

5. Rostlinná buňka jako celek

- **Vakuolisace a buněčné stěny – charakteristické rysy rostlinných buněk**

- **Buněčné stěny**

Struktura, složení a funkce buněčných stěn

Střední lamela, primární a sekundární buněčná stěna

- **Ontogenese rostlinných buněk**

Dělení jaderné a dělení buněčné u rostlin

Dělení, růst a diferenciaci buněk, stárnutí a programovaná smrt buněk

- **Růst rostlinných buněk**

Růst nespojený s dělením, „laciný růst“

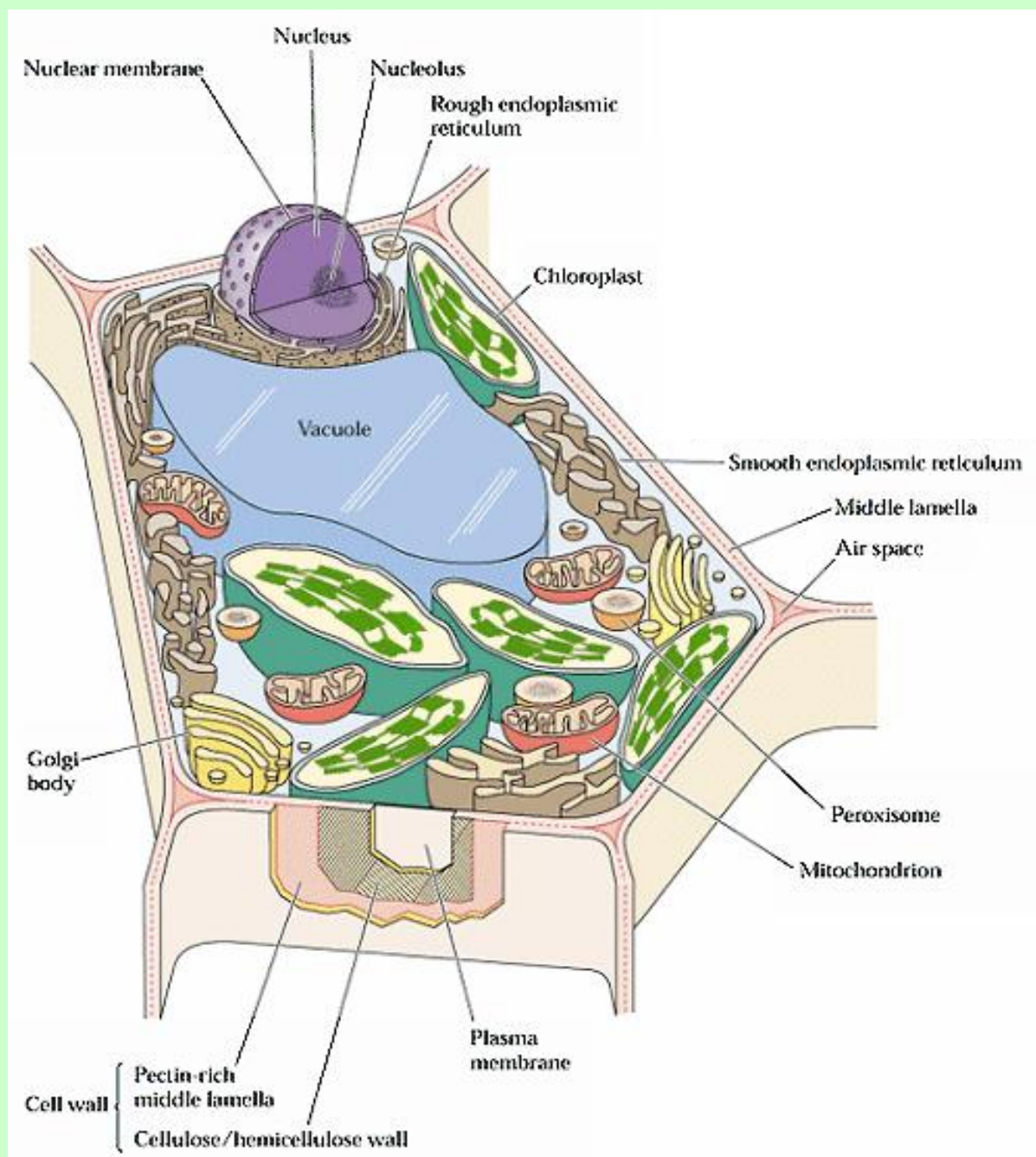
Difusní a apikální růst buněk

- **Diferenciaci rostlinných buněk**

Pletiva rostlin a tkáně živočichů

Pletiva dělivá a pletiva trvalá

Totipotence (pluripotence) rostlinných buněk



Vznik a význam buněčných stěn

Rostlinné buňky mají stěny (bývaly též nazývány blánami buněčnými). **Buněčné stěny vznikly ve fylogenesi jako opora vakuolisovaných rostlinných buněk**, vzniklých v důsledku přítomnosti chloroplastů, v nich probíhající fotosynthesy, a přisedlého života rostlin.

„Protoplast“ je rostlinná buňka bez buněčné stěny (experimentálně i v abstrakci).

Význam buněčných stěn pro planetu a lidstvo

- **dřeviny** tvoří až 80% totální planetární biomasy (zdroj uhlíku, sink CO₂)
- **zdroj potravy**
- **zdroj materiálů** (textilní vlákna bavlny, konopí, juty, lnu a dalších, dřevo, papír)
- **zdroj energie** pro lidstvo (dřevo, fosilní rostliny – uhlí, rašelina)

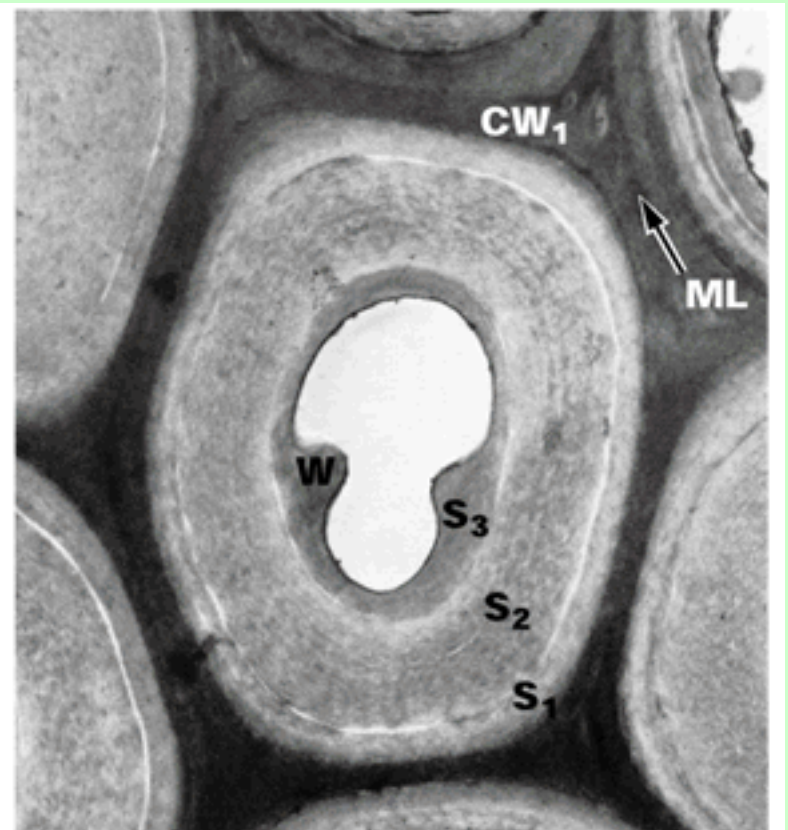
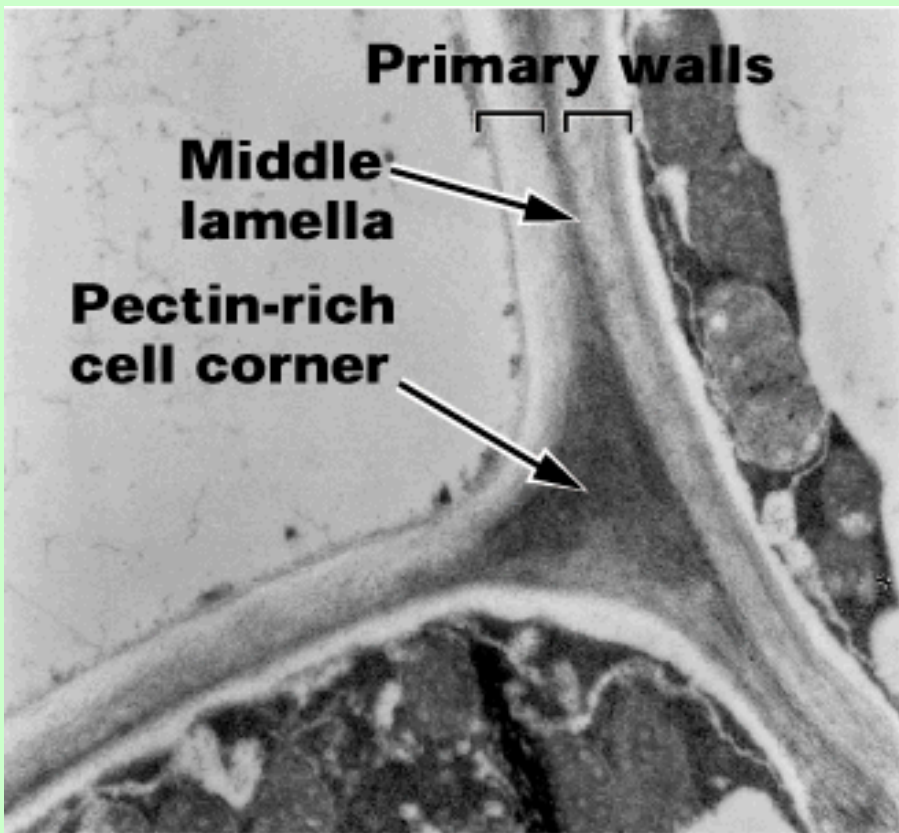


Funkce buněčné stěny:

1. Udržení tvaru buněk
2. Zajištění pevnosti buňky
3. Ochrana buňky, mechanická pevnost pletiv
4. Spojuje buňky do pletiv
5. Transportní funkce
6. Regulace růstu a vývoje
7. Signální funkce
8. Zásobní funkce

Struktura buněčné stěny

1. Střední lamela
2. Primární buněčná stěna
3. Sekundární buněčná stěna



Chemické složení buněčných stěn

Složení střední lamely:

převážně pektiny

Složení primární buněčné stěny:

Celulosa (buničina), až 30% objemu)

Zesíťující glykany (hemicelulosy)

Pektiny

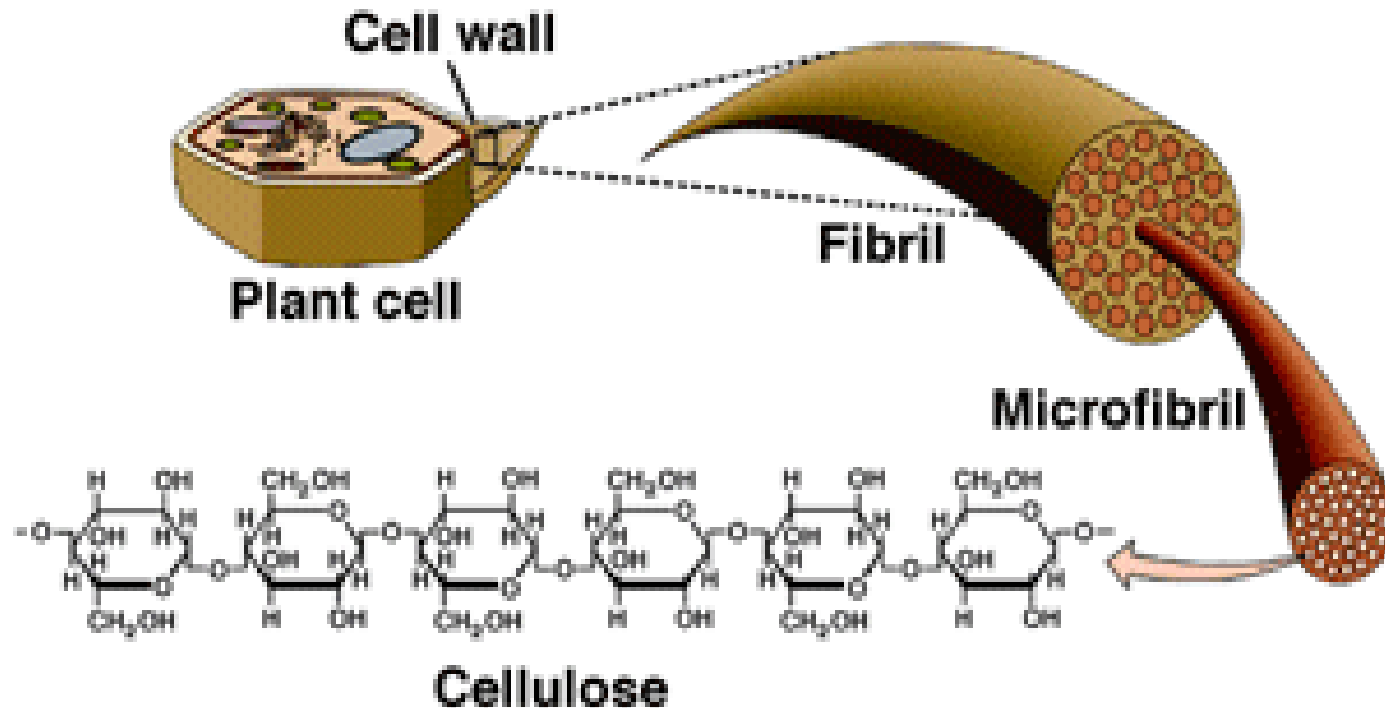
Strukturní proteiny

Enzymy



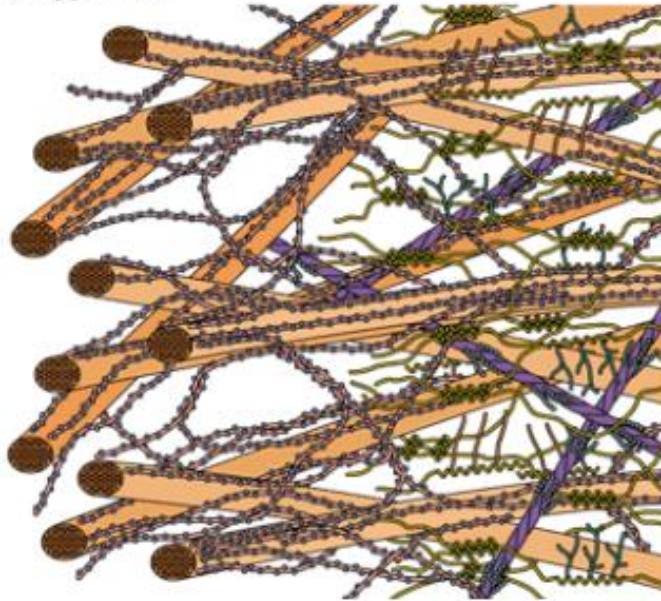
Amorfní polysacharidová matrix

Arrangement of Fibrils, Microfibrils, and Cellulose in Cell Walls

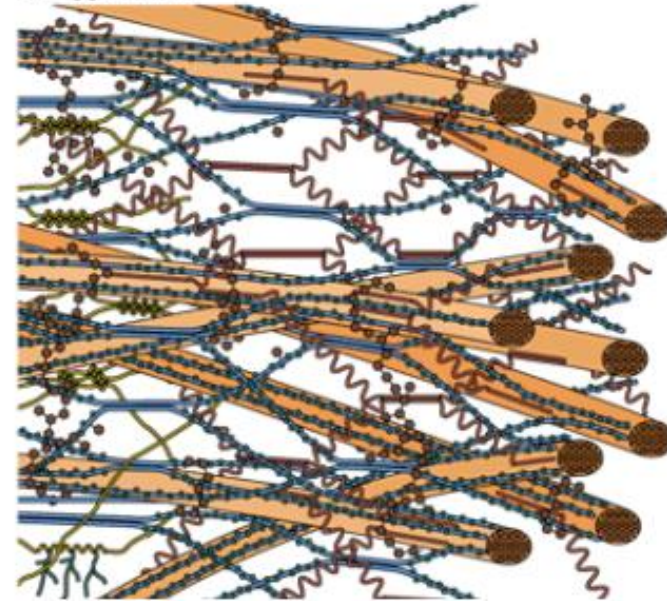


Buněčná stěna typu I a II

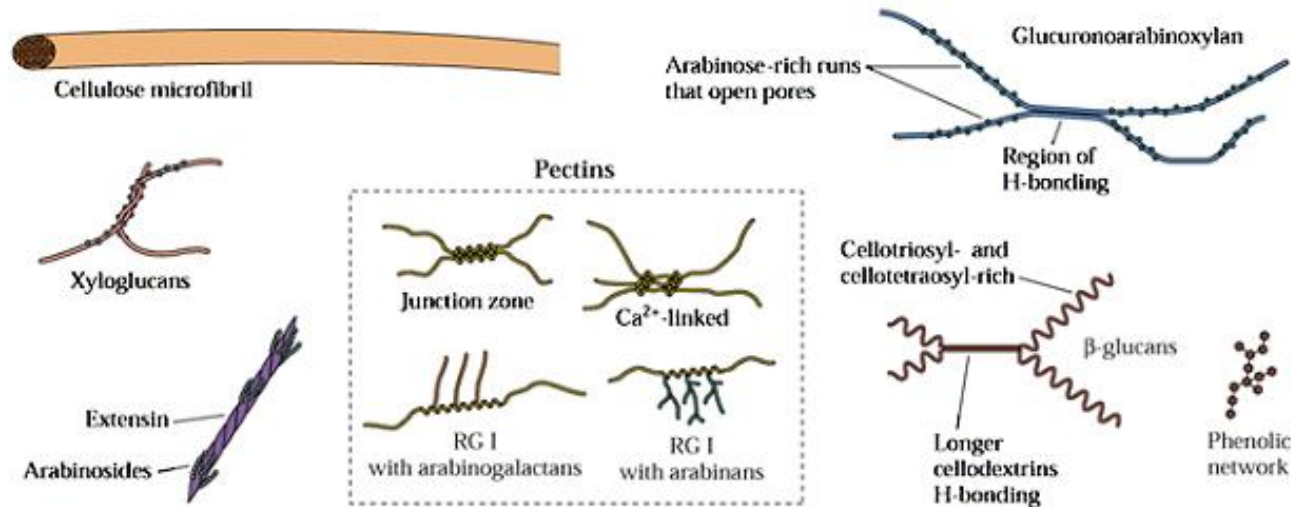
(A) Type I wall



(B) Type II wall



Key:



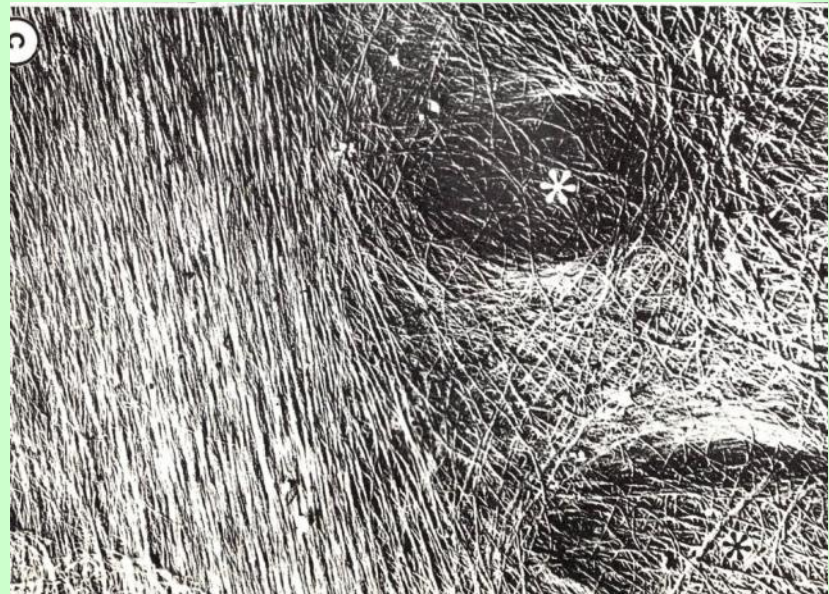
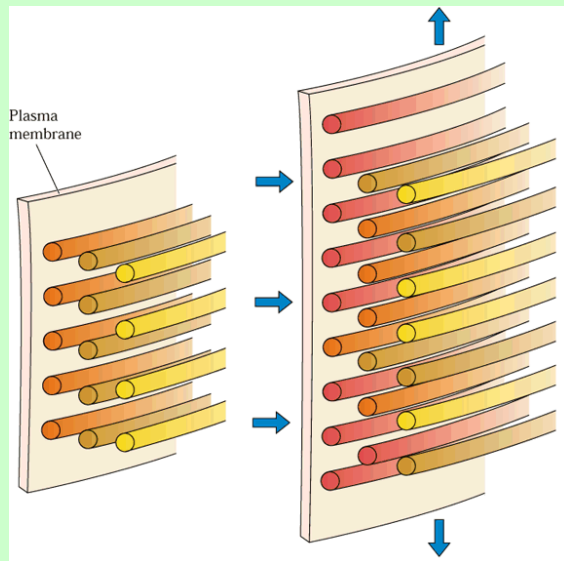
Růst buněčné stěny

Nutnost růstu buněčné stěny s růstem celé buňky

Růst buněčné stěny spojen se syntézou složek stěny a existencí turgoru

Difusní růst nejčastěji, vrcholový růst u specialisovaných buněk

Mechanismus růstu: rozvolnění matrix a celulosních mikrofibril ve starších částech stěny



Degradace buněčné stěny

Degradace BS jako součást vývojového programu rostliny:

Zrání a změkčování plodů (biotechnologie)

Klíčení

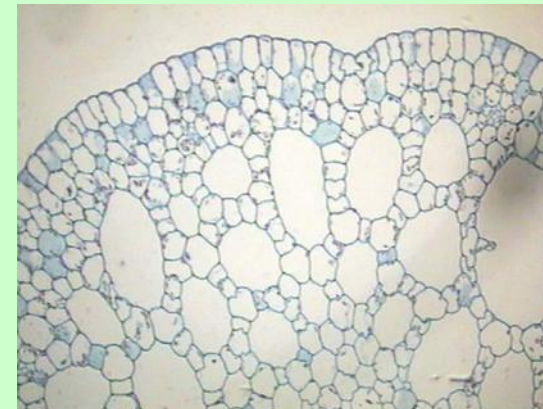
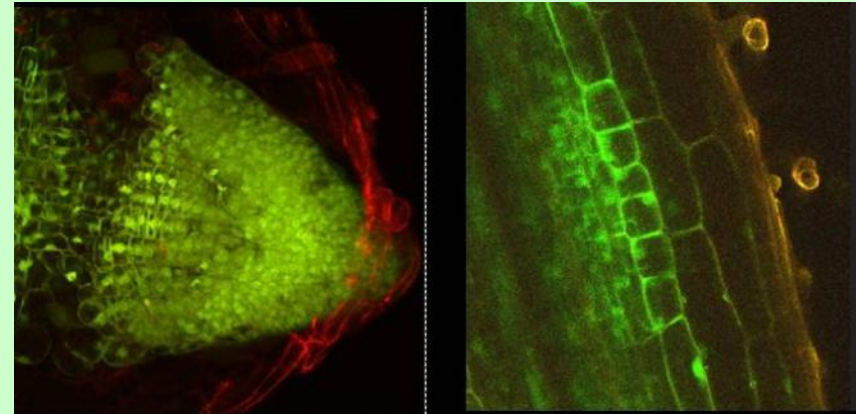
Růst postranních kořenů

Tvorba intercelulár lysigenním způsobem

Vznik cév

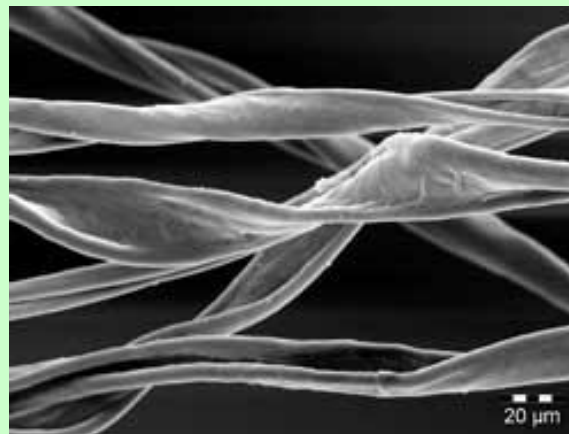
Pronikání pylové láčky do semeníku

Opad listů



Sekundární buněčná stěna

- U specialisovaných buněk
- Vždy je ukládána po ukončení růstu, dostředivě do buňky – do protoplastu
- Složení je jiné než u primární stěny:
 - Celulóza - až 40% (98% bavlník)
 - Glukuronoxylany, glukomanany
 - Pektiny – velmi málo
 - Proteiny – specifické funkce



Sklerenchym

Tvořen sklereidami nebo
sklerenchymatickými buňkami

Hlavní podpůrné (mechanické)
pletivo

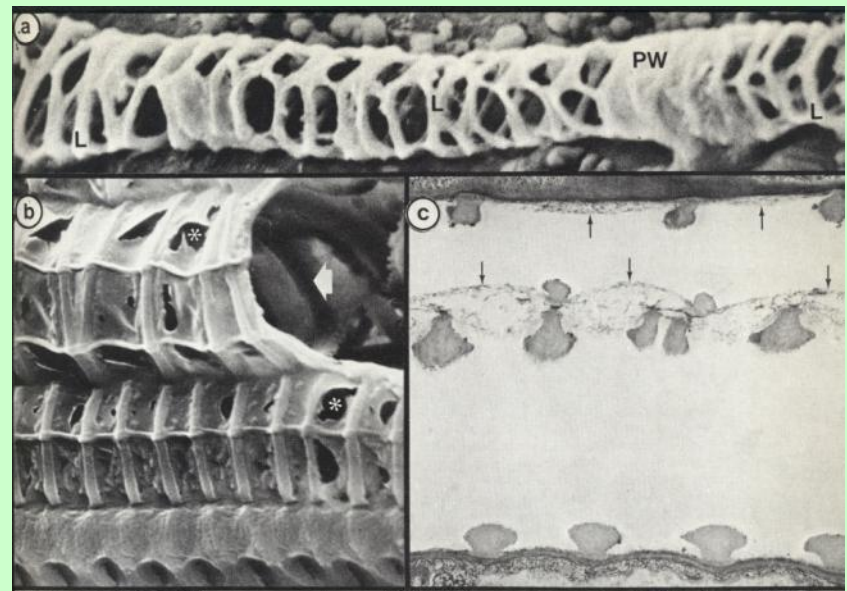
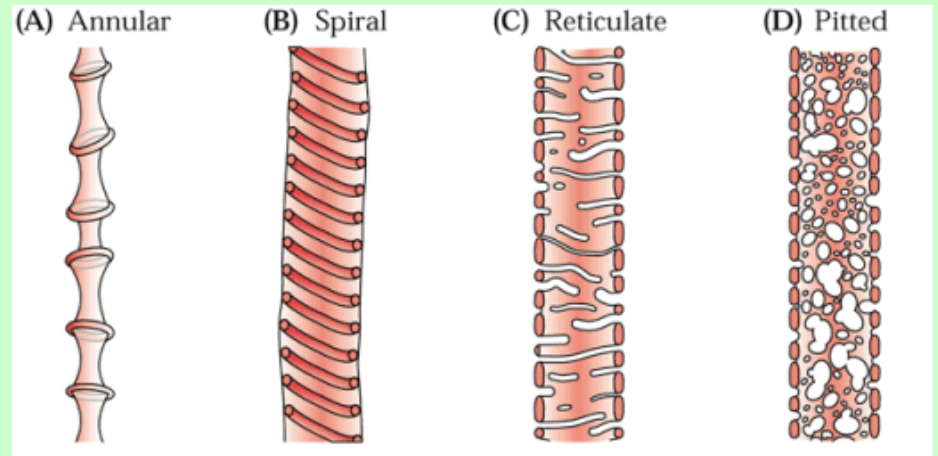
Sekundárně ztloustlá buněčná stěna
stejněměrně uložená, často fungují
již jako mrtvé (bez protoplastu)



Slovník rostlinné anatomie on-line

Cévní (tracheální) elementy

Nestejněměrné ukládání sekundární
buněčné stěny: cévní elementy,
hlavní součást dřeva



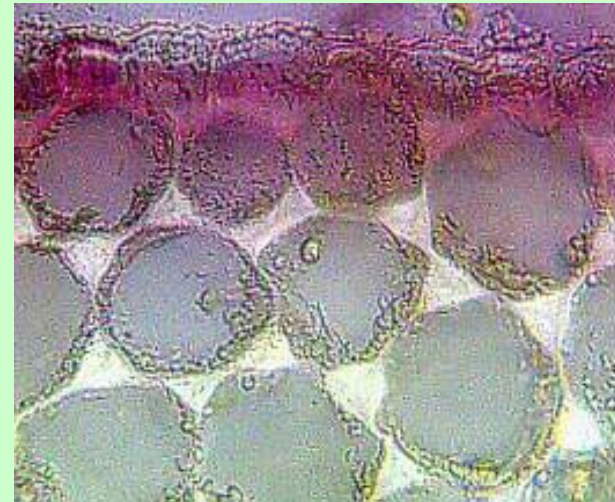
Kolenchym

Nestejněměrně ztloustlé buněčné stěny

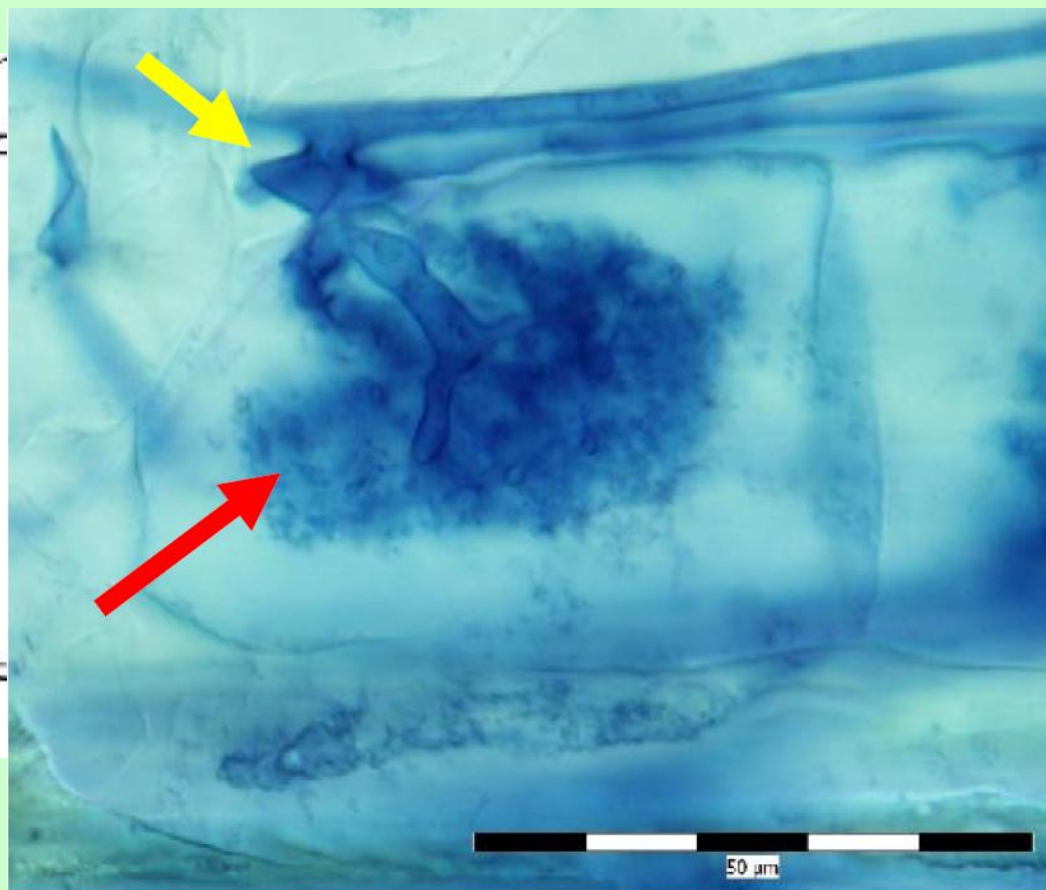
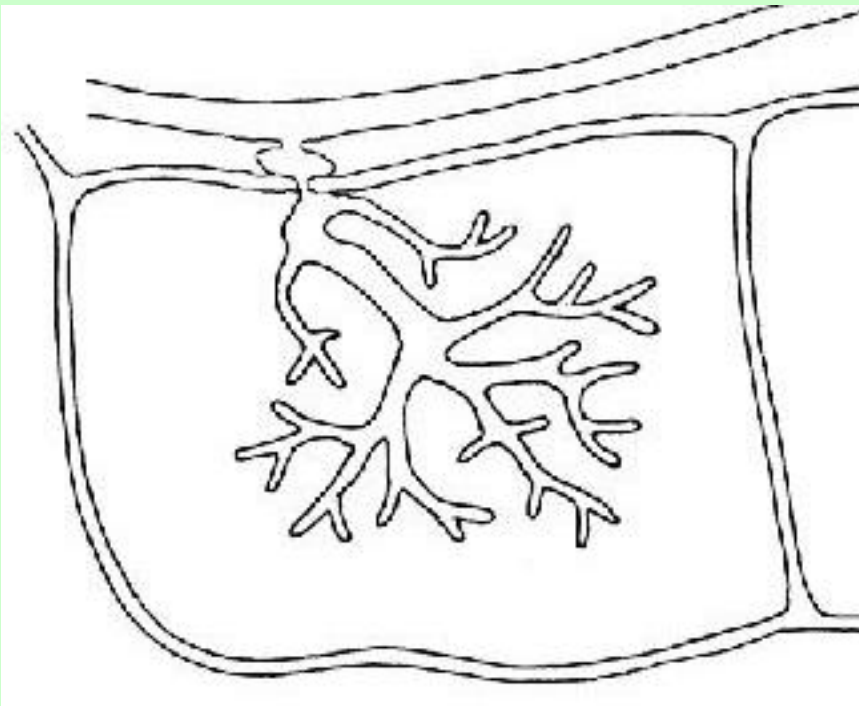
Charakter primární BS (málo celulosy, hodně pektinů)

Buňky mohou dále růst, zůstávají živé

Pružné mechanické pletivo



Buněčná stěna při endomykorhize



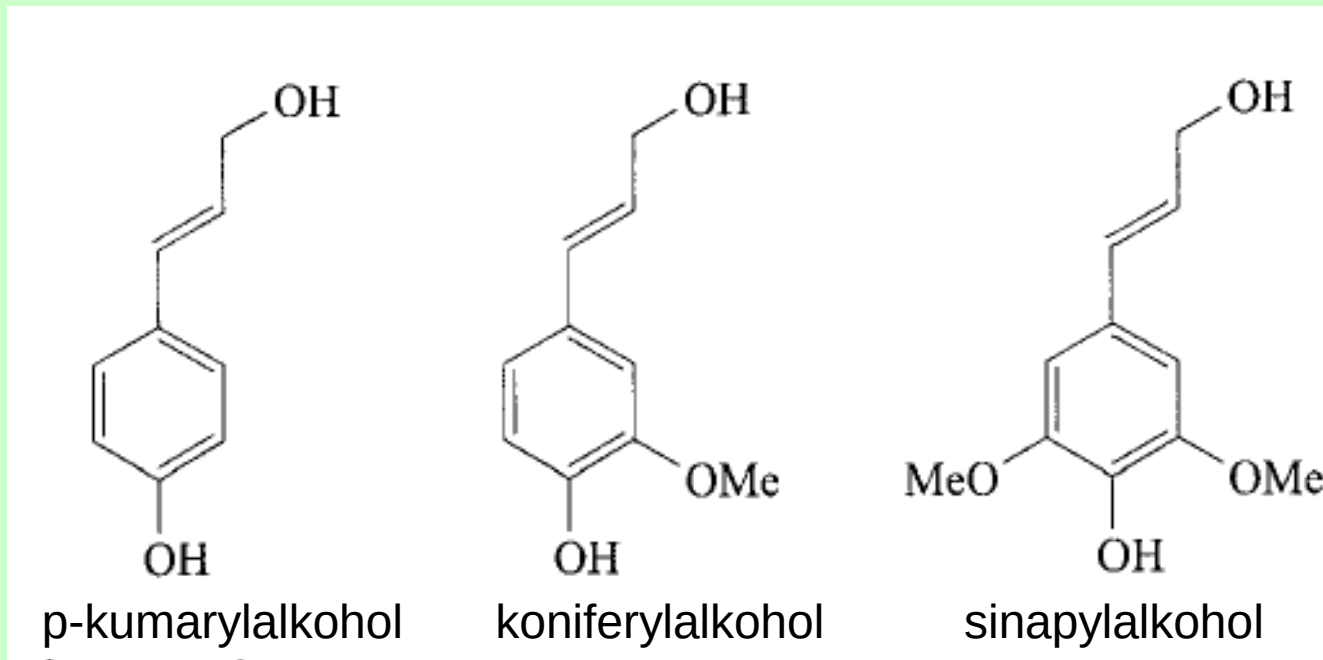
© M. Vohník, J. Albrechtová, D. Bartáková, UK PŘF Praha

Lignifikace - dřevnatění

Lignin (dřevovina):

Druhý nejrozšířenější biopolymer na Zemi (po celulóse), tvoří 20-30% hmoty rostlin

Složitý heteropolymer navzájem spojených molekul aromatických látek – monolignolů (deriváty fenylnopropanu)



Suberinisace – ukládání korku

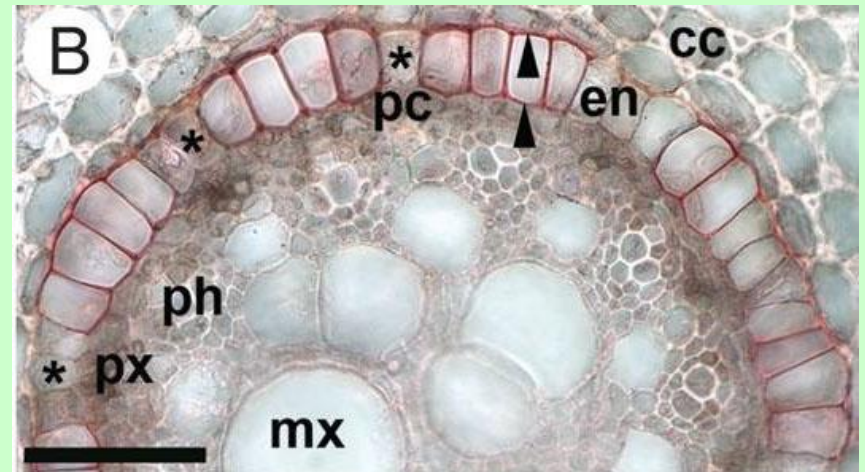
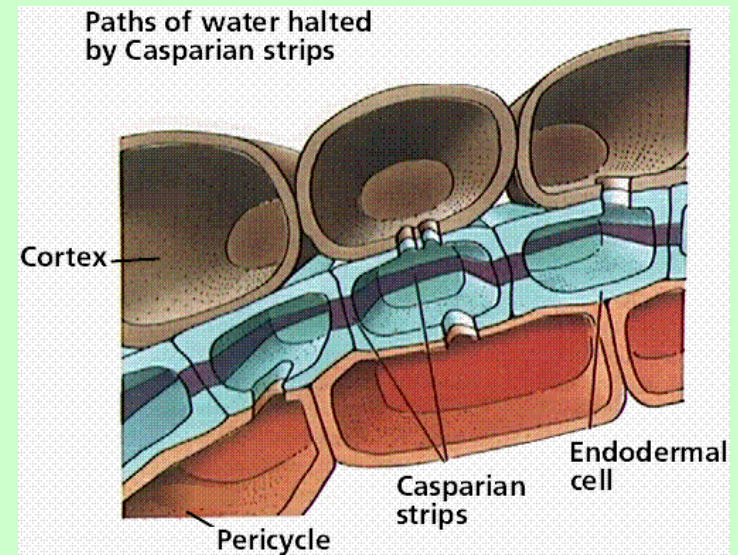
Hydrofobní polymer - výskyt:

Krycí pletiva – suberoderm (korek)

V endodermis tvoří Caspariho proužky (apoplastická bariéra)

Listová jizva: v buňkách v místě opadu listu se vytváří suberinová vrstva jako ochranná jizva.

Hlízy bramboru: tvorba korku jako odpověď na poranění



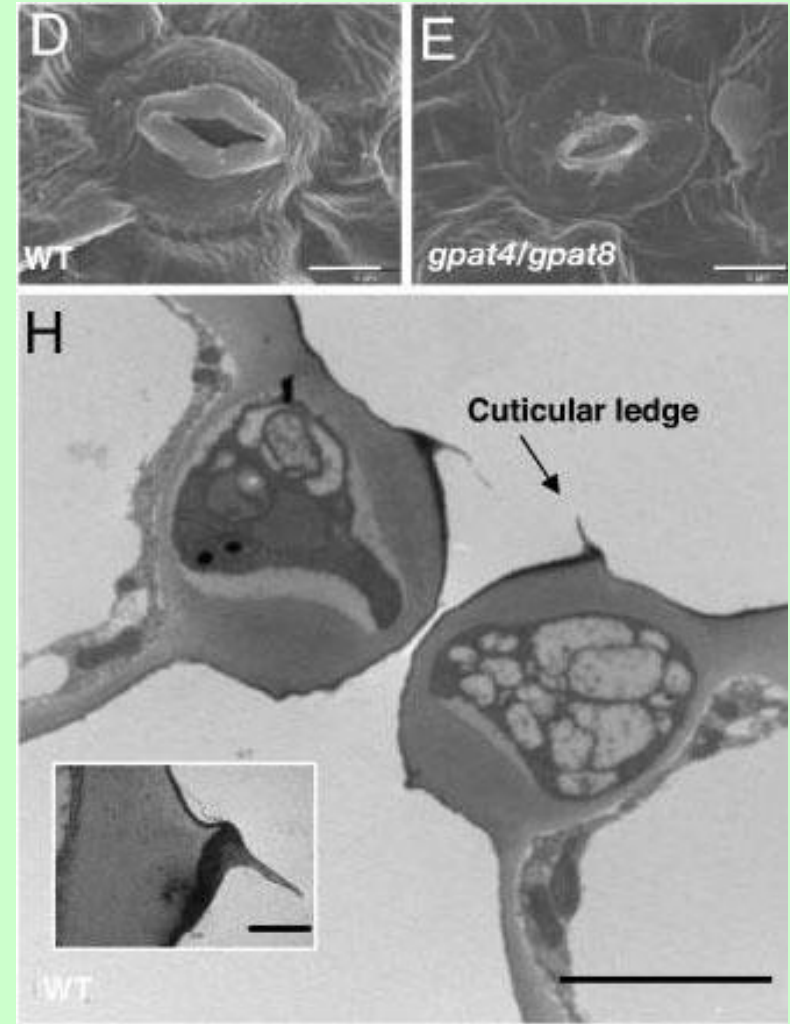
Kutin

Polymer tvořený hydroxylovanými mastnými kyselinami C16 a C18, které jsou propojené esterifikací (**lipidový polyester**)

Tvoří tuhou hydrofobní vrstvu na povrchu krycích pletiv - kutikulu

Kutin dodává povrchům elasticitu spíše než ochranu proti ztrátě vody

Výskyt hlavně v nadzemních částech rostlin



Vosky

Směsi dlouhých řetězců karbohydrátů, aldehydů, alkoholů, kyselin a esterů, odvozených téměř vždy od mastných kyselin – **látky lipidického charakteru**

Vyskytují se velmi často společně se suberinem a kutinem:

Epikutikulární a intrakutikulární vosky

Hlavní látky zajišťující ochranu před ztrátou vody

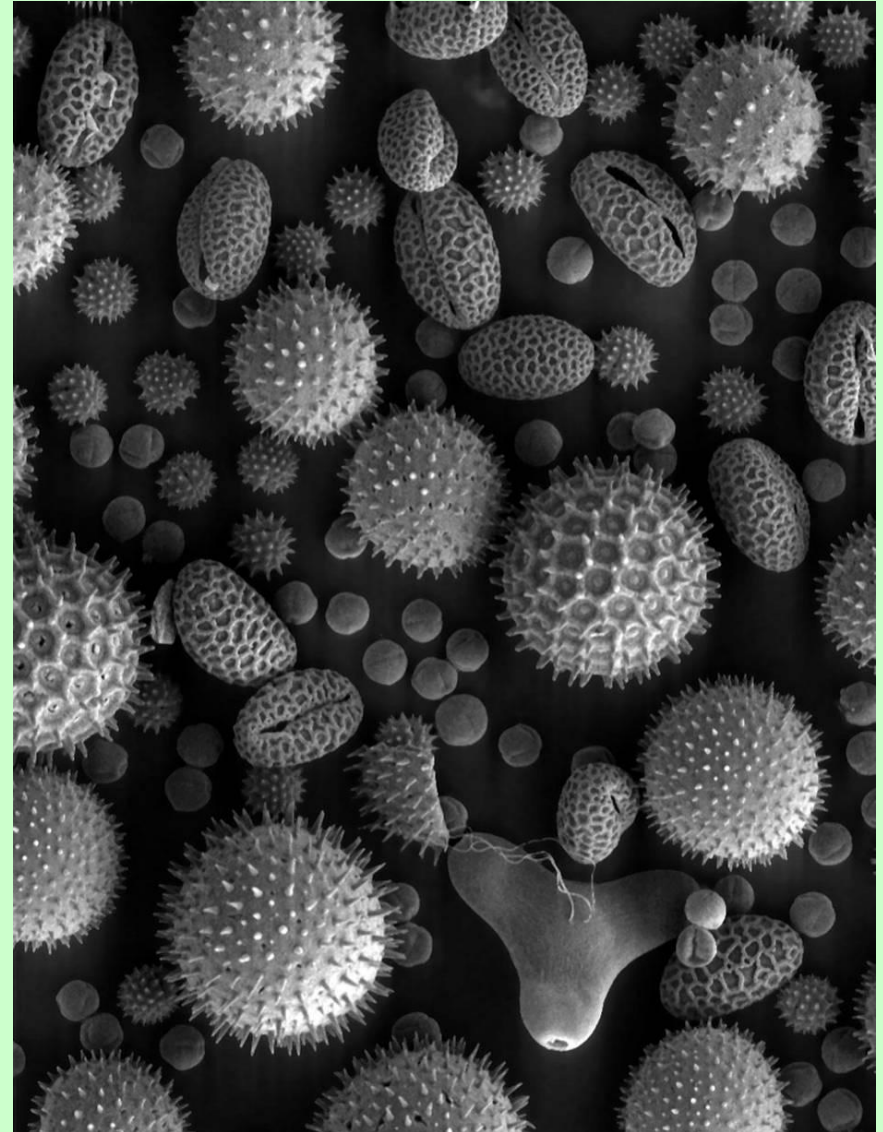


Sporopoleniny – obal pylových zrn

Exina: buněčná stěna zralého pylu

Sporopoleniny: polymery mastných kyselin a fenylypropanových derivátů

Výjimečná odolnost vůči degradaci (pylová analýza sedimentů), role v opylení



Inkrustace buněčných stěn

Ukládání anorganických složek do buněčné stěny

Nejčastěji jsou to křemičitany (trávy, přesličky, ostřice) a uhličitan vápenatý



Jerome Prohaska, 2007,

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Urtica_dioica_stinging_hair.jpg



Image Credit: Ryan McMillen,
Southern Illinois University,
Date Created: 2/6/2006

Plasmodesmy

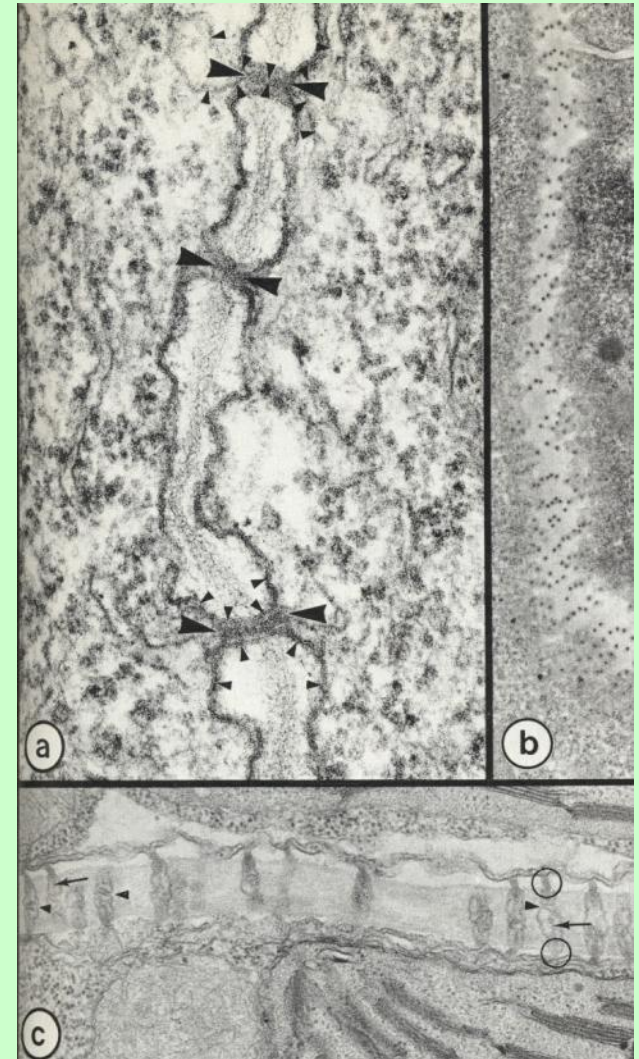
(j.č. plasmodesmus, m.r.)

Symplastické spojení mezi protoplasty rostlinných buněk

Plasmodesmy jsou tvořeny kanálky skrze buněčnou stěnu o průměru 40-50 nm.

Plasmodesmy propojují téměř všechny buňky v rostlině s výjimkou:

- spojení mezi sporofytem a gametofytem
- mezi mateřskými pletiví a embryem
- mezi svěracími buňkami průduchů a epidermálními b.
- mezi komplexem sítkovic/průvodních buněk sítkovic a ostatními buňkami na cestě od zdroje k sinku



Plasmodesmy - struktura

Desmotubulus

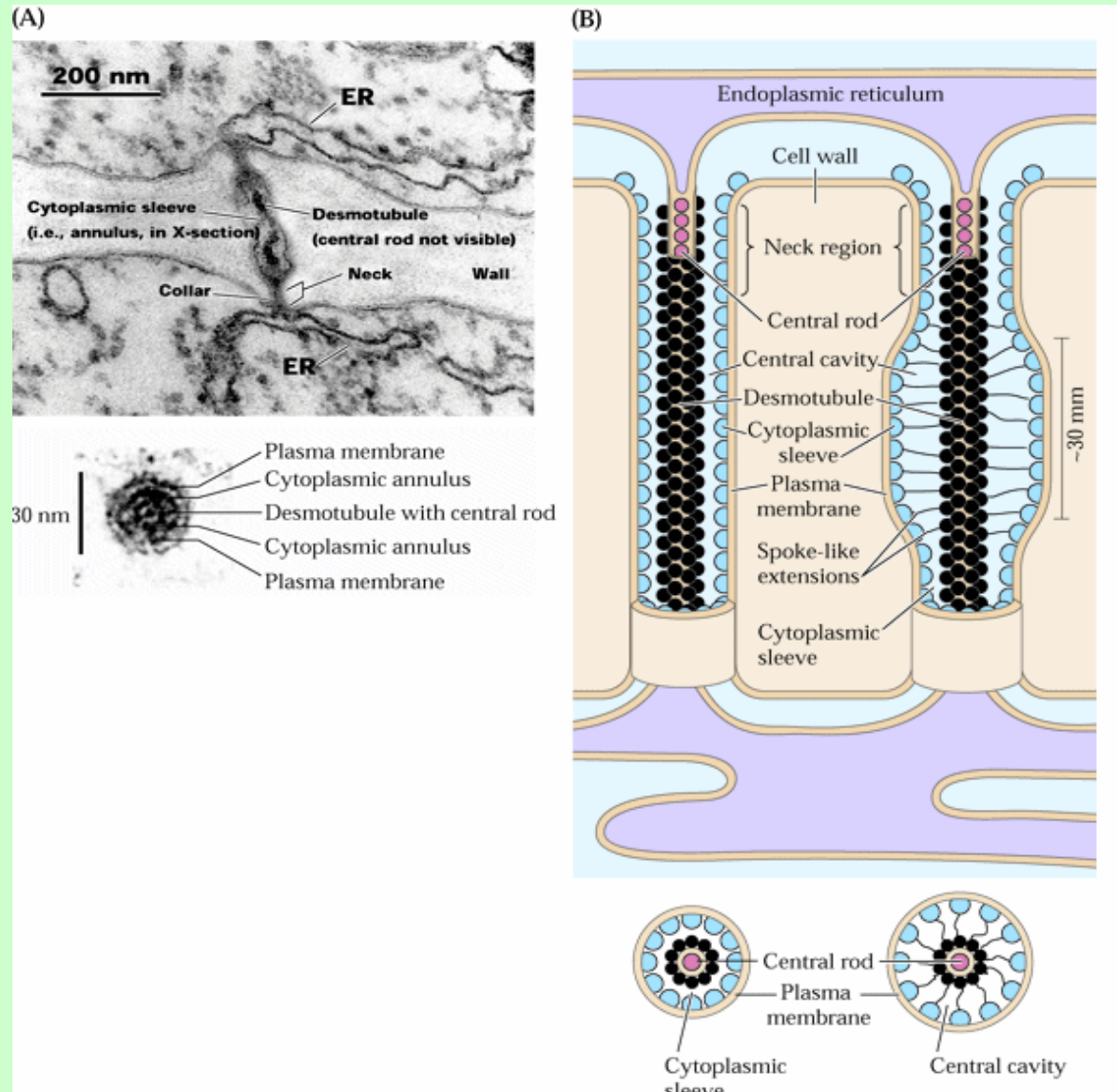
Cytoplasmatický
rukáv

Globulární proteiny a
příčné spojky

Centrální tyčinka

Krček a centrální
dutina

Límeček



Plasmodesmy - funkce

Pasivní transport: cytoplasmatický rukáv a membrány ER

Aktivní transport: předpokládáme specifický transport za základě signálu, mechanismus není znám

Prokázán transport:

- malých RNA
- regulačních proteinů (transkripční faktory regulující vývoj rostlin)
- patogenních RNA
- virů

Otevírání a zavírání plasmodesmů:

Zvýšená koncentrace Ca^{2+} iontů – aktivace kalosa synthasy – uzavření plasmodesmů polysacharidem kalosou

Vyšší rostliny – díky plasmodesmům „nadbuněčné organismy“?

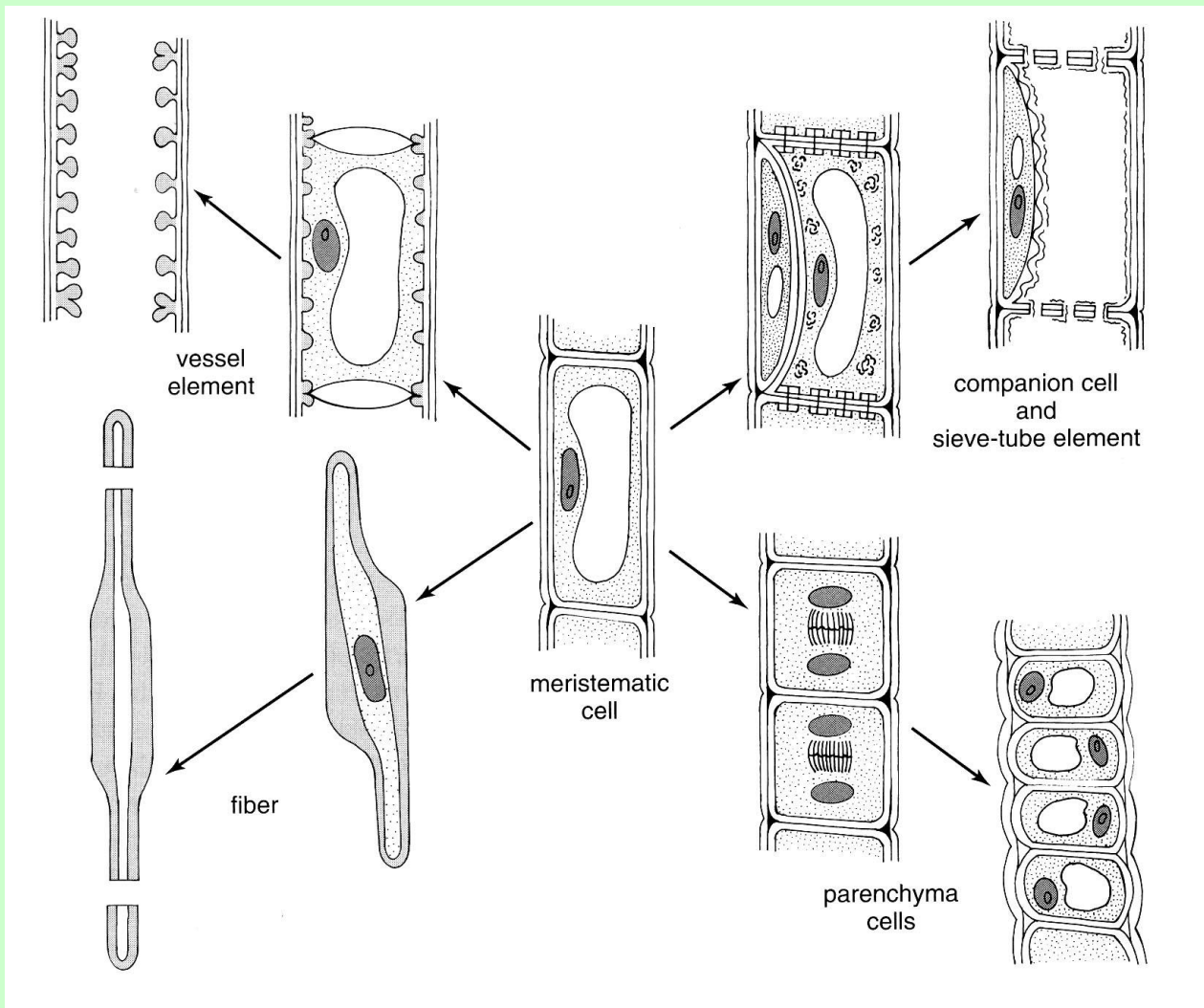
Vyšší rostliny jsou mnohobuněčné organismy, jejich těla jsou tvořena orgány a orgány se skládají z pletiv.

Pletiva (u živočichů tkáně) jsou skupiny vzájemně spojených buněk, které se odlišují tvarem a funkcí od jiných skupin buněk.

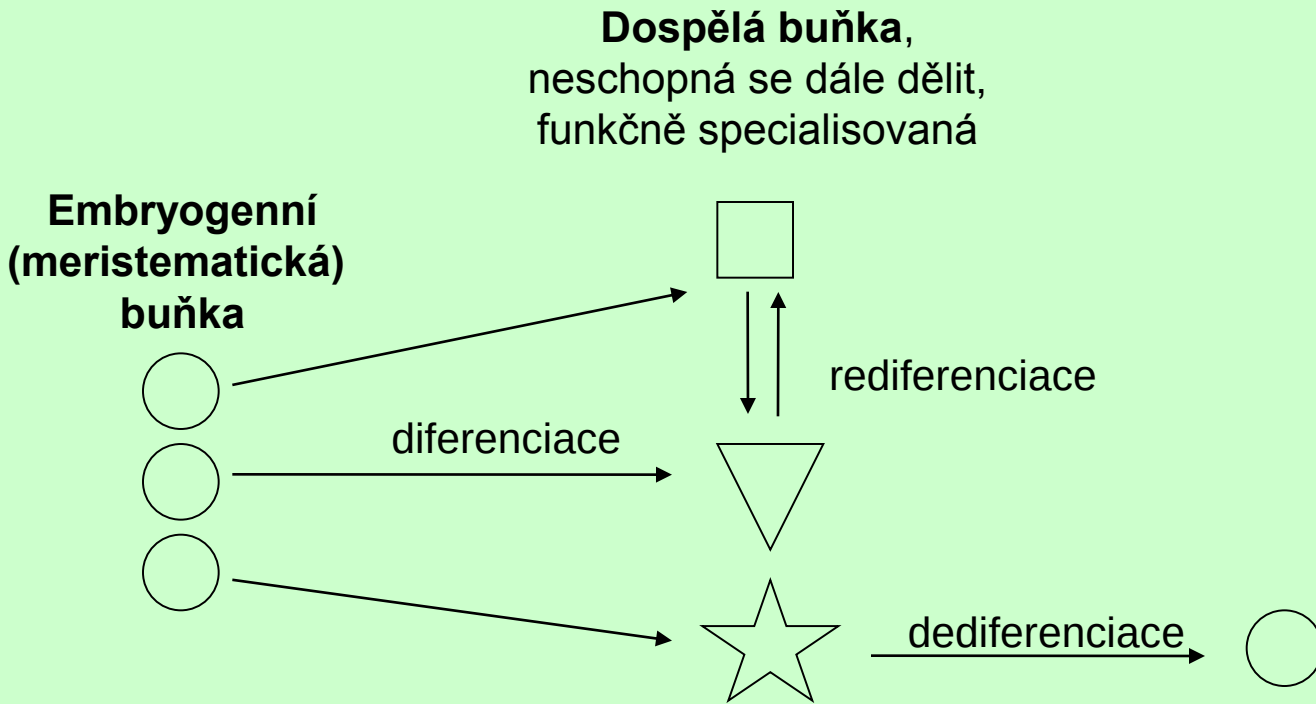
U rostlin lze především rozlišovat pletiva dělivá (meristémy) a pletiva trvalá, plnící různé specialisované funkce.

Morfogenese buněk

= vývoj tvaru, změna tvarových vlastností



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



Diferenciace buněk: Vratnost diferenciace:

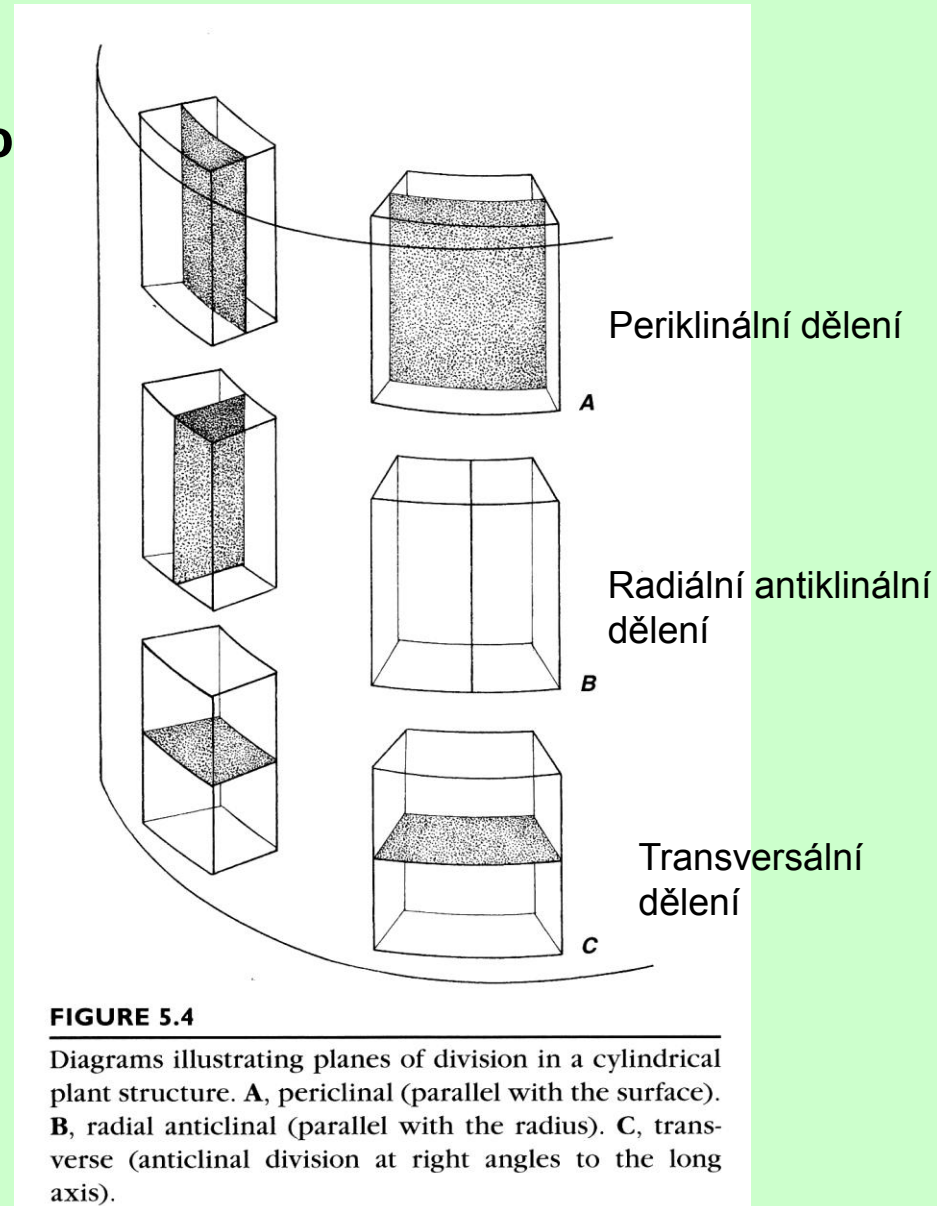
- růst buňky
- tvarová specialisace
- funkční specialisace
- často zvýšení ploidie

dediferenciace
rediferenciace

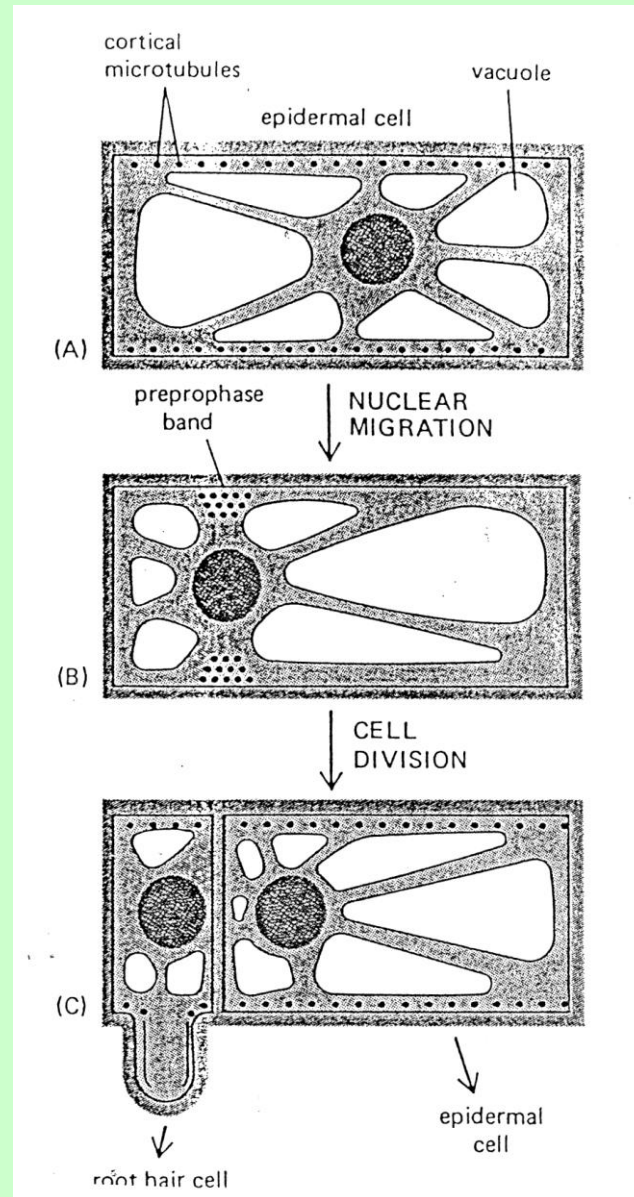
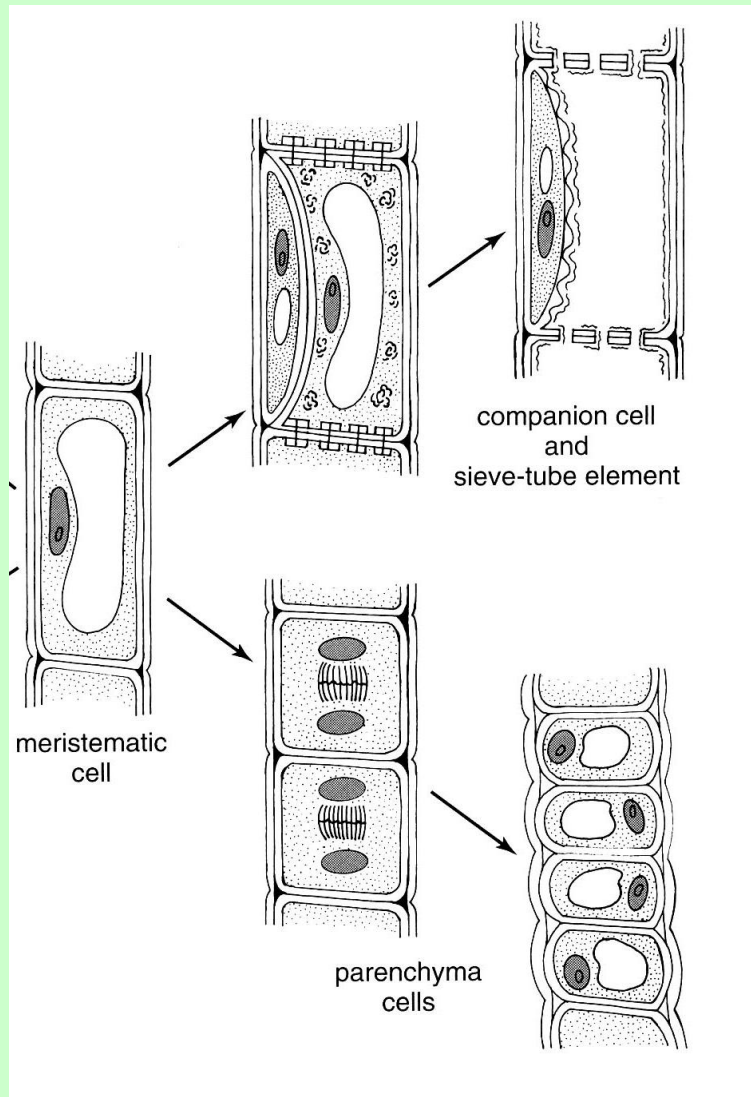
Totipotence resp. pluripotence

Vývoj tvaru orgánů rostliny a celého rostlinného těla:

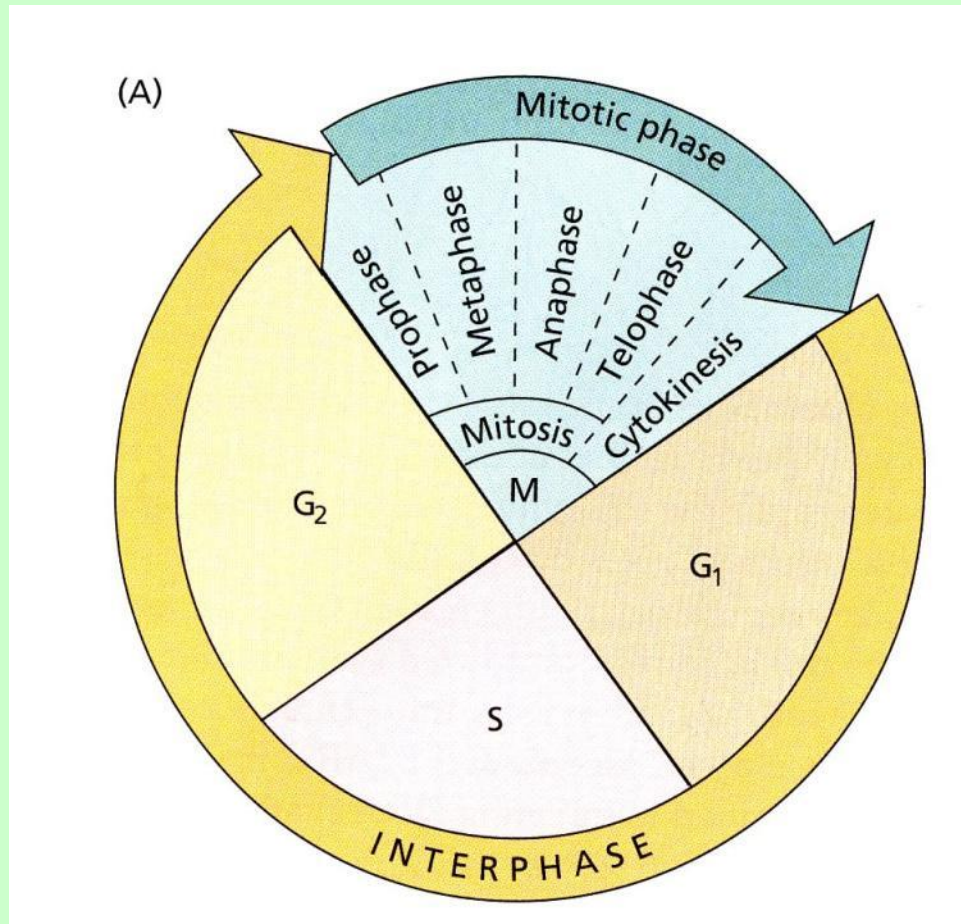
- Neexistence morfogenetických pohybů → závislost na způsobu dělení a růstu buněk
- Dělení a růst ovlivněny:
 - posicí buňky v pletivu
 - vnějšími signály
- Role programované buněčné smrti



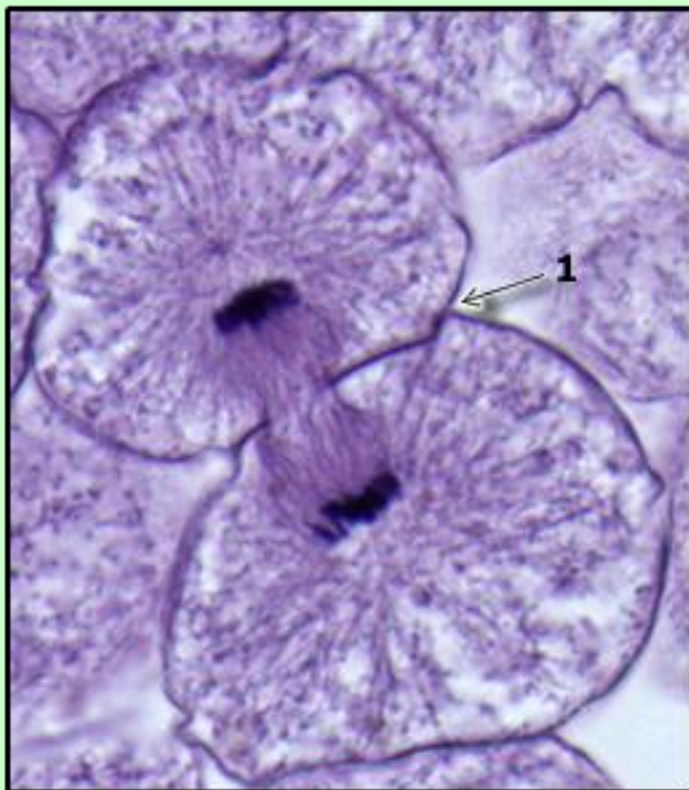
Ekvální a inekvální dělení buněk



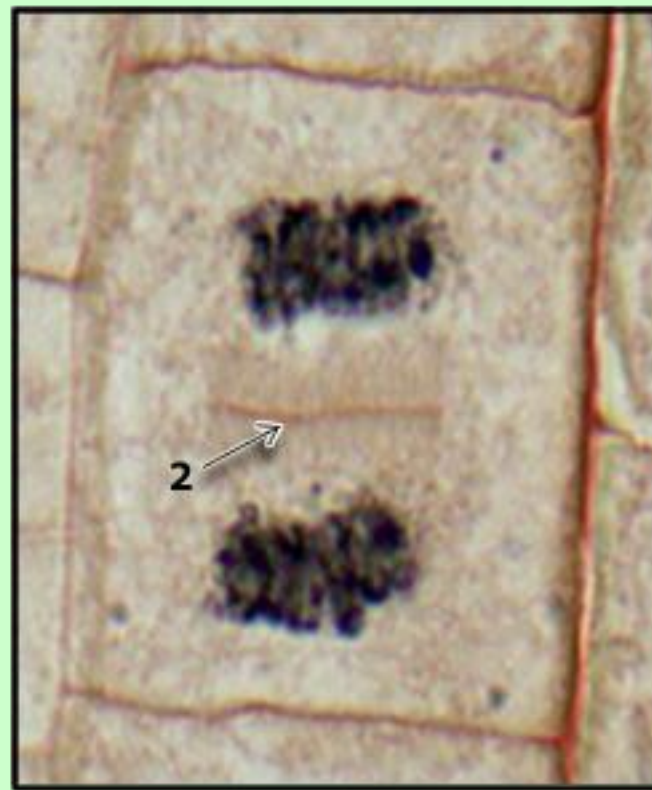
Buněčný (jaderný) cyklus



Buněčné dělení u živočichů a u rostlin

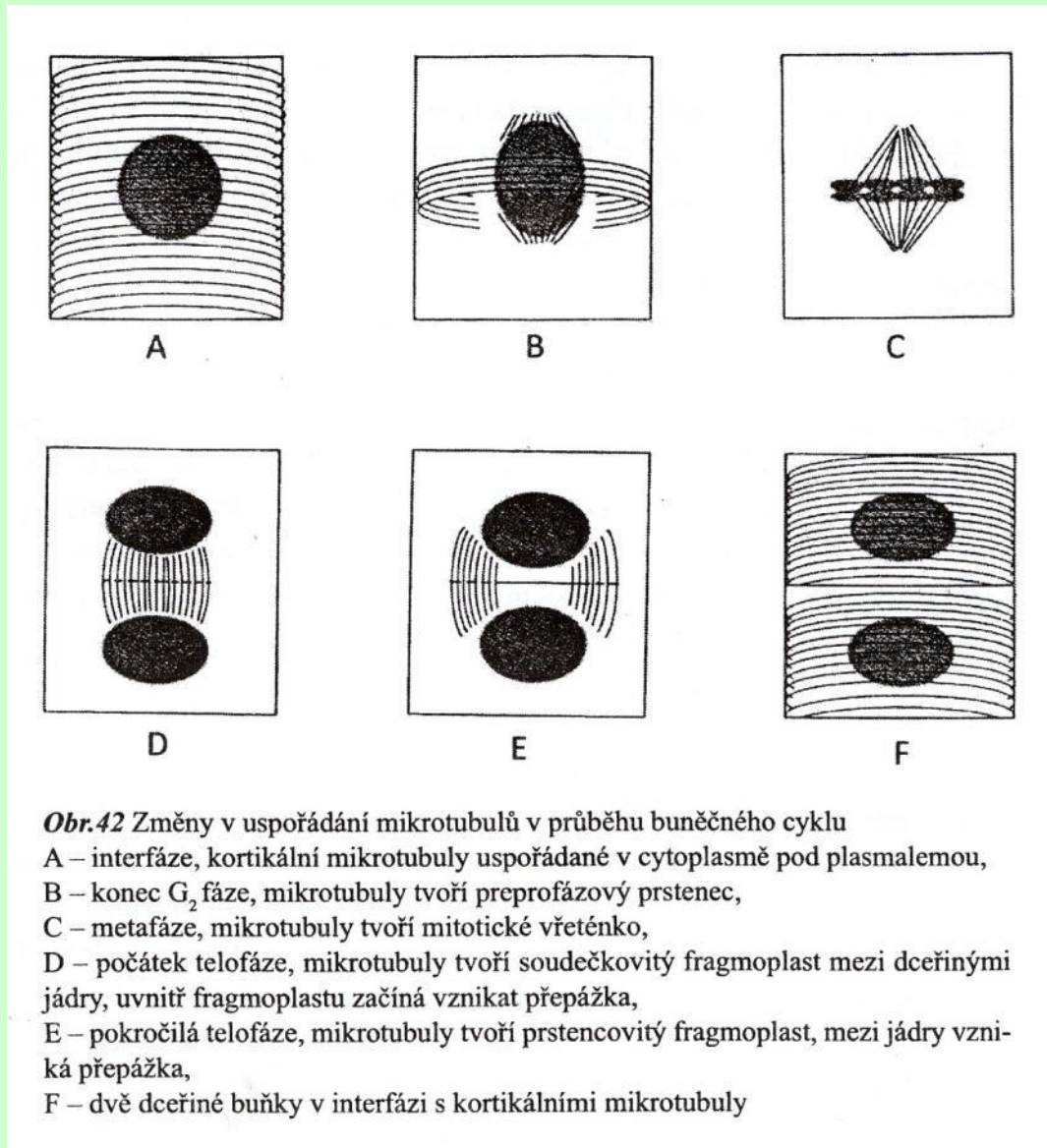


Animal Cell

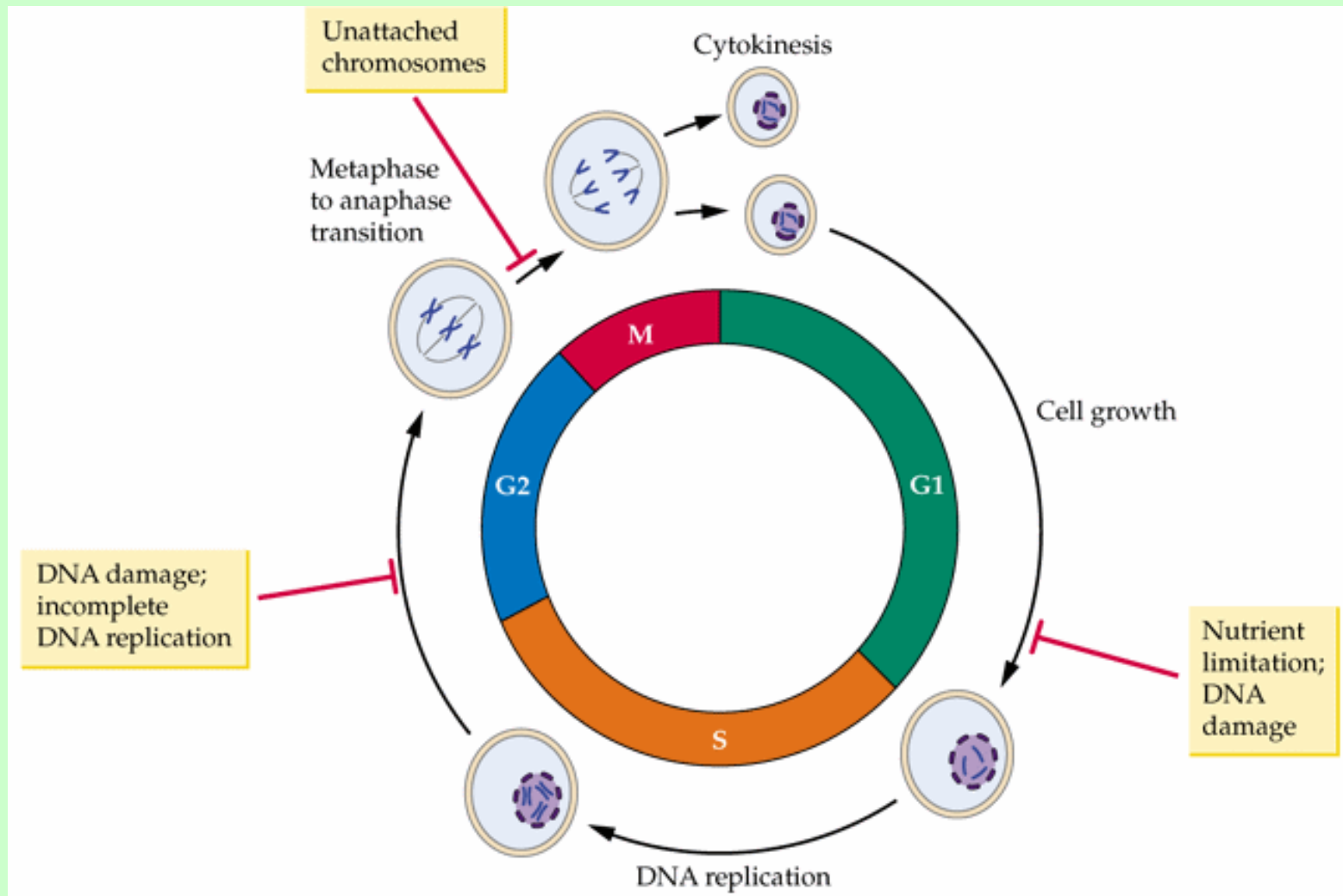


Plant Cell

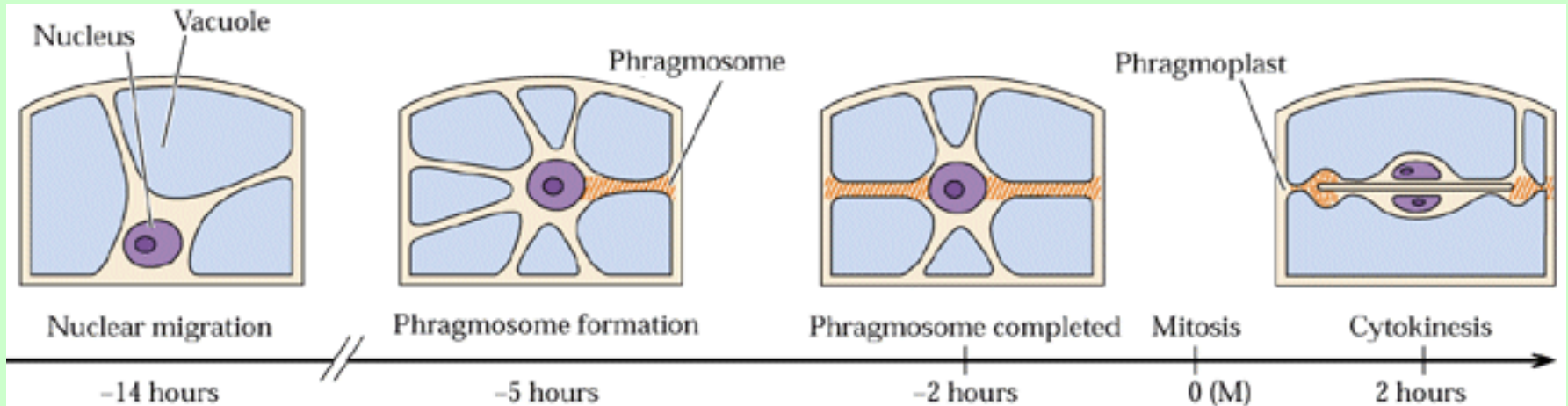
Změny v uspořádání mikrotubulů v průběhu buněčného cyklu



Buněčný cyklus - kontrolní body



Fragmosom



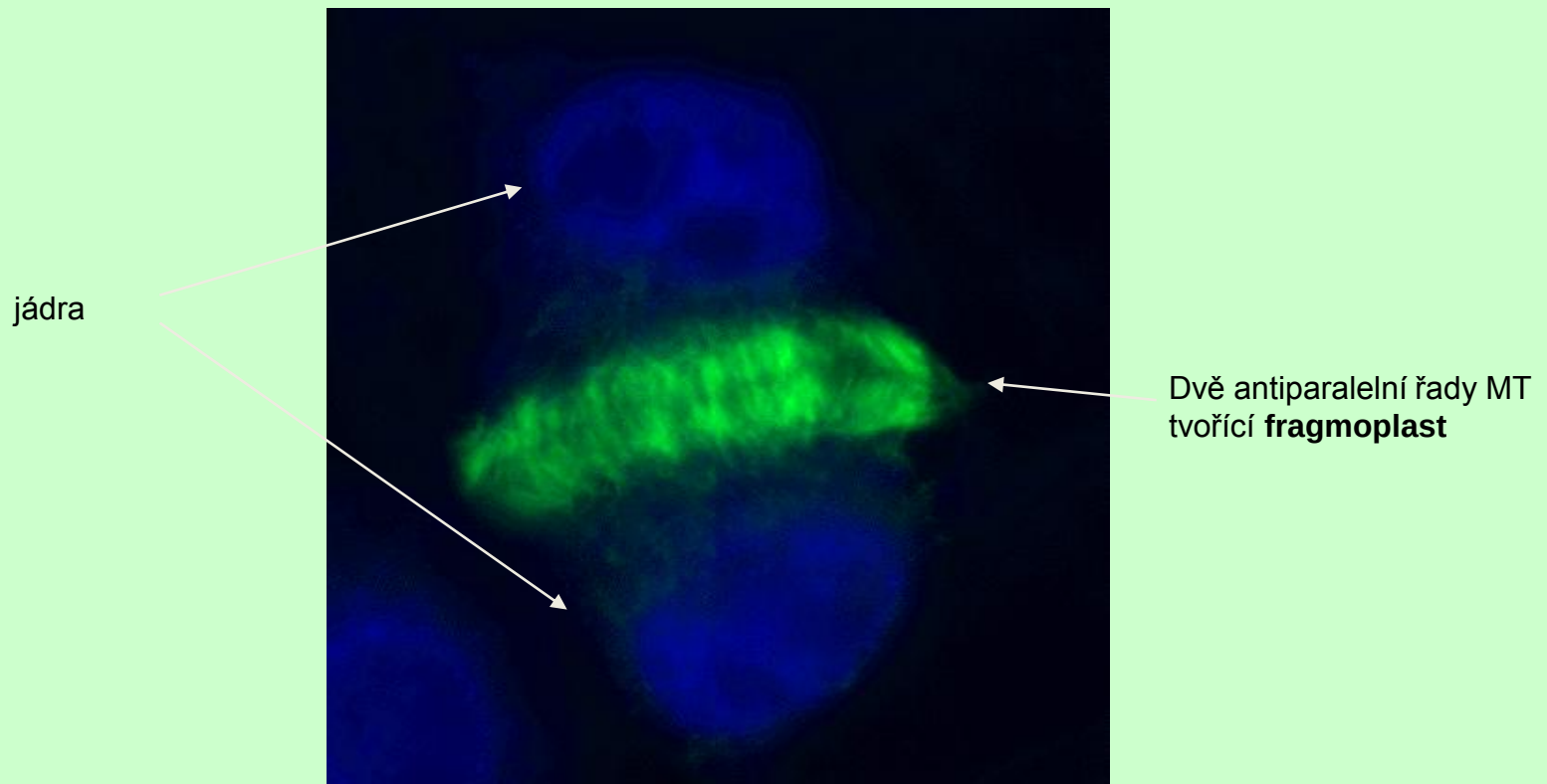
Fragmosom:

Tenká vrstva cytoplasmy, která se vytváří před dělením vakuolisovaných buněk

Před dělením dochází k migraci jádra do místa jaderného dělení za pomoci cytoskeletu. Vrstva cytoplasmy kolem jádra v rovině budoucího dělení = fragmosom. Obsahuje mikrotubuly a aktin.

Buněčné dělení rostlinné buňky

Fragmoplast – specialisovaná rostlinná struktura, zajišťující lokalisovanou fusi váčků v místě vzniku buněčné stěny během buněčného dělení.



Růst rostlinných buněk:

typický je **růst nespojený s dělením buněk, objemový růst**,
(díky vakuolisaci), **apikální nebo difusní**

Apikální růst

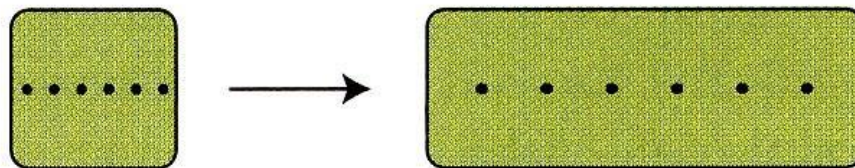
Marks on
cell surface

Cell expansion



Difusní růst

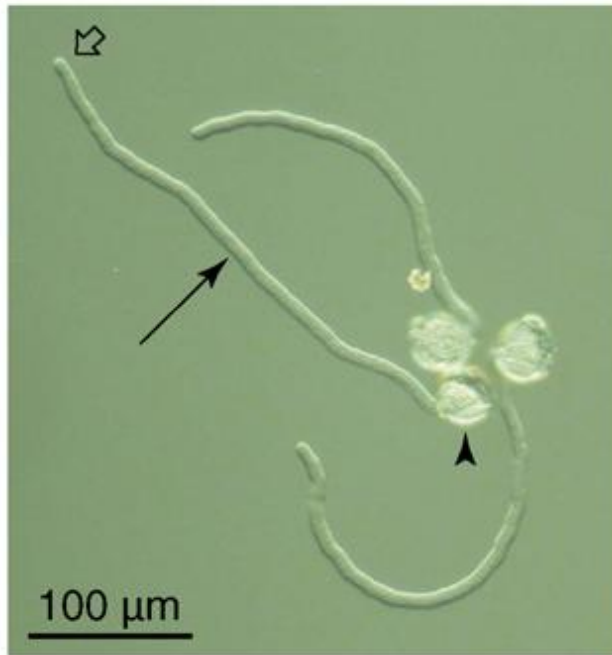
(B) Diffuse growth



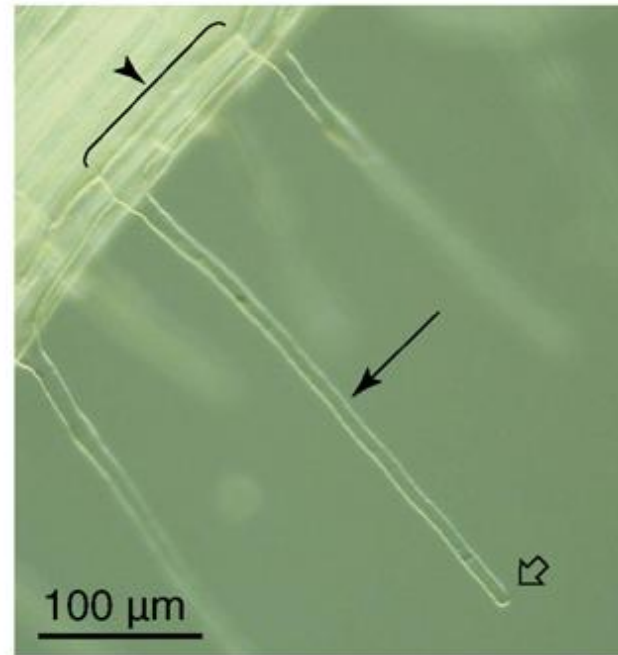
Apikální růst:

Např. pylové láčky, kořenové vlásky, rhizoidy řas.

(a) Tobacco pollen tubes



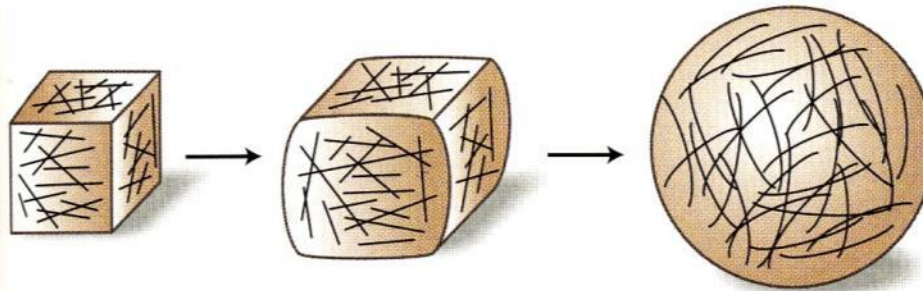
(b) Arabidopsis root hairs



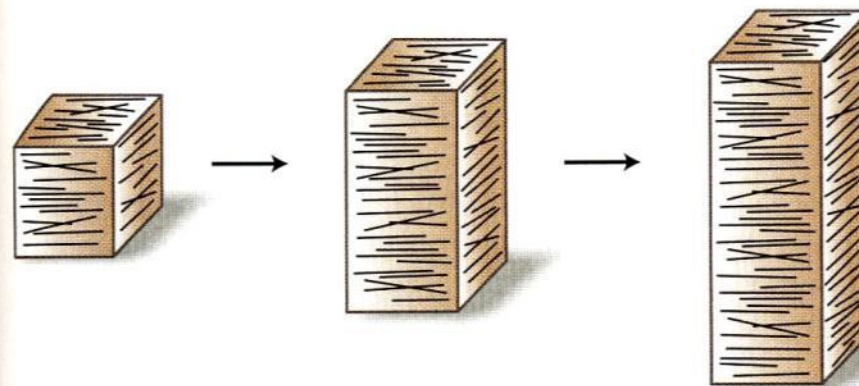
Difusní růst

Směr expanse difusním růstem u rostlinných buněk je dán strukturou buněčné stěny:

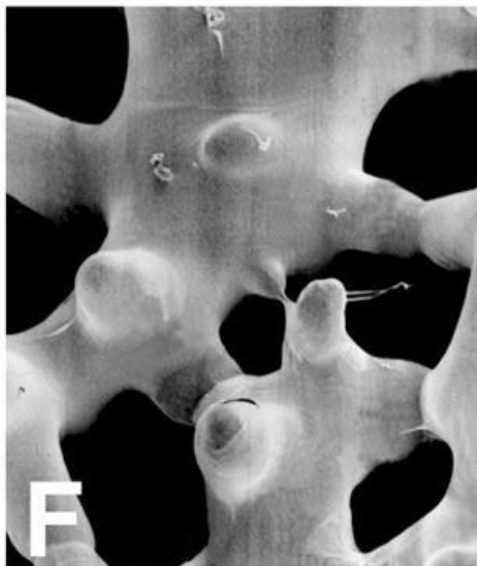
Náhodně orientované celulózní mikrofibrily:



Transverzálně orientované celulózní mikrofibrily:



Nepravidelné tvary buněk



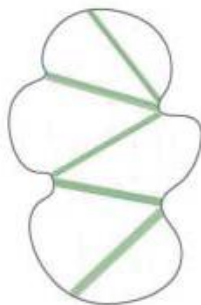
Buňky mesofylu (hledík)



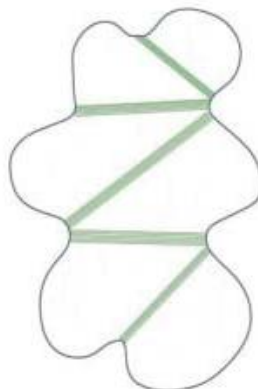
Buňky mesofylu (borovice)



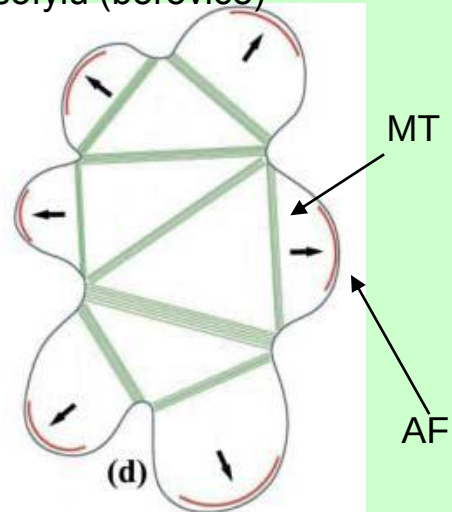
(a)



(b)



(c)



New Phytologist (2005) 167:721–732

Senescence buněk a pletiv

Je to většinou pomalý a přesně regulovaný proces, během kterého jsou živiny a další látky odváděny ze stárnoucích pletiv do mladších nebo vytrvávajících částí rostliny. V konečných fázích se uplatňuje programovaná buněčná smrt (PCD).

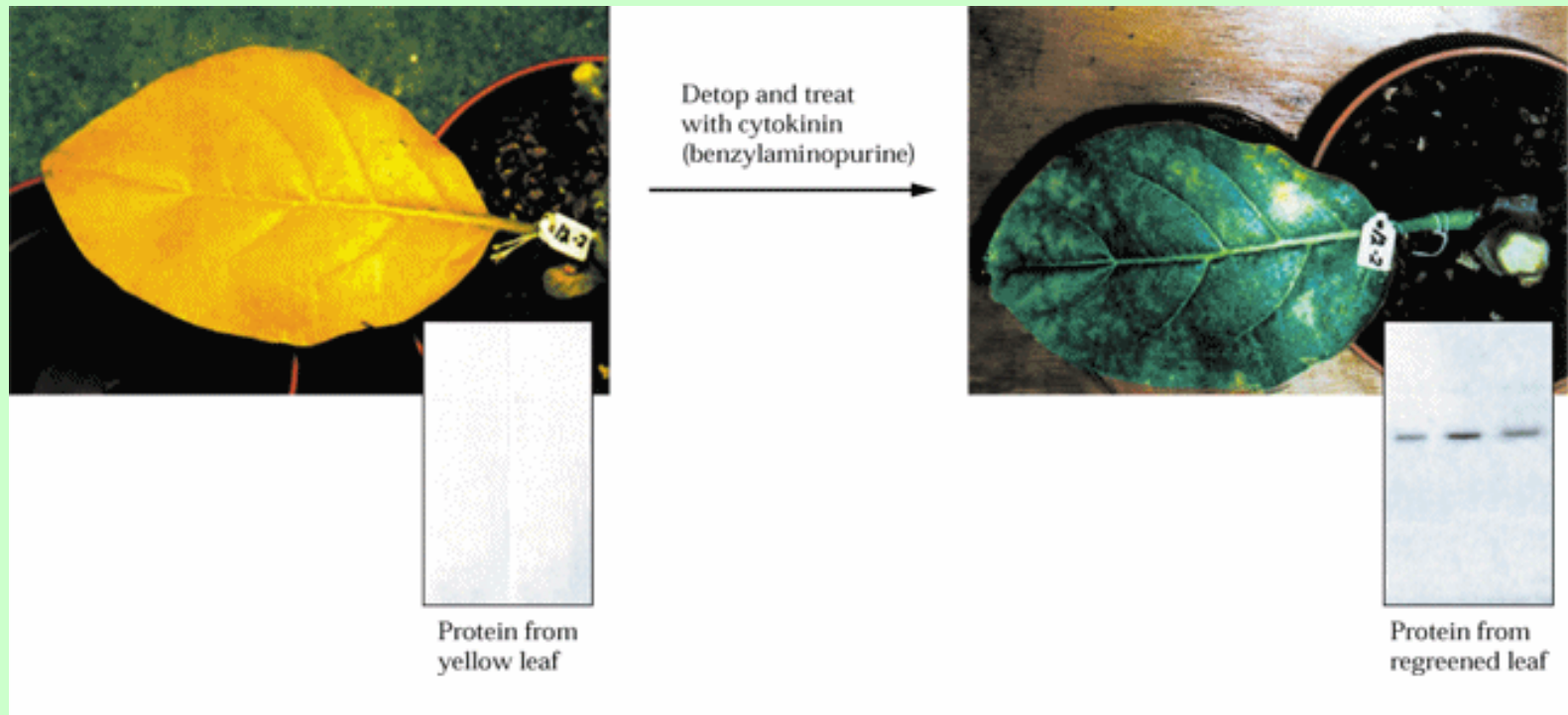
Proces senescence je dobře popsán u listů. Během **senescence listů** dochází:

- k rozkladu bílkovin a chlorofylu
- k transportu metabolitů do vytrvávajících částí rostliny
- chloroplasty se mění nevratně na gerontoplasty
- rychlost fotosynthesy klesá
- zvyšuje se rychlost dýchání (poskytuje energii pro další procesy).
- aktivovány specifické metabolické cesty
- v konečných fázích dochází k odumření buněk způsobem, který nese znaky PCD, a u dřevin k opadu listů

Regulace procesu senescence fytohormony: ethylen urychluje senescenci, cytokininy inhibují procesy vedoucí k senescenci.

Senescence buněk

Senescence je do jisté míry vratný proces. Příklad - znovuzezelenání listů:



Gerontoplast ve stárnoucím listu fazolu



Programovaná buněčná smrt (PCD, programmed cell death)

- fysiologický děj, jehož nástup a průběh je organismem regulován
- probíhá dle programu s jasným sledem událostí morfologických a biochemických
- vyžaduje proteosynthesu, energii, aktivaci specifických genů a specifických signálních drah

Různé typy PCD jsou řízeny vlastním genetickým programem.

Apoptosa: druh PCD známý především u živočichů; některé charakteristické znaky pro apoptosu **u rostlin nenacházíme**. Typická je tu **autofagie**.

Signalisace: během PCD se účastní Ca^{2+} ionty, NO, ROS (reaktivní formy kyslíku) a cytochrom c.

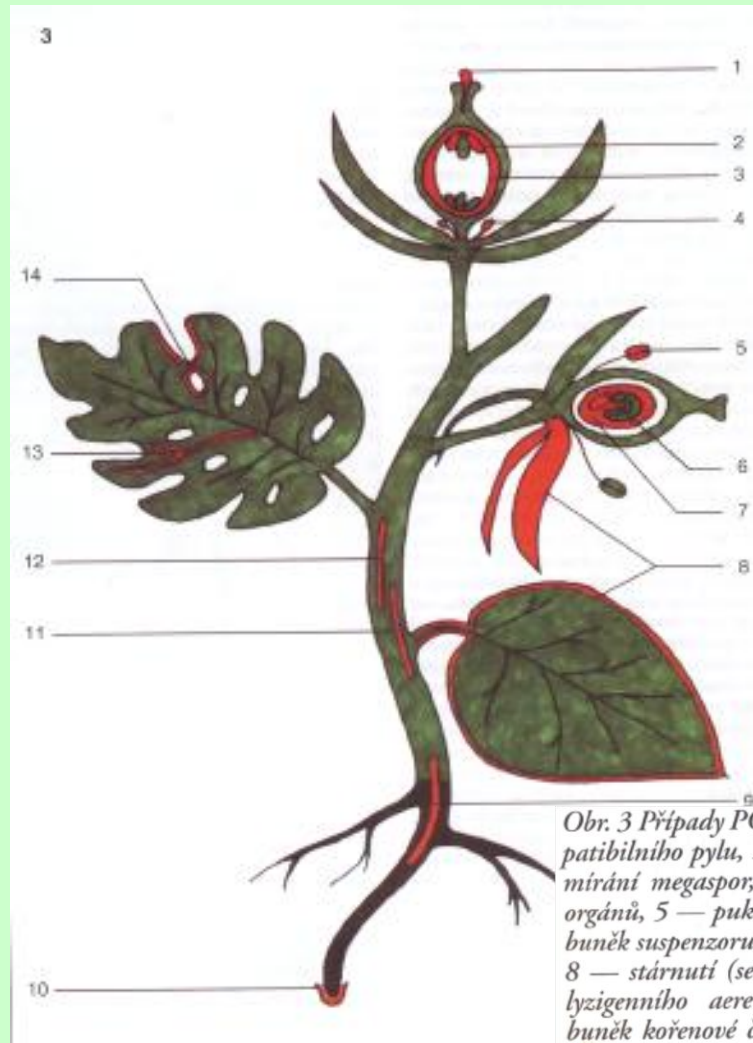
Programovaná buněčná smrt (PCD) u rostlin:

- je normální součástí vývoje rostliny

Například: PCD v generativních orgánech; odumírání suspensoru, endospermu; vznik cévních elementů, sítkových elementů; vznik pryskyřičných kanálků; vznik některých typů perforovaných listů; senescence.

- nebo je spouštěna jako odpověď na působení vnějších faktorů

Například hypersensitivní reakce na patogeny; vznik aerenchymu.



Obr. 3 Případy PCD u rostlin. 1 — smrt inkompatibilního pylu, 2 — smrt synergid, 3 — odumírání megaspor, 4 — odumírání pohlavních orgánů, 5 — pukání prašníků, 6 — odumírání buněk suspensoru, 7 — odumírání endospermu, 8 — stárnutí (senescence) a opad, 9 — vznik lyzigenního aerenchymu, 10 — oddělování buněk kořenové čepičky, 11 — vznik sítkových elementů, 12 — vznik cévních elementů, 13 — hypersenzitivní reakce, 14 — vznik perforovaných a vykrajovaných listů. Orig. Z. Lenochová, D. Bartáková

Lenochová, Kuthanová a Votrubová 2004, Živa 5:194-197