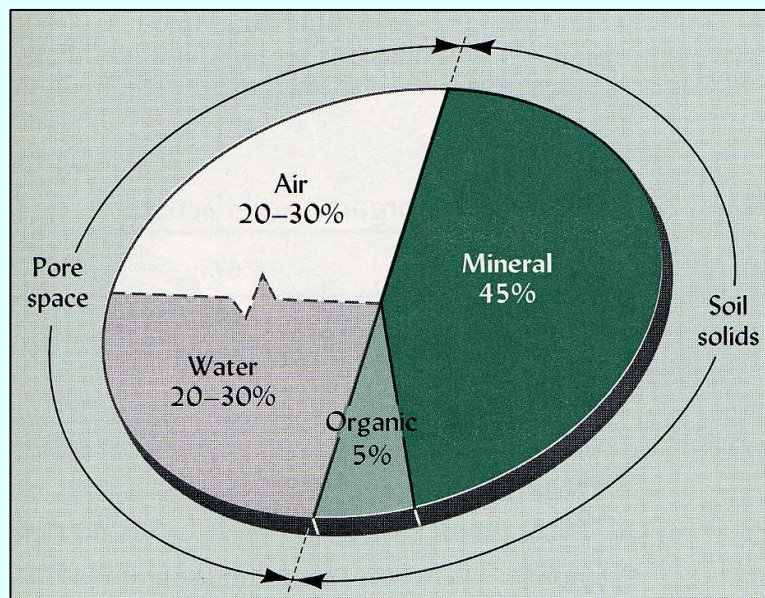


Půda

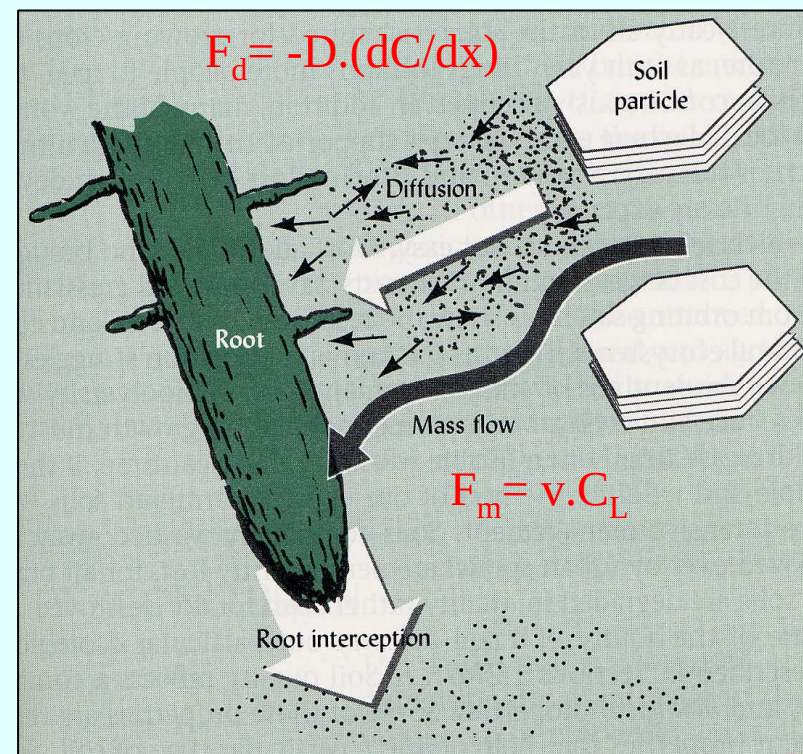
- 4 složky: minerální částice
organické částice
voda
vzduch

kameny a štěrk
písek (částice o velikosti 2-0,05mm)
prachové částice (0,05-0,002mm)
jílové částice (méně než 0,002mm)



Brady a Weil 2002

$$F_t = F_m + F_d$$



Brady a Weil 2002

Sorpční schopnost půdy:

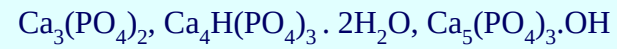
- mechanická
- fyzikální
- chemická
- biologická
- fyzikálně chemická

Sorpční schopnost půdy:

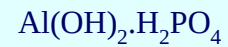
- mechanická
- fyzikální
- chemická
- biologická
- fyzikálně chemická

např. vznik sloučenin kys. fosforečné

s vápníkem:



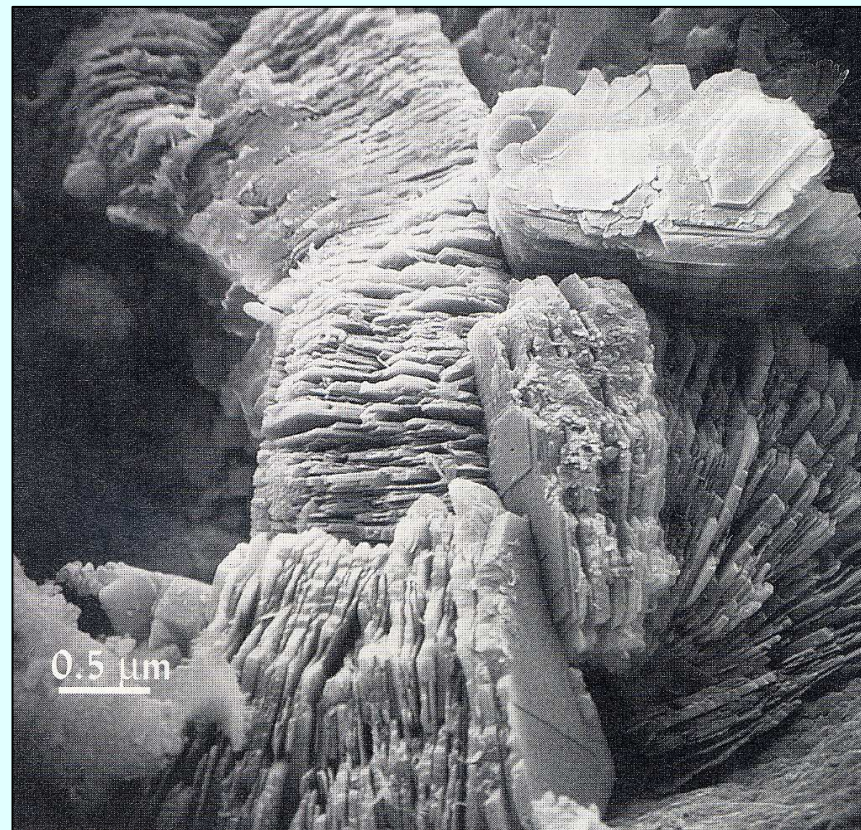
s trojmocnými kationty



Půdní koloidy

- velký povrch vzhledem k hmotnosti ($10\text{--}800\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$)
- negativní a pozitivní povrchové náboje – interakce s ionty v půdním roztoku
- iontová výměnná kapacita

kaolinit



Půdní koloidy

- 4 skupiny:

1. Krystalické silikátové (křemičitanové) jíly

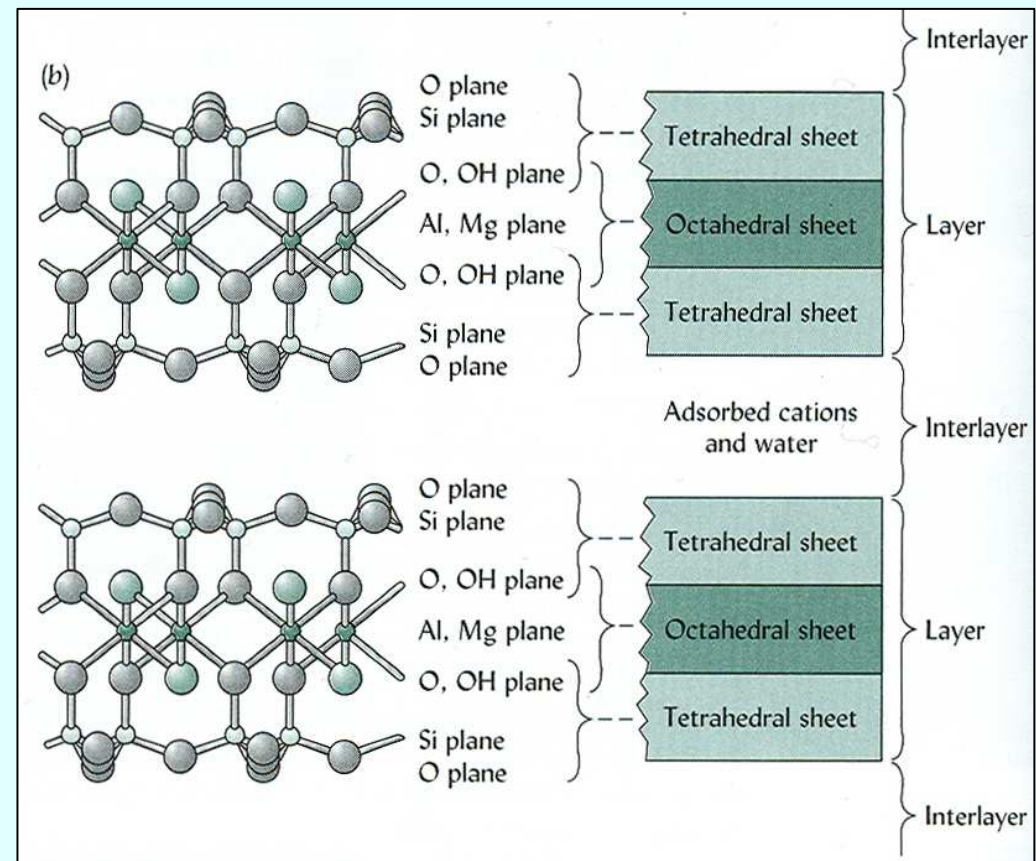
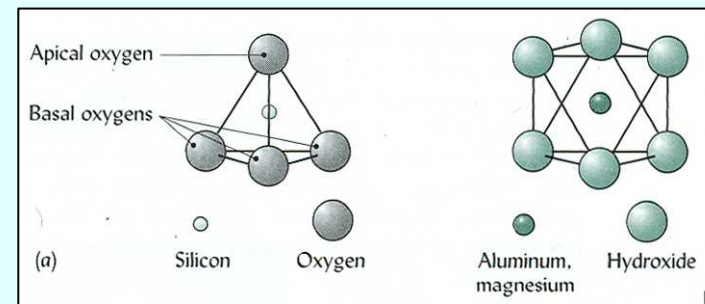
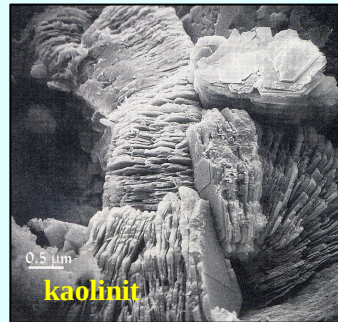
– krystalická struktura

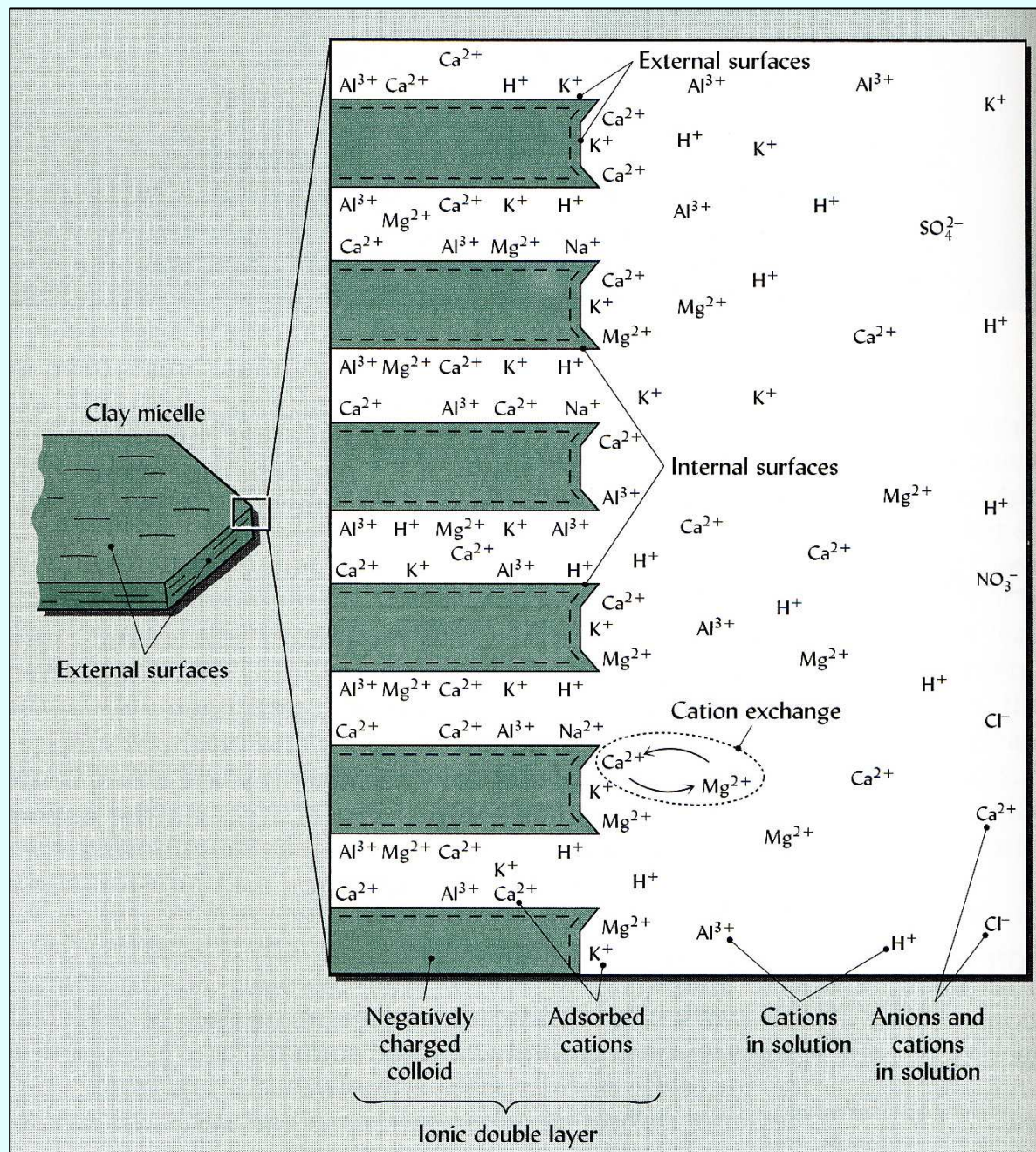
- vrstvy tvořené atomy O, Si, Al

- převažují negativní

povrchové náboje

- např. kaolinit, slída, smektit





2. Nekrystalické silikátové jíly

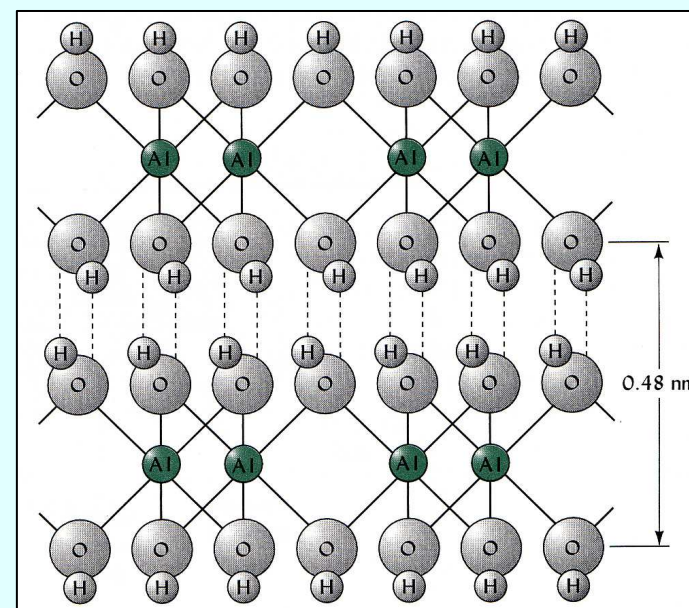
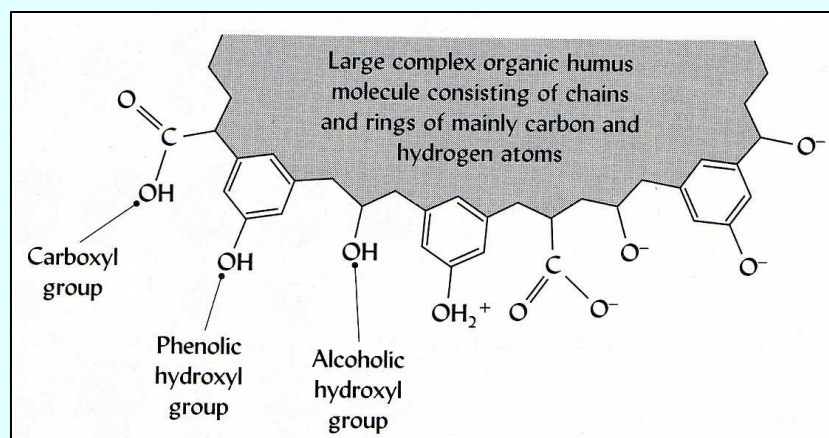
- tvořené atomy O, Si, Al, ale struktura nekystalická
- srovnatelné množství pozitivních a negativních nábojů
- velká kapacita vázat fosfáty a zadržovat vodu
- např. alofan, imogolit

3. Jíly tvořené oxidy hliníku nebo železa

- krystalická i nekystalická struktura
- pozitivní i a negativní náboje
- např. gibbsit (oxidy Al), goetit (oxidy Fe)

4. Organické koloidy (humus)

- nejmenší půdní koloidní částice
- převážující náboj je negativní,
mění se v závislosti na pH
(výrazně negativní je v neutrálních
a alkalických půdách)



Brady a Weil 2002

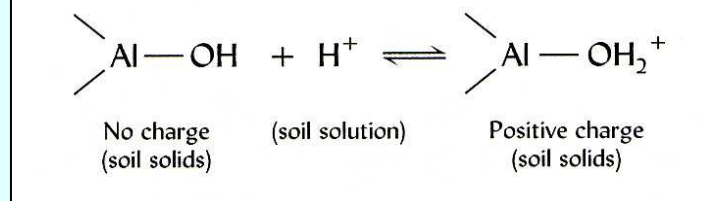
Brady a Weil 2002

- náboje na povrchu koloidů

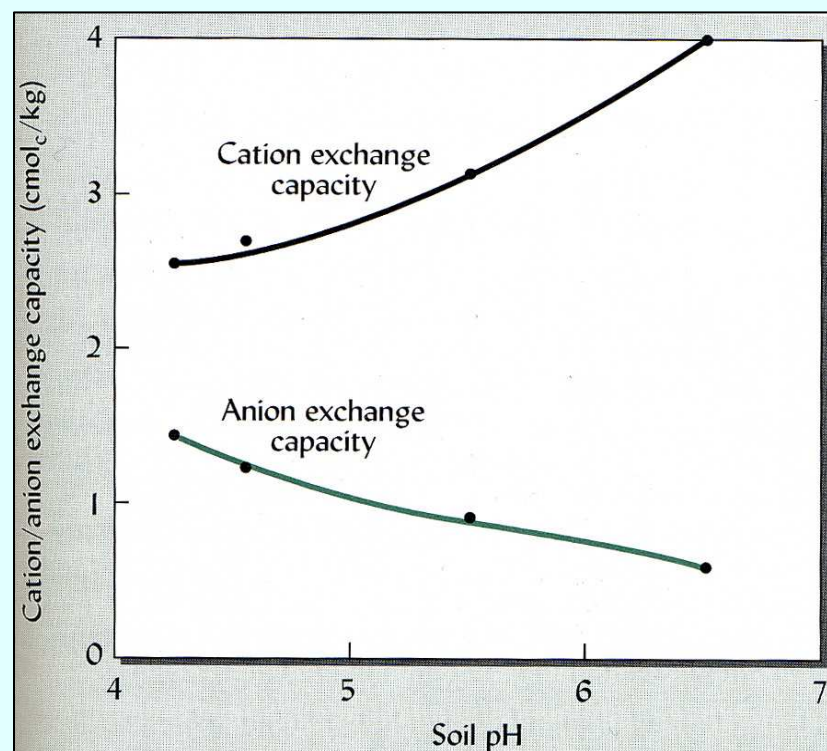
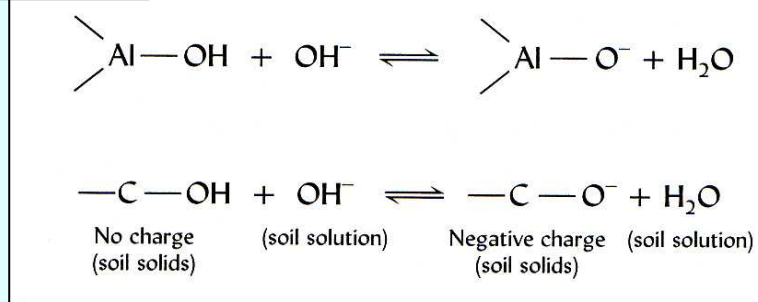
1. pH dependentní náboje

- hydroxylové, fenolové a karboxylové skupiny
- náboj závislý na pH

nízké pH



vyšší pH



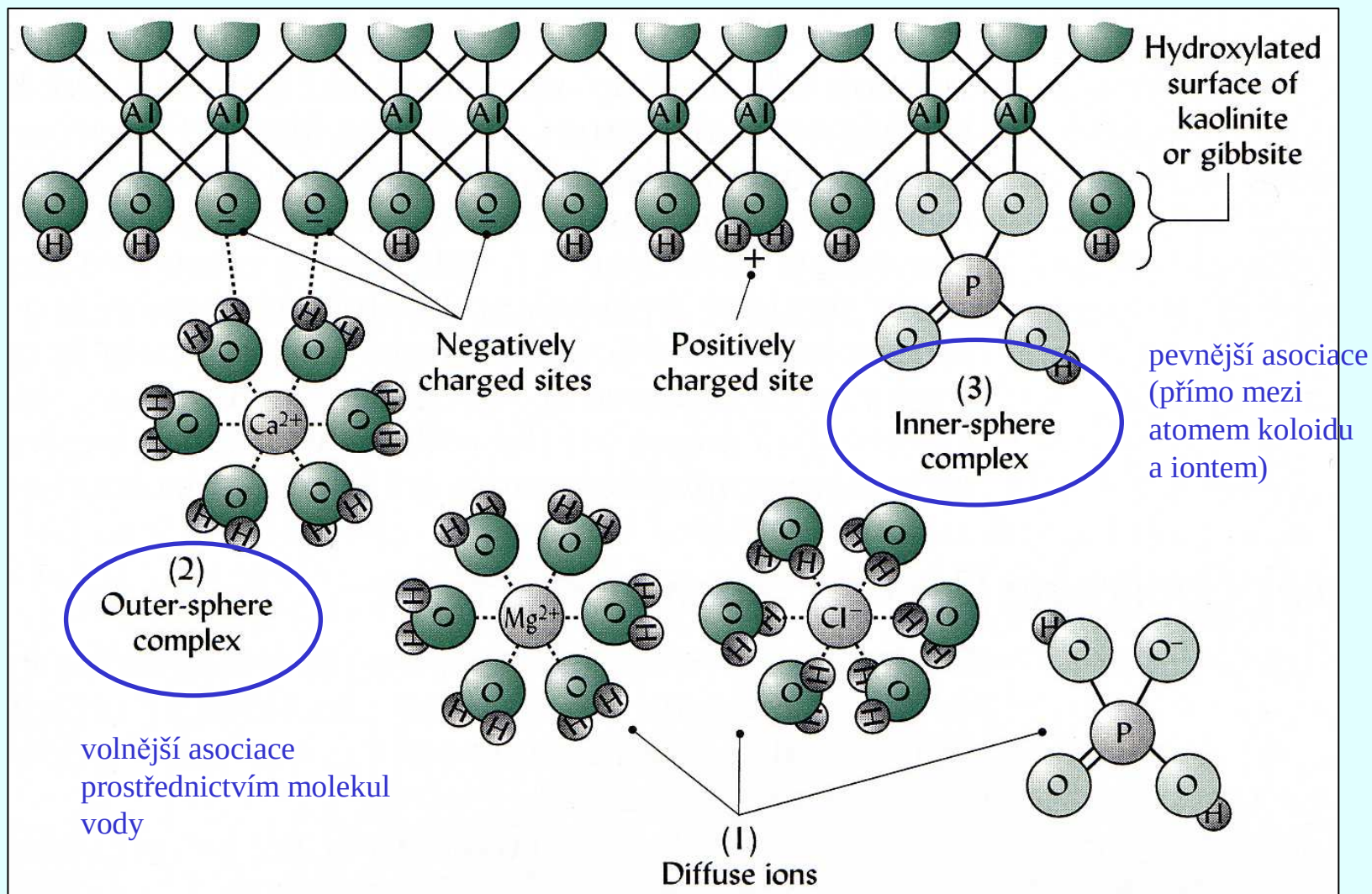
Brady a Weil 2002

2. permanentní (konstantní) náboje

- vznikají záměnou iontu v krystalové struktuře koloidní částice
- nezávislé na pH

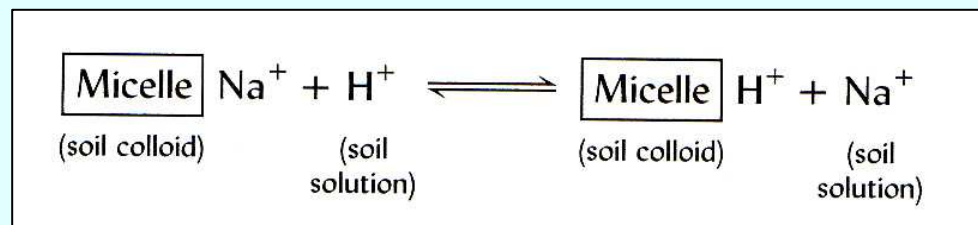
Al^{3+} zaměněn Mg^{2+} $\longrightarrow$ vznik negativního náboje

Al^{3+} zaměněn Si^{4+} $\longrightarrow$ vznik pozitivního náboje

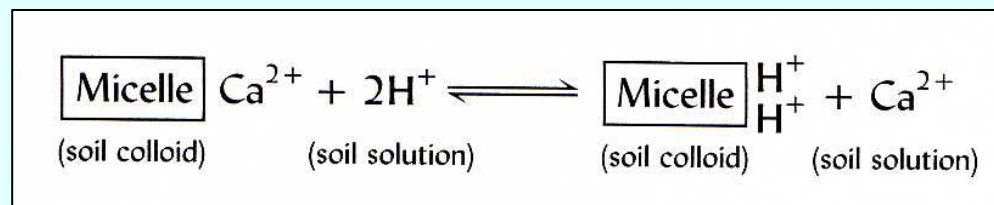


- pravidla výměny iontů na koloidech

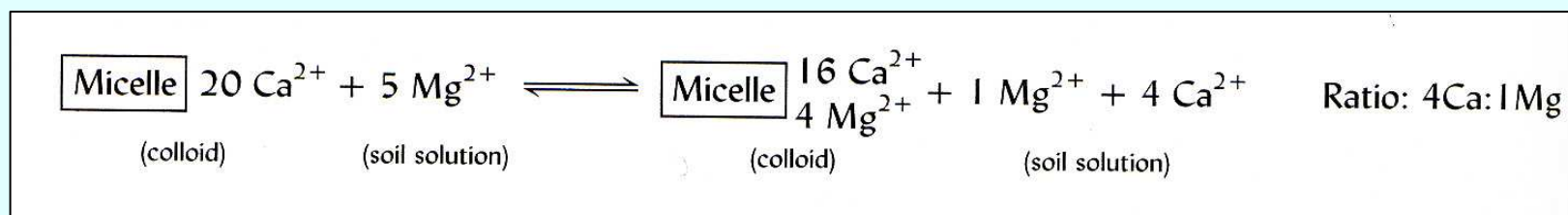
1. reversibilita



2. rovnováha nábojů

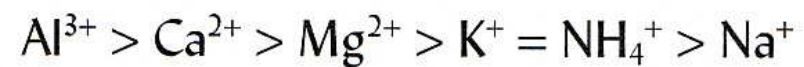


3. poměr iontů asociovaných na povrchu částice odpovídá jejich poměru v půdním roztoku

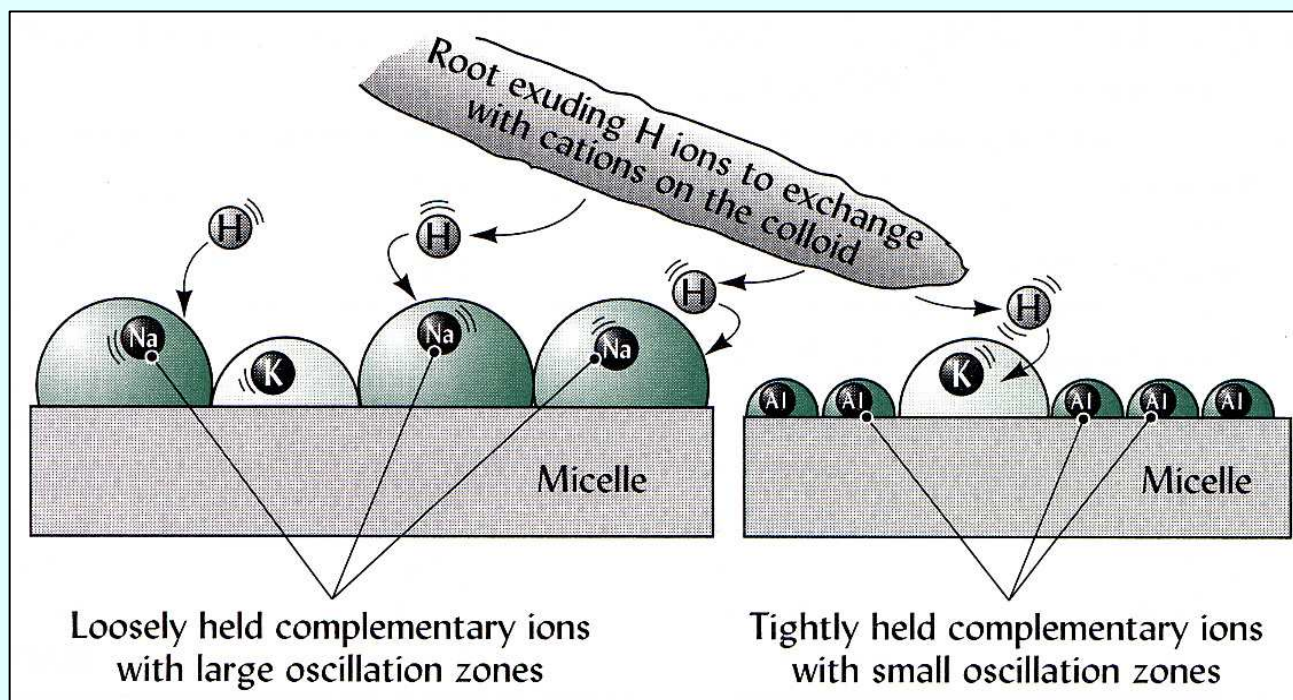


4. selektivita

lyotropní řada



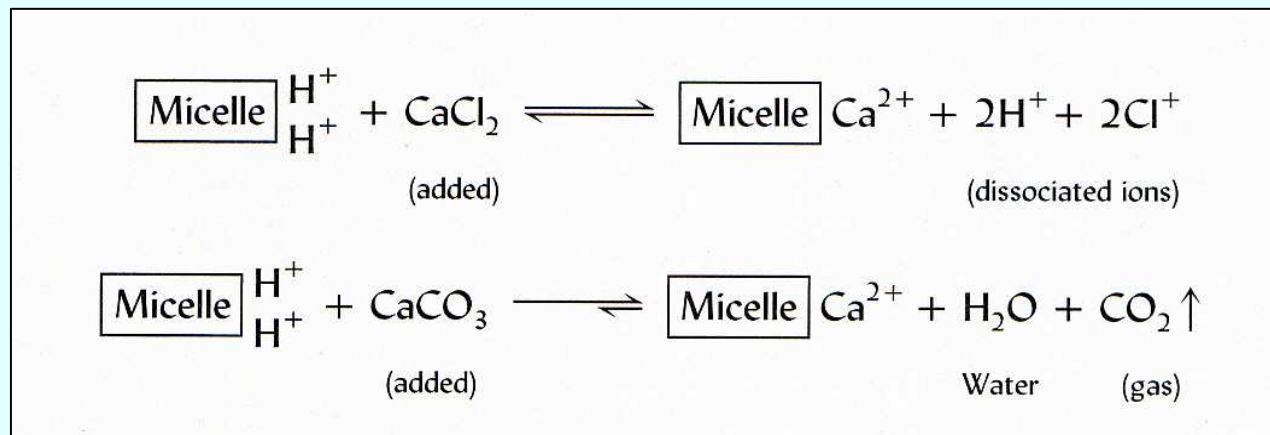
Poloměr iontů	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Ca ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
nehydratovaný	0,06	0,09 5	0,13 3	0,143	0,065	0,07 5	0,099	0,05	0,035
hydratovaný	-	0,38	0,26	0,27	0,32	-	0,28	-	0,135



učební texty výživy rostlin
MZU v Brně
http://www.af.mendelu.cz/external/relay/agrochem/multitexty/html/agrochemie_pudy/A_index_agrochem.htm

Brady a Weil 2002

5. vliv doprovodného aniontu



Brady a Weil 2002

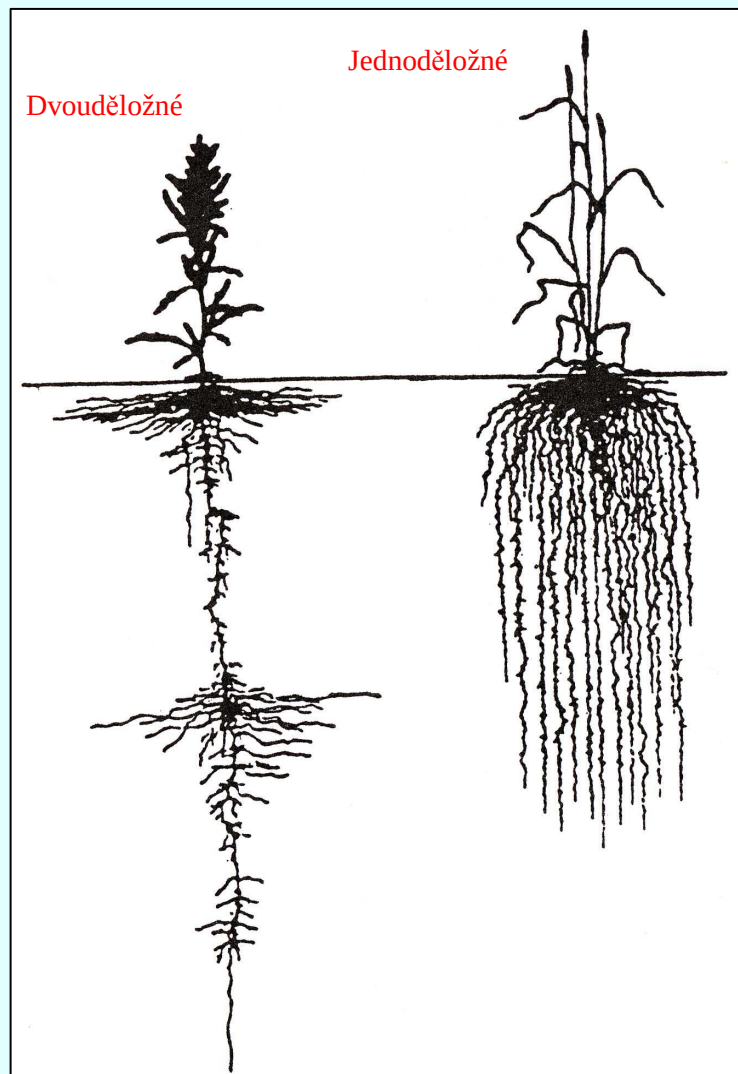
TABLE 8.6 Selected Cations and Anions Commonly Adsorbed to Soil Colloids and Important in Plant Nutrition and Environmental Quality

The listed ions form inner- and/or outer-sphere complexes with soil colloids. Ions marked by an asterisk () are among those that predominate in most soil solutions. Many other ions may be important in certain situations.*

Cation	Formula	Comments	Anion	Formula	Comments
Ammonium	NH_4^+	Plant nutrient	Arsenate	AsO_4^{3-}	Toxic to animals
Aluminum	Al^{3+} etc. ^a	Toxic to many plants	Borate	B(OH)_4^-	Plant nutrient, can be toxic
Calcium*	Ca^{2+}	Plant nutrient	Bicarbonate	HCO_3^-	Toxic in high-pH soils
Cadmium	Cd^{2+}	Toxic pollutant	Carbonate*	CO_3^{2-}	Forms weak acid
Cesium	Cs^+	Radioactive contaminant	Chromate	CrO_4^{2-}	Toxic pollutant
Copper	Cu^{2+}	Plant nutrient, toxic pollutant	Chloride*	Cl^-	Plant nutrient, toxic in large amount
Hydrogen*	H^+	Causes acidity	Fluoride	F^-	Toxic, natural and pollutant
Iron	Fe^{2+}	Plant nutrient	Hydroxyl*	OH^-	Alkalinity factor
Lead	Pb^{2+}	Toxic to animals, plants	Nitrate*	NO_3^-	Plant nutrient, pollutant in water
Magnesium*	Mg^{2+}	Plant nutrient	Molybdate	MoO_4^{2-}	Plant nutrient, can be toxic
Manganese	Mn^{2+}	Plant nutrient	Phosphate	HPO_4^{2-}	Plant nutrient, water pollutant
Nickel	Ni^{2+}	Plant nutrient, toxic pollutant	Selenate	SeO_4^{2-}	Animal nutrient and toxic pollutant
Potassium*	K^+	Plant nutrient	Selenite	SeO_3^{2-}	Animal nutrient and toxic pollutant
Sodium*	Na^+	Used by animals, some plants, can damage soil	Silicate*	SiO_4^{4-}	Mineral weathering product, used by plants
Strontium	Sr^{2+}	Radioactive contaminant	Sulfate*	SO_4^{2-}	Plant nutrient
Zinc	Zn^{2+}	Plant nutrient, toxic pollutant			

^a Important aluminum cations include Al^{3+} , AlOH^{2+} , and Al(OH)_2^+ .

Kořenový systém



Votrubová 1996

Faktory, které nejvíce ovlivňují příjem iontů kořenem:

- velikost a architektura kořenového systému
- morfologie kořene (průměr, kořenové vlásky)
- kapacita pro příjem živin na jednotku délky nebo plochy kořene
- schopnost uvolňování látek , které ovlivňují chemické vlastnosti rhizosféry
- mykorrhiza

Morfologie kořenového systému

- vliv genotypu
- vliv faktorů prostředí
- vliv vnitřních faktorů v rostlině

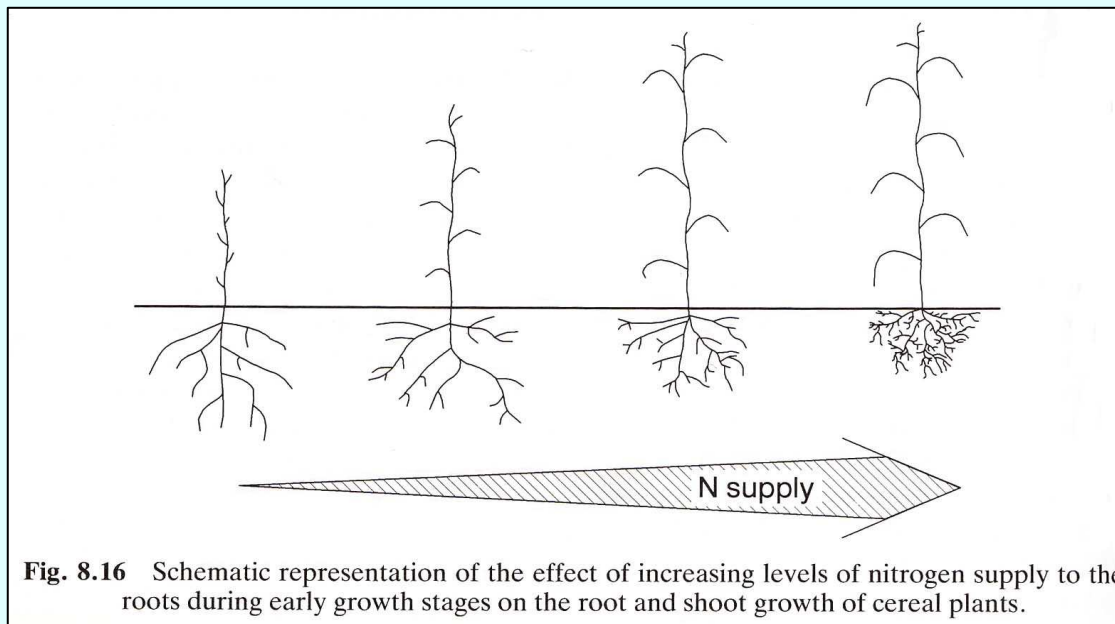
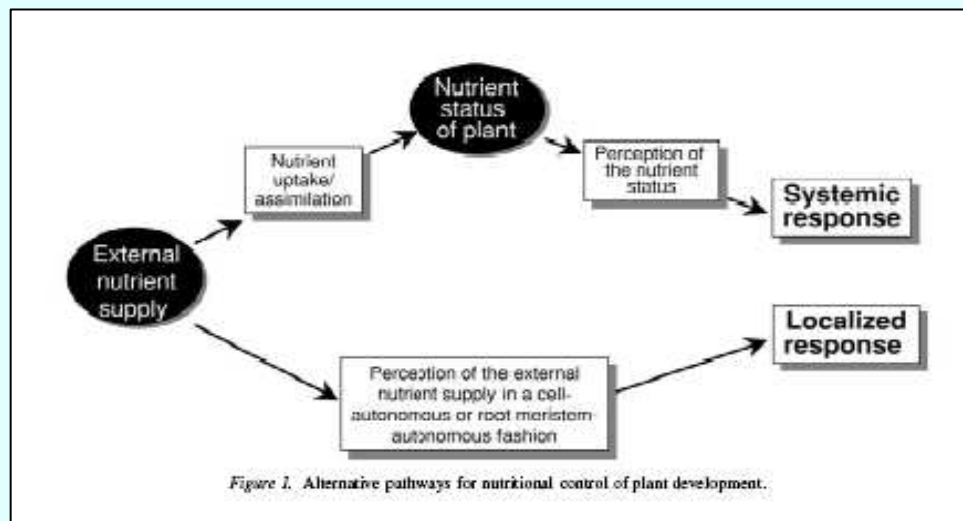
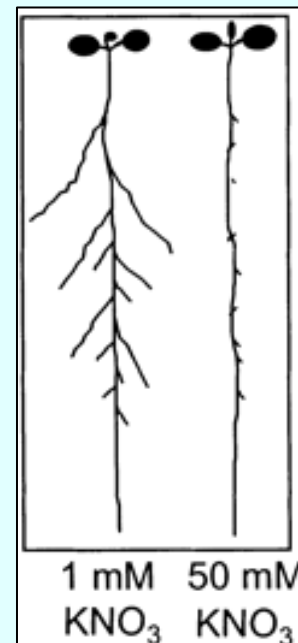


Fig. 8.16 Schematic representation of the effect of increasing levels of nitrogen supply to the roots during early growth stages on the root and shoot growth of cereal plants.



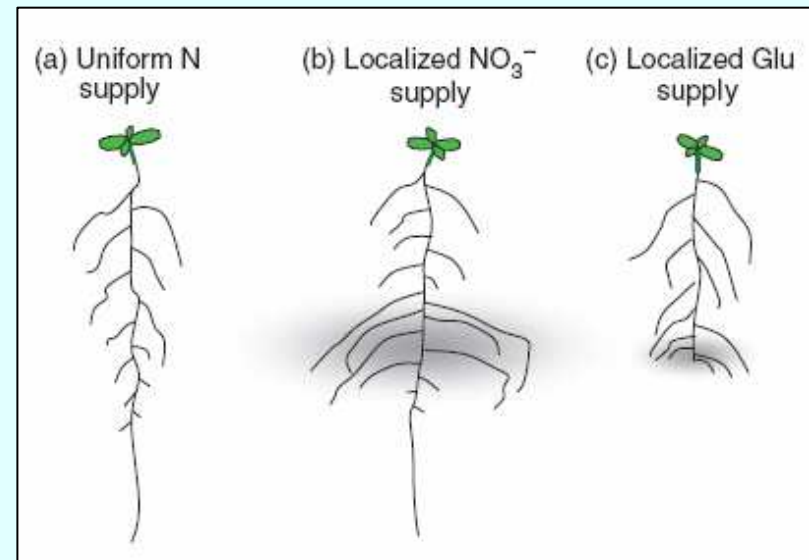
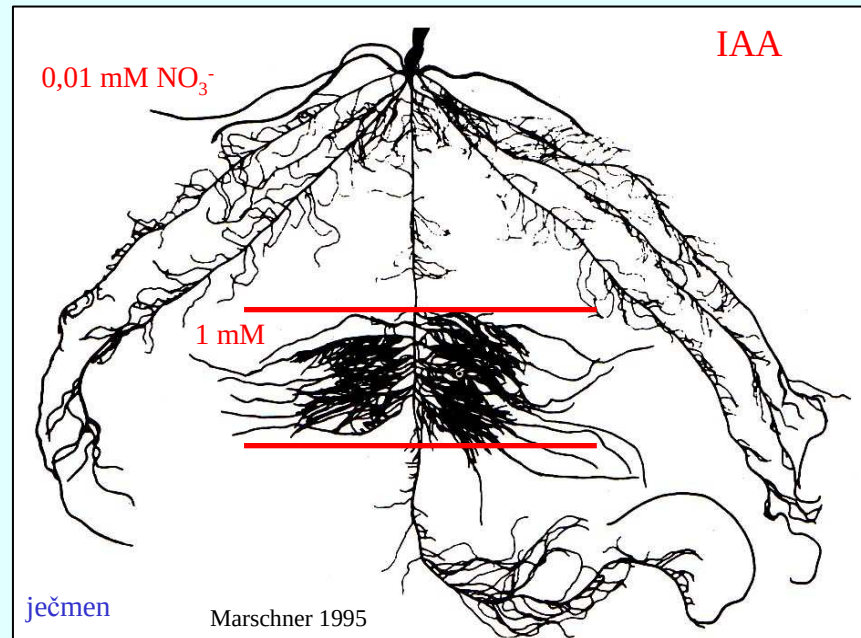
Forde 2001



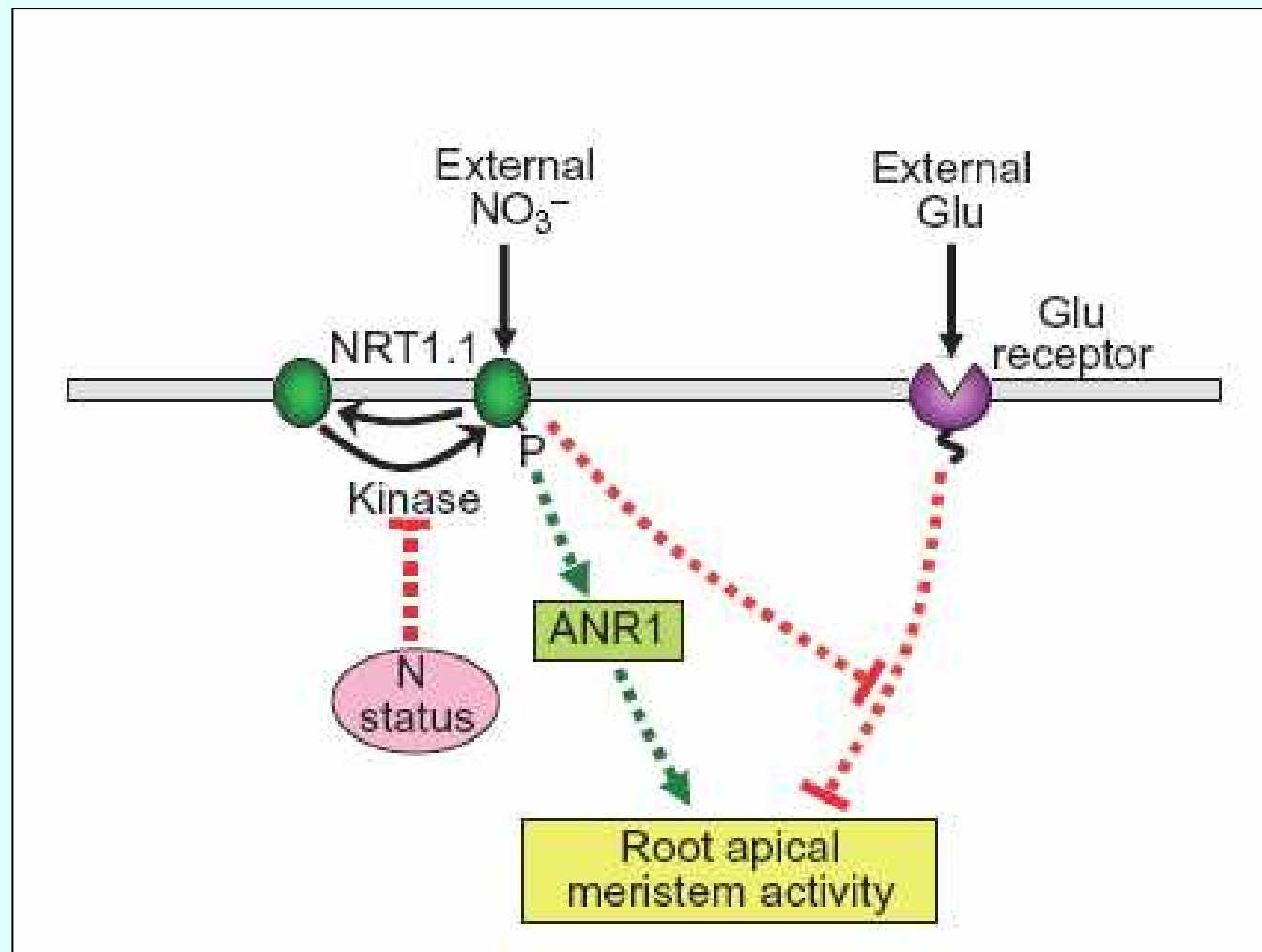
Zhang 2000

Marschner 1995

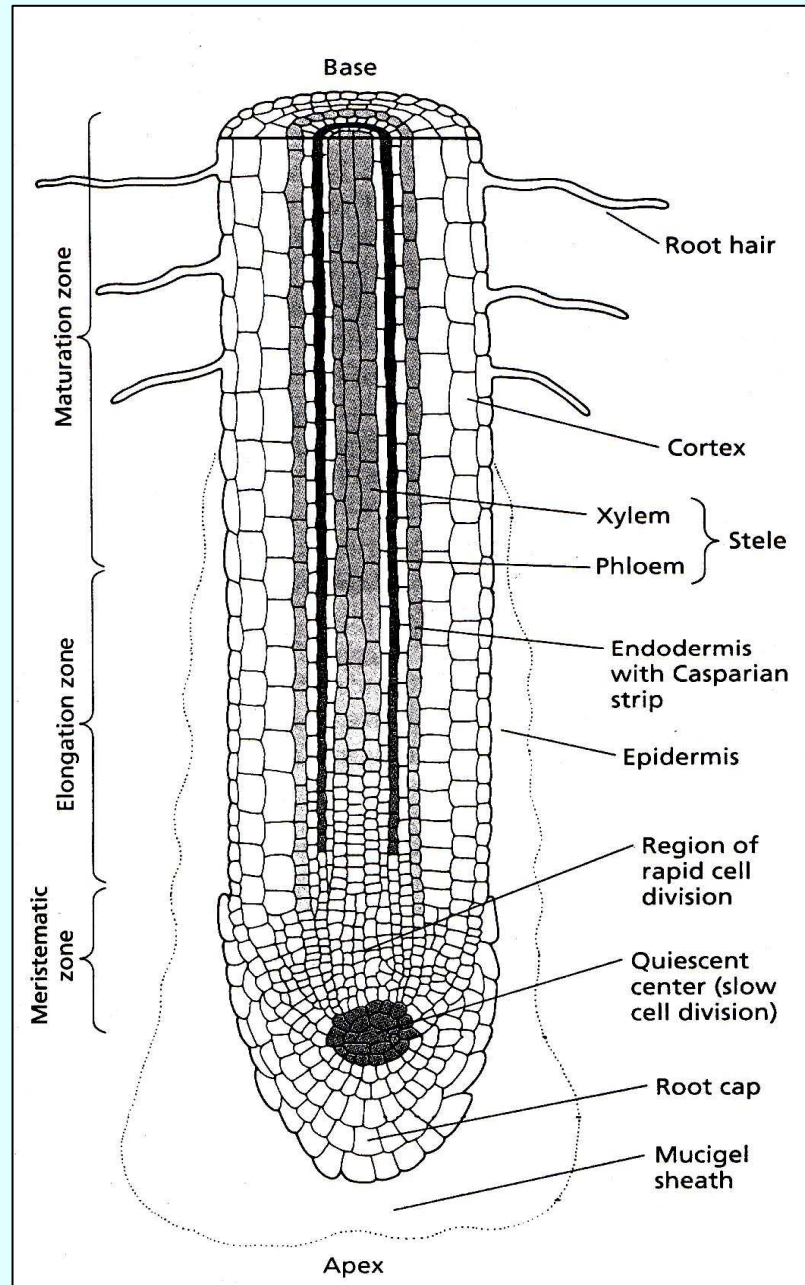
vliv lokalizované přítomnosti živin



Forde 2009



Morfologie a anatomie kořene x příjem živin

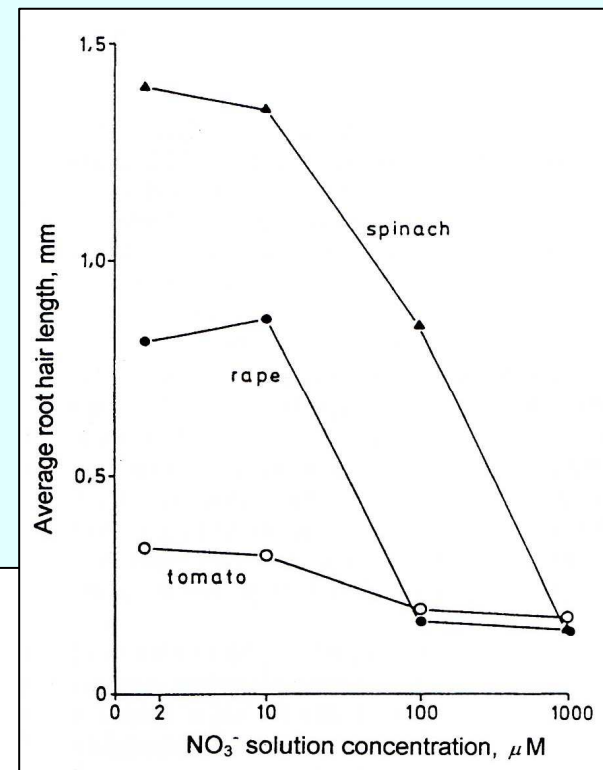
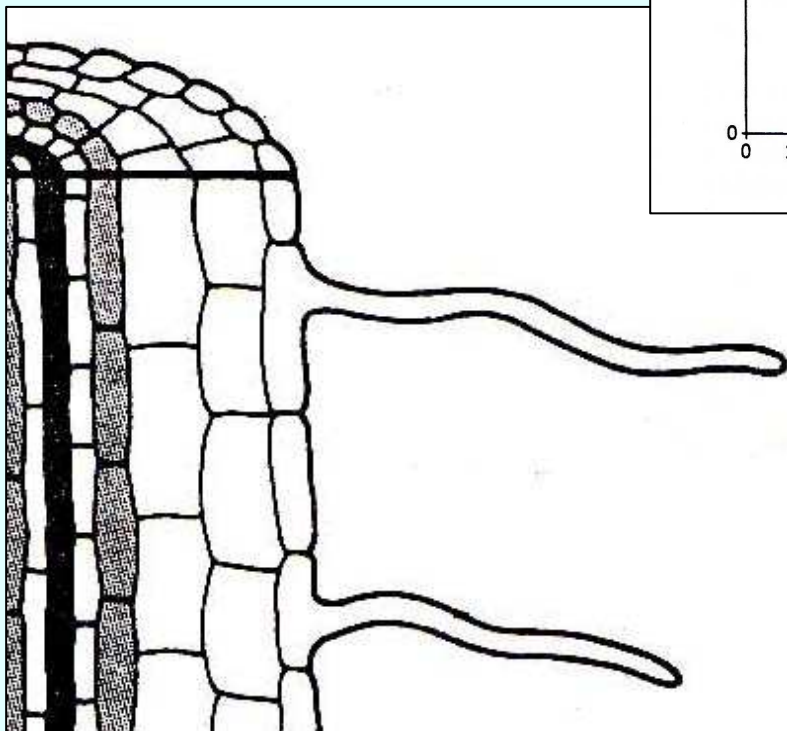


Taiz a Zeiger 1998

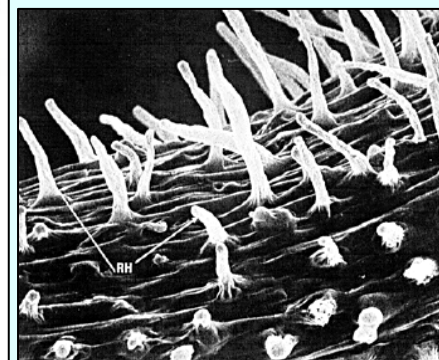
Kořenové vlásky:

- výrůstky rhizodermálních buněk (trichoblastů)
- počet, délka a životnost dána genotypem i vnějšími podmínkami
- vliv fytohormonů (auxin a ethylen)

- počet: kolem 100 na mm^2
- délka: 200-300 (někdy i přes 1000) μm
- životnost: několik dní



Jungk 2001



Transport ionů prostorem buněčné stěny:

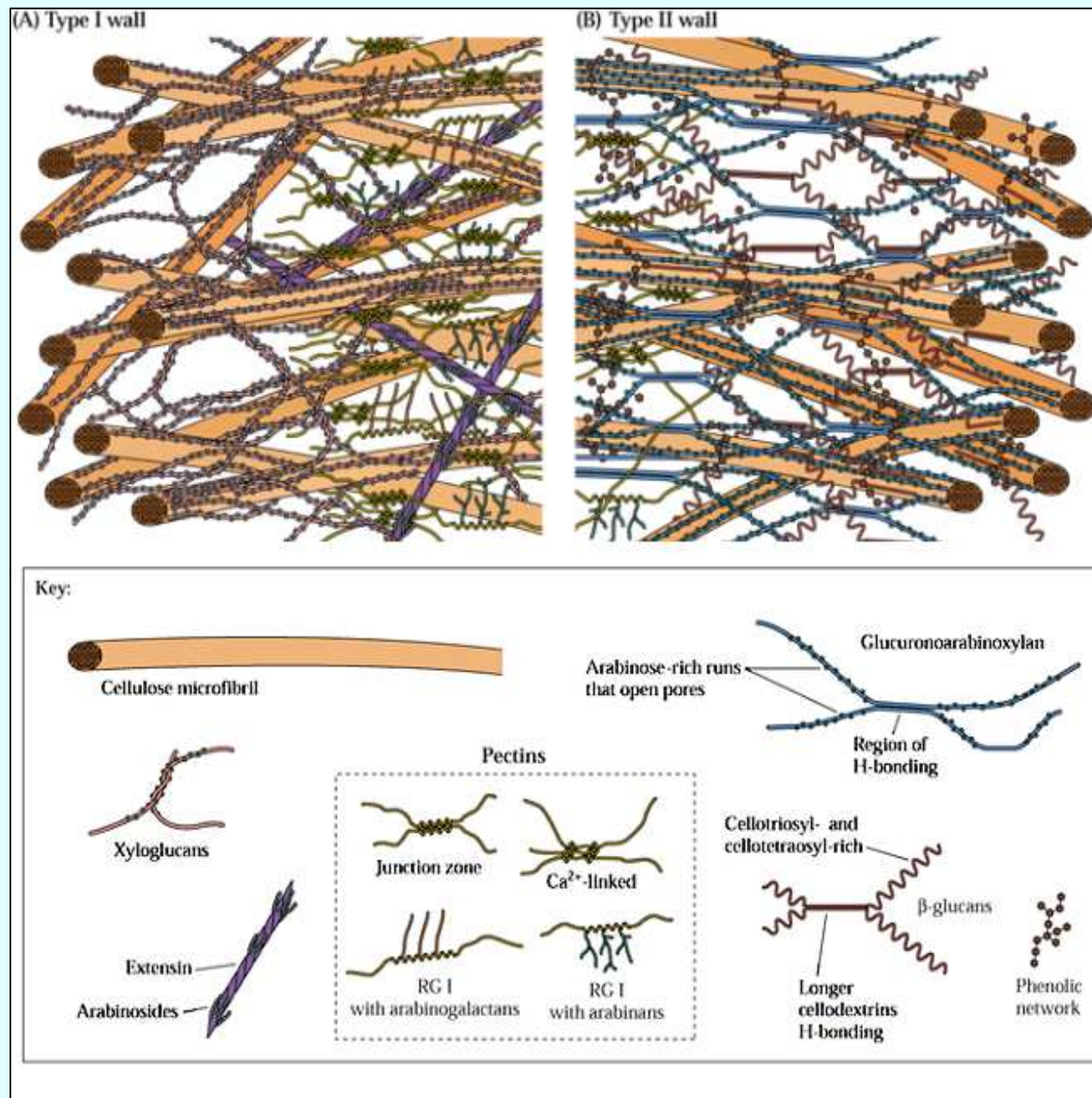
**Chemické složení buněčné
stěny:**

Polysacharidy:
Celulóza

Hemicelulózy – xyloglukany
- xylany

Pektiny – polygalakturonany
- rhamnogalakturonany

Bílkoviny:
Extensin

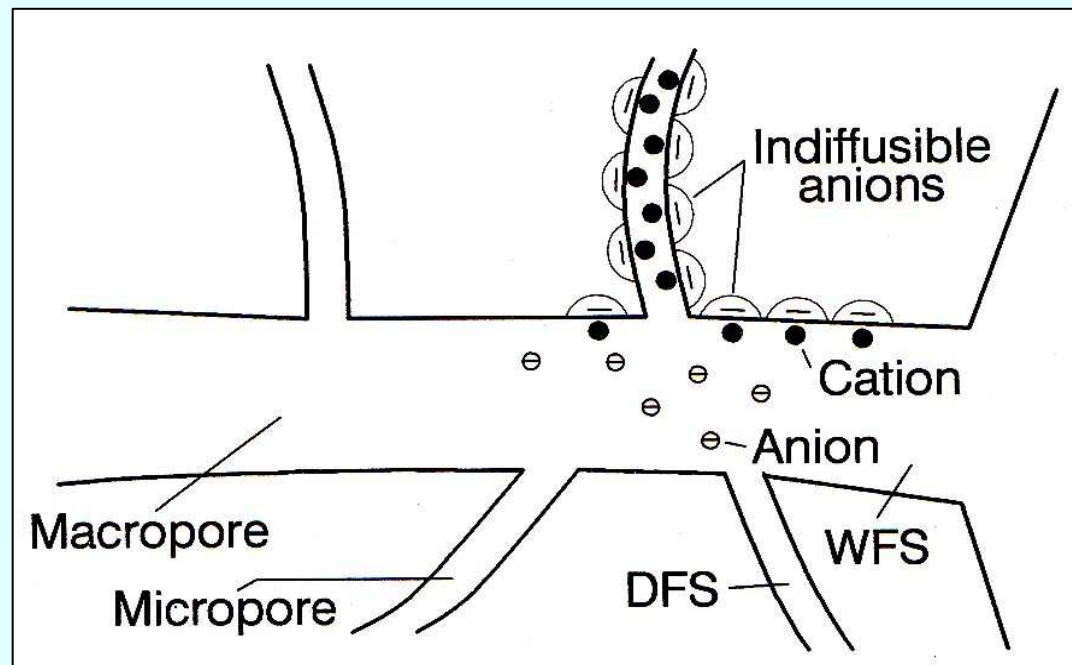


- pasivní proces, poháněný difusí nebo hromadným tokem

- interakce látek s makromolekulami buněčné stěny

- ovlivňuje především pohyb kationtů

- pohyblivost látek v apoplastu dána velikostí molekuly a nábojem



Marschner 1995

AFS – apparent free space

DFS – Donnan free space

WFS – water free space

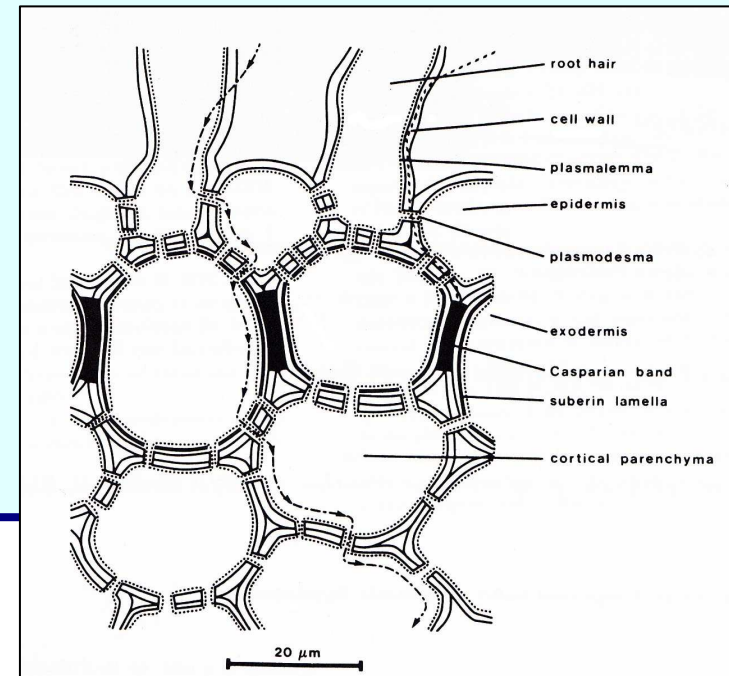
Homogalacturonan (HGA)



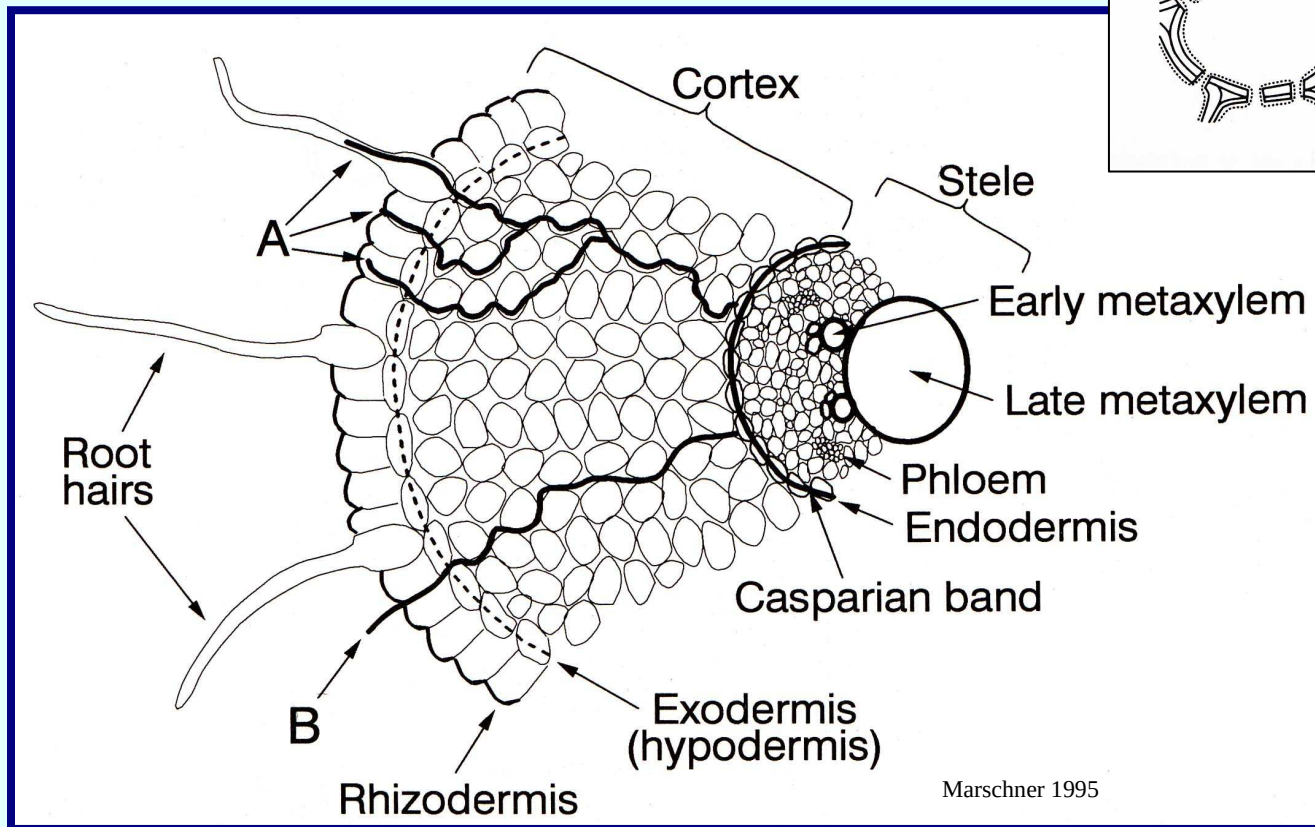
Buchanan 2000

Radiální transport kořenem:

- dvě základní cesty: symplastem a apoplastem
- význam apoplastických bariér (endodermis, exodermis, sklerenchymatické vrstvy) v příjmu živin
- specifický transport vápníku



Peterson 1989

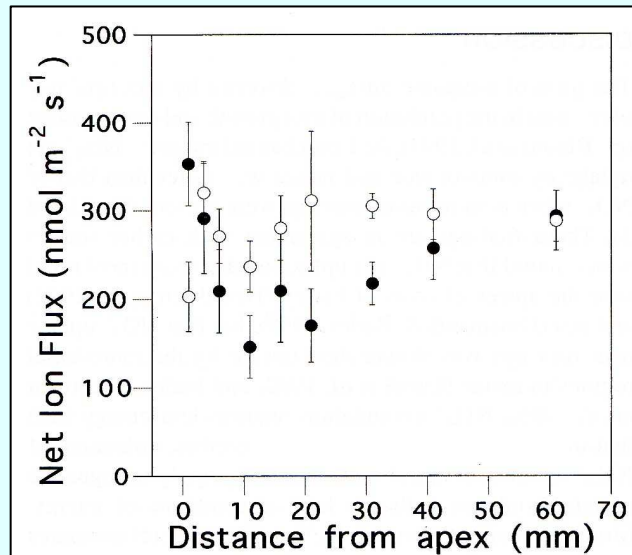


Marschner 1995

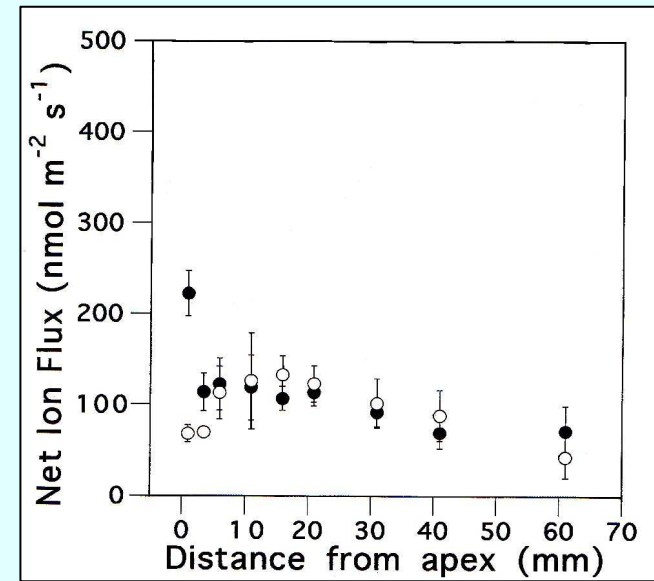
Příjem iontů podél podélné osy kořene:

- obecně rychlost příjmu klesá od špičky k bázi kořene

Kukuřice

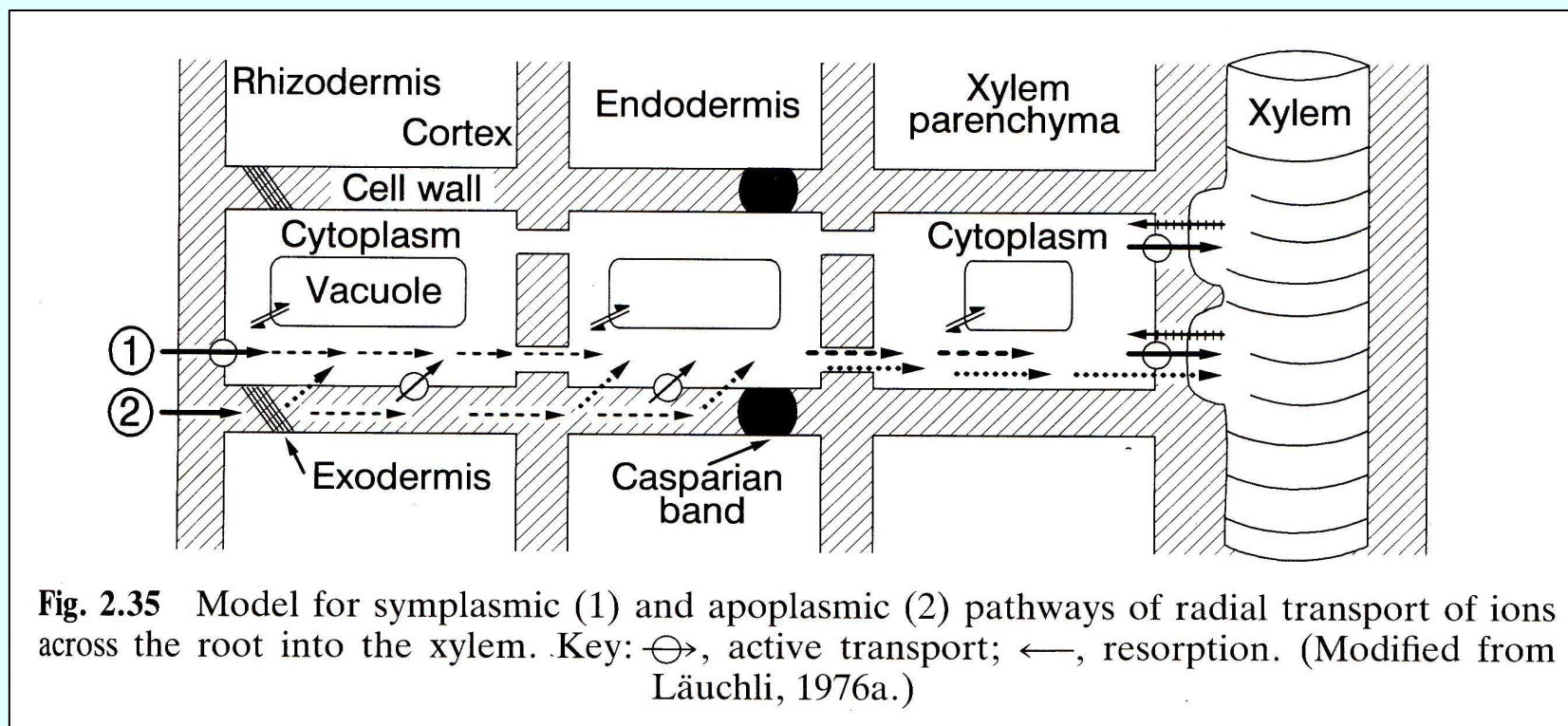


Rýže



Transport látek do xylému:

- dochází ke koncentrování iontů v xylému, za nimi vstupuje voda a zvyšuje se tlak, hlavní hnací silou transportu látek v xylému je ale rozdíl vodních potenciálů v systému půda, rostlina, atmosféra



Faktory ovlivňující transport látek do xylému:

- koncentrace iontu v rhizosféře

Table 2.36 Relationship between External Concentration, Exudate Concentration, and Exudate Volume Flow in Decapitated Sunflower Plants							
External solution KNO ₃ + CaCl ₂ (mM each)	Exudate (mM)			'Concentration factor'			Exudation volume flow (ml (4 h) ⁻¹)
	K ⁺	Ca ²⁺	NO ₃ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	NO ₃ ⁻	
0.1	7.3	2.8	7.4	73	28	74	4.0
1.0	10.0	3.2	10.7	10	3.2	10.1	4.5
10.0	16.6	4.2	10.3	1.7	0.4	1.0	1.6

Marschner 1995

- kompetice mezi ukládáním do vakuol buněk kořene a transportem do xylému (vliv dostupnosti živin)

➔ význam komunikace s nadzemní částí rostliny

- složení xylémové šťávy závislé na:
 - rostlinném druhu a fázi ontogenetického vývoje
 - dostupnosti látek v rhizosféře
 - asimilaci v kořenových buňkách
 - požadavcích nadzemní části
 - rychlosti transpirace
- rychlost transportu látek z cév do okolních parenchymatických buněk a naopak
- transport kationtů ovlivněn náboji buněčných stěn cév

Transport látek do floému:

- sítkovice jsou živé buňky
- plnění floému je selektivní proces
- transportovány především organické látky (sacharidy, AK, vitaminy, hormony, proteiny, ATP)
- minerální látky jsou transportovány velmi omezeně:
 - v největší míře: K, P, Mg, S (sírany i glutathion, příp. Met, Cys)
 - méně: Na, Cl (v závislosti na vnějších podmínkách)
 - minimálně: Ca, Cu, Fe, Mn a Zn
 - nedetekovány: nitráty
- mobilita látek ve floému je různá:
 - relativně vysoká: makroelementy (s výjimkou Ca)
 - menší: mikroelementy

Marschner 1995

Table 3.8

Comparison of the Levels of Organic and Inorganic Solutes in the Phloem and Xylem Exudates of *Nicotiana glauca*^a

Substance	Phloem exudate (stem incision) pH 7.8–8.0 ($\mu\text{g ml}^{-1}$) ^b	Xylem exudate (tracheal) pH 5.6–5.9 ($\mu\text{g ml}^{-1}$) ^b	Concentration ratio phloem/xylem
Dry matter	170–196 ^c	1.1–1.2 ^c	155–163
Sucrose	155–168 ^c	ND	—
Reducing sugars	Absent	NA	—
Amino compounds	10 808.0	283.0	38.2
Nitrate	ND	NA	—
Ammonium	45.3	9.7	4.7
Potassium	3673.0	204.3	18.0
Phosphorus	434.6	68.1	6.4
Chloride	486.4	63.8	7.6
Sulfur	138.9	43.3	3.2
Calcium	83.3	189.2	0.44
Magnesium	104.3	33.8	3.1
Sodium	116.3	46.2	2.5
Iron	9.4	0.60	15.7
Zinc	15.9	1.47	10.8
Manganese	0.87	0.23	3.8
Copper	1.20	0.11	10.9

^aFrom Hocking (1980b).

^bND. Not present in a detectable amount; NA, data not available.

^cmg ml⁻¹.

Příjem živin listy:

- minerální látky v plynné formě → prostřednictvím průduchů (NH_3 , SO_2 , NO_2), možný je i opačný proces – únik plyných forem z listu do atmosféry (NH_3 , H_2S a další těkavé sirné sloučeniny)
- minerální látky v kapalně formě → difusí přes kutikulu (prostřednictvím hydrofilních pórů)