

Úvod do fyziologie rostlin

- Rostlinná fyziologie studuje životní projevy rostlin a funkce jejich orgánů
 - fotosyntéza
 - dýchání
 - vodní režim rostliny
 - minerální výživa
 - transport látek v rostlině
 - interakce s prostředím a stresové reakce
 - růst a vývoj rostliny

Úvod do fyziologie rostlin

- úrovně studia
 - rostlina jako celek
 - orgán
 - pletivo
 - buňka
 - orgány a subcelulární struktury
- pozorování a experiment

Úvod do fyziologie rostlin

Postavení mezi ostatními vědními obory botaniky

- stavba rostlinného těla
 - organologie
 - anatomie, histologie
 - cytologie
- životní projevy
 - genetika
 - fyziologie
 - geobotanika (ekologie, fytocenologie, fytogeografie)
- klasifikace
 - floristika
 - taxonomie
 - systematika (systematická botanika)
- praktická aplikace
 - botanika zemědělská, lesnická, zahradnická, farmaceutická...

Úvod do fyziologie rostlin

- disciplíny metodicky využívané
 - chemie (biochemie, organická, analytická chemie)
 - fyzika a biofyzika
 - matematika (statistika, matematické modelování)

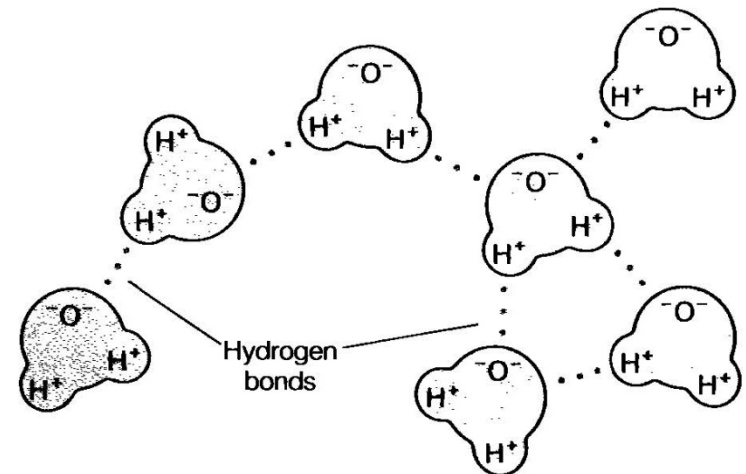
Historie oboru

- Julius von Sachs (1832 – 1887)
 - habilitace 1857
- Eugen Netolička
 - učebnice rostlinné fyziologie – 1850
- Bohumil Němec (1873 – 1966)
 - zakladatel české anatomie a cytologie
- Prof. Rudolf Dostál (1885 – 1973)
 - Vysoká škola zemědělská v Brně
 - Zemědělská botanika 2 – Fyziologie rostlin (shrnuje poznatky oboru do 60. let 20. století)

Struktura a funkce rostlinné buňky

Chemické složení rostlinné buňky

- biogenní prvky
 - makrobiogenní (H, O, C, N, P, Ca)
 - oligobiogenní (S, K, Na, Cl, Mg, Fe)
 - mikrobiogenní (Co, Mo, Mn, Zn)
- voda
 - vodíkové můstky



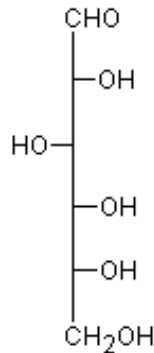
Chemické složení rostlinné buňky

- anorganické látky
 - ionty (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, HCO_3^-)
- organické látky
 - nízkomolekulární
 - polární
 - nepolární
 - vysokomolekulární

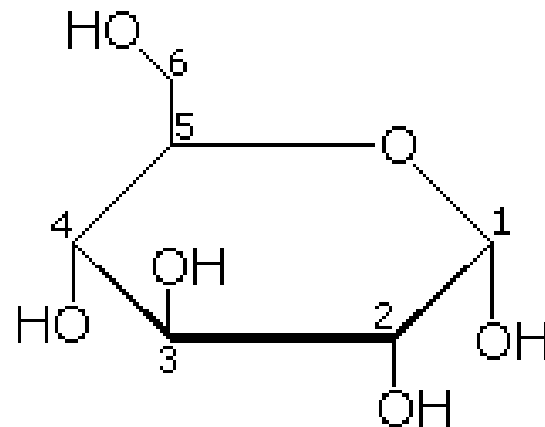
Chemické složení rostlinné buňky

- jednoduché cukry (glycidy)
 - 5 – 6 uhlíkaté (pentózy, hexózy)

glukóza ($C_6H_{12}O_6$)



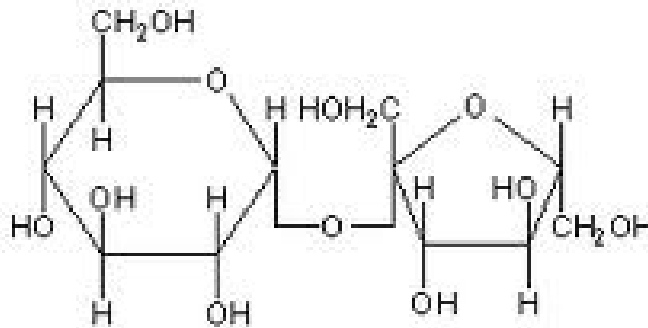
aldehydická forma



ketonická
(hemiacetalová) forma

Chemické složení rostlinné buňky

- glykosidy
 - disacharidy, trisacharidy,...polysacharidy



sacharóza

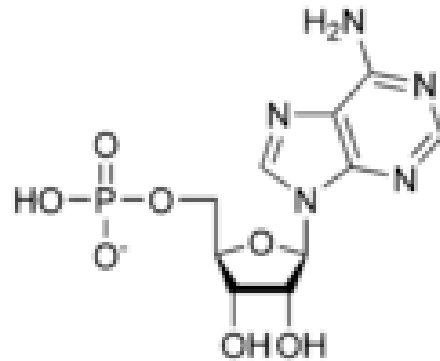
- organické kyseliny
 - skupina –COOH

Chemické složení rostlinné buňky

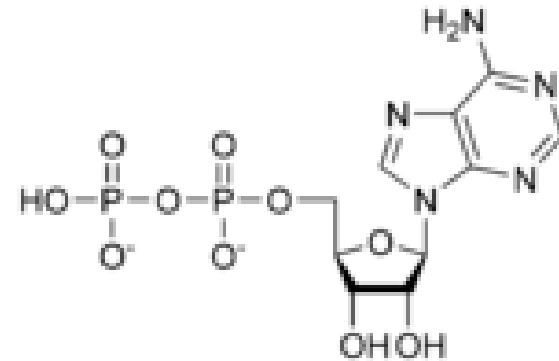
- aminokyseliny a jejich deriváty
 - $-\text{NH}_2$ a $-\text{COOH}$ skupina
 - alkaloidy (nikotin, atropin, kolchicin, chinin,...)
 - peptidy
- nukleotidy
 - dusíkatá cyklická báze
 - pentóza
 - kyselina trihydrogenfosforečná

Chemické složení rostlinné buňky

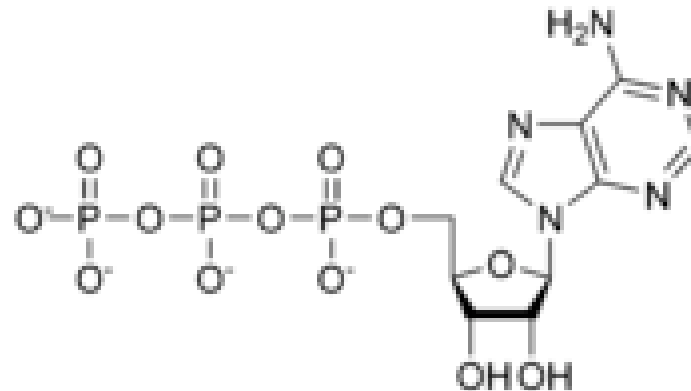
AMP



ADP

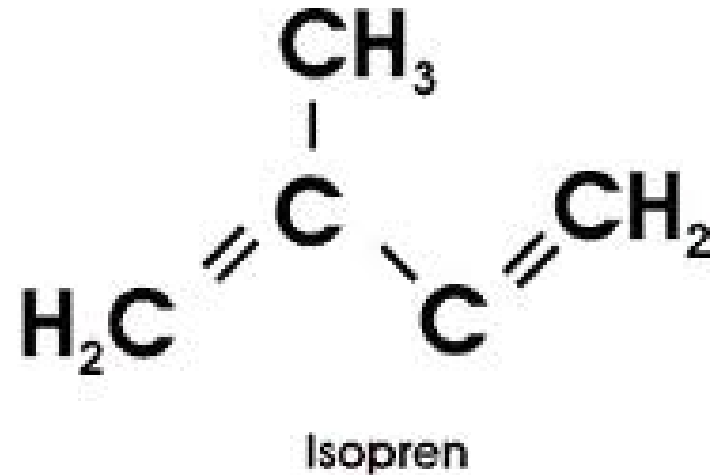


ATP



Struktura a funkce rostlinné buňky

- nepolární organické látky v buňce
- uhlovodíky
 - isoprenoidy
 - terpeny
 - karotenoidy
 - polyisoprenoidy
- tuky
 - membránové lipidy



Struktura a funkce rostlinné buňky

- vysokomolekulární organické látky
 - informační makromolekuly
 - koloidní roztoky
 - polysacharidy
 - proteiny
 - nukleové kyseliny

Struktura a funkce rostlinné buňky

- prokaryota
 - bakterie, sinice
 - DNA není organizovaná v chromozomovém komplexu
 - nemají organely
- eukaryota
 - buňky jsou membránami dělené na kompartmenty s různými funkcemi
 - DNA + proteiny tvoří chromozomy

Struktura a funkce rostlinné buňky

Eukaryota

- buněčná stěna
- protoplast
- karyotéka
- organely
- endomembránový systém (endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát)
- vakuoly, tonoplast

Struktura a funkce rostlinné buňky

- základní cytoplazma
 - mikrotubuly
 - mikrofilamenta
 - proteiny, sacharidy, lipidy, voda, ionty
- jádro
 - chromatin
 - nukleoplazma
 - karyotéka
 - funkce
 - jadérko

Struktura a funkce rostlinné buňky

- endomembránový systém
 - endoplazmatické retikulum
 - Golgiho aparát
 - tonoplast
 - mikrotělíška
 - karyotéka

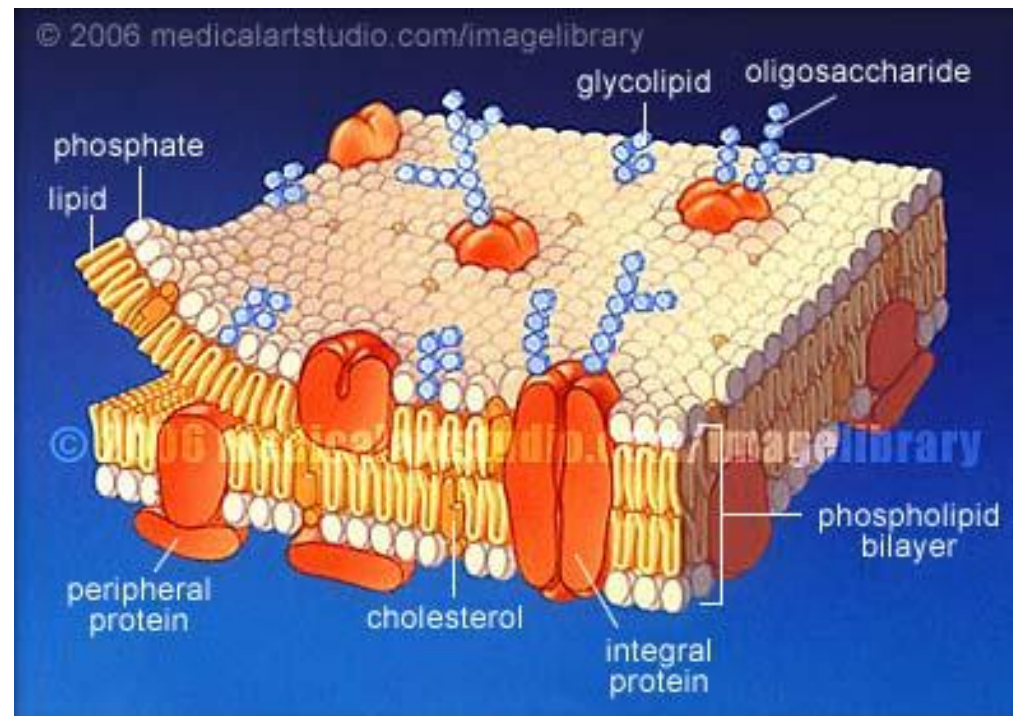
Struktura a funkce rostlinné buňky

- cytoplazmatická membrána

- funkce

- stavba

- fosfolipidy
 - glykolipidy
 - steroly
 - transportní proteiny
 - strukturální proteiny
 - receptory signálů a rozlišovače cizích molekul
 - Ca^{2+}
 - plazmodesmy, symplast

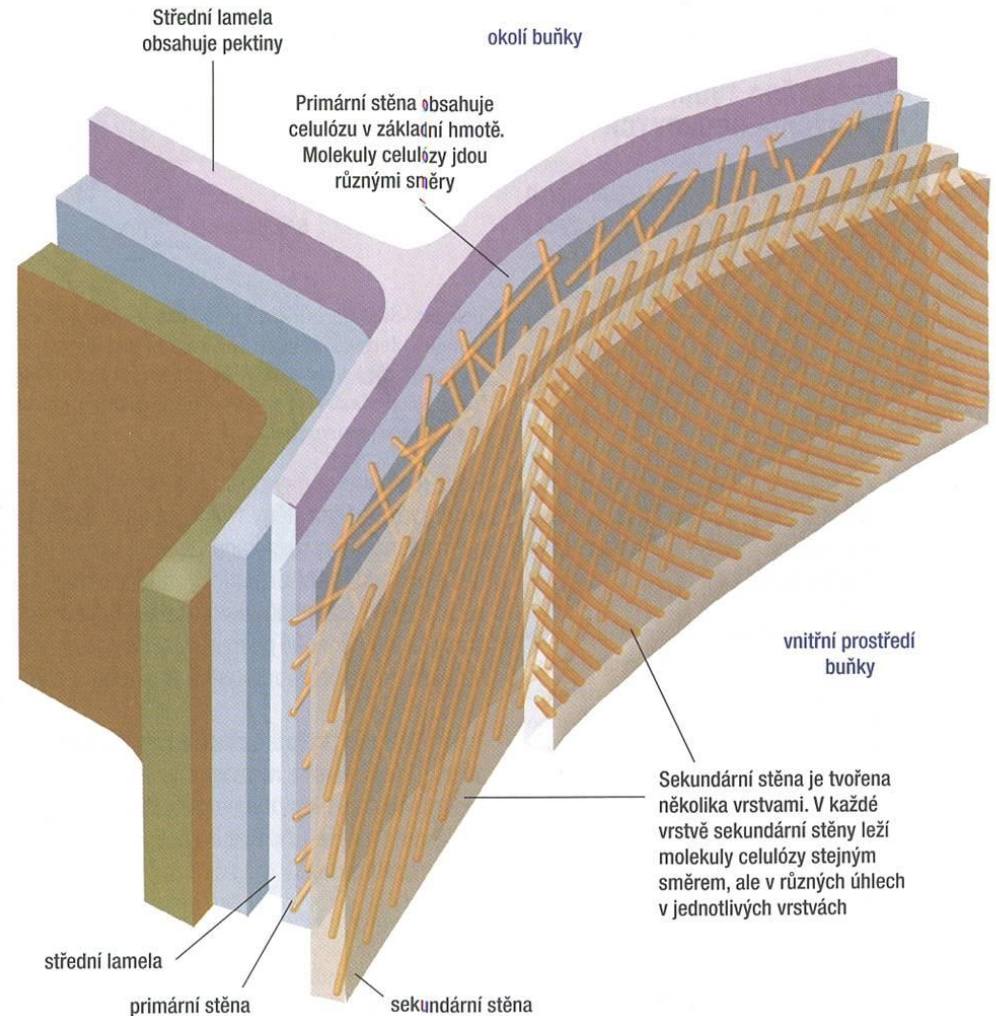


Struktura a funkce rostlinné buňky

- vakuola
 - voda, soli, cukry, rozpustné proteiny
- plastidy
 - chlorofyl, karotenoidy, škroby, oleje
 - chloroplasty, chromoplasty, leukoplasty
- mitochondrie
 - dvojjednotková membrána
- ribosomy
 - nukleoproteiové částice

Struktura a funkce rostlinné buňky

- buněčná stěna
 - funkce
 - polymery
 - proteiny
 - celulóza
 - pektin
 - hemicelulóza
 - lignin, kutin, suberin
 - inkrustace anorg. látkami
 - střední lamela
 - primární stěna
 - sekundární stěna
 - tečky, dvojtečky



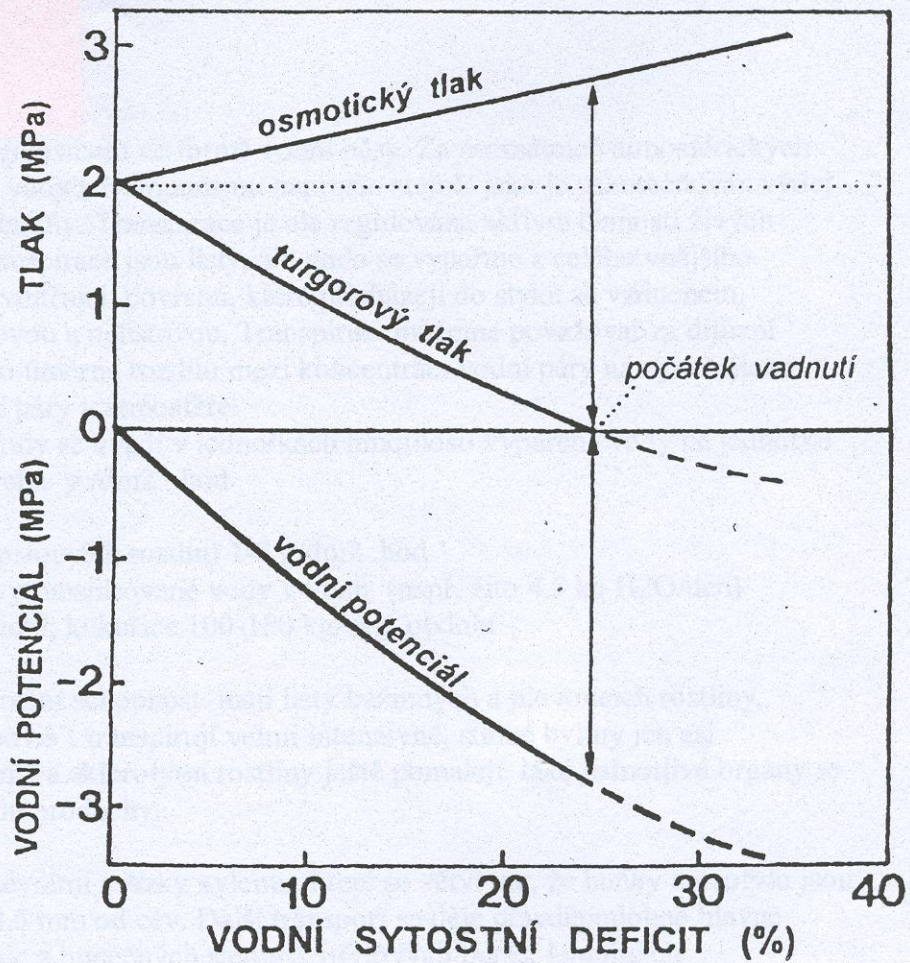
5.23 Struktura buněčné stěny

Vodní provoz rostlin

- rostliny poikilohydrické
- rostliny homoiohydrické
- význam vody v rostlině
- volná x vázaná
- aktivní x pasivní vodní bilance
- vodní potenciál
- difúze
- osmóza (plazmolýza, plazmoptýza)

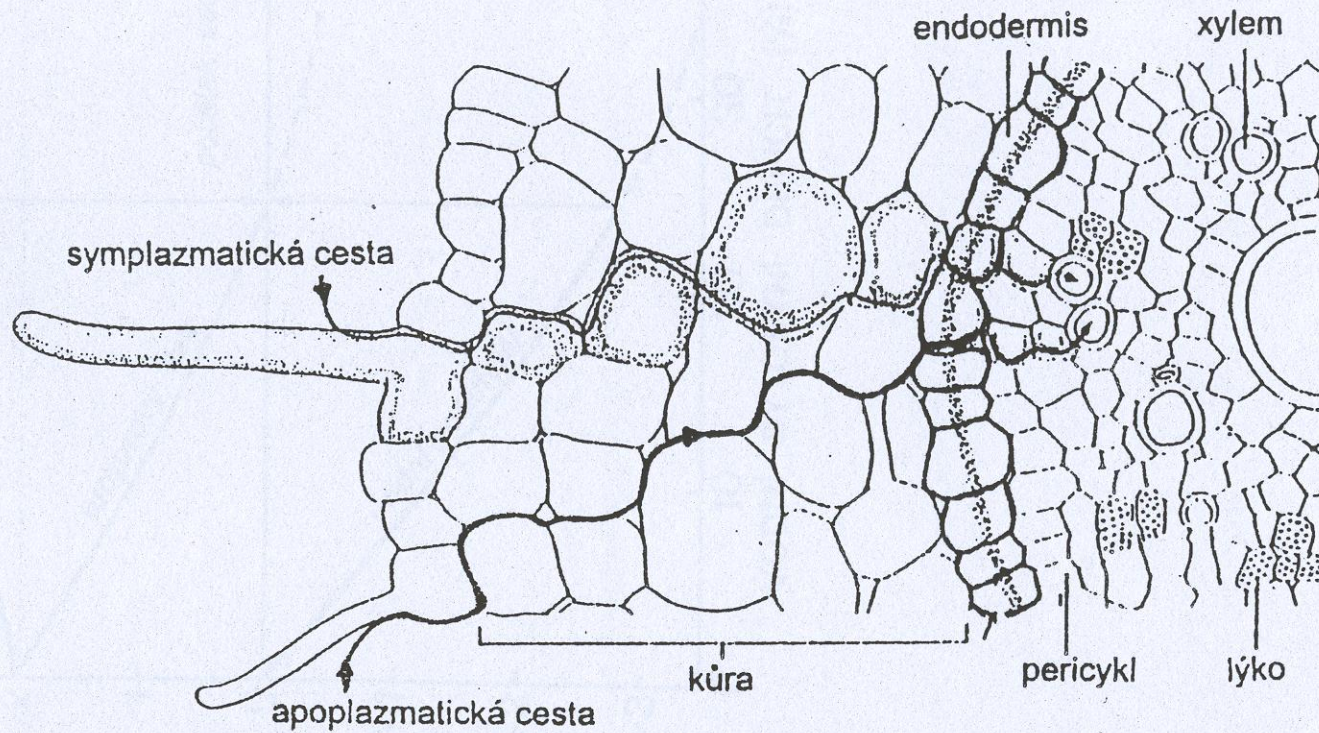


<http://www.floracr.unas.cz>



Transport vody v rostlině

- radiální
 - apoplastická cesta
 - symplastická cesta
 - vakuolární cesta
- vertikální
 - kohezní teorie



Obr.3. Schema symplazmatické a apoplazmatické cesty transportu vody a rozpuštěných látek v kořenových pletivech. Vstup do symplastu je možný podél celého apoplazmatického toku. (Salisbury et Ross 1992).

Transpirace

- kořenový vztlak
- koheze
- adheze
- transpirační orgány
- transpirace
 - stomatální (průduchová)
 - kutikulární
 - peristomatální
- podmínky transpirace
 - vnější
 - vnitřní
 - měření transpirace

Vodní provoz rostlin

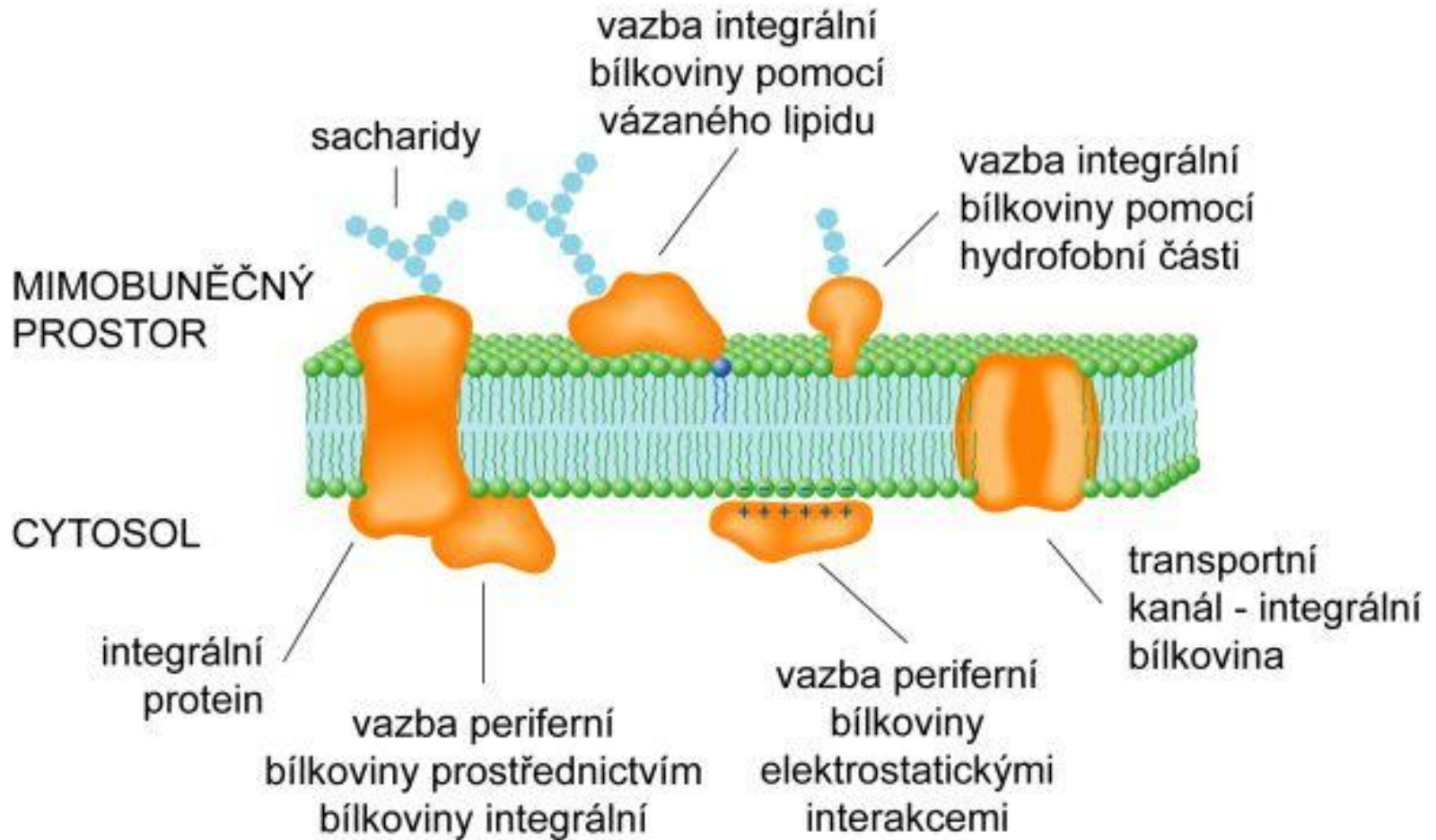
- vodní bilance rostliny
- adaptace k extrémním podmínkám
 - pouštní sukulenty
 - slanomilné rostliny
- dělení rostlin podle ekologických nároků
 - hygropyty
 - mezofyty
 - xerofyty

Minerální výživa rostlin

Příjem iontů

- nespecifický transport
 - prostá difúze
 - zprostředkovaná difúze
- zprostředkovaný transport
 - primární aktivní transport
 - sekundární aktivní transport

Minerální výživa rostlin



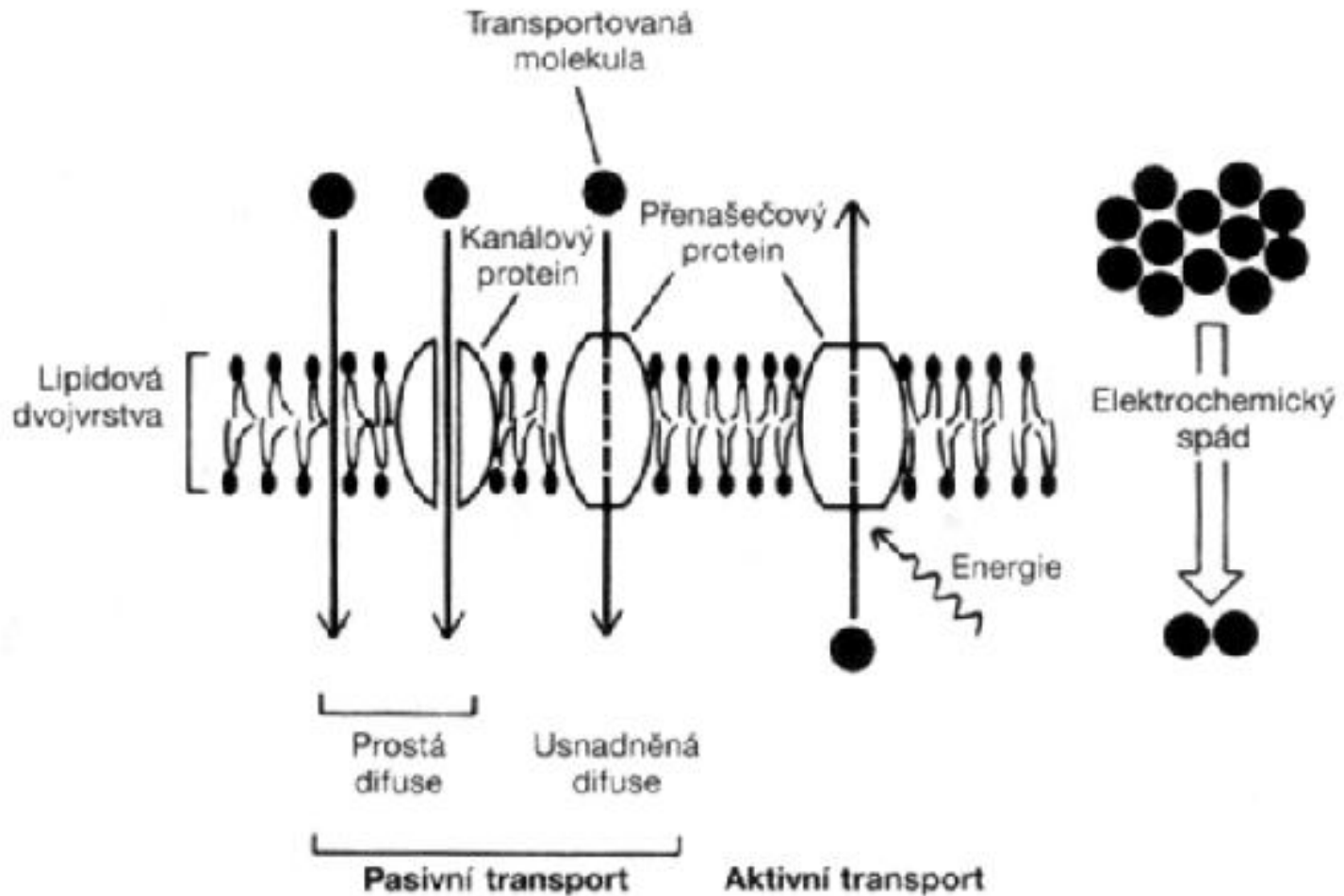
Minerální výživa rostlin

- zprostředkovaná difúze
- (pasivní zprostředkovaný transport, usnadněná difúze)
 - rychlost a specifická přenosu
 - saturační kinetika
 - možnost kompetitivní inhibice
 - možnost chemické inaktivace

Minerální výživa rostlin

- primární aktivní transport
 - hydrolýza ATP, ATPázy
 - např. protonová pumpa, sodíková pumpa
- sekundární aktivní transport
 - symport
 - antiport

Minerální výživa rostlin



Minerální výživa rostlin

- funkce jednotlivých živin
 - substrát biochemických reakcí
 - kofaktor enzymů
 - osmotikum
 - posel v přenášení signálů

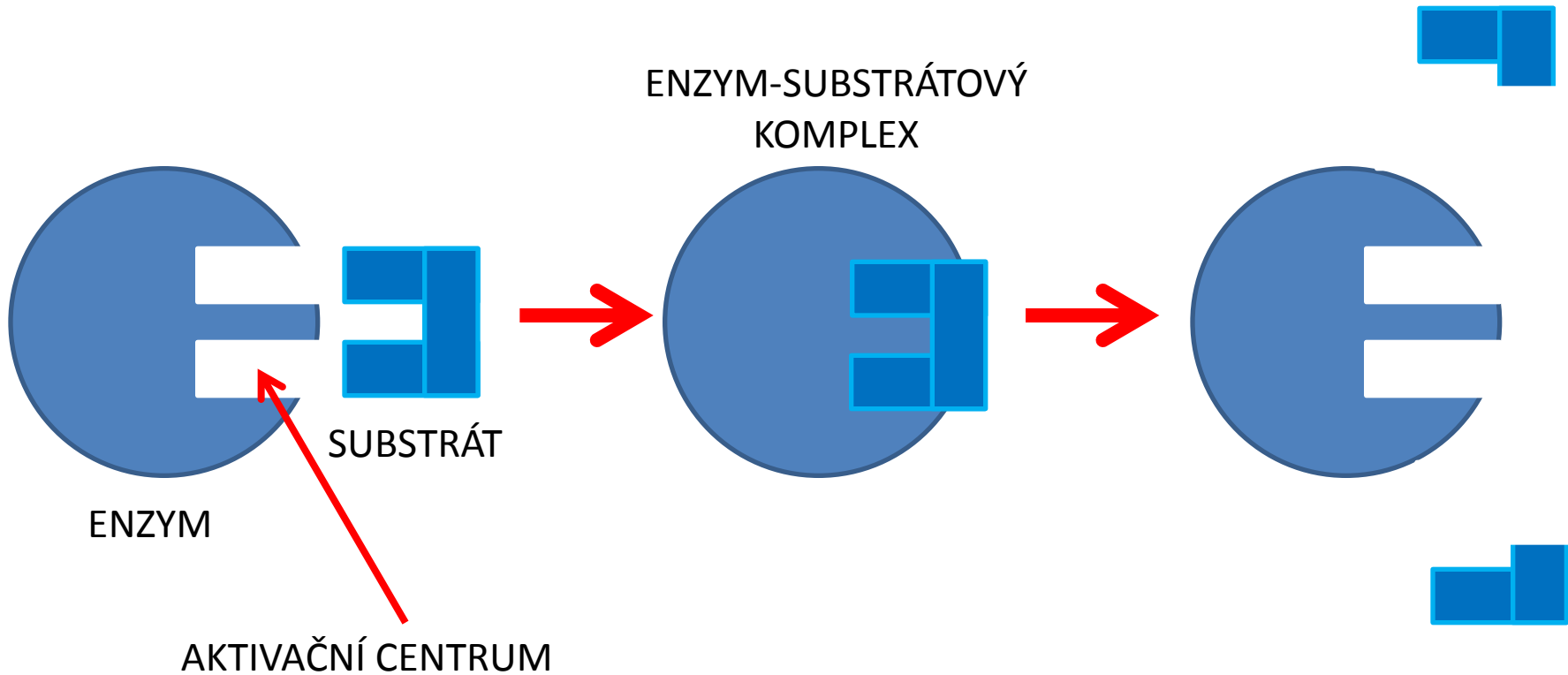
Minerální výživa rostlin

- dusík (N)
- draslík (K)
- fosfor (P)
- hořčík (Mg)
- vápník (Ca)
- síra (S)
- železo (Fe)
- další prvky

Enzymy

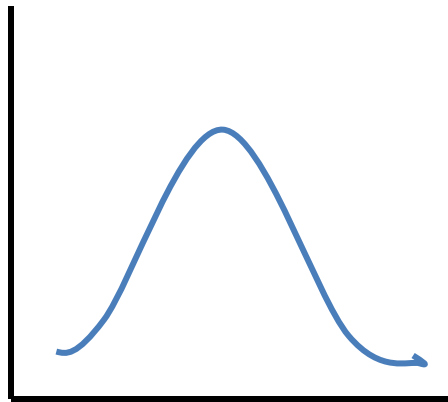
- holoenzym = apoenzym (bílkovina, nosič) + koenzym (nebílkovinná složka)
- apoenzym – > substrátová specificita
- koenzym – > druh reakce
- proteinové katalyzátory
- stárnutí
- aktivační centrum

Enzymy

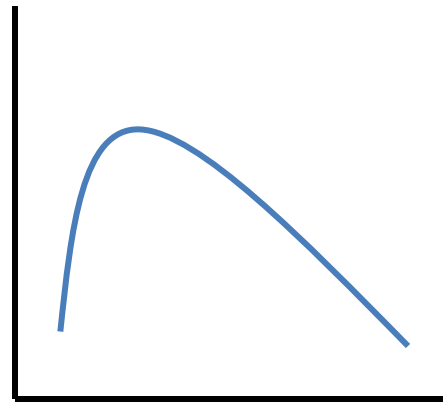


Enzymy

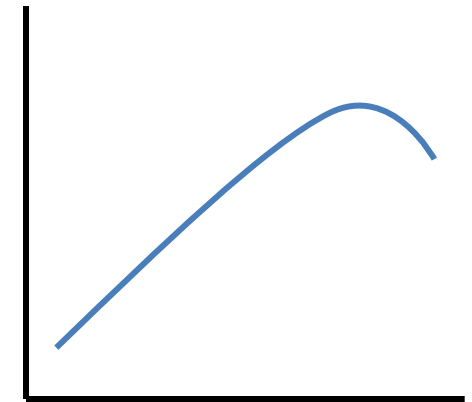
- enzymatická aktivita



pH



teplota



množství substrátu

- inhibice

- reverzibilní x ireverzibilní
- kompetitivní, nekompetitivní, akompetitivní, alosterická

Enzymy – klasifikace

- oxidoreduktázy
- transferázy
- hydrolázy
- lyázy
- izomerázy
- ligázy (syntetázy)

Fotosyntéza

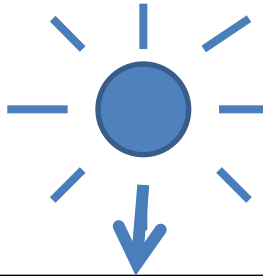
- fotoautotrofní organismy (sluneční záření, CO₂)
- fotosyntetická asimilace CO₂
- souhrn procesů spojených s přeměnou energie fotonů do volné chemické energie, která je dále využita při biologických syntézách
- základní látkový a energetický metabolismus rostlin a zdroj energie i organických látek pro všechny organismy
- $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$

Fotosyntéza

- procesy fyzikální
 - příjem energie elektromagnetického záření
- fyzikálně chemické
 - převedení energie záření na energii chemickou
- biochemické
 - využití chemické energie

Fotosyntéza

FOTOCHEMICKÁ FÁZE



H₂O

chlorofyl a
fotolýza vody
fotofosforylace

O₂

SYNTETICKÁ FÁZE

CO₂

enzym RuBisCO
Calvinův cyklus

H₂O

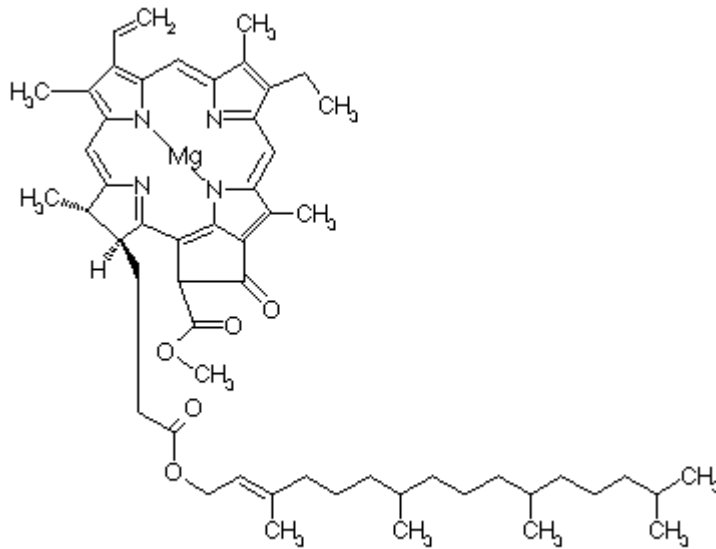
glukóza

ATP
NADPH+H⁺

ADP
NADP⁺

Fotosyntéza

- chlorofyl a



Fotosyntéza

PRIMÁRNÍ PROCESY FOTOSYNTÉZY

Fotosystémy a přenašeče

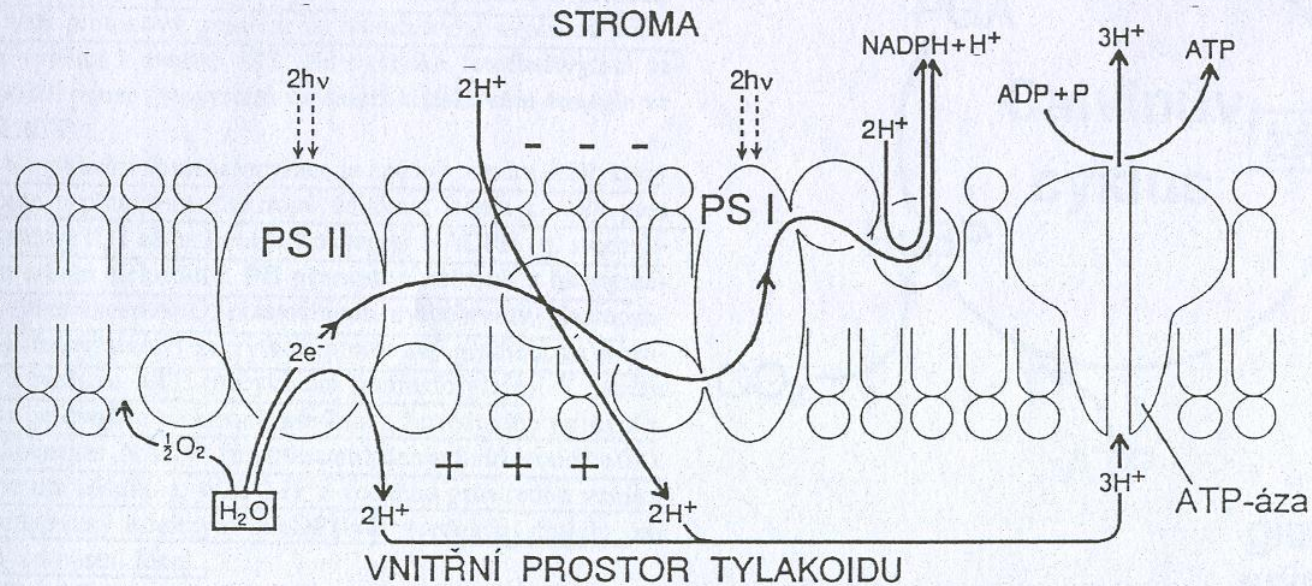
- fotosystém I. (reakční centrum P 700 + anténa)
- fotosystém II. (reakční centrum P 680 + anténa, fotolýza vody)
- přenašeče elektronů (redoxní systémy)

Fotosyntéza

Fotochemická fáze

- absorpce světla
- přenos elektronů

- fotolýza vody ve fotosystému II.
- cyklická fosforylace (ATP)
- necyklická fosforylace (NADPH+H⁺)



Obr. 8.9. Zjednodušené schéma spřažení přenosu elektronů v membráně tylakoidu s tvorbou ATP. PS II – fotosystém II, PS I – fotosystém I, nepojmenovaná kolečka v membráně představují skupiny přenášečů elektronů (a protonů H^+). Přenos elektronů znázorněn křivkou. Vpravo enzym ATP-áza směřující kulovitým útvarem – „hlavičkou“ (viditelnou v elek-

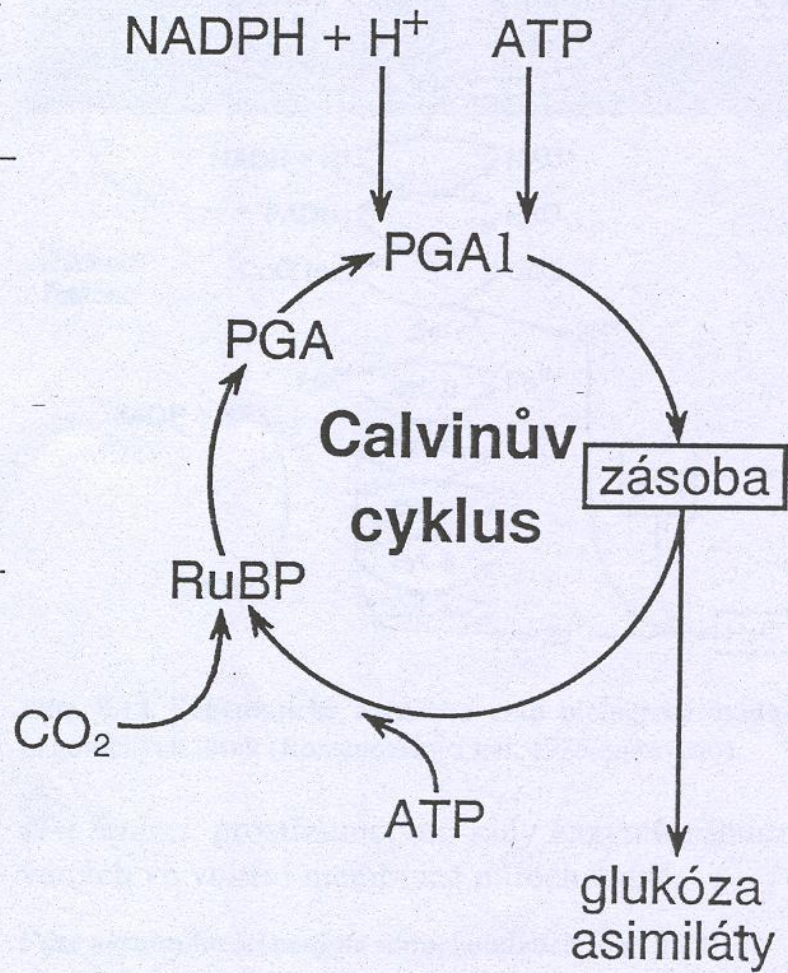
tronovém mikroskopu) – do stromatu a využívající energii uvolňovanou při zpětném toku protonů po jejich spádu zpět do stromatu pro tvorbu ATP. Membrána tylakoidu (ze dvou vrstev fosfolipidů) obsahuje mnoho takových ATP-ázových jednotek a elektronových transportních systémů.

Fotosyntéza

SEKUNDÁRNÍ PROCESY FOTOSYNTÉZY

Calvinův cyklus (C_3 cesta asimilace CO_2)

- **CO_2** + pentóza – kyselina fosfoglycerová (C_3)
– redukce (v několika krocích) na
fosfoglyceraldehyd (vyžaduje energii) –
glukóza + pentóza (vrací se zpět do cyklu)
- 3 fáze Calvinova cyklu
 - karboxylace
 - redukce
 - regenerace



Obr. 8.10. Calvinův cyklus – schéma. ATP a NADPH jsou přiváděny z reakcí fotochemické fáze. RuBP → ribulóza-1,5-bisfosfát, PGA → kyselina 3-fosfoglycerová, PGA1 → 3-fosfoglyceraldehyd, zásoba – vytvořená zásoba jednoduchých uhlíkatých sloučenin k syntéze glukózy a asimilátů (sacharidů, karboxylových kyselin, aminokyselin atd.) a k regeneraci výchozí látky cyklu – pentózy (RuBP) (Larcher 1988, upraveno).

Fotosyntéza

Fotorespirace

- O_2 + pentóza (RuBisCO) – fosfoglycerát + fosfoglykolát
- Calvinův cyklus
- syntéza aminokyselin

Fotosyntéza

- fixační cesta C_4
- fixační cesta CAM (Crassulacean Acid Metabolism)

Respirace

- dýchání, katabolický proces, uvolňování energie
- oxidace glukózy až na CO_2 a H_2O
- cca polovina sacharidů vytvořených fotosyntézou je opět rozložena
- spojeno s příjmem kyslíku

Respirace

Buněčné dýchání

- každá buňka musí získávat energii sama (ATP neprochází plazmatickou membránou)
- přípravná fáze – štěpení velkých molekul (polysacharidy, tuky, bílkoviny) – nezískává se energie
- samotná respirace – nejčastěji rozklad glukózy

Respirace

Biologická oxidace glukózy

1. etapa: anaerobní glykolýza (rozklad primárního substrátu v cytosolu)

- glukóza \rightarrow kyselina pyrohroznová + 2 ATP + 2 NADH
- malý energetický zisk
- při dostatku kyslíku následuje aerobní štěpení v mitochondriích
- při nedostatku kyslíku následuje fermentace

Respirace

Fermentace (kvašení)

- zpracování kyseliny pyrohroznové (produkt anaerobní glykolýzy)
- různé typy (podle výsledného produktu – etanolové, mléčné, acetonové kvašení)
- malý energetický zisk – drobné organismy (kvasinky)
- krátkodobě u cévnatých rostlin (při zatopení vodou) – etanol je toxický, při déletrvajících anaerobních podmínkách rostlina odumře

Respirace

2. etapa: aerobní štěpení v mitochondriích

- kyselina pyrohroznová a NADH přechází do mitochondrií, pokračuje štěpení na CO_2 a H_2O v aerobních podmínkách
- děj probíhá v několika stupních:
 - dekarboxylace kyseliny pyrohroznové
 - Krebsův cyklus (kyselina oxaloctová)
 - respirační řetězec (součástí je oxidativní fosforylace)
- vzniká celkem 36 ATP

Respirace

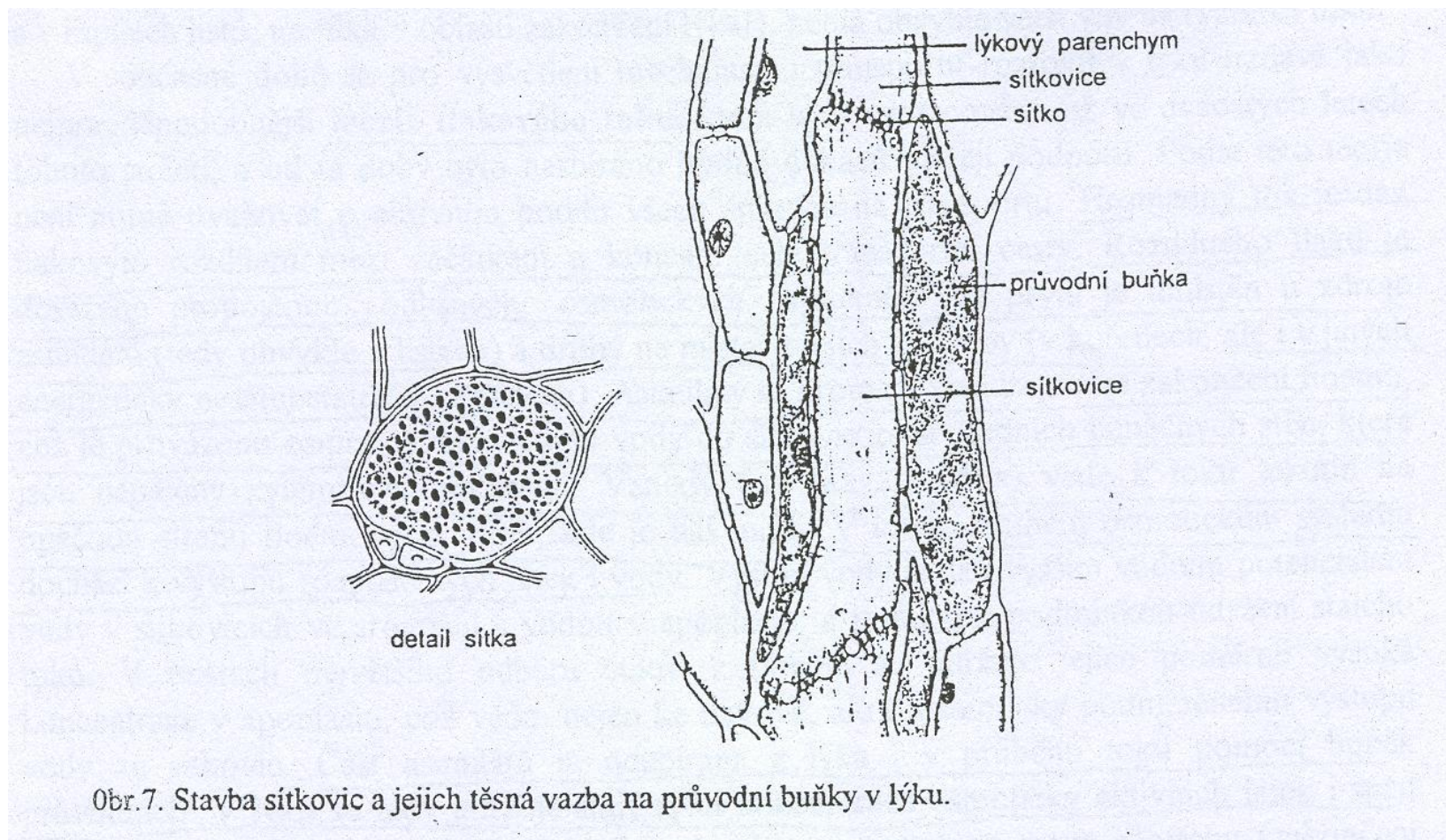
- Faktory ovlivňující intenzitu dýchání
 - vnitřní – fyziologický stav rostliny, stáří, obsah vody v pletivech, koncentrace volného ADP, množství primárního substrátu v buňkách
 - vnější – teplota (intenzita dýchání roste s teplotou, při 45 °C prudce klesá – dojde k poškození enzymů), obsah kyslíku v prostředí

Transport organických látek

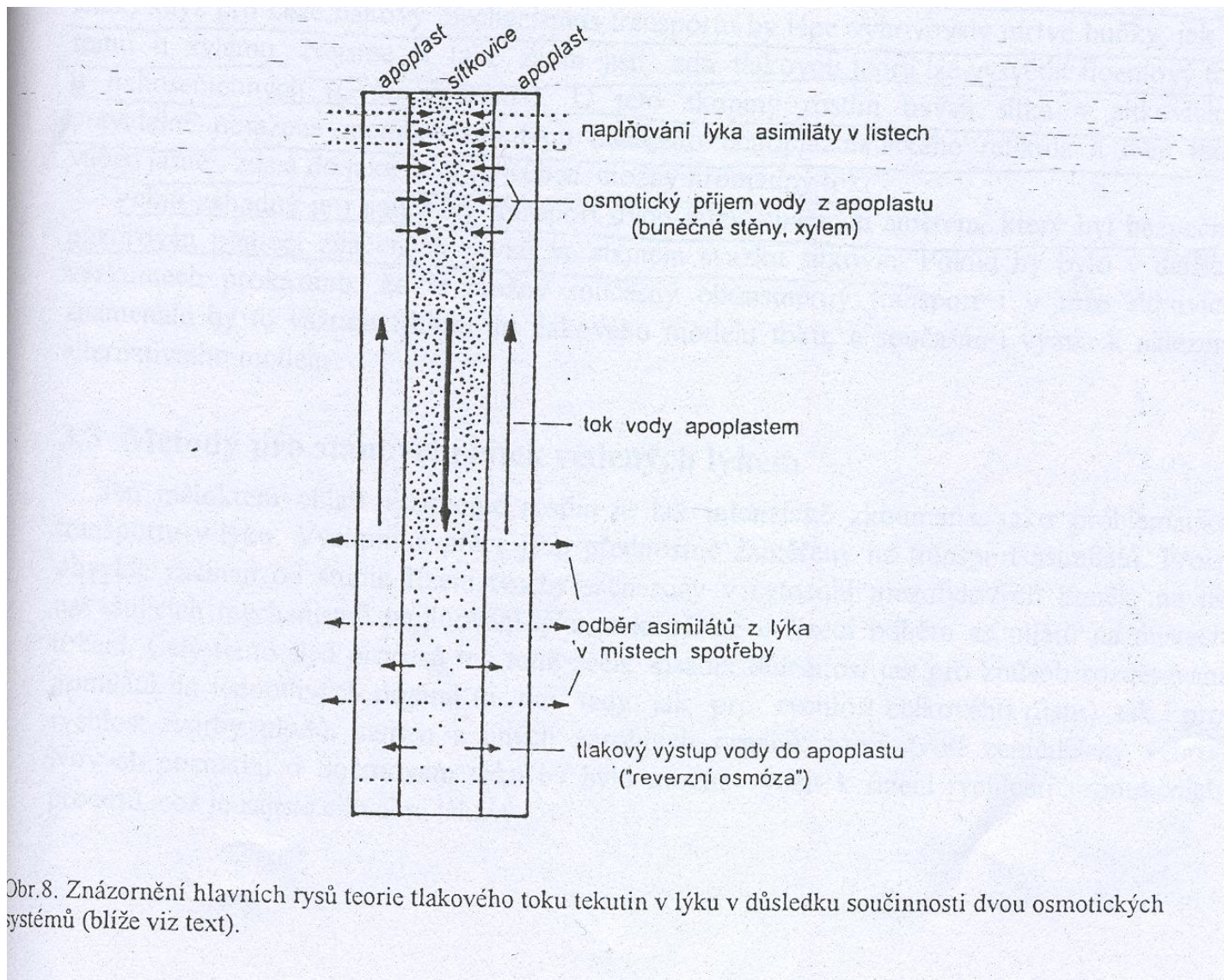
Floémový tok

- sítkovice
- buňky průvodní, lýkový parenchym
- složení roztoků
- kalóza
- mechanismus floémového toku
 - teorie tlakového toku
- metody pro stanovení látek vedených lýkem
 - rychlost a směr (radioizotopy)
 - složení a koncentrace látek

Transport organických látek



Transport organických látek



Transport plynů

- kyslík
- oxid uhličitý
- vodní pára
- etylen

Heterotrofní výživa

- autotrofní x heterotrofní organismy

Saprophytismus (hnilákovité, vstavačovitě)



hlístník hnízdák

hnilák smrkový



Heterotrofní výživa

Parazitismus

- ektoparazit
- endoparazit
- haustoria
- poloparazit

kokotice povázka



© Ivan Bílek

www.naturfoto.cz

Heterotrofní výživa



podbílek šupinatý



černýš hajní



jmelí bílé

Heterotrofní výživa

Mixotrofní výživa

- masožravé rostliny
- symbióza s bakteriemi fixujícími molekulární dusík
- mykorhiza

Heterotrofní výživa



rosnatka okrouhlolistá



láčkovka



kořenové hlízky
sója luštinaté

Růst a vývoj rostlin

- růst
- diferenciacce
- vývoj

Růst a vývoj rostlin

Růstové procesy na buněčné úrovni

- meristémy
- dělení buněk (cytokineze)
- a) interfáze (G_1 , S, G_2)
- b) mitóza (profáze, metafáze, anafáze, telofáze)
- prodlužovací fáze
- Diferenciace a růst orgánů
- kořeny
- prýt (apikální meristém – tunika, korpus, listová primordia)
- listy

Růst a vývoj rostlin

Vnitřní chemické regulátory růstu

- fytohormony
 - auxiny (např. kyselina β -indolyloctová, fenyloctová...)
 - gibereliny
 - cytokininy
 - kyselina abscisová
 - etylén
- syntéza a funkce v rostlině

Vnější faktory regulující růst a vývoj

- záření
 - fotorecepce
 - vlastnosti fytochromu a kryptochromu
 - vliv světla na klíčení, růst a morfogenezi
 - fotoperiodismus
- teplota
 - vliv teploty na růst a vývoj
 - vernalizace
 - dormance semen a pupenů

Pohyby rostlin

- nastie
 - hygro-
 - nykti-
 - termo-
 - foto-
 - thigmo- (seismo-)
- tropismy
 - foto-
 - gravi- (geo-)
- nutační pohyby (autonomní)