

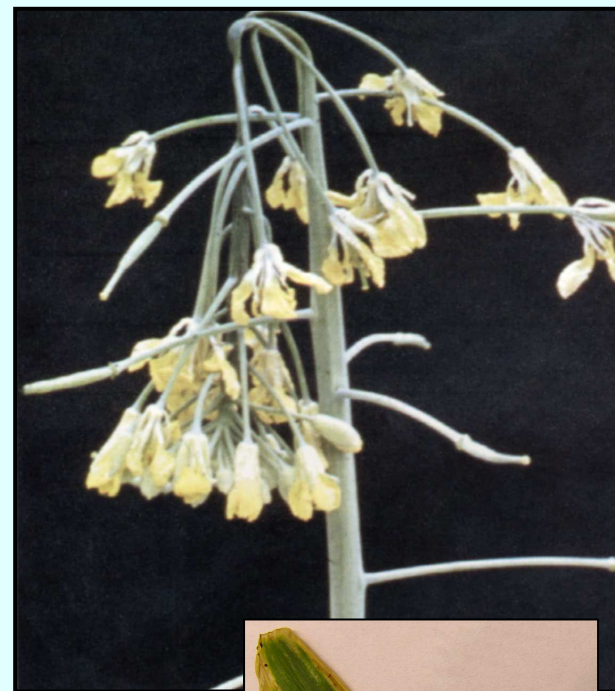
Vápník

- 0,4-1,5% DW

- cytoplasmatická koncentrace vápníku velmi nízká (0,1-0,2 μ M)

- stavební, signální funkce, stabilizace membrán

- vápnomilné x vápnostřežné druhy



Deficience vápníku:

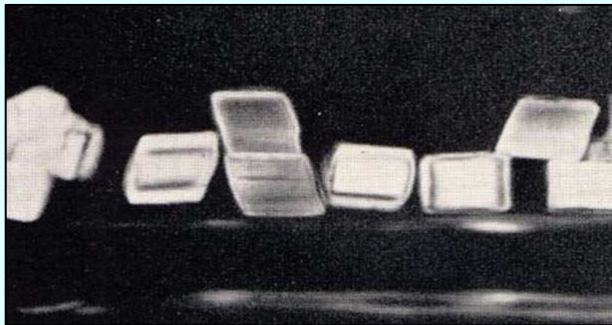
- poškození meristemů, poruchy růstu vegetačních vrcholů



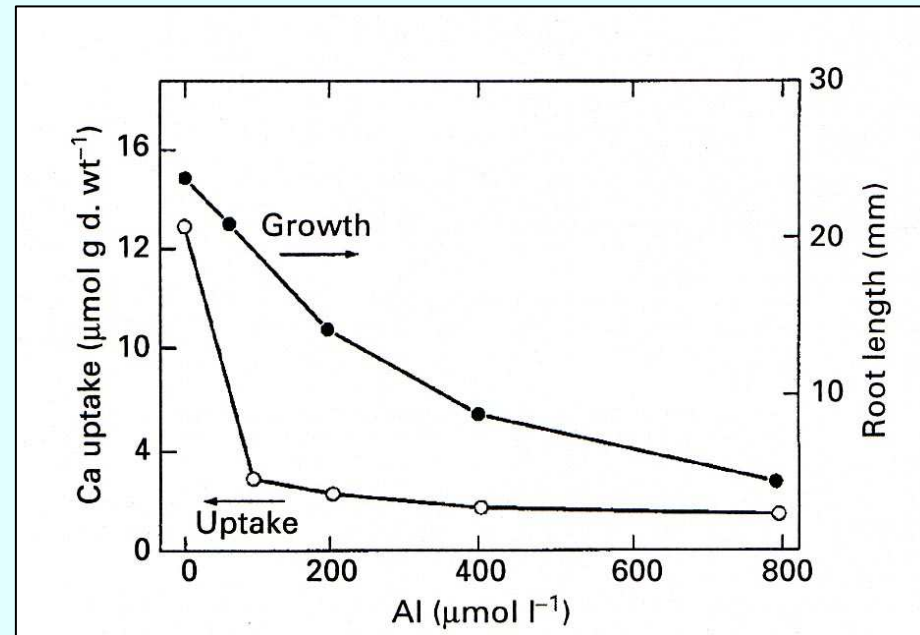
Vaněk 2002

Požadavek rostliny na vápník:

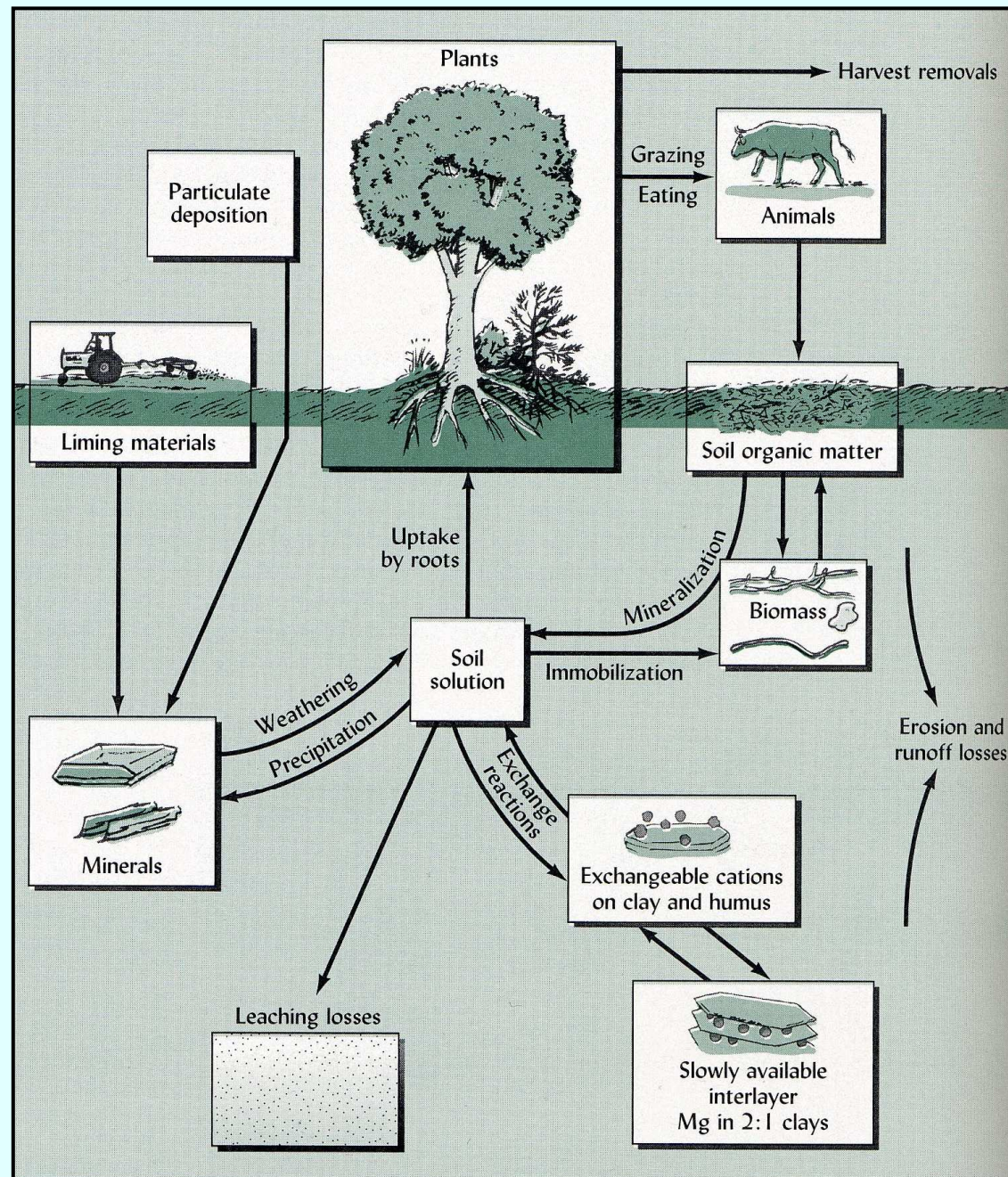
- v rostlině velmi málo pohyblivý
- výrazná kompartmentace a akumulace
- interakce s ostatními ionty

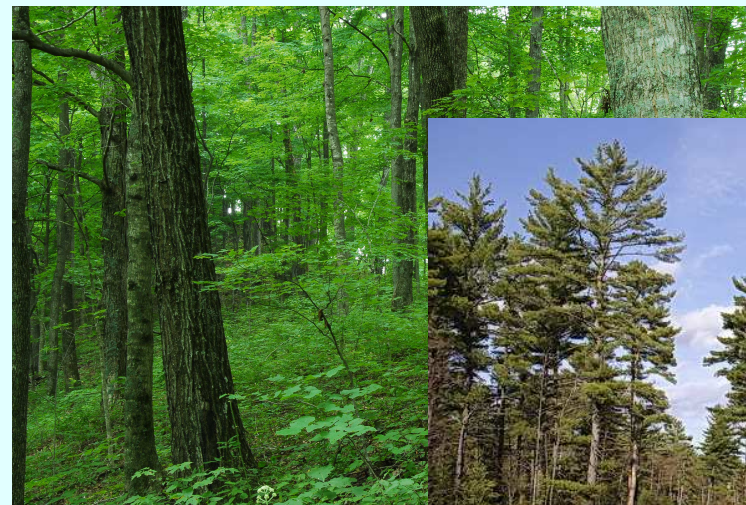
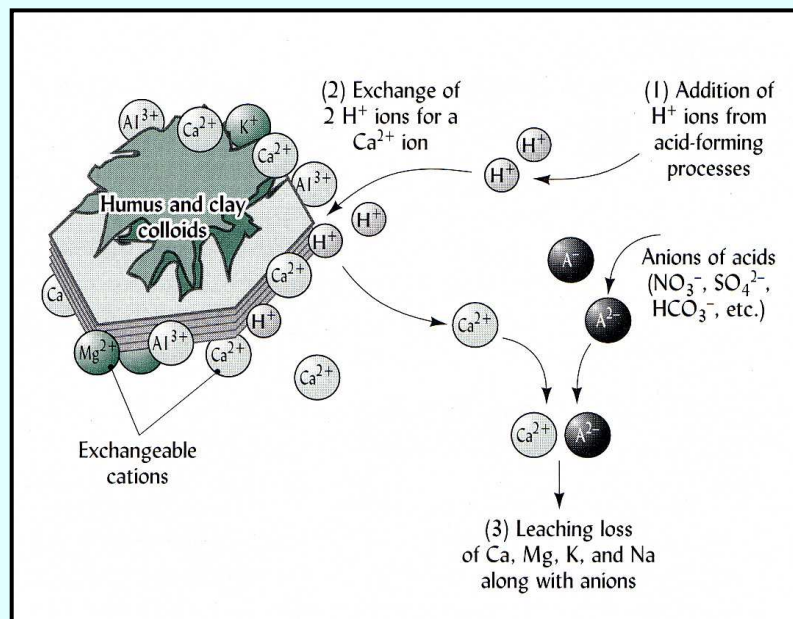


Essau 1953



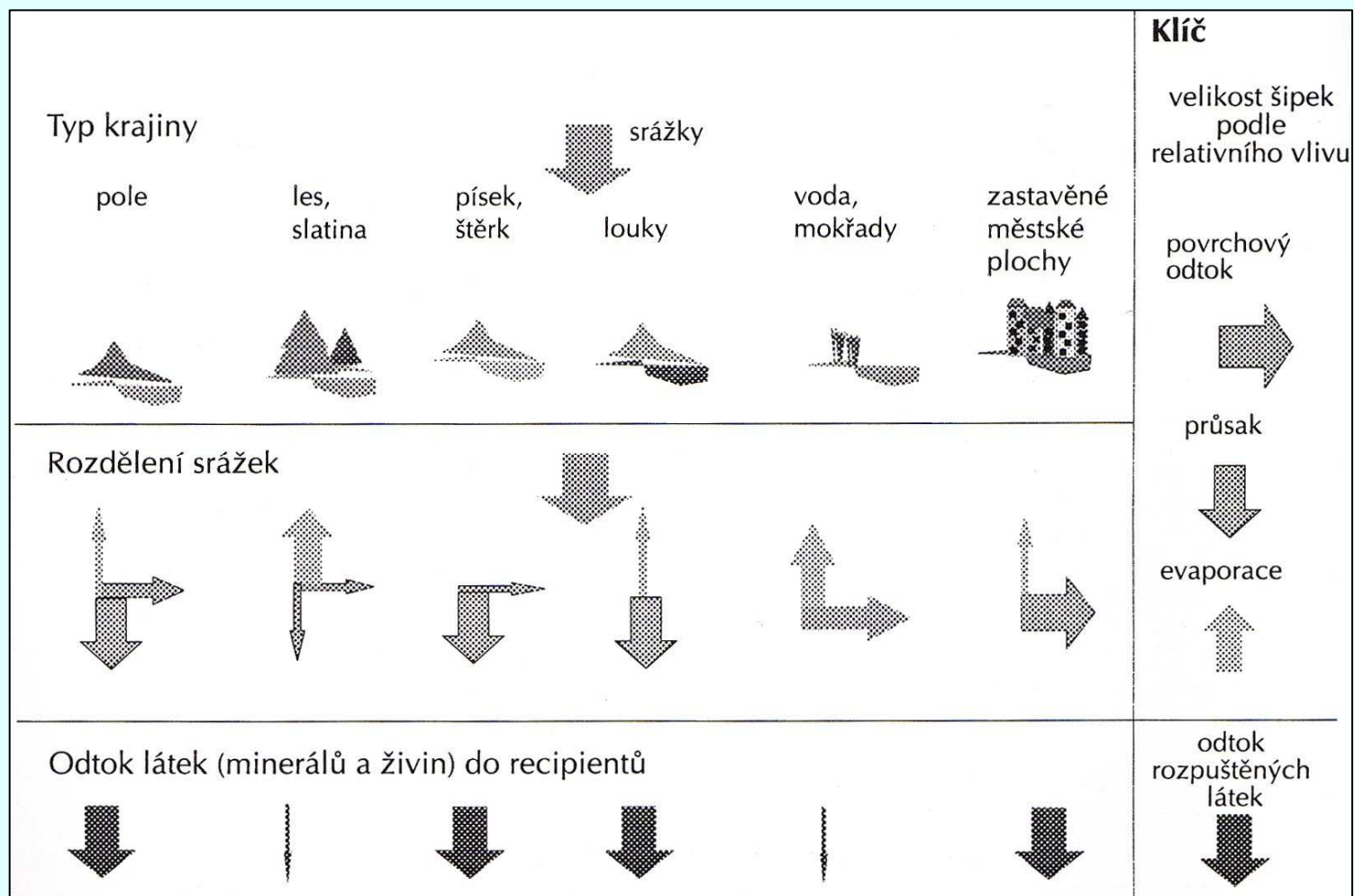
McLaughlin a Wimmer 1999





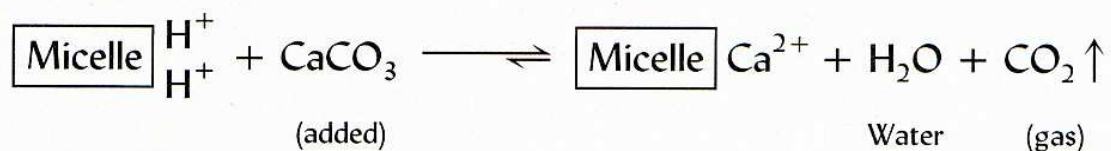
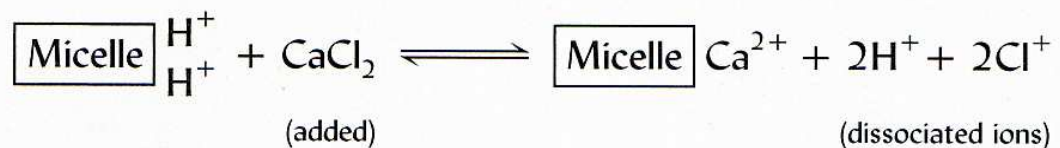
Ecosystem and manner of loss	Loss, kg/ha/yr	
	Calcium	Magnesium
Cropland in Missouri (silt loam, 4% slope)		
Erosion by water	95	33
Crop removal in standard rotation	50	25
Leaching	115	25
Total from cropland	260 (651 as CaCO ₃)	83 (291 as MgCO ₃)
	942 total carbonates	
Apple orchard in New York—leaching losses	170	84
Douglas fir watersheds, loss in streams		
From clear-cut and slash/burned	81	26
From undisturbed watershed	26	8
Average of 4 eastern U.S. mixed hardwood forests		
Net tree removal (uptake-litterfall)	13	NR ^a
Leaching loss in streams	5	NR
Average of 4 eastern U.S. pine forests		
Net tree removal (uptake-litterfall)	5	NR
Leaching loss in streams	7	NR





Ripl et al. 1996

Vápnění



kalcit CaCO_3
dolomitický vápenec
 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
oxidy CaO , MgO
hydroxidy $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a
 $\text{Mg}(\text{OH})_2$
 CaSiO_3

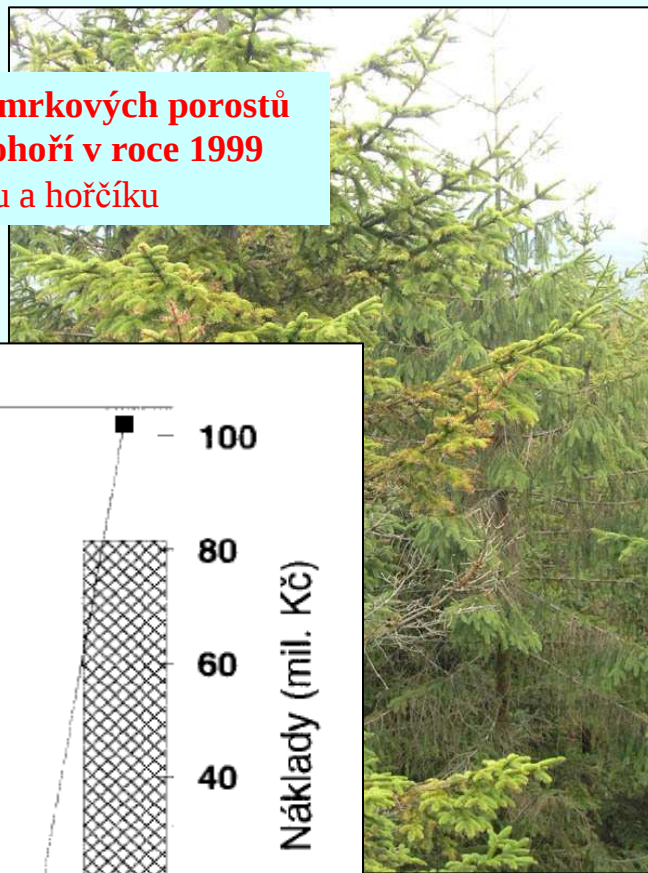
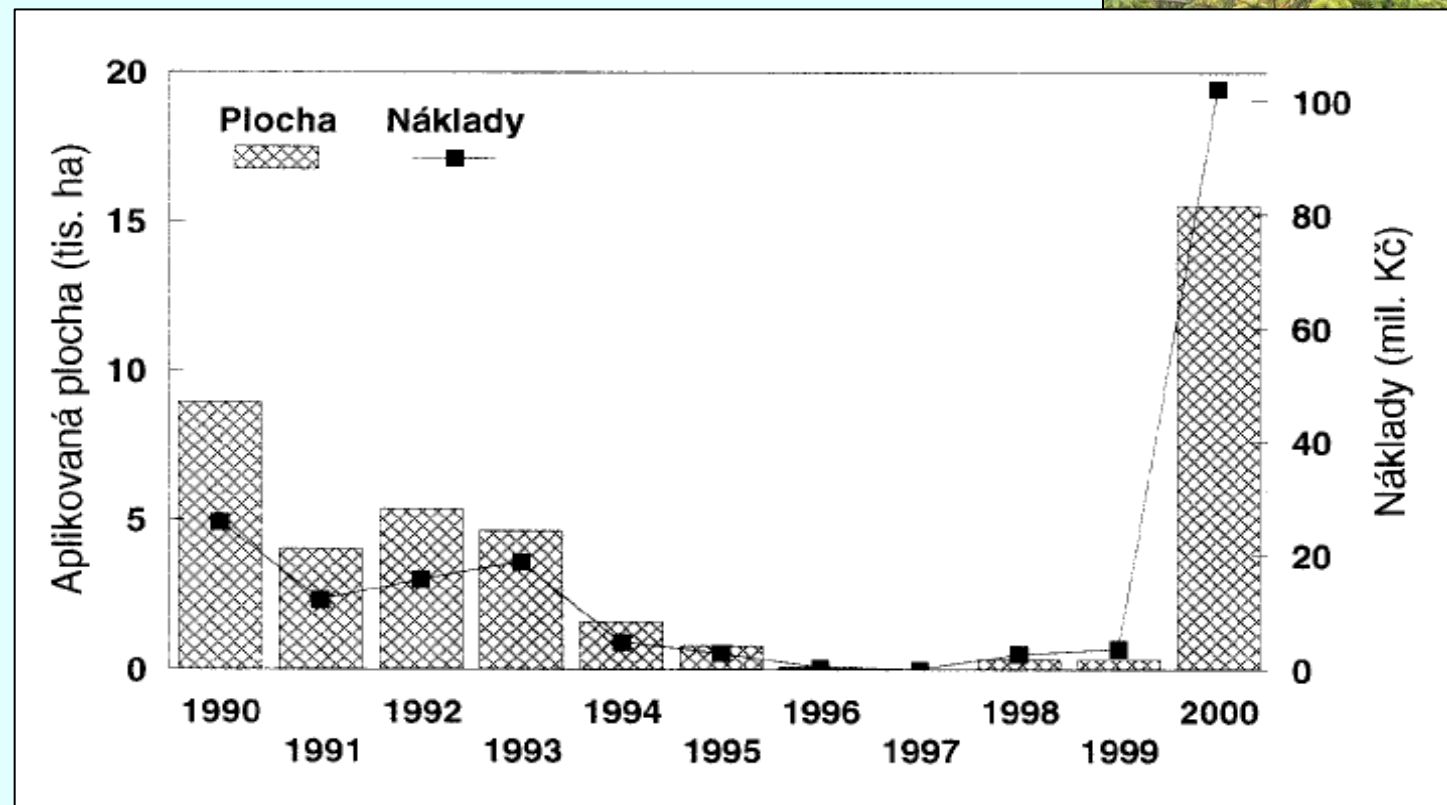
Vápnění zemědělské půdy

- udržovací (nutnost kompenzovat příjem rostlinami i ztráty vymýváním)
1-2 CaO t/ha
- meliorační (ozdravovací) – u velmi kyselých půd
5-6 CaO t/ha



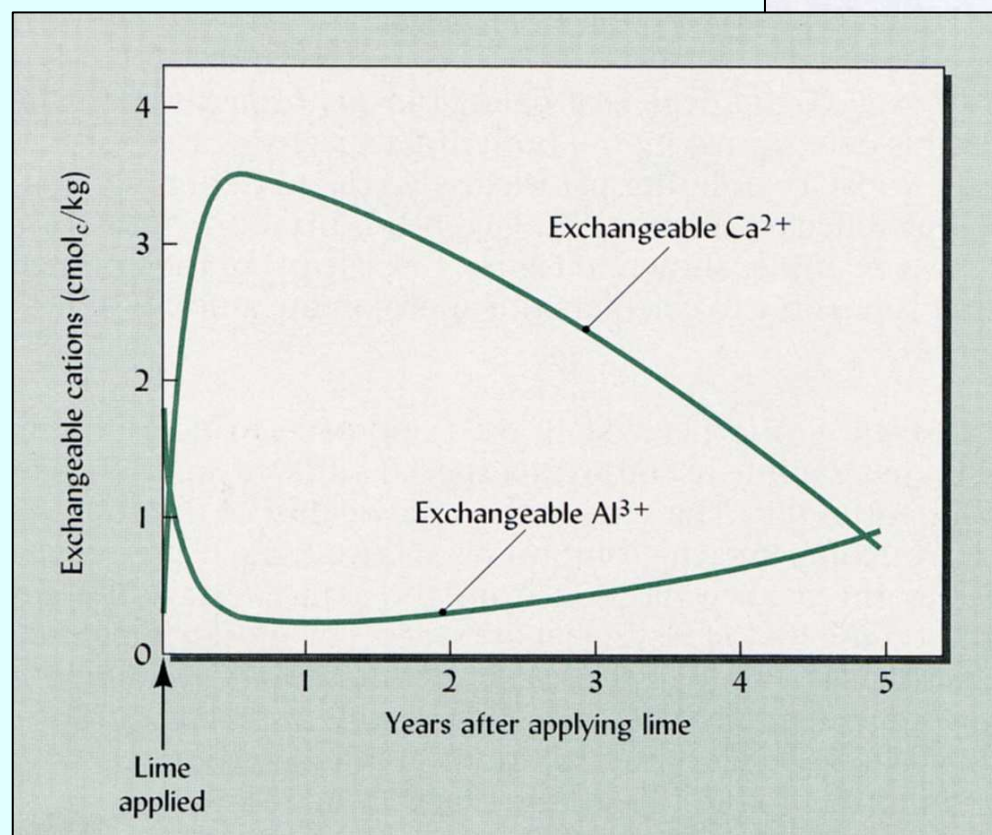
Vápnění lesních porostů

**Masivní žloutnutí smrkových porostů
v západním Krušnohoří v roce 1999**
– nedostatek vápníku a hořčíku



Vápnění lesních porostů

- různé názory na účinnost i rizika
- význam změn v hospodaření



ze stránek: www.vrtulnik.cz/aerocen.htm
(vápnění na Kovářské)

Příjem vápníku:

- pasivní příjem

- aktivní čerpání z cytoplazmy
(Ca^{2+} pumpa)

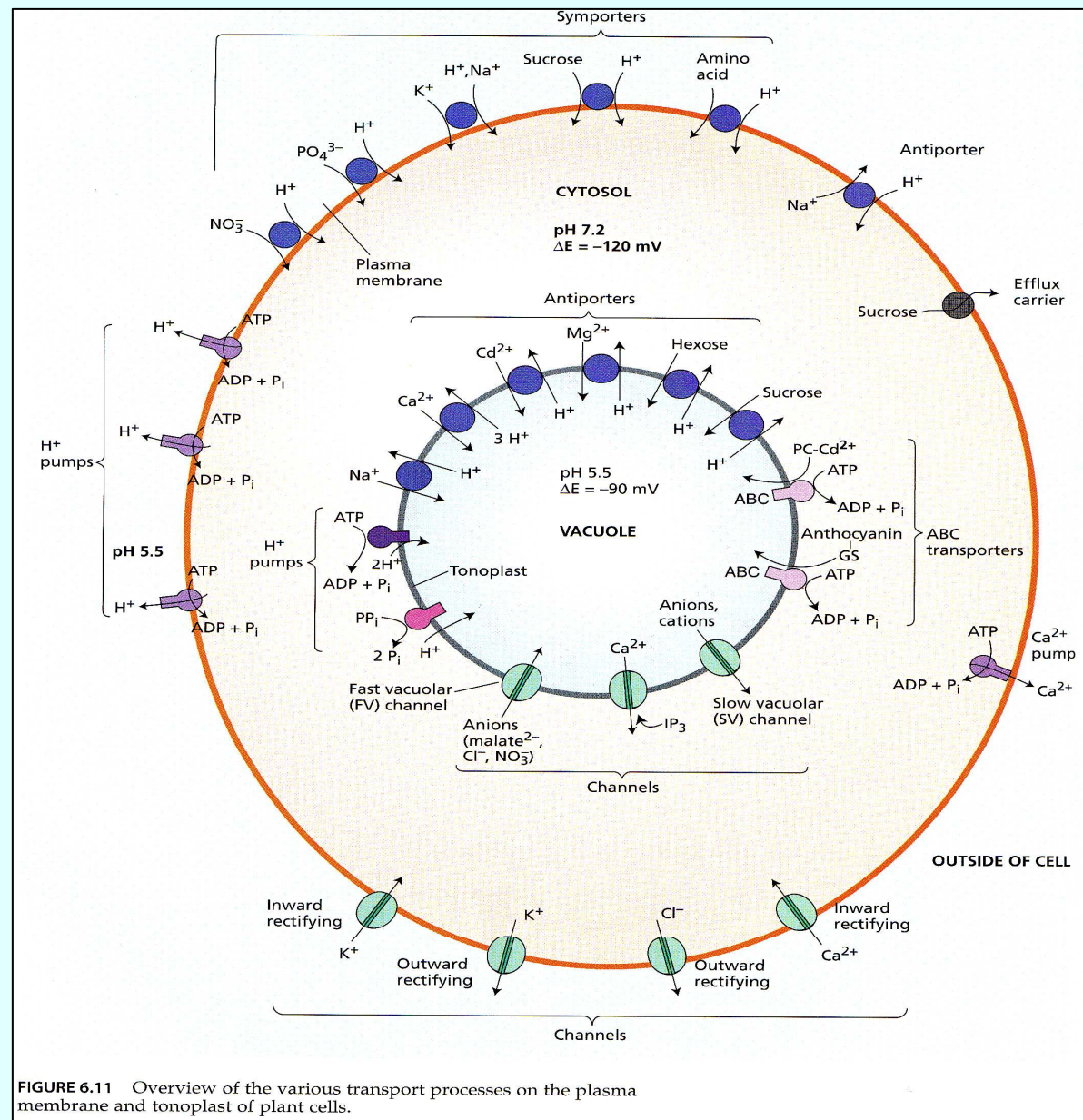


FIGURE 6.11 Overview of the various transport processes on the plasma membrane and tonoplast of plant cells.

Příjem vápníku:

- pasivní příjem
- aktivní čerpání z cytoplazmy (Ca^{2+} pumpa)

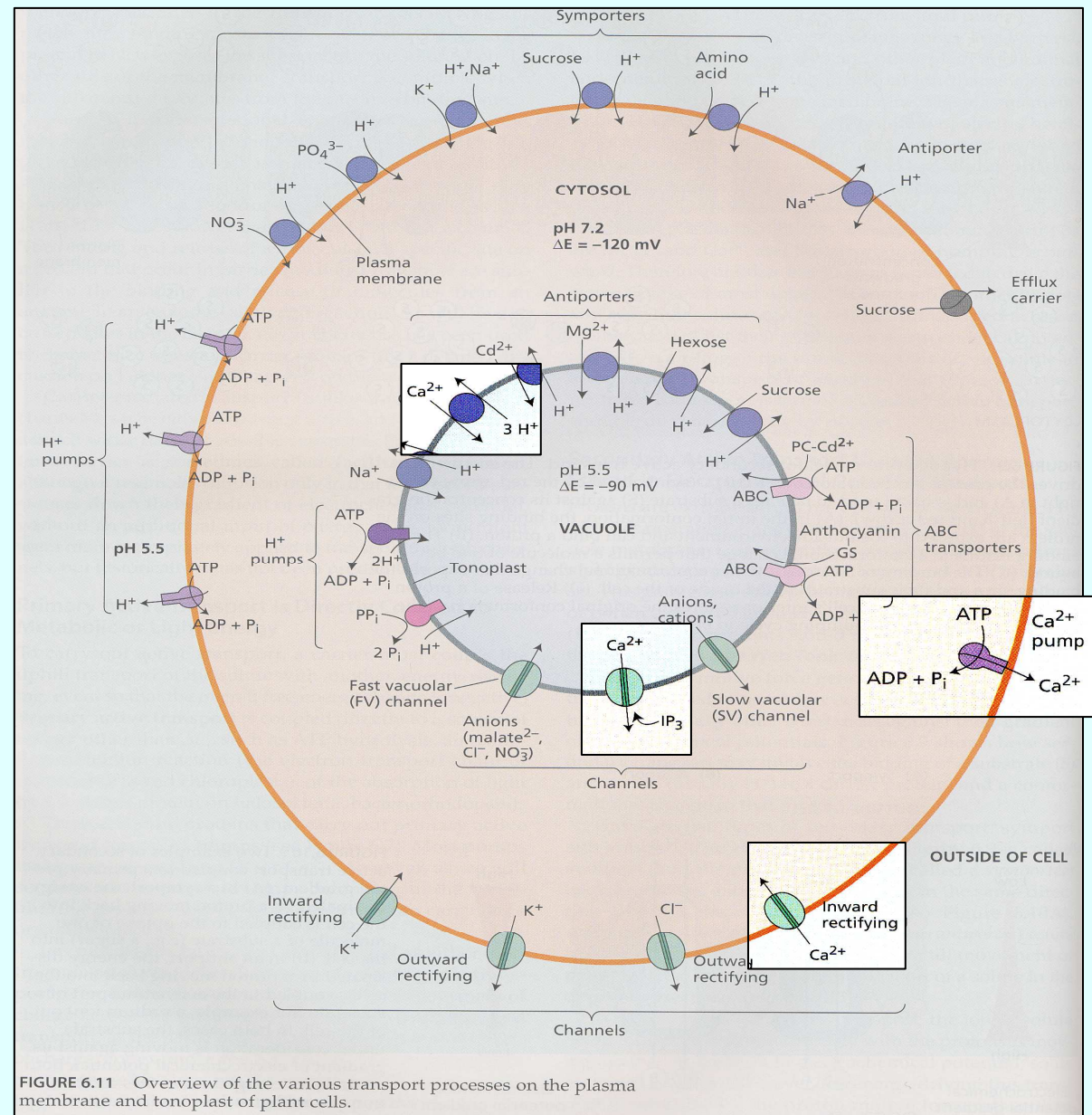
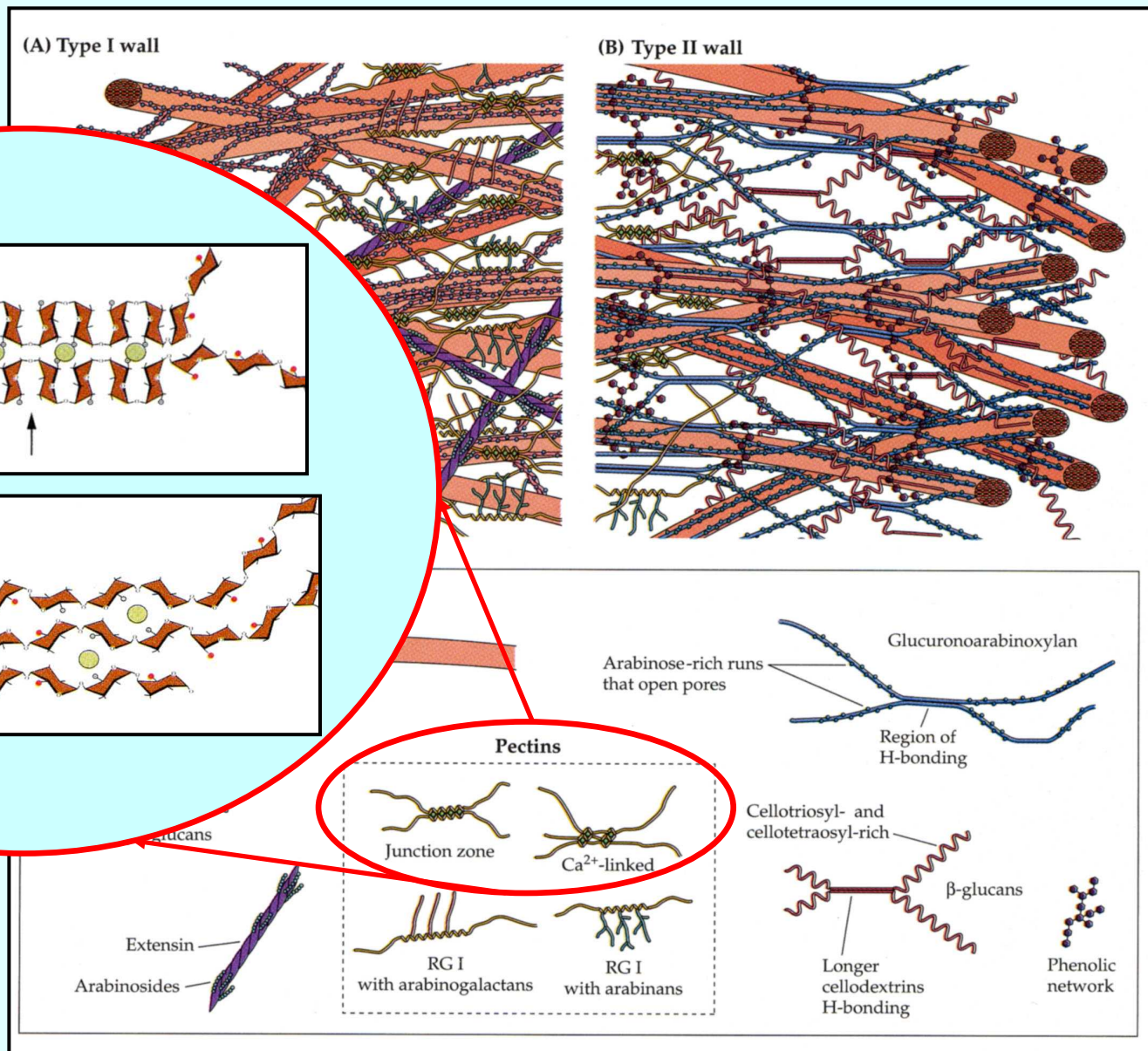
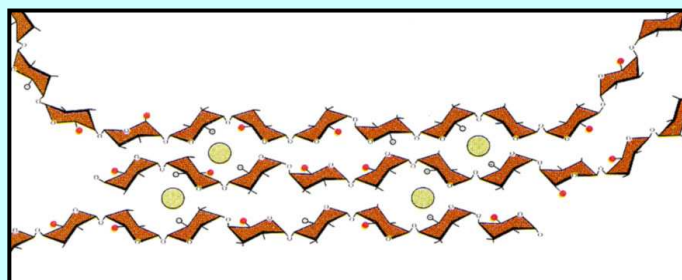
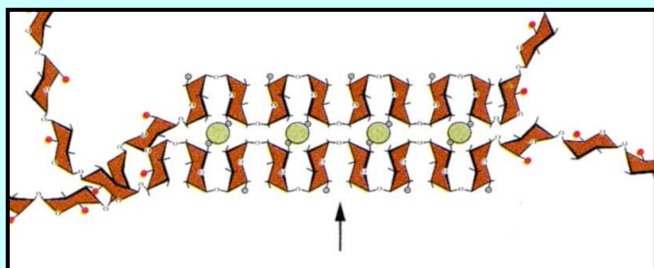


FIGURE 6.11 Overview of the various transport processes on the plasma membrane and tonoplast of plant cells.

Význam vápníku v rostlině:

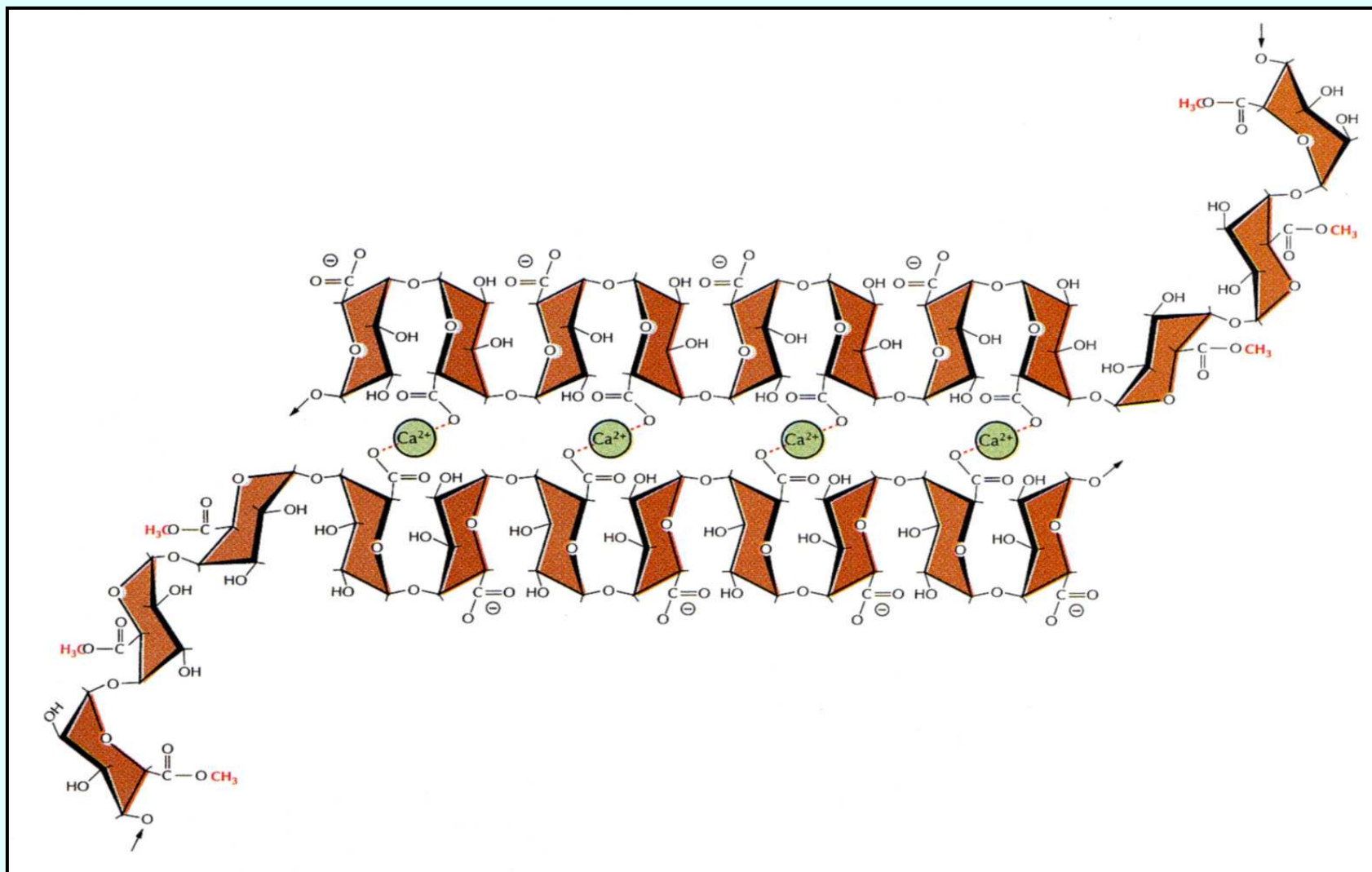
1. stavební funkce

- stabilizace b. stěny

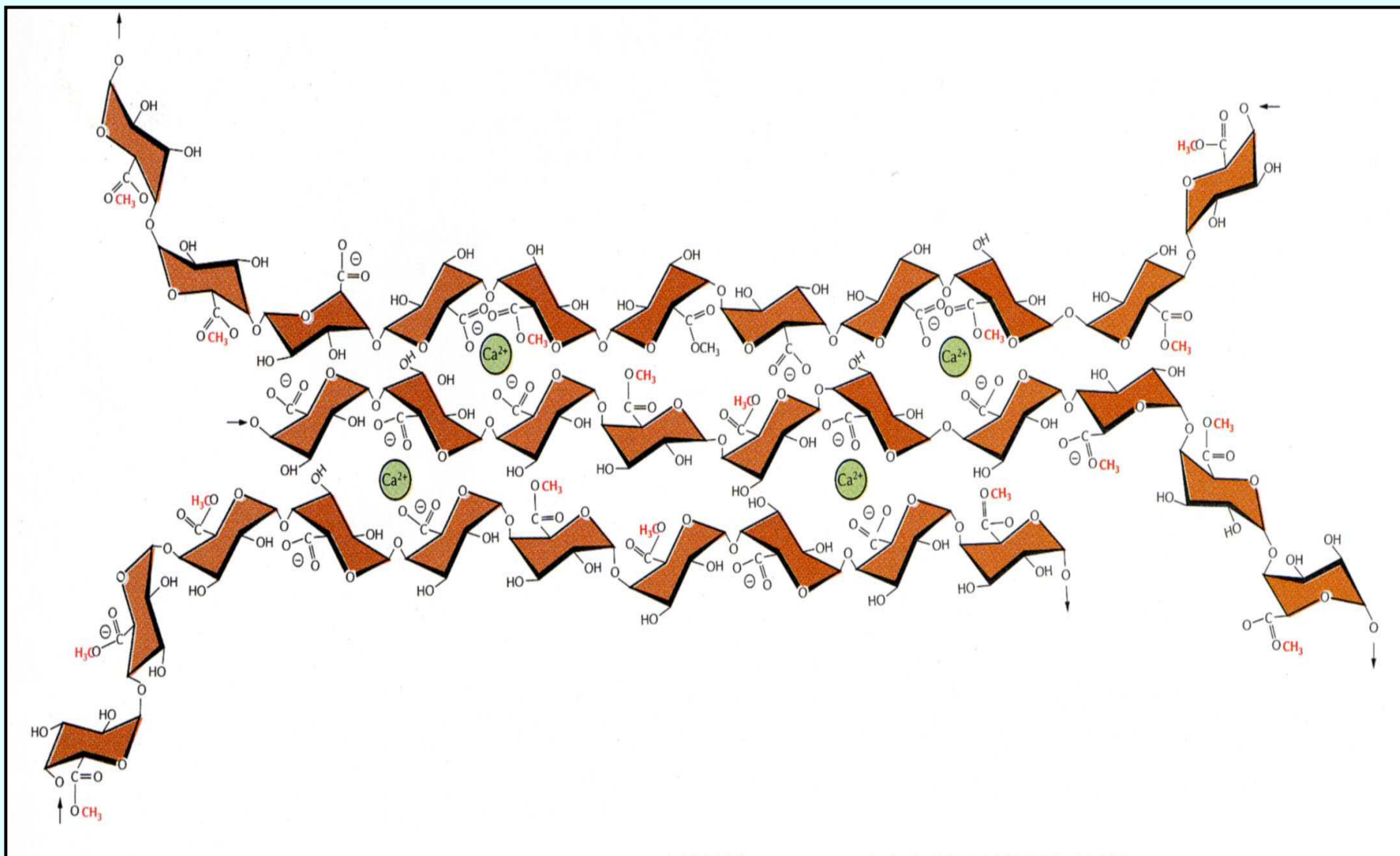


Buchanan 2000

- pektin-metylesteráza



Buchanan 2000

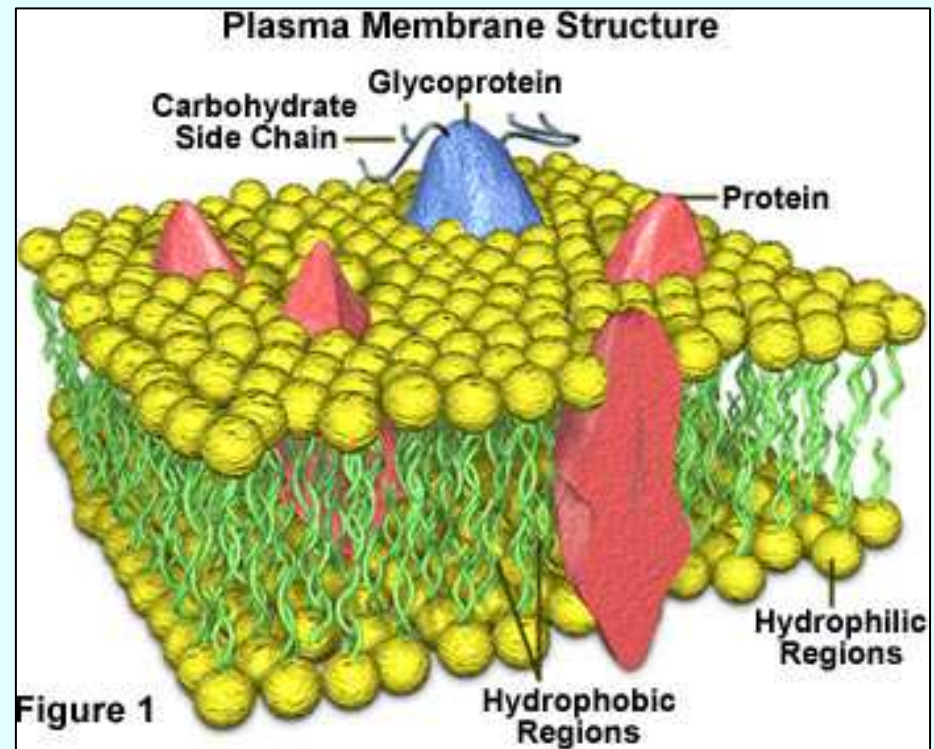


Buchanan 2000

Význam vápníku v rostlině:

2. stabilizace membrán

- iontové interakce
- stabilizace polohy membránových proteinů

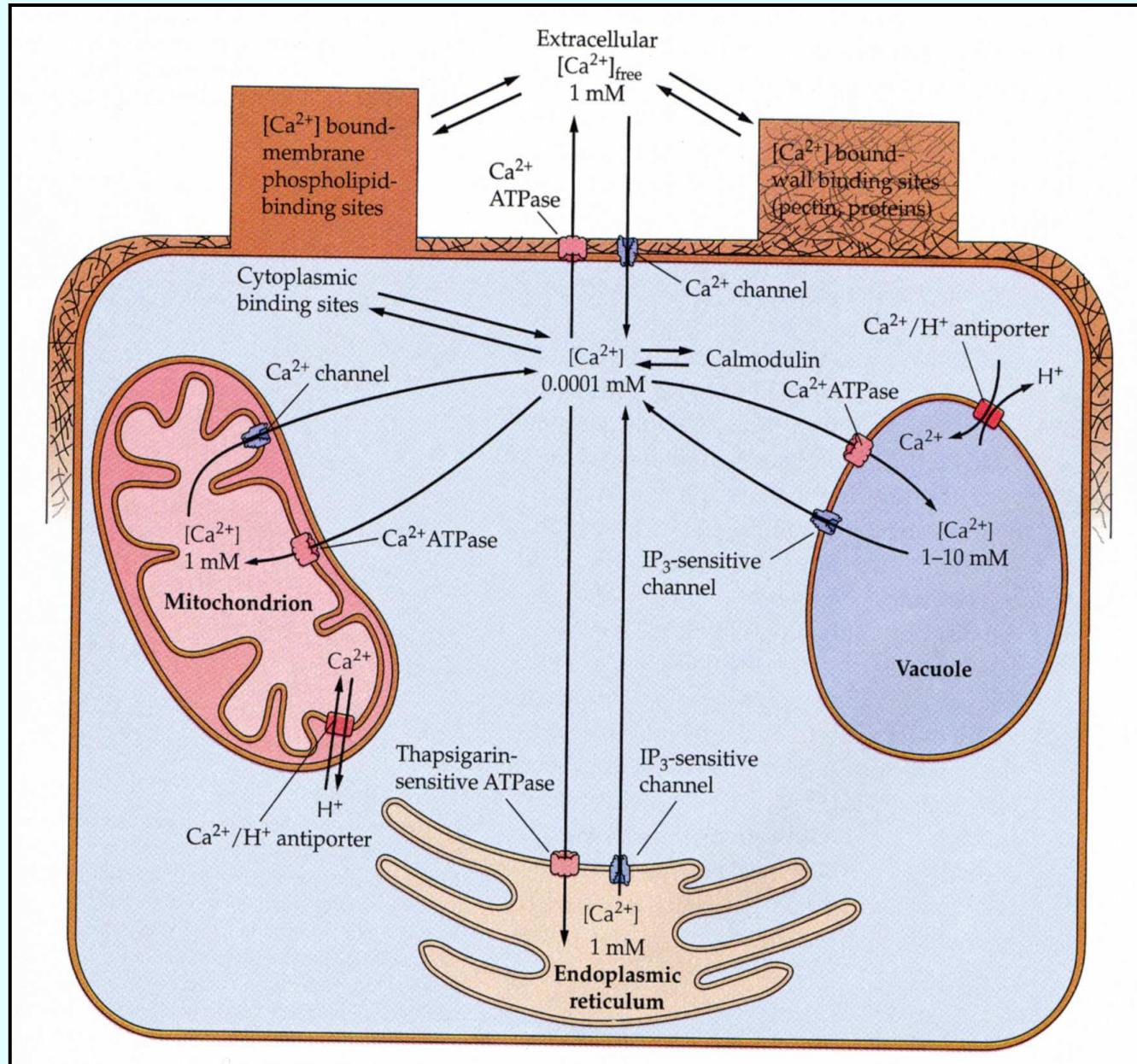


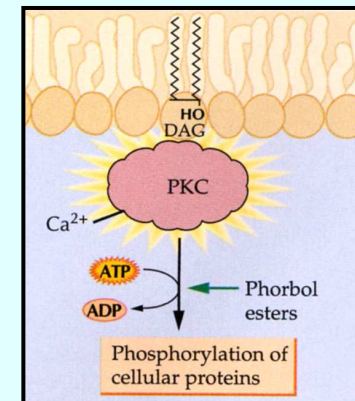
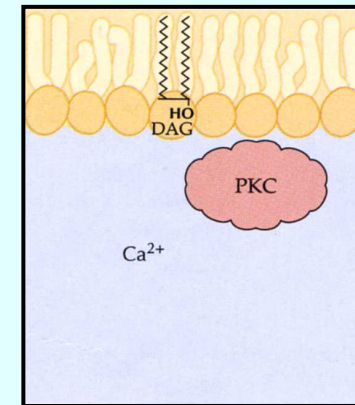
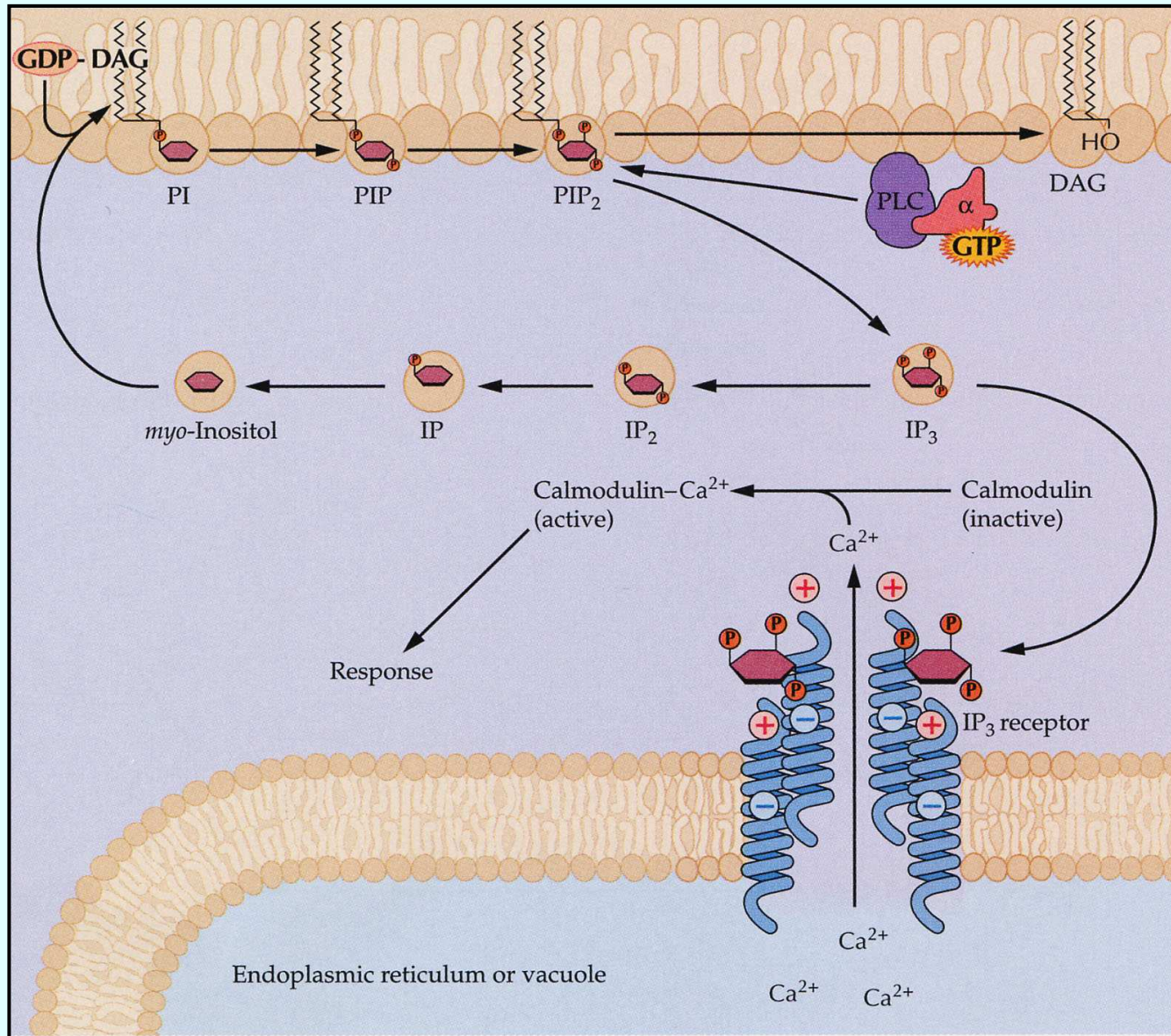
www.cartage.org.lb/.../PlasmaMembrane.htm

Význam vápníku v rostlině:

3. účast v přenosu signálu

- vápník hraje klíčovou
úlohu v přenosu signálu
u rostlin





Osud Ca^{2+} v cytoplasmě:

- 3 skupiny Ca^{2+} vazebných proteinů:

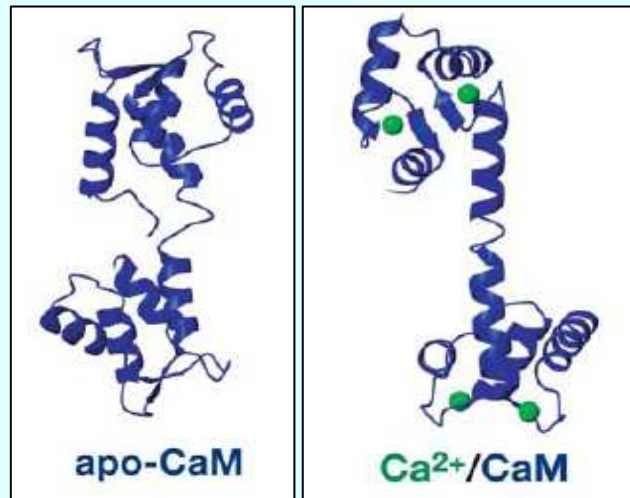
kalmodulin (CaM) a kalmodulin-like proteiny (CML)

- interakce s proteiny nesoucí
CaM vazebnou doménu

Ca^{2+} -dependentní proteinkinázy (CDPK)

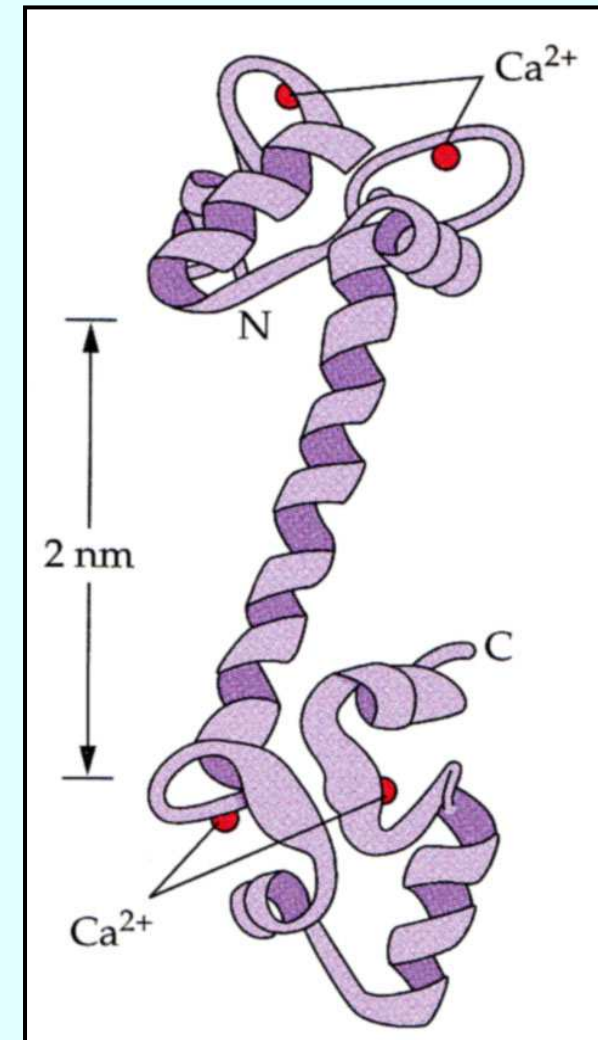
kalcineurin B-like protein (CBL)

- interakce s CIPK



Bouche 2004

kalmodulin



Buchanan 2000

EF-hand motiv
helix-loop-helix struktura

Osud Ca^{2+} v cytoplasmě:

- 3 skupiny Ca^{2+} vazebných proteinů:

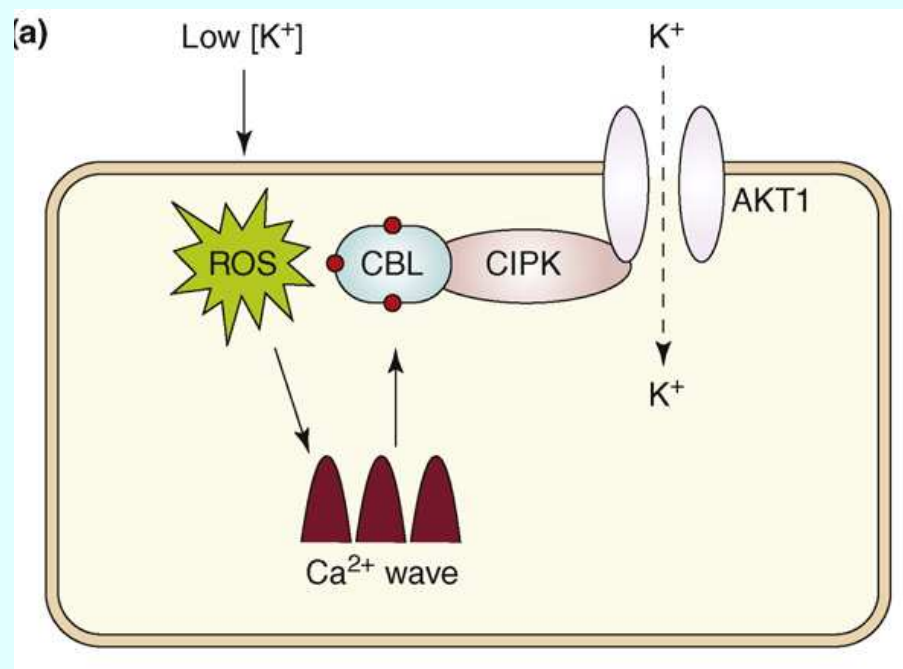
kalmodulin (CaM) a kalmodulin-like proteiny (CML)

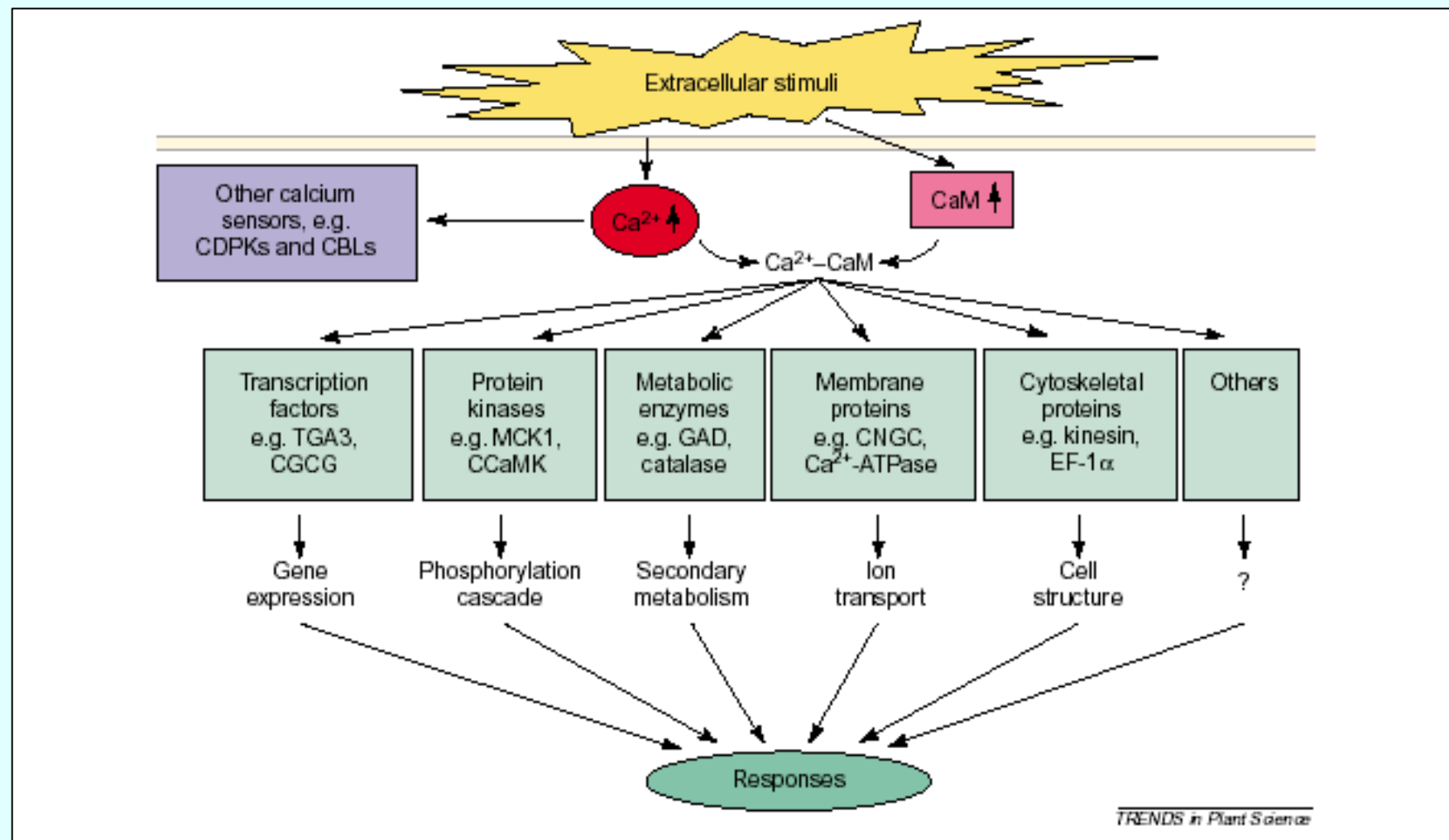
- interakce s proteiny nesoucí
CaM vazebnou doménu

Ca^{2+} -dependentní proteinkinázy (CDPK)

kalcineurin B-like protein (CBL)

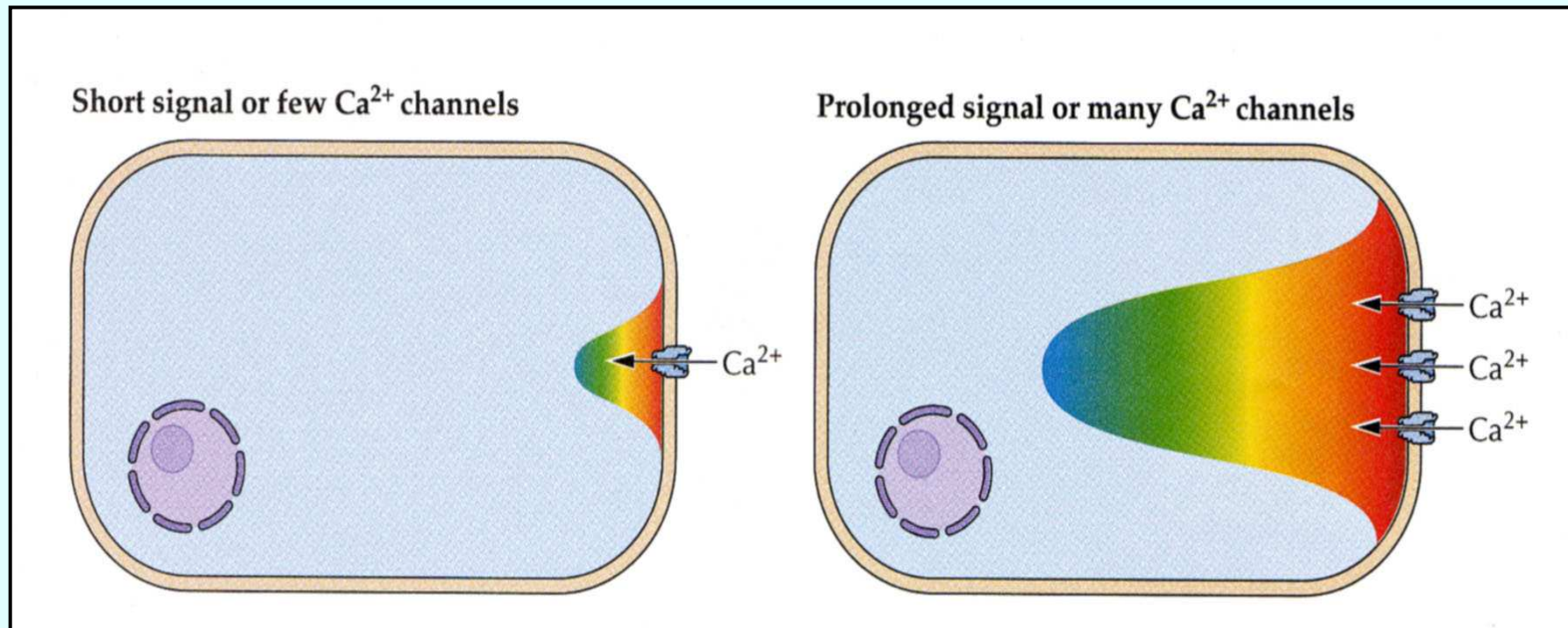
- interakce s CIPK





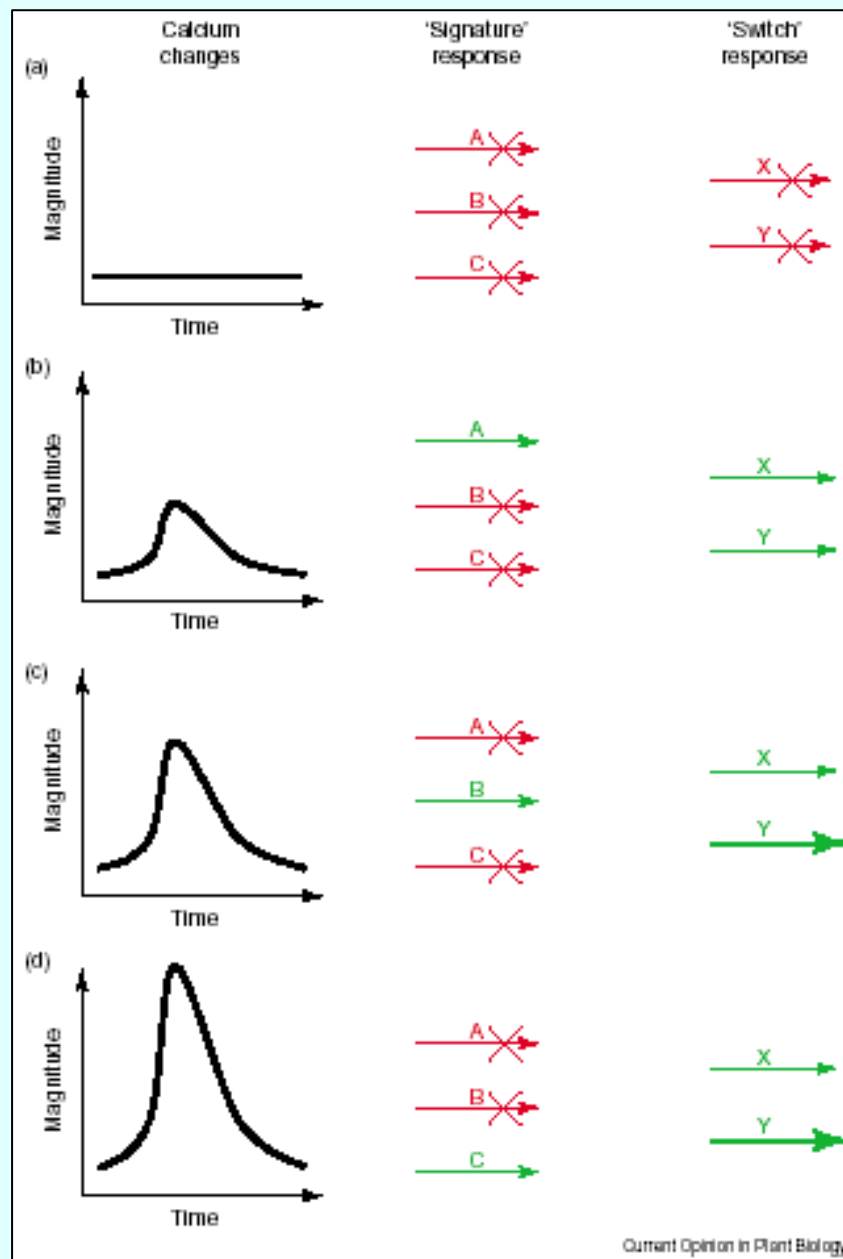
Jak je zajištěna specificita odpovědi na Ca^{2+} ?

Je vápník pouze spínač nebo nositel specificity?



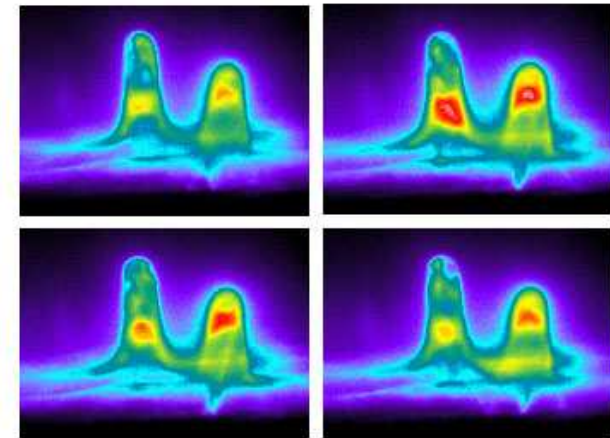
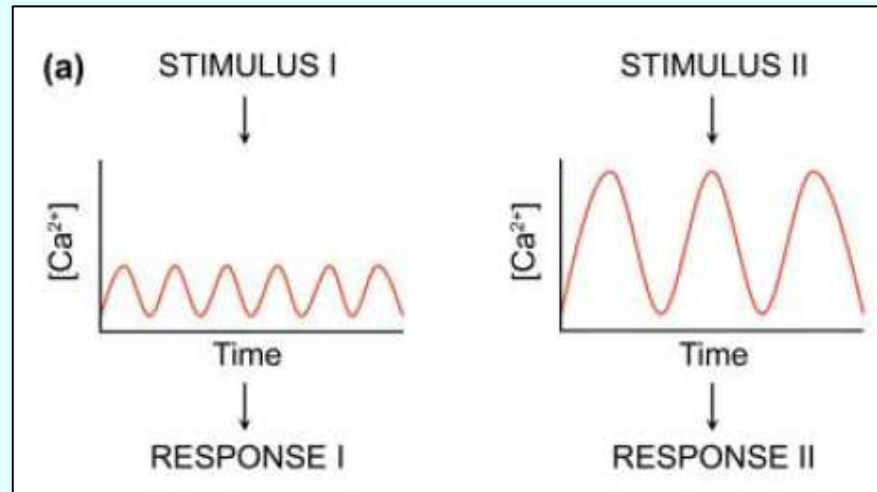
Buchanan 2000

- calcium „signature“ x calcium „switch“

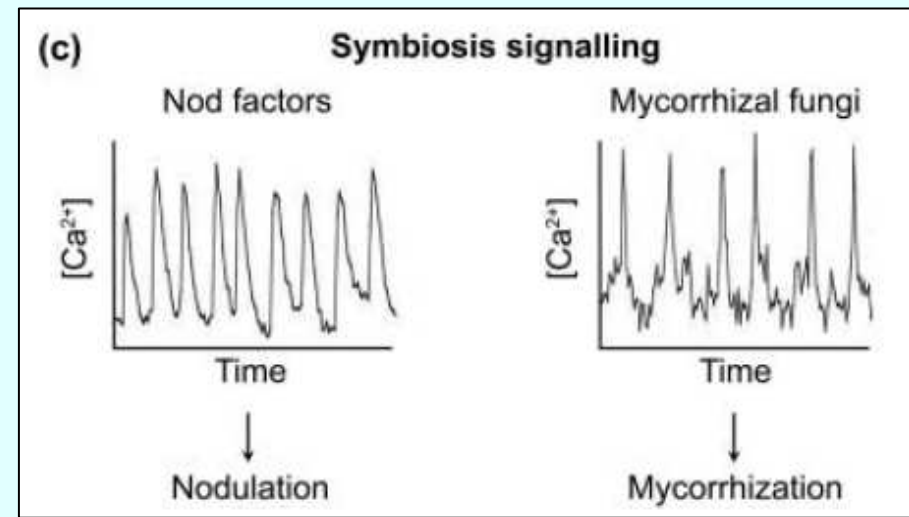
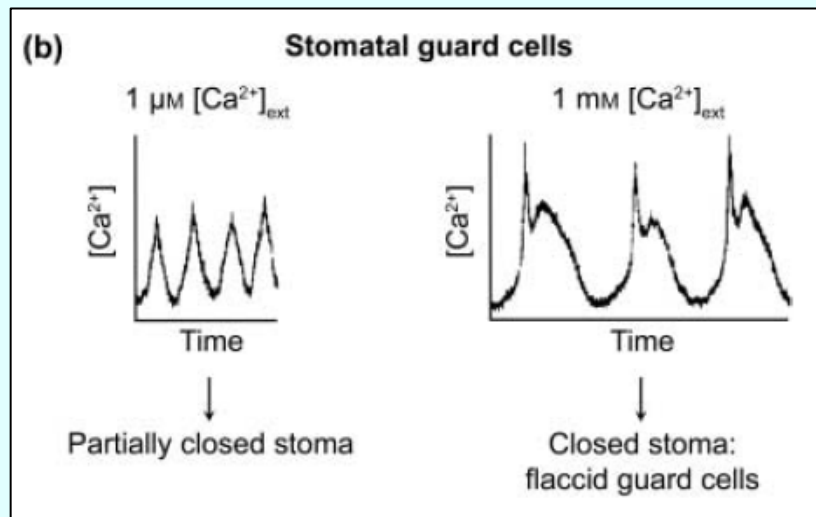


Scrase-Field a Knight 2003

- např. **oscilace**



Převzato z John Innes Centre
http://www.jic.ac.uk/corporate/about/publications/advances/issue_12.html



McAinsh a Pittman 2009

Struktury zodpovědné za oscilace vápníku v buňce:

- Ca^{2+} kanály pro pasivní vstup vápníku do cytoplasmy:

napětově řízené

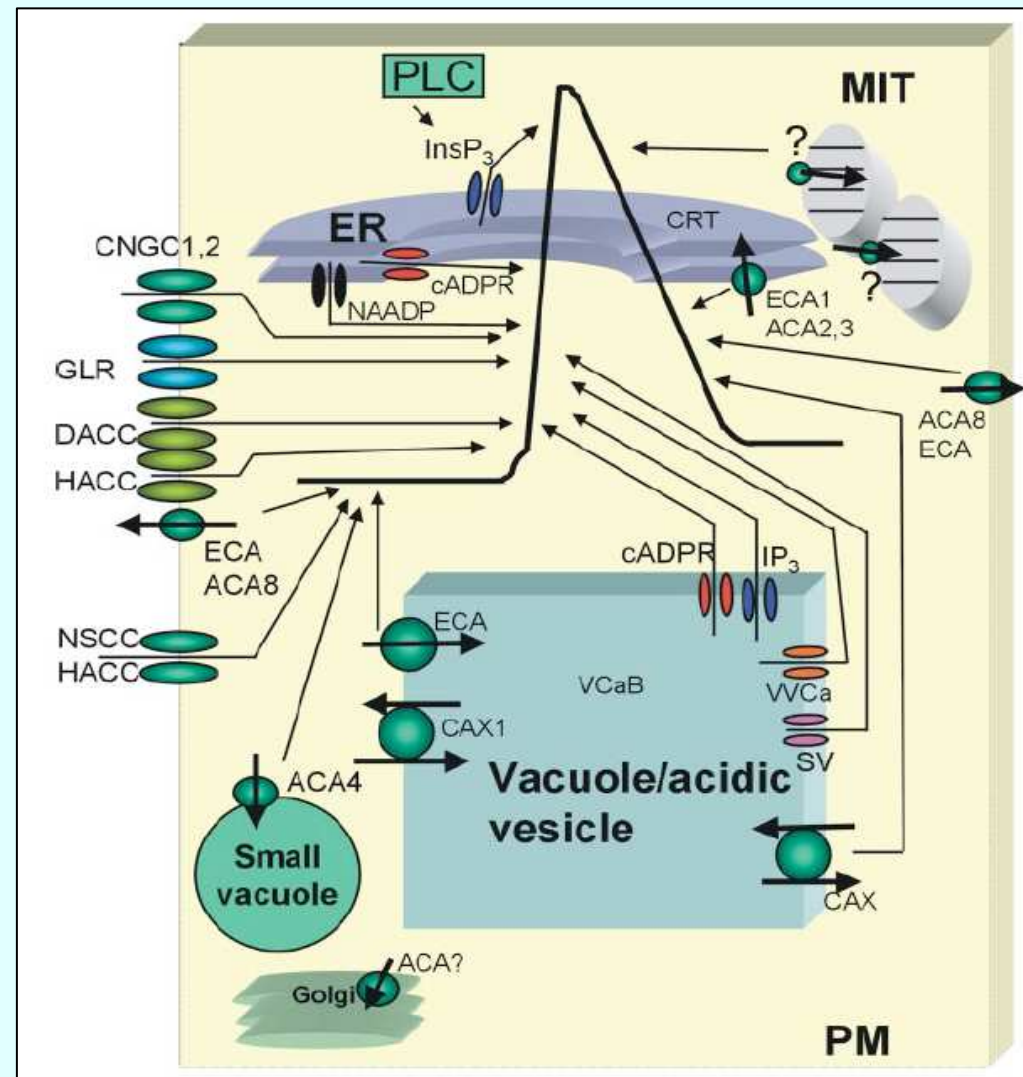
řízené ligandem (např. IP_3)

řízené změnou tenze membrány

- transportéry pro aktivní čerpání vápníku z cytoplasmy:

Ca^{2+} pumpa

$\text{Ca}^{2+}/\text{H}^+$ antiportér



Hořčík

- 0,15-0,35% DW
- v rostlině poměrně pohyblivý
- nadbytek velmi zřídka

Deficience hořčíku:

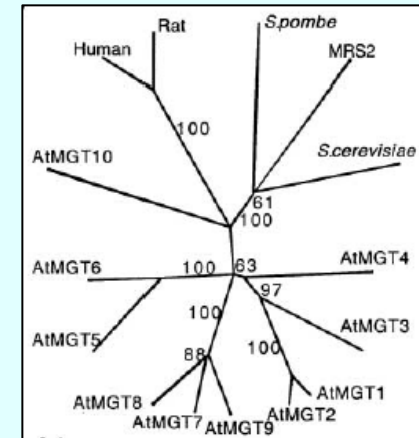
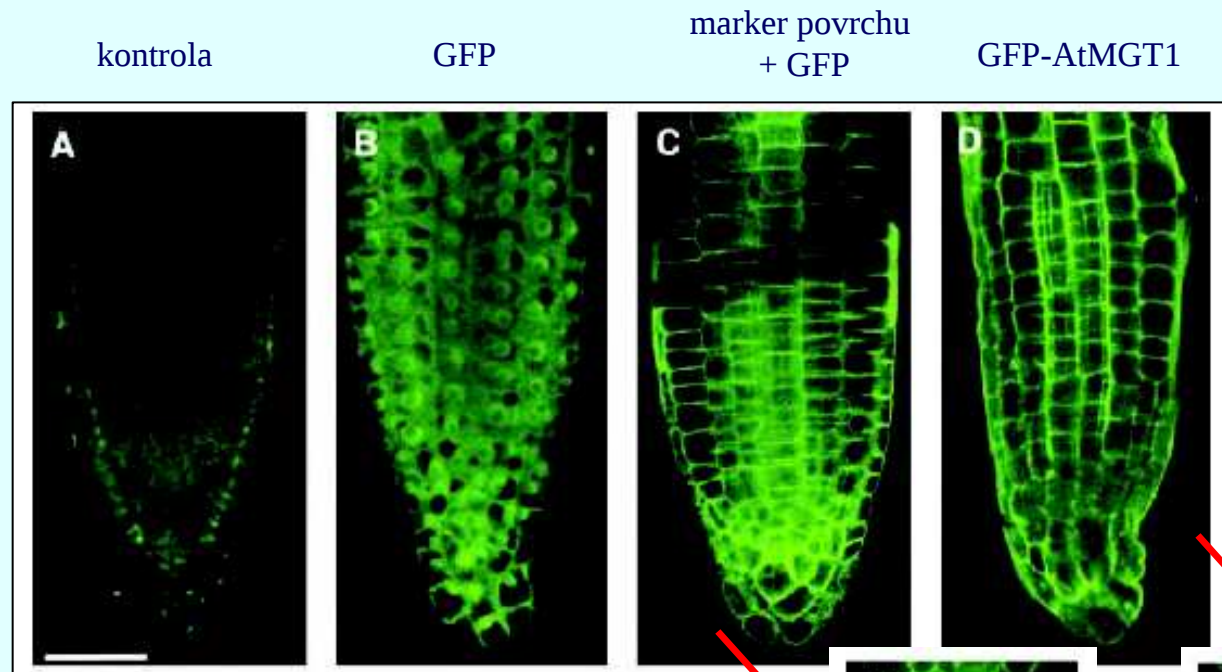
- intervenózní chlorózy
- pokles rychlosti fotosyntézy, přesto hromadění nestrukturních sacharidů v listech
- snížený růst



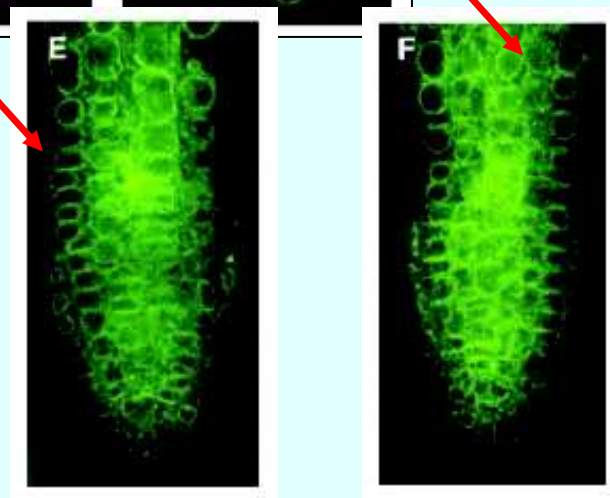
Vaněk 2002

Přijem hořčíku:

- AtMGT rodina

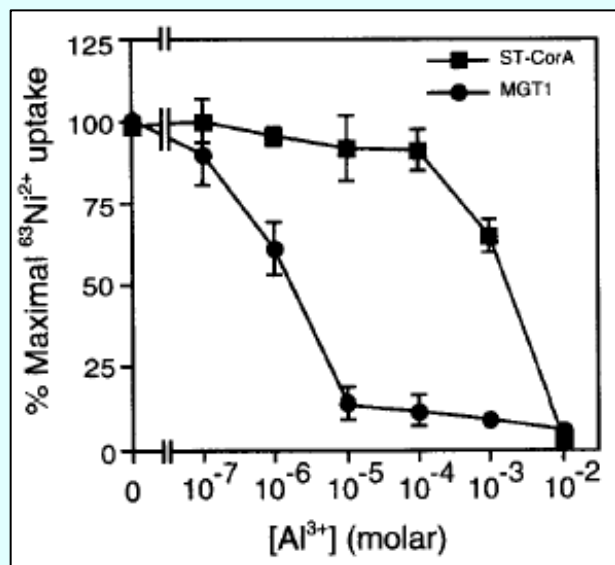


po plazmolýze

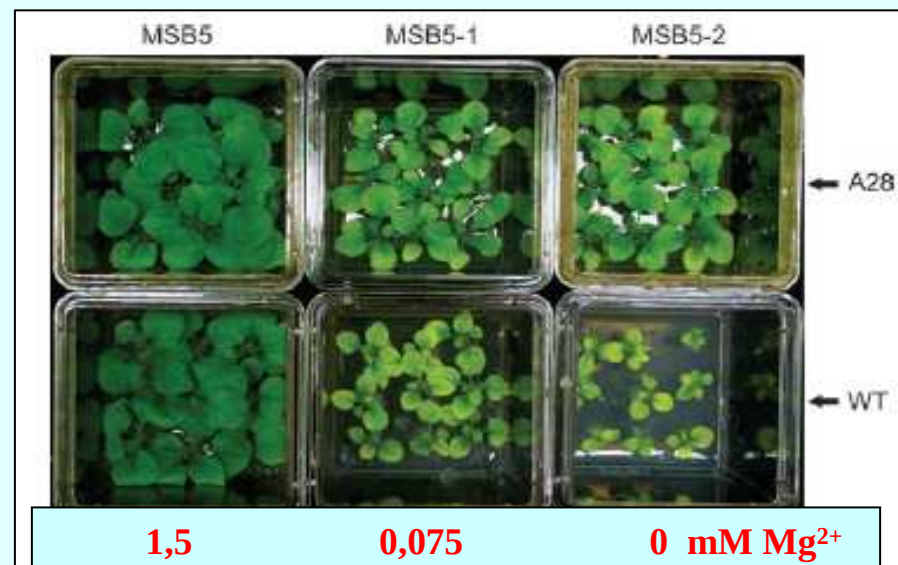


Li et al. 2001

- AtMGT1 vykazuje silnou citlivost k Al^{3+}



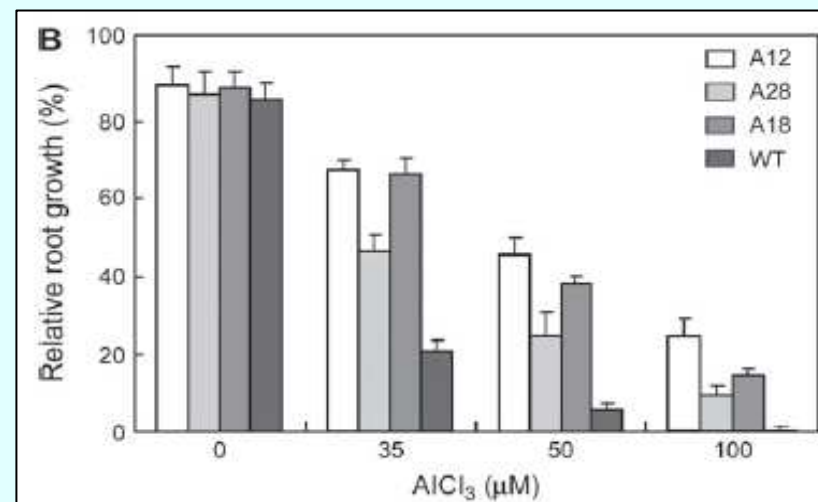
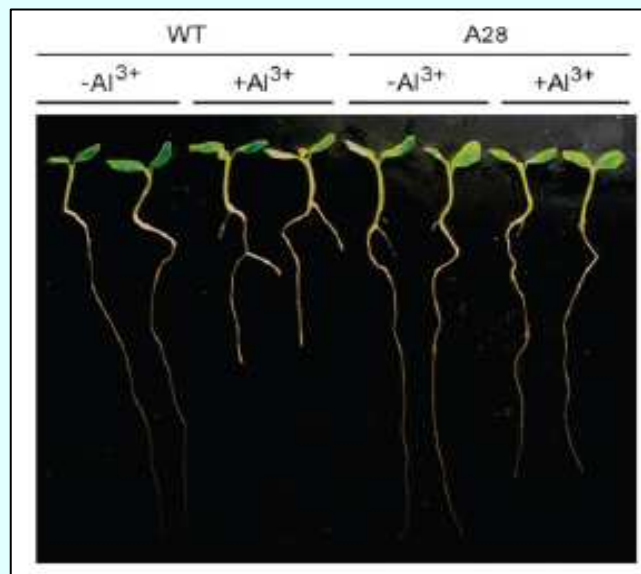
Li et al. 2001



Deng 2006

Nicotiana benthamiana overexprimující AtMGT1

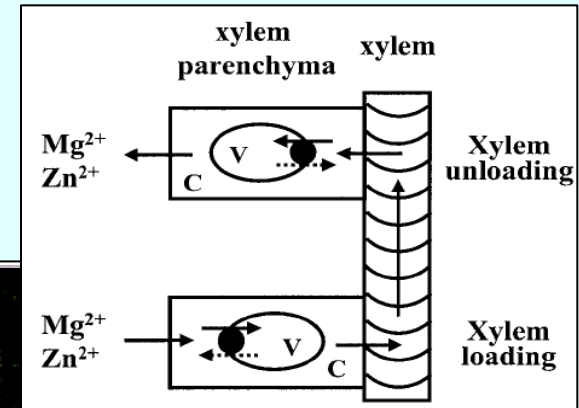
Deng 2006



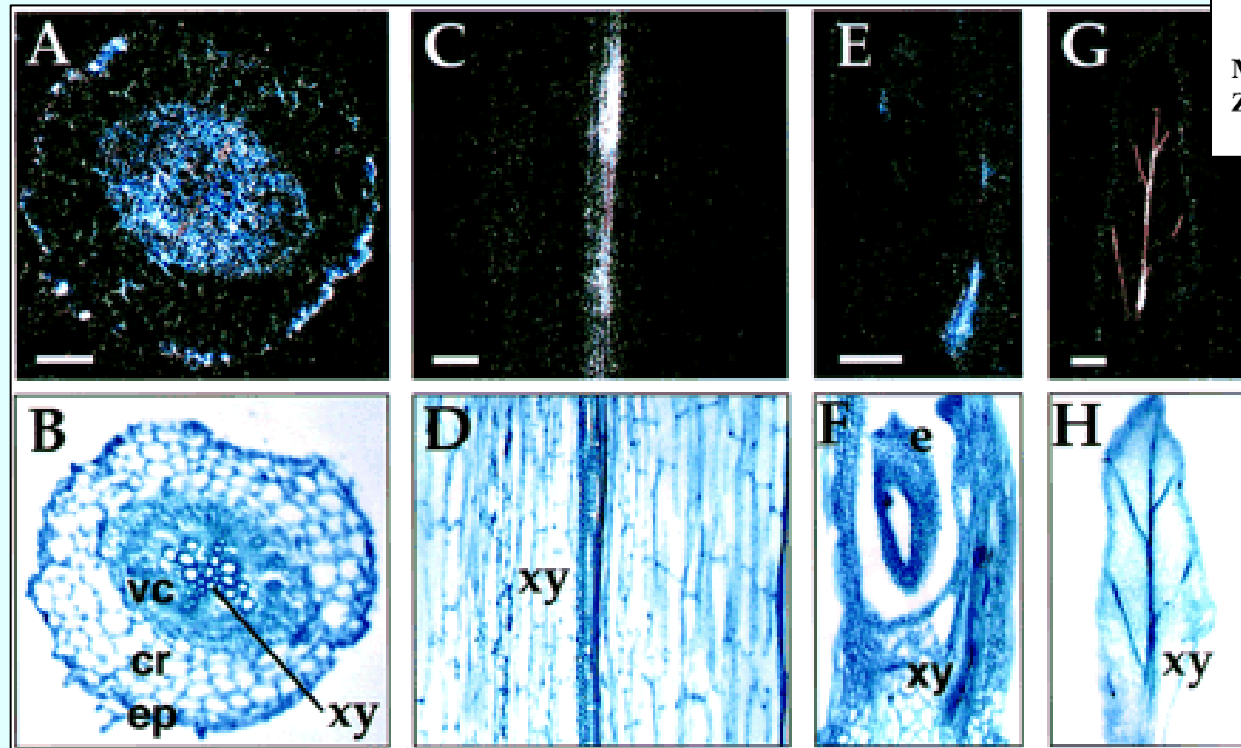
Homeostáza Mg^{2+} v cytoplasmě:

- AtMHX na tonoplastu (antiport s H^+)

- v oblasti xylému, transport Mg^{2+} i Zn^{2+}



Shaul 2002



Shaul et al. 1999

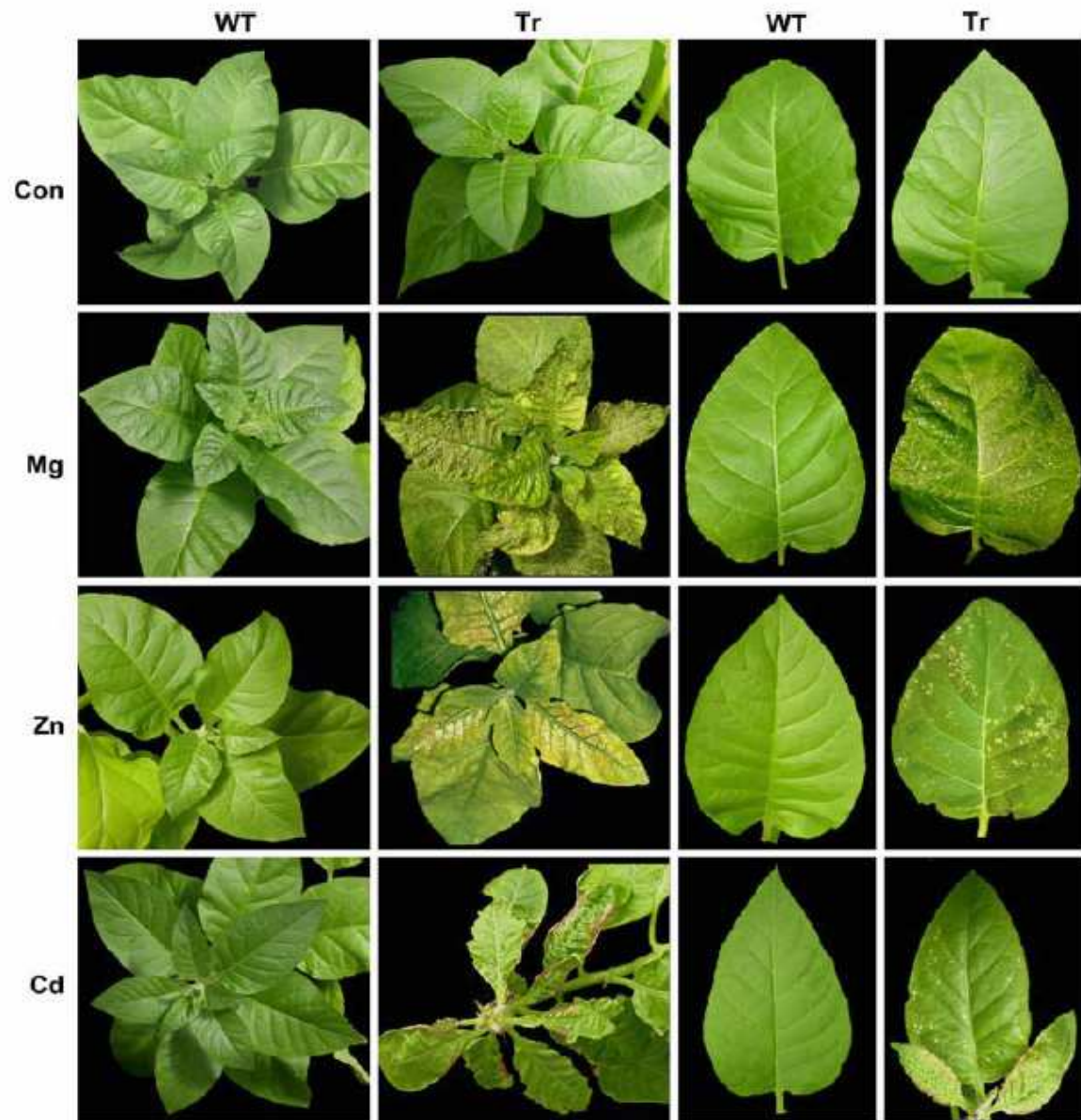
Arabidopsis halleri

- hyperakumulátor Zn
- přítomnost velkého množství AhMHX v listech

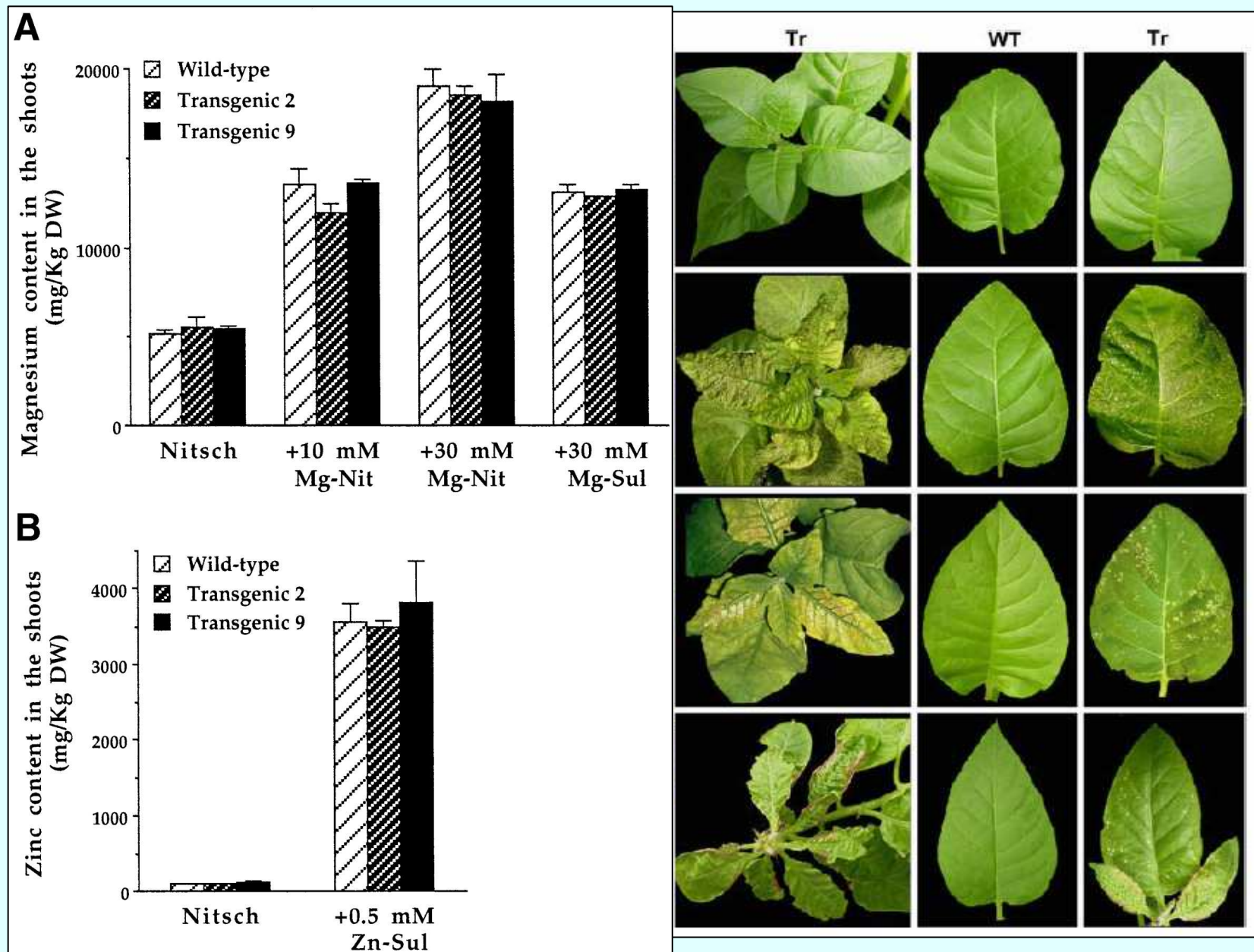


- rostliny overexprimující AtMHX jsou citlivé k vyšším koncentracím Mg, Zn a Cd

Fig. 1 Necrotic lesions and apical burning in transgenic tobacco plants grown in hydroponics with increased levels of Mg^{2+} , Zn^{2+} , or Cd^{2+} . WT and transgenic tobacco plants (either Tr 2 or Tr 9, which showed the same phenotype) were germinated in a sand and Perlite mixture including the basic solution. Six-week-old plants were transferred to hydroponic growth systems in the basic mineral solution with frequent refreshing. Three weeks later, plants were either maintained in the basic solution (*Con*) or transferred to basic solutions supplemented with 5 mM Mg, 150 μ M Zn, or 1.5 μ M Cd. The photos of apices and leaves were taken after additional 3–4 weeks



- rostliny overexprimující AtMHX jsou citlivé k vyšším koncentracím Mg, Zn a Cd



Shaul et al. 1999

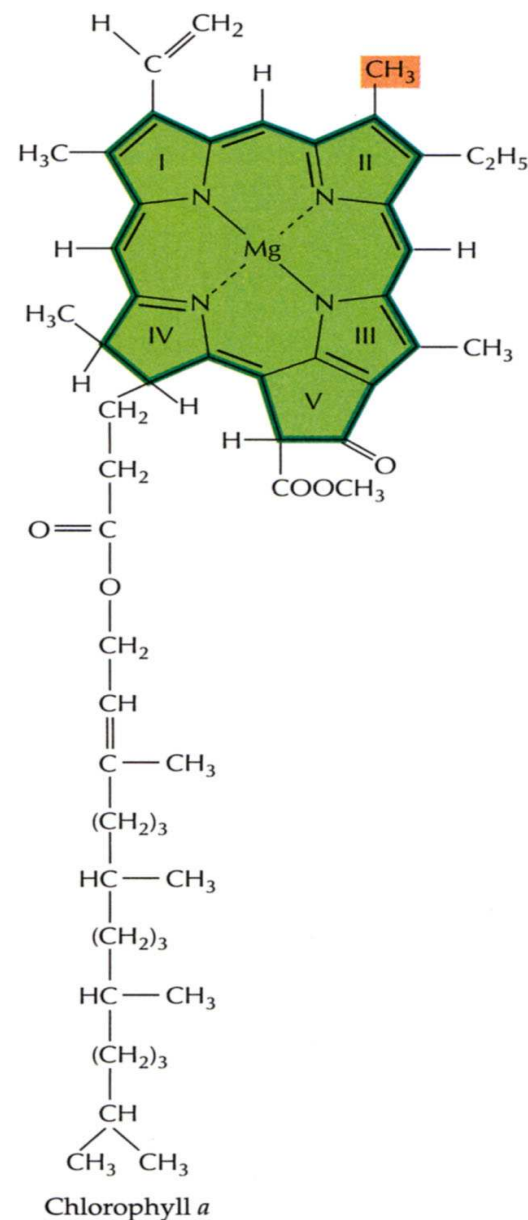
Berezin 2008

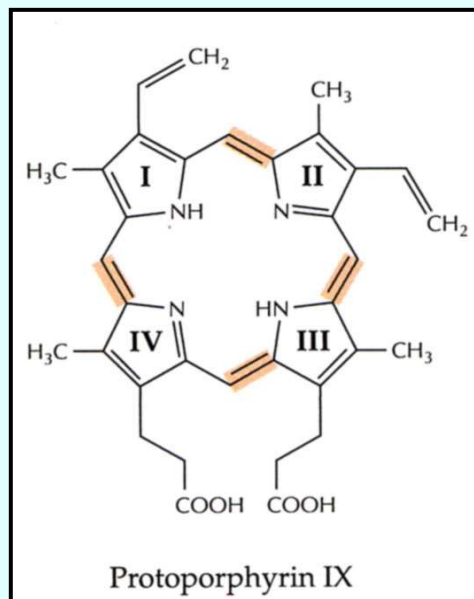
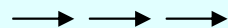
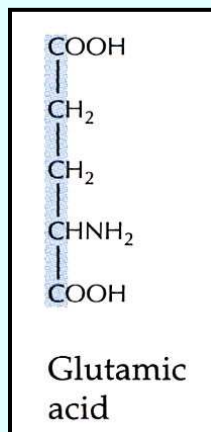
Význam hořčíku v rostlině:

- iontová vazba (interakce s nukleofilními ligandy – spojovací článek, tvorba různých komplexů)
- kovalentní vazba (např. v chlorofylu)

1. význam ve fotosyntéze:

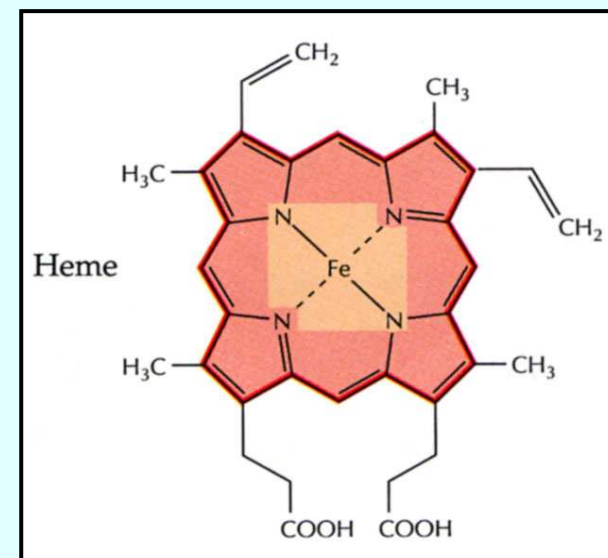
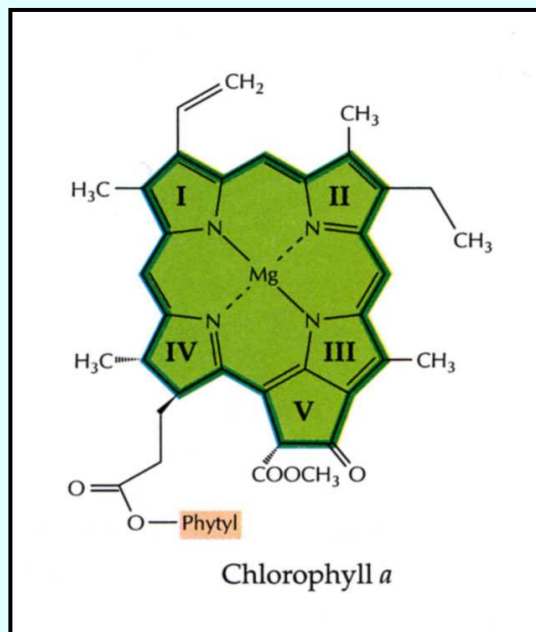
- součást chlorofylu (6-25% celk. obsahu Mg)
- význam pro aktivitu Rubisca
- význam pro transport sacharidů





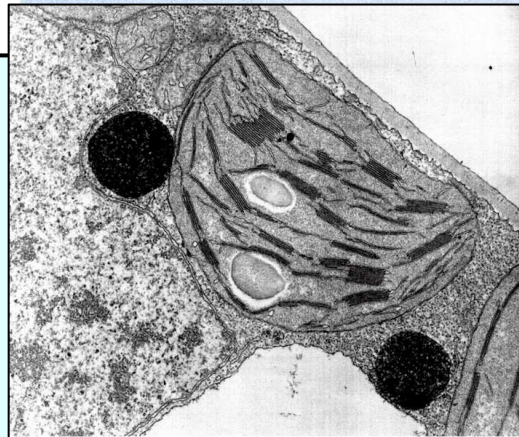
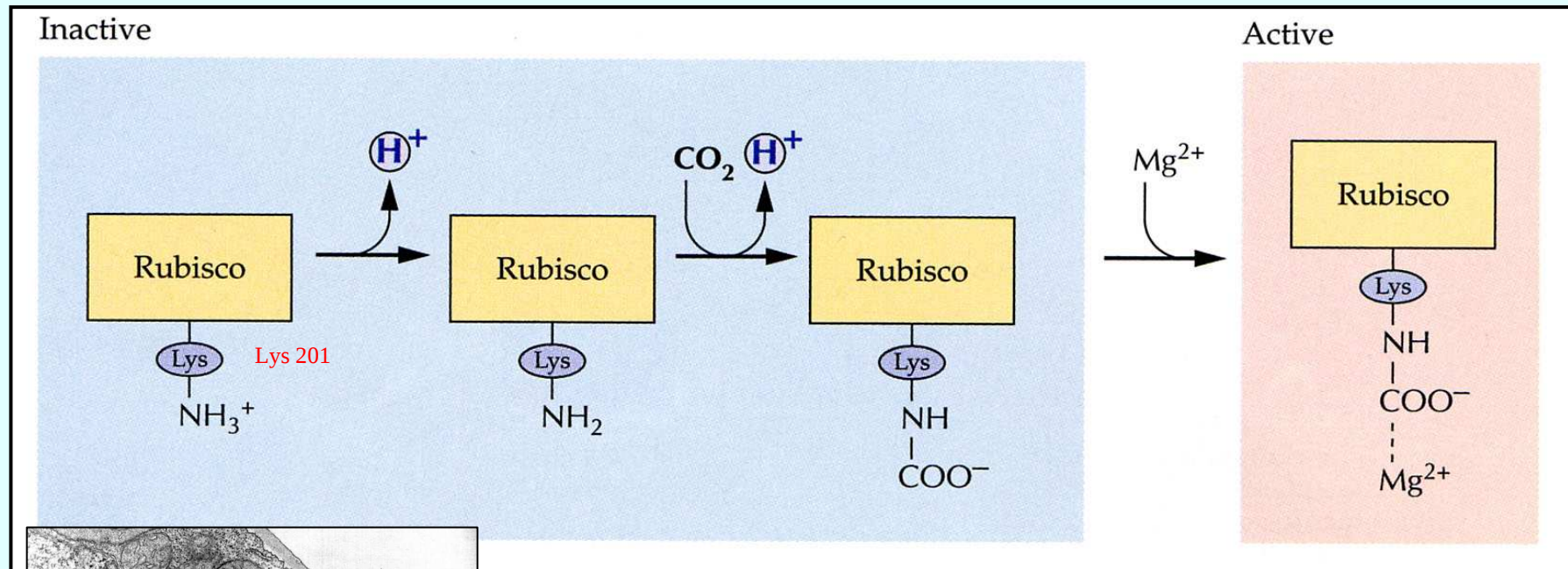
Mg chelatáza

Fe chelatáza



Buchanan 2000

- tvorba karbamátu a komplexu s Mg^{2+} (regulace v závislosti na světle a CO_2)

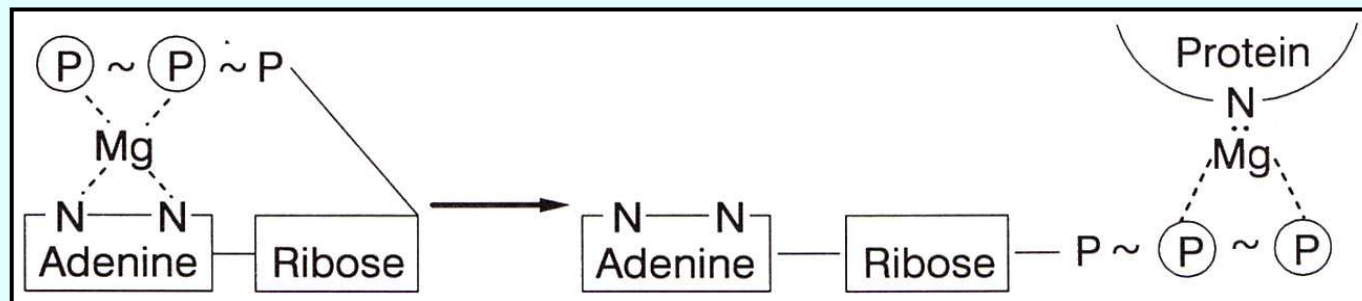


http://faculty.uca.edu/johnh/Chloroplast_and_microbodies.jpg

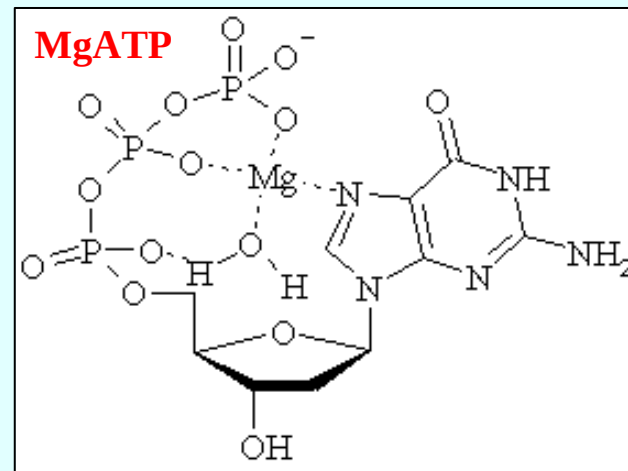
Buchanan 2000

2. v aktivaci enzymů, fosforylacích, syntéze ATP

- zprostředkování interakce mezi enzymem a ATP (tvorba komplexů s ATP)
- význam konstantní hladiny Mg^{2+} v cytoplasmě



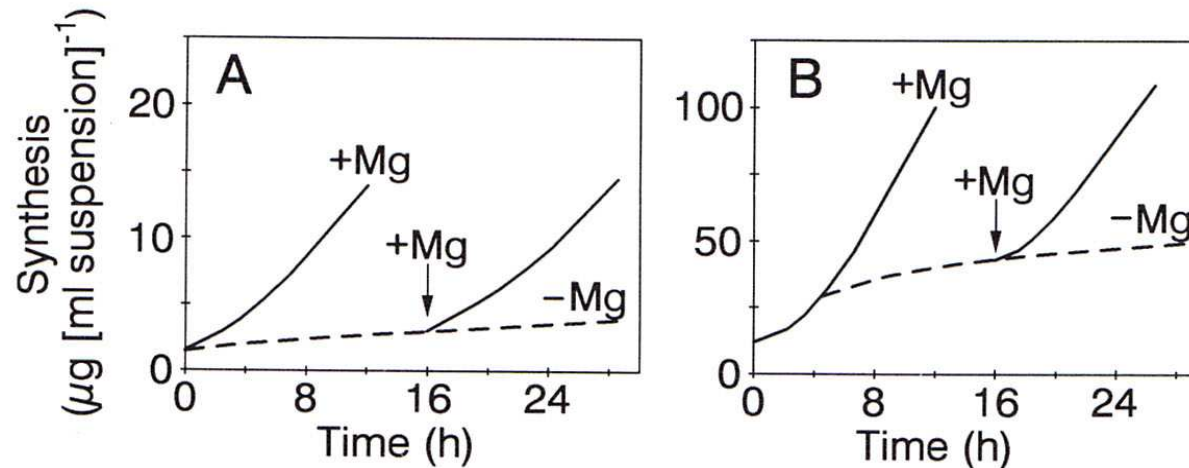
Marschner 1995



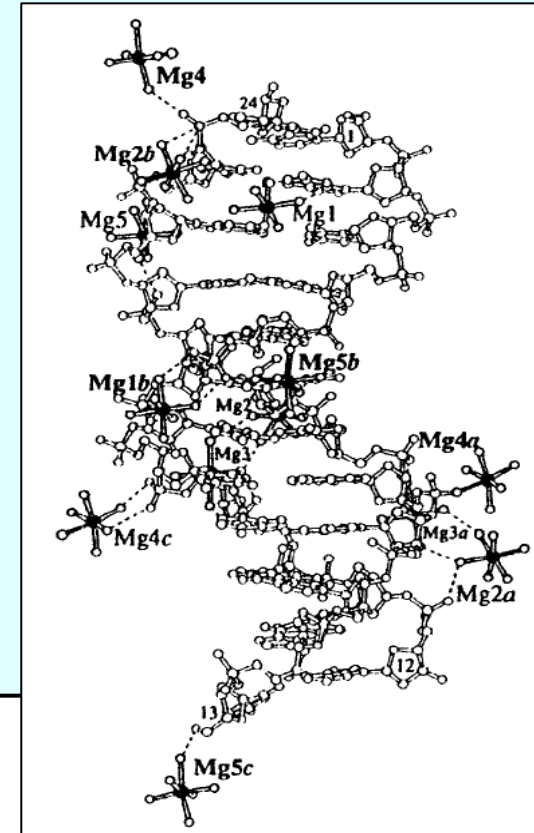
homepages.strath.ac.uk/.../Metals/Metals.htm

3. v proteosyntéze a syntéze RNA

- význam v prostorové interakci (např. agregace ribosomálních podjednotek nebo interakce RNA polymeráz s DNA)



Effect of magnesium supply on (A) RNA and (B) protein synthesis in *Chlorella pyrenoidosa* suspension culture. (Based on Galling, 1963.)



Sreedhara 2002

Marschner 1995