

1. Základní úvod do problematiky

Historie studia minerální výživy rostlin, obecné mechanismy příjmu minerálních živin, transportní procesy na membránách.

2. Příjem minerálních živin kořeny rostlin a jejich transport rostlinou

Vlastnosti půdy ovlivňující dostupnost živin, příjem iontů a vody podél podélné osy kořene, radiální transport kořenem, transport minerálních živin mezi jednotlivými orgány rostlinného těla.

3. Dusík

Příjem a asimilace dusíku v rostlinné buňce. Charakteristika transportních systémů na membránách buňky, regulace příjmu. Mechanismus asimilace dusíku, enzymy. Vztah metabolismu dusíku a ostatních buněčných dějů, vzájemné regulace. Rovnováha metabolismu uhlíku a dusíku. Vliv dostupnosti dusíku. Zdroje dusíku v přírodě.

4. Fosfor, síra

Příjem fosforu kořeny rostlin, jeho funkce v rostlině. Role fosforu v přenosu energie, regulační funkce anorganického fosfátu. Specifické metabolické a morfologické adaptace rostlin pro podmínky nízké dostupnosti fosforu. Příjem a asimilace sulfátu. Význam síry v rostlině. Glutathion, fytochelatiny.

5. Draslík, Vápník a Hořčík

Výskyt a funkce jednotlivých iontů v rostlinné buňce, jejich význam pro rostlinu. Mechanismus transportu a kompartmentace v rostlinné buňce. Osmoregulace. Účast vápníku v přenosu signálu.

6. Mikroelementy a benefiční prvky

7. Toxické prvky

Al a těžké kovy, mechanismy účinku, obranné mechanismy rostlin

Literatura:

Marschner, H. - **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Academic Press. London. UK. 1995

Buchanan, B., Gruissem, W. and Jones, R. (Eds.) - **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. American Society of Plant Physiologist. 2000.

Alberts, B. et al. **Základy buněčné biologie**. Úvod do molekulární biologie buňky. 1998.

Taiz, L. and Zeiger, E. **Plant Physiology**. Sinauer Associates, Inc., Publishers. 2002.

Brady, N.C. and Weil, R. R. **The Nature and Properties of Soils**. Prentice Hall. 2002

Procházka, S. et al. **Fyziologie rostlin**. Academia. Praha. 1998.

Vaněk, V. a kol. **Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny**. ČZU. Praha. 1999.

Nátr, L. **Rozvoj trvale neudržitelný**. Karolinum. Praha. 2005

Links:

viz. webová stránka přednášky:

<http://kfrserver.natur.cuni.cz/cz/edu/mineral/index.htm>

+ učební texty Doc. Pavlové:

http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/pavlova/fyziologie_rostlin/fyzrost/6_Mineralni_vyziva.pdf

Vývoj představ o minerální výživě rostlin

Římané

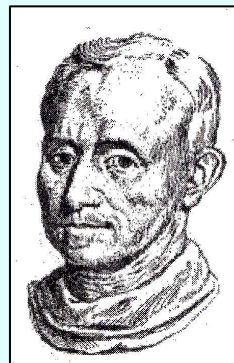
řada praktických poznatků: zelené hnojení, trus, popel

J. B. van Helmont (1577-1644)

rostliny získávají živiny převážně z vody

B. Palissy (1511-1589)

výživou rostlin jsou soli v půdě



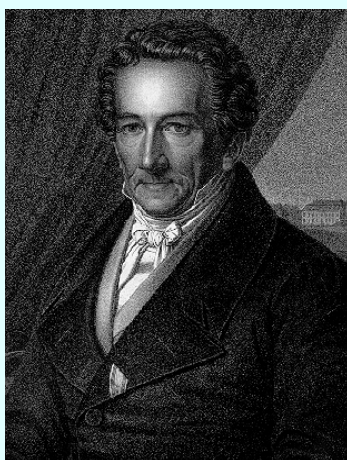
Helmont



Lavoisier

Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794)

Albert Daniel Thear (1752-1828) – humusová teorie



Thear

„Úrodnost půdy závisí na humusu úplně, neboť kromě vody, je on jediný, co v půdě poskytuje rostlinám potravu. Jako sám je zplodinou života, rovněž je i jeho podmínkou. Poskytuje organismu potravu. Čím více je tu života, tím více vzniká humusu, a čím více vzniklo humusu, tím více je postaráno o potravu pro živý organismus.“

Úroda 10/2003

Theodore de Saussure (1767-1845) – složení popele analytickými metodami

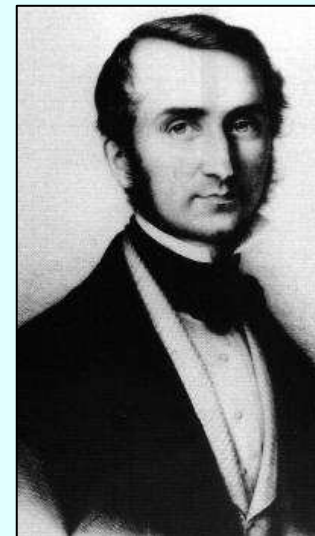
Justus von Liebig (1803-1873)

r. 1840 spis Organická chemie a její použití v zemědělství a fyziologii

minerální teorie

„Živinami všech rostlin jsou látky nerostné. Chlévský hnůj, lidské a zvířecí výkaly nepůsobí svými součástkami ústrojnými na život rostlin, nýbrž nepřímo zplodinami svého rozkladu, tedy přeměnou svého uhlíku v kysličník uhličitý a dusíku v amoniak nebo kyselinu dusičnou. Ústrojný hnůj složený z částí nebo zbytků rostlin a zvířat dá se nahradit neústrojnými sloučeninami, v něž se v půdě rozpadá.“

Úroda 10/2003



Liebig

Table 1. Discovery of the essentiality of micronutrients for higher plants

Element	Year	Discovered by
Iron	1860	J. SACHS
Manganese	1922	J.S. McHAGUE
Boron	1923	K. WARINGTON
Zinc	1926	A.L. SOMMER and C.B. LIPMAN
Copper	1931	C.B. LIPMAN and McKINNEY
Molybdenum	1938	D.I. ARNON and P.R. STOUT
Chlorine	1954	T.C. BROYER et al.

Lauchli and Bieleski 1983

1938
kritéria nezbytnosti prvku

- analýza rostlinné biomasy
(Lundegardh –Die Blattanalyse, r. 1945)

- první živné roztoky - D.R. Hoagland (1884-1949)

- nástup aplikace minerálních hnojiv

- superfosfát (poč. 19. st)
kosti, koprolity a fosfatové horniny

- draselná hnojiva – 1861

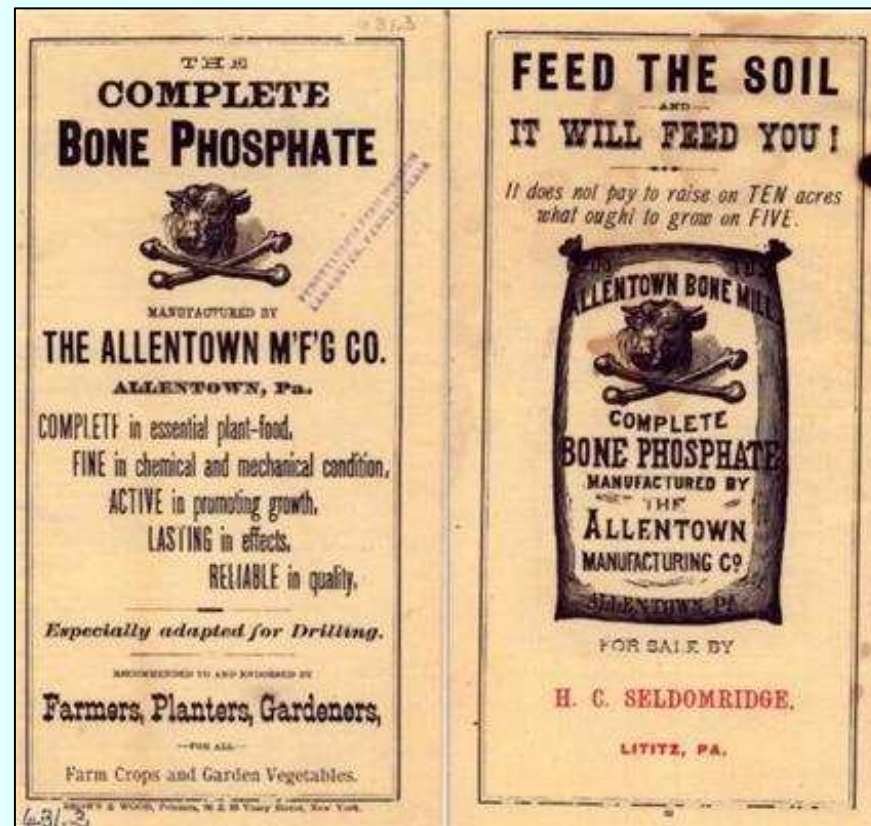
- dusíkatá hnojiva

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1903

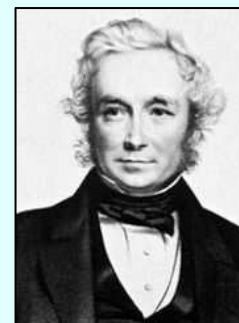
NH_3 1913 (Haber a Bosch)



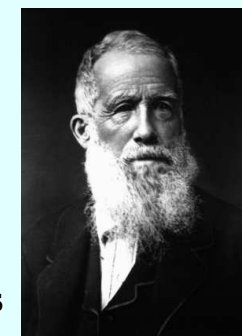
koprolity

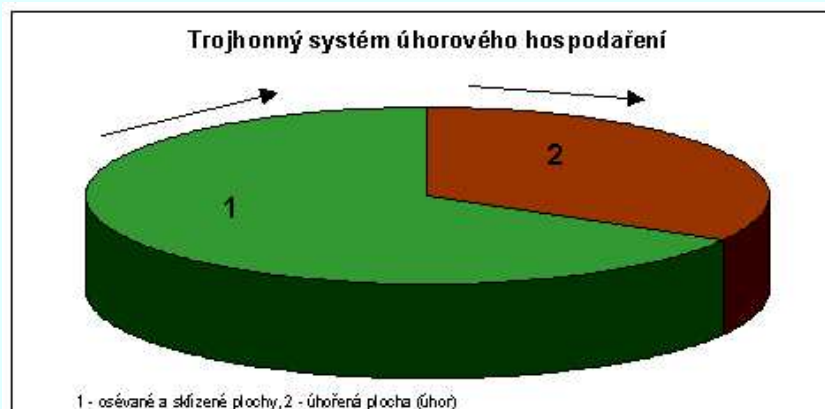
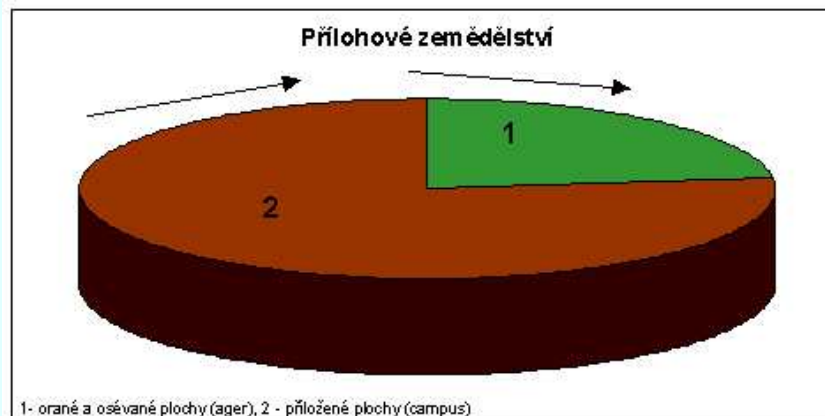


prof. John Henslow

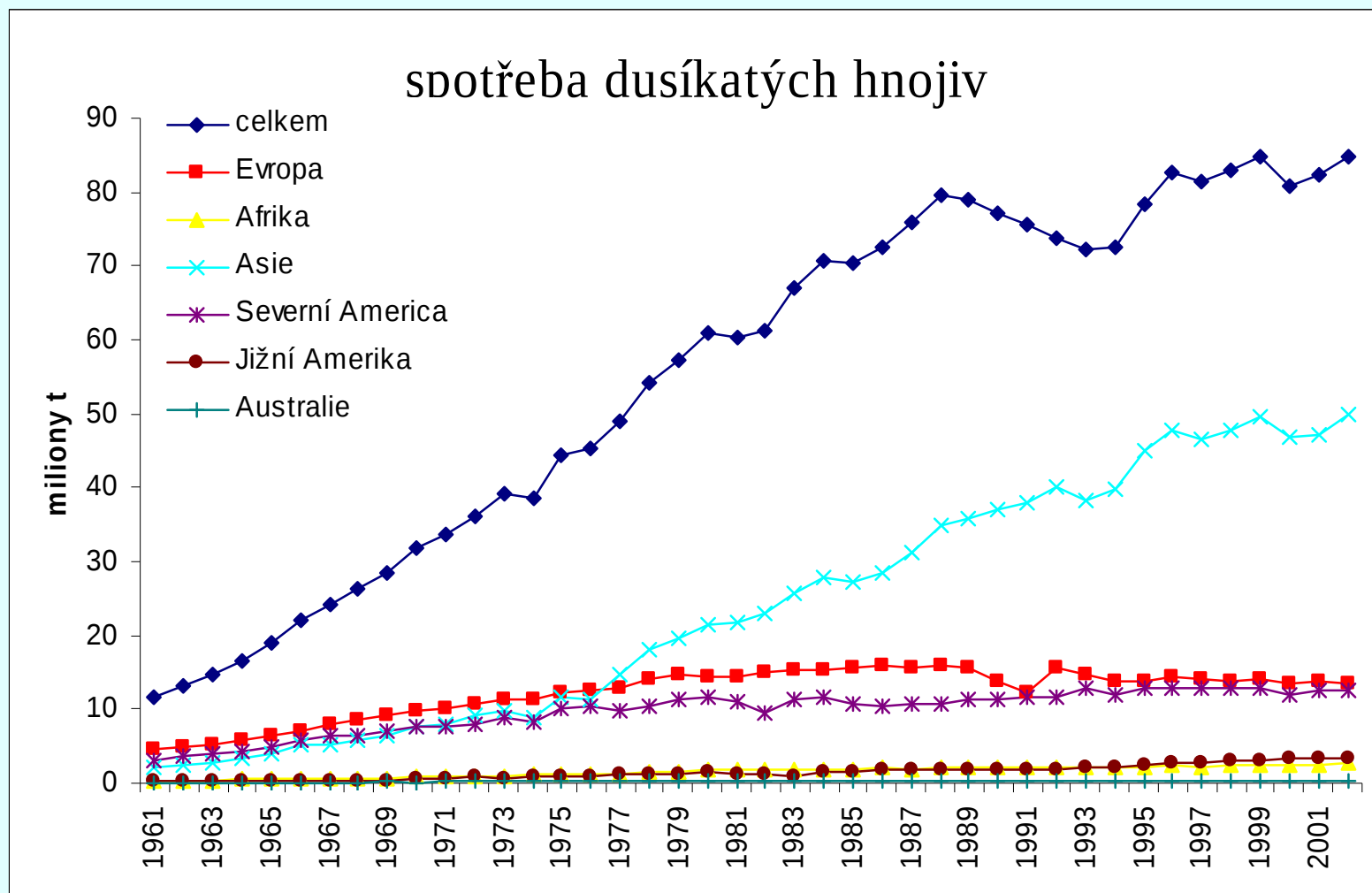


Sir John Bennet Lawes





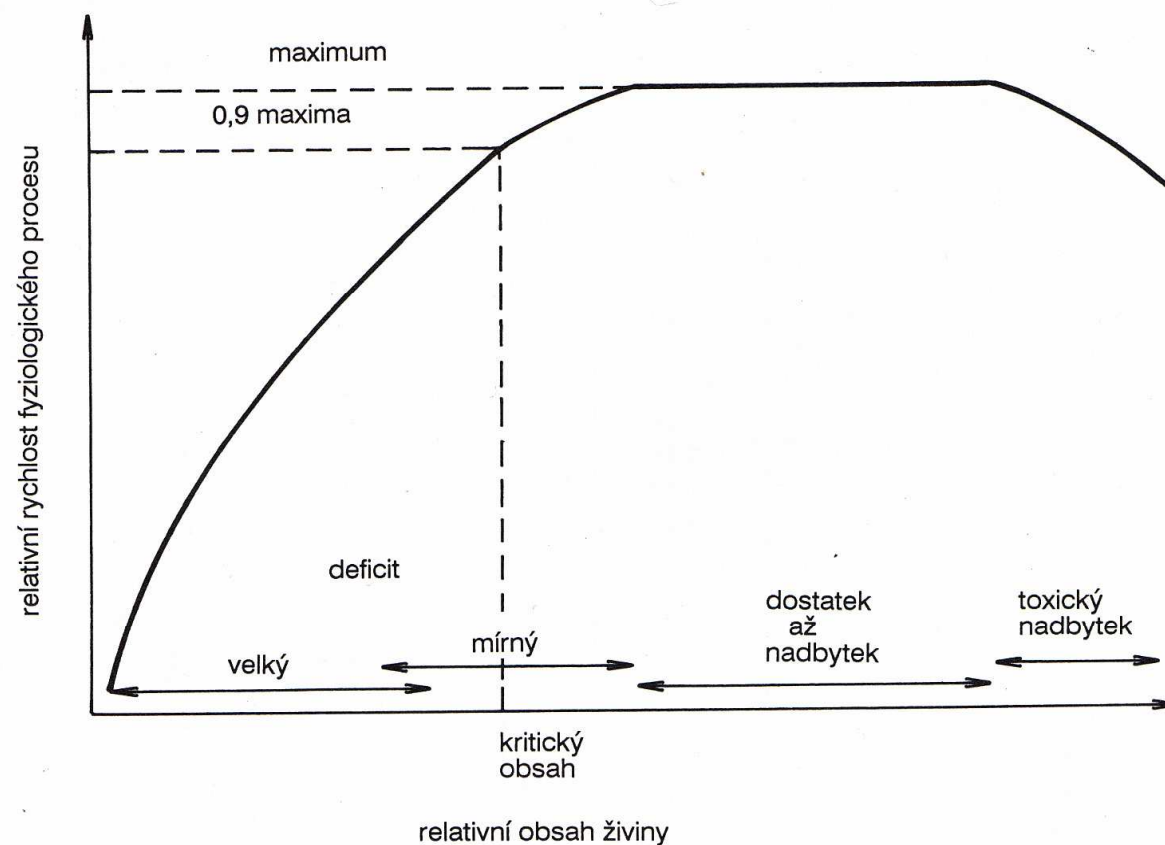
spotřeba dusíkatých hnojiv



zdroj dat FAO

<http://faostat.fao.org/site/395/default.aspx>

- produkce potravin a ochrana životního prostředí

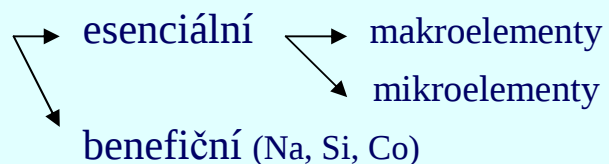


Obr. 3.5 Závislost rychlosti tvorby sušiny, růstu nebo jiného fyziologického procesu (osa y, relativní hodnoty) na obsahu příslušné živiny v rostlině (osa x, relativní hodnoty).

Procházka et al. 1998

- pro výživu rostlin platí **zákon minima**

Klasifikace minerálních živin



Prvek	Chemický symbol	Koncentrace v sušině (μg/g)	Koncentrace v čerstvé biomase
Makroelementy			
Dusík	N	15 000	71,4 mM
Draslík	K	10 000	17 mM
Vápník	Ca	5 000	8,3 mM
Hořčík	Mg	2 000	5,5 mM
Fosfor	P	2 000	4,3 mM
Síra	S	1 000	2,1 mM
Mikroelementy			
Chlór	Cl	100	188 μM
Bór	B	20	123 μM
Železo	Fe	100	120 μM
Mangan	Mn	50	61 μM
Zinek	Zn	20	20,4 μM
Měď	Cu	6	6,2 μM
Molybden	Mo	0,1	0,07 μM
Nikl	Ni	0,005	0,006 μM

Buchanan et al. 2000

Table 5.2
Classification of plant mineral nutrients according to biochemical function

Nutrient element	Functions
Group 1	Nutrients that form the organic compounds of plants
N	Constituent of amino acids, amides, proteins, nucleic acids, nucleotides, coenzymes, hexoamines, etc.
S	Component of cysteine, cystine, and methionine, and proteins. Constituent of lipoic acid, coenzyme A, thiamine pyrophosphate, glutathione, biotin, adenosine-5'-phosphosulfate, and 3-phosphoadenosine.
Group 2	Nutrients that are important in energy storage or structural integrity
P	Component of sugar phosphates, nucleic acids, nucleotides, coenzymes, phospholipids, phytic acid, etc. Has a key role in reactions in which ATP is involved.
B	Complexes with mannitol, mannan, polymannuronic acid, and other constituents of cell walls. Involved in cell elongation and nucleic acid metabolism.
Si	Deposited as amorphous silica in cell walls. Contributes to cell wall mechanical properties, including rigidity and elasticity.
Group 3	Nutrients that remain in ionic form
K	Required as a cofactor for more than 40 enzymes. Principal cation in establishing cell turgor and maintaining cell electroneutrality.
Na	Involved with the regeneration of phosphoenolpyruvate in C ₄ and CAM plants. Substitutes for potassium in some functions.
Mg	Required by many enzymes involved in phosphate transfer. Constituent of the chlorophyll molecule.
Ca	Constituent of the middle lamella of cell walls. Required as a cofactor by some enzymes involved in the hydrolysis of ATP and phospholipids. Acts as a second messenger in metabolic regulation.
Mn	Required for activity of some dehydrogenases, decarboxylases, kinases, oxidases, peroxidases. Involved with other cation-activated enzymes and photosynthetic O ₂ evolution.
Cl	Required for the photosynthetic reactions involved in O ₂ evolution.
Group 4	Nutrients that are involved in electron transfers
Fe	Constituent of cytochromes and nonheme iron proteins involved in photosynthesis, N ₂ fixation, and respiration.
Cu	Component of ascorbic acid oxidase, tyrosinase, monoamine oxidase, uricase, cytochrome oxidase, phenolase, laccase, and plastocyanin.
Zn	Constituent of alcohol dehydrogenase, glutamic dehydrogenase, carbonic anhydrase, etc.
Mo	Constituent of nitrogenase, nitrate reductase, and xanthine dehydrogenase.
Ni	Constituent of urease. In N ₂ -fixing bacteria, constituent of hydrogenases.

Source: After Evans and Sorget 1966 and Mengel and Kirkby 1987.

Faktory ovlivňující příjem minerálních živin:

- transport živin přes plazmatickou membránu
- vlastnosti půdy, iontová výměnná kapacita
- morfologie kořenového systému, mykorrhiza
- chemické vlastnosti buněčné stěny
- aktuální požadavek rostliny

Pohyb látek přes membránu:

hnací silou je $\Delta\mu_j$

koncentrační složka

elektrická složka

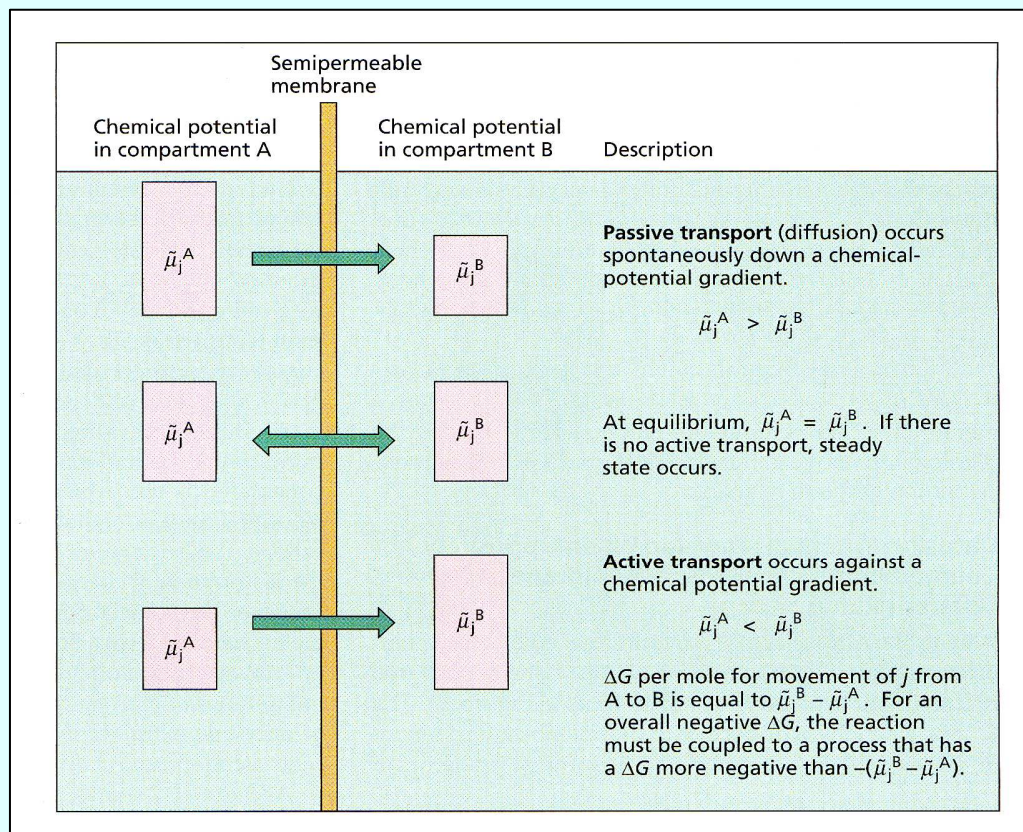
tlaková složka

Chemický potenciál:

$$\mu_j = \mu_j^0 + RT \cdot \ln c_j + z_j \cdot F \cdot \psi + V_j \cdot P \quad [\text{J mol}^{-1}]$$

Elektrochemický potenciál:

$$\mu_j = \mu_j^0 + RT \cdot \ln c_j + z_j \cdot F \cdot \psi + V_j \cdot P \quad [\text{J mol}^{-1}]$$



Taiz a Zeiger 2002

μ_j^0 ... standartní chem. pot. [J mol^{-1}]

R ... plynová konstanta [$8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$]

T ... absolutní teplota [K]

c_j ... koncentrace [mol l^{-1}]

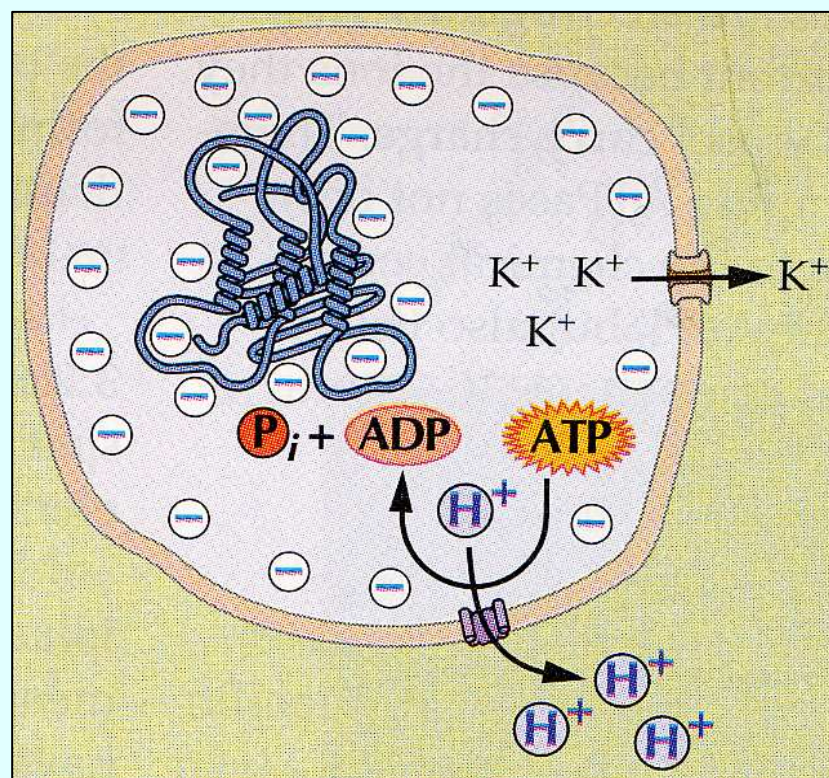
z_j ... elektrostatický náboj iontu

F ... Faradayova konstanta [$96,5 \cdot 10^3 \text{ C mol}^{-1}$]

ψ ... celkový elektrický pot. roztoku [V]

V_j ... parciální molární objem [l mol^{-1}]

P ... tlak [Pa]



Buchanan et al. 2000

Membránový potenciál – rozdíl elektrických potenciálů medií

$$\Delta\psi = \psi^i - \psi^o$$

plasmalema -150mV

tonoplast -20mV

Transportní procesy na membránách:

1. Pasivní

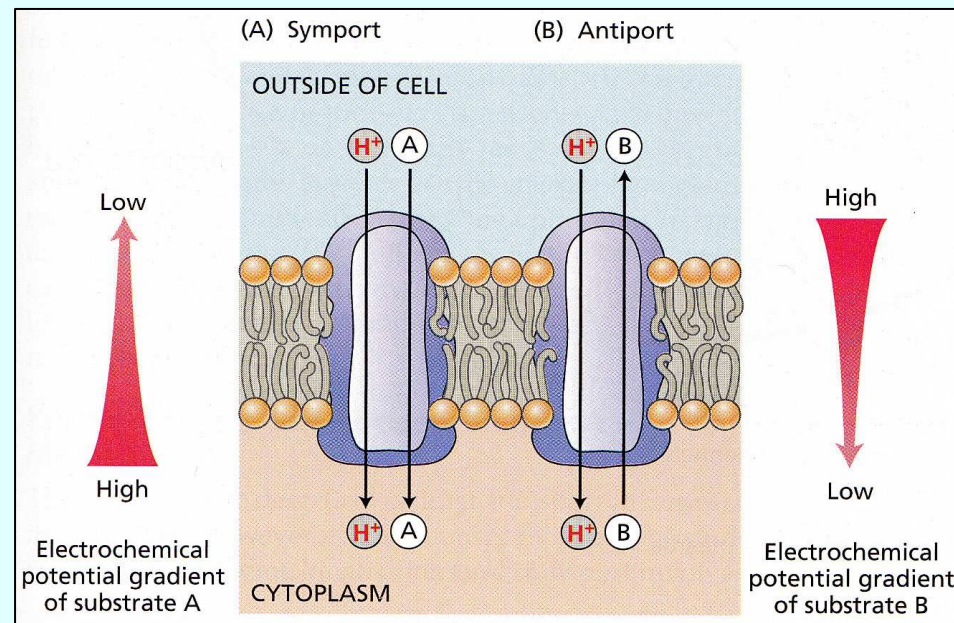
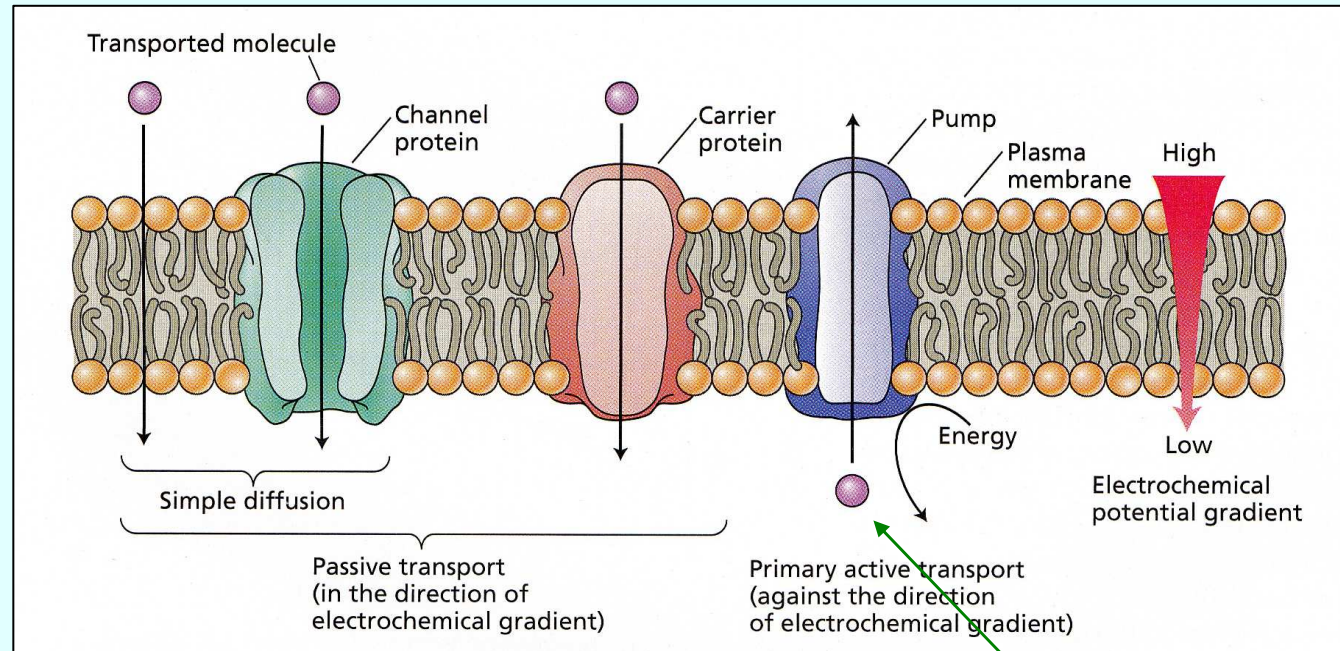
- prostá difuze

- zprostředkovaný transport
kanály
přenašeče

2. Aktivní

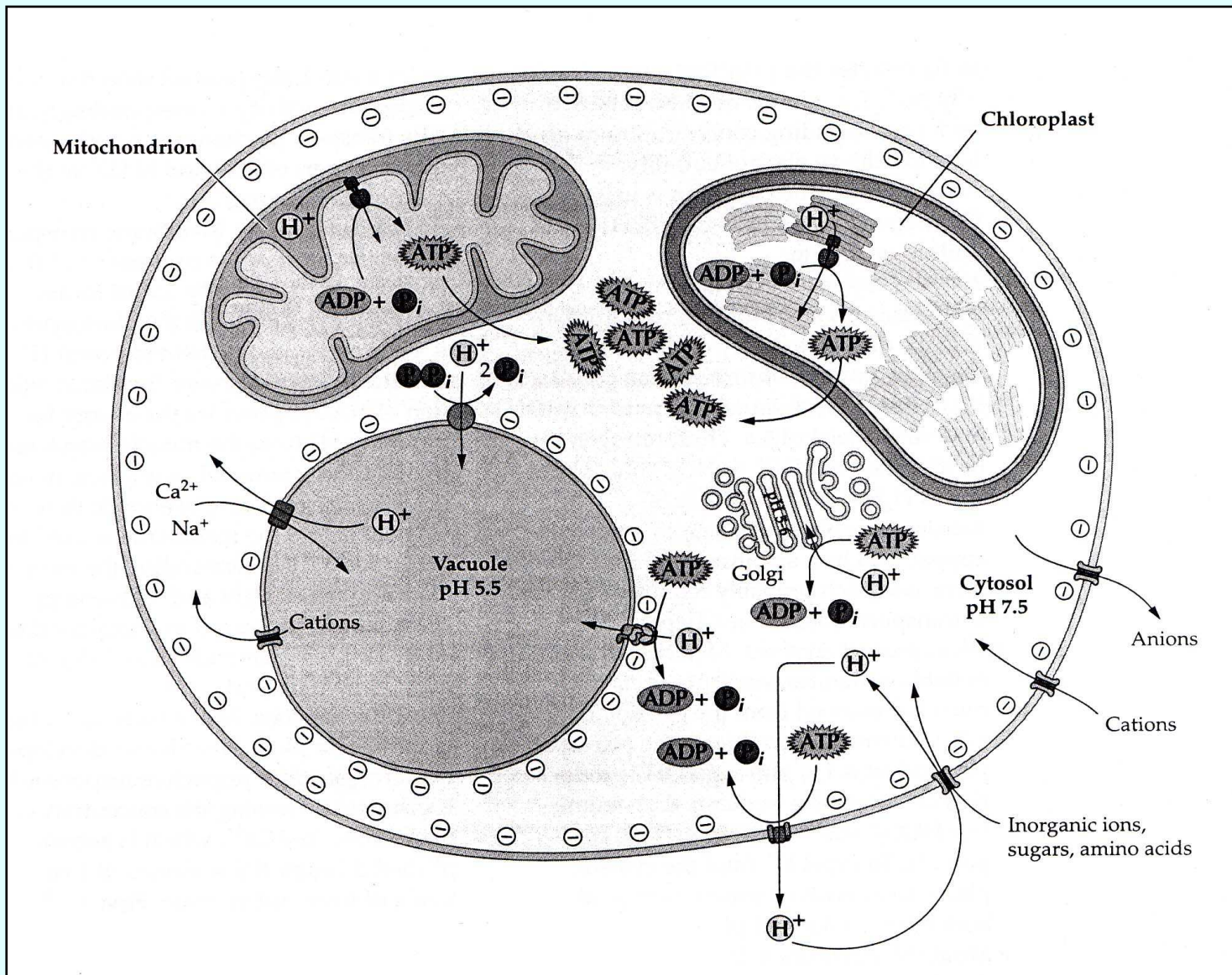
- primární aktivní transport
membránové pumpy

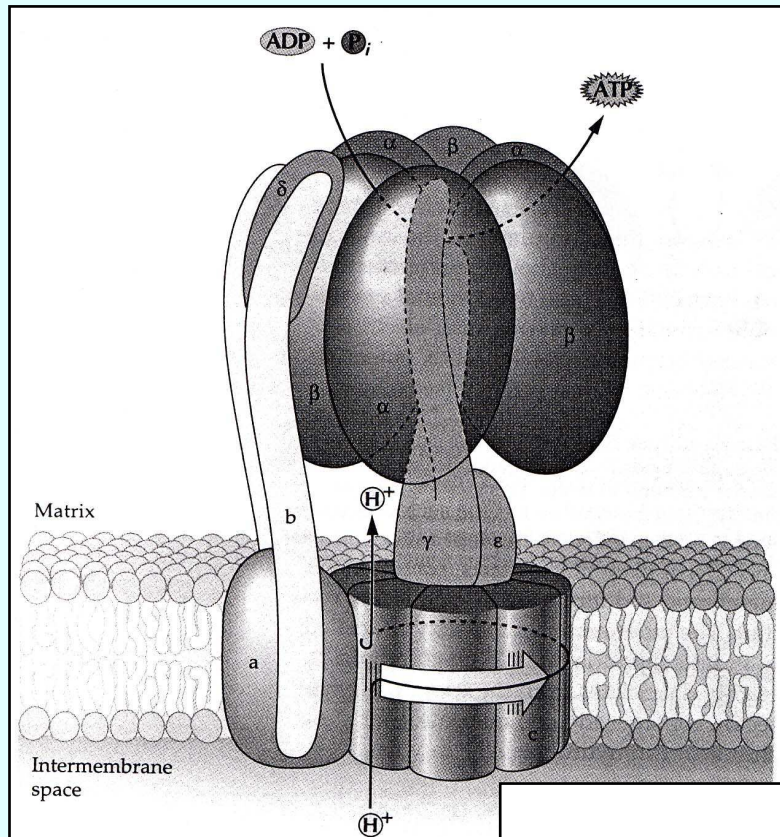
- sekundární aktivní transport
symport
antiport



H⁺, Ca²⁺

ATP v rostlinné buňce:





Membránové pumpy:

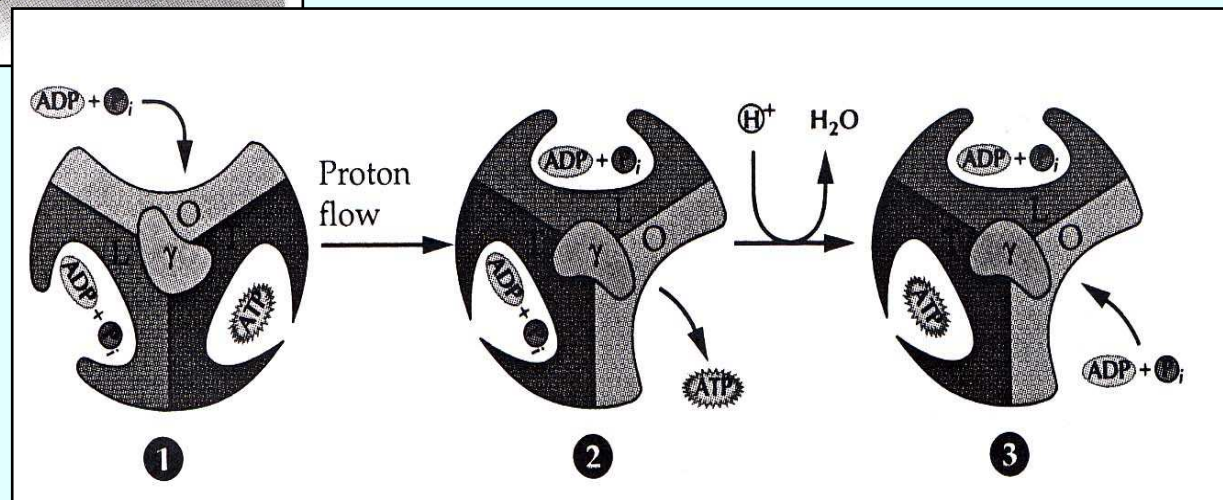
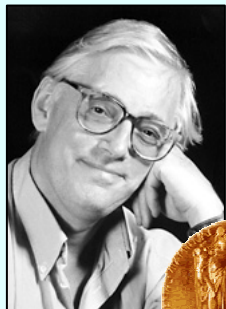
ATPasa - F typ

- lokalizována na vnitřní mitochondriální membráně
a na membráně tylakoidů

- ATP syntáza

- F_0 část (podjednotky a b_2 c_{9-12})
 F_1 část (podjednotky α_3 β_3 γ δ ϵ)

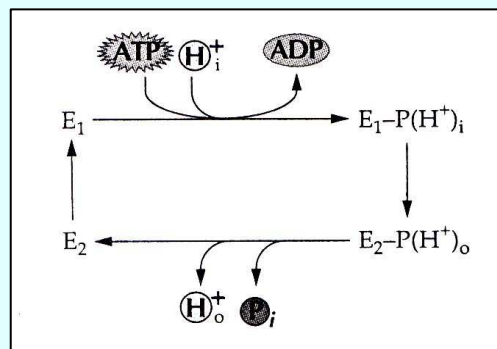
Buchanan et al. 2000



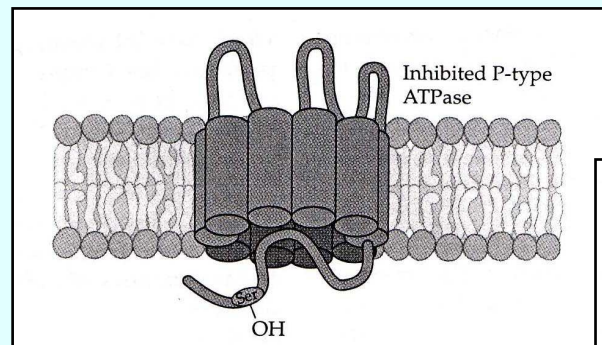
H⁺ ATPasa

P typ

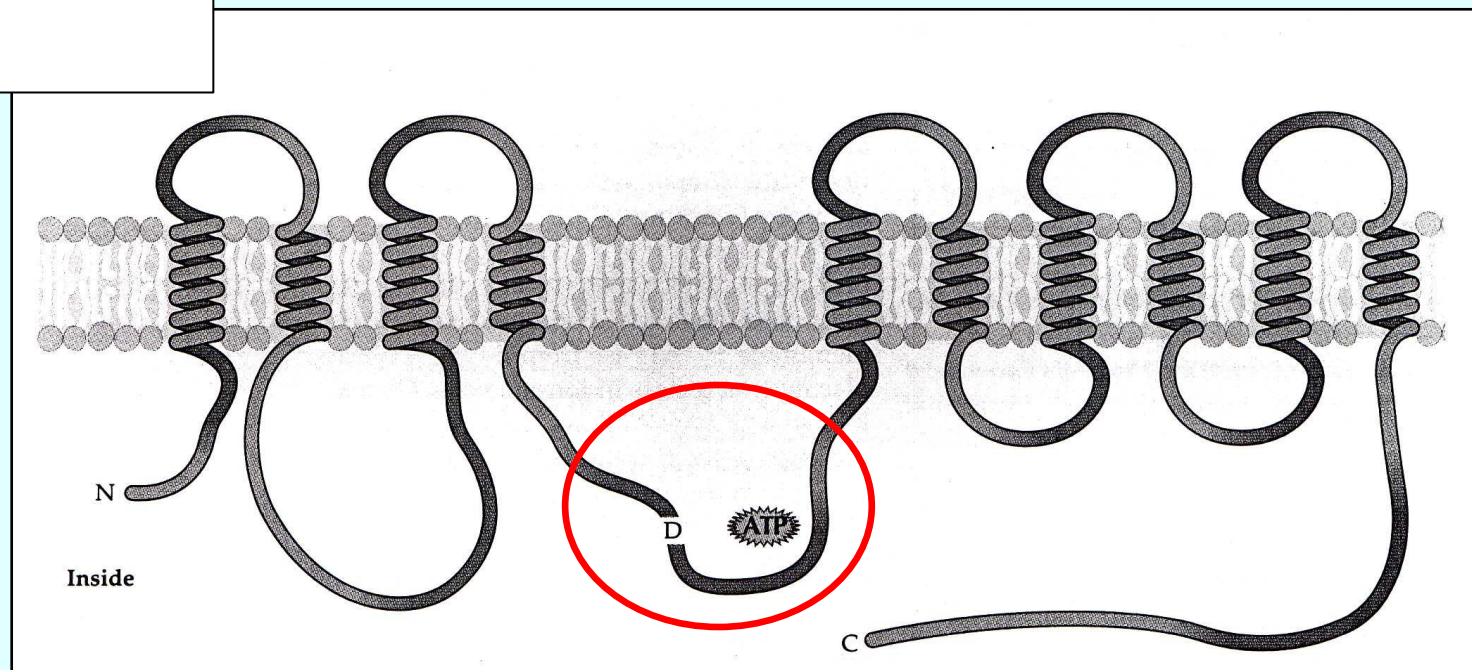
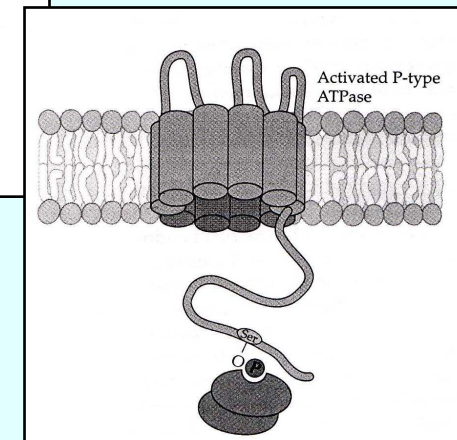
- lokalizována na plazmalemě



Buchanan et al. 2000

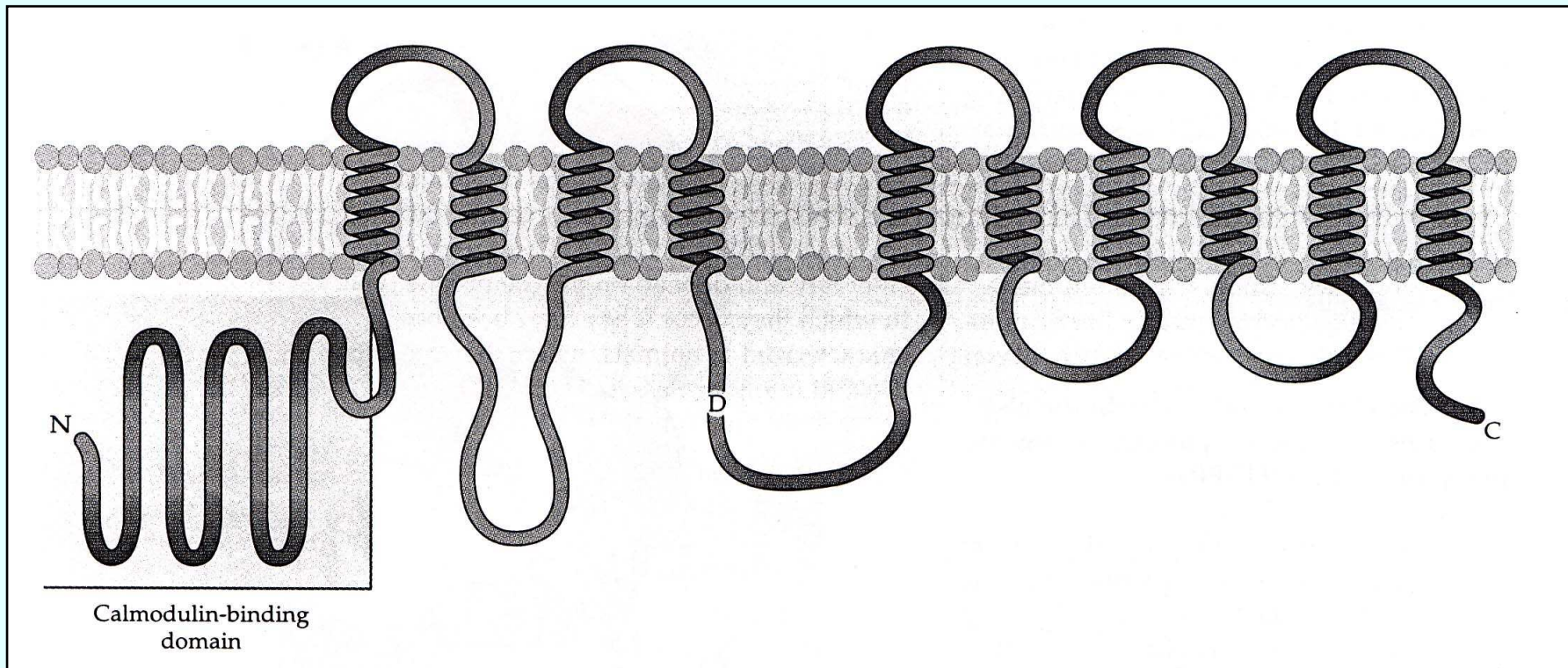


Buchanan et al. 2000



Ca²⁺ ATPasa - P typ

- lokalizována na celé řadě membrán (plazmalema, tonoplast, ER)

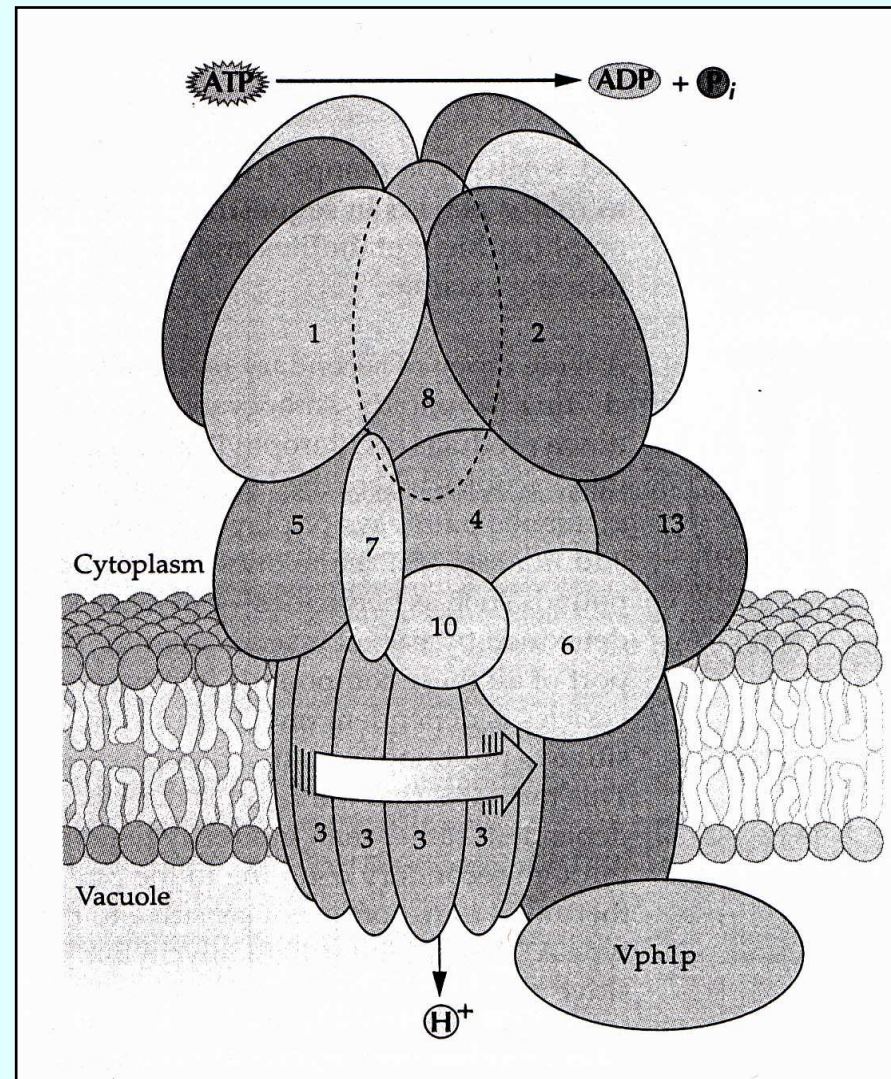


H^+ ATPasa

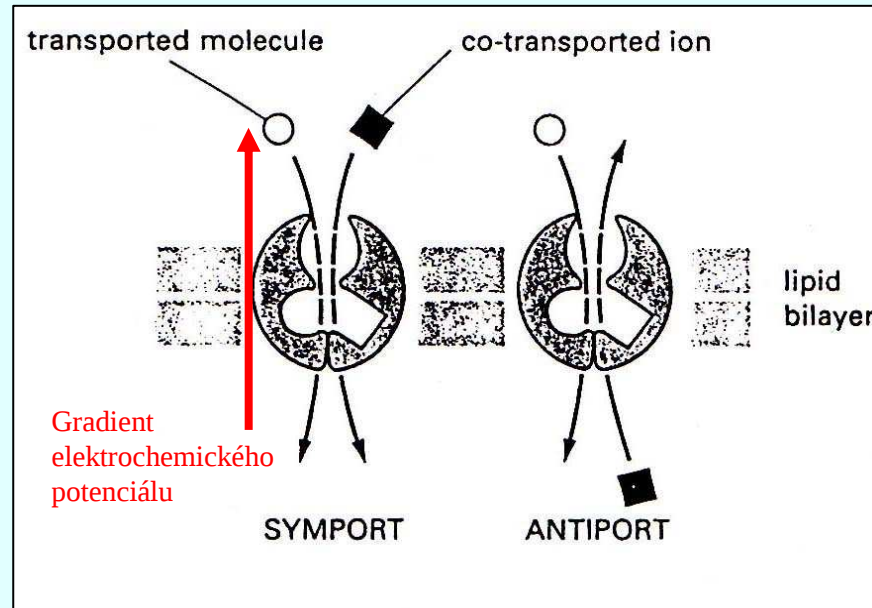
V typ

- lokalizována na tonoplastu

- na tonoplastu jsou dále Ppáza a transportéry ABC typu



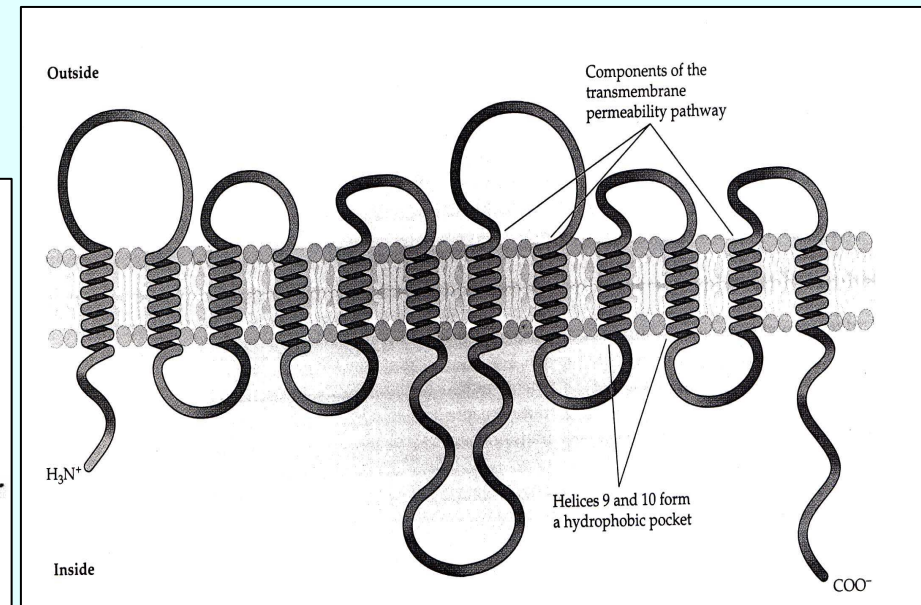
Membránové přenašeče:



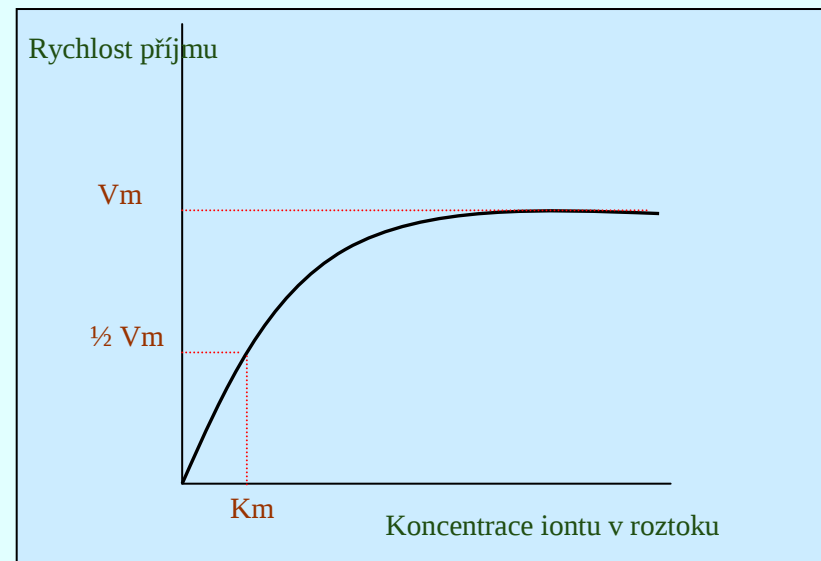
-transport není spojen s chemickou modifikací žádné molekuly vázané na molekulu přenašeče

-přenašeče jsou satureovatelné – kinetiku transportu lze popsat rovnicí Michaelise a Mentenové

-během transportu dochází ke konformačním změnám přenašeče

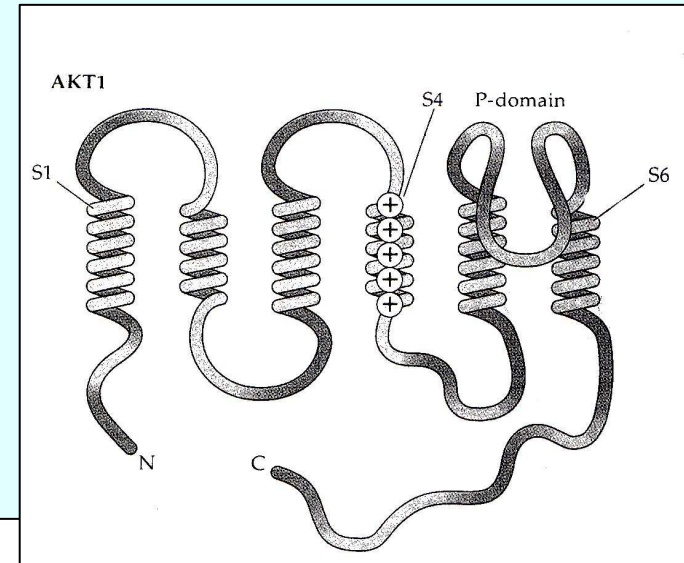


Buchanan et al. 2000

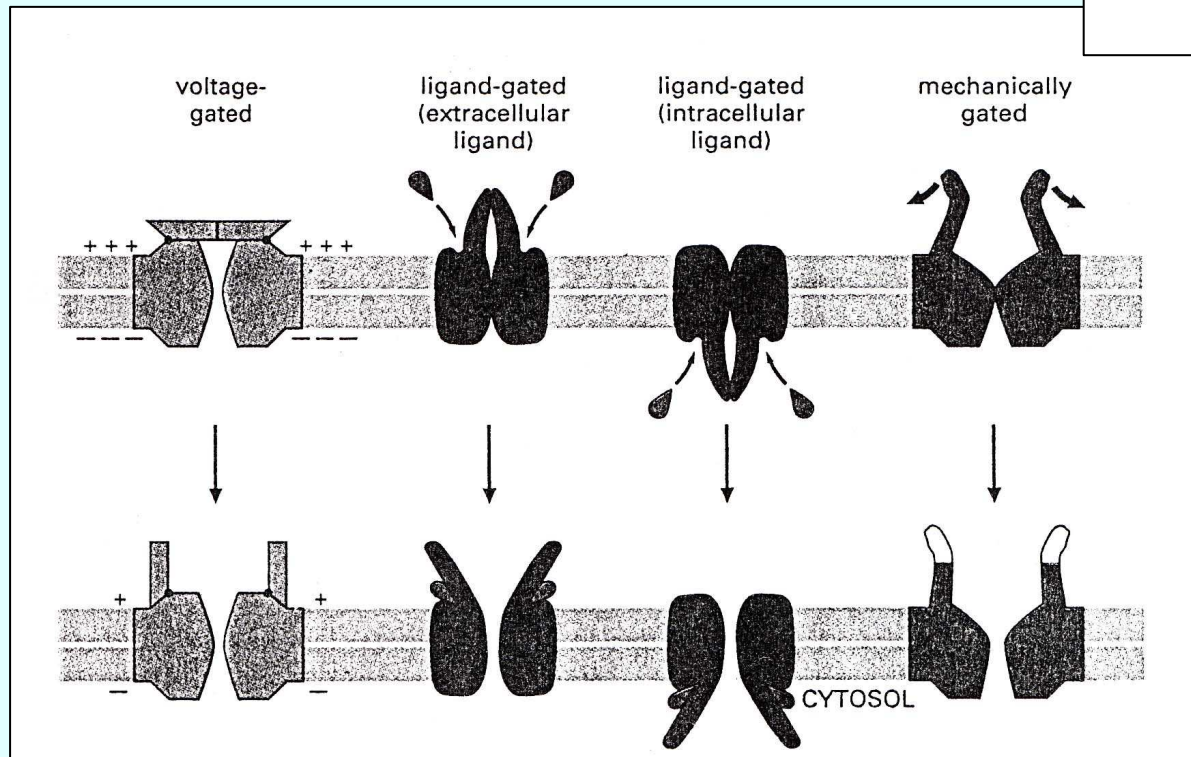


Membránové iontové kanály:

- zprostředkovávají pasivní transport iontů (ve směru elektrochemického gradientu)
- jsou selektivní a regulovatelné
- během průchodu iontů nedochází ke konformačním změnám proteinu

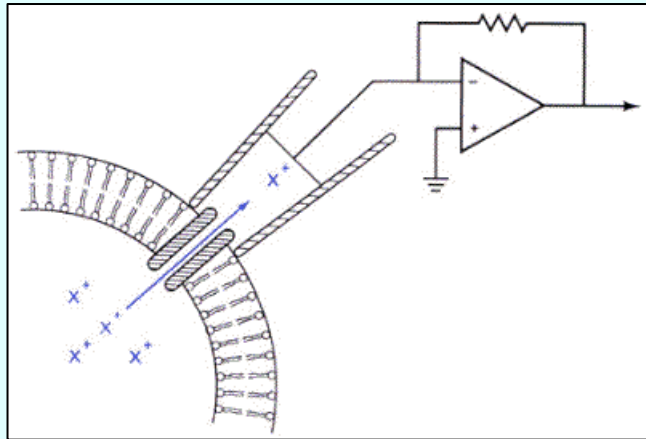


Buchanan et al. 2000

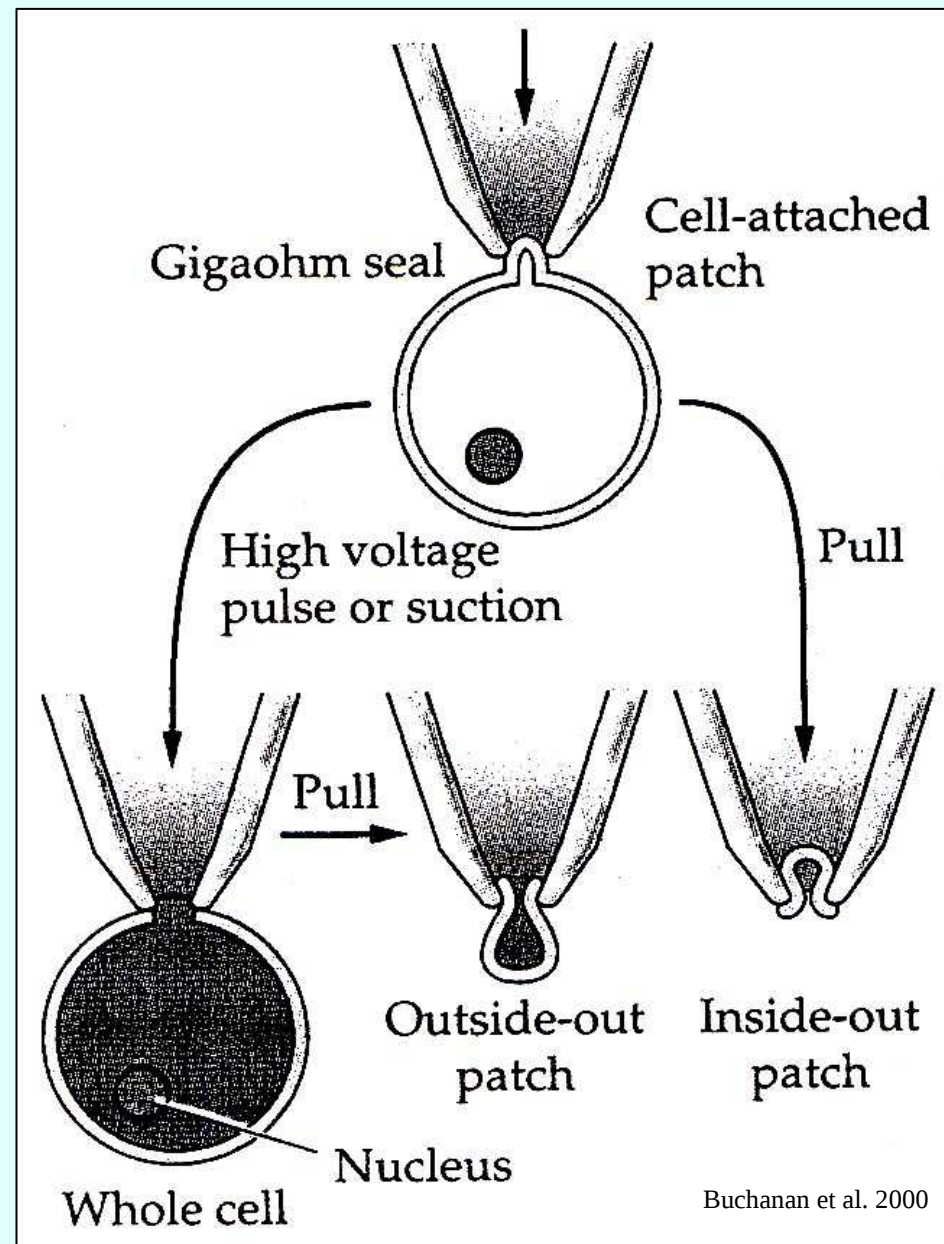


Patch clamp technika

- Erwin Neher a Bert Sakmann
(80. léta 20. století)

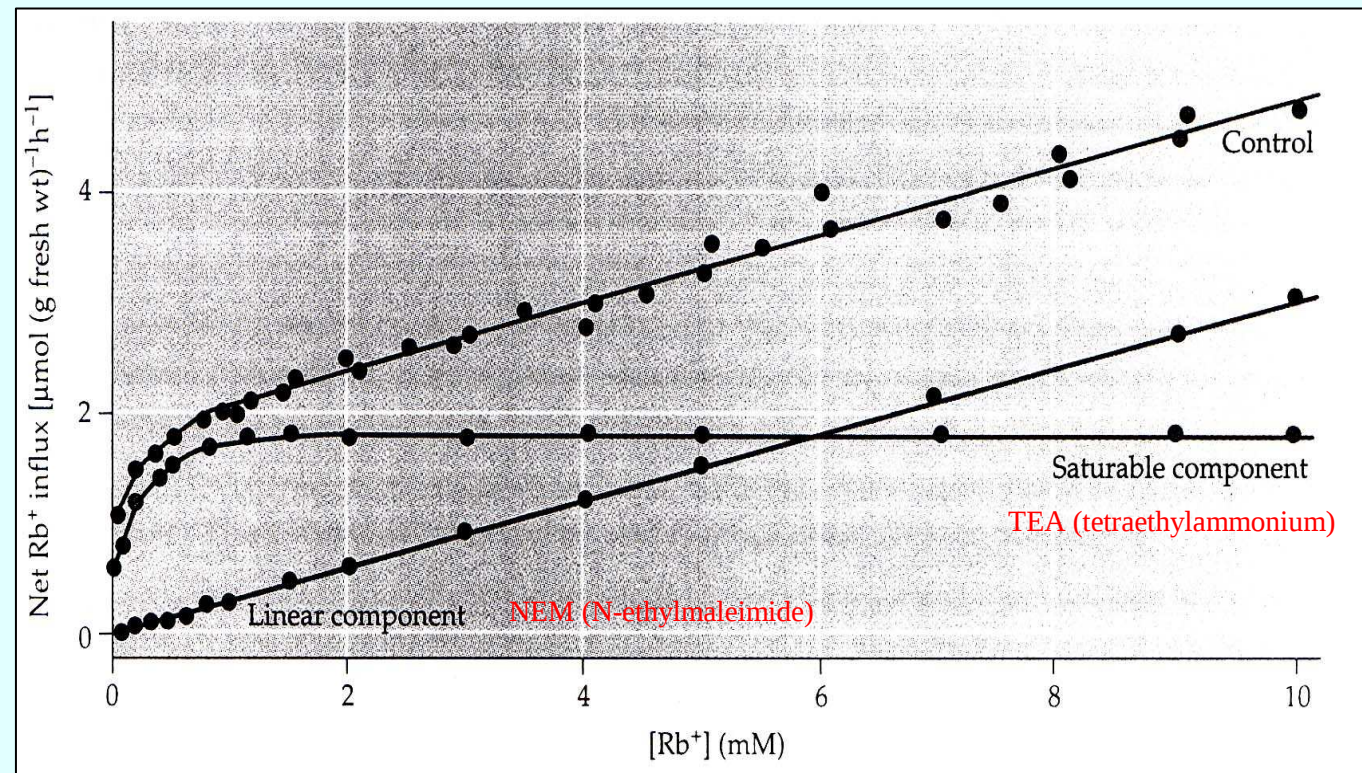


http://scienceblogs.com/pharyngula/2008/02/03/chnl_patch.gif



Př. Příjem K^+ iontů:

- účast dvou transportních systémů: 1. vysokoafinitní složka
2. nízkoafinitní složka
- duální izoterma
- patch clamp technika prokazuje transport K^+ oběma směry (inward-rectifying channels (K^+_{in}) a outward-rectifying channels (K^+_{out})) – důležité pro osmoregulaci



Buchanan 2000

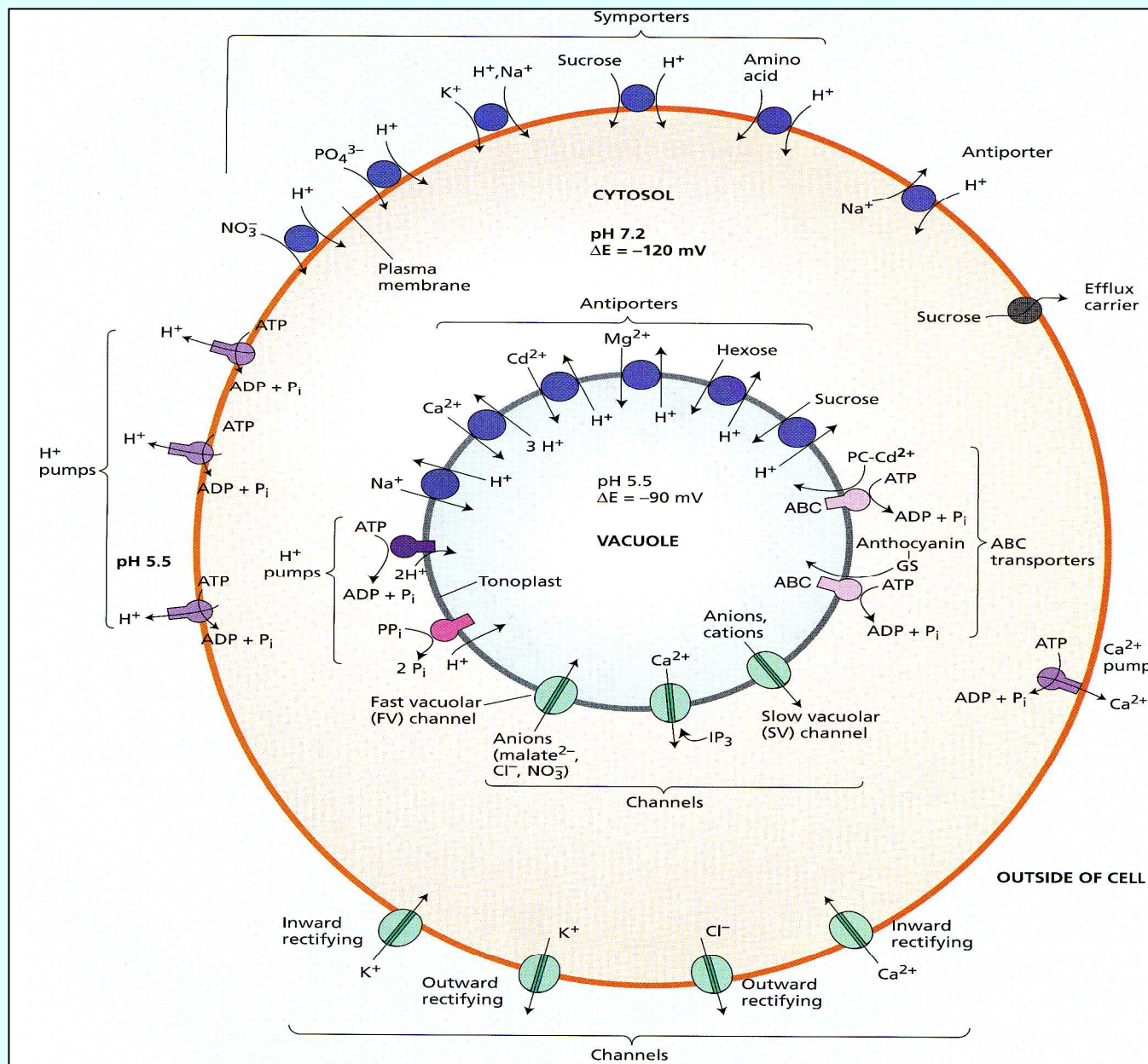


FIGURE 6.11 Overview of the various transport processes on the plasma membrane and tonoplast of plant cells.