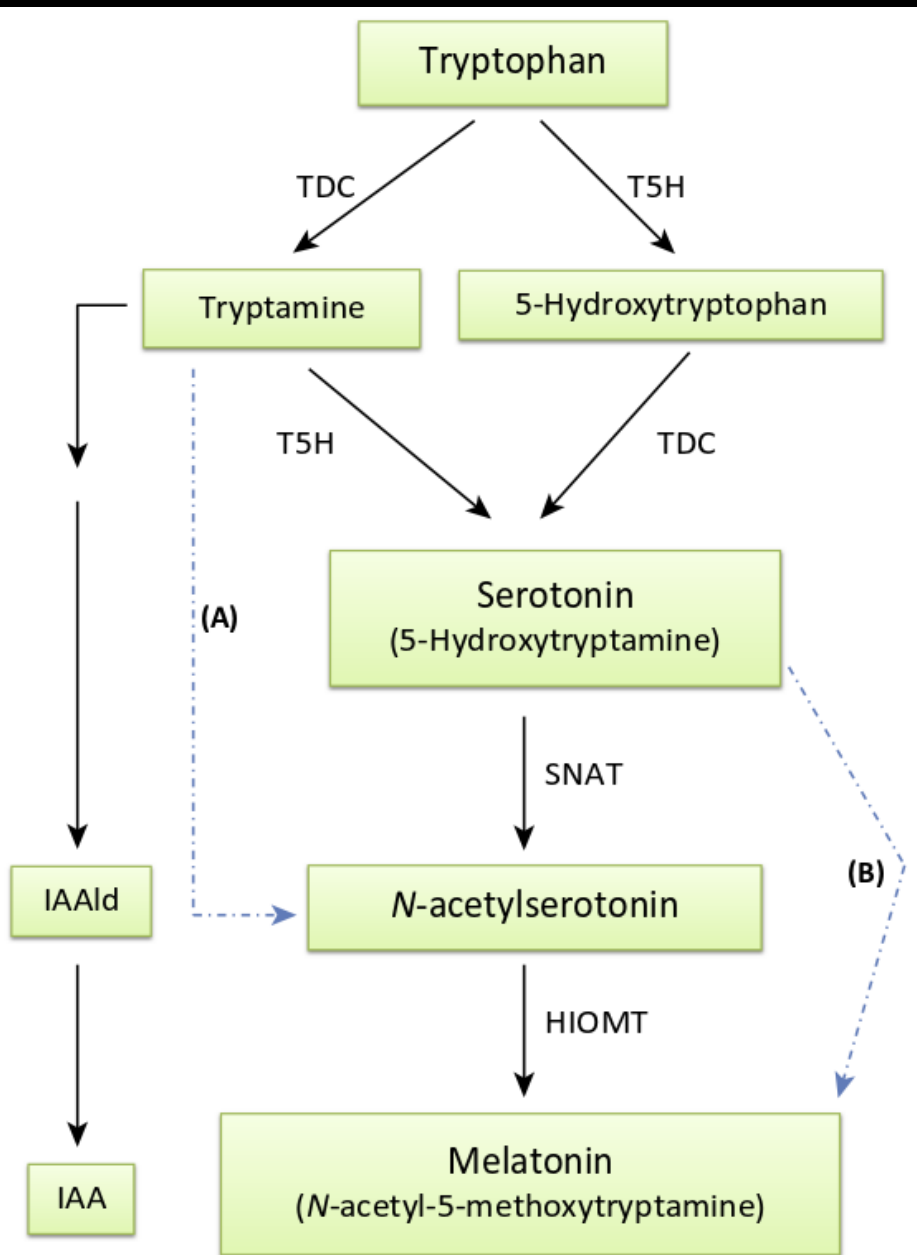


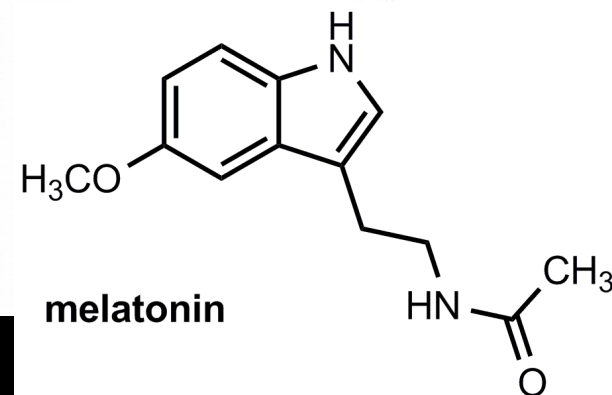
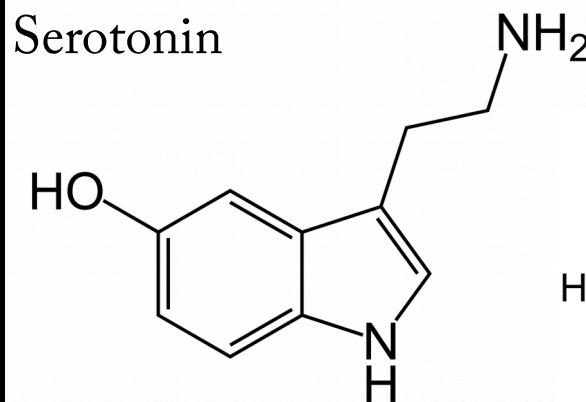
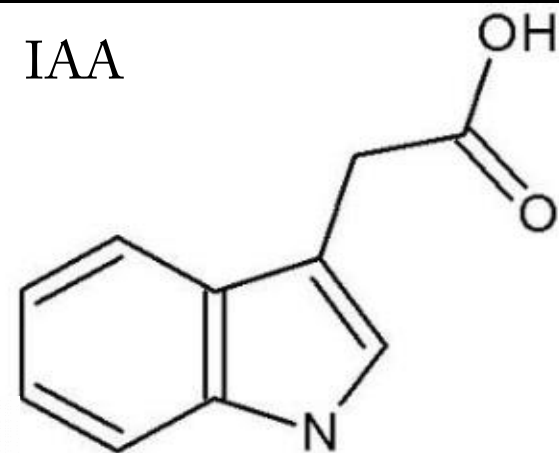
# Príběh pátý: Auxinová signalisace

# Co je auxin?

- Derivát tryptofanu
- Příbuzný serotoninu a melatoninu
- Všechny deriváty přítomny jak u živočichů, tak u rostlin



TRENDS in Plant Science

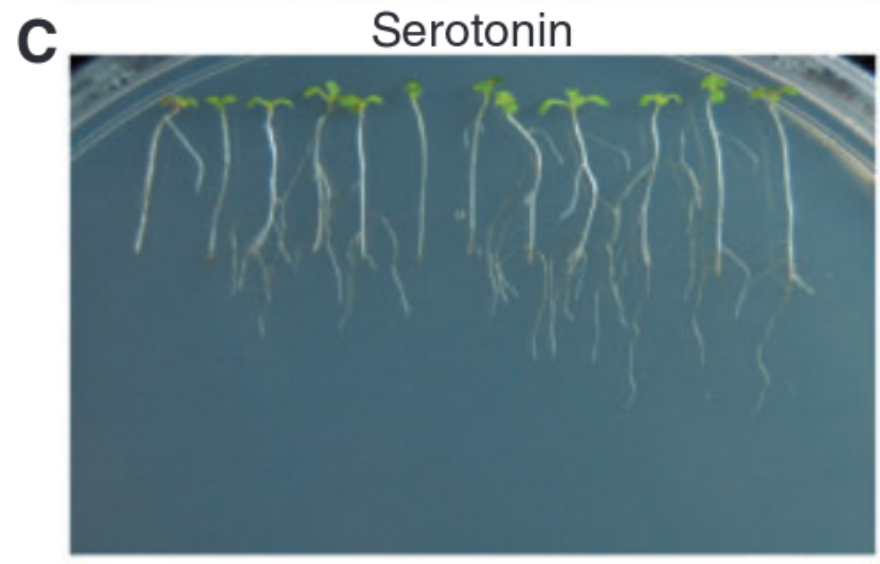
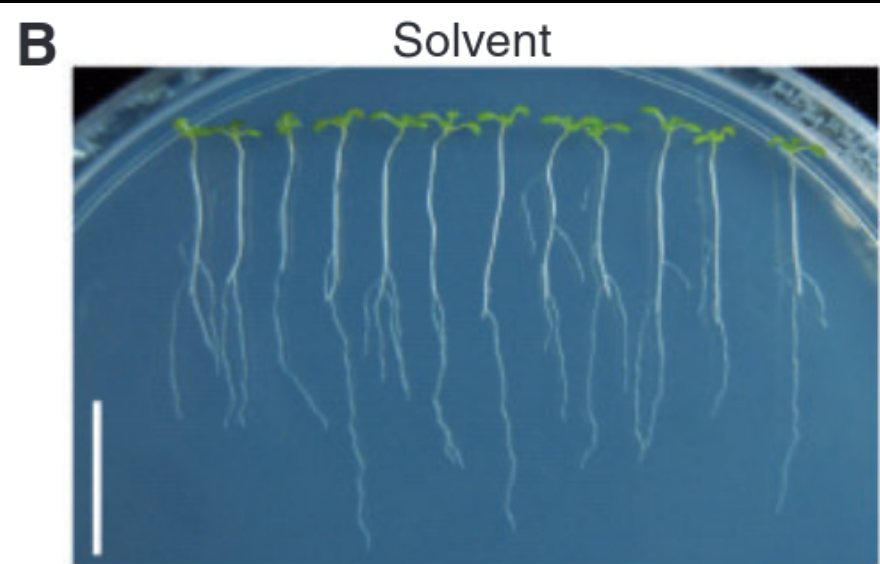
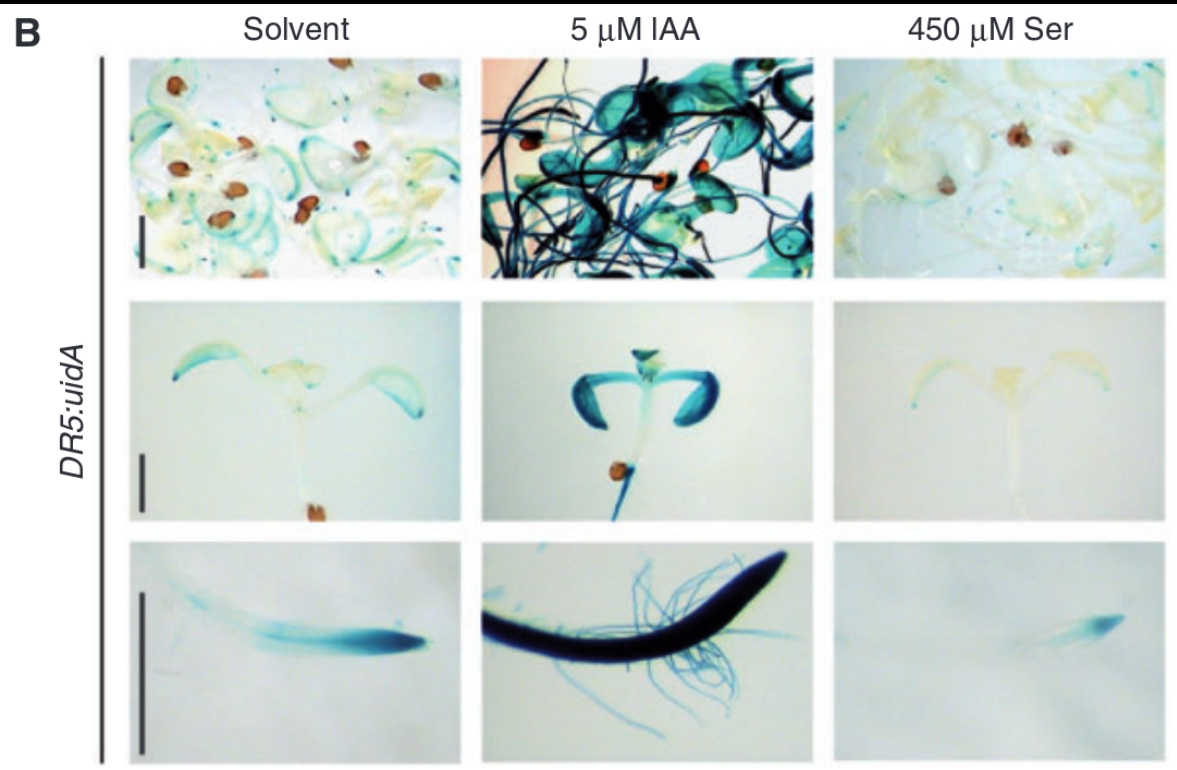


# Serotonin: antagonista auxinu

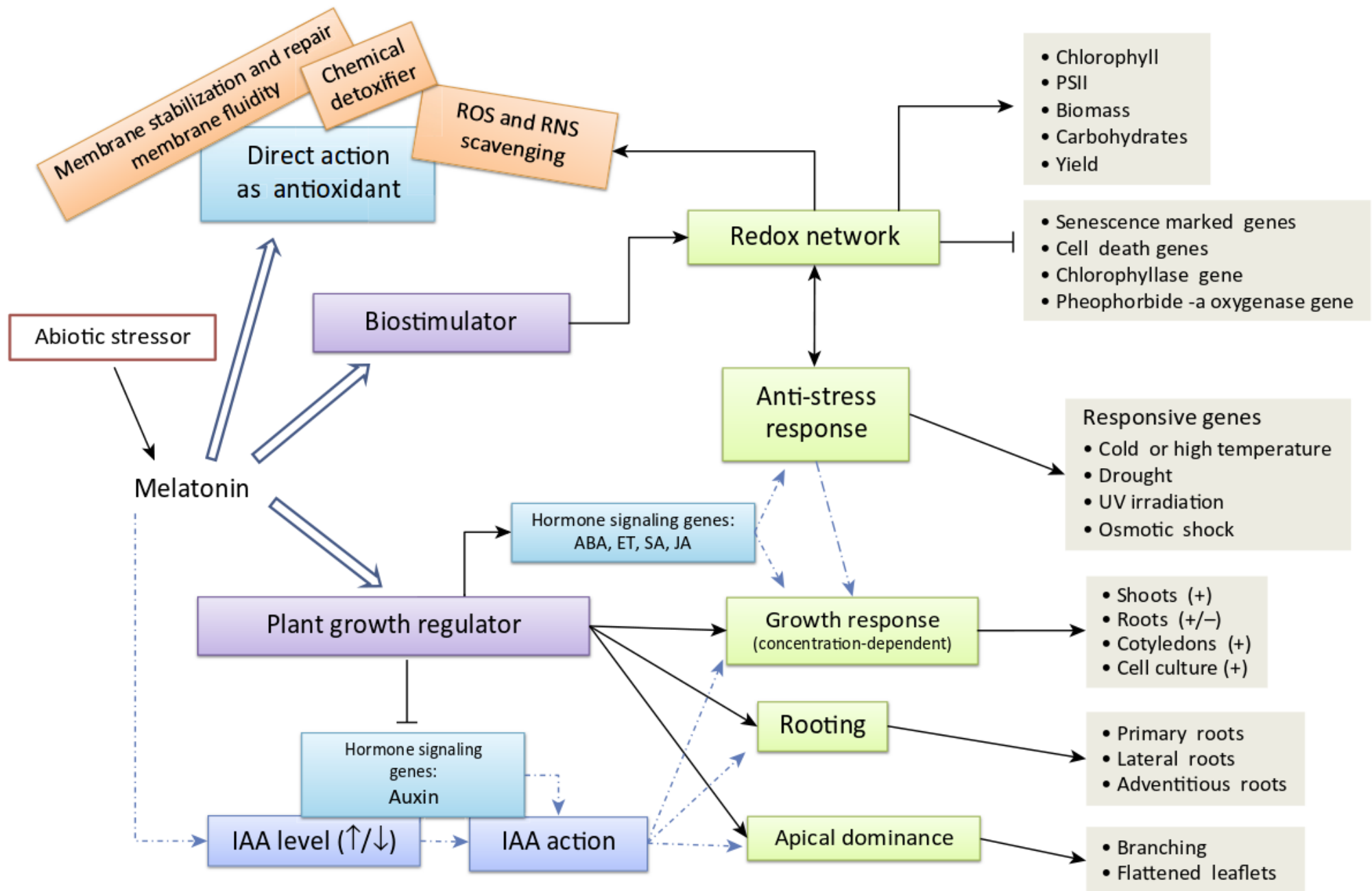
Přítomen například při stresu

Ovlivňuje zakládání postranních kořenů

Blokuje růst kořenových vlásků



# Melatonin – hormon či jen antioxidant?

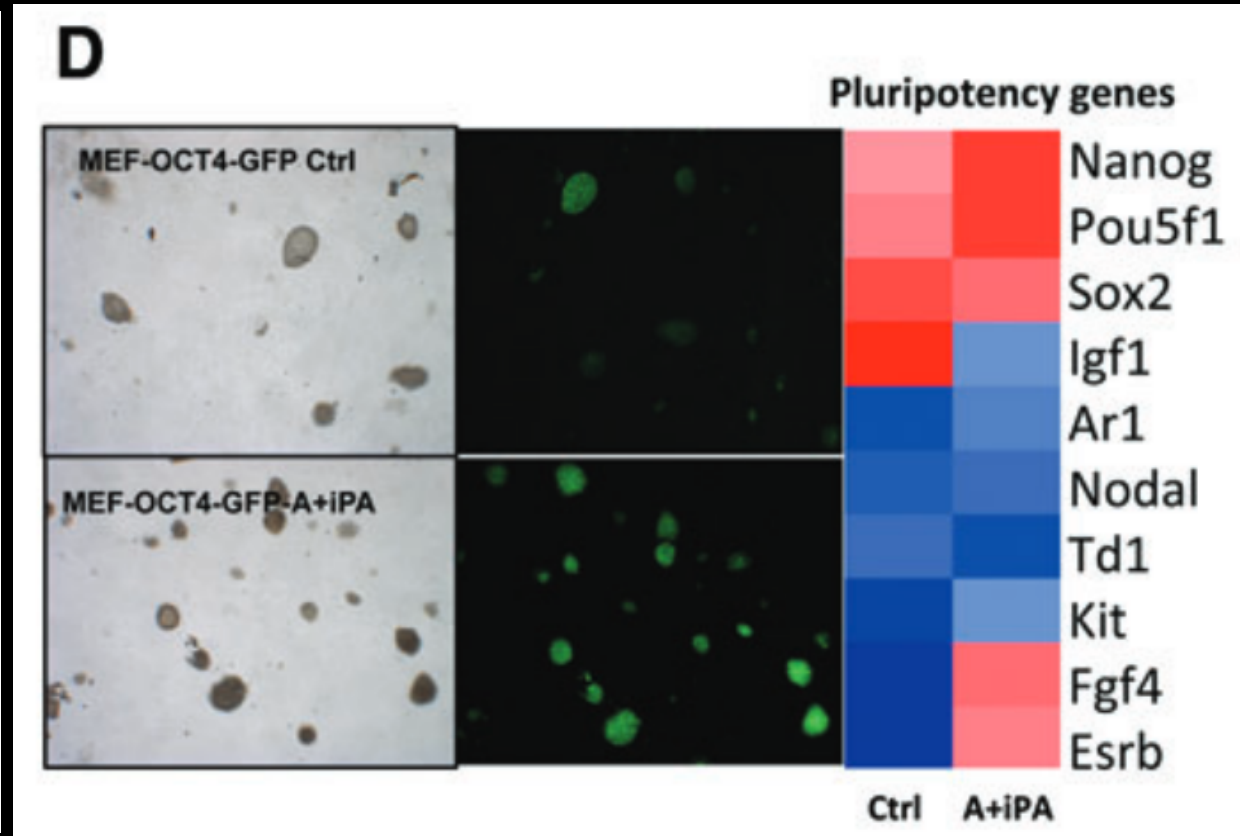
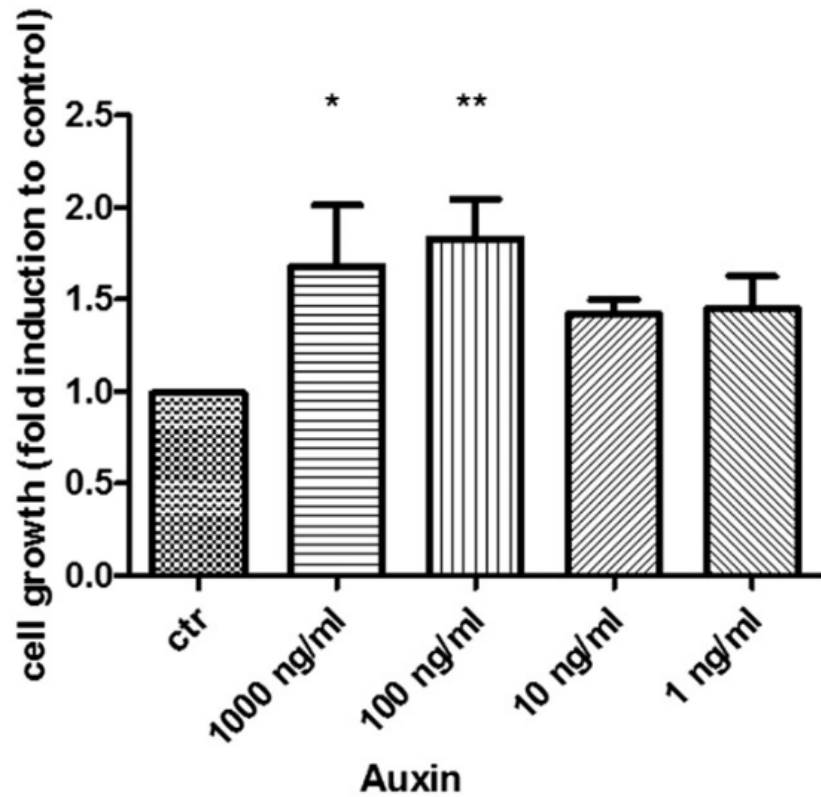




# Je auxin zdravý?

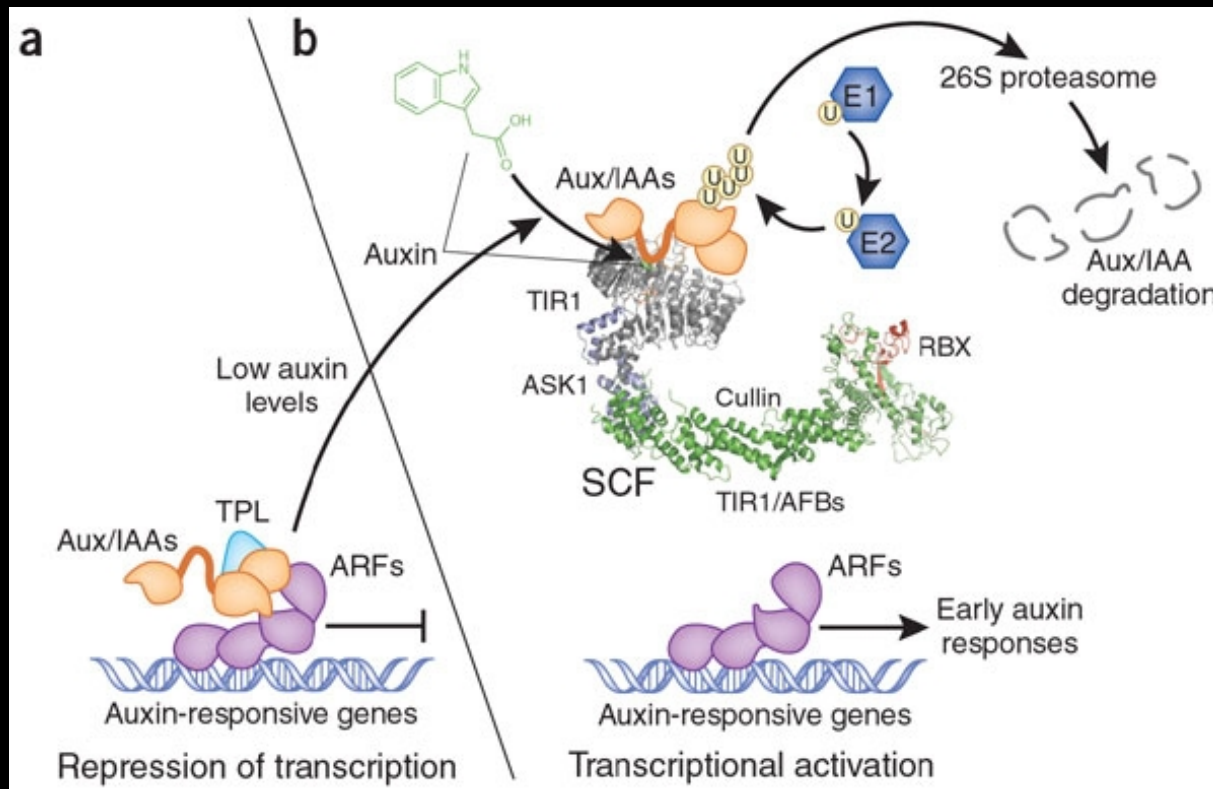
## U živočichů:

- Produkt odbourávání tryptofanu
- Uremický toxin
- Stimuluje indukci pluripotence
- Stimuluje proliferaci buněk



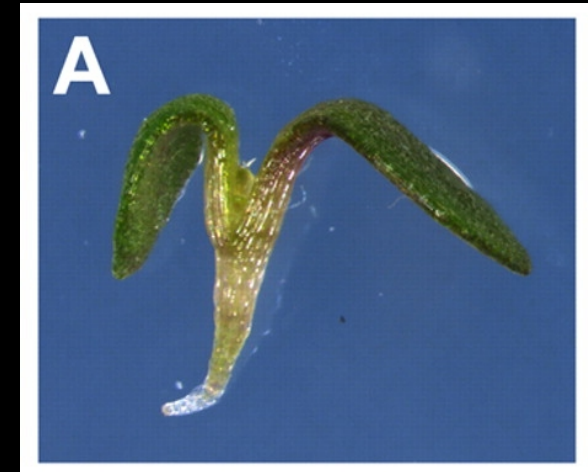
# Auxinová signalisace u *Arabidopsis* I

- Receptor TIR1 (TRANSPORT INHIBITOR RESPONSE)
- Transkripční represor AUX/IAA
  - 6 paralogů TIR1 (AFB, F-box), 29 paralogů AUX/IAA
- Po navázání IAA získá TIR1 afinitu k represoru AUX/IAA
- AUX/IAA je degradován (ubiquitin, 26S proteasom)
- Dereprimované ARF spouští transkripci cílových genů  
→ diferenciace buněk, prodlužování, tvorba cév,...

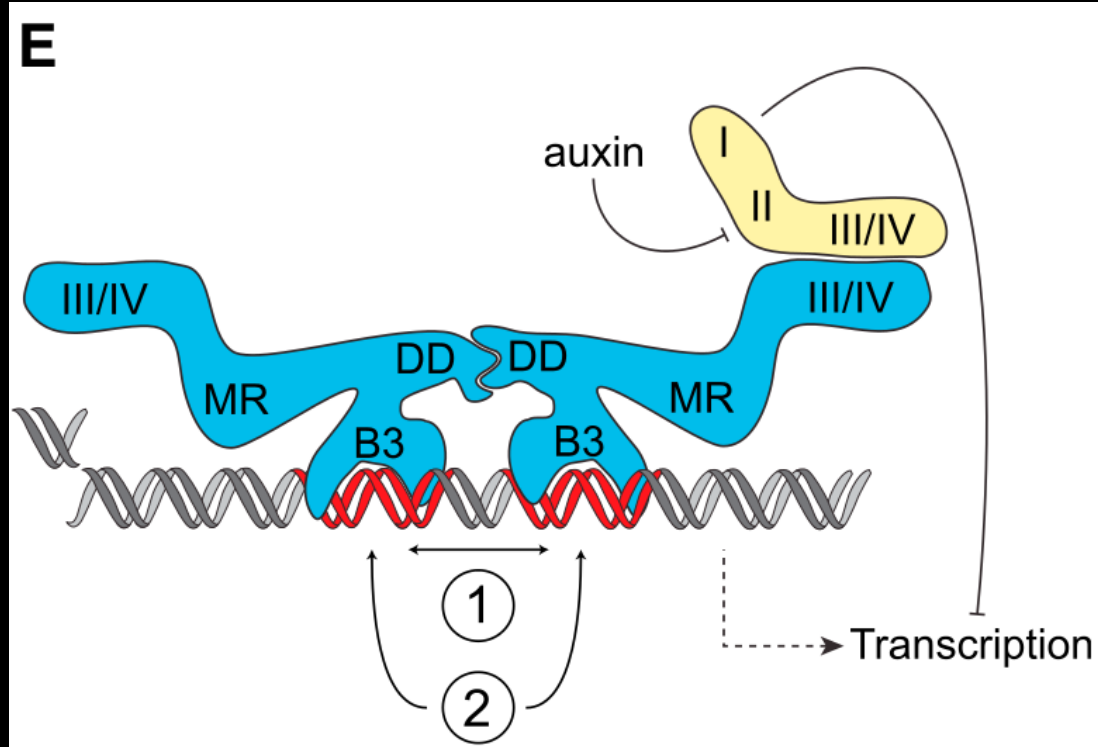
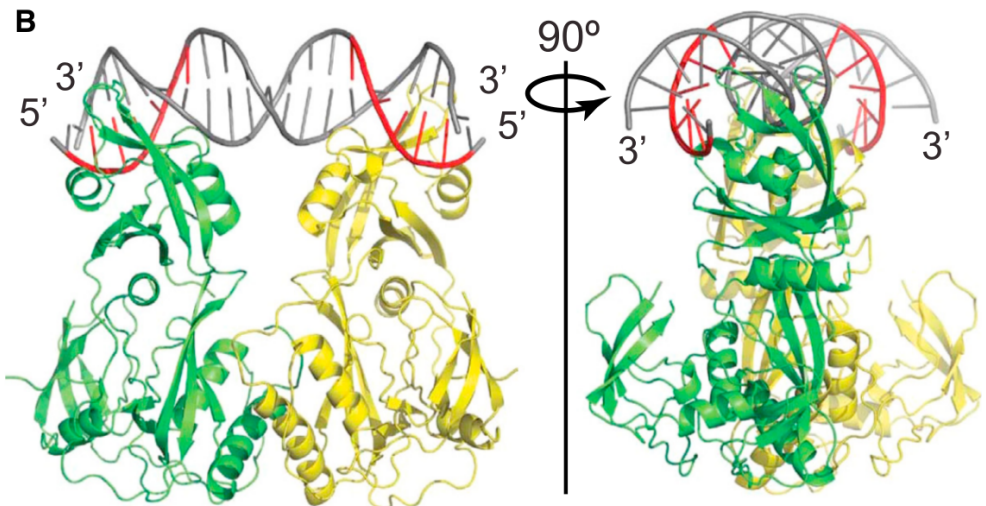
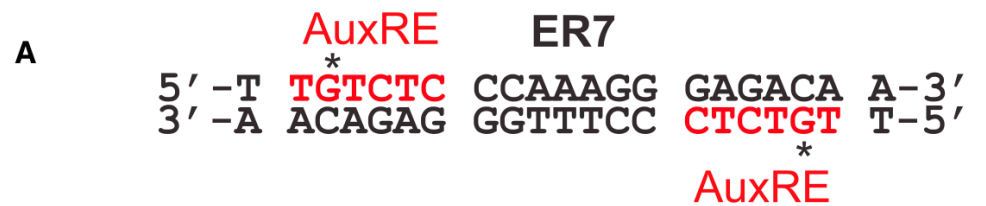


# ARF transkripční faktory *Arabidopsis*

- AUXIN RESPONSE FACTOR
- Regulují promotory genů auxinové odpovědi  
23 paralogů
- Například MONOPTEROS – viz minulá přednáška, reguluje tvorbu cévních svazků



Boer (2014)

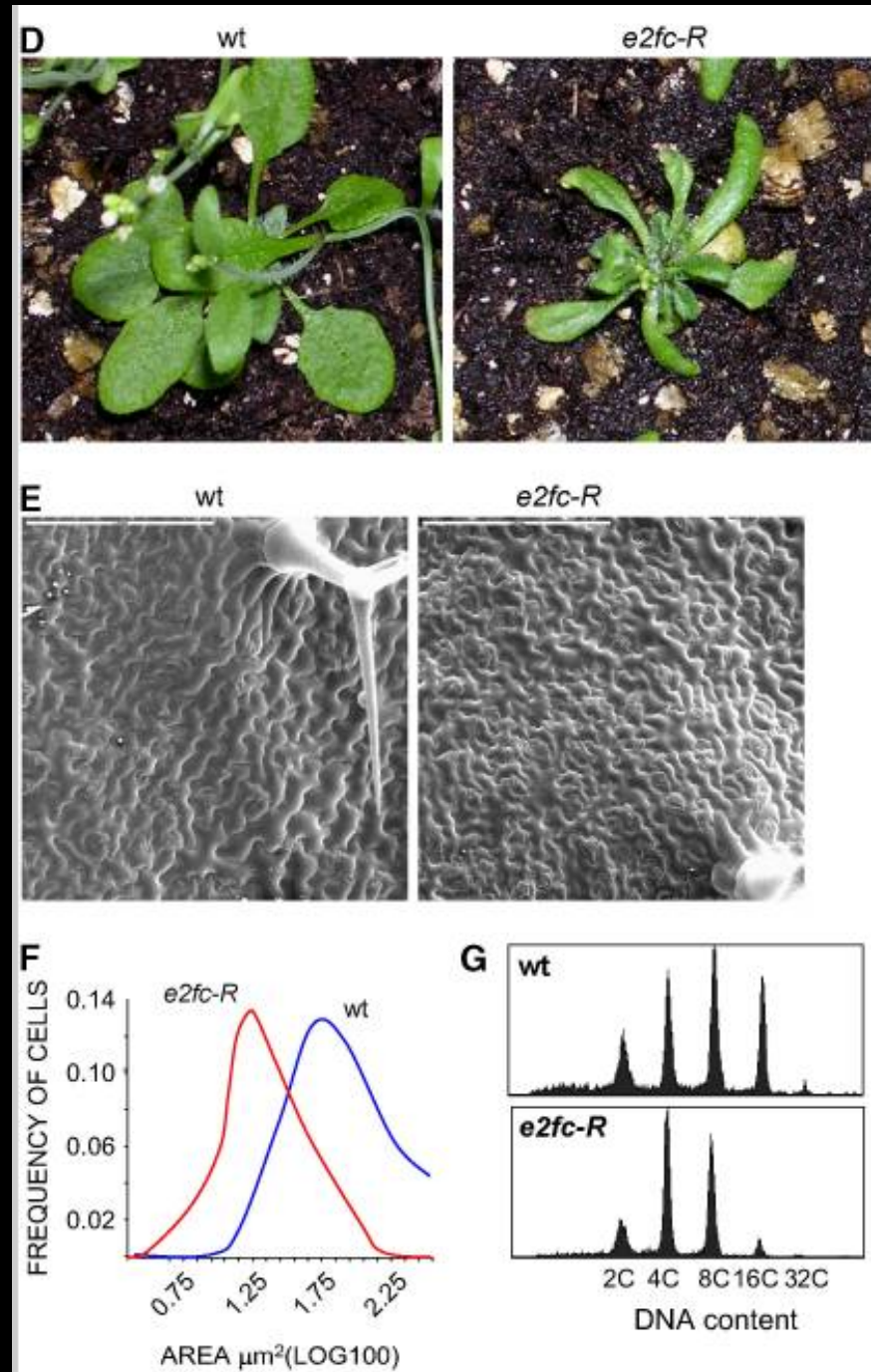




# Auxinová signalisace u *Arabidopsis* II

- **Receptor SKP2A/B**  
opět F-box protein jako TIR1
- **Tentokrát degraduje transkripční faktory E2FC a DPB**  
oba regulují buněčný cyklus, proliferaci buněk
- **Reguluje přechod mezi dělením buněk a endoreplikačním cyklem**

Del Pozo (2006)



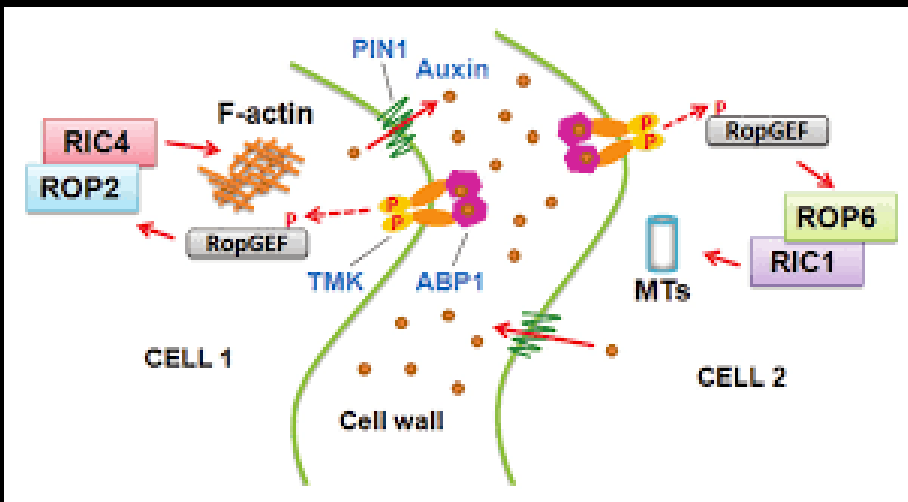


# Auxinová signalisace u *Arabidopsis* III

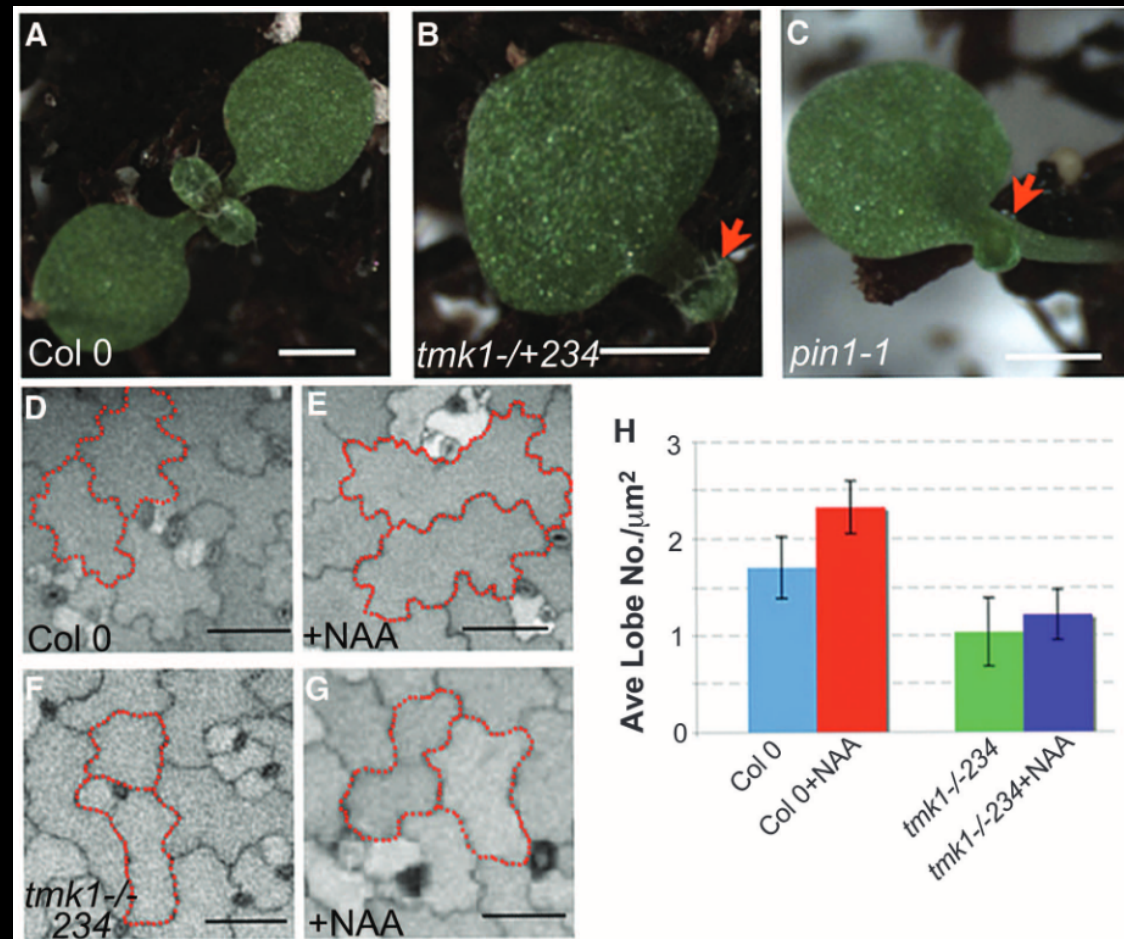
- Receptor ABP1 (AUXIN BINDING PROTEIN)
- Interaguje s TMK (TRANSMEMBRANE KINASE)
- Spouští malé GTPasy (ROP), které modulují aktinový cytoskelet
- Podílí se na regulaci tvaru buněk epidermis

TMK patří do rodiny  
Leucin-rich repeat Receptor-like  
kinase (LRR-RLK)

- Jen u *Arabidopsis* je 230 paralogů
- 4 paralogy TMK
- U nižších rostlin nezpracováno...



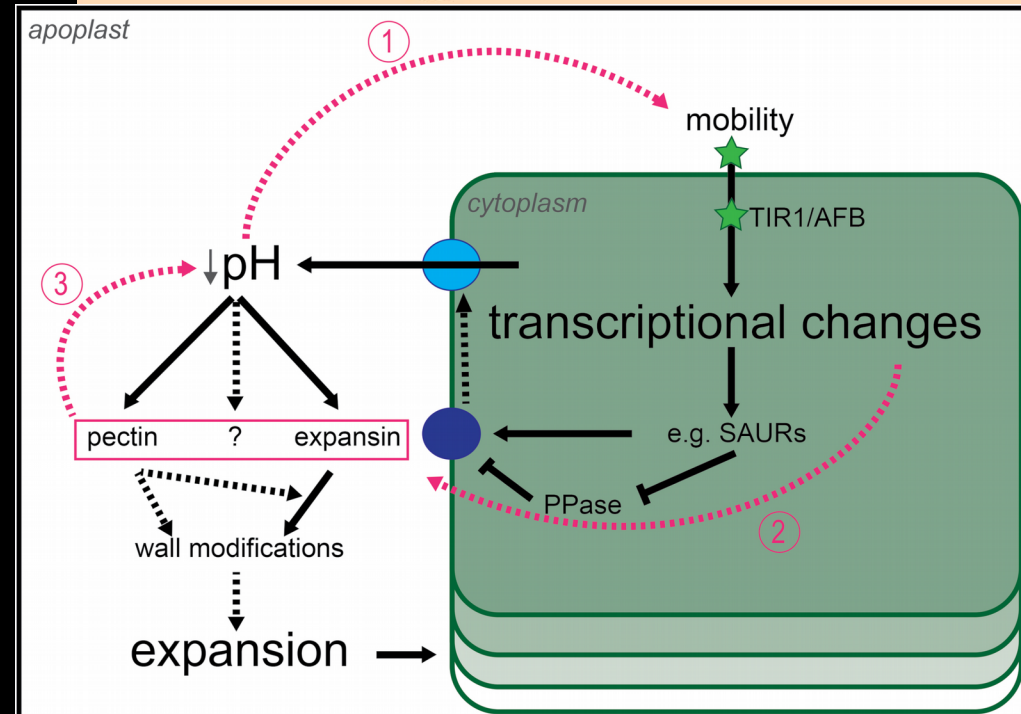
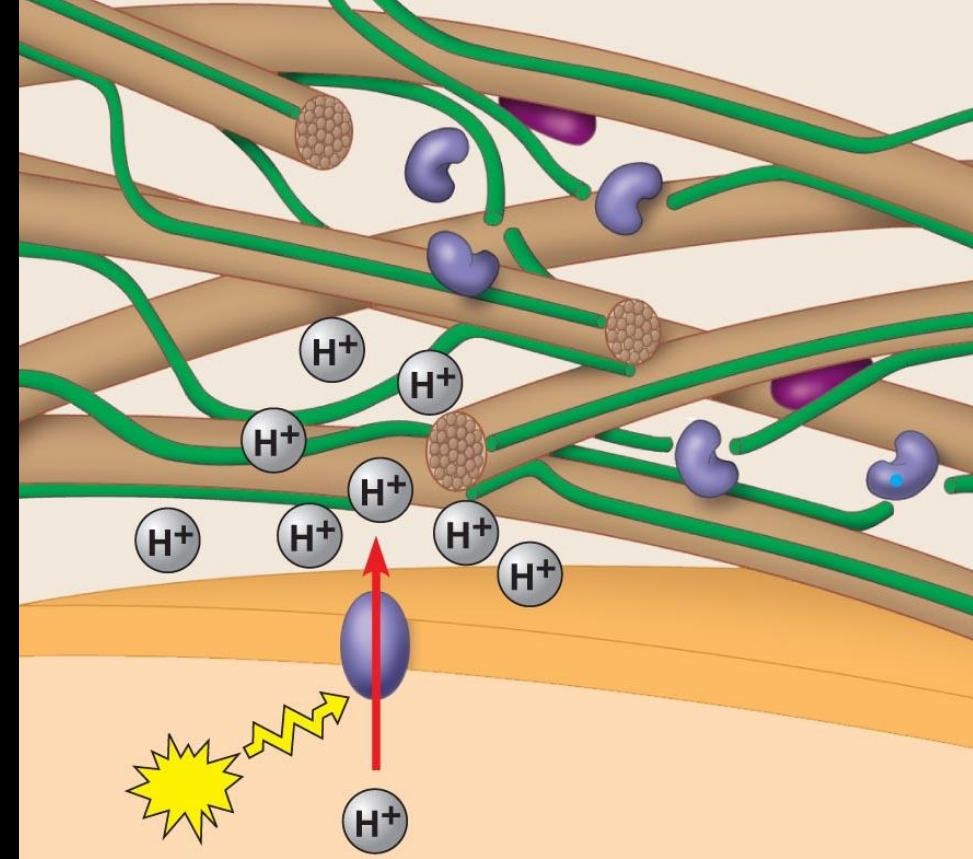
Xu (2014) Science



# Auxinová signalisace u *Arabidopsis* IV

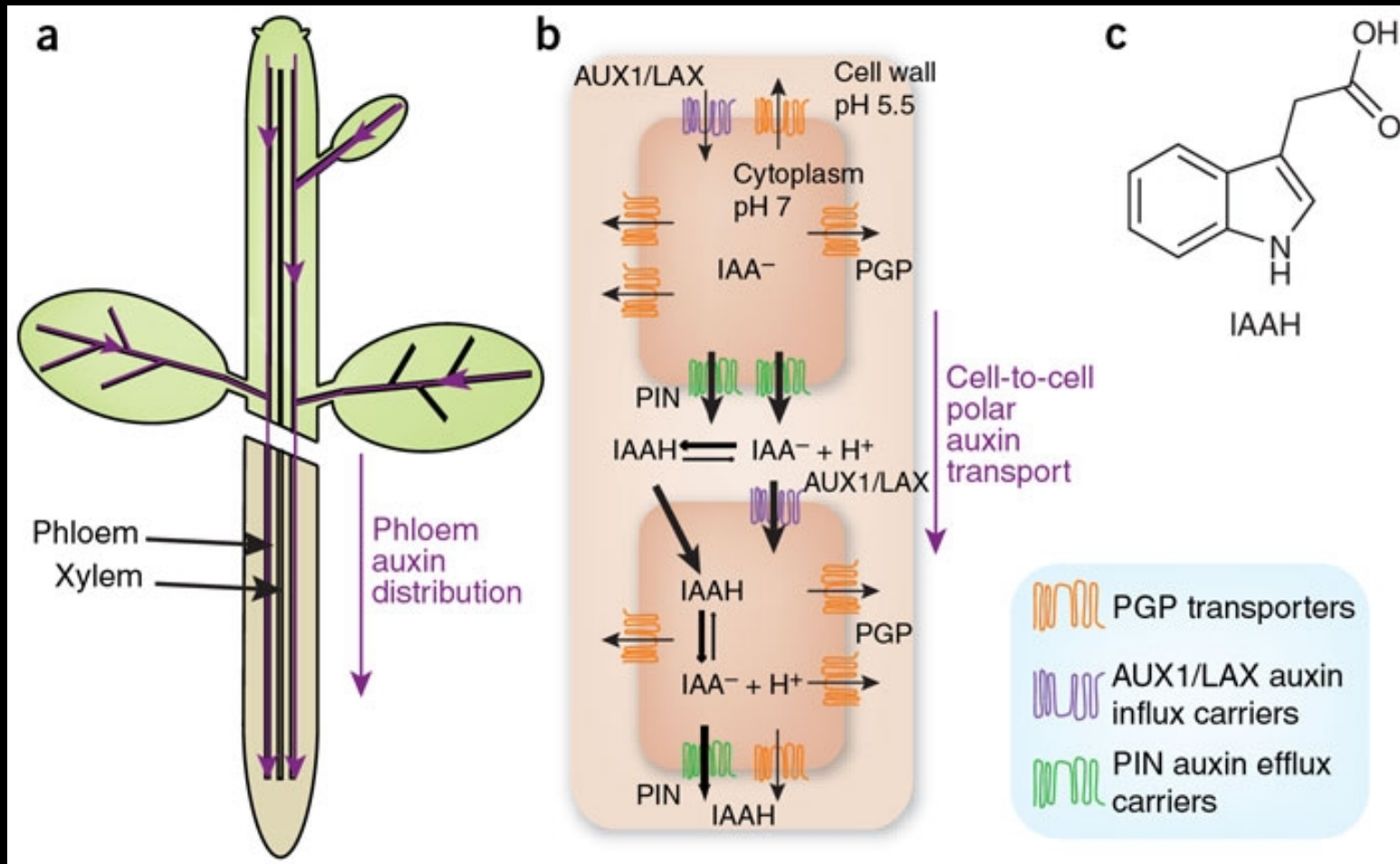
## Kyselý růst

- IAA stimuluje okamžitou aktivaci  $H^+$ -ATPasy
  - transport protonů do buněčné stěny
  - rozvolnění celulosy, umožnění růstu
  - stimulace vtoku  $K^+$  zpět do buňky
  - zvýšení osmotického tlaku buňky
- Dle nových prací souvisí s TIR1
  - aktivuje se exprese SAUR proteinů (< 20 min) *SMALL AUXIN-UP RNA*
  - ty stimulují fosforylaci ATPasy
  - inhibují její defosforylaci



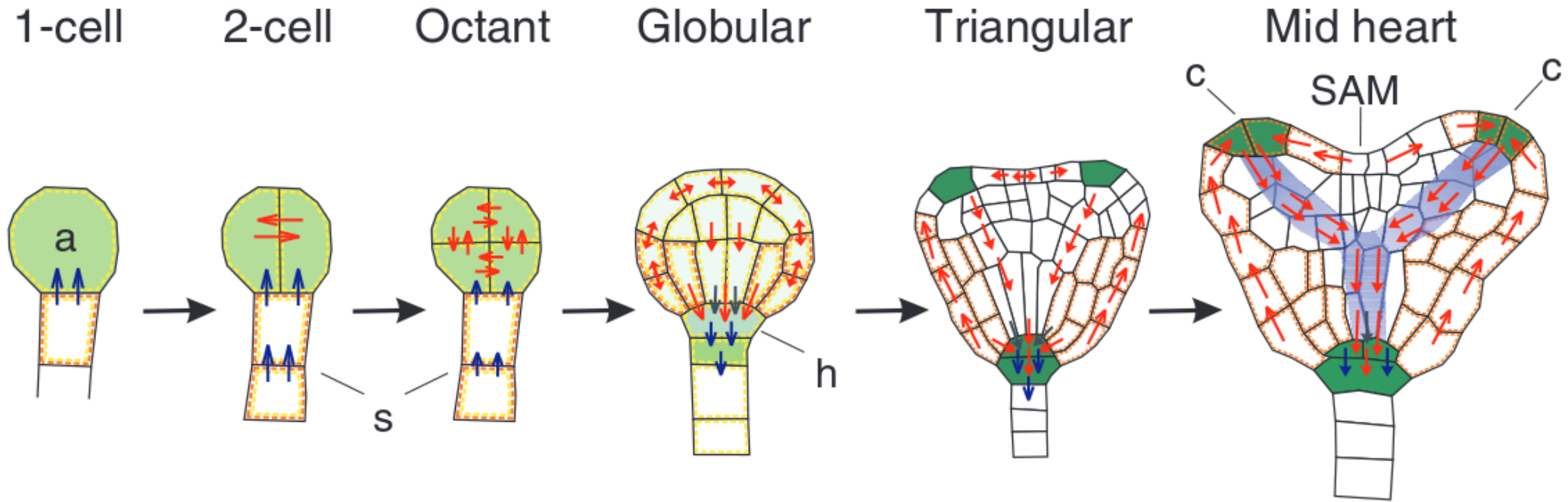
# Přenašeče auxinu

- Do buňky: Proteiny AUX (AUXIN RESISTANT, LAX)
- Z buňky: Proteiny PIN (PIN-FORMED)  
Proteiny PGP (ABC B transportéry)





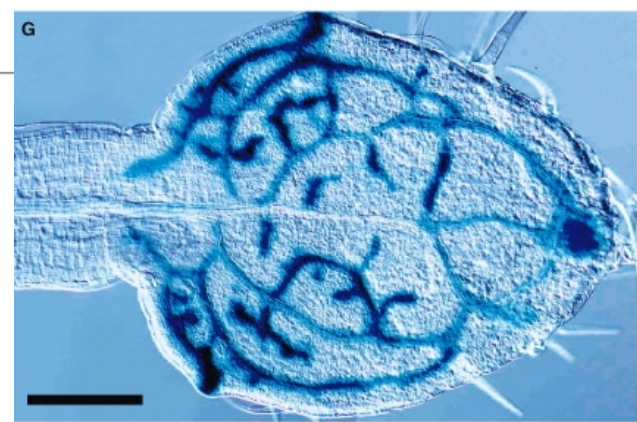
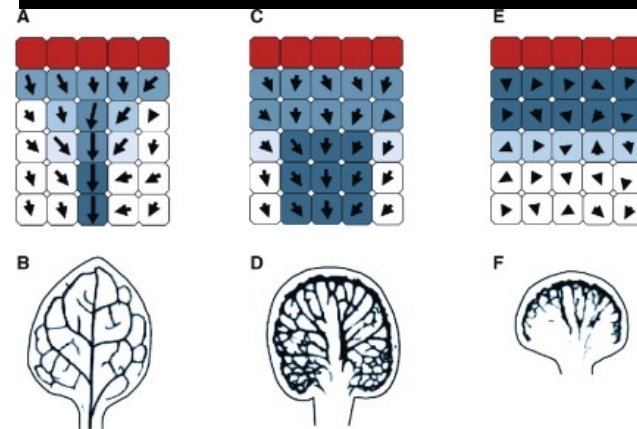
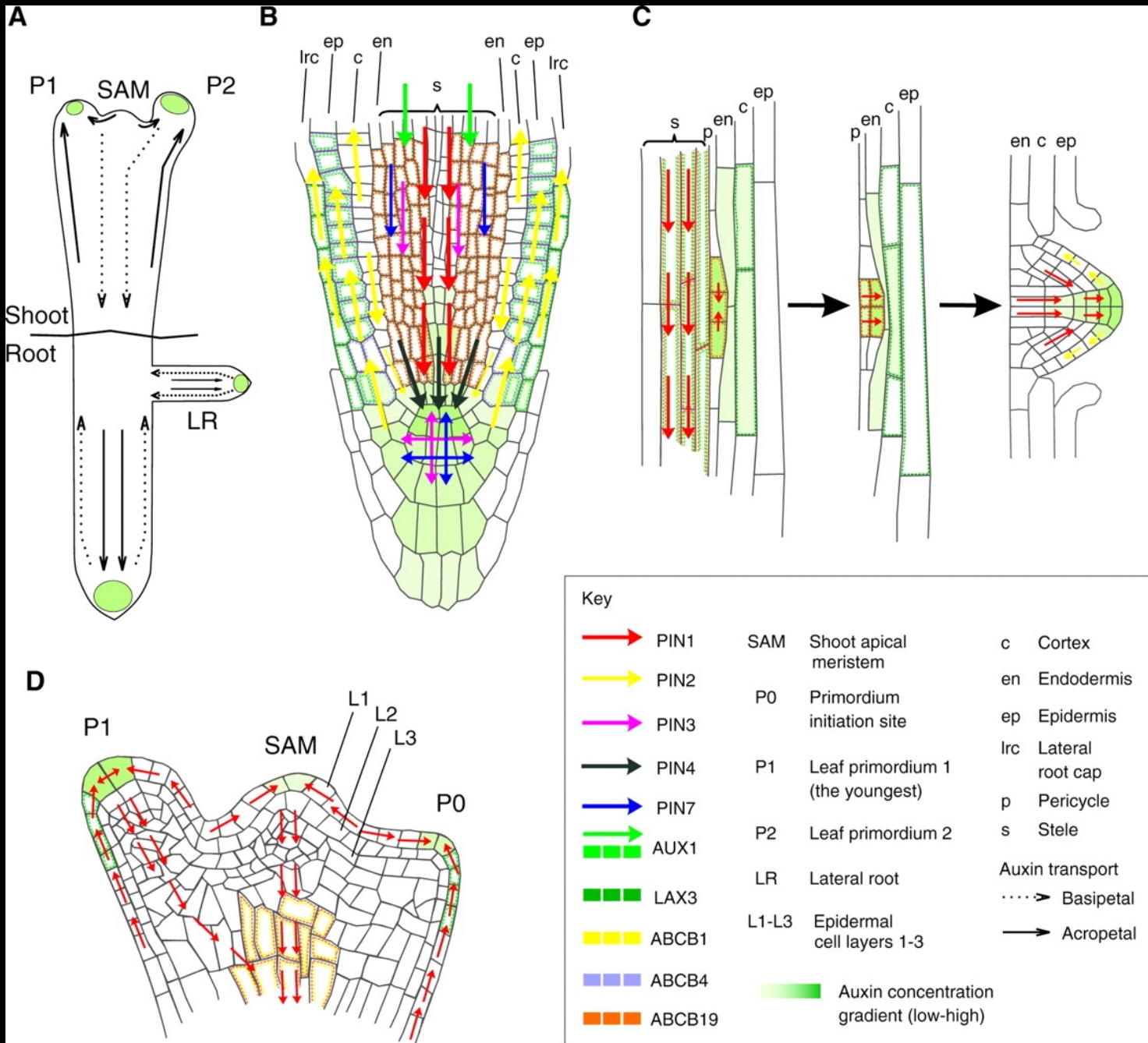
# Transport auxinu



Key	PIN1	Auxin concentration gradient (low-high)	a Apical cell
	PIN4		c Cotyledon
	PIN7	Future vasculature	h Hypophysis
	ABCB1		s Suspensor cells
	ABCB19	SAM Future shoot apical meristem	



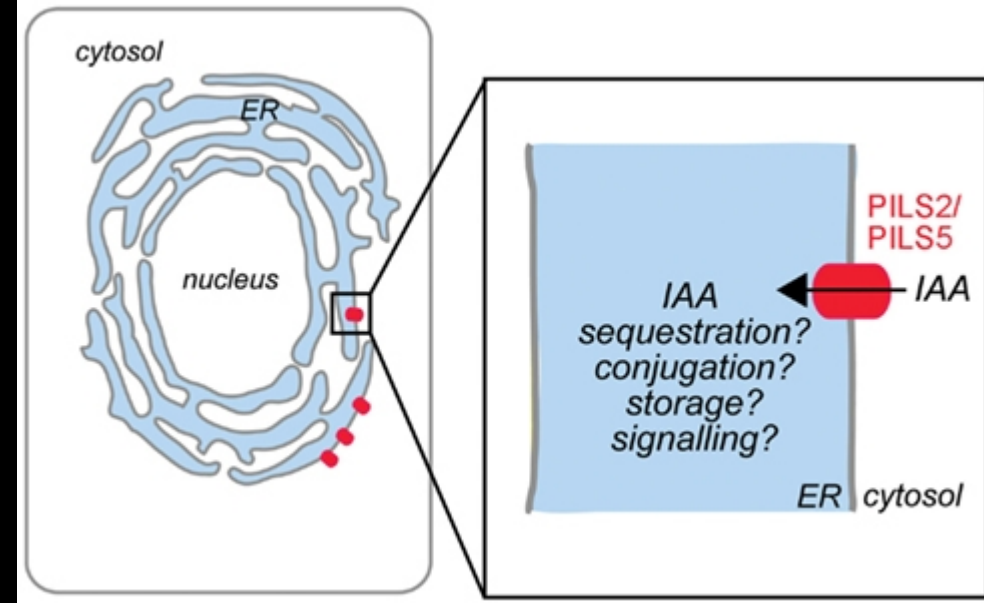
# Transport auxinu



Current Biology

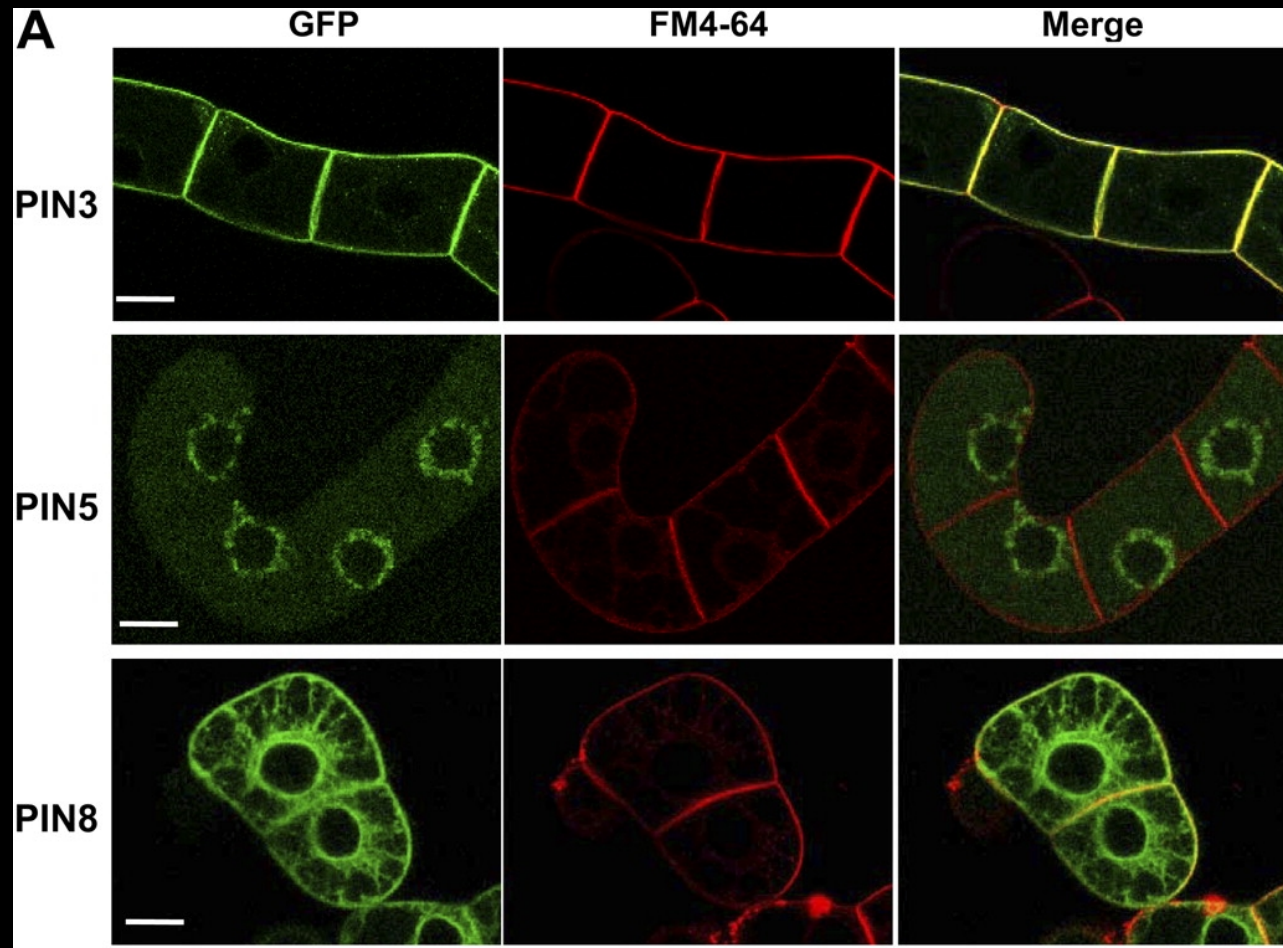
Petrášek (2009)

# Auxin je transportován nejen mezi buňkami...



Homeostáze auxinu v buňce je regulována řízeným transportem do ER, kde je auxin inaktivován (skladován)

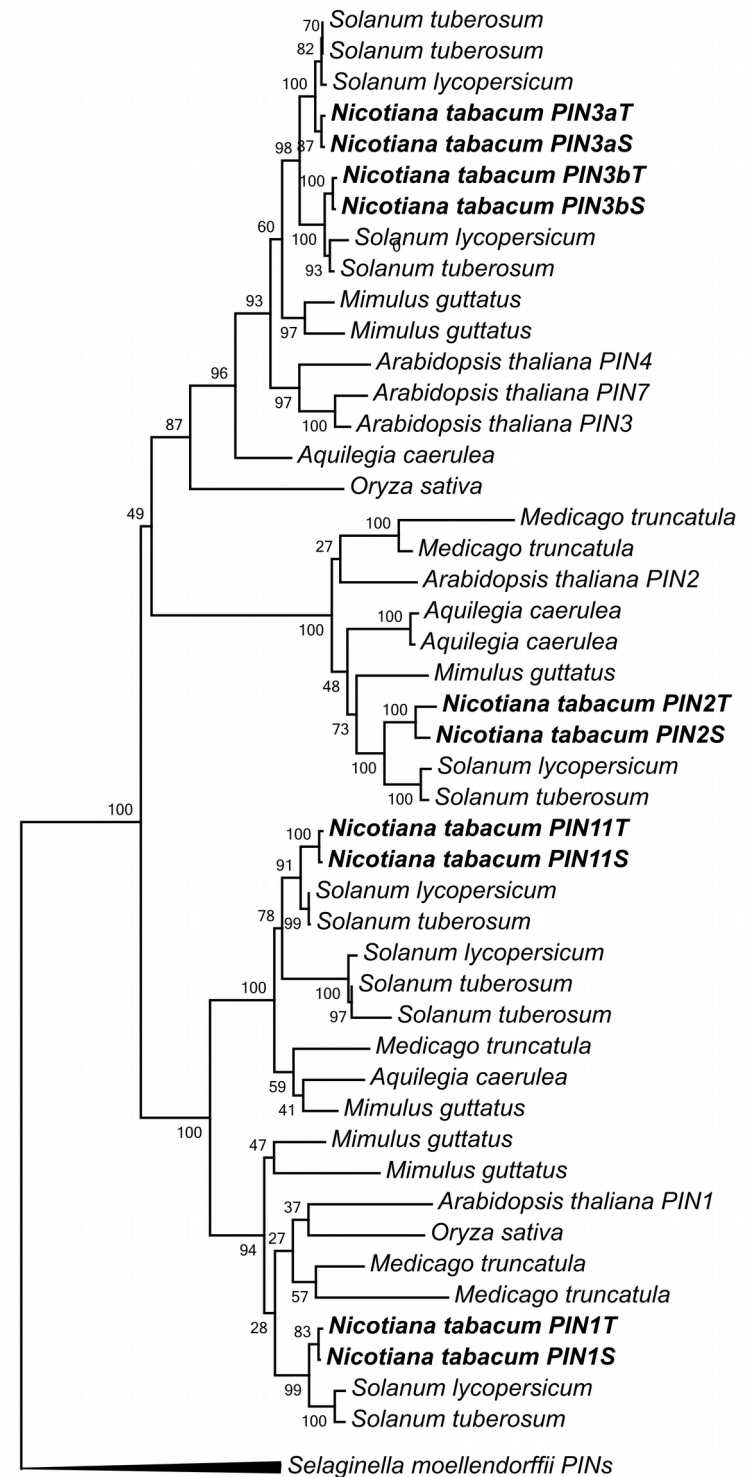
- PIN5, PIN6 a PIN8
- Přenašeče PILS





# Jak je auxinový transport konzervovaný?

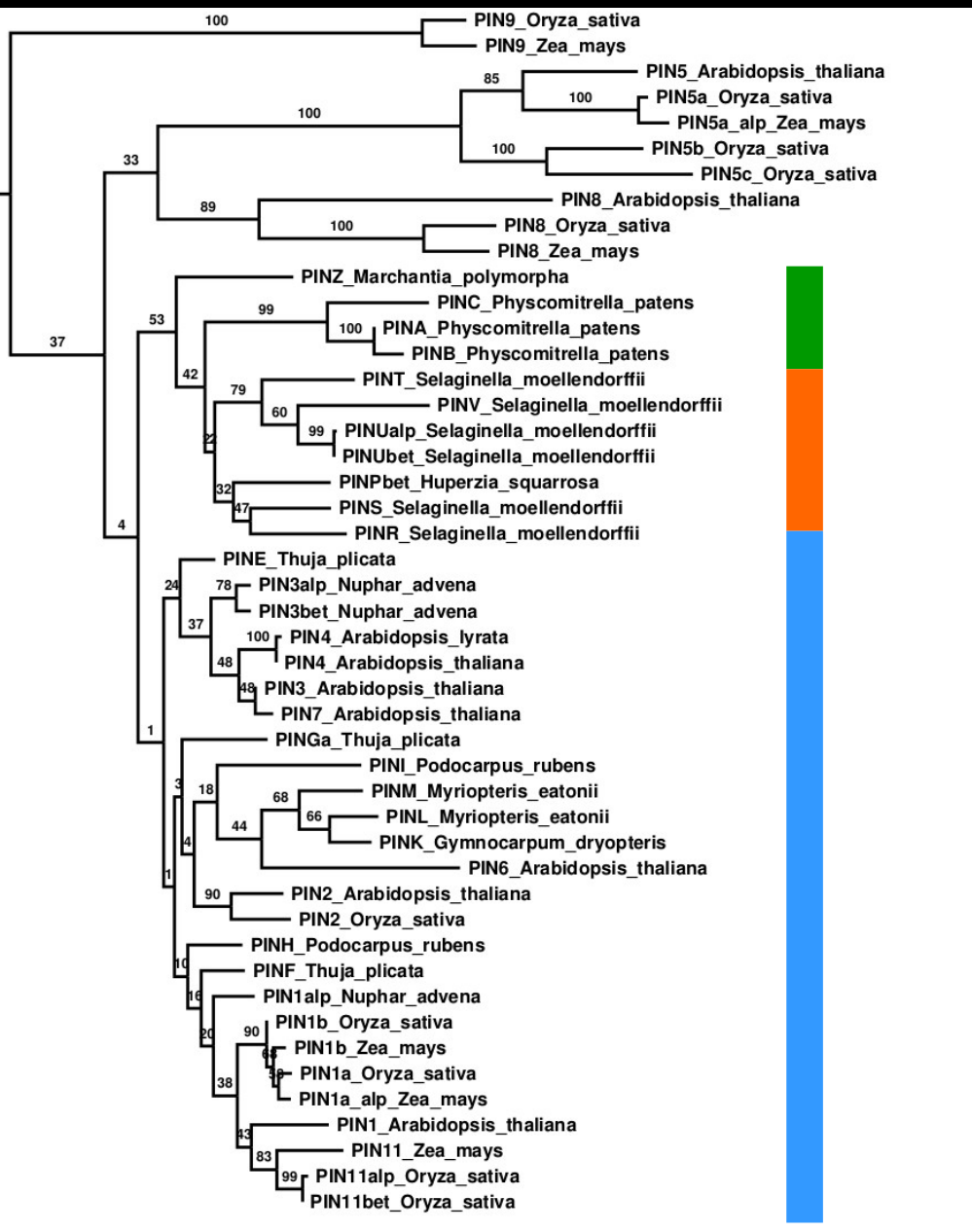
- *PIN 3, 4, 7* jen u brukvovitých!
- Naopak u lilkovitých je nezávisle duplikovaný *PIN3 a,b*





# Nezávislé radiace PIN u mechů a plavuní

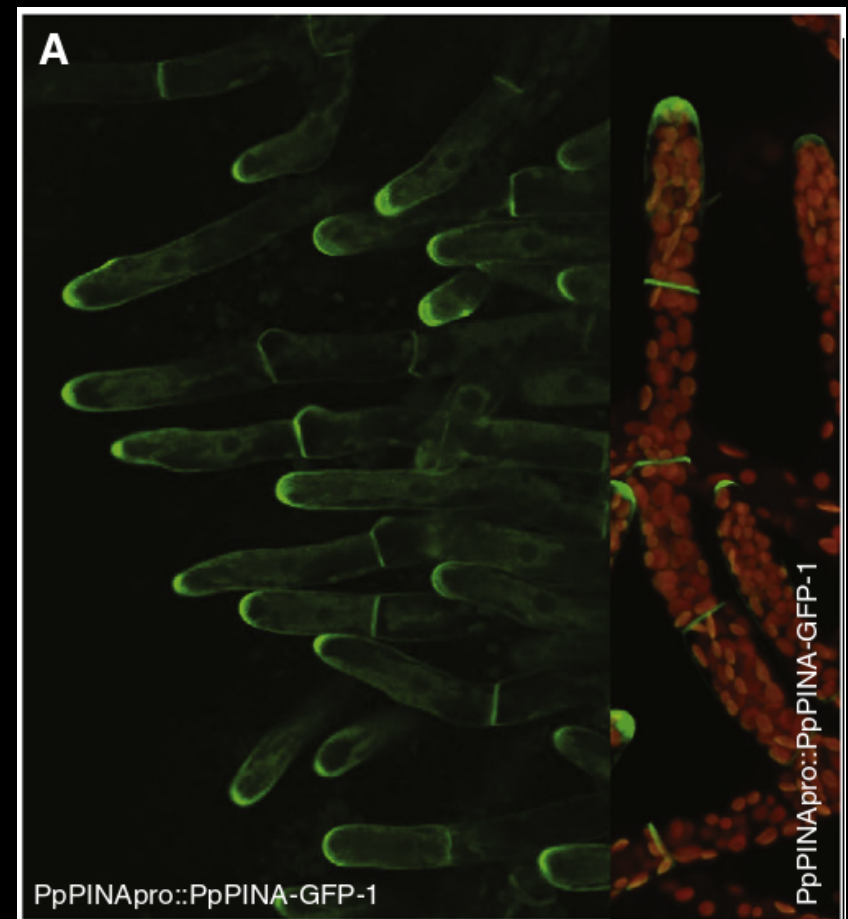
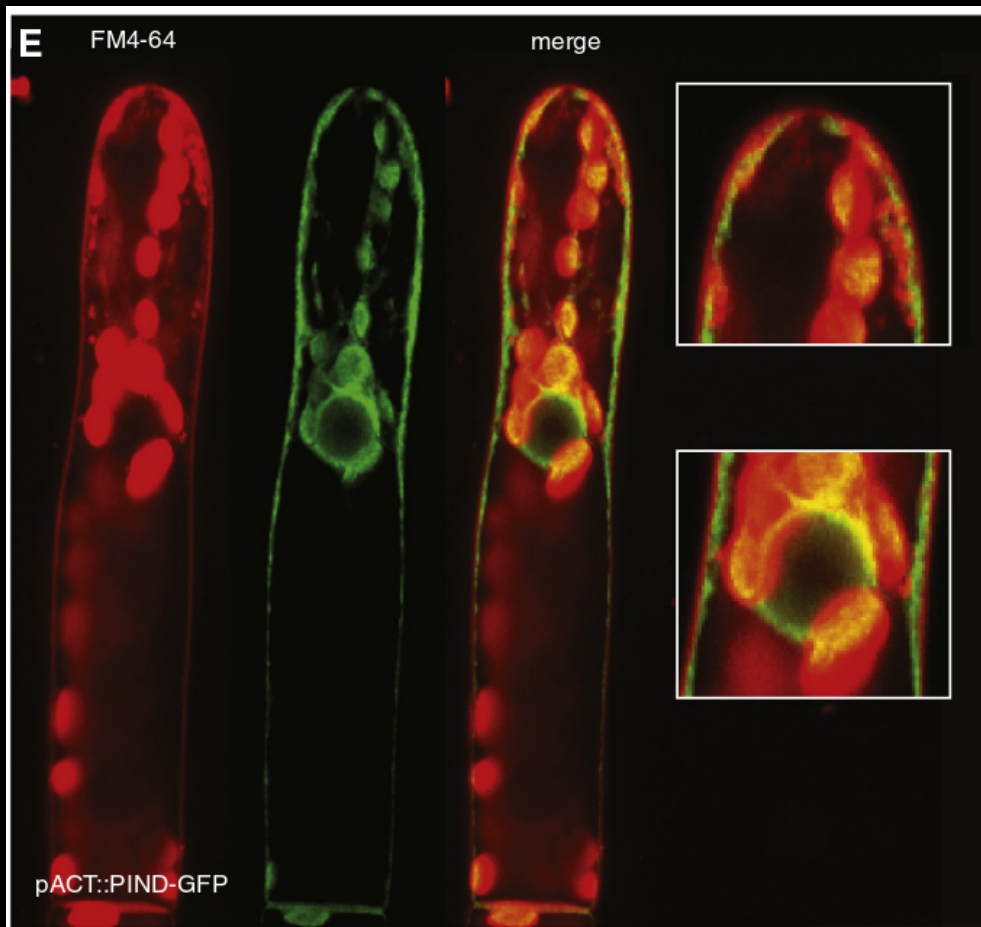
- Moderní PINy vznikly na úrovni kapradin *Euphyllophyta*





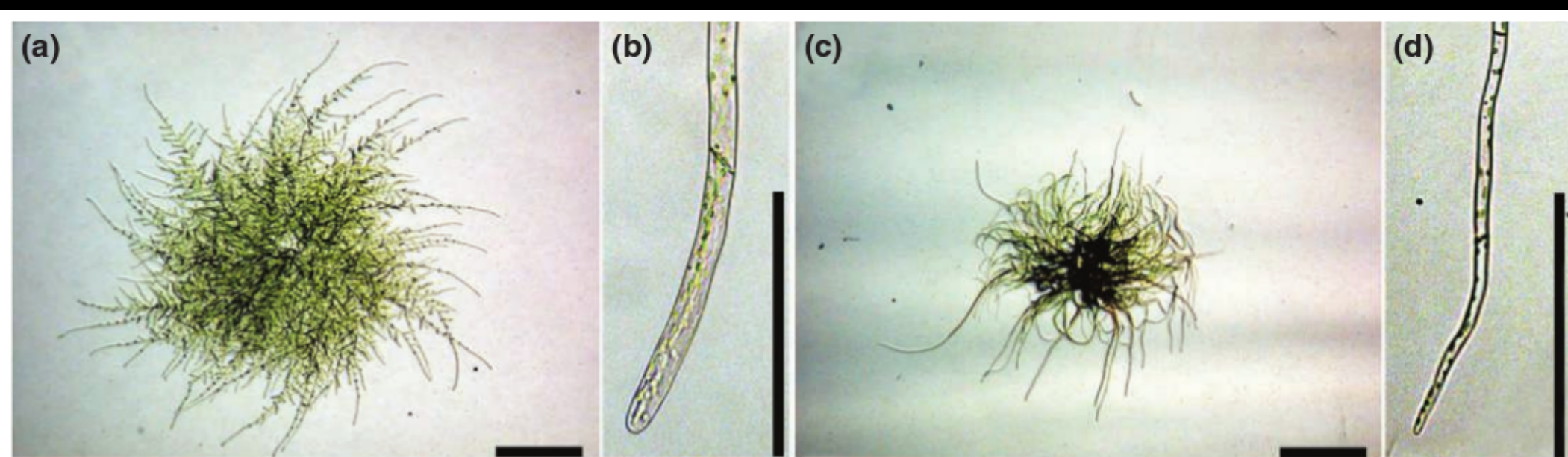
# Jak funguje auxinová signalisace u mechů?

- PINA je lokalizován na PM, špička buněk protonematu
- PIND je v ER
- Auxin se transportuje směrem k apexu vláken



# Jak funguje auxinová signalisace u mechů?

- IAA zajišťuje transformaci protonema → caulonema
- Mutace *pina+pinb* → předčasná tvorba caulonematu
- Když klesne množství PIN, auxin se začne hromadit v buňkách a způsobí diferenciaci (= elongaci vláken)

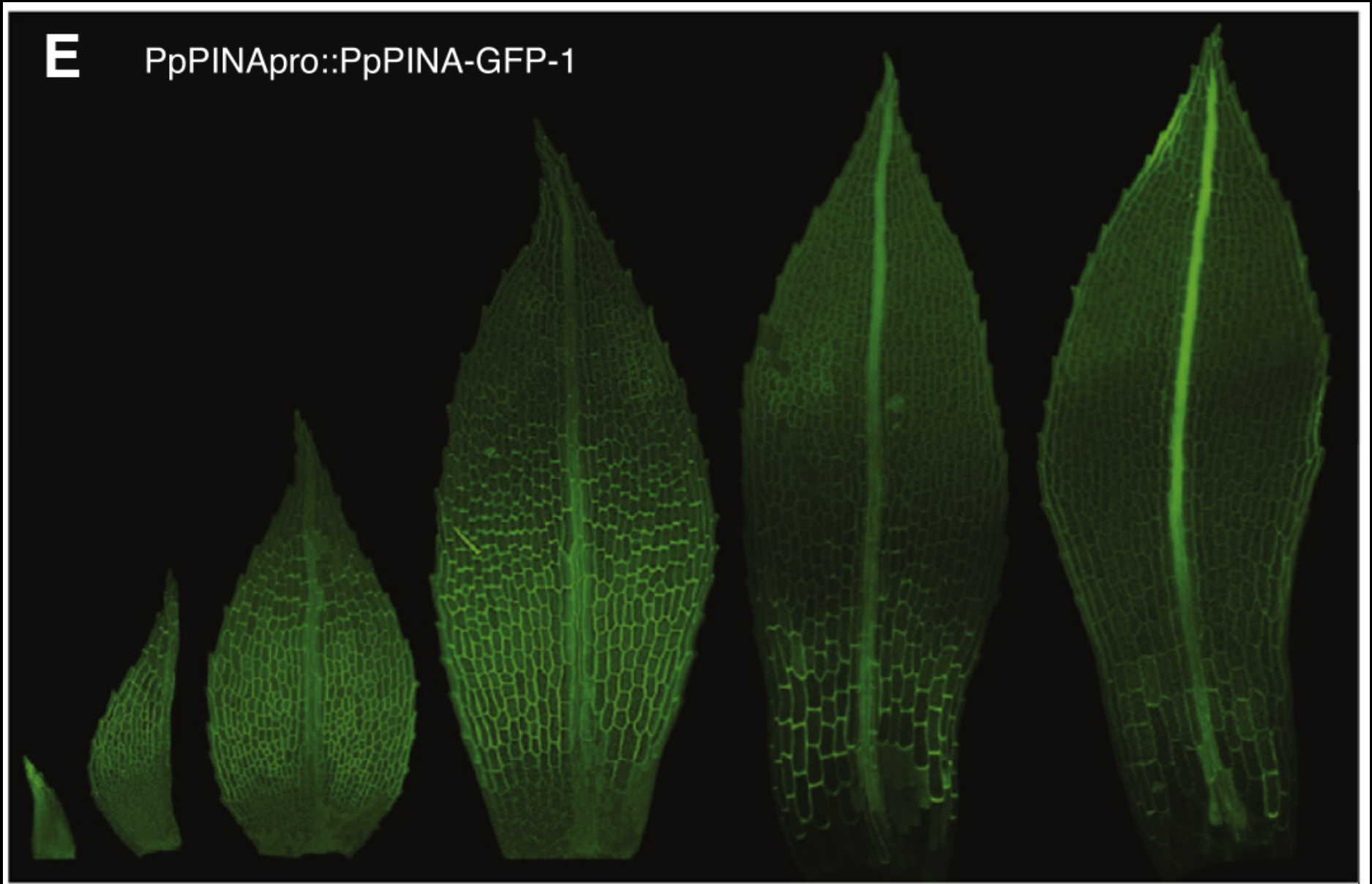


+ IAA

# Jak funguje auxinová signalisace u mechů?

- V lístcích je exprese PIN v zóně, kde dochází k přepnutí z proliferační do elongační fáze

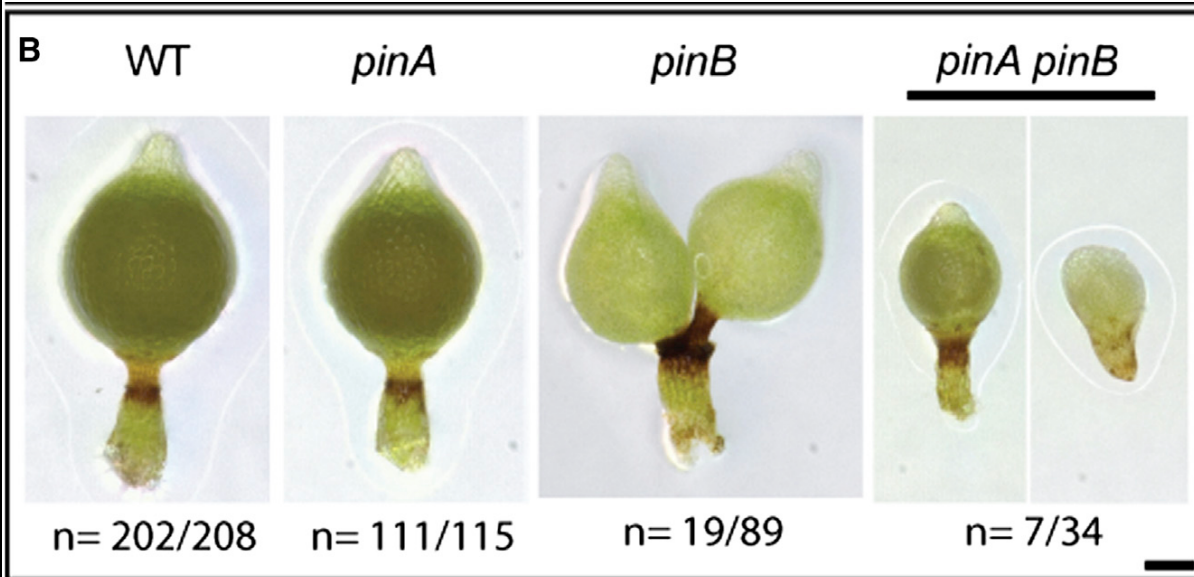
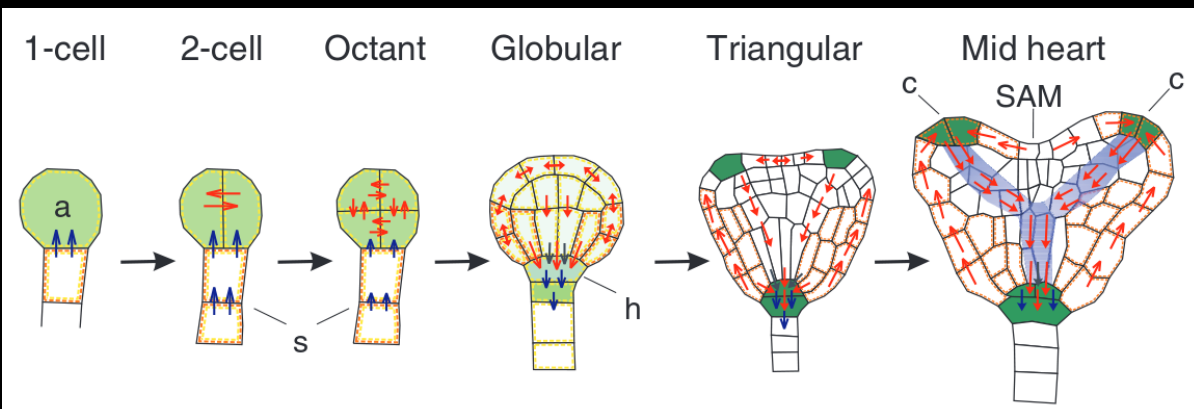
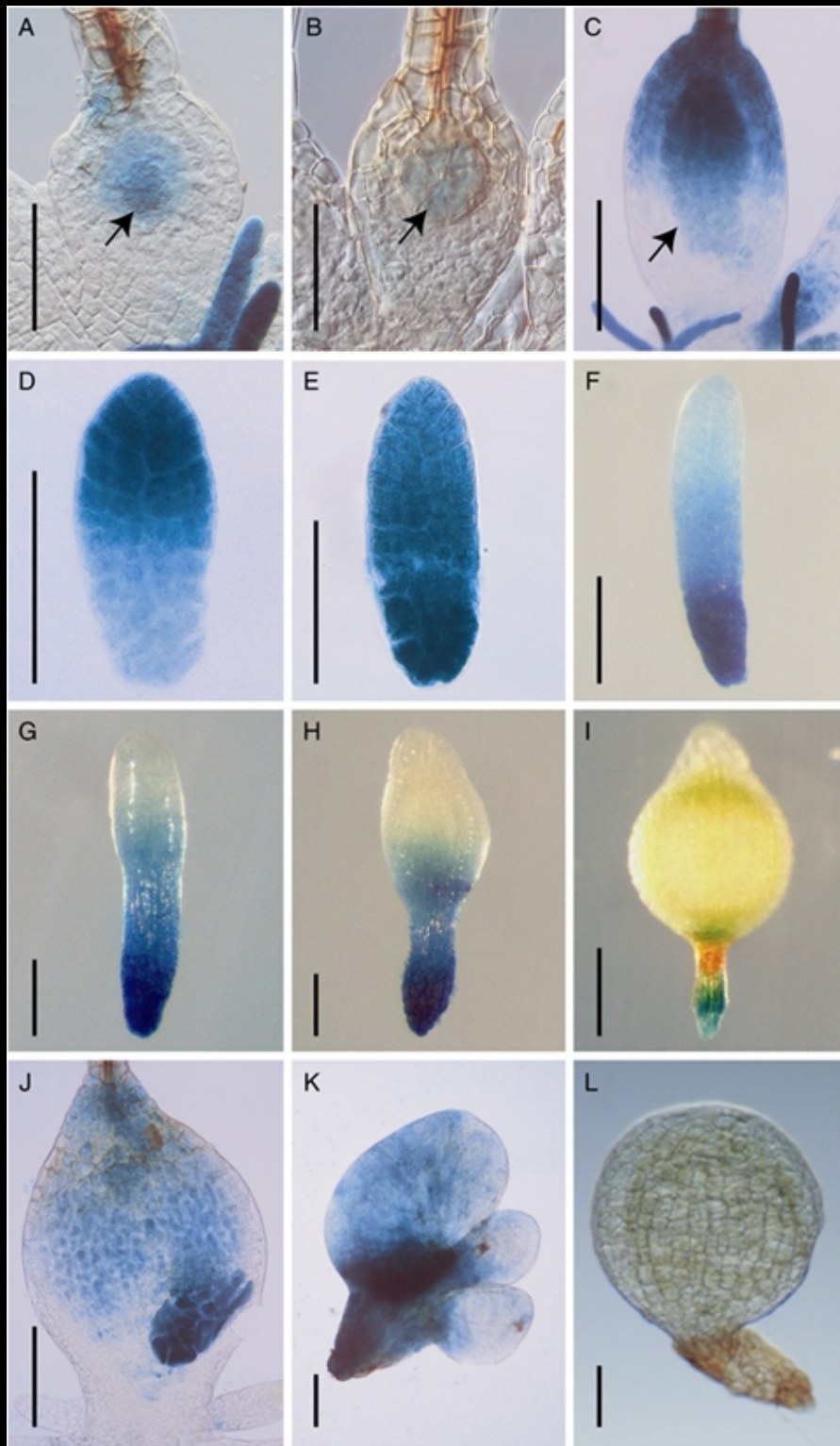
Viaene (2014)





# Transport auxinu ve sporofytu mechů

- V lístcích je exprese PIN v zóně, kde dochází k přepnutí z proliferační do elongační fáze





# Jak je to s auxinem u řas?

**Přítomnost známa již ve 40. letech:**

*Macrocystis* – hnědá řasa

*Bryopsis* – zelená řasa

**Efekty:**

- *Chlorella* – ovlivňuje růst
- Ovlivňuje elongaci streptofytních řas (*Klebsormidium*, *Zygnema*)

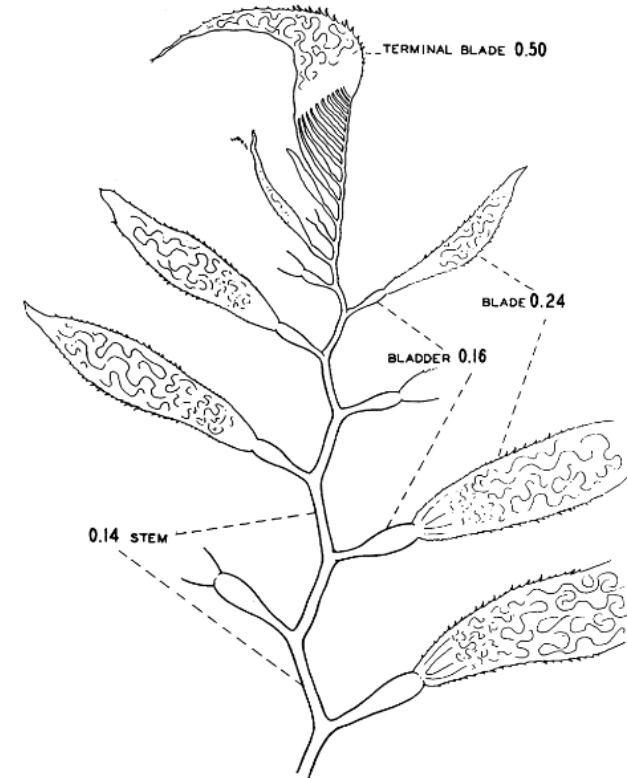
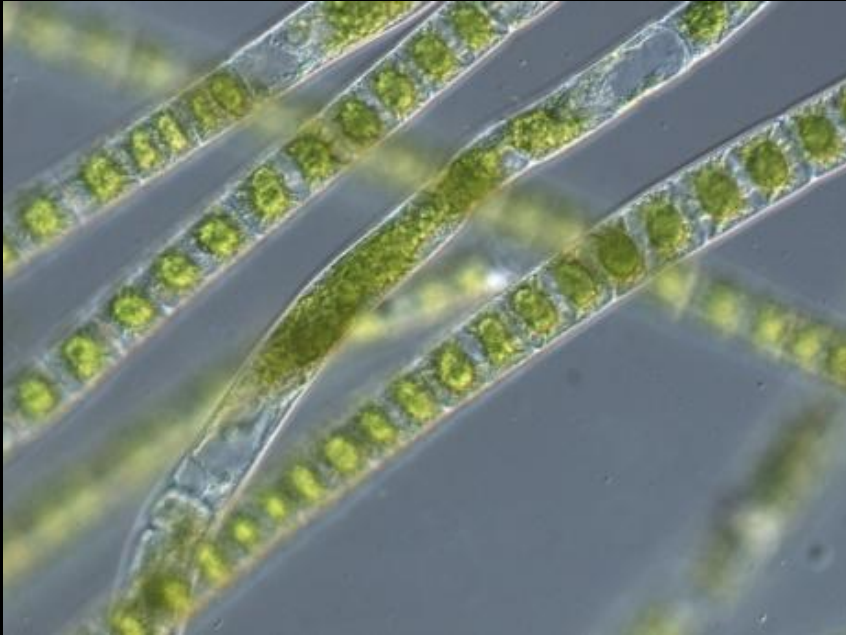
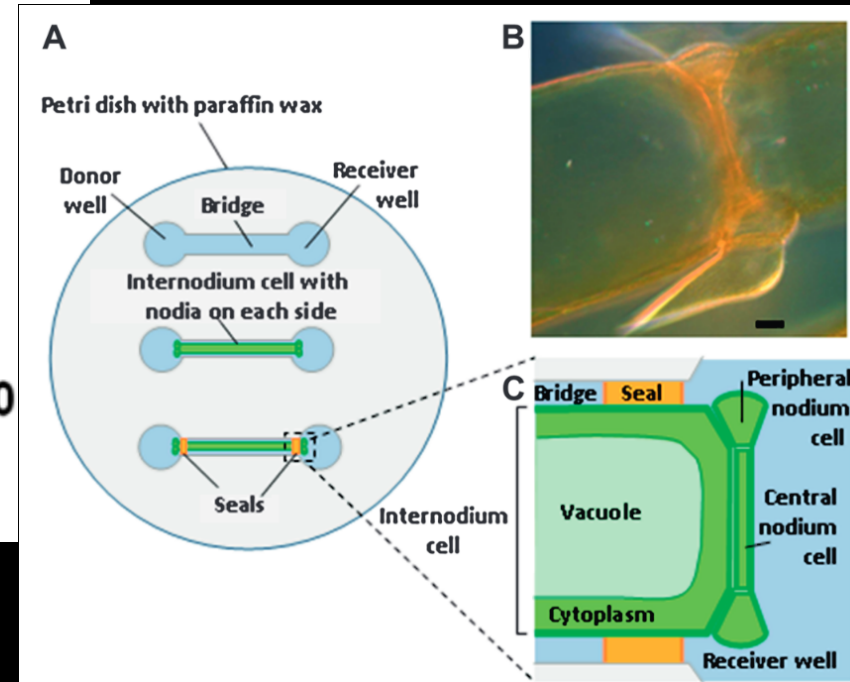
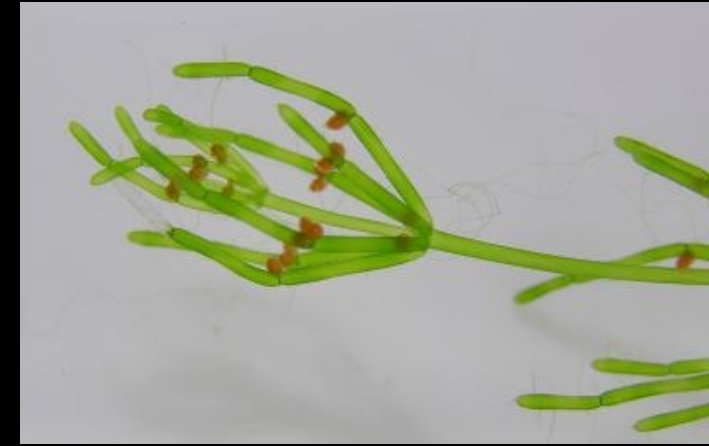
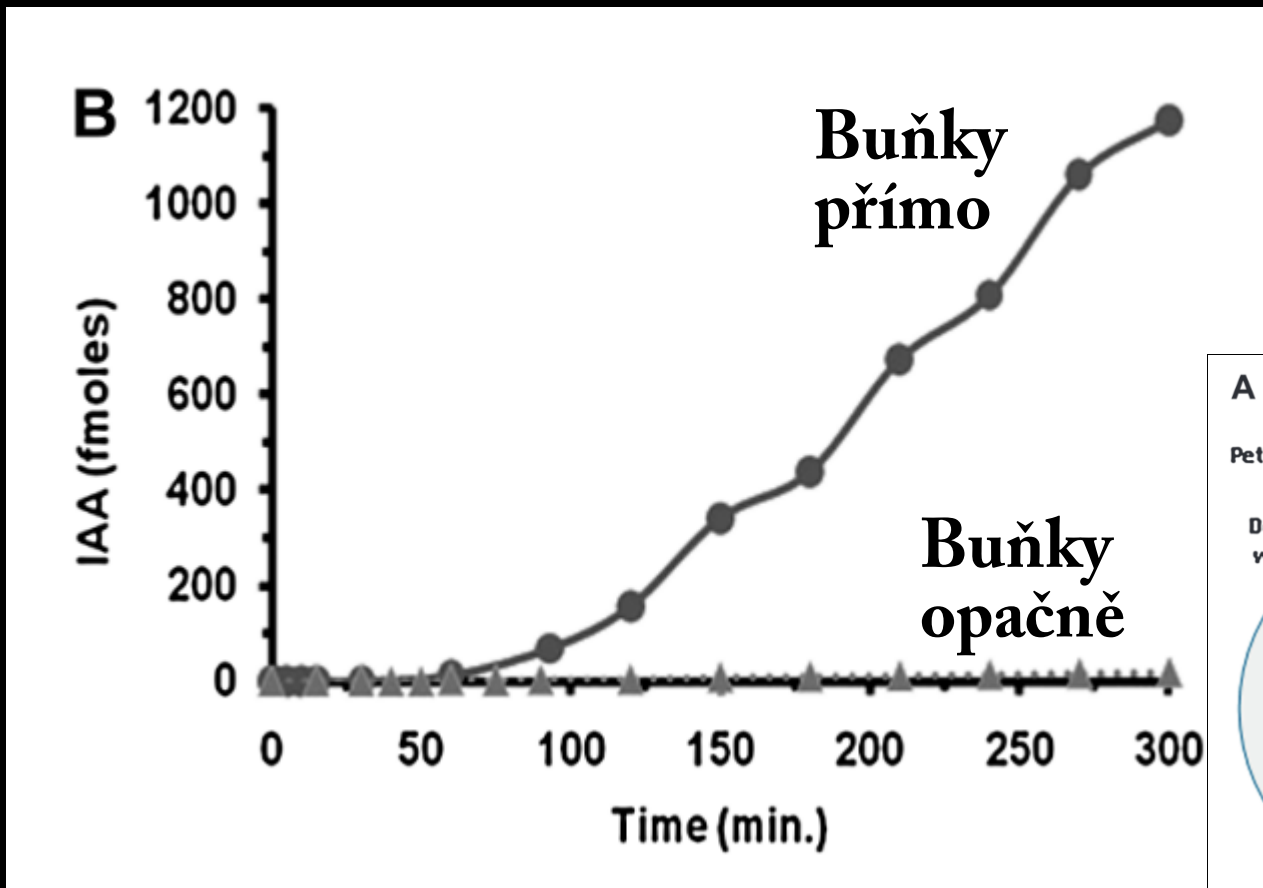


FIG. 1. Apical part of the thallus of *Macrocystis pyrifera* with figures indicating the distribution of auxin in gamma equivalents of indole acetic acid per kilogram fresh weight.

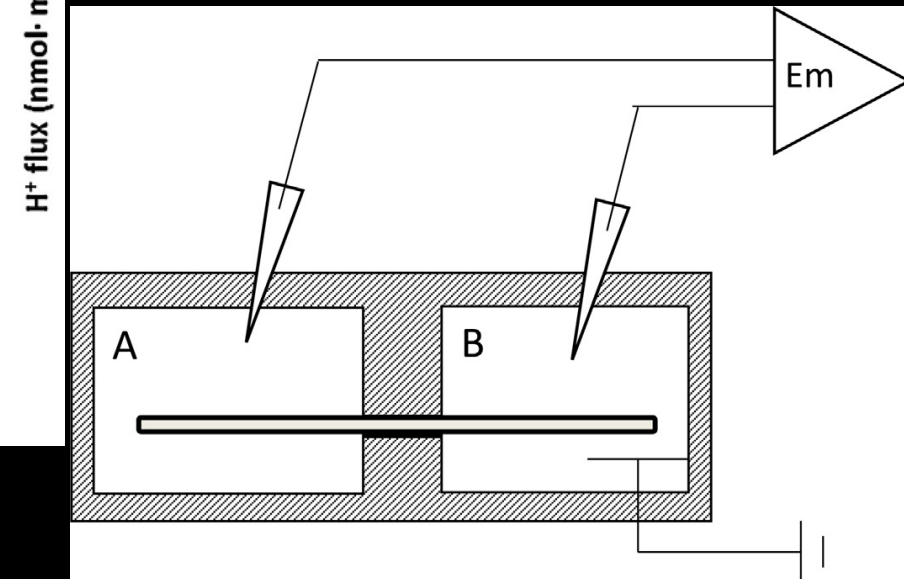
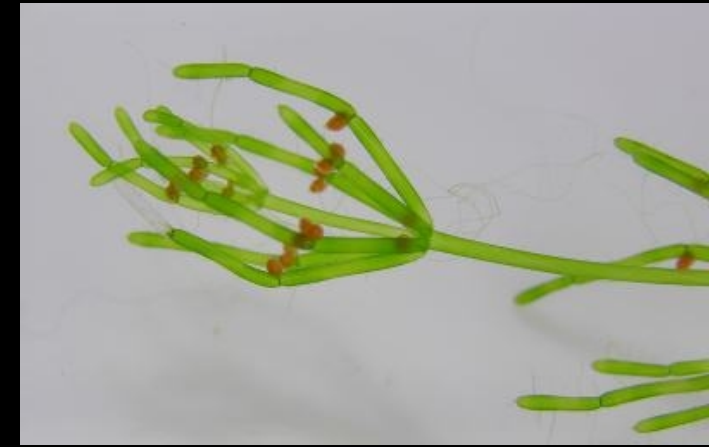
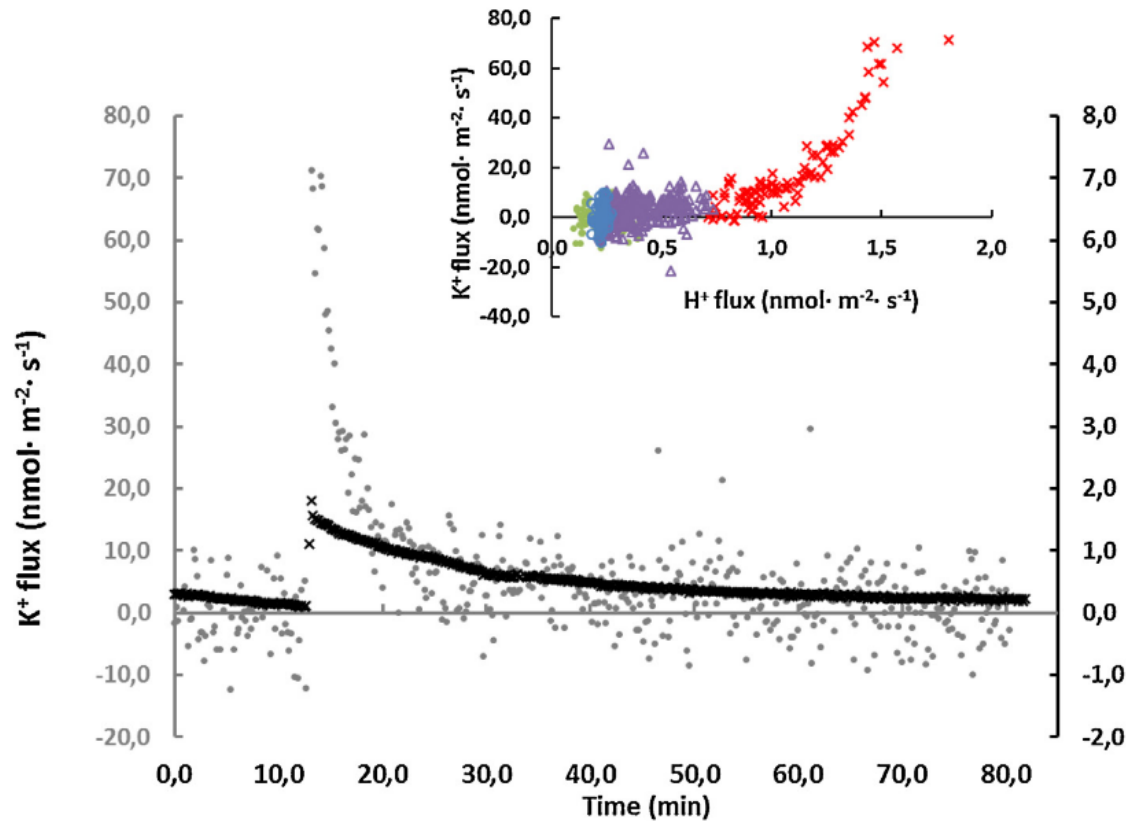
# Auxin umí transportovat i buňky *Chary*

- Pozorován transport buňkou mezi nádobami
- Transport byl inhibován NPA (inhibitor PIN)



# Auxin způsobuje depolarisaci PM u *Chary*

- Ihned po aplikaci IAA se zvýší výtok  $K^+$  z buňky
  - Ovšem není pozorována aktivace  $H^+$ -ATPasy
- Měřili to ale na starých buňkách, kde již růst neprobíhá

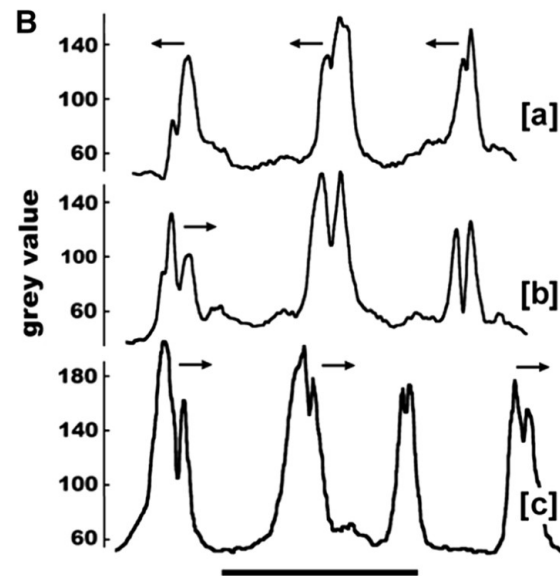
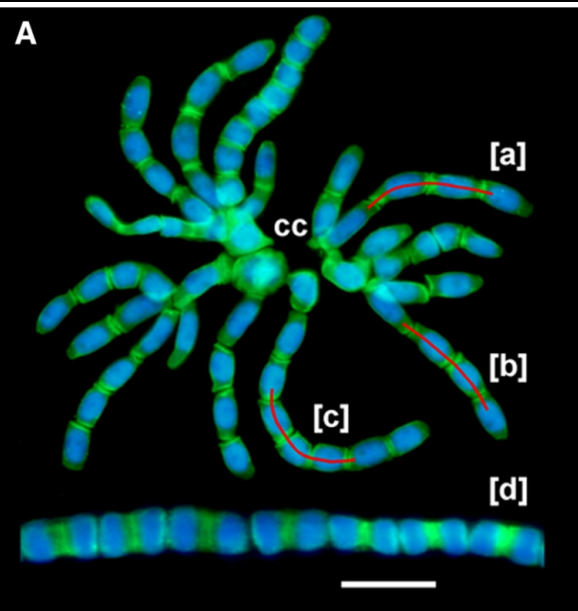
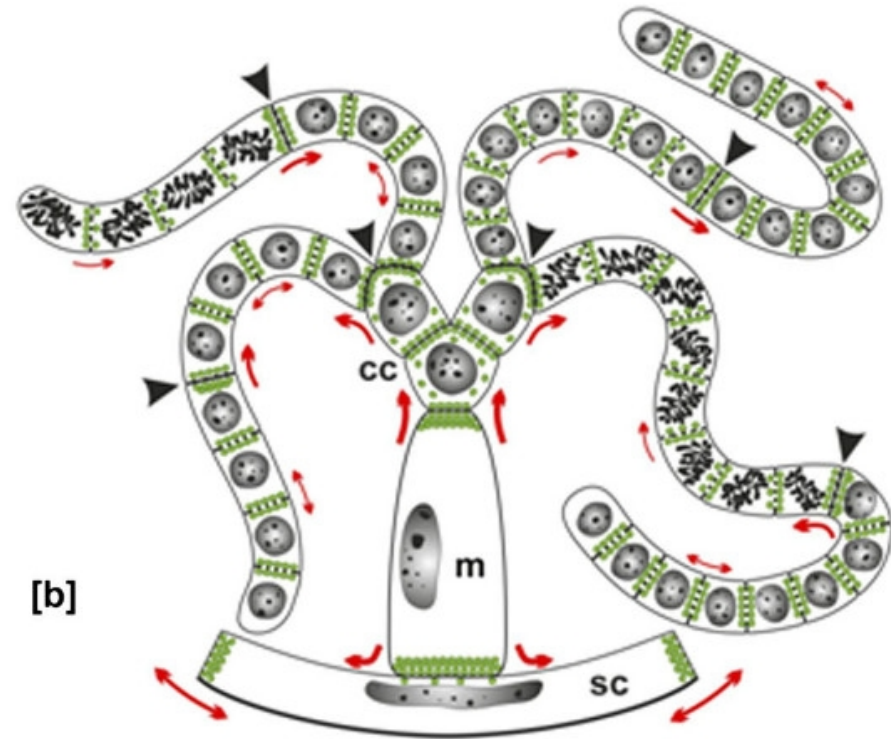
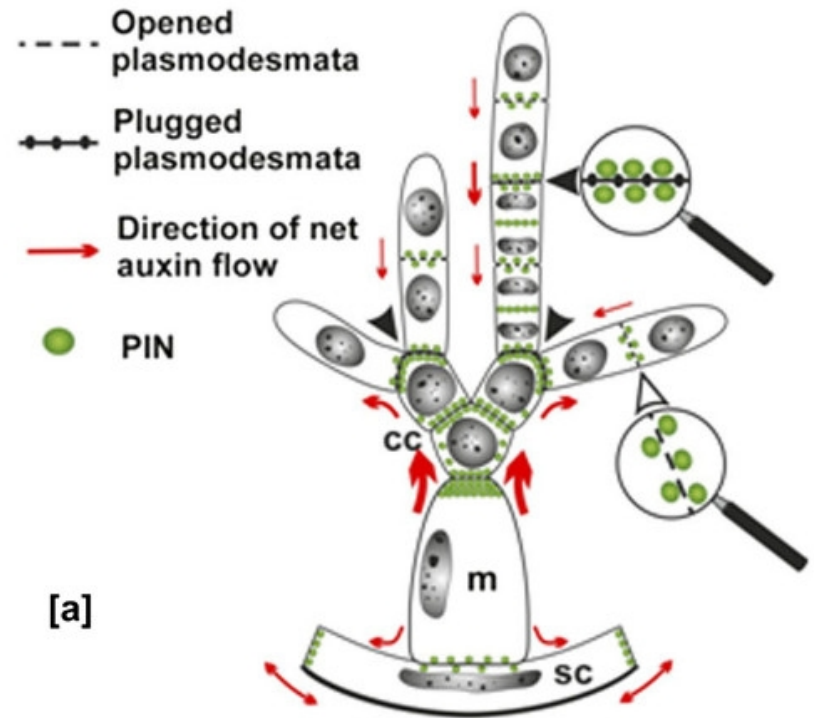




# Role auxinu ve spermatogenezi *Chary*

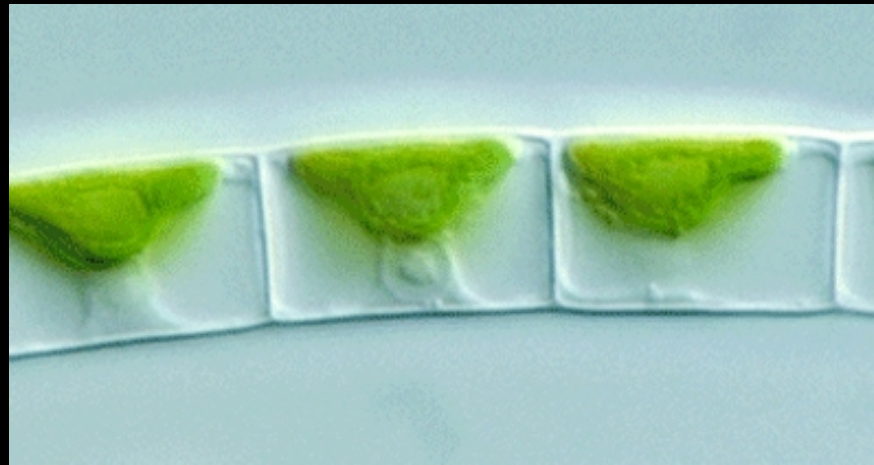
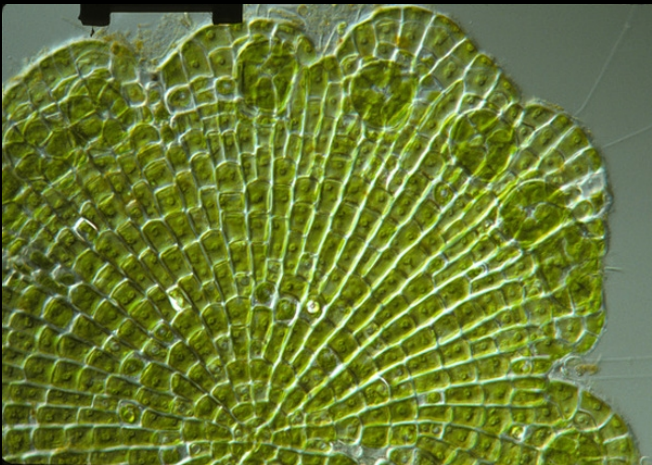
- Protilátka proti AtPIN2 zřejmě rozeznává PIN u *Chary*
- Protein vykazuje polarisovanou lokalisaci na PM
- PIN by mohl regulovat dělení buněk při spermatogenezi

Žabka (2016)



# Jak mohla probíhat evoluce auxinové signalisace?

- Auxin mohl být původně pouze odpadní metabolit
- Původní transport mohl být směřován do vakuoly proteiny PILS – mají všechny řasy, mimo *Chary*!!!!
- U skupiny *Streptophyta* se objevují další komponenty PIN, TIR, AUX/IAA, LAX
- Auxin se mohl stát nástrojem mezibuněčné komunikace ? Primární funkce = polarisace řasových vláken, regulace dělení ?
- **Modely:** *Klebsormidium*, *Coleochaete*, *Spirogyra*, *Chara*, mechorosty







**Příště**

**AUXIN, ETHYLEN, JASMONÁTY**  
**neděle 9:00 na KEBR**