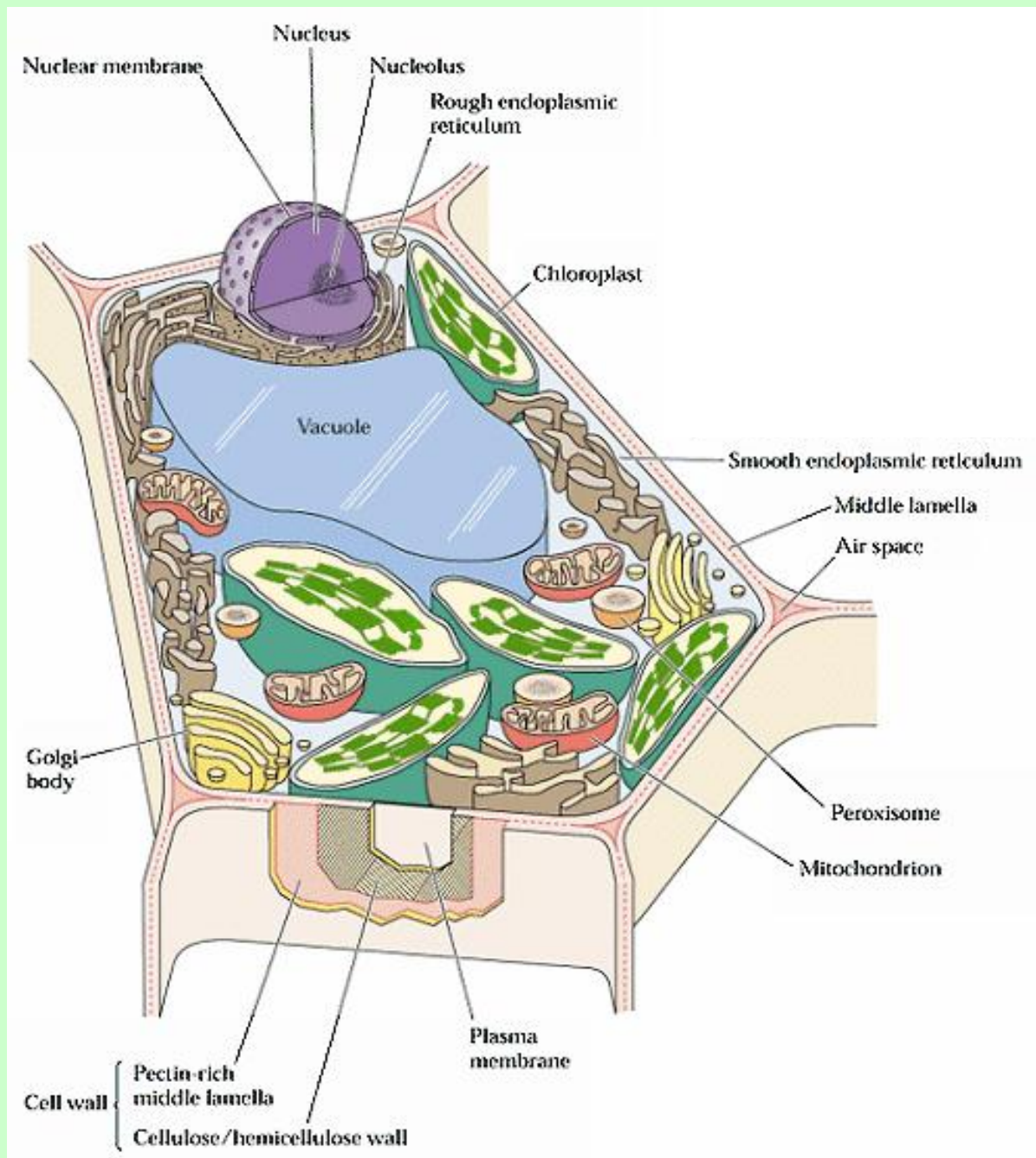


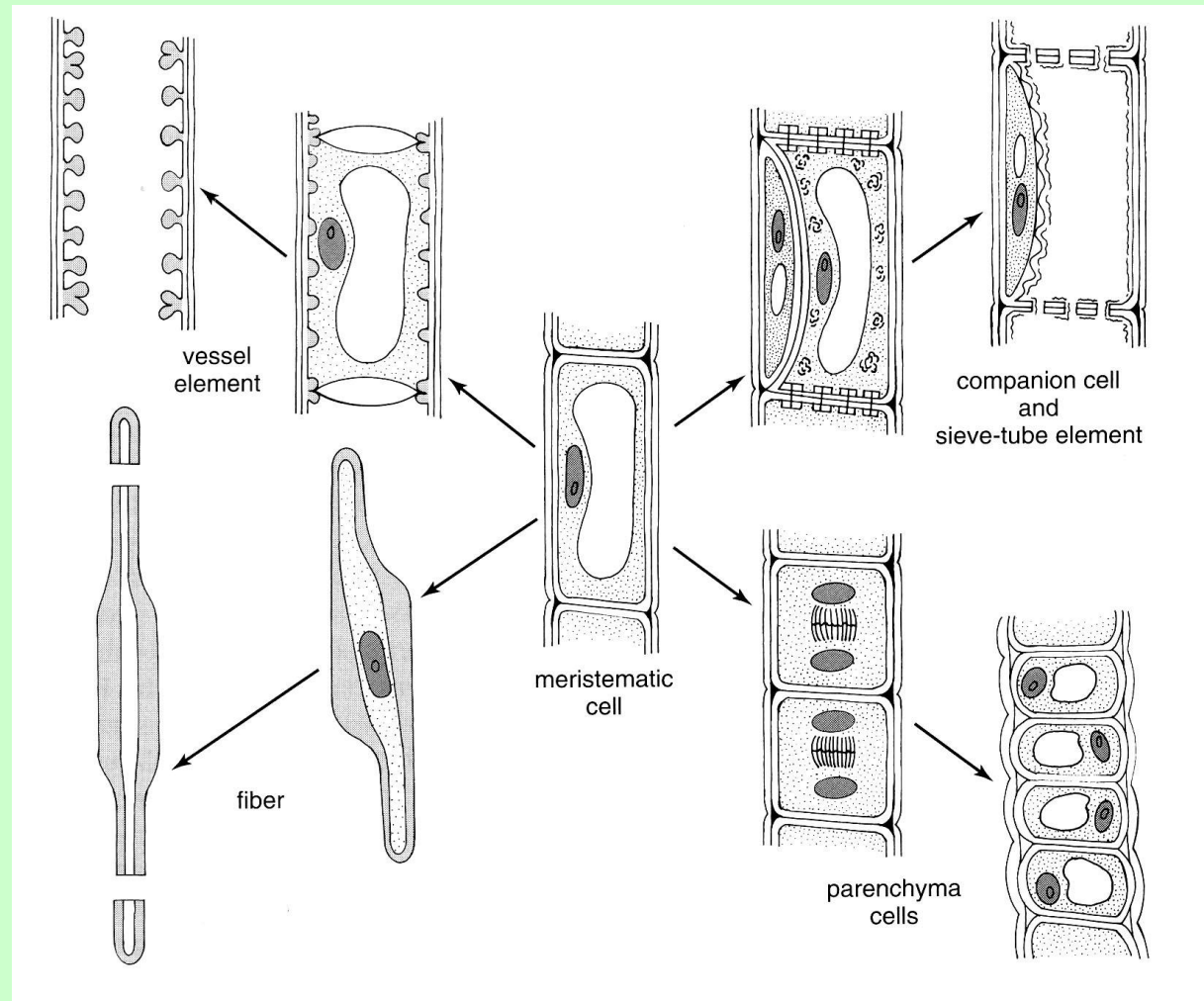
6. Buňky a rostlina

- **Mají rostliny kmenové buňky?**
- **Biotechnologické využití pluripotence rostlinných buněk: buněčné a tkáňové kultury rostlin in vitro, vegetativní množení rostlin**
- **Komunikace mezi buňkami u rostlin:**
Transport přes membránu, pasivní a aktivní
Transport na střední vzdálenosti - symplast a apoplast
„Celistvost rostliny“
„Rostlinné hormony“ (fytormony, růstové regulátory)
- **Závěrečné shrnutí kursu , odkaz na další kursy organizované katedrou experimentální biologie rostlin PŘF UK**

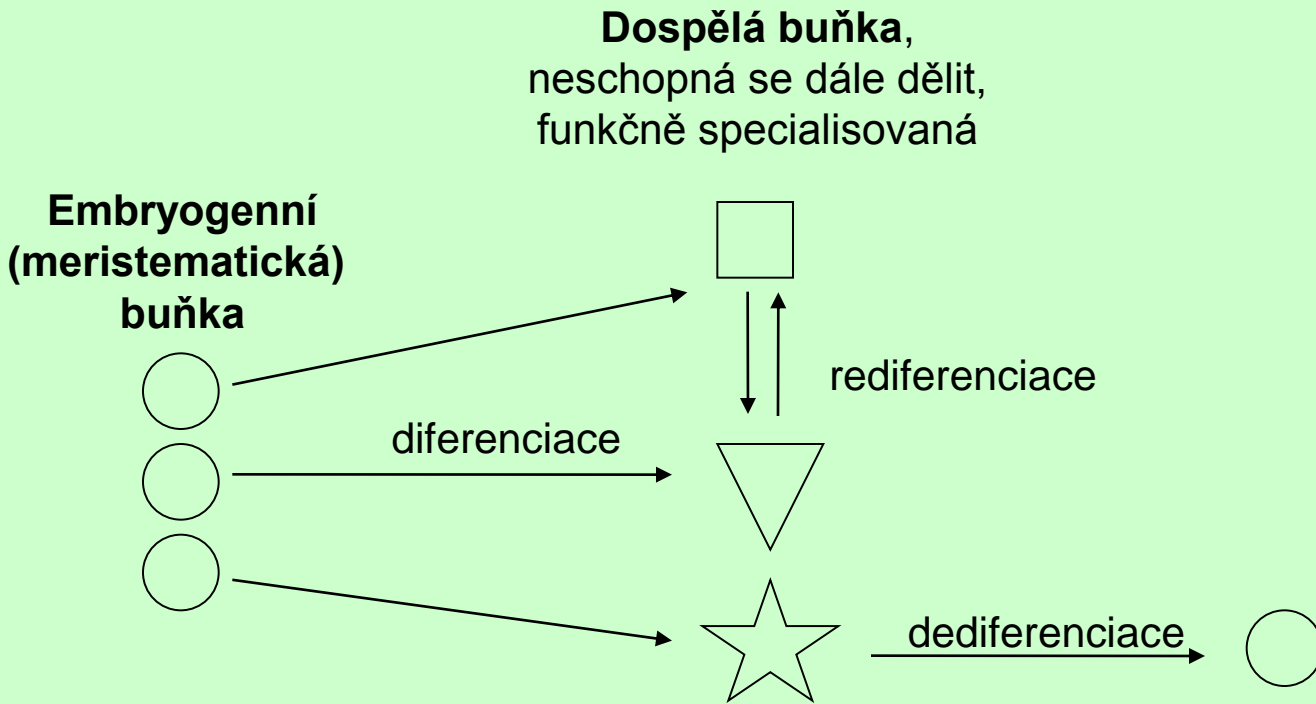


Morfogeneze buněk

= vývoj tvaru, změna tvarových vlastností



<http://www.biologyreference.com/Co-Dn/Differentiation-in-Plants.html>



Diferenciace buněk: Vratnost diferenciace:

- růst buňky
- tvarová specialisace
- funkční specialisace
- často zvýšení ploidie

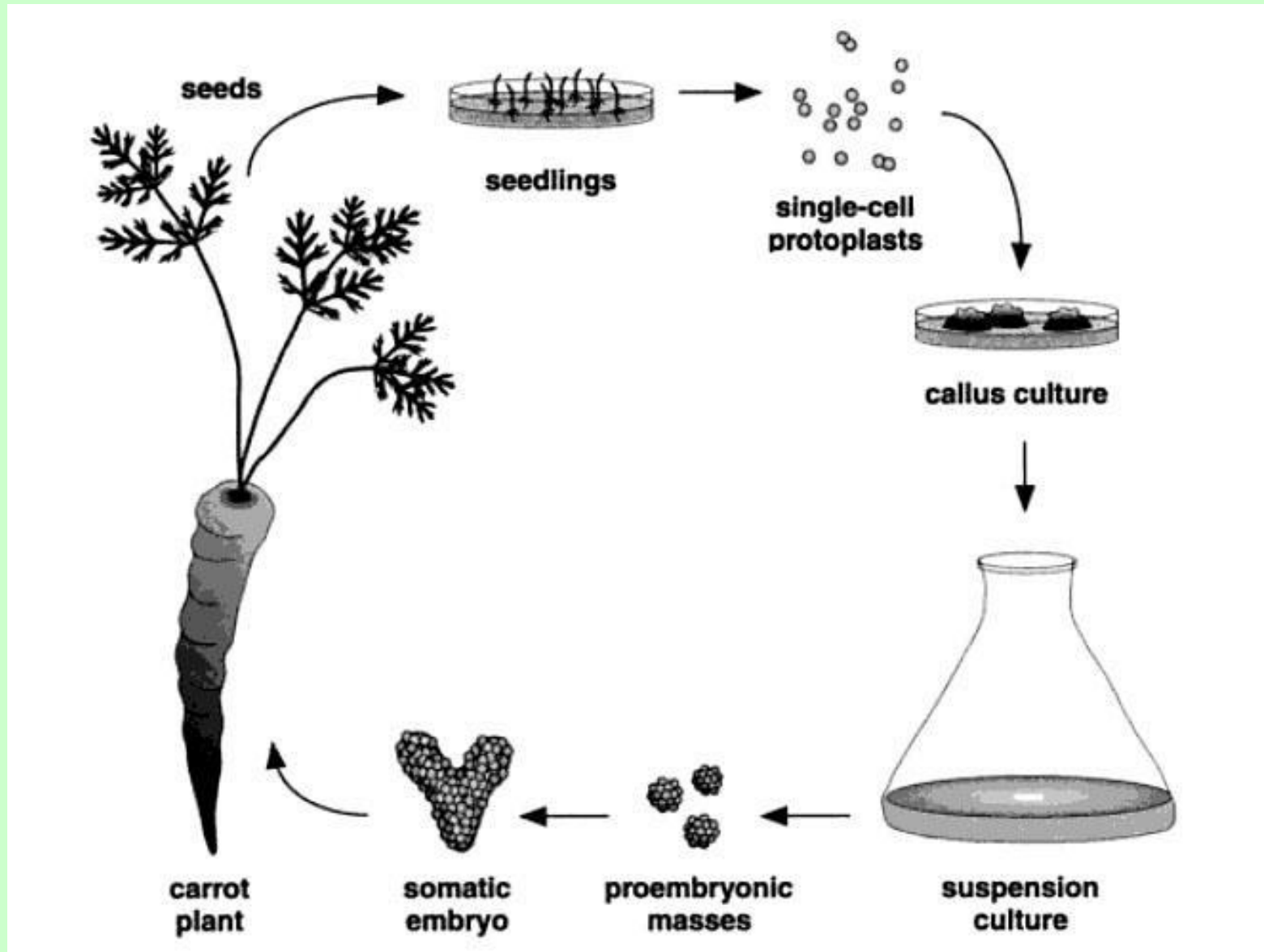
**dediferenciace
rediferenciace**

Totipotence resp. pluripotence

Diferenční genová exprese – základ diferenciace buněk

- U mnohobuněčných organismů se v různých buňkách (pletivech) a v různém čase uplatňuje (exprimuje, přepisuje, transkribuje) různá část jaderného genomu.
- Je to řízeno proteiny zvanými **transkripční faktory**. Jejich syntéza je řízena podmínkami prostředí nebo polohou buňky v organismu.
- U rostlin jako přisedle žijících organismů má na diferenciaci buněk a ontogenesi jedince zvlášť velký vliv **okolní prostředí**.
- Důležitou roli při zprostředkování faktorů prostředí a udržování „celistvosti rostliny“ mají u rostlin **fytohormony** (růstové regulátory).

Důkaz totipotence buněk – regenerace rostliny z jediné buňky

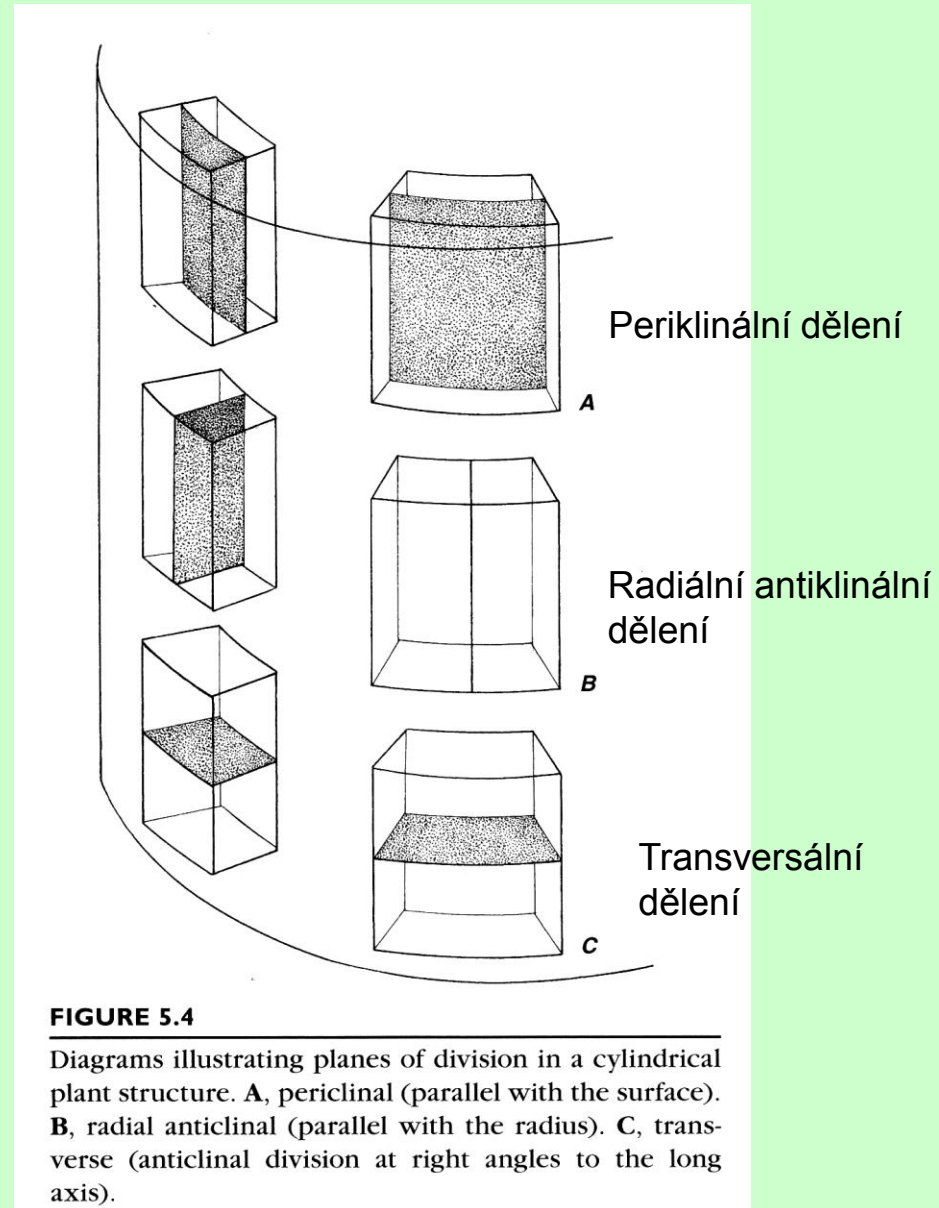


Biotechnologické využití totipotence buněk

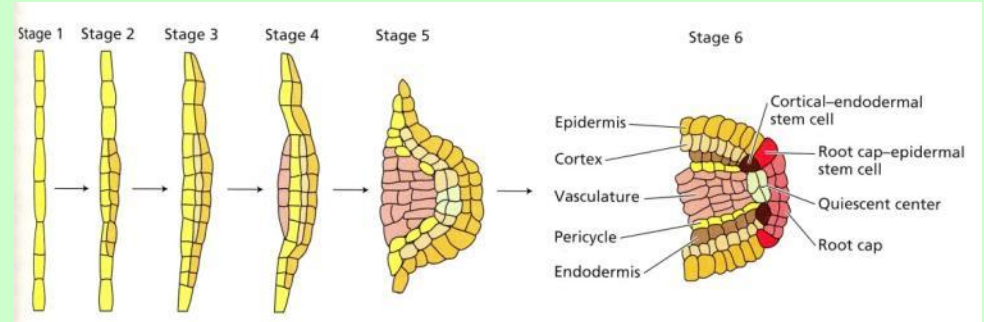
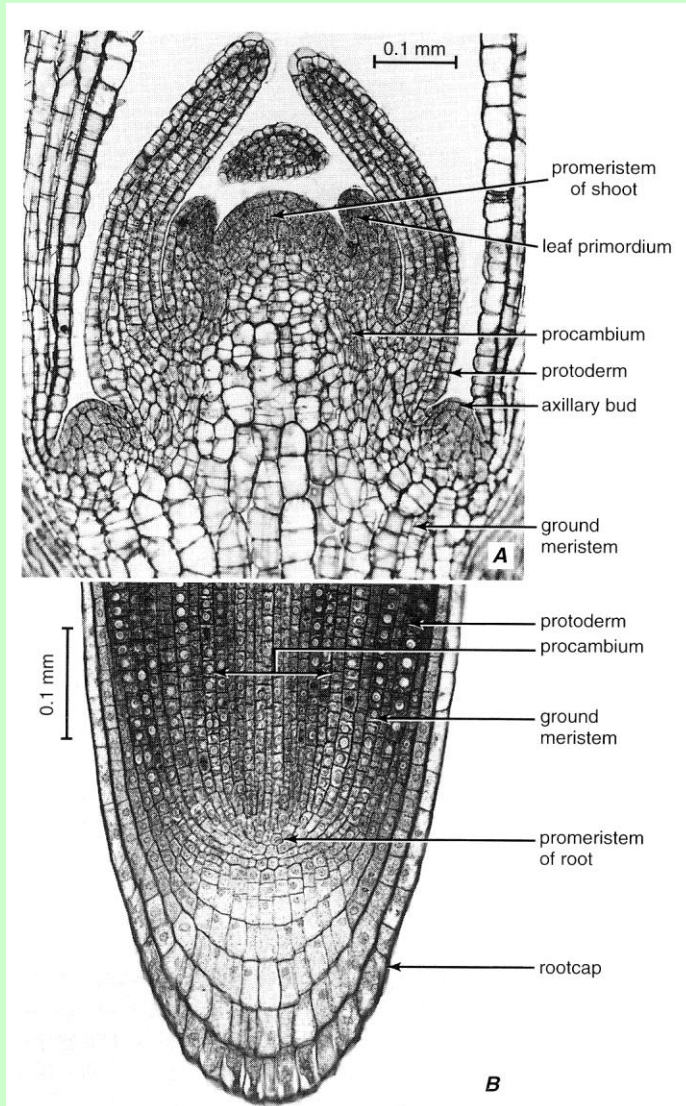
- **Totipotence či pluripotence rostlinných buněk vyplývá z jejich relativně slabé diferenciaci.** Vyšší rostliny se tím podobají nižším mnohobuněčným živočichům – např. lágkocům – kteří mají také vysokou schopnost regenerace.
- **Regenerace rostlin z jejich orgánů nebo částí orgánů je od nepaměti využívána v zemědělství a lesnictví k jejich vegetativnímu množení.**
- **V posledním půlstoletí dovolil rozvoj aseptické kultivace rostlin *in vitro* (ve skle, ve zkumavce) za použití růstových regulátorů pěstovat a využívat orgánové, pletivové a buněčné kultury, i kultury protoplastové (buňky zbavené buněčných stěn). V nich je možná i regenerace celé rostliny z jediné buňky. Tak lze rostliny klonovat – získávat identické jedince.**
- **Tyto kultury jsou využívány pro vědecké účely, ale v dnešní době i pro produkci farmaceuticky důležitých látek, množení užitkových a okrasných rostlin, nebo záchranné množení vzácných planě rostoucích rostlin.**

Vývoj tvaru orgánů rostliny a celého rostlinného těla:

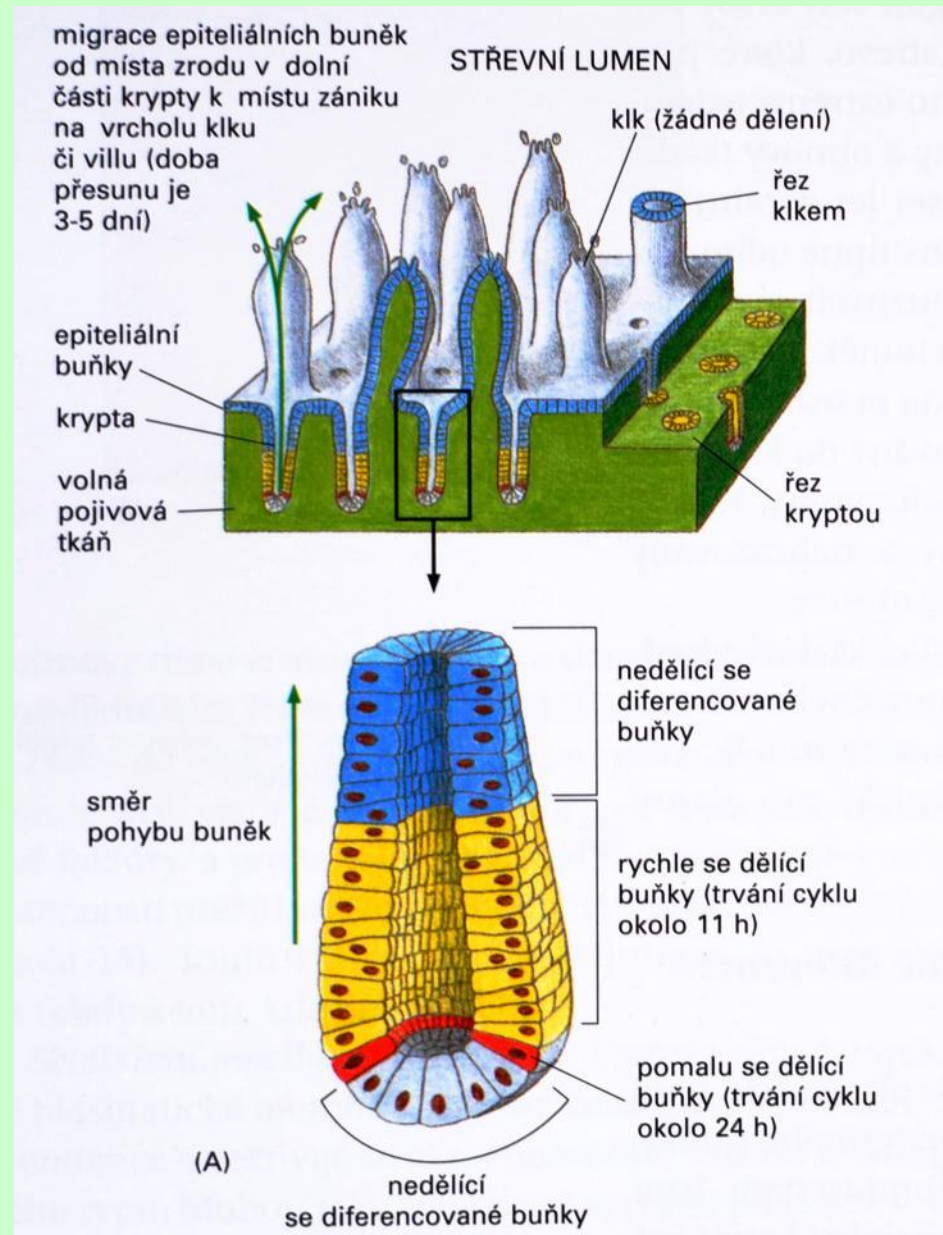
- Neexistence morfogenetických pohybů → závislost na způsobu dělení a růstu buněk
- Dělení a růst ovlivněny:
 - posicí buňky v pletivu
 - vnějšími signály
- Role programované buněčné smrti



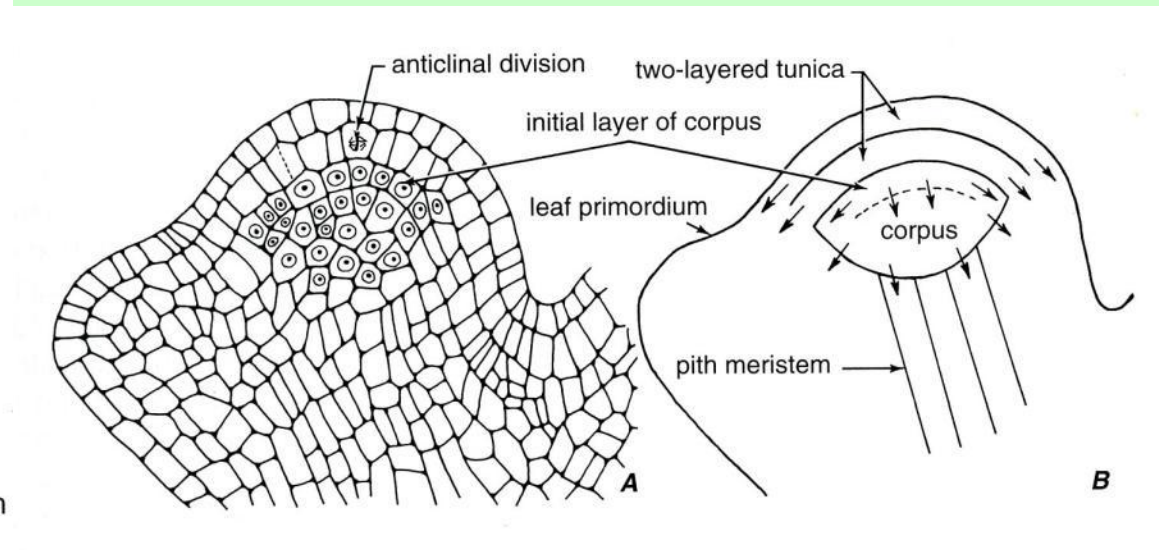
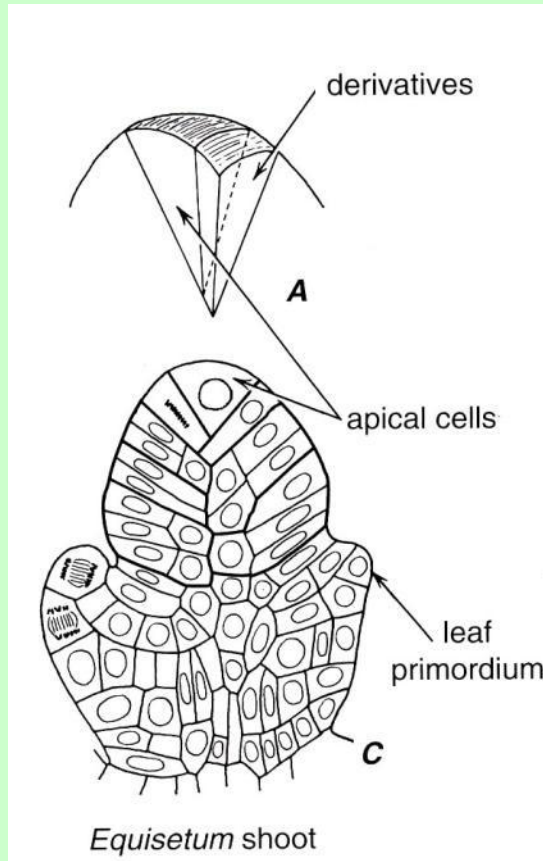
Tvar orgánů a rostliny je určován směrovaným dělením a růstem buněk



Příklad kmenových buněk u živočichů



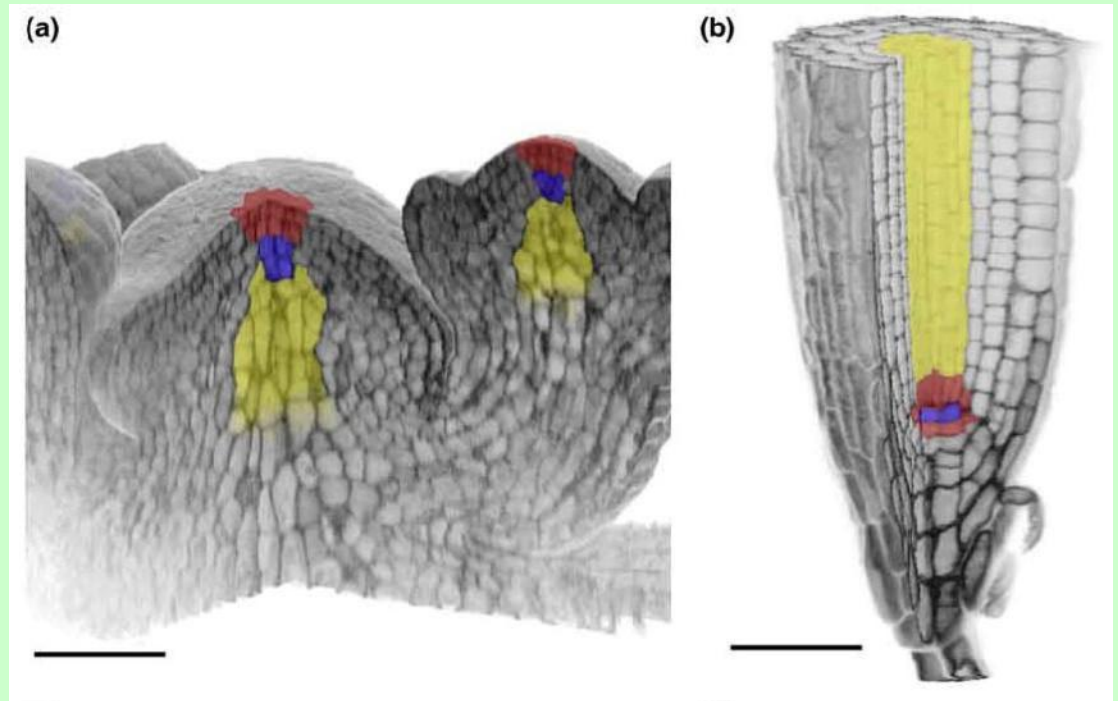
Meristémy – trvale dělivá pletiva



Kmenové buňky u rostlin?

Kmenové buňky - červeně označené buňky meristému květenství (a), a meristému kořene (b) – obnovují sebe a tvoří prekursorové buňky všech pletiv a orgánů rostliny (totipotence), modře označené buňky vysílají signály udržující funkci těchto kmenových buněk.

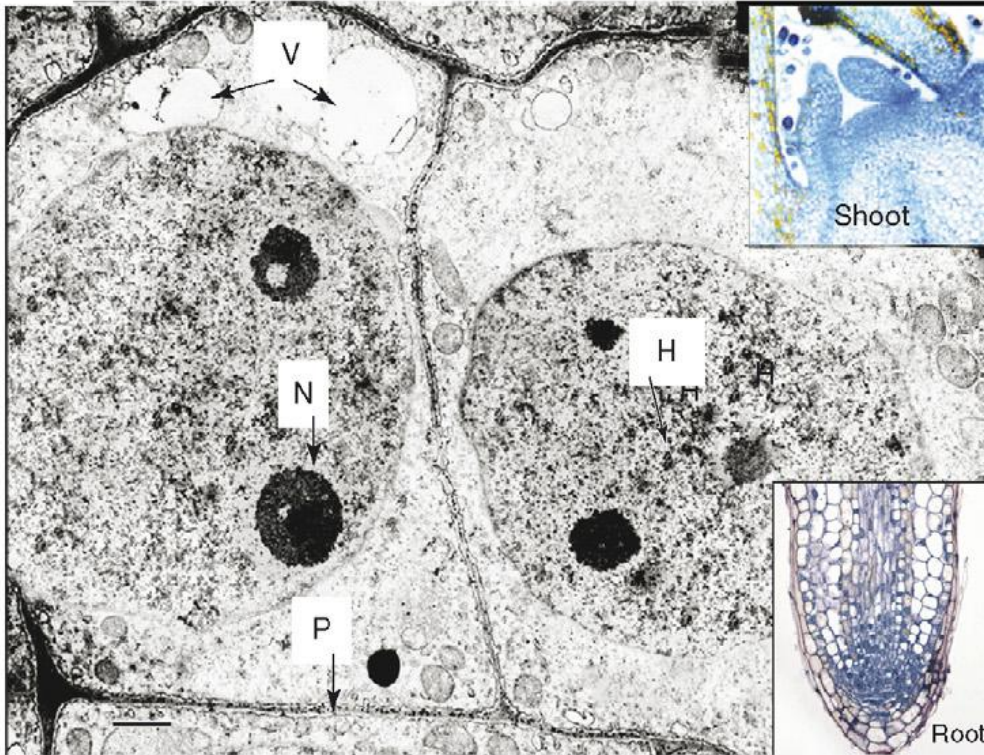
U rostlin se běžně používalo termínu **iniciály apikálních meristémů**. Hlavní rozdíl proti živočichům: u rostlin jsou za vhodných podmínek totipotentní i některé buňky trvalých pletiv.



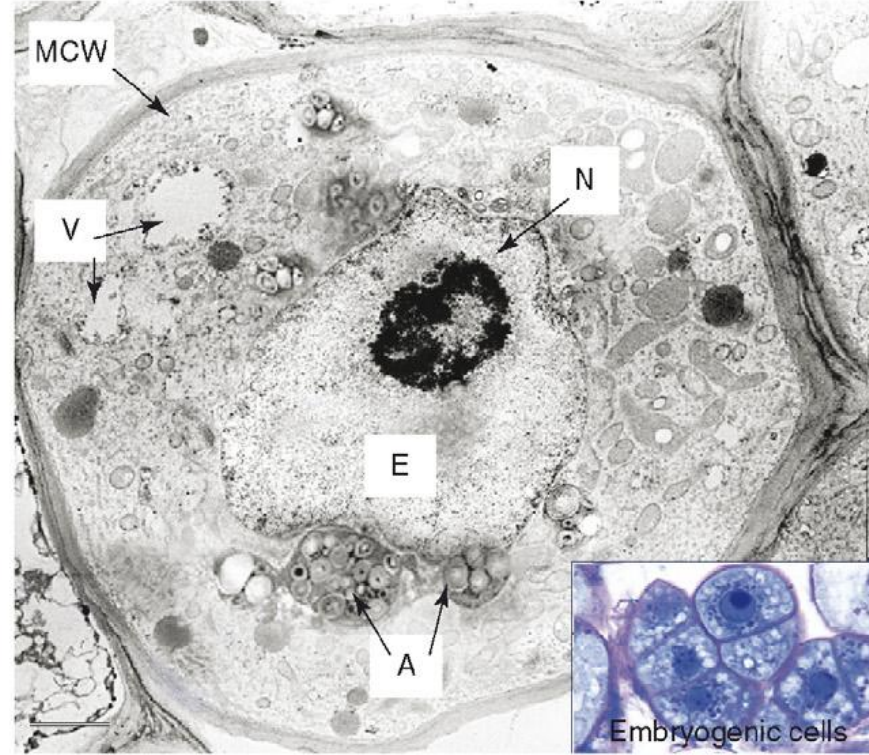
R. Sablowski, *Current Opinion in Plant Biology* 2011, 14:4–9

Meristematické (kmenové) buňky rostlin

(a)



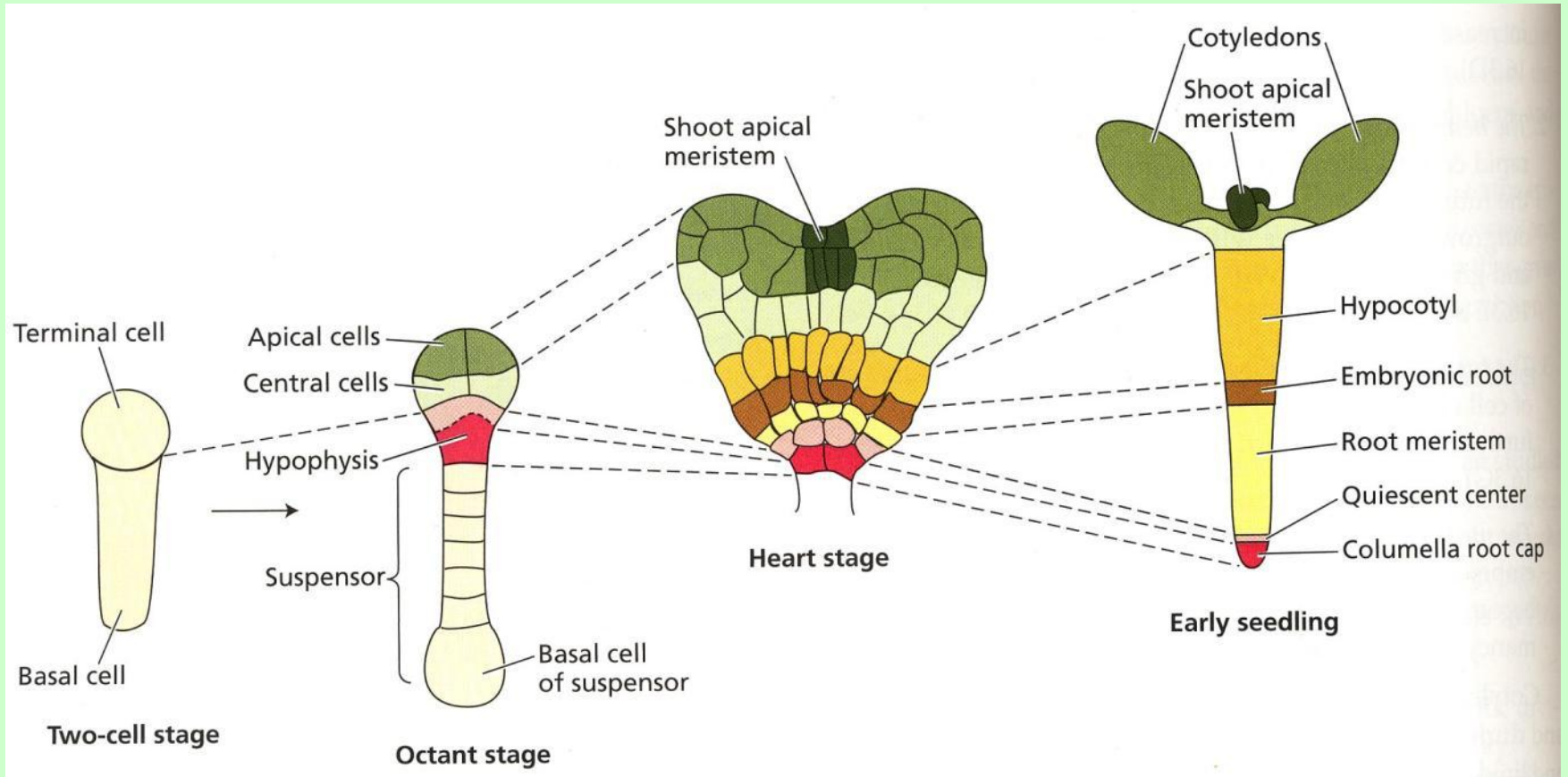
(b)



Cellular architecture and ultrastructure of (a) a pluripotent meristematic stem cell (scale bar = 1 μm) and (b) a totipotent embryogenic stem cell (scale bar = 3 μm). Abbreviations: A, amyloplasts adjacent to nucleus; E, euchromatin; H, heterochromatin; MCW, modified cell wall; N, nucleoli; P, plasmodesmata; V, vacuole.

Verdeil et al., Trends Plant Sci. 2007.

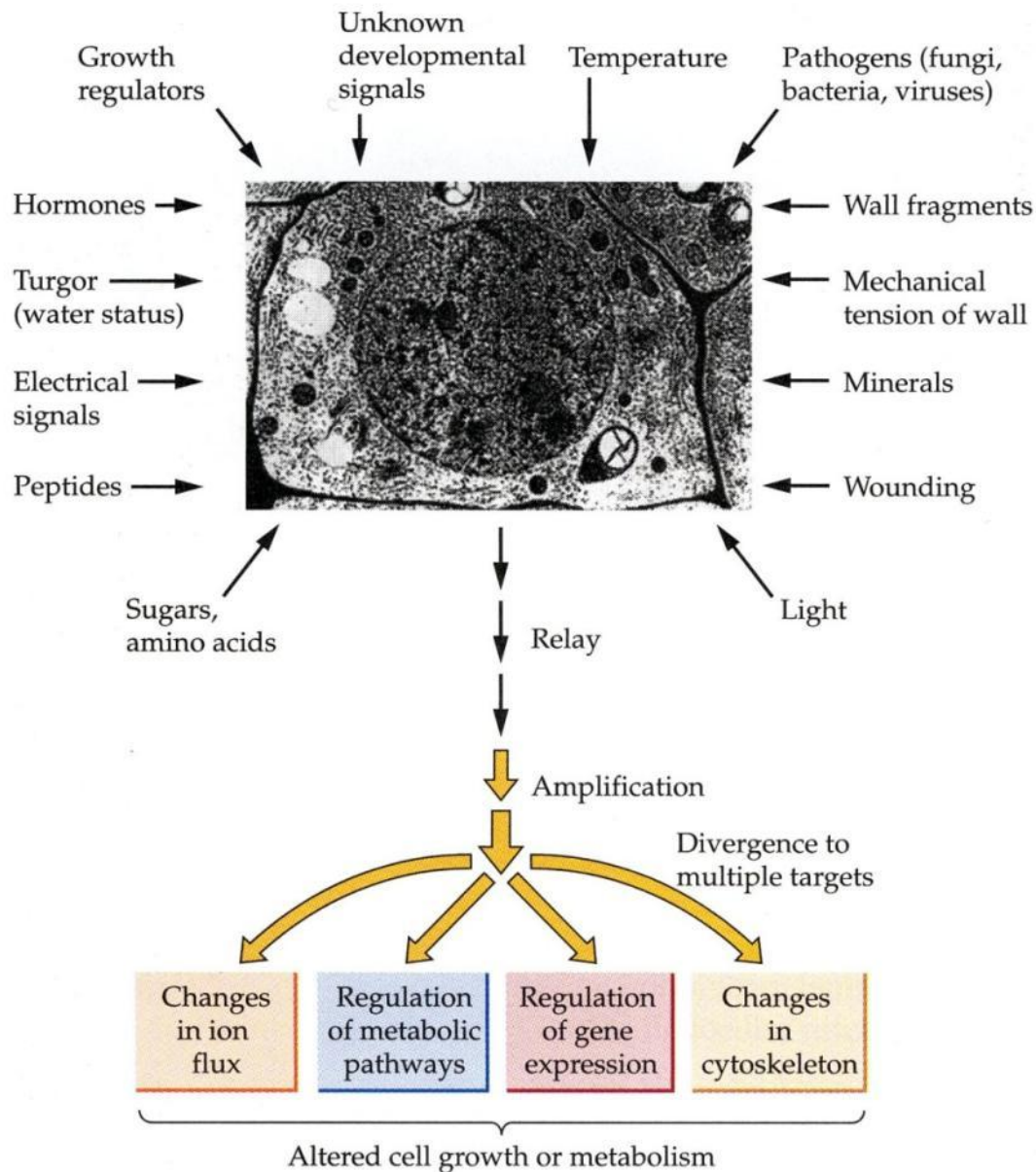
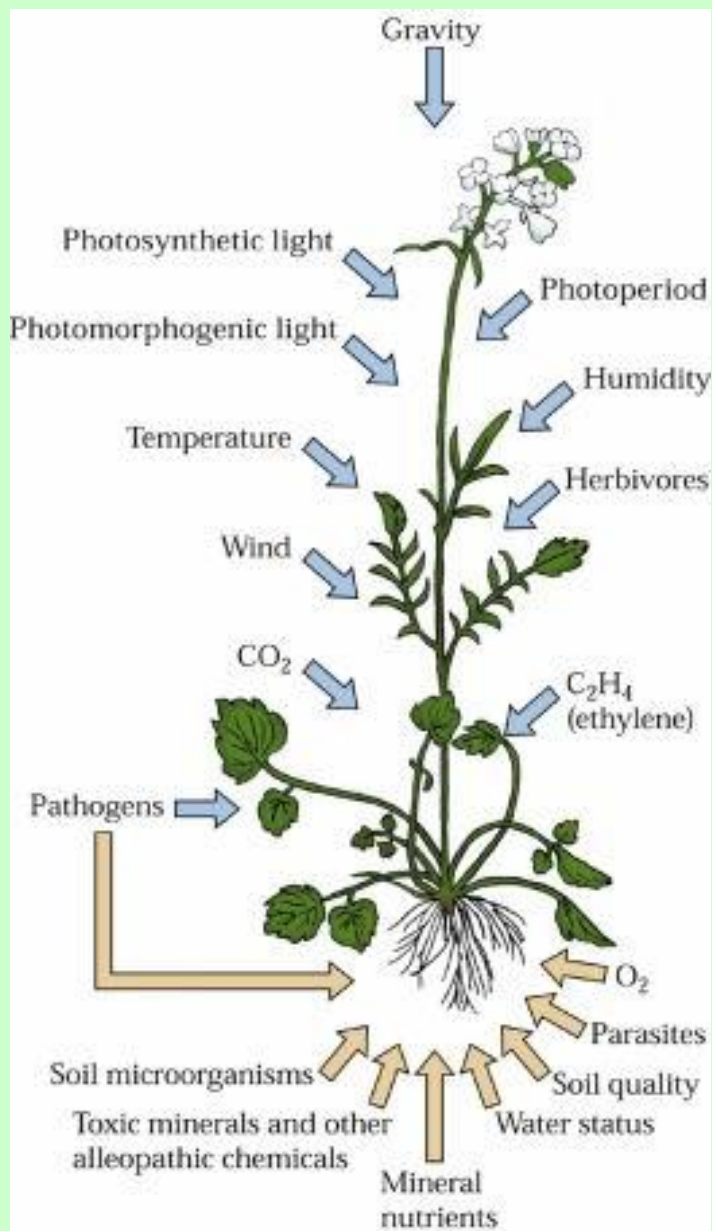
Embryogenese (dvouděložné) rostliny



Příjem a zpracování signálů rostlinnými buňkami jsou nutné pro udržení funkční celistvosti rostliny

- **Zahrnují: příjem signálu, zesílení signálu, přenos signálu, specifickou aktivaci buněčné odpovědi**
- **Specifická odpověď**: např. změna toku iontů, degradace proteinových represorů a regulace genové exprese, regulace metabolismu, změny v organizaci cytoskeletu atd.
- **Odpovědi mohou být rychlé** (vteřiny až minuty) **či pomalé** (hodiny až dny)
- **Příjem a zpracování signálu nemusí nutně proběhnout ve stejné buňce**
- **Odpověď na stejný signál nemusí být stejná u všech rostlin a všech buněk**

Typy signálů: externí a interní



Buněčný transport u rostlin

- **Transport na velké vzdálenosti – na úrovni jedince a orgánu:** u rostlin prostřednictvím vodivých pletiv
- **Transport na střední vzdálenosti – na úrovni pletiv,** např. příjem vody a v ní rozpuštěných látek z povrchu do nitra kořene
- **Transport na krátké vzdálenosti neboli transport buněčný, membránový - z jednoho místa v buňce na jiné,** např. z organely do základní cytoplasmy a naopak, **nebo z buňky ven a obráceně: difuze** (bez přenašeče), **usnadněná difuze** (s přenašečem), **aktivní transport** (vyžadující energii) a **cytosa** (transport velkých partikulí pomocí váčků)

Membránový transport - typy transportérů

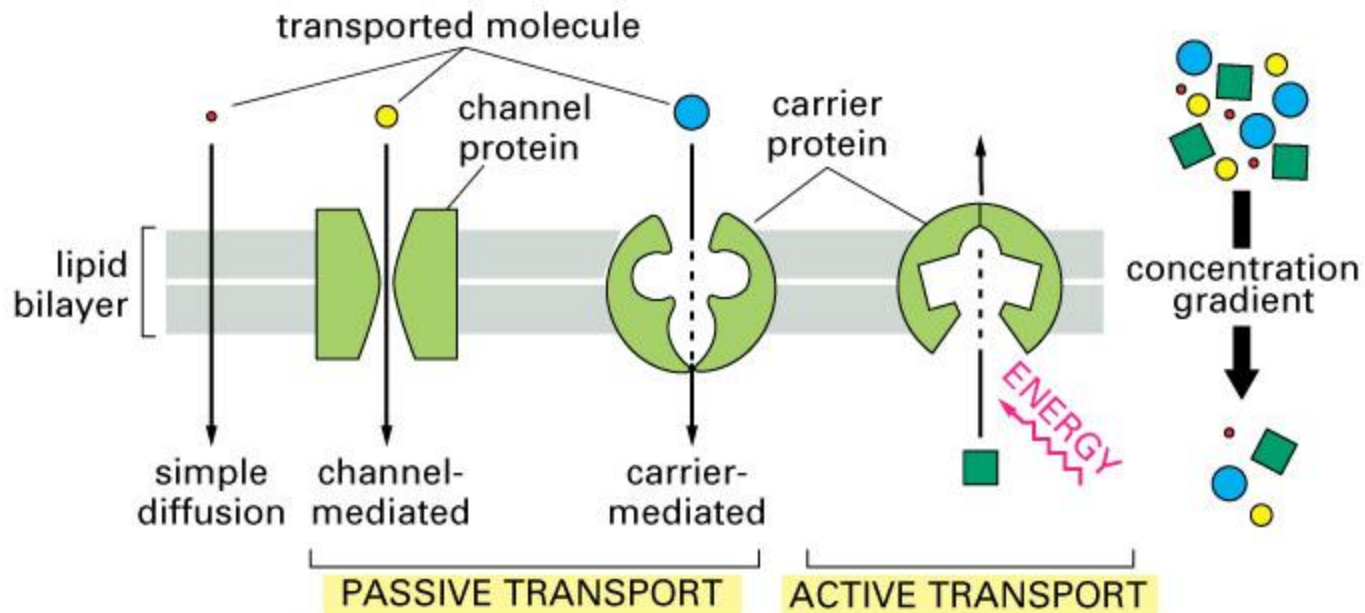


Figure 12-4 Essential Cell Biology, 2/e. (© 2004 Garland Science)

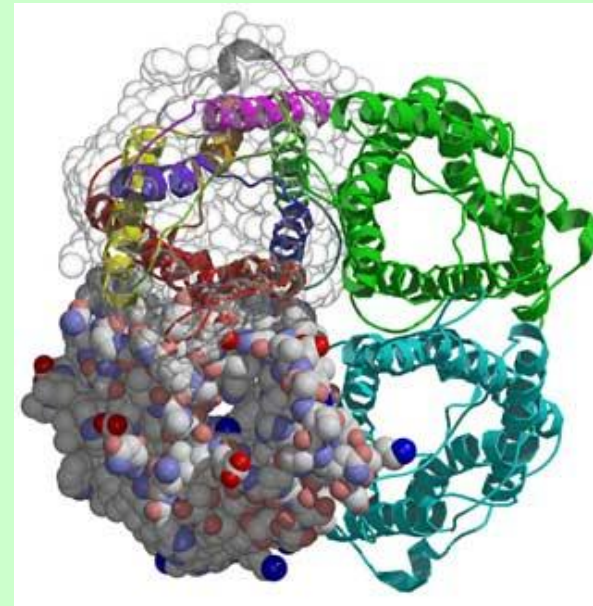
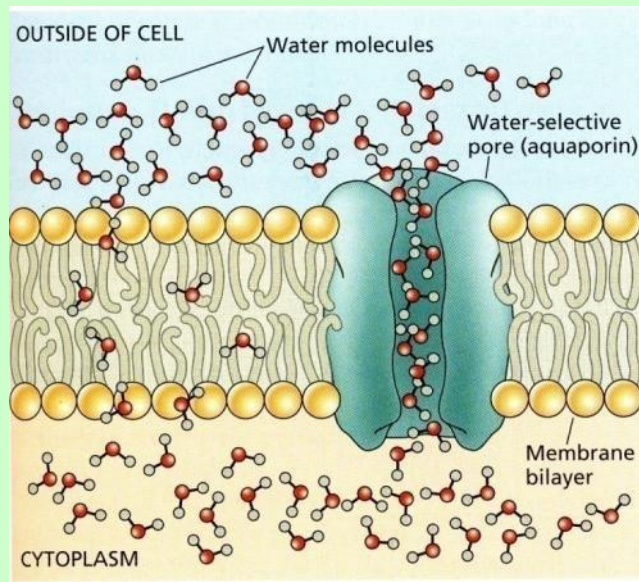
Membránový transport

Aquaporiny jako příklad

Malé integrální membránové proteiny (25-30kDa), tvořící póry

Usnadňují transport vody přes membránu

Rostliny kódují mnoho isoformem; exprese je pletivově-specifická

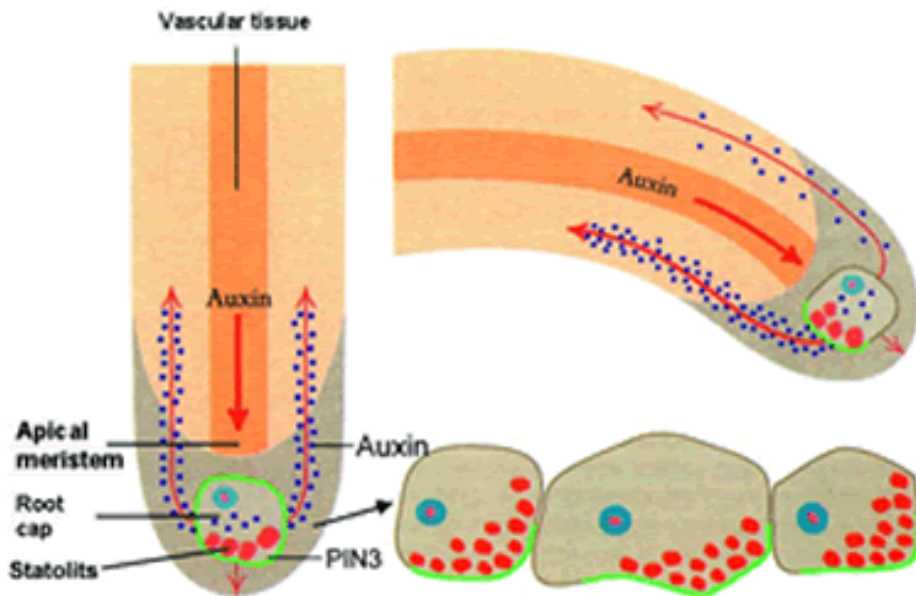


http://www.als.lbl.gov/als/science/sci_archive/54aquaporin.html

Stejný signál může mít různé následky v různých částech rostliny – tok a hromadění auxinu

Positivní gravitropismus kořene

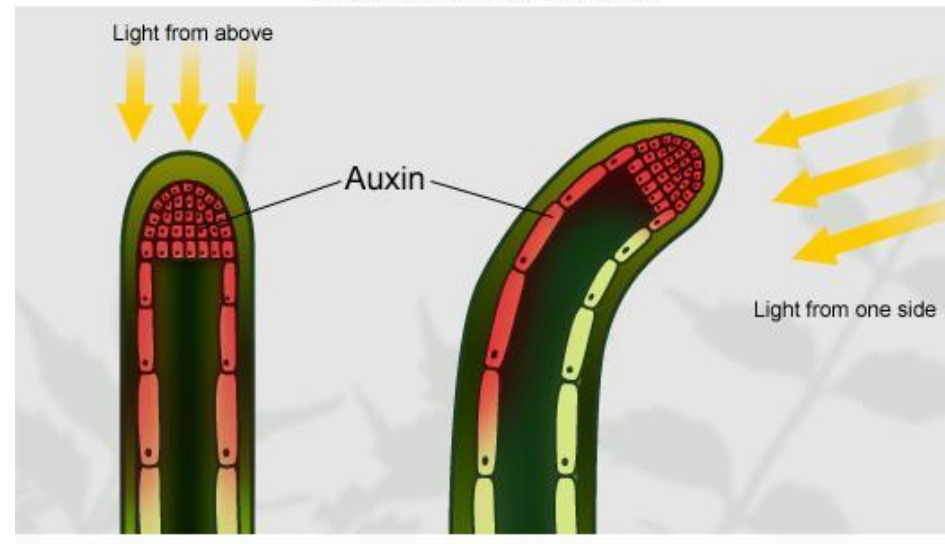
Positivní fototropismus stonku



Model of root gravitropism. Auxin is provided to the root tip through the stele, is laterally distributed symmetrically away from the columella and is transported upward through the lateral root cap and epidermis to the elongation zone of the root. After reorientation of the root, statoliths in the columella sediment to the lower side of the cells (inset), PIN3 is relocated and facilitates auxin transport to the lower side of the root. From there, auxin is transported to the elongation zone, where it inhibits cell elongation, resulting in downward bending of the root.

<http://www.psb.ugent.be/auxin-projects/286-endocytosis-and-recycling-in-plants>

Phototropism: how plants bend

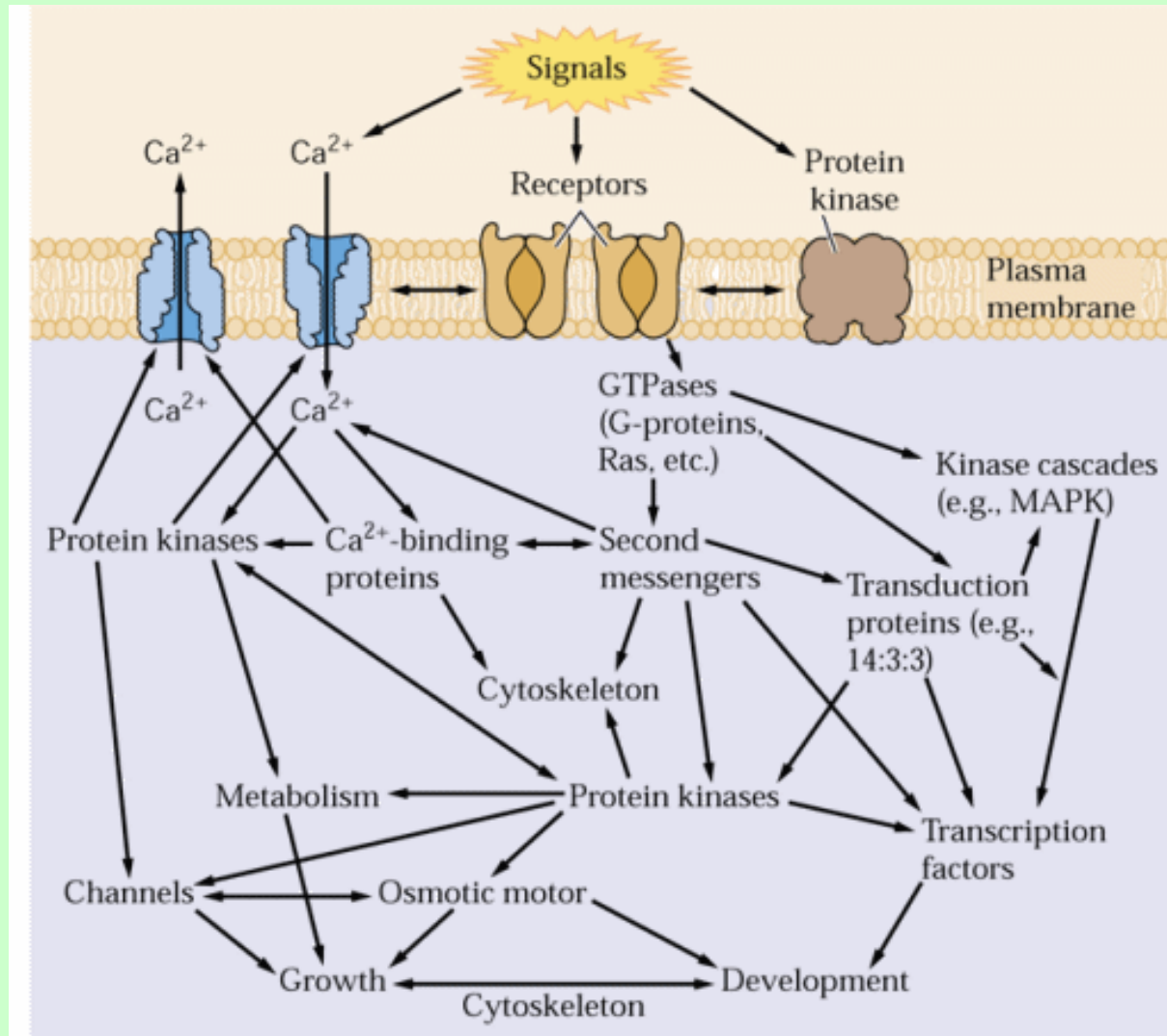


The plant hormone auxin causes plant cells to elongate. When a shoot is directly under light, auxin produced in the growing tip spreads equally down both sides of the plant. If light is from one side only, auxin collects on the shady side causing the cells on that side to elongate. That lopsided elongation produces a bend in the plant stem.

<http://www.abc.net.au/science/articles/2010/09/30/3025894.htm>

Interakce mezi signálními kaskádami – „crosstalk“

- zajištění specifické odpovědi na širokou škálu působících signálů



Receptory

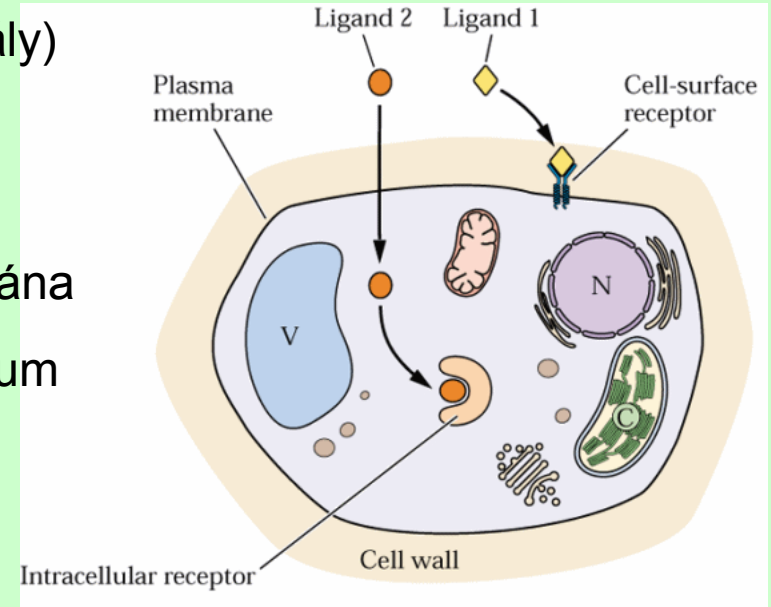
Receptory přijímají signály. Zpravidla jsou to proteiny, které váží specifické molekuly (ligandy), a spouštějí buněčnou odezvu na tyto ligandy.

Typy receptorů:

- Proteiny (enzymová aktivita, vazba dalších proteinů)
- Barviva – pigmenty (reagují se zářením)
- Transmembránový potenciál (iontové kanály)

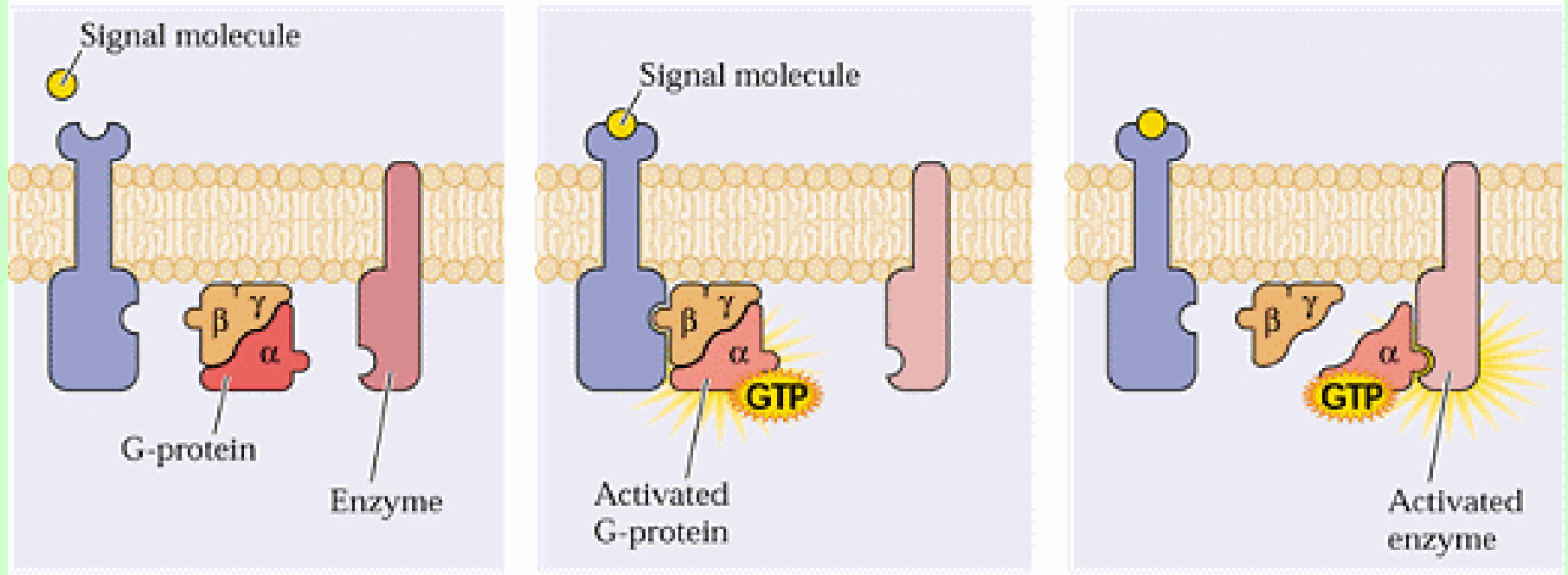
Umístění receptorů:

- Na membránách: -Plasmatická membrána
 -Endoplasmatické retikulum
- V cytosolu: -Cytoplasma
 -Jádro



Příklad fungování receptoru

(A) G-protein-linked receptor



Specifické rostlinné receptory pro příjem světla:



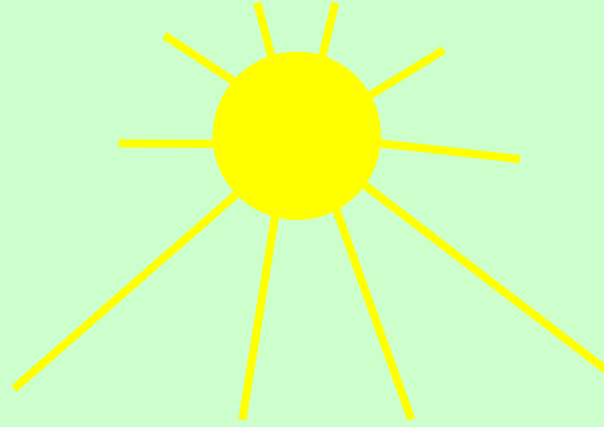
Fytochromy – receptory červeného světla

Krytochromy – receptory modrého světla

Fototropiny – receptory modrého světla

- Proteinové molekuly s kovalentně vázaným chromoforem (barevnou látkou)
- Zřejmě funkčně interagují - poskytují rostlině komplexní informaci nejen o kvalitě světla, ale např. o poměru délky dne a noci**
- Fytochromy a fototropiny mají kinasovou enzymovou aktivitu

Záření vnímané rostlinami („světlo“)



UV-B 280-320nm

UV-A 320-380nm

Modrá 380-500nm

Červená 620-700nm

Dlouhovlnná
červená 700-800nm

Rostlinné hormony a růstové regulátory – hlavní prostředek zajištění „celistvosti rostliny“

Rostlinné hormony – fytohormony -
signální molekuly s růstově regulační
funkcí:

Auxiny

Cytokininy

Gibereliny

Kyselina abscisová (ABA)

Ethylen

Brassinosteroidy

Další látky s růstově regulační funkcí:

Polyaminy

Kyselina jasmínová

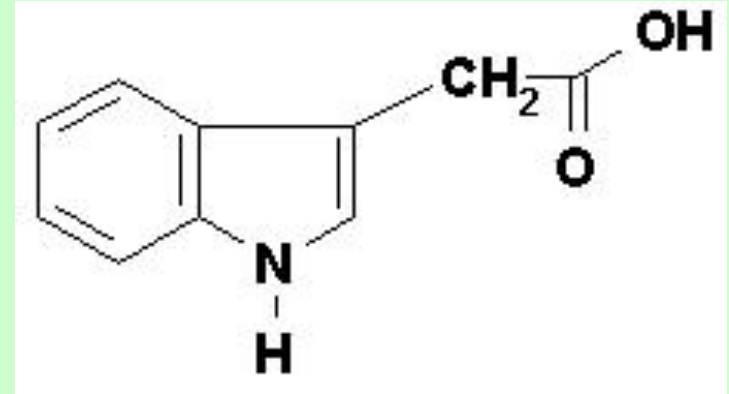
Kyselina salicylová

Fenolické látky

Peptidové hormony

Auxin

- První známý fytohormon, malá signální molekula.
- Reguluje mnoho procesů v rostlině (od vývoje embrya po růstové odpovědi na světlo nebo tíži).
- Působení auxinů je spojeno se změnou genové exprese stovek genů.



kyselina indolyl - β - octová

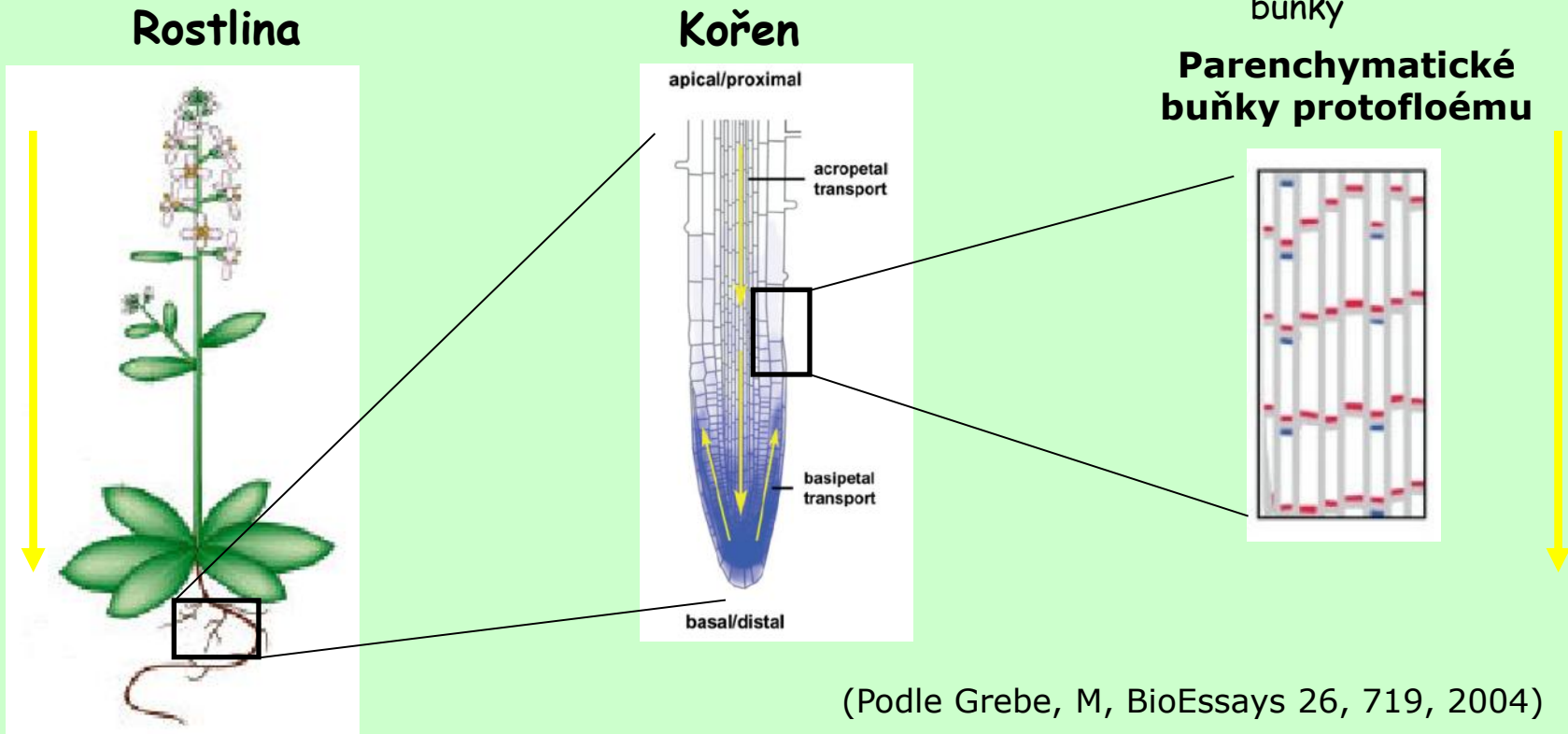
Polarita na úrovni rostliny - auxin

- Synthetisován ve vzrostném vrcholu, mladých listech, květech, vyvíjejících se plodech
- Polárně transportován basipetálně
- Lokální maxima a minima = specifická genová exprese

→ Směr toku auxinu

■ Přenašeč auxinu ven z buňky

■ Přenašeč auxinu do buňky



(Podle Grebe, M, BioEssays 26, 719, 2004)

Signalisace fragmenty buněčné stěny

- **Oligosacharidy** spouštějí obrannou reakci rostlin.
- **Při průniku patogenních organismů** (např. hub) buněčnou stěnou dochází k částečné degradaci buněčné stěny. Některé oligosacharidy, které jsou takto uvolněny, nabývají signální funkce, váží se na receptory na povrchu buněk a spouštějí obrannou reakci, která zamezí dalšímu pronikání patogena.

Signalisace na dlouhou vzdálenost

Příjem a zpracování signálu nemusí proběhnout ve stejné buňce.

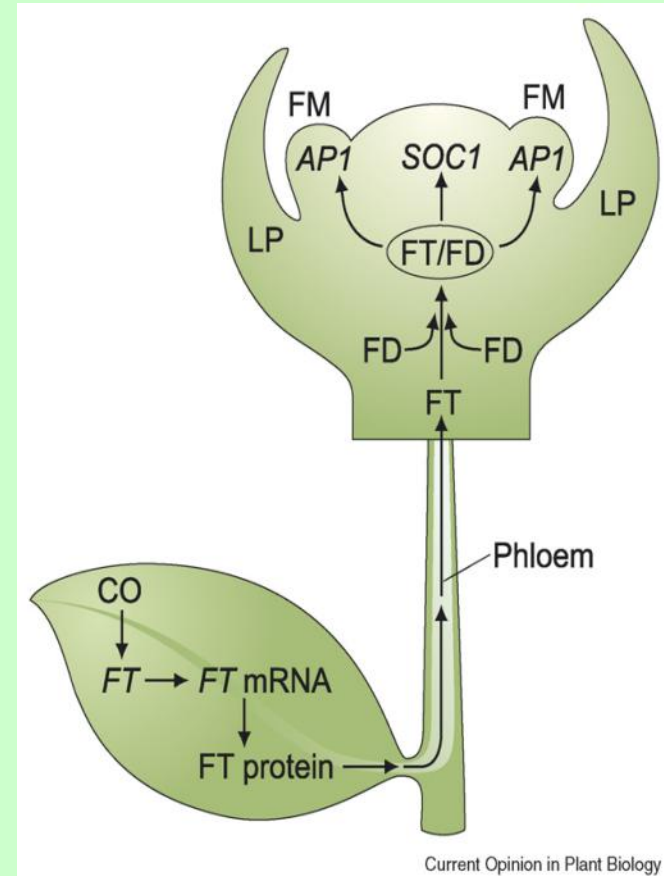
Příklad: protein FT, indukující kvetení u dlouhodobných rostlin.

- Pro indukci kvetení dlouhodobní rostliny nutné ozáření pouze listů. V listech vzniká mobilní signál, transportovaný do vzrostného vrcholu rostlin.

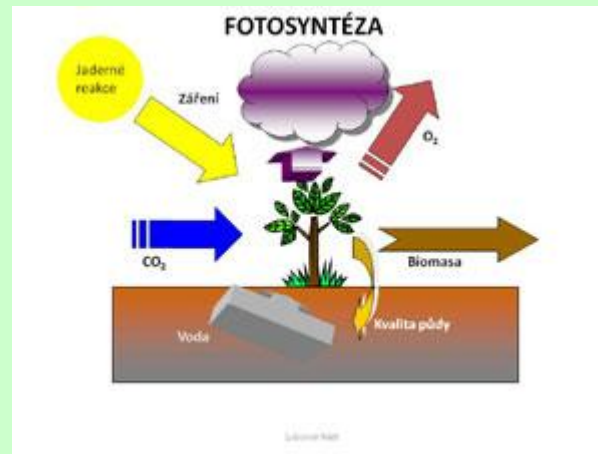
- Mobilní signál – **florigen** – je malý 20 kDa **protein FT**. Identifikace florigenu trvala více než 70 let.

Mechanismus signalisace kvetení:

Protein **CONSTANS (CO)** v doprovodných buňkách floému listů je při krátkém dni degradován, ale při dlouhém dni stabilisován → indukuje syntézu proteinu **FT** → **FT** prochází plasmodesmy do floémového toku a je nesen ke vzrostnému vrcholu → zde interaguje s proteinem **FD** → **FT/FD** heterodimer aktivuje přeměnu vzrostného vrcholu v květ.



Svět rostlin



Experimentální biologie rostlin

