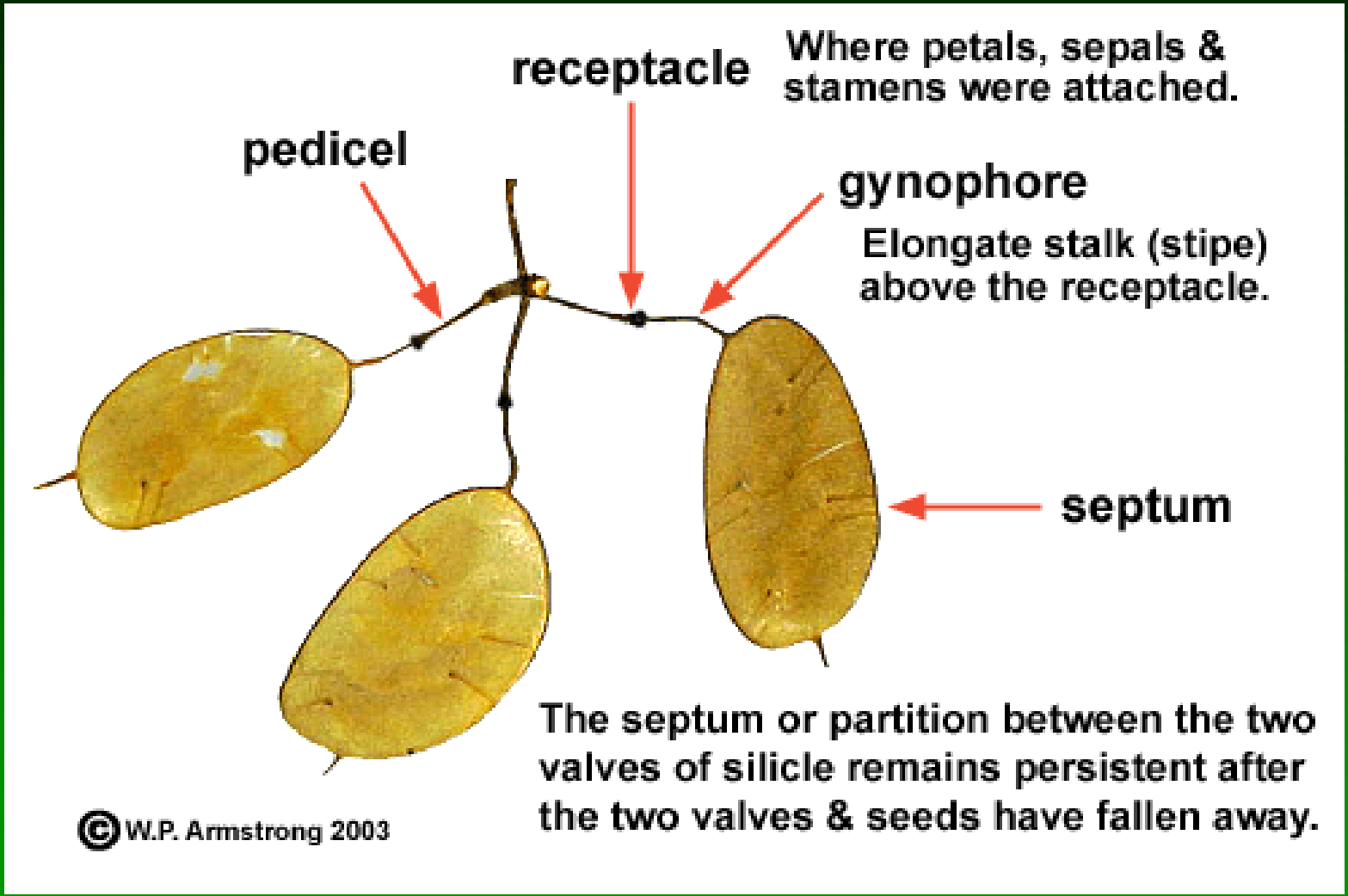
Také šešule brukvovitých (*Brassicaceae*) se dvěma chlopněmi a střední přepážkou je typem tobolky



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



Nebo u měsíčnice (*Lunaria annua*)



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

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

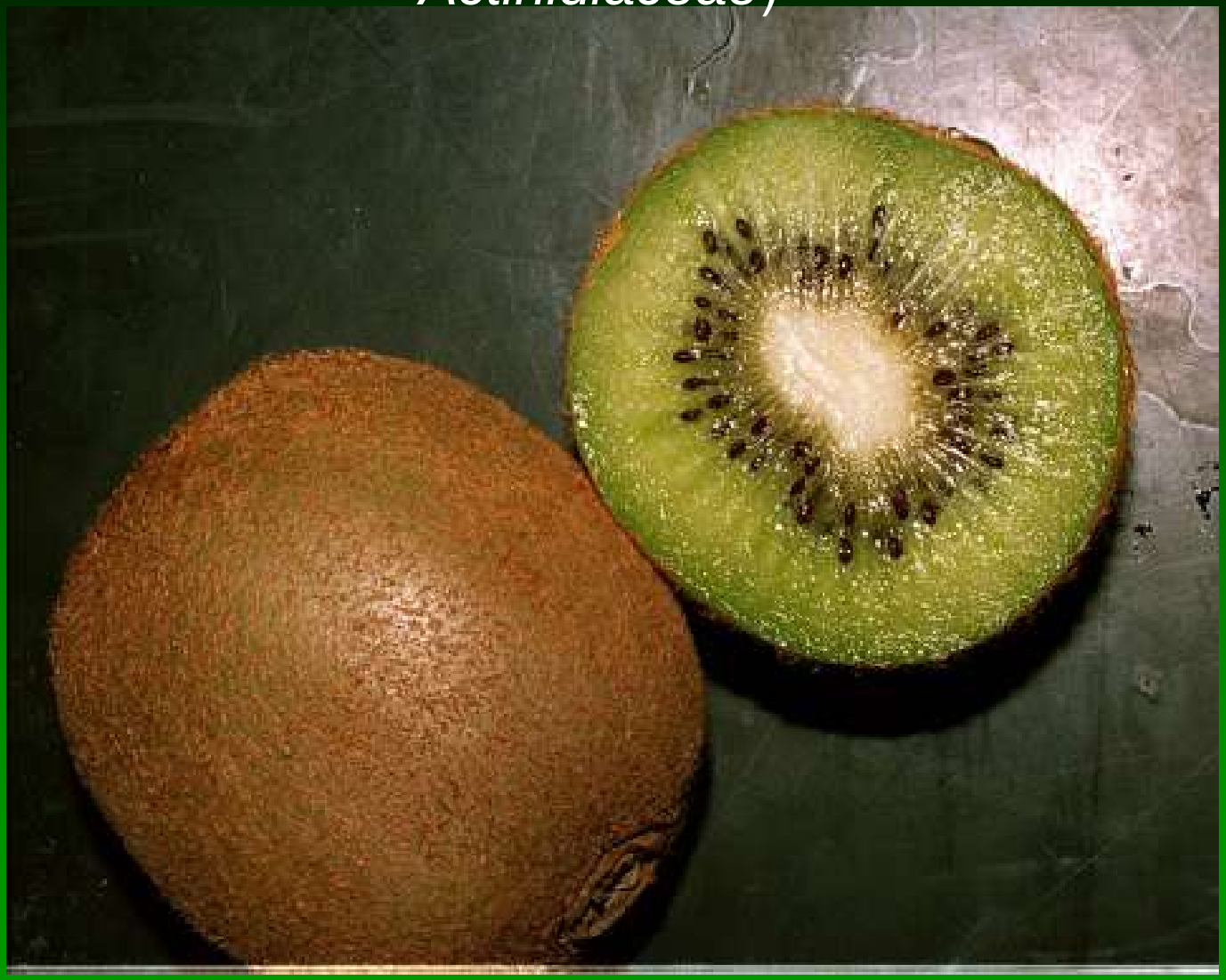
Trnitou tobolku vyplněnou semeny obalenými zdužnatělými míšky má durian (*Durio zibethinus*) z čeledi cejbovitých (*Bombacaceae*)

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*)

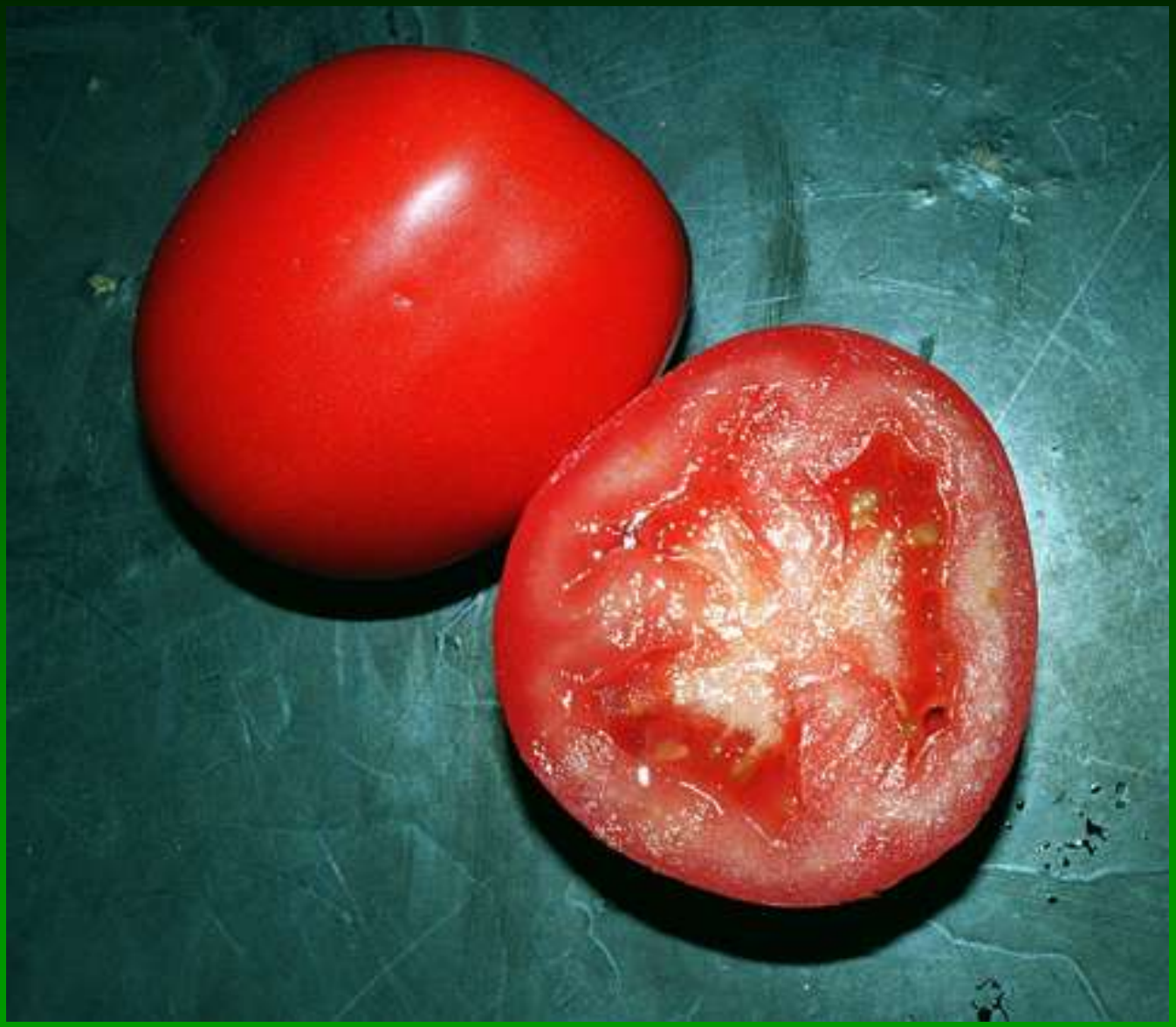
Mnohem častěji vzniká bobule s gynecea cénokarpního – např. u tykvovitých (*Cucurbitaceae*)

různí zástupci čeledi tykvovitých - *Cucurbitaceae*

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



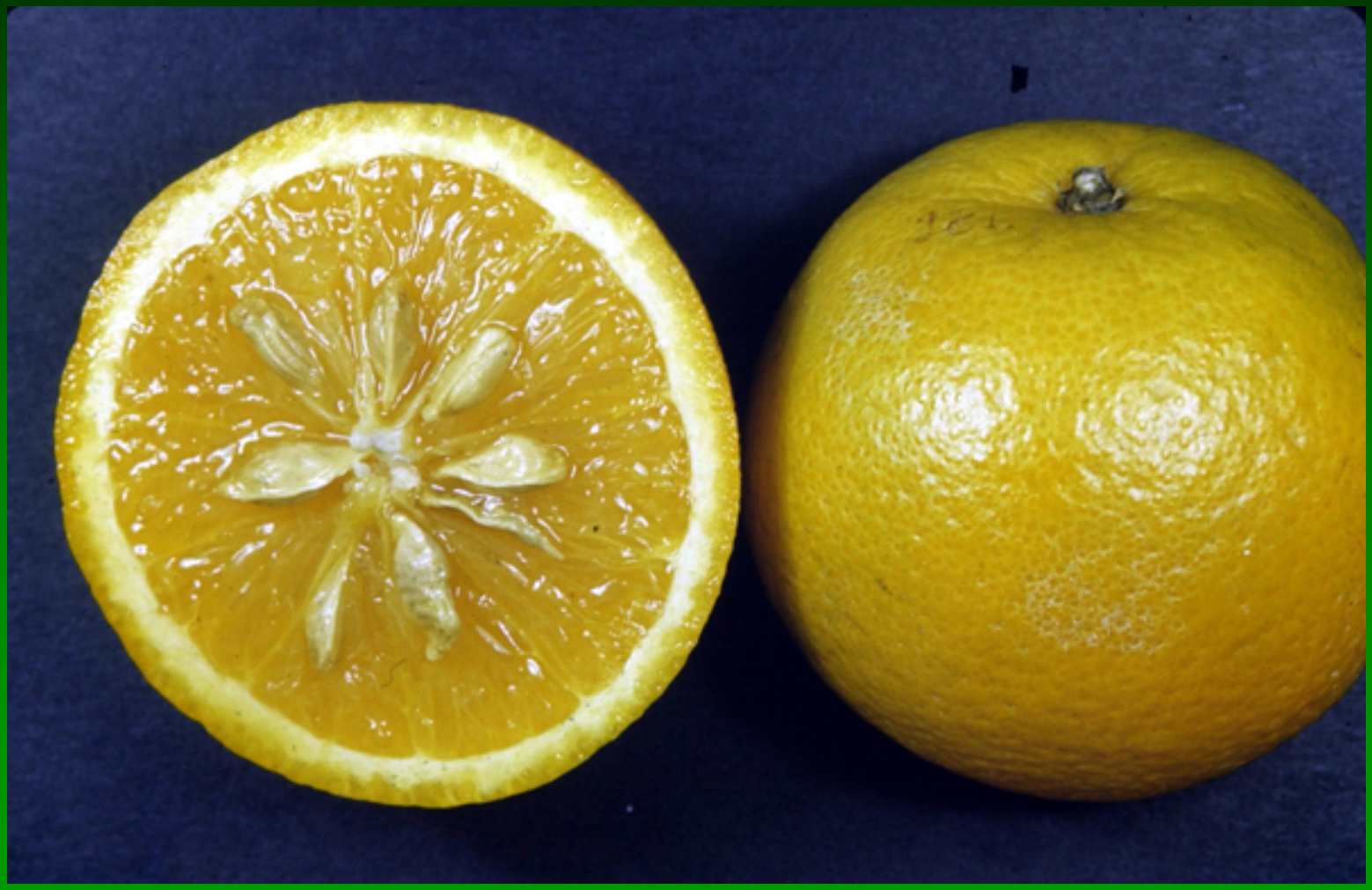
Nebo rajče (*Lycopersicon*) a další lilkovité (*Solanaceae*)



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

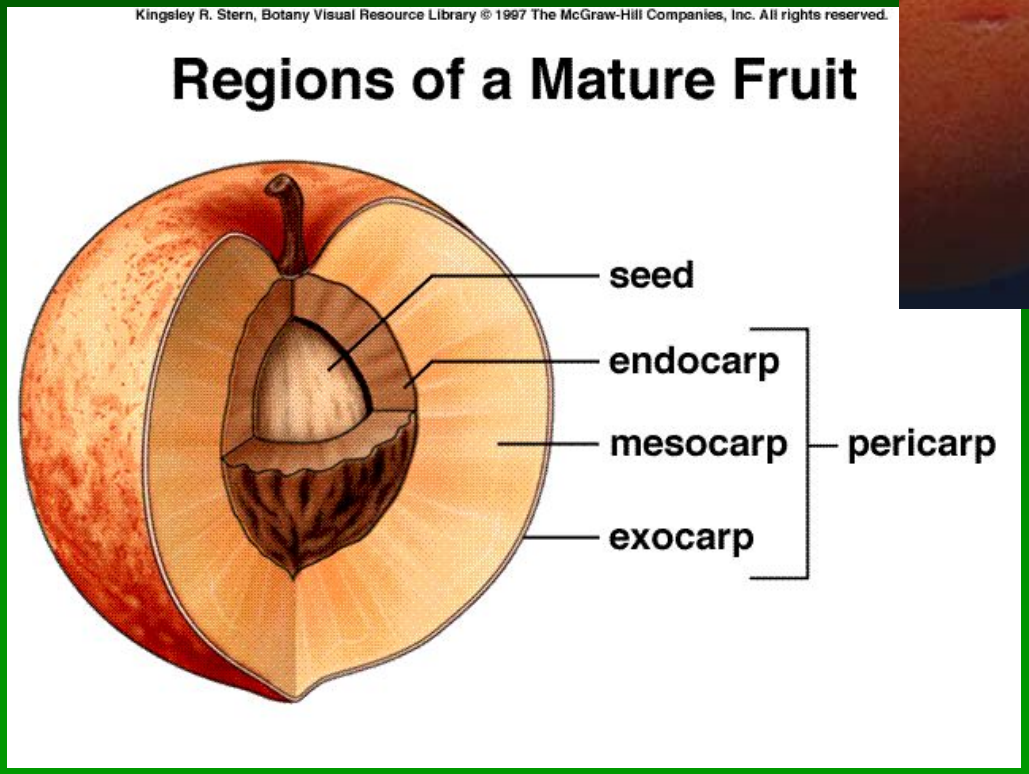
Nebo borůvka (*Vaccinium myrtillus*), brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*) a další brusnicovité (*Ericaceae)*

Zvláštním typem cénokarpní bobule je hesperidium citroníku (*Citrus*, *Rutaceae*) s oplodím rozlišeným na vnější barevné flavedo a vnitřní bílé albedo. Šťavnatá dužina je zbujelé 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

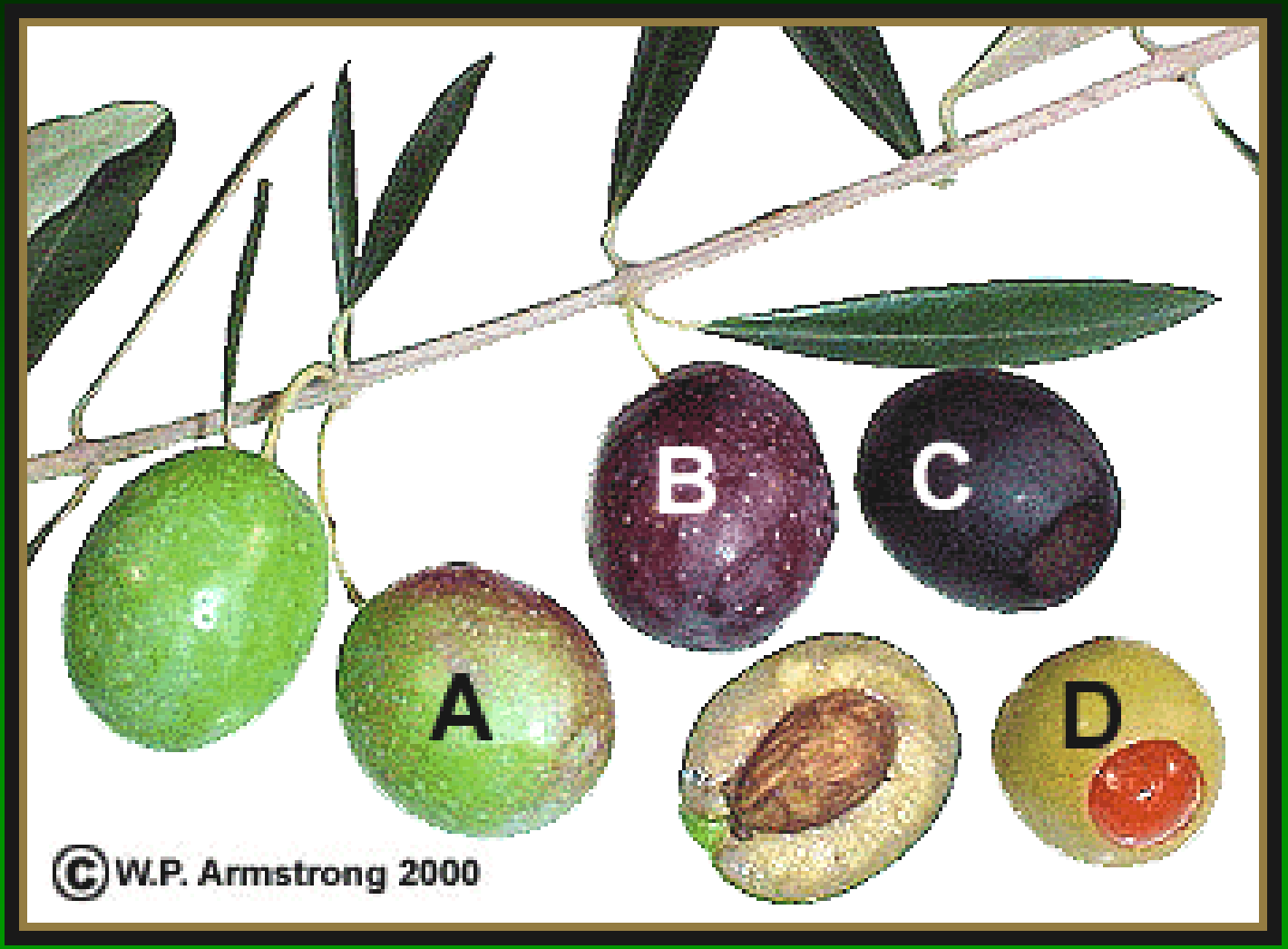
Dužnatým plodu je peckovice s trojvrstevným oplodím (blanitý exokarp, dužnatý mezokarp a sklerenchymatický endokarp) může vynikat z apokarpního gynecea



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

Broskev, třešeň

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

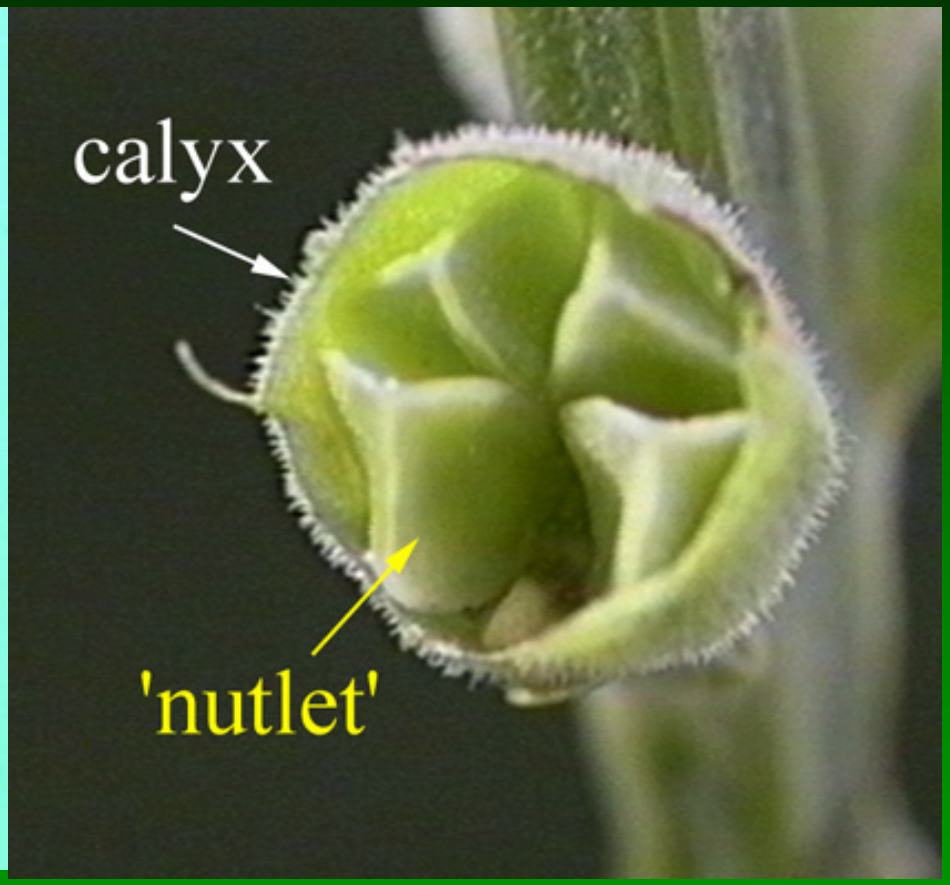


Některé suché cénokarpní plody se rozpadají podél plodolistů, pak se nazývají poltivé (schizokarpium) – jsou to např. tvrdky u brutnákovitých (*Boraginaceae*)

Lithospermum arvense

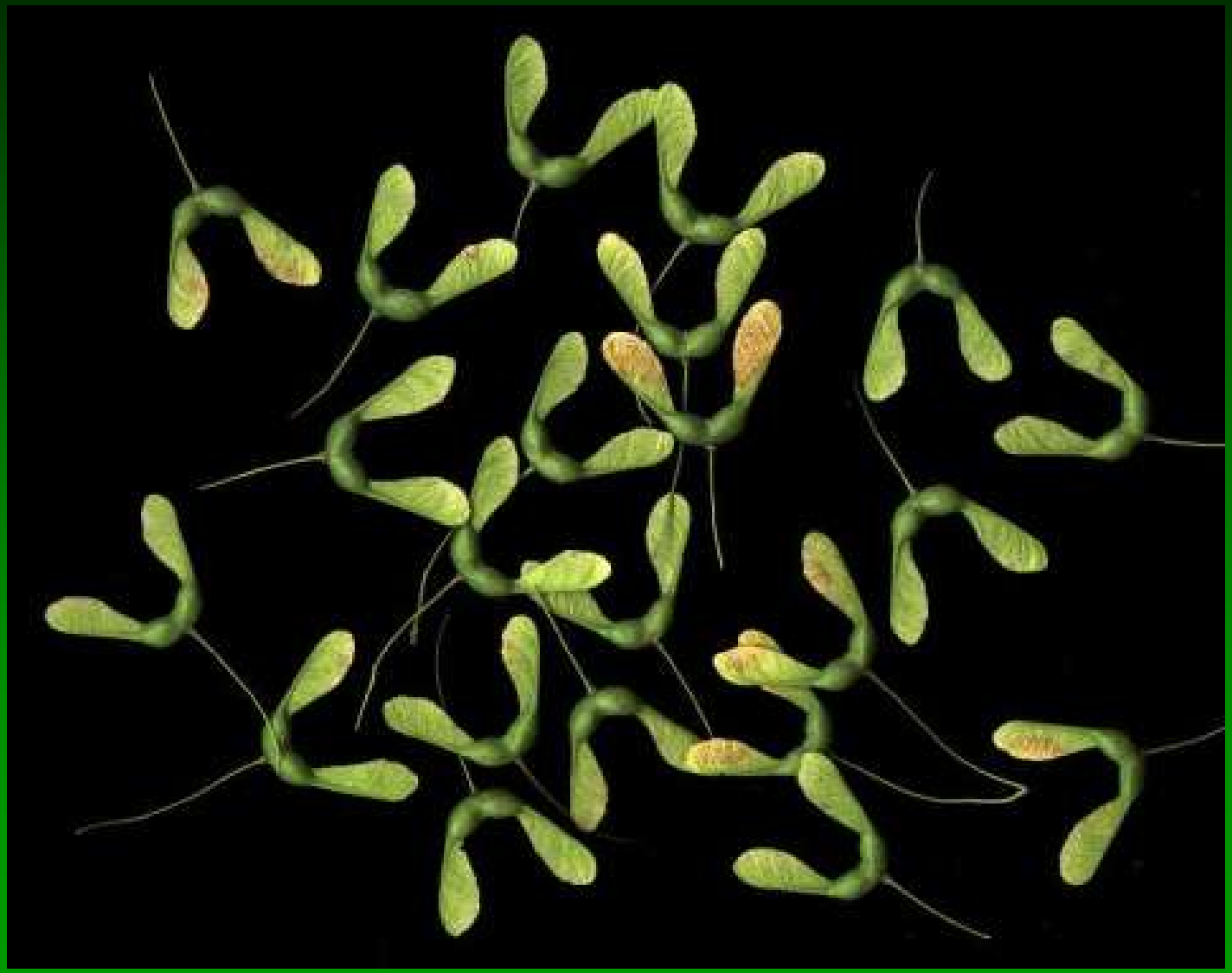
Tvrdky u užanky (*Cynoglossum*, *Boraginaceae*)

Tvrdky jsou typické také pro hluchavkovité (*Lamiaceae*)



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

Poltivým plodem jsou také okřídlené dvounažky u javoru (*Acer*, *Aceraceae*)

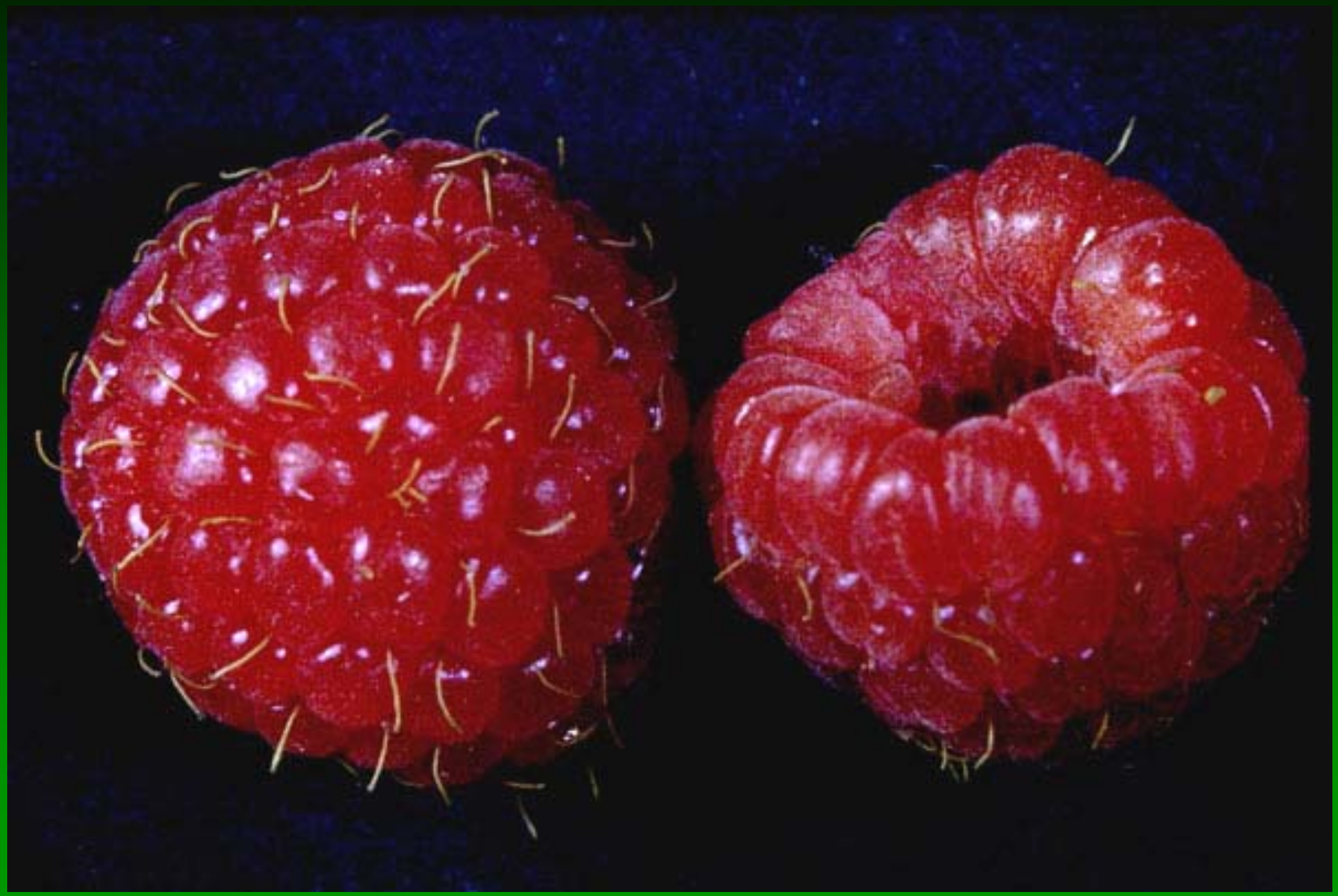


Poltivé plody rozpadající se v mnoho merikarpií má i sléz (*Malva*, *Malvaceae*)

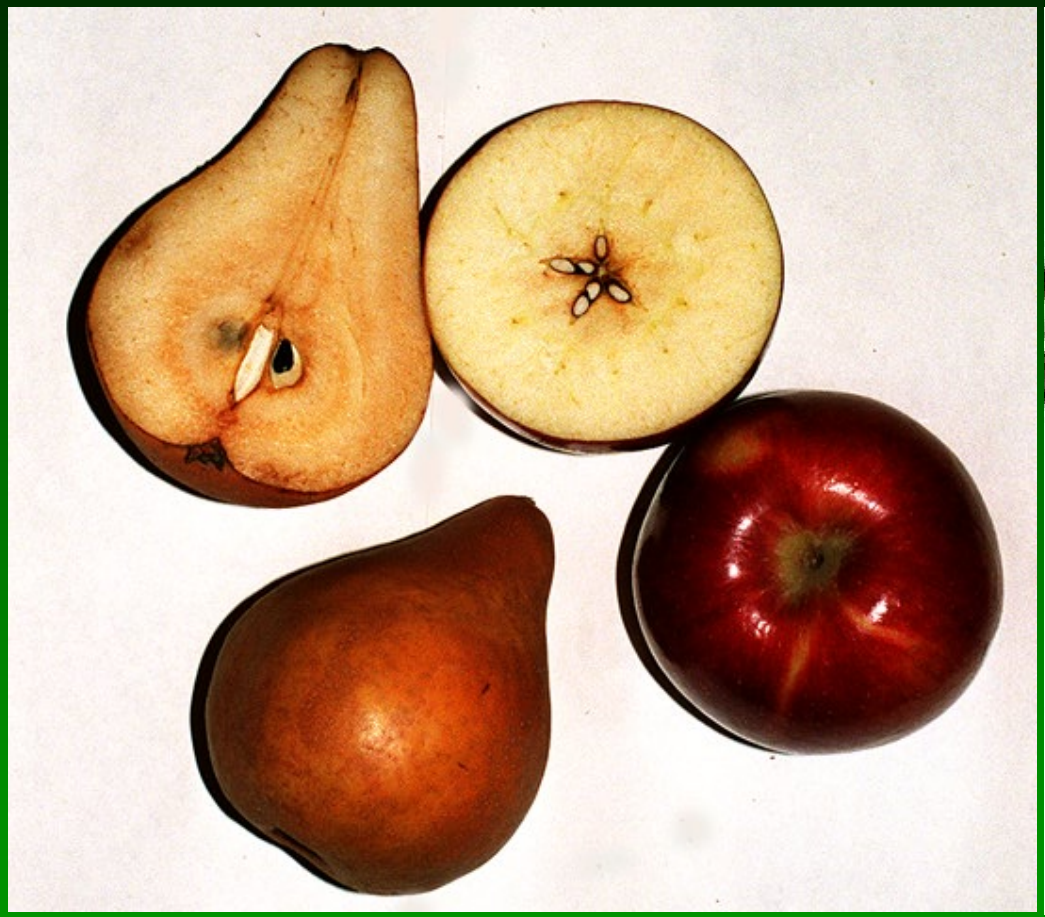
Rozpadavé plody, které rozpadají jinak než podél plodolistů nazýváme lámavé – vznikají jen z cénokarpních gyneceí. Je to např. struk u ředkve (*Raphanus, Brassicaceae)*

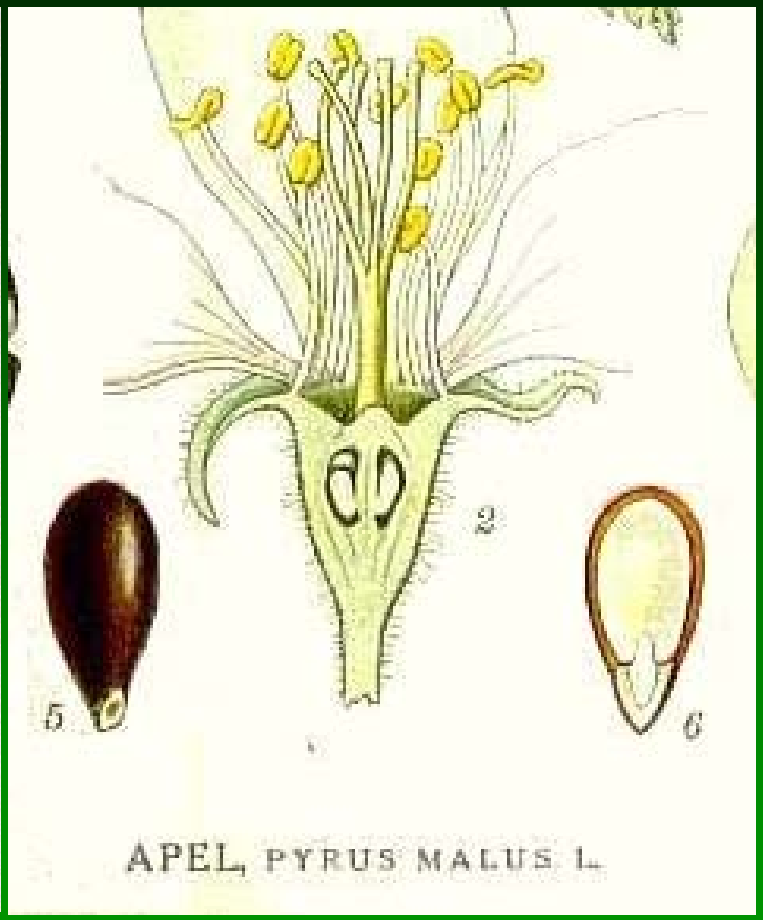
Souplodí je útvar vzniklý spojením apokarpních plodů obvykle květním lůžkem např. mnohoměchýřek u magnolie (*Magnolia*, *Magnoliaceae*)

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



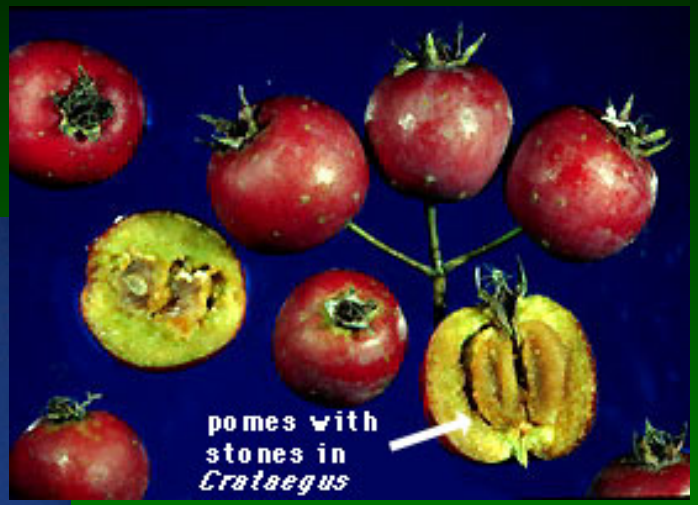
Zdužnatělá češule obalující souplodí nažek (jádřinec) dává vznik souplodí zvanému malvice





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

Malvice má také hloh (*Crataegus*)



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

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

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

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

Plodenstvím, vzniklým přeměnou celého květenství spolu s listeny 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

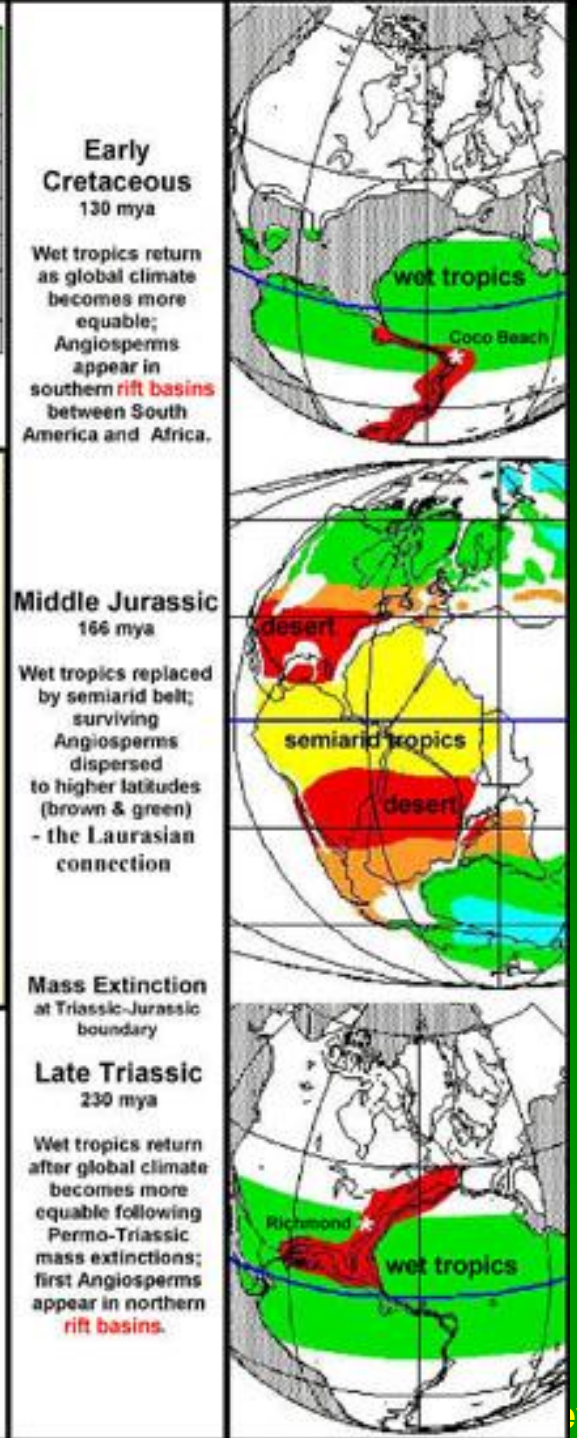
Anemochorie u javoru, pampelišky, břízy a plaménku (*Clematis*), u katránu (*Crambe*) se větrem šíří celé rostliny jako stepní běžci

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

Endozoochorie při níž sehrála, stejně jako u entomogamie, úlohu koevoluce.

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

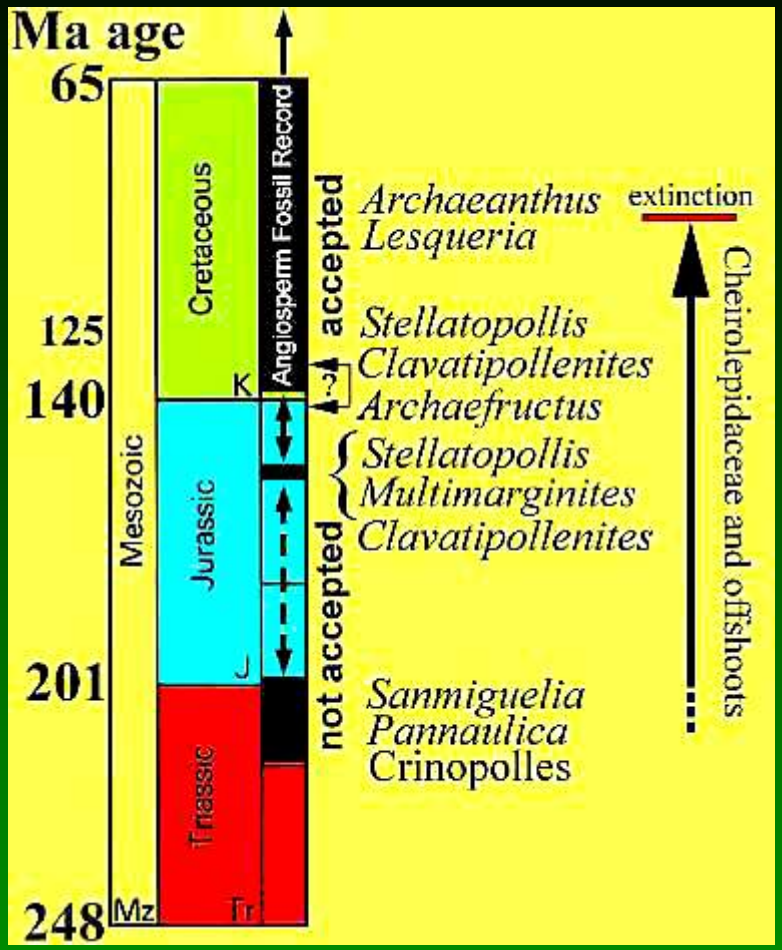
Masíčka na semenech (caruncula) či tuková tělíska na plodech (elaiosomy) jsou některých druhů adaptací na šíření mravenci – myrmekochorie

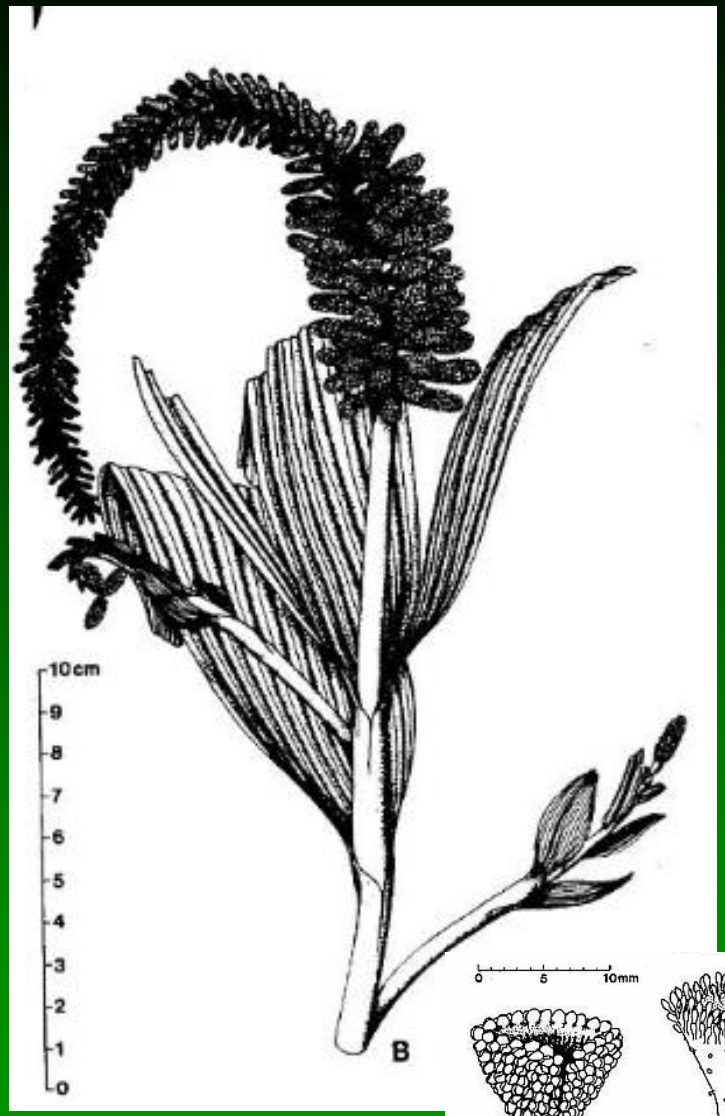


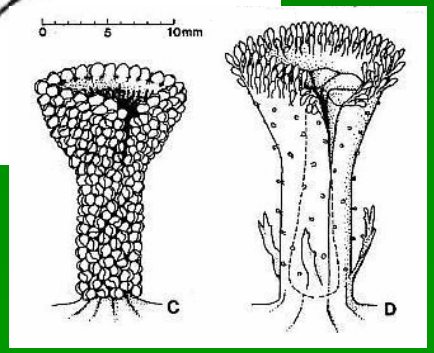
1. hlavní skupiny krytosemenných (bazální, dvouděložné i jednoděložné) vznikly podle molekulárního datování již v triasu,

2. prošly úzkým hrdlem láhve jurského vymírání

3. v křídě diverzifikovalo ca 98 % dnešních čeledí





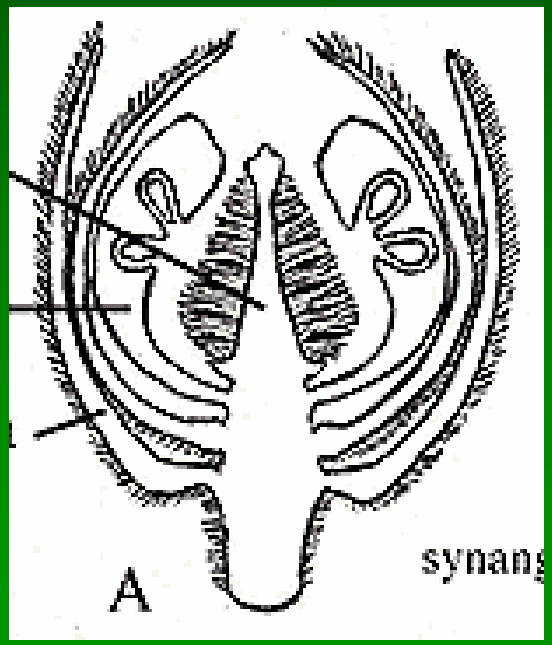


Sanmiguelia: rekonstrukce nejstarší fosílie krytosemených. Objevena 1956 ve vrstvách svrchního triasu v Coloradu u řeky San Miguel

„Jednoděložné“ listy, jednopohlavné „gnetoidní“ květy s rudimenty opačného pohlaví v šišticovitých „květenstvích“

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

Williamsonia



Magnolia

Lilium

Celosvětovou křídovou expanzi krytosemenných podmínila:

» velká rozmanitost tehdejších fyzicko-geografických podmínek

» vysoká konkurenční schopnost v nejrůznějších biotopech (včetně vodních)

» kratší životní cyklus než u nahosemenných skýtající možnost rychlejšího tempa evoluce v důsledku rekombinace

» rozmanitost jejich 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 mirfologické diverzifikaci hlavně květních částí

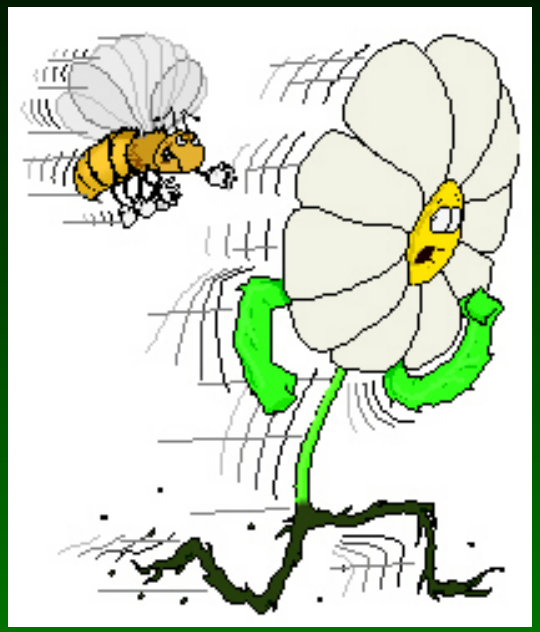


Figure 4.6 When ruptured, trichomes on the leaves of a wild potato species, *Solanum berthaultii*, release a clear liquid exudate that, upon exposure to air, turns into a sticky viscous substance that acts as a natural glue for small insects. A peach aphid (*Myzus persicae*) is immobilized due to glue lumps on its feet. (Reproduced by courtesy of H.M. Smid, Wageningen University, The Netherlands.)

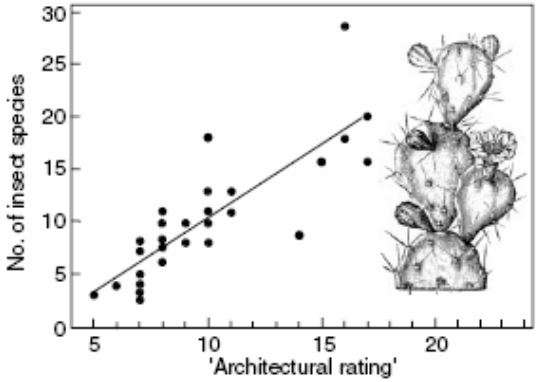


Figure 3.16 The number of herbivorous insect species associated with 28 North and South American *Opuntia* species as a function of the plants' architecture. 'Architectural rating' is the sum of the following variables scored from 1 to 4: (1) height of mature plant; (2) mean number of cladodes; (3) cladode size (cm^2); (4) development of woody stem; (5) cladode complexity (quality of cladode surface, and presence and density of spines). (From Moran, 1980.)[67]

Table 2.1 Numbers of herbivorous species in different insect orders (data from various sources)

Insect order	Total no. of species	Herbivorous species	
		No.	%
Coleoptera	349 000	122 000	35
Lepidoptera	119 000	119 000	100
Diptera	119 000	35 700	30
Hymenoptera	95 000	10 500	11
Hemiptera	59 000	53 000	90
Orthoptera	20 000	19 900	100
Thysanoptera	5 000	4 500	90
Phasmida	2 000	2 000	100

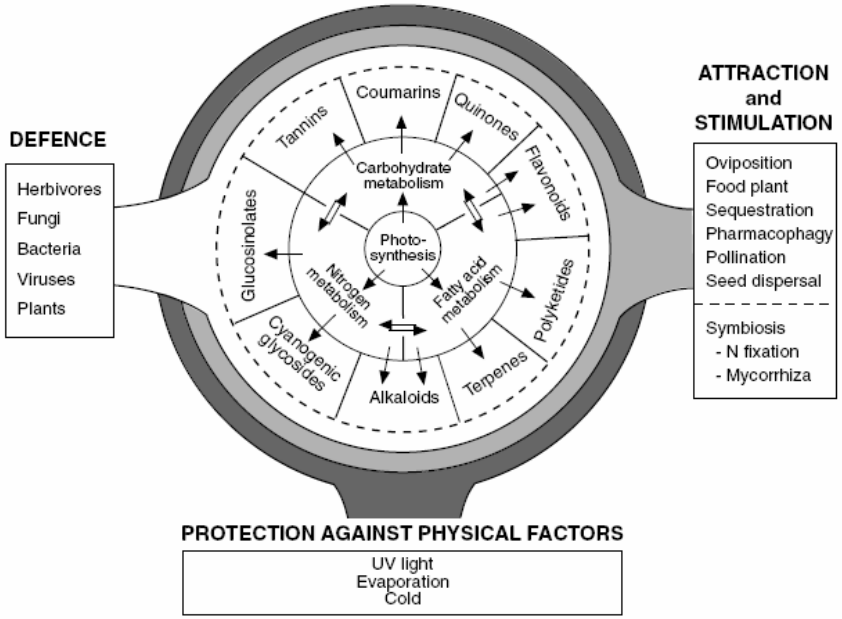
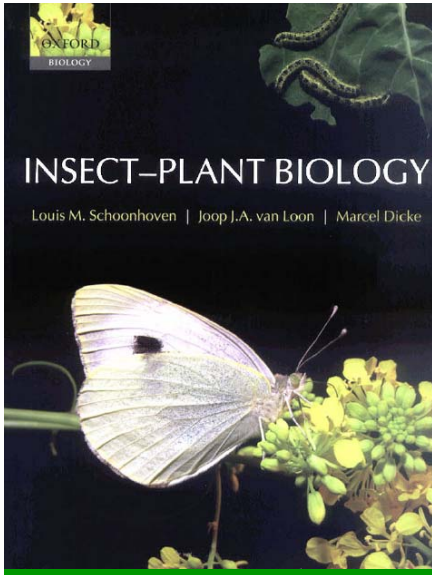


Figure 4.31 Secondary plant substances derive from primary metabolites. They show a multitude of functions and are involved in many biotic and abiotic environmental factors. (Redrawn from Hartmann, 1996.)[125]



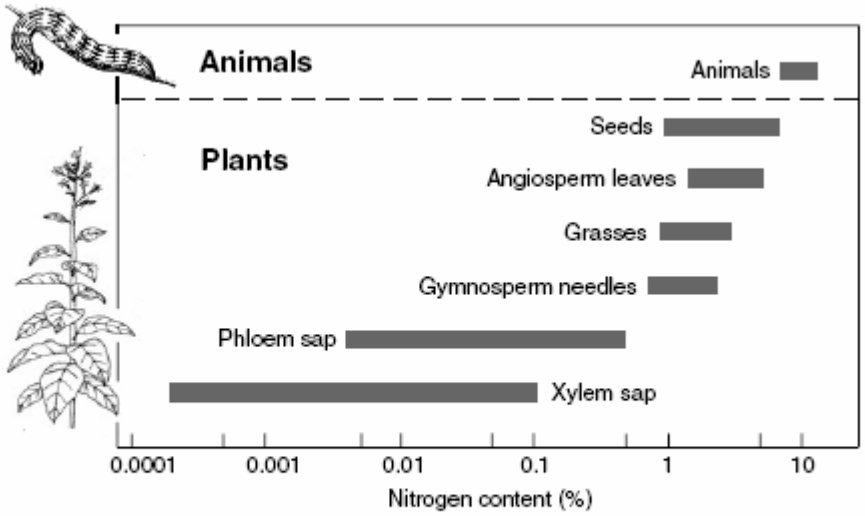


Figure 5.2 Variations in nitrogen concentration (% dry weight) of different plant parts compared with that in animals. Xylem and phloem sap concentrations are expressed as nitrogen weight/volume. (From Mattson, 1980.)[112]

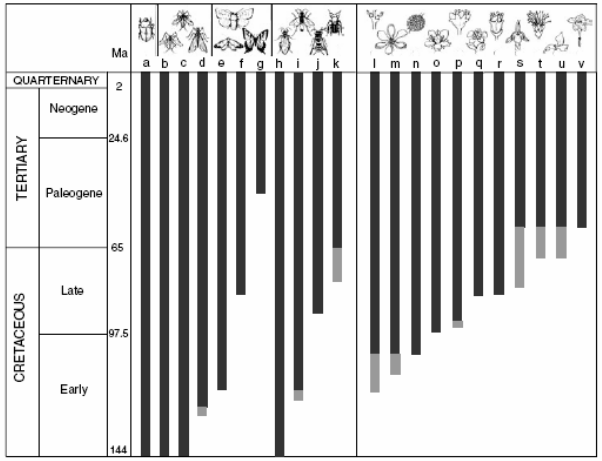
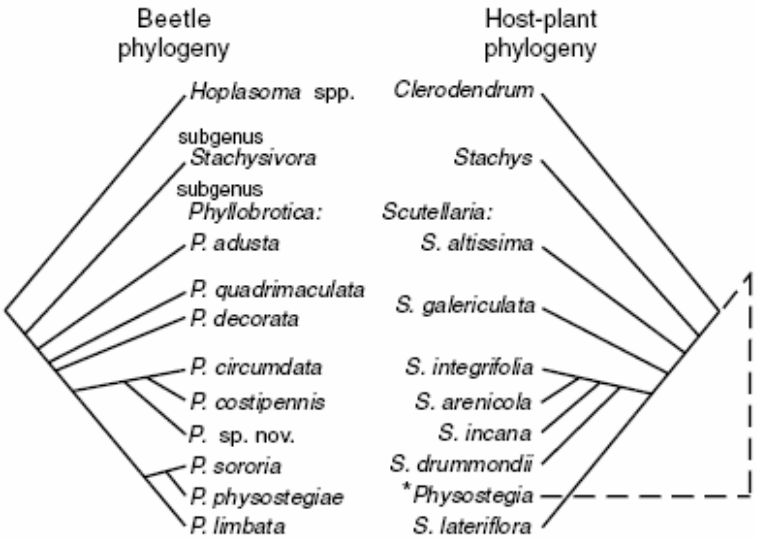
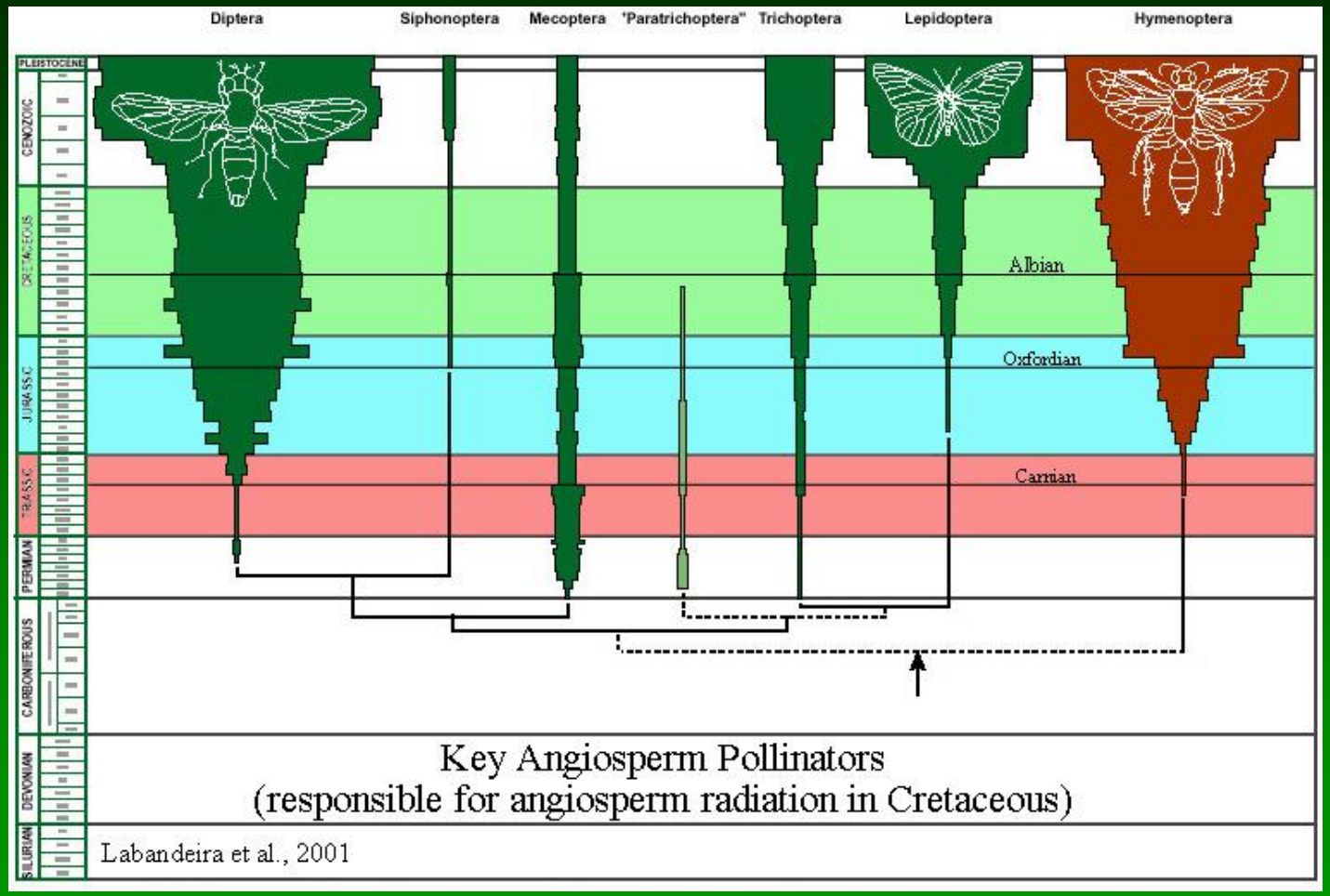


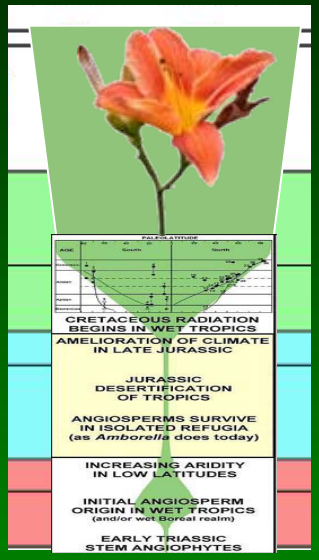
Figure 12.19 Time of appearance on a geological time-scale of selected insect taxa germane to the evolution of insect pollination (a–k) compared with the appearance of major floral types (l–v). Black bars are based on direct fossil evidence; grey bars indicate probable range, inferred rather than based on direct fossil evidence. Ma, million years before present. Insects: (a) Coleoptera; (b–d) Diptera: (b) Tipulidae, (c) Mycethophilidae, (d) Empididae; (e–g) Lepidoptera: (e) Micropterigidae, (f) Noctuidae, (g) Papilionidae; (h–k) Hymenoptera: (h) Symphyta, (i) Sphecidae, (j) Vespidae, (k) Apidae. Plants: (l) small simple flowers with few floral parts, (m) acyclic or hemicyclic flowers with numerous parts; (n) small monochlamydeous flowers; (o) cyclic, heterochlamydeous, and actinomorphic flowers; (p) epigynous and heterochlamydeous flowers; (q) sympetalous flowers; (r) epigynous and monochlamydeous flowers; (s) zygomorphic flowers; (t) brush-type flowers; (u) papilionid flowers; (v) deep funnel-shaped flowers. (Redrawn from Crepet and Friis, 1987;[17] Friis and Crepet, 1987;[31] and Grimaldi, 1996.[44])



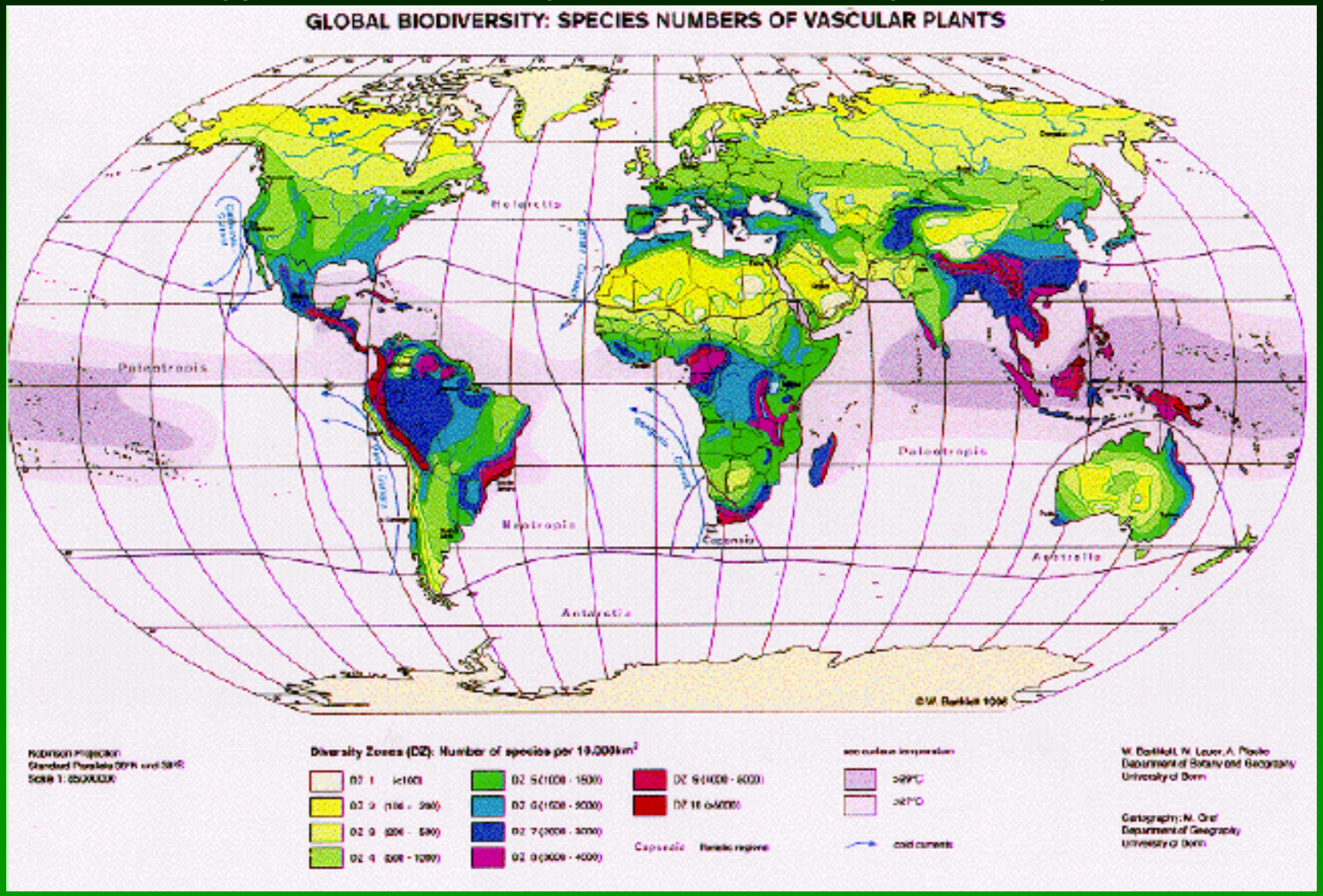
ıre 11.13 Cladograms of the chrysomelid genus *Phyllobrotica* (with the sister genus *Hoplasoma*) and of its host plants. Each insect n is placed opposite its host. Beetle species with unknown hosts and plant species that are not hosts to the *Phyllobrotica* lineage have been ıded. (From Farrell and Mitter, 1990.)[44]

Diverzifikace hlavních typů opylovačů a krytosemenných v geologickém čase





Analýza evolučního významu a charakteru fylogeneticky důležitých znaků opravňuje předpokládat, že pro nejpůvodnější krytosemenné mohly být typické následující vlastnosti a znaky:

- málo vyvinuté sekundární dřevo bez trachejí
- zpeřeně žilnaté, střídavé, jednoduché listy
- oboupohlavné, jednotlivé květy
- kuželovité květní lůžko s velkým neustáleným počtem spirálně uspořádaných a vzájemně nesrostlých okvětních lístků, tyčinek a pestíků
- vně zelené, uvnitř barevné tepaly
- široké, páskovité až lupenité nitky tyčinek
- velké a ploché plodolisty bez stylodií (s přisedlou bliznou) s mnoha crassinucelátními vajíčky

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