



# Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin

## Vyšší rostliny: vznik a hlavní znaky

výtah z přednášek prof. Petra Bureše, drobné úpravy P. Šmarda 2023



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Co patří k vyšším rostlinám?

Vyšší rostliny = „land plants“ = suchozemské rostliny

## mechorosty



hlevíky  
jatrovky  
mechy



## plavuně

## kaprad'orosty



včetně  
přesliček



## nahosemenné

## krytosemenné



# Jak vysoké jsou vyšší rostliny?

~ **0,2 mm** – na hladině plovoucí *Wolffia* příbuzná okřehků

> **100 m** – gigantické jehličnany čel. *Taxodiaceae*

Nejvyšší – *Sequoia sempervirens* – jedinec vysoký 115,7 m – nazván Hyperion  
v národním parku Redwood v Kalifornii

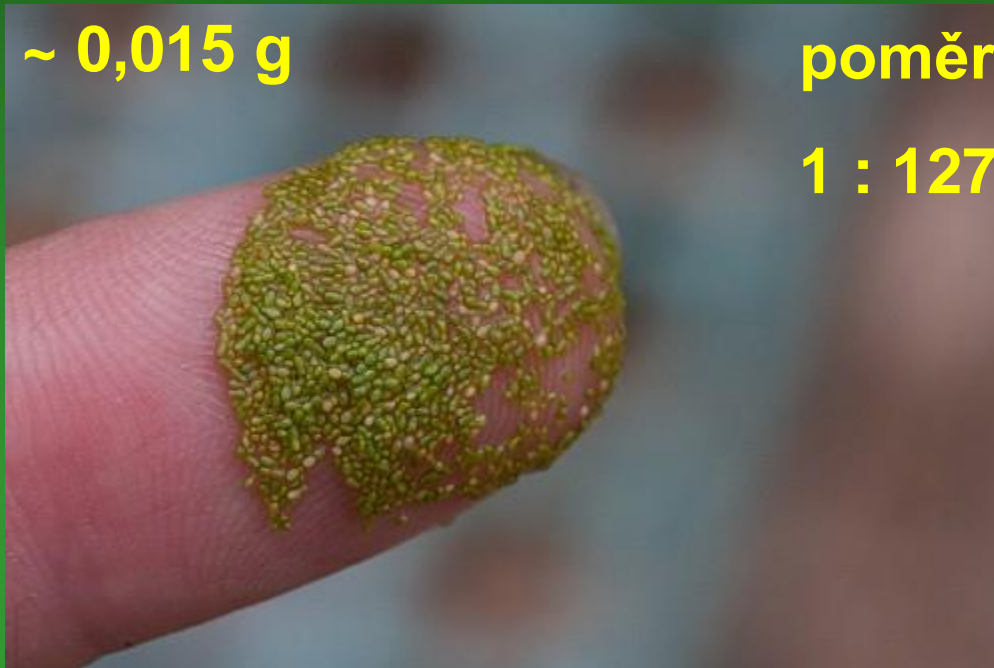
Nejobjemější – *Sequoiadendron giganteum* – jedinec s objemem 1487 m<sup>3</sup>  
– nazván General Sherman v = 83,8 m, Ø = 7,7 m, věk = 2300–2700 let, Sequoia  
National Park v Kalifornii

*Wolffia columbiana* (*Araceae*)

~ **0,015 g**

**poměr**

**1 : 127 miliard**



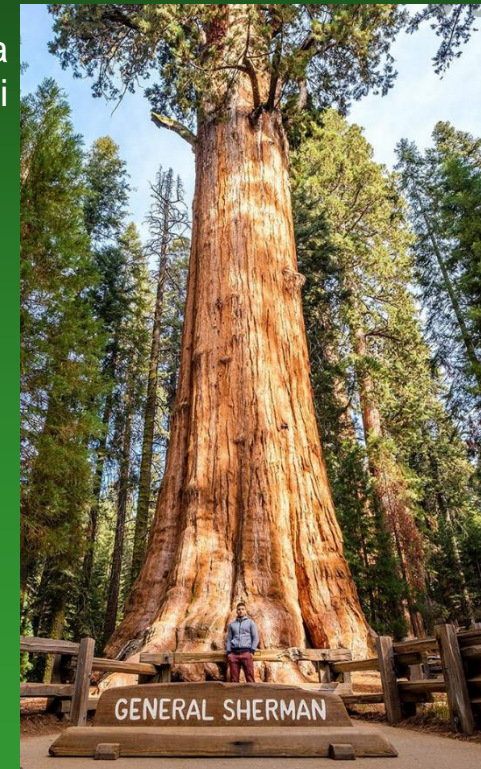
115,7 m

111 m



Hyperion

AZ Tower



~ **1900 tun**

# Jak vysoké jsou vyšší rostliny?

~ **0,2 mm** – na hladině plovoucí *Wolffia* příbuzná okřeheků

> **100 m** – gigantické jehličnany čel. *Taxodiaceae*

Nejvyšší – *Sequoia sempervirens* – jedinec vysoký 115,7 m – nazván Hyperion  
v národním parku Redwood v Kalifornii

Nejobjemější – *Sequoiadendron giganteum* – jedinec s objemem 1487 m<sup>3</sup>  
– nazván General Sherman v = 83,8 m, Ø = 7,7 m, věk = 2300–2700 let, Sequoia  
National Park v Kalifornii

*Wolffia columbiana* (Araceae)

~ **0,015 g**



115,7 m

111 m



Hyperion

AZ Tower

klonální populace  
*Populus tremuloides*  
v Utahu

~ **5900 tun**



≈ 1/2 bilion-krát těžší než *Wolffia*

**Vyšší rostliny:  
jejich vznik  
a postavení ve fylogenetickém  
stromu života na Zemi**

# Vyšší rostliny ve stromu života

S řasami, živočichy a houbami patří k doméně *Eukarya*

3 domény stromu života:

1. *Bacteria*

2. *Archaea*

3. *Eukarya* – membránami  
ohraňované organely:

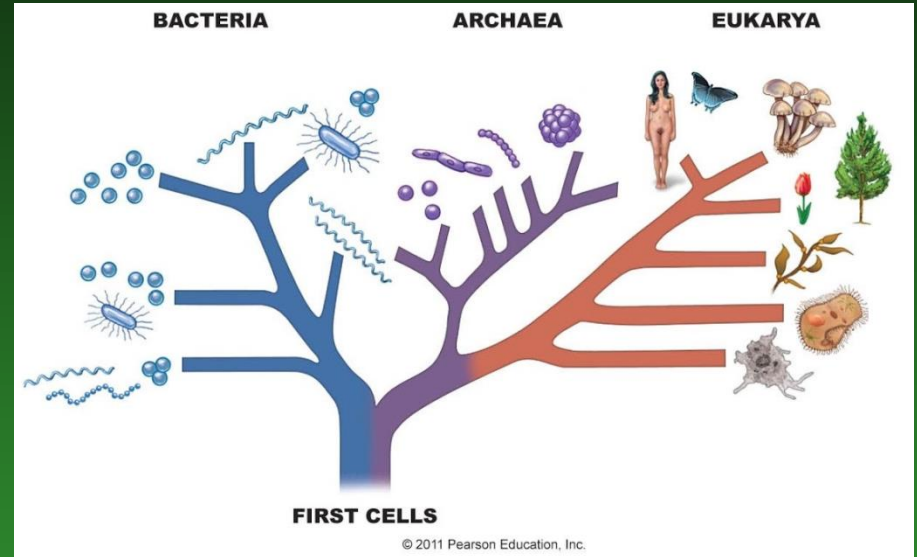
mitochondrie,

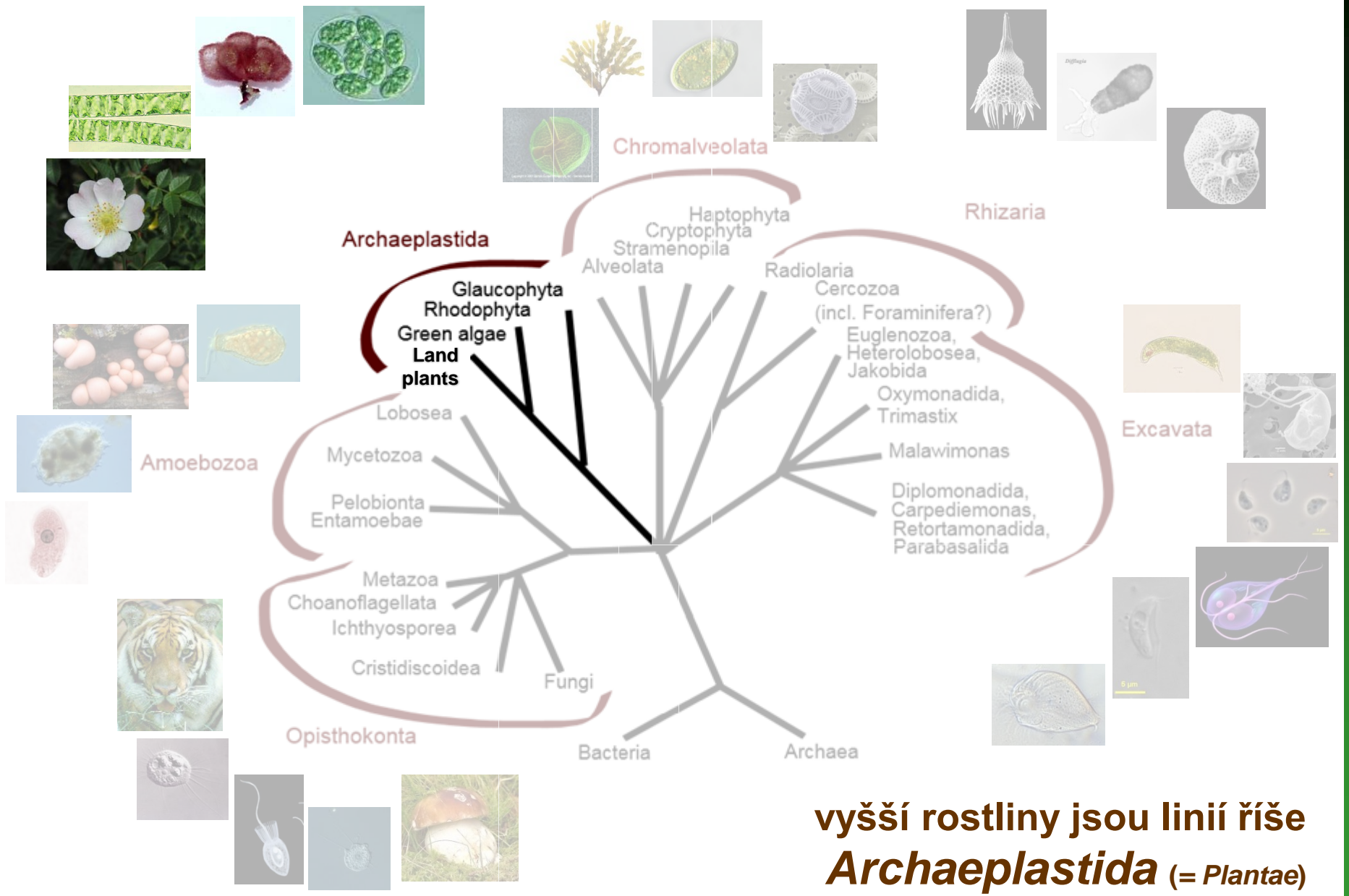
Golgiho aparát,

endoplasmatické retikulum a

jádru s chromosomy (= nukleoproteinovými  
strukturami organizujícími se během mitózy

Život vznikl před 3,5 mld. let  
? u termálních vývěrů





vyšší rostliny jsou linií říše  
**Archaeplastida** (= *Plantae*)

# Dominium *Eukarya* divergovalo do šesti říší

# Evolve „chloroplastu“

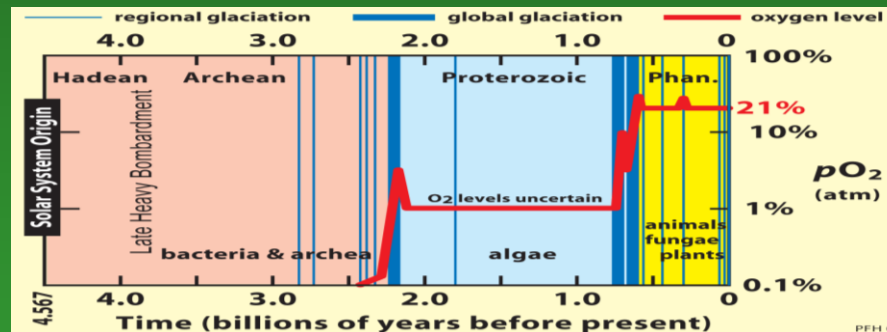
= **Velká kyslíková katastrofa – 2.4 bya**

= důsledek evoluce (oxygenní) fotosyntézy u sinic



## reduktivní atmosféra

archea → metan  
extrémní teploty,  
radiace, pH, salinita ...



## oxidativní atmosféra

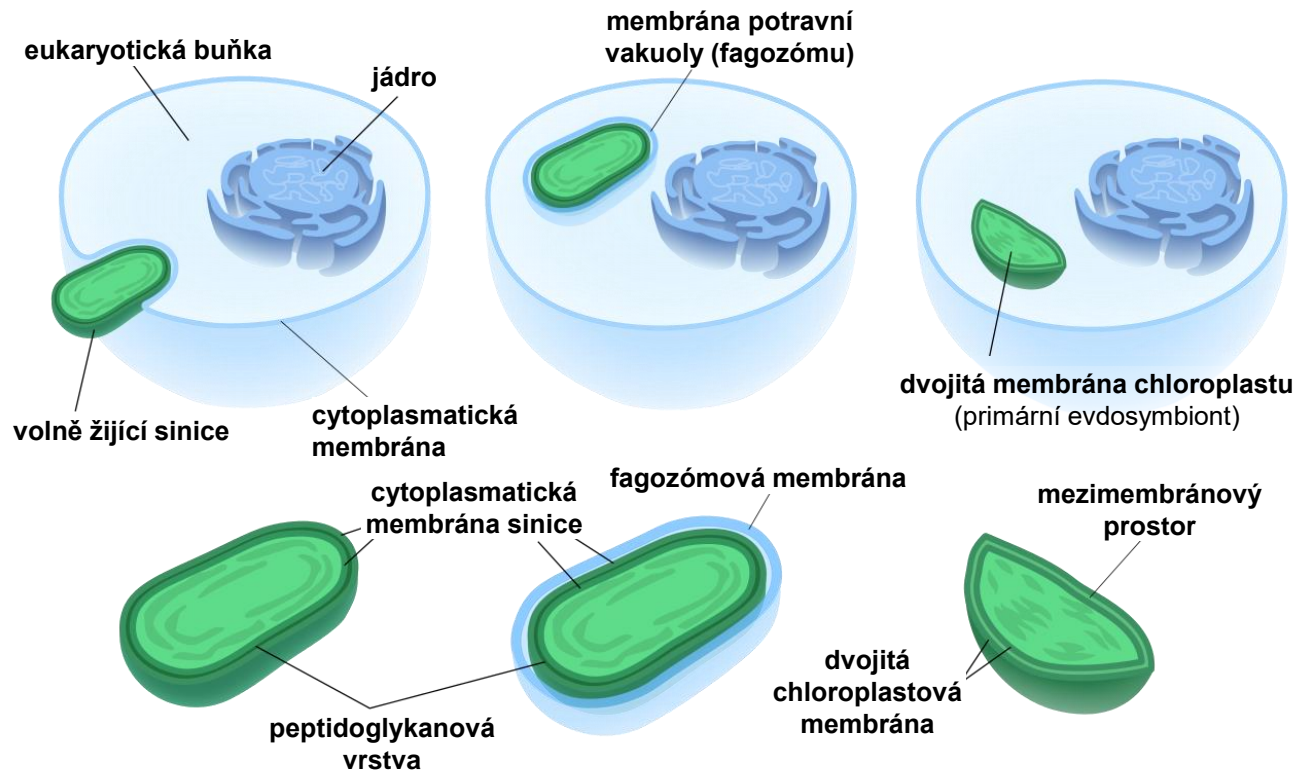
sinice → kyslík  
toxický pro anaerobní archea  
rozkládá metan na H<sub>2</sub>O a CO<sub>2</sub>

**Fotosyntéza vznikla u sinic před 2,5 mld. let** – syntéza uhlovodíků pomocí Slunce úspěšně přežila v nezměněné formě dodnes. Kyslík = odpad fotosyntézy se srážel oxidací (např. v hematitových sedimentech). Když došly ionty železa, síry, ... ve vodě i na souši, začal O<sub>2</sub> unikat do atmosféry. Zabíjel konkurenční anaerobní archea, rozkládal skleníkově působící metan. Nastalo ochlazení, zalednění, masové vymírání. Koncentrace O<sub>2</sub> nepřesáhla 3%.



# Vznik archeplastid – ?1.8 bya

= **Vznik chloroplastu** s dvojitou membránou primárně endosymbioticky  
(= heterotrofní prvek fagocyticky pohltil sinici, nestrávil a „domestikoval ji“)



Chloroplast krásnooček a obrněnek – vznikl sekundární endosymbiózou = fagocytickým uchvácením buňky zelené řasy protozoální buňkou

Chloroplast chaluhy, rozsivky, ... – vznikl také sekundární endosymbiózou = fagocytickým uchvácením buňky červené řasy protozoální buňkou

## Vznik archeplastid – ?1.8 bya

**Buněčné jádro dnešních Viridiaeplantae  
= chiméra tří genomů:**

1. původní archeální genom buňky, ze které vznikla buňka eukaryotická (která pohltila „budoucí mitochondrii“ a poté i „budoucí chloroplast“)
2. genom pohlčené  $\alpha$ -proteobakterie, ze které vznikla mitochondrie
3. genom sinice, ze které vznikl chloroplast

# Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytobionta*

podříše *Viridaeplantae* - zelené rostliny

vývojová linie: Chlorophytae - zelené řasy



vývojová linie: *Streptophytae*

vývojová větev *Charophytae* - parožnatky



vývojová větev *Bryophytae* - mechorosty



vývojová větev *Cormophytae* - cévnaté rostliny



**Vyšší rostliny**

# Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytobionta*

podříše *Viridaeplantae* (=Chlorobionta, Chloroplastida) – zelené rostliny = zelené řasy + parožnatky + vyšší rostliny

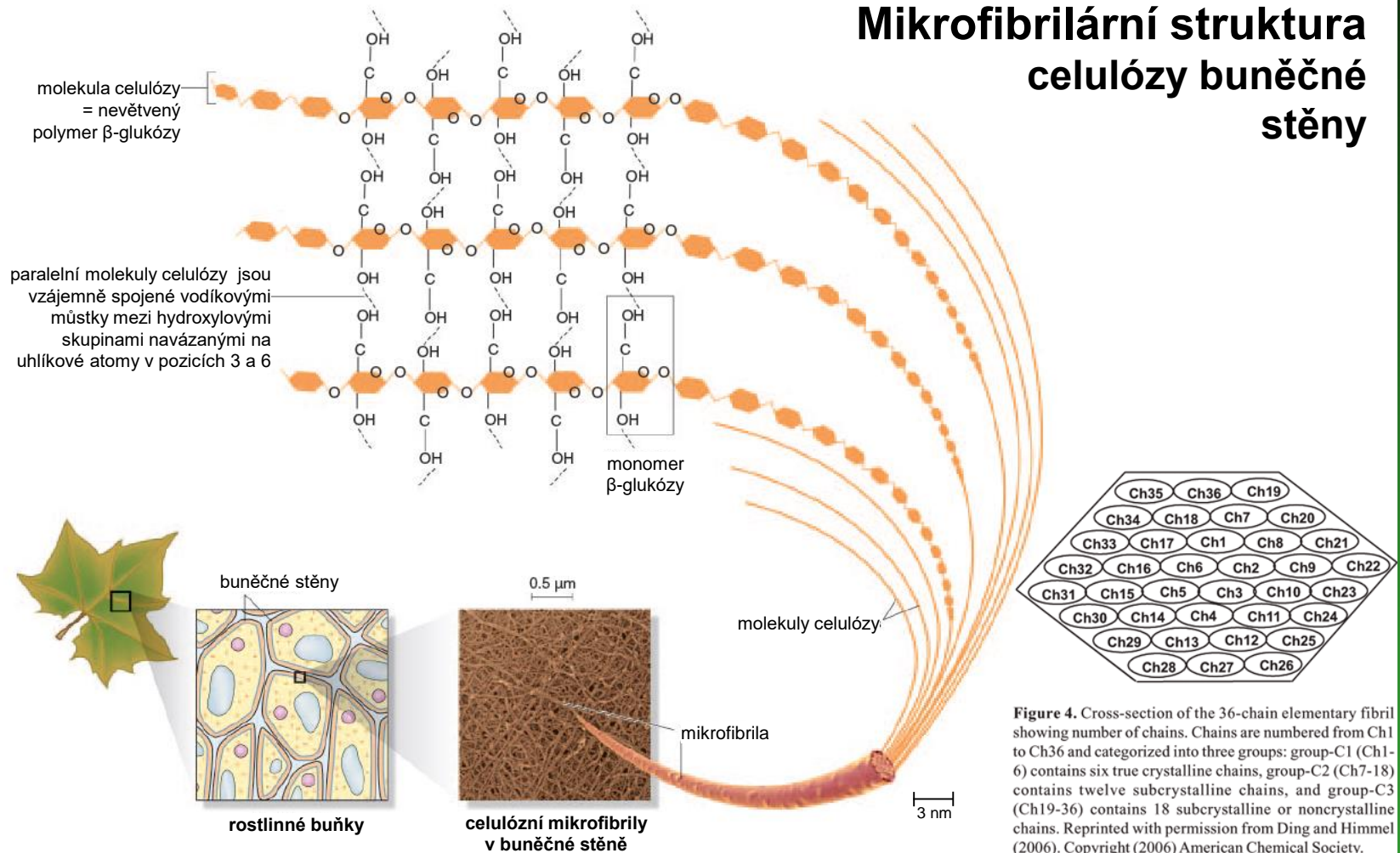
hlavní znaky:

1. fotosyntetická barviva,
2. zásobní a stavební polysacharidy,
3. stavba chloroplastu,



# Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

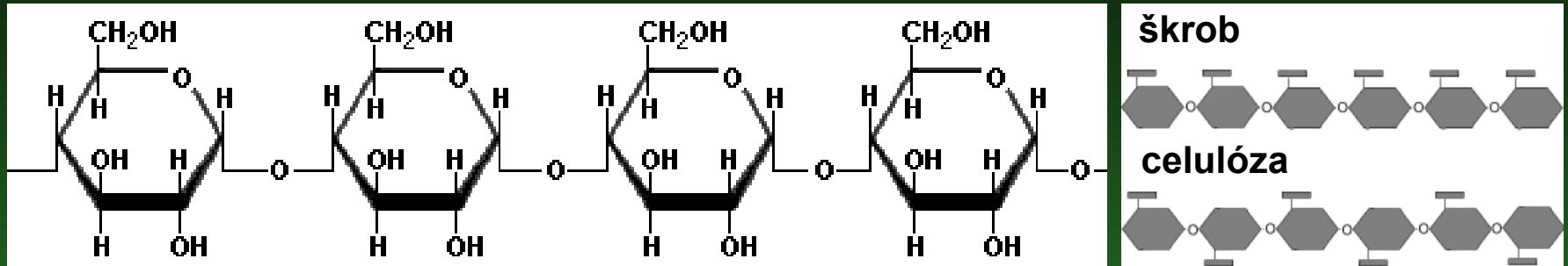
Stavební polysacharid = (2) celulóza – tvoří buněčnou stěnu



**Celulózní exoskelet buňky = preadaptace na mnohobuněčnost a terestrializaci**

# Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

## Zásobní polysacharid = (3) škrob



Škrob – glukóзовé jednotky spojeny vazbou v alfa 1,4 pozici; celulóza v beta 1,4 pozici

Škrob mají i glaukofyty nebo obrněnky; ruduchy mají florideový škrob

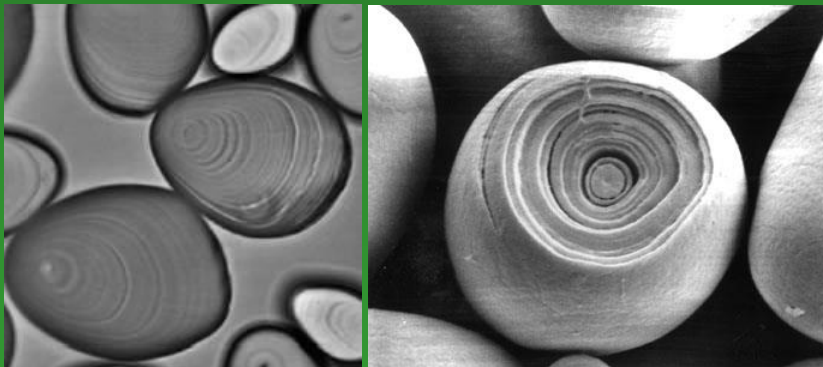
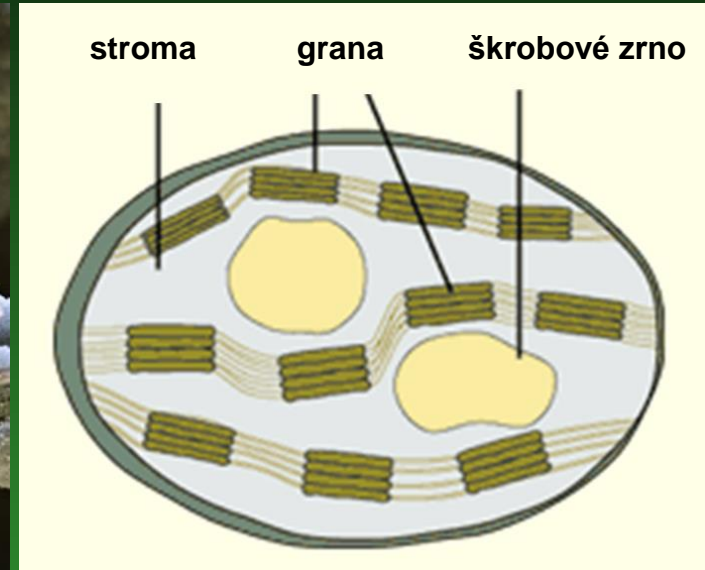
# Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

## (4) chloroplasty obsahují škrobová zrna

chloroplasty rulíku zlomocného s jednotlivými škrobovými zrny



chloroplast



Zrna mají vrstevnatou strukturu

**Škrob glaukofytů ani florideový škrob ruduch se v chroplastech neukládají**



# Z moře do sladkých vod = vznik streptofytní linie – 950–725 mya

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytobionta*

podříše *Viridaeplantae* - zelené rostliny

vývojová linie: *Chlorophytae* - zelené řasy

**vývojová linie: *Streptophytae*  
= parožnatky + vyšší rostliny**

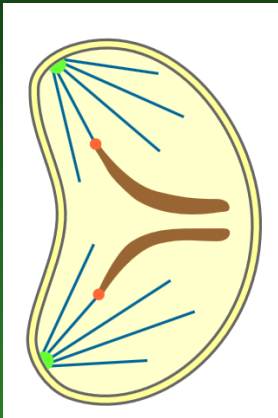
- (1) Otevřená ortmitóza,
- (2, 3) Fragmoplast v cytokinézi, plazmodesmy mezi buňkami
- (4) Oogamická rodozměna
- (5, 6) Gravitropní růst, rhizoidy
- (7) Rozetovitý celulózo-syntetizující komplex

Vyšší rostliny zahrnují dvě vývojové linie v podříši *Viridaeplantae*

# Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

## (1) Otevřená ortomitóza

### Uzavřená pleuromitóza

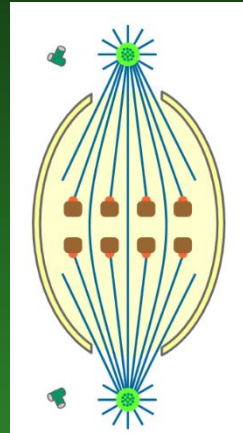


U zelených řas jen v bazální třídě *Prasinophyceae*

Pleuro = vřeténka nejsou kolmo na ekvatoriální rovinu dělení

Uzavřená = jaderná membrána neporušená

### Částečně otevřená ortomitóza

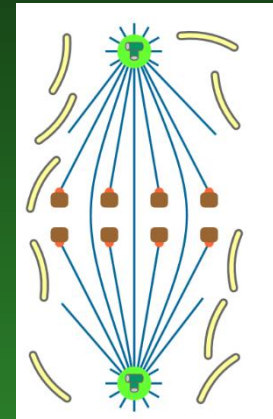


Ostatní *Chlorophyta*

Orto = vřeténka kolmo na ekvatoriální rovinu dělení

Částečně otevřená = v jaderné membráně polární okénka s centriolami

### Otevřená ortomitóza

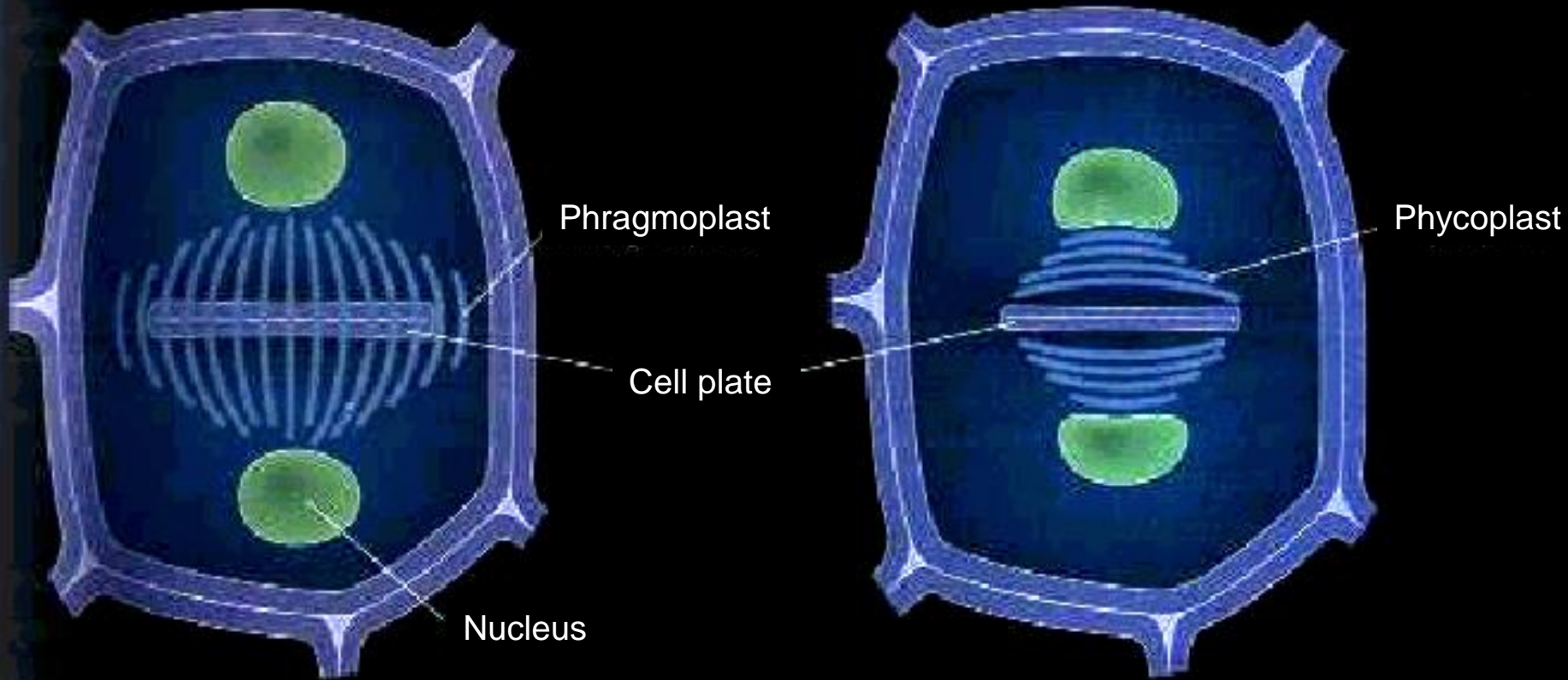


*Streptophytae*

Jaderná membrána se rozpouští na počátku mitózy

# Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

Během cytokinézy se tvoří (2) fragmoplast



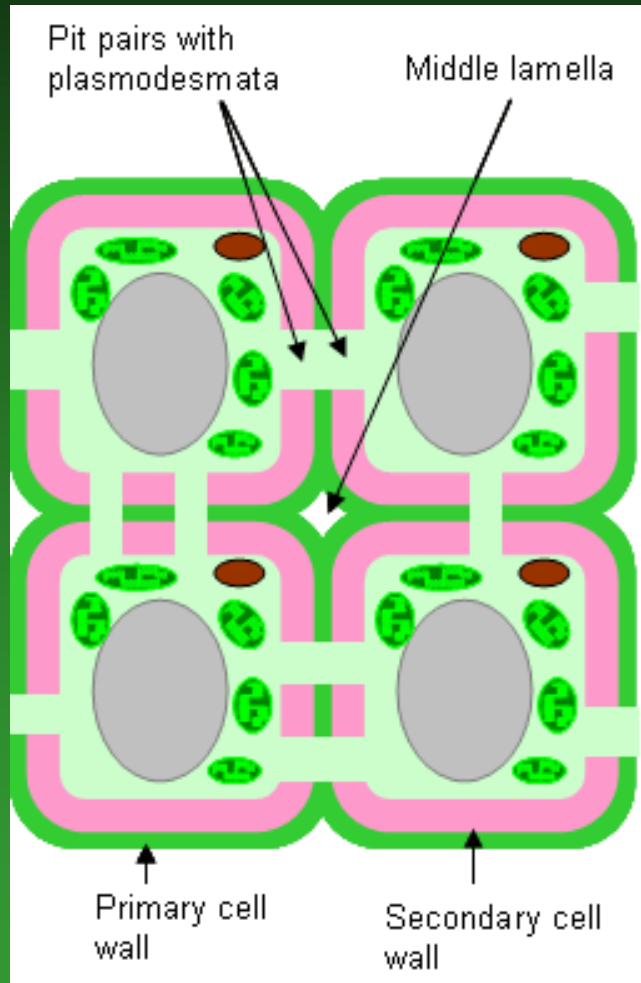
**Fykoplast a fragmoplast** = přechodné mikrotubulární systémy cytoskeletu; **Fykoplast** – mikrotubuly dělicího vřeténka kolabují a orientují se kolmo na spojnici dceřiných jader. **Fragmoplast** - mikrotubuly se zachovávají a přisouvají se po nich váčky s polysacharidy do centrifugálně vznikající střední lamely mezi dceřinými buňkami.

# Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

**(3) plasmodesmy** tenoučké (30–60 nm) výběžky cytoplazmy propojující sousední buňky skrz otvory v buněčné stěně. Prochází jimi endoplasmatické retikulum, jsou ohraničeny membránou. Primární se tvoří hned mezi dceřinými buňkami přes otvory po mikrotubulech vřeténka (fragmoplastu) ve střední lamele, sekundární vznikají později.

Kompenzovaly nedokonalost vodivých pletiv prvních rostlinných kolonizátorů souše

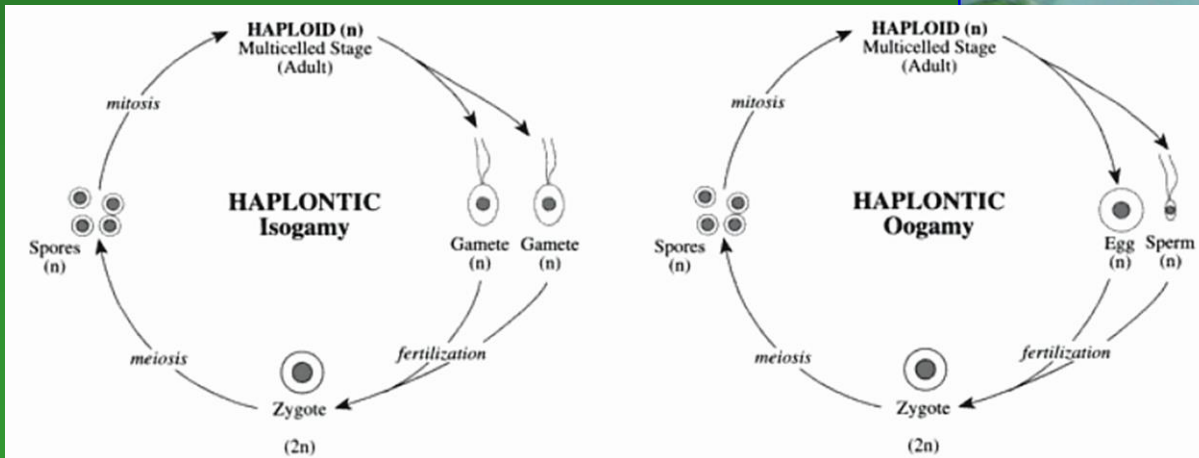
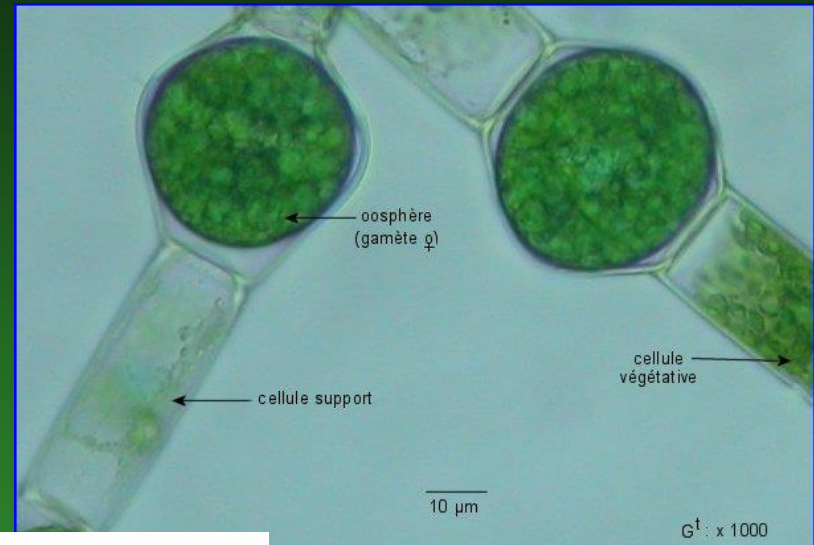
Transport bílkovin a fytohormonů je jimi aktivně regulován a nebyla by tedy bez nich diferencovaná mnohobuněčnost a funkční regulace



# Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

(4) **Oogamie**: samičí gameta (= oosféra) nepohyblivá, samčí je menší a pasivně nebo aktivně se k oosféře dostává.

parožnatky mají sterilní obal gametangií !



Oogamie – nezávisle se vyvinula i v jiných skupinách řas. Je taky u živočichů

# Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

## (5) gravitropní růst

### Vyšší rostliny



## Parožnatky



Adv. Space Res. Vol. 21, No. 8/9, pp. 1183–1189, 1998  
©1998 COSPAR. Published by Elsevier Science Ltd. All rights reserved.  
Printed in Great Britain  
0273-1177/98 \$19.00 + 0.00

PII: S0273-1177(97)00633-9

### STATOLITH POSITIONING BY MICROFILAMENTS IN *CHARA* RHIZOIDS AND PROTONEMATA

Dieter Hodick, Brigitte Buchen and Andreas Sievers

Botanisches Institut, Universität Bonn, Venusbergweg 22, D-53115 Bonn, Germany

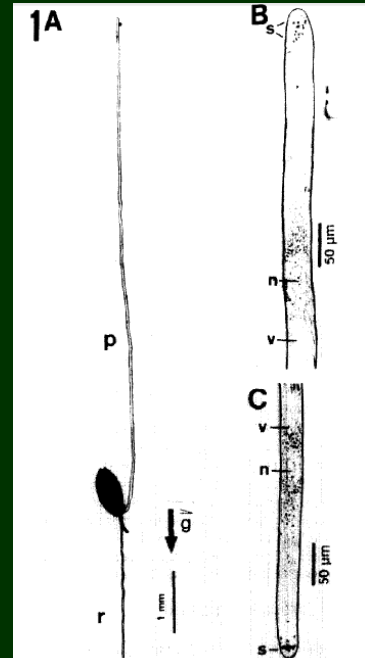


Fig. 1: An oospore of *Chara fragilis* Desv. (Fig. 1A) 3d after germination in darkness with a protonema (p) growing negatively gravitropic and a rhizoid (r) growing positively gravitropic. At higher magnifications of the tips of the protonema (Fig. 1B) and rhizoid (1C) the vacuole (v), nucleus (n) and statoliths (s) are discernible.

# Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

## (6) rhizoidy a jejich homology (? tvorba řízena stejnými geny)

### Rhizoidy a jejich homology u vyšších rostlin

játrovka *Chiloscyphus polyanthos*



mech *Physcomitrella patens*



fosilní *Rhynia gwynne-vaughanii*

kořenové vlásky  
*Arabidopsis thaliana*



### Rhizoidy parožnatek

*Spirogyra, Zygnematales*



*Chara braunii*

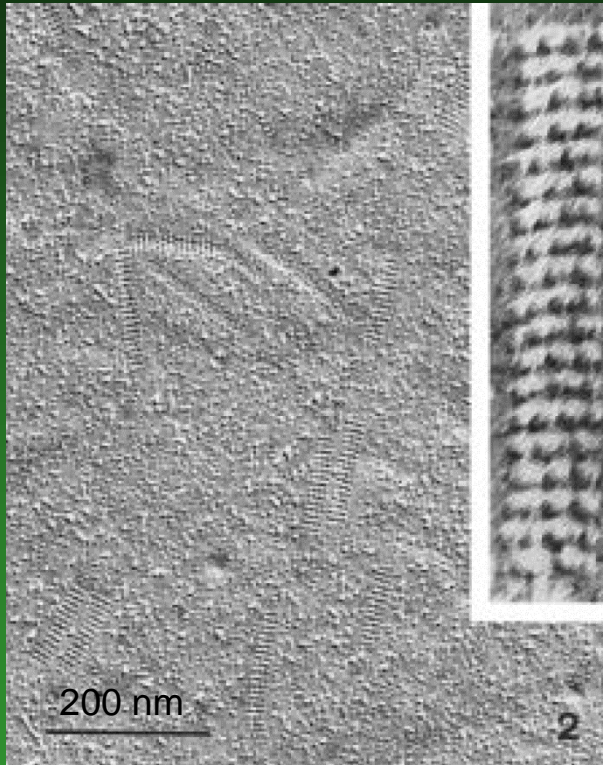


*Chara baltica*



# Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

## (7) Rozetovitý celulózo-syntetizující komplex



Cytoplasmatická membrána *Erythrocladia subintegra* (Rhodophyta) Several randomly oriented linear TCs are visible. Scale bar 200 nm

Chlorophyta a některá Rhodophyta mají celulózo-syntetizující komplex uspořádaný lineárně



Rozetovitý vznikla až u streptofyt

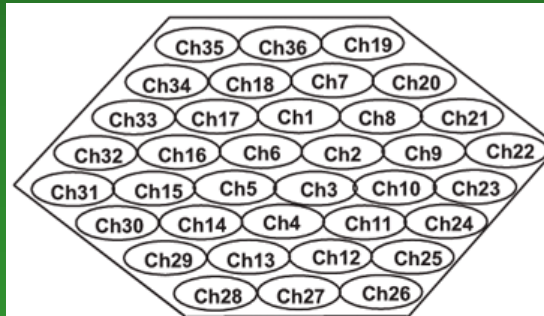
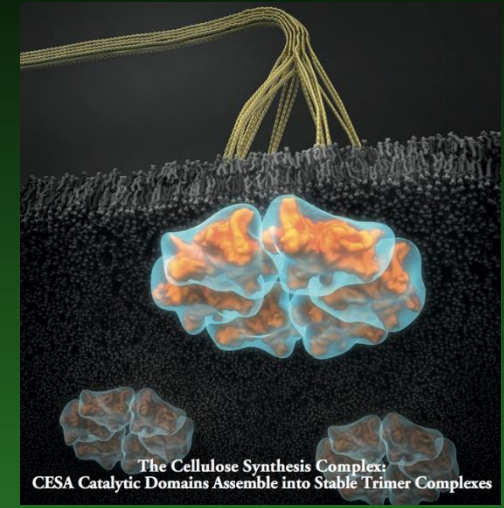
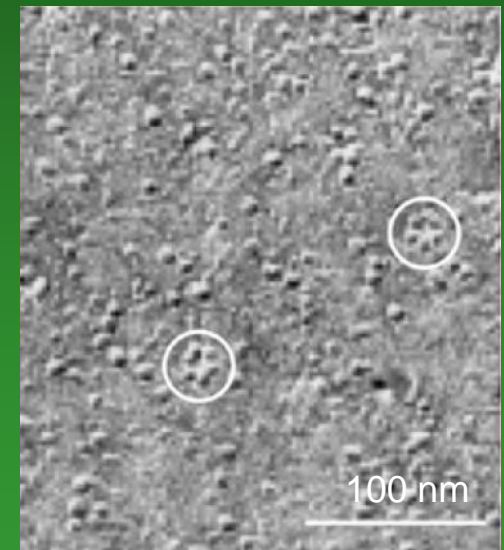


Figure 4. Cross-section of the 36-chain elementary fibril showing number of chains. Chains are numbered from Ch1 to Ch36 and categorized into three groups: group-C1 (Ch1-6) contains six true crystalline chains, group-C2 (Ch7-18) contains twelve subcrystalline chains, and group-C3 (Ch19-36) contains 18 subcrystalline or noncrystalline chains. Reprinted with permission from Ding and Himmel (2006). Copyright (2006) American Chemical Society.



The Cellulose Synthesis Complex: CESA Catalytic Domains Assemble into Stable Trimer Complexes



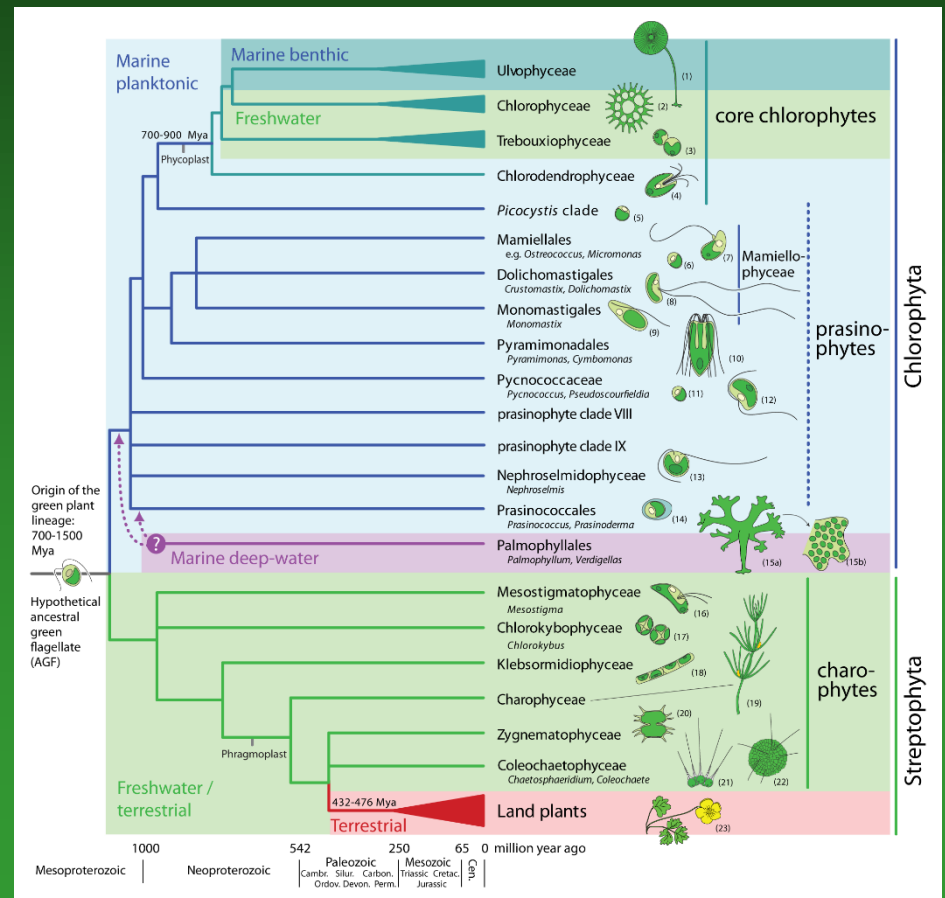
Rozetovitý celulózo-syntetizující komplex na cytoplasmatické membráně *Arabidopsis thaliana* – na snímku z elektronového mikroskopu



# Molekulární studie naznačují, že nejbližší sesterskou linií vyšších rostlin je

## Tř. Zygnematophyceae

ne dříve podezříváné Coleochaetophyceae



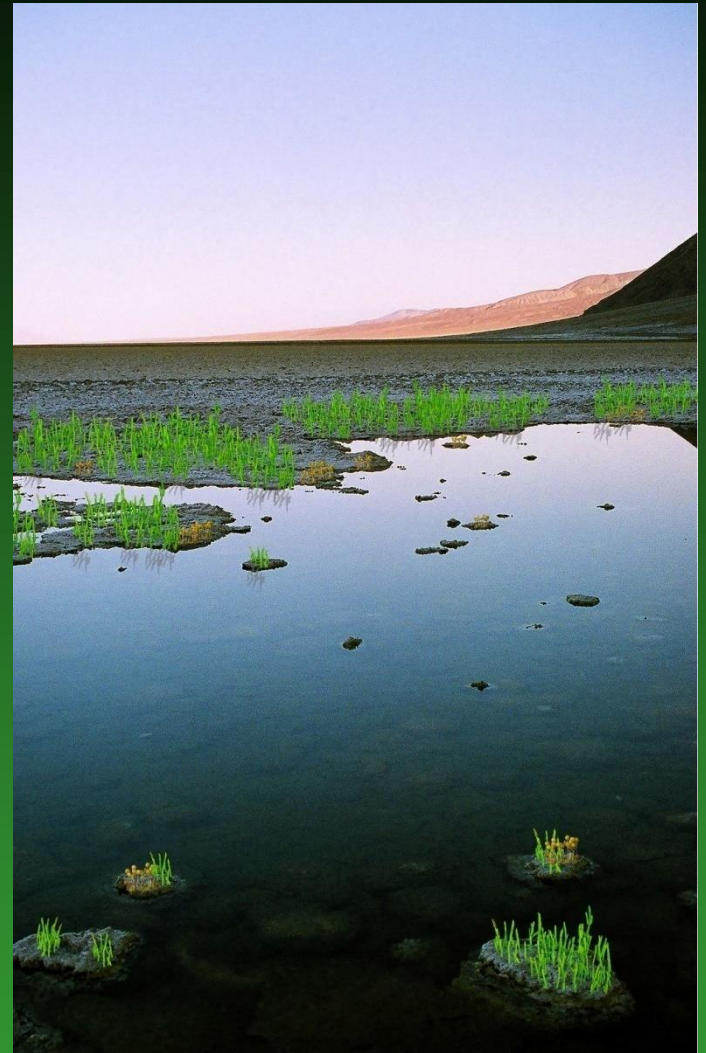
**Vyšší rostliny vznikly**

**osídlením souše**

**Terrestrializace = soubor adaptací  
k životu na souši**

První kolonizovaný biotop =  
periodicky zaplavované pobřežní  
zóny sladkých vod

? delty řek – byla tam dostatečná  
vrstva půdy – díky náplavům

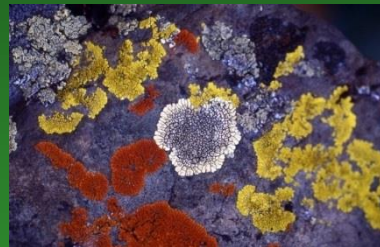


Mořské břehy nebyly kvůli velkým osmotickým výkyvům vznikajícím při vysychání slané vody ke kolonizaci vhodné



Před vyššími rostlinami kolonizovaly souš:

- sinice + bakterie
- aerofytické zelené řasy
- lišejníky
- houby



**SCIENTIFIC REPORTS**

Article [Open Access](#) | Published: 16 January 2020

**A Silurian ancestral scorpion with fossilised internal anatomy illustrating a pathway to arachnid terrestrialisation**

Andrew J. Wendruff<sup>1</sup>, Loren E. Babcock, Christian S. Wirkner, Joanne Kluessendorf & Donald G. Mikulic

Figure 1. *Pteriscorpio venator* gen. et sp. nov., Beaudou Bridge Formation (Silurian), Wisconsin, USA.

*J. Paleont.*, 79(4), 2005, pp. 738–744  
Copyright © 2005, The Paleontological Society  
0022-3360/05/0079-738\$03.00

**NEW FLAT-BACKED ARCHIPOLYPODAN MILLIPEDES FROM THE UPPER DEVONIAN OF NORTH AMERICA**

HEATHER M. WILSON,<sup>1</sup> EDWARD B. DAESCHLER,<sup>2</sup> AND SYLVAIN DESBIENS<sup>3</sup>

2

**Early fungi from the Proterozoic era in Arctic Canada**

Corentin C. Loron<sup>1\*</sup>, Camille François<sup>1</sup>, Robert H. Rainbird<sup>2</sup>, Elizabeth C. Turner<sup>1</sup>, Stephan Borensztajn<sup>4</sup> & Emmanuelle J. Javaux<sup>1\*</sup>

(Shaler Supergroup, Arctic Canada), 1,010–890 million years ago, [has](#)

**nature**

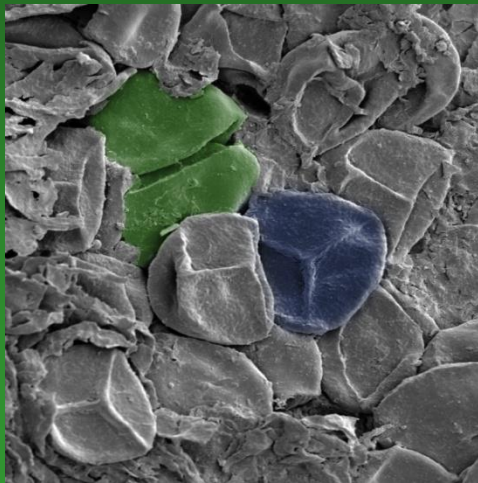
Letter | Published: 22 May 2019

Spolu s nimi – členovci a nematoda

# Kdy začala terestrializace ?

**Nejstarší makrofosílie**  
vyšších rostlin  
= ryniofytní *Cooksonia*  
střední / svrchní silur

**428–432 mya**



**Nejstarší mikrofosílie**  
vyšších rostlin  
= tetrádní spóry (musely  
vzniknout redukčním  
dělením) se  
sporopoleninem  
spodní / svrchní ordovik:

**470 mya**

A late Silurian sporangium. **Green:** A spore tetrad. **Blue:** A spore bearing a trilete mark – the Y-shaped scar. The spores are about 30-35  $\mu\text{m}$  across



**život v mořích ordoviku**

# Co muselo předcházet terestrializaci?

(= podmínky kolonizace souše vyššími rostlinami)

- (1) Vyšší koncentrace  $O_2$  v atmosféře
- (2) Ozónová vrstva
- (3) Vyšší koncentrace  $CO_2$  a vznik půd
- (4) Vlhké klima
- (5) Symbióza řas s houbami

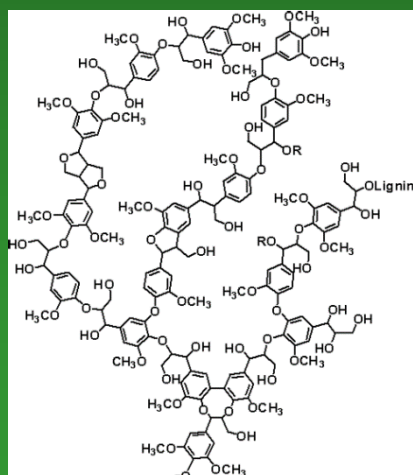


# (1) Vyšší koncentrace O<sub>2</sub> v atmosféře

umožnila biosyntézu ligninu =  
základní strukturní složky stěn buněk  
oporných a vodivých pletiv

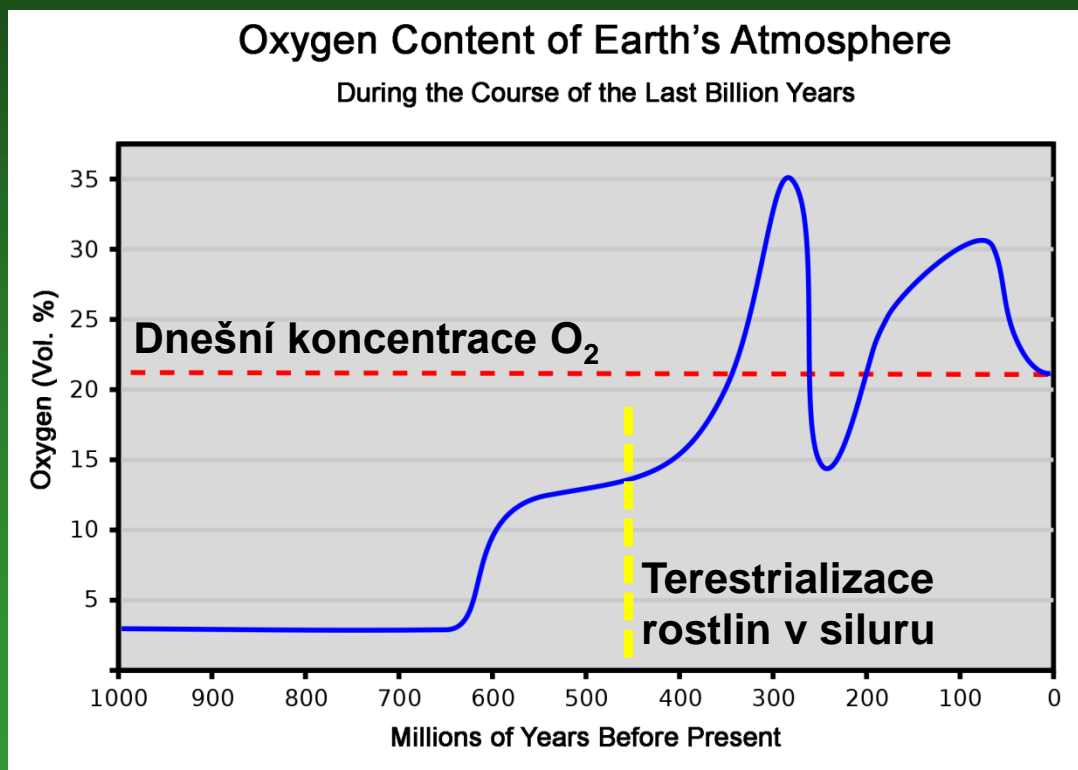


Kyslík vytvořily fotosyntézou  
sinice



**lignin**

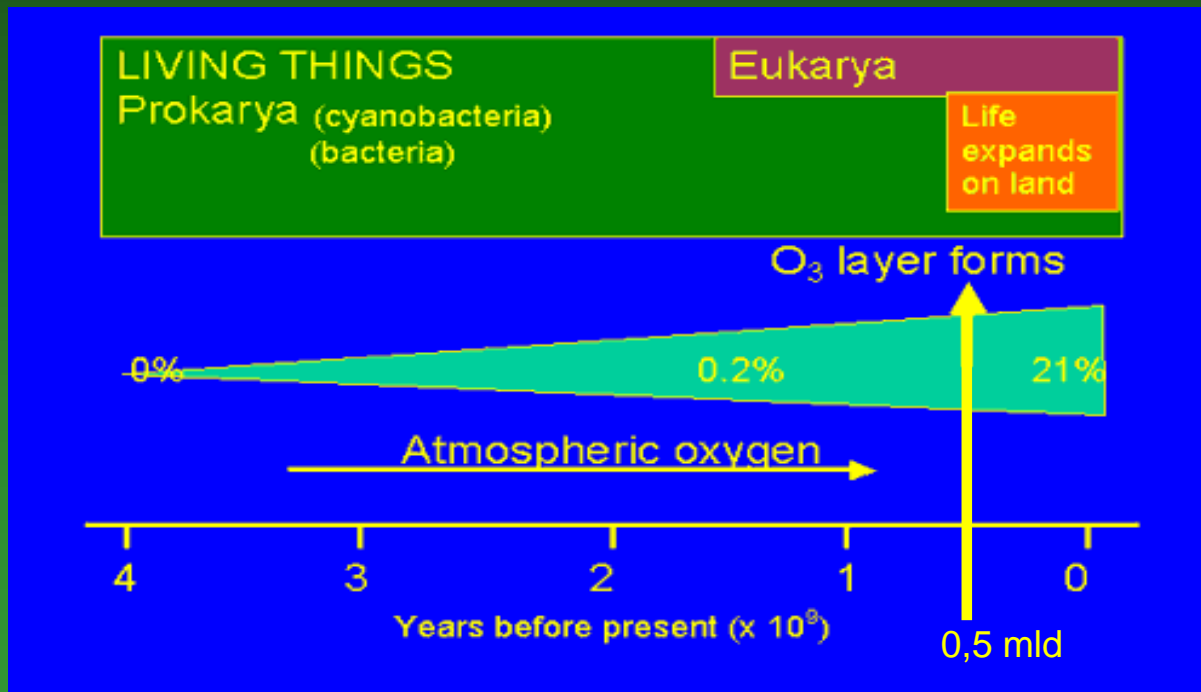
= polyfenolický biopolymer



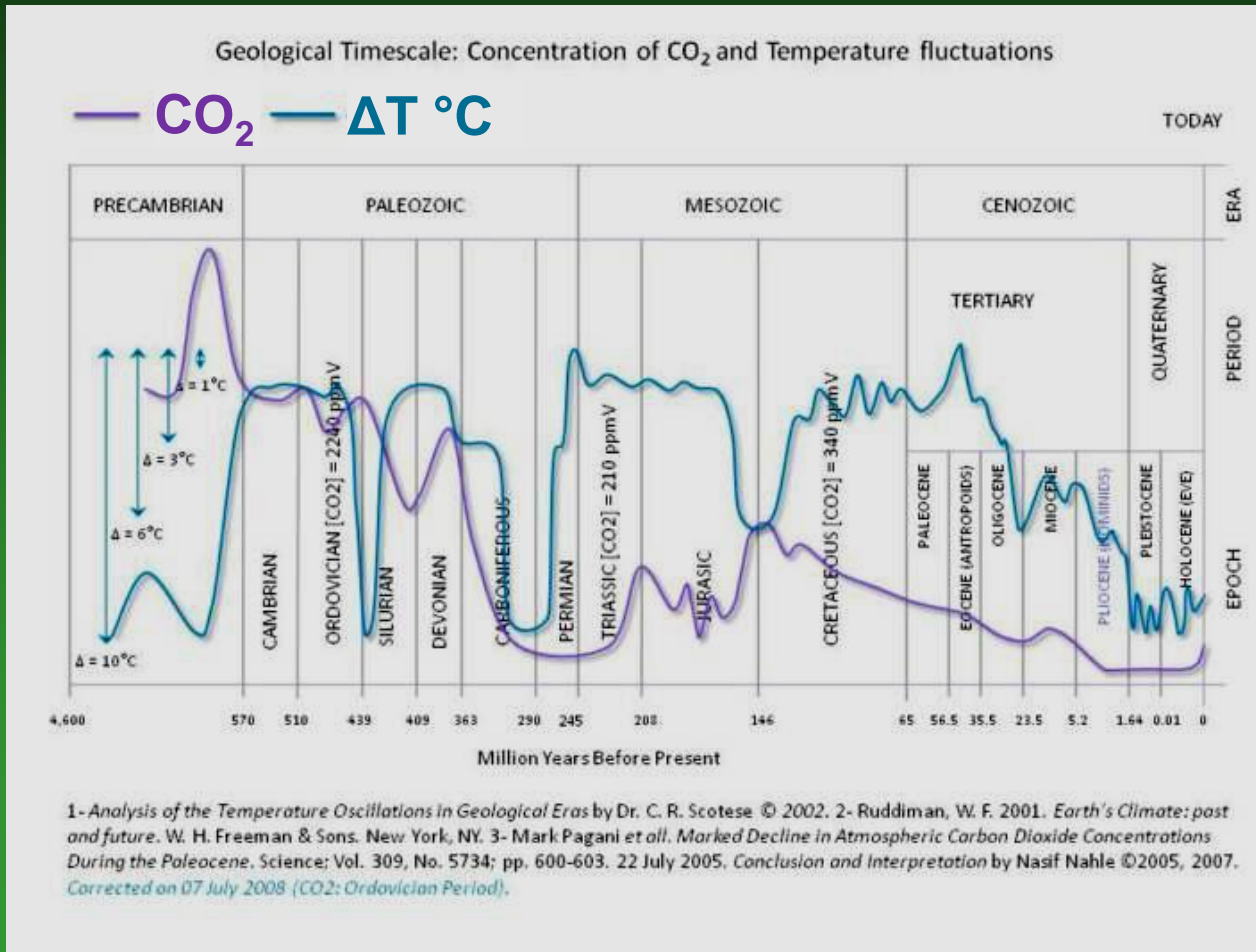


## (2) vytvoření ozónové vrstvy = ochrany před UV zářením

$O_2 \rightarrow O_3$  elektrickými výboji v atmosféře při bouřích



### (3) Růst koncentrace atmosférického CO<sub>2</sub> => vznik půd činností mikroorganismů



V kambriu až siluru bylo CO<sub>2</sub> 18x víc než dnes !

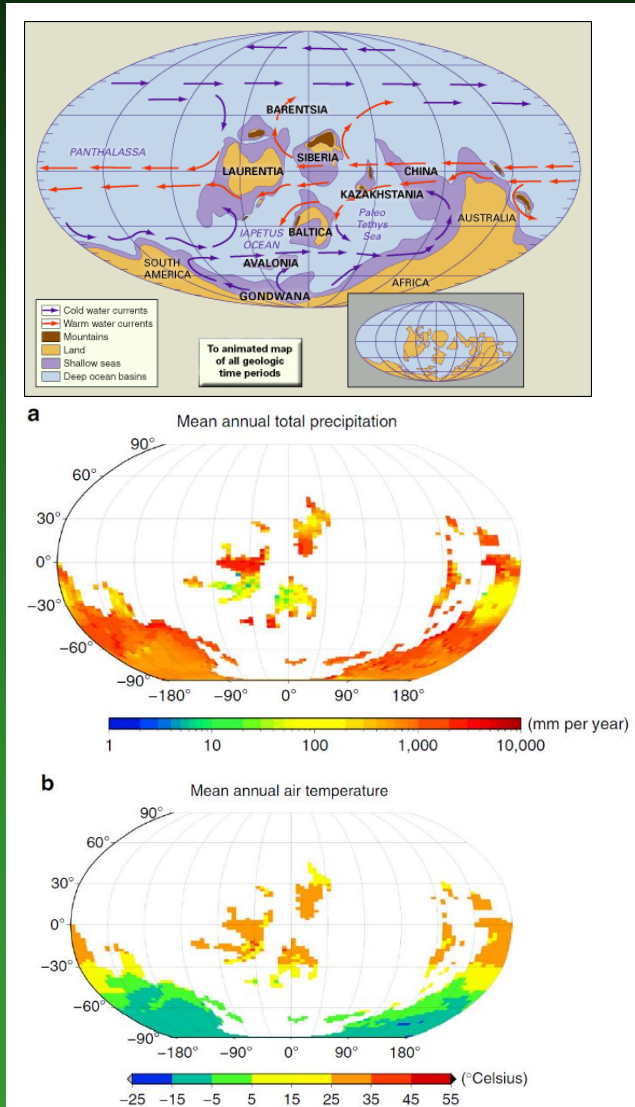
⇒ Větší fotosyntéza = víc biomasy = víc živin po jejím rozkladu

⇒ Kyselejší déšť = intenzivnější oxidace hornin



## (4) Vlhké klima

skleníkový efekt  $\text{CO}_2$  = celkově teplejší a vlhčí klima  
na J pólu velký kontinent Gondwana = na pólu velký ledovec



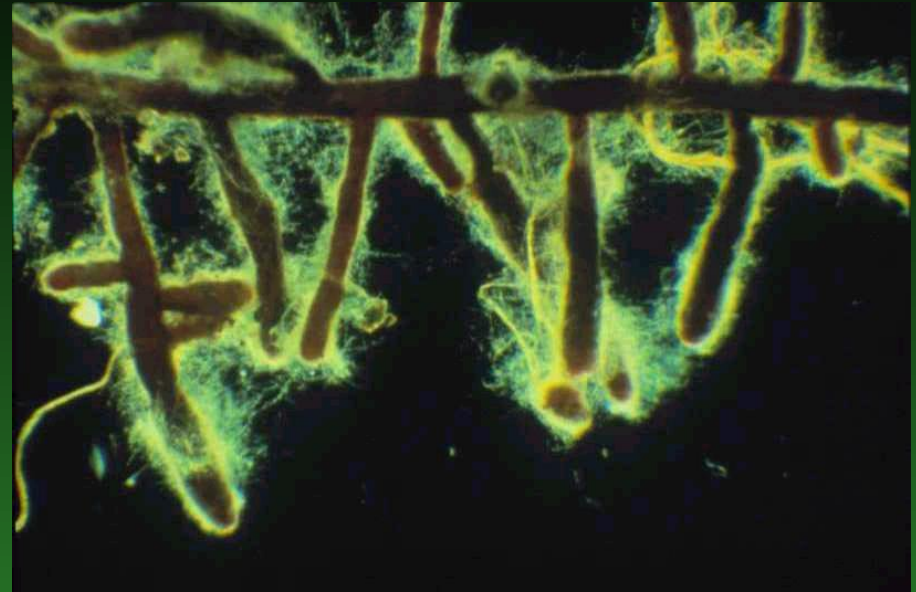
Mezi chladným ledovcem a horkým + vlhkým pobřežím = monzunové klima

Dostatek srážek = zvětrávání hornin = půdotvorba

Vlhkost = ideální klima pro terestrializaci

## (5) Symbióza řas s houbami

Geny zelených řas pro symbiózu s akvatickými oomycetami = prerekvizita terestrializace rostlin s nedokonalými kořeny = zprostředkování přístupu k živinám a k vodě na souši prostřednictvím mycelia endomykorhizních hub.



vodní Oomycota

Mykorhiza provází všechny linie terestrických rostlin.

Vedle nutričních vztahů byla v r. 2013 prokázána i poněkud kuriózní funkce, kde síť mykorhozního mycelia slouží jako „internetové“ varování pro rostliny o napadení mšicemi, o kterém se dozvědí touto cestou i jiné rostliny, které s předstihem aktivují vylučování obranných látek.

## Dvě základní otázky terestrializace:



1. Co rostliny přechodem na souš získaly?



2. Co oproti vodnímu prostředí ztratily a jak se s tím vyrovnaly?

# Co rostliny přechodem na souš získaly?

 snadnější přístup ke světlu

 snadnější přístup k CO<sub>2</sub>

# Co rostliny přechodem na souš ztratily?

☹️ Ztratily stabilitu nasycení vodou – vystaveny vysychání a UV



☹️ Ztratily možnost přijímat živiny celým povrchem těla



# Co rostliny přechodem na souš ztratily?

☹️ Ztratily oporu zajišťovanou vodním prostředím; tím byly vystaveny vlivům gravitace, větru, váze dešťové vody, sněhu, námraze ...

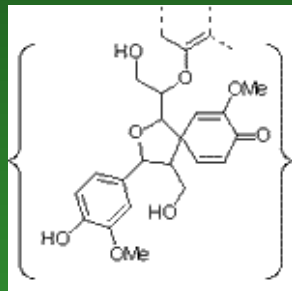
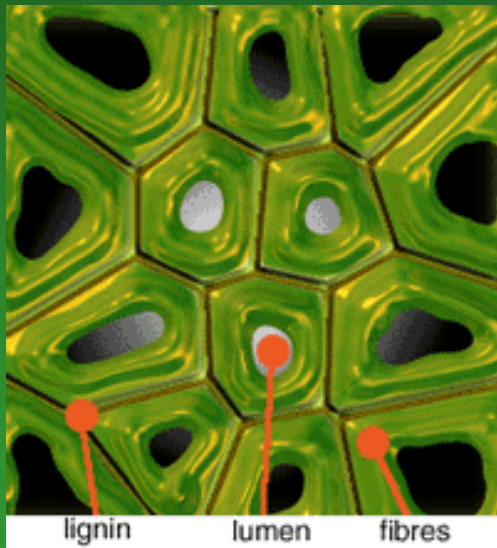


# Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?

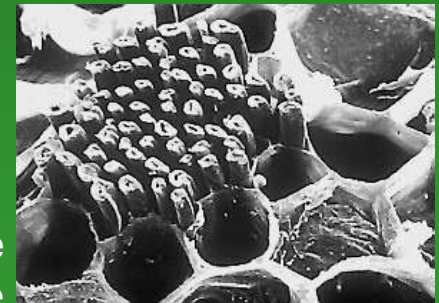
☹️ Působení gravitace, větru, sněhu, námrazy, býložravců

😊 Zvýšení konstrukční pevnosti

(1a) **lignin** deponován v buněčných stěnách = oporné a ochranné struktury (podobnou dráhou jako lignin vznikají flavonoidy a sporopolenin)



Strukturní jednotka ligninu



Sklerenchymatické provazce v listu bromélie

Tyto tvoří podstatně jak stěnu živých buněk, tak „kostru“ odumřelých pletiv

# Adaptace rostlin na podmínky souše

☹️ Působení gravitace, větru, sněhu, námrazy

😊 Orgány fixující rostlinu k zemi nebo jiným rostlinám

(1b) Kořeny, oddenky či úponky.





# Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



Sucho



Dvojitá funkce = dovnitř  $\text{CO}_2$  + ven  $\text{H}_2\text{O}$

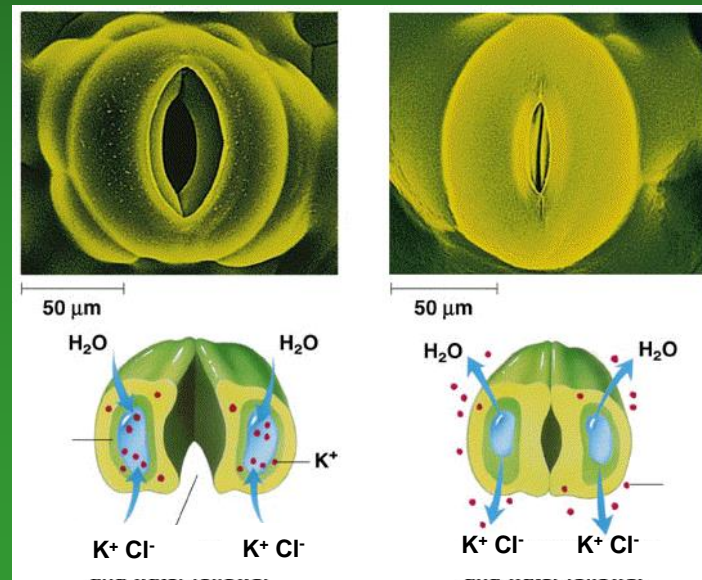


Průduchy:

Nemají plasmodesmy = nekomunikují s okolními buňkami

Mají chloroplasty (jiné epidermální buňky zpravidla ne)

Otvírají a zavírají se turgorem řízeným protonovou pumpou  $\text{K}^+$  a  $\text{Cl}^-$  iontů



# Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?

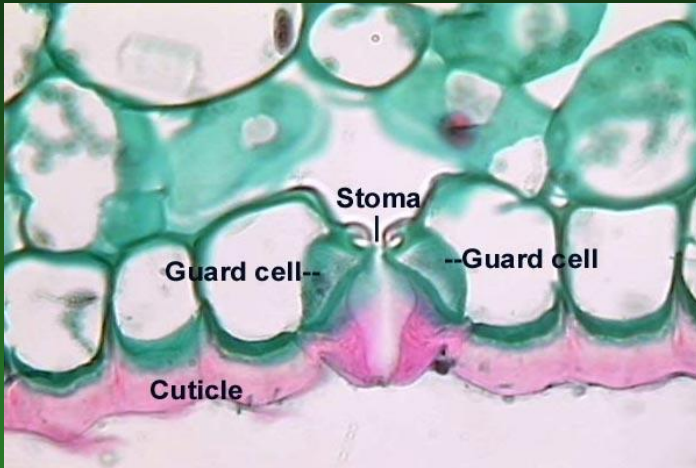


Sucho



Kutikula

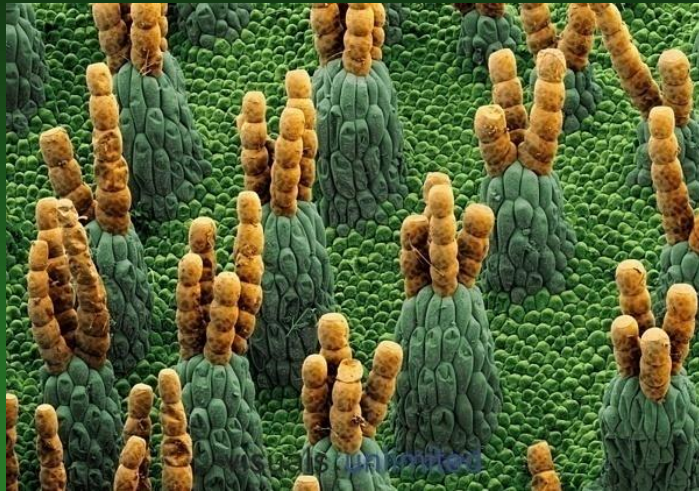
tenká (1–15  $\mu\text{m}$ ) vosková blanka – brání výparu z pokožkových buněk. Přerušena jen otvory nad průduchovými štěrbinami. Má i odrazivou funkci = ochrana před přehřátím. Vododpudivost = za deště samočistící schopnost listového povrchu.



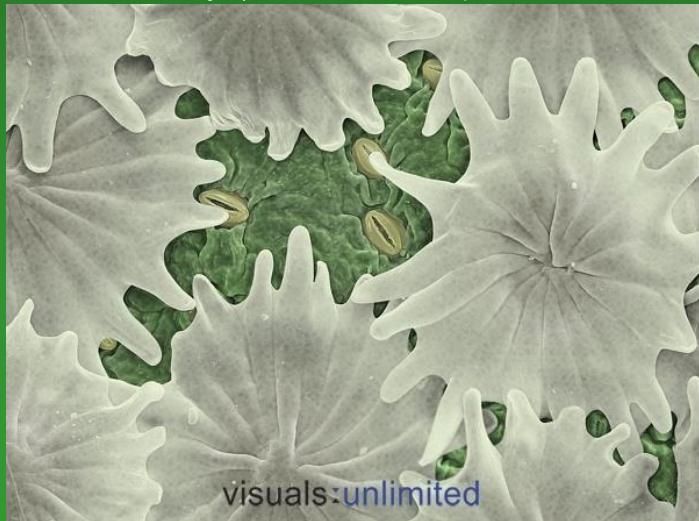
# Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



Sucho



Povrch listu šalvěje (*Salvia*, *Lamiaceae*)



Povrch listu olivy (*Olea*, *Oleaceae*)



**Trichomy** – vytvářejí vyšší vrstvu nepohyblivého vzduchu „boundary layer“ nad průduchy = adaptace snižující výpar



Povrch listu epifytické rostliny *Tillandsia* (*Bromeliaceae*)

# Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



Sucho



Ochranný obal gametangií

z aspoň jedné vrstvy buněk, které se tvorby gamet ani oplození neúčastní – obal gametangií je homologický s epidermis;



antheridium



archegonium



Poprvé už u  
parožnatek



# Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



Sucho

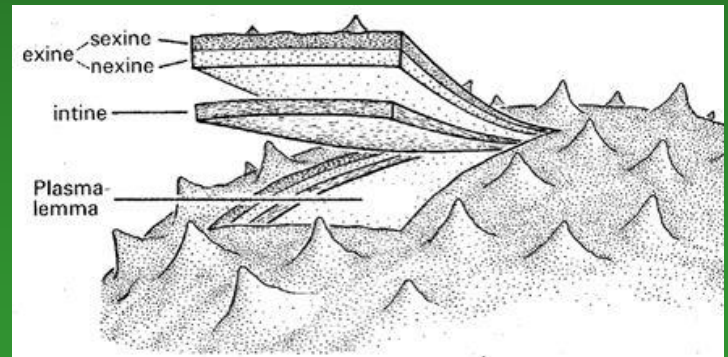
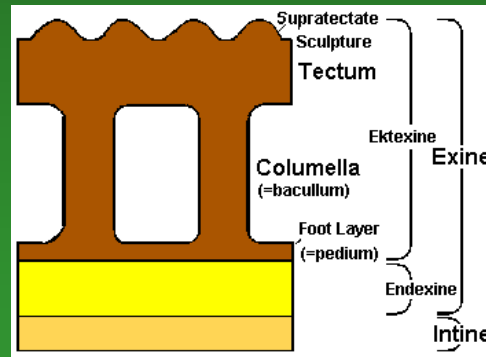
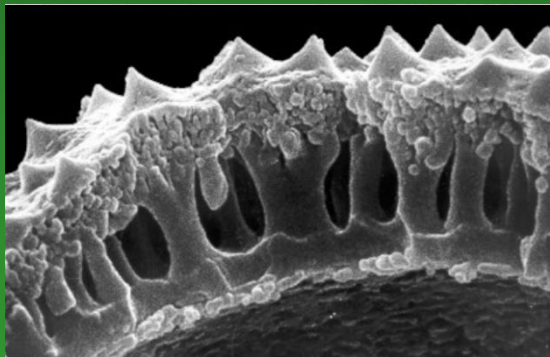


Rezistentní obal spór / pylu

– dvouvrstevný

**vnější vrstva** – exina u pylu / exospor u spór  
– impregnovaná **sporopoleninem**

**vnitřní vrstva** – intina u pylu / endospor u spór  
spór – celulóza + hemicelulóza + kalóza



U řas je sporopollenin vzácně např. u rodů *Phycopeltis* nebo *Chlorella*

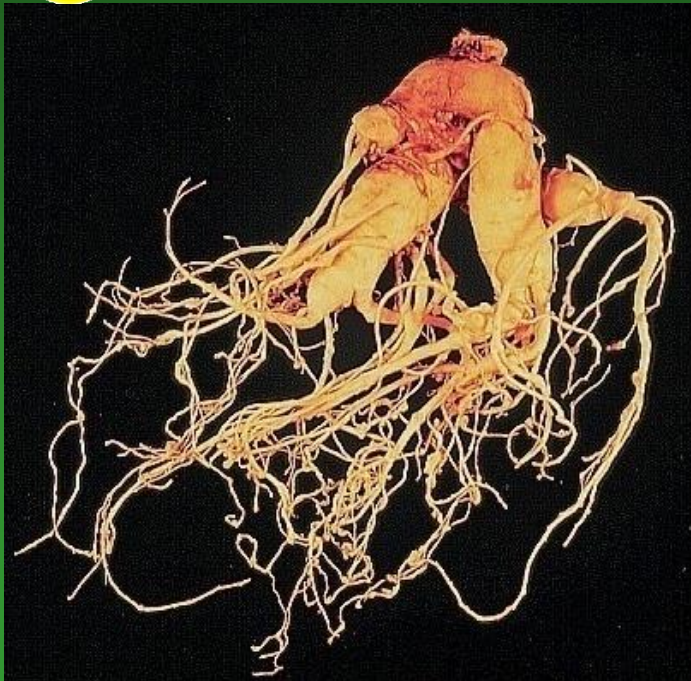
# Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?

☹️ ztráta možnosti přijímat živiny celým povrchem těla

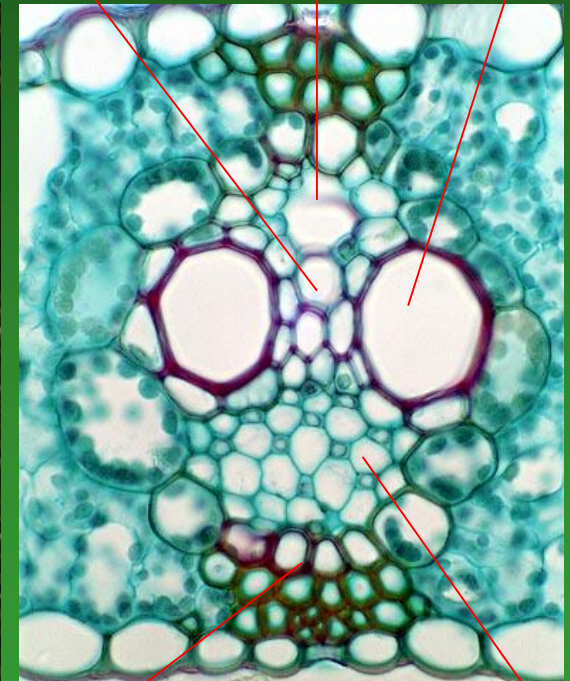
příjem a vedení živin ve vodním roztoku z půdy zajišťují

😊 kořeny a kořenové vlášení (nemají kutikulu) / rhizoidy

😊 vodivá pletiva



xylem - tracheida      intercelulára      xylem - trachea

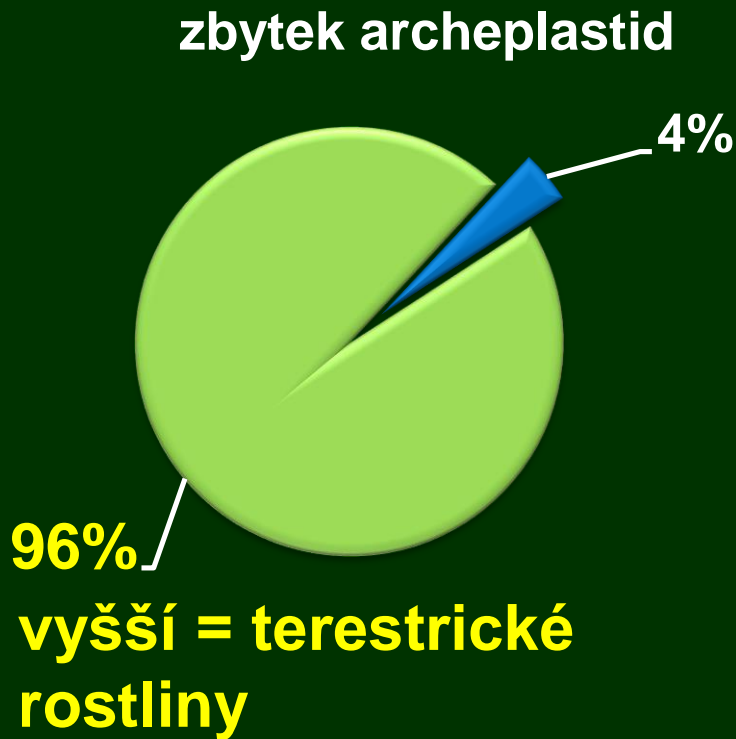


sklerenchym

floem

# Fylogenetický důsledek úspěšné terestrializace = velká druhová divergence vyšších rostlin

Rozložení **druhové** diverzity v  
říši *Archaeplastida*



Počty popsáných druhů v hlavních  
liniích říše *Archaeplastida*

<i>Glaucophyta</i>	10
<i>Rhodophyta</i>	6100
<i>Chlorophyta</i>	4050
<i>Charophyta</i>	2150

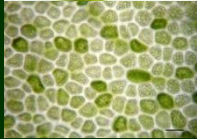
**vyšší rostliny 298000**

# Důsledek terestrializace – **evoluce komplexity a 3D**

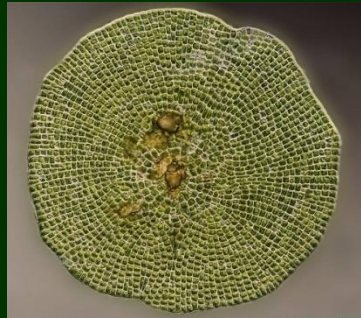
= „zesložiténí“ struktury = vznik pletiv a orgánů tvořících tělo (cormus)

vyšší rostliny proto nazývány též **Cormophyta**

Vodní prostředí = strukturně homogenní stélka řas



*Ulva, Chlorophyta*



*Coleochaete, Charophyta*



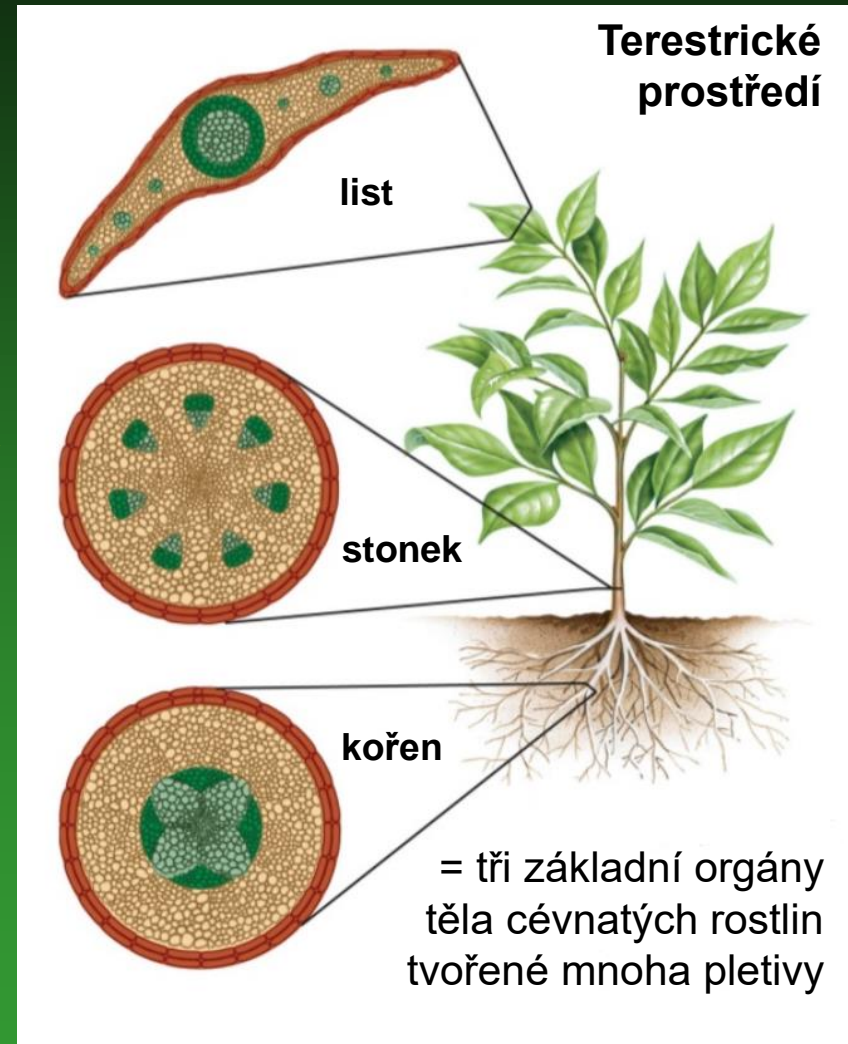
*Porphyra suborbiculata*  
Univ Tsukuba



*Dictyota, Phaeophyta*



*Porphyra, Rhodophyta*





# Důsledek terestrializace – **evoluce komplexity**

## Velikost souvisí s komplexitou rostlinné stavby

### Největší bezcévné

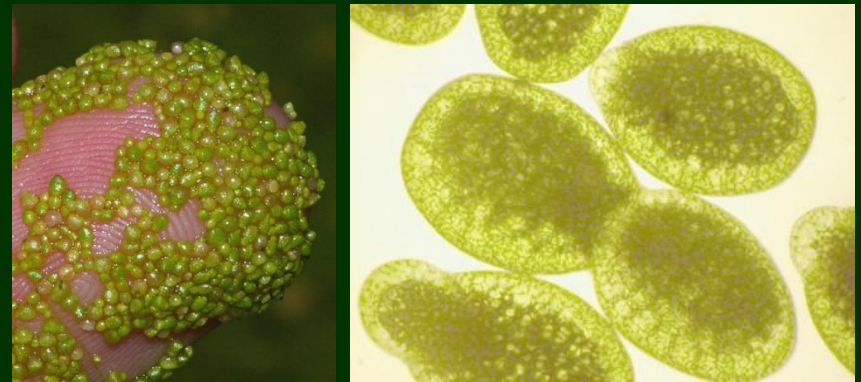
Drobné mechy ve vlhku „nepotřebují“ složitější anatomii. Avšak čím jsou větší, tím mají anatomickou stavbu složitější.



U největších mechů – ploníků – se vyvinuly „cévní svazky“ s „xylemem“ s hydroidami a „floemem“ s leptoidami.

### Nejmenší cévnaté

Rozměrnější plavuně, kaprad'orosty a semenné rostliny složitější vnitřní stavbu potřebují. Ve vodním prostředí však mohou velikost zmenšit a jejich vnitřní stavba se pak může zjednodušit.



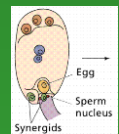
Nejmenší „cévnaté“ rostliny – okřehky se ve vodě zmenšily natolik, že zredukovaly nebo ztratily kořeny a cévní svazky. Nejmenší z nich *Wolffia microscopica* je tvořena v nekvetoucím stavu jen polokulovitými bezkořennými tělisky téměř stejnocenného pletiva bez cévních svazků.



# Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



dominace sporofytu v životním cyklu u odvozenějších linií roste  
= role fází rodozměny se v evoluci postupně „překlápí“!



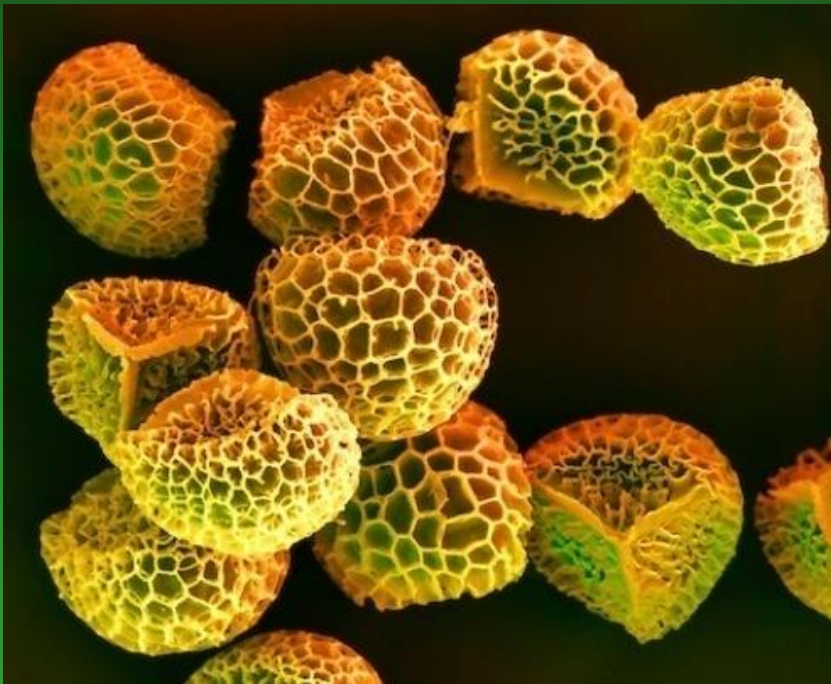
# Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

## Spóra vers. semeno

Obojí jsou tělíska představující klidové stadium, umožňující:

1. dobře přežít nepříznivé období
2. efektivně se šířit v prostoru

Po klidové fázi semene následuje sporofyt, po klidové fázi spóry následuje gametofyt



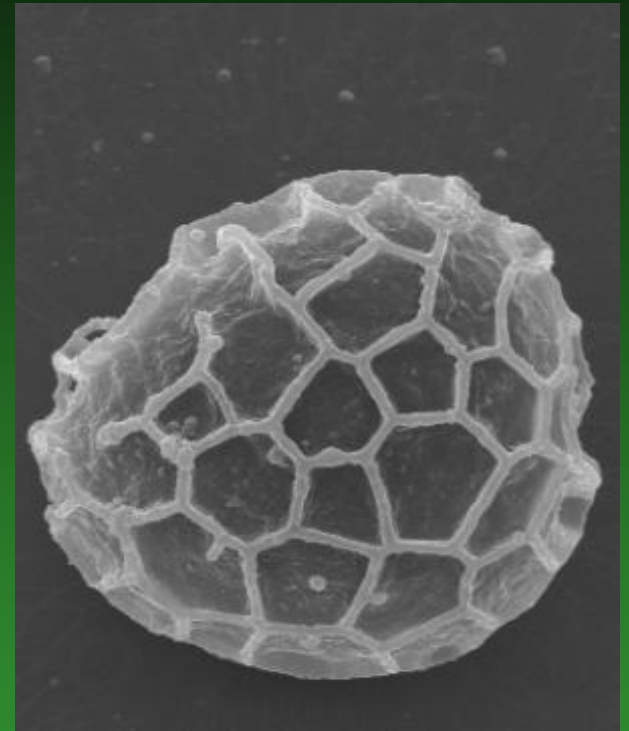
# Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

## Spóra čili výtrus

= **jednobuněčné** rozmnožovací tělísko, vzniká meiózou ve sporangiu

Recentními výtrusnými vyššími rostlinami jsou

1. mechorosty      *Marchantiophyta*  
                         *Bryophyta*  
                         *Anthoceroophyta*
2. plavuně          *Lycopodiophyta*
3. kaprad'orosty   *Monilophyta*



spóra *Lycopodium clavatum*

**„Gametofyt může ve spóře počkat na správný okamžik!“**

Spóry vyšších rostlin jsou uzpůsobeny k šíření vzduchem = mají obal impregnovaný sporopoleninem (tím se liší od spór řas).

# Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

## Semeno

= **mnohobuněčný** rozmnožovací orgán,

vzniklý z oplozeného vajíčka

na povrchu má osemení (testa)

uvnitř má živná pletiva (perisperm popř. endosperm)  
a zárodek (embryo).

Recentními semennými rostlinami jsou

4. nahosemenné a

5. krytosemenné



**„Sporofyt může v semeni počkat na správný okamžik!“**

Klíčení ihned, nebo po fázi dormance/vyschnutí, může přežívat i desítky až stovky let, klíčení i po >1000 letech

# Důsledek terestrializace – **terestrické ekosystémy**

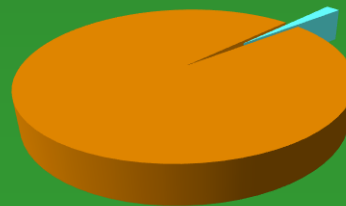
## **Vyšší rostliny tvoří jejich kostru**

Biomasa – terestrické ekosystémy  
rostliny : živočichové  
1000 : 1

Biomasa – mořské ekosystémy:  
rostliny : živočichové  
1 : 30



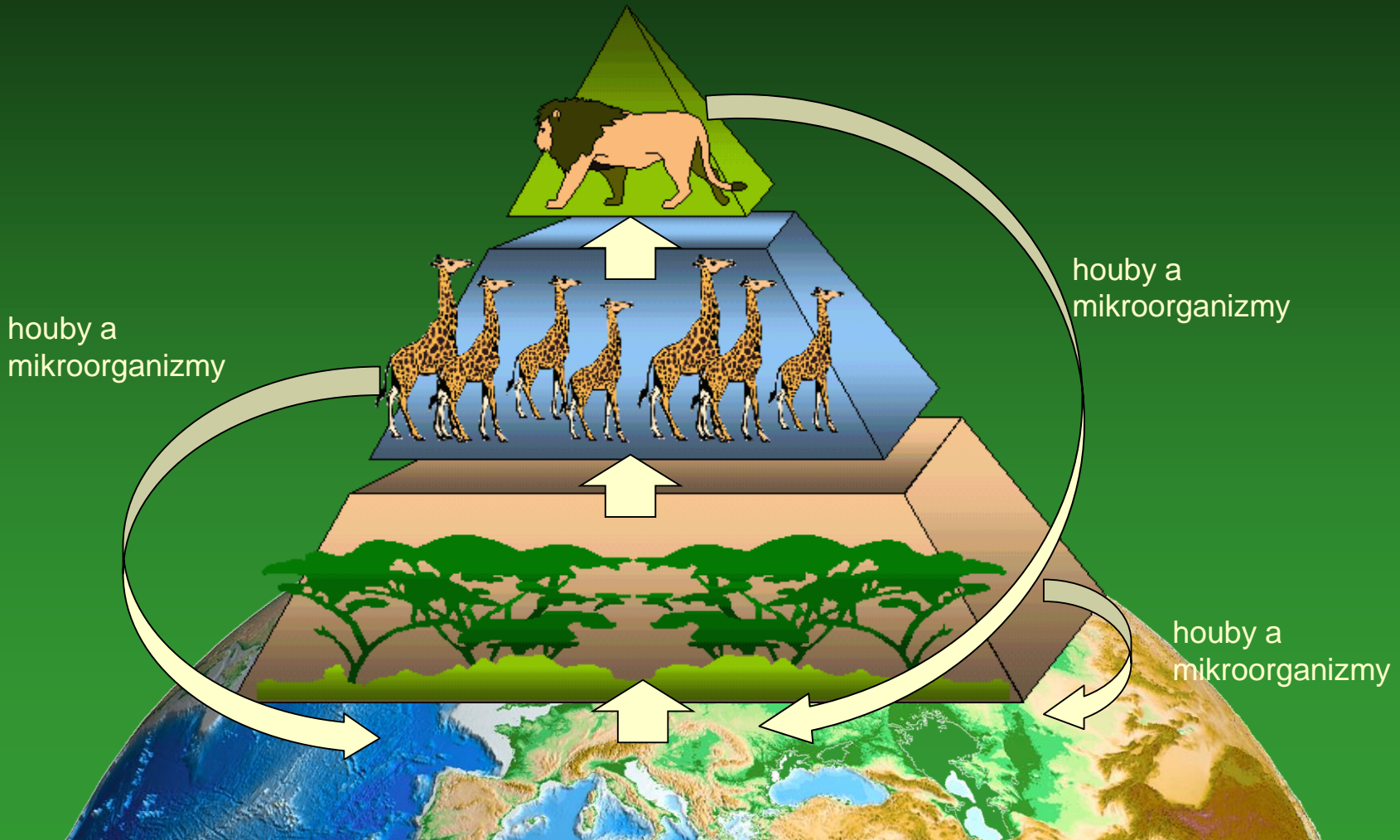
**Terestrická biomasa**  
**550 miliard tun**



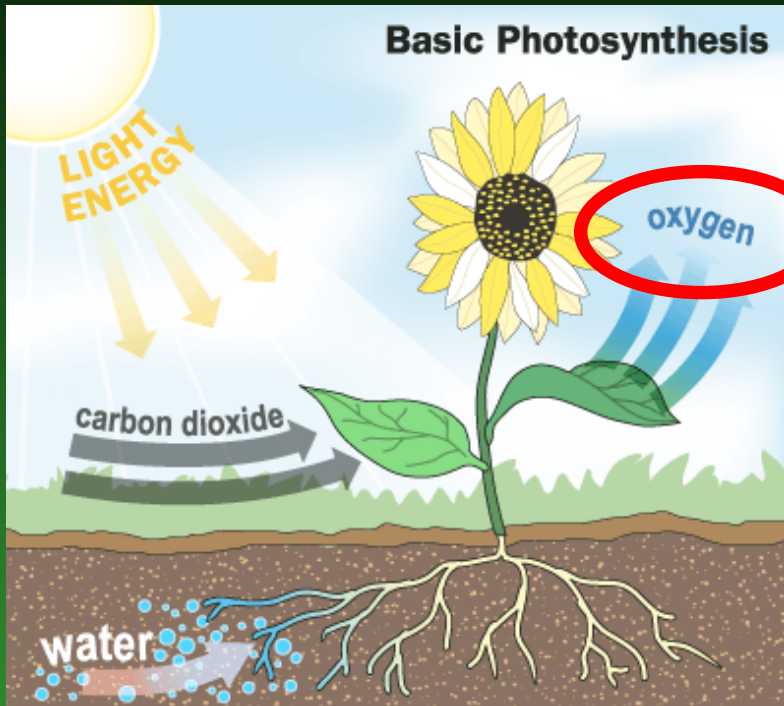
**Oceanická biomasa**  
**10 miliard tun**

# Důsledek terestrializace – **terestrické ekosystémy**

**Vyšší rostliny = základna potravní pyramidy** = zdroj potravy býložravců, predátorů a člověka



# Důsledek terestrializace – **stabilita atmosféry**



**Mají zásadní podíl na tvorbě kyslíku v atmosféře**

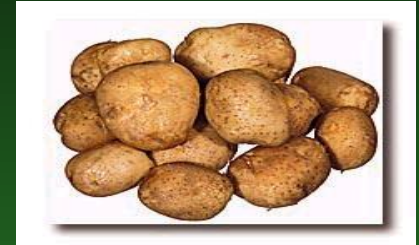
**Většina výparu vody z povrchu Země se děje listy – vliv na chod srážek**

Na druhé straně vzrůst podílu kyslíku v atmosféře, vlivem řas a sinic, byl limitujícím faktorem terestrializace a tedy i vzniku vyšších rostlin a diverzifikace terestrických živočichů, především obojživelníků, plazů, savců a hmyzu.

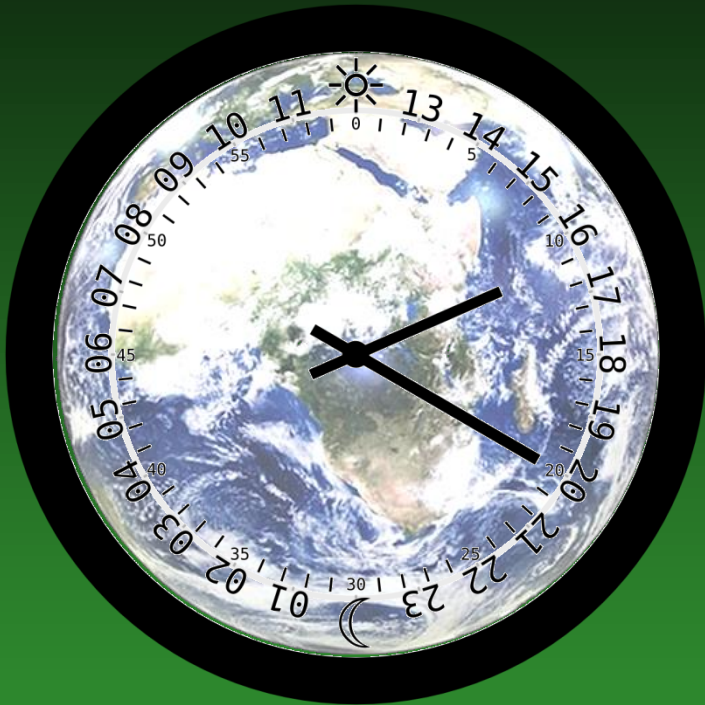


# Vyšší rostliny ve vztahu k člověku

## Měly klíčovou roli ve vývoji lidské civilizace



# Shrnutí na časové škále: **věk Země 4,5 mld. let = 24 hodin**



**terrestrializace  
rostlin**

2:40	zemská kůra	4 mld. BC.
5:20	vznik života	3,5 mld. BC.
10:40	<i>Eukarya</i> kyslíková atmosféra	2,5 mld. BC.
11:12	(katastrofa)	2,4 mld. BC.
14:20	<i>Archaeplastida</i>	1,8 mld. BC.
17:40	<i>Viridaeplantae</i>	1,2 mld. BC.
<b>21:30</b>	<b>vyšší rostliny</b>	<b>480 mil. BC.</b>
23:59:56	<i>Homo sapiens</i>	200 tis. BC.