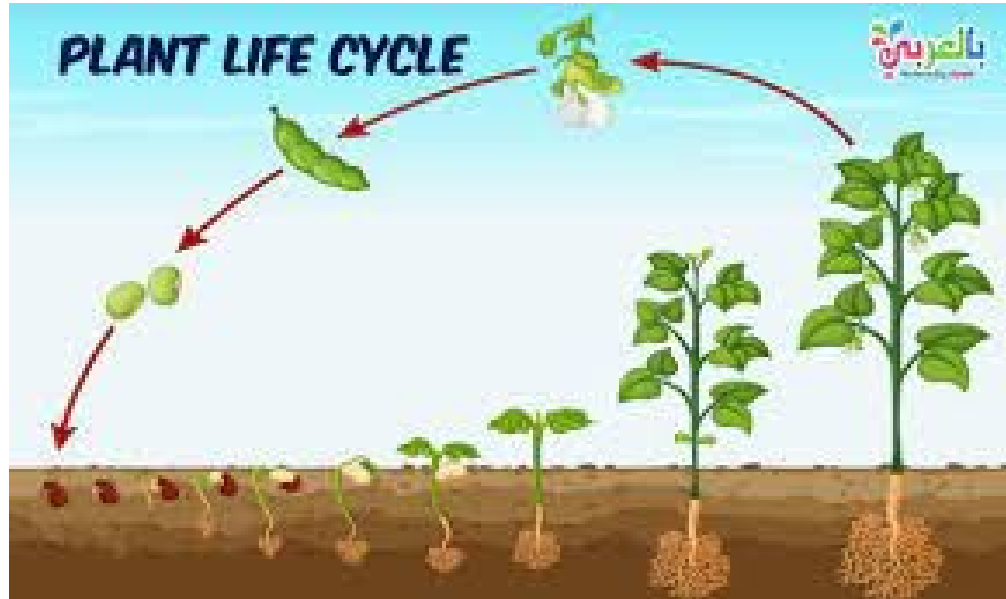


# 1. Životní cykly u rostlin

## 2. Plody

Hana Cempírková, Ph.D.

Rostlinná embryologie 2021



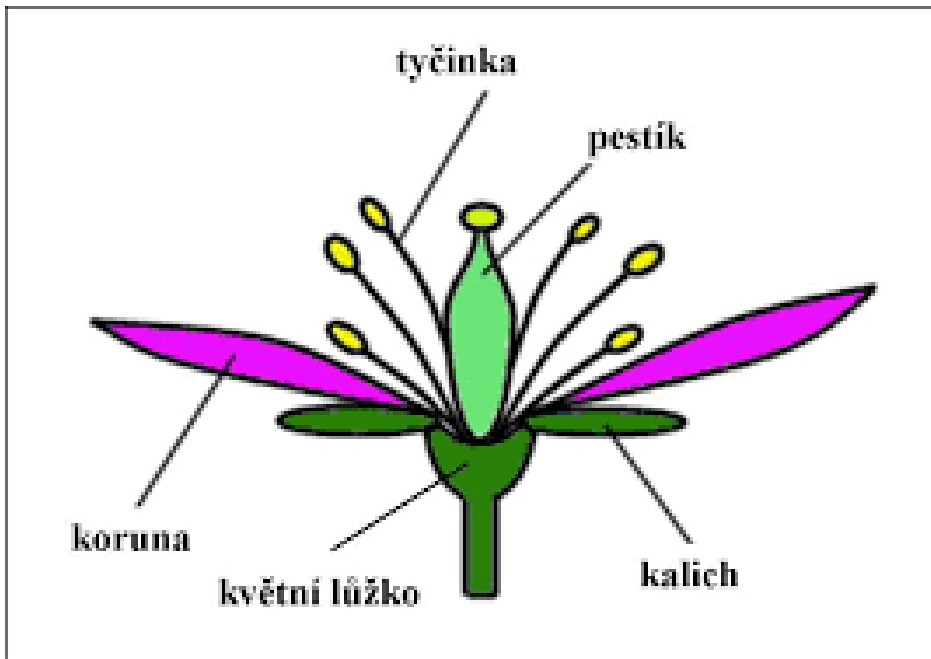
# Cíle dnešní přednášky

- ▶ popsat ontogenetický vývoj rostlin a střídání fází
- ▶ popsat rozdíly mezi ontogenezí mechorostů, kapradin a vyšších rostlin z hlediska rodozměny
- ▶ popsat struktury semene a určit, z kterých částí vajíčka pochází
- ▶ popsat rozdíl mezi apokarpním a cenokarpním plodem
- ▶ popsat základní typy nepukavých (dužnatých a suchých), pukavých a lámavých plodů
- ▶ uvést příklad nepravého plodu a popsat, z čeho se skládá a jak vznikl
- ▶ popsat anatomickou stavbu obilky
- ▶ popsat různé způsoby rozšiřování semen a charakteristiky těchto semen
- ▶ popsat struktury semene a jejich funkce, rozdíl mezi bílečnatým a bezbílečnatým semenem
- ▶ popsat typy dormance, požadavky pro klíčení a typy klíčení

# Rozmnožování u rostlin



## generativní rozmnožování (amfimixis)

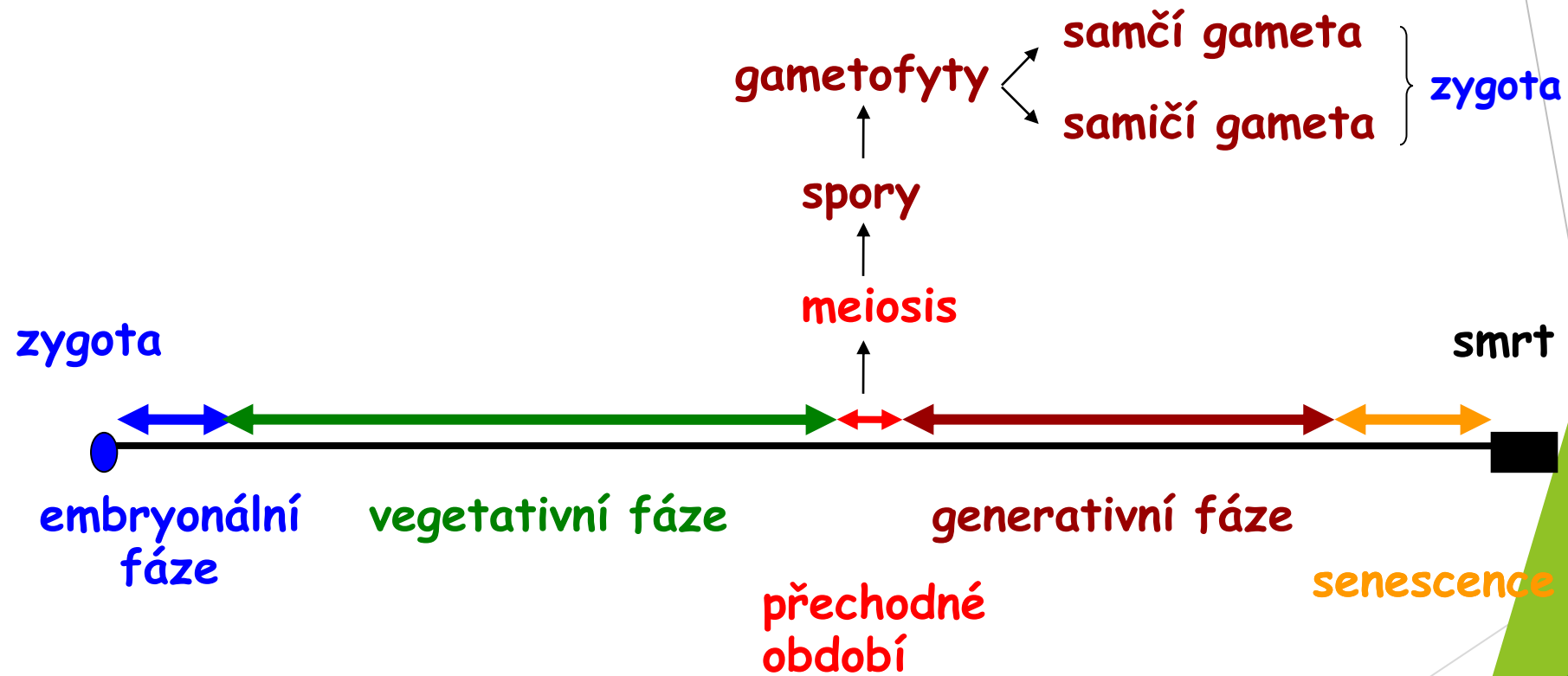


## vegetativní rozmnožování (amixis)

- fragmentace
- cibulky, hlízky
- rhizomy

**apomixis** - „vegetativní množení z generativních orgánů“ - semena jsou tvořena z různých pletiv vajíčka bez oplození

# Ontogeneze rostlin

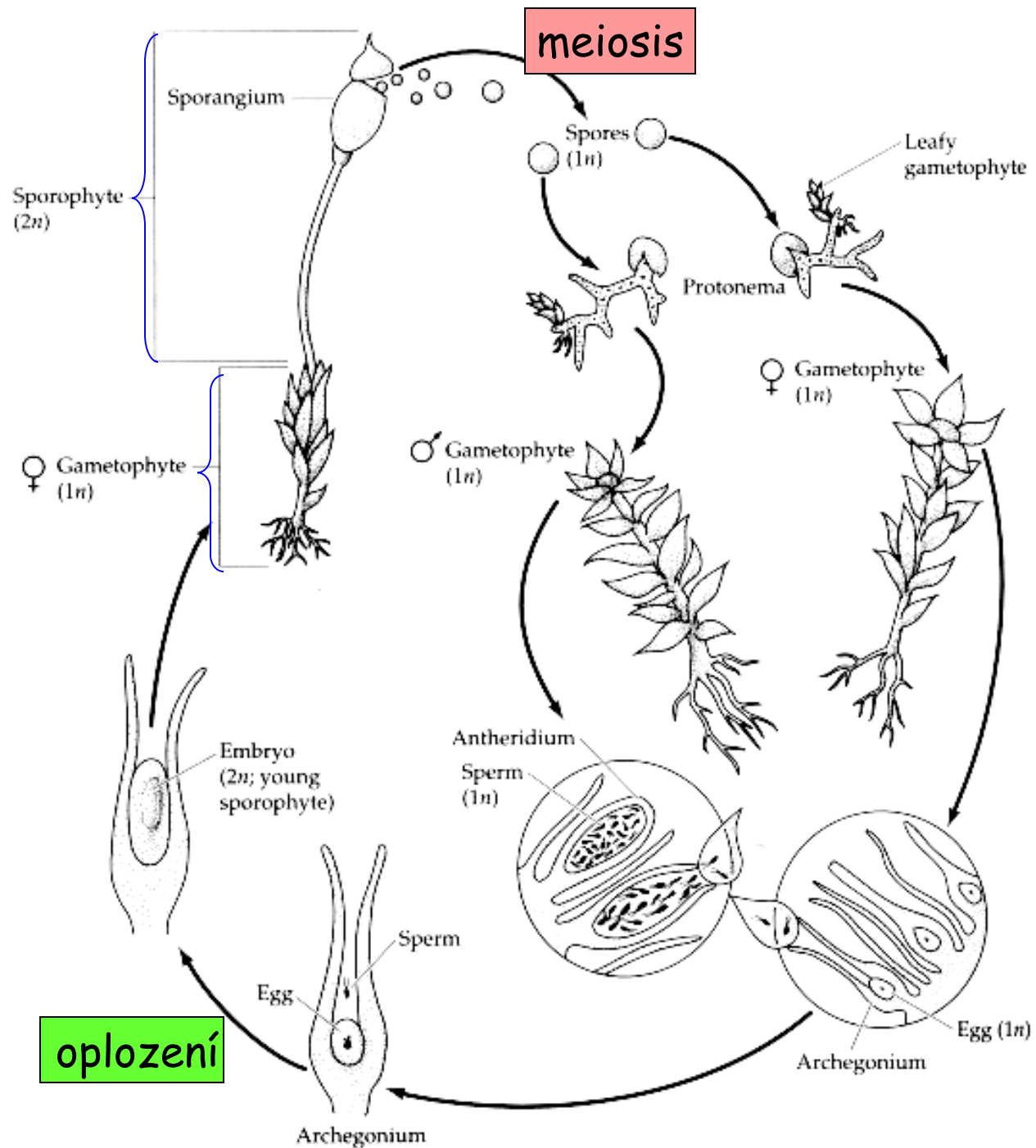
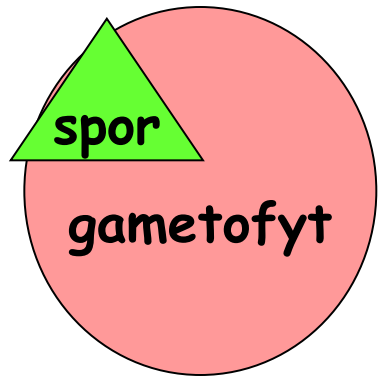


# Fáze rodozměny u rostlin

- životní cyklus = střídání fází = **rodozměna** (popsal W. Hofmeister 1851), později označováno jako **metageneze**
- **sporofyt** -  $2n$  = nepohlavní diploidní generace produkující spory
- **gametofyt** -  $1n$  = pohlavní haploidní generace produkující samčí nebo samičí pohlavní buňky (gamety), jejichž splynutím vzniká **zygota**

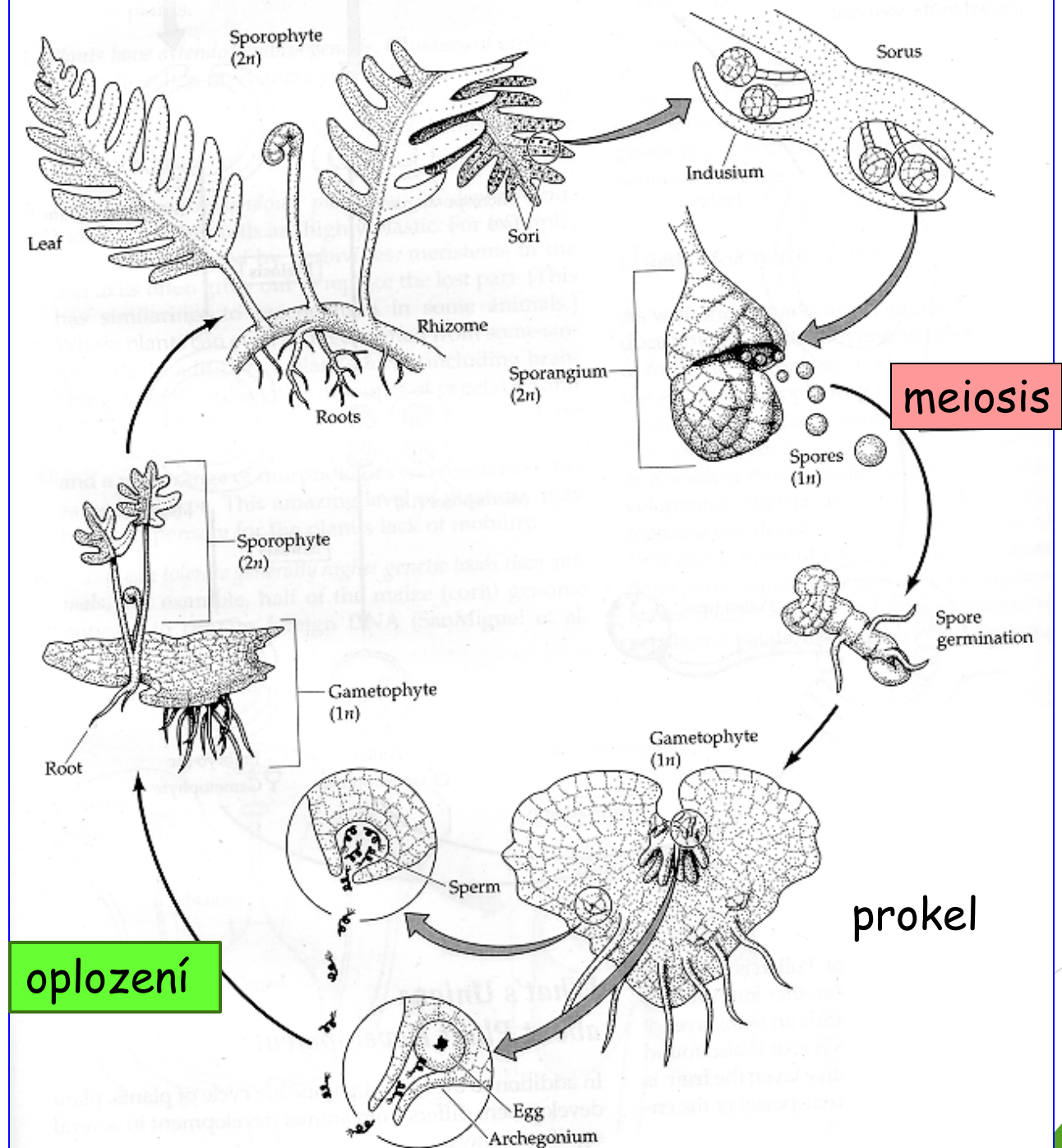
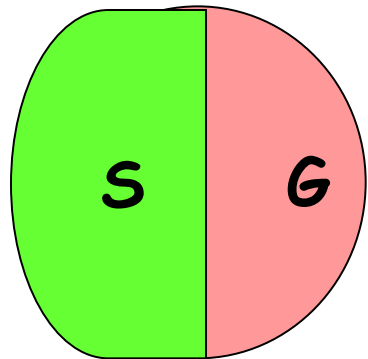
# Rodozměna u mechorostů

embryo i zralý sporofyt jsou závislé na fotosyntéze gametofytu

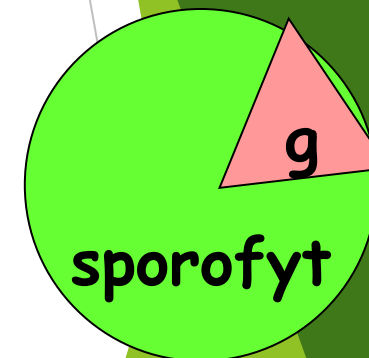
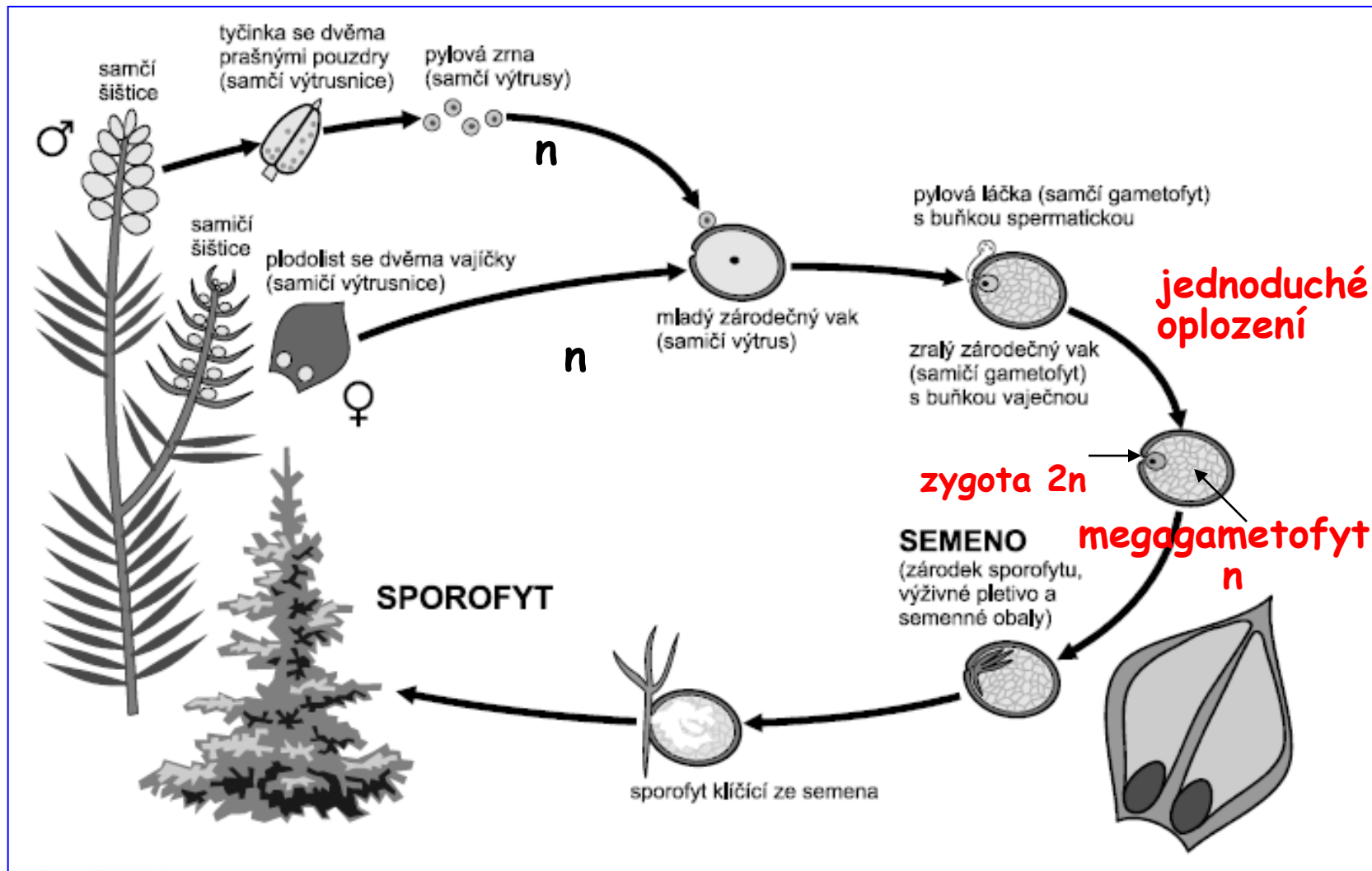


# Rodozměna u kapradin

sporofyt i gametofyt je schopný fotosyntézy



# Rodozměna u nahosemenných rostlin



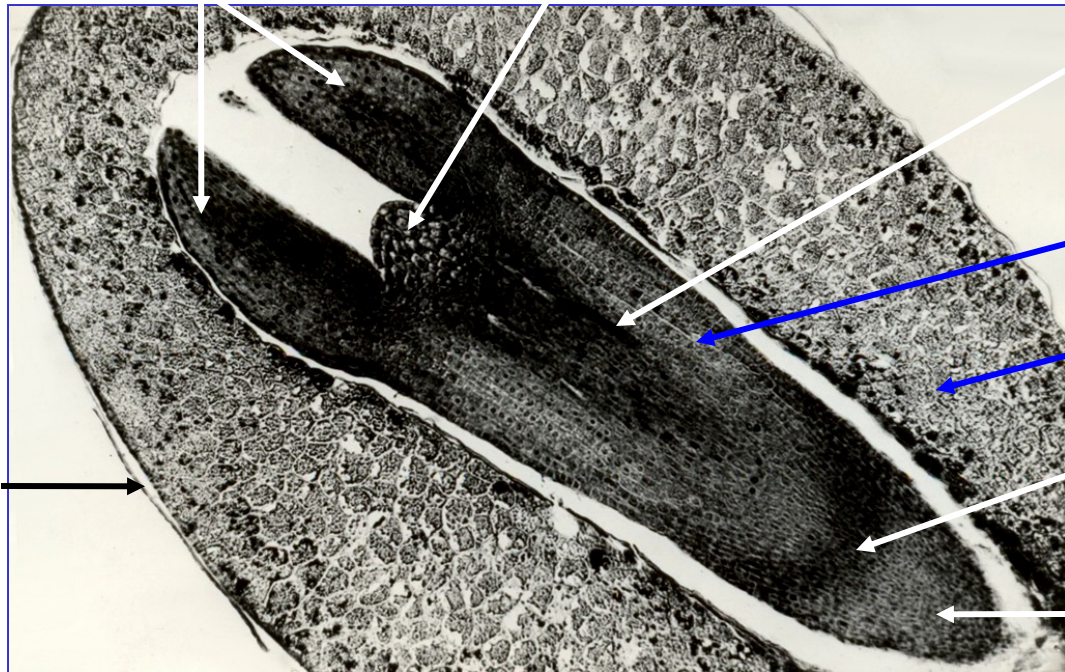


# Embryo nahosemenných rostlin

podélný řez semenem modřínu *Larix dexidua* (L.)MILL.

dělohy

SAM



hypokotyl

embryo

haploidní  
megagametofyt  
(primární endosperm)

„RAM“

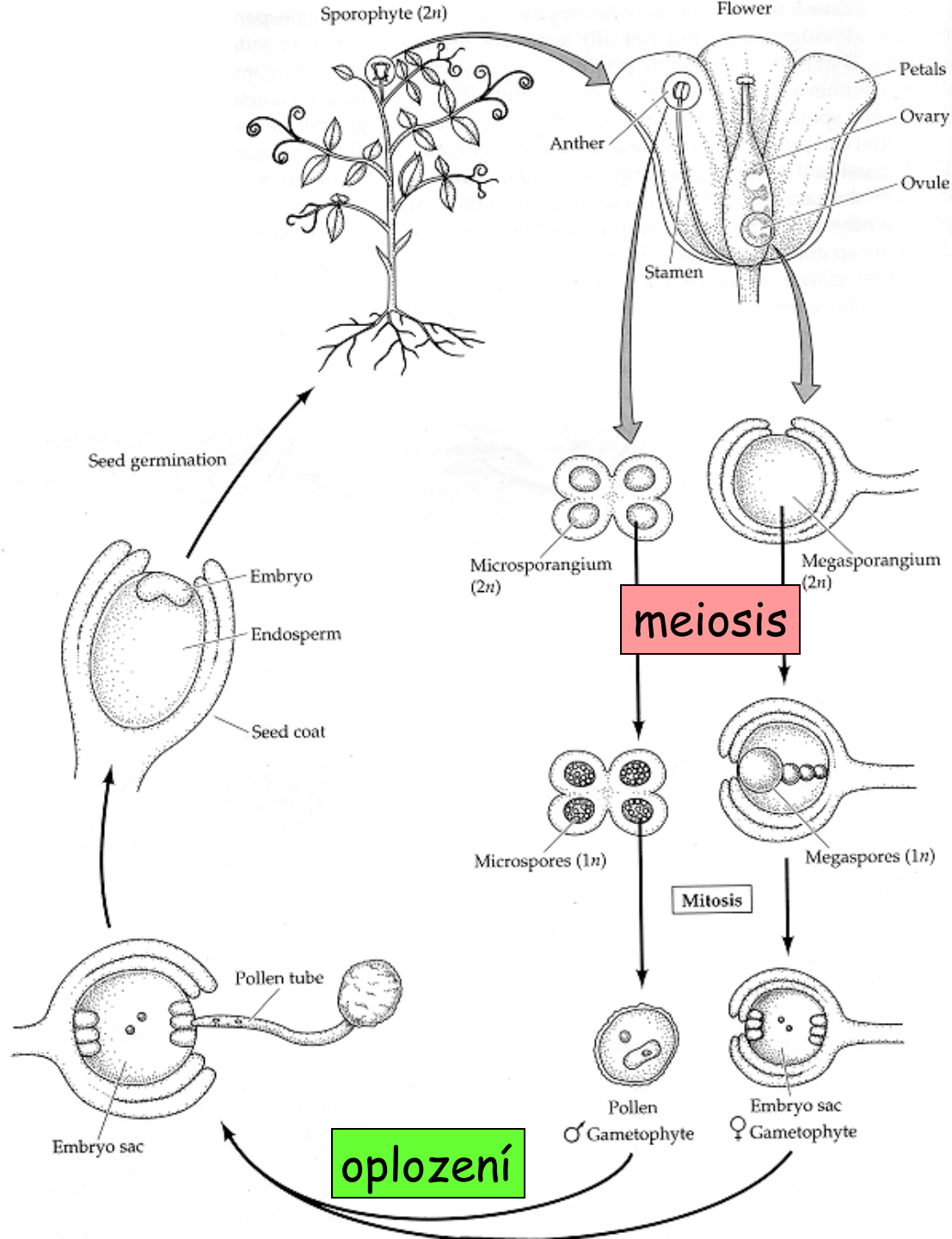
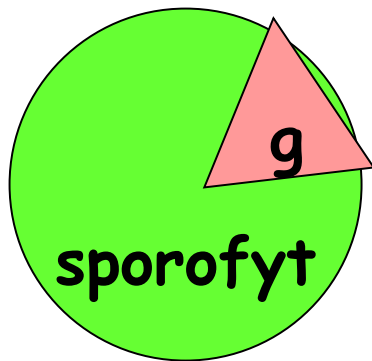
kořenová čepička

zbytek  
nucelu

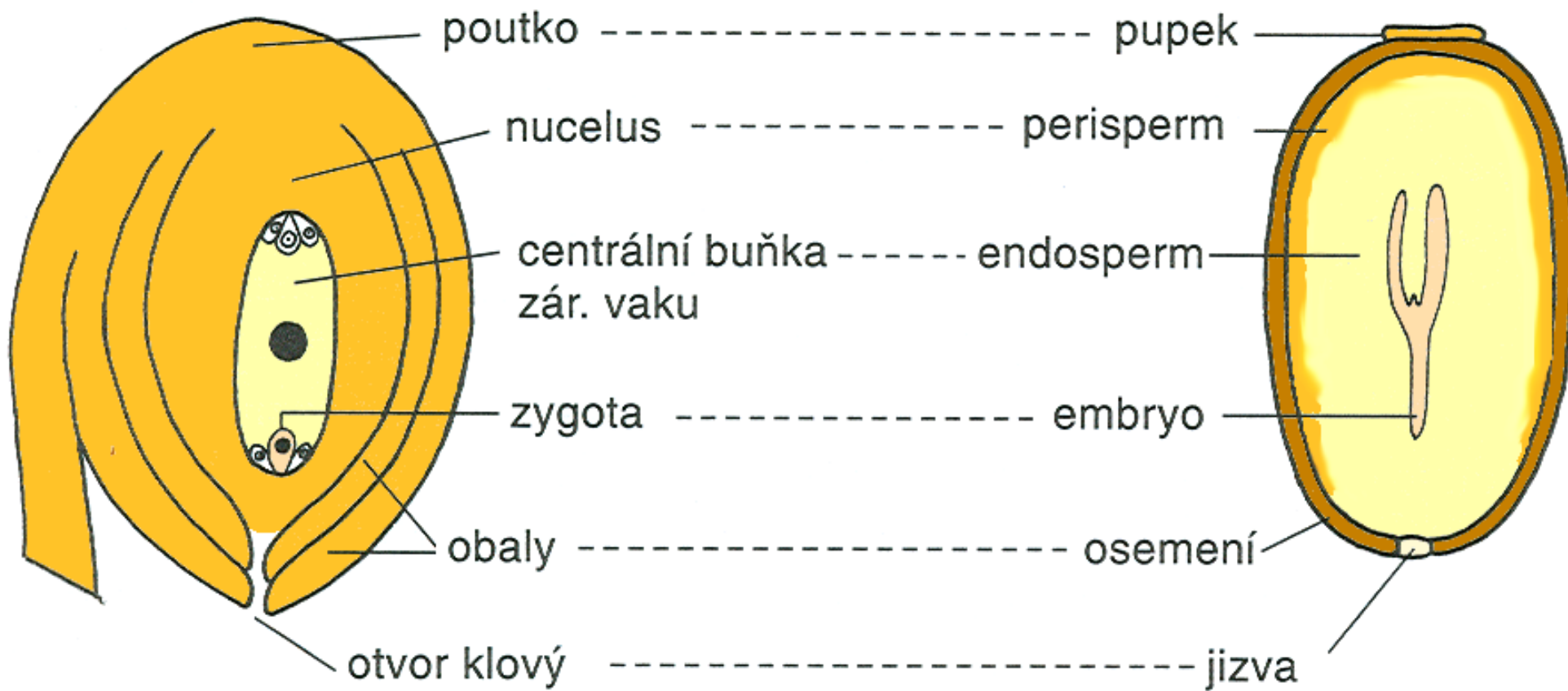
parafínový řez, barveno Heidenheinovým železitým hematoxylinem  
(osemení odstraněno před procedurou)

# Rodozměna u krytosemenných rostlin

gametofyty jsou velmi redukované a závislé na fotosyntéze sporofytu



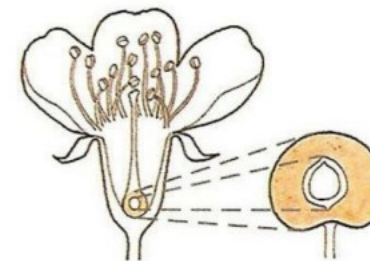
# Vajíčko - semeno



# Plody

- plod (**fructus**) - vzniká ze semeníku nebo celého pestíku, popř. jiných květních částí
- Uzavírají jedno nebo více semen  
(plody bez semen - některé šlechtěné rostliny, např. citrusy, banány aj. - **partenokarpické** plody)
- Blizna a čnělka zpravidla zasychají
- stěna semeníku → oplodí (**perikarp**)
  - suchý = **xerokarp**
  - dužnatý = **sarkokarp**
  - kamenný = **sklerokarp**

## VZNIK PLODU



oplodnené vajíčko ..... semeno

obaly vajíčka ..... osemenie

piestik (semenník) ..... plod

členění perikarpu  
vnější = **exokarp**  
střední = **mezokarp**  
vnitřní = **endokarp**



# Otvírání plodů

- ▶ **břišním švem** (ventricidní plody),
- ▶ **v místě srůstu sousedních plodolistů** (septicidní, přehrádkosečné plody),
- ▶ **hřbetním švem plodolistů** (lokulicidní, pouzdrosečné plody)
- ▶ **děrami** (poricidní plody).
- ▶ U některých plodů se **plodolisty** různě **lámou** (septifragní, přehrádkolomné plody).

Některé rostliny vytvářejí plody, popř. semena dvojího až trojího druhu (různoplodost, heterokarpie, amfikarpie).

Heterokarpní semena lebedy

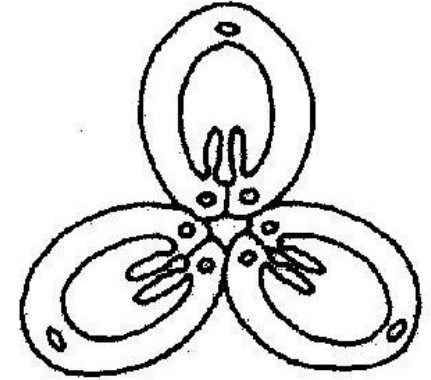


# Klasifikace plodů

typ gynecea, počet plodolistů, typ oplodí

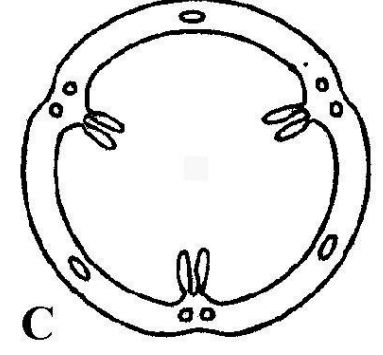
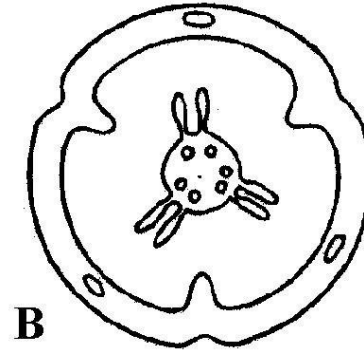
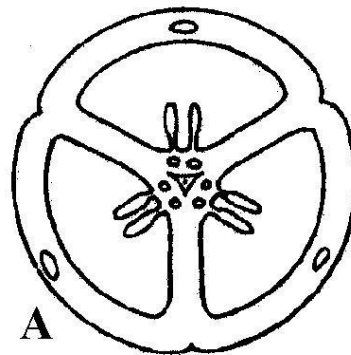
- plody apokarpní

- pukavé: měchýřek, lusk
- nepukavé: nažka (monoachenium), bobule, peckovice



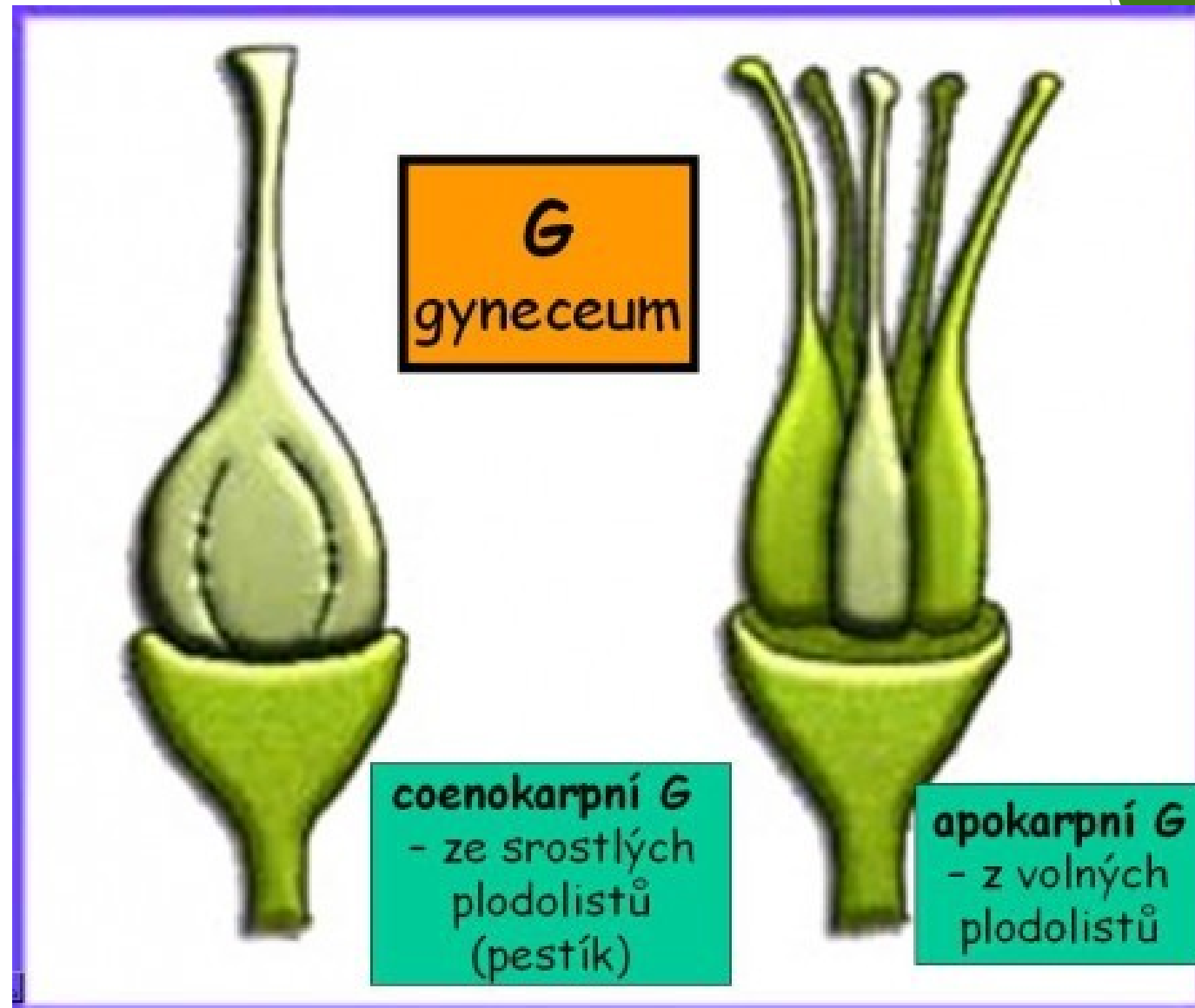
- plody cenokarpní

- pukavé: tobolka - suchá tobolka, šešule, dužnatá tobolka
- nepukavé: nažka, oříšek, obilka, bobule, hesperidium, peckovice
- rozpadavé: poltivé, lámavé



# Gyneceum

- soubor plodolistů
- z řečtiny = místnost obývaná ženami



# Plody apokarpní

## pukavé

- **měchýřek** (folliculus) -  $G1$ , je vícesemenný až jednosemenný plod se suchým oplodím otevírajícím se břišním švem. Fylogeneticky se jedná pravděpodobně nejpůvodnější typ plodu. Např. blatouch (*Caltha*), orlíček (*Aquilegia*), čemeřice (*Helleborus*), pivoňka (*Paeonia*)
- **lusk** (legumen) -  $G1$ , je vícesemenný až jednosemenný plod otevírající se dvěma chlopněmi (každá odpovídá polovině plodolistu) břišním a hřbetním švem. Vzniká z monomerického (= monokarpelového) gynecea. Je typickým plodem bobovitých (*Fabaceae*). Lusky některých zástupců bobovitých nepukají, např. vičeneč (*Onobrychis*).





# Plody apokarpní

## nepukavé

- ▶ **nažka** (monoachenium) - je jednosemenný plod s kožovitým oplodím, např. sasanka (*Anemone*), pryskyřník (*Ranunculus*).
- ▶ **bobule** (bacca) - je jedno- až vícesemenný dužnatý plod s oplodím rozlišeným na vnější blanitý exokarp a dužnatý mezokarp i endokarp. Apokarpická bobule je méně častý typ plodu, např. samorostlík (*Actaea*).
- ▶ **peckovice** (drupa) - je jednosemenná, s oplodím rozlišeným na blanitý exokarp, dužnatý mezokarp a sklerenchymatický endokarp (sklerokarp). Plod zástupců podčeledě *Prunoideae*, např. třešeň (*Prunus cerasus*), švestka (*Prunus domestica*), meruňka (*Prunus armeniaca*) aj.



Nažka  
(schéma)



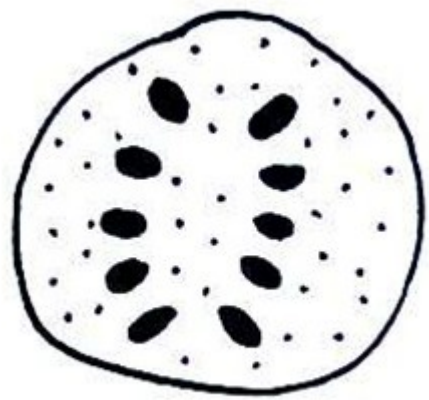
Souplodí nažek plaménku přímého  
(*Clematis recta*).



Souplodí nažek sasanky potoční  
(*Anemone rivularis*).



Soubor nažek  
pryskyřníku

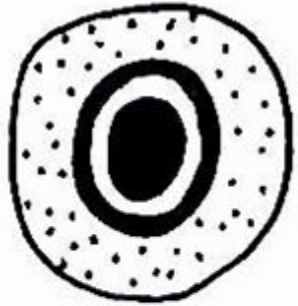


Bobule

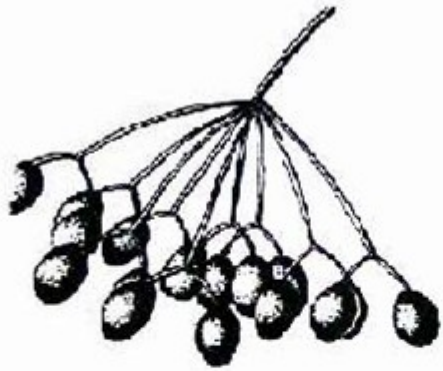


TROLLDRUVA, ACTÆA SPICATA L.

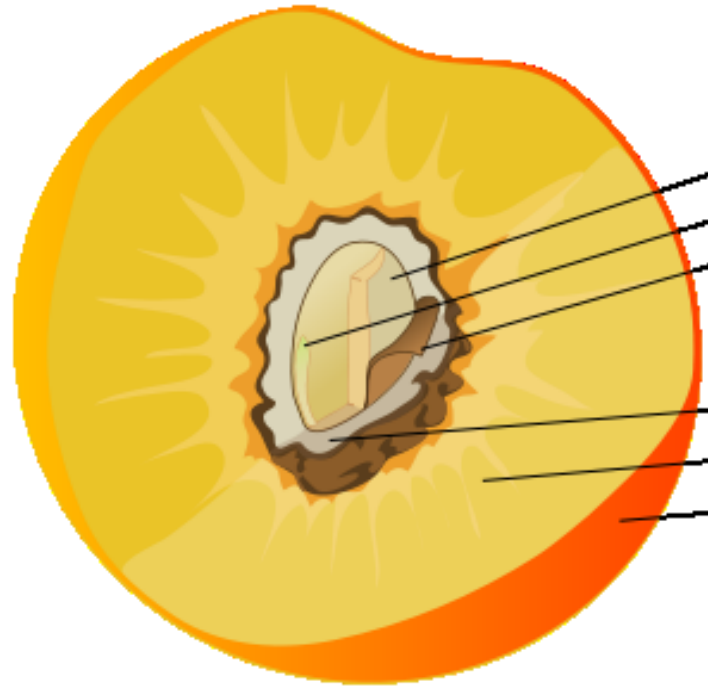
Samorostlík



Peckovice  
(schéma)



Peckovice kaliny



### Semeno

- Vnitřní živé pleťivo  
(endosperm)
- Zěradek  
(embryo)
- Osemení  
(spermoderma)

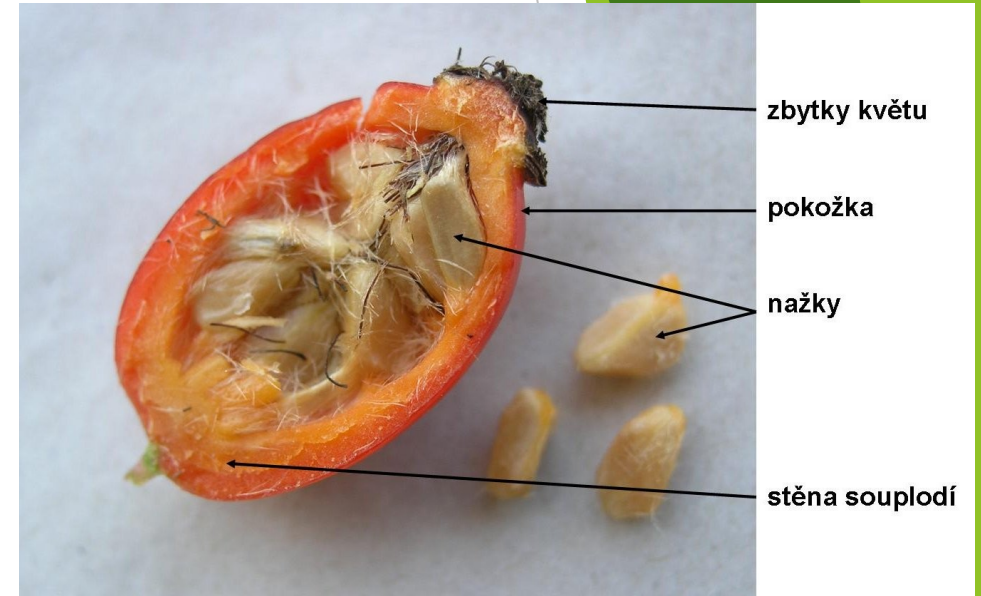
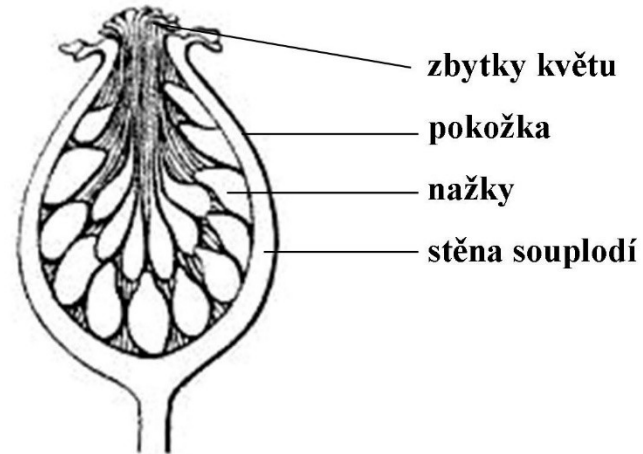
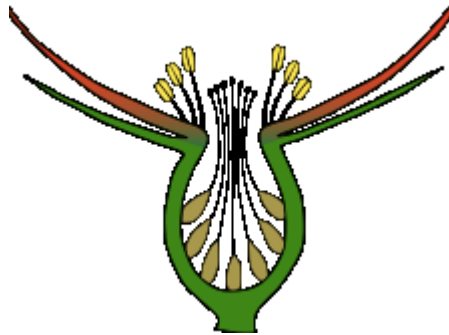
### Oplodí (perikarp)

- Pecka  
(endokarp)
- Dužnina  
(mezokarp)
- Pokožka  
(exokarp)

## Apokarpické plody mohou být jednotlivé (lusk) nebo tvořit souplodí (concarpium)

V souplodí jsou pestíky apokarpického gynecea spojeny s květním lůžkem. Gyneceum může být ponořeno v receptakulu (malvice, šípek).

Šípek - souplodí nažek růže šípkové (*Rosa canina*)

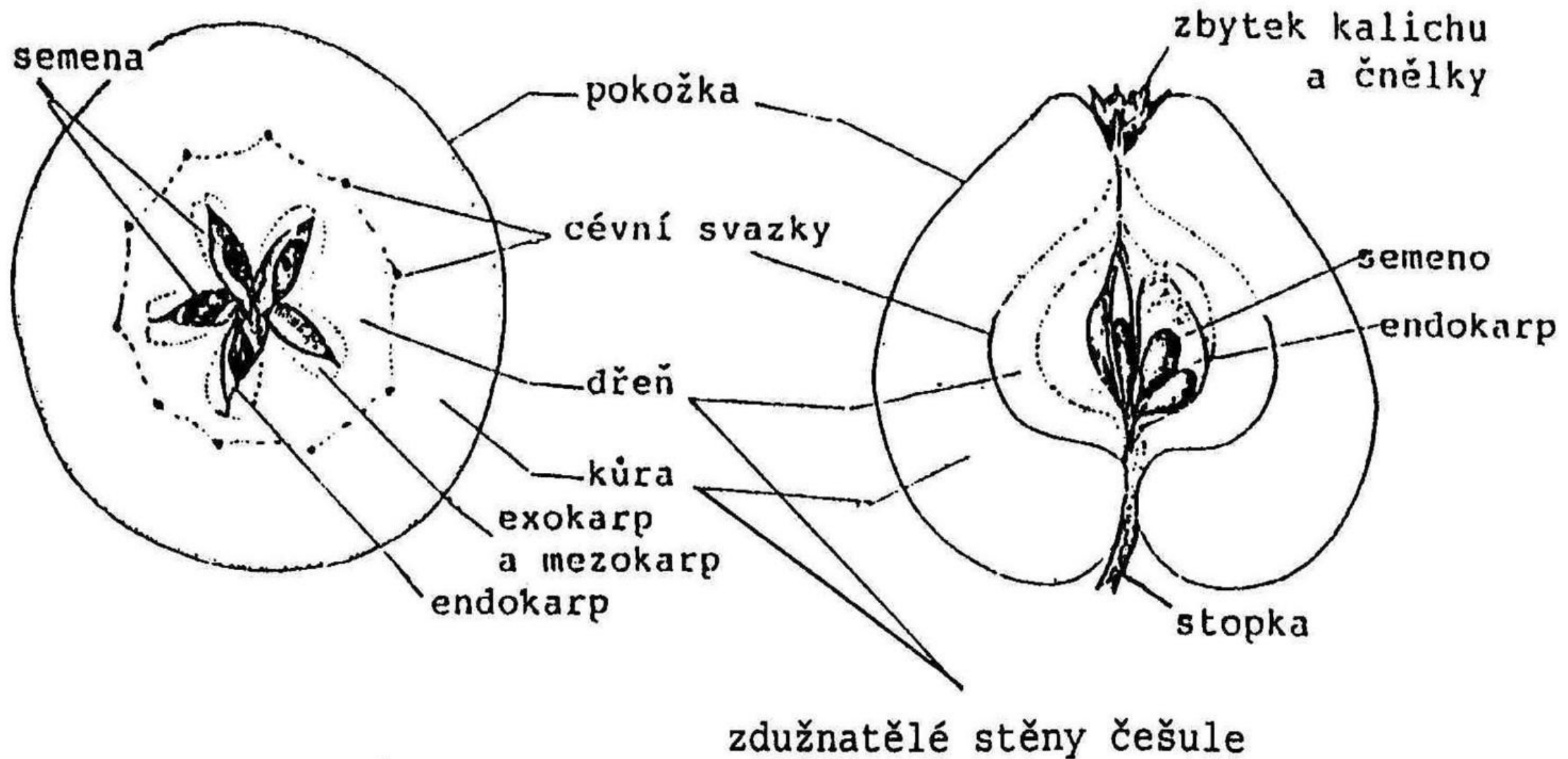


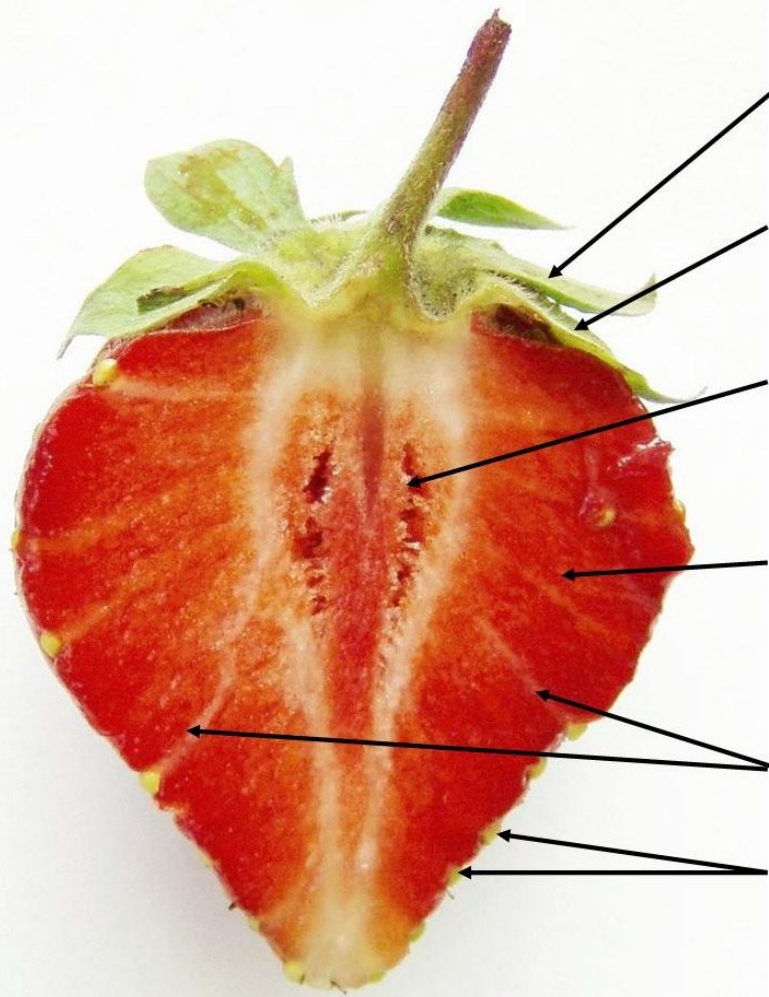
**Češule** (*hypanthium*, *receptakulum*) je miskovitě rozšířené **květní lůžko**, často srostlé s dolními částmi **květních obalů** a **tyčinek**.

Malvice, šípek, jahoda - nepravé plody

Mezi nažkami jsou protáhlé sklereidy

# Příčný a podélný řez malvicí jabloně domácí (*Malus domestica*)





- kalíšek
- kalich
- zdužnatělé květní lůžko
- vnější část kv. lůžka
- cévní svazky
- nažky



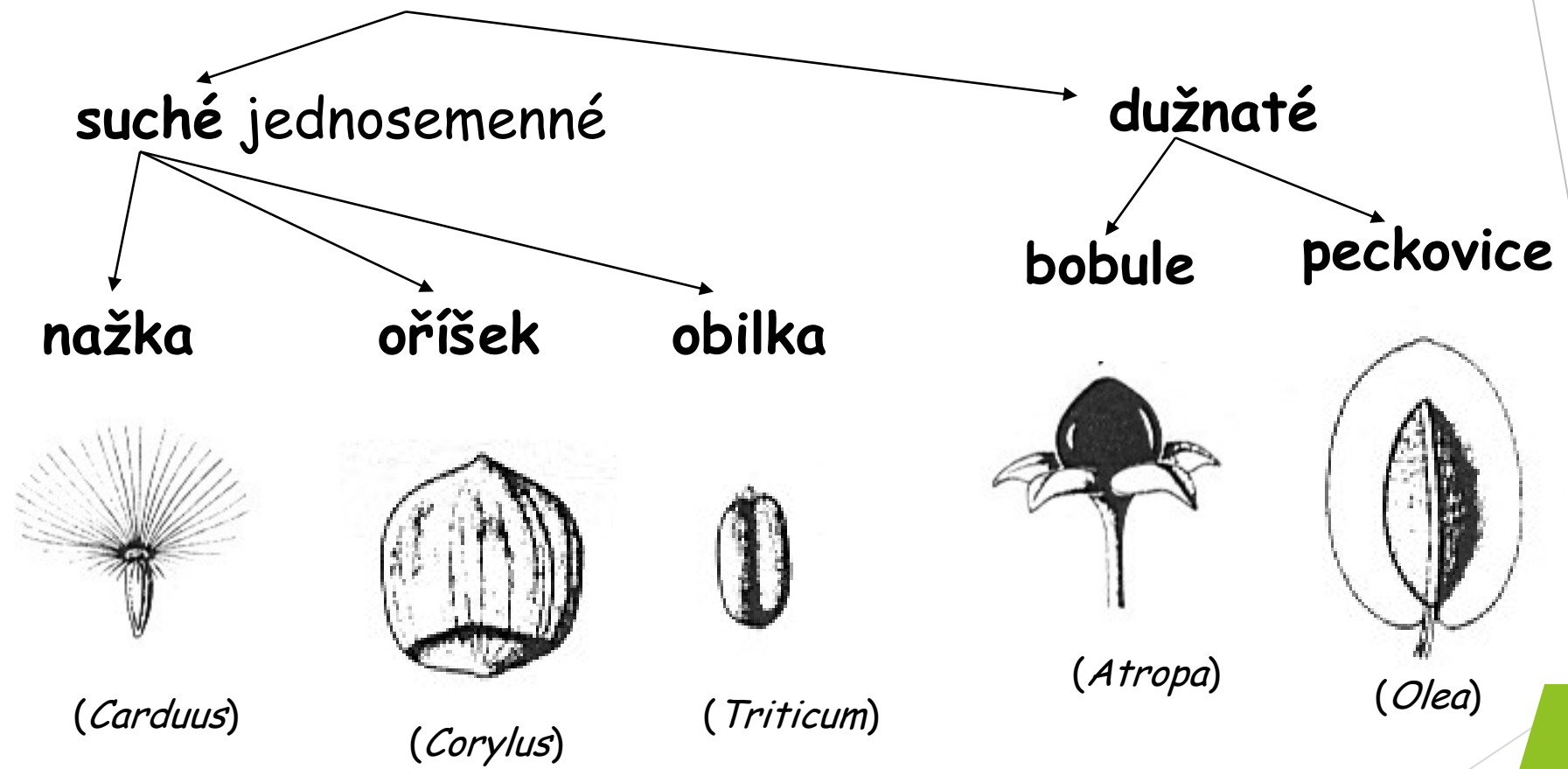
Malina, ostružina - souplodí peckoviček

# Plody cenokarpní

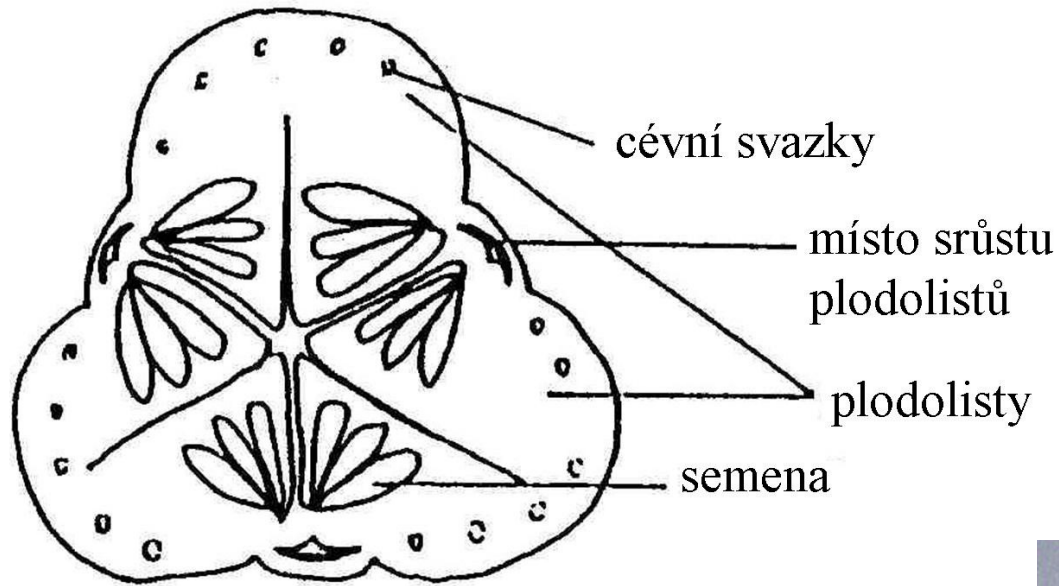
- bobule (bacca) - okurka, rajče, meloun, rybíz, tomel, kakao, pepř, (hesperidium - *Citrus*)
- peckovice (drupa) - *Sambucus, Juglans, Olea, Cocos, Lodoicea*
- oříšek (nux) - *Corylus, Tilia, Trapa*
- nažka (achenium) - *Helianthus, Ulmus, Betula, Quercus, Carex*
- obilka (caryopsis) - *Poaceae*
- tobolka (capsula) - otvírání tobolky:
  - přehrádkosečná (šev) - *Hypericum, Digitalis, Nicotiana*
  - pouzdrosečná (žilka) - *Viola, Tulipa*
  - víčko - *Anagalis, Hyoscyomus, Plantago*
  - díry - *Papaver, Antirrhinum*
- šešule (siliqua), šešulka (silicula)



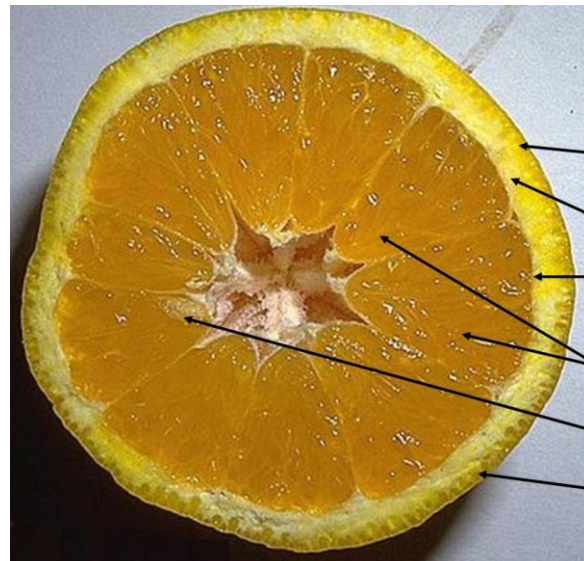
# plody cenokarpní nepukavé



Příčný řez bobulí okurky seté (*Cucumis sativus*)

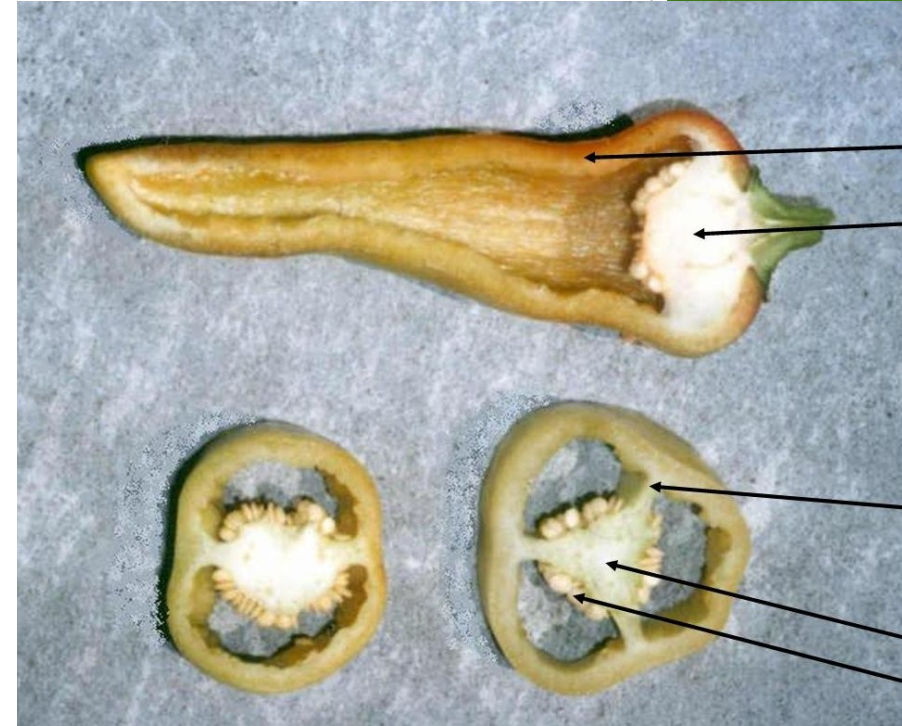


Hesperidium  
(Citrus)



- oplodí:
- flavedo (exokarp)
- albedo (mezokarp)
- endokarp
- šťavnaté váčky
- semeno
- siličné kanálky

Paprika



- podélný řez:
- oplodí
- bazální placenta se semeny
- příčný řez:
- místa srůstu plodolistů
- placenta semena

Ořešák



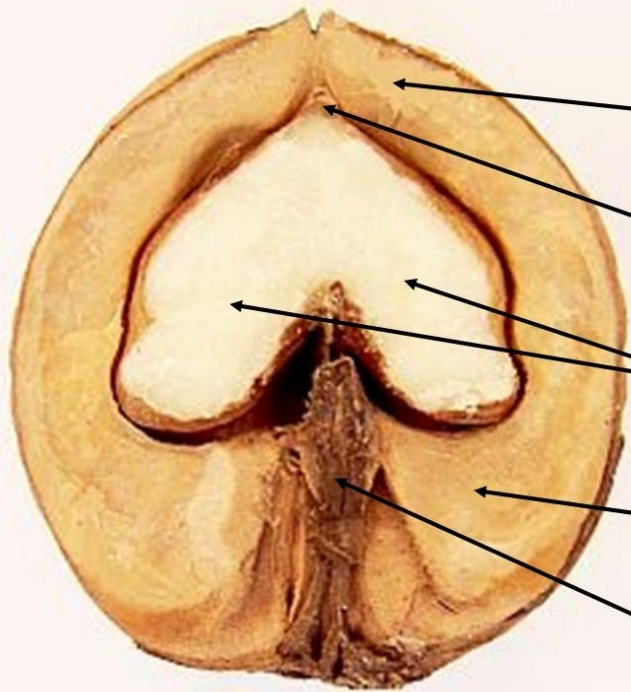
endokarp

základ kořínku

dělohy embrya

nepravá přepážka

pravá přepážka

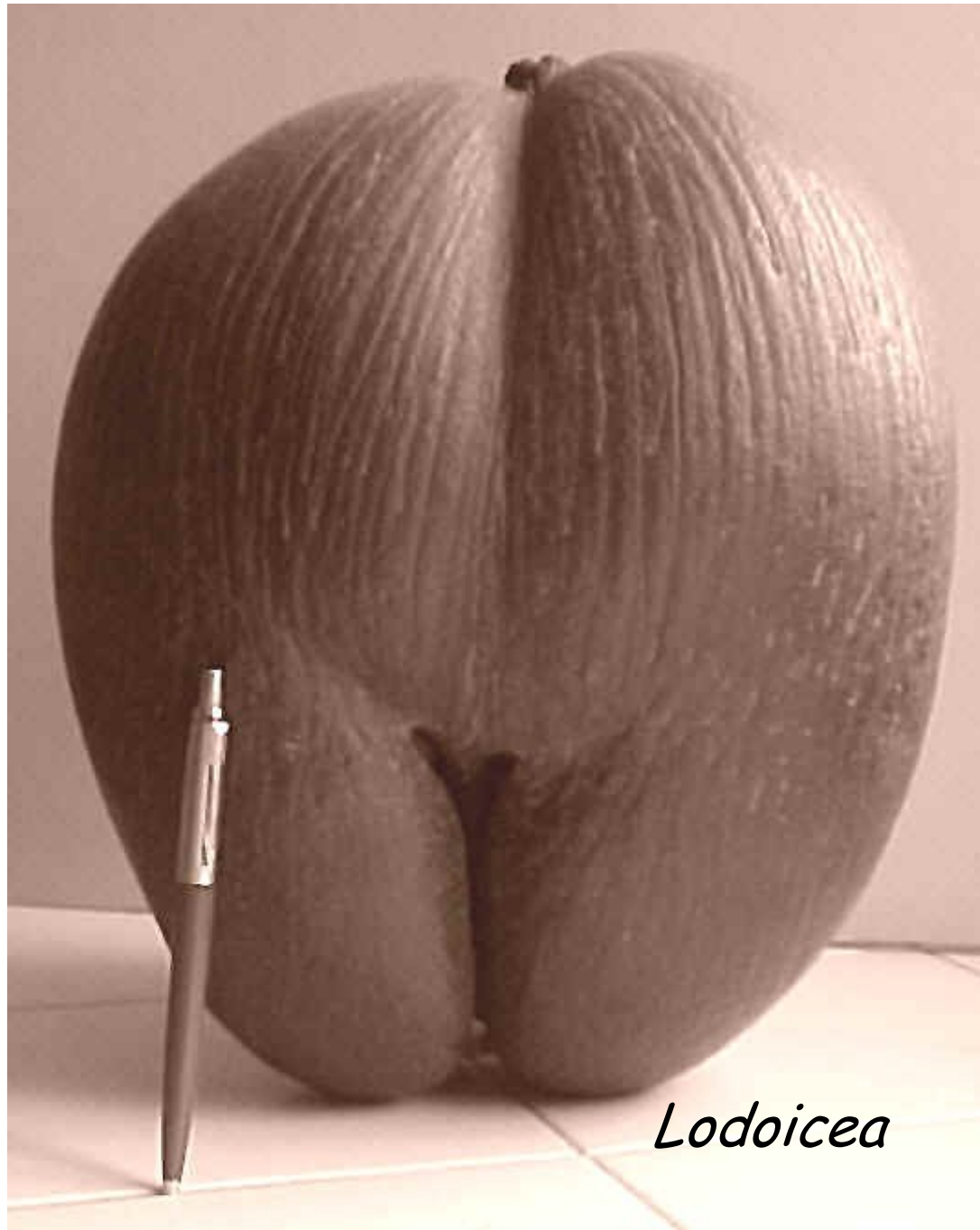


Kokos



Oliva





*Lodoicea*



Oříšek  
(schéma)



Oříšek lísky



Oříšek habru





Nažka (schéma)



Nažka



Nažka s přímým zobánkem nesoucím chmýr



Nažka s háčkovitým zobánkem



Dvozubec (*Bidens*)



Ostřice (*Carex*)

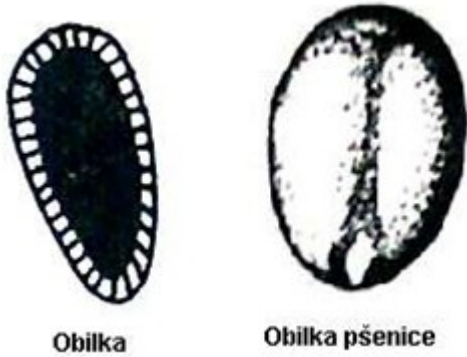


© Eva Hettenbergerová



© Daniela Bártová Dittrichová

# Obilka – příčný řez



VENTRÁLNÍ STRANA

DORZÁLNÍ STRANA

Zbytky nuce-  
lárního pletiva  
a aleuronové  
vrstvy v rýze

Chalaza

Cévní svazek

Místo připojení  
k ose klásku

Testa

Perikarp  
(oploďí)

Testa  
(osemení)

Aleuronová  
vrstva

Endosperm

Vrstva stlače-  
ných buněk

Štítek

Koleoptile

První listy  
Aleuronová  
vrstva

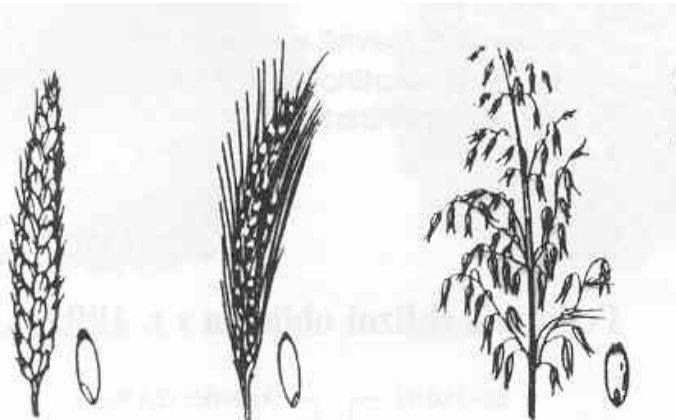
Radikula

Koleorhiza

Obalové vrstvy (8 %), otruby

Přechází do mouky  
Endosperm (89 %) - škrob

Zárodek (1,5-3 %)



pšenice

žito

oves

ječmen

rýže

kukuřice

proso

# Plody cenokarpní

pukavé

nepukavé

rozpadavé

**tobolky** (syn-, para-, lyzikarpní)  
otvírají se

děrami

chlopněmi

obřízně  
- víčkem

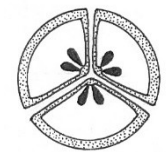
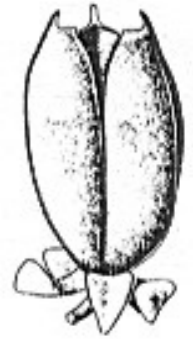
suché

dužnaté

septicitní

lokulicidně  
septifrágní

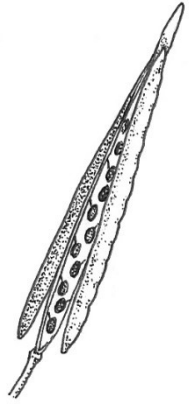
šešule



(*Veratrum*)



(*Iris*)



(*Brassica*)

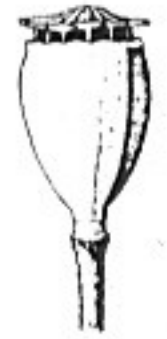


(*Impatiens*)

(*Euonymus*)



(*Anagallis*)



(*Papaver*)





Tobolka  
(schéma)



Tobolka šeříku



Tobolka brslenu

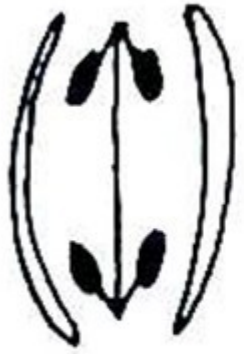


Víčkatá tobolka se  
zbytkem kalichu



Tobolka máku





Šesule



Šesulka



# Plody cenokarpní - rozpadavé

- **plody poltivé** (schizokarpia) ve zralosti se rozpadají na díly odpovídající plodolistům
  - zobanitý plod (elaterinum) - *Geranium*
  - diskový plod - *Malva, Tropaeolum*
  - dvojnažka (diachenium) - *Apiaceae, Galium, Acer*
- **plody lámavé** - rozlamující se na díly neodpovídající plodolistům
  - **struk** (lomentum) - *Raphanus*, čičorka (*Coronilla*), jerlín (*Sophora*)
  - **tvrdka** (nucula) - *Boraginaceae, Lamiaceae*

*Geranium*



*Malva*





Dvounažka  
(schéma)



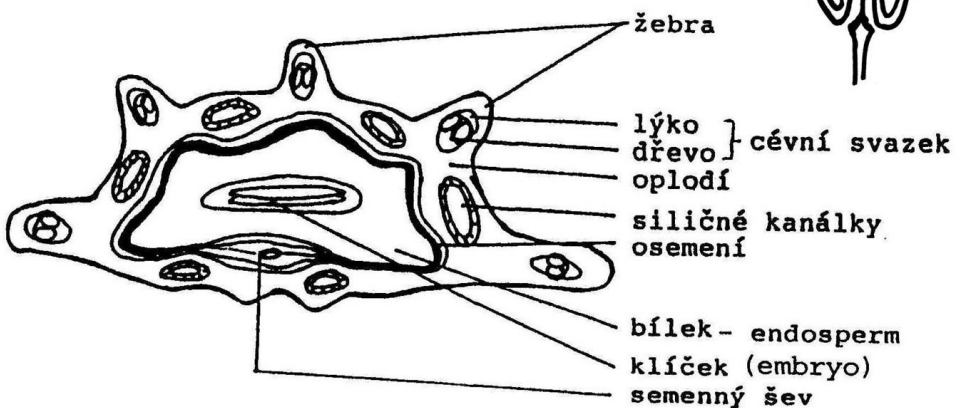
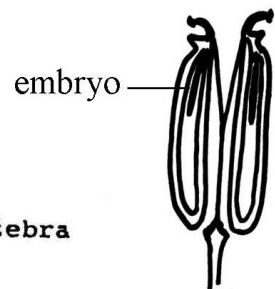
Dvounažka kmínu



Dvounažka svízele



Příčný řez nažkou fenyklu obecného  
(*Foeniculum vulgare*)



javor



## Ohnice (*Raphanus*)



Struk



Struk ohnice



Struk s jalovým zobanem

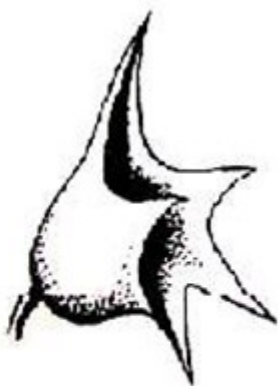




Tvrška  
(schéma)



Osténkaté tvršky



Tvrška hluchavky





Zvláštním případem plodů jsou např. dužnatý nepukavý lusk rohovníku (svatojánský chléb) (*Ceratonia siliqua*),

dvousemenný nepukavý lusk podzemnice olejné (*Arachis hypogaea*)





# Plodenství (fructus congregatus)

Soubor plodů vzniklý z květů celého květenství



*Arctium lappa*



*bukvice*

*Ananas*



*Ficus carica*

plodenství  
nažek uloženo uvnitř zdužnatělého  
hruškovitého útvaru stonkového původu  
(fík, sykonium)

# Otázky a úkoly

- Jaký je rozdíl mezi apokarpickým a cenokarpickým plodem? Uveďte příklad pro oba typy a vysvětlete na nich rozdíly.
- Vyjmenujte několik příkladů dužnatých plodů a vysvětlete na příkladu, čím je tvořen nepravý plod.
- Vyjmenujte několik příkladů suchých plodů a popište, jestli jsou pukavé, nepukavé nebo lámavé.
- Jaký je rozdíl mezi nažkou a oříškem?
- Popište vrstvy oplodí peckovice.
- Popište obilku.

# Rozšiřování plodů a semen

(generativních diaspor):

- **autochorie** (ukladači, poutníci, vrhači, zavrtávači, geokarpické rostliny )
- **zoochorie** - epizoochorie
  - endozoochorie (např. ornitochorie)
  - synzoochorie (elaiosomy - dužnaté přívěsky)
    - myrmekochorie
- antropochorie (záměrná i nezáměrná)
- **anemochorie**
- **hydrochorie**

- více způsoby podle konkrétních podmínek - **polychorie**
- různé typy semen a plodů určené k odlišným způsobům rozšiřování - **heterokarpie**, „heterosporie“ (*Calendula*, měsíček; *Spergularia salina*, kuřinka solná)

# Epizoochorie



*Circaea lutetiana*

*Geum urbanum*



*Arctium lappa*



*Myosotis arvensis*



*Ranunculus arvensis*



# Anemochorie

- letci
- běžci
- balisté

Experimentálně zjištěná vzdálenost přenosu některých diaspor v km

*Lycopodium* sp. 330

*Taraxaxum* sp. 10,2

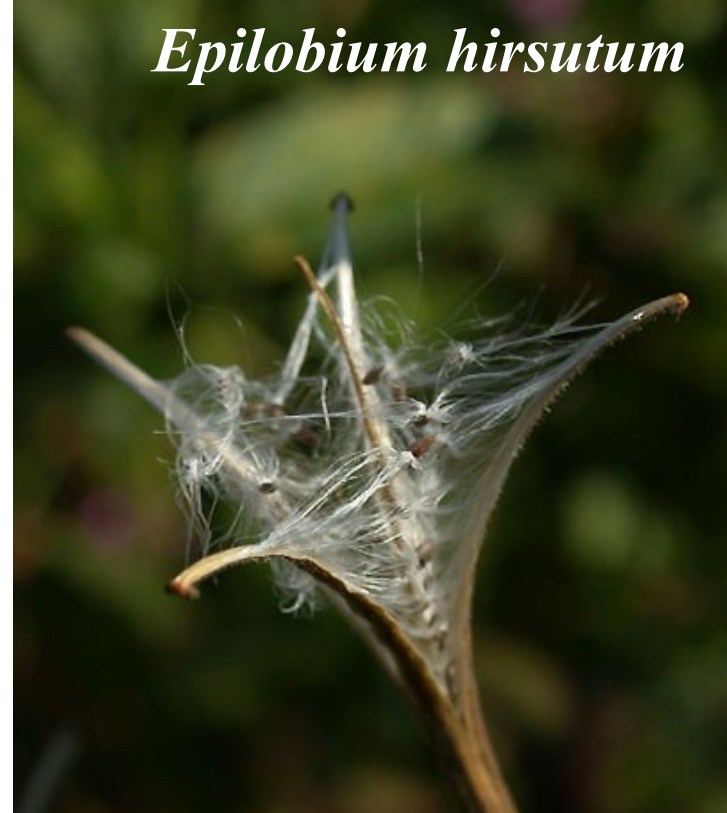
*Hieracium* sp. 2,5

*Betula pendula* 1,6

*Pinus sylvestris* 0,15

*Acer platanooides* 0,09

# Anemochorie



„Stepní běžci“

Katrán tatranský  
(*Crambe tatarica*)



# Hydrochorie

– dešťovými kapkami = **ombrochorie** (*Thlaspi, Prunella, Salvia*)  
hydrochastické tobolky (*Aizoaceae*, "kvetoucí kameny") - plody se  
otvírají pouze za deště a zároveň jsou semena vyplavena vodou

-vodou - **nautochorie**

*Nymphaea* - vzdušné vaky na semenech

*Carex* - mošničky

*Cocos* - speciální plovací pletiva

- **baryhydrochorie** - *Impatiens...* (těžká semena válena vodním proudem po dně)



# Otázky a úkoly

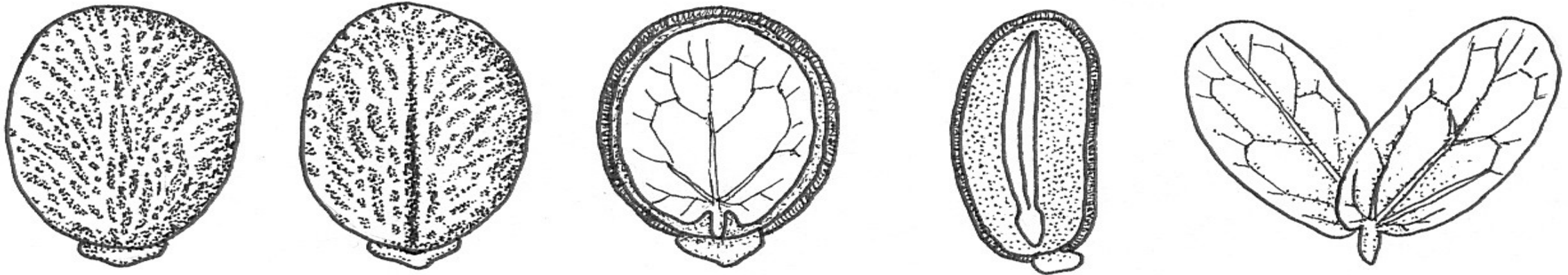
- Jaké jsou hlavní znaky semen, které jsou rozšiřovány anemochoricky?
- Jaké jsou typické znaky semen, které jsou rozšiřovány zoochoricky? Uveď několik typů zoochorie.
- Popiš alespoň jeden způsob hydrochorického rozšiřování semen.
- Popiš několik autochorických způsobů rozšiřování semen.

# Semeno

- **mnohobuněčné embryo** se založenými meristematickými pletivy pro stonek a kořeny
- **osemení** pro zabránění vysychání a jako mechanickou ochranu
- tuky pro **zásobu energie** a na ochranu proti hnilobě
- **škrob** v endospermu nebo dělohách a hypokotylu, který po rozštěpení poskytuje energii nutnou pro rychlý příjem vody při klíčení

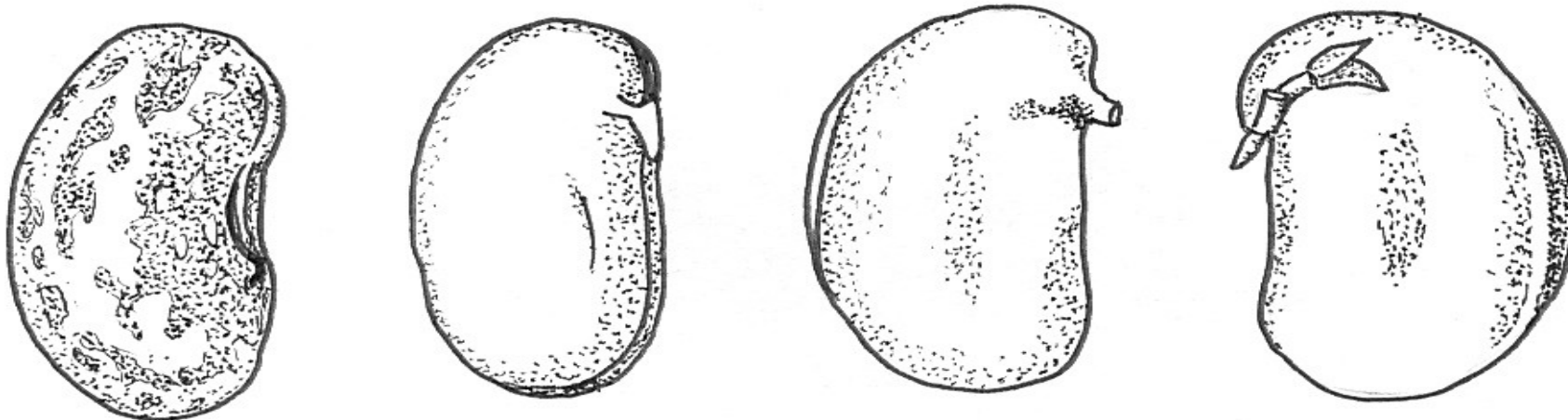
různé efektivní evoluční adaptace umožňují embryím přežít nepříznivé podmínky počasí

## semeno s endospermem v době zralosti



*Ricinus*

## semeno bez endospermu v době zralosti



*Phaseolus*

# Příklad semene krytosemenných rostlin s endospermem v době zralosti embrya

bílečnaté semeno

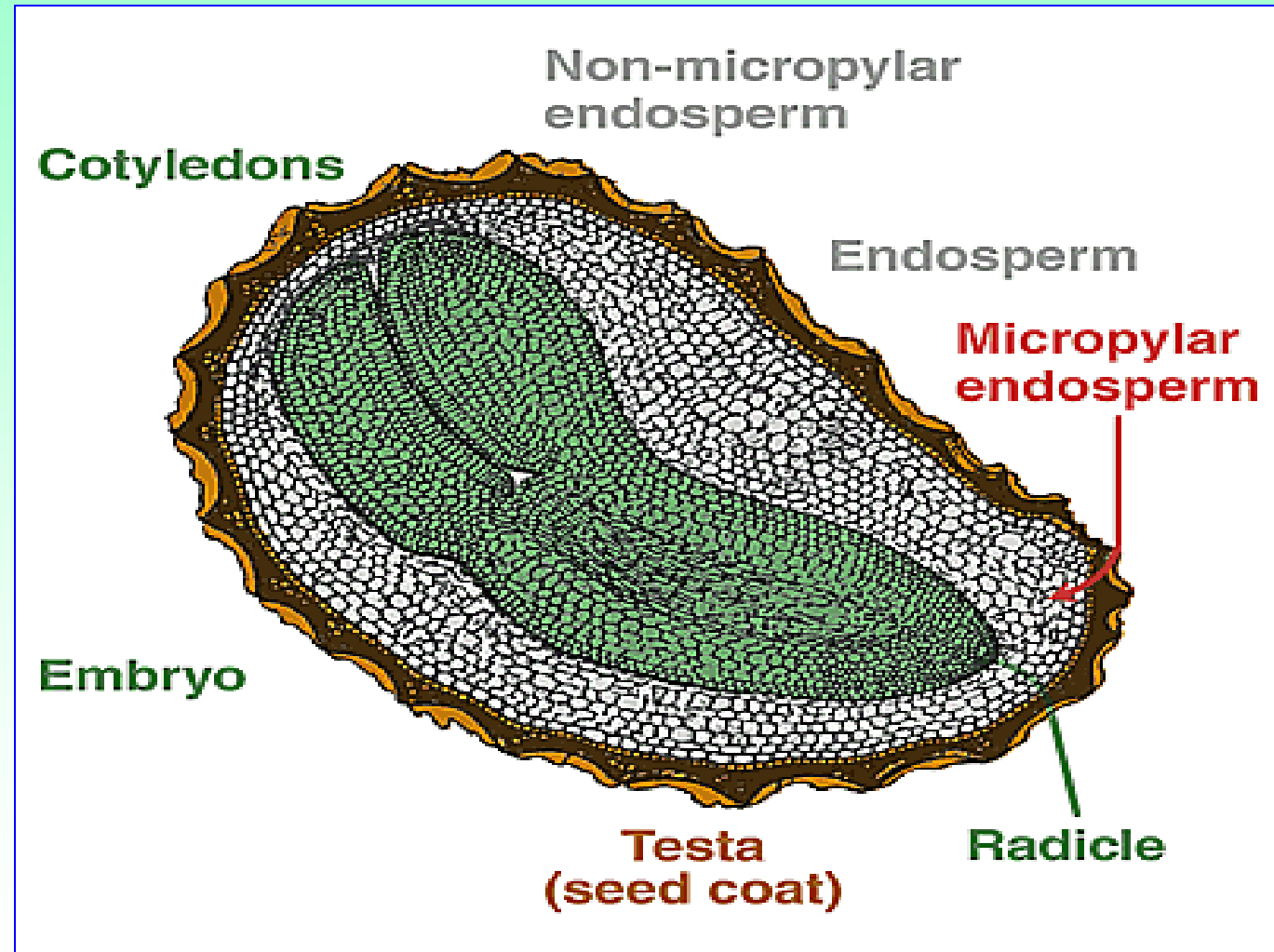
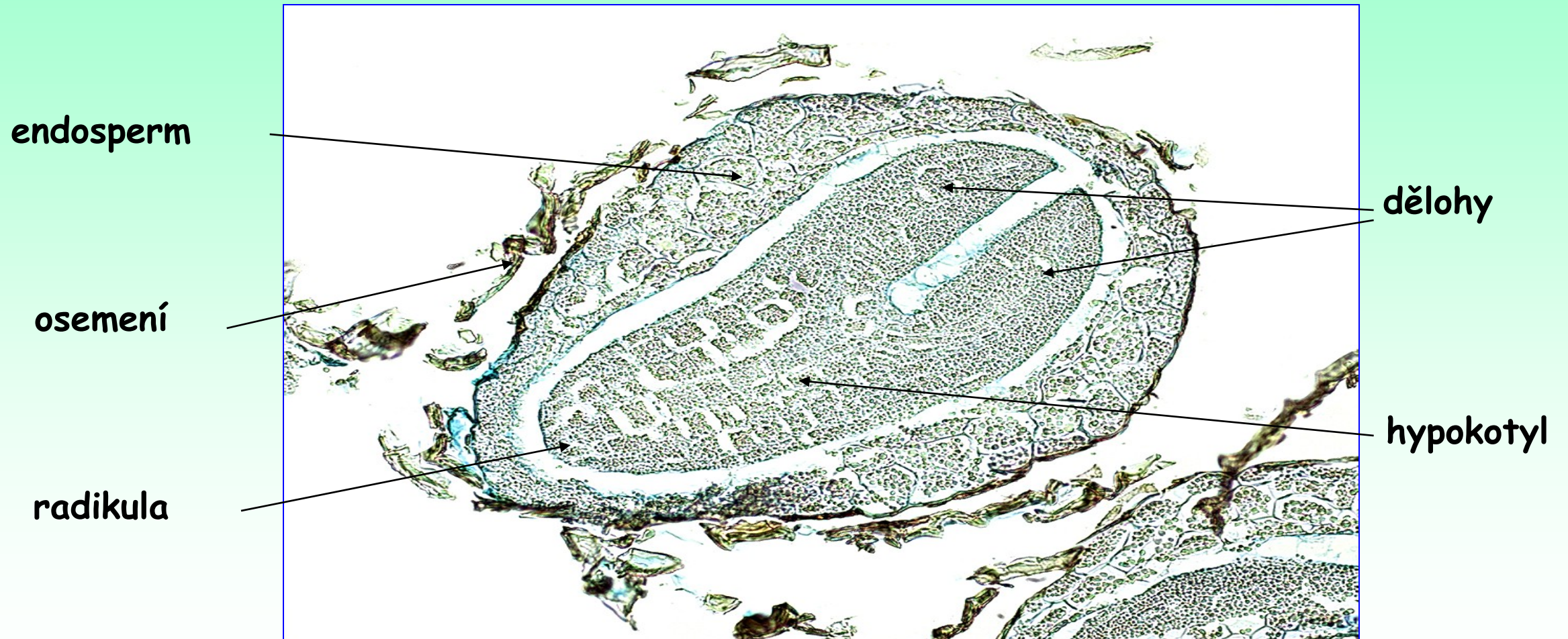


Schéma stavby semene *Nicotiana rustica*

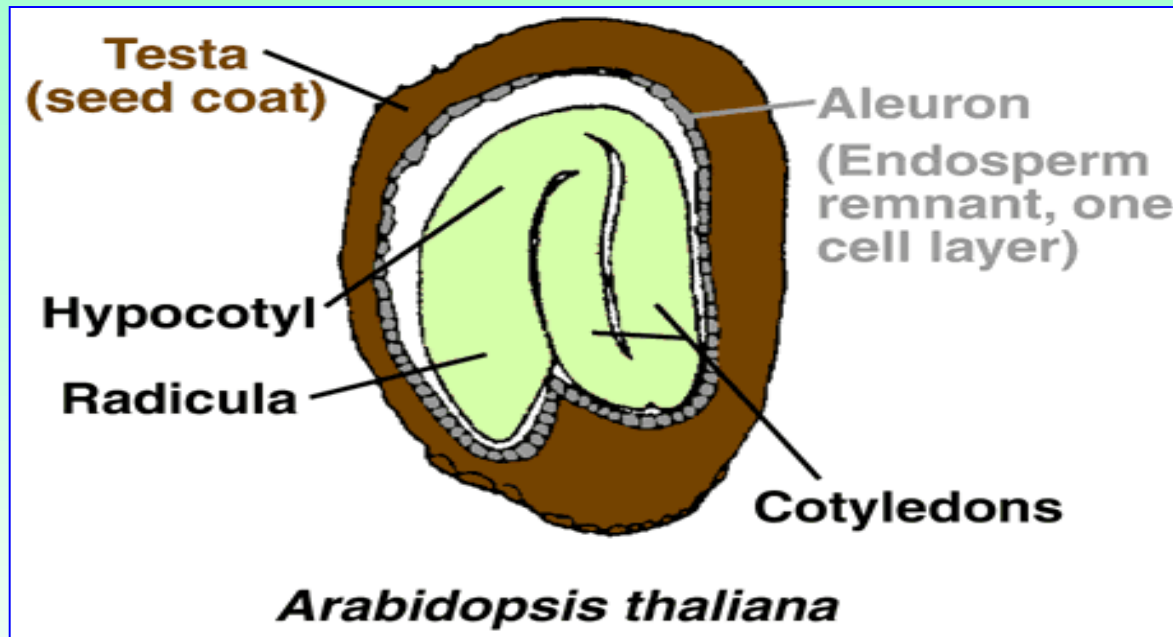
# *Nicotiana tabacum* L. - embryo v semeni



Příklad semene s endospermem  
v době zralosti embrya  
*Papaver somniferum* L.



# Příklad semene bez endospermu v době zralosti embrya



<http://www.lvdayschool.com/whats happening2/spring/arabidopsis-4.gif>

Schéma podélného řezu semenem  
*Arabidopsis thaliana*



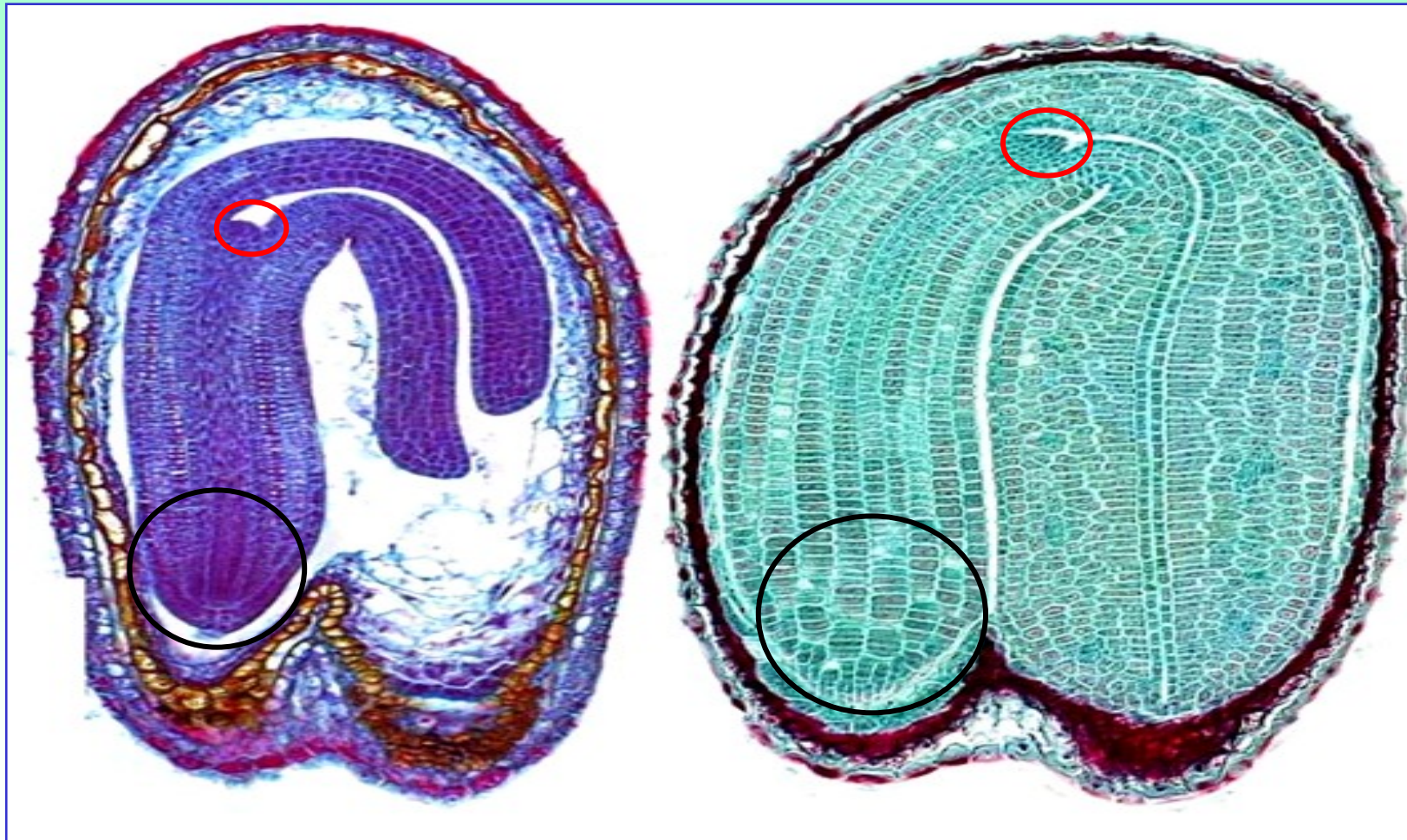
Schéma podélného řezu semenem  
*Capsella bursa-pastoris*

# Primární meristémy - založeny již v embryu

<http://botit.botany.wisc.edu>

embryonální osa =  
hypokotyl

RAM



SAM

dělohy

starší torpédovité embryo

zralé embryo



# Klíčení semen

- **Quiescence** (rostliny neklíčí, protože nejsou optimální podmínky)
- **Dormance** (rostliny neklíčí ani v optimálních podmínkách)

## Typy dormance:

### -Exogenní dormance

- nepropustnost osemení (fyzikální d.)
- mechanická pevnost testy (mechanická d.) (*skarifikace - odstranění osemení*)
- osemení obsahuje inhibitory klíčení (chemická d.)

### -Endogenní dormance

- Fyziologická dormance** (období sucha, světla nebo tmy (fotodormance), teplotní rozpětí (termodormance), období vlhka a nízké teploty (tzv. stratifikace)
- Morfologická dormance** (dozrávání embrya až po odpadnutí semene z mateř. rost.)

### -Složená dormance

# Požadavky pro klíčení

všechna semena potřebují pro klíčení:

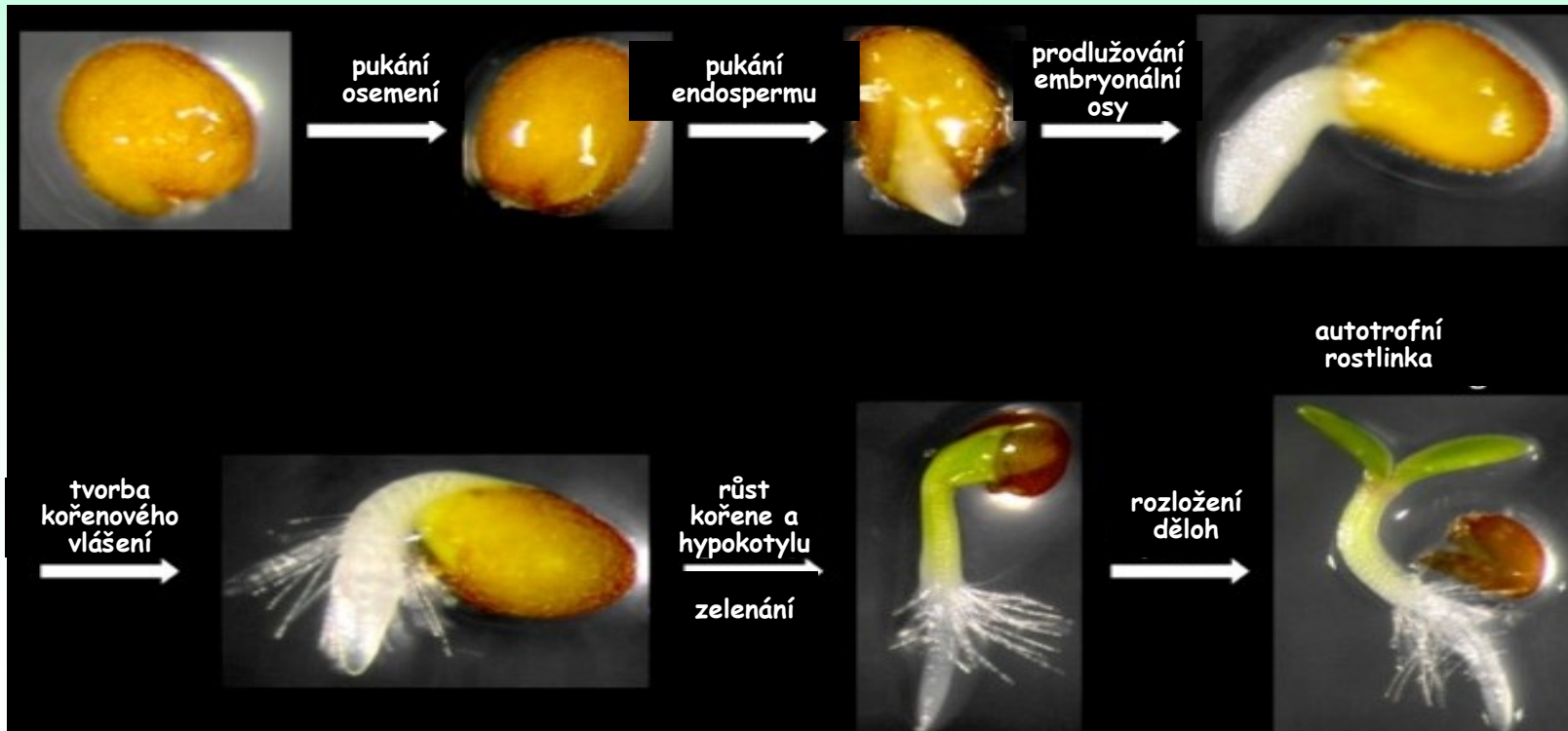
- přiměřenou zásobu vody
- vhodnou teplotu
- přítomnost kyslíku

Speciální požadavky pro klíčení :

- zmrznutí - přispívá k otevření osemení
- horko nebo kouř z ohně
- abrasivní působení písku
- hydrolyzační působení v zažívacím traktu živočichů

# Klíčící rostlina x semenáček (seedling)

- kořen se vždy vyvíjí jako první a roste směrem dolů do půdy
- pak vyrůstá ze semene stonek (hypokotyl) a vynáší nad povrch půdy děložní listy, které hledají světlo
- chloroplasty v buňkách stonku (i hypokotylu) a děložních listů rychle dozrávají - zelenají



stadia klíčení  
*Arabidopsis*

# Klíčení

**epigeické** - dělohy jsou hypokotylem vynášeny nad povrch, zelenají:  
jehličnany, tabák, *Arabidopsis*, *Phaseolus*,  
*Helianthus*, *Allium*



<http://www.youtube.com/watch?v=XTZih16DUB4&hd=1>  
<http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=d26AhcKeEbE>

**hypogeické** - dělohy zůstávají pod povrchem substrátu

*Quercus*, *Pisum*, *Juglans*, *Poaceae*

<http://www.youtube.com/watch?v=iFCdAgeMGOA&feature=related>

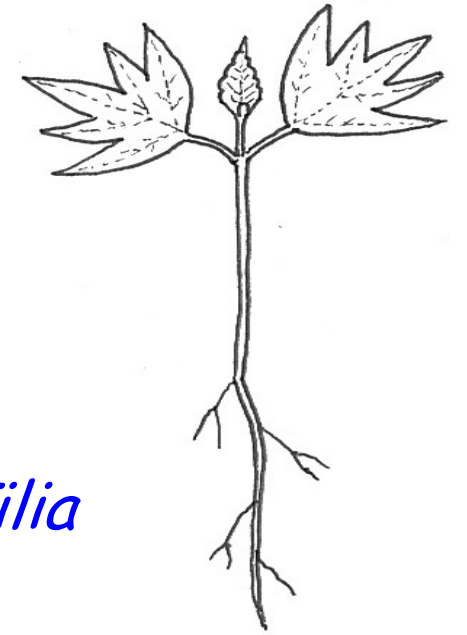
**Viviparní klíčení** - např. „mangrovníky“ (např. *Rhizophora* - kořenovníky) - klíčení v plodu na mateř. rost.

*Phaseolus*

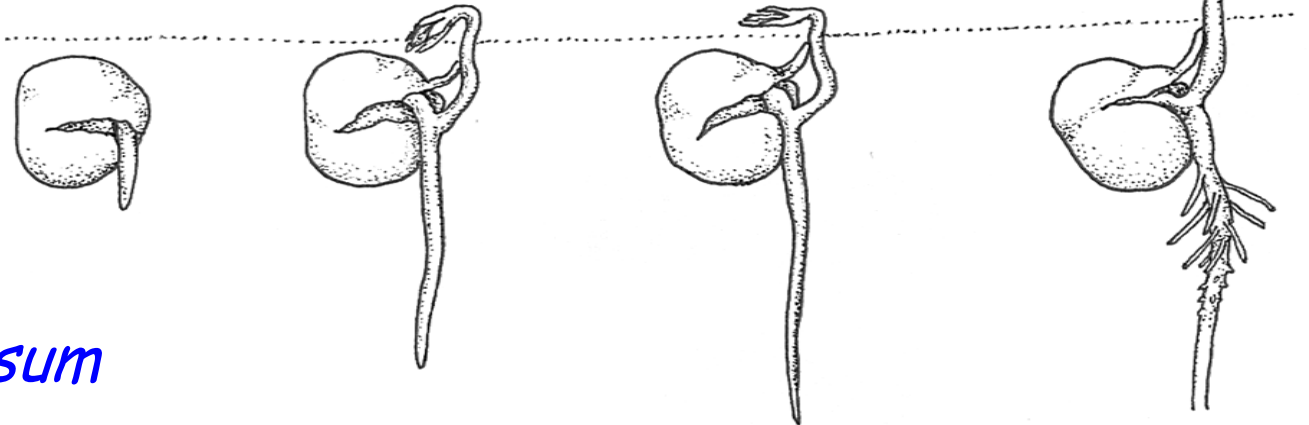


klíčení epigeické

*Tilia*

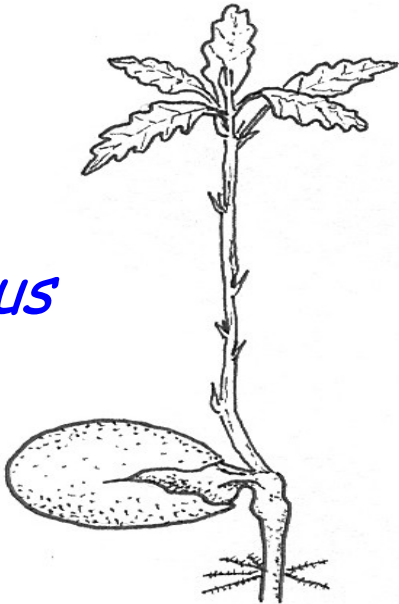


klíčení hypogeické

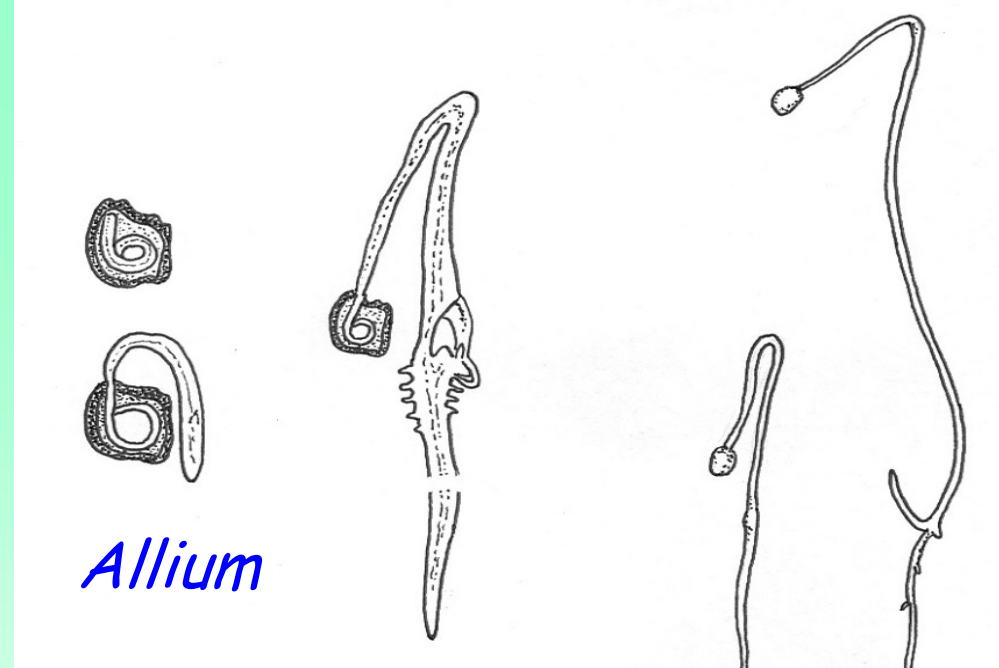
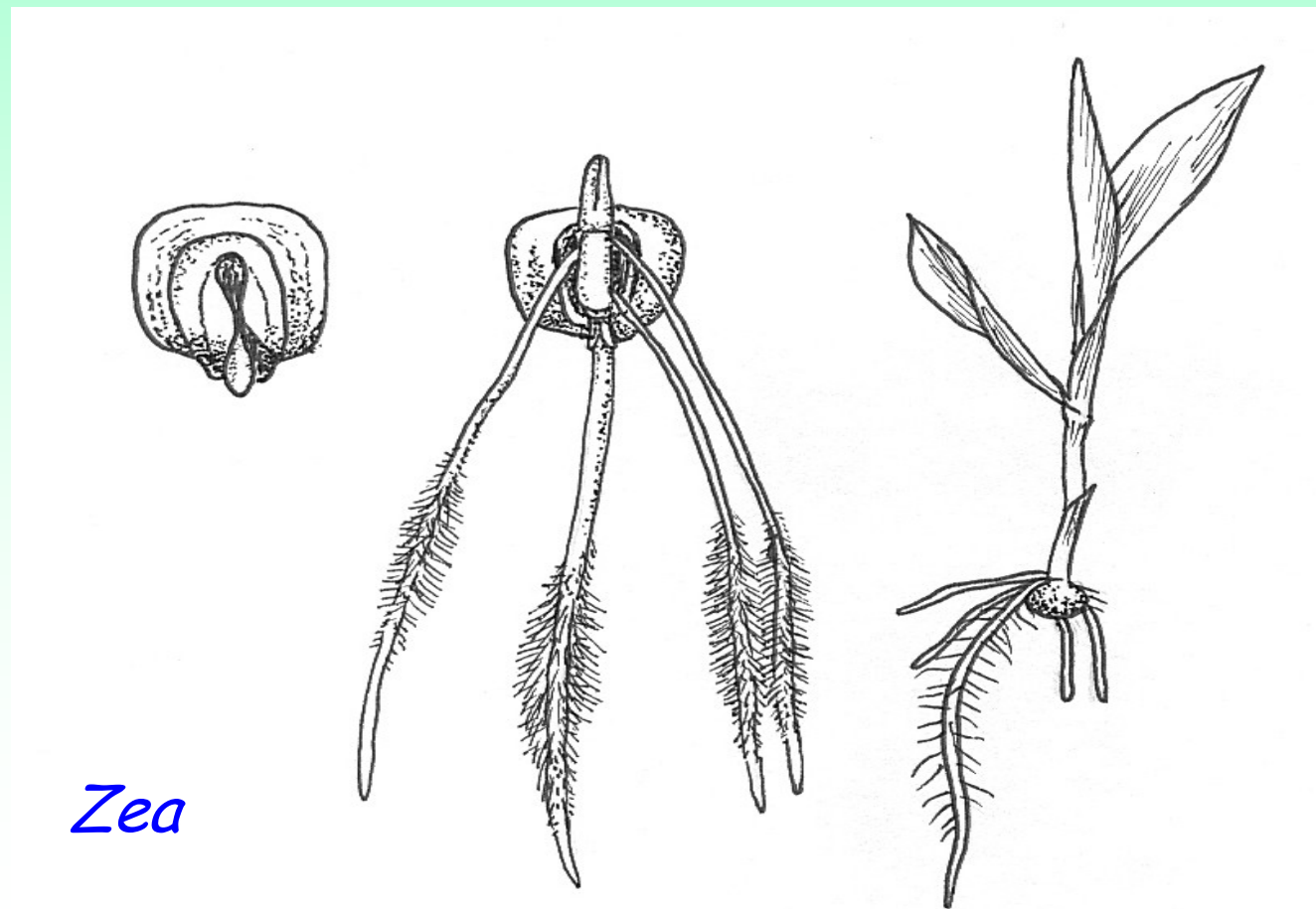


*Pisum*

*Quercus*



# klíčení epigeické



# klíčení hypogeické

# Stavba hypokotylu

přechod od radiálního uspořádání  
CS v kořeni ke kolaterálním CS  
ve stonku a listech

Essau 1966

stadia klíčení semene

