

Rostlinná cytologie

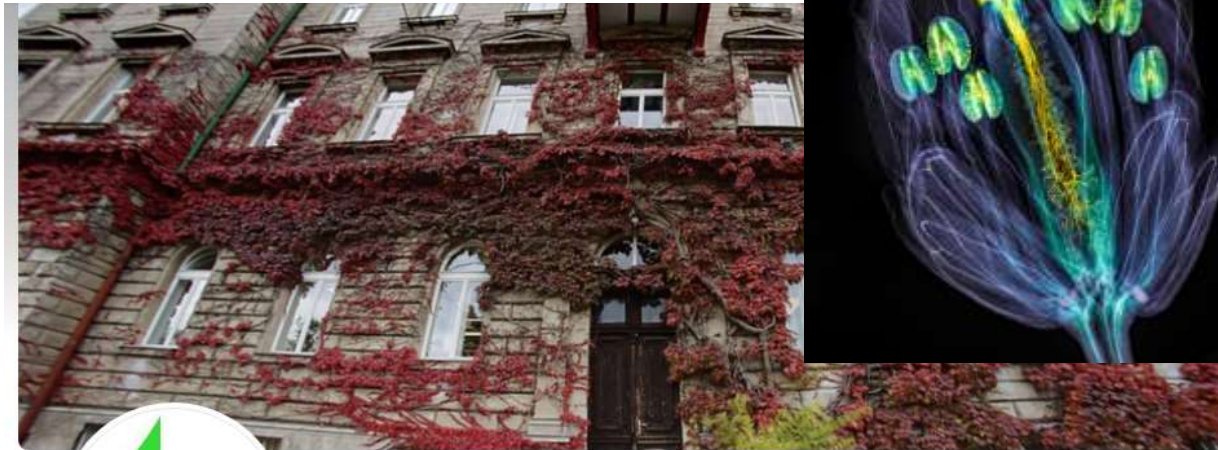
MB130P30

Přednášející:
RNDr. Kateřina Schwarzerová, PhD.

Katedra experimentální biologie rostlin:

<https://www.natur.cuni.cz/biologie/biologie-rostlin>

Jsme na Facebooku!



Katedra experimentální biologie rostlin PŘF UK

698 To se mi líbí • sledující (747)

Příspěvky Informace Fotky Videá

Spojte se s Katedra experimentální biologie rostlin PŘF UK na Facebooku.

Přihlásit se

nebo

Vytvořit nový účet

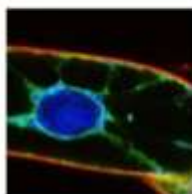
Přijďte se k nám podívat, a pokud hledáte téma bakalářské či diplomové práce, můžete:

1. Prozkoumat vypsaná témata v SIS
2. nebo se podívat na web, čím se zabývají výzkumné týmy
3. a zajít do laboratoře, která vás zaujala; nějaké další téma pro BP či DP si určitě v laboratoři domluvíte.

Studenty máme rádi a staráme se o ně. A ačkoliv **svíící rostliny** vytváříme v laboratoři každý den, jejich hlavním účelem je porozumět procesům v rostlinách. Protože rostliny jsou pro lidstvo to **NEJDŮLEŽITĚJŠÍ**.

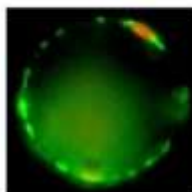
Týmy Katedry experimentální biologie rostlin

Buněčná biologie a biotechnologie rostlin,



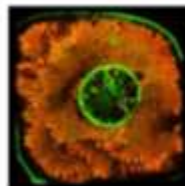
skupina pod vedením **dr. Kateřiny Schwarzerové** zkoumá na molekulární a buněčné úrovni cytoskelet rostlin, především pak jeho roli v morfogenezi a signalizaci. Skupina vedená **dr. Lukášem Fischerem** se věnuje výzkumu RNA interference (umíčování transgenů), G-proteinové signalizaci a roli mangan-stabilizujícího proteinu fotosystému II. Skupina vedená **dr. Janem Petráškem** se věnuje především transportu auxinu a roli cytoskeletu v auxinem řízeném vývoji rostlin.

Buněčná morfogeneze ¹,



skupina se pod vedením **doc. Fatimy Cvrčkové** a **doc. Viktora Žárského** věnuje především molekulárním mechanismům buněčné polarity. Předmětem zkoumání jsou tedy proteiny a proteinové komplexy, které se účastní polarizované exocytózy a organizace cytoskeletu (především multiproteinový komplex Exocyst a cytoskeletární organizátory z rodiny forminů). Skupina studuje signální dráhy, které zprostředkovávají koordinaci jednotlivých procesů určujících buněčnou polaritu. Část týmu se nachází na pracovišti Ústavu experimentální botaniky AV ČR, v. v. i. ²

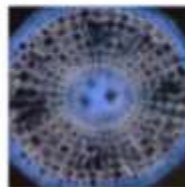
Ekofyziologie rostlin ¹,



laboratoř se pod vedením **prof. Jany Albrechtové** (lab 206 a 207) věnuje studiu fyziologických a strukturálních reakcí rostlin na biotické a abiotické faktory prostředí v laboratorních i terénních podmínkách. Výzkum se zaměřuje na: 1) *Ekologickou fyziologii rostlin* využívá široké spektrum metod mikroskopických, kvantitativně anatomických (stereologických) a analýzy obrazů, histochemických a biochemických, až po spektrální analýzy listovního aparátu v dálkovém průzkumu Země a je pod vedením **Zuzany Lhotákové**; 2) *Mycorrhizní symbiózy a další houbové asociace kořenů* rostlin, jejich ekologi a ekofyziologii s použitím škály metod terénního výzkumu, molekulárních metod a bioinformatiky pod vedením **Petra Kohouta**.

- Řešená témata: *Optické vlastnosti listů*

Fyziologická anatomie ¹,



skupina se pod vedením **dr. Aleše Soukupa** soustředí především na kořenový systém, jeho vývoj, funkci a interakci s půdním prostředím. Výzkumné přístupy vychází z tradice „klasické“ rostlinné anatomie doplněné o vybrané metody cytologie, biochemické analýzy a molekulární biologie. Tato kombinace umožňuje propojovat strukturální a funkční parametry rostlinného těla, jež se mění během diferenciace pletiv, v rámci ontogeneze rostliny či vlivem působení vnějších faktorů.

Studium regulačních faktorů morfogeneze rostlin ¹,



skupina se pod vedením **doc. Heleny Lipavské** zabývá zejména cukerným metabolismem rostlin v souvislosti s vývojovými změnami a působícím stresem těžkých kovů, sucha, chladu apod. Dalším zaměřením skupiny je studium vývojových změn u transgenických rostlin s cizorodým mitochondriálním aktivátorem a studium interakce rostlina – houbový symbiont v životním cyklu orchidejí. Mimo standardní kulturní postupy skupina hojně využívá kultivace rostlinných explantátů *in vitro*.

Struktura přednášek:

1. Úvod do eukaryotické buňky (kompartimentace, membrány, transport přes membrány)
2. Endomembránový systém rostlinné buňky: (ER, GA, vakuoly)
3. Plastidy
4. Mitochondrie
5. Cytoplasma a cytoskelet
6. Jádro
7. Buněčná stěna
8. Komunikace buněk
9. Morfogeneze rostlinné buňky, programovaná buněčná smrt.

Literatura:

Buchanan a kol. - Biochemistry and molecular biology of plants
(dostupná též jako elektronická verze v naší knihovně)

O. Votrubová - Anatomie rostlin (skripta)

Alberts a kol. – Základy buněčné biologie (online dostupná v anglické verzi <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21054/>)

Plant Biology – A. M. Smith a kol.

Plant Physiology - Taiz a Zeiger

Materiály k přednáškám:

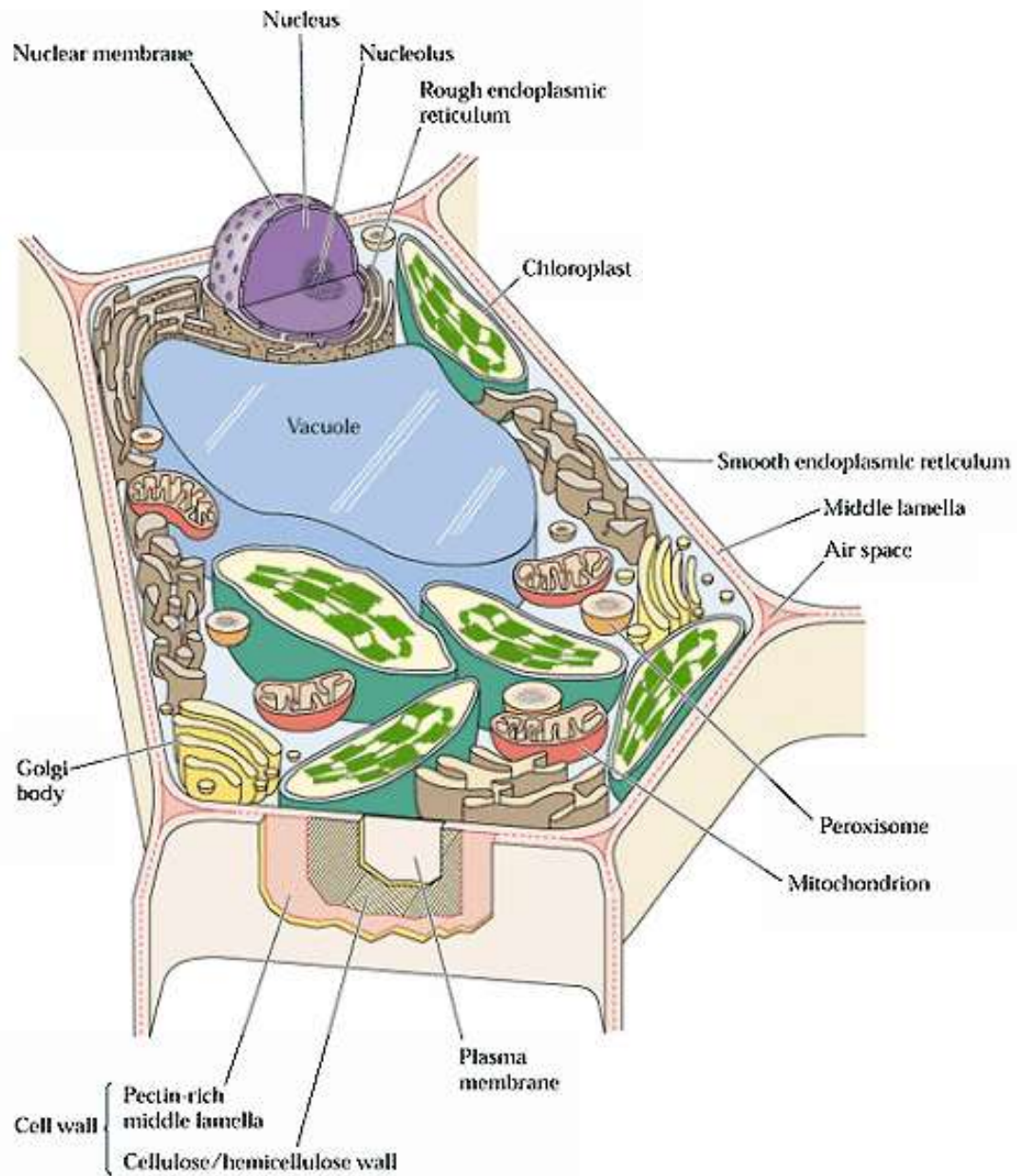
<http://kfrserver.natur.cuni.cz/lide/schwarze/cytologie/cytol.htm>

(aktualizace po každé přednášce)

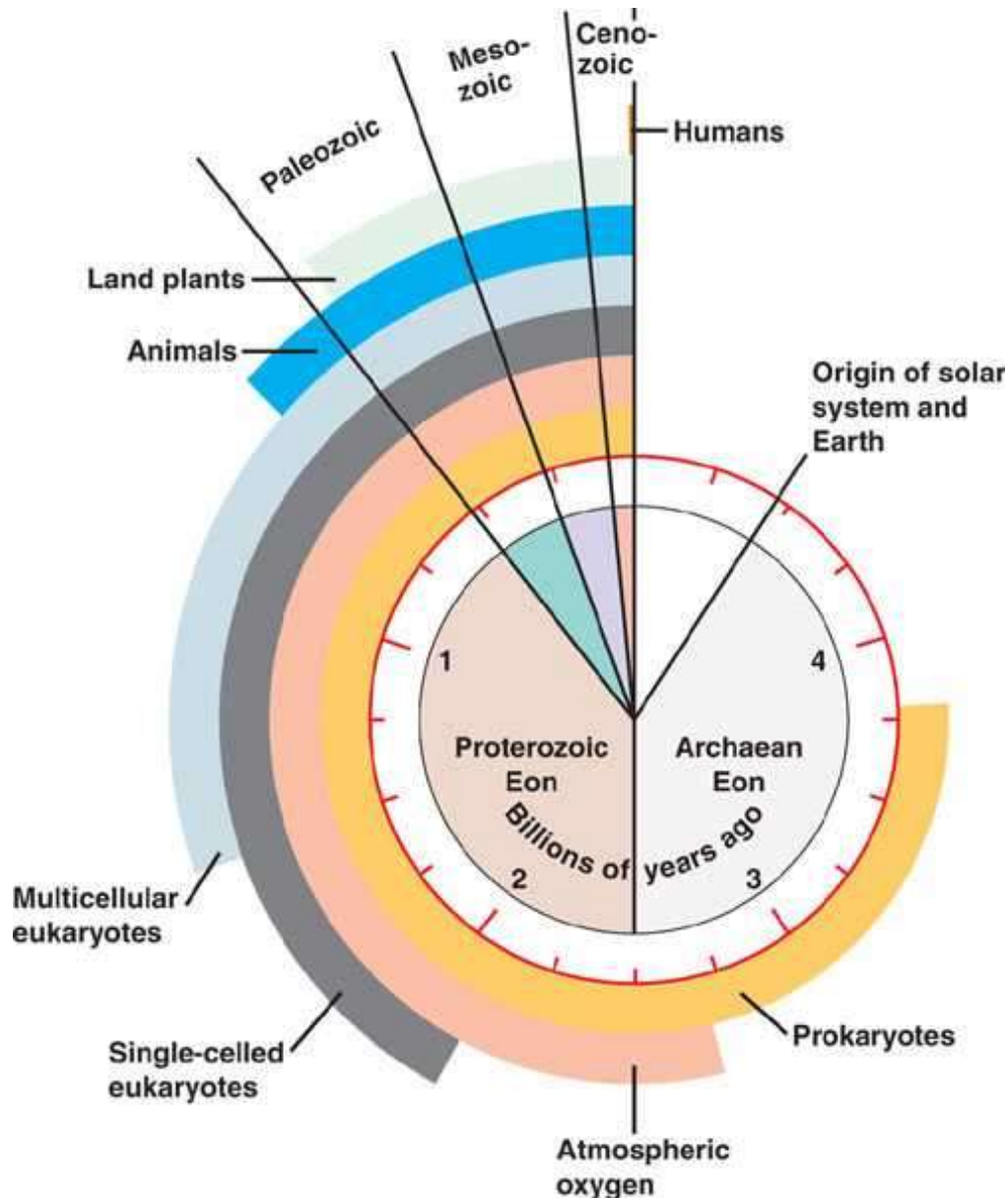
Pokud něčemu nerozumíte, zkuste problém nastudovat i s pomocí internetu, např. Wikipedie.

Cíl přednášky:

1. Definovat termín eukaryotická buňka
2. Pochopit význam biomembrán pro eukaryotickou buňku
3. Identifikovat nejdůležitější procesy probíhající na membránách



Vývoj života na Zemi



-3,5 miliard let: Vznik života.
(První organismy byly zřejmě prokaryotní, anareobní a heterotrofní.)

- cca 3,2 miliard let: Vznik fotosyntézy (velmi brzy v evoluci)

-2,5 miliard let: vznik oxygenní fotosyntézy.

-2,2 miliardy let: vznik aerobního dýchání.

kolem -2 miliard let: vznik eukarotických buněk.

-1,5 miliard let: vznik mitochondrií

> -1 miliarda let: vznik plastidu

Prokaryotická x eukaryotická buňka

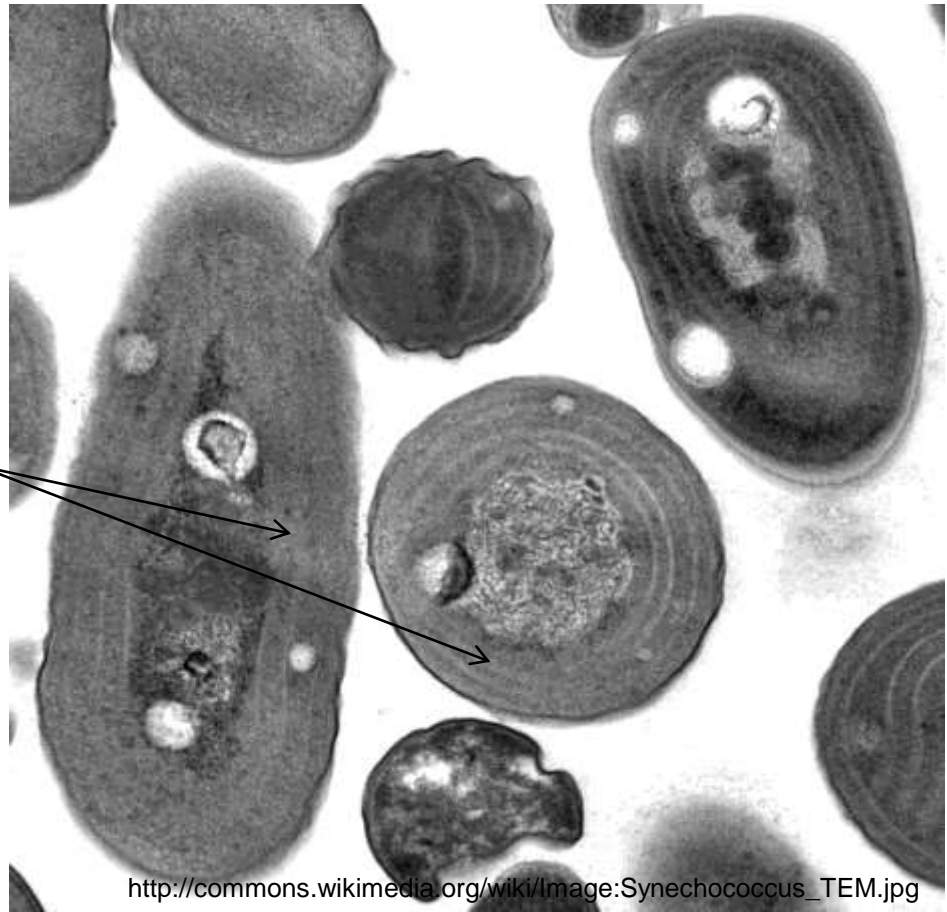
Kompartimentace – základní vlastnost eukaryotické buňky
(Eukaryota – česky „Jaderní“)

Umožnila:

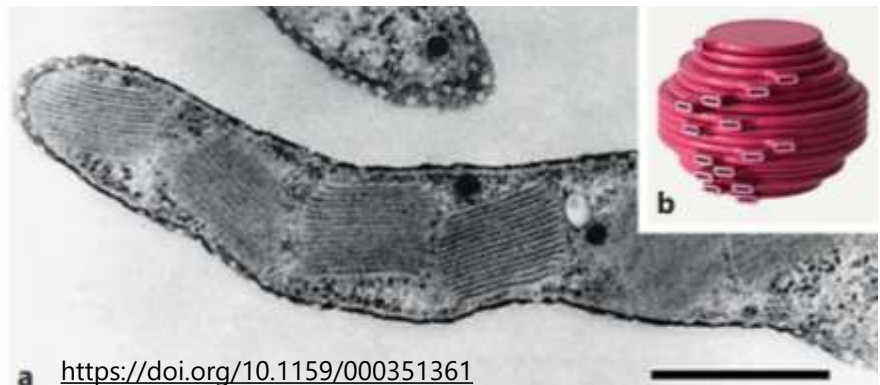
- rozdělení prostoru buňky membránou na **kompartmenty**
- endosymbiózu**

Prokaryotická fotosyntetizující membrána

Vchlípeniny PM s obsahem fotosyntetického aparátu sinice *Synechococcus*

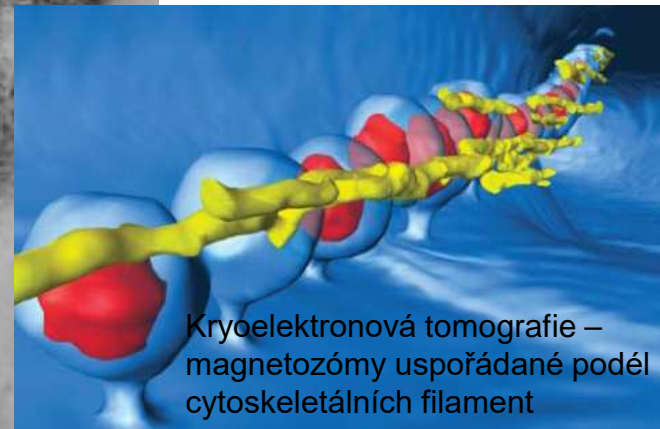
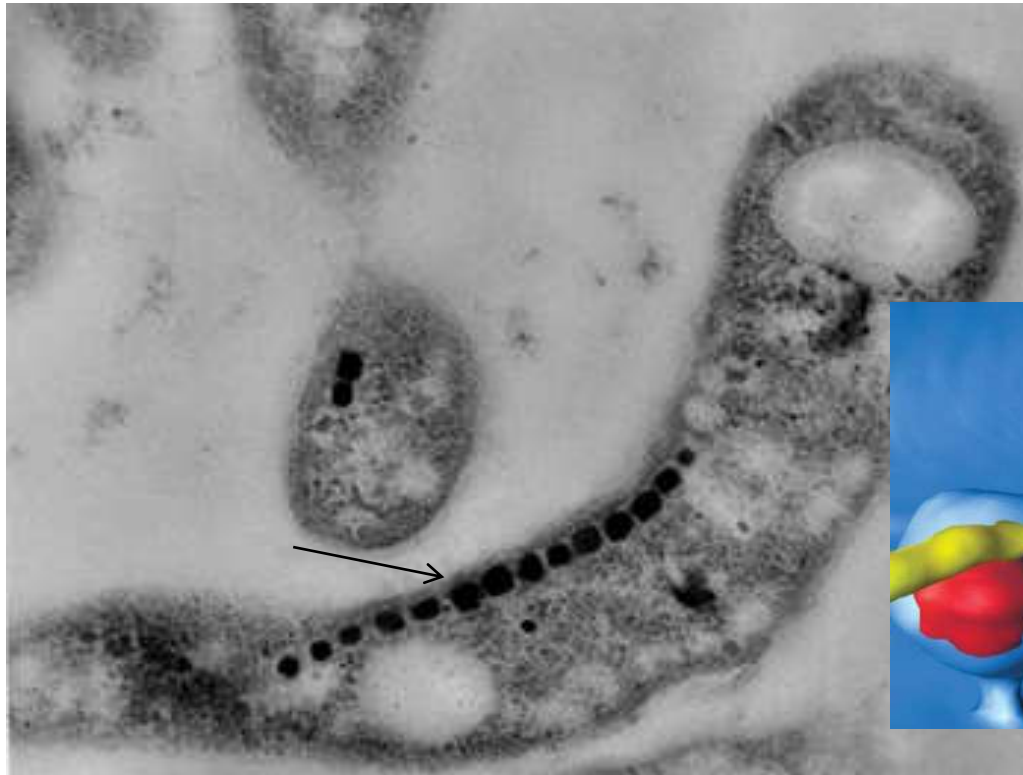


Interní membránový systém tvořící přitištěné cisterny obsahující fotosyntetický aparát, spojené s PM, u purpurové bakterie *Halorhodospira halochloris*



Magnetozóm magnetotaktických bakterií

- příklad prokaryotické organely



Magnetospirillum magneticum

Endosymbióza:

Vznik mitochondrií (pohlčením bakterie); vznik plastidů (pohlčením fotosyntetizující sinice).

Důkazy, svědčící pro endosymbiotickou teorii:

- Plastidy a mitochondrie mají vlastní DNA, jejíž organizace je podobná prokaryotům
- Obaleny dvěma nebo více membránami odlišného složení; vnitřní membrána podobná prokaryotům
- Nevznikají *de novo*, ale vždy dělením
- Dělení je podobné dělení prokaryotické buňky
- Mají vlastní proteosyntetický aparát prokaryotického typu
- rRNA a enzymy mitochondrií a plastidů jsou prokaryotického typu
- Recentní symbiózy (lišejníky, *Paramecium bursaria*) a endosymbiózy (*Paulinella* atd.)

Primární x sekundární endosymbióza

Primární endosymbióza plastidů: pohlcení fotosyntetizující bakterie eukaryotní buňkou = vznik **primárního plastidu** (dnes jej obsahují všechny organismy říše *Archaeplastida*; všechny primární plastidy jsou monofyletické)

Sekundární endosymbióza: pohlcení fotosyntetizující řasy heterotrofní eukaryotní buňkou = vznik **sekundárního plastidu** (sekundární plastid dnes obsahují všechny fotosyntetizující organismy, které nejsou součástí říše *Archaeplastida*)

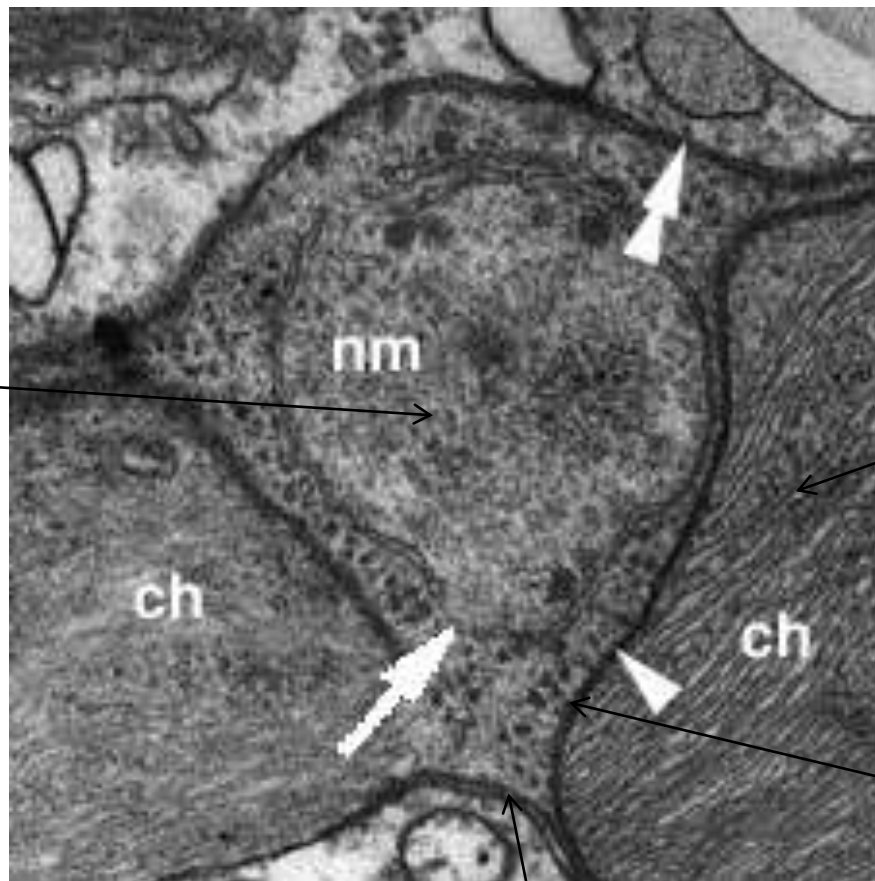
Důkazy **sekundární** endosymbiózy plastidů:

- tři až čtyři membrány plastidů nezelených řas
- Identifikace rezidua jádra endosymbionta (nukleomorf)

Mitochondrie vznikly zřejmě v rámci jediné endosymbiotické události a při sekundárních endosymbiózách se ztrácejí.

Nukleomorf (nucleomorph)

Nukleomorf
(reziduum jádra
eukaryotického
endosymbionta)



Chloroplast

Dvojitý obal
chloroplastu

Další dvě obalové
membrány
sekundárního
endosymbionta

Kompartmentace

-Základem jsou biomembrány

-Kompartmenty: vnitřní prostory eukaryotické buňky oddělené membránou

-Hlavní kompartmenty a membrány v eukaryotické rostlinné buňce:

Cytoplasmatická membrána (plasmalema, plazmatická membrána)

Cytoplasma

Jádro

Endoplazmatické retikulum

Golgiho aparát

Vesikuly, endozóm

Lytický kompartment

Peroxisomy

Mitochondrie a jejich kompartmenty

Plastidy a jejich kompartmenty

Buněčná stěna

Organela vs kompartment?

Kompartentační pravidla (Schnepf 1965):

Biologické membrány oddělují protoplazmatické a neprotoplazmatické fáze v buňce; membrány mají cytosolickou (protoplazmatickou) a extracelulární (neprotoplazmatickou) stranu; membrány jsou strukturně i funkčně asymetrické.

Neprotoplazmatické fáze:

Extracelulární prostor, cisterny ER a GA, vakuoly, perinukleární prostor, mezimembránový prostor plastidů a mitochondrií, vnitřek thylakoidů.

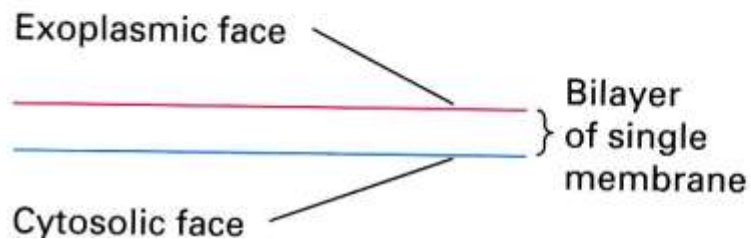
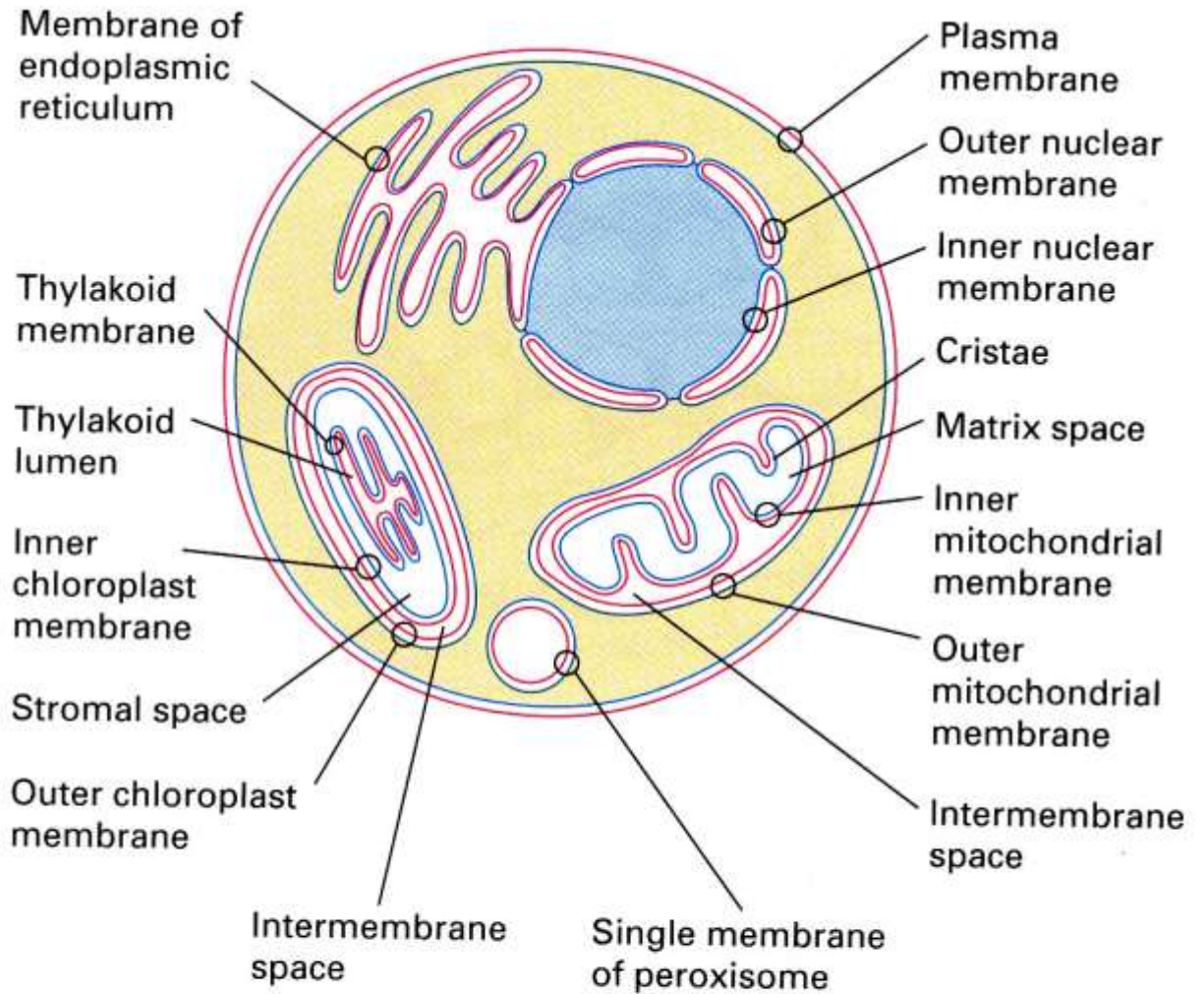
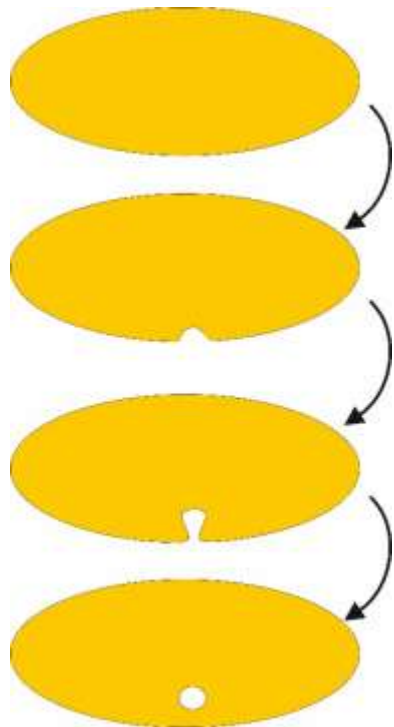
Protoplazmatické fáze:

Cytoplazma, karyoplazma, chondrioplazma (mitoplazma/matrix) uvnitř mitochondrií, u rostlin navíc plastidoplazma (stroma).

Nukleové kyseliny se vyskytují vždy jen v protoplazmatických fázích.

Mezi protoplazmatickými a neprotoplazmatickými kompartmenty probíhá transport přes membránu.

Mezi kompartmenty neprotoplazmatickými probíhá transport pomocí váčků.



Membrány

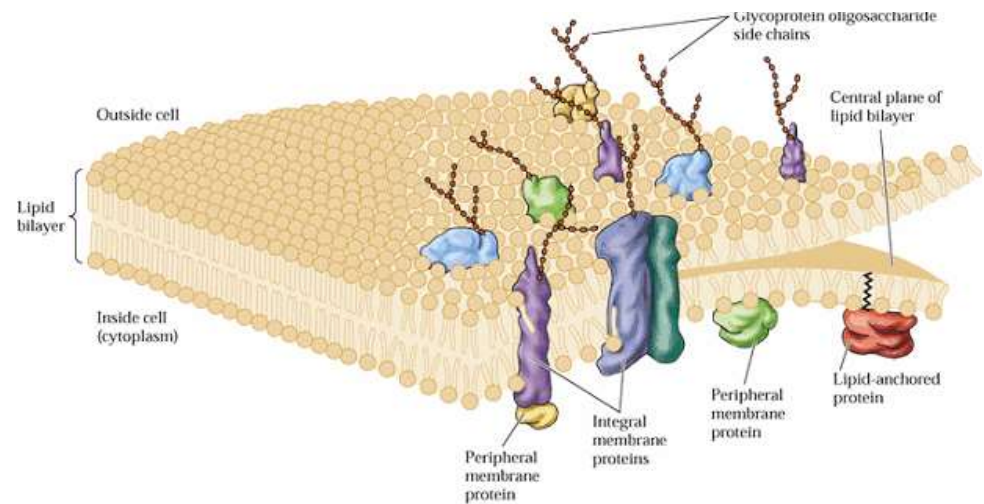
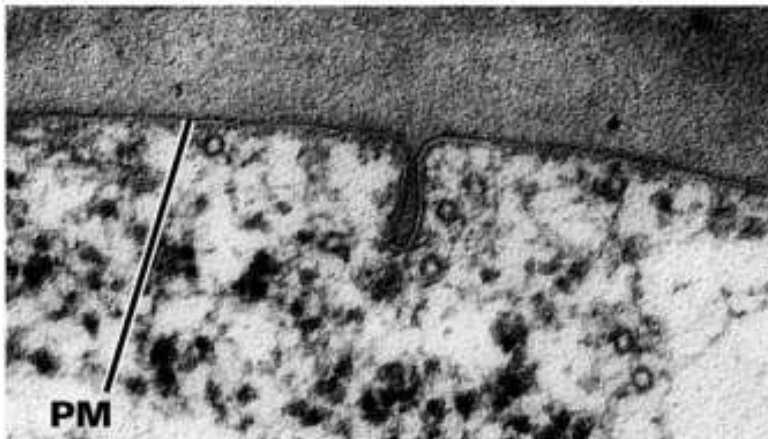
5-10 nm tlustá lipidová dvojvrstva

Nevznikají *de novo*, ale dědí se

Semipermeabilita

Plasticita

E. Overton



Membrány

- hlavní funkce

- **tvoří hranice mezi důležitými oblastmi buňky**
- **regulují transport** (semipermeabilita – transport solutů; různé transportní systémy; možnosti přenosu váčků)
- **fungují v přenosech signálů** (receptory, změny membránového potenciálu aj.)
- **účastní se komunikace mezi buňkami** (např. plasmodesmy a kontinuita plazmatické membrány a ER)
- **mají další specifické funkce** díky enzymům apod., které se v nich nacházejí – např. vnitřní membrány organel obsahující elektrontransportní řetězce (dýchání, fotosyntéza), syntéza ATP

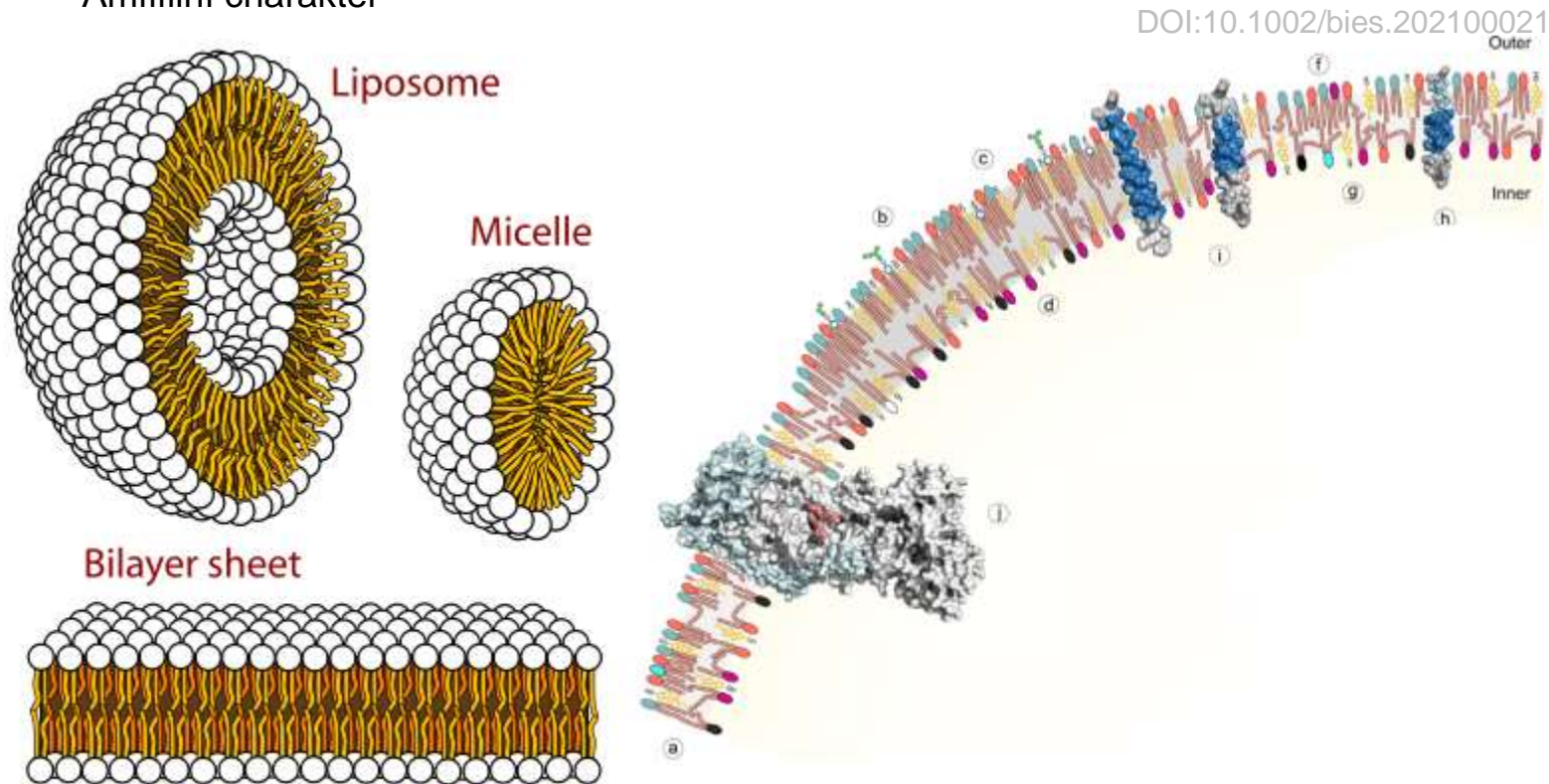
Membrány

- typy membránových lipidů

Hydrofilní část: nejčastěji odvozena od glycerolu.

Hydrofóbní část: nejčastěji masná kyselina o 14-24 uhlících.

Amfifilní charakter



About membranes: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26871/>

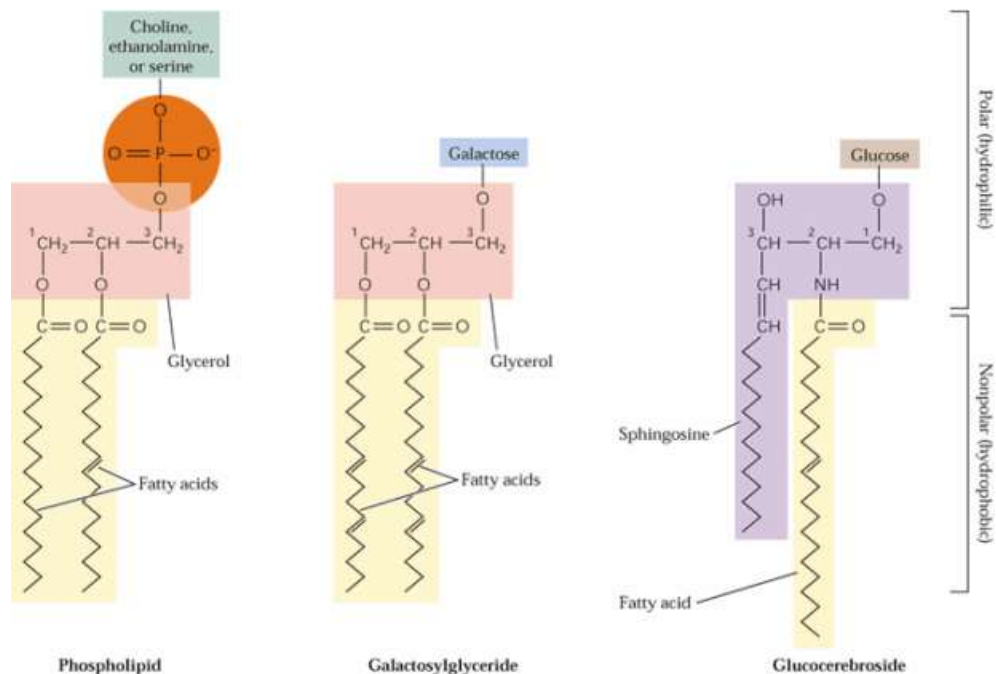
Membrány

- typy membránových lipidů






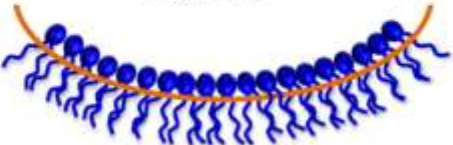
Fosfolipidy – deriváty kyseliny fosfatidové (fosfatidyletanolamin, fosfatidylcholin, fosfatidylserin, fosfatidylinositol).

Glykolipidy – u rostlin téměř výhradně odvozeny od glycerolu, cukrem je nejčastěji galaktóza. Glykolipidy jsou majoritní složkou plastidových membrán.

Sfingolipidy – obsahují sfingosin, s mastnou kyselinou vázán nejčastěji amidovou vazbou. Substituent sfingosinu např.: fosfocholin (sfingomyelin; u rostlin chybí); cukr (glykosfingolipidy).



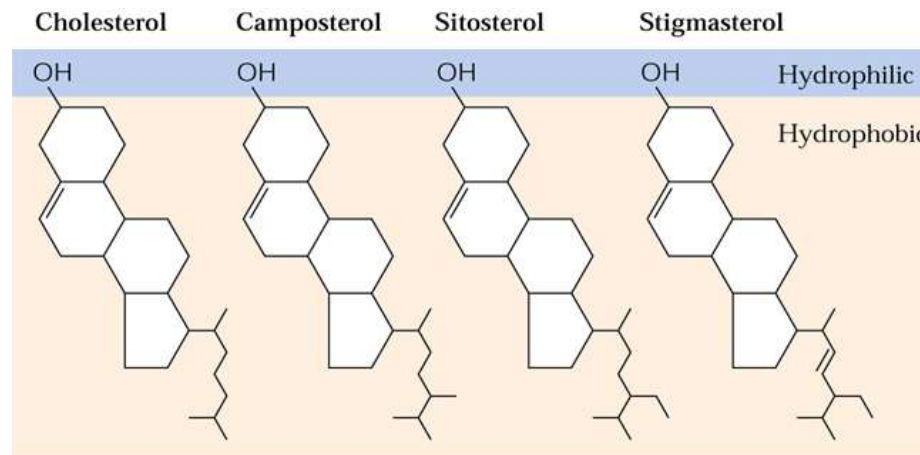
Tvar fosfolipidů ovlivňuje tvar membrány a její vlastnosti; lipidové složení ovlivňuje interakci s membránovými proteiny.

Sl. No.	Shape of the lipid	Curvature	Examples
1	 <p>Conical</p>	<p>Positive</p> 	Lysophosphatidylcholine, Oleic acid, Lysophosphatidic acid
2	 <p>Cylindrical</p>	<p>Zero</p> 	Phosphatidylcholine
3	 <p>Inverted conical</p>	<p>Negative</p> 	Cholesterol, Phosphatidylethanolamine, Phosphatidic acid

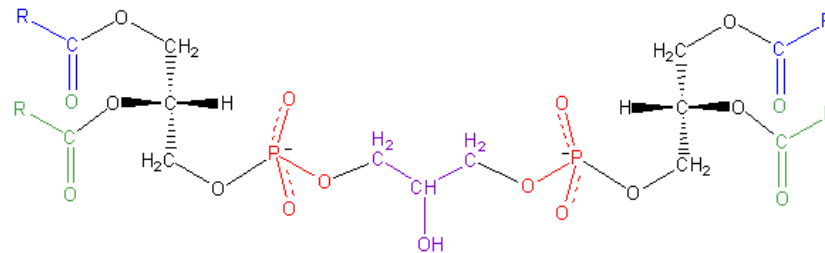
Membrány

- další složky

Steroly – cholesterol; fytosteroly (kampoststerol, sitosterol, stigmasterol). Glykosylované steroly jsou unikátní pro rostlinné membrány.



Kardiolipin - bifosfatidylglycerol (vnitřní membrána mitochondrií)



Sulfolipidy, glykosylglyceridy – komponenty thylakoidních membrán

Specializované membrány – chlorofyly, karotenoidy, plastochinon, ubichinon atp.

TABLE 1.3 Lipid composition of plasma membranes from various non-cold-acclimated species and tissues (mole %).

Lipid type	Barley root	Barley leaf	<i>Arabidopsis</i> leaf	Spinach leaf
Phospholipids	26	44	47	64
Free sterols	57	35	38	7
Steryl glucosides	7	–	5	–
Acylated steryl glycosides	–	–	3	13
Glucocerebrosides	9	16	7	14

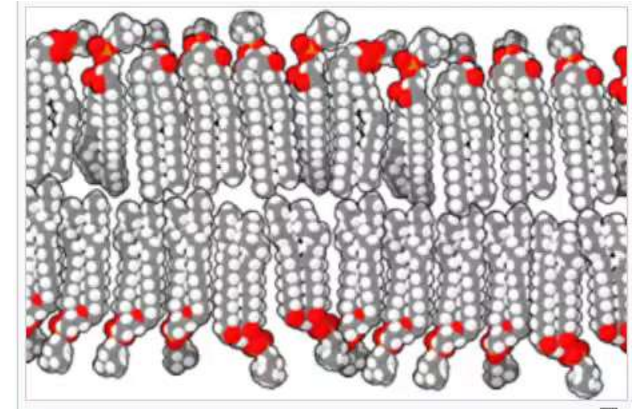
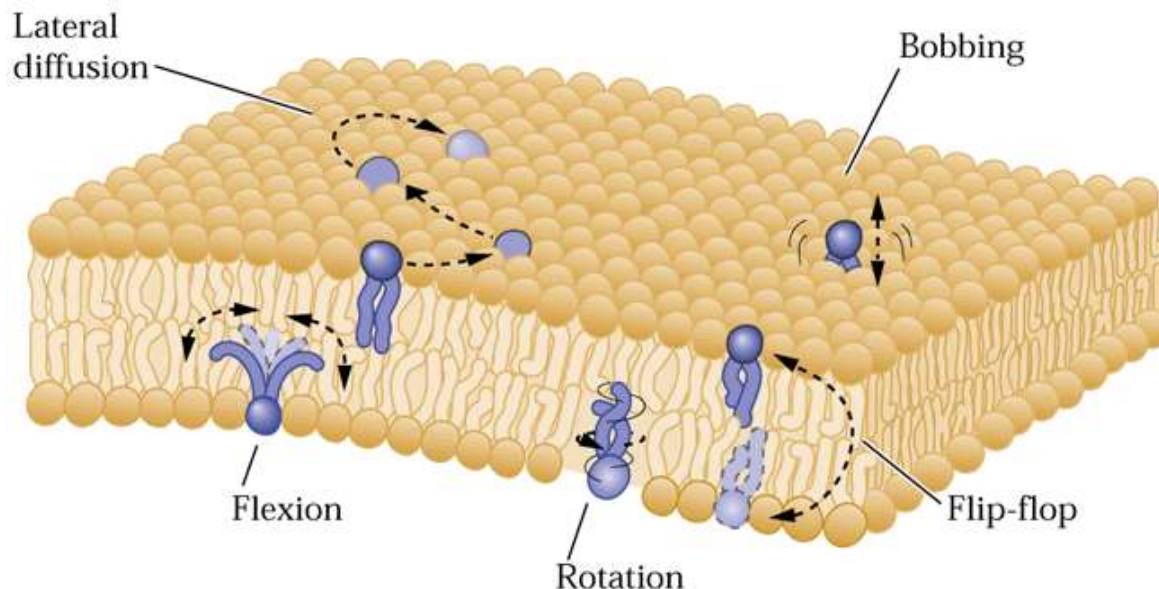
cbb3142742d8475b78bbfeaba35145f

Membrány

- Koncept tekuté mozaiky lipidů a proteinů

Model tekuté mozaiky (navrhli S.J. Singer a G.L. Nicholson,
70. léta minulého století):

Membrána umožňuje **laterální pohyb lipidových molekul i proteinů.**



[Lipidová dvouvrstva – Wikipedie \(wikipedia.org\)](https://www.wikipedia.org)

Membrány

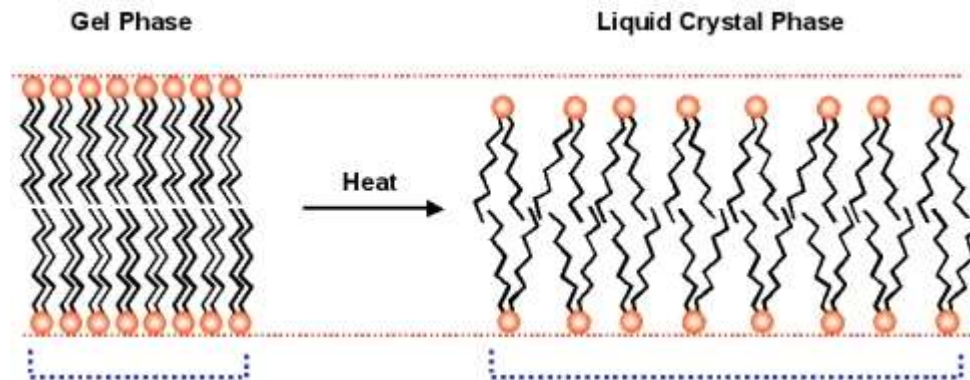
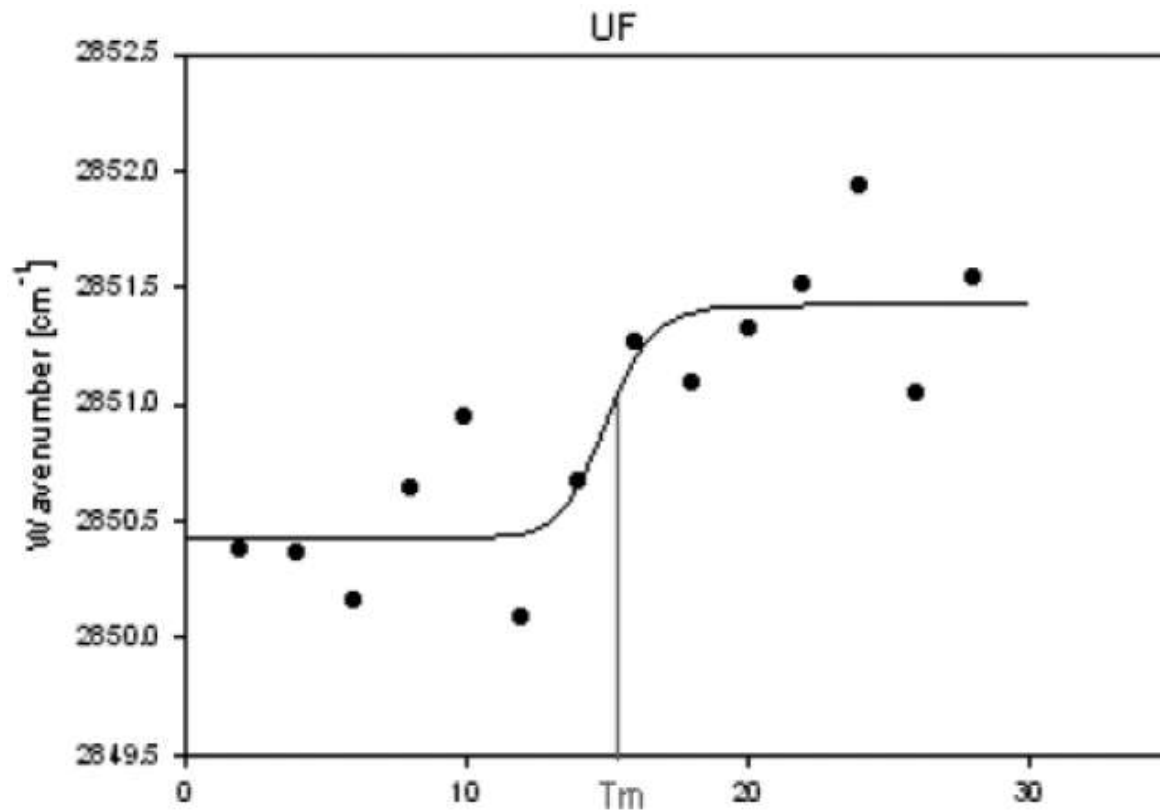
- Tekutost a tuhost

Optimální viskozita membrány je důležitá pro **fúze membrán**, **laterální difúzi** a **rovnoměrnou distribuci** molekul, správnou **separaci membrán** během dělení, optimální **aktivitu enzymů**, optimální **semipermeabilitu**.

Tekutost a tuhost membrány je **regulována**:

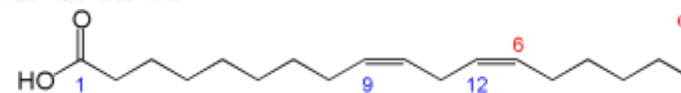
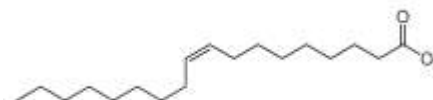
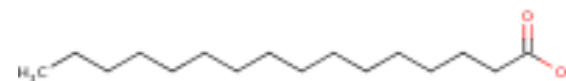
- Délkou řetězců mastných kyselin (čím delší, tím vyšší teplota tání)
- Nasyceností řetězců mastných kyselin (dvojně vazby = nižší teplota tání; rostlinné oleje)
- Obsahem sterolů (působí různě dle teploty)





Olivový olej:

<u>Saturated fats</u>	<u>Palmitic acid</u> : 7.5–20.0% <u>Stearic acid</u> : 0.5–5.0% <u>Arachidic acid</u> : <0.8% <u>Behenic acid</u> : <0.3% <u>Myristic acid</u> : <0.1% <u>Lignoceric acid</u> : <1.0%
<u>Monounsaturated fats</u>	<u>Oleic acid</u> : 55.0–83.0% <u>Palmitoleic acid</u> : 0.3–3.5%
<u>Polyunsaturated fats</u>	<u>Linoleic acid</u> : 3.5–21.0 % <u>Linolenic acid</u> : <1.5%



Teplota tání: -6°C

Membrány

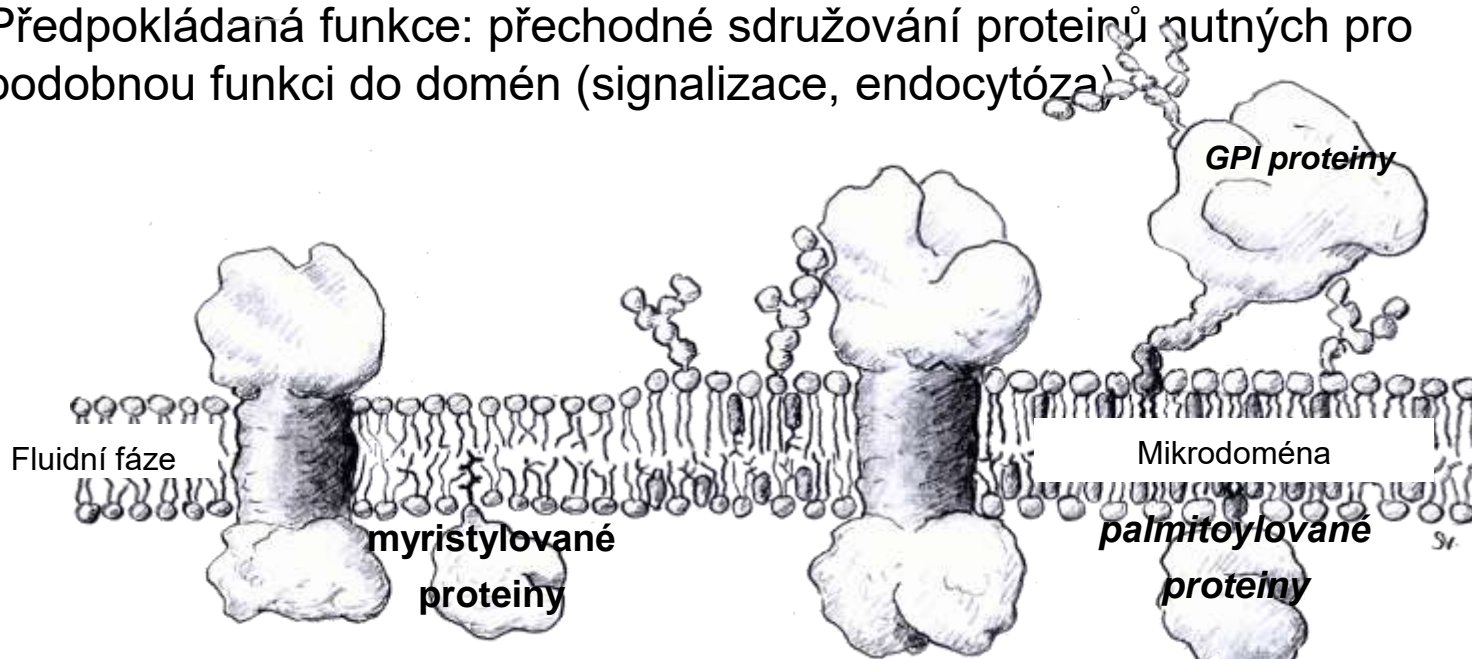
- Koncept membránových mikrodomén

Hypotéza vyslovena koncem 80. let 20. století

Předpokládá existenci mikrodomén v membráně, vyznačující se jinou tekutostí a specifickým složením (lipidy s nasycenými mastnými kyselinami, sfingolipidy s cukernými složkami, steroly, GPI-kotvené proteiny) = **membránové mikrodomény**.

Definice: laterální kompartment v membráně, který je strukturně, složením a funkcí odlišný od okolní membrány.

Předpokládaná funkce: přechodné sdružování proteinů nutných pro podobnou funkci do domén (signalizace, endocytóza)



© Stanislav Vosolsobě

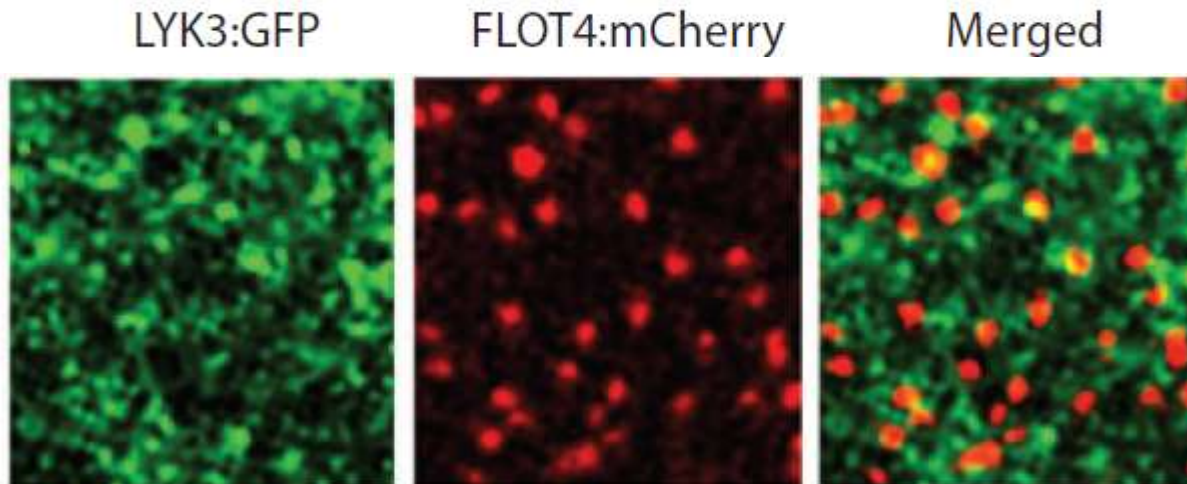
Membrány

- Koncept membránových mikrodomén

Vizualizace membránových mikrodomén v živé buňce: vysoce rozlišující mikroskopie

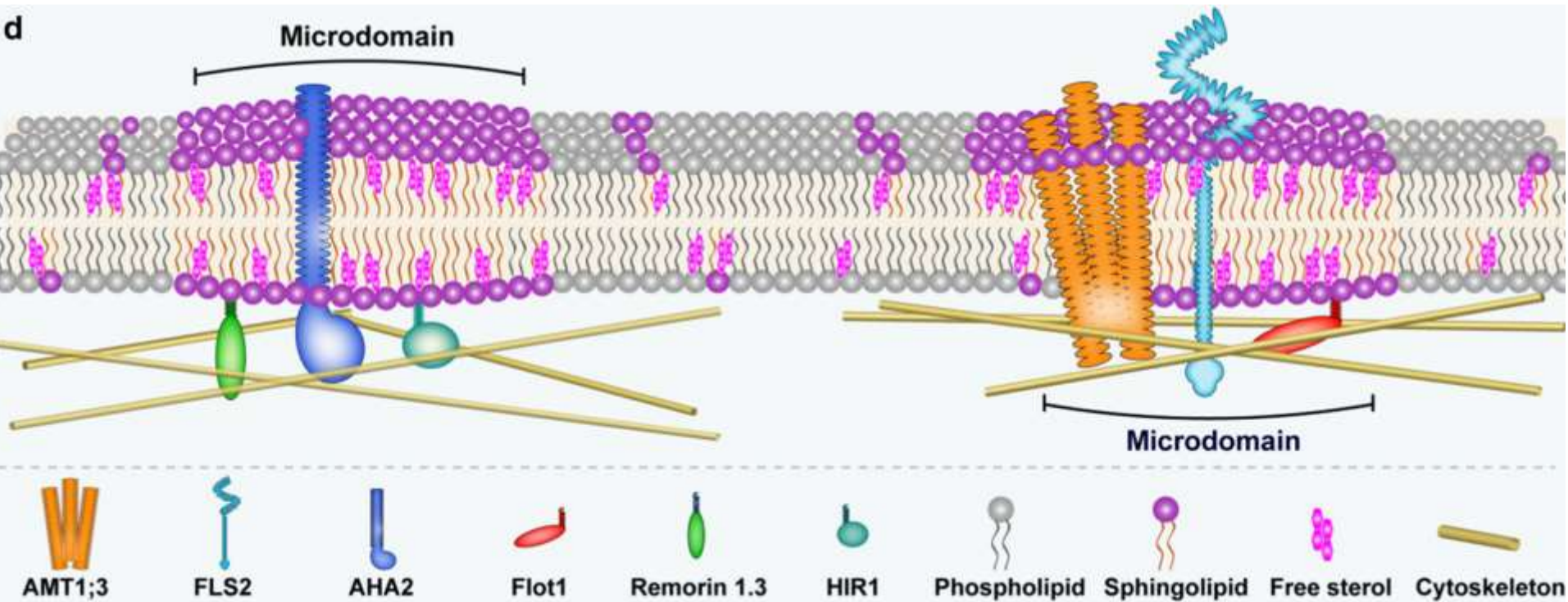
Vysoké zastoupení **proteinů** v membráně

Membránové mikrodomény rostlin a kvasinek jsou pravděpodobně velké a jsou poměrně stabilní (x označení raft)



Membrány

- Koncept membránových mikrodomén



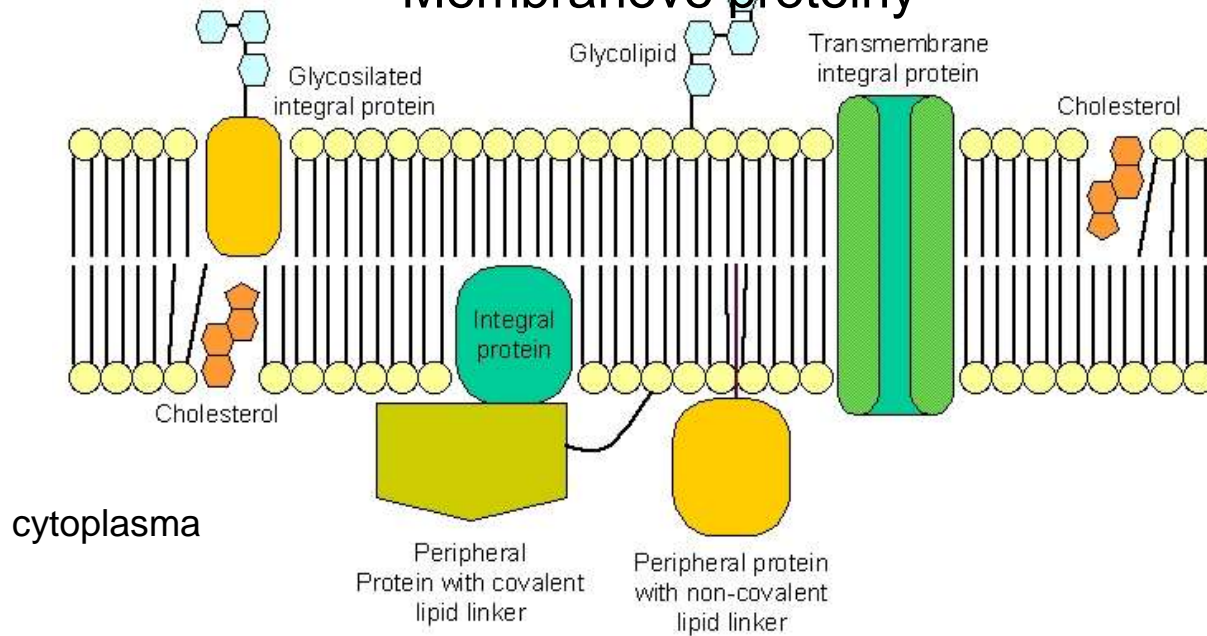
Struktura a dynamika membránových mikrodomén je ovlivňována:

- Složením mikrodomény
- Interakcí s s cytosolickými strukturami (např. cytoskelet)
- Interakcí s extracelulárními strukturami (buněčná stěna)

Extracelulární prostor
(např. buněčná stěna)

Membrány

- Membránové proteiny



Periferní membránové proteiny – bez hydrofóbních interakcí, často vazby k polárním částem lipidů (např. H-můstky, elektrostatické síly), nebo vazba k integrálním membránovým proteinům.

Integrální membránové proteiny – procházejí částí molekuly membránou – transmembránová doména, tvořena 20-25 hydrofobními AK

Proteiny kotvené v lipidové dvojvrstvě

Membrány

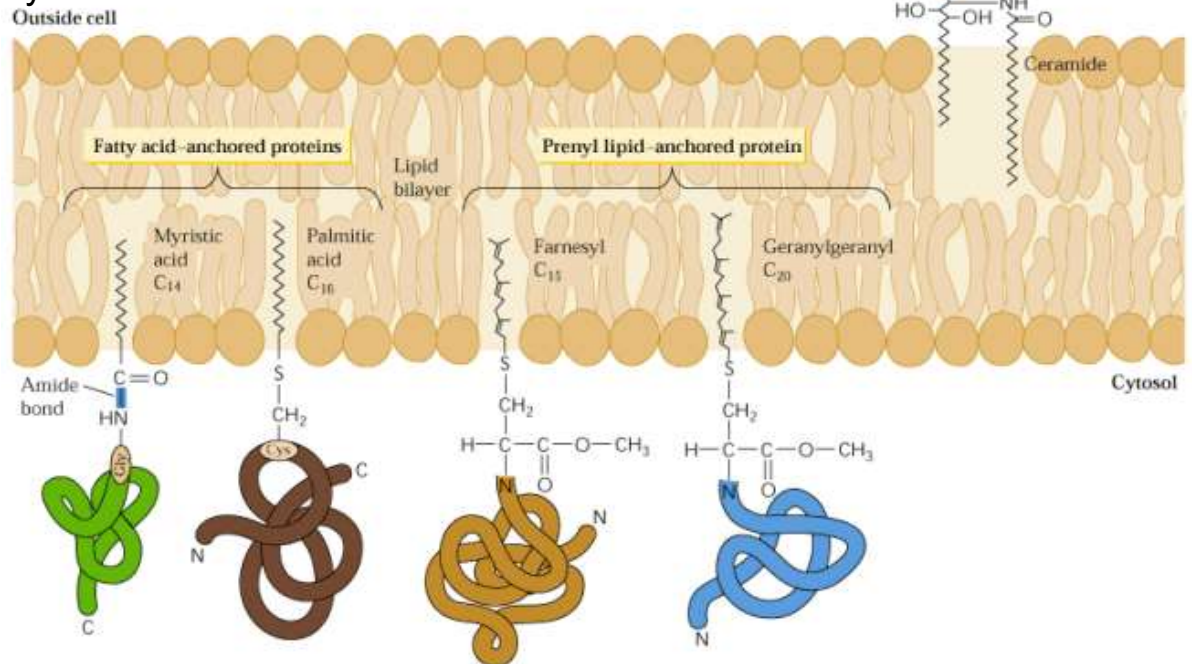
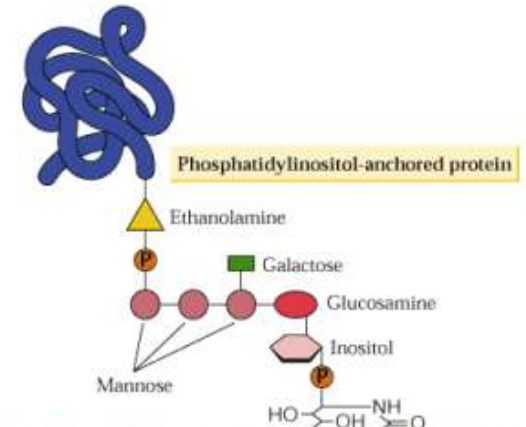
- Membránové proteiny

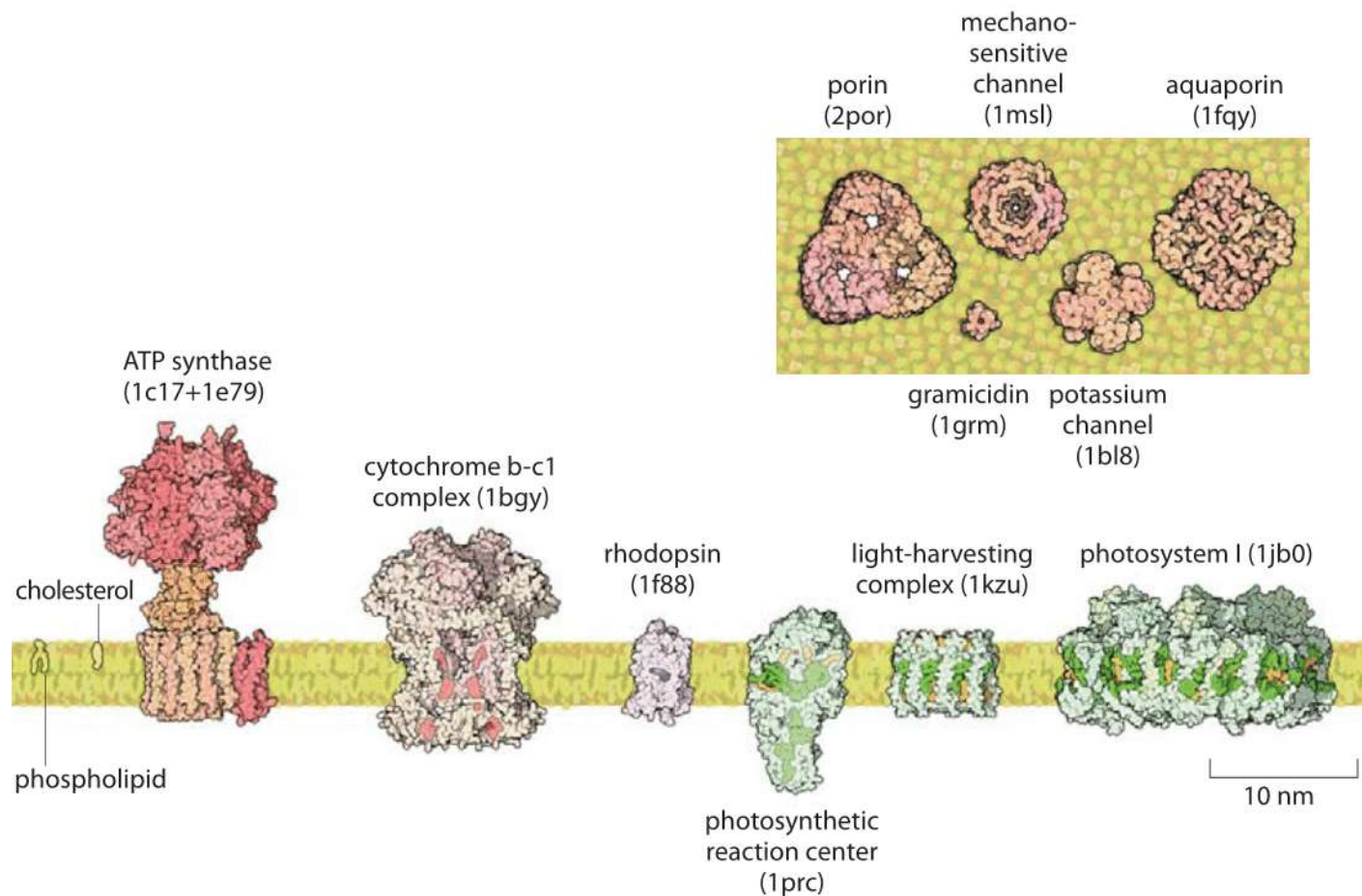
Proteiny kotvené v lipidové dvojvrstvě:

-Kotvení díky mastné kyselině - např. myristová, palmitová

-Kotvení díky prenylové kotvě – farnesyl, geranylgeranyl.

-Kotvení díky GPI kotvě (GPI = glycosylfosfatidylinositolová kotva; pouze kotvení v extracelulární nebo lumenální straně membrány. Lipidové mikrodomény.





Membrána s některými významnými proteiny a proteinovými komplexy. Nakresleno se zachováním velikostních poměrů, včetně částí proteinových struktur zasahujících mimo membránu.

<http://book.bionumbers.org/what-is-the-thickness-of-the-cell-membrane/>

Membránový transport

Volnou difúzí prochází
membránou:

- malé nepolární molekuly (O_2 , CO_2 , benzen)
- velmi malé polární molekuly (voda, močovina)

Pasivní transport:

- ve směru gradientu elektrochemického potenciálu
- nespotřebovává energii

Transportní systémy se
využívají pro:

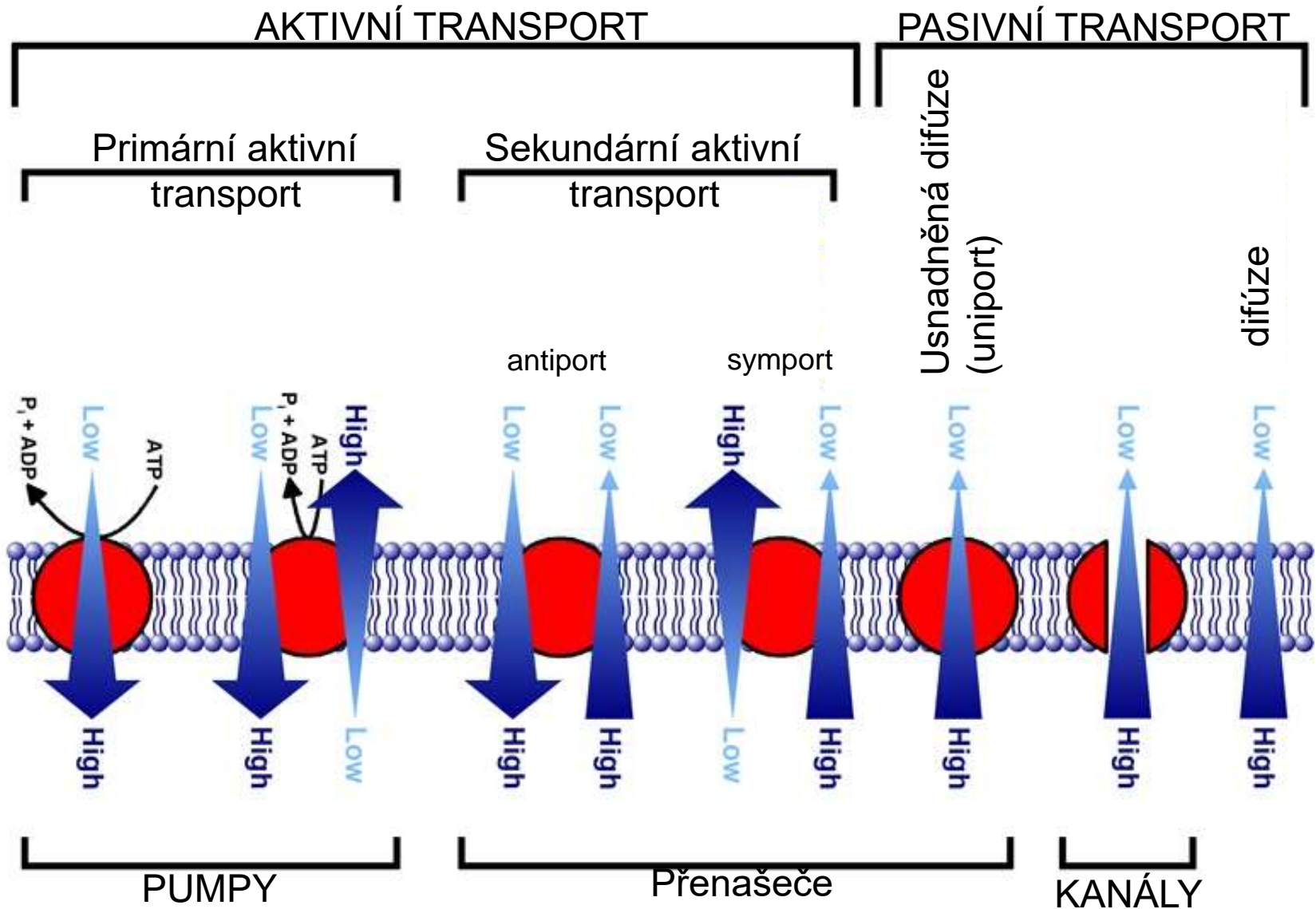
ostatní látky

Aktivní transport

- proti směru gradientu elektrochemického potenciálu
- spotřebovává energii (ATP)

Membránový transport

-transportní systémy



Membránový transport

-role

- **Tvorba energie** (vznik ATP v mitochondriích a chloroplastech)
- **Přenos signálů** (zvýšení koncentrace Ca^{2+} a opětovné ustavení gradientu).
- **Ustavení turgoru** (akumulace solí v cytosolu – především K^+).
- **Akumulace minerálů** pro biosyntézu organických molekul (NH_4^+ , NO_3^- , H_2PO_4^- , SO_4^{2-} , bor, zinek, měď, železo atp.)
- **Vylučování odpadních produktů**
- **Distribuce metabolitů** (organické látky jsou transportovány z asimilujících pletiv do celé rostliny).
- **Kompartmentace** (umožňuje probíhání několika metabolických dějů v jedné buňce najednou)

Membránový transport

-typy transportérů

-
- | | |
|---|---|
| 1. PUMPY - primární aktivní transport. | Relativně pomalý transport
10^2 molekul s^{-1} ; |
| 2. KANÁLY - pasivní transport. | Rychlý transport 10^6 - 10^7
molekul s^{-1} |
| 3. PŘENAŠEČE - přenos má charakteristiky odpovídající enzymové kinetice;
pasivní; specifické. Usnadněná difúze. | |
| 4. PŘENAŠEČE spojené s transportem protonů
- sekundární aktivní transport; symport nebo antiport. | 10^3 - 10^6 molekul s^{-1} |
| 5. Aquaporiny - usnadňují průchod vody
membránou | Rychlý transport
(10^9 molekul s^{-1}) |
-

Membránový transport PUMPY

- Transport látek s využitím energie štěpením ATP
- Syntéza ATP
- Generování transmembránového potenciálu (primární aktivní transport)

1. ATPázy P-typu (H^+ -ATPázy na plazmatické membráně; Ca^{2+} ATPázy na PM a endomembránách; Na^+/K^+ ATPázy na PM živočišných buněk)

2. ATPázy V-typu (přenos H^+ do vakuol, okyselování lumina endomembránových organel)

3. ATPázy F-typu (syntéza ATP v mitochondriích a chloroplastech)

4. H^+ -PPázy (přenos H^+ do vakuol; hydrolýza anorganického pyrofosfátu)

5. ABC pumpy (ATP-binding cassette transporters; přenos látek za hydrolýzy ATP)

ATPázy P-typy

- Během transportu dochází k fosforylaci katalytické podjednotky.
- Na⁺/K⁺ pumpa živočišných buněk; některé Ca²⁺-pumpy na PM a endomembránách; **rostlinné H⁺-ATPázy**

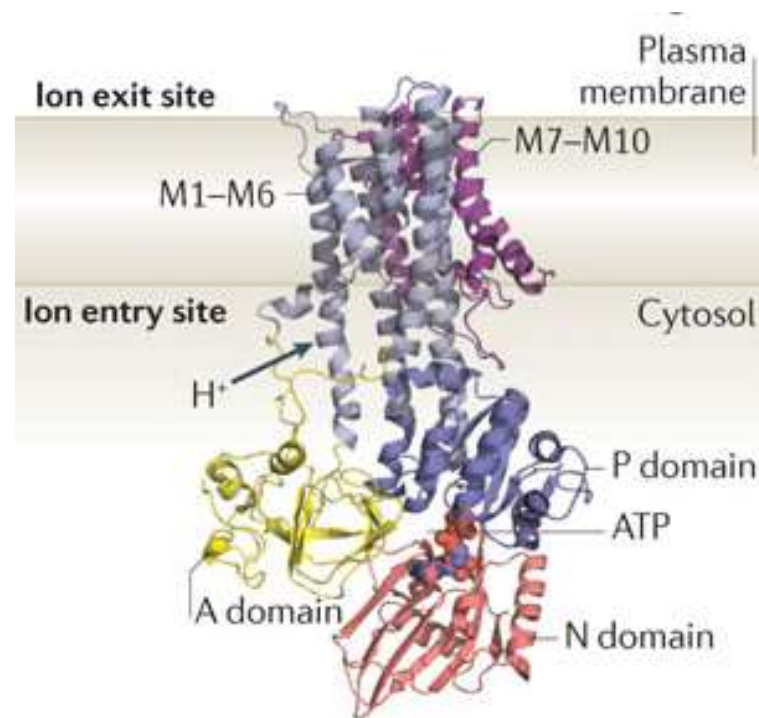
Rostlinné H⁺-ATPázy:

-100 kDa polypeptid pumpující H⁺ ven z buňky za hydrolýzy ATP (H⁺/ATP 1:1)

-Primární aktivní transportní systém rostlinné buňky: generuje **membránový potenciál**

-Kontrola pH cytoplazmy (aktivace za nízkého pH cytoplazmy)

-Okyseluje prostor buněčné stěny



Nature Reviews | **Molecular Cell Biology**

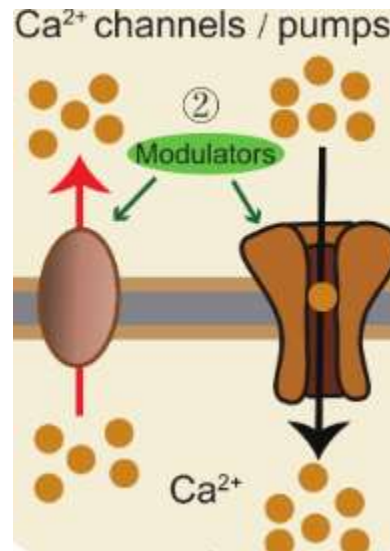
Nature Reviews Molecular Cell Biology 12, 60-70 (January 2011)

Ca²⁺ ATPázy

ATPázy P-typu

Nacházejí se v plazmatické membráně, endomembránách, membránách chloroplastů a ve vakuolární membráně.

Aktivní (hydrolýza ATP) přenos Ca²⁺ iontů z cytoplazmy – význam pro přenos signálů



ATPázy V- a F-typu

- Strukturní podobnost V- a F-typu ATPáz
- Transport H^+
- Během transportu nedochází k fosforylaci pumpy
- Komplex pumpy tvořen alespoň 3 druhy membránových a 5 druhy cytosolických proteinů

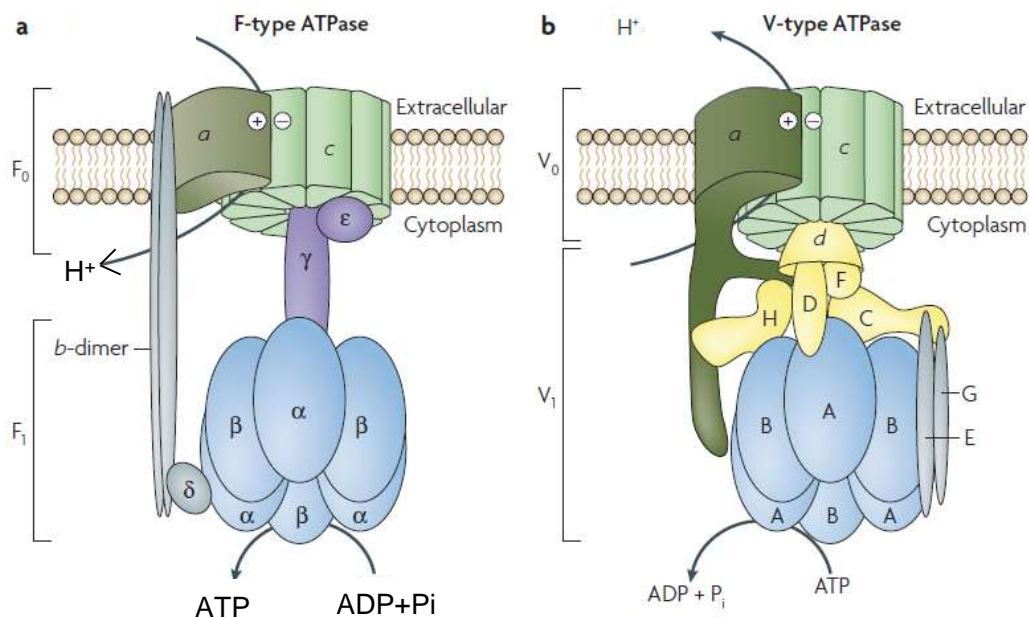


Figure 1 | Structure of the F- and V-type membrane ATPases. Orthologous subunits are shown in the same colour and shape, and unrelated but functionally analogous subunits of the central stalk are indicated by different colours and shapes. The *a*-subunits, which show structural analogy but might not be homologous, are indicated by similar shapes and colours. The minimal, prokaryotic sets of subunits of the F- and V-type ATPases are shown. The number of peripheral stalks in V-type ATPases is uncertain^{2,8,15}.

Upraveno dle Nature Reviews Microbiology 5, 892–899 (1 November 2007)

ATPázy V- a F-typu

- Strukturní podobnost V- a F-typu ATPáz
- Transport H^+
- Během transportu nedochází k fosforylaci pumpy
- Komplex pumpy tvořen alespoň 3 druhy membránových a 5 druhy cytosolických proteinů

V-typ:

Lokalizován ve **vakuolární membráně a endomembránách**; transport H^+ do vakuoly za hydrolýzy ATP; udržuje nízké pH vakuoly a dalších endomembránových organel.

F-typ:

Lokalizace v bakteriálních membránách, v mitochondriích a chloroplastech. Syntéza ATP během transportu H^+ po koncentračním spádu.

H⁺-PPázy - pyrofosfatázy

Vakuolární transportér protonů unikátní pro rostliny.

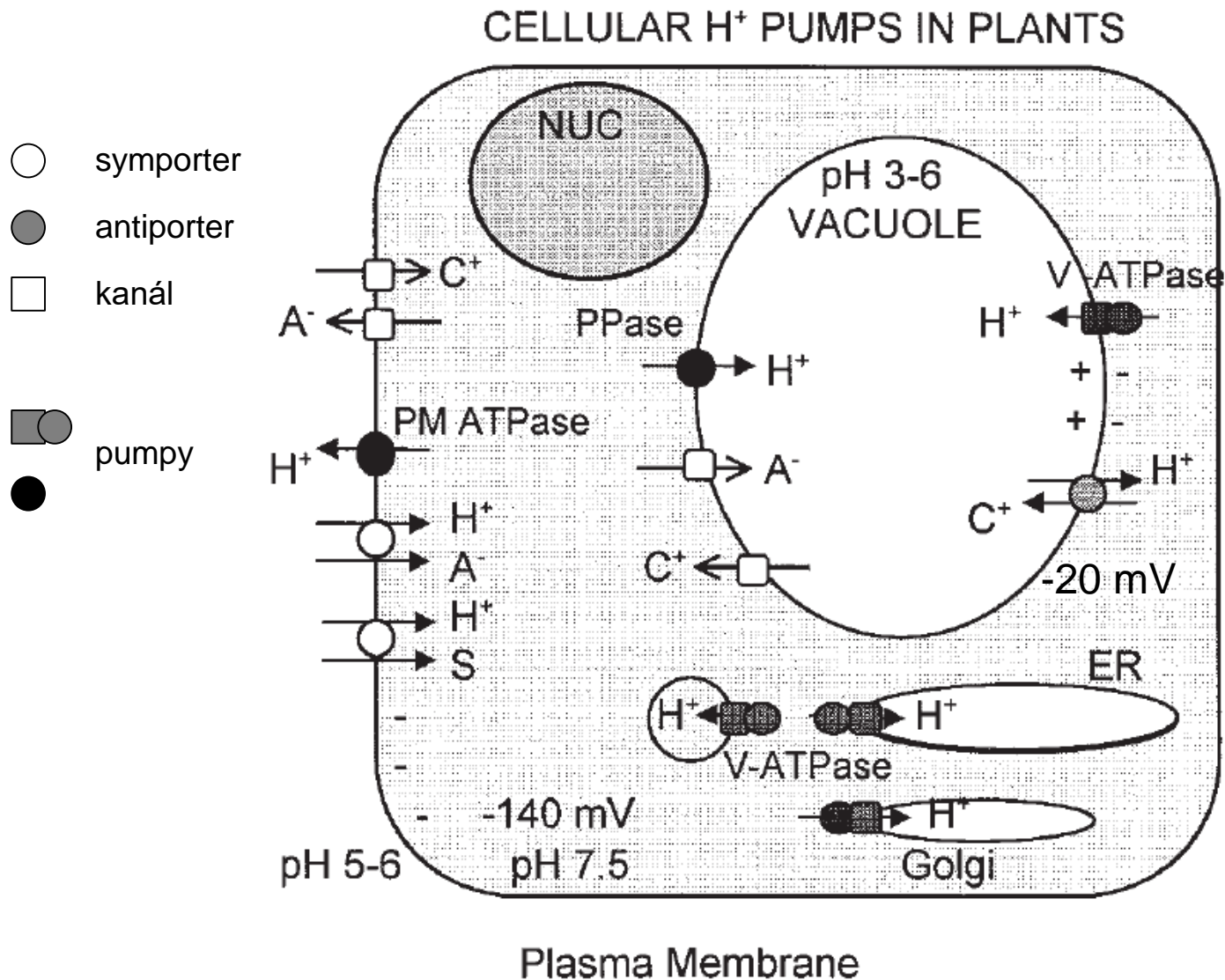
Štěpením anorganického pyrofosfátu katalyzuje přenos H⁺ do vakuoly.

Odlišné regulace (např. inhibice Ca ionty).

(Vznik pyrofosfátu: $ATP \rightarrow AMP + PP_i$)

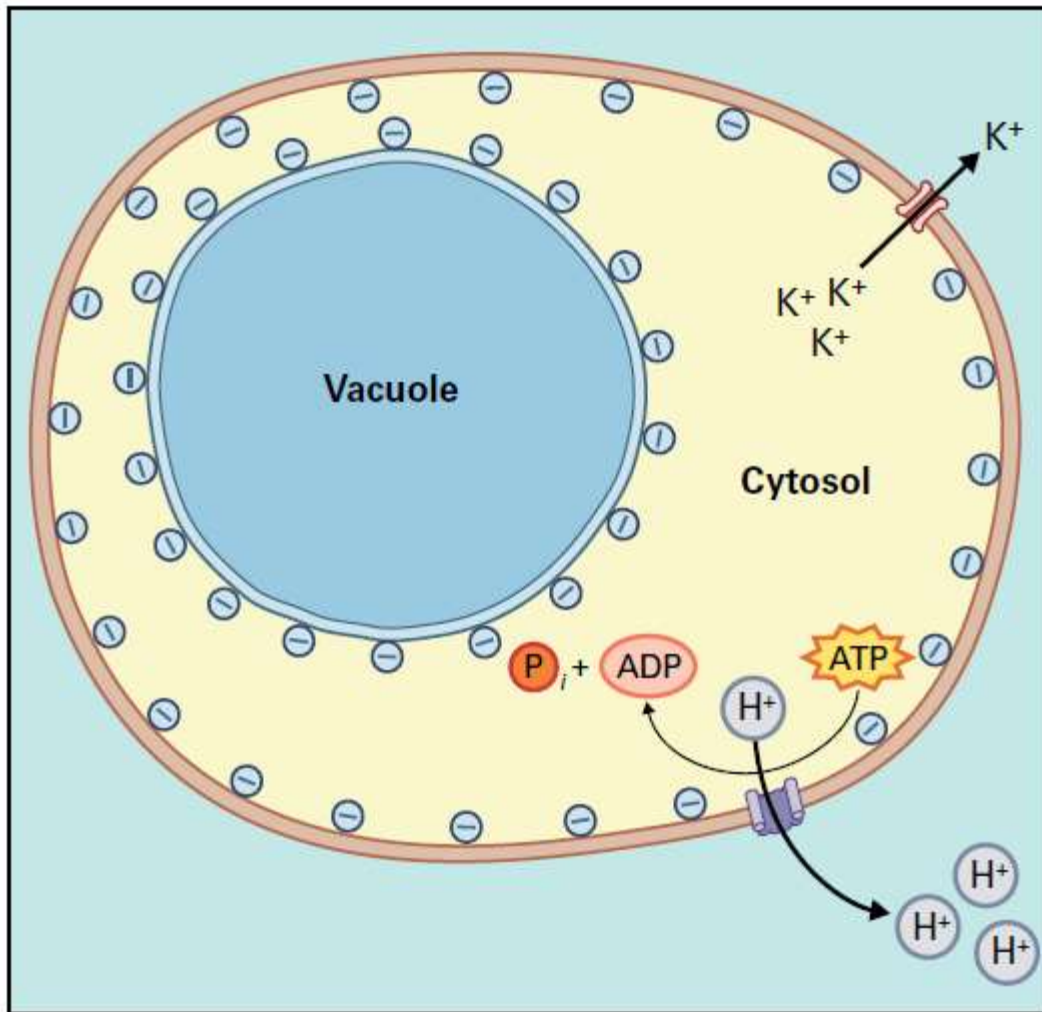
Membránový potenciál:

Rozdíl elektrických potenciálů mezi dvěma vodními prostředími oddělenými membránou.



Membránový potenciál:

H^+ pumpy a K^+ kanály jsou hlavními mechanismy udržení membránového potenciálu rostlinných buněk



H^+ ATPázy transportují H^+ ionty ven z buňky:

- udržení negativního membránového potenciálu
- soustavná činnost kompenzuje pohyb náboje přes membránu dalších transportních systémů

Gradient K^+ : koncentrace K^+ v buňce cca 150 mM, vně buňky 0,1-5 mM

- malé množství K^+ pomalu vytéká otevřenými kanály → udržování záporného náboje uvnitř buňky
- kanály se uzavírají při přílišném snížení náboje

Další transporty přispívají k přesunu náboje

ABC transportéry ABC=**A**TP-**B**inding **C**assette transporters

Velká rodina proteinů (>100 genů), strukturní podobnost

Aktivní transport různých organických látek za štěpení ATP

V rostlinách lokalizace často v tonoplastu, transportují např.

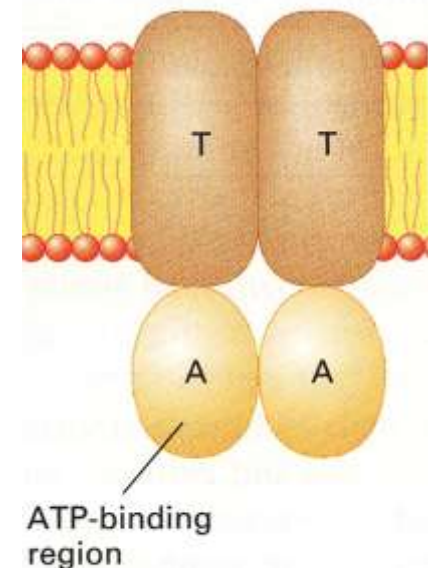
-Sekundární metabolity (flavonoidy, antokyany, degradační produktv chlorofvu)

-Xenobiotika

-Fytochelatiny

ABC transportér na PM: transport monolignolů

do buněčné stěny



ABC superfamily

Membránový transport KANÁLY

Transmembránové proteiny vytvářející póry v membráně

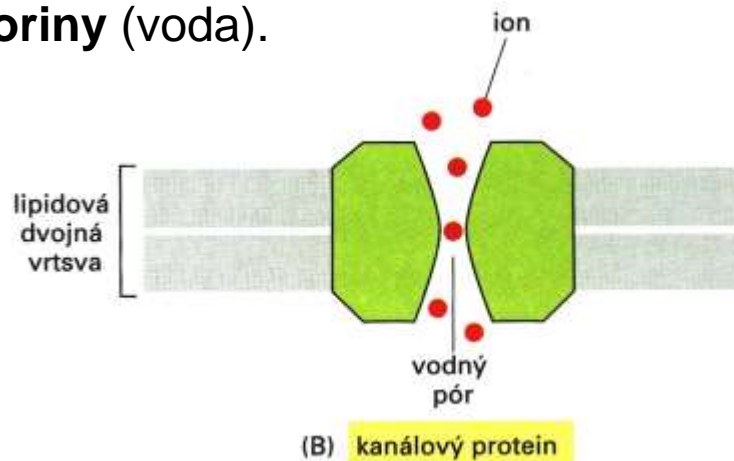
Selektivní (velikost póru, náboj)

Výhradně pasivní transport

Regulace otevření/uzavření pomocí napětí, vazby ligandu nebo mechanicky

Kanály významné pro rostlinné buňky:

Kationtové (K^+ , Ca^{2+}); **aniontové** (Cl^- ; NO_3^-); kanály pro **organické kyseliny** (malátový kanál na vakuolární membráně; kanály na plazmatické membráně); **aquaporiny** (voda).



K⁺ kanály

Kanály transportující dovnitř nebo ven

Velké genové rodiny

Ven transportující K⁺ kanály:

-otevření při depolarizaci
membrány = vyrovnávání V_m .

Funkce např. při zavírání
průduchů, udržování
membránového potenciálu.

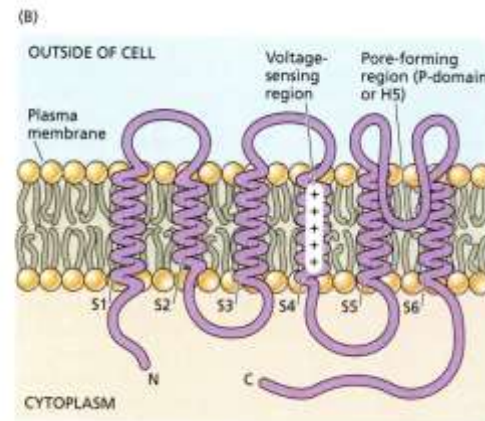
Dovnitř transportující K⁺ kanály:

-příjem K⁺ z apoplastu
-aktivují se při negativním potenciálu -
hyperpolarizací

Funkce např. při otevírání průduchů,
generují turgor



potassium
channel



Ca²⁺ kanály

Přenos **signálu** (dočasné zvýšení koncentrace Ca²⁺ v cytosolu)

Řízeny **napětově**, **vazbou ligandu** nebo **mechanicky**.

Ca²⁺ kanály v rostlinné buňce:

mechanosenzitivní kanály

ligandem otevírané kanály (cADP-ribózou, glutamátem)

napětově otevírané kanály (hyperpolarizací a depolarizací)

Aniontové kanály

Chloridové kanály:

- Kontrola transmembránového potenciálu
- Vyrovnávání náboje při transportu solí

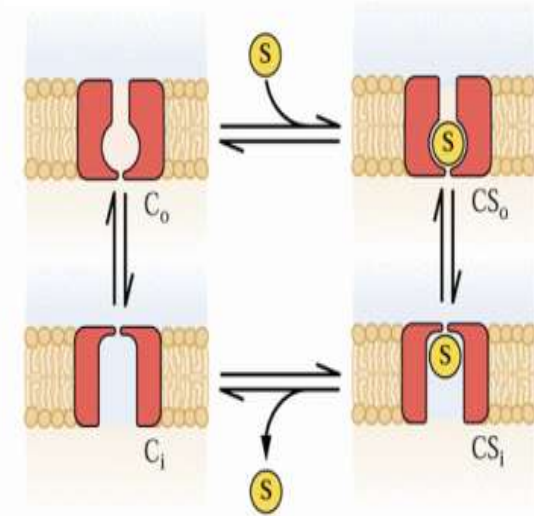
Kanály pro organické kyseliny:

- Malátový kanál ve vakuolární membráně
- Aniontové kanály pro organické kyseliny v plazmatické membráně (např. chelatace těžkých kovů v rhizosféře)

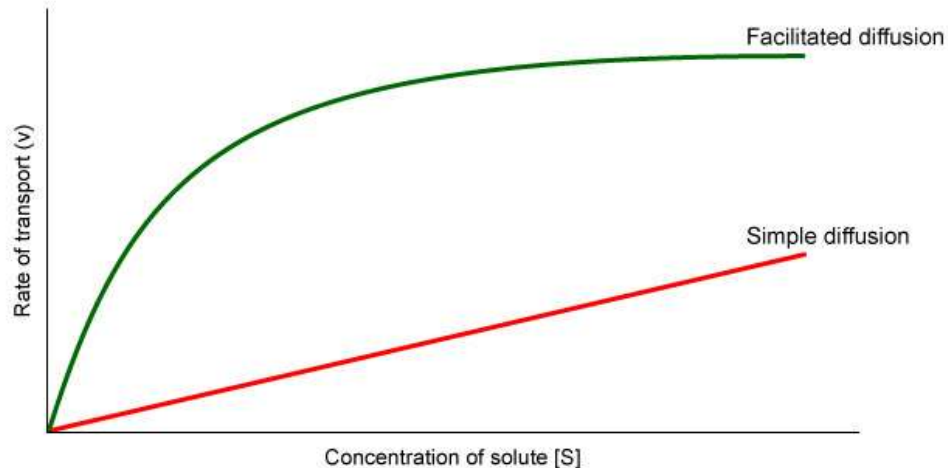
Membránový transport PŘENAŠEČE (usnadněná difúze)

PŘENAŠEČE:

- Pasivní transport
- Pomalý transport (10^2 až 10^3 molekul/s)
- Při přenosu mění konformaci
- Enzymová kinetika přenosu látek



Kinetics of Simple and Facilitated Diffusion



Membránový transport PŘENAŠEČE SPOJENÉ S TRANSPORTEM PROTONŮ -kotransportéry

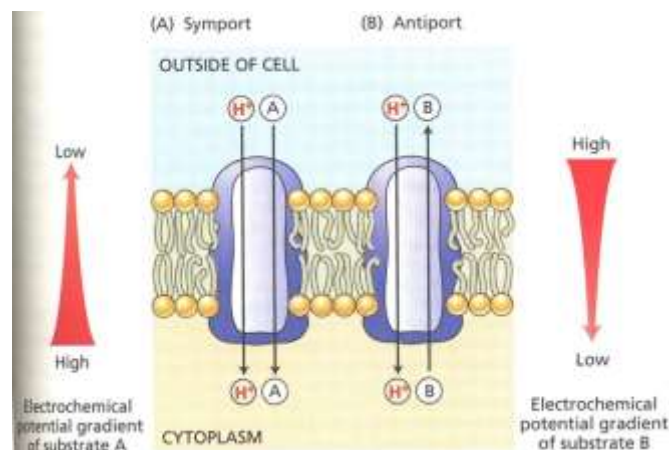
PŘENAŠEČE SPOJENÉ S TRANSPORTEM PROTONŮ:

-Přenos spojen s transportem H^+ (využití protonového gradientu)

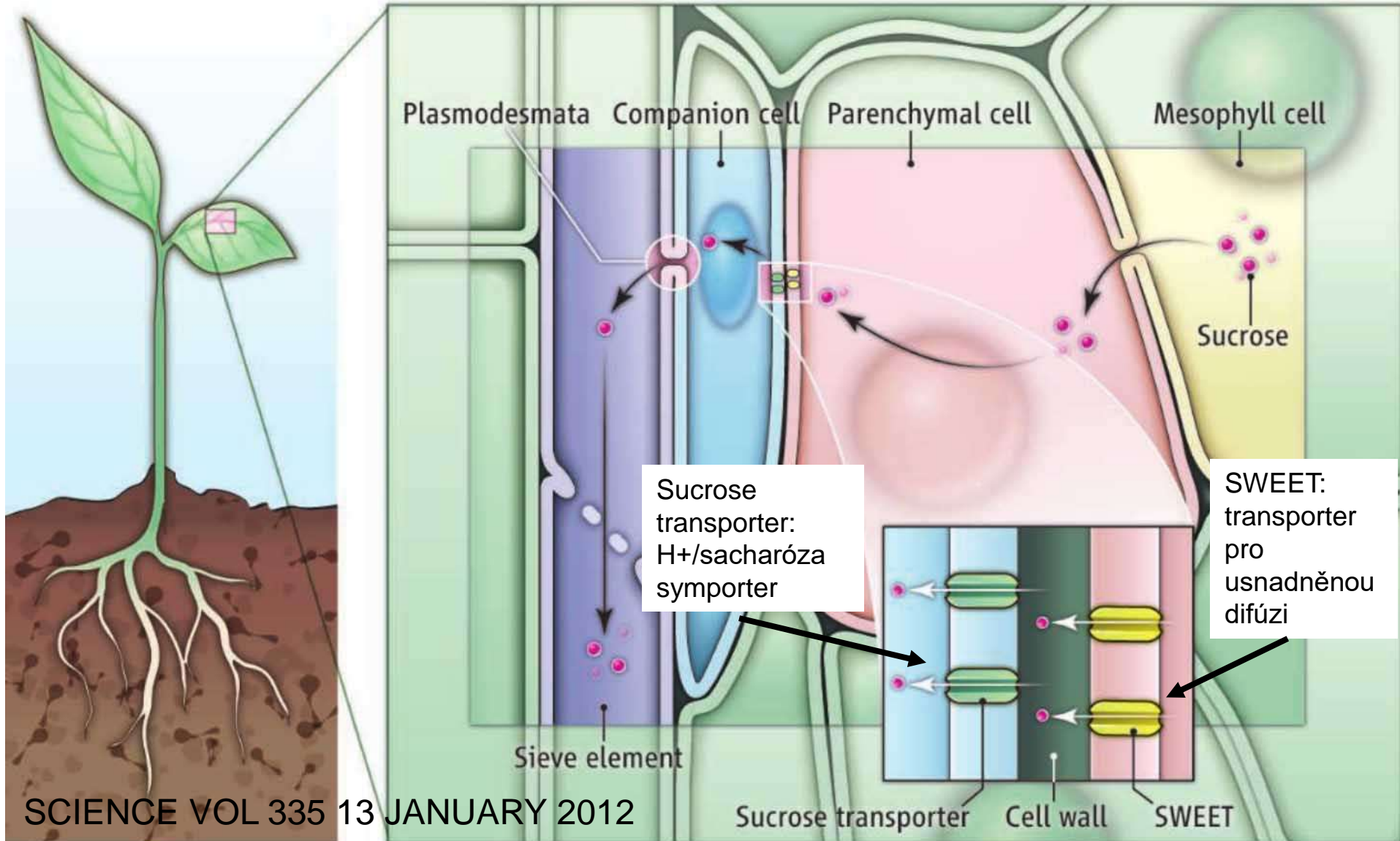
-**Sekundární aktivní transport**

-Symport nebo antiport

(Např. sacharózový symporter
SUC2 pro nakládání floému)

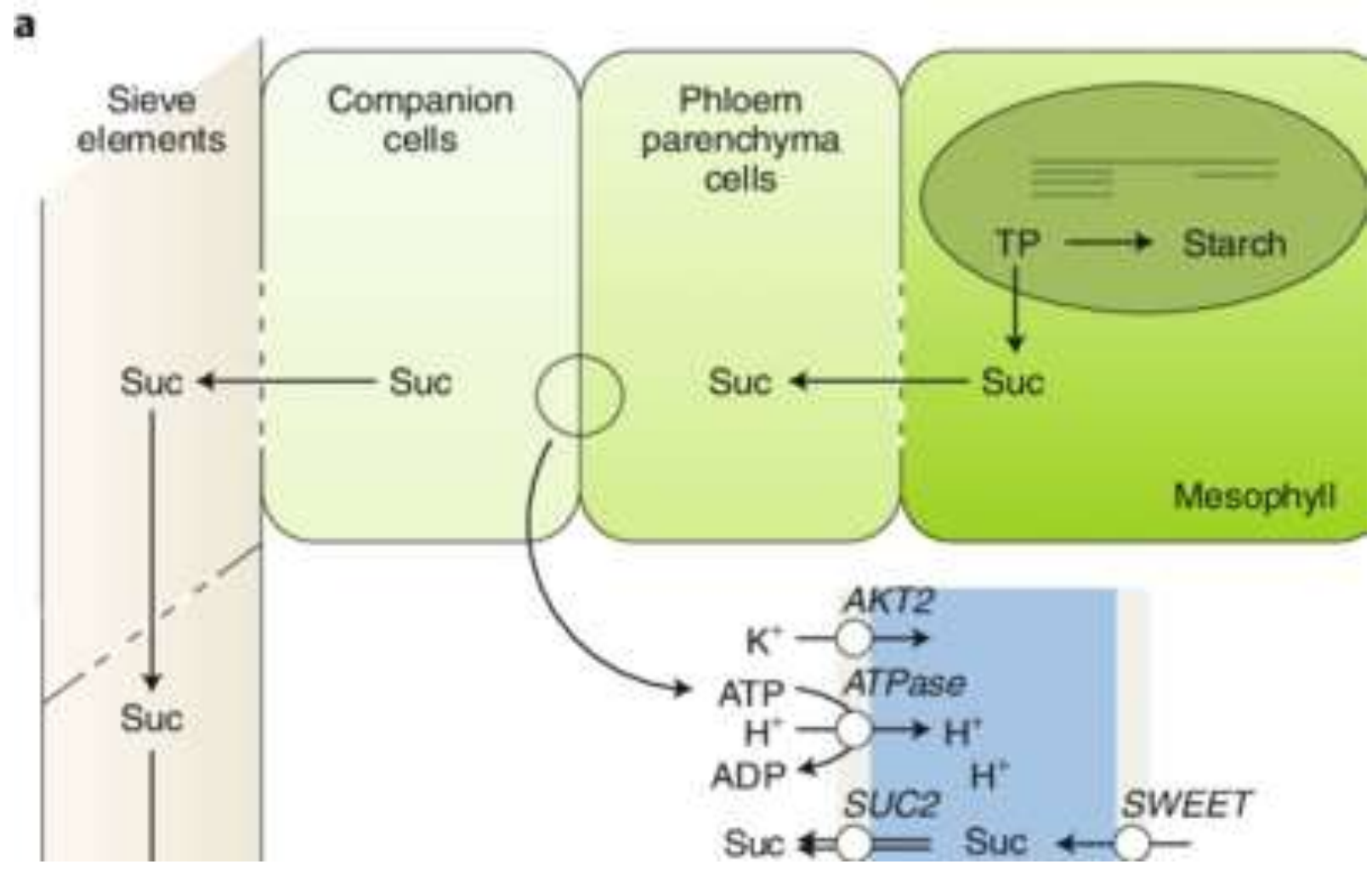


Membránový transport PŘENAŠEČE (usnadněná difúze)



SCIENCE VOL 335 13 JANUARY 2012

Membránový transport PŘENAŠEČE SPOJENÉ S TRANSPORTEM PROTONŮ -kotransportéry

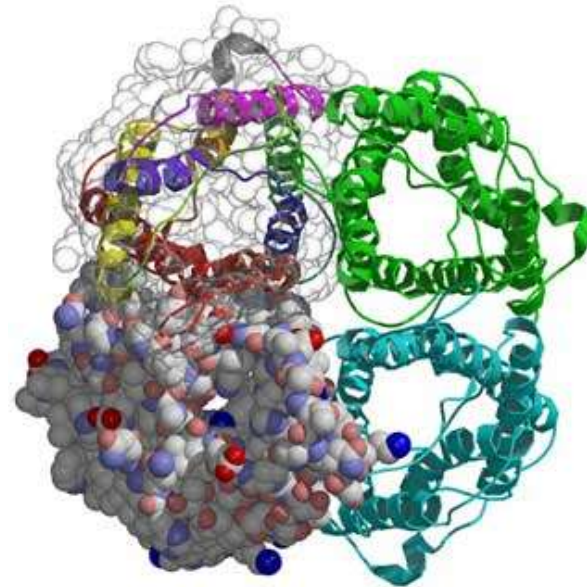
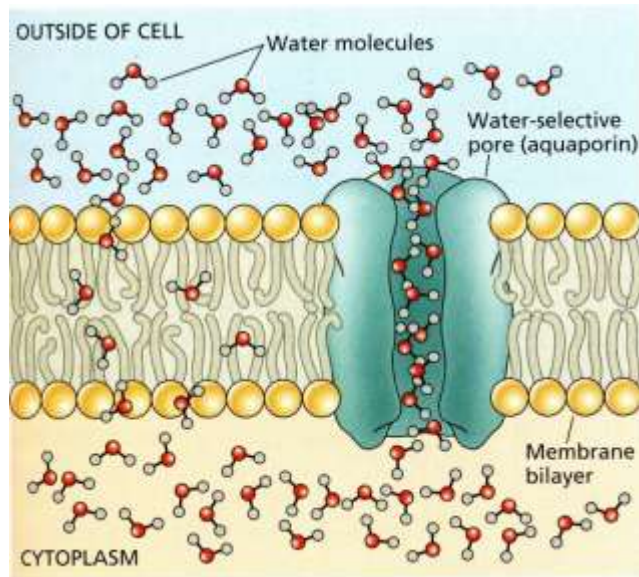


Membránový transport AQUAPORINY

Malé integrální membránové proteiny (25-30kDa), tvořící póry

Usnadňují transport vody přes membránu

Rostliny kódují mnoho izoform; exprese je pletivově-specifická



Shrnutí

Definice eukaryotické buňky (vznik, kompartmentace, endosymbióza)

Biologické membrány: složení, struktura, vlastnosti (BMBP 2-13)

Transport na membránách: aktivní x pasivní transport; typy přenašečů, jejich hlavní role a membrány, kde je najdeme (BMBP 111-150)

Membránový potenciál

K dalšímu čtení a zajímavosti:

<https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2017/cislo-2/kyslikova-odysea.html>

Plži na sluneční pohon: <https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-priroda/23836/ukradena-zelen-plzi-na-slunecni-pohon.html>

BMBP: Biochemistry and
Molecular Biology of Plants,
Buchanan & col, 2015

