



Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin

Vyšší rostliny: vznik a hlavní znaky

Petr Bureš



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?

< 1 mm – na hladině plovoucí *Wolffia* příbuzná okřehků

> 100 m – gigantické jehličnany čel. *Taxodiaceae*

Nejvyšší *Sequoia sempervirens*): 115.72 m

General Sherman objemem největší sekvojový strom (*Sequoiadendron giganteum*)
roste v Sequoia National Park v Kalifornii.

v = 83,8 m, průměr kmene = 7,7 m, objem = ca 1487 m³, věk = 2300 – 2700 let.

Wolffia columbiana (Araceae)



**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*

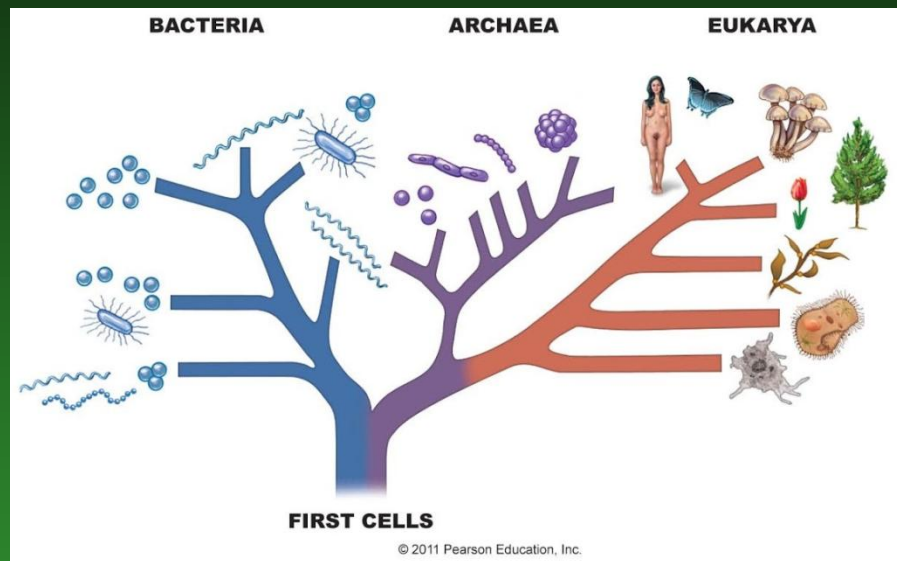
3. *Eukarya* – membránami
ohraňované organely:

mitochondrie,

Golgiho aparát,

endoplasmatické retikulum a

jádro s chromosomy (= nuleoproteinovými
strukturami organizujícími se během mitózy



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:

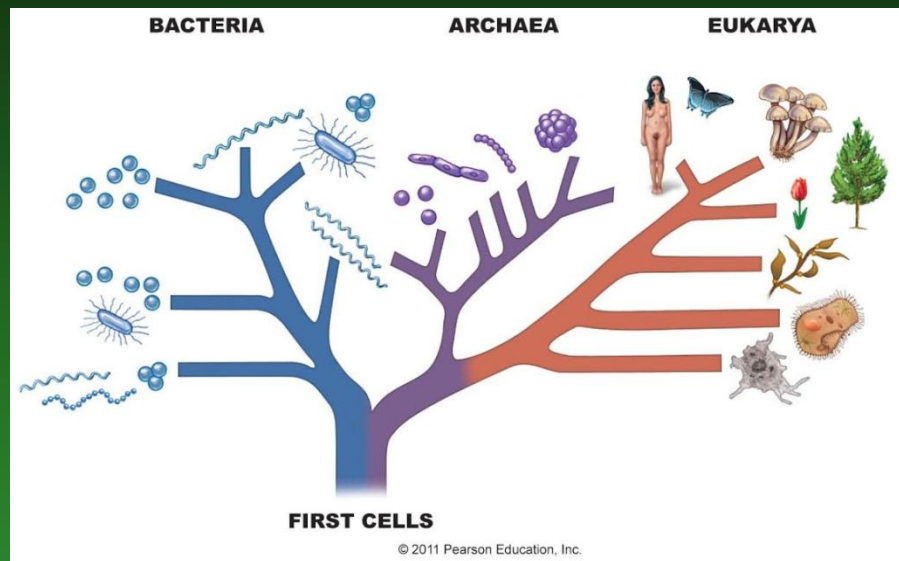
mitochondrie,

Golgiho aparát,

endoplasmatické retikulum a

jádru s chromosomy (= nukleoproteinovými
strukturami organizujícími se během mitózy

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



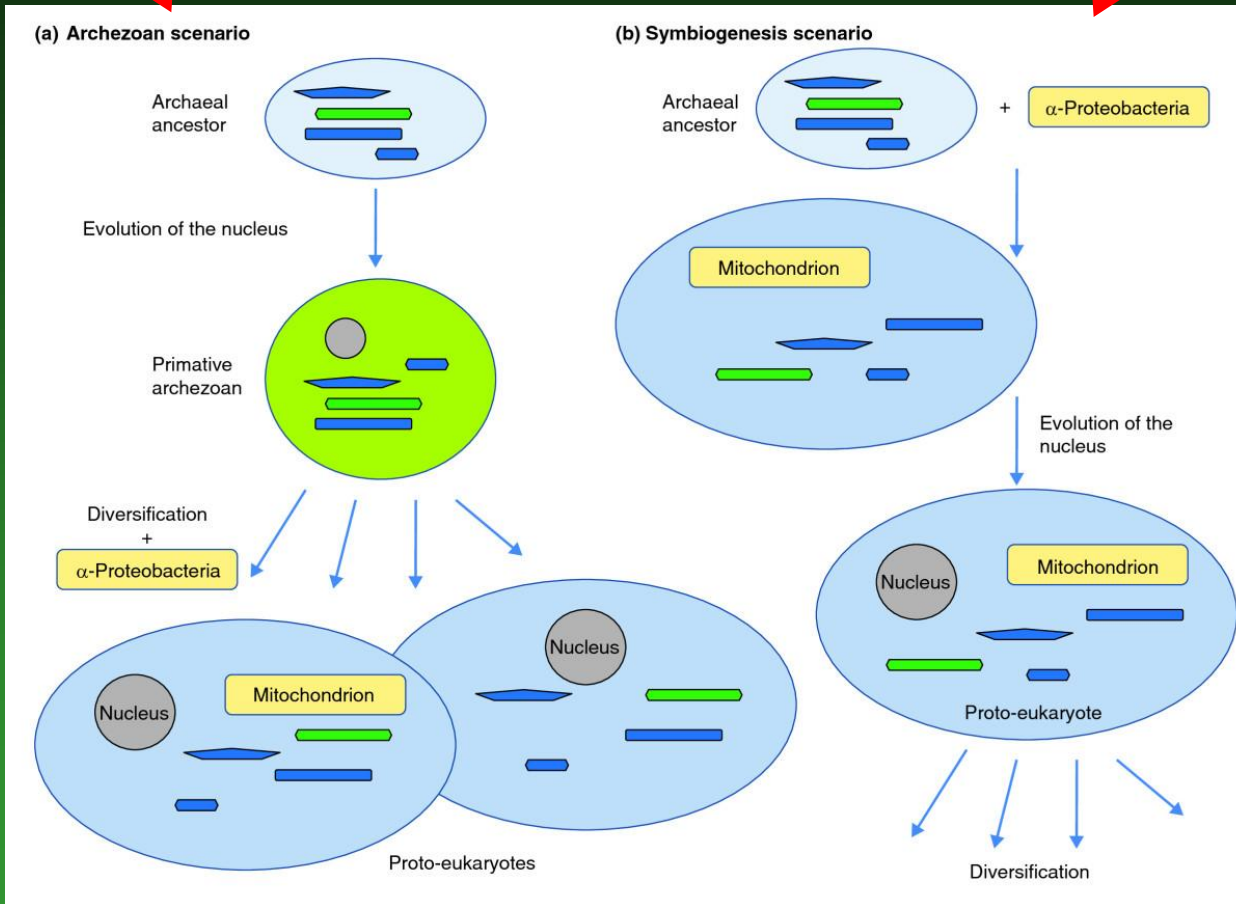
Kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

Kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

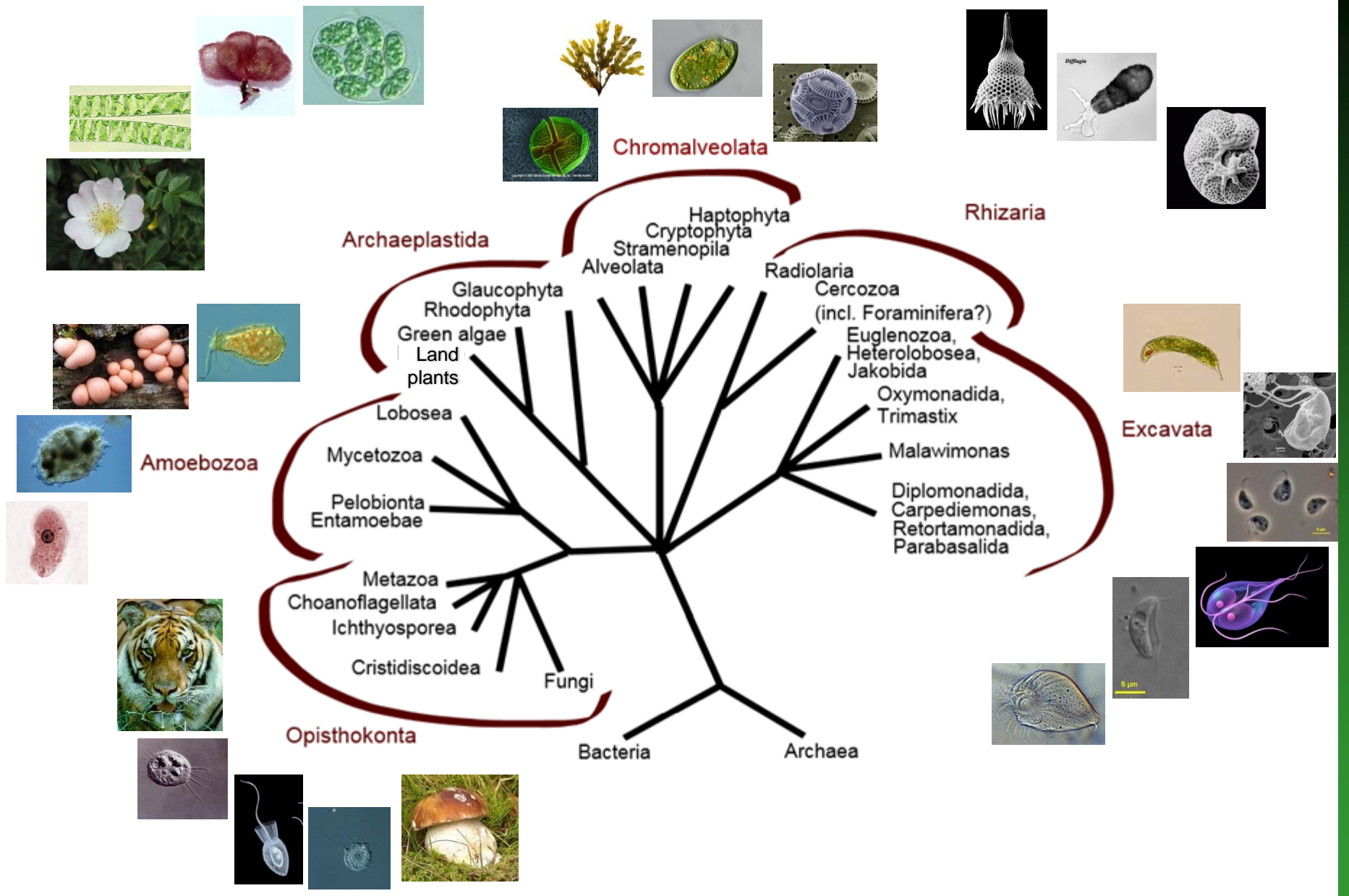
**K fagocytickému uchvácení
 α -proteobakterie
archeální nebo archeozoální buňkou
a tedy vzniku mitochondrie došlo**

před více než 2,5 mld. let

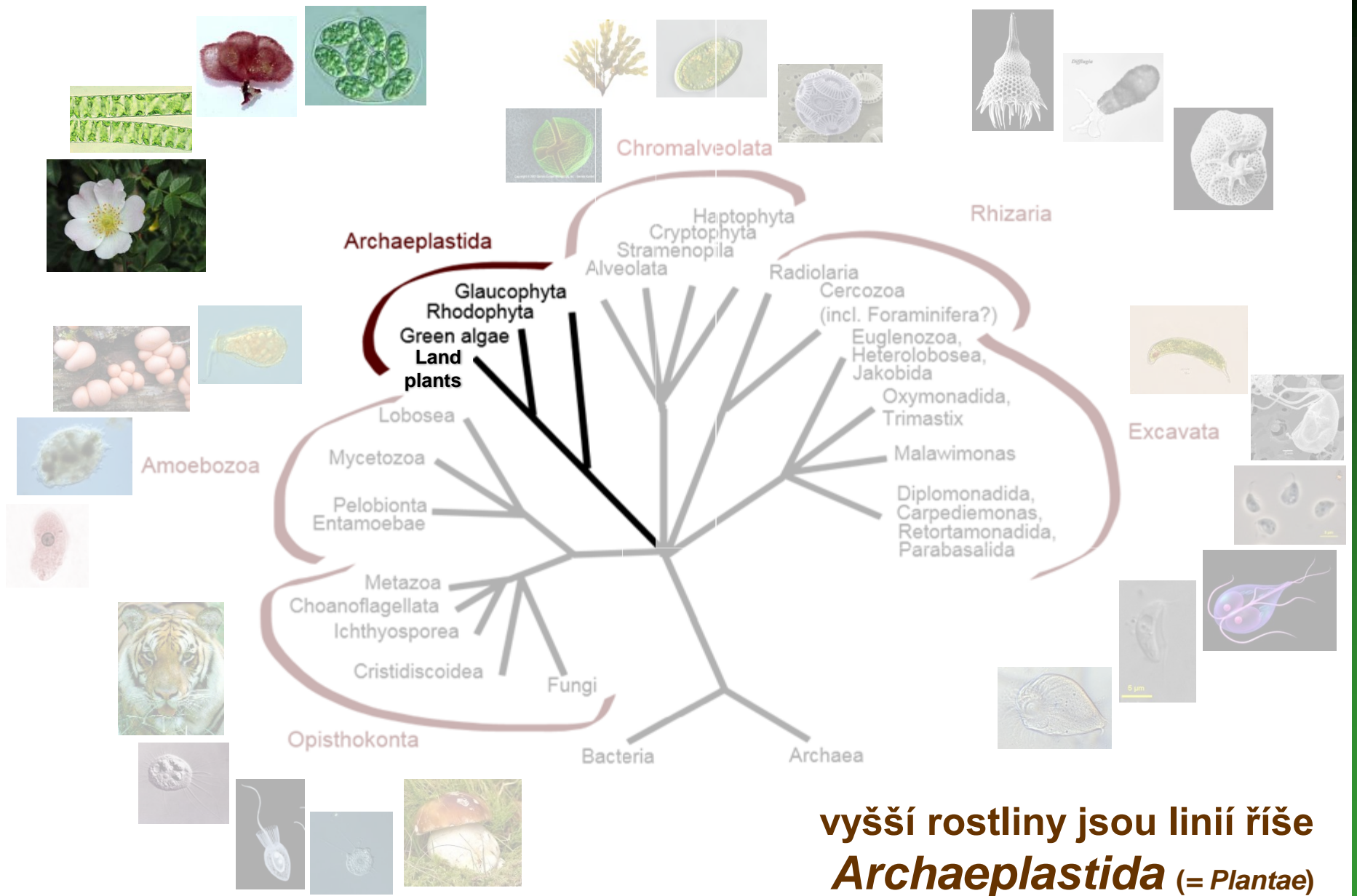
Evoluce buněčného jádra buď: předcházela nebo následovala vznik mitochondrie



před více než 2,5 mld. let



Dominium *Eukarya* divergovalo do šesti říší



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

Dominium Eukarya divergovalo do šesti říší

První krok k evoluci archeplastid

= První velká kyslíková katastrofa – před 2,4 mld. let
= důsledek expanze sinic

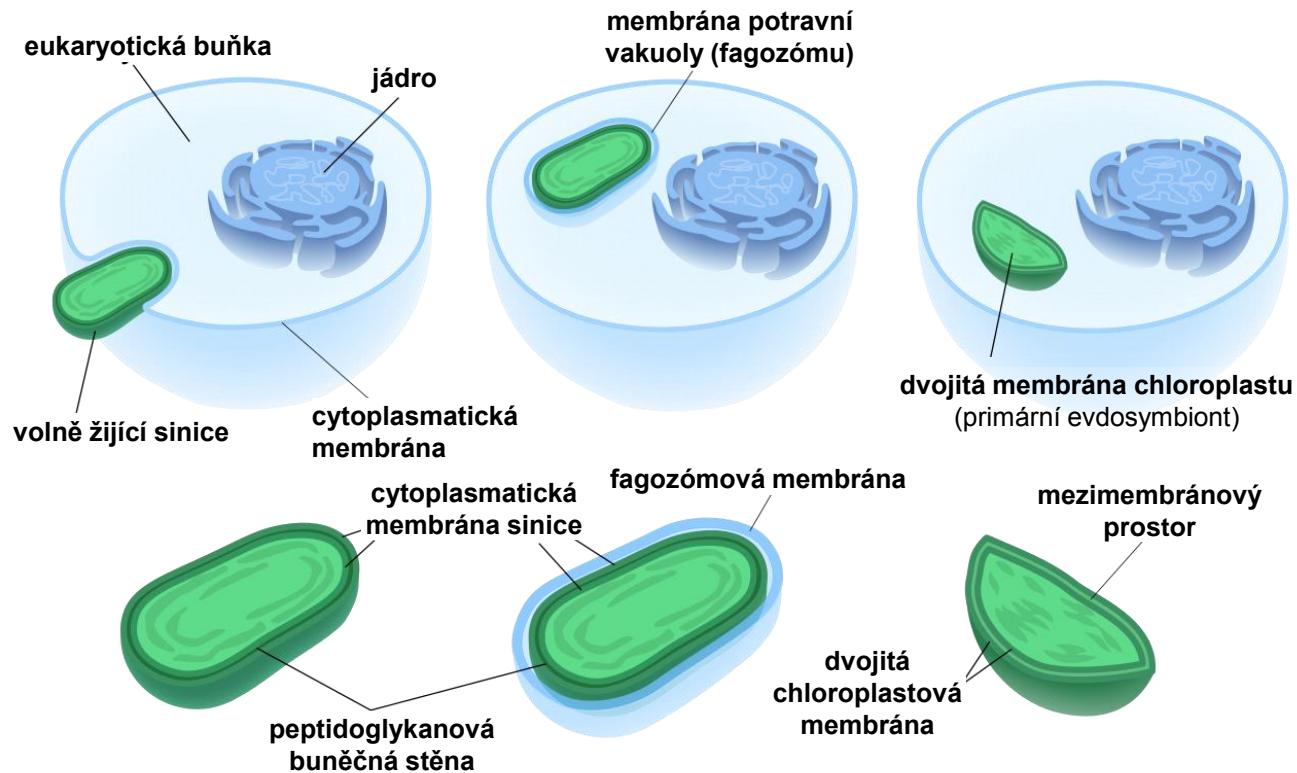


reduktivní atmosféra → oxydativní atmosféra

Fotosyntéza se vyvinula u sinic před 2,5 mld. let – reakční princip až do současnosti stejný. (Trochu jiný typ fotosyntézy však vznikl u anoxygenních bakterií již před 3,5 mld. let!)

Vznik archeplastid – před 1,8 mld. let

= **Vznik chloroplastu** s dvojitou membránou primárně endosymbioticky (= fagocytickým uchvácením sinice protozoální heterotrofní buňkou)



Chloroplasty exkavátní říše – krásnooček a obrněnek – vznikl sekundární endosymbiózou = fagocytickým uchvácením buňky zelené řasy protozoální buňkou (jednotková membrána)
Chloroplast chromalveolátní říše – chaluhy, rozsivky, ... – vznikl také sekundární endosymbiózou = fagocytickým uchvácením buňky červené řasy protozoální buňkou (dvojitá membrána)

Multicelularita archeplastid – před 1,2 mld. let

Mnohobuněčnost se v rámci říše *Archaeplastida* poprvé objevuje ve středním proterozoiku – u ruduch

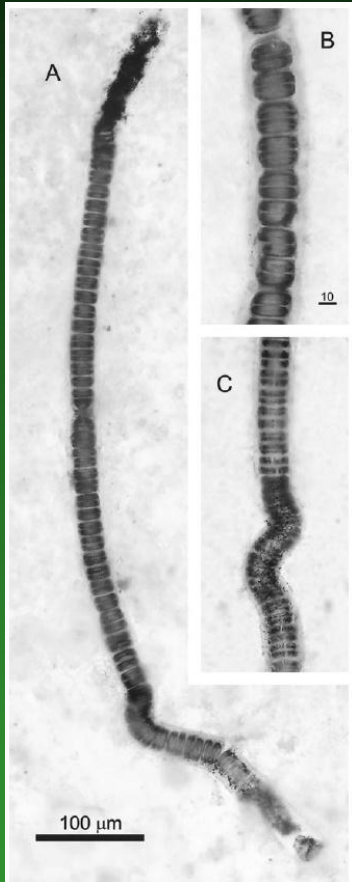


FIGURE 3. *Bangiomorpha pubescens* n. gen. n. sp. Thin-section identification and England Finder coordinates appear in parentheses. A, HUPC 63000 (HUST-IP, M-32). B, HUPC 62995 (HUST-IQ, O-45), paratype; note the hierarchically paired cells reflecting diffuse transverse intercalary cell division. C, HUPC 63001 (HUST-IQ, P-25); note the multiserial portions of the filament, unaccompanied by filament expansion; scale as for A.

Paleobiology, 26(3), 2000, pp. 386–404

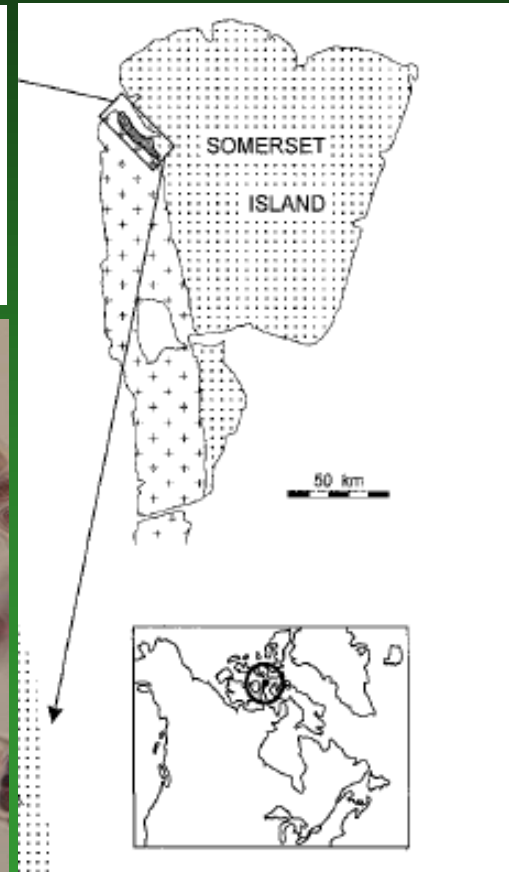
Bangiomorpha pubescens n. gen., n. sp.: implications for the evolution of sex, multicellularity, and the Mesoproterozoic/Neoproterozoic radiation of eukaryotes

Nicholas J. Butterfield

Abstract.—Multicellular filaments from the ca. 1200-Ma Hunting Formation (Somerset Island, arctic Canada) are identified as bangiacean red algae on the basis of diagnostic cell-division patterns. As



Recentní *Bangia*
(*Rhodophyta*)



Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytobionta*

podříše *Viridaeplantae* - zelené rostliny

Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytobionta*

Sesterská
k zeleným
roślinám

podříše *Viridaeplantae* - zelené rostliny

vývojová linie: Chlorophytae - zelené řasy

vývojová linie: *Streptophytae*



Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytobionta*

Sesterská
k zeleným
roślinám

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

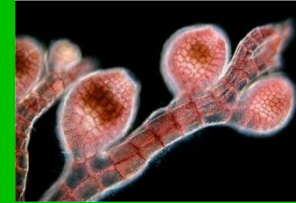


Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytobionta*

oddělení *Glaucophyta*
oddělení *Rhodophyta*



Sesterská
k zeleným
roślinám

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



Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytobionta*

oddělení *Glaucophyta*

oddělení *Rhodophyta*

Glaucophyta

Jednobuněčné; chloroplasty ještě s původní sinicovou peptidoglykanovou stěnou!
~10 druhů – sladkovodní, v moři zatím neobjeveny



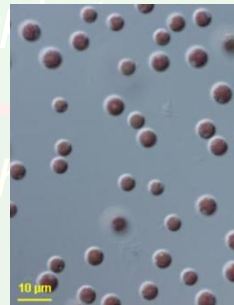
Cyanophora



Glaucocystis
autospóry v obalu
mateřské buňky

Rhodophyta

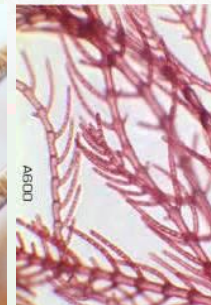
Jednobuněčné, vláknité až parenchymatické
~6100 druhů – hlavně mořské, vzácně sladkovodní nebo terestrické



Porphyridium



Bangia



Antithamnion



Porphyra

Sexualita častá, životní cykly různorodé

Sexualita není známa

Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytobionta*

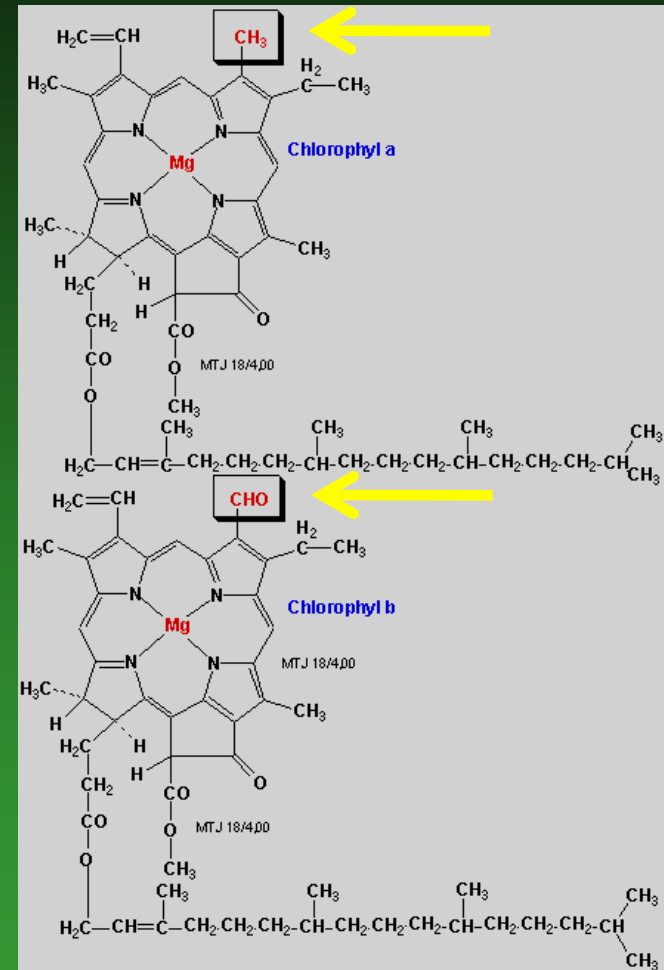
podříše *Viridaeplantae* (=Chlorobionta) – zelené rostliny
zelené řasy + parožnatky + vyšší rostliny

hlavní znaky:

- fotosyntetická barviva,
- zásobní a stavební polysacharidy,
- stavba chloroplastu,
- struktura bičíků

Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

Vedle chlorofylu a mají také (1) chlorofyl b (nikoli c, d nebo jen a)



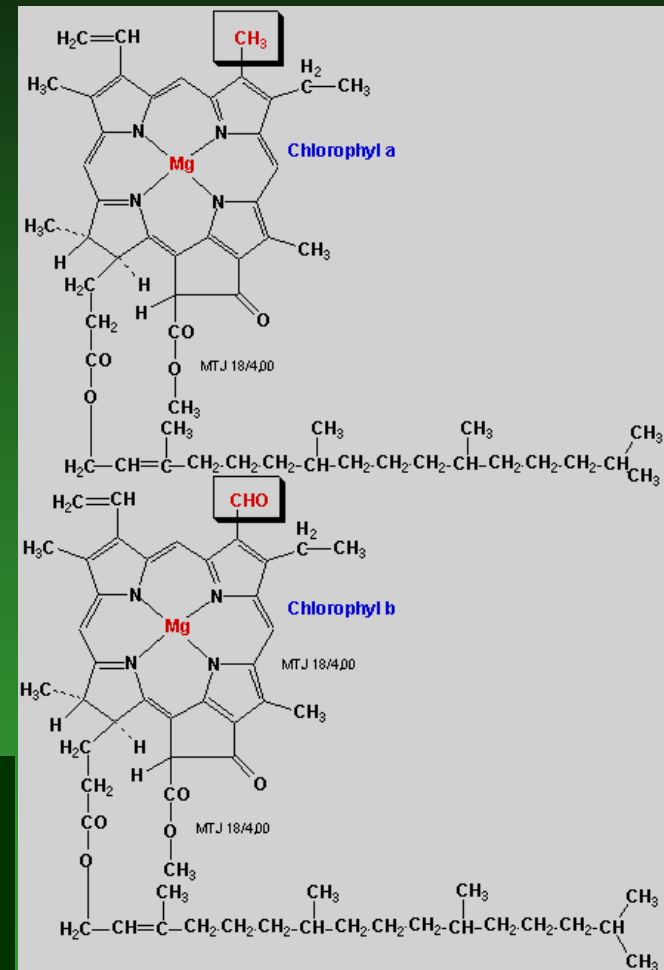
Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

Vedle chlorofylu a ještě (1) chlorofyl b (nikoli jen a)

***Glaucophyta* a *Rhodophyta* – chlorofyl a**

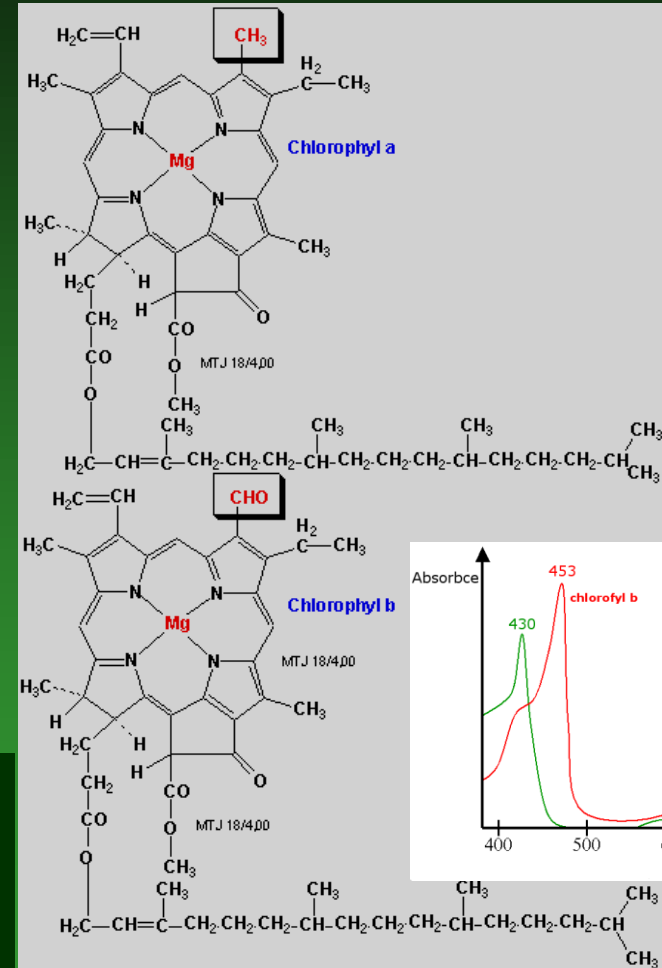
(dříve uváděný chlorofyl d u ruduch byla kontaminace sinicemi)

– navíc mají i sinicové fykobiliny



Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

Vedle chlorofylu a ještě (1) chlorofyl b (nikoli c, d nebo jen a)



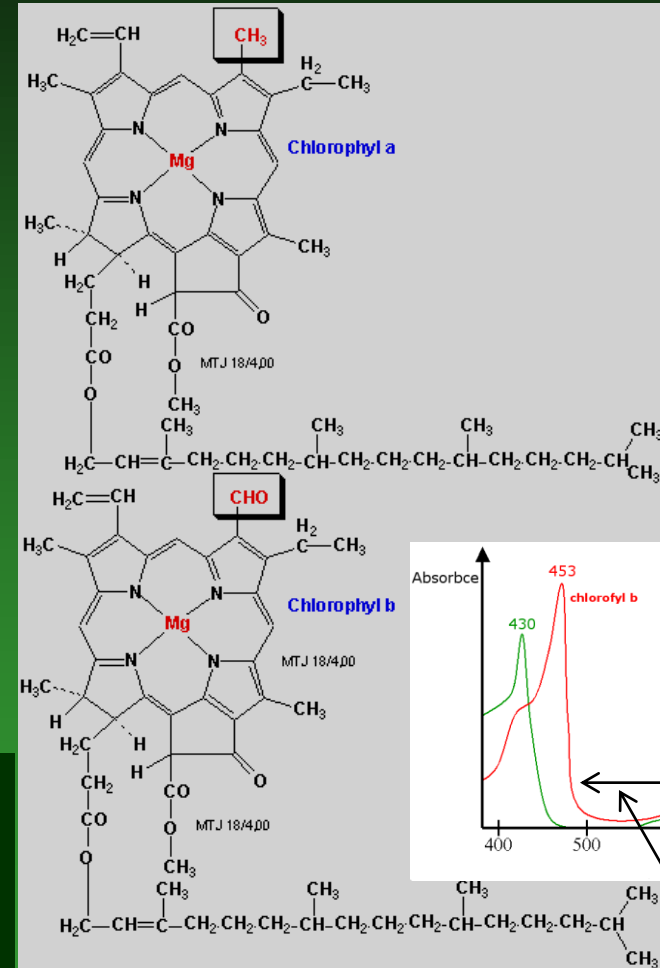
***Glaucophyta* a *Rhodophyta* – chlorofyl a**

(dříve uváděný chlorofyl d u ruduch byla kontaminace sinicemi)

– navíc mají i sinicové fykobiliny

Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

Vedle chlorofylu a ještě (1) chlorofyl b (nikoli c, d nebo jen a)



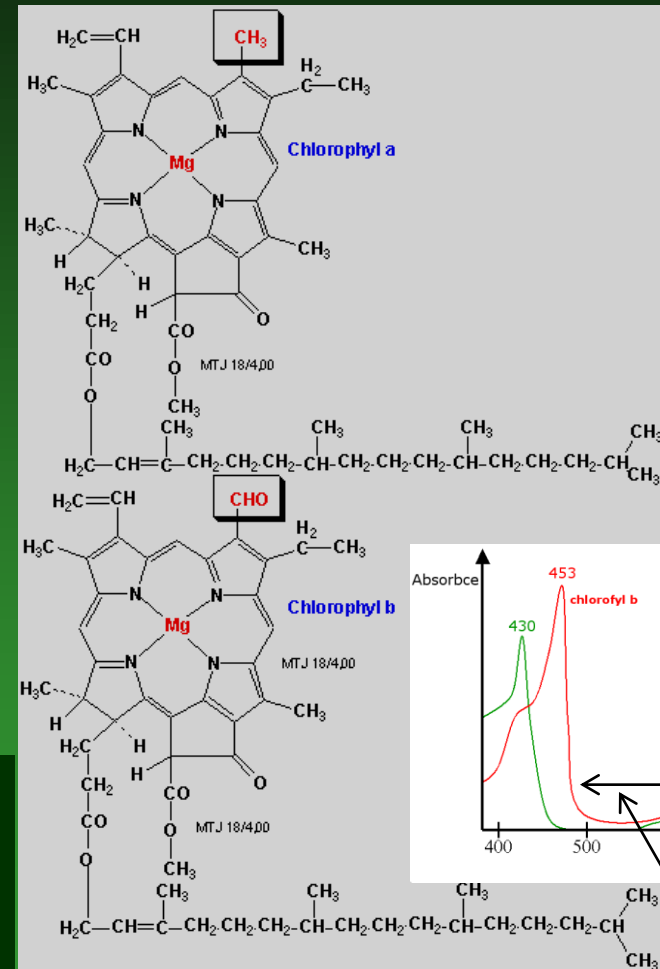
***Glaucophyta* a *Rhodophyta* – chlorofyl a**

(dříve uváděný chlorofyl d u ruduch byla kontaminace sinicemi)

– navíc mají i sinicové fykobiliny

Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

Vedle chlorofylu a ještě (1) chlorofyl b (nikoli c, d nebo jen a)



***Glaucophyta* a *Rhodophyta* – chlorofyl a**

(dříve uváděný chlorofyl d u ruduch byla kontaminace sinicemi)

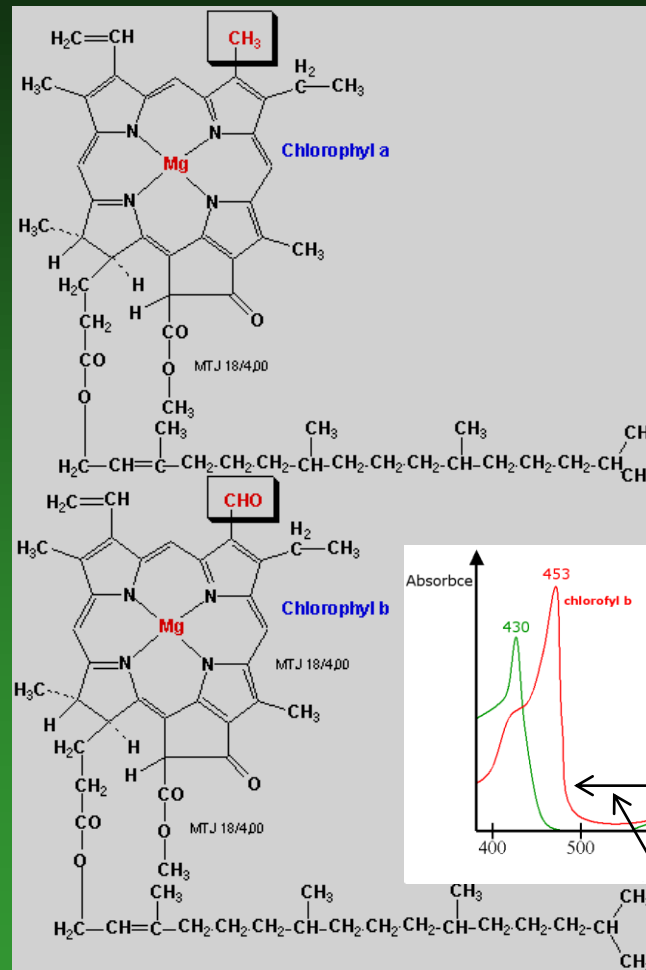
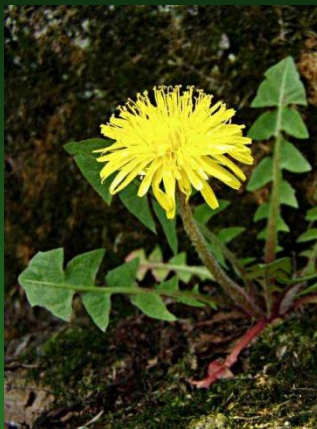
– navíc mají i sinicové fykobiliny

Jaká je zde barva?

Ta, kterou chlorofyl nepohlcuje, ale odráží!

Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

Vedle chlorofylu a ještě (1) chlorofyl b (nikoli c, d nebo jen a)

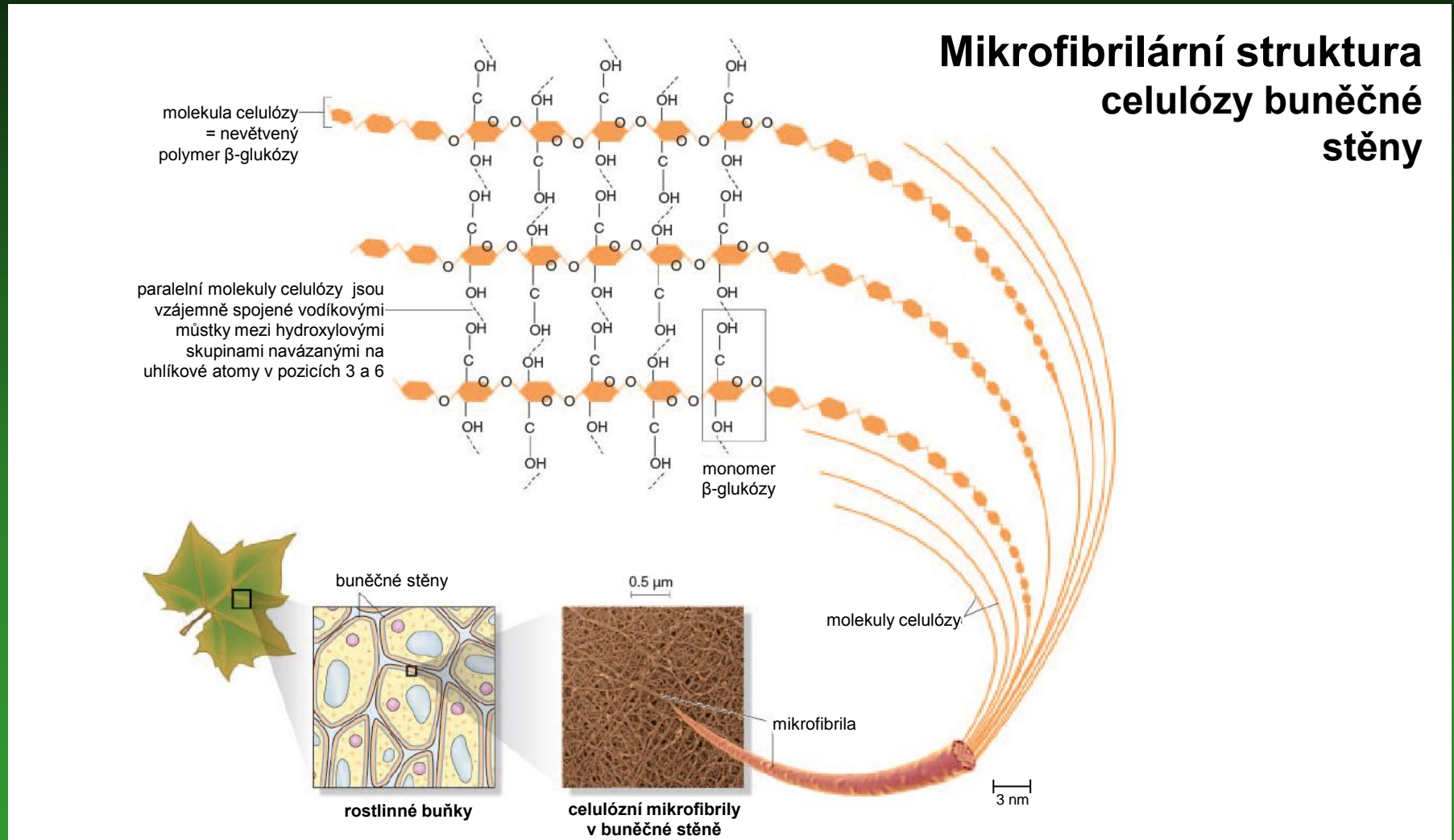


Chlorofyl chybí u parazitů a mykotrofně vyživovaných druhů

Ta, kterou chlorofyl nepohlcuje, ale odráží!

Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

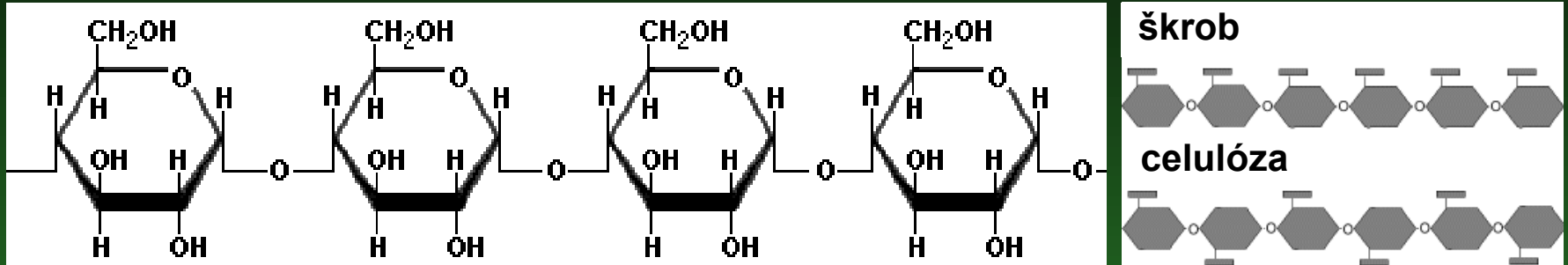
Stavební polysacharid = (2) celulóza – tvoří buněčnou stěnu



Celulózní exoskelet buňky = preadaptace na mnohobuněčnost a terestrializaci

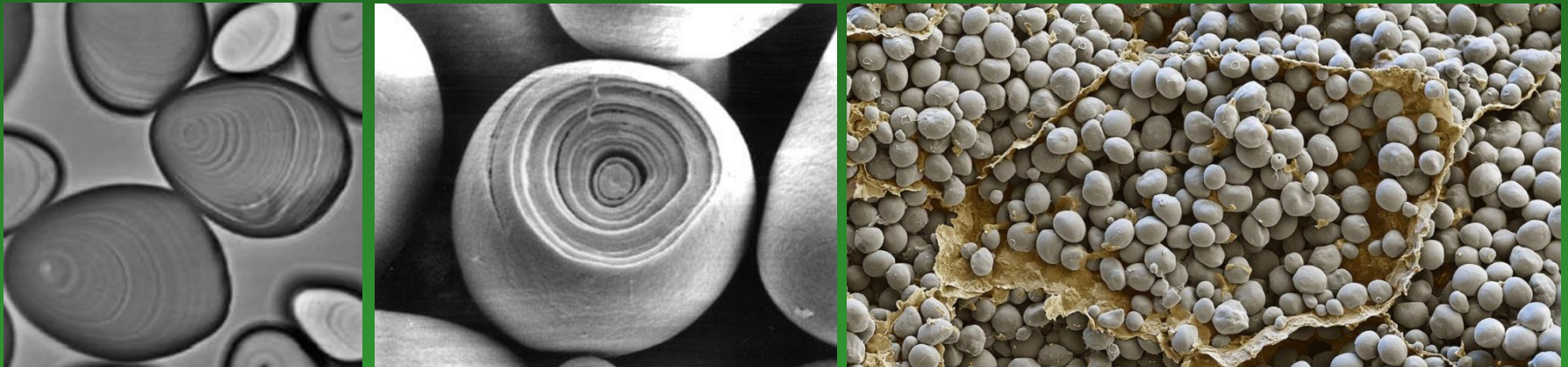
Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

Zásobní polysacharid = (3) škrob



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

Škrobová zrna v buňkách obilky kukuřice



Škrob se ukládá v zrnech v zásobních pletivech. Zrna mají vrstevnatou strukturu.

Škrob mají i glaukofyty nebo obrněnky; ruduchy mají florideový škrob

Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

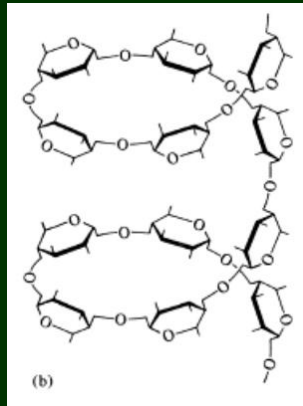
Zásobní polysacharid = (3) škrob = směs dvou typů molekul:

Škrob mají i glaukofyty nebo obrněnky; ruduchy mají florideový škrob

Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

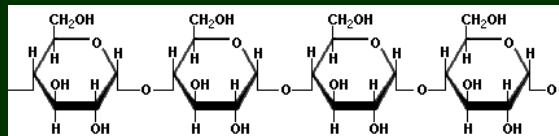
Zásobní polysacharid = (3) škrob = směs dvou typů molekul:

nevětvená = **amylóza**

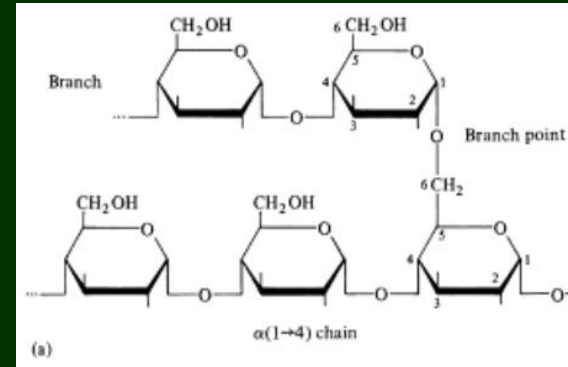


šroubovitá

lineární



větvená = **amylopektin**



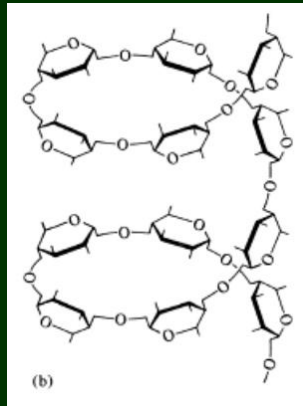
Jsou v hmotnostním poměru: **1 : 4** až **1 : 3**

Škrob mají i glaukofyty nebo obrněnky; ruduchy mají florideový škrob

Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

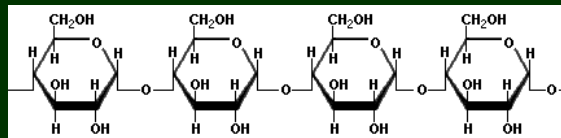
Zásobní polysacharid = (3) škrob = směs dvou typů molekul:

nevětvená = **amylóza**

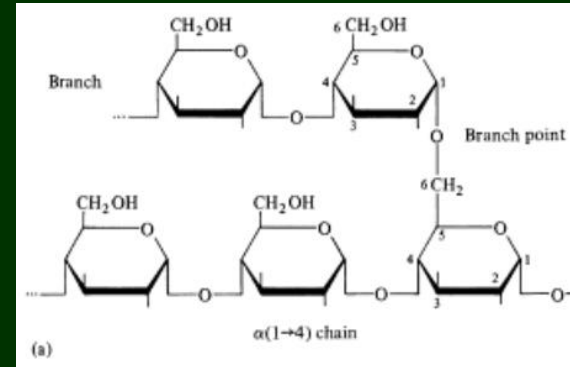


šroubovitá

lineární



větvená = **amylopektin**



Jsou v hmotnostním poměru: **1 : 4** až **1 : 3**

Florideový škrob ruduch = téměř **výhradně amylopektin**

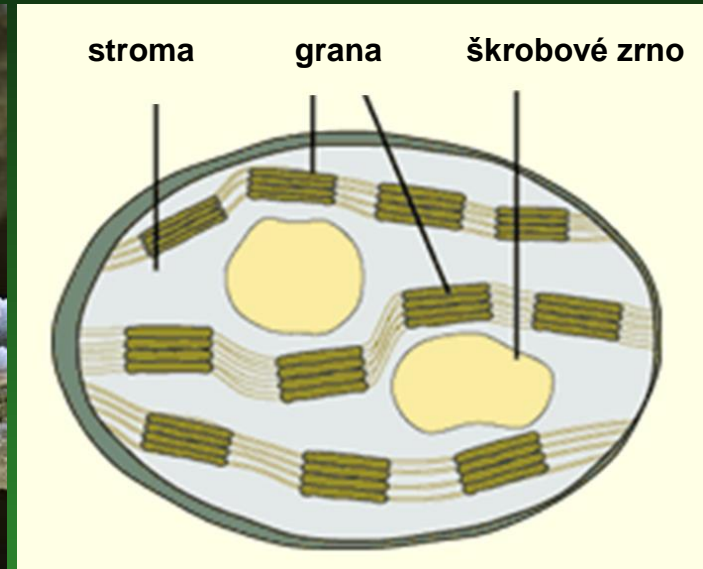
Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

(4) chloroplasty obsahují škrobová zrna

chloroplasty rulíku zlomocného s jednotlivými škrobovými zrny



chloroplast



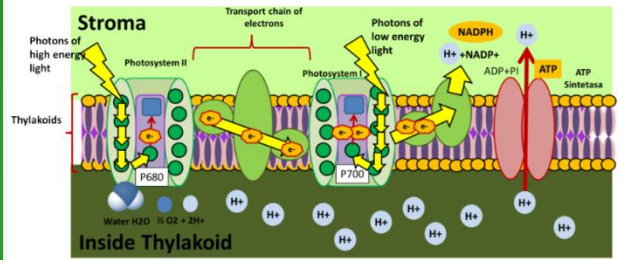
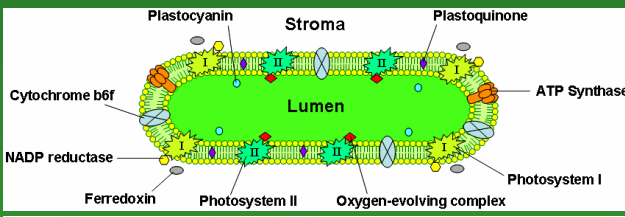
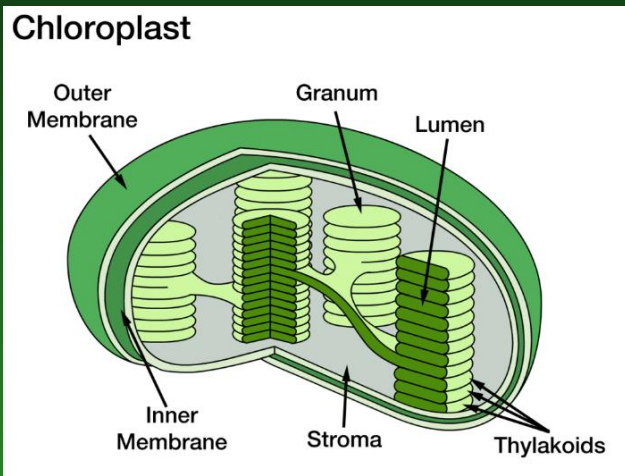
Škrob glaukofytů ani florideový škrob ruduch se v chroplastech neukládají

Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

(5) tylakoidy chloroplastů vytvářející lamely a grana (10–100/chloroplast)

– membrány tylakoidů vážou chlorofyl

5 μm

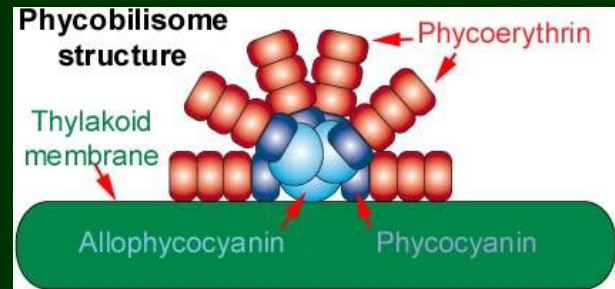
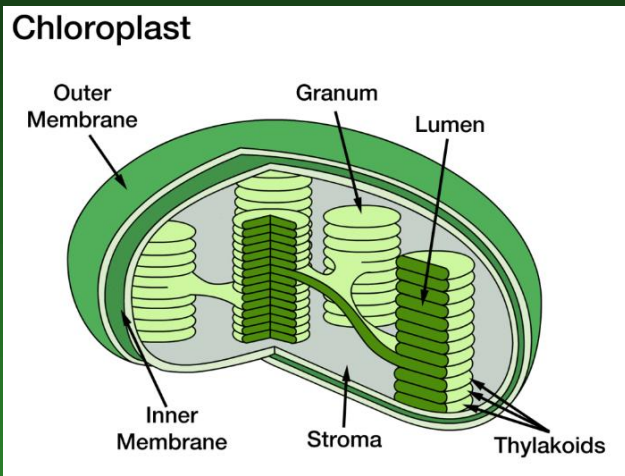


Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

(5) tylakoidy chloroplastů vytvářející lamely a grana (10–100/chloroplast)

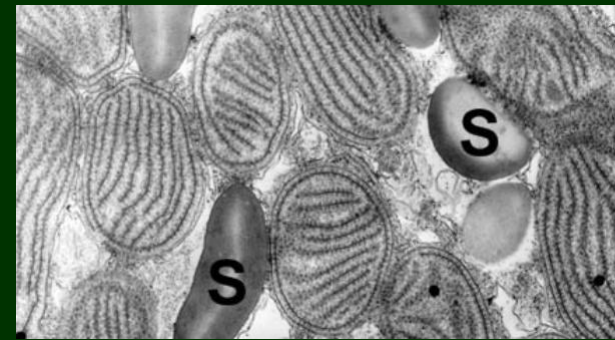
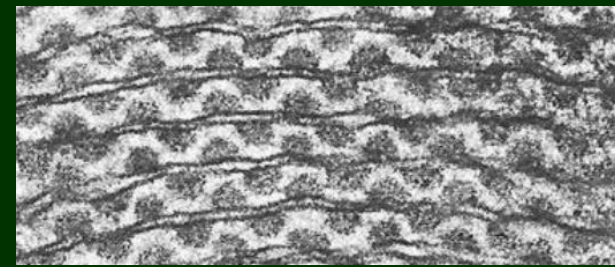
– membrány tylakoidů vážou chlorofyl

5 μm

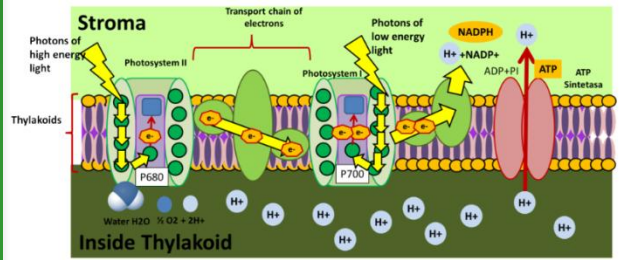
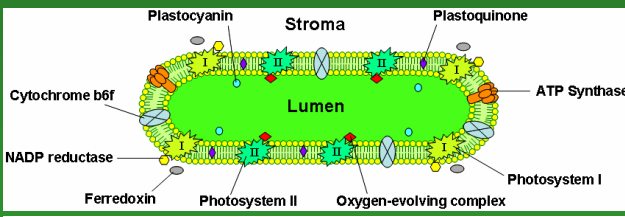


glaukofyty a ruduchy:

tylakoidy grana netvoří, jsou však hustě pokryté fykobilisomy, které u *Viridaeplantae* chybí

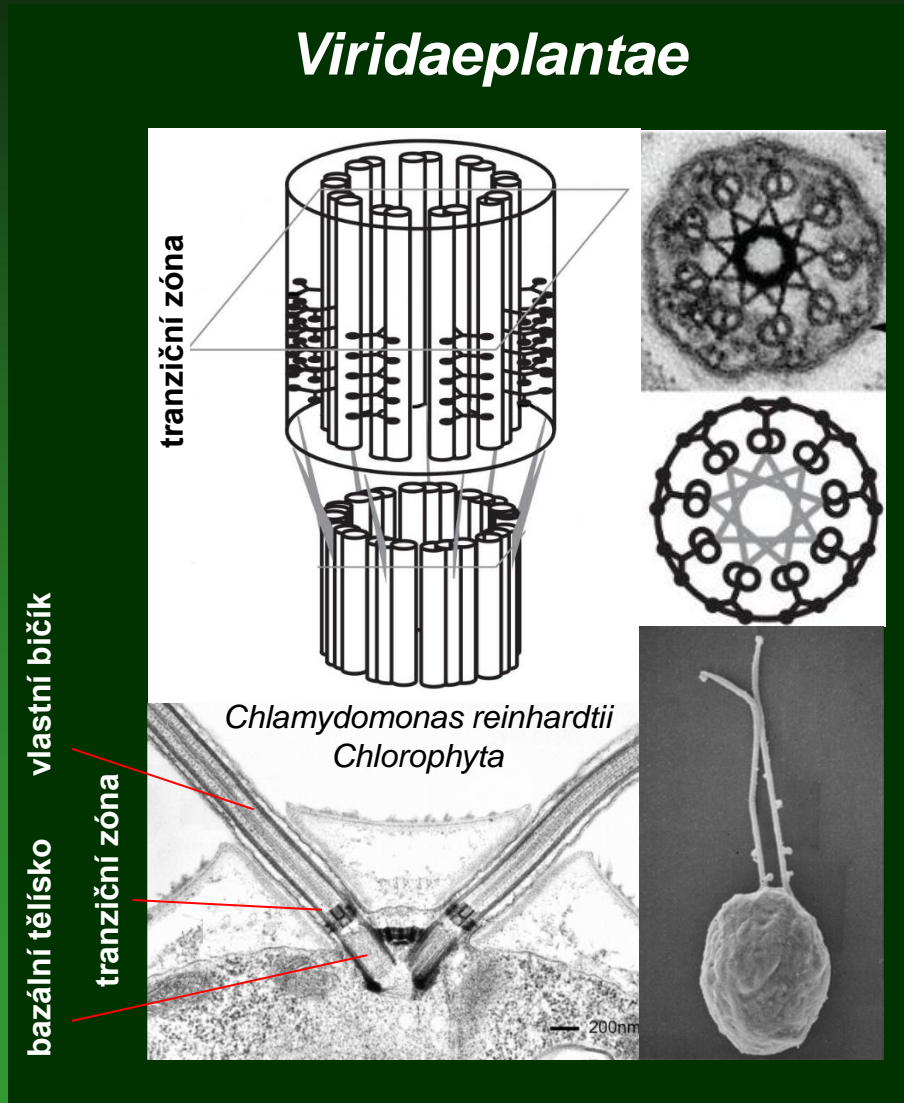


S = škrobová zrna v cytoplasmě mezi chloroplasty



Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

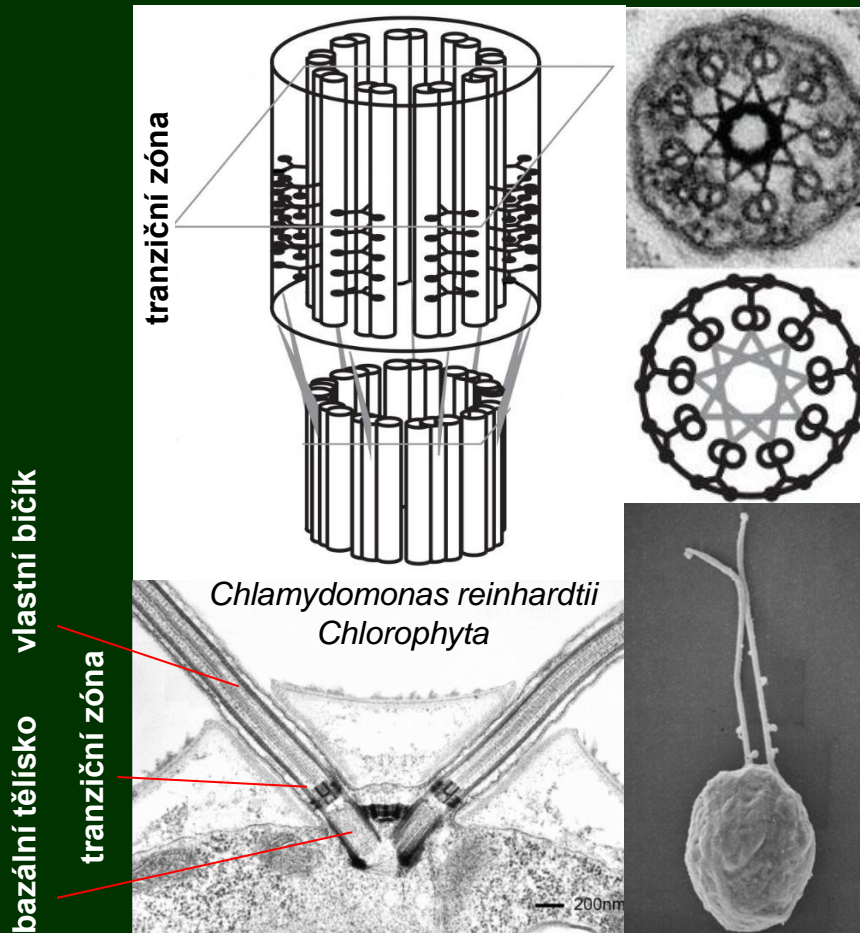
(9) Tranziční zóna bičíků = tvar devíticípé hvězdy



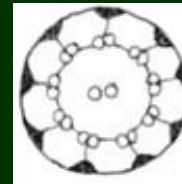
Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

(9) Tranziční zóna bičíků = tvar devíticípé hvězdy

Viridaeplantae



Biliphytobionta



Glaucophyta

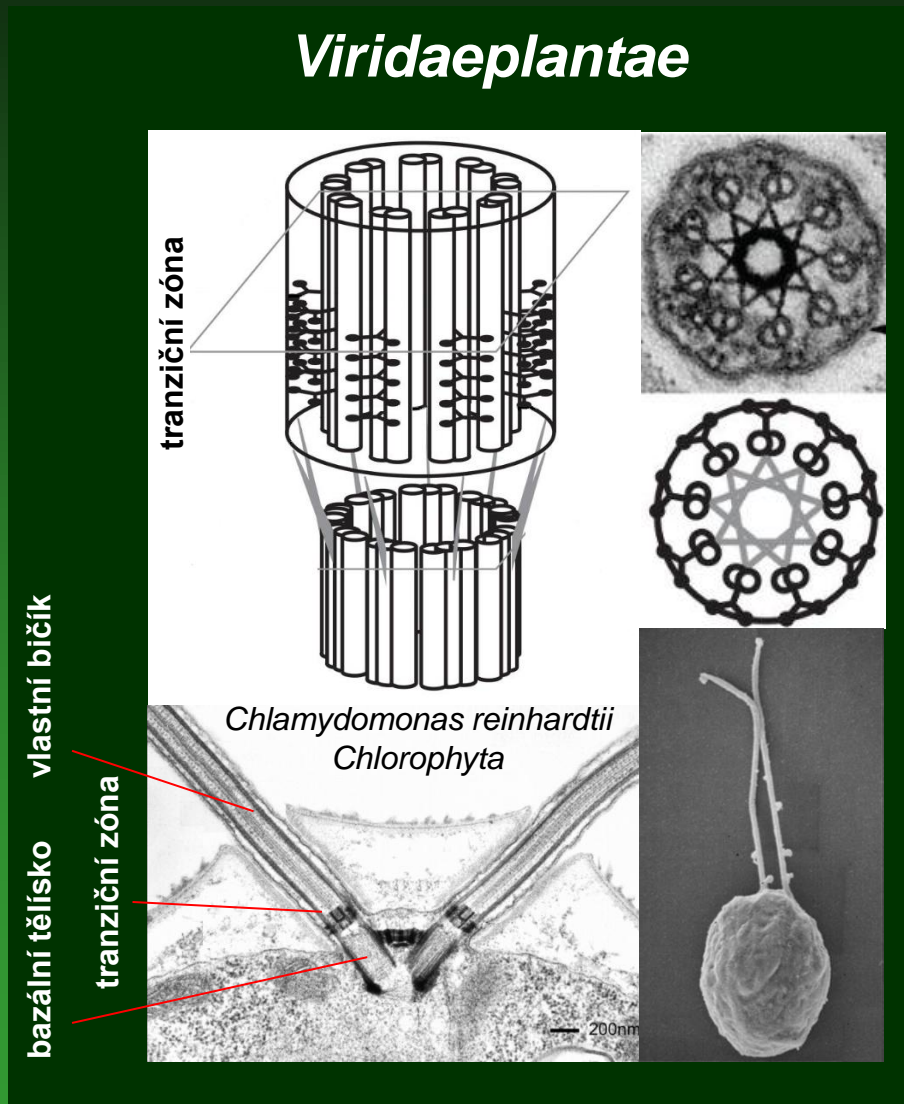


**Nemají
bičíky**

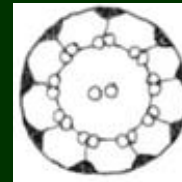
Rhodophyta

Vznik podříše *Viridaeplantae* – před 1200–1000 mld. let

(9) Tranziční zóna bičíků = tvar devíticípé hvězdy



Biliphytobionta

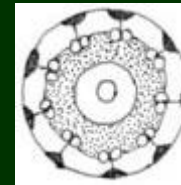


Glaucophyta

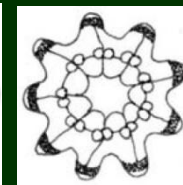


Rhodophyta

jiné řasy

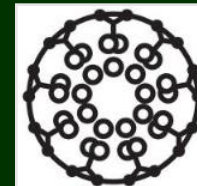


Dinophyta

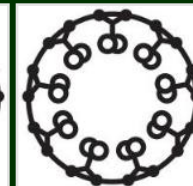


Euglenophyta

Animalia



Nematoda



Mammalia

**Z moře do sladkých vod = vznik streptofytní linie
– před 950–725 mld. let**

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytobionta*

podříše *Viridaeplantae* - zelené rostliny

vývojová linie: *Chlorophytae* - zelené řasy

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

specifický průběh

(1) mitózy,

(2) cytokinéze,

(3) rodozměny;

mají

(4) plasmodesmy

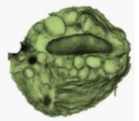
Vyšší rostliny zahrnují dvě vývojové linie v podříši *Viridaeplantae*

Z moře do sladkých vod = vznik streptofytní linie – před 950–725 mld. let

Chlorophytae

= parafyletická skupina zahrnující:

1. jednobuněčné řasy



Ostreococcus thauri
= nejmenší známý eukaryot – 0,8 μm – mořský planktonní, objevený 1994. (*Prasinophyceae*)

2. řasy tvořící pohyblivé i nepohyblivé kolonie

3. vláknité řasy

4. řasy se složitějšími (3D) stélkami (Ulvophyceae)

- ve slaných i sladkých vodách, popř. i na souši (aerofytické zelené řasy)

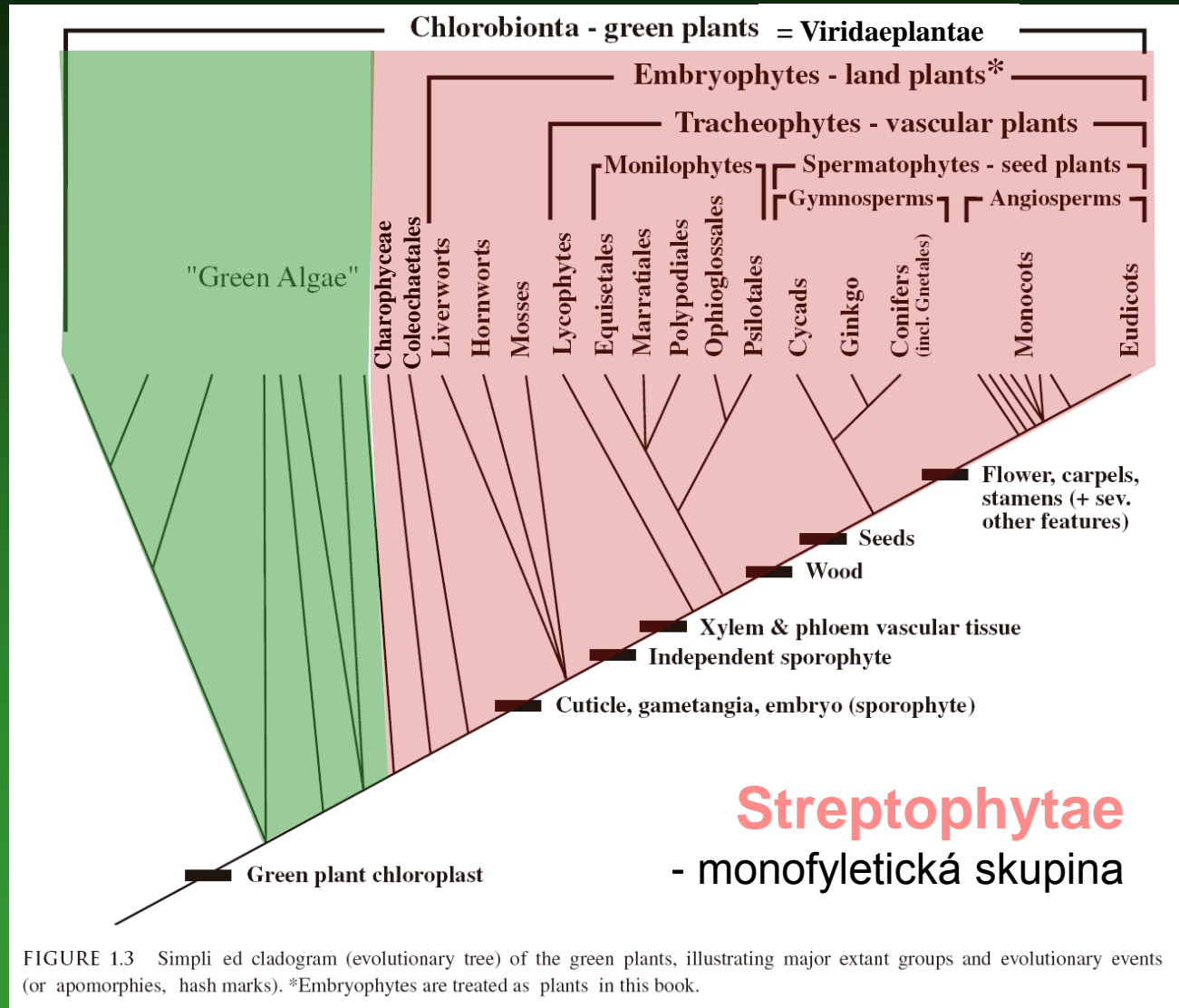
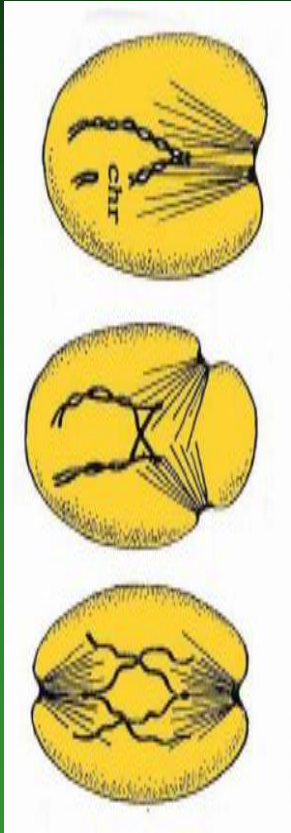


FIGURE 1.3 Simplified cladogram (evolutionary tree) of the green plants, illustrating major extant groups and evolutionary events (or apomorphies, hash marks). *Embryophytes are treated as plants in this book.

Vznik streptofytní linie – před 950–725 mld. let

(1) Otevřená mitóza

uzavřená
pleuromitóza

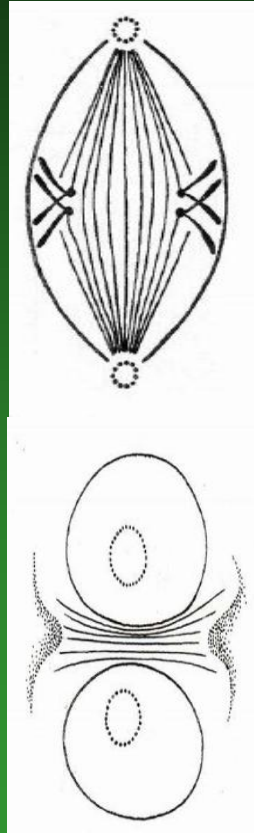


jaderná
membrána při
mitóze
zachovaná

vřeténko
asymetrické

chromosomy
nejsou v
ekvatoriální
rovině

částečně otevřená
ortomitóza

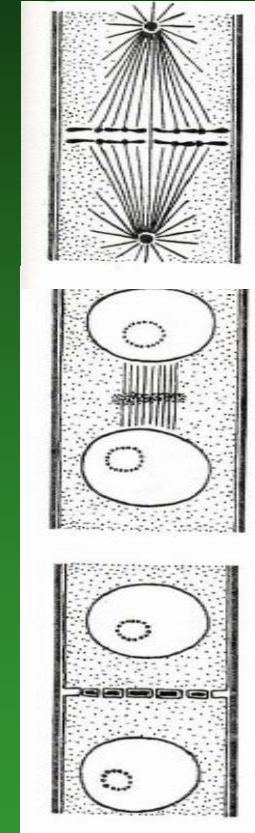


polární
okénka v
membráně s
centriolami

vřeténko
symetrické

chromosomy
v ekvatoriální
rovině

otevřená
ortomitóza



membrána se
rozpouští na
počátku
mitózy

vřeténko
symetrické

chromosomy
v ekvatoriální
rovině

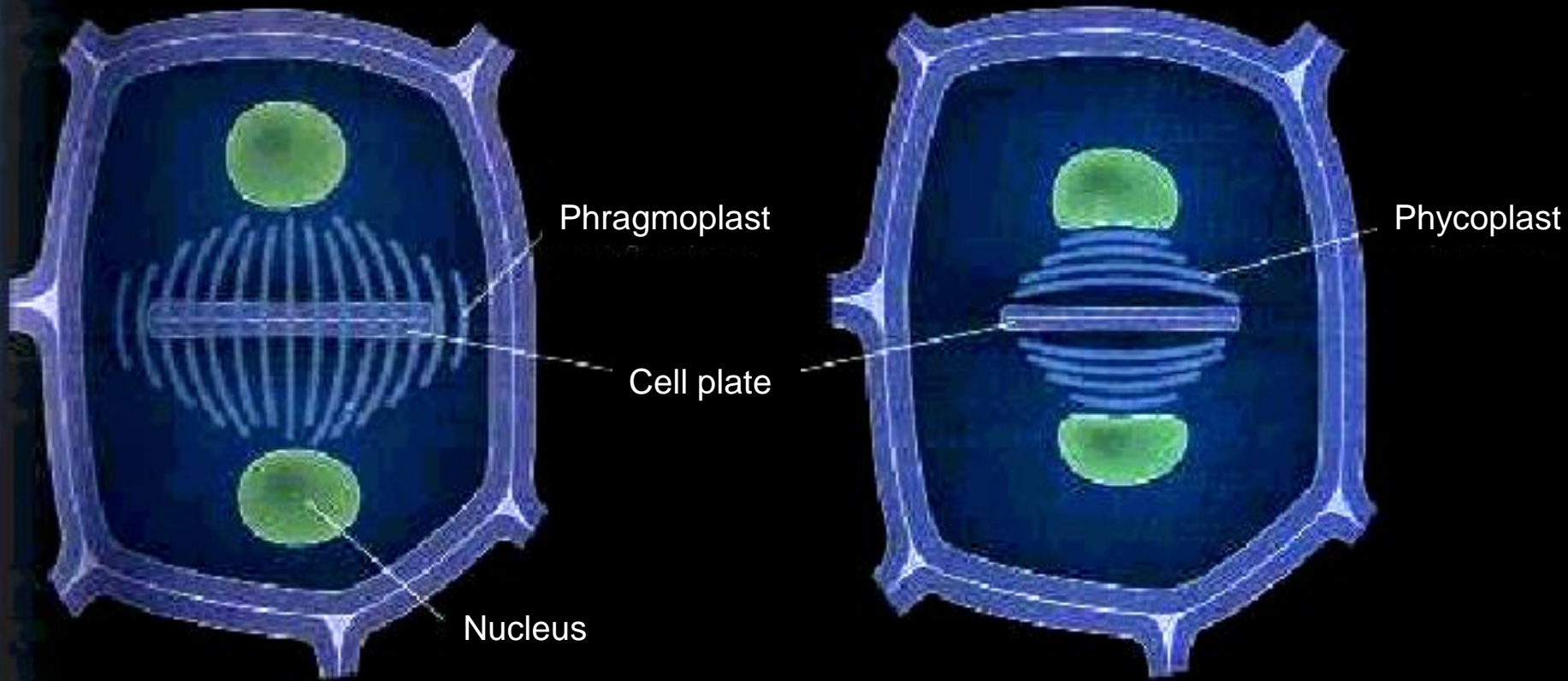
Prasinophyceae
Ulvophyceae

Chlorophyceae

Streptophytae

Vznik streptofytní linie – před 950–725 mld. let

Během cytokinézy se tvoří (2) fragmoplast



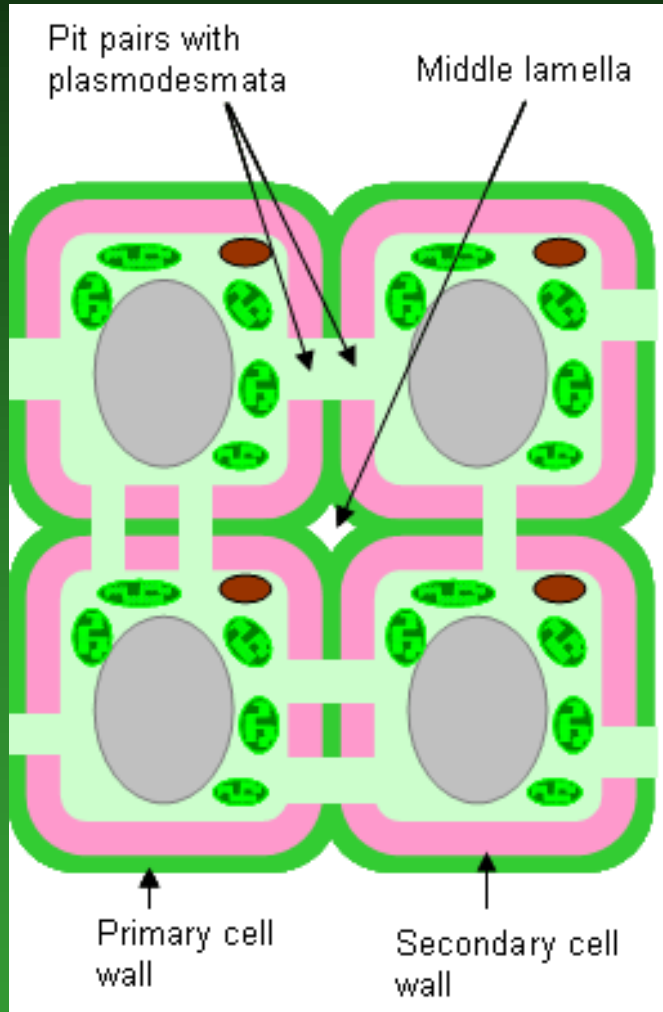
Fykoplast a fragmoplast = odlišně orientované mikrotubulární systémy, při cytokinězi se podílejí na vzniku buněčné stěny fykoplast - mikrotubuly kolmo na spojnici dceřinných jader; fragmoplast - mikrotubuly souběžně se spojnici dceřinných jader

Vznik streptofytní linie – před 950–725 mld. let

(3) plasmodesmy primární plasmodesmy jsou otvory (40–60 nm) po mikrotubulech vřeténka (fragmoplastu) ve střední lamele, sekundární vznikají později. Procházejí jimi endoplasmatické retikulum, jsou ohraničeny membránou.

Kompenzovaly nedokonalost vodivých pletiv prvních rostlinných kolonizátorů souše

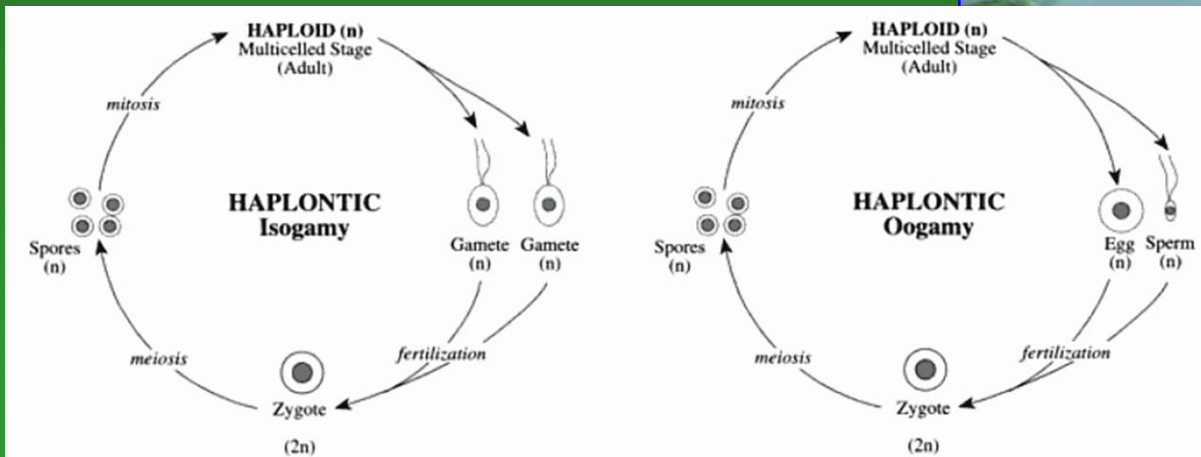
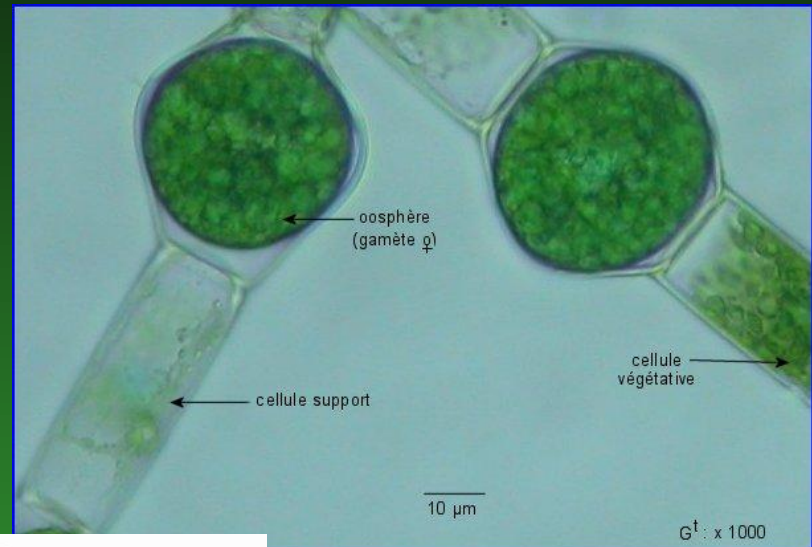
Transport bílkovin a fytohormonů je jimi aktivně regulován a nebyla by tedy bez nich diferencovaná mnohobuněčnost a funkční regulace



Vznik streptofytní linie – před 950–725 mld. let

(4) **Oogamie** = samičí gameta - oosféra je 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 – před 950–725 mld. let

(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

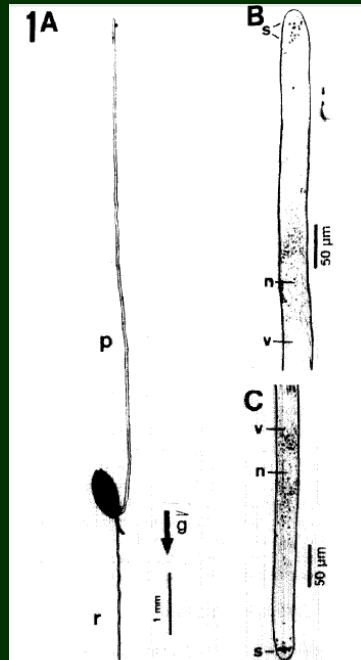


Fig. 1: An oospore of *Chara fragilis* Desv. (Fig. 1A) 3d after germination in darkness with a protonema (p) growing negatively gravitropic and a rhizoid (r) growing positively gravitropic. At higher magnifications of the tips of the protonema (Fig. 1B) and rhizoid (1C) the vacuole (v), nucleus (n) and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

Vznik streptofytní linie – před 950–725 mld. let

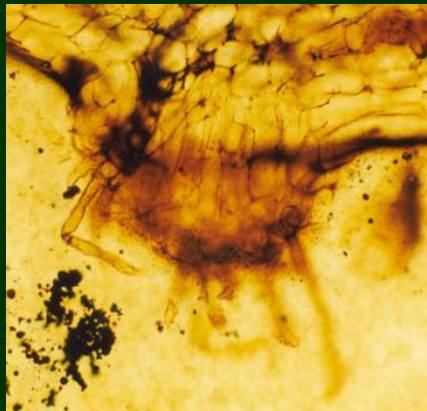
(6) rhizoidy a jejich homology (? tvorba řízena stejnými geny)

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



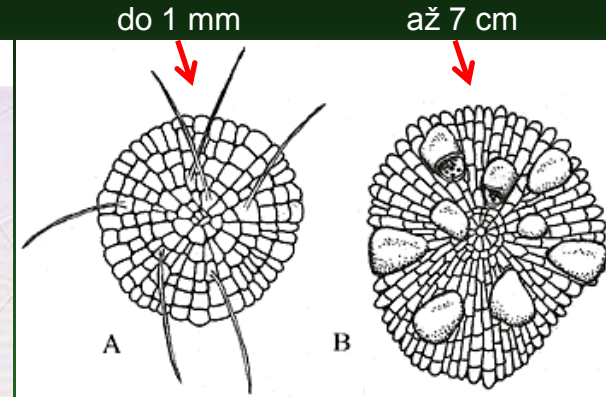
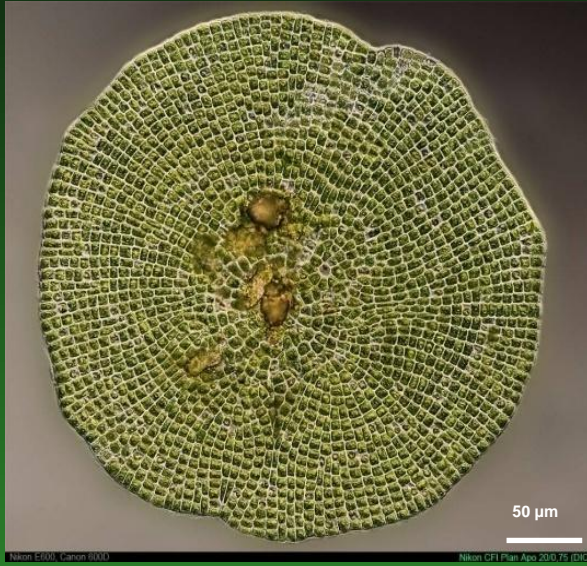
Chara braunii



Chara baltica



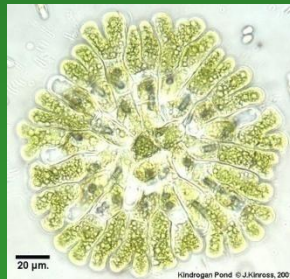
Sesterská skupina vyšších rostlin = *Coleochaetales* = řád třídy *Charophyceae* (dnes 15 epifytních sladkovodních druhů stinných vod, s parenchymatickou nebo vláknitou stélkou)



Recentní *Coleochaete* a silurská *Parka*



Coleochaete

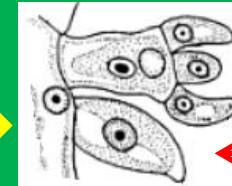
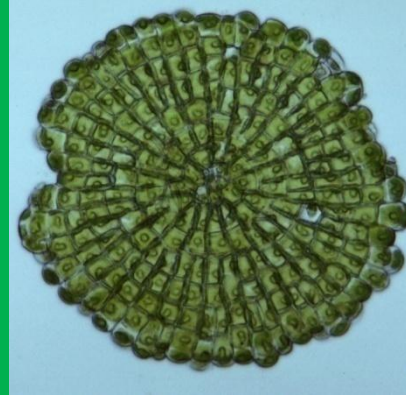


játrovka *Riccia*

Z vegetativních buněk koleochét trčí chlup s pomalu rotujícím chloroplastem uvnitř (jedna otočka za dvě minuty) ? obrana proti herbivorům

Coleochaete = jediná řasa, u níž gametofyt vyživuje sporofyt

Gametofyt



antheridia – z každého jeden spermatozoid

oogonium

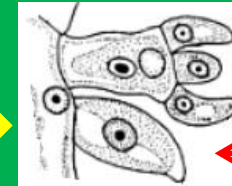
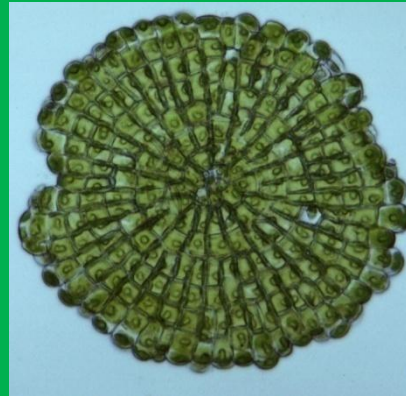
trichogyn = výčnělek – otvírá se když oosféra dozraje



Sporofyt

Coleochaete = jediná řasa, u níž gametofyt vyživuje sporofyt

Gametofyt



antheridia – z každého jeden spermatozoid

oogonium

trichogyn = výčnělek – otvírá se když oosféra dozraje



neoplozené oogonium

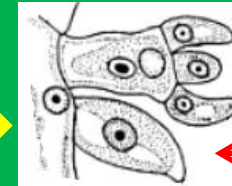
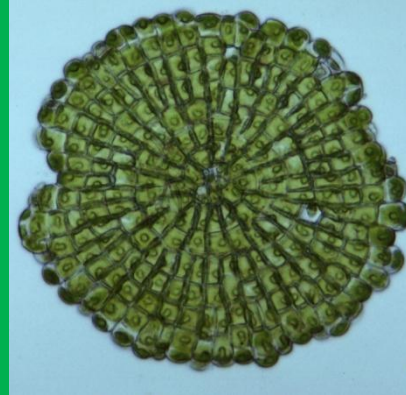


zygota – stimuluje okolní buňky k dělení

Sporofyt

Coleochaete = jediná řasa, u níž gametofyt vyživuje sporofyt

Gametofyt



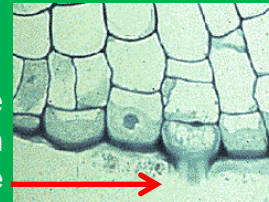
antheridia – z každého jeden spermatozoid

oogonium

trichogyn = výčnělek – otvírá se když oosféra dozraje



neoplozené oogonium



neoplozené oogonium abortuje

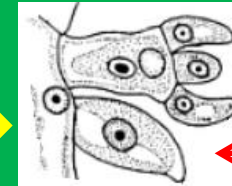
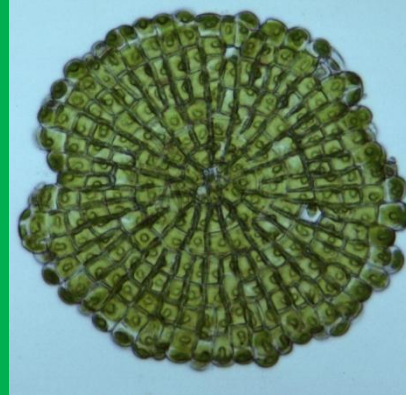


zygota – stimuluje okolní buňky k dělení

Sporofyt

Coleochaete = jediná řasa, u níž gametofyt vyživuje sporofyt

Gametofyt



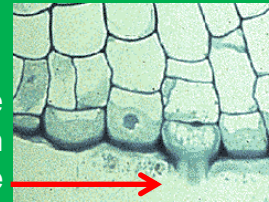
antheridia – z každého jeden spermatozoid

oogonium

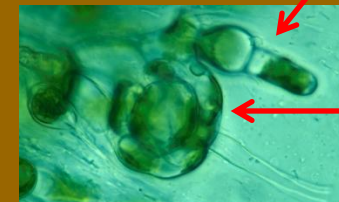
trichogyn = výčnělek – otvírá se když oosféra dozraje



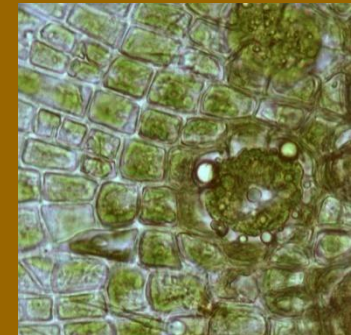
neoplozené oogonium



neoplozené oogonium abortuje



zygota – stimuluje okolní buňky k dělení

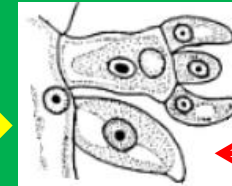
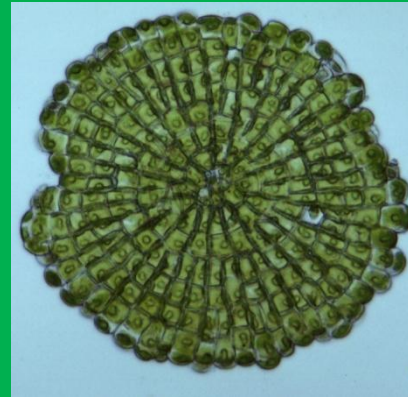


Dělící se okolní buňky obalí zygotu

Sporofyt

Coleochaete = jediná řasa, u níž gametofyt vyživuje sporofyt

Gametofyt



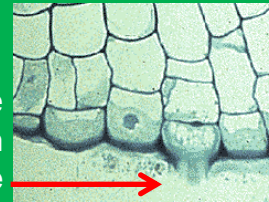
antheridia – z každého jeden spermatozoid

oogonium

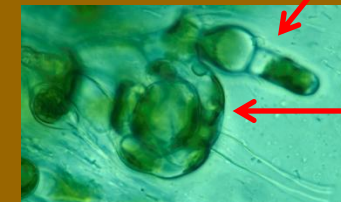
trichogyn = výčnělek – otvírá se když oosféra dozraje



neoplozené oogonium



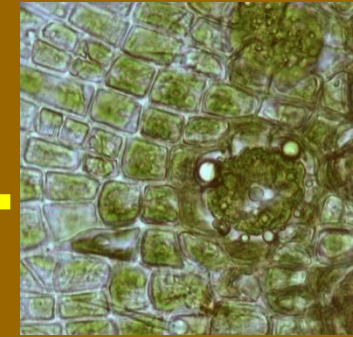
neoplozené oogonium abortuje



zygota – stimuluje okolní buňky k dělení



„Placentální klky“ okolních buněk vyživují sporofyt (zygotu), další okolní buňky odumřou, ale jejich zbytky chrání zygotu

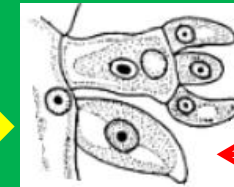
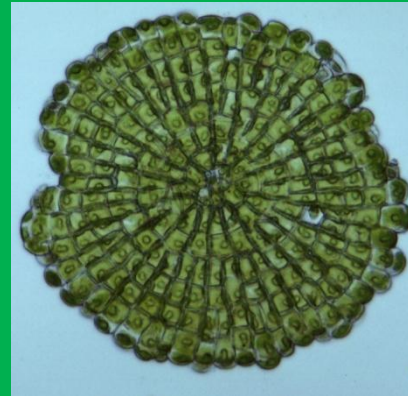


Dělící se okolní buňky obalí zygotu

Sporofyt

Coleochaete = jediná řasa, u níž gametofyt vyživuje sporofyt

Gametofyt



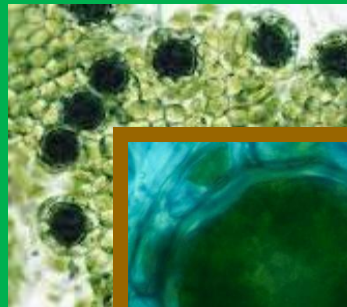
antheridia – z každého jeden spermatozoid

oogonium

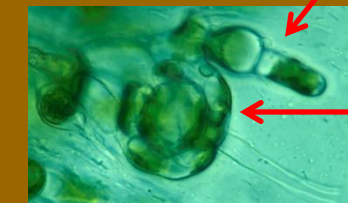
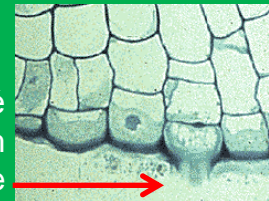
trichogyn = výčnělek – otvírá se když oosféra dozraje



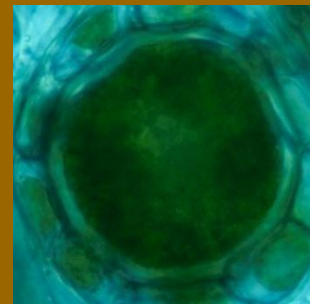
neoplozené oogonium



neoplozené oogonium abortuje



zygota – stimuluje okolní buňky k dělení



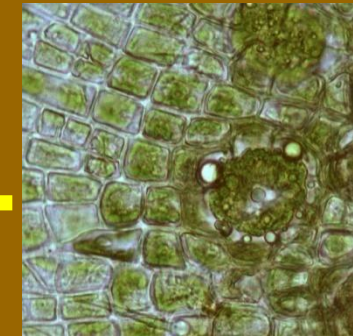
Zygota roste a hromadí zásoby

Sporopolenin chrání sporofyt (zygotu)

Období klidu (dormance) většinou v zimě



„Placentální klky“ okolních buněk vyživují sporofyt (zygotu), další okolní buňky odumřou, ale jejich zbytky chrání zygotu

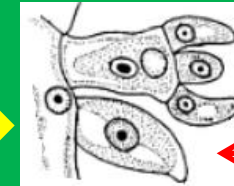
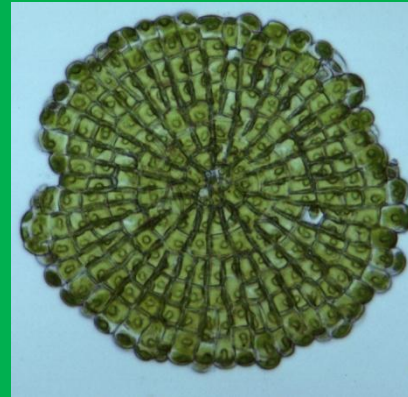


Dělící se okolní buňky obalí zygotu

Sporofyt

Coleochaete = jediná řasa, u níž gametofyt vyživuje sporofyt

Gametofyt

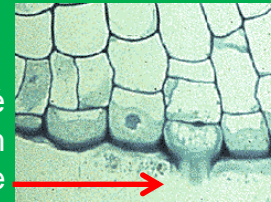


antheridia – z každého jeden spermatozoid

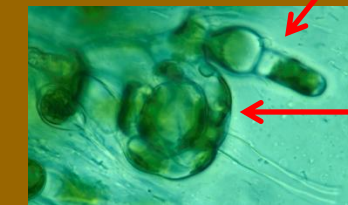
oogonium

trichogyn = výčnělek – otvírá se když oosféra dozraje

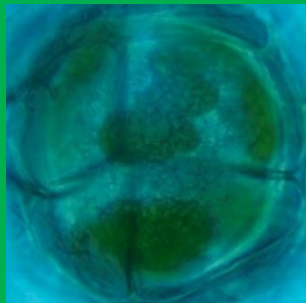
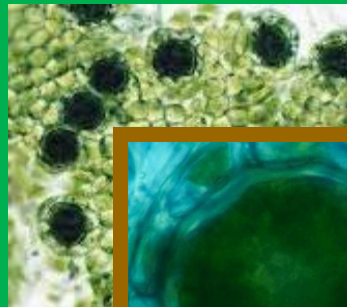
neoplozené oogonium



neoplozené oogonium abortuje

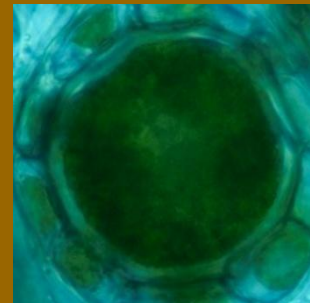


zygota – stimuluje okolní buňky k dělení



4 buňky (spóry)

Meióza (většinou na jaře)



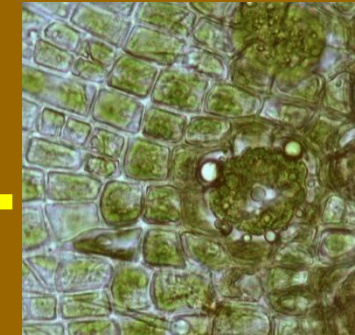
Zygota roste a hromadí zásoby

Sporopolenin chrání sporofyt (zygotu)

Období klidu (dormance) většinou v zimě



„Placentální klky“ okolních buněk vyživují sporofyt (zygotu), další okolní buňky odumřou, ale jejich zbytky chrání zygotu

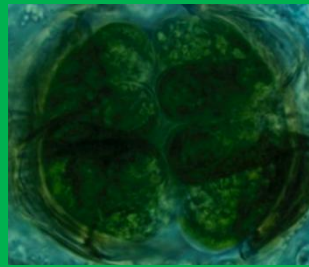


Dělící se okolní buňky obalí zygotu

Sporofyt

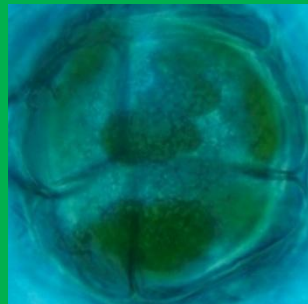
Coleochaete = jediná řasa, u níž gametofyt vyživuje sporofyt

Gametofyt



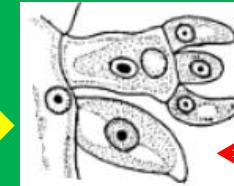
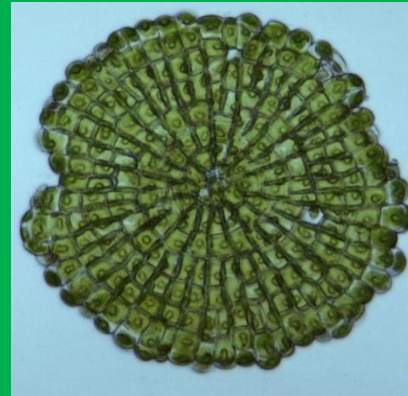
8–32 zoospór

↑ 1–3 mitózy



4 buňky (spóry)

Meióza
(většinou
na jaře)

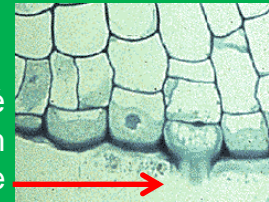


antheridia – z každého jeden spermatozoid

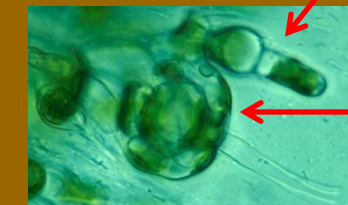
oogonium

trichogyn = výčnělek – otvírá se když oosféra dozraje

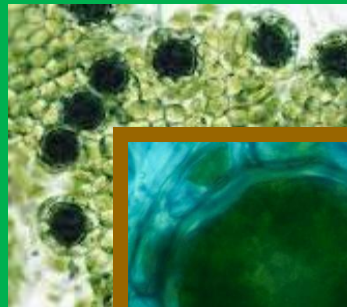
neplozené oogonium



neplozené oogonium abortuje



zygota – stimuluje okolní buňky k dělení



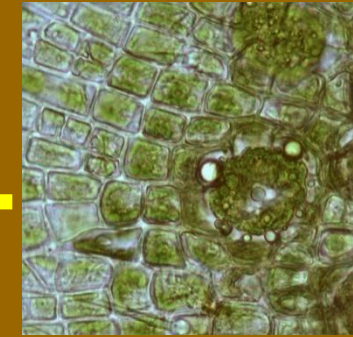
Zygota roste a hromadí zásoby

Sporopolenin chrání sporofyt (zygotu)

Období klidu (dormance) většinou v zimě



„Placentální klky“ okolních buněk vyživují sporofyt (zygotu), další okolní buňky odumřou, ale jejich zbytky chrání zygotu



Dělící se okolní buňky obalí zygotu

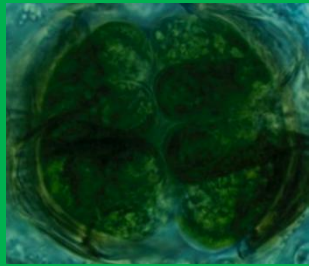
Sporofyt

Coleochaete = jediná řasa, u níž gametofyt vyživuje sporofyt

2bičíkatá zoospóra

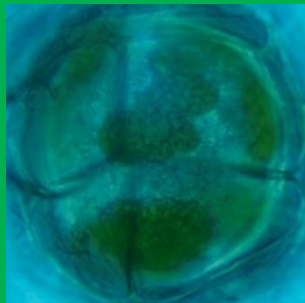


Gametofyt



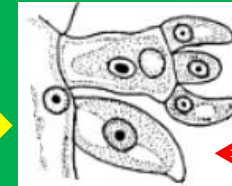
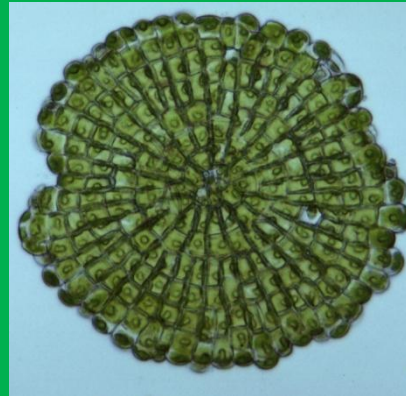
8–32 zoospór

1–3 mitózy



4 buňky (spóry)

Meióza
(většinou
na jaře)

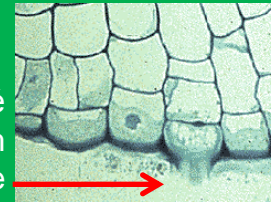


antheridia – z každého jeden spermatozoid

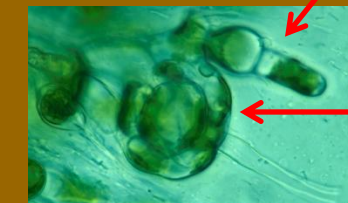
oogonium

trichogyn = výčnělek – otvírá se když oosféra dozraje

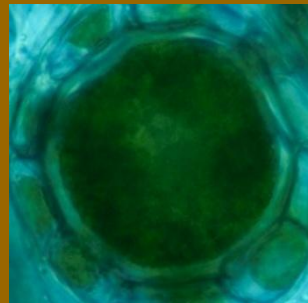
neplozené oogonium



neplozené oogonium abortuje



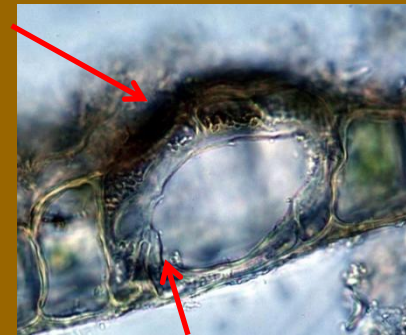
zygota – stimuluje okolní buňky k dělení



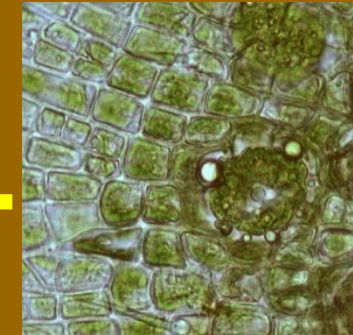
Zygota roste a hromadí zásoby

Sporopolenin chrání sporofyt (zygotu)

Období klidu (dormance) většinou v zimě



„Placentální klky“ okolních buněk vyživují sporofyt (zygotu), další okolní buňky odumřou, ale jejich zbytky chrání zygotu



Dělící se okolní buňky obalí zygotu

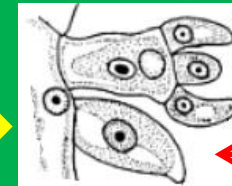
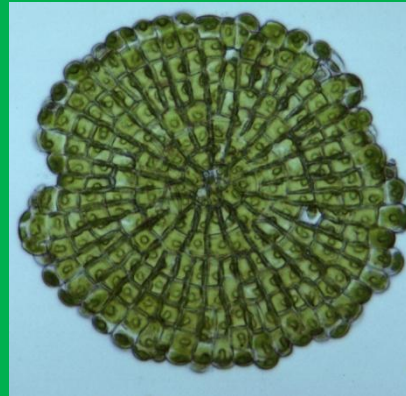
Sporofyt

Coleochaete = jediná řasa, u níž gametofyt vyživuje sporofyt

2bičíkatá zoospóra



mitotickým dělením roste gametofytní stélka



antheridia – z každého jeden spermatozoid

oogonium

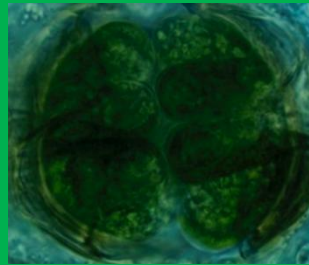
trichogyn = výčnělek – otvírá se když oosféra dozraje

neplozené oogonium



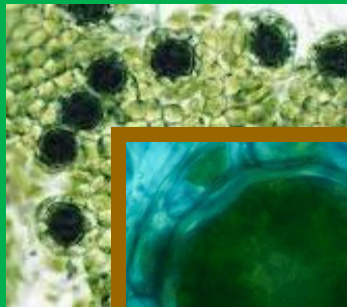
↑ uchyťí se na vhodném místě

Gametofyt

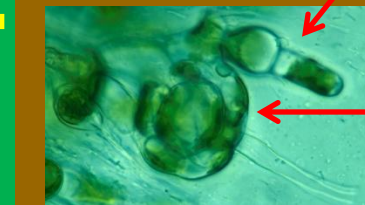


8–32 zoospór

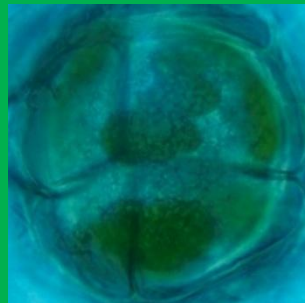
↑ 1–3 mitózy



neoplozené oogonium abortuje

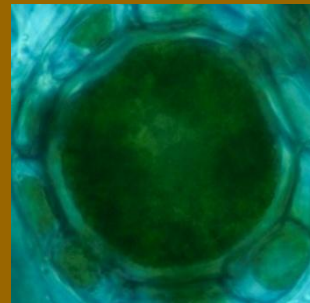


zygota – stimuluje okolní buňky k dělení



4 buňky (spóry)

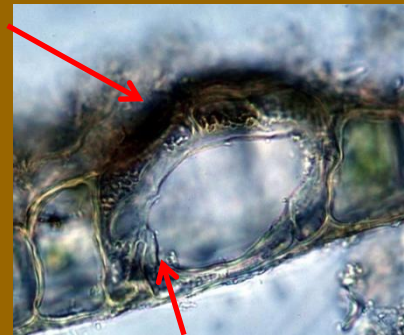
Meióza (většinou na jaře)



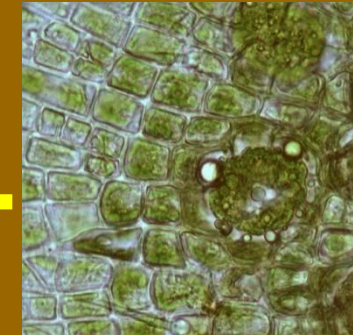
Zygota roste a hromadí zásoby

Sporopolenin chrání sporofyt (zygotu)

Období klidu (dormance) většinou v zimě



„Placentální klky“ okolních buněk vyživují sporofyt (zygotu), další okolní buňky odumřou, ale jejich zbytky chrání zygotu



Dělící se okolní buňky obalí zygotu

Sporofyt

Coleochaete = jediná řasa, u níž gametofyt vyživuje sporofyt

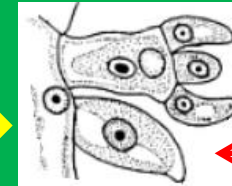
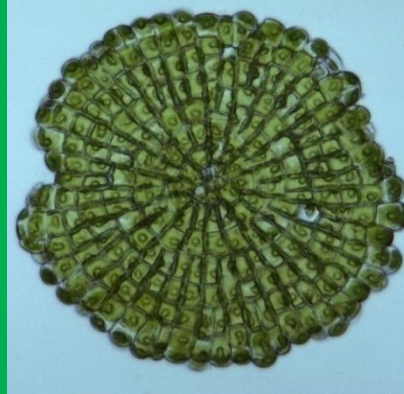
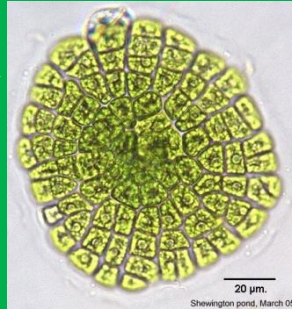
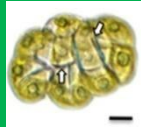
2bičíkatá zoospóra



↑ uchyťí se na vhodném místě

Gametofyt

mitotickým dělením roste gametofytní stélka

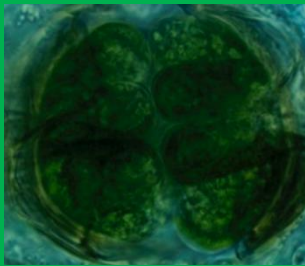


antheridia – z každého jeden spermatozoid

oogonium

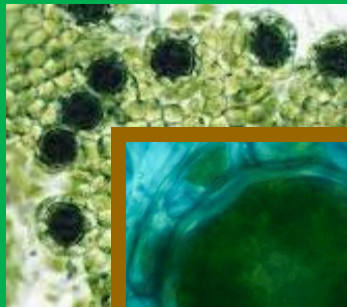
trichogyn = výčnělek – otvírá se když oosféra dozraje

neplozené oogonium



8–32 zoospór

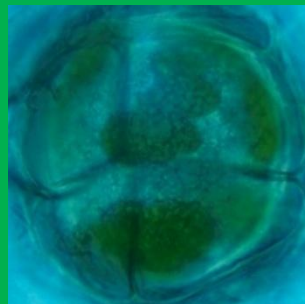
↑ 1–3 mitózy



neplozené oogonium abortuje

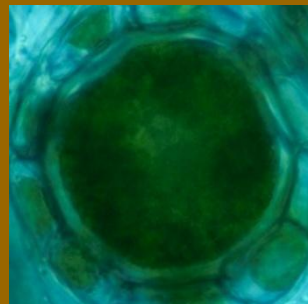


zygota – stimuluje okolní buňky k dělení



4 buňky (spóry)

Meióza (většinou na jaře)



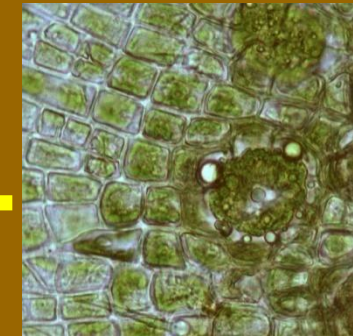
Zygota roste a hromadí zásoby

Sporopolenin chrání sporofyt (zygotu)

Období klidu (dormance) většinou v zimě



„Placentální klky“ okolních buněk vyživují sporofyt (zygotu), další okolní buňky odumřou, ale jejich zbytky chrání zygotu



Dělící se okolní buňky obalí zygotu

Sporofyt

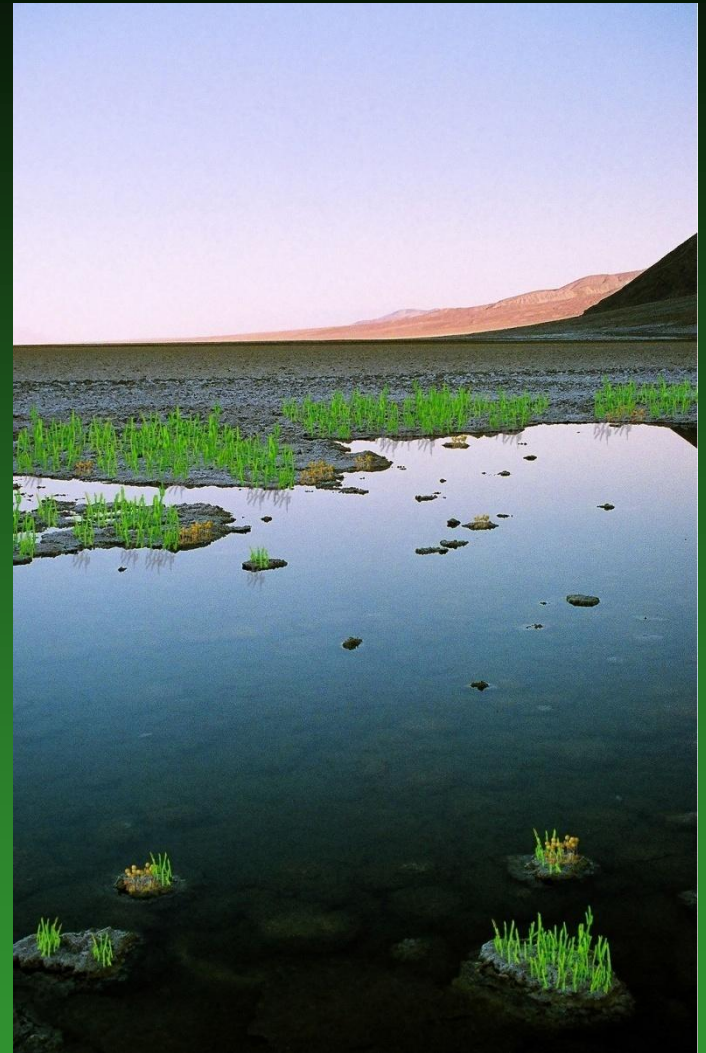
Vznik vyšších rostlin =

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



Vznik vyšších rostlin

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



Před vyššími rostlinami kolonizovaly souš

- sinice
- aerofytické zelené řasy
- lišejníky



Kdy začala terestrializace ?

Kdy začala terestrializace ?

Před 500–450 mld. let

Kdy začala terestrializace ?

Nejstarší makrofosílie vyšších rostlin – ryniofytní rostlina
Cooksonia –
rozhraní střední - svrchní silur:

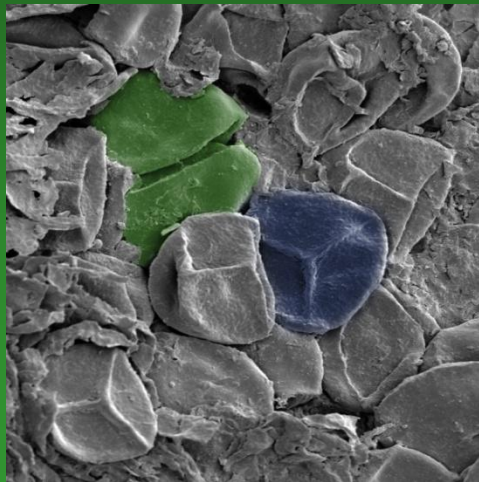
428 miliónů let



Kdy začala terestrializace ?

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

428 miliónů let



Nejstarší mikrofosílie
vyšších rostlin
= tetrádní spóry se
sporopoleninem
spodní / svrchní ordovik:

470 miliónů let



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

Kdy skončila terestrializace ?

Kdy skončila terestrializace ?
Nelze jednoznačně říct – snad koncem karbonu, kdy
vrcholila éra plavuní, přesliček a kapradin?

Kdy skončila terestrializace ?

Nelze jednoznačně říct – snad koncem karbonu, kdy vrcholila éra plavuní, přesliček a kapradin?

Trvala tedy skoro 200 milionů let a ještě pak intenzivně pokračovala

Kdy skončila terestrializace ?

Nelze jednoznačně říct – snad koncem karbonu, kdy vrcholila éra plavuní, přesliček a kapradin?

Trvala tedy skoro 200 milionů let a ještě pak intenzivně pokračovala

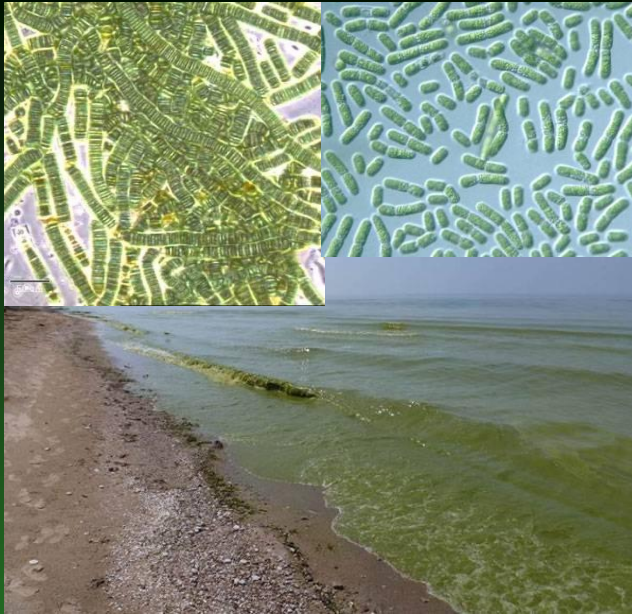
Podobně významná evolučně divergentní událost =
kambrická exploze (542 mld. BC.)
= vznik většiny mnohobuněčných živočišných linií v
kambrickém oceánu trvala
jen několik desítek milionů let

Co muselo předcházet terestrializaci?

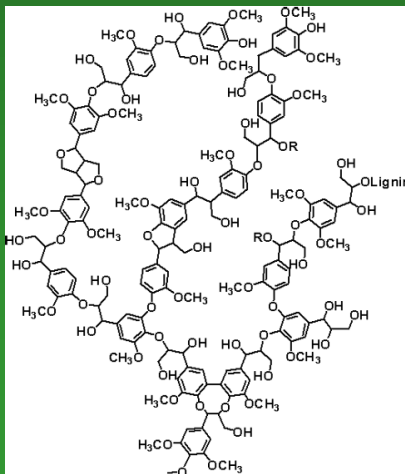
(= podmínky kolonizace souše vyššími rostlinami)



Copyright © Walter Myers

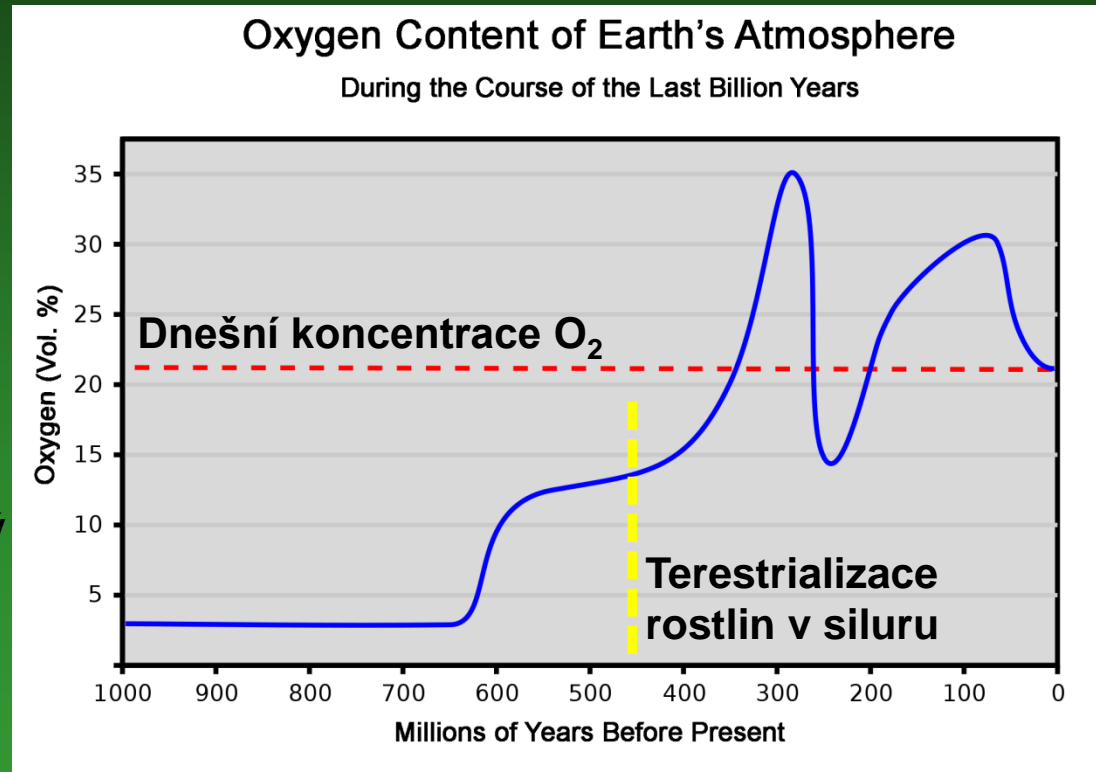


Kyslík vytvořily fotosyntézou
sinice



lignin
= polyfenolický
biopolymer

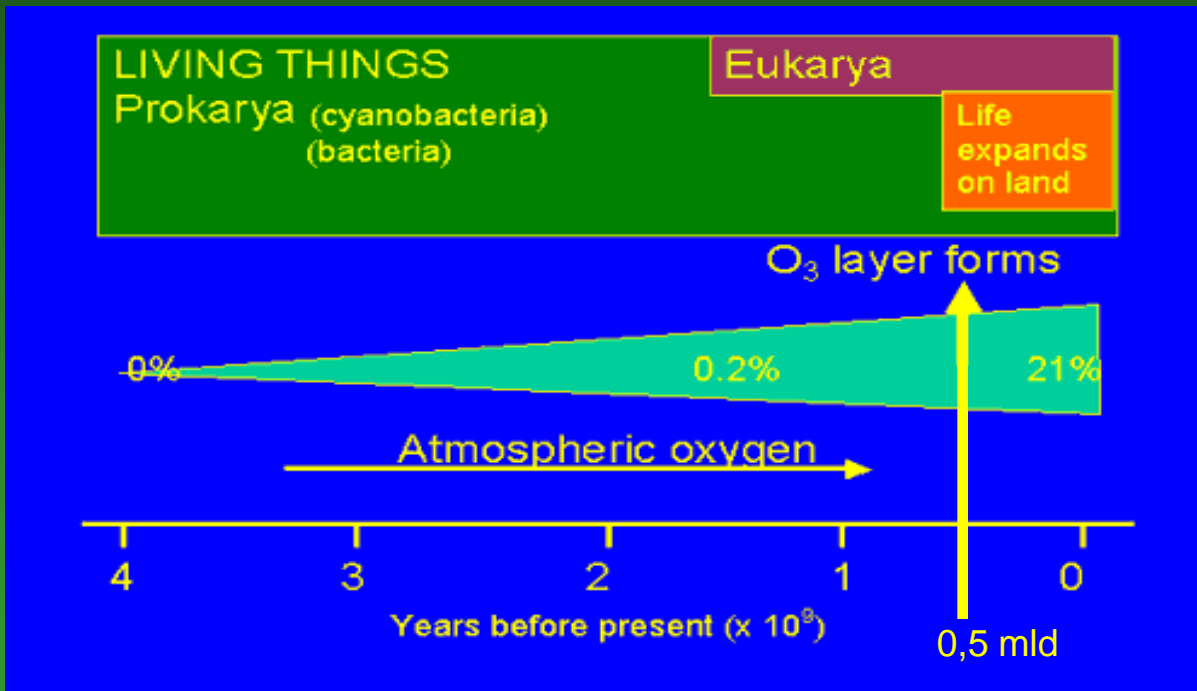
(1) Vyšší koncentrace O_2 v atmosféře
umožnila biosyntézu ligninu =
základní strukturní složky stěn buněk
oporných a vodivých pletiv



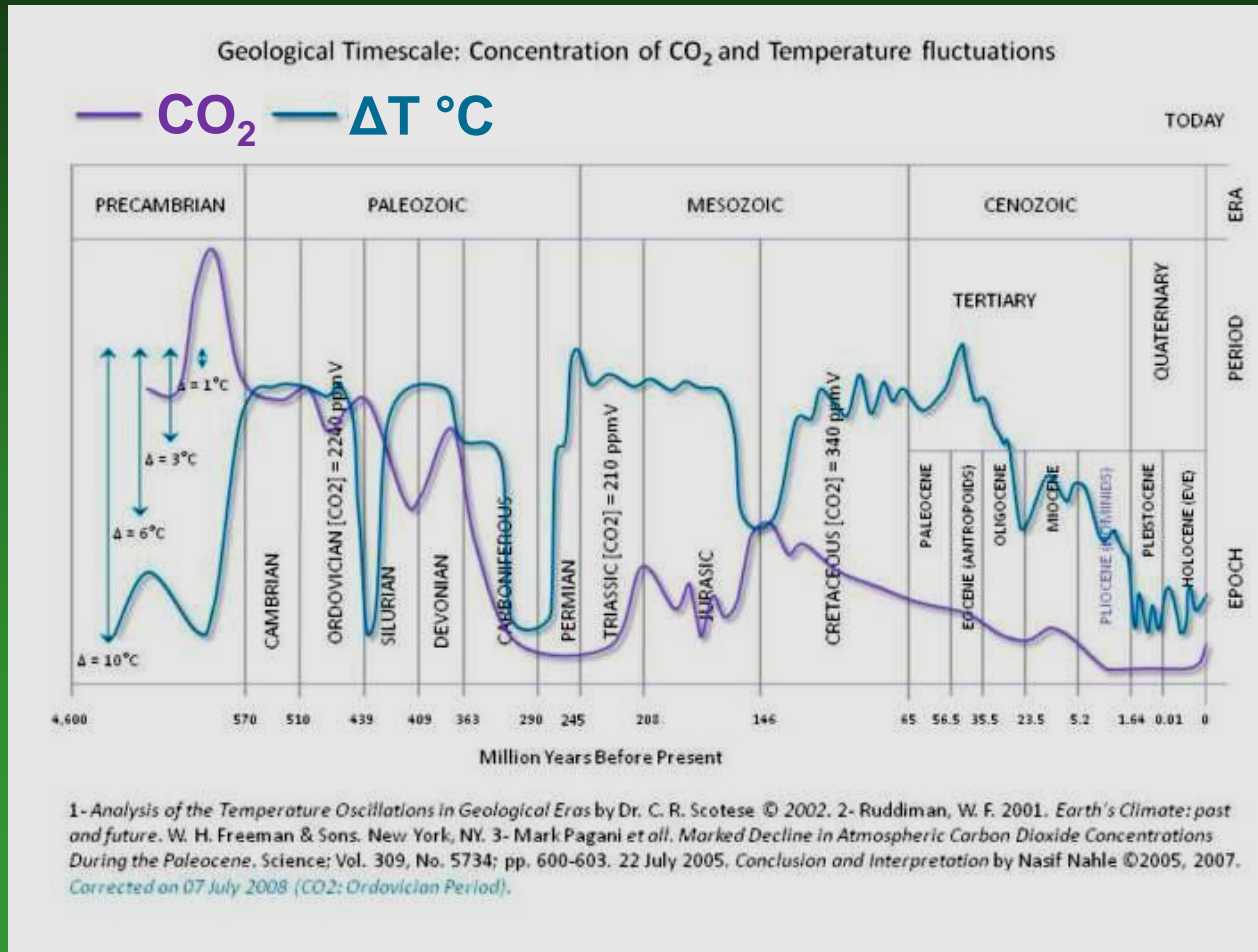


(2) vytvoření ozónové vrstvy = ochrany před UV zářením

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



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



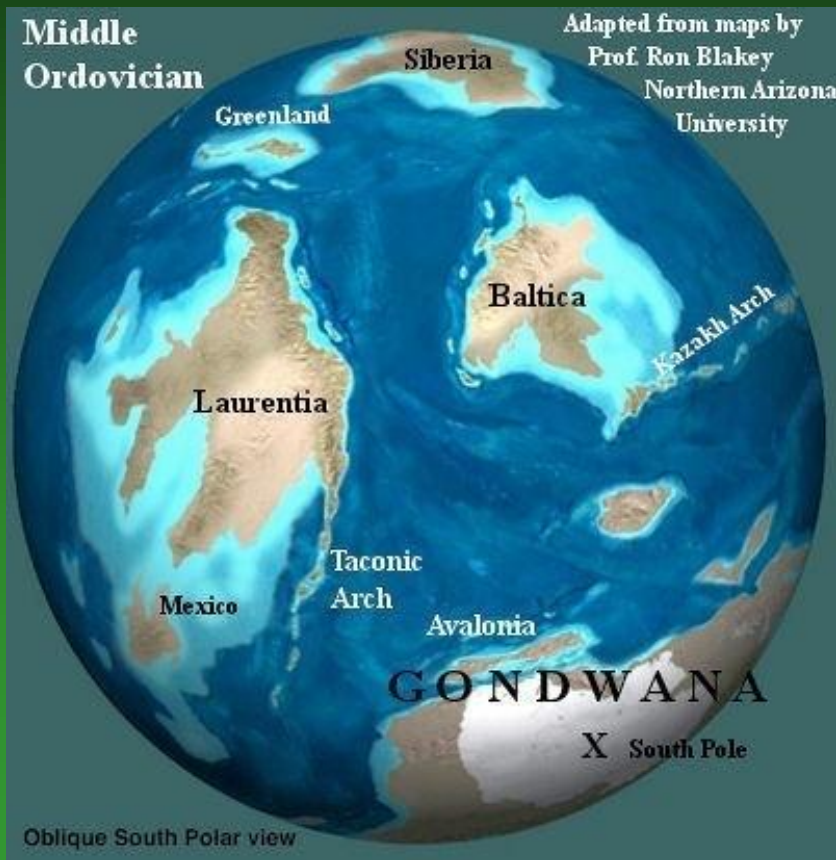
V kambriu až siluru bylo CO₂ 18x víc než dnes !

=> 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



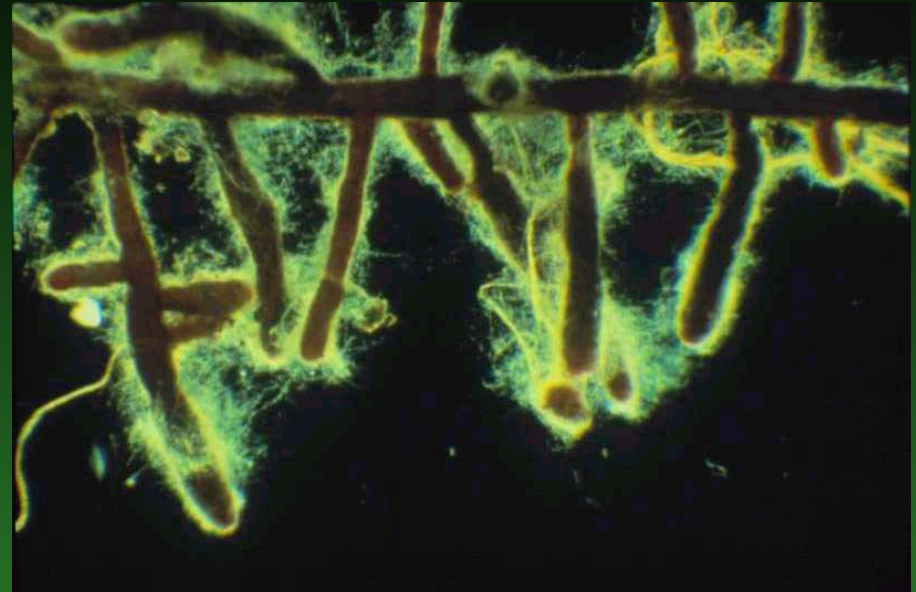
Mezi chladným ledovcem a horkým + vlhkým pobřežím = monzunové klima

Dostatek srážek = zvětrávání hornin = půdotvorba

Vlhkost = ideální klima pro terestrializaci

(5) Symbióza řas s houbami

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



Mykorhiza však 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.



vodní Oomycota

(5) Symbióza řas s houbami

Jiná forma řasové a houbové symbiózy – lišejníky – také úspěšně kolonizovaly souš

Pomohly velmi při tvorbě půdy – prostředí – z něhož rostliny dovedou živiny získávat



Fosilie permských lišejníků



Recentní lišejník

Symbióza řas s živočichy nebo prvky? = zotročení rostliny

Nezmaři, živočišné houby, trepky a slunivky v sobě mají endosymbiotické zelené řasy. Jak taková symbióza končí vidíme u krásnoočka: zelenou řasu „sežralo“ a udělalo si z ní chloroplast

Cnidaria
Opisthokonta



nezmar
(*Hydra*)

Porifera
Opisthokonta



houba rybníční
(*Spongilla lacustris*)

Ciliata
Chromalveolata



trepka
(*Paramecium*)

Heliozoa
Rhizaria



osténka
(*Acanthocystis turfacea*)

Euglenozoa
Excavata



krásnoočko
(*Euglena gracilis*)

Řasa žije v živočichovi = „opak“ endomykorrhizy – kdy žije houba v rostlině, ale zčásti i volně vně v kontaktu se substrátem, z něhož zpřístupňuje anorganické živiny rostlině, a rostlina jí za to dává látky uhlíkaté

Dvě základní otázky terestrializace:

Dvě základní otázky terestrializace:



1. Co rostliny přechodem na souš získaly?

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?



přístup ke světlu



snadnější přístup k CO₂



větší diverzita prostředí a opylovačů (ale i herbivorů a parazitů)

Co rostliny přechodem na souš ztratily?

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



Co rostliny přechodem na souš ztratily?



Ztratily stabilitu nasycení vodou – byly vystaveny vysychání



Co rostliny přechodem na souš ztratily?

☹️ Ztratily stabilitu nasycení vodou – byly vystaveny vysychání



☹️ Ztratily možnost přijímat živiny celým povrchem těla



Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?

= Adaptace rostlin na podmínky souše

Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



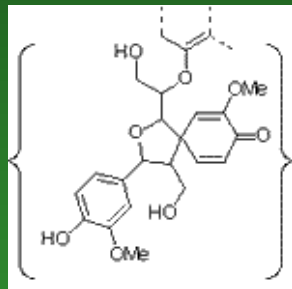
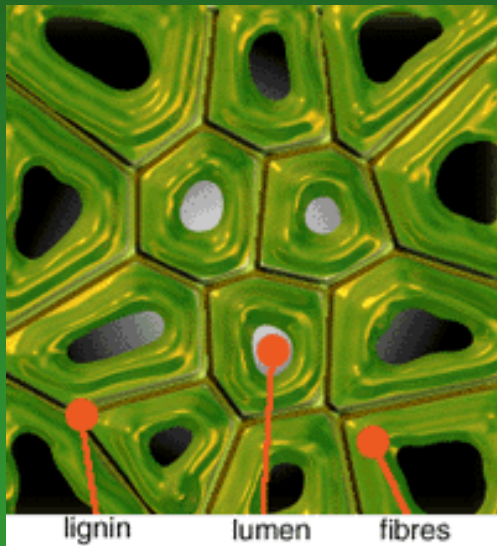
Působení gravitace, větru, sněhu, námrazy, býložravců

Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?

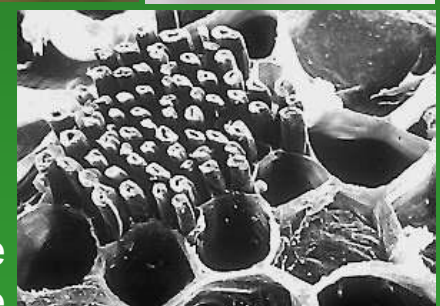
☹️ Působení gravitace, větru, sněhu, námrazy, býložravců

😊 Zvýšení konstrukční pevnosti

(1a) **lignin** deponován v buněčných stěnách = oporné a ochranné struktury



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

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

Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



Sucho



Dvojitá funkce = dovnitř CO_2 + ven H_2O

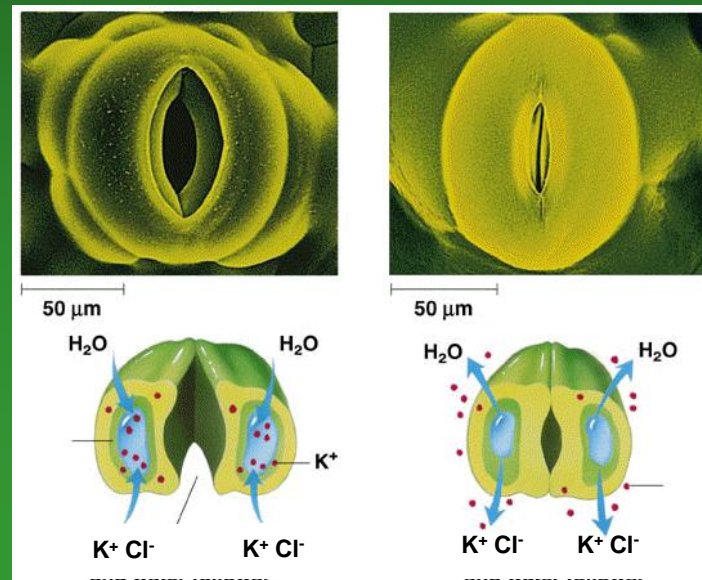


Průduchy:

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?

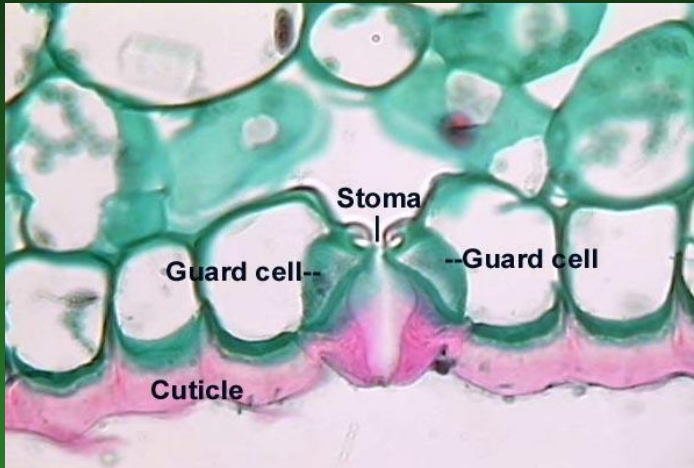


Sucho

Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



Sucho



Kutikula

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?

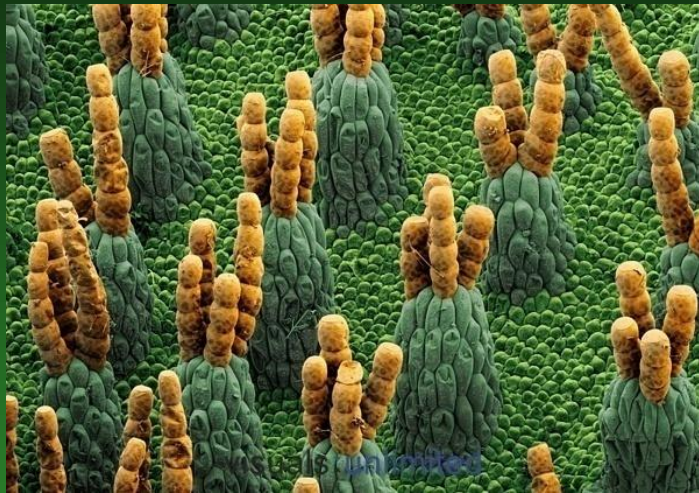


Sucho

Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



Sucho



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



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

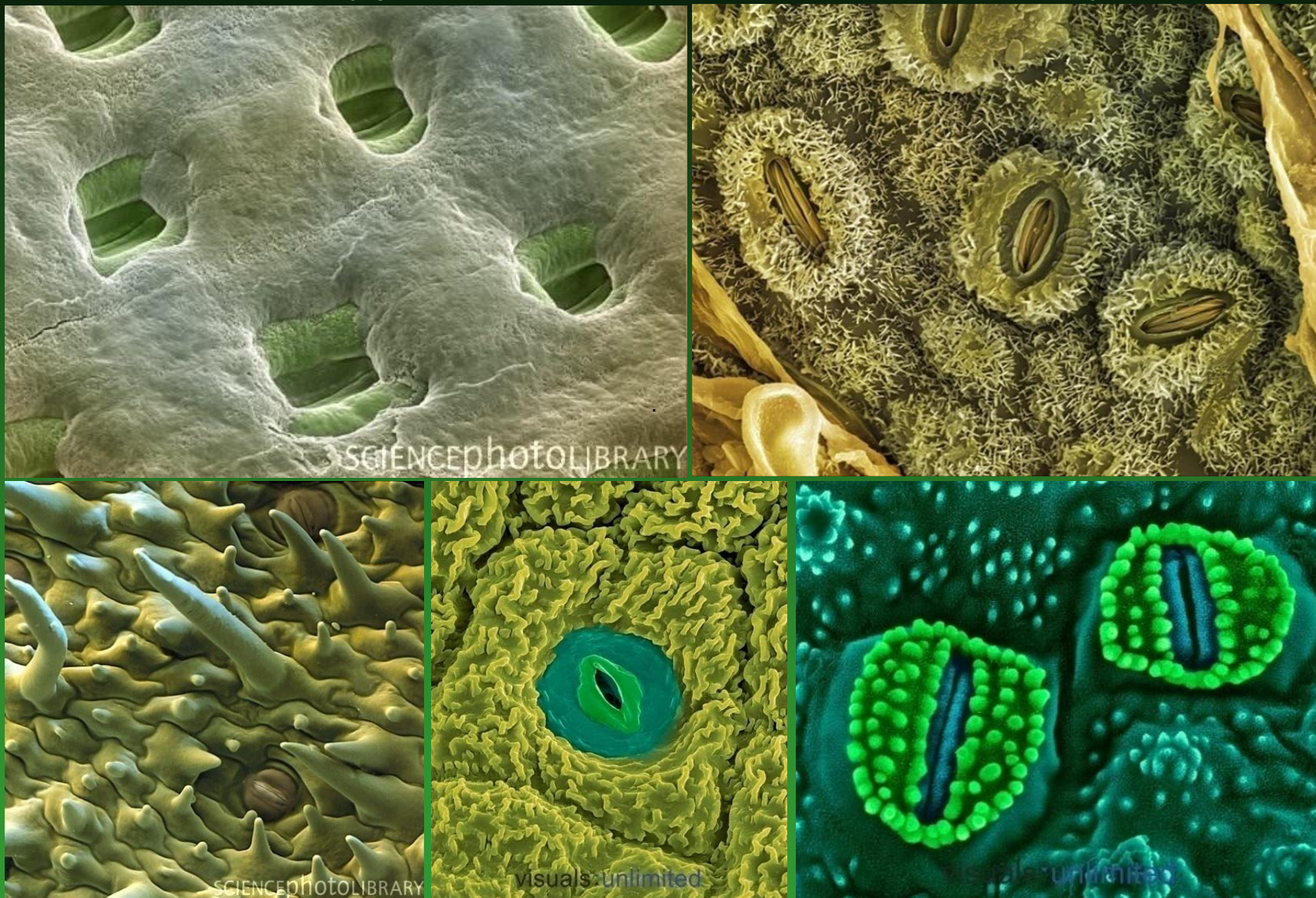


Trichomy – vytvářejí vyšší vrstvu nepohyblivého vzduchu „boundary layer“ nad průduchy = adaptace snižující výpar



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

Kutikula a průduchy jedle, dubu, opuncie, brukve a přesličky



Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



Sucho

Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



Sucho



Ochranný obal gametangií

z aspoň jedné vrstvy buněk, které z 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

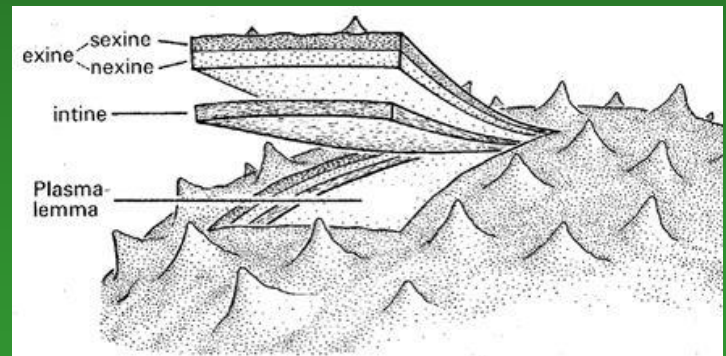
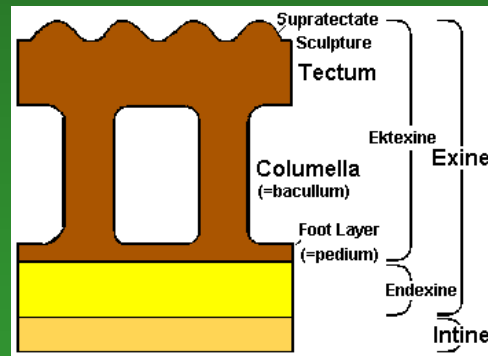
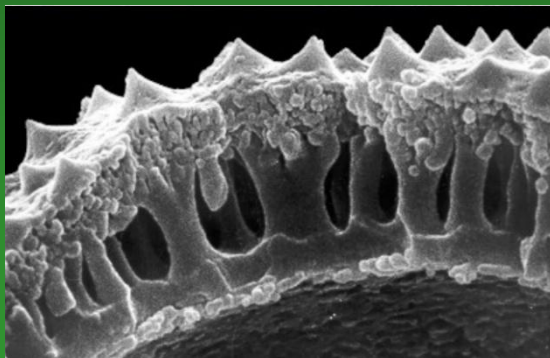


rezistentní obal spór / pylu

– dvouvrstevný

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

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

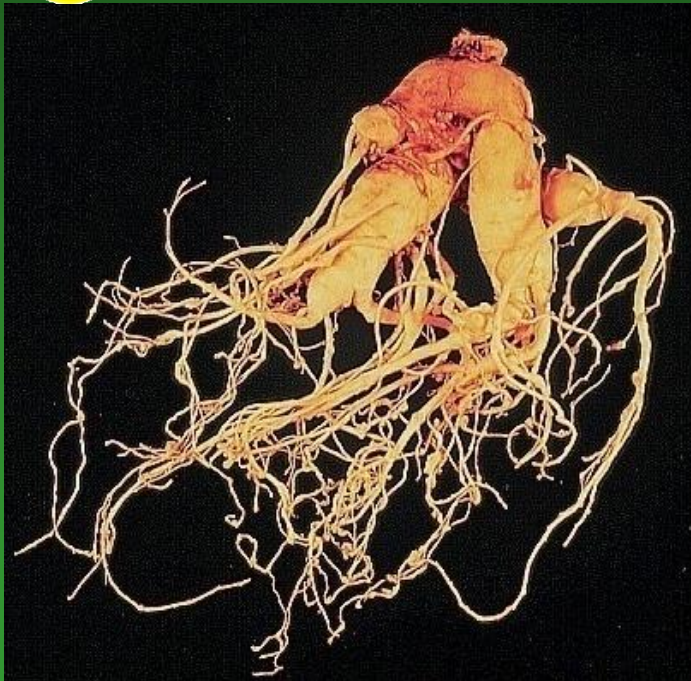
Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?

☹️ ztráta možnosti přijímat živiny celým povrchem těla

příjem a vedení živin ve vodním roztoku z půdy zajišťují

😊 kořeny a kořenové vlášení (nemají kutikulu) popř. rhizoidy a

😊 vodivá pletiva



xylem - tracheida intercelulára xylem - trachea

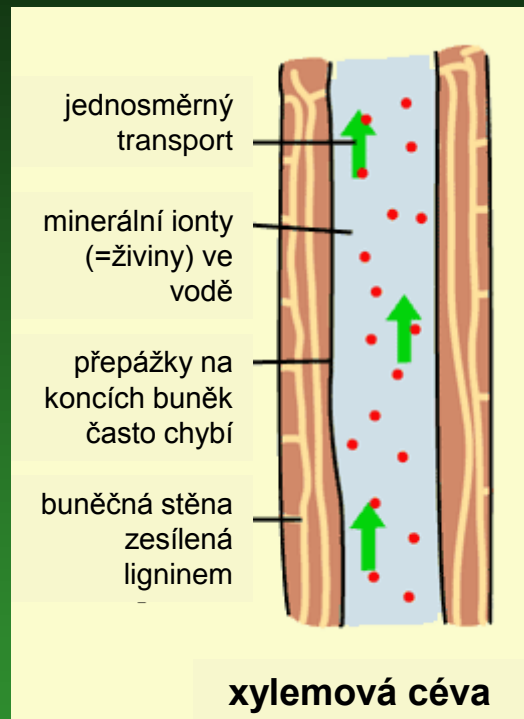


sklerenchym

floem

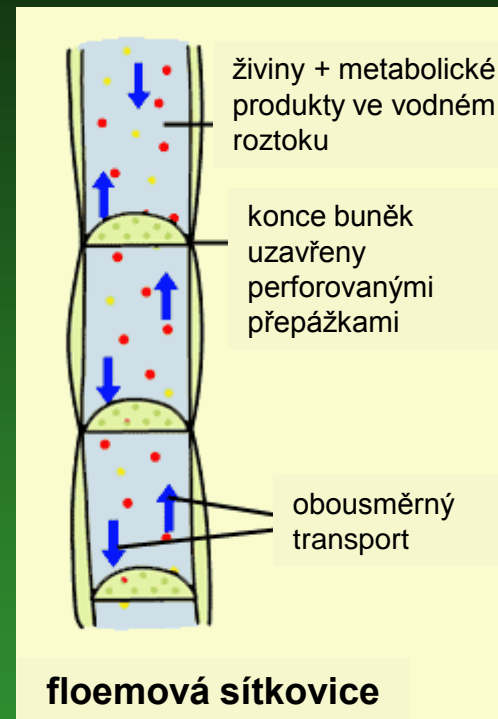
Dvě části cévních svazků

dřevní



xylem

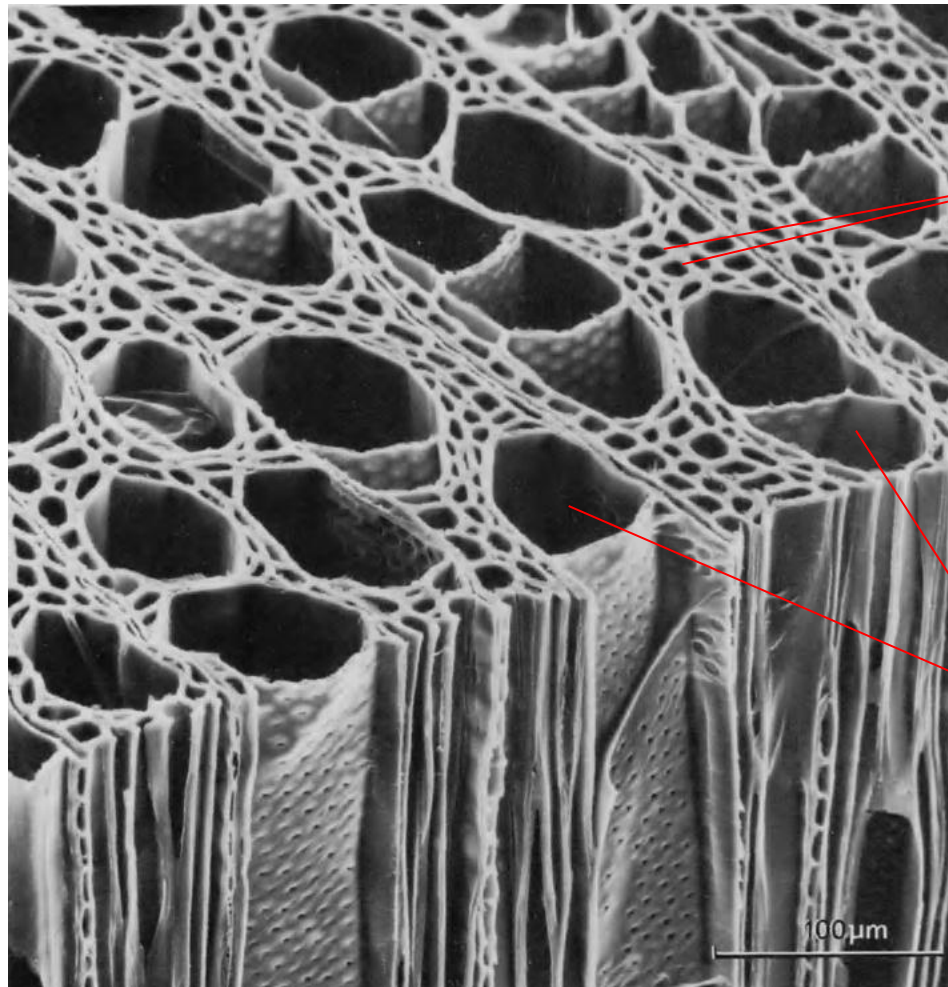
lýková



floem

Tracheidy (cévice) i tracheje (cévy) jsou buňky mrvé, u nichž došlo po dokončení výztuže stěny k autolýze protoplastu, jsou však vyplněny vodním roztokem. Pokud by došlo k jejich zavzdušnění (vzduchové embolii), stávají se nefunkčními. Naproti tomu sítkovice mají zbytek protoplastu.

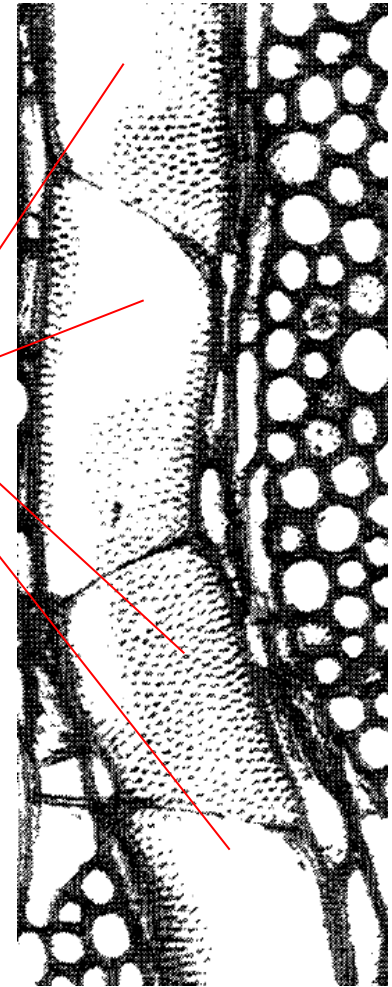
Struktura xylemu



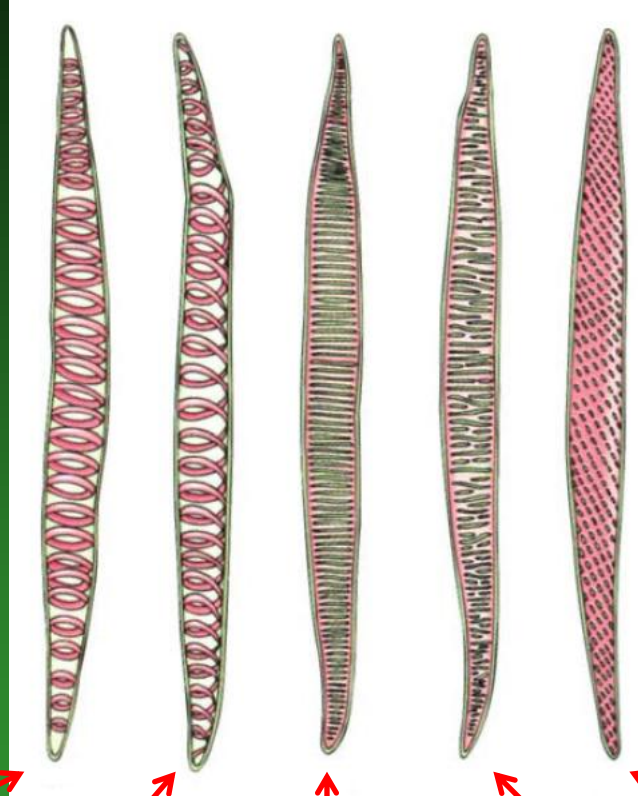
tracheidy

tracheální
články
tvořící
tracheu

trachey
(tracheje)



Typy sekundární výztuže tracheid / trachejí



Prstencová

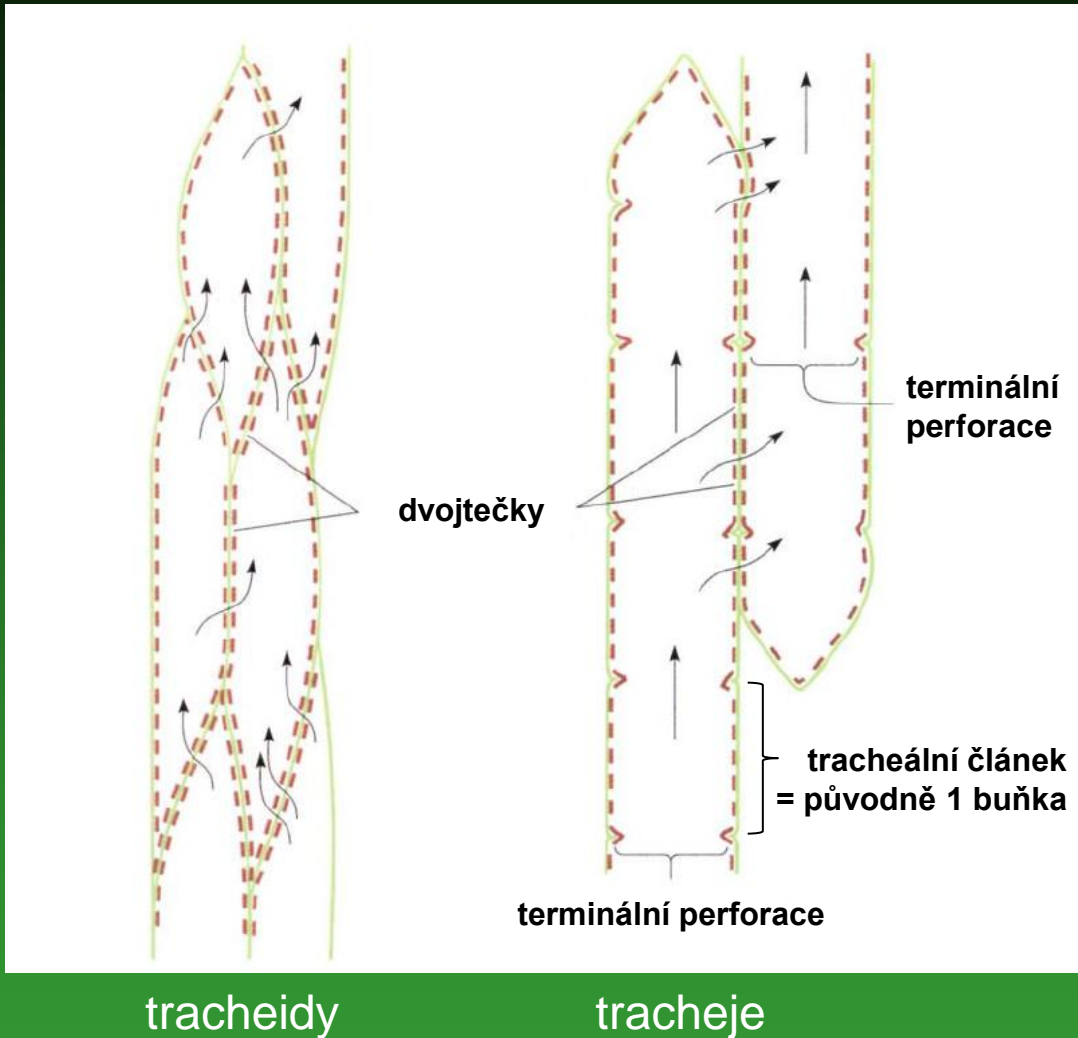
Spirální

Žebříčková

Síťnatá

Perforovaná

Struktura xylemu



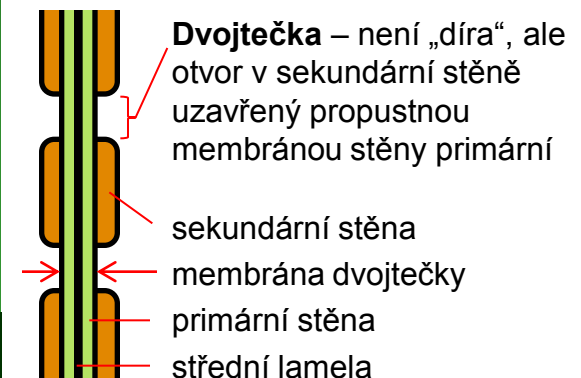
tracheidy

tracheje

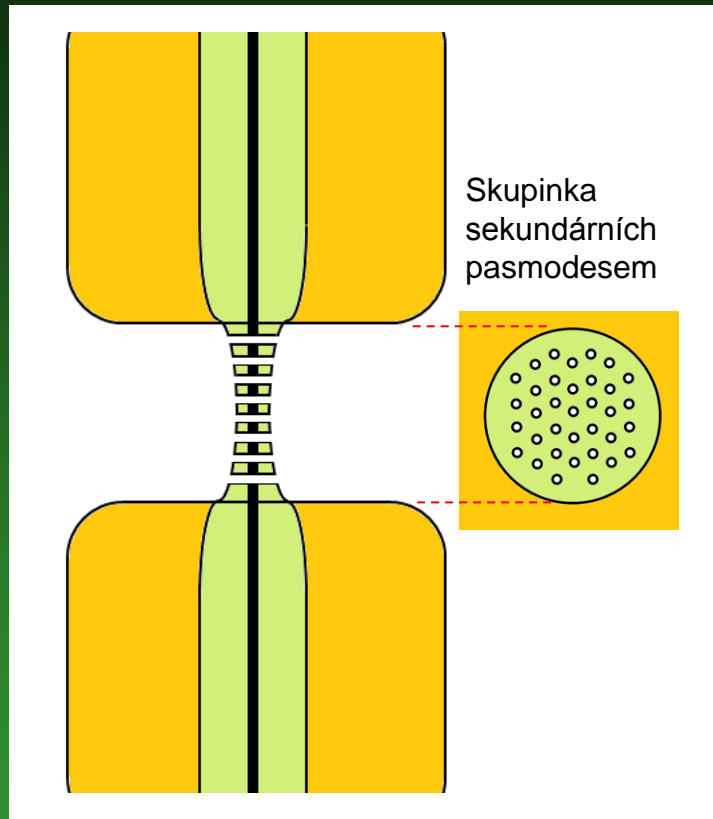
Při výšce rostliny 1 m a délce tracheidy 1 mm musí roztok minimálně 1000x přes membránu

1. **Tracheidy** – tím jak nemají koncové napojení musí to jít i **vzestupně přes dvojtečky**.
Bočně přes dvojtečky.

2. **Tracheje** „za sebou“ tvoří dlouhé „roury“, ale ne přes celou rostlinu. Chvíli může jít roztok **vzestupně přes koncové perforace**, ale čas od času i **přes dvojtečky**.
Bočně jen přes dvojtečky.



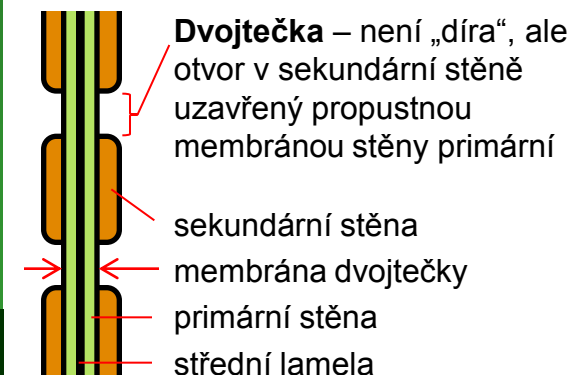
Struktura xylemu



Primární stěna – celulózní – tvoří se po mitotickém vzniku buňky

Sekundární stěna – lignifikovaná – ukládá se na primární stěnu buňky důsledkem metabolických procesů v buňce

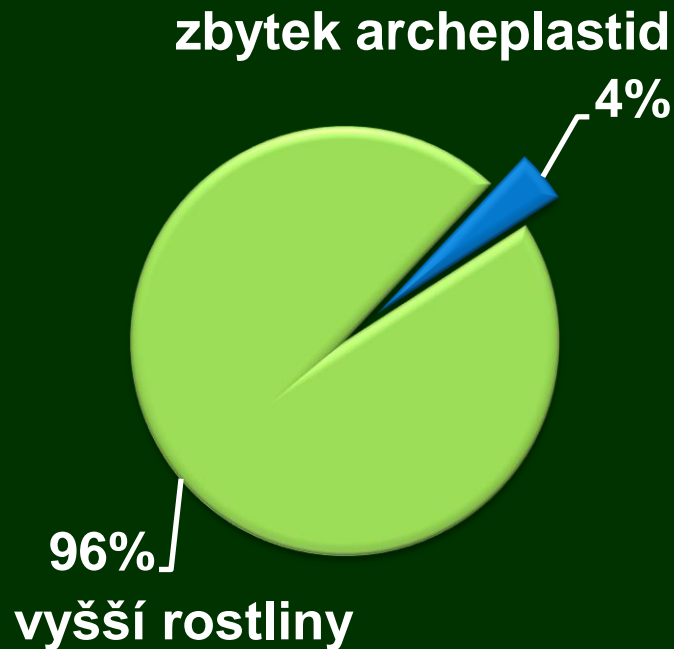
Dvojtečky – vznikají naproti sobě v sousedních buňkách



Při výšce rostliny 1 m a délce tracheidy 1 mm musí roztok minimálně 1000x přes membránu

Fylogenetický důsledek úspěšné terestrializace = velká druhová divergence vyšších rostlin

Rozložení druhové diverzity v
říši *Archaeplastida*



Počty popsáných druhů v hlavních
liniích říše *Archaeplastida*

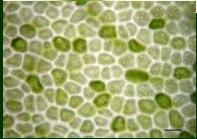
<i>Glaucophyta</i>	10
<i>Rhodophyta</i>	6100
<i>Chlorophyta</i>	4050
<i>Charophyta</i>	2150
vyšší rostliny	298000

Důsledek terestrializace – **evoluce complexity**

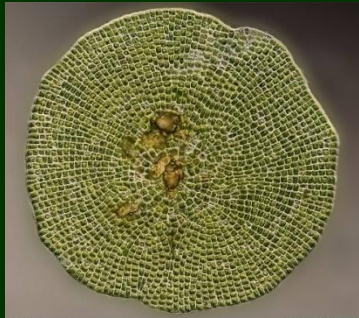
= „zesložitení“ struktury = vznik pletiv a orgánů tvořících tělo (cormus)

vyšší rostliny proto nazývány též **Cormophyta**

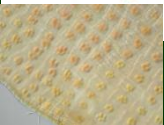
Vodní prostředí = strukturně homogenní stélka řas



Ulva, Chlorophyta



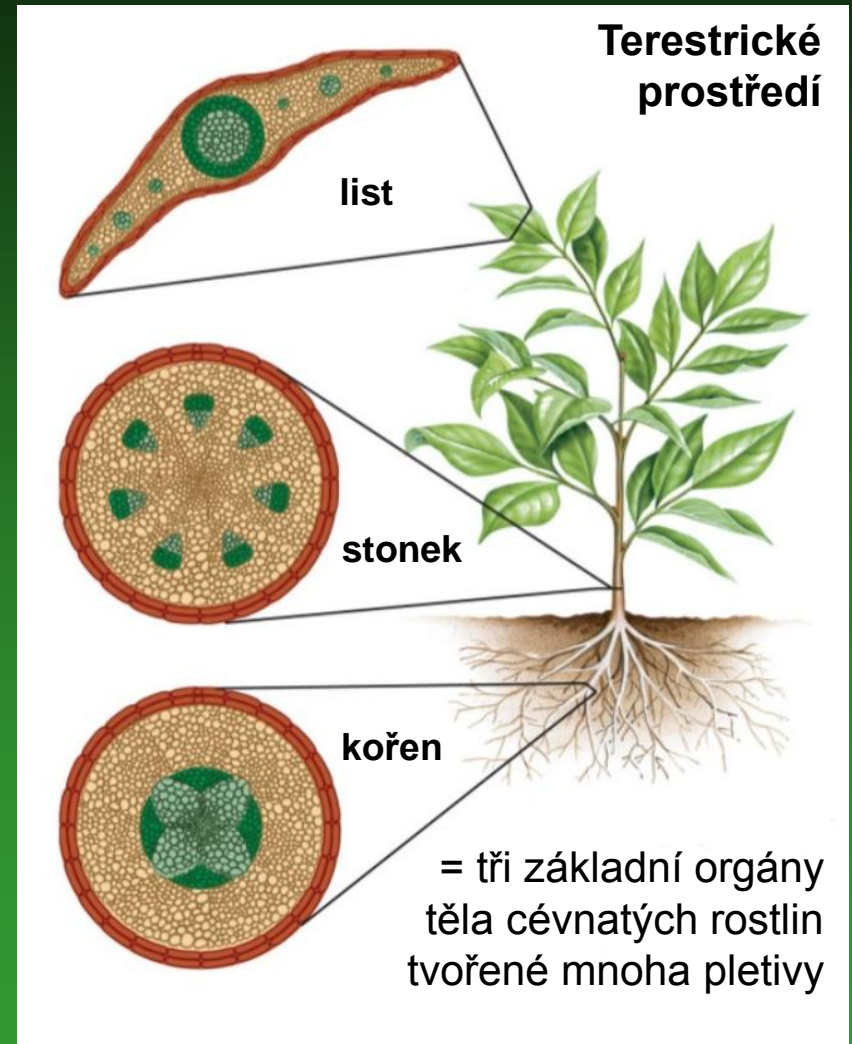
Coleochaete, Charophyta



Dictyota, Phaeophyta



Porphyra, Rhodophyta



Důsledek terestrializace – **evoluce komplexity**

Vztah mezi velikostí a komplexitou rostlinné stavby

Největší bezcévné

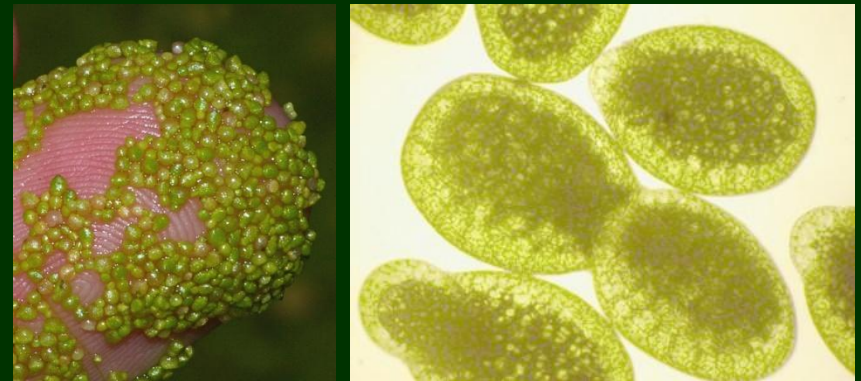
Drobné mechy ve vlhku „nepotřebují“ složitější anatomii. Avšak čím jsou větší, tím se jejich anatomická stavba stává složitější.



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 tělísky 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“!

	mechorosty	plavuně kapradiny	semenné rostliny
opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	A	N	N
gametofyt			
sporofyt			

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



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

	mechorosty	plavuně kapradiny	semenné rostliny
opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	A	N	N
gametofyt dlouhověkost / nezávislost výživy	A	A	N
sporofyt	N	A	A

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



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

	mechorosty	plavuně kapradiny	semenné rostliny
opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	A	N	N
gametofyt dlouhověkost / nezávislost výživy	A	A	N
nedeterminovaný růst	A	A	N
sporofyt	N	A	A

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



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

		mechorosty	plavuně kapradiny	semenné rostliny
opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi		A	N	N
gametofyt	dlouhověkost / nezávislost výživy	A	A	N
	nedeterminovaný růst	A	A	N
sporofyt	nedeterminovaný růst	N	A	A

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



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

		mechorosty	plavuně kapradiny	semenné rostliny
gametofyt	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	A	N	N
	dlouhověkost / nezávislost výživy	A	A	N
	nedeterminovaný růst	A	A	N
sporofyt	nedeterminovaný růst	N	A	A
	dlouhověkost / nezávislost výživy	N	A	A

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



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

		mechorosty	plavuně kapradiny	semenné rostliny
gametofyt	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	A	N	N
	dlouhověkost / nezávislost výživy	A	A	N
	nedeterminovaný růst	A	A	N
sporofyt	nedeterminovaný růst	N	A	A
	dlouhověkost / nezávislost výživy	N	A	A
	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	N	N	A

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



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

		mechorosty	plavuně kapradiny	semenné rostliny
gametofyt	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	A	N	N
	dlouhověkost / nezávislost výživy	A	A	N
	nedeterminovaný růst	A	A	N
sporofyt	nedeterminovaný růst	N	A	A
	dlouhověkost / nezávislost výživy	N	A	A
	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	N	N	A

Dnes je všeobecně akceptovaná **antithetická (interpolační) teorie** evoluce rodozměny = ancestor vyšších rostlin po vzniku diploidní zygoty podstoupil meiozu.

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



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

		mechorosty	plavuně kapradiny	semenné rostliny
gametofyt	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	A	N	N
	dlouhověkost / nezávislost výživy	A	A	N
	nedeterminovaný růst	A	A	N
sporofyt	nedeterminovaný růst	N	A	A
	dlouhověkost / nezávislost výživy	N	A	A
	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	N	N	A

Dnes je všeobecně akceptovaná **antithetická (interpolační) teorie** evoluce rodozměny = ancestor vyšších rostlin po vzniku diploidní zygoty podstoupil meiozu.

Dříve se myslelo, že ancestor vyšších rostlin měl sporofyt a gametofyt rovnocenně v životním cyklu zastoupený (= teorie homothetická, čili transformační) – jejím zastáncem byl i tvůrce telomové teorie Walter Zimmermann a u nás se podle ní učilo ještě koncem 20 století.

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**

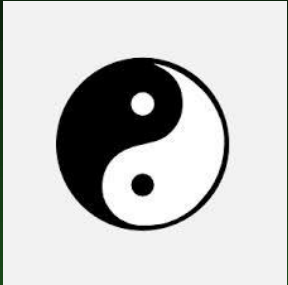


dominace sporofytu v životním cyklu u odvozenějších linií roste
= role fází rodozměny se v evoluci postupně „překlápí“!

		mechorosty	plavuně kapradiny	semenné rostliny
gametofyt	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	A	N	N
	dlouhověkost / nezávislost výživy	A	A	N
	nedeterminovaný růst	A	A	N
sporofyt	nedeterminovaný růst	N	A	A
	dlouhověkost / nezávislost výživy	N	A	A
	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	N	N	A

I nejvíce redukovaný gametofyt krytosemenných je však tvořen více buňkami!

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



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

		mechorosty	plavuně kapradiny	semenné rostliny
gametofyt	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	A	N	N
	dlouhověkost / nezávislost výživy	A	A	N
	nedeterminovaný růst	A	A	N
sporofyt	nedeterminovaný růst	N	A	A
	dlouhověkost / nezávislost výživy	N	A	A
	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	N	N	A

I nejvíce redukovaný gametofyt krytosemenných je však tvořen více buňkami!

Směřuje evoluce k protipólu rodozměny koleochét a parožnatek, kde byla sporofytem jen zygota?

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



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

		mechorosty	plavuně kapradiny	semenné rostliny
gametofyt	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	A	N	N
	dlouhověkost / nezávislost výživy	A	A	N
	nedeterminovaný růst	A	A	N
sporofyt	nedeterminovaný růst	N	A	A
	dlouhověkost / nezávislost výživy	N	A	A
	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	N	N	A

I nejvíce redukovaný gametofyt krytosemenných je však tvořen více buňkami!

Směřuje evoluce k protipólu rodozměny koleochét a parožnatek, kde byla sporofytem jen zygota?

Je jejím cílem, aby gametofytem byly jen samotné gamety, jako u živočichů?

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



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

		mechorosty	plavuně kapradiny	semenné rostliny
gametofyt	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	A	N	N
	dlouhověkost / nezávislost výživy	A	A	N
	nedeterminovaný růst	A	A	N
sporofyt	nedeterminovaný růst	N	A	A
	dlouhověkost / nezávislost výživy	N	A	A
	opakovaně na sobě tvoří opačnou fázi	N	N	A

I nejvíce redukovaný gametofyt krytosemenných je však tvořen více buňkami!

Směřuje evoluce k protipólu rodozměny koleochét a parožnatek, kde byla sporofytem jen zygota?

Je jejím cílem, aby gametofytem byly jen samotné gamety, jako u živočichů?

Ne, evoluce žádný cíl nemá, ale její trajektorie mají svou příčinu!

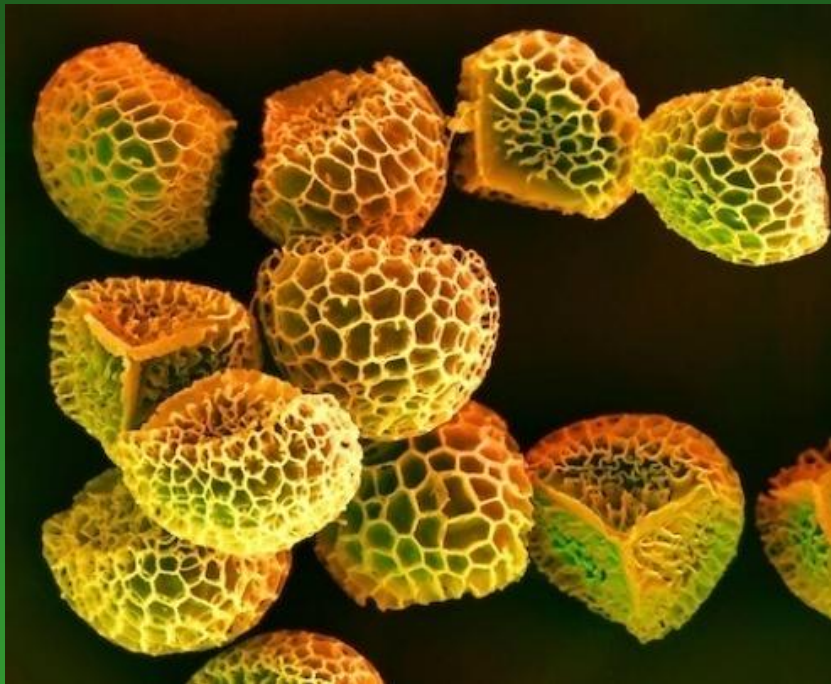
Budoucí příčiny však nelze predikovat!

Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

Spóra vers. semeno

Obojí jsou tělíska představující klidové stadium, umožňující:

1. dobře přežít nepříznivé období

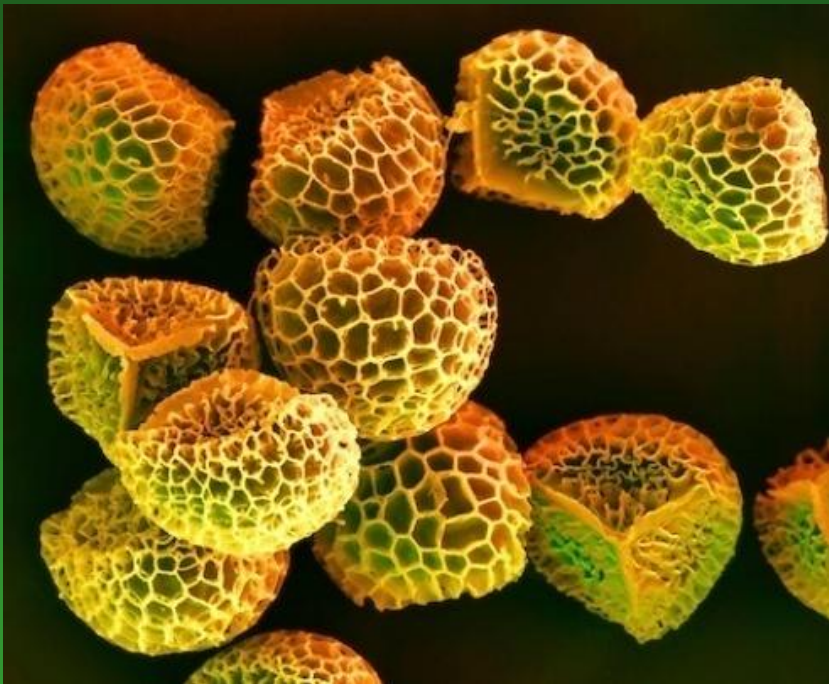


Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

Spóra vers. semeno

Obojí jsou tělíska představující klidové stadium, umožňující:

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



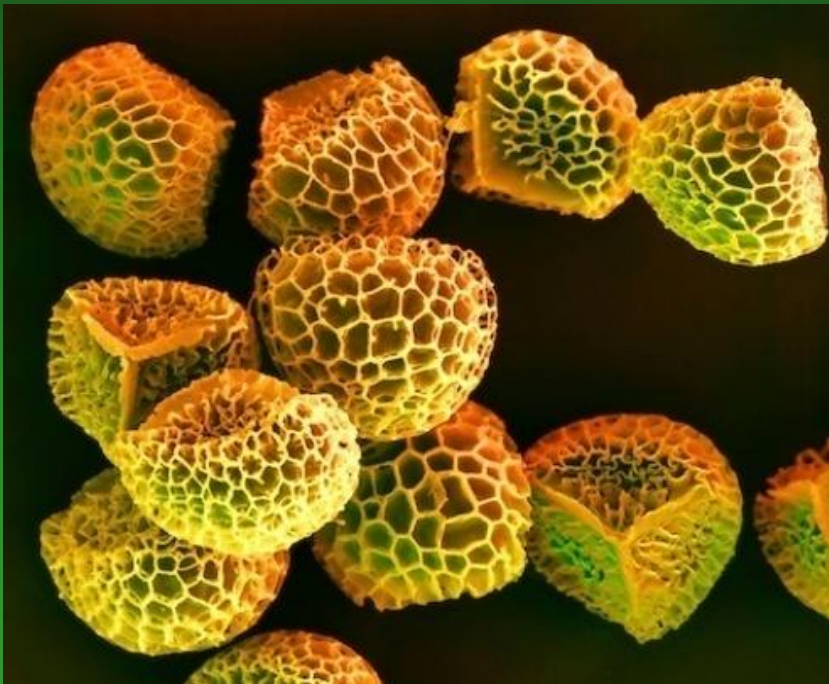
Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

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



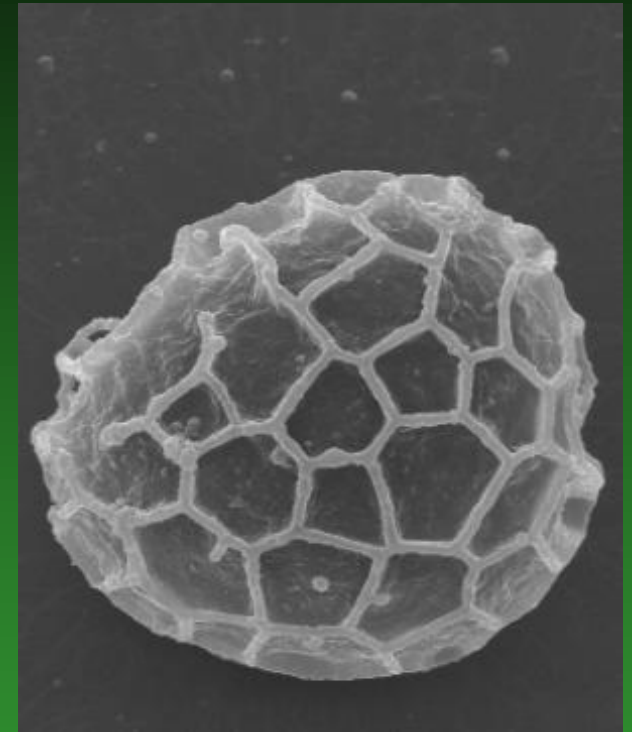
Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

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*

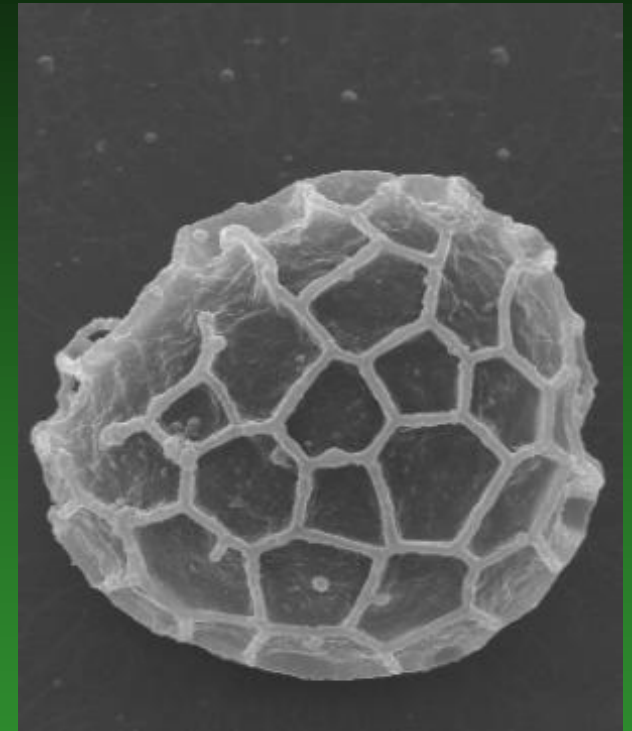
Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

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!“

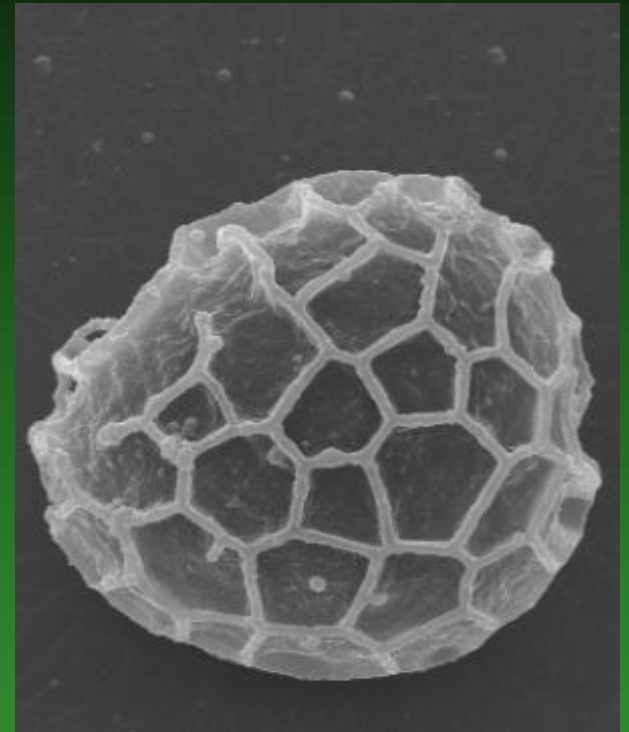
Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

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



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!“



Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

Semeno

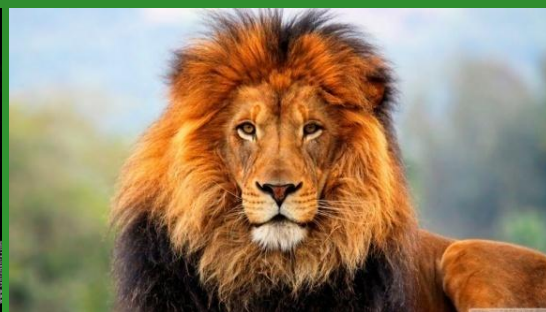
= konglomerát 4 genomů:

1. osemení = obal vajíčka = „babička“ ($2n$)
2. perisperm = nucellus = „dcera“ (n)
3. embryo a endosperm = „vnouče“ a jeho „dvojče“ ($2n$ a $3n$)



Důsledek terestrializace – **druhov**á divergence

> **298 tisíc popsaných druhů** – po živočiších nejbohatší evoluční linie
~ **16 % globální druhové diverzity**



Počty popsaných druhů

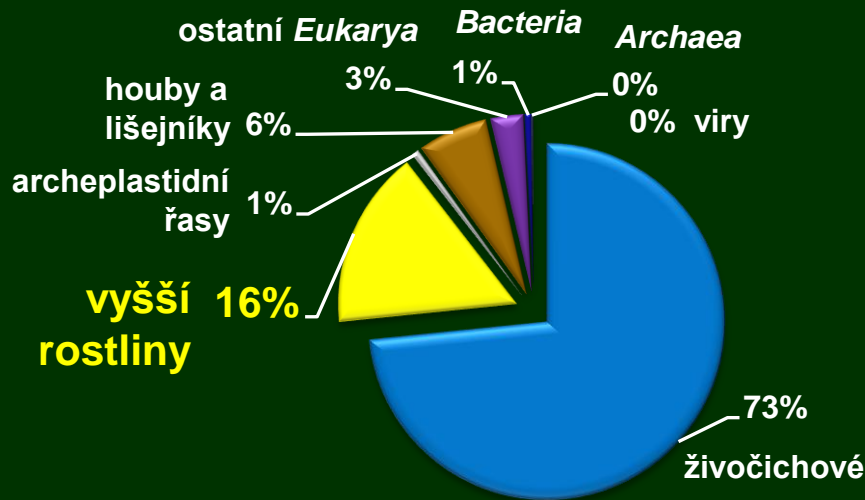
živočichové	1 360 000
vyšší rostliny	298 000
archeplastidní řasy	12 300
houby a lišejníky	116 000
ostatní <i>Eukarya</i>	54 000
<i>Bacteria</i>	10 300
<i>Archaea</i>	500
viry	2 100

Důsledek terestrializace – druhová divergence

> 298 tisíc popsaných druhů – po živočiších nejbohatší evoluční linie
~ 16 % globální druhové diverzity

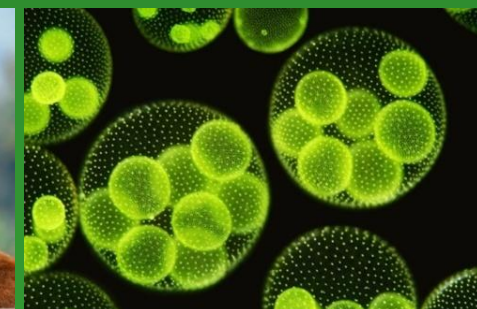
Chapman A.D.: Numbers of Living Species in Australia and the World, Canberra, 2009.

Podíl na globální diverzitě druhů



Počty popsaných druhů

živočichové	1 360 000
vyšší rostliny	298 000
archeplastidní řasy	12 300
houby a lišejníky	116 000
ostatní Eukarya	54 000
Bacteria	10 300
Archeaea	500
viry	2 100



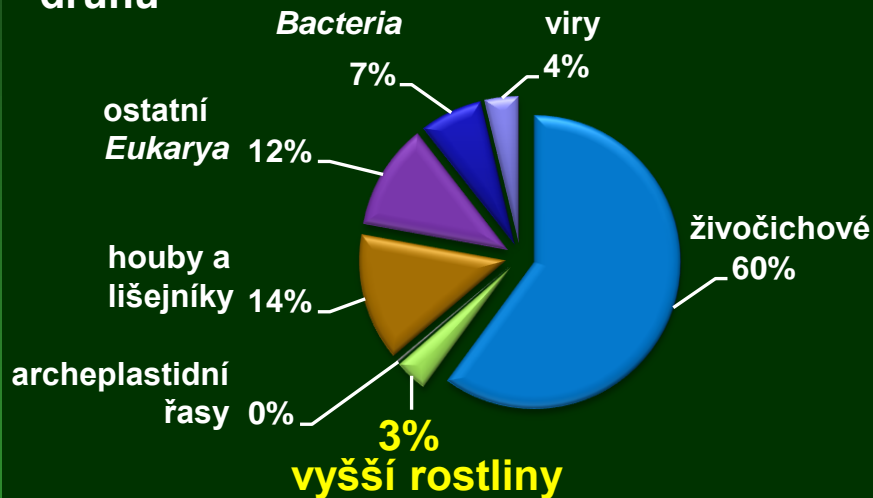
Důsledek terrestrializace – druhová divergence

> 391 tisíc odhadovaných druhů

~ 3 % odhadnuté globální diverzity

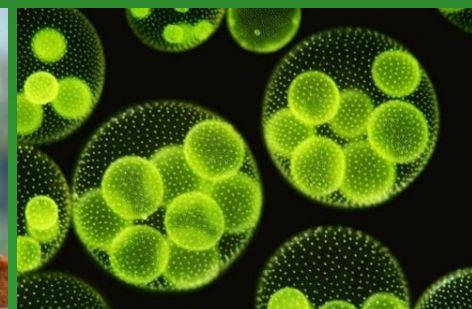
Chapman A.D.: Numbers of Living Species in Australia and the World, Canberra, 2009.

Podíl na odhadnuté globální diverzitě druhů



Odhad existujících druhů

živočichové	6 566 000
vyšší rostliny	391 000
archeplastidní řasy	27 500
houby a lišejníky	1 525 000
ostatní Eukarya	1 271 500
Bacteria	750 000
Archaea	???
viry	400 000



Důsledek terestrializace – **terestrické ekosystémy**

Vyšší rostliny tvoří jejich kostru

Terestrické ekosystémy:
celková rostlinná biomasa ~1000x těžší
než biomasa živočichů



Mořské ekosystémy:
celková biomasa živočichů ~ 30x těžší
než biomasa rostlin



Důsledek terestrializace – **terestrické ekosystémy**

Vyšší rostliny tvoří jejich kostru

Terestrické ekosystémy:
celková rostlinná biomasa ~1000x těžší
než biomasa živočichů

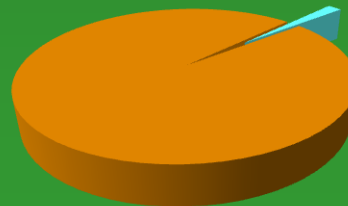


Terestrická biomasa
550 miliard tun

Mořské ekosystémy:
celková biomasa živočichů ~ 30x těžší
než biomasa rostlin



Oceanická biomasa
10 miliard tun



Důsledek terestrializace – **terestrické ekosystémy**

Vyšší rostliny tvoří jejich kostru

Terestrické ekosystémy:
celková rostlinná biomasa ~1000x těžší
než biomasa živočichů



Mořské ekosystémy:
celková biomasa živočichů ~ 30x těžší
než biomasa rostlin



Terestrická biomasa
550 miliard tun

Biomasa bakterií není započítána!

Oceanická biomasa
10 miliard tun

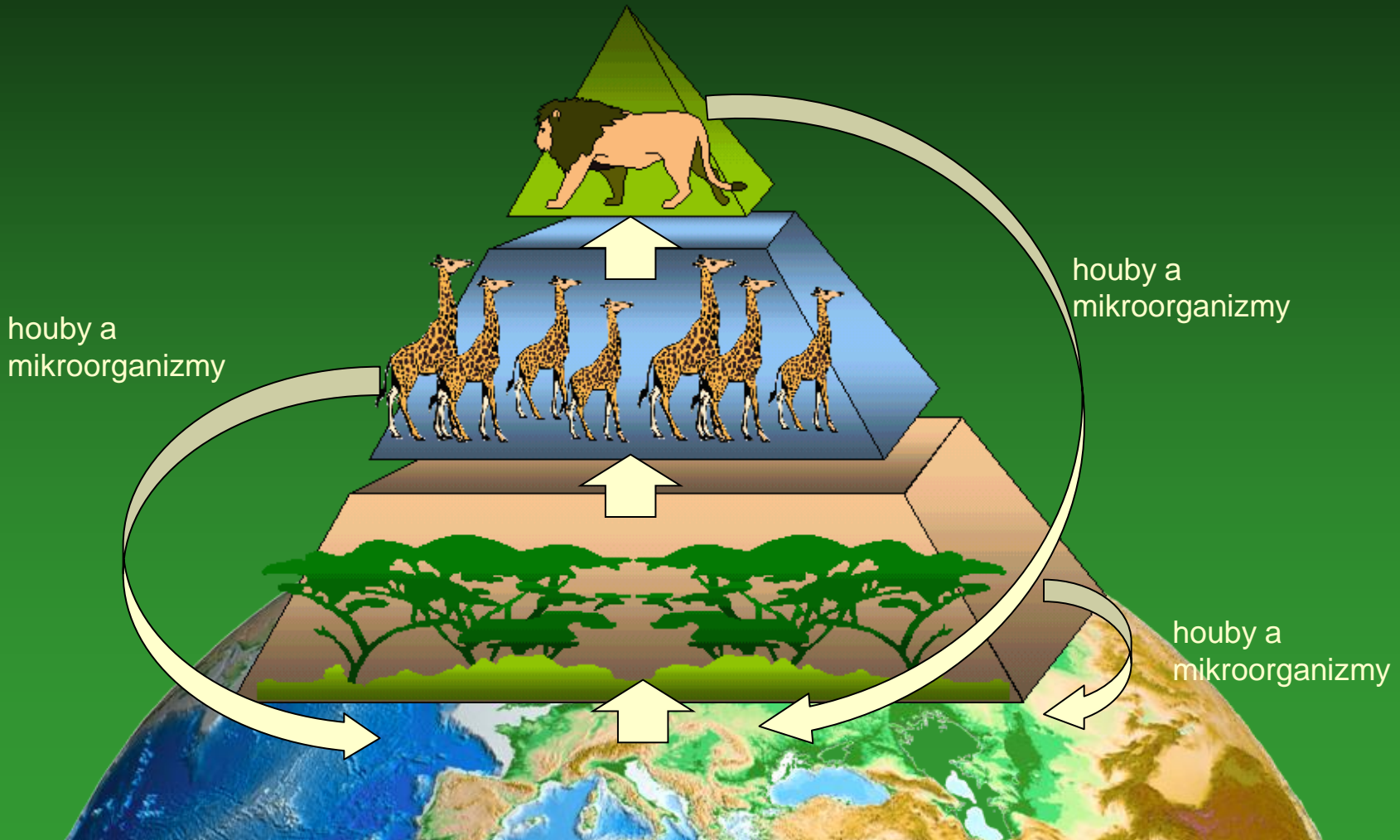
Důsledek terestrializace – **terestrické ekosystémy**

Jsou základnou potravní pyramidy = zdrojem potravy býložravců, predátorů a člověka

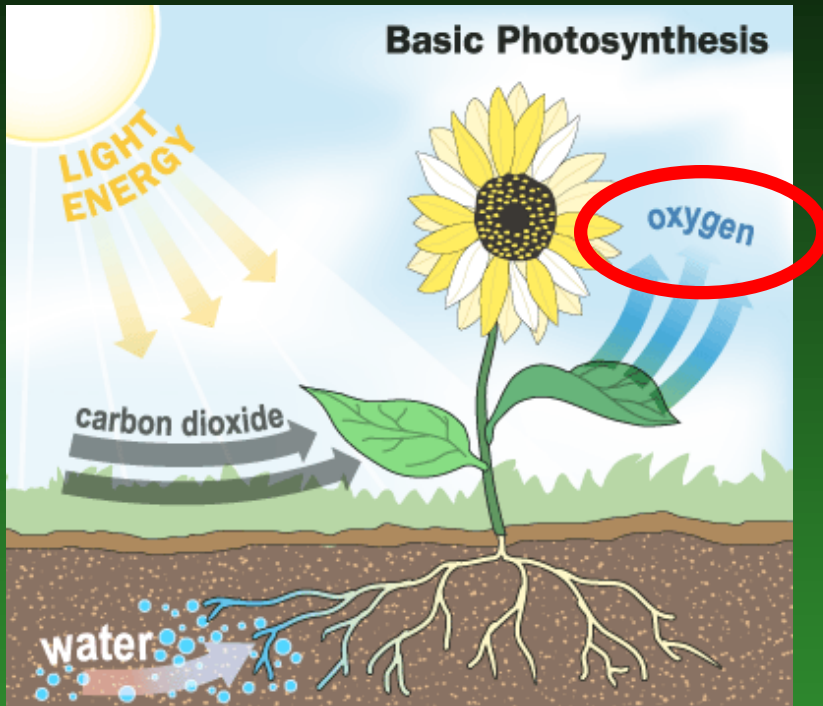


Důsledek terestrializace – **terestrické ekosystémy**

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



Důsledek terestrializace – **stabilita atmosféry**

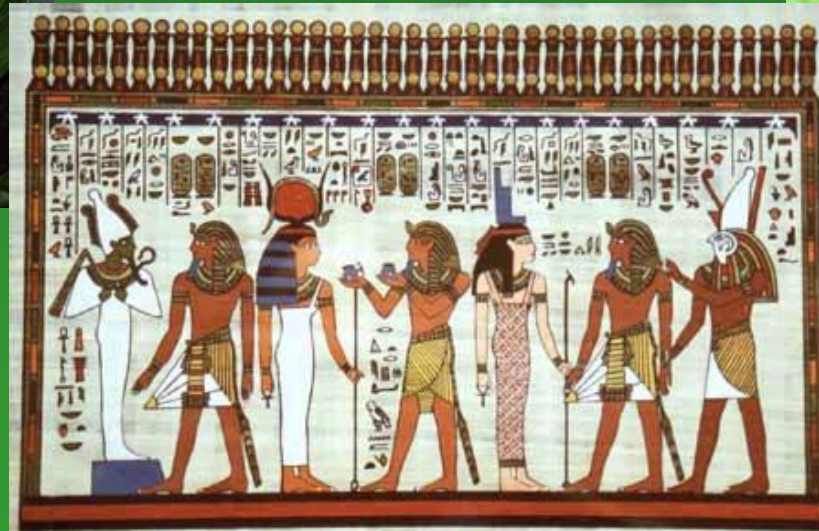
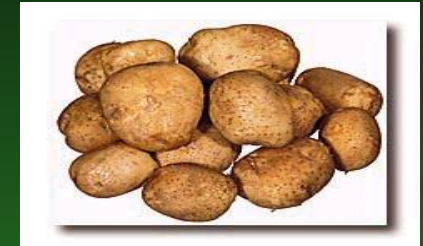


Mají zásadní podíl na tvorbě kyslíku v atmosféře

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**

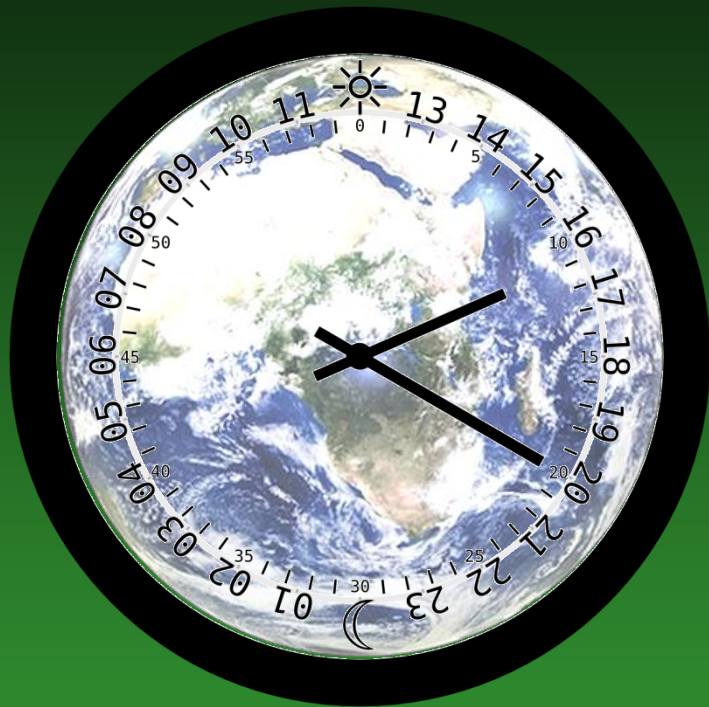


**terestrializace
rostlin**



21:30 vyšší rostliny 480 mil. BC.

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



2:40

zemská kůra

4 mld. BC.

21:30

vyšší rostliny 480 mil. BC.

terrestrializace
rostlin

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



2:40 zemská kůra 4 mld. BC.

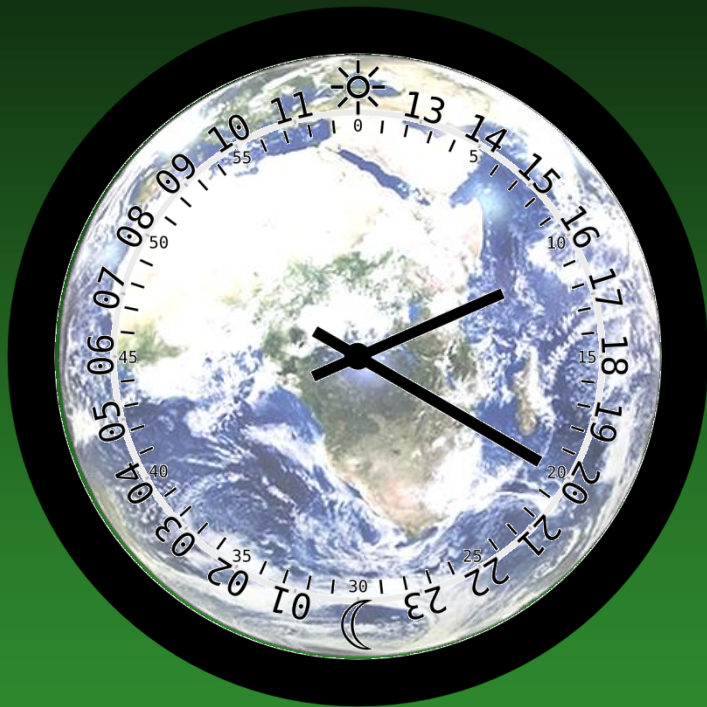
5:20 vznik života 3,5 mld. BC.

21:30 vyšší rostliny 480 mil. BC.

terestrializace
rostlin



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



**terrestrializace
rostlin**

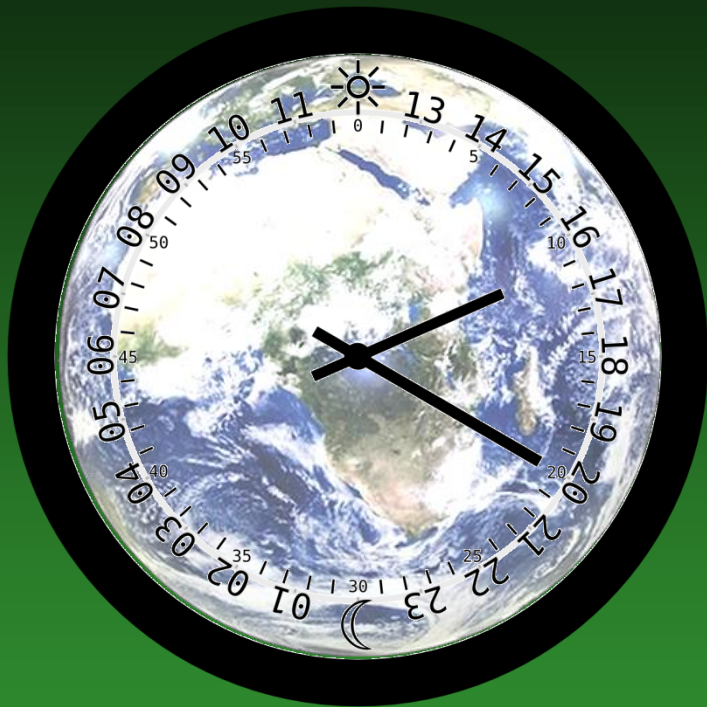
21:30 vyšší rostliny 480 mil. BC.

2:40 zemská kůra 4 mld. BC.

5:20 vznik života 3,5 mld. BC.

10:40 *Eukarya* 2,5 mld. BC.

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



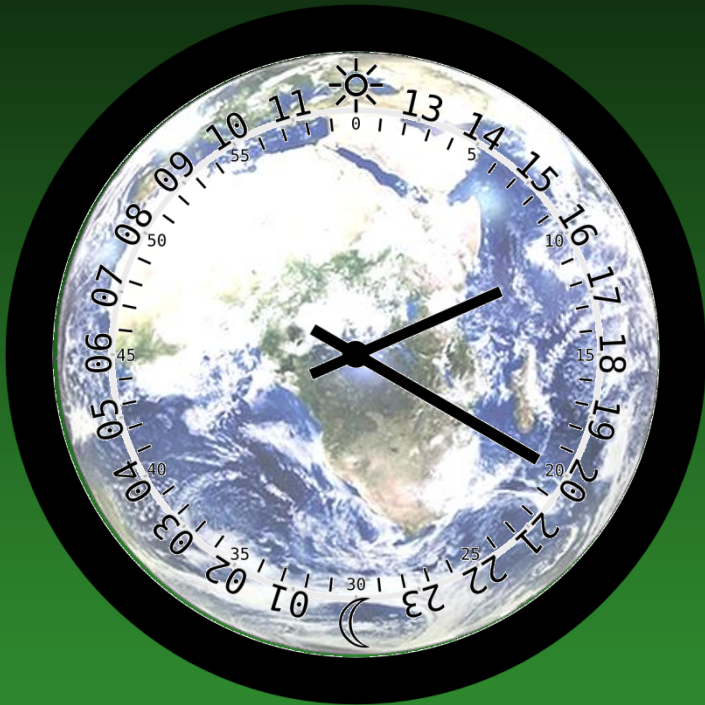
2:40	zemská kůra	4 mld. BC.
5:20	vznik života	3,5 mld. BC.
10:40	<i>Eukarya</i>	2,5 mld. BC.
11:12	kyslíková atmosféra	2,4 mld. BC.

21:30 vyšší rostliny 480 mil. BC.

terestrializace
rostlin



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

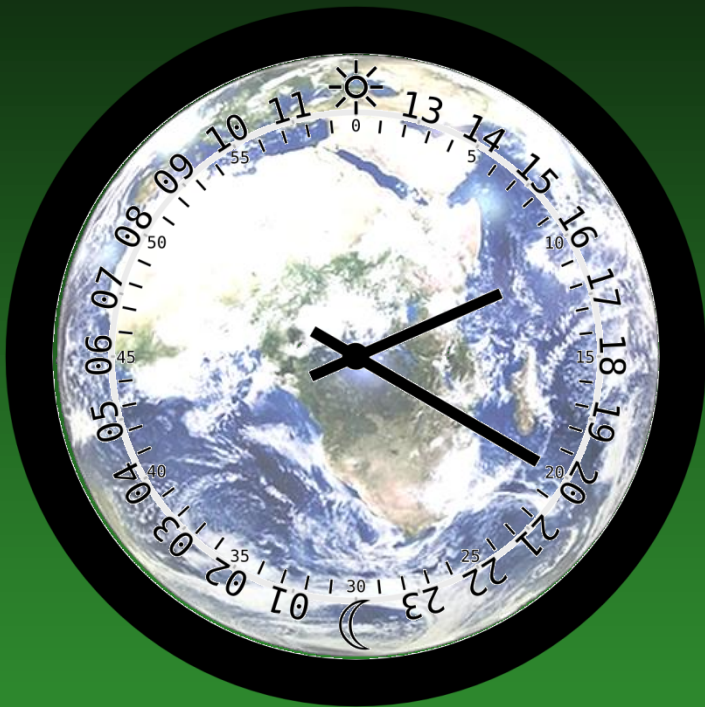


2:40	zemská kůra	4 mld. BC.
5:20	vznik života	3,5 mld. BC.
10:40	<i>Eukarya</i>	2,5 mld. BC.
11:12	kyslíková atmosféra	2,4 mld. BC.
14:20	<i>Archaeplastida</i>	1,8 mld. BC.
21:30	vyšší rostliny	480 mil. BC.

terestrializace
rostlin



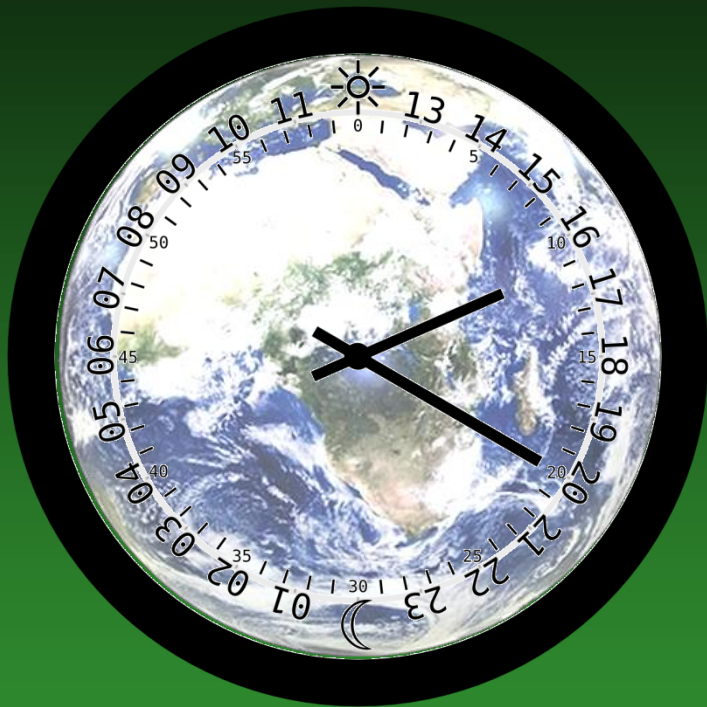
Shrnutí na časové škále: **věk Země 4,5 mld. let = 24 hodin**



2:40	zemská kůra	4 mld. BC.
5:20	vznik života	3,5 mld. BC.
10:40	<i>Eukarya</i>	2,5 mld. BC.
11:12	kyslíková atmosféra	2,4 mld. BC.
14:20	<i>Archaeplastida</i>	1,8 mld. BC.
17:40	<i>Viridaeplantae</i>	1,2 mld. BC.
21:30	vyšší rostliny	480 mil. BC.

terrestrializace
rostlin

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



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

terestrializace
rostlin