

ZÁKLADY FYZIOLOGIE RASTLÍN

doc. RNDr. Zuzana Lukačová, PhD. zuzana.lukacova@uniba.sk
B2 – 132

doc. RNDr. Marek Vaculík, PhD.
B2 – 121

3. ročník uč. Bi-XX, 2. ročník SB

- praktické cvičenia – B2 107 (Katedra fyziológie rastlín)
- hodnotenie **80/20** – P/C, zápočet a skúška: **test a ústne doskúšanie**

Odporúčaná literatúra

E. Masarovičová, M. Repčák a kol. 2002. Fyziológia rastlín. UK v Bratislave

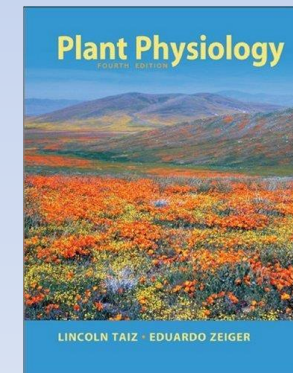
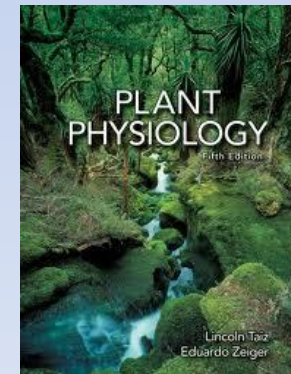
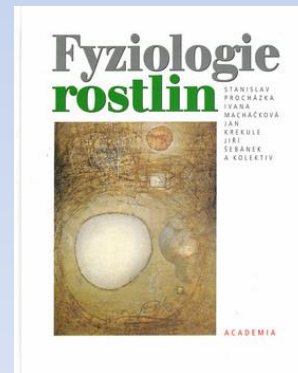
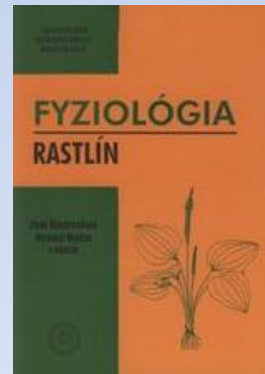
S. Procházka, I. Macháčková, J. Krekule, J. Šebánek a kol. 2003. Fyziologie rostlin. Academia Praha

L. Taiz, E. Zeiger. 2010. Plant Physiology. Sinauer Associates Maryland

Staršie učebnice:

J. Šebánek

R. Hess

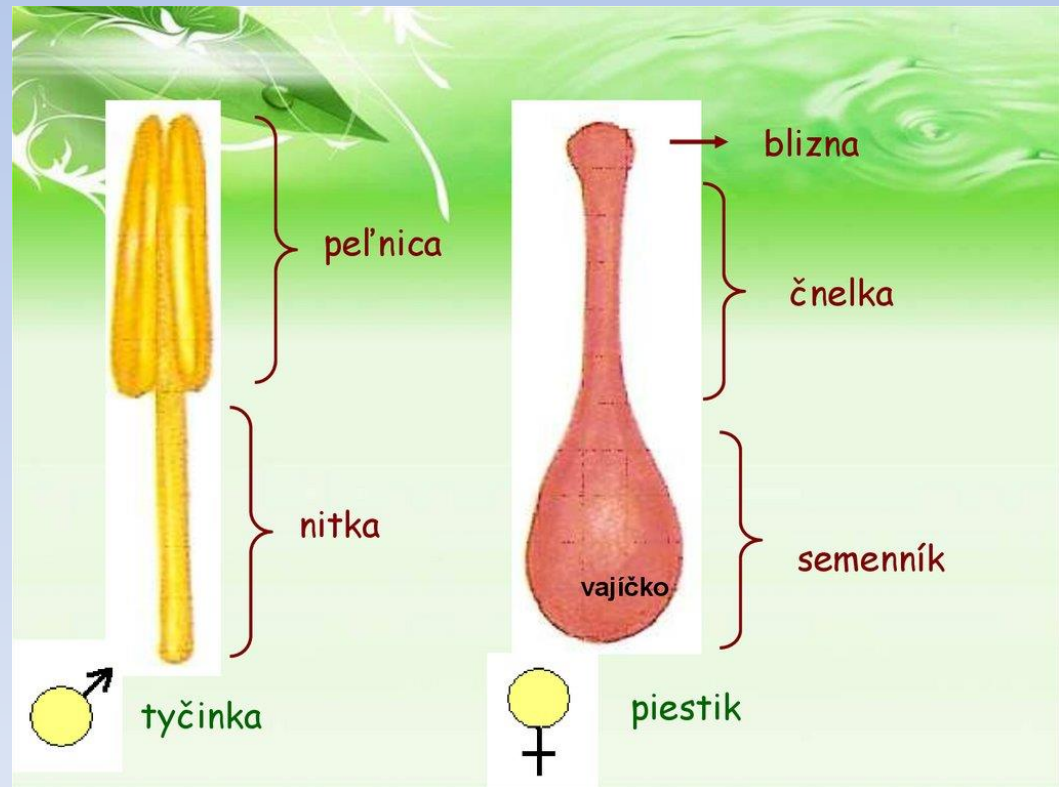


Rast a vývin – ontogenéza rastlinného organizmu

Vývin:

- oplodnenie vajcovej bunky (**zygota**) –
delenie, predlžovanie a diferenciácia

pletivá a orgány



Stupne vývinu rastlín

- **Juvenilná fáza**

Klíčenie embrya zo semena, rast rastliny.

- **Reprodukčná fáza (fáza maturácie)**

Rastlina produkuje kvety, plody a semená.

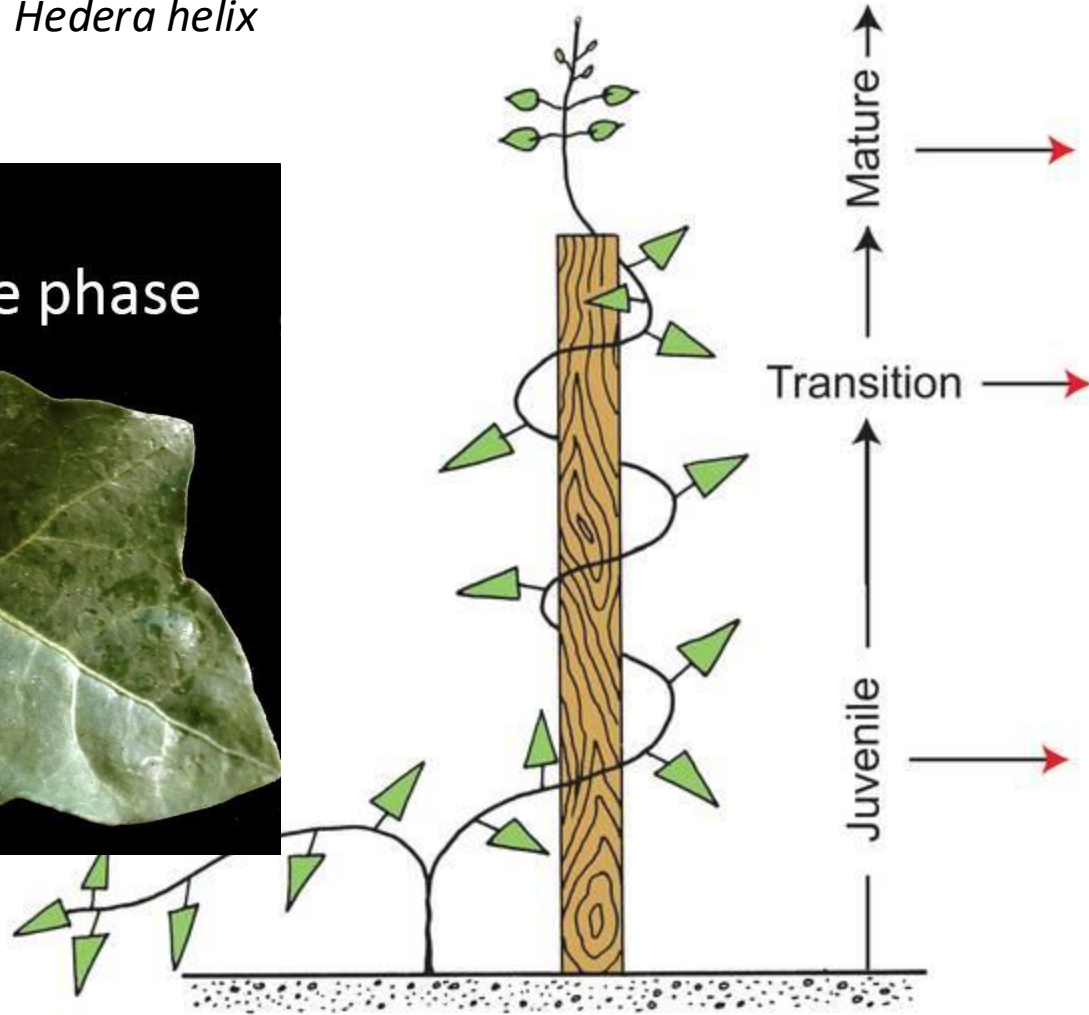
- **Dormantná fáza**

Rastlina nerastie alebo rastie veľmi pomaly.

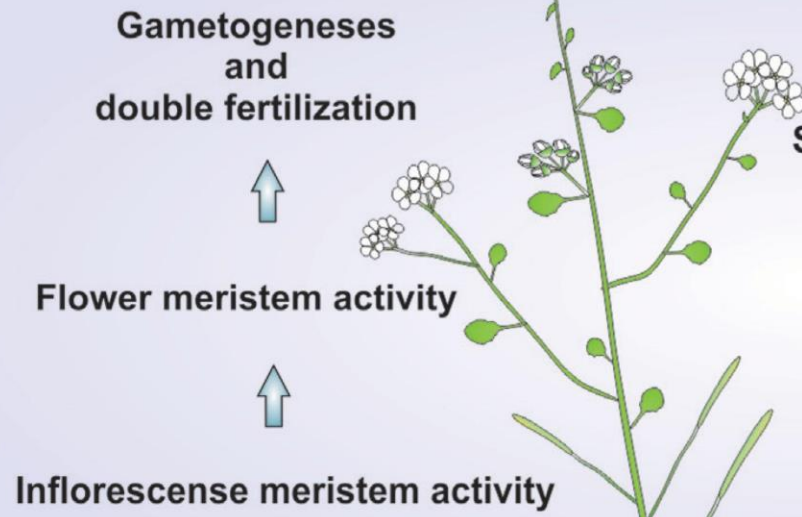
Hedera helix

Juvenile phase

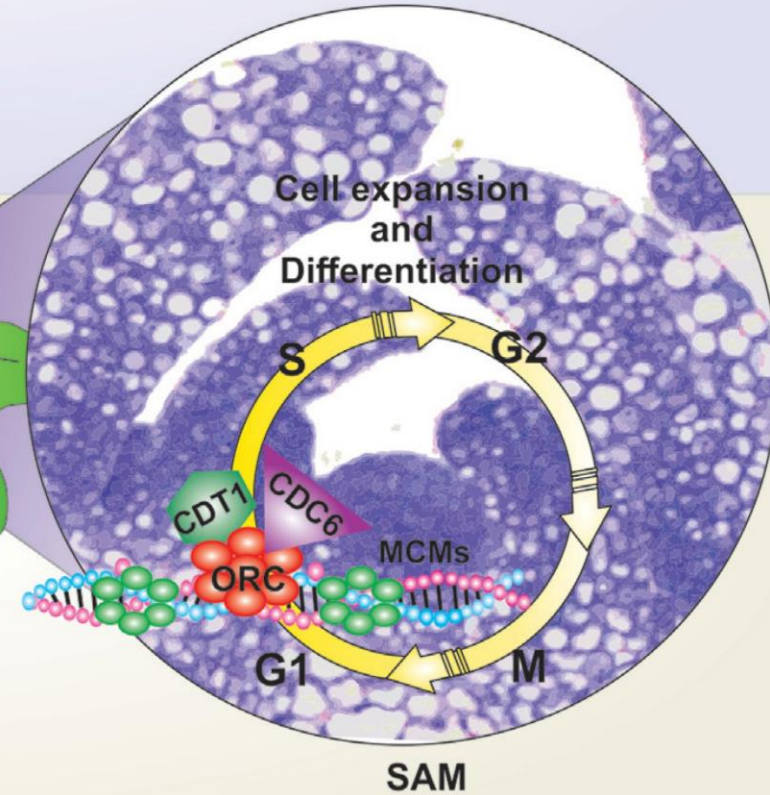
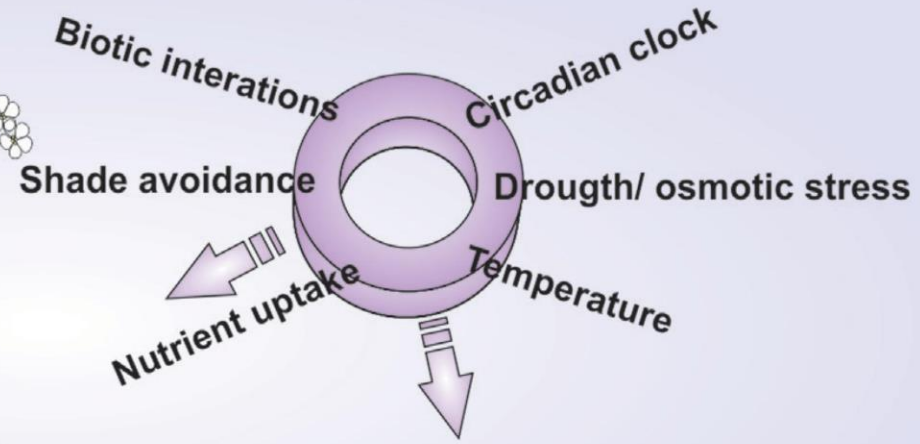
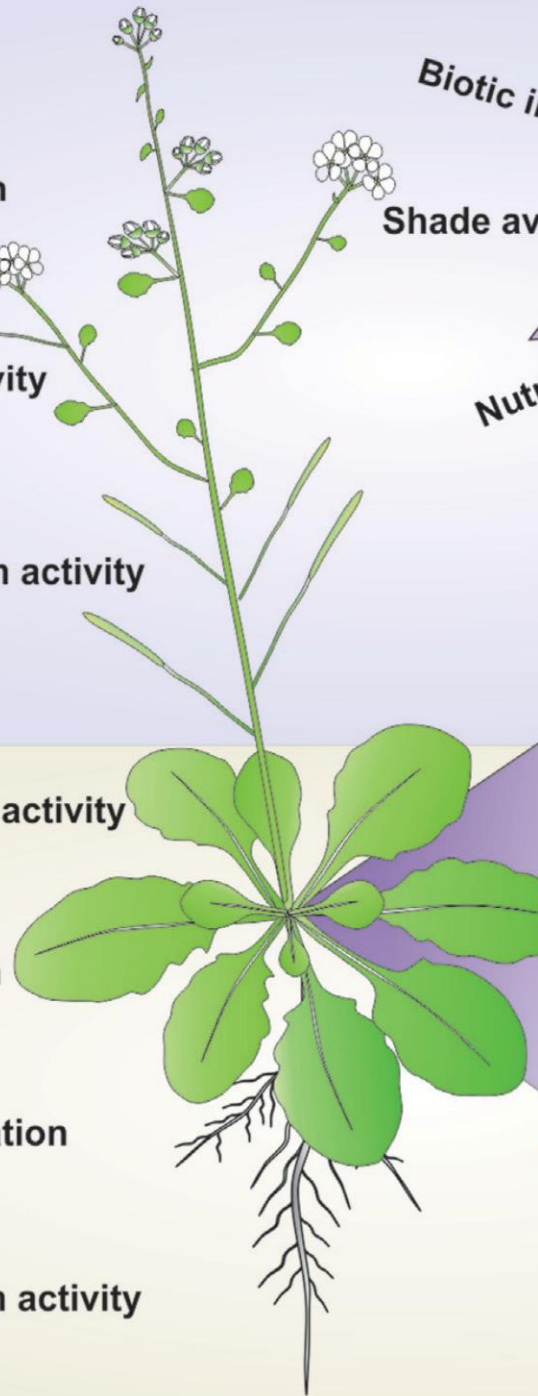
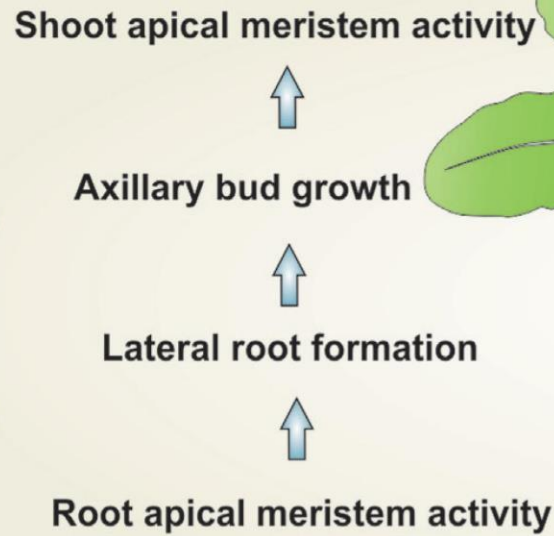
Mature phase



Reproductive growth

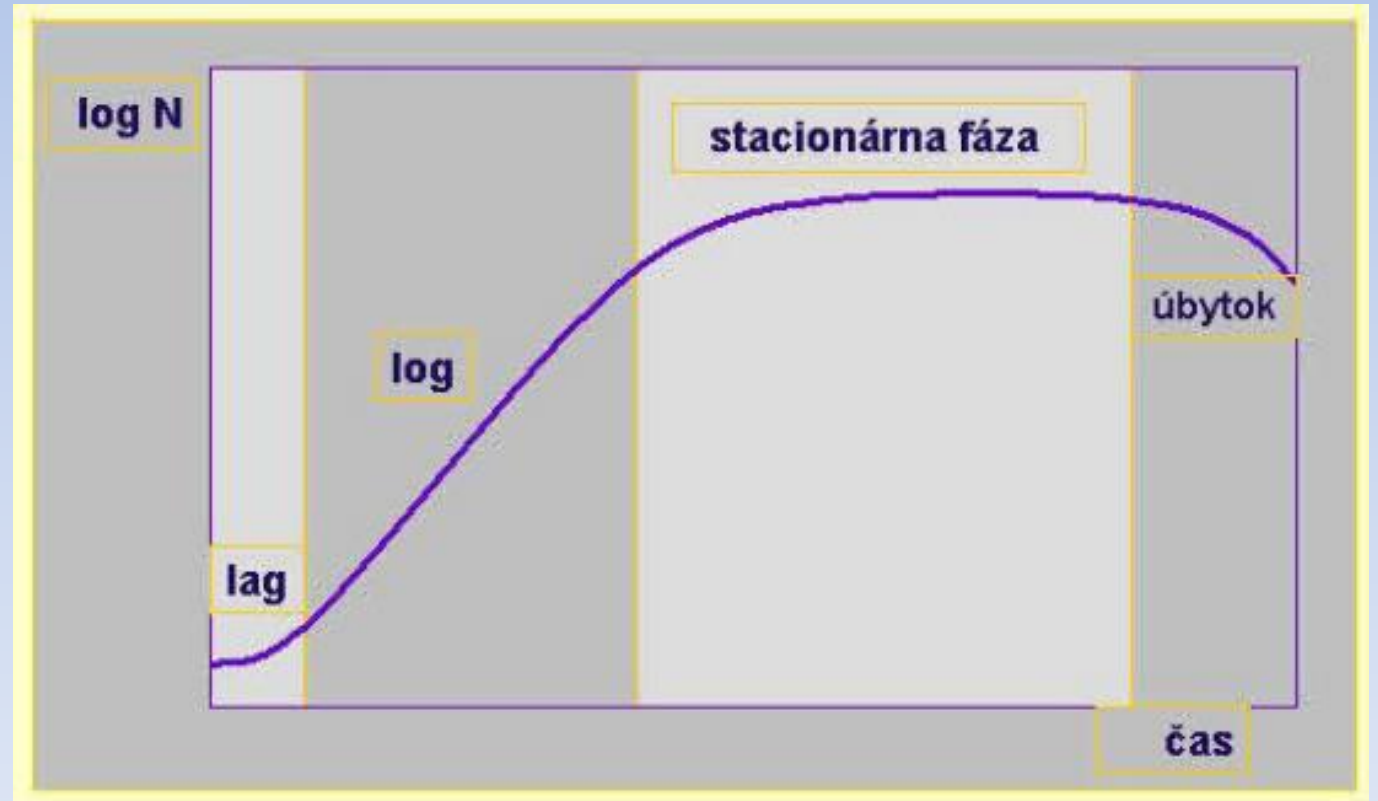


Vegetative growth



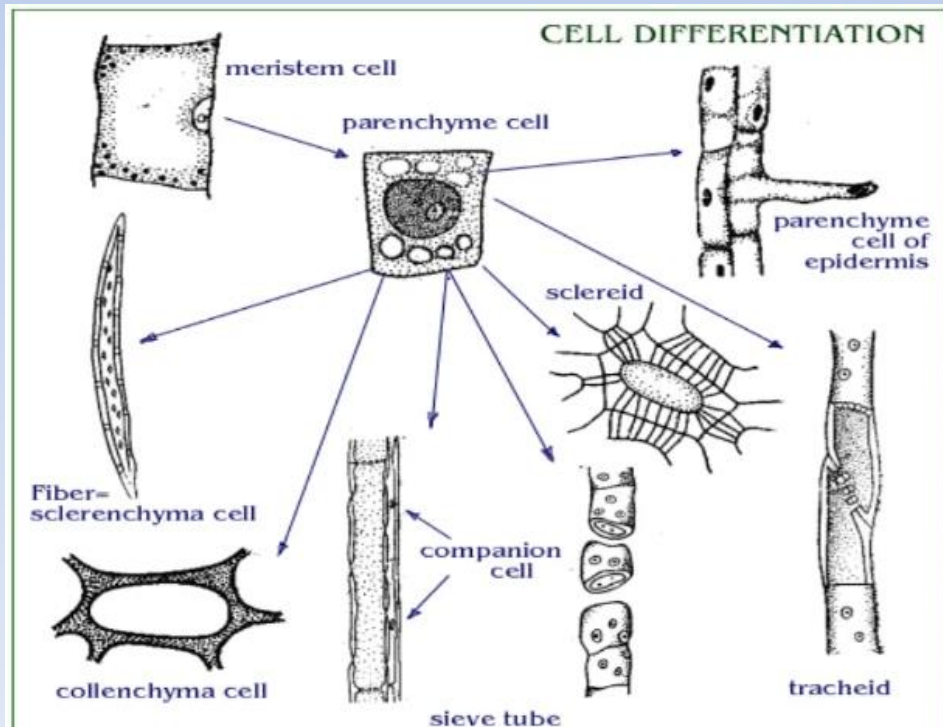
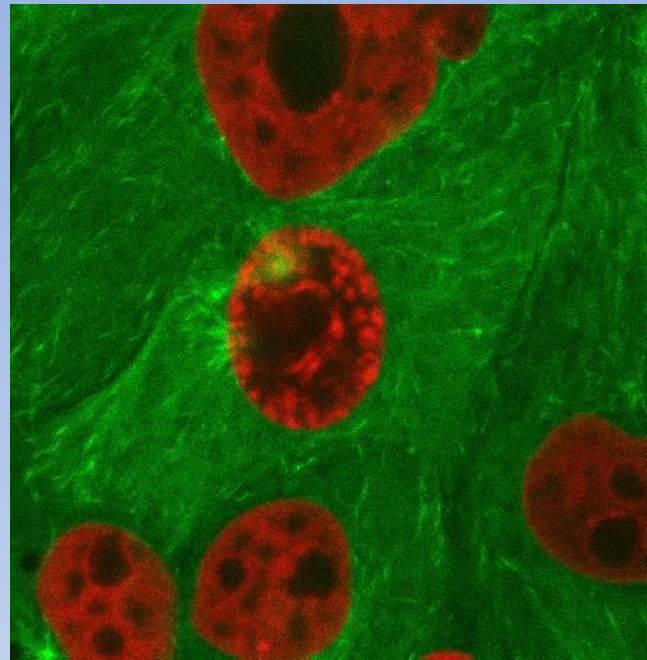
Rastová krivka

- zobrazuje rast rastlín
1. **lag fáza** (prolongačná, embryonálna, aklimačná)
 2. **exponenciálna fáza** (logaritmická, fáza rýchleho rastu)
 3. **lineárna fáza**
 4. **deceleračná fáza** (fáza spomaleného rastu)
 5. **stacionárna fáza**



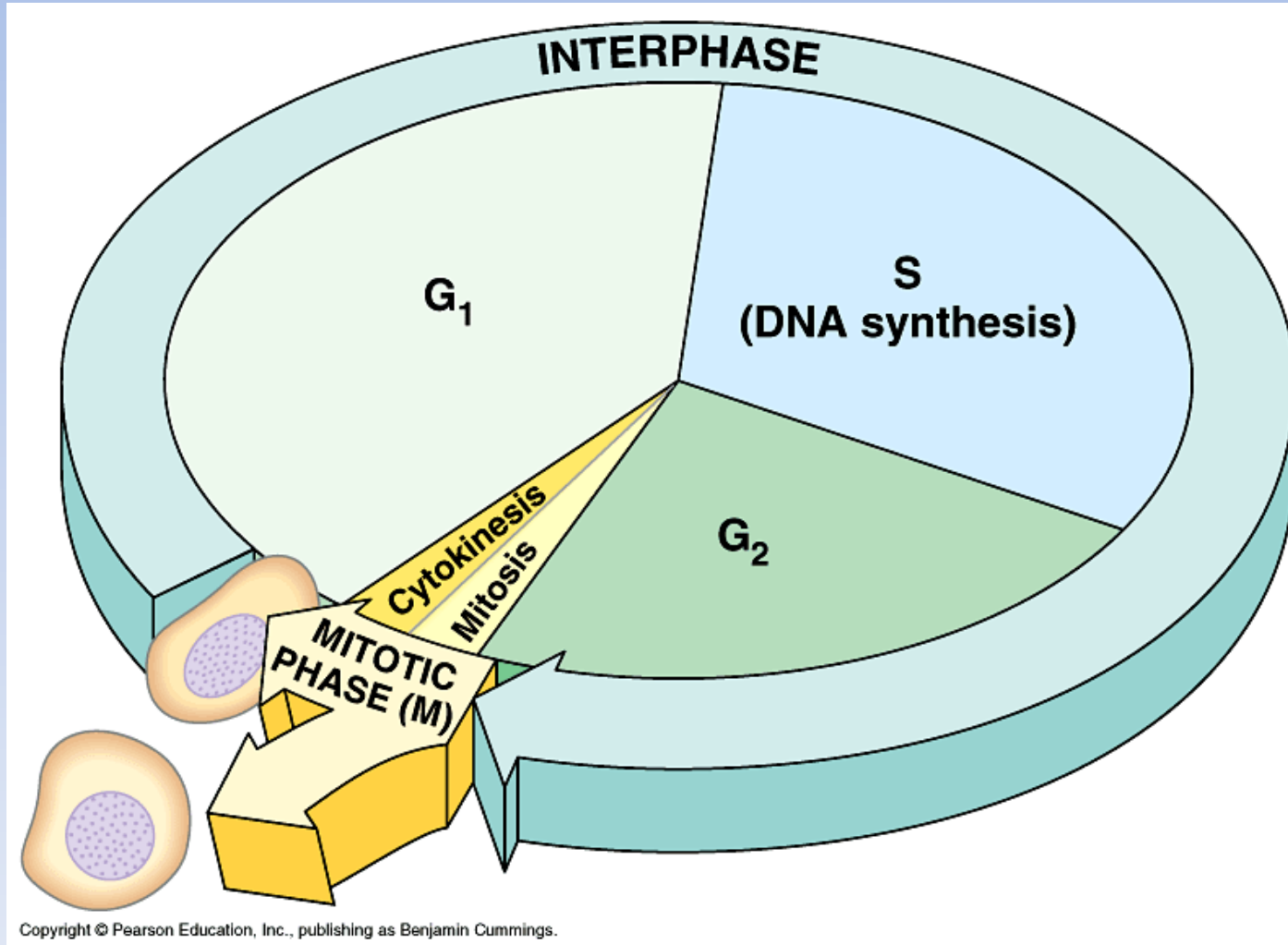
RAST A VÝVIN RASTLÍN:

- Zložky:
- 1. **Delenie** buniek
- 2. **Zväčšovanie** buniek
- 3. **Diferenciácia** buniek



Životný cyklus buniek

INTERFÁZA + MITÓZA



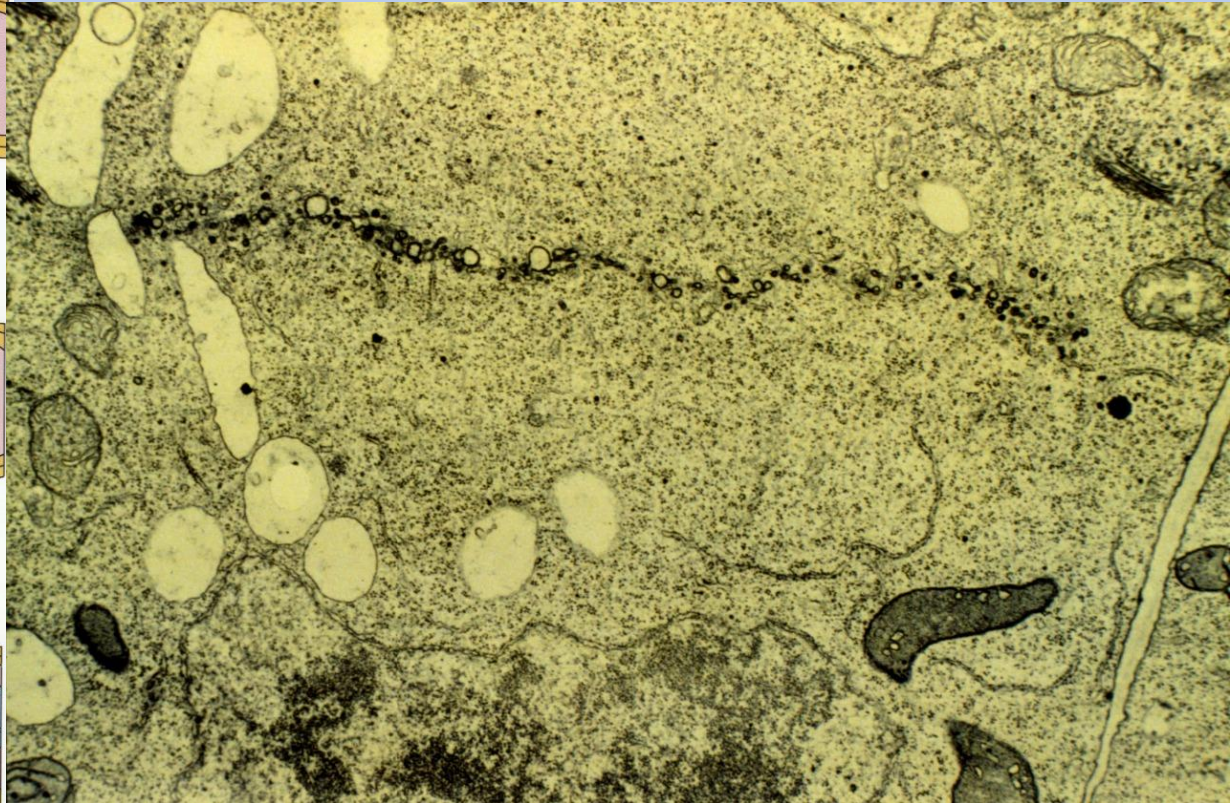
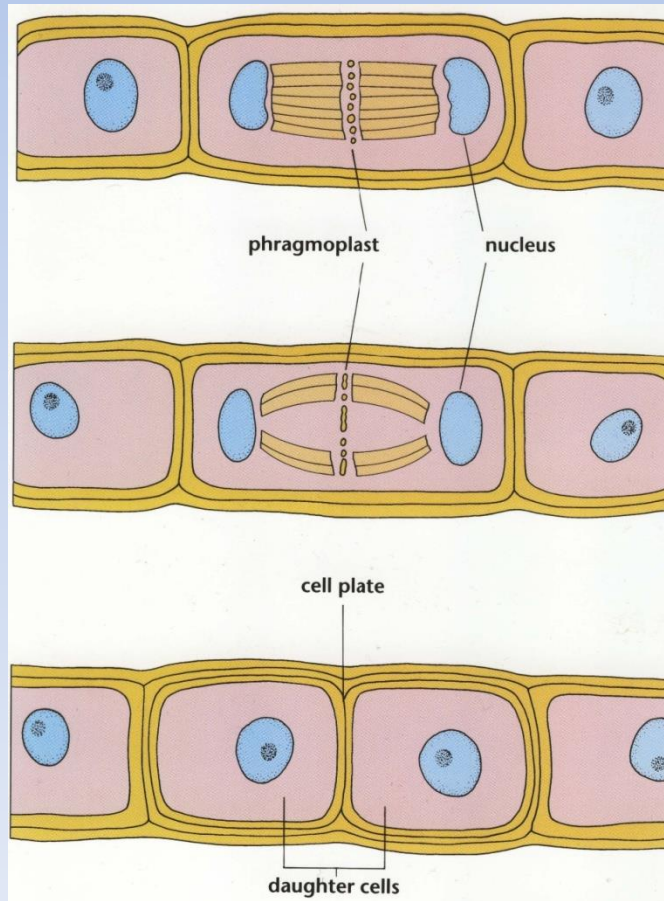
Bunkový cyklus

Zahrňa obdobie, kedy sa bunka nedelí (*interfáza*) a *vlastné delenie bunky*

- **G1 - fáza (postmitotická)**
 - prebiehajú v nej syntetické procesy: proteosyntéza a syntéza RNA
 - je tu hlavný kontrolný uzol, ktorý môže pri nepriaznivých podmienkach zastaviť bunkový cyklus
- **S - fáza (syntetická)**
 - pokračuje proteosyntéza
 - zdvojuje sa DNA a chromozómová hmota
 - tak vznikajú dvojchromatidové chromozómy (pôvodne boli jednochromatidové)
- **G2 -fáza (predmitotická)**
 - pokračuje proteosyntéza (bielkoviny mitotického aparátu)
 - bunka ďalej rastie, pripravuje sa na rozdelenie jadra a vlastné rozdelenie buniek

Tvorba novej bunkovej steny

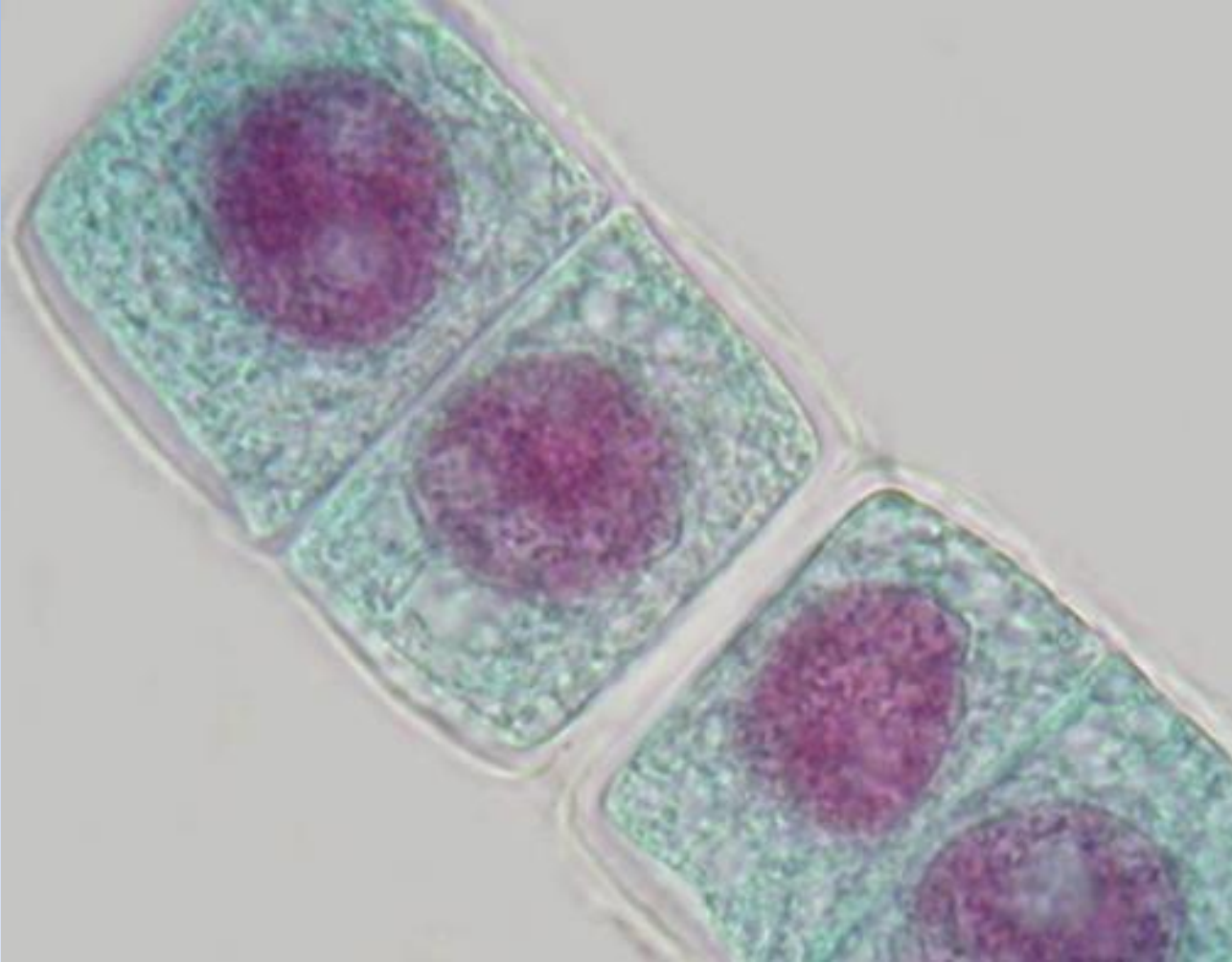
- tvorba novej primárnej BS začína v telofáze mitózy, keď sa tvorí nová plazmatická platnička oddeľujúca dcérske bunky
- na vzniku platničky sa podieľajú vezikuly produkované Golgiho aparátom
- nové vezikuly splývajú s platničkou na jej obvode, až kým platnička nedosiahne bočné steny



Delenie buniek

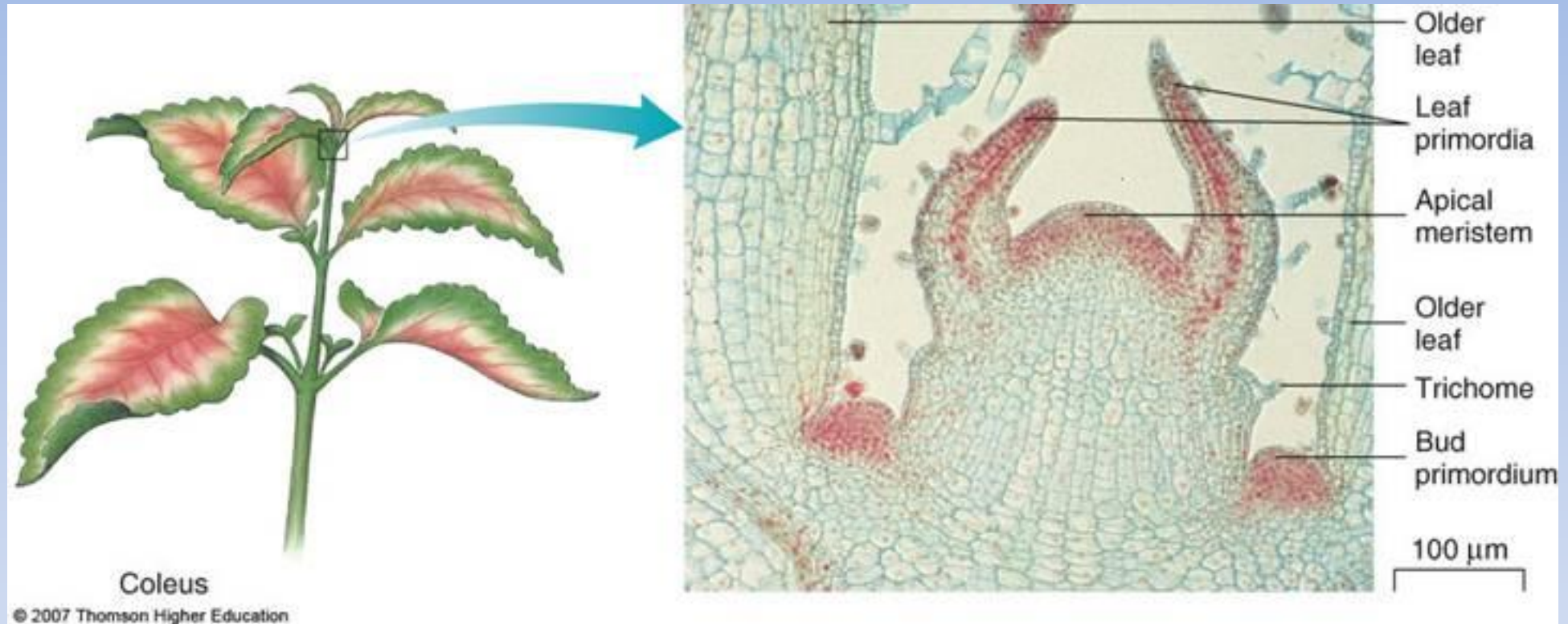
- **Meristémy** = permanentne embryonálne pletivá
- Primárne:
apikálny meristém stoniek, koreňov a laterálne časti rastlín (listy, púčiky)
- Sekundárne:
kambium, felogén, pericykel (sekundárne hrubnutie stoniek a koreňov dvojkľúčolistových rastlín)

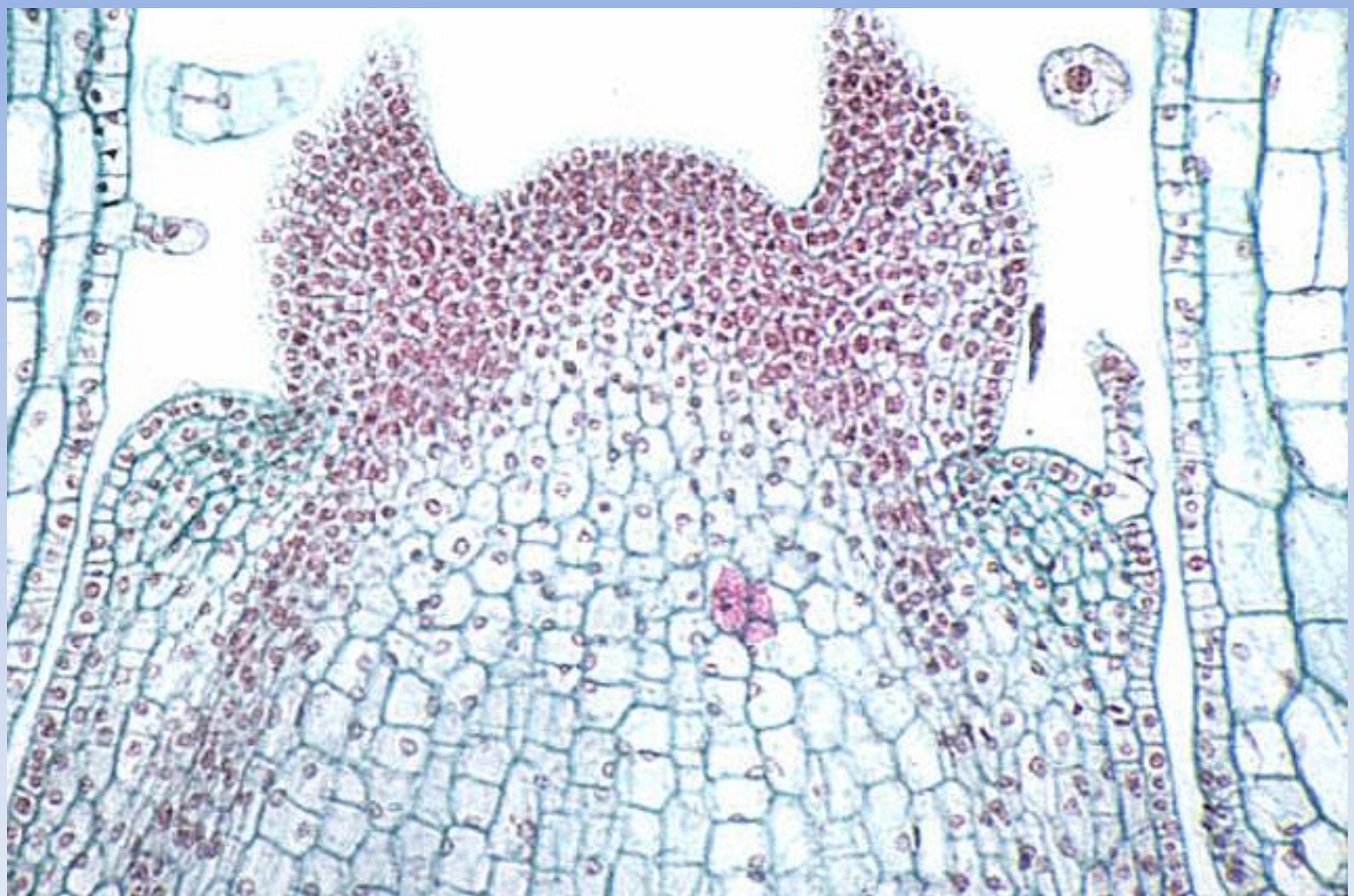
Meristémová bunka



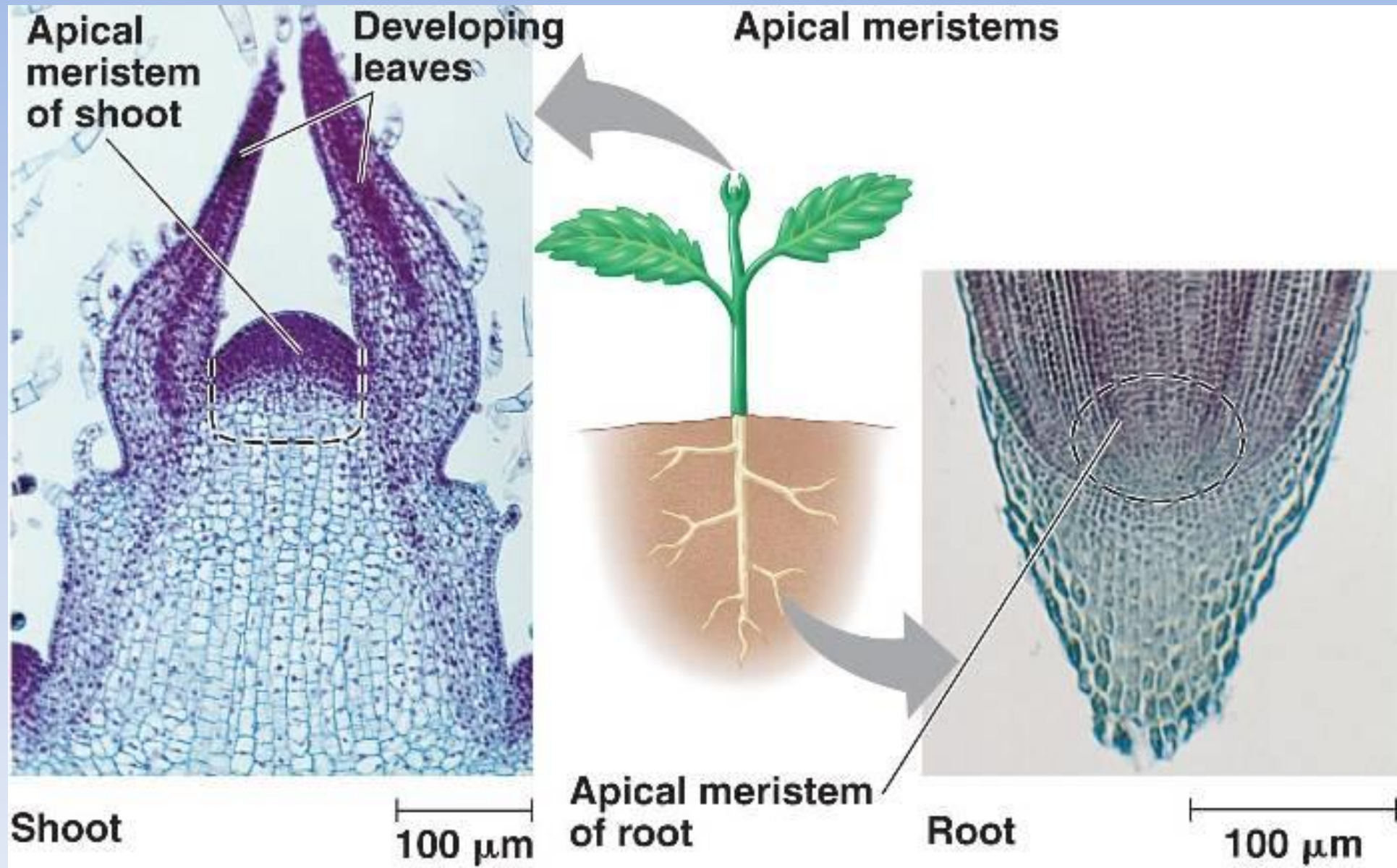
- izodiametrická
- tenké BS (parenchým)
- prominentné jadro
- proplastidy
- malé vakuoly (provakuoly)

Apikálny meristém

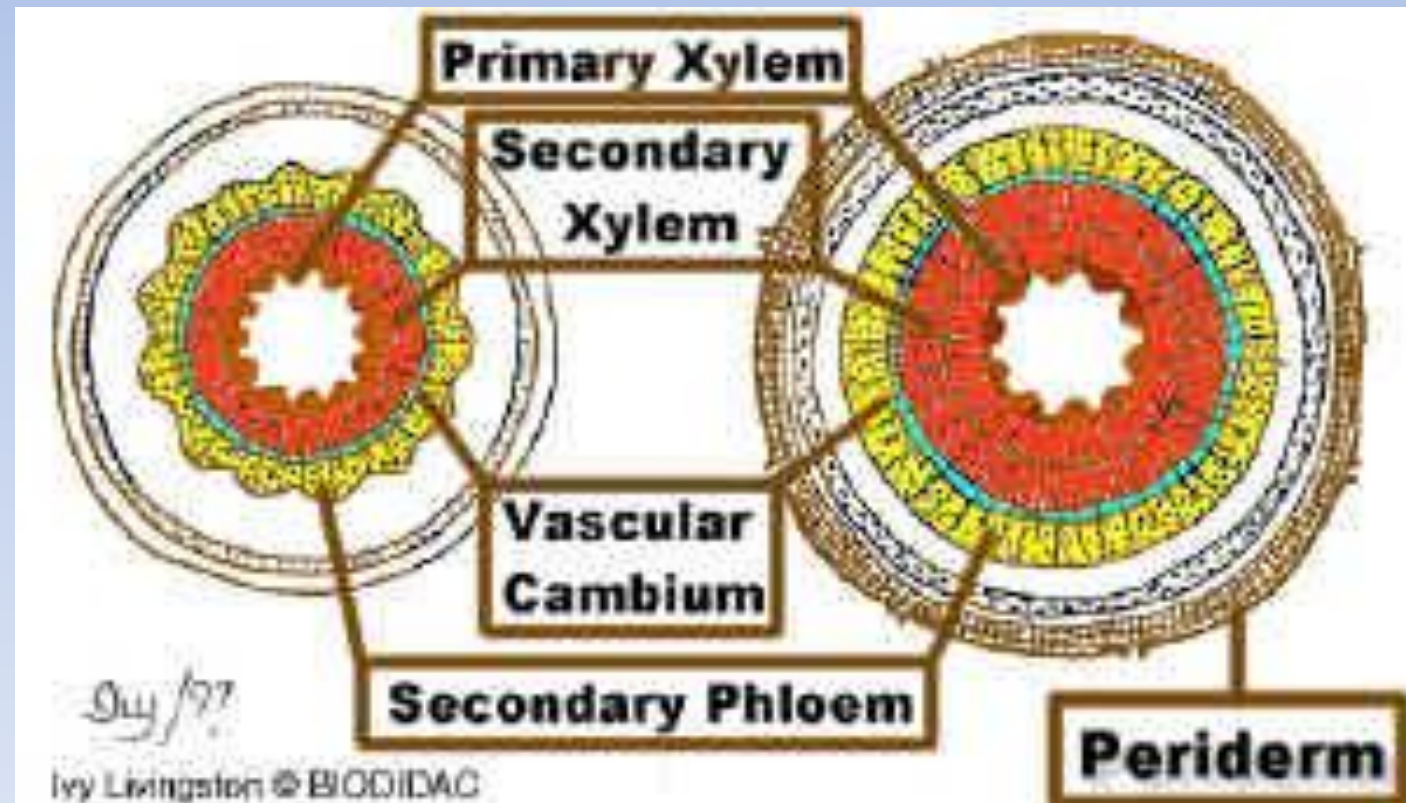
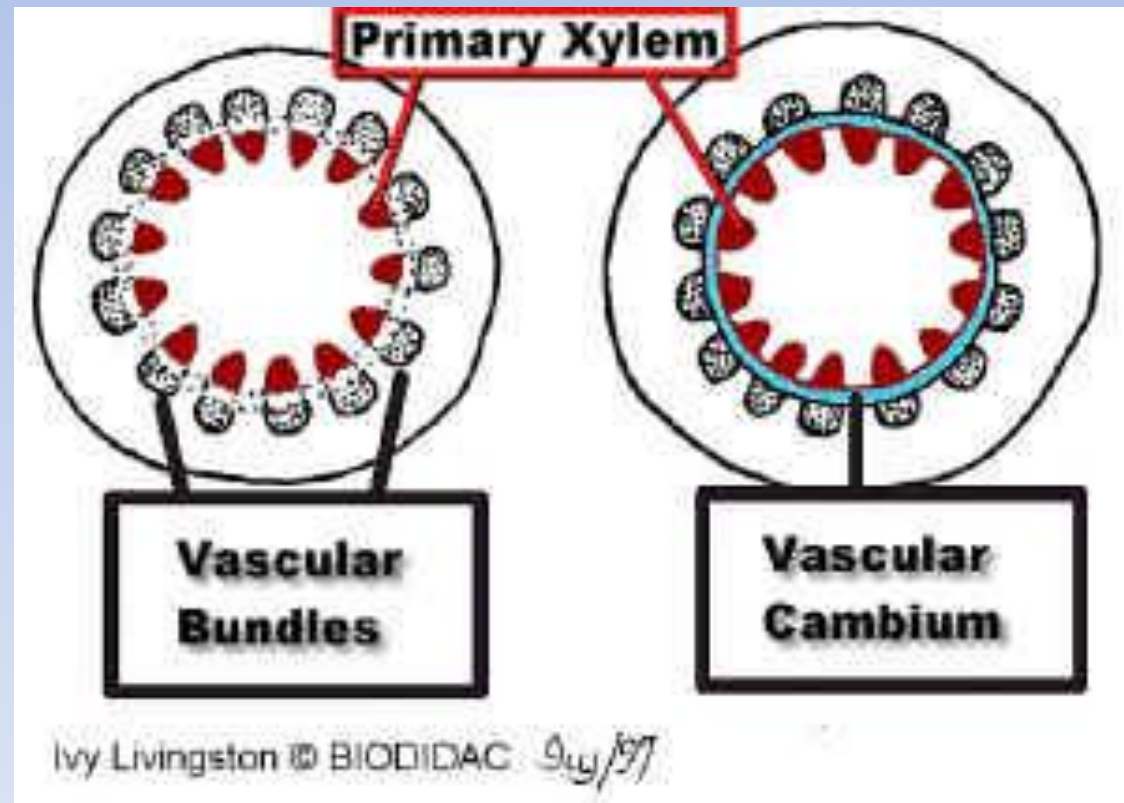




Apikálny meristém



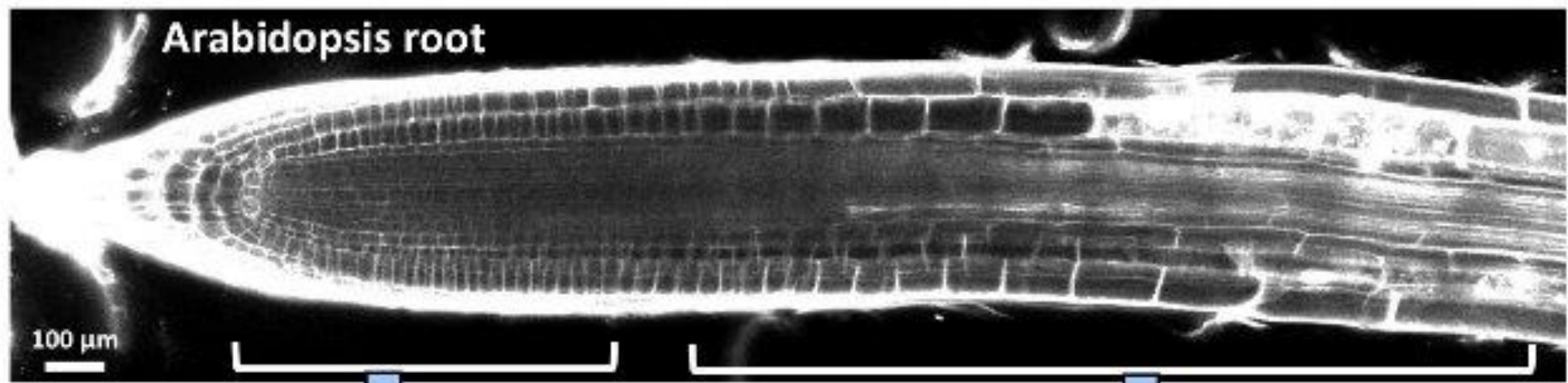
Sekundárne meristémy



2. Zväčšovanie buniek

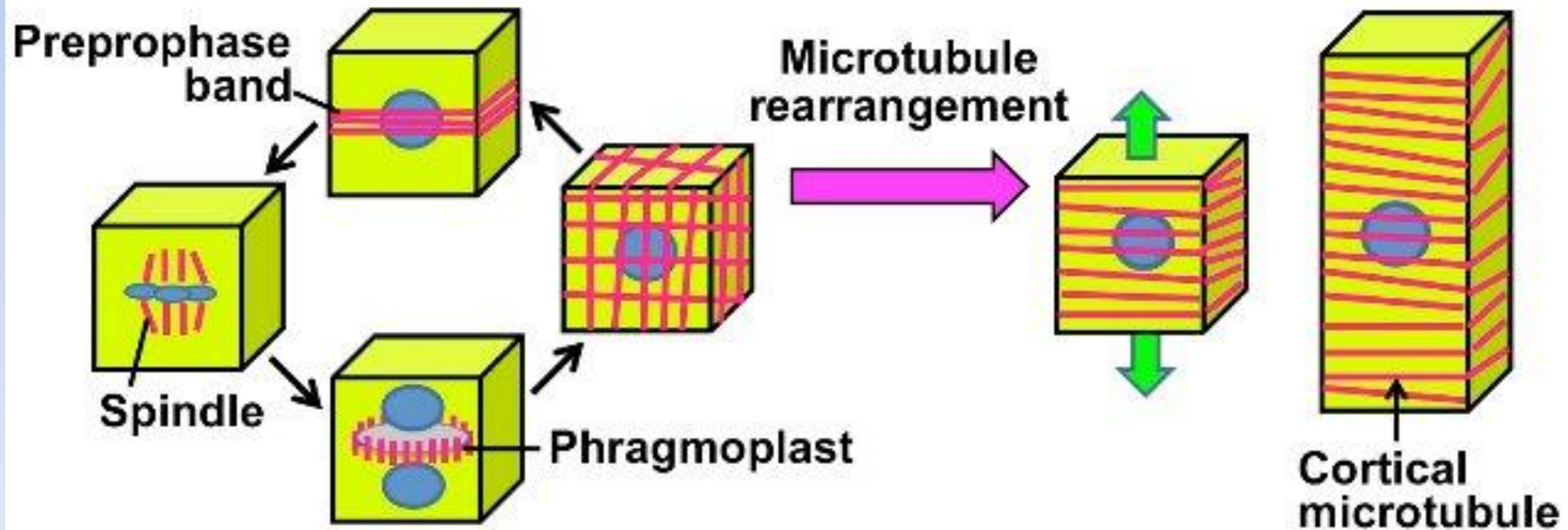
Fáza objemového rastu

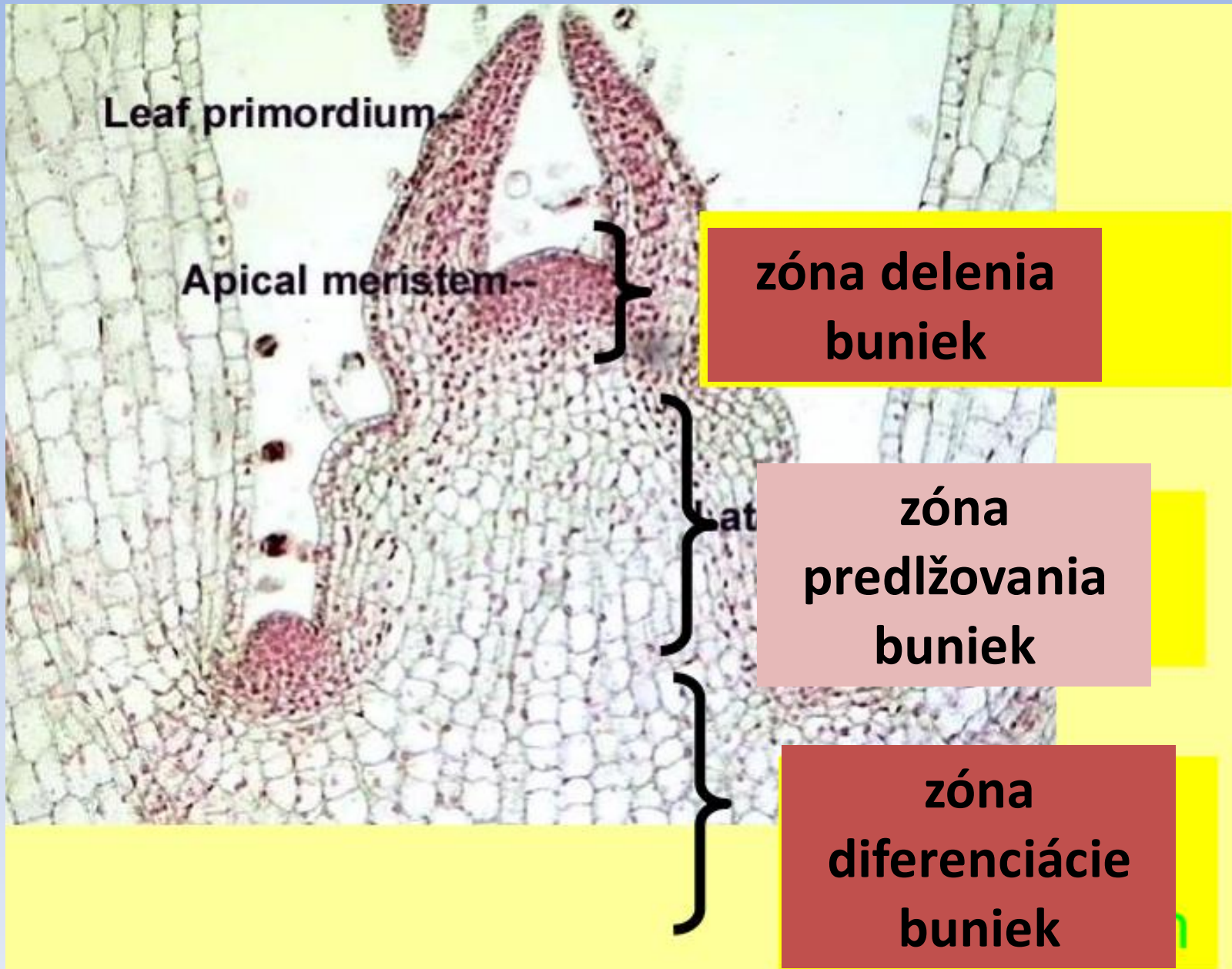
- spojený s intenzívnym príjmom vody a **zvýšením tlaku vo vakuole (turgor)**
- dochádza k deleniu plastidov a mitochondrií, tvorí sa centrálna vakuola
- zmeny v metabolizme spojené so zvýšením syntézy **štruktúrnych polysacharidov**
- prebieha len v určitých zónach:
blízkosť vrcholových meristémov (zóna predlžovania v koreni), interkalárne rastové zóny (steblá tráv – dorastanie internódií v stebale), bazálna rastová zóna (v liste)

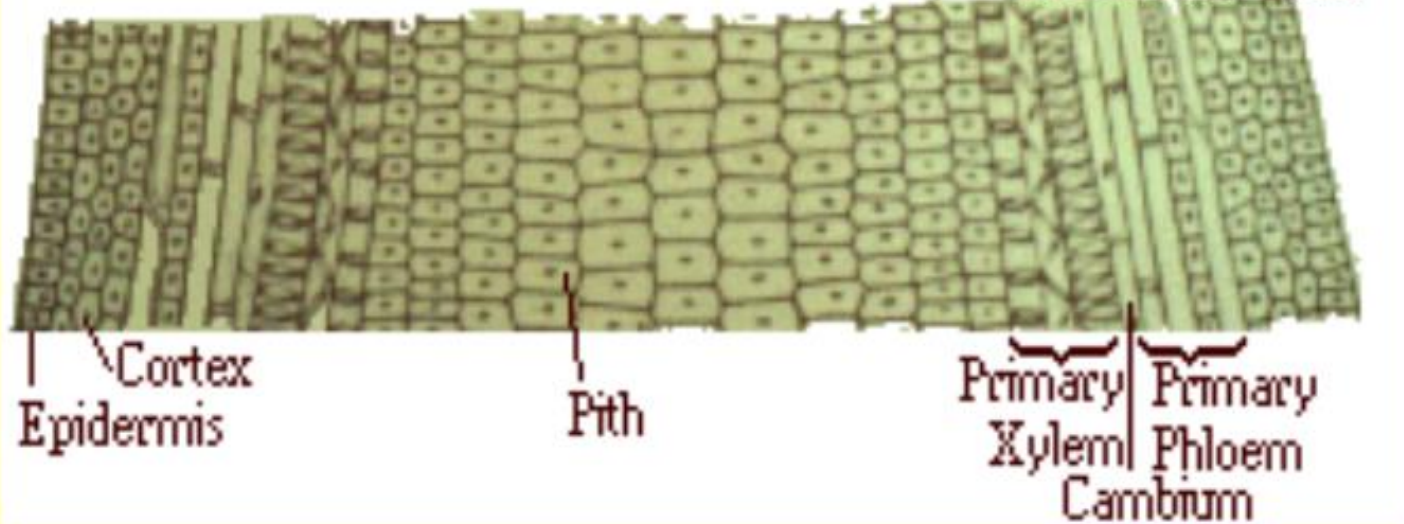
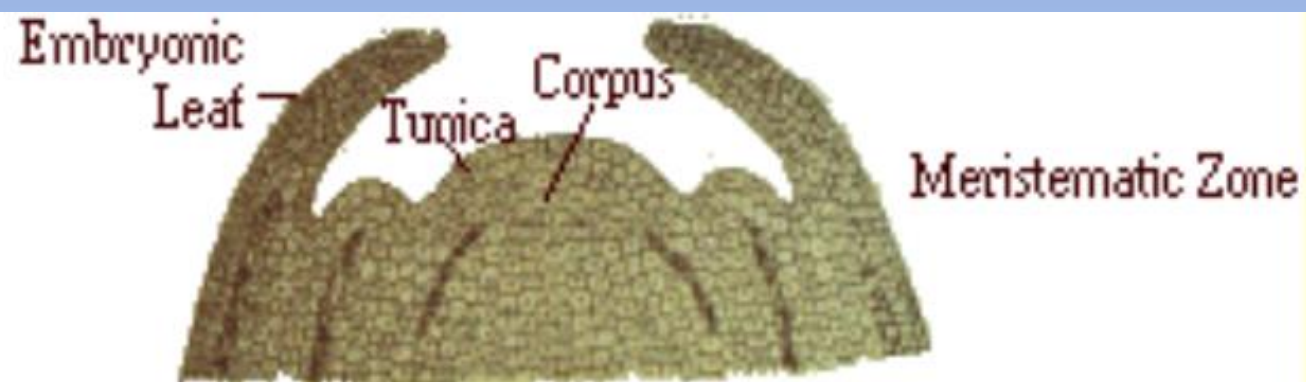


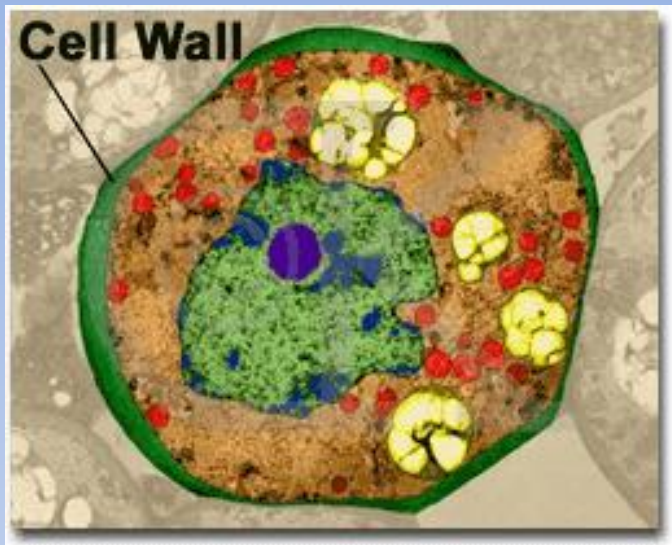
Cell division

Cell elongation

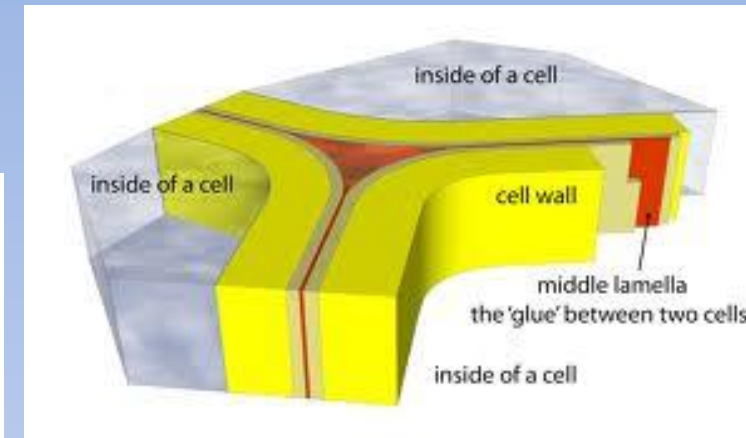
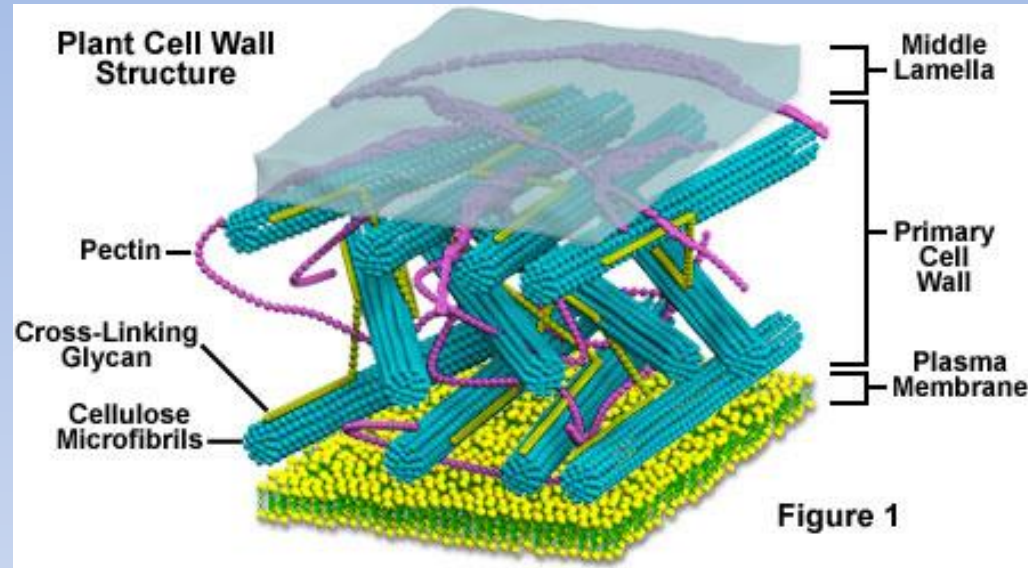








Rast bunkovej steny



- **polysacharidy:** celulózy, hemicelulózy, pektíny
- štruktúrne proteíny, enzýmy, fenolové látky a pod.
- syntéza celulózových mikrofibríl: enzýmové komplexy **celulóza syntáza** v plazmaléme
- syntéza matrixových polysacharidov: **gylkozyltransferázami** z Golgiho aparátu (stavebný materiál je do rastúcej BS prenášaný vo forme vezikúl exocytózou)

Rýchlosť rastu BS

- typ a vek bunky
- hormóny (auxíny a giberelíny)
- svetlo
- dostupnosť vody

- objemový rast bunky = nasávanie vody = 10 – 100-násobné zväčšenie
- bunková stena sa rozťahuje obvykle ***bez stenčenia a straty integrity*** (novo syntetizované polyméry)
- rigidná BS sa pred roztiahnutím musí uvoľniť



acidifikáciou (okyslením) + enzymaticky

expanzíny – uvoľňujú vodíkové mostíky medzi polysacharidmi BS,

glukanázy – hydrolýza xyloglukánov atď.

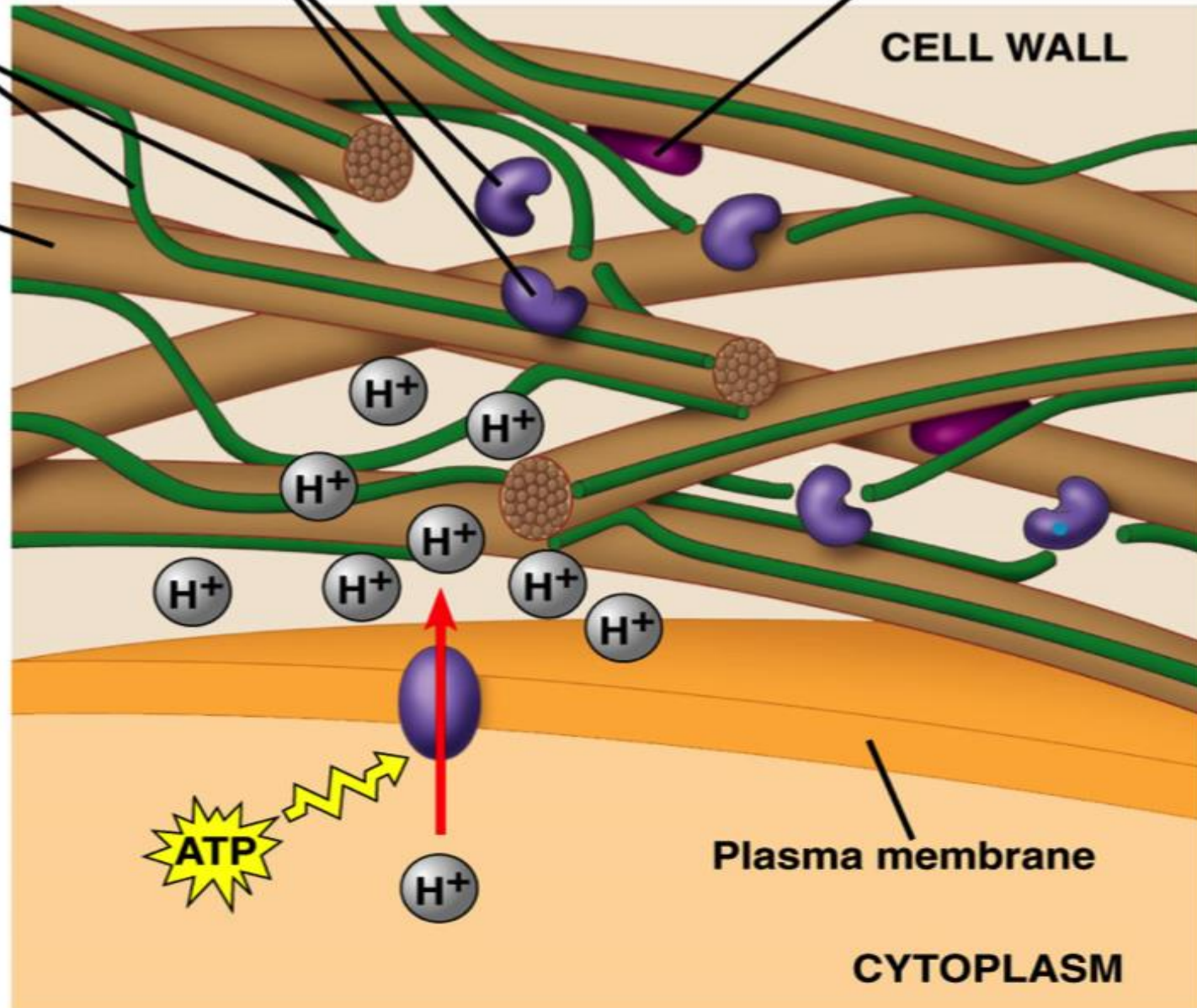
Cross-linking
cell wall
polysaccharides

Cell wall
enzymes

Expansin

CELL WALL

Microfibril

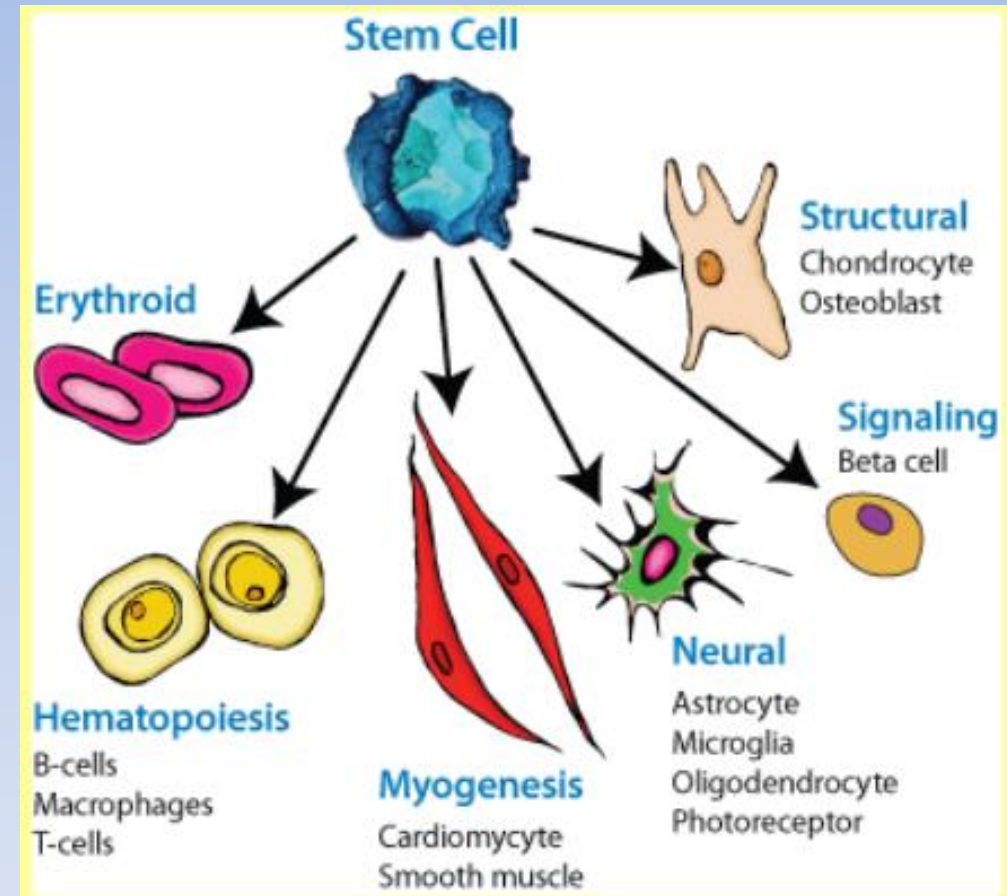
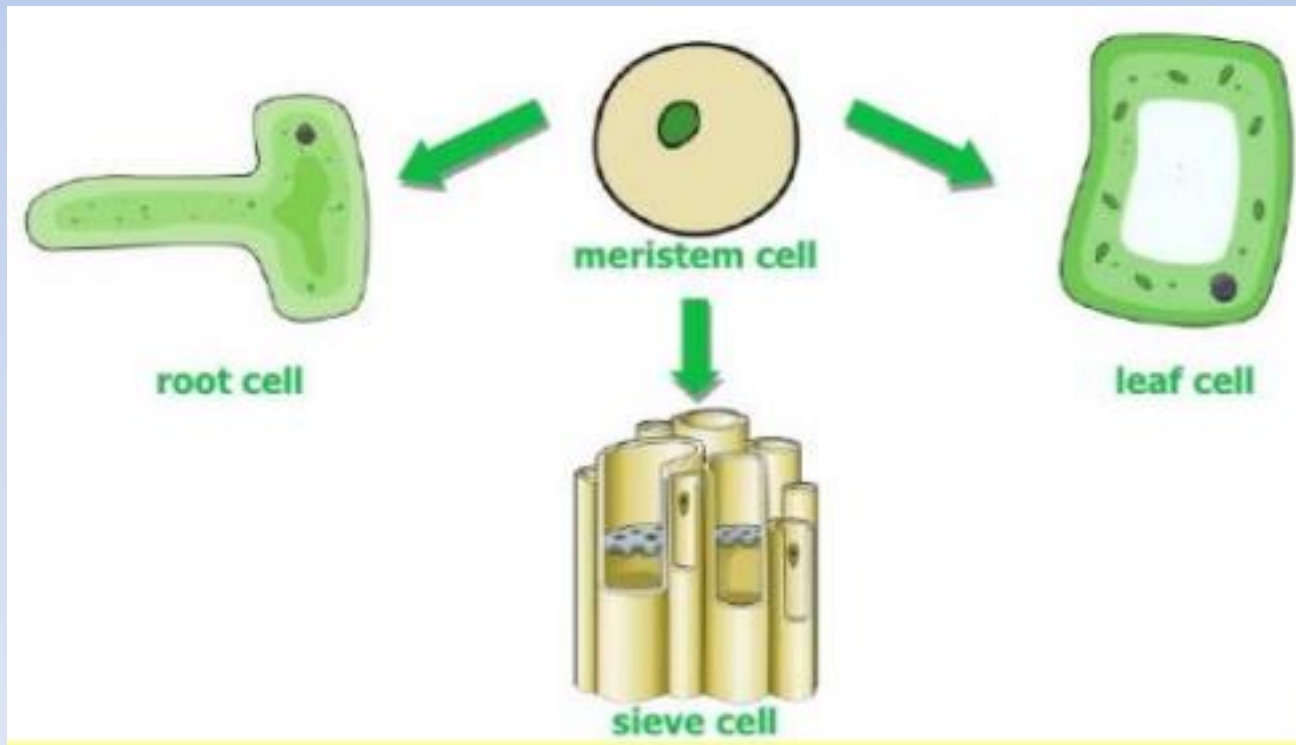


Plasma membrane

CYTOPLASM

Diferenciácia buniek

- bunky nadobúdajú definitívnu štruktúru a funkciu
- totipotentné (výnimka – sitkovice floému a cievne elementy)
- totipotencia umožňuje zvrátiť diferenciáciu **dediferenciáciou**
- výsledkom dediferenciácie je tvorba **kalusu**



Diferenciácia buniek

1. vnímanie **indukčného signálu**
2. **expresia** génov, ktoré stanovujú **identitu bunky**
3. **expresia** génov **špecializácie funkcií a štruktúr** diferencovanej bunky
4. **aktivita génových produktov** a nevyhnutné zmeny v štruktúre bunky

Diferenciácia buniek

- jedným z procesov diferenciácie je **determinácia**
- t. j. – bunky majú stanovený smer budúcej diferenciácie
- **determinácia je plastická**, tzn. ak sa zmenia polohové signály, môže sa zmeniť
- **podstatou diferenciácie** je *aktivita len určitých génov v určitých bunkách a v určitých fázach ontogenézy*
- kritické sú v tomto **proteíny s DNA-väzobnými doménami**, ktoré aktivujú špecifické gény

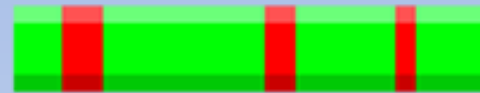
Regulácia vývinového programu:

- **Expresia génov, a to na úrovni:**
 - 1. aktivácie**
 - 2. transkripcie**
 - 3. posttranskripčných úprav RNA**
 - 4. translácie**
 - 5. posttranslačných úprav proteínov**

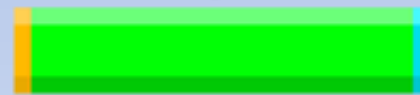
Gene on DNA



Primary transcript



mRNA



NUCLEUS

CYTOSOL



Protein

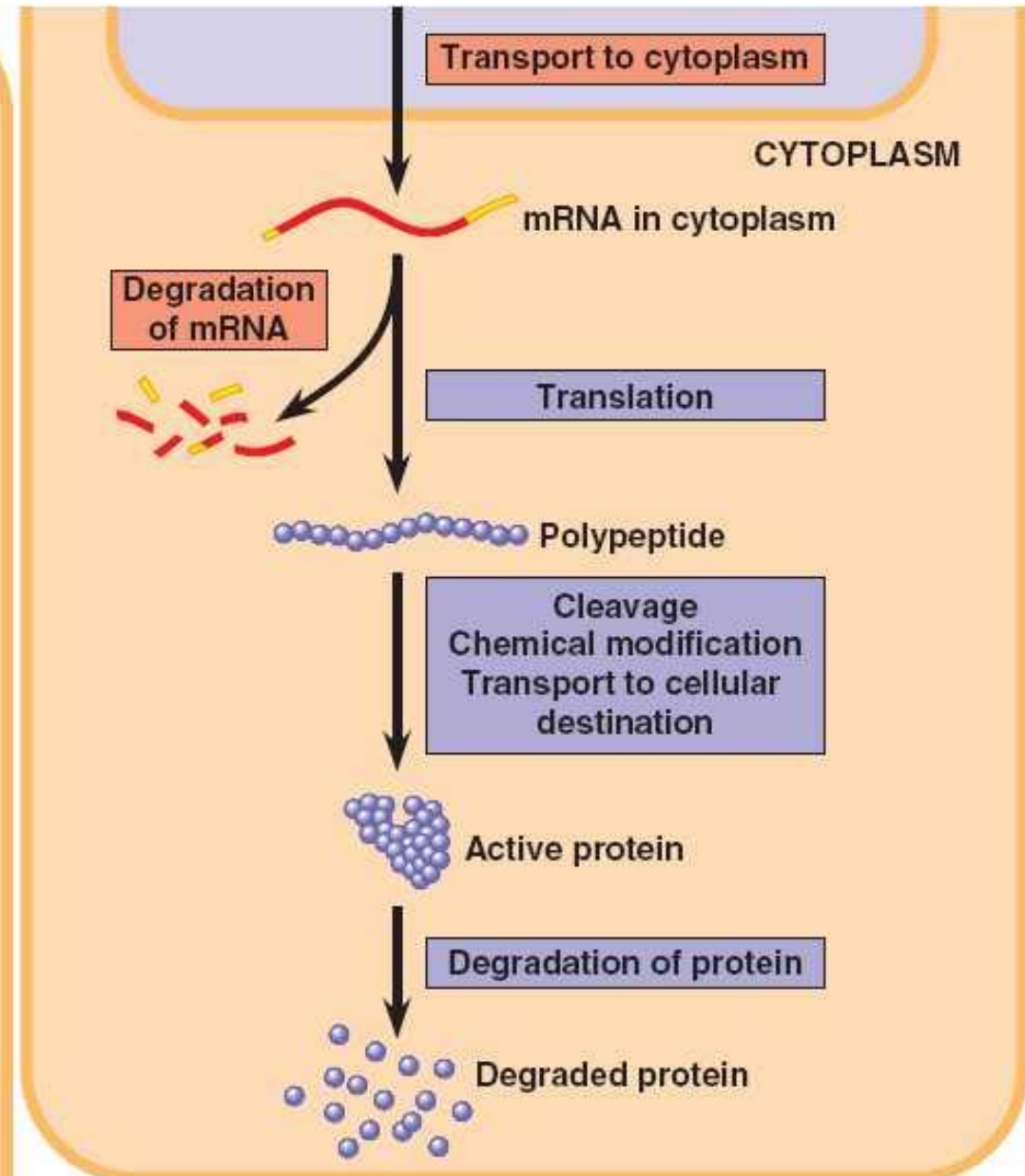
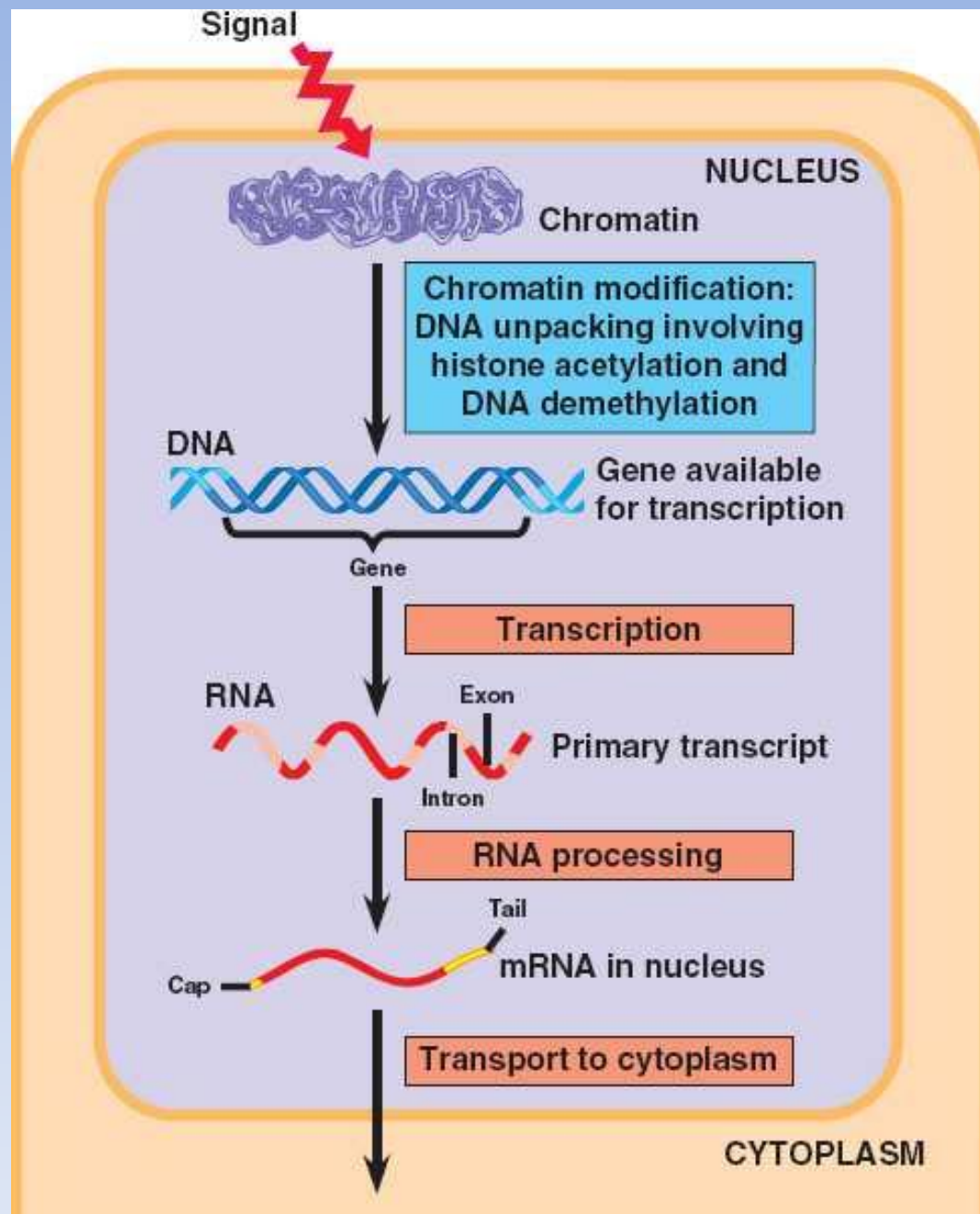


transcriptional control

RNA processing control

RNA transport control

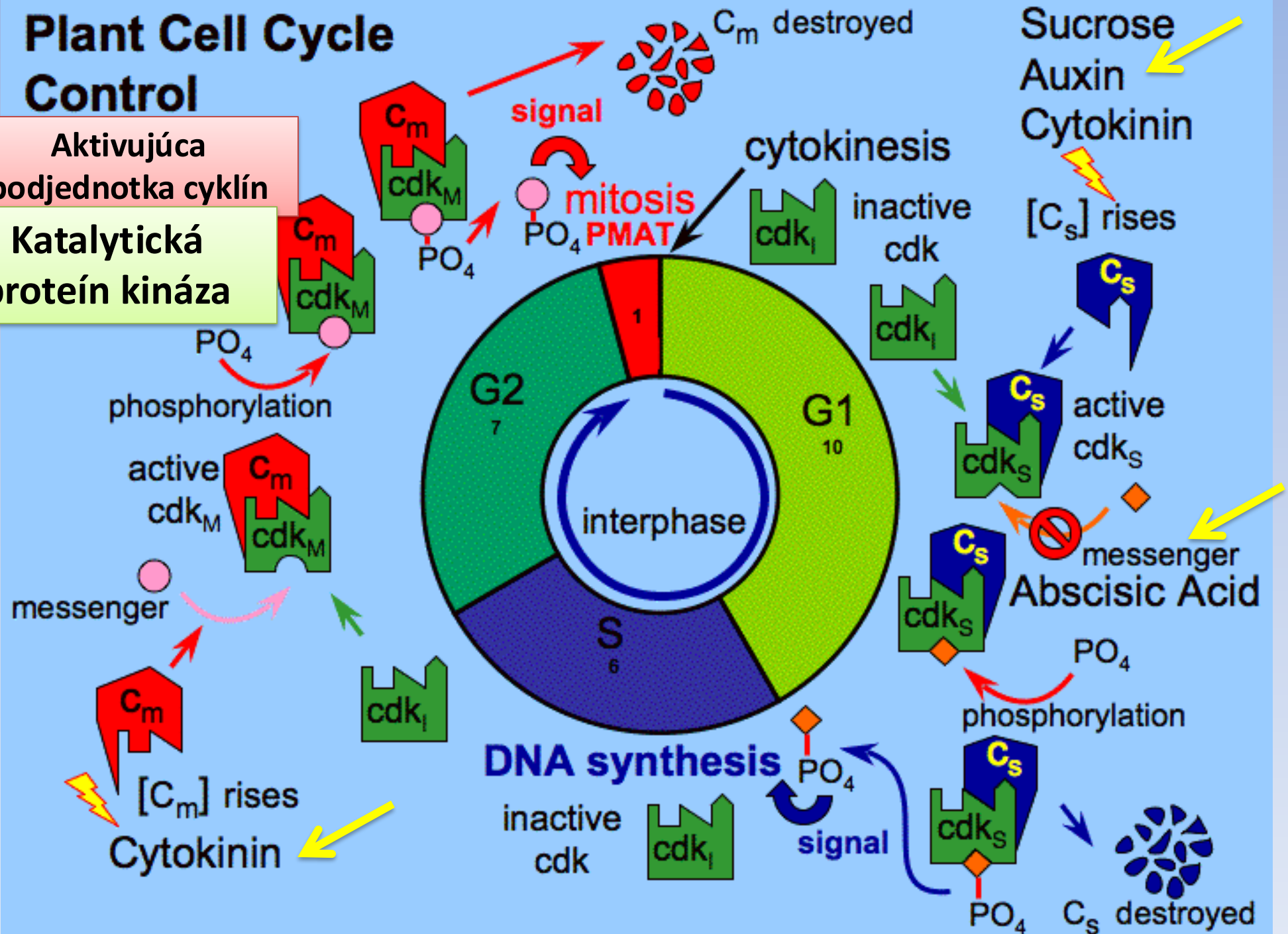
translation control



Plant Cell Cycle Control

Aktivujúca
podjednotka cyklín

Katalytická
proteín kináza



**Senescencia vedie k programovanej
bunkovej smrti
(PCD, *programme cell death*).**

Senescencia

- opad listov na jeseň
- senescencia vrs. **nekróza** (obe vedú k bunkovej smrti)
- nekróza ako následok **fyzikálneho poškodenia, jedov alebo iného vonkajšieho poškodenia**
- **senescencia** je fyziologický, energiu vyžadujúci vývinový proces, ktorý sa kontroluje rastlinným genetickým programom (listy sú geneticky naprogramované na zánik v jeseni a ich senescencia sa iniciuje podmienkami prostredia)

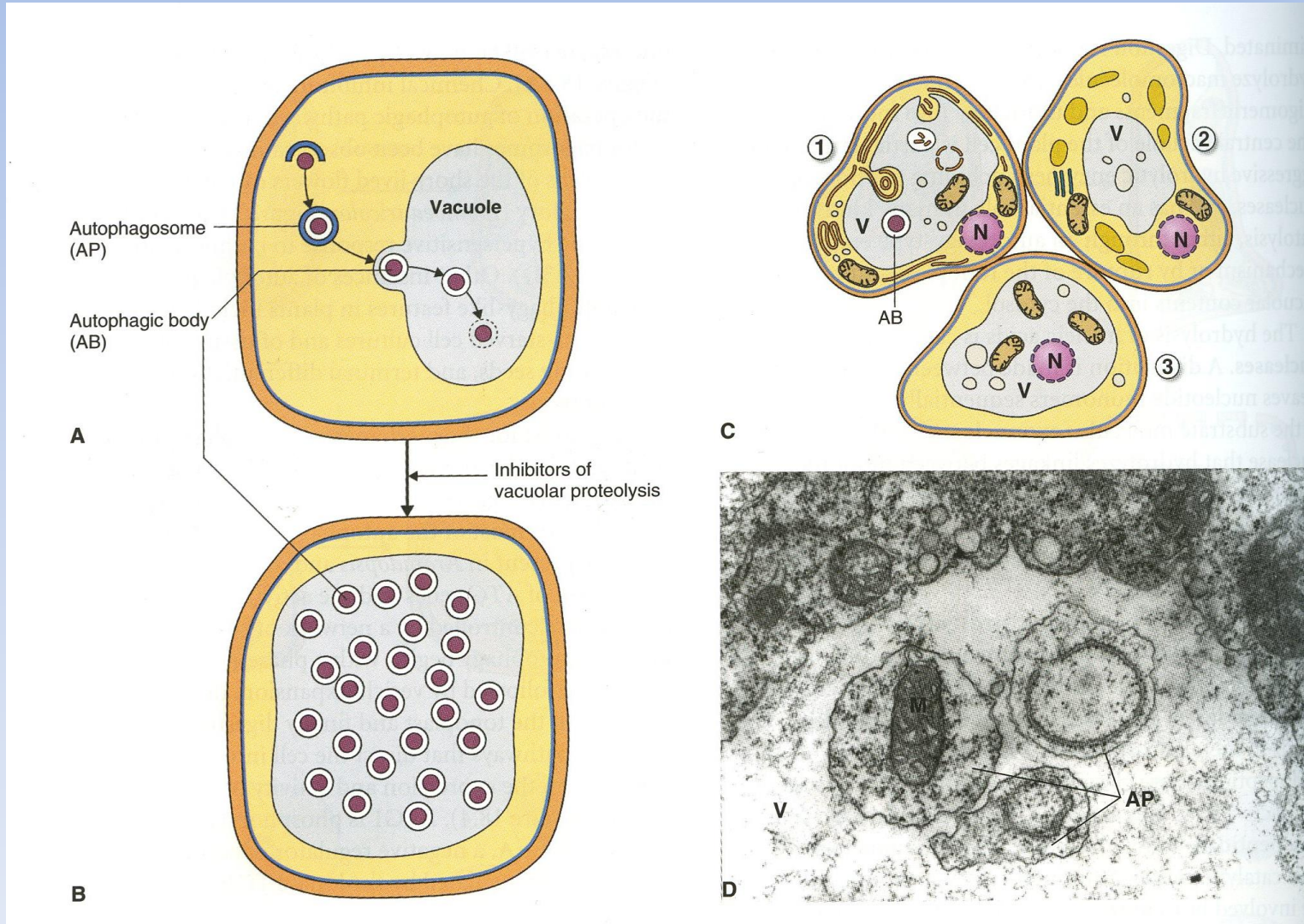
Senescencia

- hydrolytické enzýmy rozkladajú bunkové proteíny, sacharidy a NK
- degradačné produkty (monosacharidové jednotky, aa, nukleozidy...) a mnohé minerály sa transportujú späť do rastliny floémom, aby sa následne recyklovali
- abscízia – opad orgánov (vytvorenie oddeľovacej vrstvy na stopke)

PCD pozostáva z dvoch fáz:

1. Bunky sú živé (viabilné) – intaktné membrány a b. organely, orgány sú turgescentné
 - v niektorých prípadoch sa v rámci listov môže naštartovať v mezofylových bunkách degradácia chlorofylov, tieto bb. sú však stále vitálne a táto senescencia je reverzibilná
2. Druhá fáza je často rýchla a ireverzibilná
 - často ide o **autolýzu**: komponenty bunky sú eliminované autodigesciou (proteázy, nukleázy a iné lytické enzýmy)

- centrum hydrolytickej aktivity počas PCD je **centrálna vakuola**
- **autofágia** je bežným mechanizmom autolýzy v rastlinách, kvasinkách a niektorých iných eukaryotických bunkách



Typy senescencií

- s. nadzemných častí vytrvalých rastlín
- sezónna s. listov (opadavé dreviny)
- sekvenčná s. listov (list odumiera, keď dosiahne určitý vek)
- s. (dozrievanie) ovocia;
- s. zásobných kotyledónov a kvetných orgánov
- s. špecializovaných typov buniek (trichómy, **tracheidy** a **cievne elementy**)



Senescencia

- Spúšťače: **vnútorné** - reakcia na koniec vegetačného obdobia (jednoročné rastliny) a **vonkajšie** (dĺžka dňa, teplota)
- kaskáda reakcií spúšťajúcich expresiu **génov regulujúcich procesy senescencie**
- **SAG (Senescence-Associated Genes):**
 - špecificky aktivované počas senescencie
 - **SAG12:** marker senescencie, aktivovaný v neskorších fázach
- **NAC alebo WRKY → transkripčné faktory:**
 - kľúčové regulátory senescencie.
 - reagujú na zmeny v hladinách hormónov (**etylén a kyselina jasmonová**), aktivované aj **stresovými podnetmi**
- gény spojené s autofágiou (**ATGs**)
- gény spojené s degradáciou chlorofylu
- gény spojené s metabolizmom fytohormónov a stresovými odpoveďami

Regenerácia a transplantácia

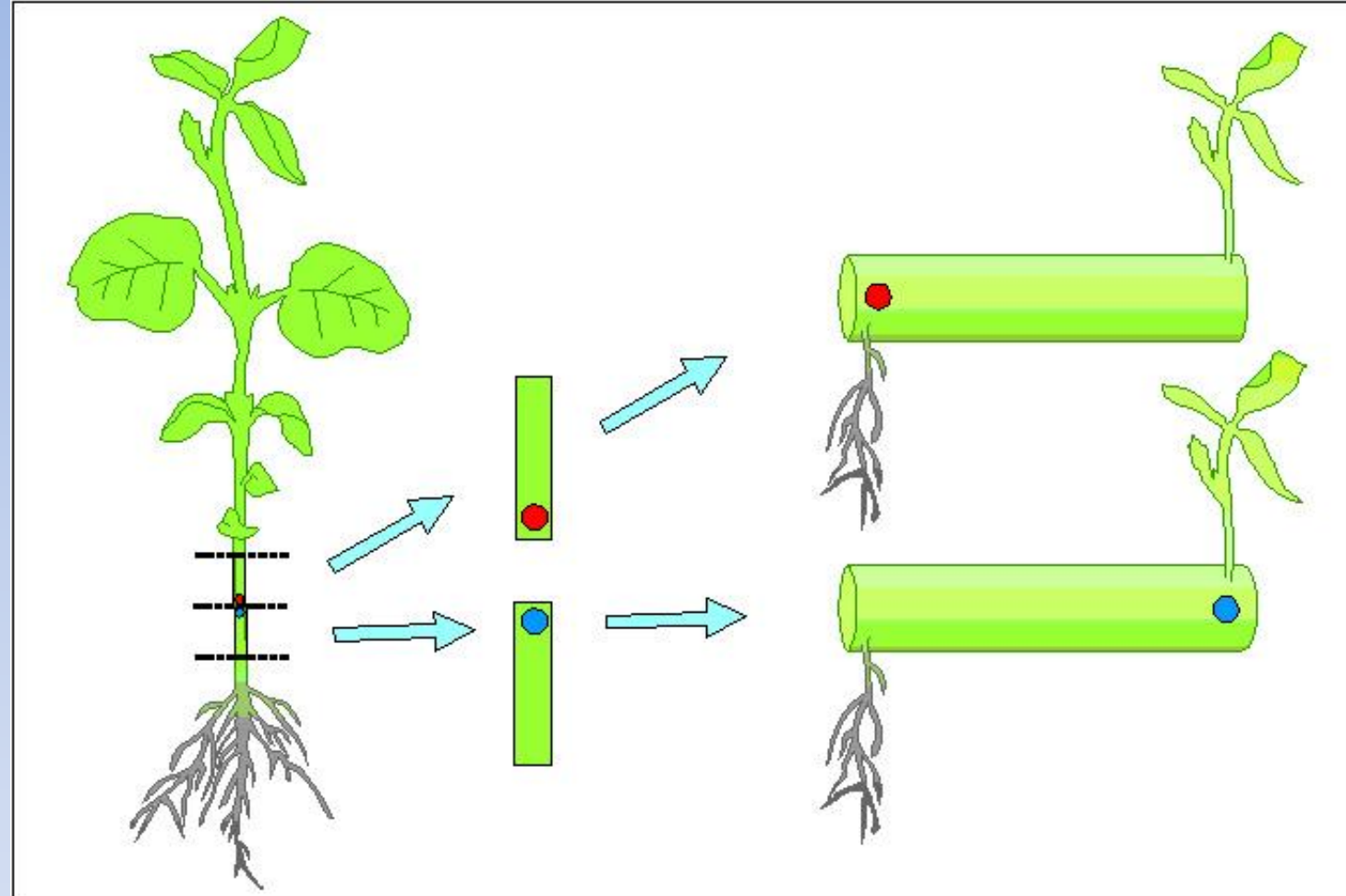
- **fyziologická regenerácia:** nahradenie stratených orgánov rastlín (alebo ich častí)
- listy a stonky sa nahrádzajú z púčikov
- **patologická regenerácia:** uplatňuje sa najmä pri poranení
- k obnove stratených častí dochádza rastom zo základov z rôznych vnútorných pletív príslušného orgánu, ktoré sa vytvoria až po poranení
- celá rastlina môže za určitých podmienok regenerovať z izolovanej bunky či protoplastu

Poranenie koreňa:

- vytvorí sa kalus (závalové pletivo), a to z perikambia (pericykla)
- v kaluse sa založia vegetačné vrcholy

Poranenie stonky:

- na segmentoch sa z kambia tiež vytvára kalus
- na apikálnom póle sa založia púčiky, na bazálnom korene



Transplantácia

- ide o prenesenie časti rastliny na inú, s ktorou môže za vhodných podmienok zrást'
- **vrúbľovanie a očkovanie**
- **homoplastická** transplantácia: vrúbeľ aj podpník sú z jedného druhu
- **heteroplastická transplantácia**: ide o dva rôzne druhy

