

Cytologie a anatomie pro pokročilé aneb Úvod do rostlinné embryologie

Jaroslava Dubová

Životní cykly u rostlin

Rodozměna

Semeno a jeho klíčení

Vývoj klíčící rostlinky

OBORY ANATOMIE ROSTLIN

- **popisná** - nejstarší, základní popis struktur
- **systematická** - struktura pletiv pro jednotlivé taxony rostlin
- **srovnávací** - odlišnosti anatomické stavby mezi různými taxony
- **vývojová** - histogeneze jednotlivých pletiv a orgánů
- **fyziologická** - vztah struktury k její funkci
- **ekologická** - vliv vnějších podmínek na utváření vnitřních struktur
- **experimentální** - reakce na změny vnějšího i vnitřního prostředí
- **patologická** - vliv predátorů a patogenů na uspořádání pletiv

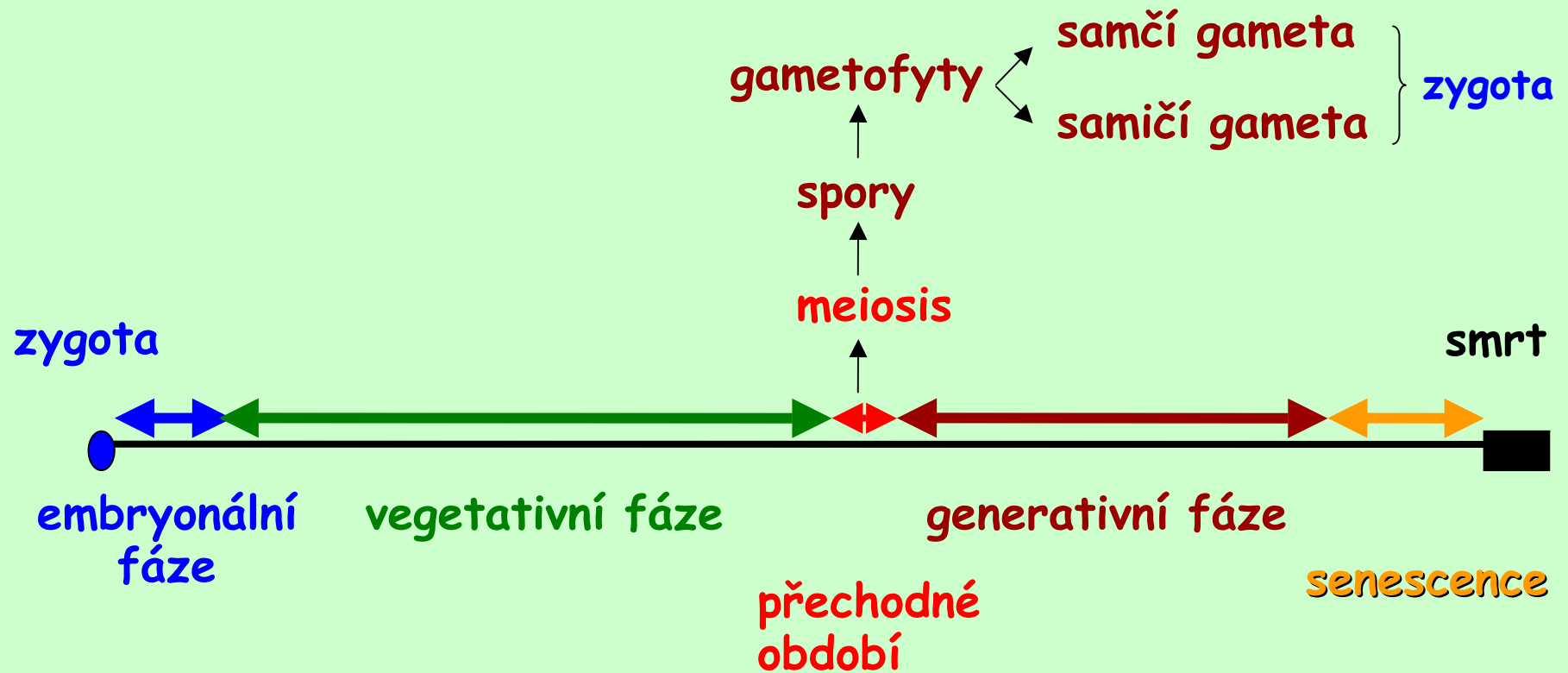
Speciální obory anatomie:

farmakognozie, anatomie dřeva, anatomie krmiv, studium morfogeneze a regenerace *in vitro*, ...

Rozmnožování u rostlin

- **vegetativní rozmnožování (amixis)**
 - fragmentace
 - cibulky, hlízky
 - rhizomy
- **generativní rozmnožování (amfimixis)** - specializované struktury - vývoj pohlavních buněk + mechanismus zajišťující jejich fúzi
- **apomixis** - zvláštní varianty rozmnožování- „vegetativní množení z generativních orgánů“ - semena jsou tvořena z různých pletiv vajíčka bez oplození

Ontogeneze rostlin

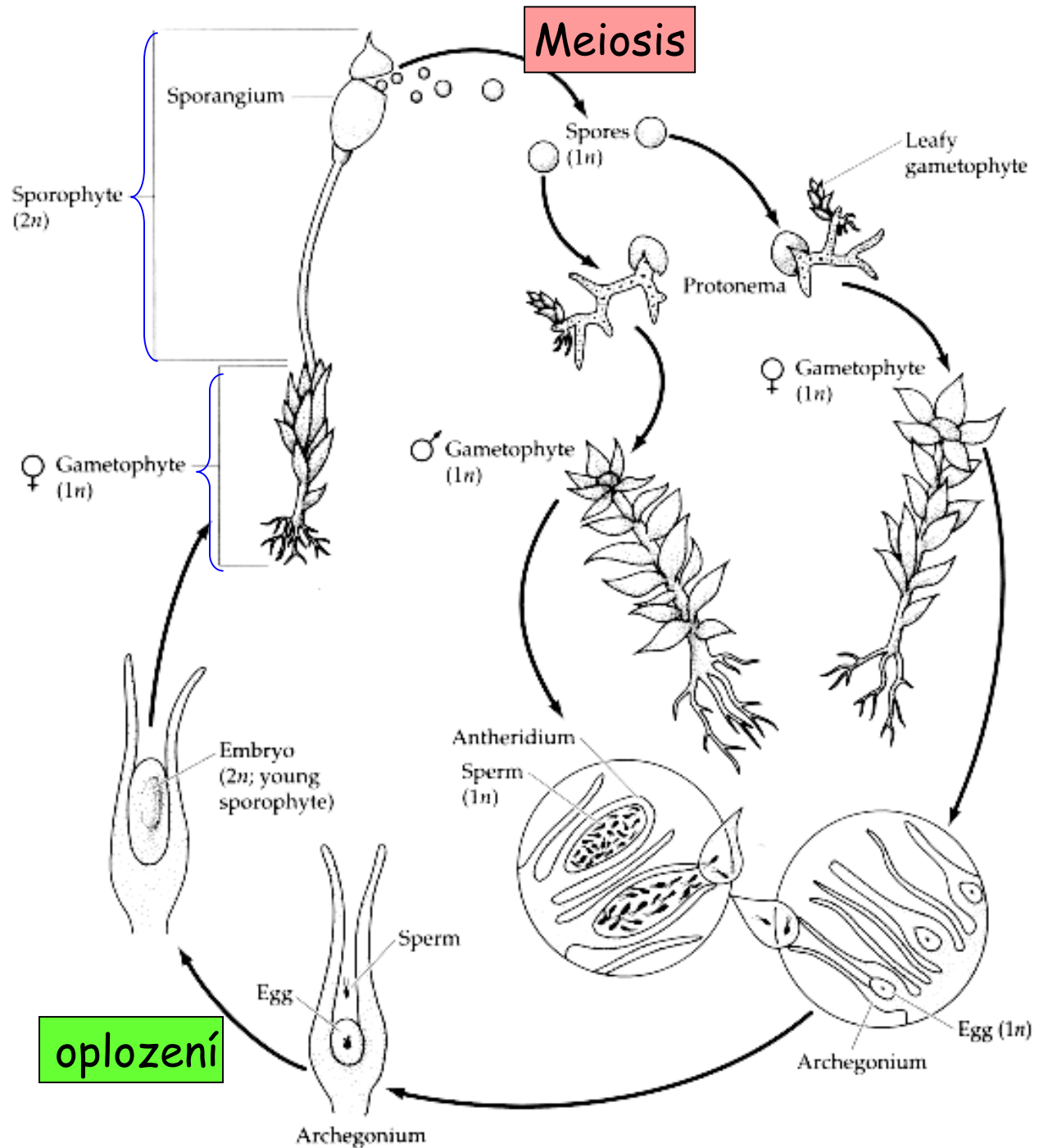
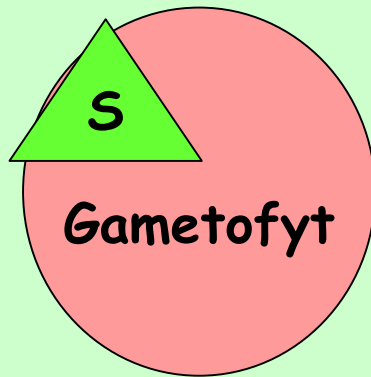


Fáze rodozměny u rostlin

- **sporofyt** - $2n$ = diploidní generace produkující spory
- **gametofyt** - $1n$ = haploidní generace produkující samčí nebo samičí pohlavní buňky (gamety), jejichž splynutím vzniká **zygota**
- životní cyklus = střídání fází = **rodozměna**

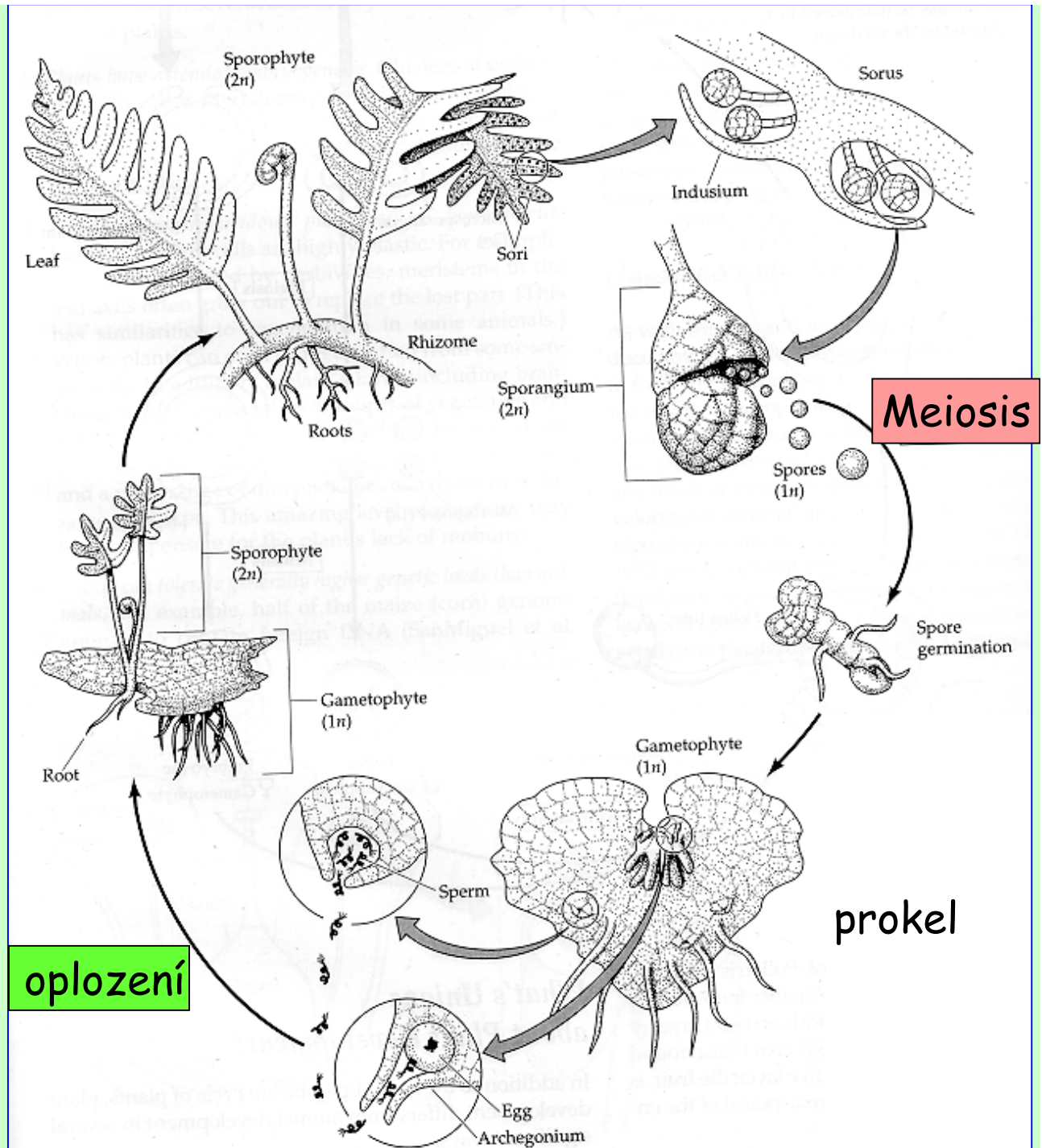
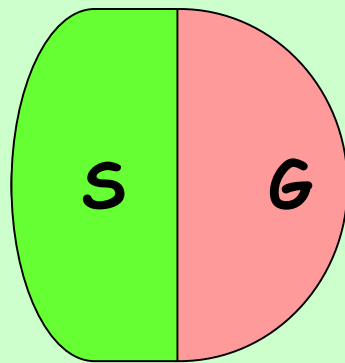
Rodozměna u mechorostů

embryo i zralý sporofyt jsou závislé na fotosyntéze gametofytu



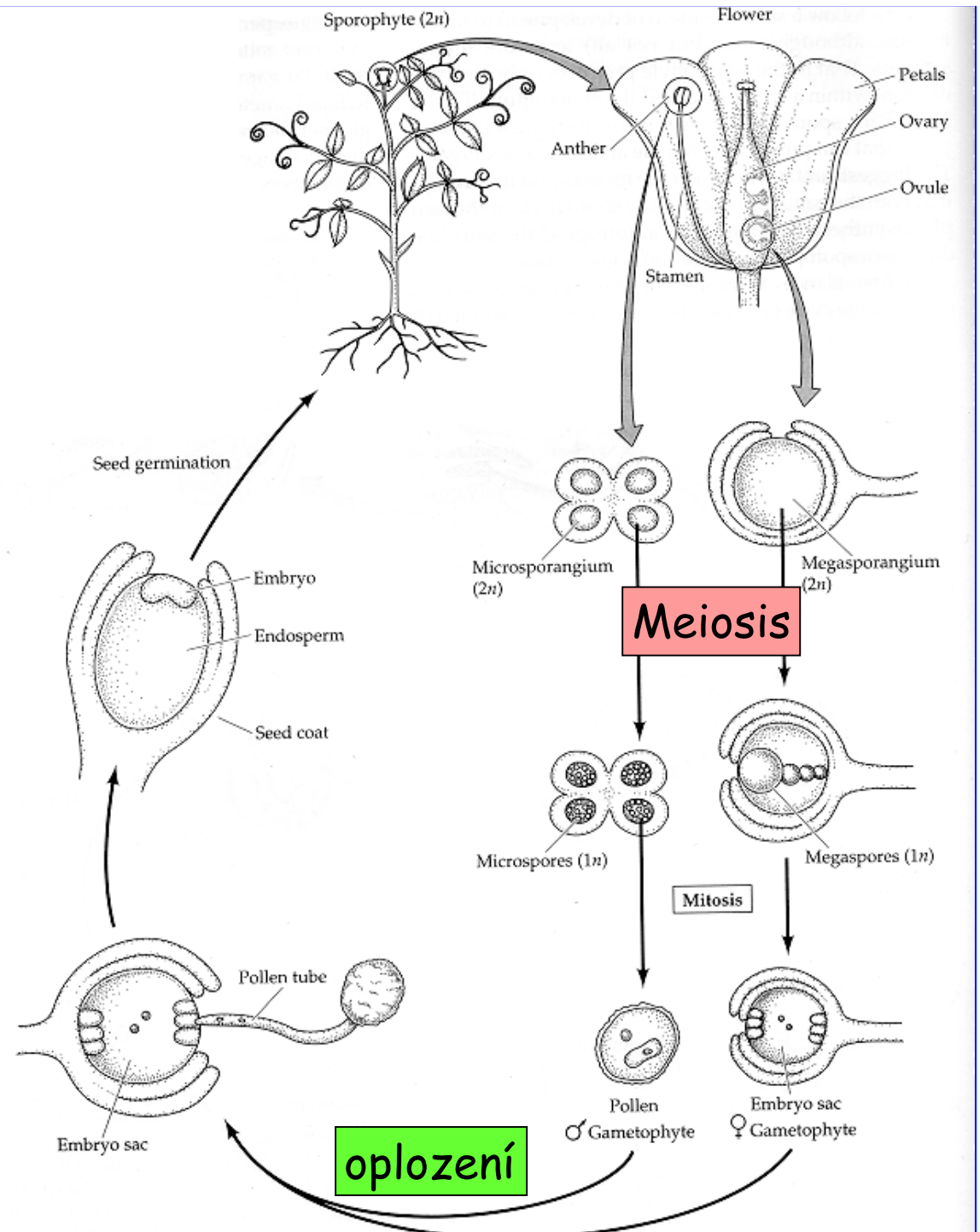
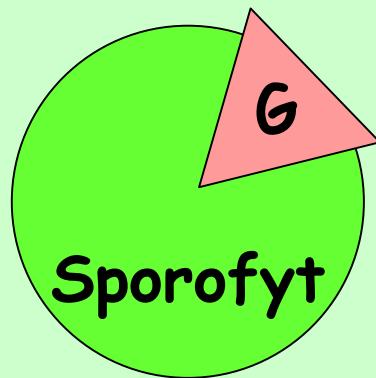
Rodozměna u kapradin

sporofyt i gametofyt je schopný fotosyntézy



Rodozměna u krytosemenných rostlin

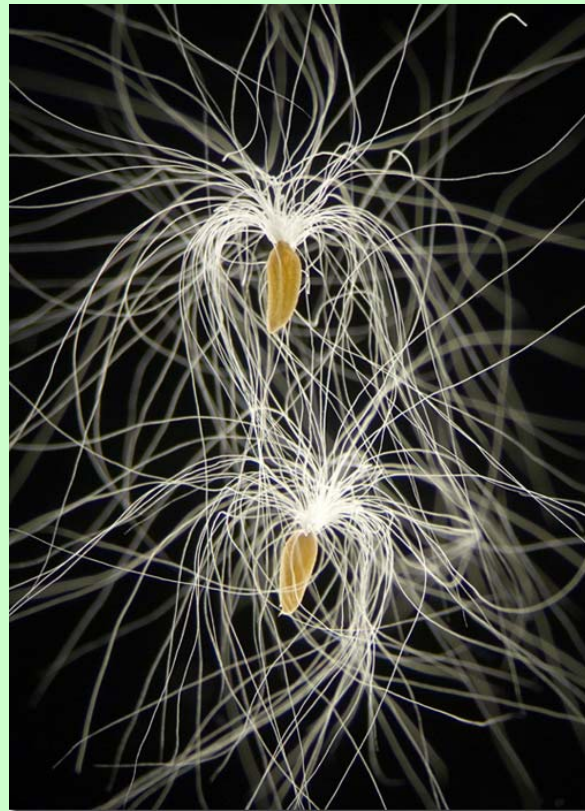
gametofyty jsou velmi redukované a závislé na fotosyntéze sporofytu



Plody a semena



Clematis
Seventh Place,
2006 Competition
Viktor Sykora



Daucus
Honorable Mention,
2006 Competition
Viktor Sykora

Epilobium
Nineteenth Place,
2007 Nikon Competition
Viktor Sykora

Klíčení semen a růst klíčnicích rostlin

Semena mají:

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

Rostliny mají vyvinuté efektivní evoluční adaptace, které jim umožňují přežít nepříznivé podmínky počasí.

Klasifikace pletiv podle původu:

(Nägeli 1858)

1. dělivá
2. trvalá

pletiva dělivá (**meristémy**)

- parenchym (buňky izodiametrické, protáhlé, destičkovité) nebo prosenchym (buňky protáhlé na koncích zašpičatělé)
- buňky malých rozměrů s velkým jádrem, tenkou buněčnou stěnou a s hustou cytoplazmou
- bez intercelulár

difúzní (v rané fázi vývoje celá rostlinná embrya = **protomeristém** - iniciály apikálních meristémů, dává vznik 3 primárním meristémům)

lokální (jen malá část pletiv, specifická poloha v rostlině)

primární meristém - [dermatogen, periblem, plerom]
protoderm, základní meristém, prokambium

sekundární meristém - dediferenciace buněk trvalých pletiv
(kambium, felogen)

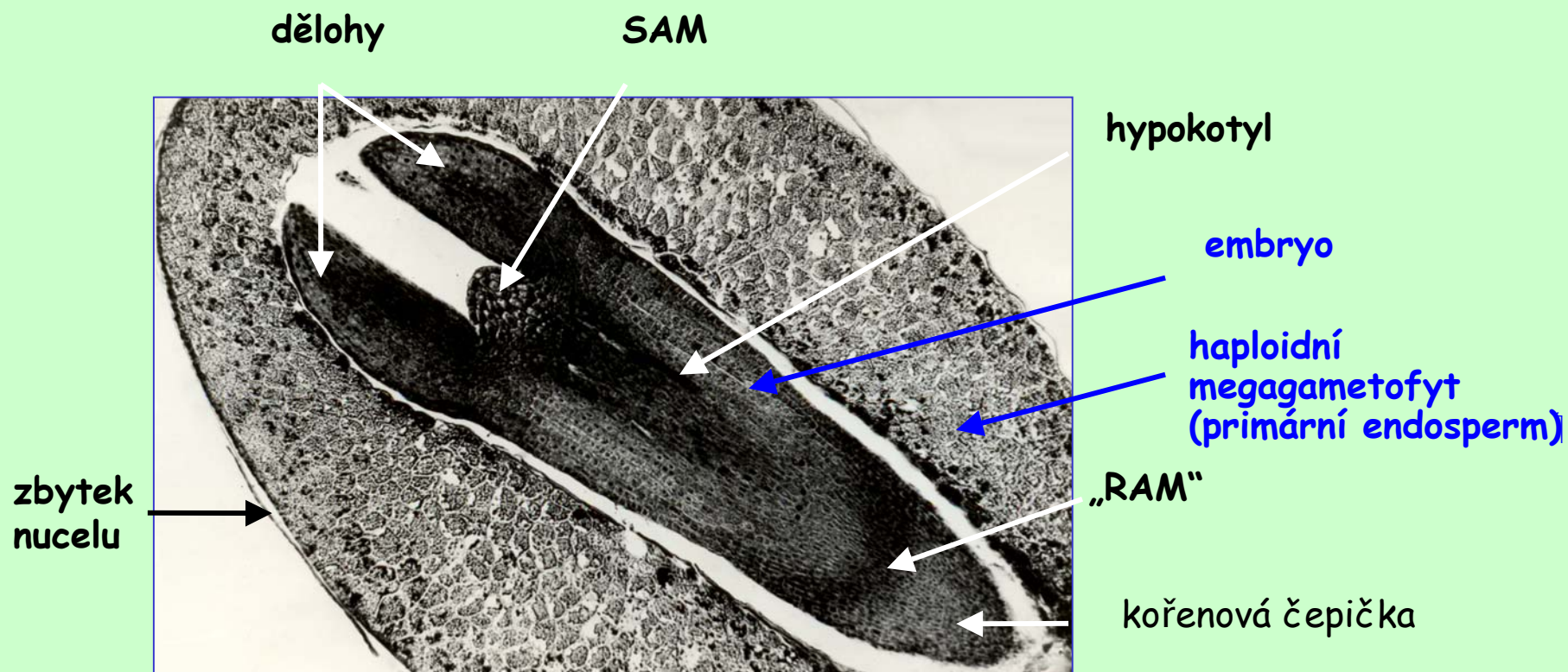
latentní meristém - přetrvávající meristém (pericykl/perikambium)

Klasifikace meristémů podle polohy

- apikální meristém (vzrostný vrchol stonku)
- subapikální meristém (vzrostný vrchol kořene)
- laterální meristém (kambium, felogen)
- interkalární meristém (meristém kořenové čepičky, báze listů, kolénka trav, přesličky)

Embryo nahosemenných rostlin

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



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

Příklad semene krytosemenných rostlin s endospermem v době zralosti embrya

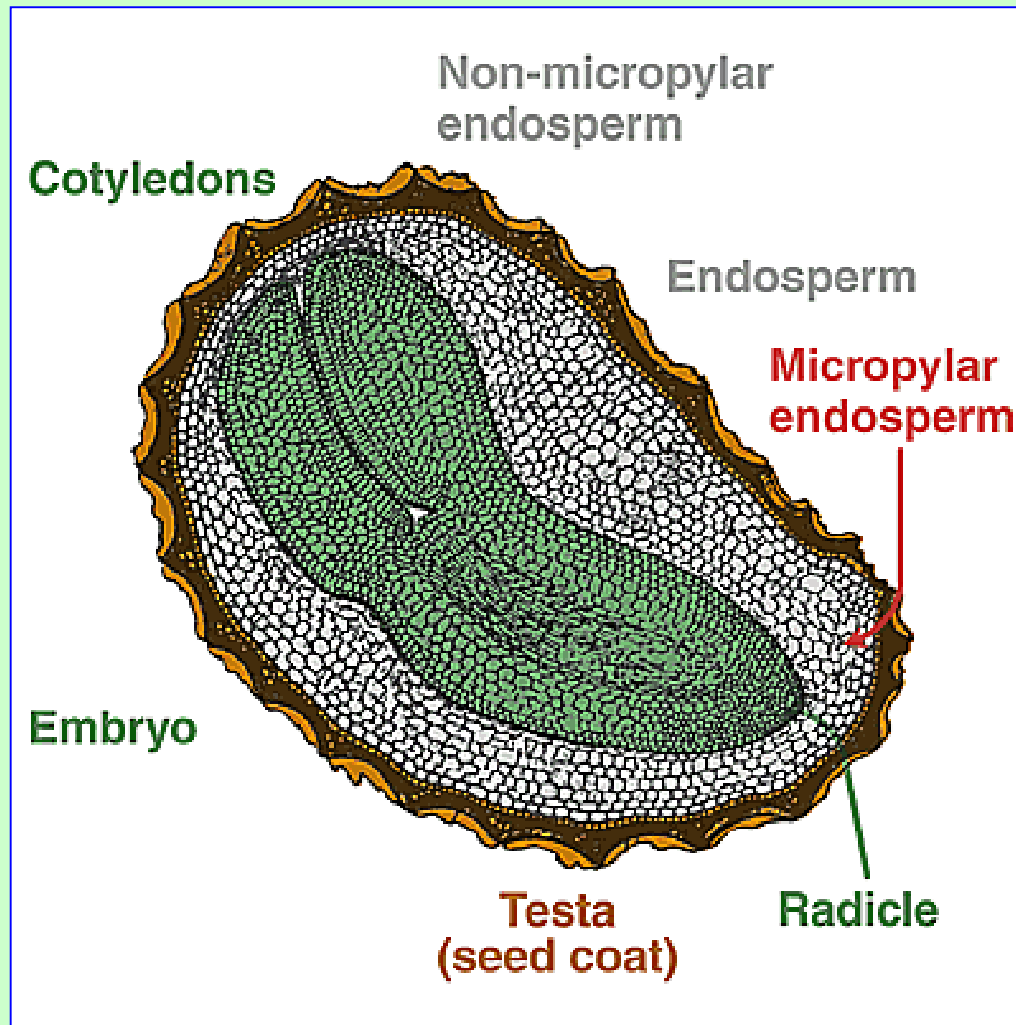
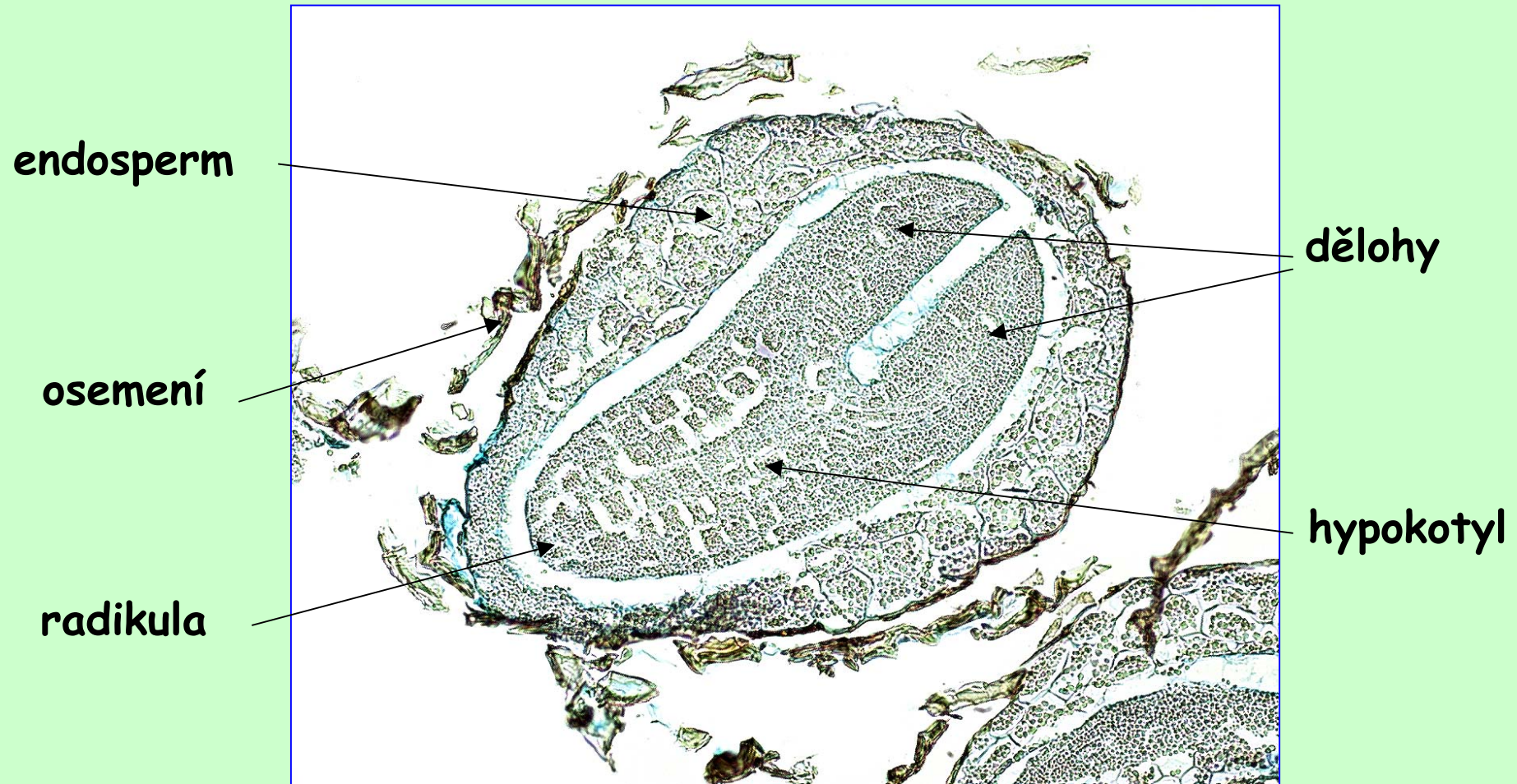


Schéma stavby semene *Nicotiana rustica*

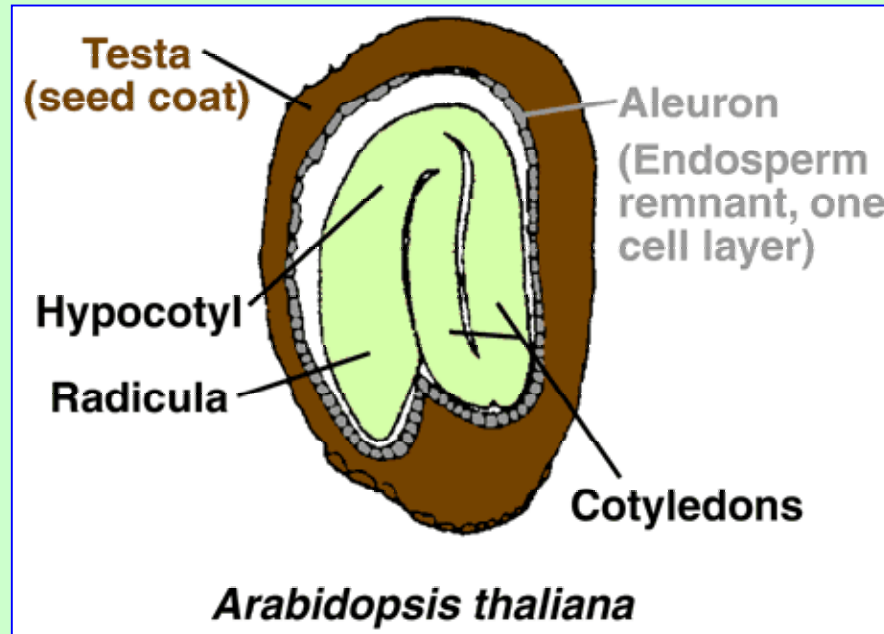
Nicotiana tabacum L. - embryo v semeni



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



Příklad semene bez endospermu v době zralosti embrya



<http://www.lvdayschool.com/whatshappening2/spring/arabidopsis-4.gif>

Schéma podélného řezu semenem
Arabidopsis thaliana

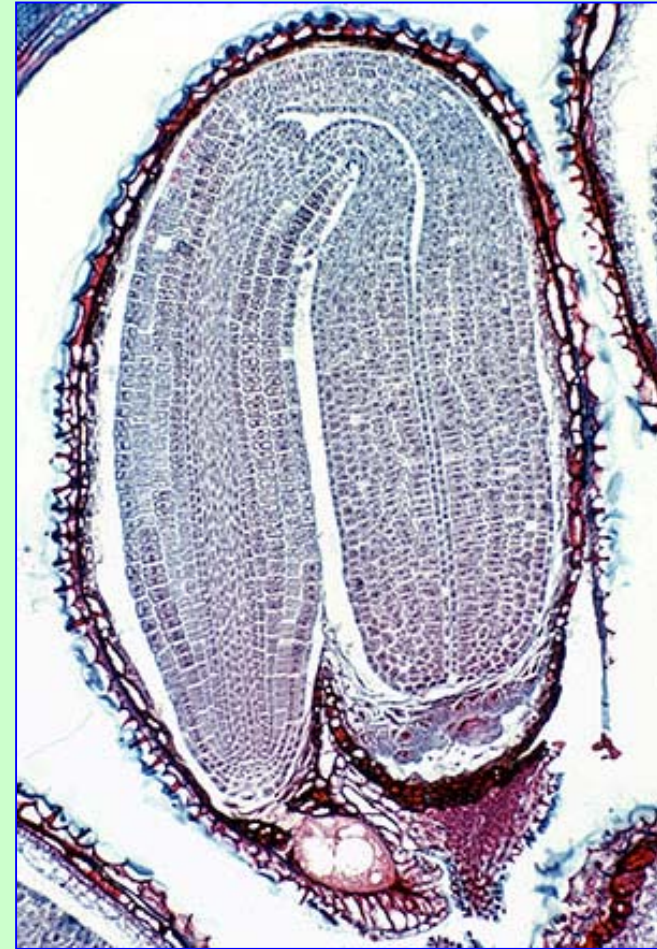


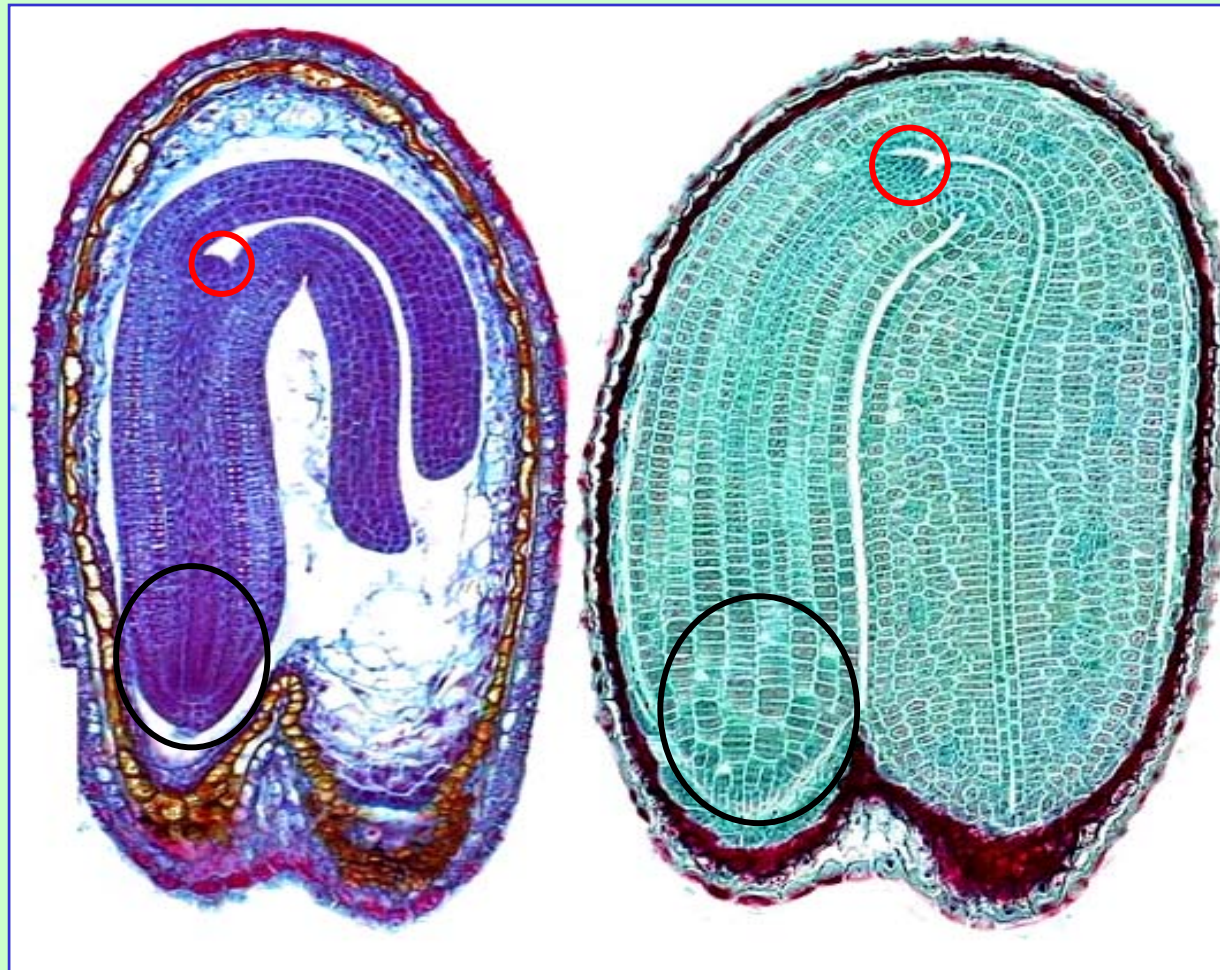
Schéma podélného řezu semenem
Capsella bursa-pastoris

Primární meristémy - založeny již v embryu

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

embryonální
osa =
hypokotyl

RAM



SAM

dělohy

starší torpédovitě embryo

zralé embryo

Požadavky pro klíčení

- quiescence
- dormance

Dormance může být překonána za podmínek vhodných pro růst. všechna semena potřebují:

- přiměřenou zásobu vody
- vhodnou teplotu
- přítomnost kyslíku

Speciální požadavky pro klíčení :

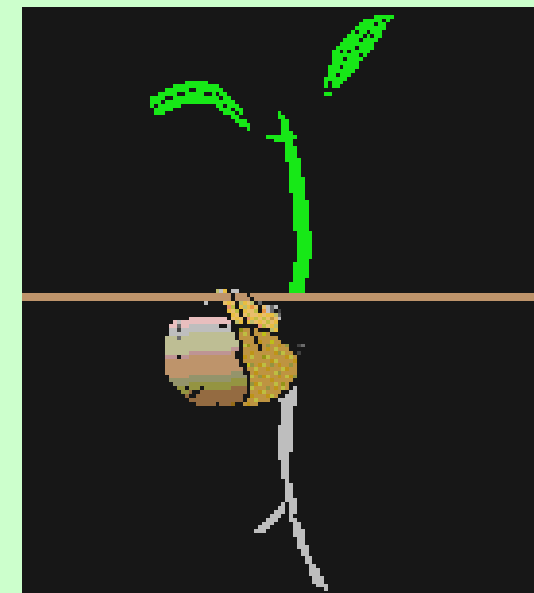
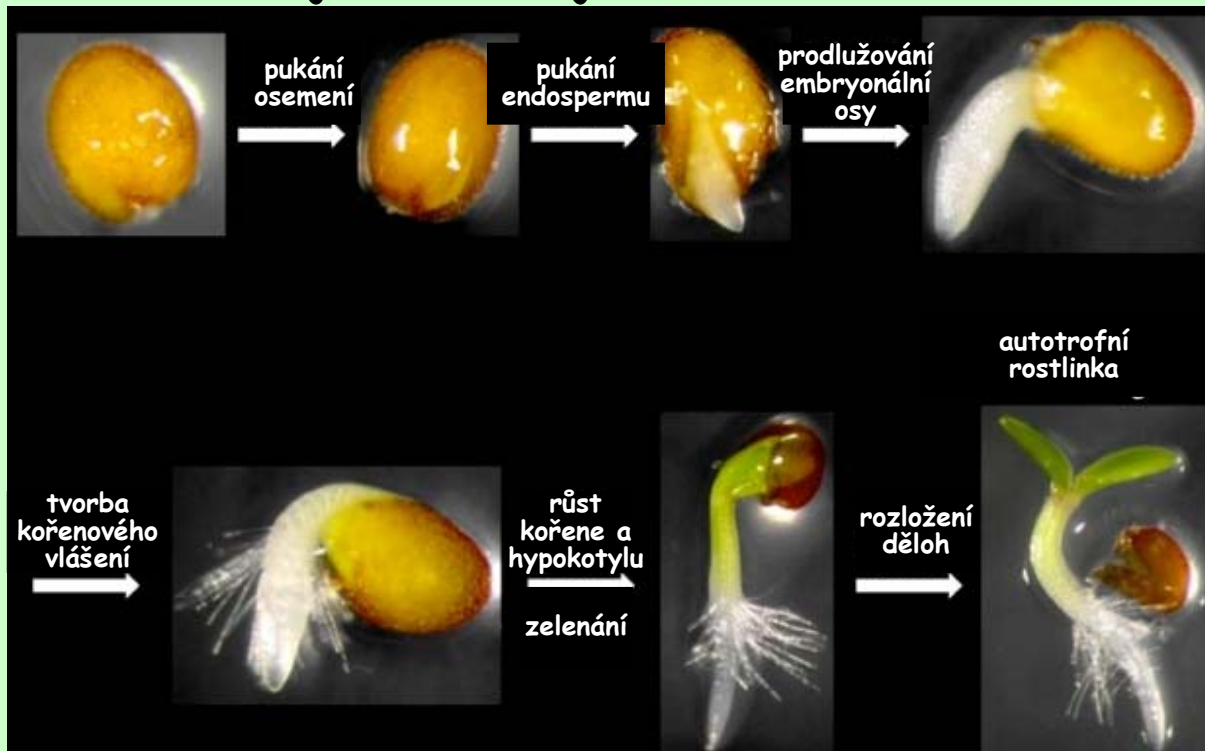
- zmrznutí - přispívá k otevření osemení
- horko nebo kouř z ohně
- abrasivní působení písku
- hydrolyzační působení v zažívacím traktu živočichů

Klíční rostlina x semenáček (seedling)

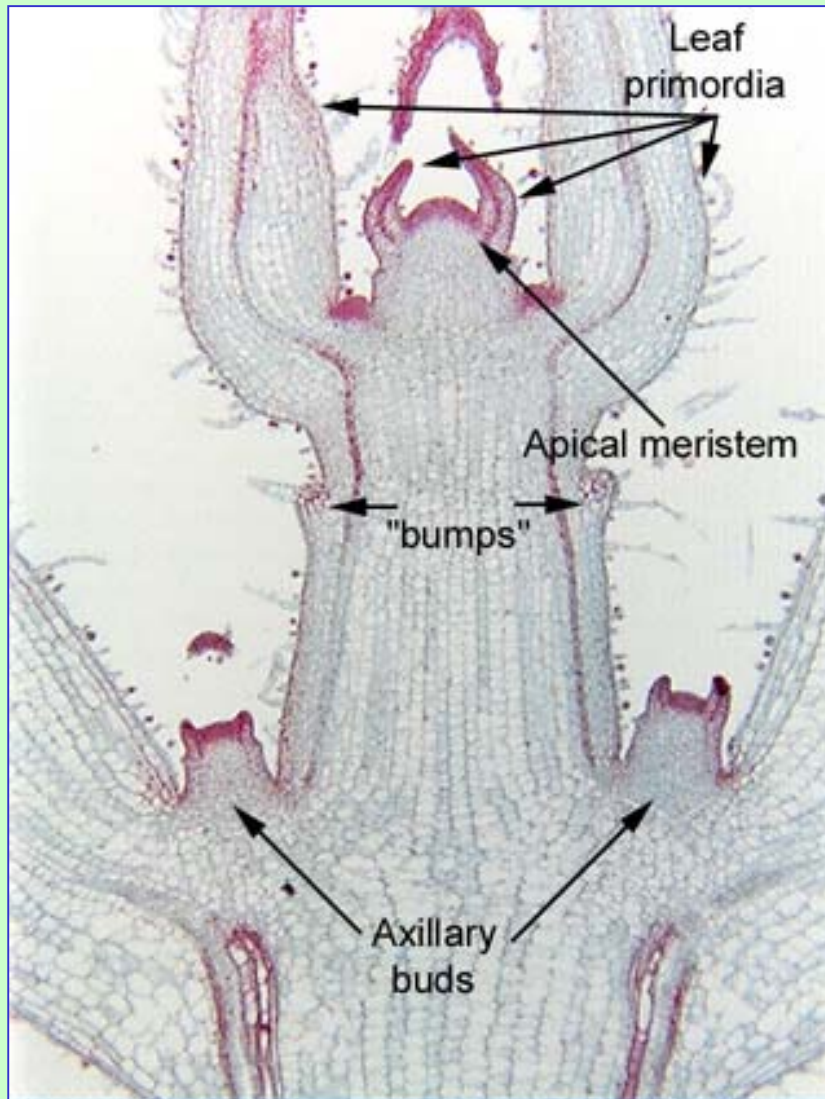
- kořen se vždy vyvíjí jako první a roste směrem dolů do půdy
- pak vyrůstá ze semene stonek (hypokotyl) a vynáší nad povrch půdy děložní listy, které hledají světlo
- chloroplasty v buňkách stonku a listů rychle dozrávají - zelenají

Epigeické klíčení

Hypogeické klíčení

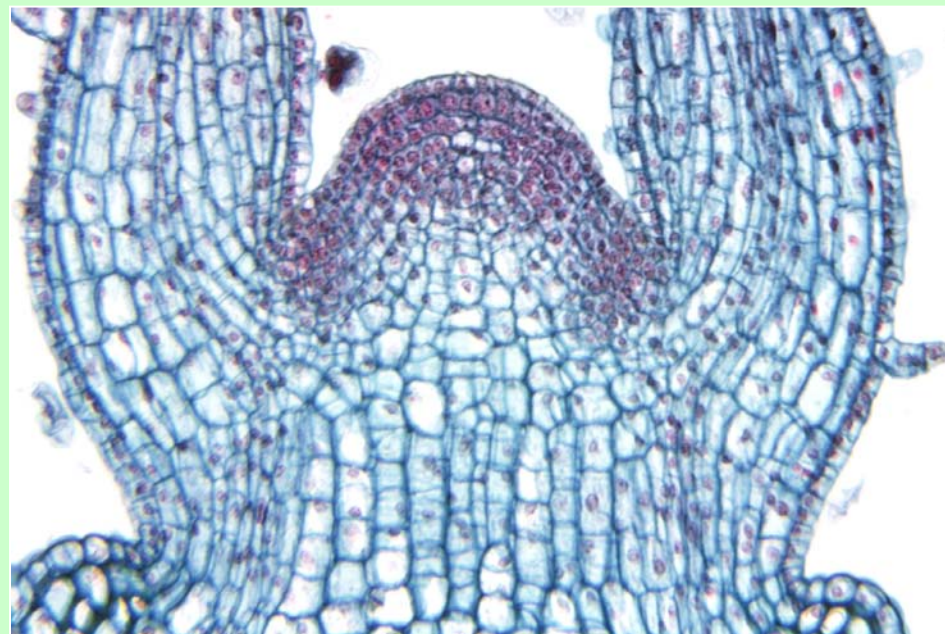


Lokalizace primárních meristémů



podélný řez apexem
stonku *Coleus*

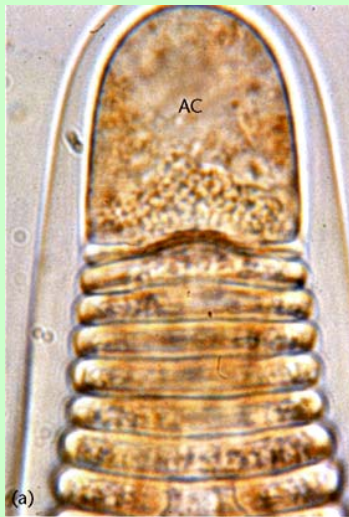
Stonkový apikální meristém *Coleus*



3 základní typy SAM

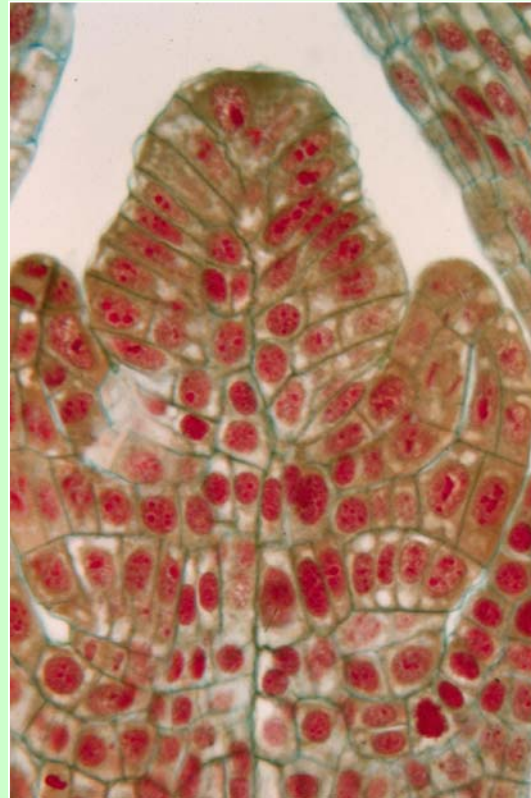
- jedna apikální buňka = nejprimitivnější - řasy, *Equisetum*
- cyto-histologická zonace - *Pinus*, *Ginkgo*
 - povrchové apikální iniciály
 - centrální mateřské buňky
 - přechodná zóna
 - žebrový meristéum
- tunika-korpus - u všech krytosemenných a nejpokročilejších nahosemenných rostlin - četné apikální iniciály ve vrstvách - jedna nebo více vrstev povrchových iniciál = tunika (antiklinální dělení buněk), korpus = spodní vrstvy meristému (antiklinální i periklinální dělení buněk)

Jednobuněčné apikální meristémy



meristém
červené řasy
tvořený jedinou
apikální buňkou
(AC).

www.els.net

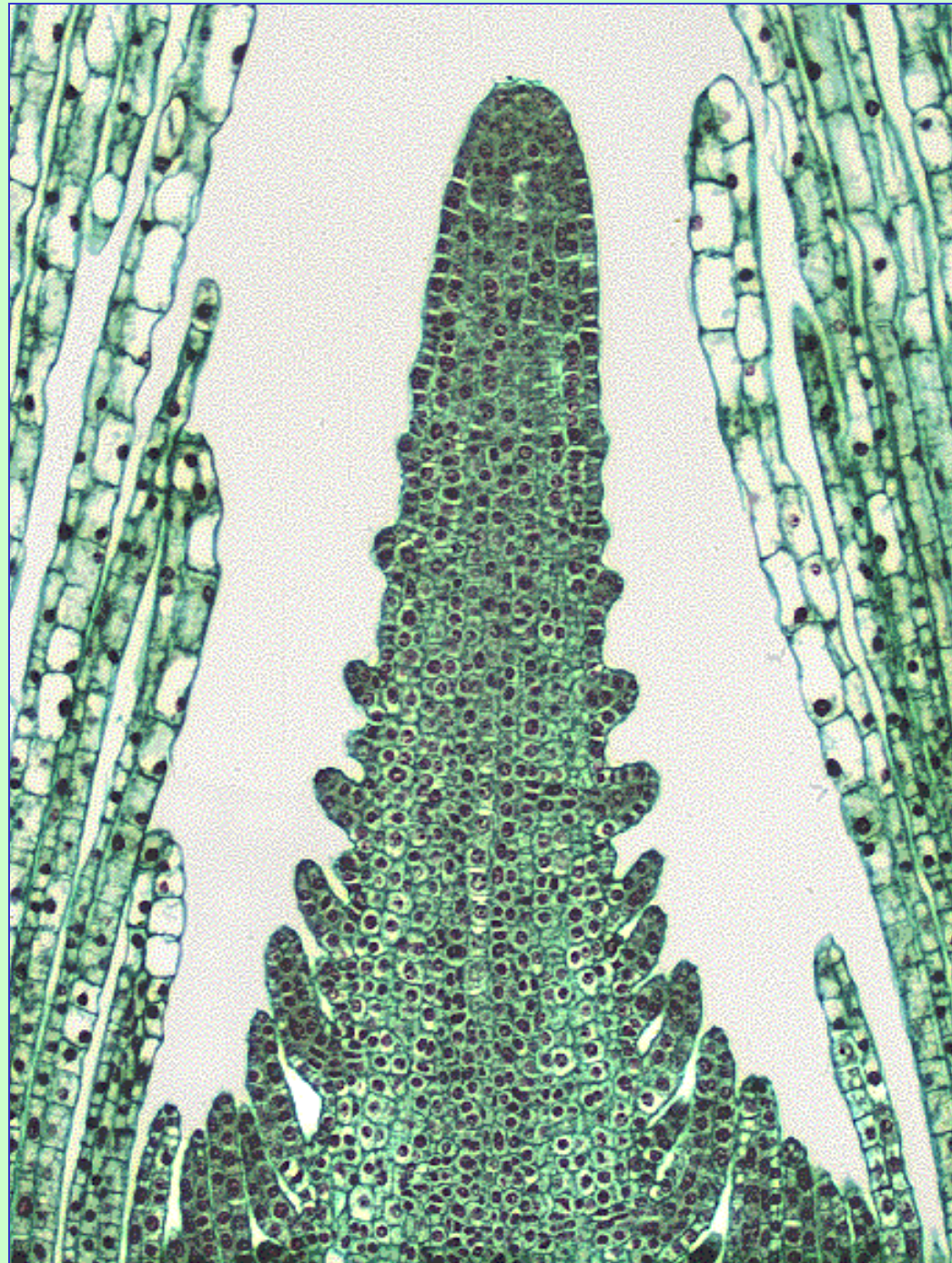


stonkový apikální meristém *Equisetum*



jedna iniciála

Podélný řez
apexem stonku
Elodea
canadensis

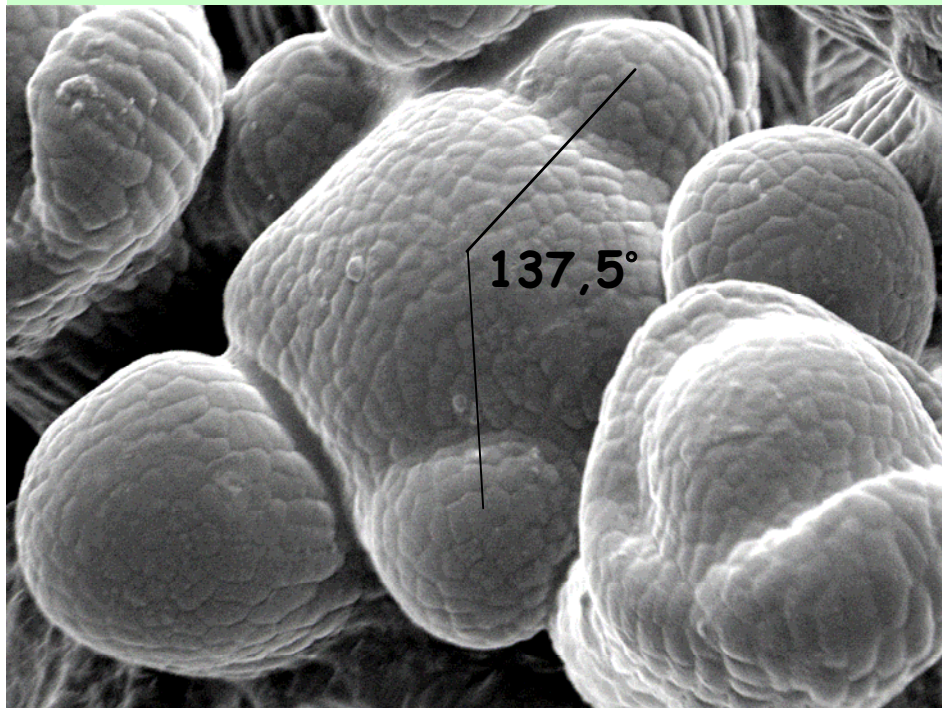


3 primární pletiva

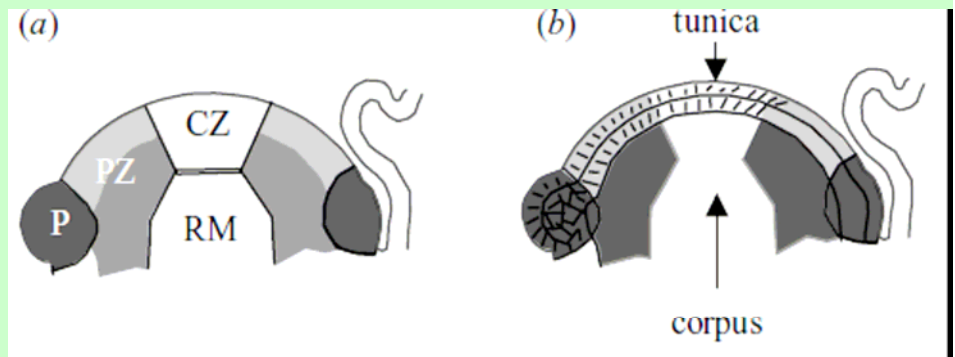
produkty dělení buněk **apikálních meristémů** diferencují na 3 typy primárních pletiv, která dalším buněčným dělením a diferenciací tvoří vlastní rostlinné orgány

- * protoderm
- * základní meristém
- * prokambium

Zonace meristémů



fylotaxe v meristému květenství



dělení
meristému
do zón

dělení
meristému
do vrstev

Traas *et* Vernoux 2002

Phil. Trans. R. Soc. Lond. B (2002) 357, 737–747
DOI 10.1098/rstb.2002.1091

Podélný řez vegetativním SAM *Arabidopsis*

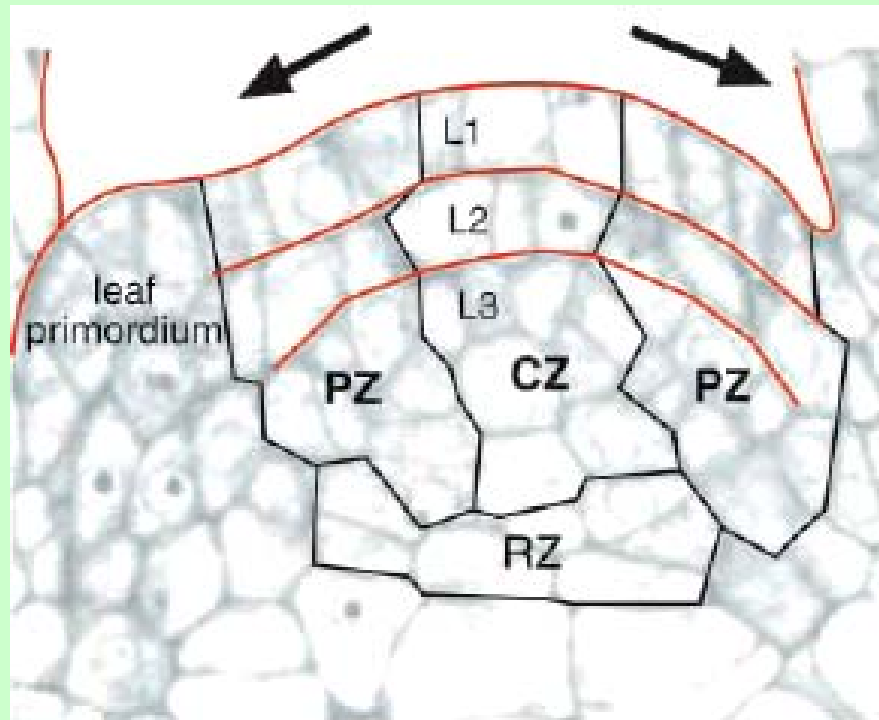
vrstvy: L_1, L_2, L_3

zóny:

centrální zóna (CZ),

periferální zóna (PZ)

žebrový meristém (rib zone RZ)



Laux and Schoof (1997)

The CZ is identified by its relatively weak cytoplasmic staining and low rate of cell division.

Begonia rex SAM

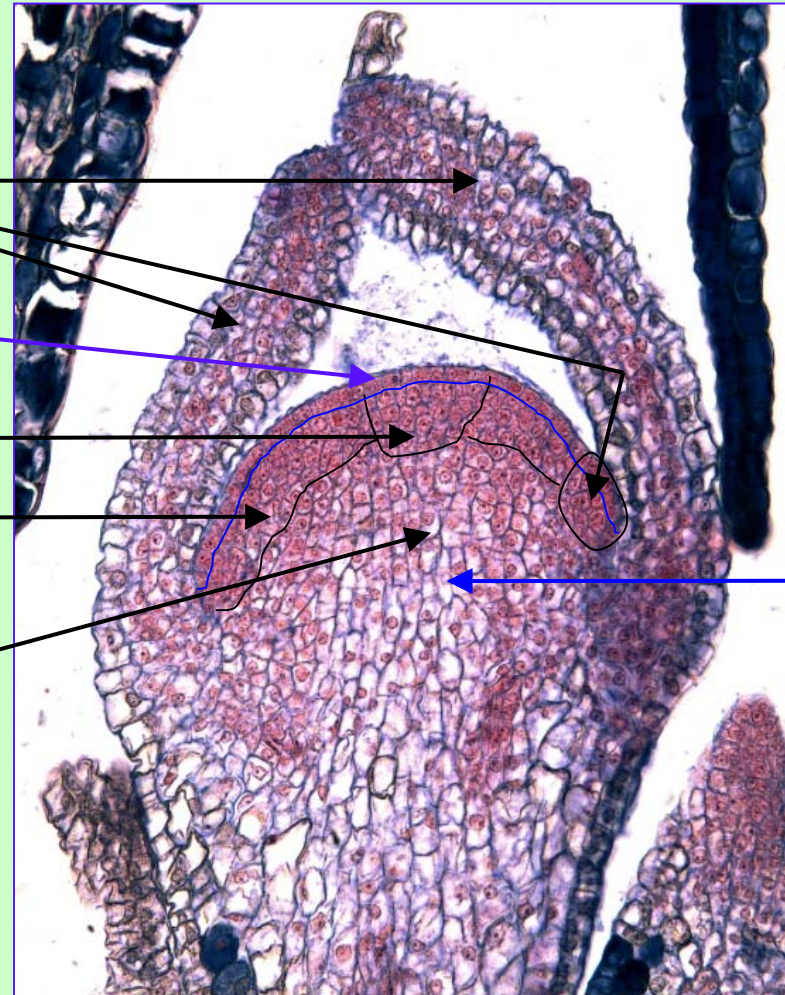
listová primordia

tunika

kmenové buňky

periferní meristém

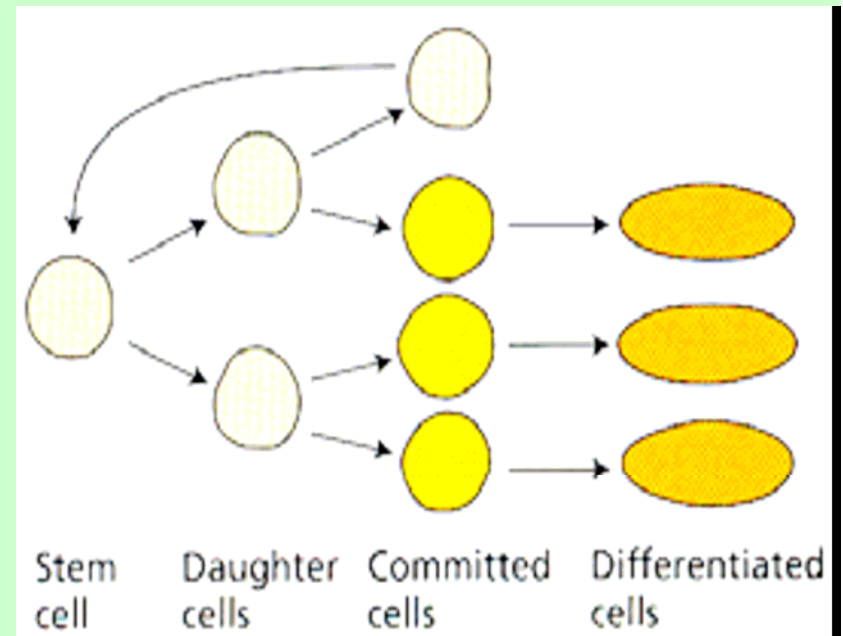
žebrový meristém



korpus

Primární apikální meristémy

Princip zachování embryonálního charakteru meristému:
část buněk nenastoupí cestu diferenciaci, ale zachovává si dělivou schopnost po celou dobu existence vegetativního meristému

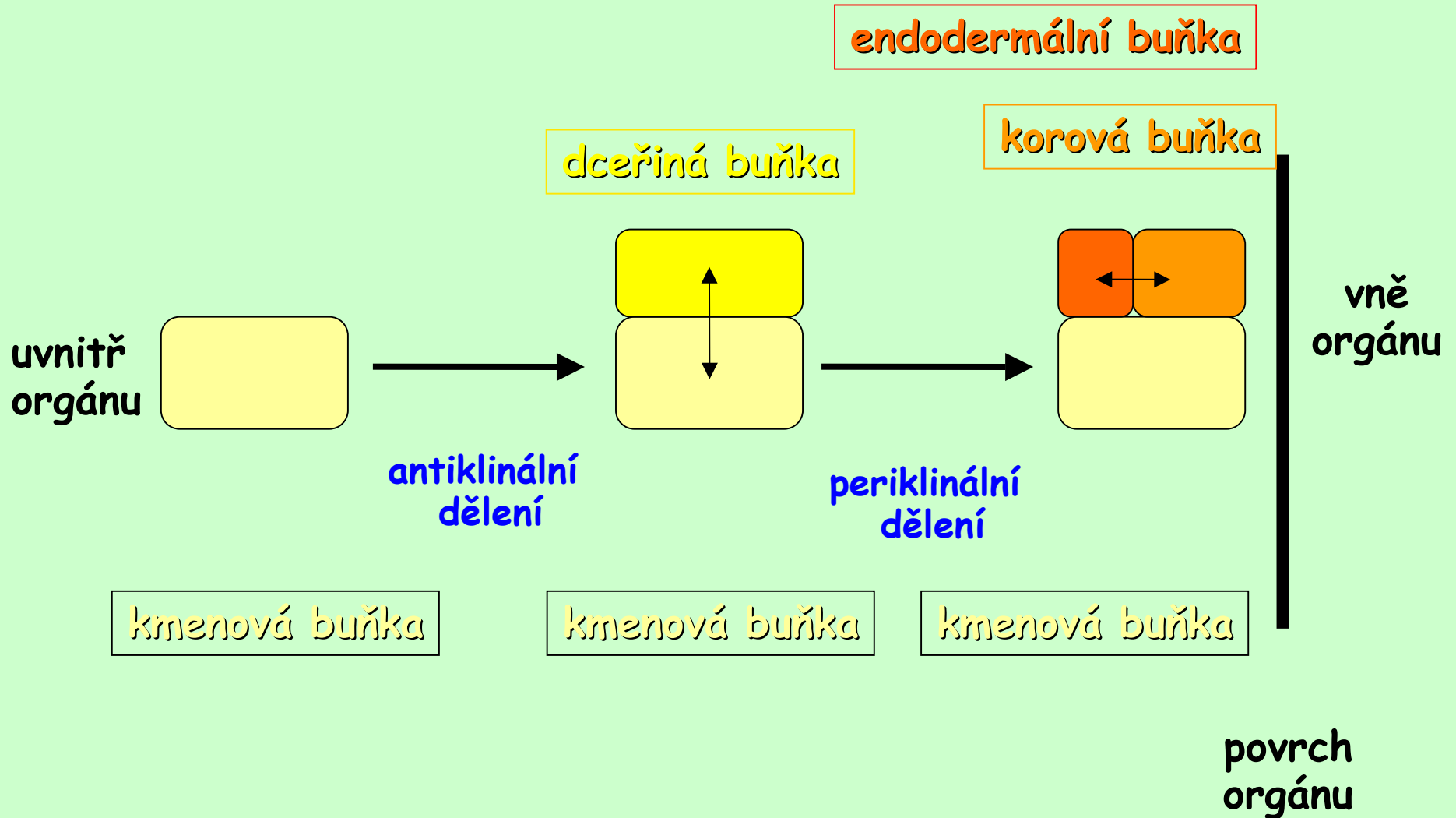


Kmenové buňky (stem cells)

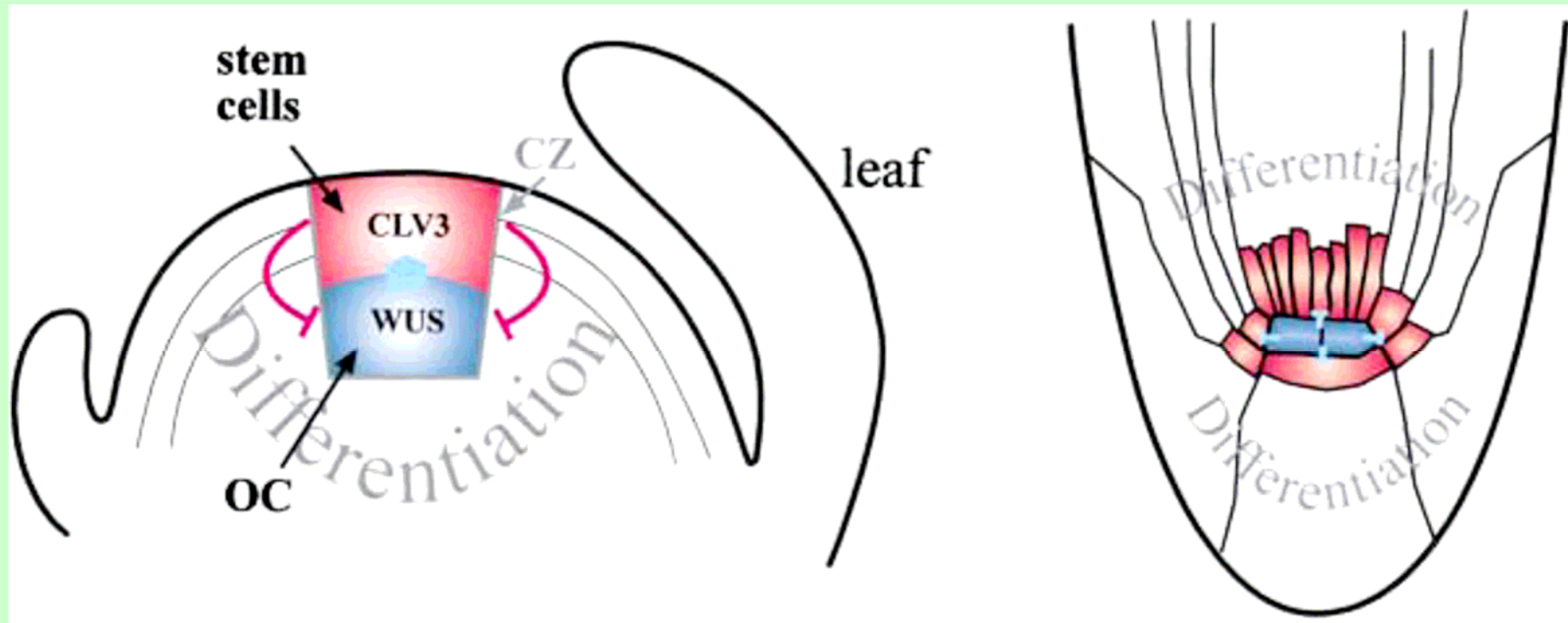
Nediferencované buňky; dříve **iniciály**

Po rozdělení si jedna dceřinná buňka zachová charakter buňky kmenové a druhá nastoupí diferenciací dráhu

Orientace buněčného dělení a morfogeneze



Srovnání SAM a RAM *Arabidopsis*



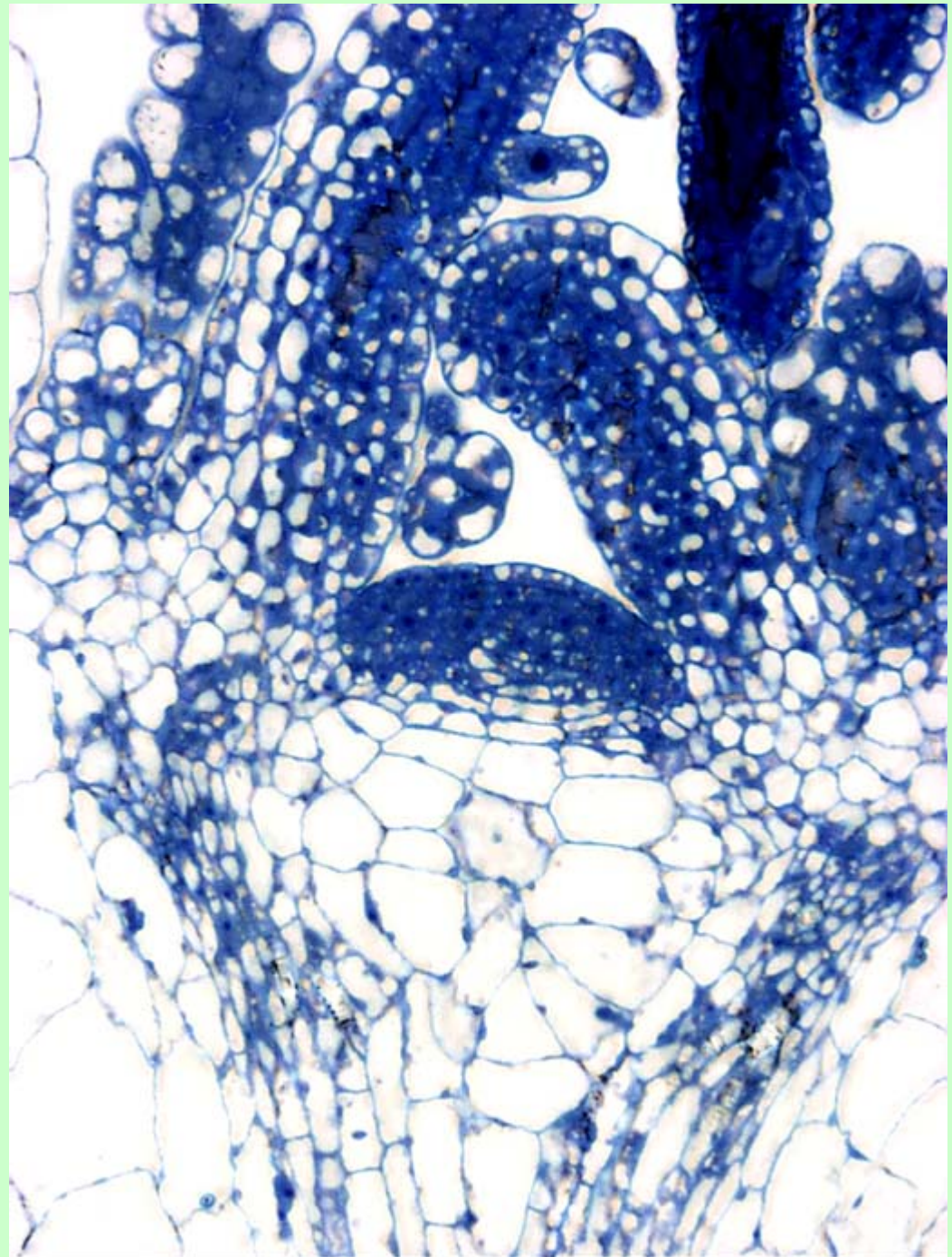
gen *WUSCHEL* udržuje pluripotenci kmenových buněk

CLAVATA3 omezuje vznik nadměrného počtu kmenových buněk a řídí jejich přechod do organogenních zón

gen *WUS* je negativně regulován proteinem *CLAVATA*.

Laux 2003

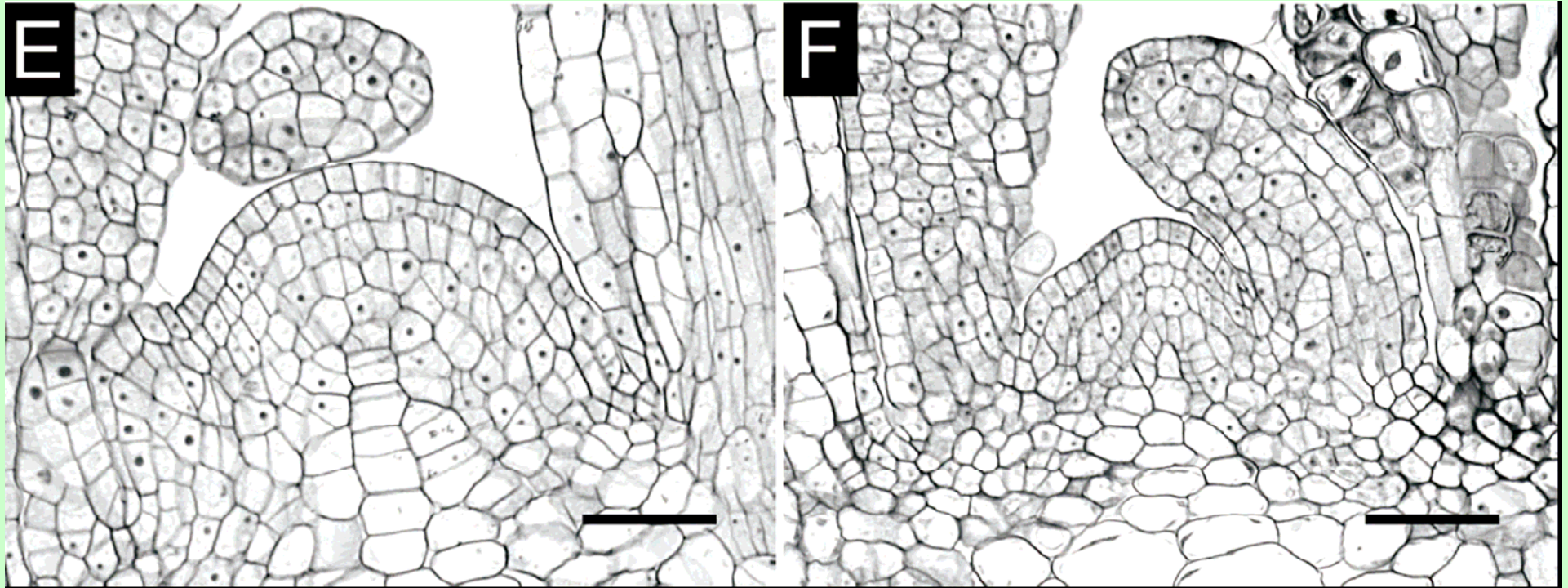
Arabidopsis
SAM a listová
primordia



Vliv cytokininů na vývoj SAM *Arabidopsis*

kontrola

35S:*AtCKX1*

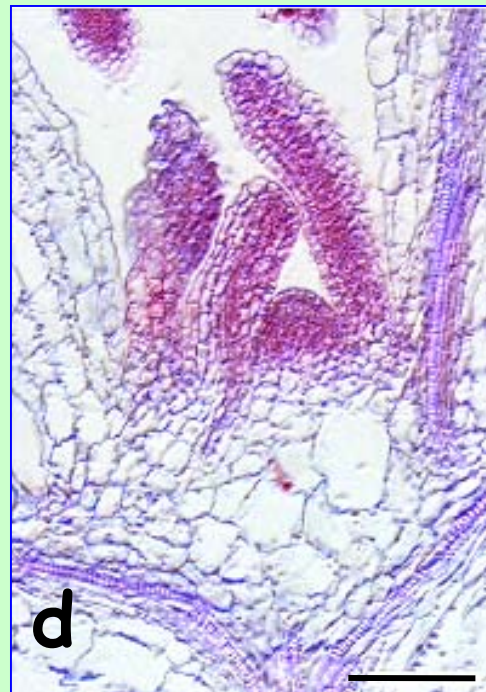
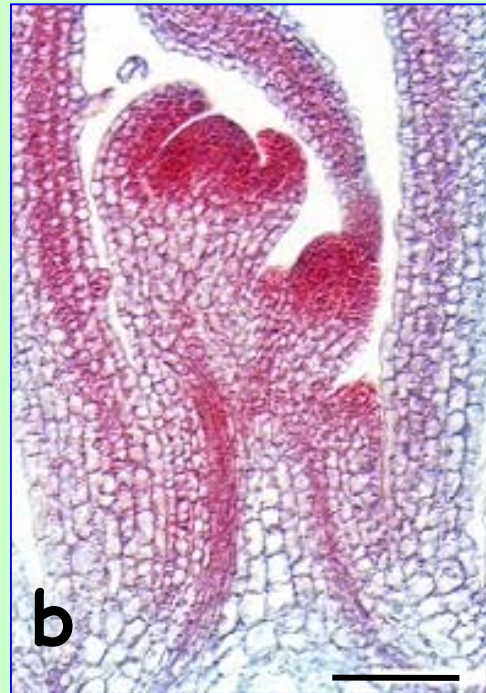
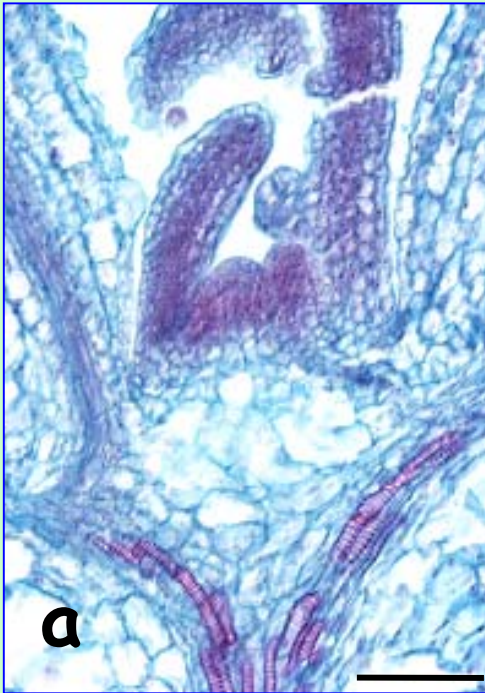


Werner *et al.* 2003

snížení obsahu cytokininů
na 30- 40% kontroly)

Vliv cytokininů na vývoj SAM *Arabidopsis*

po 15 DC



a) netransformovaná kontrola
WT Columbia 0

b) linie 2H2 x 14/1-C
s aktivovanou expresí *ipt*
zvýšení obsahu cytokininů

c) aktivátor 35S::LhG4
14/1-C

d) neaktivovaný pOp::*ipt*
reportérová rostlina 2H2

úsečka = 50 μ m

DP H. Kratochvílová

Protoderm a krycí pletiva

protoderm dozrává v **epidermis** = zploštěná vrstva pokrývající všechny rostlinné orgány

některé epidermální buňky se specializují:

svěrací buňky průduchů (guard cells) (vždy v párech) - výměna plynů

kořenové vlásky (root hairs) emergence ze specializovaných epidermálních buněk (trichoblastů) - zóna v blízkosti kořenové špičky, zvětšení absorpční plochy kořene

trichomy

- epidermis listů produkuje vosk **kutin** - **kutikula**
- epidermis stonků a kořenů vytváří při sekundárním tloušťnutí **suberin**

Základní meristém diferencuje ve tři typy pletiva

parenchym - buňky většinou sférické nebo mírně nepravidelného tvaru (prozenchym, s tenkými stěnami a velkými intercelulárami)

výplňové, asimilační, zásobní i ránové pletivo

kolenchym - nerovnoměrně ztloustlé buněčné stěny - pevný, ale pružný = podpůrné pletivo neomezující růst, lignin chybí.

sklerenchym - schopnost vytvářet masivní sekundární buněčnou stěnu obsahující lignin, dospělé buňky jsou mrtvé

vytváří buď dřevní elementy (tracheidy a tracheje), pevná podpůrná vlákna (fibers), kamenné buňky (sklereidy) - běžné v osemeni

Prokambium

produkuje:

- primární xylém (protoxylém, metaxylém)
- primární floém

- kambium (sekundární meristém důležitý pro sekundární růst)
 - produkuje:
 - sekundární xylém (deuteroxylém)
 - sekundární floém

Primární xylém

v době zralosti mrtvé **tracheidy** a **cévní elementy** tvoří dutý, kontinuální systém vedoucí vodu z kořenů k listům

všechny cévnaté rostliny vytvářejí **tracheidy**, dlouhé, štíhlé buňky se zkosenými konci ztenčeniny (tečky) po stranách a na konci buněk umožňují proudění vody z buňky do buňky

cévní elementy vytvářejí pouze rostliny krytosemenné

kratší a širší buňky se spojují svými konci a tvoří trubice, přepážky mezi buňkami většinou chybí, tečky umožňují laterální pohyb vody



Primární floém

živé pletivo - aktivní transport a hromadný tok cukrů a jiných živin

složitě pletivo s dvěma hlavními komponentami:

- **sítkové elementy** - vlastní vodivá funkce
- **doprovodné buňky** - zajišťují energii a metabolické potřeby pro sítkové buňky, mají tedy svůj podíl na vedení živin

Stavba hypokotylu

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

stadia klíčení semene

Essau 1966

