



Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin

Vyšší rostliny: vznik a hlavní znaky

výtah z přednášek prof. Petra Bureše, drobné úpravy P. Šmarda 2024



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?

Znáte ty nejmenší a největší?

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 m³
– nazván General Sherman v = 83,8 m, Ø = 7,7 m, věk = 2300–2700 let, Sequoia
National Park v Kalifornii

Nejvyšší v minulosti *Pseudotsuga mensiesii* (douglaska, Pinaceae) – 128 m,
skácena 1895 (jsou to i největší stromy v ČR – 64.1 m)

115,7 m

111 m



~ **1900 tun**

Jak vysoké jsou vyšší rostliny?

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

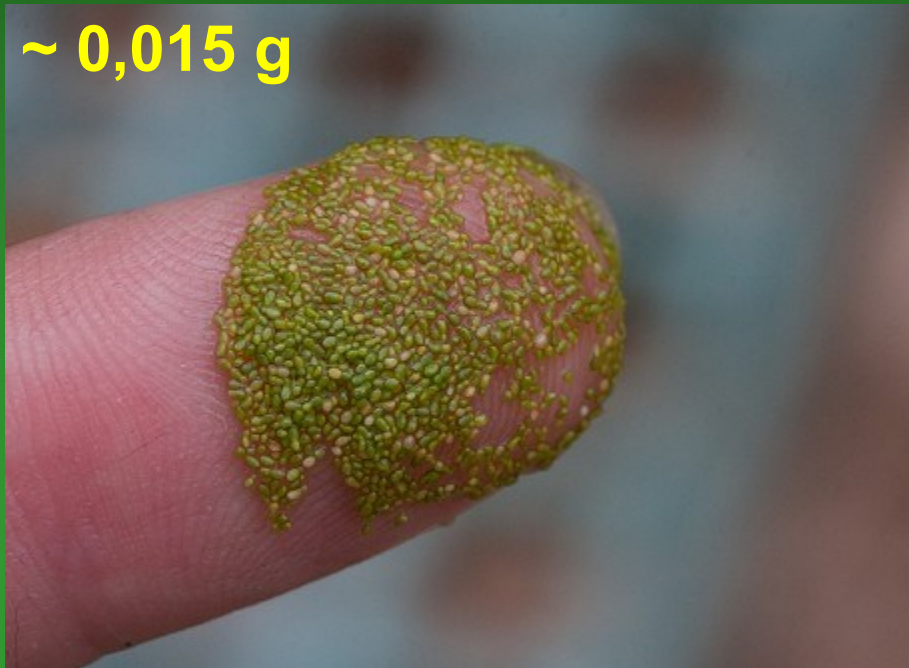
> **100 m** – gigantické jehličnany čel. *Taxodiaceae*

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

Nejobjemější – *Sequoiadendron giganteum* – jedinec s objemem 1487 m³
– 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:

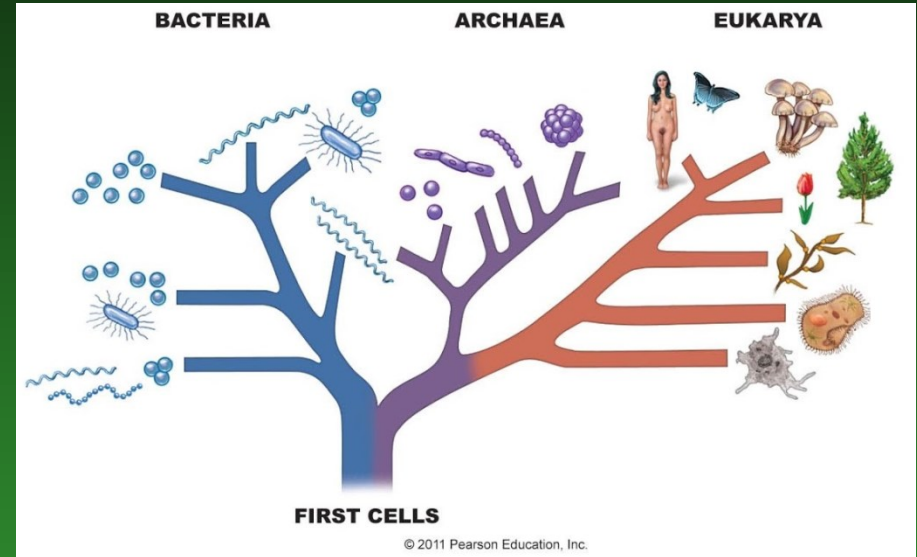
mitochondrie,

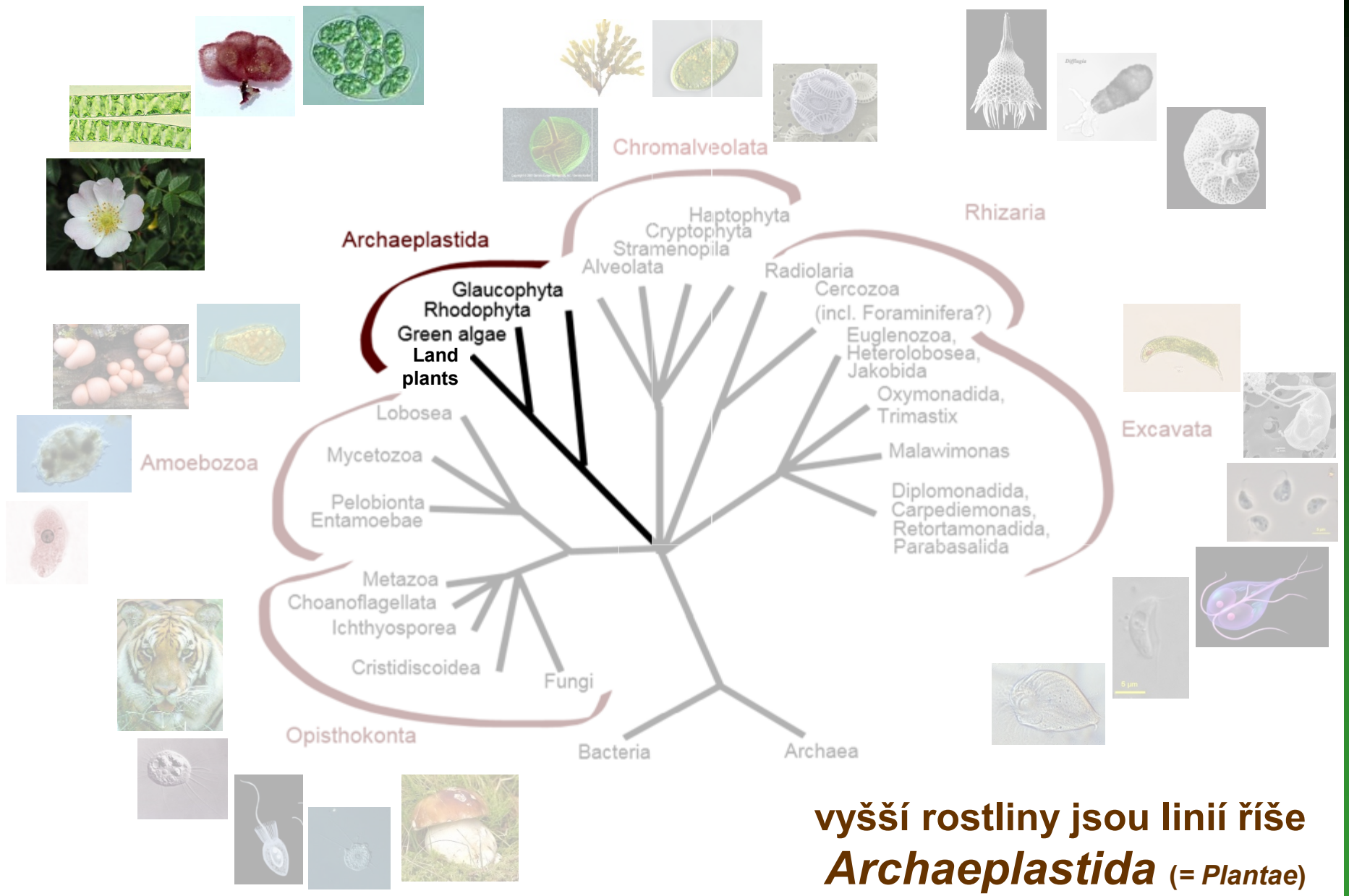
Golgiho aparát,

endoplasmatické retikulum a

jádro s chromosomy (= nuleoproteinovými
strukturami organizujícími se během mitózy)

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





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

Dominium *Eukarya* divergovalo do šesti říší

Evolve „chloroplastu“

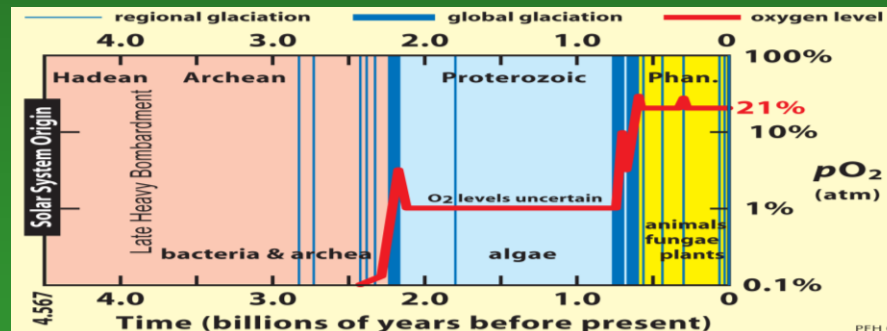
= **Velká kyslíková katastrofa – 2.4 bya**

= důsledek evoluce (oxygenní) fotosyntézy u sinic



reduktivní atmosféra

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



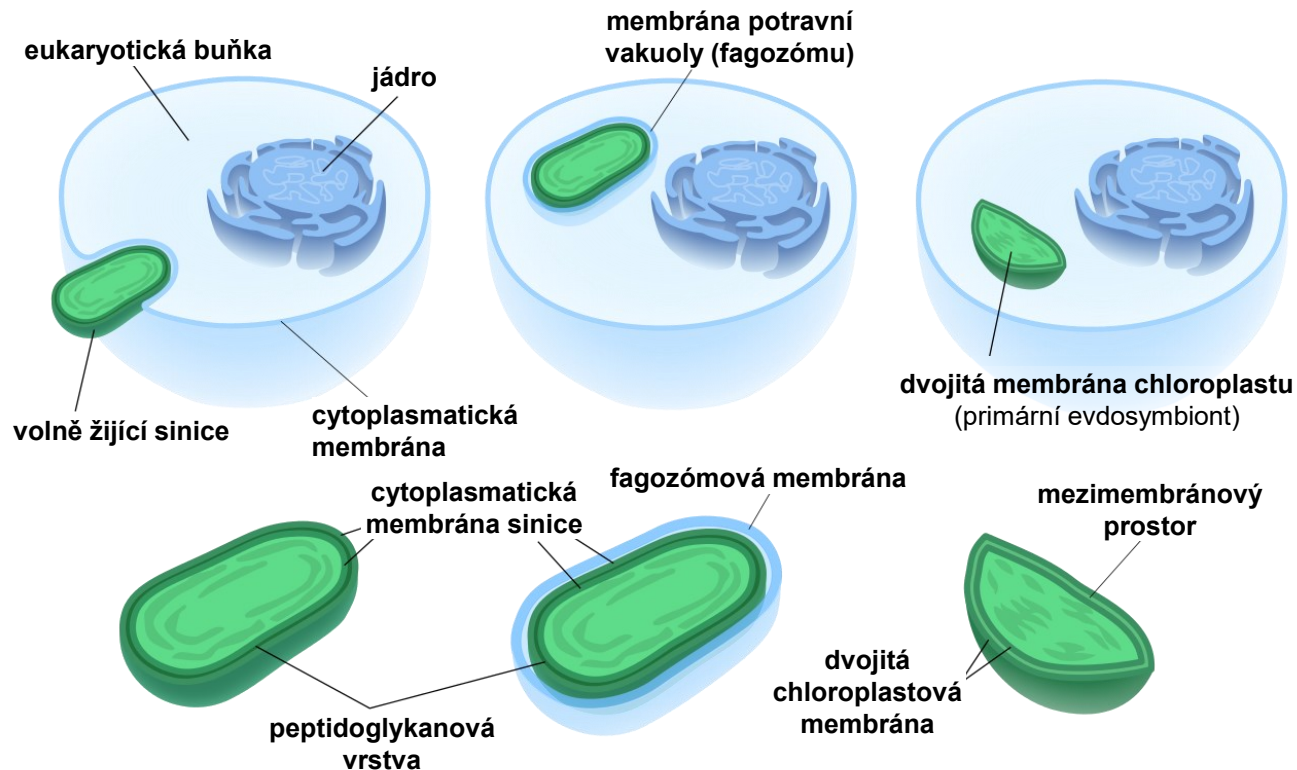
oxidativní atmosféra

sinice → kyslík
toxický pro anaerobní archea
rozkládá metan na H₂O a CO₂

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 O₂ unikat do atmosféry. Zabíjel konkurenční anaerobní archea, rozkládal skleníkově působící metan. Nastalo ochlazení, zalednění, masové vymírání. Koncentrace O₂ 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 Viridaeplantae
= 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 α -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*

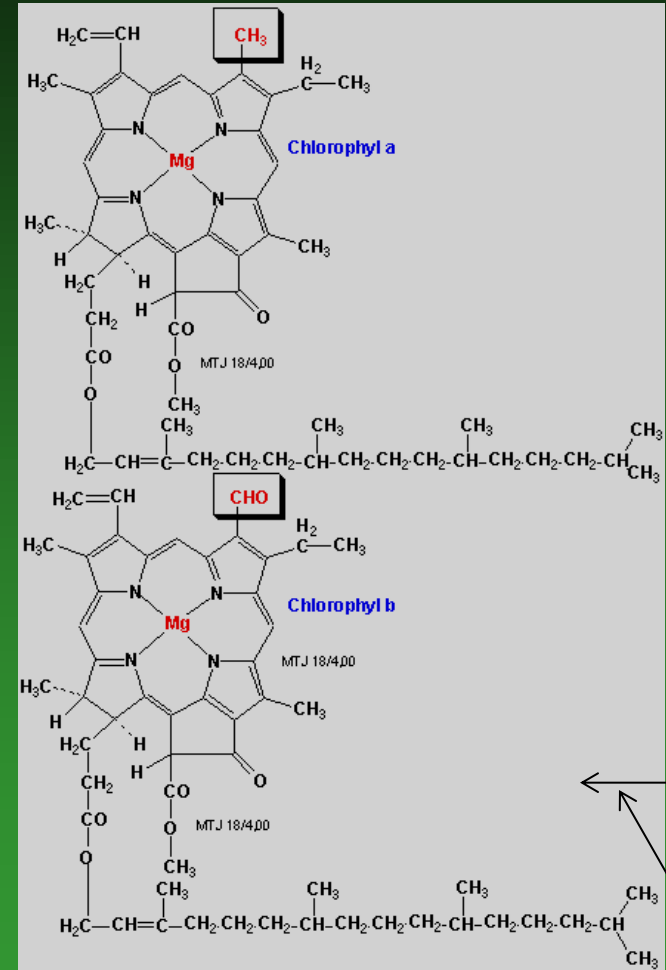
podříše *Viridaeplantae* (=Chlorobionta, Chloroplastida) – zelené rostliny = zelené řasy + parožnatky + vyšší rostliny

hlavní znaky:

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

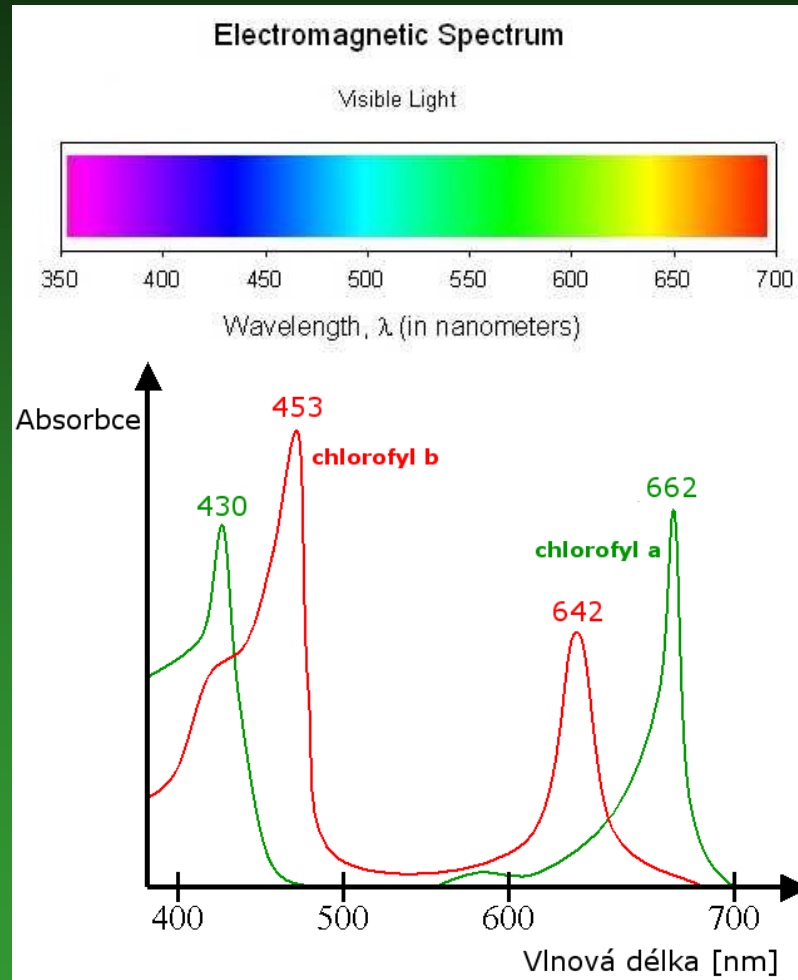
Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

Vedle chlorofylu a mají navíc (1) **chlorofyl b**



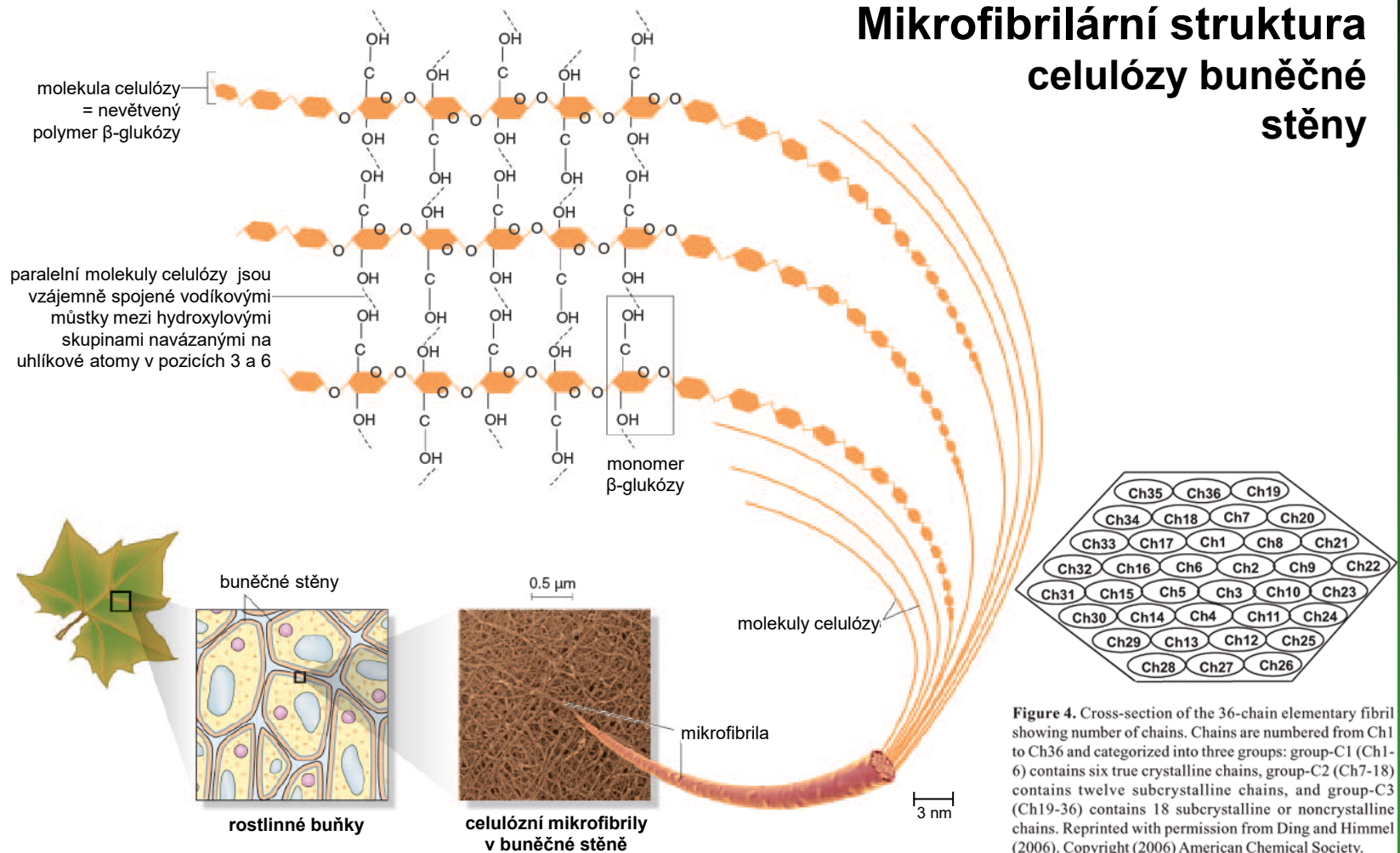
Chlorofyl chybí u parazitů a mykotrofně vyživovaných druhů Ta, kterou chlorofyl nepohlčuje, ale odráží!

Proč jsou rostliny (a obecně věci) zelené?



Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

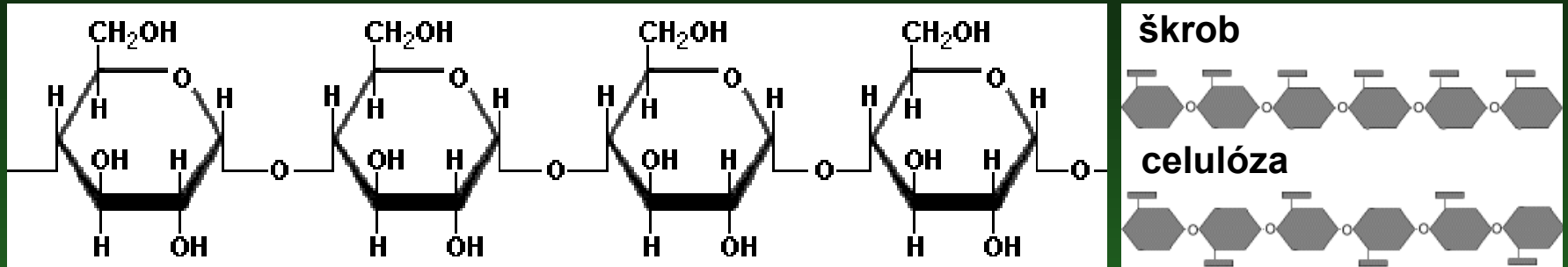
Stavební polysacharid = (2) **celulóza** – tvoří buněčnou stěnu



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

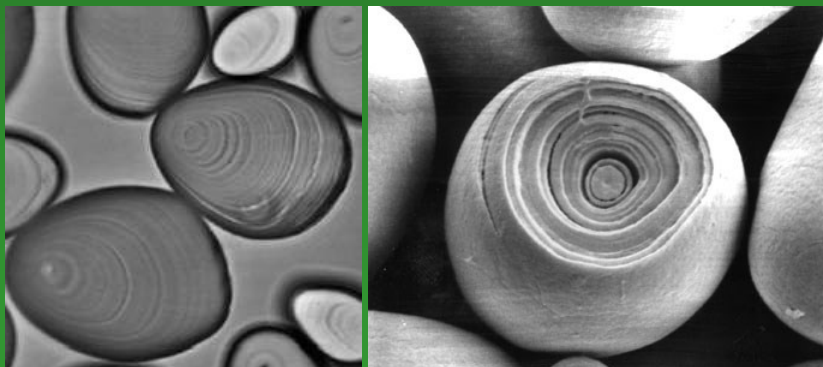
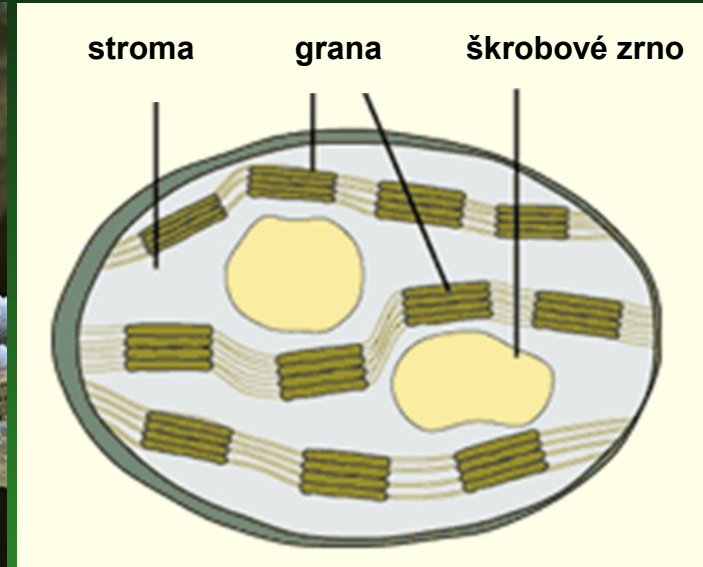
Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

(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**

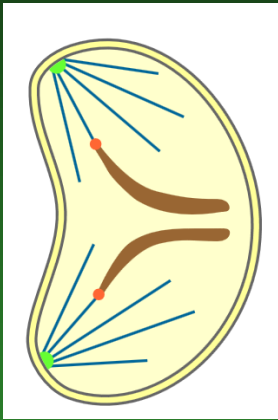
- (1) Otevřená ortmitóza,
- (2, 3) Fragmoplast v cytokinézi, plazmodesmy mezi buňkami
- (4) Oogamická rodozměna
- (5, 6) Gravitropní růst, rhizoidy
- (7) Rozetovitý celulózo-syntetizující komplex

Vyšší rostliny zahrnují dvě vývojové linie v podříši *Viridaeplantae*

Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

(1) Otevřená ortomitóza

Uzavřená pleuromitóza

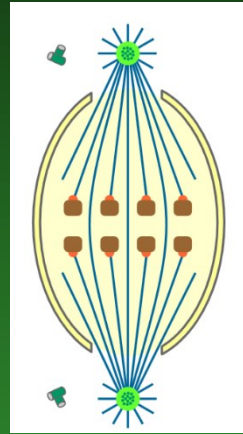


U zelených řas jen v bazální třídě *Prasinophyceae*

Pleuro = vřeténka nejsou kolmo na ekvatoriální rovinu dělení

Uzavřená = jaderná membrána neporušená

Částečně otevřená ortomitóza

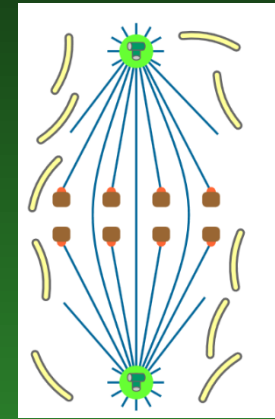


Ostatní *Chlorophyta*

Orto = vřeténka kolmo na ekvatoriální rovinu dělení

Částečně otevřená = v jaderné membráně polární okénka s centriolami

Otevřená ortomitóza

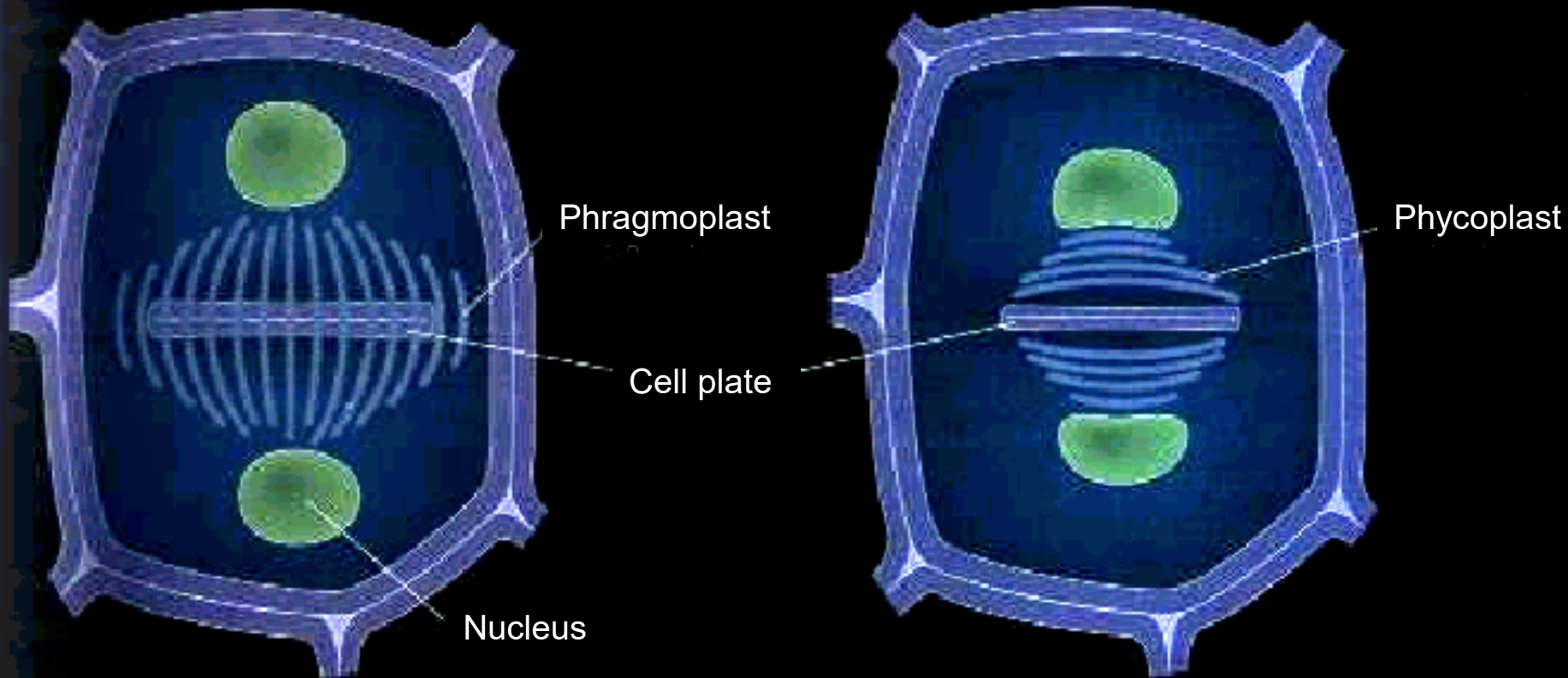


Streptophytae

Jaderná membrána se rozpouští na počátku mitózy

Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

Během cytokinézy se tvoří (2) fragmoplast



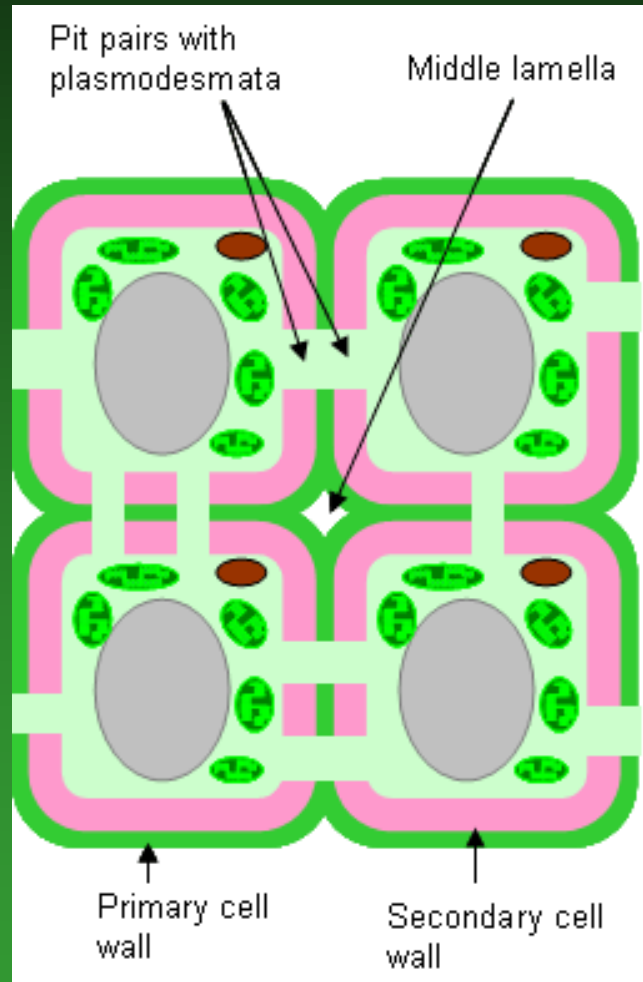
Fykoplast a fragmoplast = přechodné mikrotubulární systémy cytoskeletu; **Fykoplast** – mikrotubuly dělicího vřeténka kolabují a orientují se kolmo na spojnici dceřiných jader. **Fragmoplast** - mikrotubuly se zachovávají a přisouvají se po nich váčky s polysacharidy do centrifugálně vznikající střední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

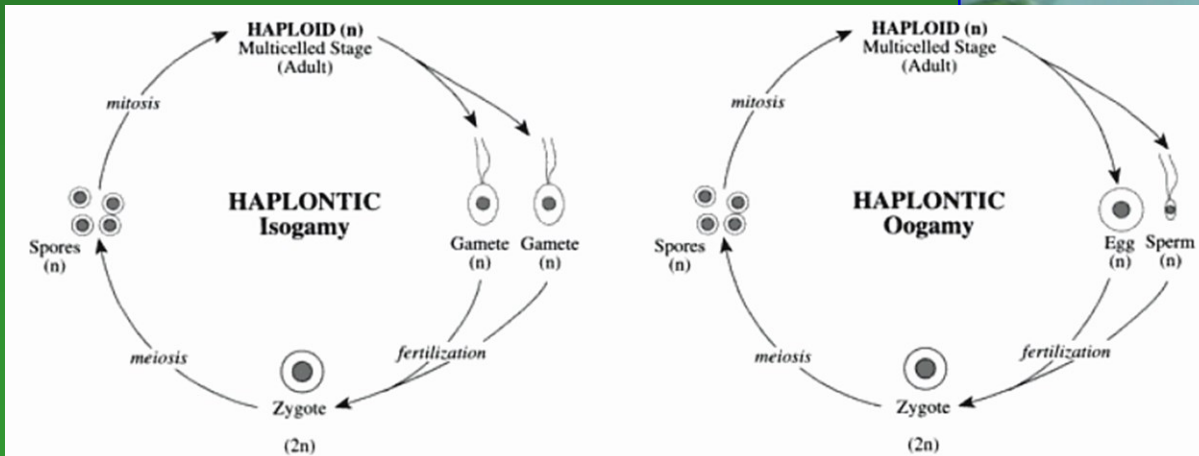
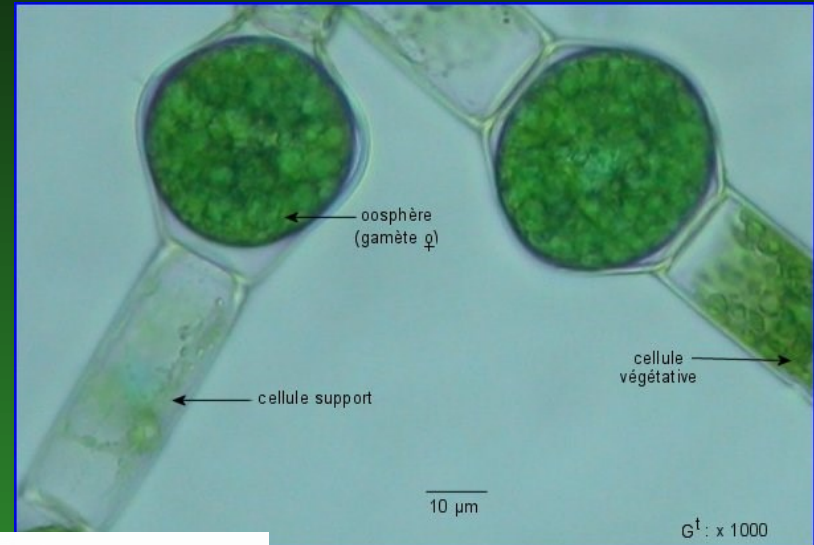
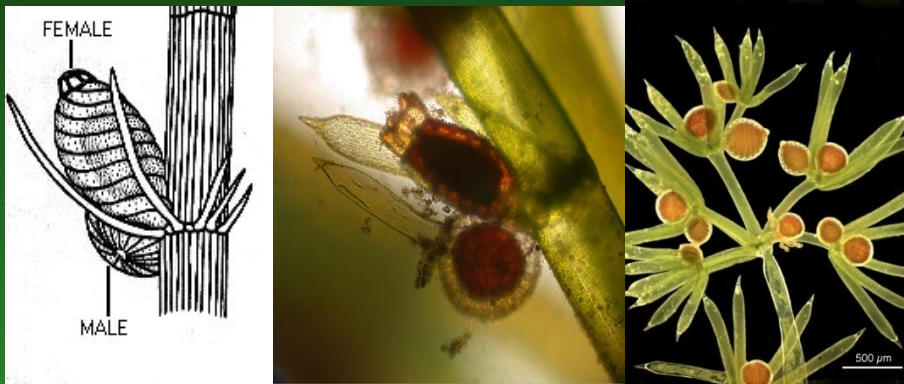
Transport bílkovin a fytohormonů je jimi aktivně regulován a nebyla by tedy bez nich diferencovaná mnohobuněčnost a funkční regulace



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



Photo copyright Henriette Kress
<http://www.henriettesherbal.com>

Parožnatky



Pergamon

Adv. Space Res. Vol. 21, No. 8/9, pp. 1183–1186, 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

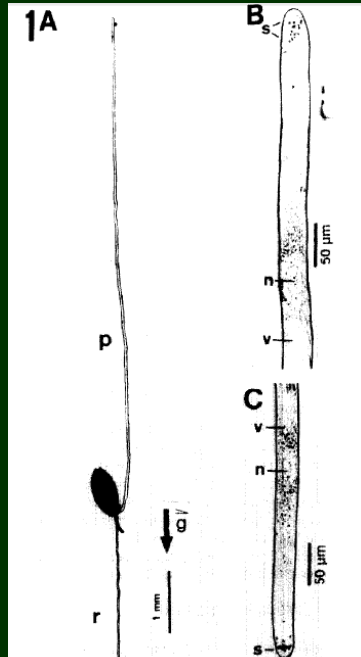


Fig. 1: An oospore of *Chara fragilis* Desv. (Fig. 1A) 3d after germination in darkness with a protonema (p) growing negatively gravitropic and a rhizoid (r) growing positively gravitropic. At higher magnifications of the tips of the protonema (Fig. 1B) and rhizoid (1C) the vacuole (v), nucleus (n) and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

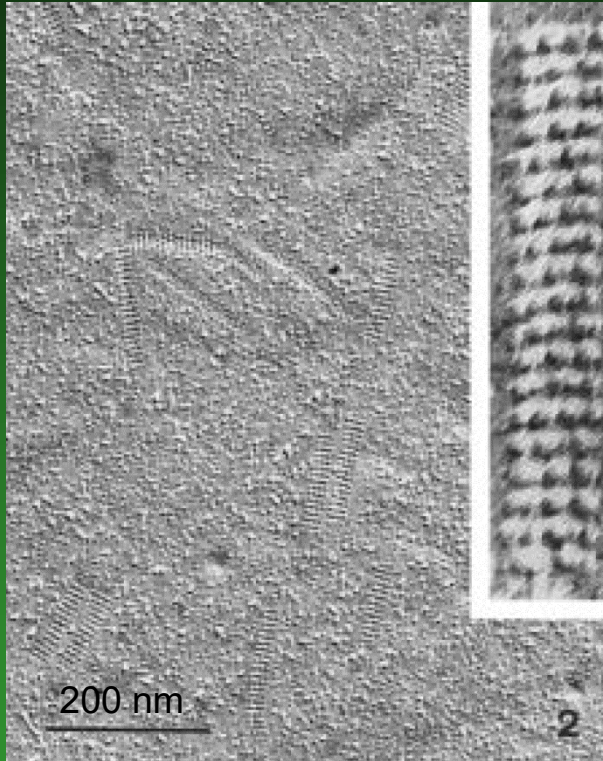


Chara baltica



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

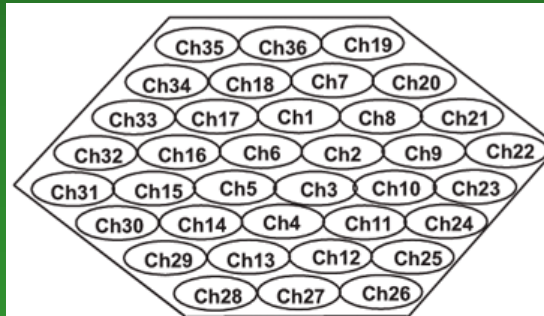
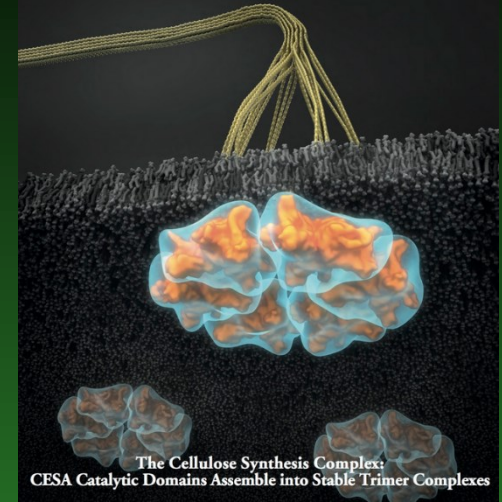
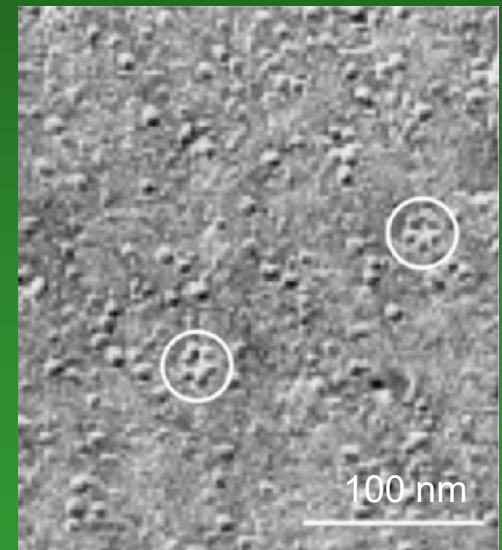


Figure 4. Cross-section of the 36-chain elementary fibril showing number of chains. Chains are numbered from Ch1 to Ch36 and categorized into three groups: group-C1 (Ch1-6) contains six true crystalline chains, group-C2 (Ch7-18) contains twelve subcrystalline chains, and group-C3 (Ch19-36) contains 18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



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

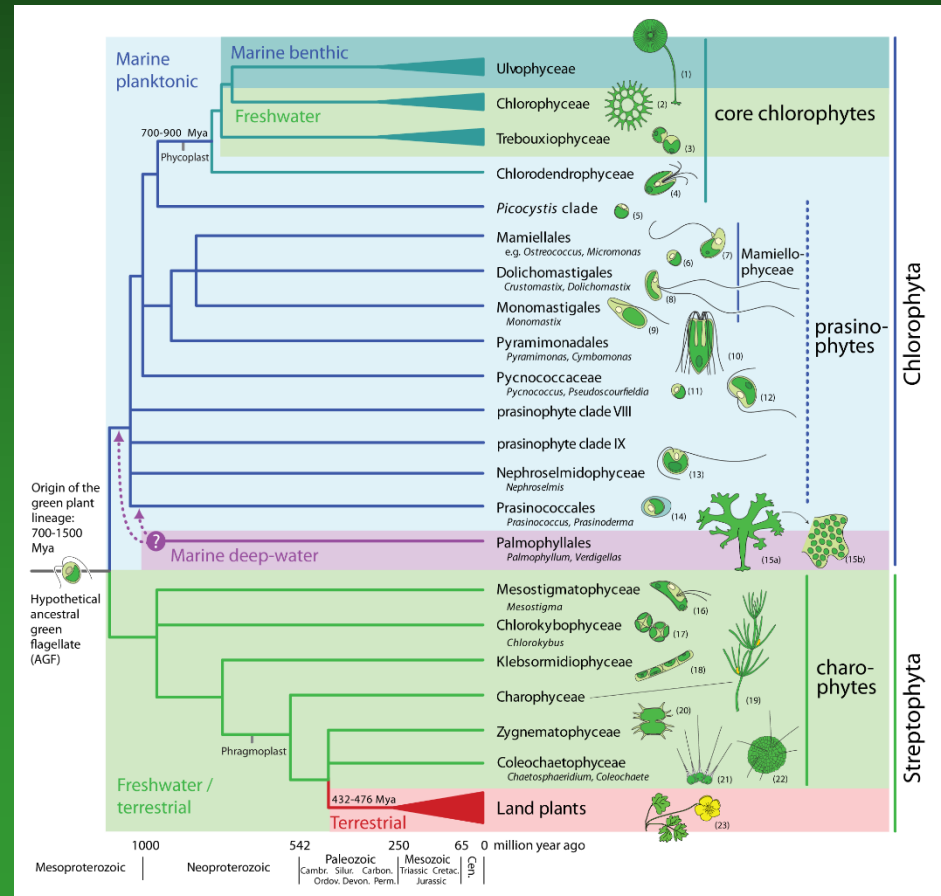


Rozetovitý celulózo-syntetizující komplex na cytoplasmatické membráně *Arabidopsis thaliana* – na snímku z elektronového mikroskopu

Molekulární studie naznačují, že nejbližší sesterskou linií vyšších rostlin je

čel. *Zygnematophyceae*

ne dříve podezříváné *Coleochaetophyceae*



Terrestrializace rostlin

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. Wendruff¹, Loren E. Babcock, Christian S. Wirkner, Joanne Kluesendorf & Donald G. Mikulic

Figure 1. *Bariscorpio venator* gen. et sp. nov., Brandon 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,¹ EDWARD B. DAESCHLER,² AND SYLVAIN DESBIENS³

2

Early fungi from the Proterozoic era in Arctic Canada

Corentin C. Loron^{1*}, Camille François¹, Robert H. Rainbird², Elizabeth C. Turner¹, Stephan Borensztajn⁴ & Emmanuelle J. Javaux^{1*}

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

nature

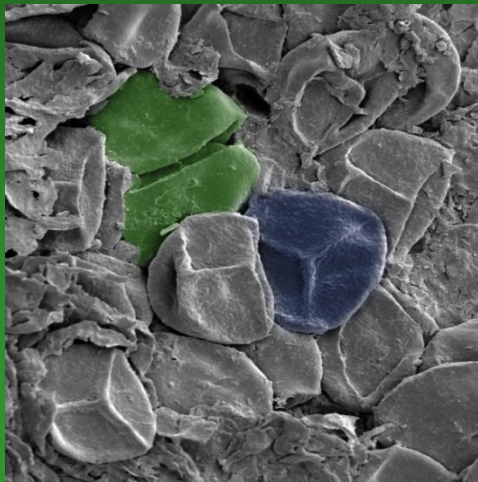
Letter | Published: 22 May 2019

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



život v mořích ordoviku

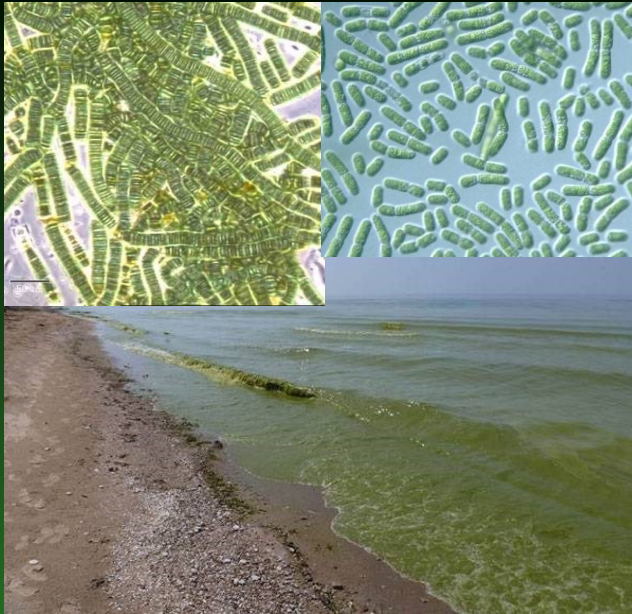
A late Silurian sporangium. **Green:** A spore tetrad. **Blue:** A spore bearing a trilete mark – the Y-shaped scar. The spores are about 30-35 μm across

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

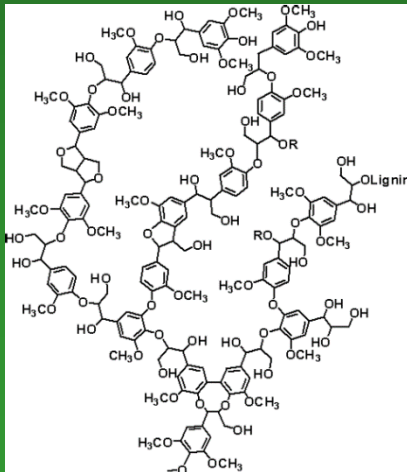




(1) Vyšší koncentrace O₂ v atmosféře

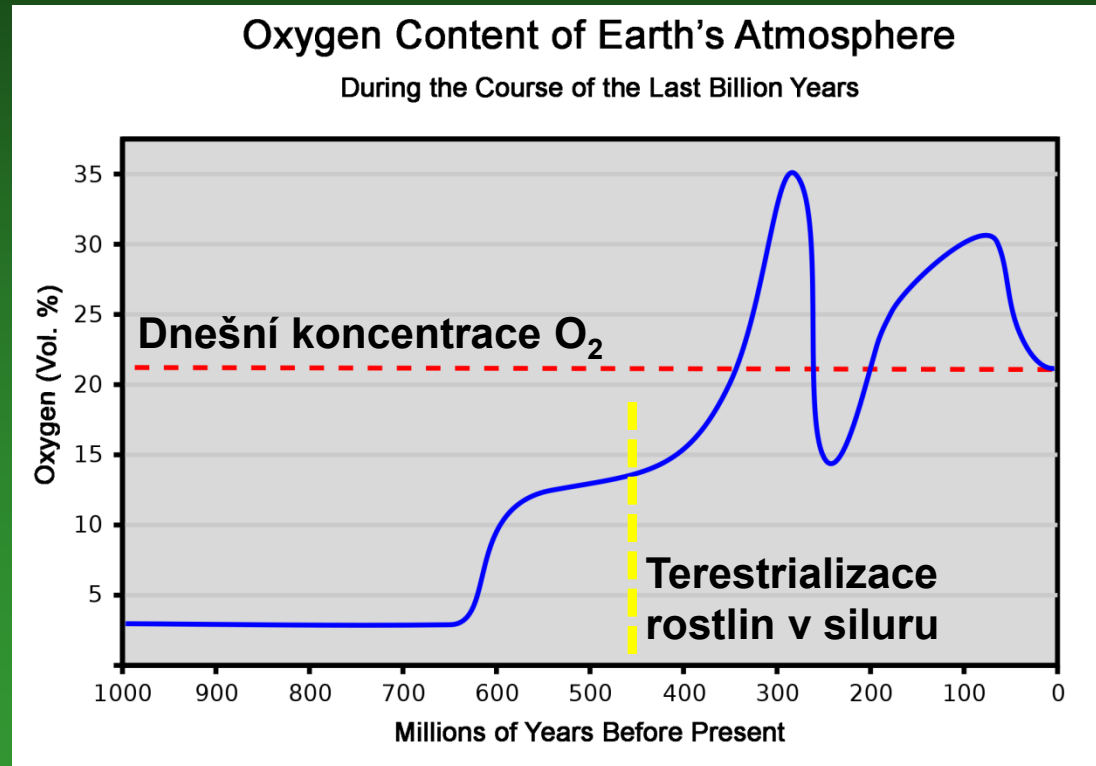
umožnila biosyntézu ligninu =
základní strukturní složky stěn buněk
oporných a vodivých pletiv

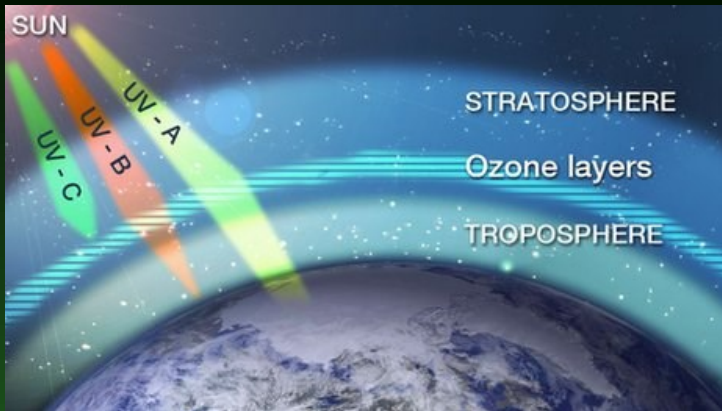
Kyslík vytvořily fotosyntézou
sinice



lignin

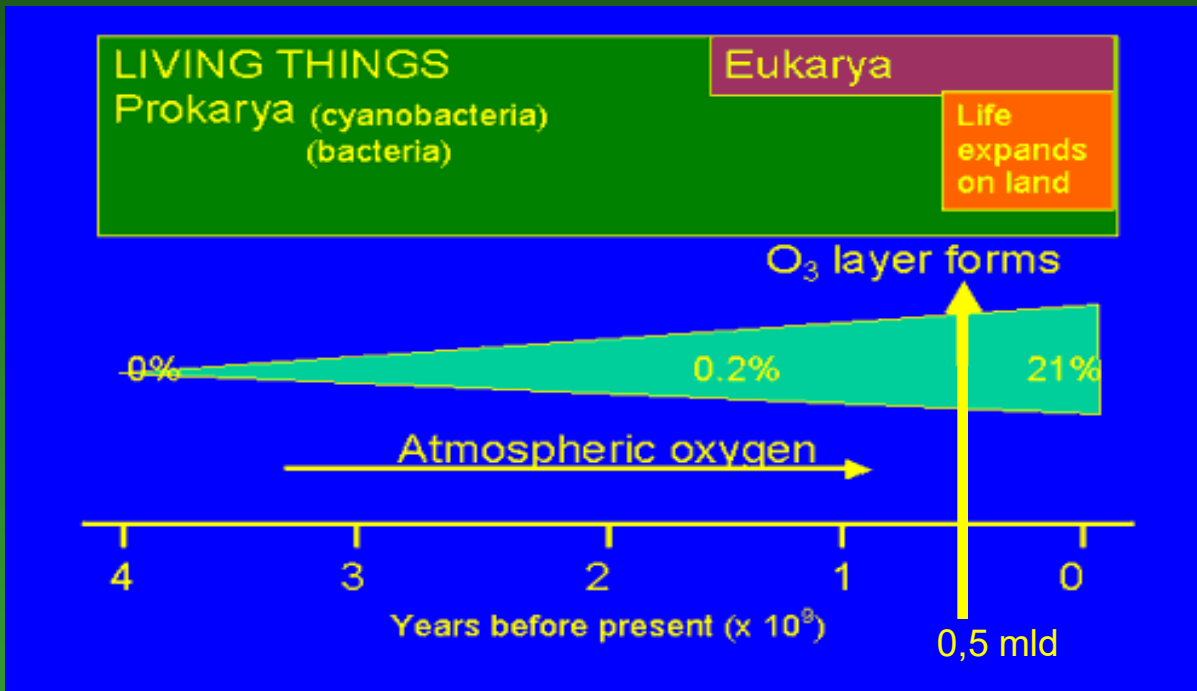
= polyfenolický biopolymer



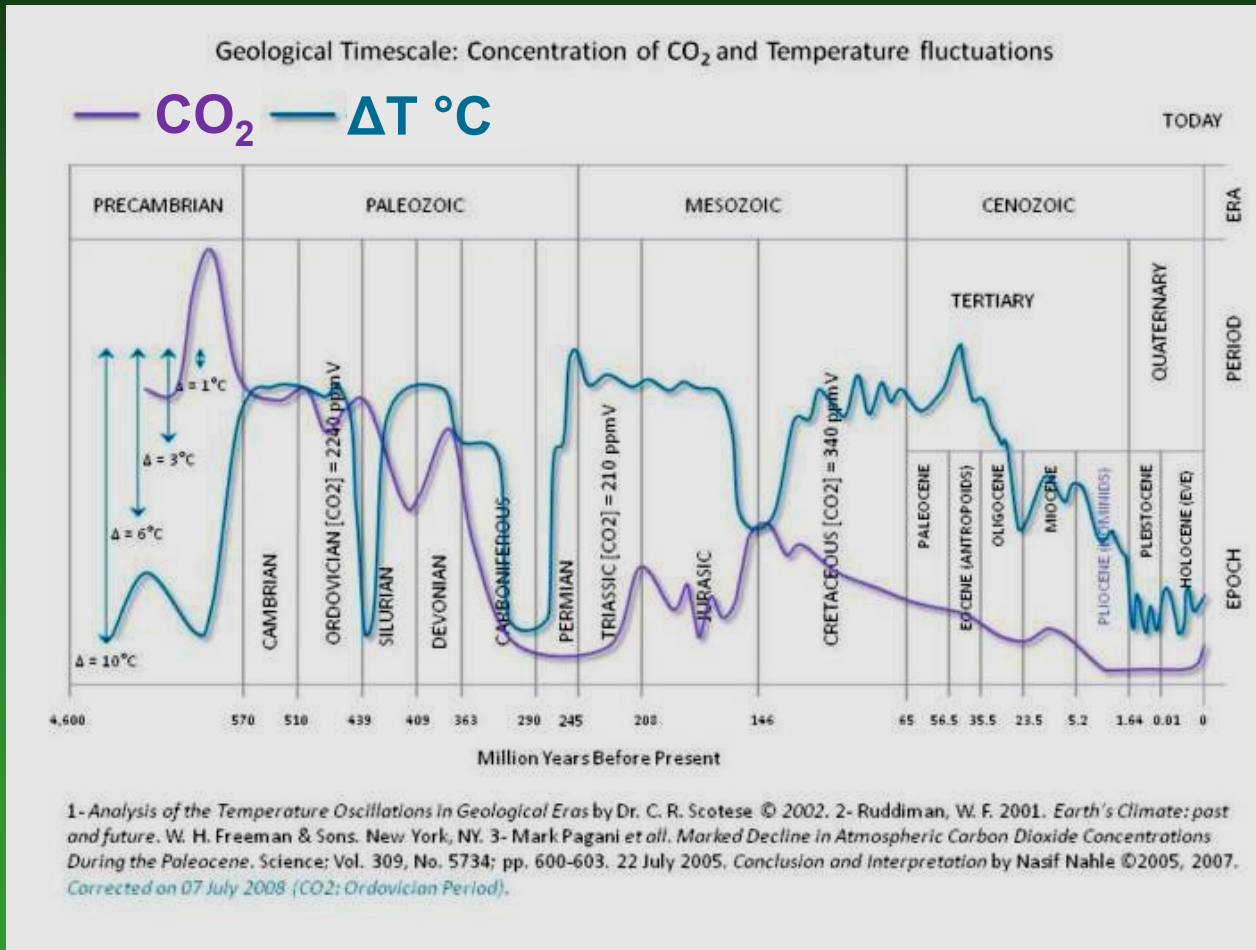


(2) vytvoření ozónové vrstvy = ochrany před UV zářením

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



(3) Růst koncentrace atmosférického CO₂ => vznik půd činností mikroorganismů



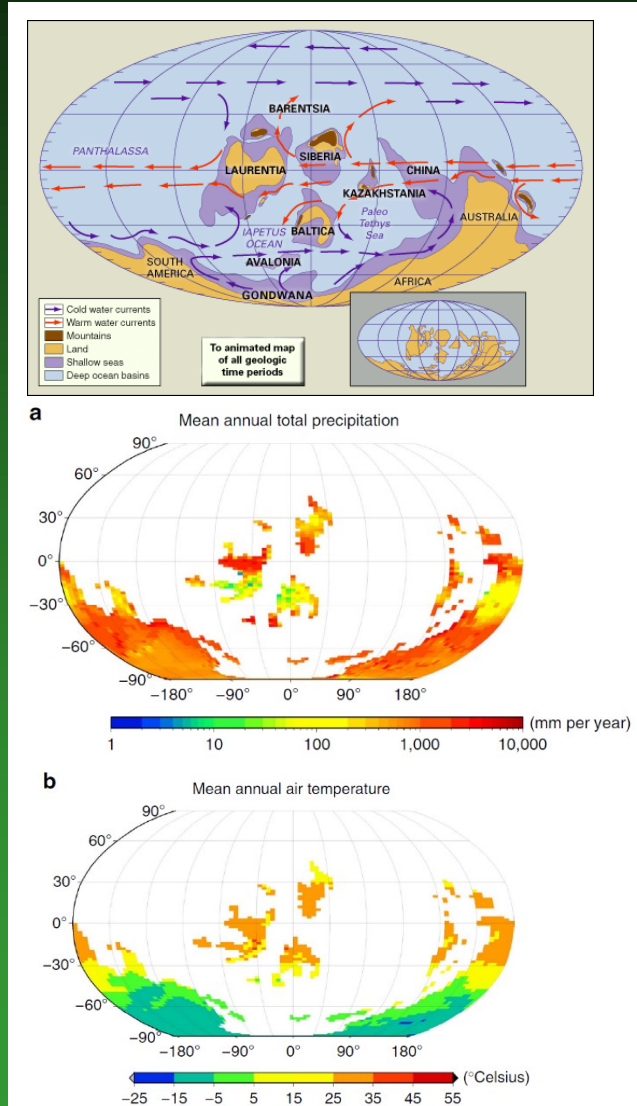
V kambriu až siluru bylo CO₂ 18x víc než dnes !

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

=> Kyselejší déšť = intenzivnější oxidace hornin

(4) Vlhké klima

skleníkový efekt CO_2 = celkově teplejší a vlhčí klima
na J pólu velký kontinent Gondwana = na pólu velký ledovec



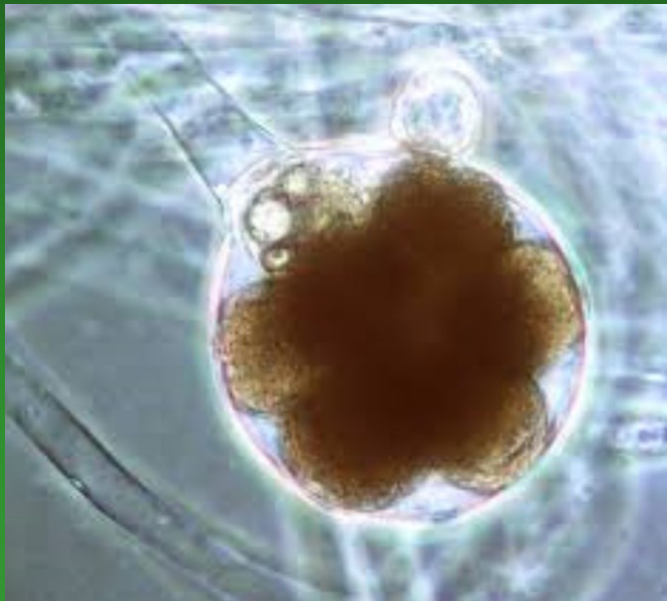
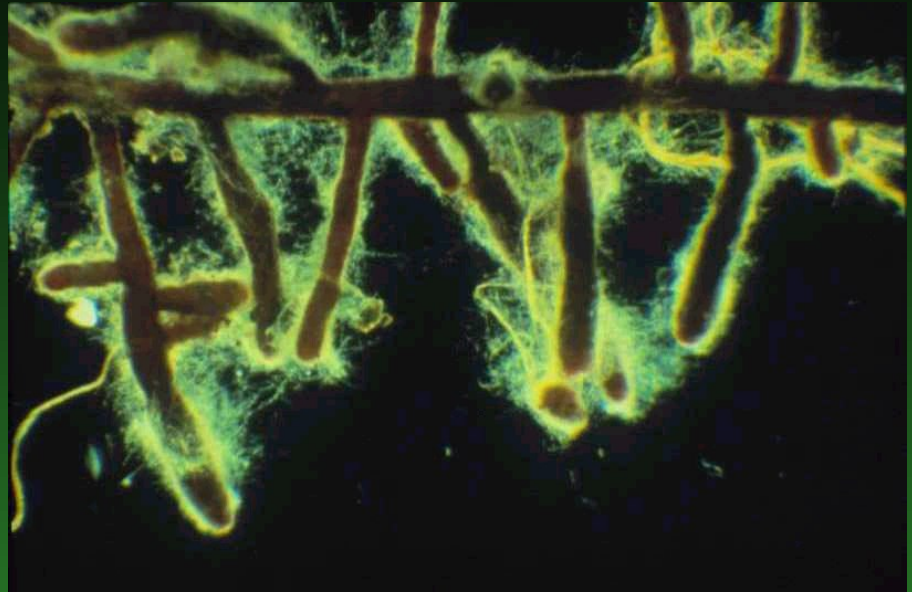
Mezi chladným ledovcem a horkým + vlhkým pobřežím = monzunové klima

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?

Popřemýšlejte ve dvojicích/skupinách.

Co rostliny přechodem na souš získaly?

 snadnější přístup ke světlu

 snadnější přístup k CO₂

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 ...

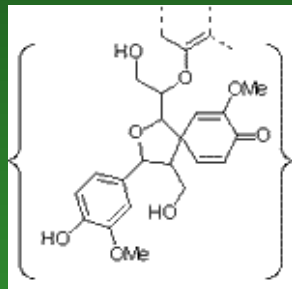
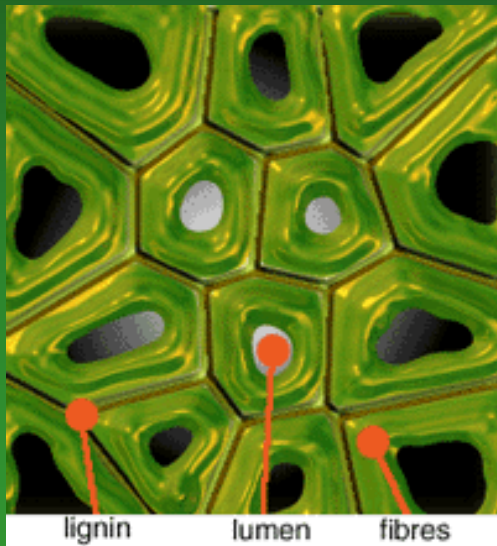


Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?

☹️ Působení gravitace, větru, sněhu, námrazy, býložravců

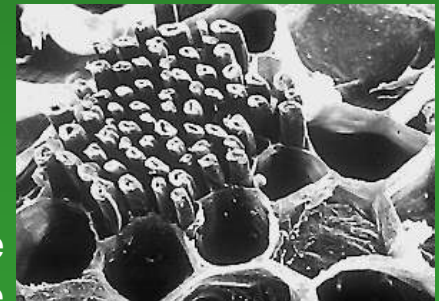
😊 Zvýšení konstrukční pevnosti

(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 CO_2 + ven H_2O

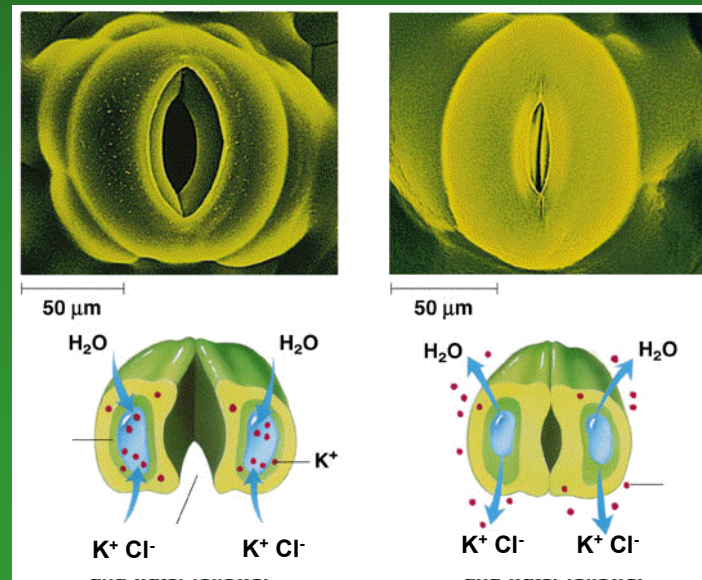


Průduchy:

Nemají plasmodesmy = nekomunikují s okolními buňkami

Mají chloroplasty (jiné epidermální buňky zpravidla ne)

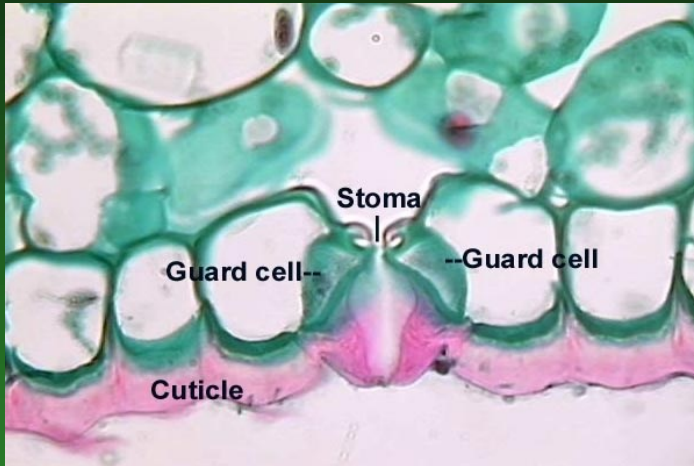
Otvírají a zavírají se turgorem řízeným protonovou pumpou K^+ a Cl^- iontů



Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



Sucho



Kutikula „skafandr“

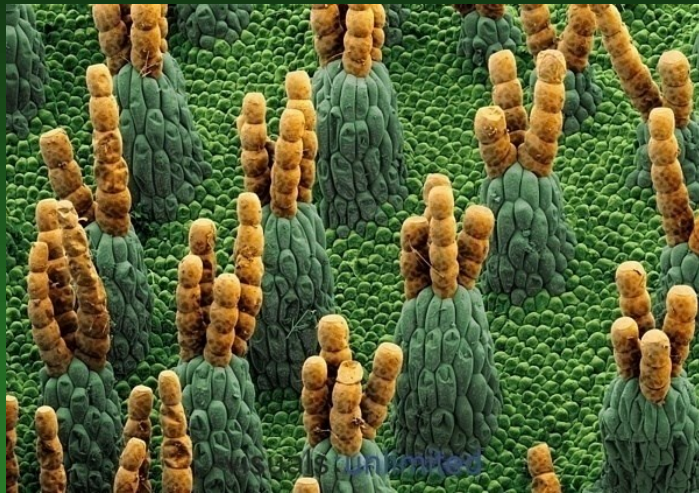
tenká (1–15 μm) vosková blanka – brání výparu z pokožkových buněk. Přerušena jen otvory nad průduchovými štěrbinami. Má i odrazivou funkci = ochrana před přehřátím. Vododpudivost = za deště samočistící schopnost listového povrchu.



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

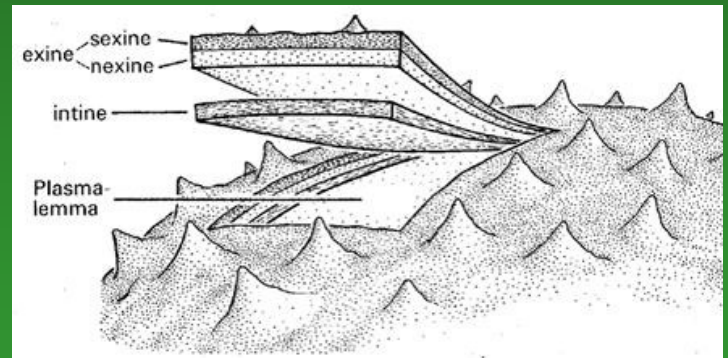
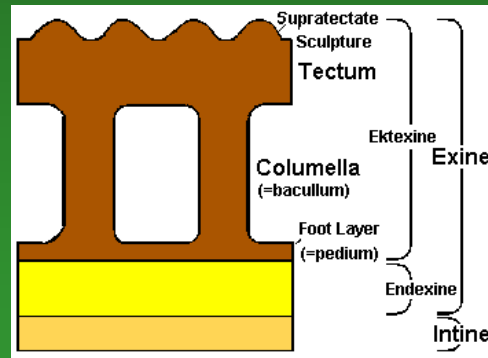
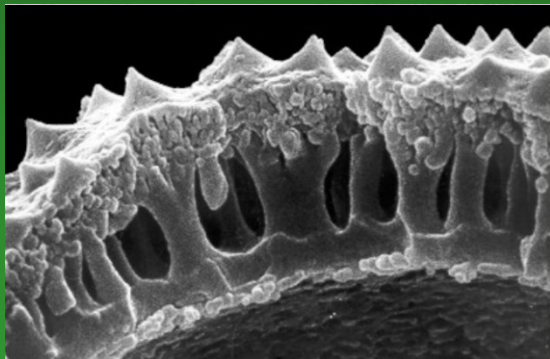


Rezistentní obal spór / pylu

– 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*

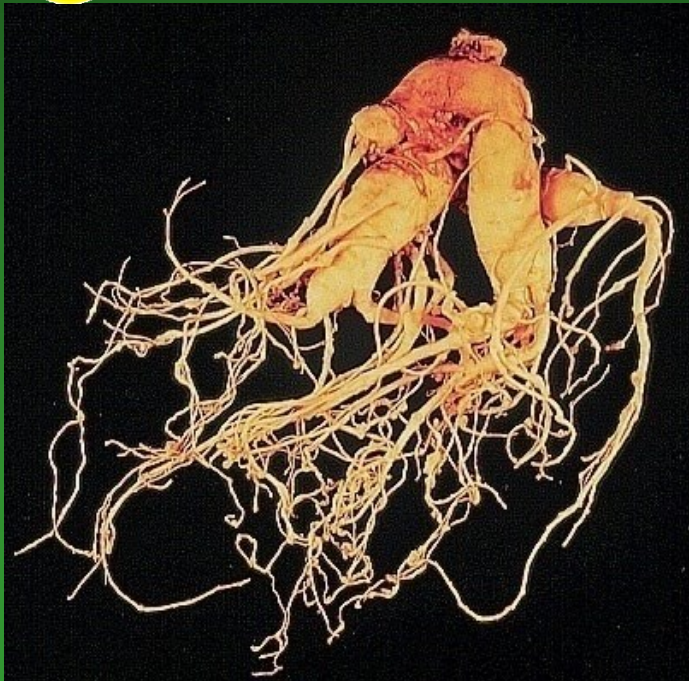
Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?

☹️ 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

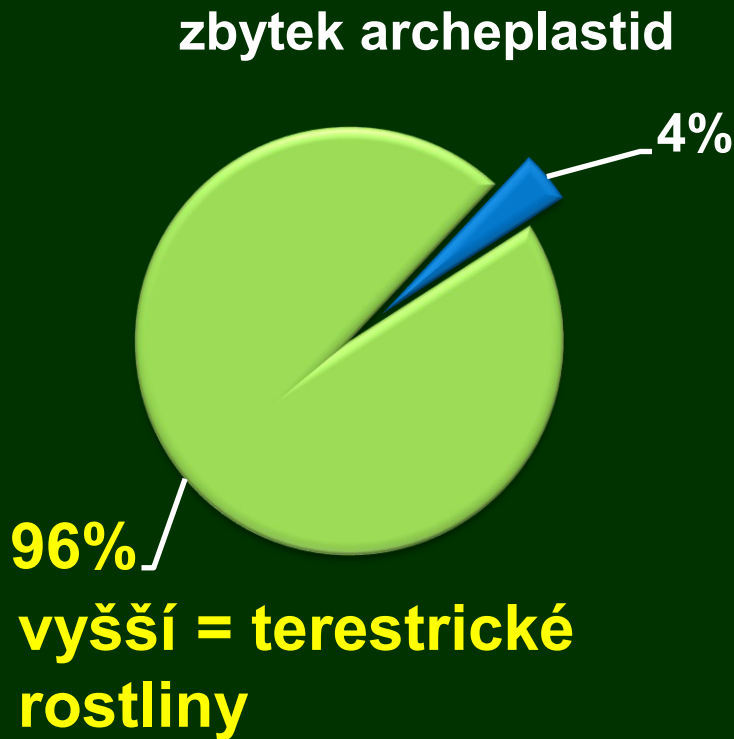


sklerenchym

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**

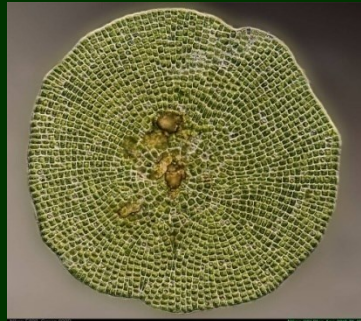
= „zesložitení“ struktury = vznik pletiv a orgánů tvořících tělo (cormus)

vyšší rostliny proto nazývány též **Cormophyta**

Vodní prostředí = strukturně homogenní stélka řas



Ulva,
Chlorophyta



Coleochaete,
Charophyta



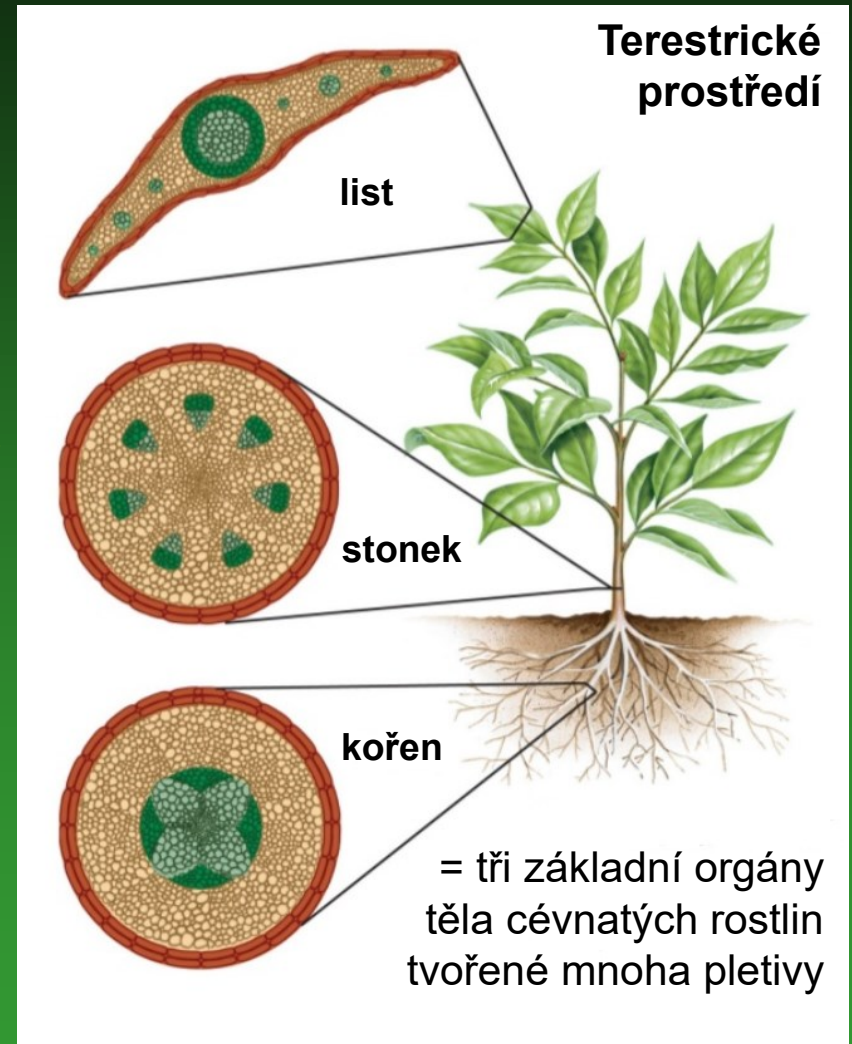
Porphyra suborbiculata
Univ Tsukuba



Dictyota,
Phaeophyta



Porphyra, *Rhodophyta*



Důsledek terestrializace – **evoluce komplexity**

Velikost souvisí s komplexitou rostlinné stavby

Největší bezcévné

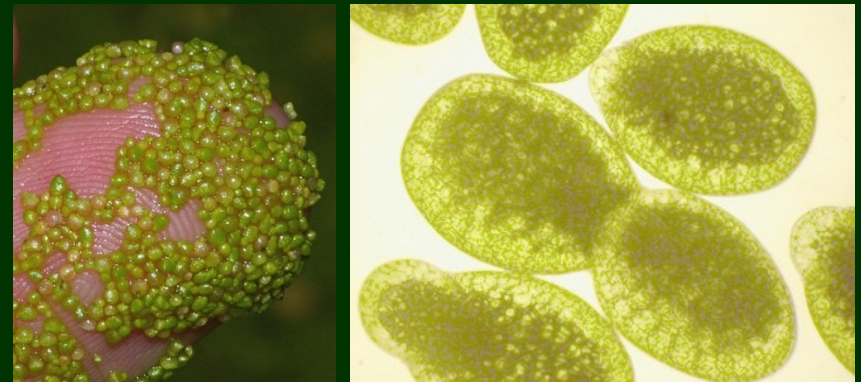
Drobné mechy ve vlhku „nepotřebují“ složitější anatomii. Avšak čím jsou větší, tím mají anatomickou stavbu složitější.



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.



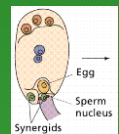
Nejmenší „cévnaté“ rostliny – okřehky se ve vodě zmenšily natolik, že zredukovaly nebo ztratily kořeny a cévní svazky. Nejmenší z nich *Wolffia microscopica* je tvořena v nekvetoucím stavu jen polokulovitými bezkořennými tělisky téměř stejnocenného pletiva bez cévních svazků.



Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



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



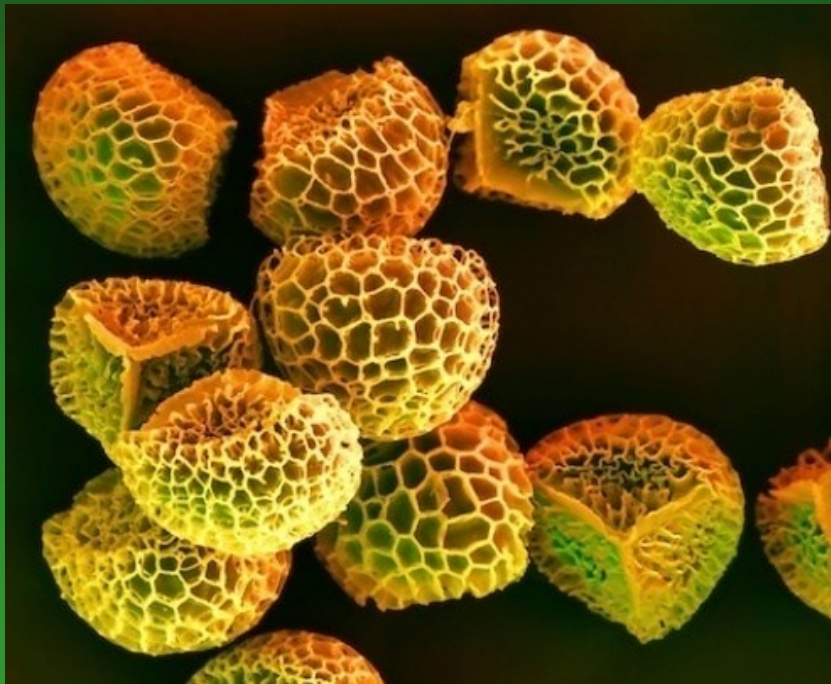
Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

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



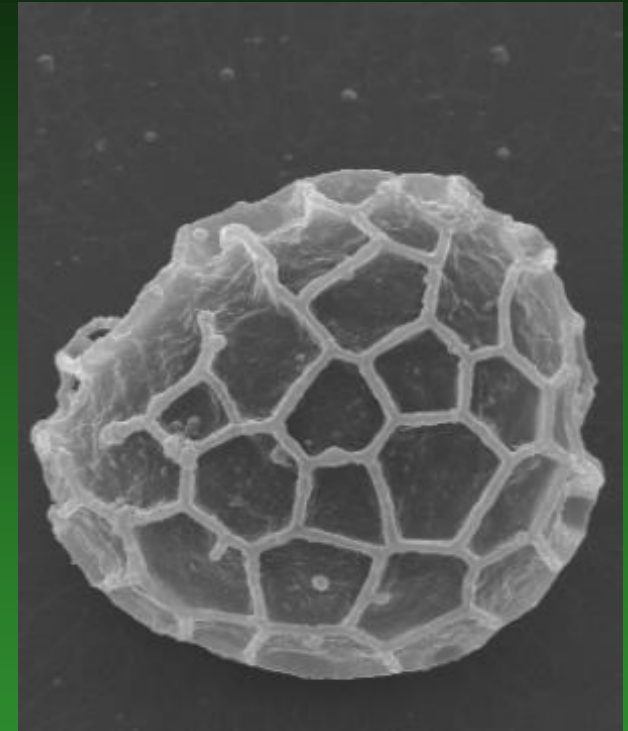
Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

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**

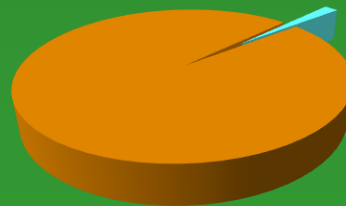
Vyšší rostliny tvoří jejich kostru

Biomasa – terestrické ekosystémy
rostliny : živočichové
1000 : 1

Biomasa – mořské ekosystémy:
rostliny : živočichové
1 : 30



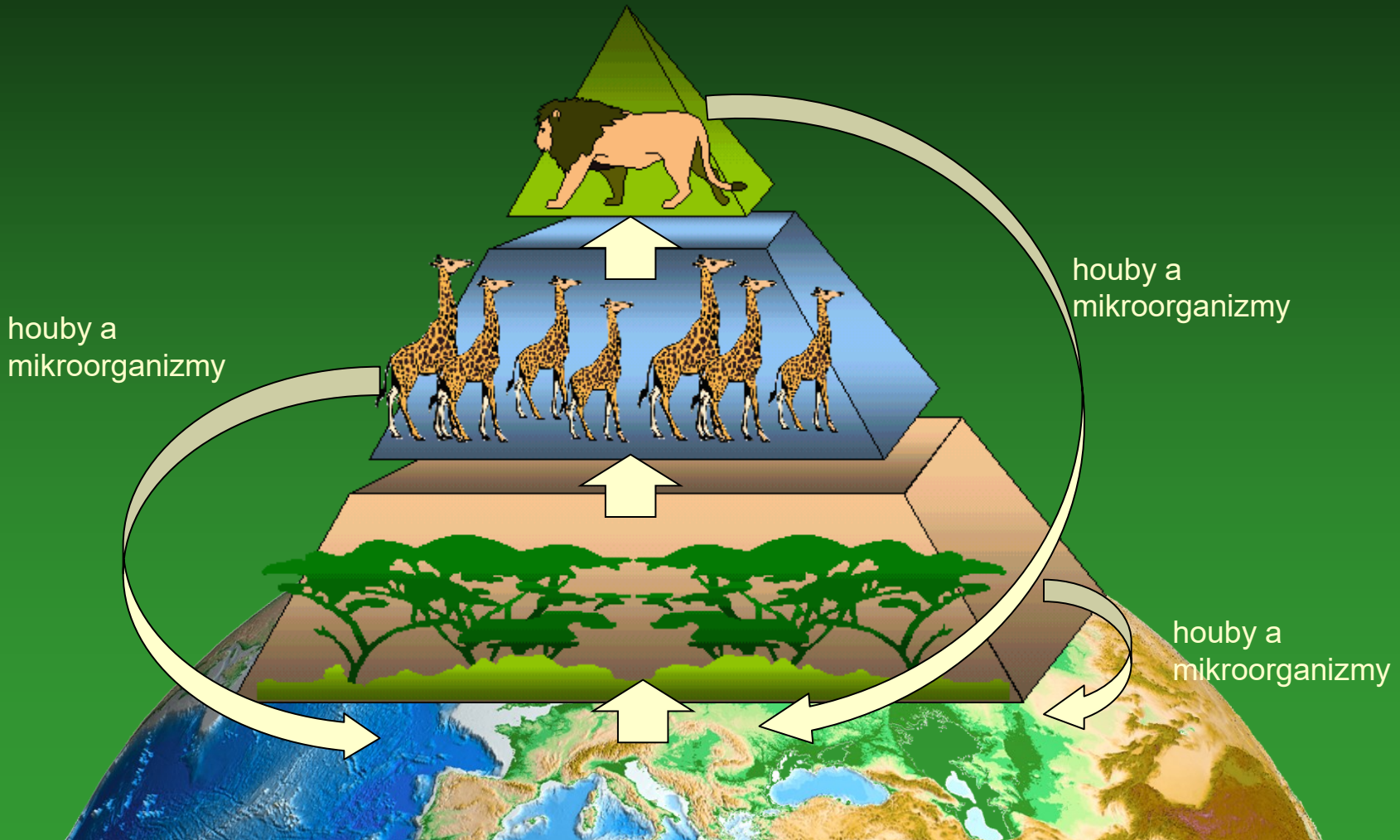
Terestrická biomasa
550 miliard tun



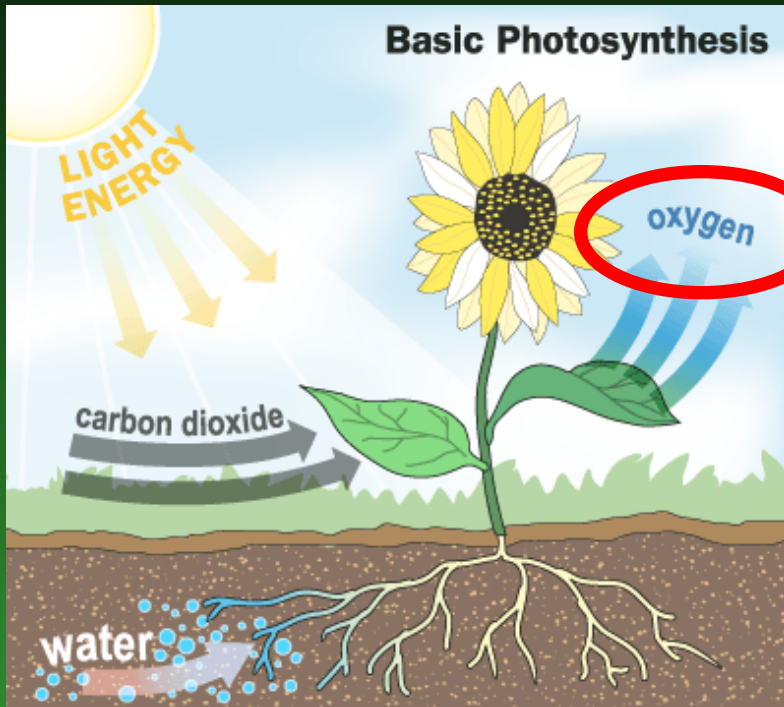
Oceanická biomasa
10 miliard tun

Důsledek terestrializace – **terestrické ekosystémy**

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



Důsledek terestrializace – **stabilita atmosféry**



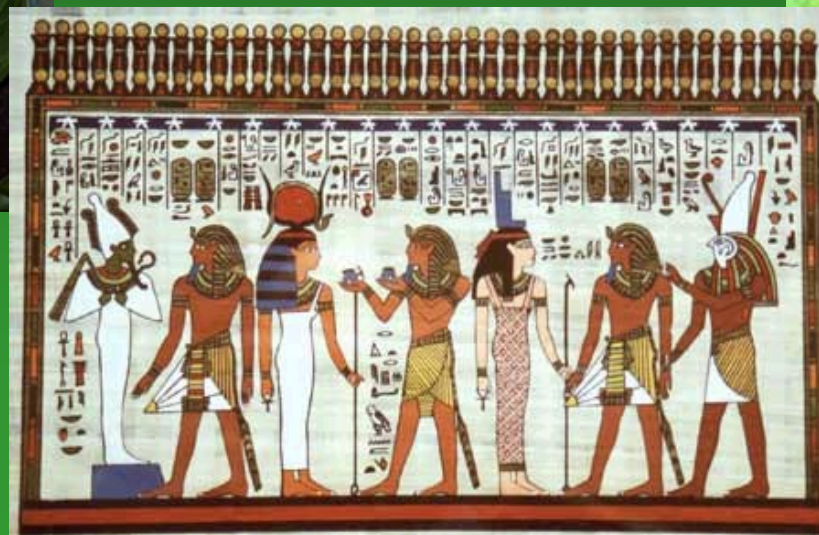
Mají zásadní podíl na tvorbě kyslíku v atmosféře

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



Příklad testových otázek

1. Za vynálezce herbarizace je považován
 - a – Dioscorides
 - b – Carl Linné
 - c – Luca Ghini
 - d – Pietro andrea Mattioli

2. Pro kostrukce fylogenetických stromů jsou nejvhodnější
 - a – homoplazické znaky
 - b – homologní znaky
 - c – parafyletické skupiny
 - d – polyfyletické skupiny

3. Vyšší koncentrace CO₂ při terestrializaci roslin byla důležitá pro řadu procesů. Která do výčtu NEpatří, nebo jsou všechny tři správně?
 - a – fotosyntézu
 - b – kyselější deště a vznik půd oxidací hornin
 - c – vznik půd činností mikroorganismů
 - d – všechny možnosti jsou správně

Příklad testových otázek

1. Za vynálezce herbarizace je považován
 - a – Dioscorides
 - b – Carl Linné
 - c – Luca Ghini
 - d – Pietro andrea Mattioli
2. Pro kostrukce fylogenetických stromů jsou nejvhodnější
 - a – homoplazické znaky
 - b – homologní znaky
 - c – parafyletické skupiny
 - d – polyfyletické skupiny
3. Vyšší koncentrace CO₂ při terestrializaci roslin byla důležitá pro řadu procesů. Která do výčtu NEpatří, nebo jsou všechny tři správně?
 - a – fotosyntézu
 - b – kyselější deště a vznik půd oxidací hornin
 - c – vznik půd činností mikroorganismů
 - d – všechny možnosti jsou správně