

Stonkový apikální meristém



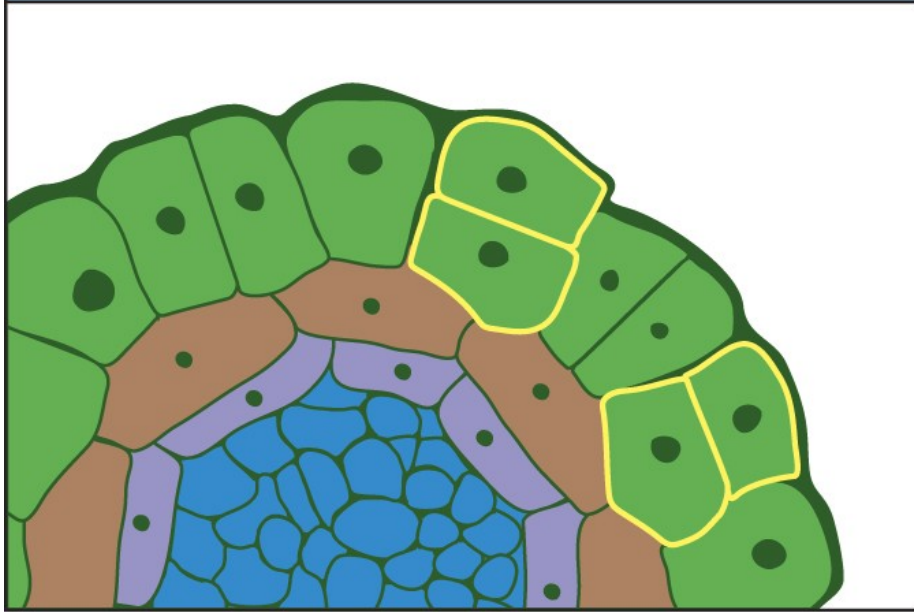
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tato prezentace je spolufinancována
Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky

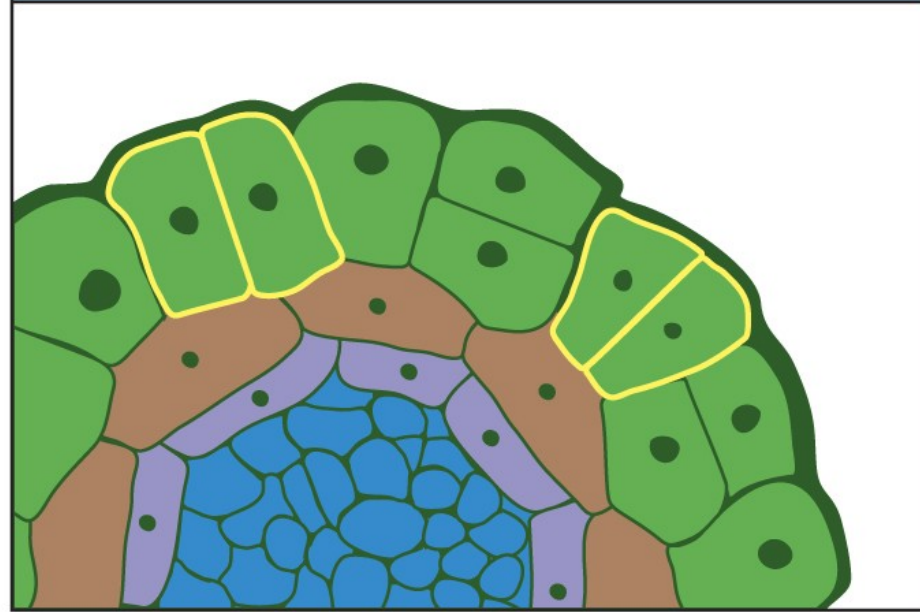
3 základní typy SAM

- jedna apikální buňka = nejprimitivnější - řasy, přeslička (*Equisetum*)
- cyto-histologická zonace - borovice (*Pinus*), jinan (*Ginkgo*)
 - povrchové apikální iniciály
 - centrální mateřské buňky
 - přechodná zóna
 - žebrový meristém
- 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)

Periclinal divisions

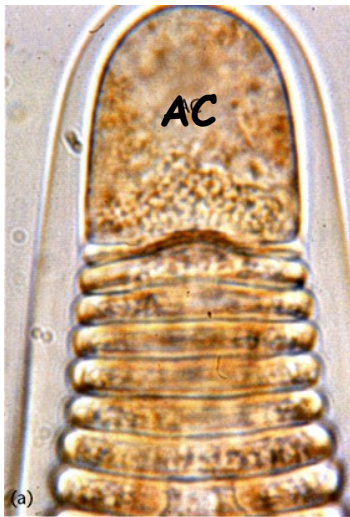


Anticlinal divisions



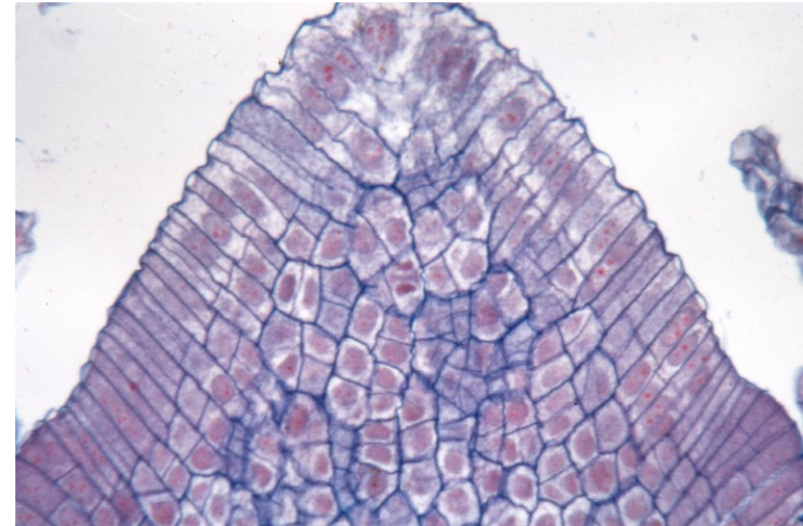
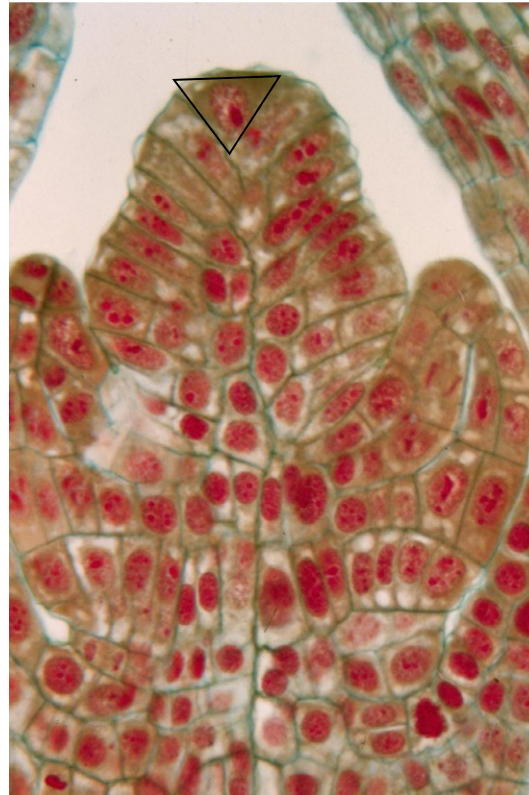
http://www.mun.ca/biology/desmid/brian/BIOL3530/DEVO_07/ch07f05.jpg

Jednobuněčné apikální meristémy



meristém
červené řasy
tvořený **jedinou**
apikální buňkou
(AC).

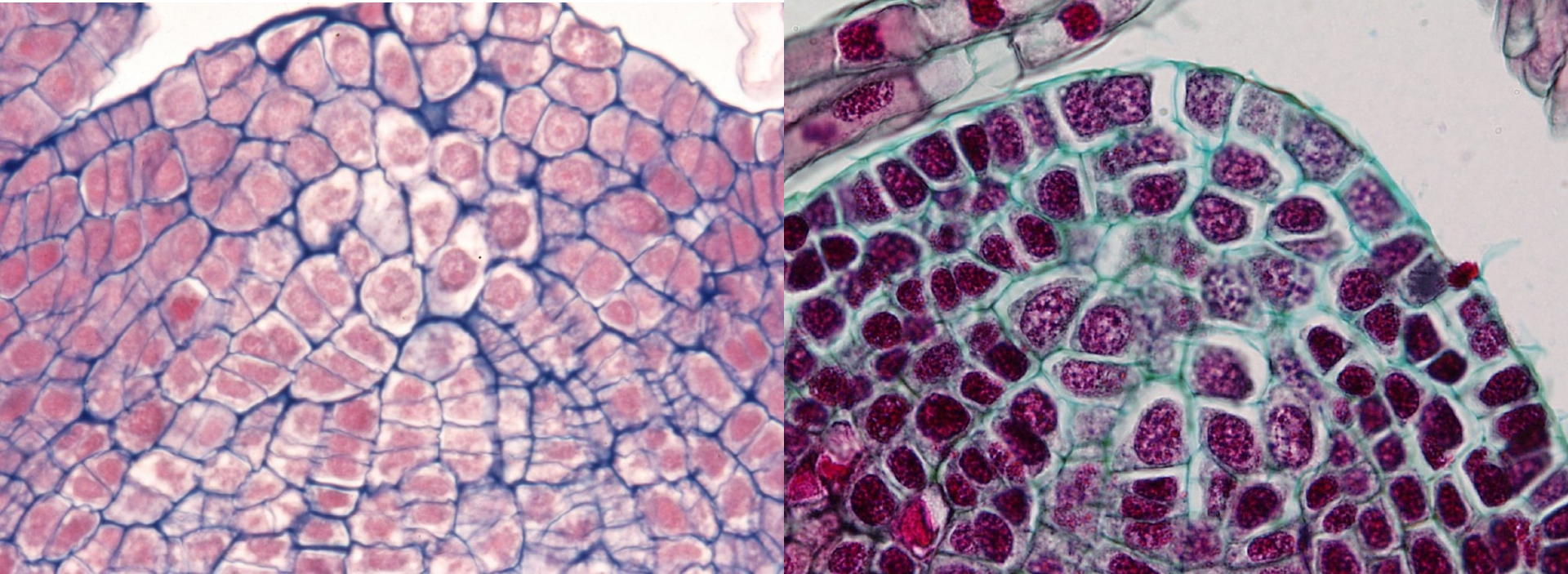
www.els.net



jedna iniciála

prýtový apikální meristém
přesličky (*Equisetum*)

Prýtový apikální meristém nahosemenné rostliny

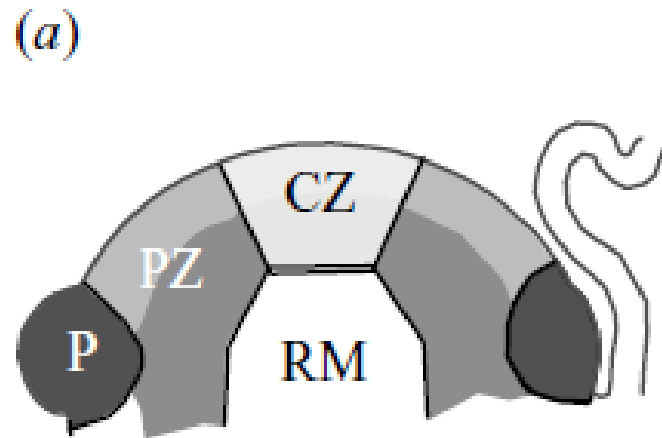


Ginkgo - jinan

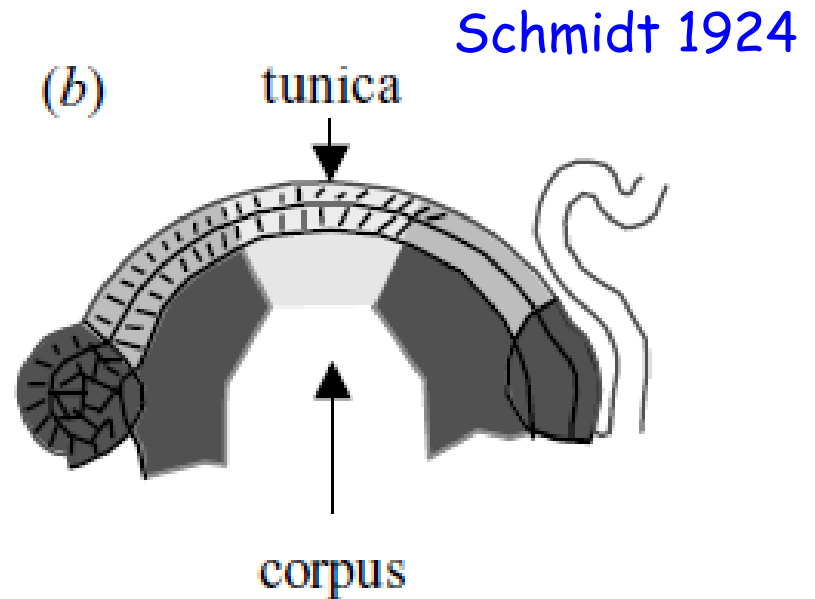
Pinus - borovice

cyto-histologická zonace apikálního meristému

Zonace meristémů růstového vrcholu stonku



dělení meristému
do zón



dělení meristému
do vrstev

Traas et Vernoux 2002

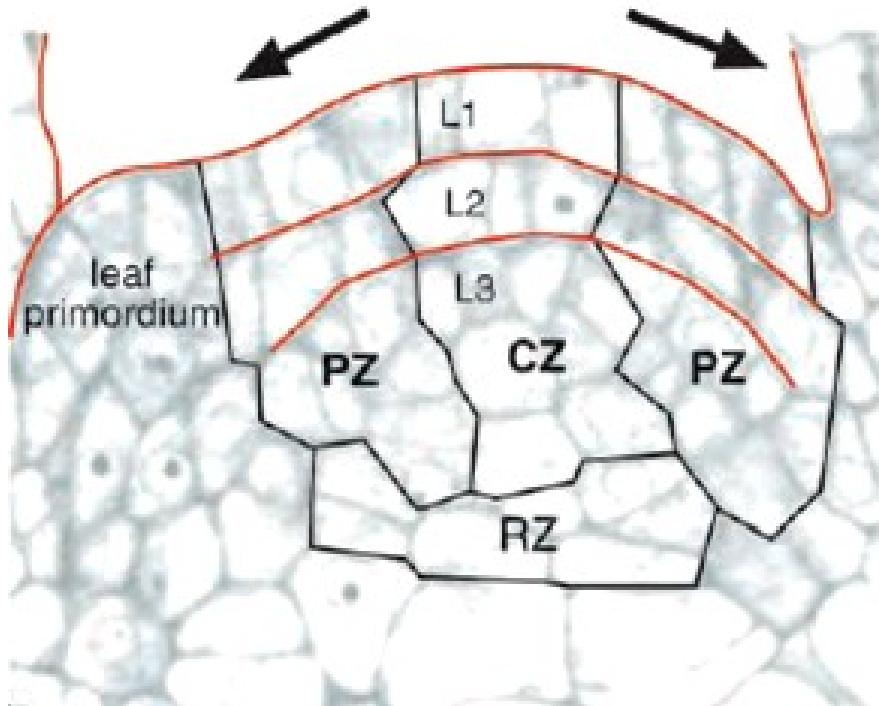
Phil. Trans. R. Soc. Lond. B (2002) 357, 737–747
DOI 10.1098/rstb.2002.1091

tunika: vnější vrstva(y), buňky se dělí antiklinálně

korpus: vnitřní vrstvy se dělí antiklinálně nebo periklinálně

Podélný řez vegetativním SAM *Arabidopsis*

členění z funkčního hlediska: vrstvy: L_1, L_2, L_3



zóny:
centrální zóna (CZ),
periferální zóna (PZ)
žebrový meristém (rib zone RZ)

CZ je identifikována svým relativně slabým barvením cytoplasmy a nízkým stupněm dělení buněk - obdoba QC

Laux a Schoof (1997)

Begonia rex SAM

listová primordia

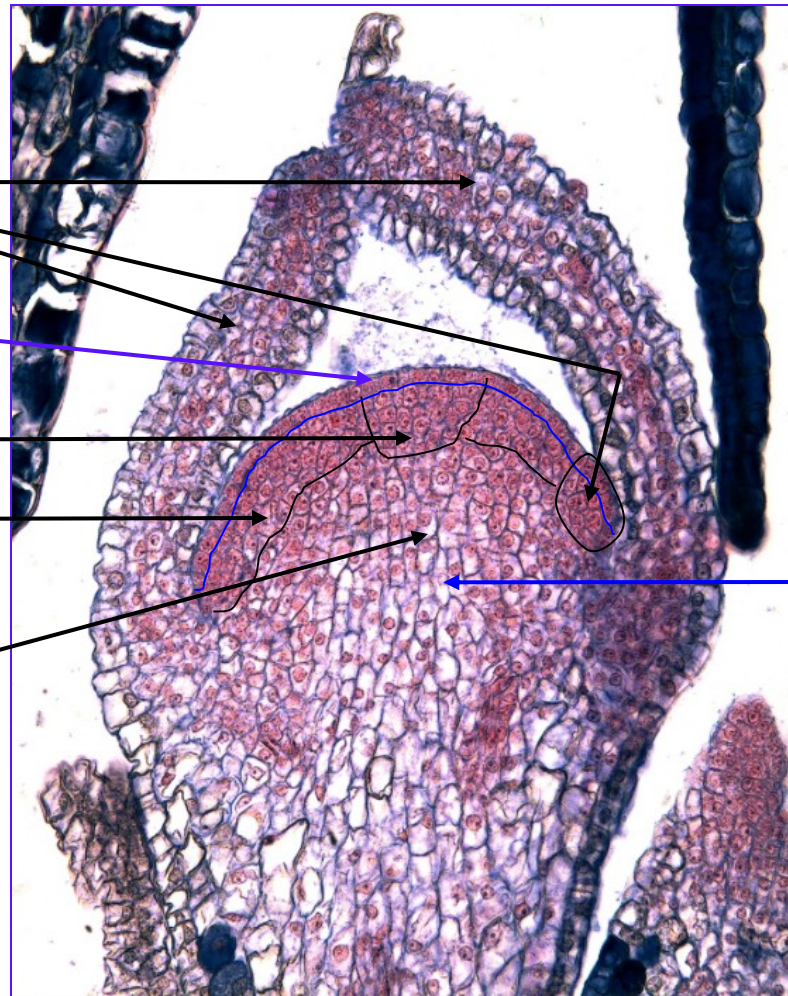
tunika

kmenové buňky

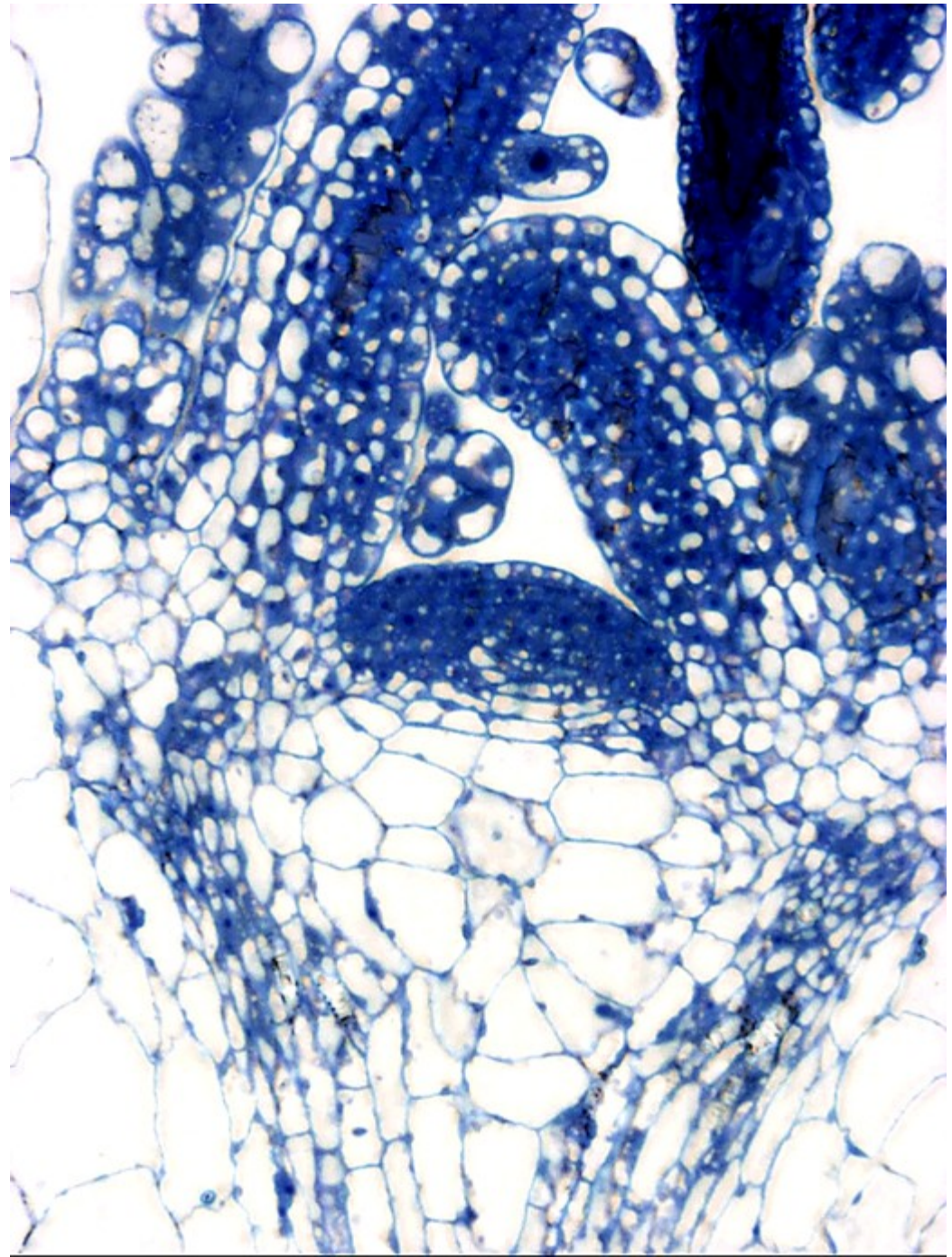
periferní meristém

žebrový meristém

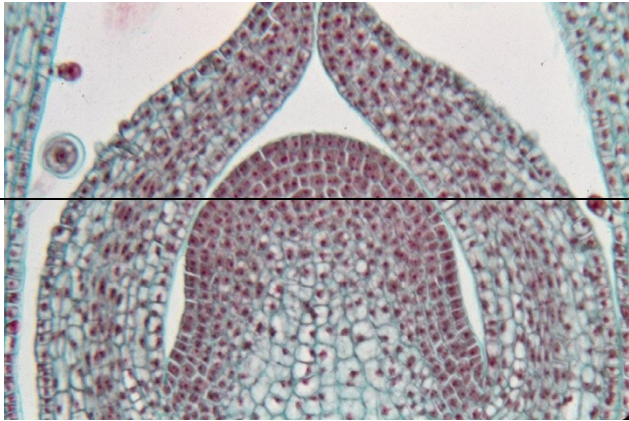
korpus



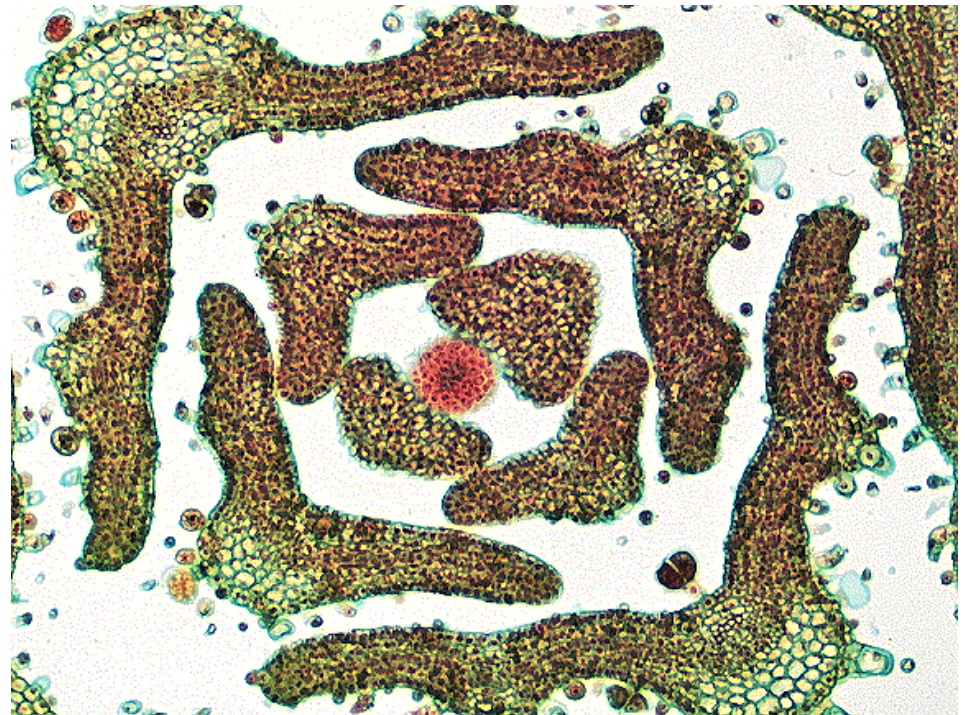
Arabidopsis
SAM a listová
primordia



Meristém růstového vrcholu stonku šalvěje (*Salvia*)

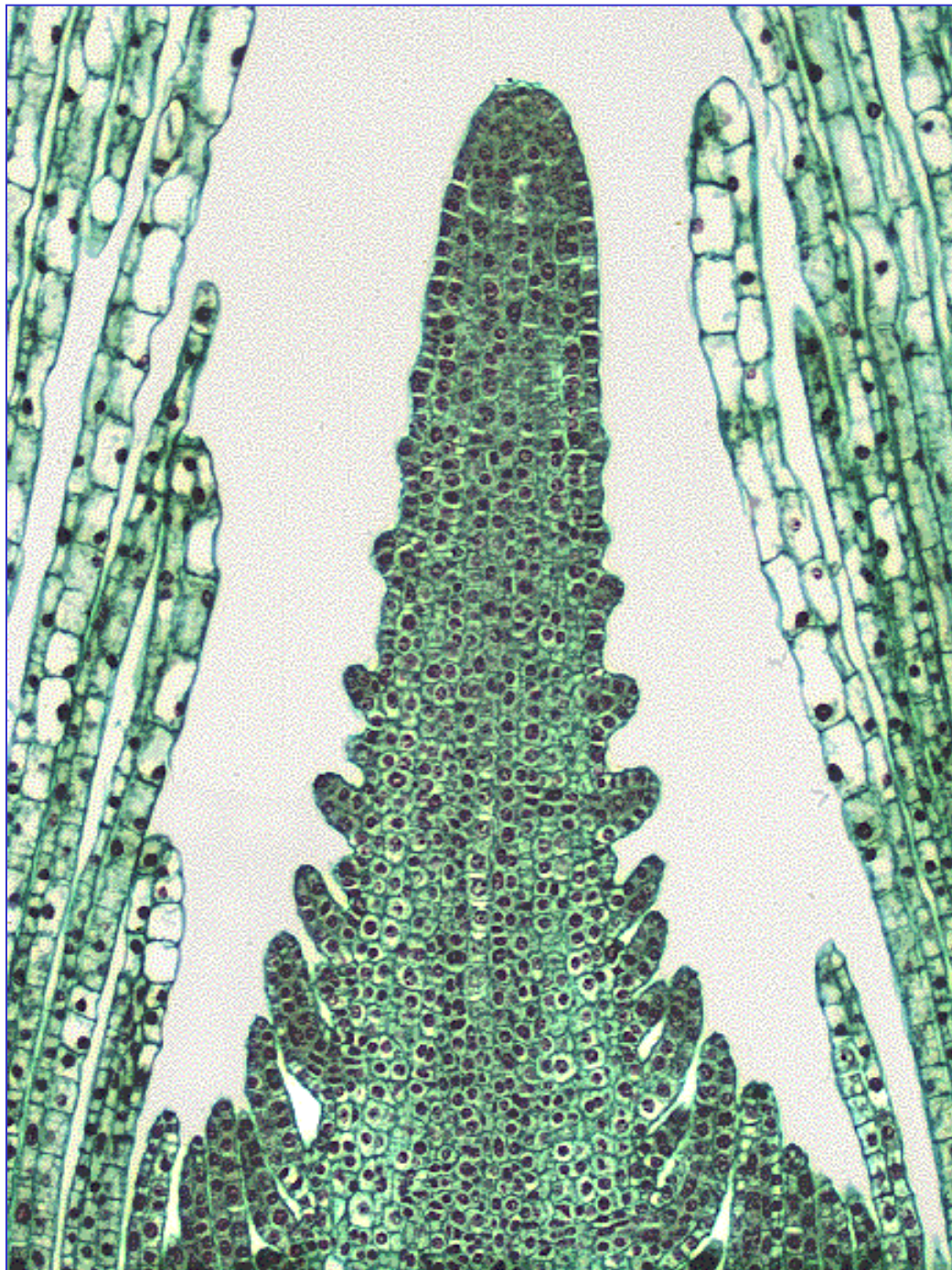


podélný řez



příčný řez

Podélný řez
apexem stonku
Elodea



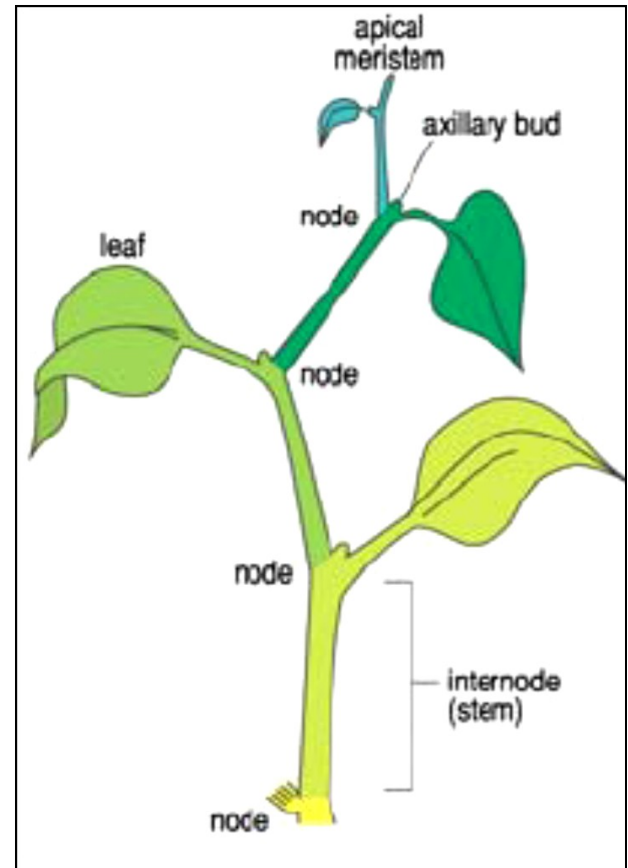
Prýtový apikální meristém („SAM“)

vegetativní

- založený v průběhu embryogeneze
- opakované dělení buněk a jejich diferenciace = produkce modulů vegetativních orgánů = **fytomera** (stonek, list, pupen)

generativní

- přechod k reprodukтивnímu vývoji =
tvorba květů a květenství
- může být reversibilní
- kontrola (vnitřní i vnější faktory)



jednotlivé **fytomery**
jsou vyznačené
odlišnými barvami

Velikost prýtového apikálního meristému

- většinou malá: 50-150 μm v průměru
- cykasy nebo květenství slunečnice: 2-3 mm

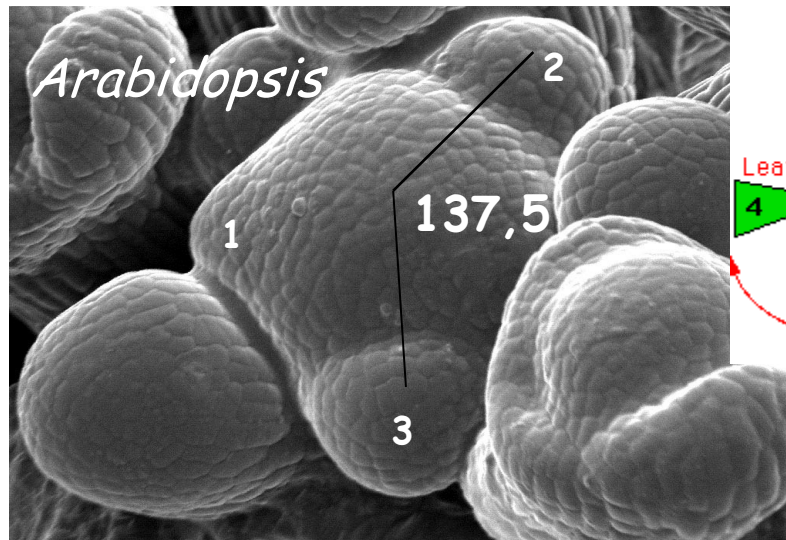
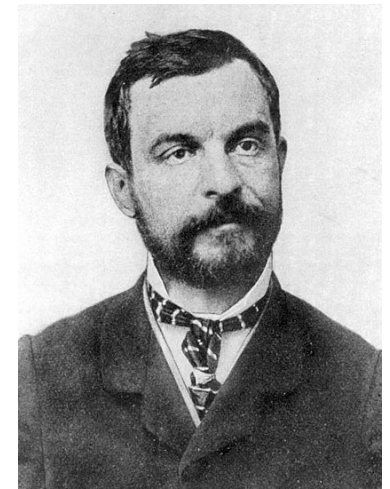
| rostlina | průměr vegetativní SAM / μm / |
|------------------------------|---|
| <i>Arabidopsis thaliana</i> | 50 |
| <i>Helianthus annuus</i> | 70 |
| <i>Silene coeli-rosa</i> | 100 |
| <i>Chrysanthemum segetum</i> | 1400 |

Fylotaxe

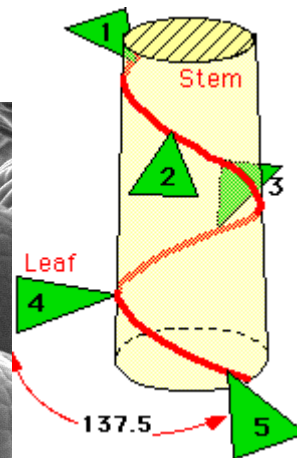
- je způsob uspořádání listů, šupin nebo listenů s květy na stonku
- studium fylotaxe odpovídá na otázky:
 - co dělá prýtový apikální meristém
 - jak to dělá

Hofmeisterovo pravidlo

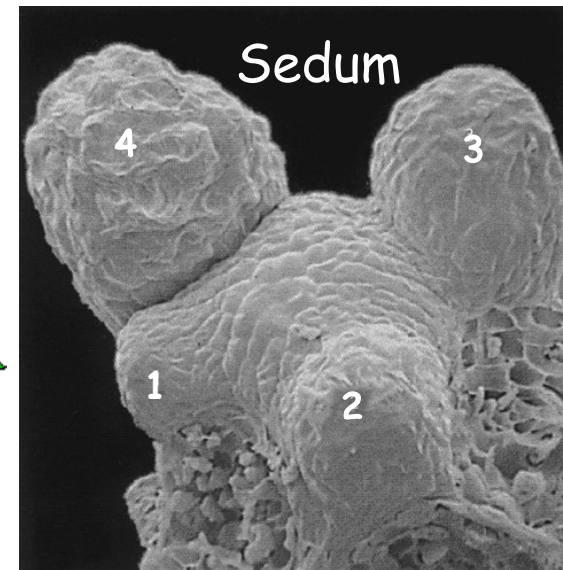
- 1868 Wilhelm Hofmeister (německý botanik): nové listy se na meristému zakládají na místě, které je nejvíce vzdáleno od předcházejícího listu



fylotaxe v meristému květenství



existují ale i výjimky



úhel mezi listy 99,5°

Popis fylotaxe

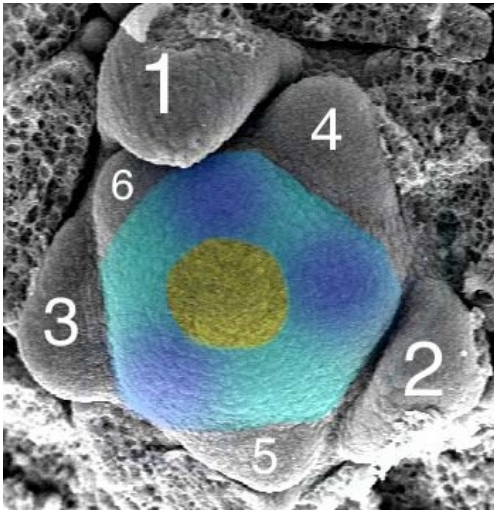
= spojování sousedních listů

Střídavé uspořádání listů:

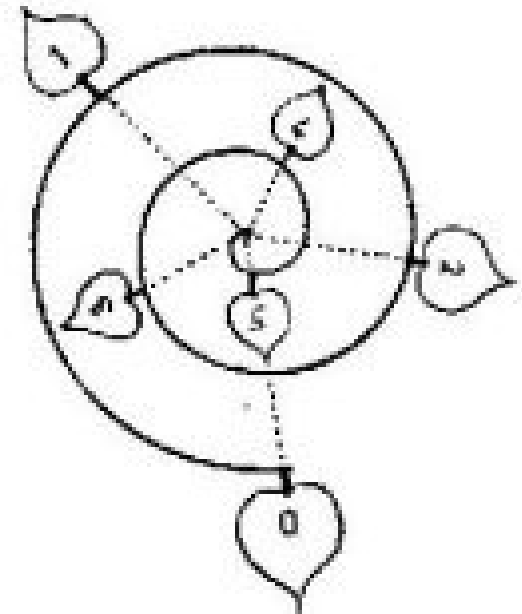
- křivka spojující sousední listy = **parastich (helix)**
- Listy ležící nad sebou = **orthostich**

chirální systém = šroubovice

nemá střed nebo rovinu souměrnosti



spirální fylotaxe =
v každém nodu 1 list



LEAF ARRANGEMENT (PHYLLOTAXY)



alternate



opposite

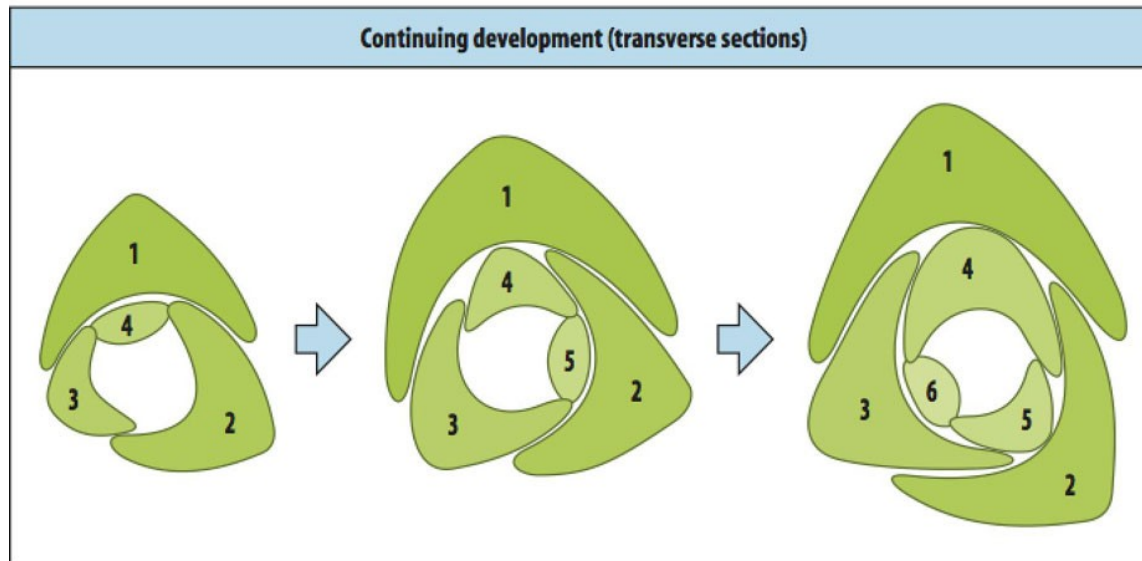
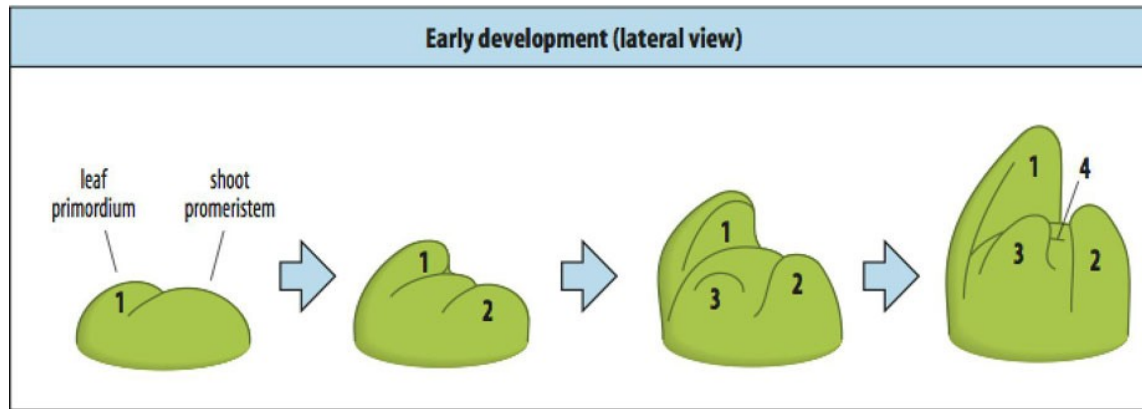


spiral



whorled

achirální systémy



http://www.mun.ca/biology/desmid/brian/BIOL3530/DB_06/fig6_18.jpg

Leonardo Pisano, Fibonacci

narozený v Pise 1170

odvodil číselnou řadu

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55...

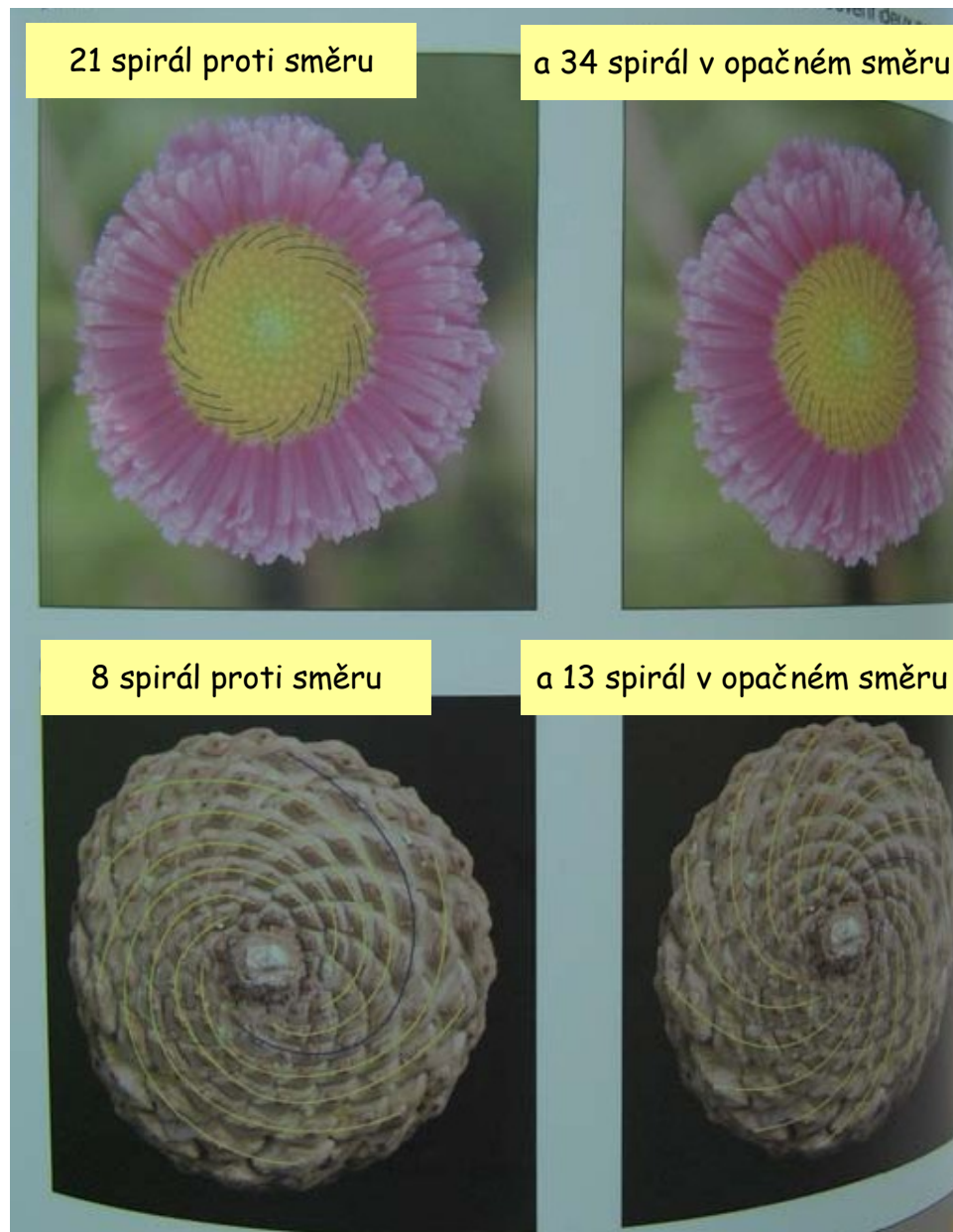
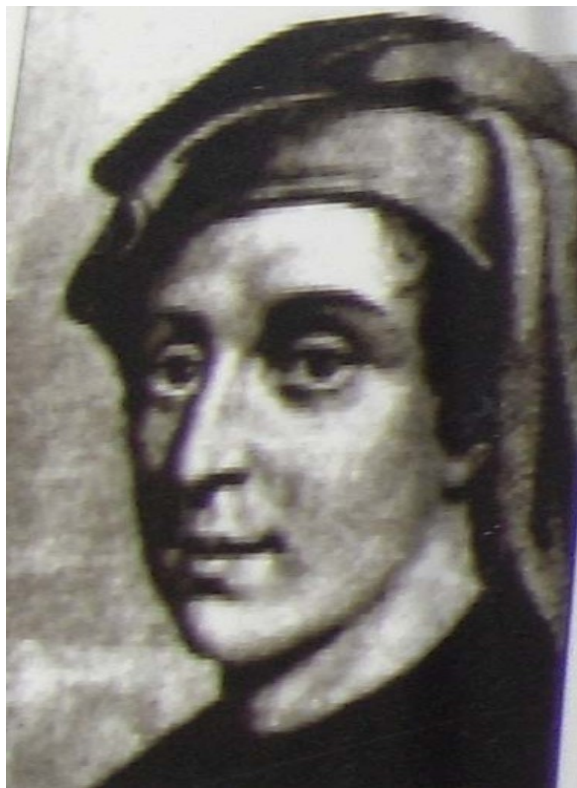
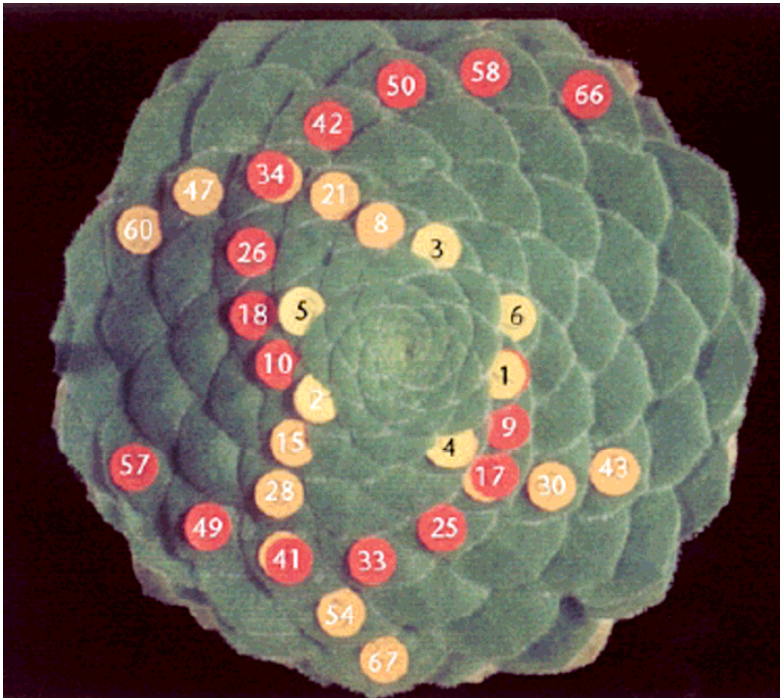


Foto: Rutishauser 2009 - výstava v botanické zahradě v Ženevě

Pozice orgánů = fylotaxe



Aeonium tabuliforme

Fibonacciho systém:

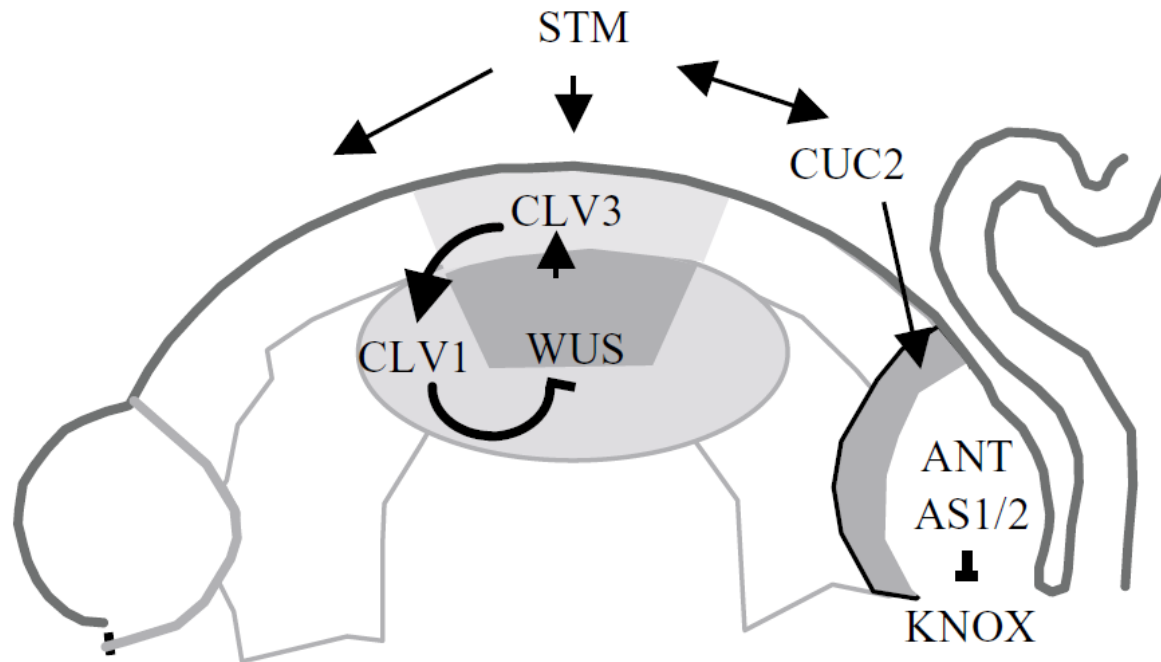
8 levotočivých parastichů = 2 značené červeně
a 13 pravotočivých parastichů = 3 značeny
oranžově

žlutě = úhel sousedních listů ($137,5^\circ$)



Pinus sp.

Regulace SAM u *Arabidopsis*



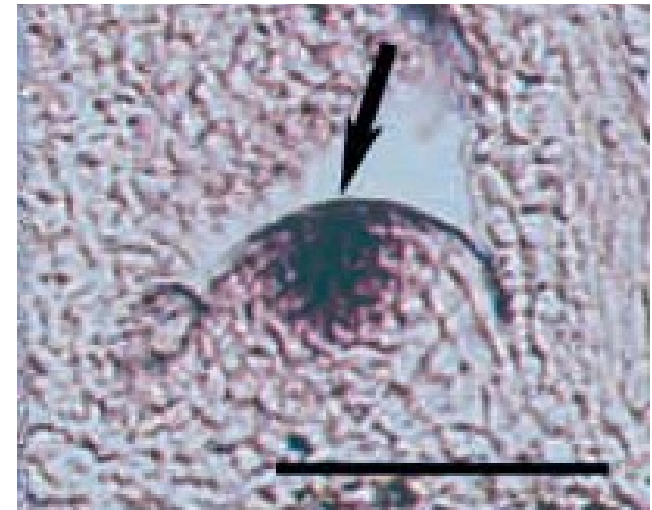
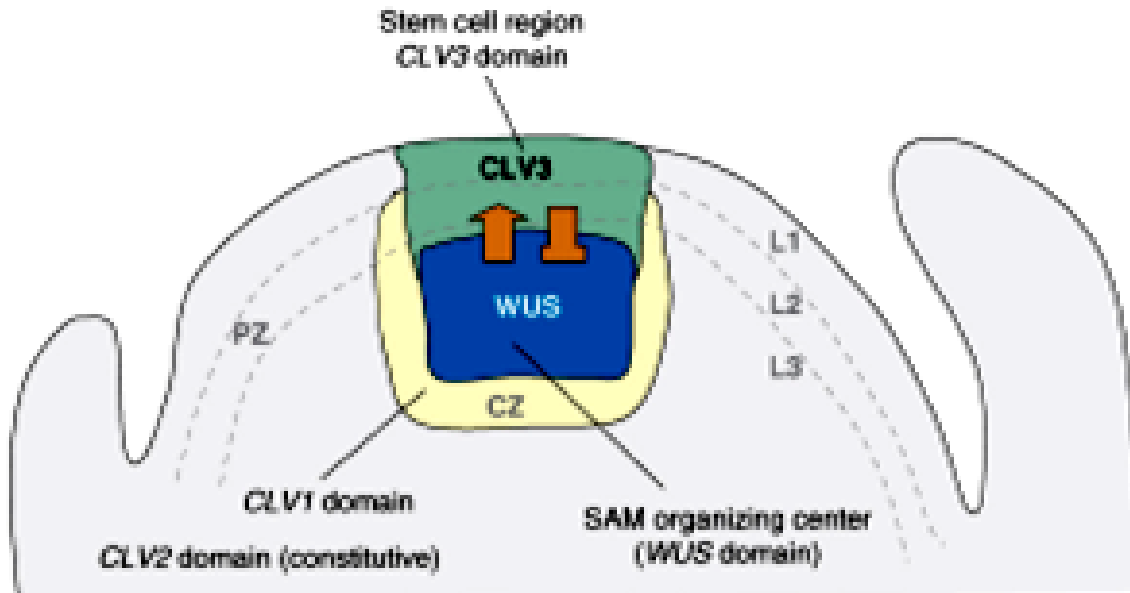
gen *WUSCHEL* se exprimuje ve spodní části CZ (určuje pluripotenci kmenových buněk) a indukuje expresi *CLAVATA3* - ten kóduje produkci ligandu *CLV1*, který pak kontroluje expresi *WUS* a tak omezuje vznik nadměrného počtu kmenových buněk a řídí jejich přechod do organogenních zón =

gen *WUS* je negativně regulován proteinem *CLAVATA*

SHOOTMERISTEMLESS (STM) je exprimován v celém SAM kromě PZ, kde se mohou tvořit primordia.

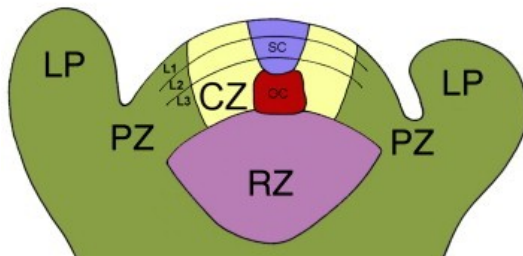
AINTEGUMENTA (ANT) je exprimován v laterálním primordiu.

Regulace prýtového apikálního meristému



Fiers *et al.* Current Opinion in Plant Biology 2007

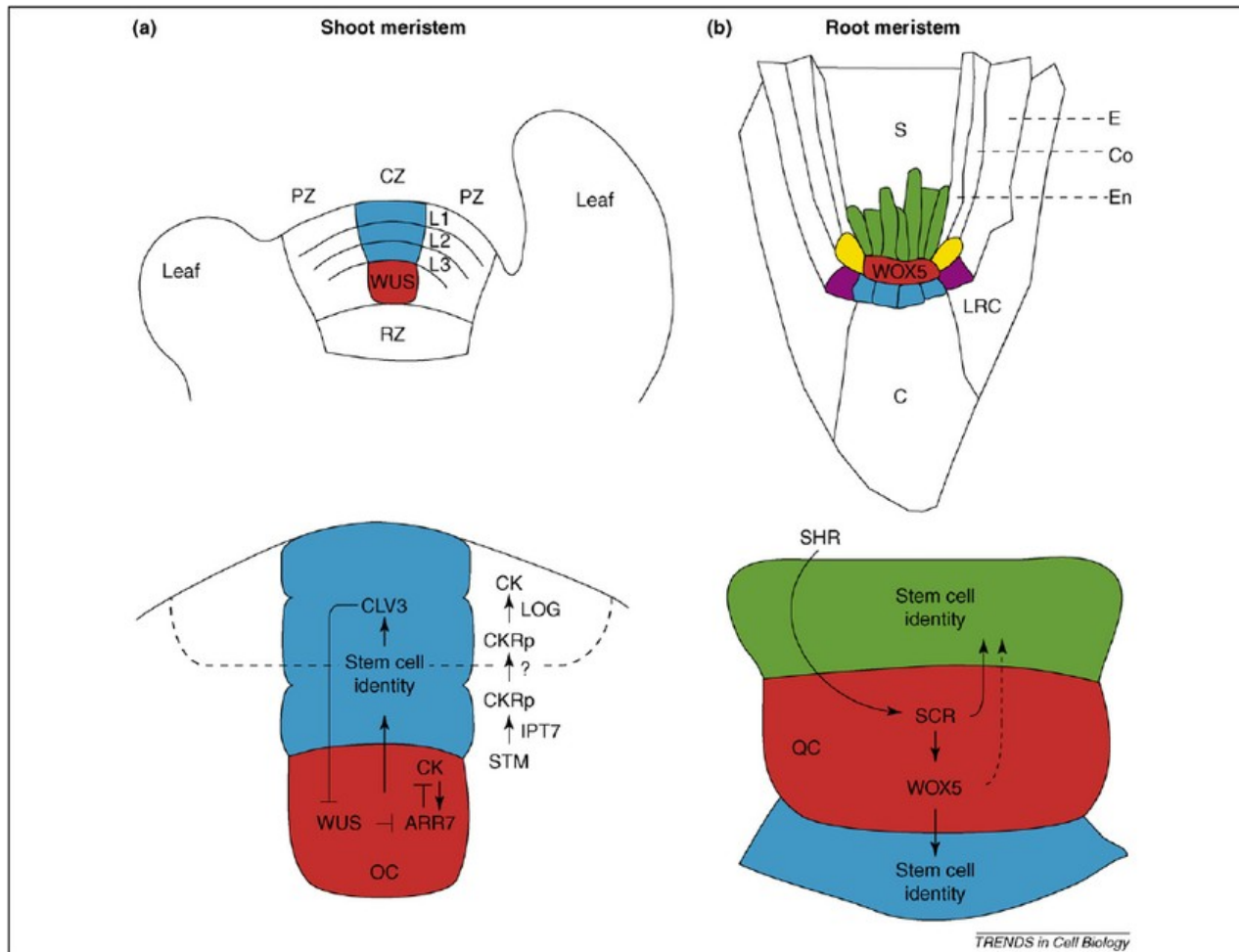
A



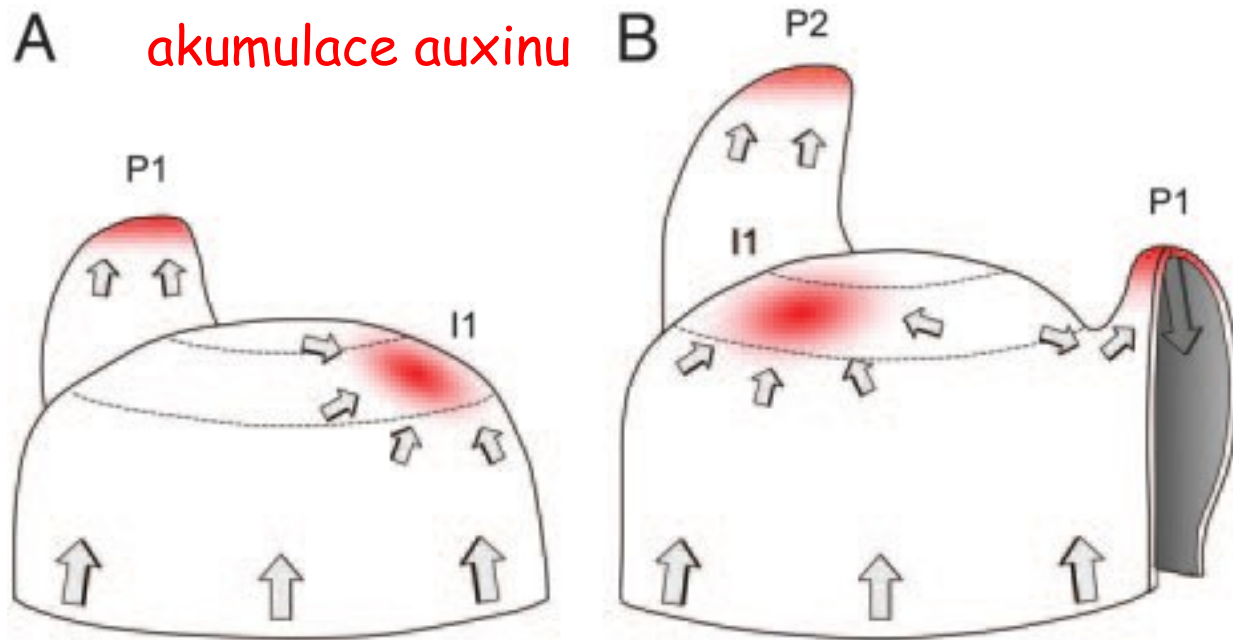
in situ hybridizace:
endogenní exprese CLV3

Lenhardt *et* Laux 2003

Niky kmenových buněk stonku a kořene



Model regulace fylotaxe polárním tokem auxinu

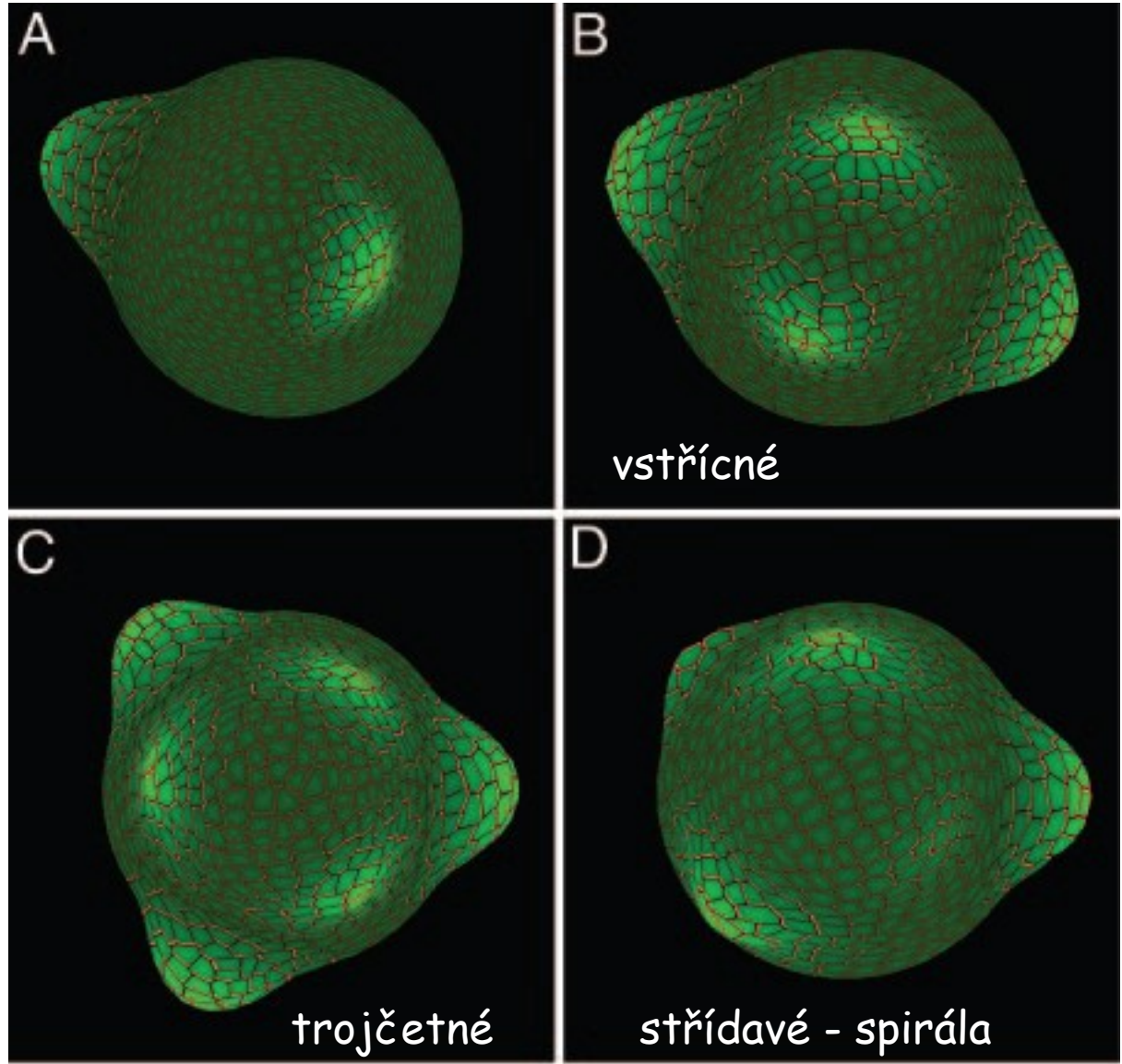


I1 - iniciace orgánu
P1, P2 - primordia

bazipetální polarizace PIN1
a vznik nové zóny iniciace

Simulovaný model SAM

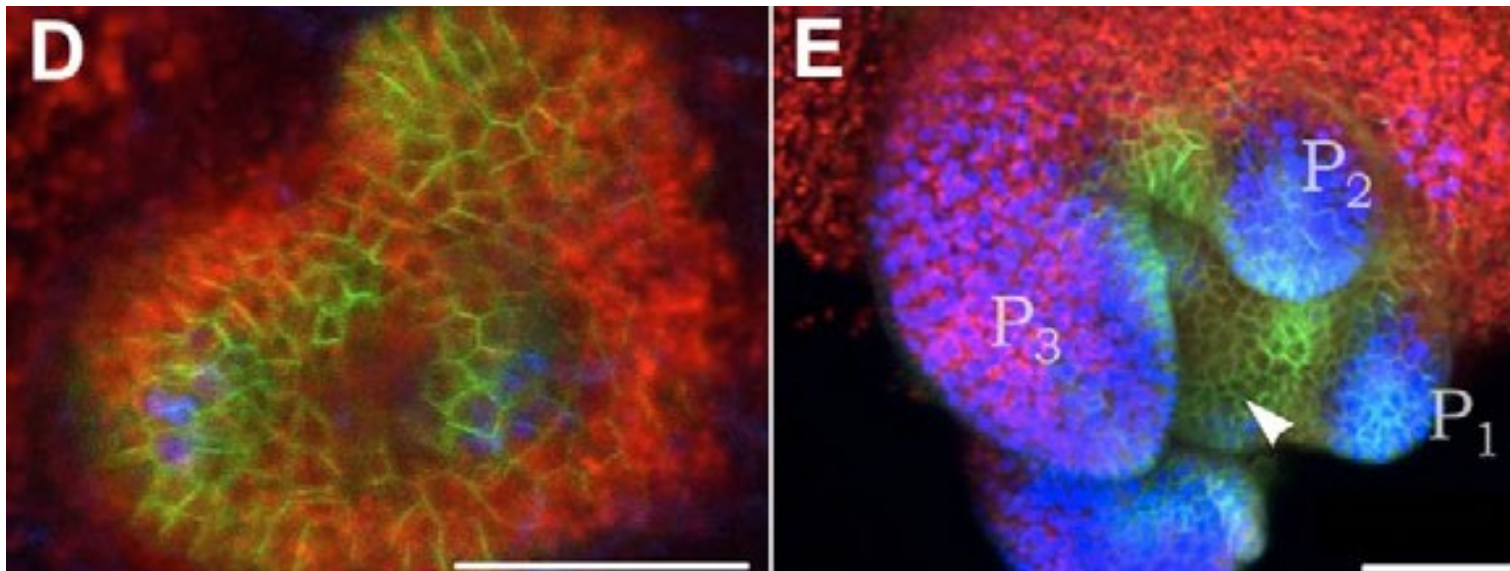
auxinová
maxima =
světle zelená



Smith *et al.* 2006

Vizualizace regulace vývoje meristému a význam auxinu pro organogenezi

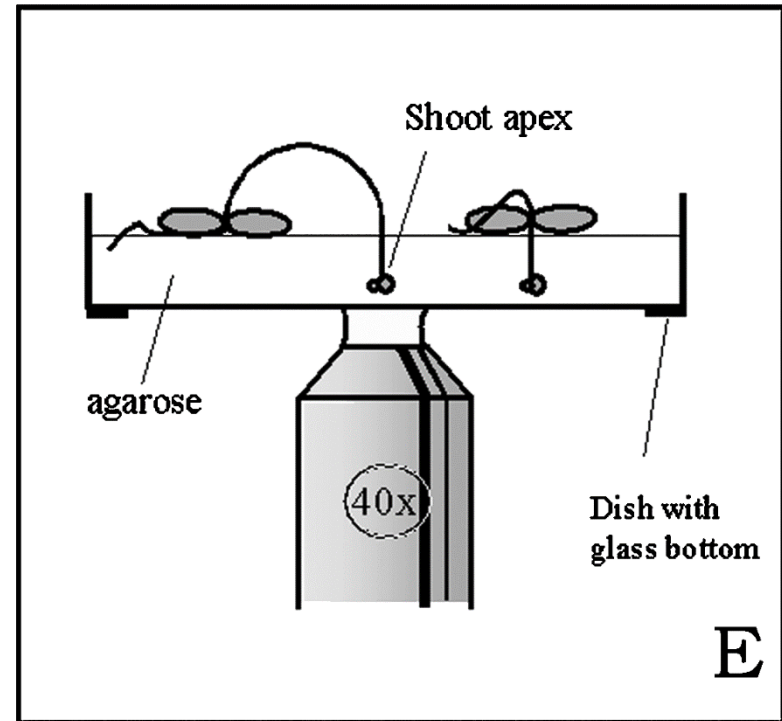
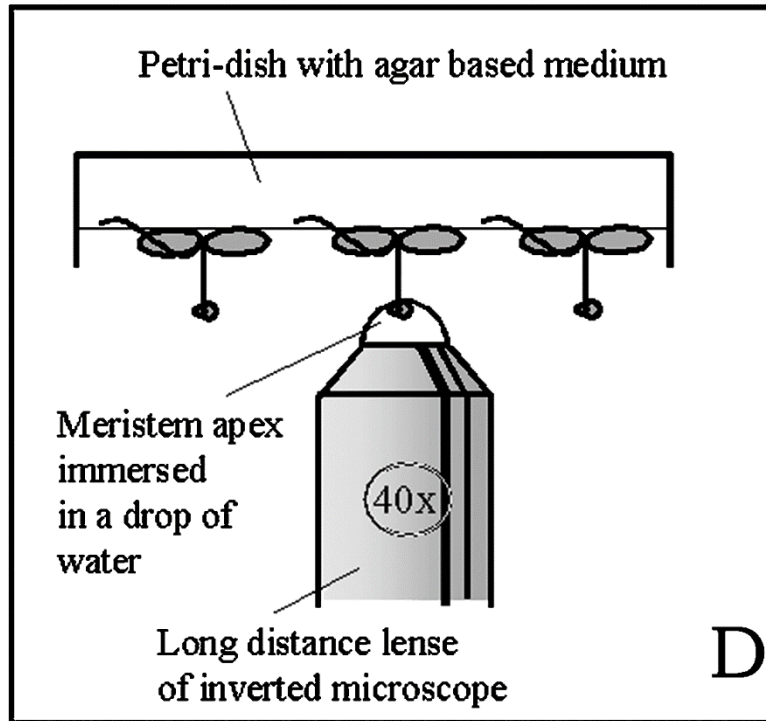
pDR5rev::3XVENUS-N7



aktivace produkce modrého zbarvení
v místě výskytu auxinu

Gordon et al. 2007
Development

Metoda pro pozorování živých meristémů



Diferenciace dceřiných buněk meristémů
na trvalá pletiva

3 primární pletiva

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

L1 → protoderm → epidermis

L2 → primární kůra, mezofyl listů, nucelus vajíčka

L3 → prokambium → vodivá pletiva

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 na prýtech

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

Základní meristém diferencuje ve tři typy pletiva

klasifikace podle způsobu sekundárního tloustnutí buněčné stěny

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 osemení)

Prokambium - základ vodivých pletiv

produkuje:

- primární xylém (protoxylém, metaxylém)
- primární floém

- **kambium** (sekundární meristém důležitý pro sekundární růst)

produkuje:

- sekundární xylém (deuteroxylém)
- sekundární floém

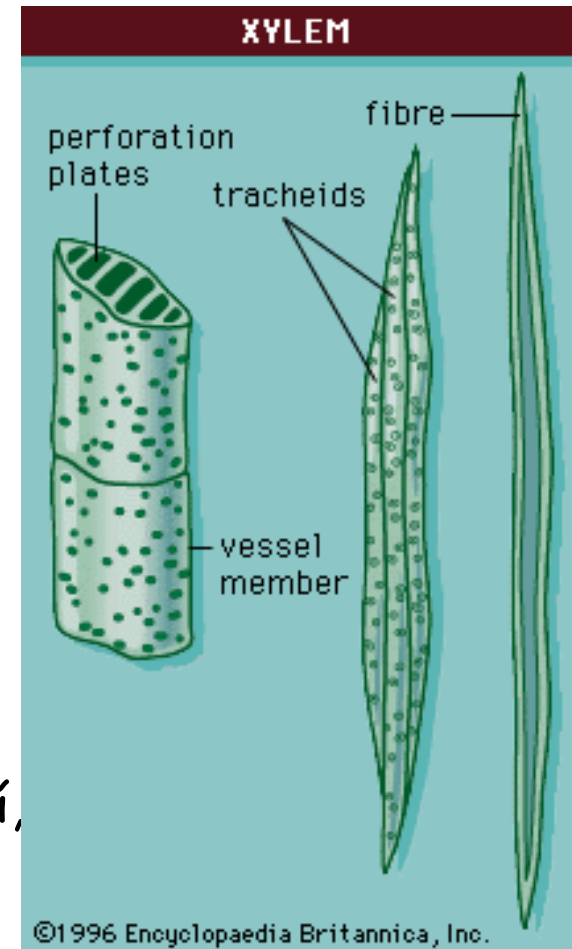
Primární xylém

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

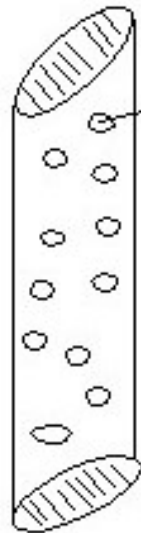
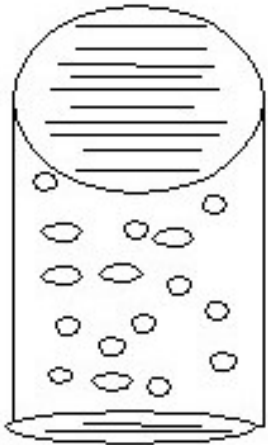
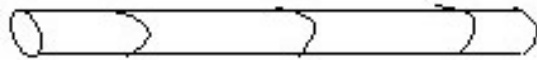


cévní elementy

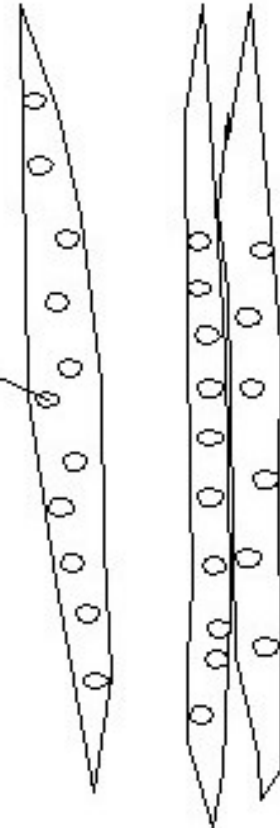
tracheidy

Složky xylému

v.e. joined end to end



pits



VESSELS - vessel elements

TRACHEIDS

+ fibers, parenchyma, and ray cells

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

