



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?

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

Nejvyšší – *Sequoia sempervirens* – 115,7 m – strom Hyperion v NP Redwood v Kalifornii

115,7 m

111 m



Hyperion

AZ Tower

Jak vysoké jsou vyšší rostliny?

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

Nejvyšší – *Sequoia sempervirens* – 115,7 m – strom Hyperion v NP Redwood v Kalifornii

Nejobjemější – *Sequoiadendron giganteum* – 1487 m³ – strom General Sherman v = 83,8 m, Ø = 7,7 m, věk = 2300–2700 let, Sequoia NP v Kalifornii

115,7 m

111 m



~ **1900 tun**

Jak vysoké jsou vyšší rostliny?

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

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

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

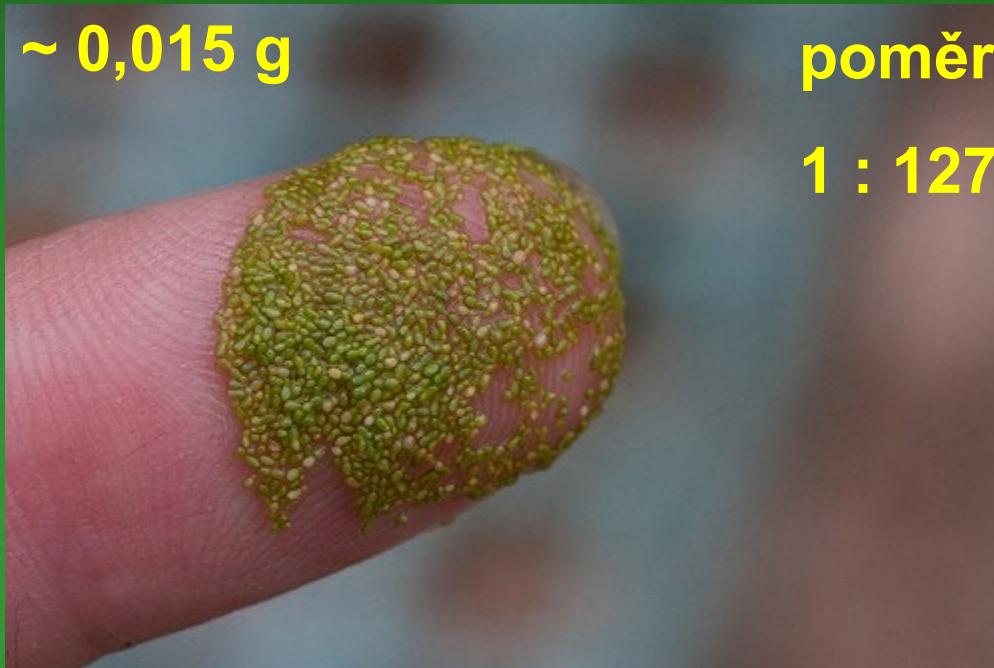
Nejobjemější – *Sequoiadendron giganteum* – jedinec s objemem 1487 m³
– nazván General Sherman v = 83,8 m, Ø = 7,7 m, věk = 2300–2700 let, Sequoia
National Park v Kalifornii

Wolffia columbiana (Araceae)

~ **0,015 g**

poměr

1 : 127 miliard



115,7 m

111 m



Hyperion

AZ Tower



~ **1900 tun**

Jak vysoké jsou vyšší rostliny?

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

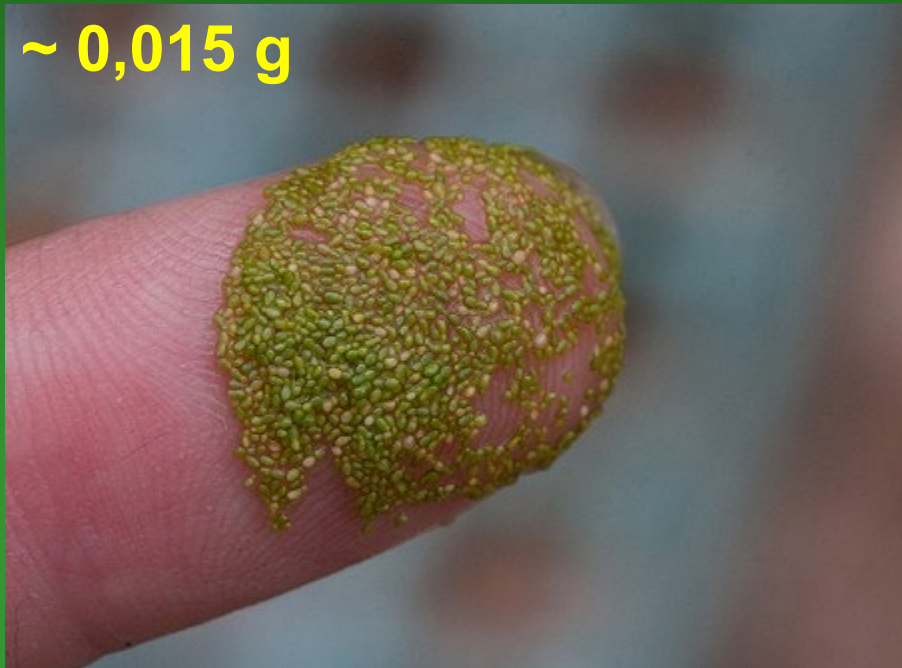
> **100 m** – gigantické jehličnany čel. *Taxodiaceae*

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

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



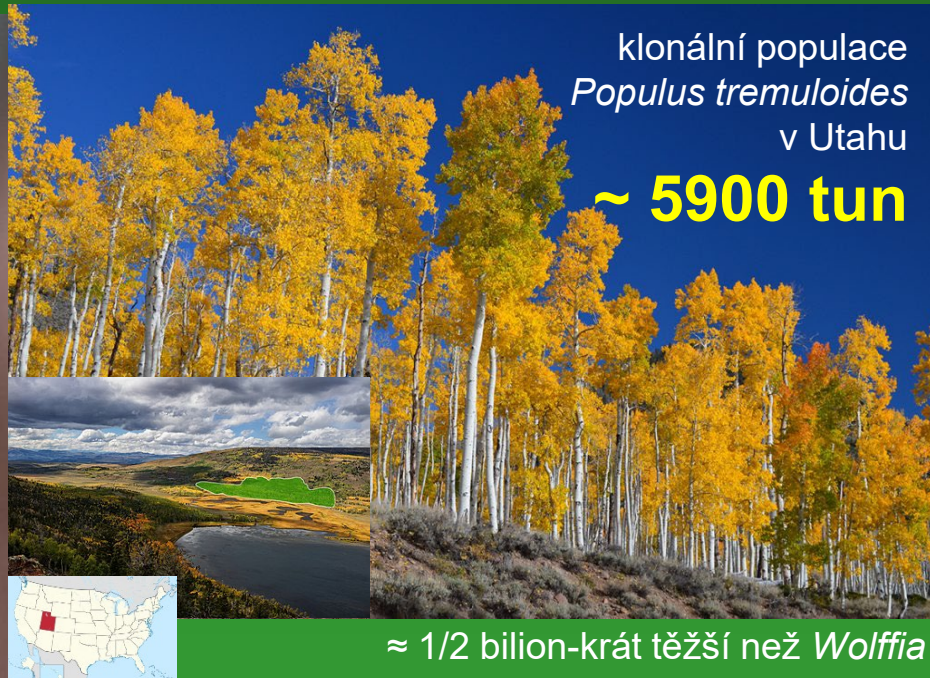
115,7 m

111 m



Hyperion

AZ Tower



klonální populace
Populus tremuloides
v Utahu

~ **5900 tun**

≈ 1/2 bilion-krát těžší než *Wolffia*

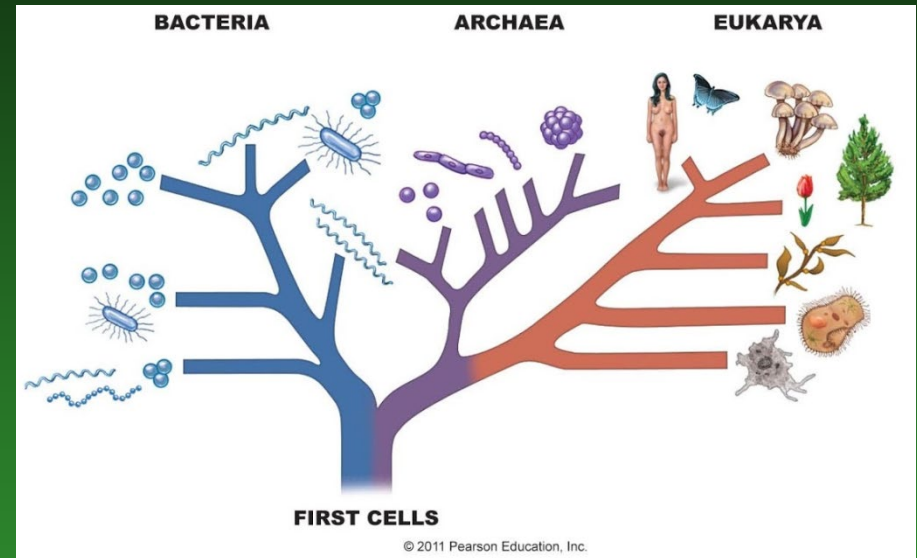
**Vyšší rostliny:
jejich vznik
a postavení ve fylogenetickém
stromu života na Zemi**

Vyšší rostliny ve stromu života

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

3 domény stromu života:

1. *Bacteria*
2. *Archaea*
3. *Eukarya*



Vyšší rostliny ve stromu života

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

3 domény stromu života:

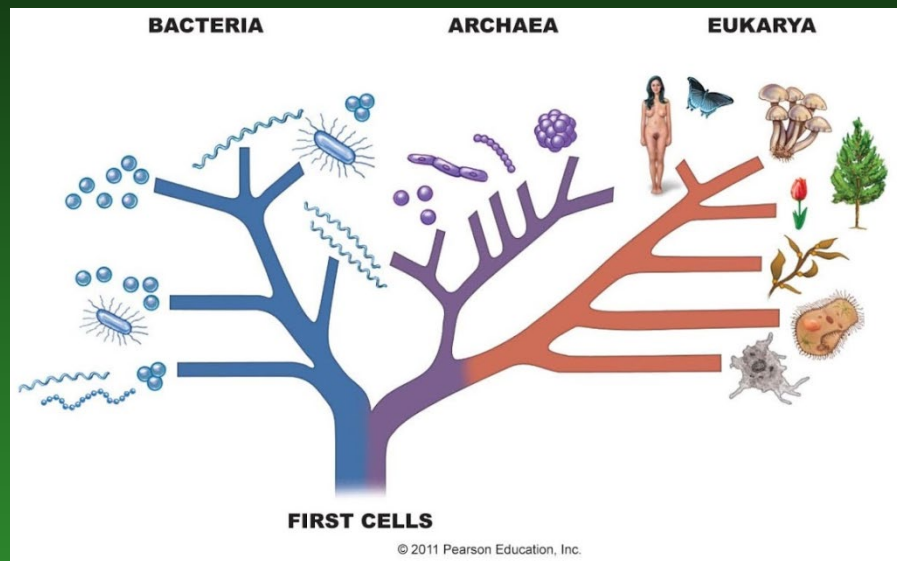
1. *Bacteria*

2. *Archaea*

3. *Eukarya*



Energie se tvoří na membráně – jedinou, kterou mají je cytoplazmatická a to limituje jejich velikost na malé buňky



Vyšší rostliny ve stromu života

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

3 domény stromu života:

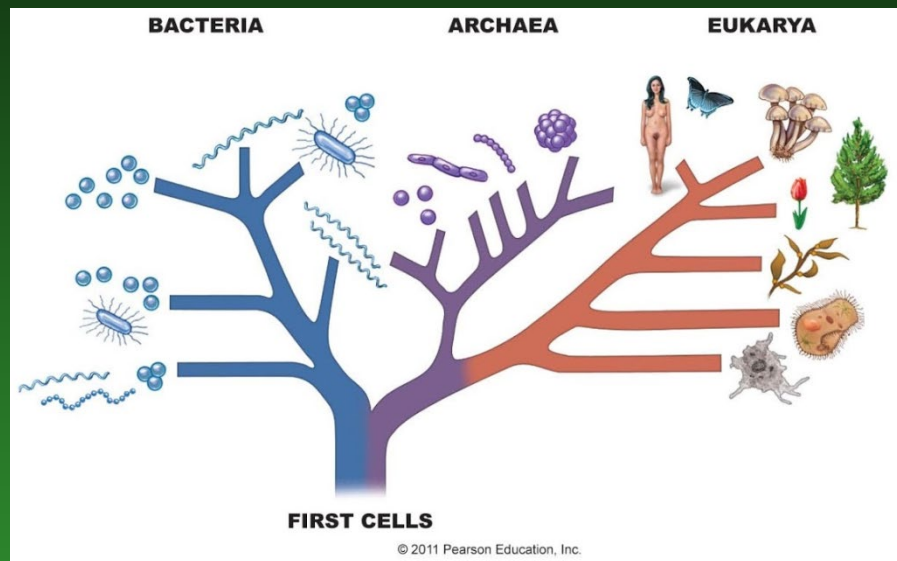
1. *Bacteria*

2. *Archaea*

3. *Eukarya* – membránami
ohraňené organely:

mitochondrie,

Energie se tvoří na
membráně – jedinou,
kterou mají je
cytoplazmatická a to
limituje jejich velikost na
malé buňky



Vyšší rostliny ve stromu života

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

3 domény stromu života:

1. *Bacteria*

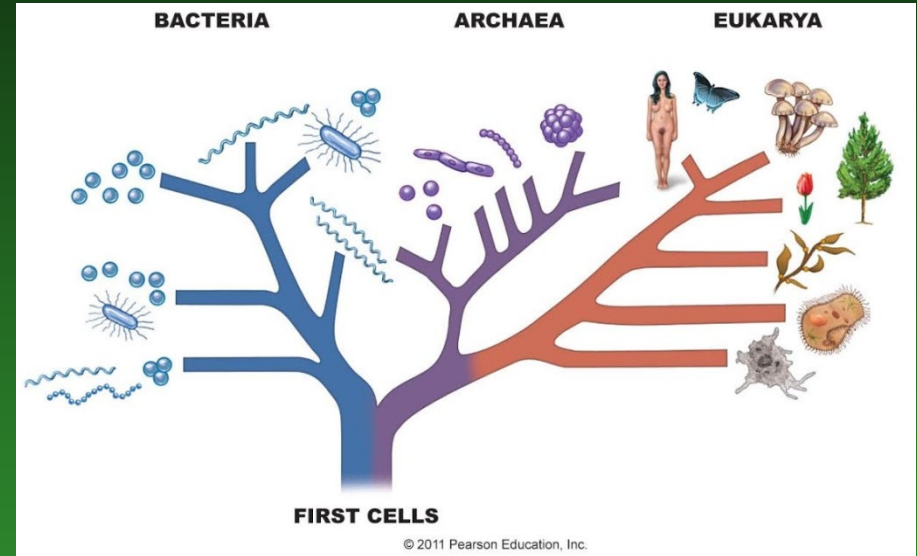
2. *Archaea*

3. *Eukarya* – membránami
ohraňené organely:

mitochondrie,

Golgiho aparát,

Energie se tvoří na
membráně – jedinou,
kterou mají je
cytoplazmatická a to
limituje jejich velikost na
malé buňky



Vyšší rostliny ve stromu života

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

3 domény stromu života:

1. *Bacteria*

2. *Archaea*

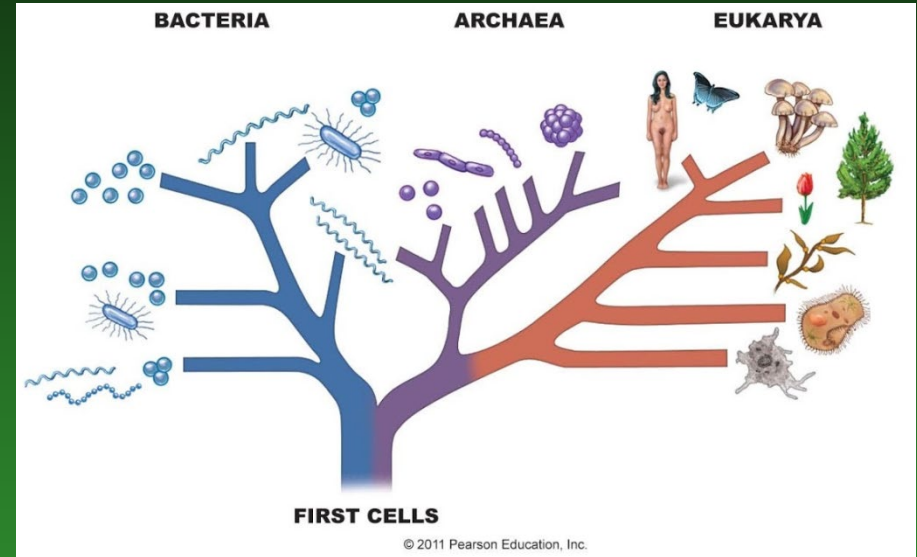
3. *Eukarya* – membránami
ohraňené organely:

mitochondrie,

Golgiho aparát,

endoplasmatické retikulum a

Energie se tvoří na
membráně – jedinou,
kterou mají je
cytoplazmatická a to
limituje jejich velikost na
malé buňky



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
ohraňené organely:

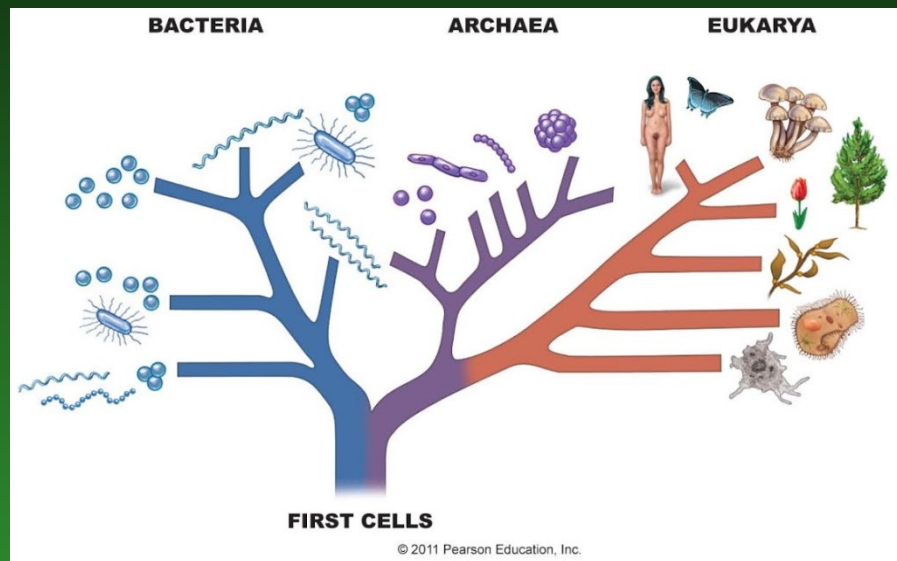
mitochondrie,

Golgiho aparát,

endoplasmatické retikulum a

jádro s chromosomy (= nuleoproteinovými
strukturami organizujícími se během mitózy

Energie se tvoří na
membráně – jedinou,
kterou mají je
cytoplasmatická a to
limituje jejich velikost na
malé buňky



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:

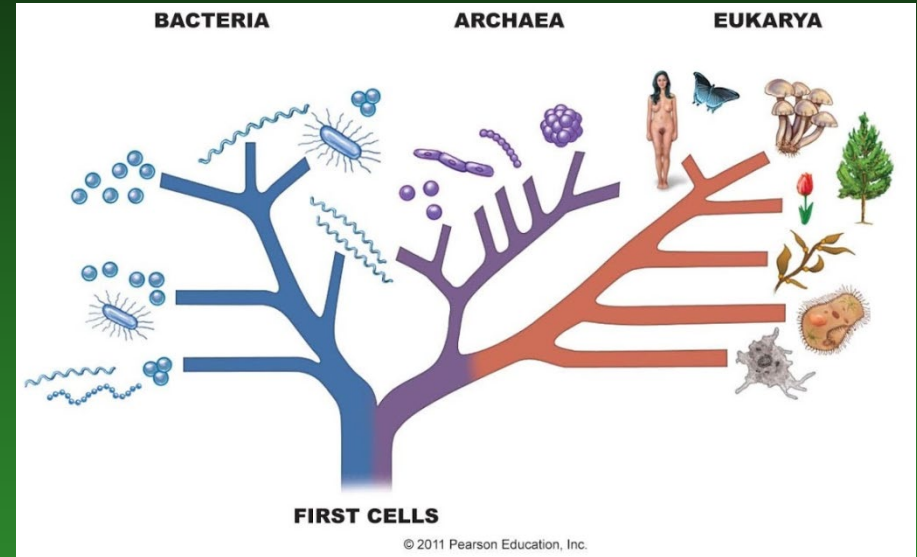
mitochondrie,

Golgiho aparát,

endoplasmatické retikulum a

jádro s chromosomy (= nukleoproteinovými
strukturami organizujícími se během mitózy

Energie se tvoří na
membráně – jedinou,
kterou mají je
cytoplasmatická a to
limituje jejich velikost na
malé buňky



Dvouvlákno lidské DNA má 2 m

Kdyby to bylo lano o tloušťce 1 cm měřila
by 10 000 km

Bakterie mají genom 100x až 1000x kratší

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:

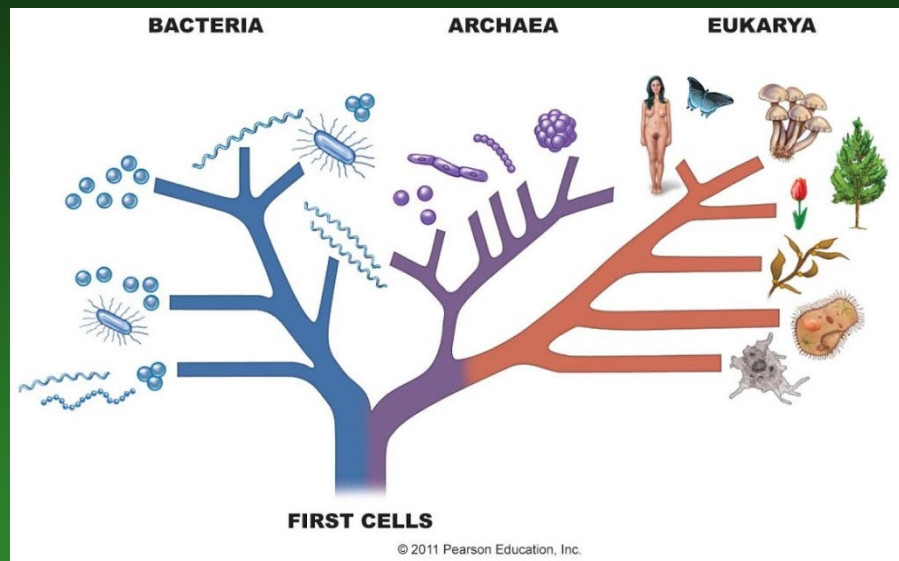
mitochondrie,

Golgiho aparát,

endoplasmatické retikulum a

jádro s chromosomy (= nukleoproteinovými
strukturami organizujícími se během mitózy

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



Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

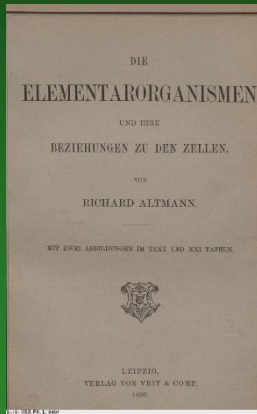
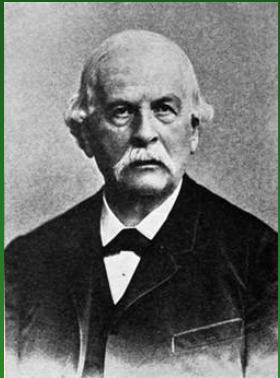
započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

- **evoluce mitochondií** = archeální buňka fagocyticky uchvátila α -proteobakterii

Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

- **evoluce mitochondií** = archeální buňka fagocyticky uchvátla α -proteobakterii



Richard Altmann
(1852–1900)

1890

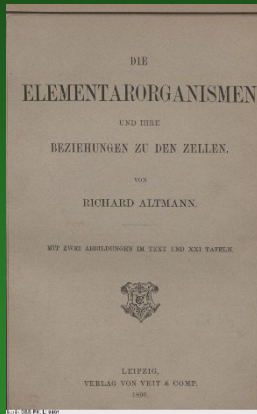
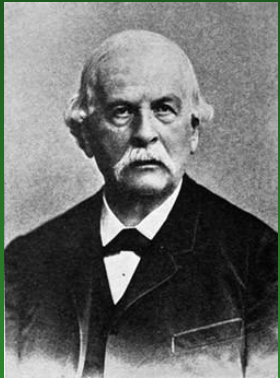
Německý patolog a histolog – v buňkách **pozoroval bioblasty**, granule, které se později ukázaly být mitochondriemi a považoval je za **samostatné organizmy** žijící trvale uvnitř buněk.

Eukaryotické buňky si (ani plastidy ani) mitochondrie „nestaví“, ale tyto vznikají pouze dělením mitochondrií (nebo plastidů) již existujících

Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

- **evoluce mitochondrií** = archeální buňka fagocyticky uchvátila α -proteobakterii



Richard Altmann
(1852–1900)

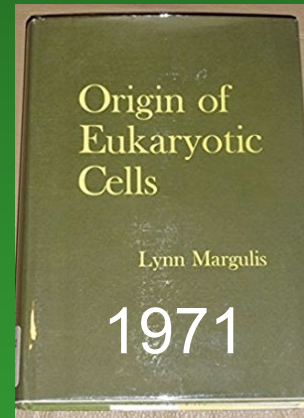
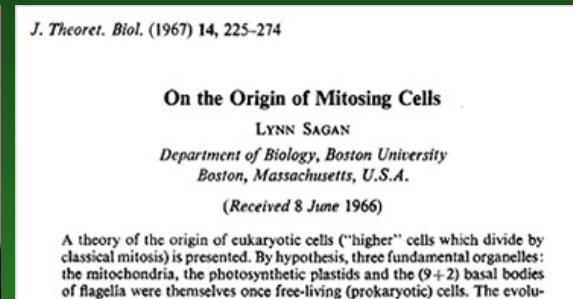
1890

Německý patolog a histolog – v buňkách **pozoroval bioblasty**, granule, které se později ukázaly být mitochondriemi a považoval je za **samostatné organizmy** žijící trvale uvnitř buněk.



Lynn Margulis (1938–2011)

Americká bioložka - přesvědčila vědeckou komunitu o tom, že **endsymbióza byla základním krokem v evoluci eukaryot**



Eukaryotické buňky si (ani plastidy ani) mitochondrie „nestaví“, ale tyto vznikají pouze dělením mitochondrií (nebo plastidů) již existujících

Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

- **evoluce mitochondií** = archeální buňka fagocyticky uchvátila α -proteobakterii
- **evoluce cytoskeletu** = tubuliny, aktin, myosin

Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

- **evoluce mitochondií** = archeální buňka fagocyticky uchvátla α -proteobakterii
- **evoluce cytoskeletu** = tubuliny, aktin, myosin (z podobných proteinů přítomných u prokaryot)

Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

- **evoluce mitochondií** = archeální buňka fagocyticky uchvátla α -proteobakterii
- **evoluce cytoskeletu = tubuliny, aktin, myosin** (z podobných proteinů přítomných u některých prokaryot)
- **evoluce eukaryotického bičíku = $9 \times 2 + 2$**

Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

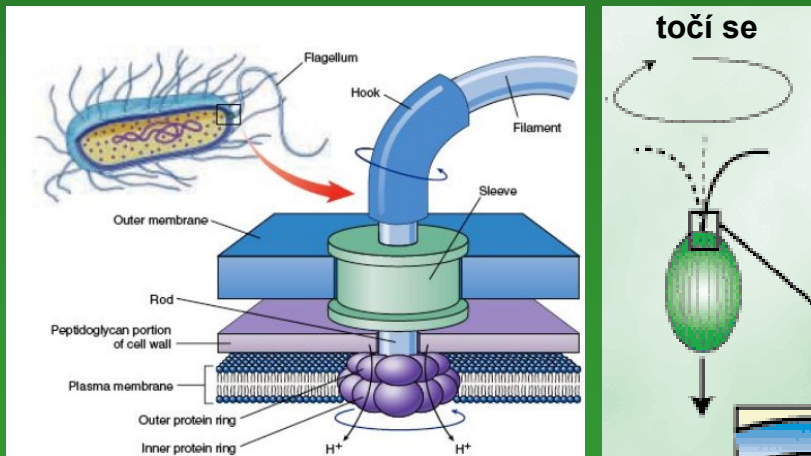
započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

- **evoluce mitochondií** = archeální buňka fagocyticky uchvátí α -proteobakterii
- **evoluce cytoskeletu = tubuliny, aktin, myosin** (z podobných proteinů přítomných u prokaryot)
- **evoluce eukaryotického bičíku = $9 \times 2 + 2$** (? přetvořením centriolu, prokaryotické bičíky mají zcela jinou strukturu)

Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

- **evoluce mitochondií** = archeální buňka fagocyticky uchvátla α -proteobakterii
- **evoluce cytoskeletu** = tubuliny, aktin, myosin (z podobných proteinů přítomných u prokaryot)
- **evoluce eukaryotického bičíku** = $9 \times 2 + 2$ (? přetvořením centriolu, prokaryotické bičíky mají zcela jinou strukturu)

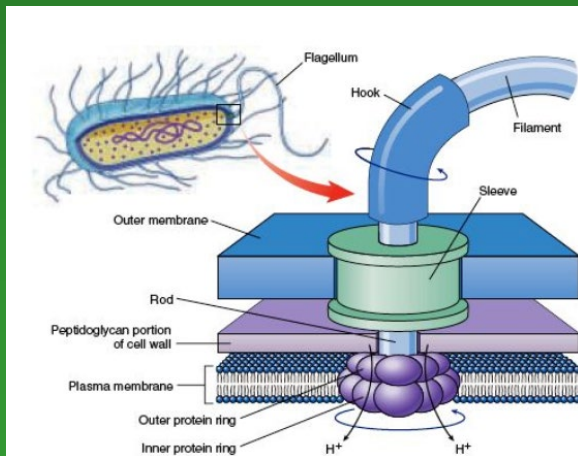


točí se

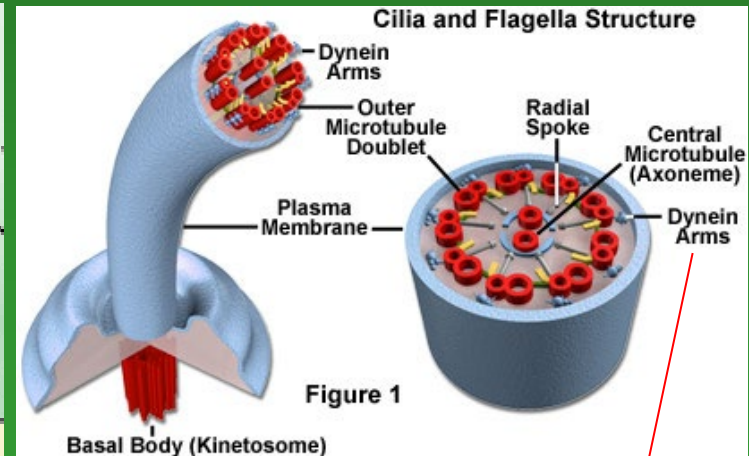
Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

- **evoluce mitochondií** = archeální buňka fagocyticky uchvátla α -proteobakterii
- **evoluce cytoskeletu** = tubuliny, aktin, myosin (z podobných proteinů přítomných u některých prokaryot)
- **evoluce eukaryotického bičíku** = $9 \times 2 + 2$ (jednotná struktura přetvořením sensorické či jiné organely, přetvořením centriolu, prokaryotické bičíky mají zcela jinou strukturu)



točí se



Dyneinové motory šplhají po mikrotubulech

Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

- **evoluce mitochondií** = archeální buňka fagocyticky uchvátila α -proteobakterii
- **evoluce cytoskeletu** = tubuliny, aktin, myosin (z podobných proteinů přítomných u prokaryot)
- **evoluce eukaryotického bičíku** = $9 \times 2 + 2$ (jednotná struktura přetvořením sensorické či jiné organely, přetvořením sentriolu, prokaryotické bičíky mají zcela jinou strukturu)
- **evoluce endomembránových struktur (GA, ER, ... jádra, lineárních chromosomů a mitózy** = také endosymbioticky nebo zapouzdřením genomu do váčku odštěpeného z cytoplazmatické membrány došlo k prostorovému oddělení transkripce a translace

Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

- **evoluce mitochondií** = archeální buňka fagocyticky uchvátila α -proteobakterii
- **evoluce cytoskeletu** = tubuliny, aktin, myosin (z podobných proteinů přítomných u prokaryot)
- **evoluce eukaryotického bičíku** = $9 \times 2 + 2$ (jednotná struktura přetvořením sensorické či jiné organely, přetvořením sentriolu, prokaryotické bičíky mají zcela jinou strukturu)
- **evoluce endomembránových struktur (GA, ER, ... jádra, lineárních chromosomů a mitózy** = také endosymbioticky nebo zapouzdřením genomu do váčku odštěpeného z cytoplazmatické membrány došlo k prostorovému oddělení transkripce a translace
- **evoluce meiózy a tím i sexu**

Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

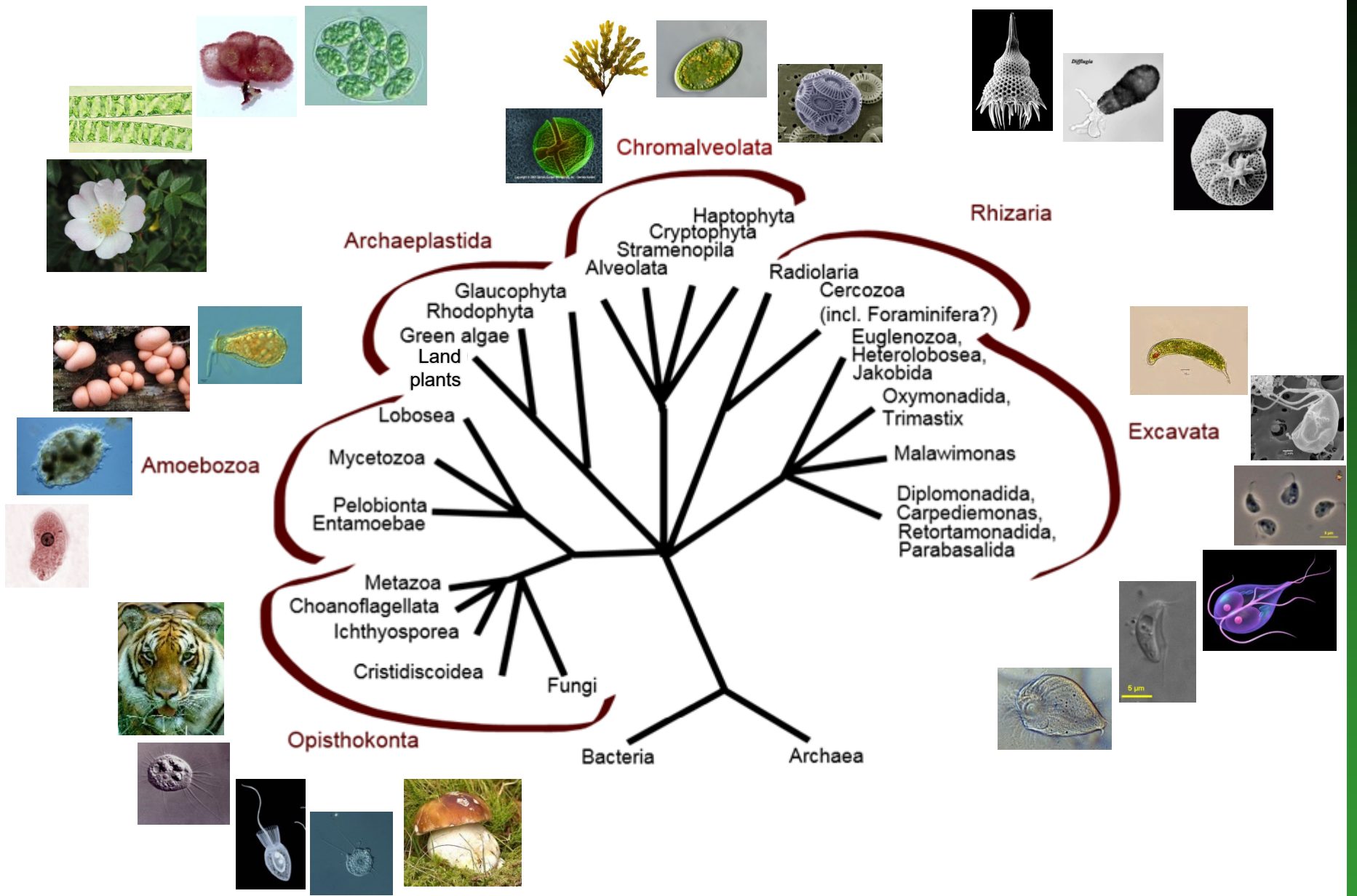
- **evoluce mitochondií** = archeální buňka fagocyticky uchvátila α -proteobakterii
- **evoluce cytoskeletu** = tubuliny, aktin, myosin (z podobných proteinů přítomných u prokaryot)
- **evoluce eukaryotického bičíku** = $9 \times 2 + 2$ (jednotná struktura přetvořením sensorické či jiné organely, přetvořením sentriolu, prokaryotické bičíky mají zcela jinou strukturu)
- **evoluce endomembránových struktur (GA, ER, ... jádra, lineárních chromosomů a mitózy** = také endosymbioticky nebo zapouzdřením genomu do váčku odštěpeného z cytoplazmatické membrány došlo k prostorovému oddělení transkripce a translace
- **evoluce meiózy a tím i sexu**
- **teprve pak „divergence“ eukaryot** (možná už před tím, ale extinkce „neúspěšných linií“)

Jak a kdy se vyvinula eukaryotní linie ?

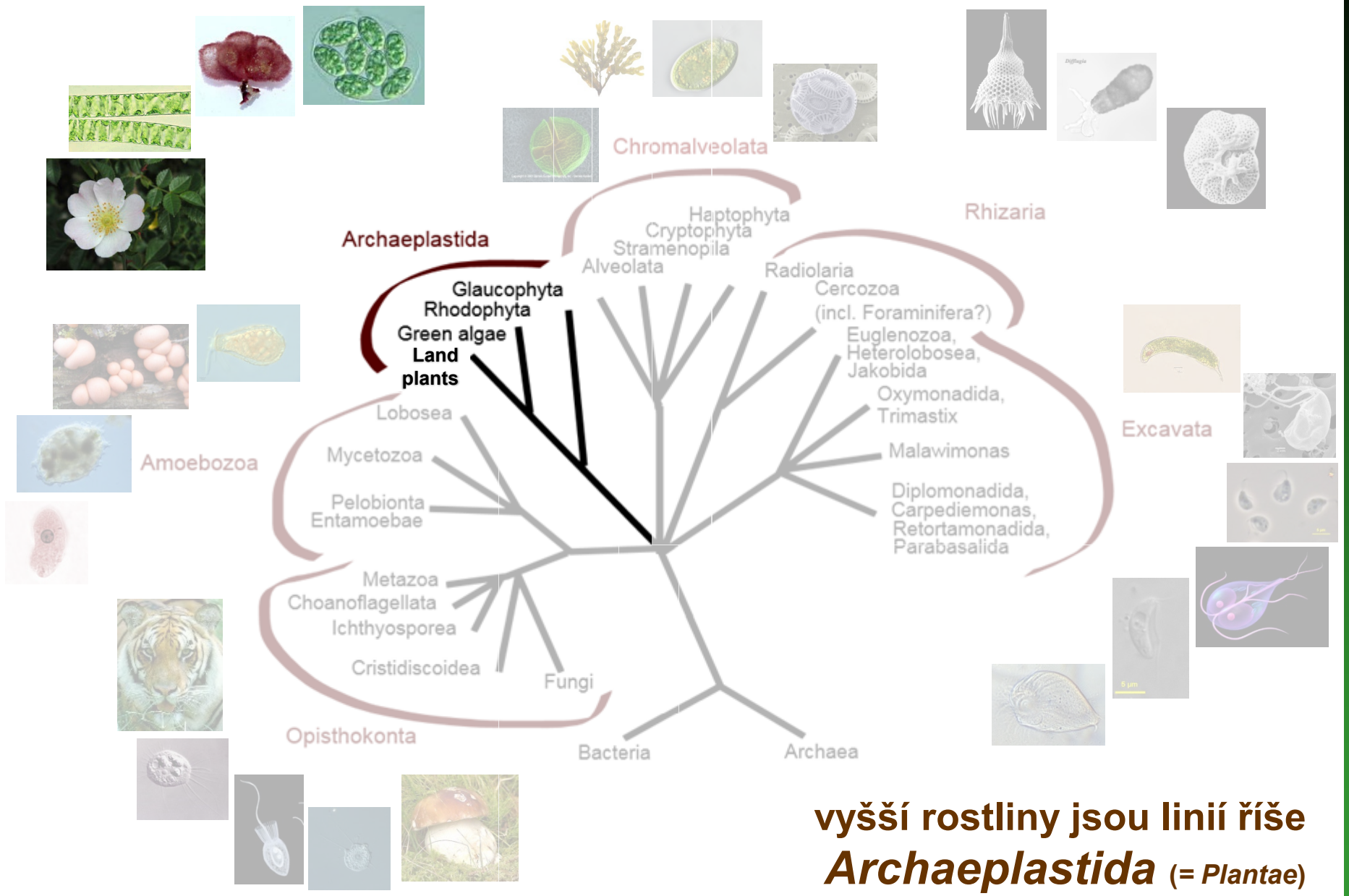
započala před 2,5 mld. let ??? – **základní kroky**

- **evoluce mitochondrií** = archeální buňka fagocyticky uchvátla α -proteobakterii
- **evoluce cytoskeletu** = tubuliny, aktin, myosin (z podobných proteinů přítomných u prokaryot)
- **evoluce eukaryotického bičíku** = $9 \times 2 + 2$ (jednotná struktura přetvořením sensorické či jiné organely, přetvořením sentriolu, prokaryotické bičíky mají zcela jinou strukturu)
- **evoluce endomembránových struktur (GA, ER, ... jádra, lineárních chromosomů a mitózy** = také endosymbioticky nebo zapouzdřením genomu do váčku odštěpeného z cytoplazmatické membrány došlo k prostorovému oddělení transkripce a translace
- **evoluce meiózy a tím i sexu**
- **teprve pak „divergence“ eukaryot** (možná už před tím, ale extinkce „neúspěšných linií“)

**Ve všech liniích současných eukaryot tyto znaky najdeme – tyto kroky musely předcházet poslednímu společnému předku všech eukaryot –
Pořadí a doba kroků však nejsou jisté**



Dominium *Eukarya* divergovalo do šesti říší



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

Dominium *Eukarya* divergovalo do šesti říší

Evolve „chloroplastu“

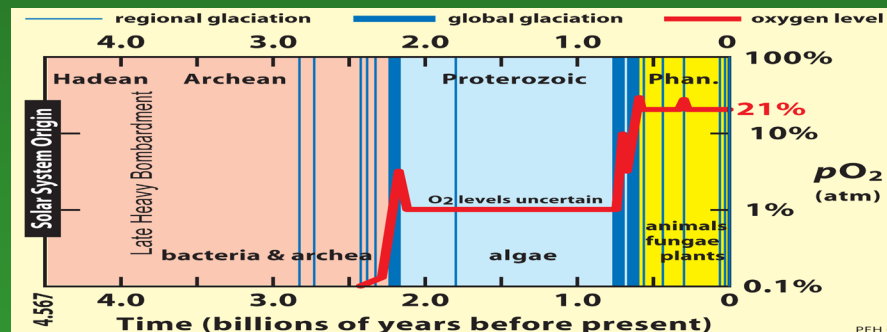
= Velká kyslíková katastrofa – 2.4 bya

= důsledek evoluce (oxygenní) fotosyntézy u sinic



reduktivní atmosféra

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



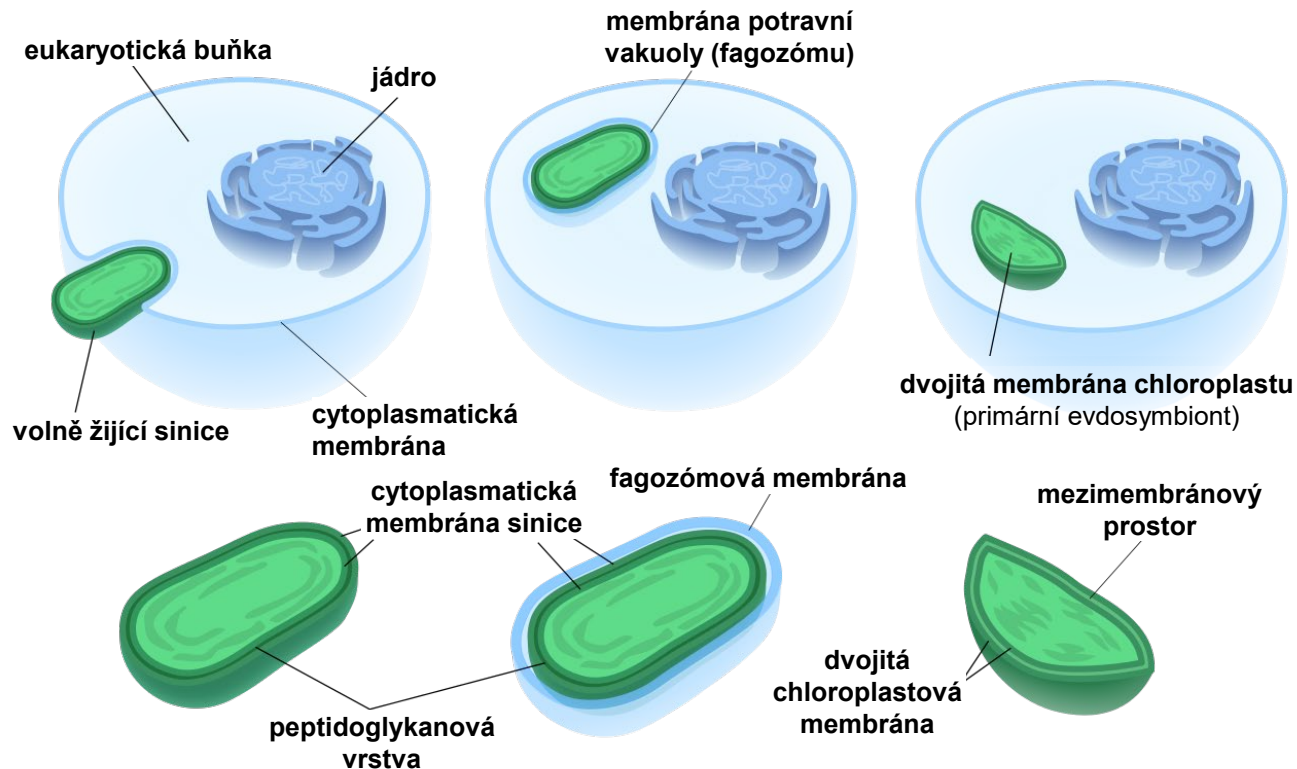
oxydativní atmosféra

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 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

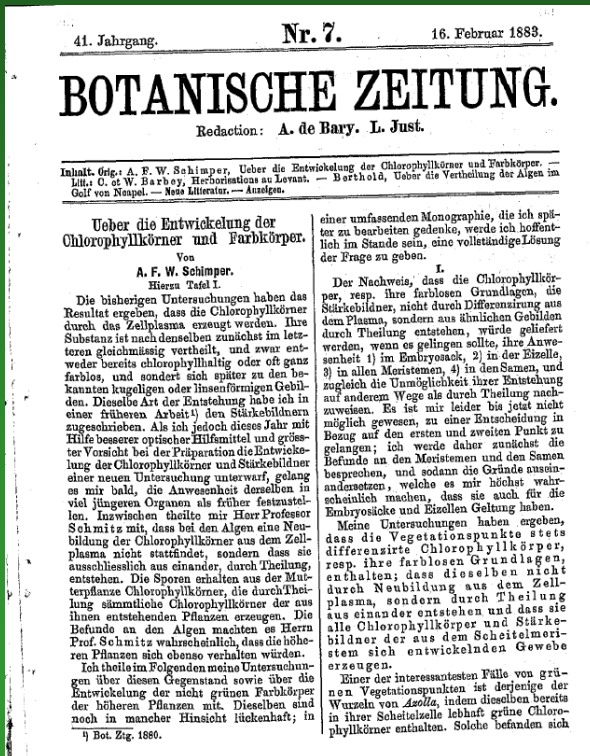
Chloroplast chaluhy, rozsivky, ... – vznikl také sekundární endosymbiózou = fagocytickým uchvácením buňky červené řasy protozoální buňkou

Vznik archeplastid – ?1.8 bya



Andreas Franz Wilhelm Schimper
(1856–1901)

Německý botanik, fytogeograf,
ekolog



1883
Chlorofylová tělíska
(chloroplasty) =
autonomní (samostatně
se množící) organizmy
uvnitř rostlinných buněk

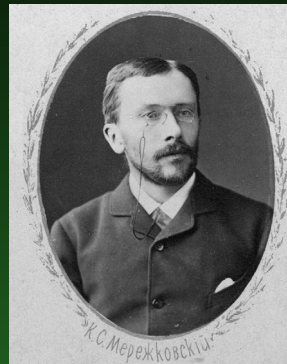
Vznik archeplastid – ?1.8 bya



Andreas Franz Wilhelm Schimper
(1856–1901)

Německý botanik, fytogeograf,
ekolog

Konstantin Sergeevich
Mereschkowski
Константин Сергеевич
Мережковский
(alias William Adler)
(1855–1921)



Ruský botanik, algolog,
pedofil a antisemita

41. Jahrgang. Nr. 7. 16. Februar 1883.

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary. L. Just.

Inhalt: Orig.: A. F. W. Schimper, Ueber die Entwicklung der Chlorophyllkörner und Farbkörper. — Mikr. C. et W. Barbey, Hirschwalden et Lavan. — Berthold, Ueber die Vertheilung der Algen im Golf von Neapel. — Neue Litteratur. — Auszüge.

Ueber die Entwicklung der Chlorophyllkörner und Farbkörper.

Von
A. F. W. Schimper.

Hierzu Tafel I.

Die bisherigen Untersuchungen haben das Resultat ergeben, dass die Chlorophyllkörner durch das Zellplasma erzeugt werden. Ihre Substanz ist nach denselben zunächst im letzteren gleichmäßig vertheilt, und zwar entweder bereits chlorophyllhaltig oder oft ganz farblos, und scheidet sich später zu den bekannten kugelförmigen oder fadenförmigen Gebilden. Dieselbe Art der Entstehung habe ich in einer früheren Arbeit¹⁾ den Stärkebildnern zugeschrieben. Als ich jedoch dieses Jahr mit Hilfe besserer optischer Hilfsmittel und größter Vorsicht bei der Präparation die Entwicklung der Chlorophyllkörner und Stärkebildner einer neuen Untersuchung unterwarf, gelang es mir bald, die Anwesenheit derselben in viel jüngeren Organen als früher festzustellen. Inzwischen theilte mir Herr Professor Schmitz mit, dass bei den Algen eine Neubildung der Chlorophyllkörner aus dem Zellplasma nicht stattfindet, sondern dass sie ausschließlich aus einander, durch Theilung, entstehen. Die Sporen erhalten aus der Mutterpflanze Chlorophyllkörner, die durch Theilung sämtliche Chlorophyllkörner der aus ihnen entstehenden Pflanzen erzeugen. Die Befunde an den Algen machten es Herrn Prof. Schmitz wahrscheinlich, dass die höheren Pflanzen sich ebenso verhalten würden.

Ich theile im Folgenden meine Untersuchungen über diesen Gegenstand sowie über die Entwicklung der nicht grünen Farbkörper der höheren Pflanzen mit. Dieselben sind noch in mancher Hinsicht lückenhaft; in

einer umfassenden Monographie, die ich später zu bearbeiten gedenke, werde ich hoffentlich im Stande sein, eine vollständige Lösung der Frage zu geben.

I.
Der Nachweis, dass die Chlorophyllkörner, resp. ihre farblosen Grundlagen, die Stärkebildner, nicht durch Differenzierung aus dem Plasma, sondern aus röhrenförmigen Gebilden durch Theilung entstehen, wurde geliefert durch die Untersuchungen von Schmitz, welche seine Arbeit¹⁾ in der Embryologie, 2) in der Eizelle, 3) in allen Meristemem, 4) in den Samen, und zugleich die Unmöglichkeit ihrer Entstehung auf anderem Wege als durch Theilung nachzuweisen. Es ist mir leider bis jetzt nicht gelungen, auf den ersten und zweiten Punkt zu gelangen; ich werde daher zunächst die Befunde an den Meristemem und den Samen besprechen, und sodann die Gründe auseinandersetzen, welche es mir höchst wahrscheinlich machen, dass sie auch für die Embryologie und Eizellen Geltung haben.

Meine Untersuchungen haben ergeben, dass die Vegetationspunkte stets differenzierte Chlorophyllkörner, resp. ihre farblosen Grundlagen, enthalten; dass dieselben nicht durch Neubildung aus dem Zellplasma, sondern durch Theilung aus einander entstehen und dass sie alle Chlorophyllkörper und Stärkebildner der aus dem Scheitelmeristem sich entwickelnden Gewebe erzeugen.

Einer der interessantesten Fälle von grünen Vegetationspunkten ist derjenige der Wurzeln von *Azolla*, indem dieselben bereits in ihrer Scheitelzelle lebhaft grüne Chlorophyllkörner enthalten. Solche befanden sich

1883
Chlorofylová tělíska
(chloroplasty) =
autonomní (samostatně
se množící) organizmy
uvnitř rostlinných buněk

1905
chloroplasty
vznikly ze sinic

Biologisches Centralblatt.

Unter Mitwirkung von
Dr. K. Goebel und Dr. R. Hertwig
Professor der Botanik Professor der Zoologie
in München,

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal
Prof. der Physiologie in Erlangen.

Vierundzwanzig Nummern bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Die Herren Mitarbeiter werden ersucht, alle Beiträge aus dem Gesammtgebiete der Botanik an Herrn Prof. Dr. Goebel, München, Luisenstr. 27, Beiträge aus dem Gebiete der Zoologie, vergl. Anatomie und Entwicklungsphysiologie an Herrn Prof. Dr. R. Hertwig, München, alte Akademie, alle abgeben an Herrn Prof. Dr. Rosenthal, Erlangen, Physiolog. Institut, einzusenden zu wollen.

XXV. Bd. 15. September 1905. Nr. 18.

Inhalt: Mereschkowsky, Ueber Natur und Ueprung der Chromatophoren im Pflanzenreich. — Haber, Ueber die Kohlenstoffbindung bei den Algen. — Freylich, Die Züchtung der landwirtschaftlichen Kulturen. — Wasmann, Wissenschaftliche Besprechung über die

Ueber Natur und Ursprung der Chromatophoren im Pflanzenreiche.

Von C. Mereschkowsky,
Privatdozent an der Kais. Universität in Kasan.

I. Einleitung.

Der jetzt allgemein herrschenden Ansicht nach sind die Chromatophoren der Pflanzen als Organe anzufassen, d. h. als Gebilde, die sich in irgendeiner uns unbekanntem Weise allmählich aus dem farblosen Plasma des Zelleibes differenzirt haben. So sagt Wilson (1902): "In the plants the plastids are almost certainly to be regarded as differentiations of the protoplasmic substance." Und dieselbe Behauptung findet man in fast jedem Lehrbuche der Botanik oft in noch viel entscheidender Form ausgedrückt.

Dass diese Anschauung keinesfalls eine auf direkte Beobachtungen begründete Tatsache ist, sondern nur als eine Theorie angesehen werden kann, leuchtet von selbst ein. Denn es ist bis jetzt wohl noch keinem gegliedert, eine solche Differenzierung des farblosen Plasmas in grüne Chromatophoren oder überhaupt in Plastiden zu beobachten.

Frägt man sich, wie democh diese allgemeine Überzeugung entstehen konnte, so finden wir eine ganz natürliche Erklärung.

Vznik archeplastid – ?1.8 bya

Podobně jako u mitochondriálního genomu se také geny endosymbiontní sinice přestěhovaly do jádra

Vznik archeplastid – ?1.8 bya

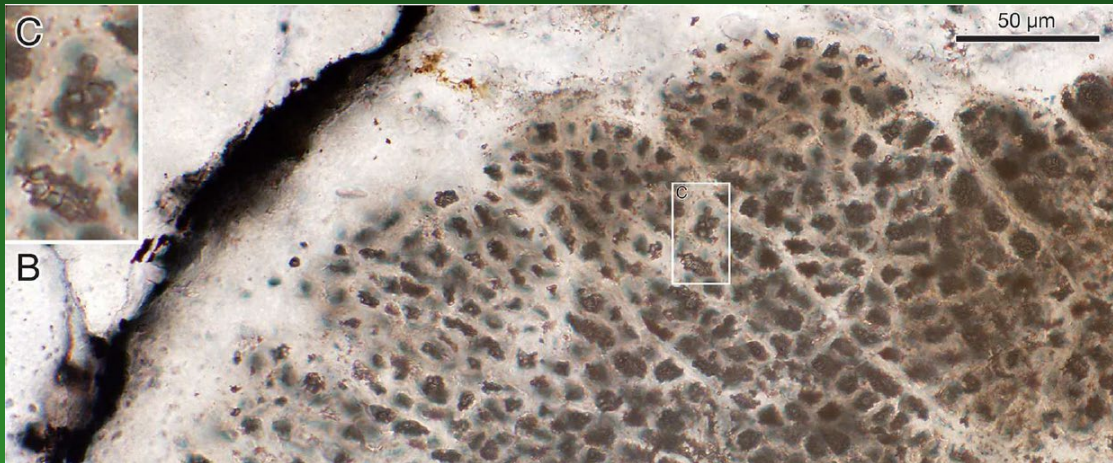
**Buněčné jádro dnešních Viridaeplantae
= chiméra tří genomů:**

1. původní archeální genom buňky, která pohltila „budoucí mitochondrii“
2. genom pohlcené α -proteobakterie, ze které vznikla mitochondrie
3. genom sinice, ze které vznikl chloroplast

Multicelularita archeplastid – 1.6 bya

nejstarší fosílie mnohobuněčných vláknitých i laločnatých (pseudoparenchymatických) ruduch objevené v Indii pomocí synchrotronní rentgenové tomografické mikroskopie (SRXTM) ve zkameněných stromatolitech, starých 1,6 mld. let.

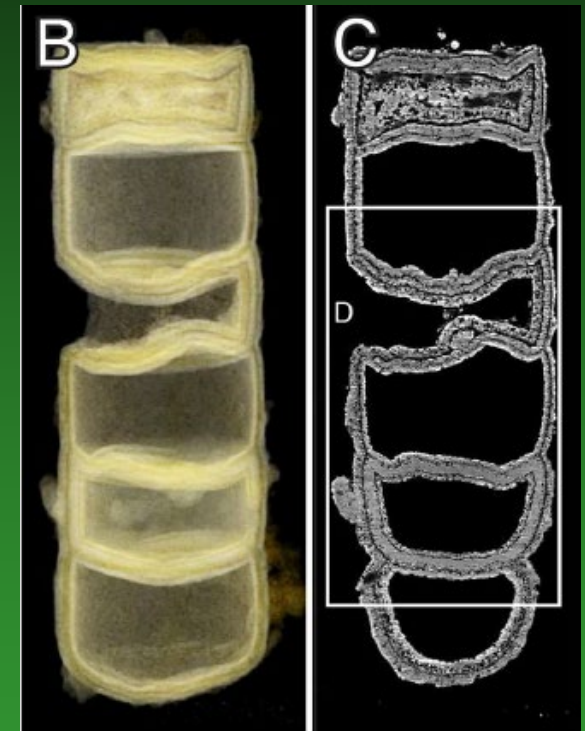
Ramathallus lobatus



Lokalita nálezu
na rozhraní
indických států
Uttar Pradesh
a Madhya Pradesh



Rafatazmia chitrakootensis



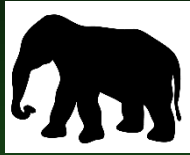
Three-dimensional preservation of cellular and subcellular structures suggests 1.6 billion-year-old crown-group red algae

Stefan Bengtson^{1,2*}, Therese Sallstedt^{1,2}, Veneta Belivanova^{1,2}, Martin Whitehouse^{2,3}

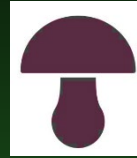
1 Department of Palaeobiology, Swedish Museum of Natural History, Stockholm, Sweden, 2 Nordic Center for Earth Evolution (NordCEE), Odense, Denmark; Copenhagen, Denmark; Stockholm, Sweden, 3 Department of Geosciences, Swedish Museum of Natural History, Stockholm, Sweden

PLOS Biology | DOI:10.1371/journal.pbio.2000735 March 14, 2017

Důsledek multicelularity a sexu – **evoluce životních cyklů**



Živočichové
také třeba
Ciliata nebo některé
hnědé řasy (Fucales)



Houby
také např.
Charophyta a
Chlorophyta



Vyšší rostliny
také např.
hnědé řasy
Phaeophyceae

„mi^{ióza}mi^{ióza}me^{ióza}sy^{ngamie}–mimimesy“

diploidní fáze multicelulární,
časově převažuje,

haploidní jen jediná buňka =
gameta

jediná funkce gamet =
syngamie

meióza → gamety

2n unisexuální

„mimisyme–mimisyme“

haploidní fáze multicelulární,
časově převažuje

diploidní jen jediná buňka =
zygota

jediná funkce zygoty =
podstoupit meiózu

meióza → spóry

n unisexuální

dikaryotická fáze je už
vlastně skoro diploidní

„mimisy–mimime“

diploidní i haploidní fáze jsou
multicelulární

haploidní spóra i diploidní
zygota se dále dělí mitoticky

meióza → spóry

pokud n nebo 2n v cyklu
dominantní, často bisexuální
vzácněji unisexuální

Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytae*

podříše *Viridaeplantae* - zelené rostliny

Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytae*

podříše *Viridaeplantae* - zelené rostliny

vývojová linie: Chlorophytae - zelené řasy

vývojová linie: *Streptophytae*



Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytae*

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* – 1.2–1.0 bya

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytae*

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 *Biliphytae*

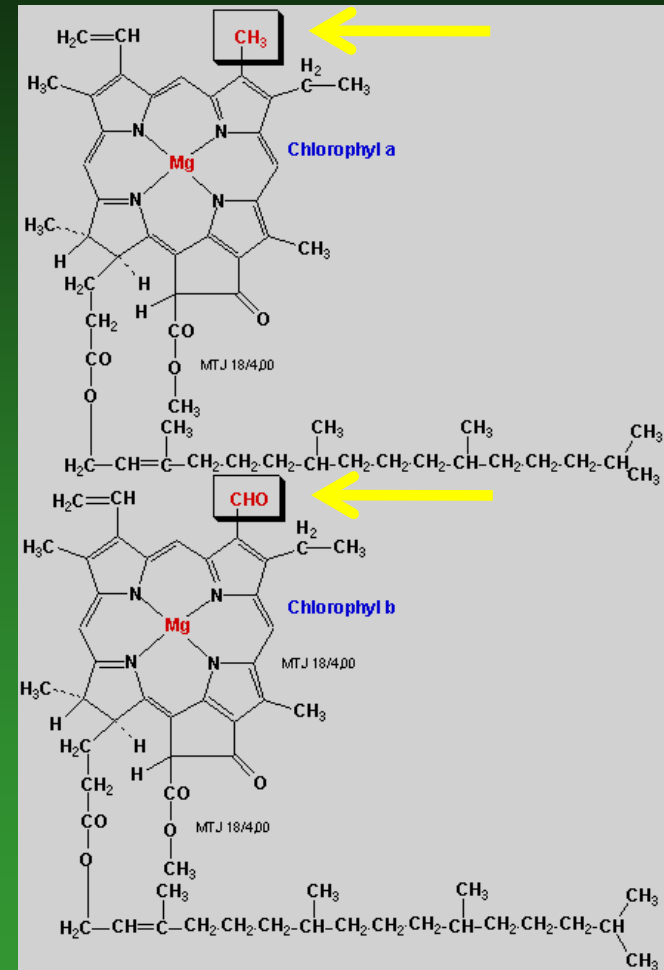
podříše *Viridaeplantae* (=Chlorobionta, Chloroplastida) – zelené rostliny = zelené řasy + parožnatky + vyšší rostliny

hlavní znaky:

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

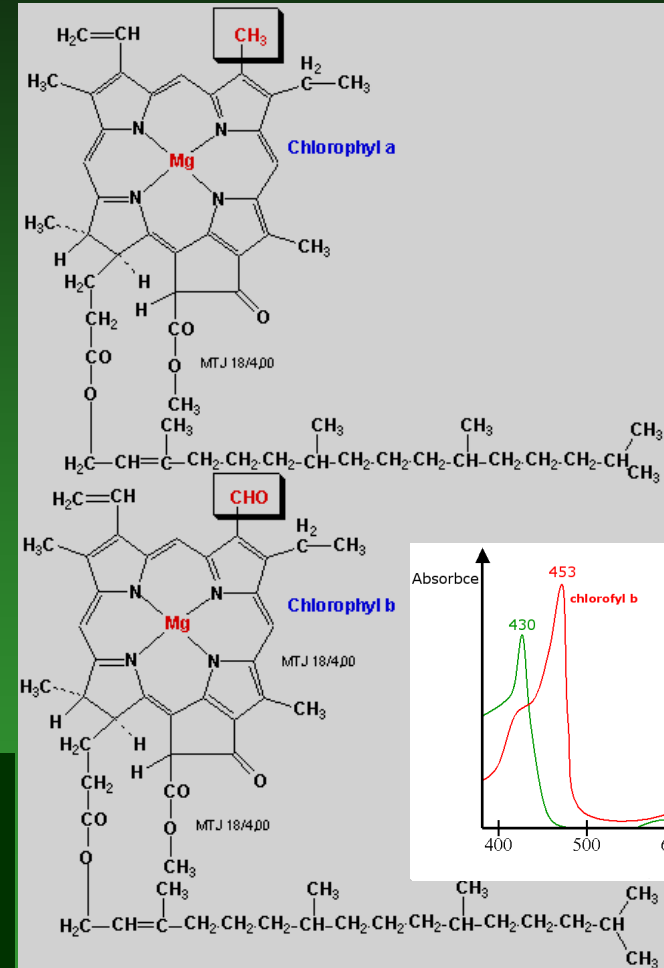
Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

Vedle chlorofylu a mají navíc (1) chlorofyl b



Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

Vedle chlorofylu a mají navíc (1) chlorofyl b



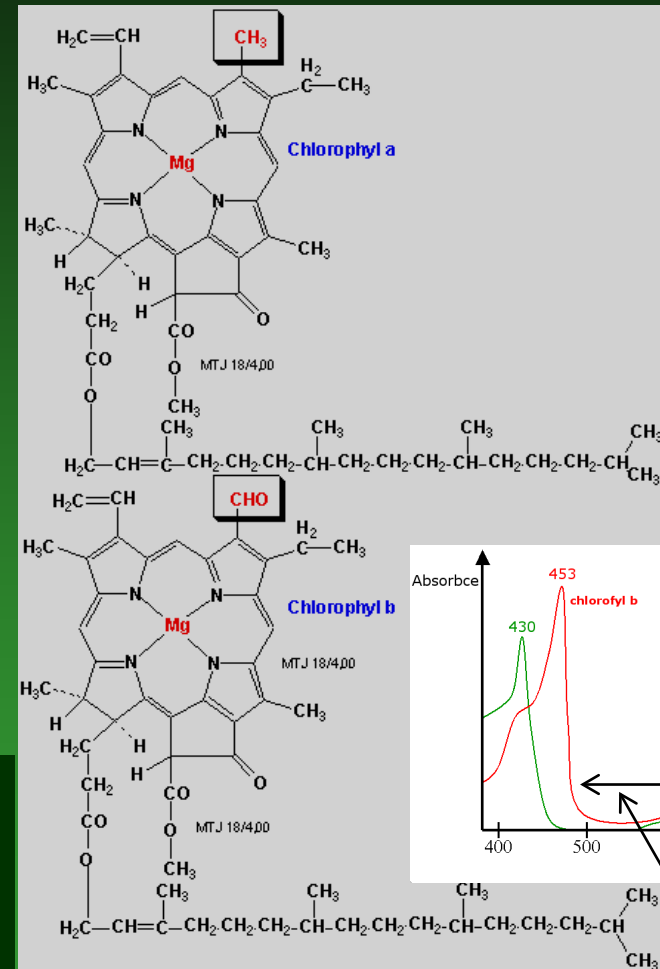
***Biliphytae* – jen chlorofyl a**

(dříve uváděný chlorofyl d u ruduch byla kontaminace sinicemi)

– navíc mají i sinicové fykobiliny

Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

Vedle chlorofylu a mají navíc (1) chlorofyl b



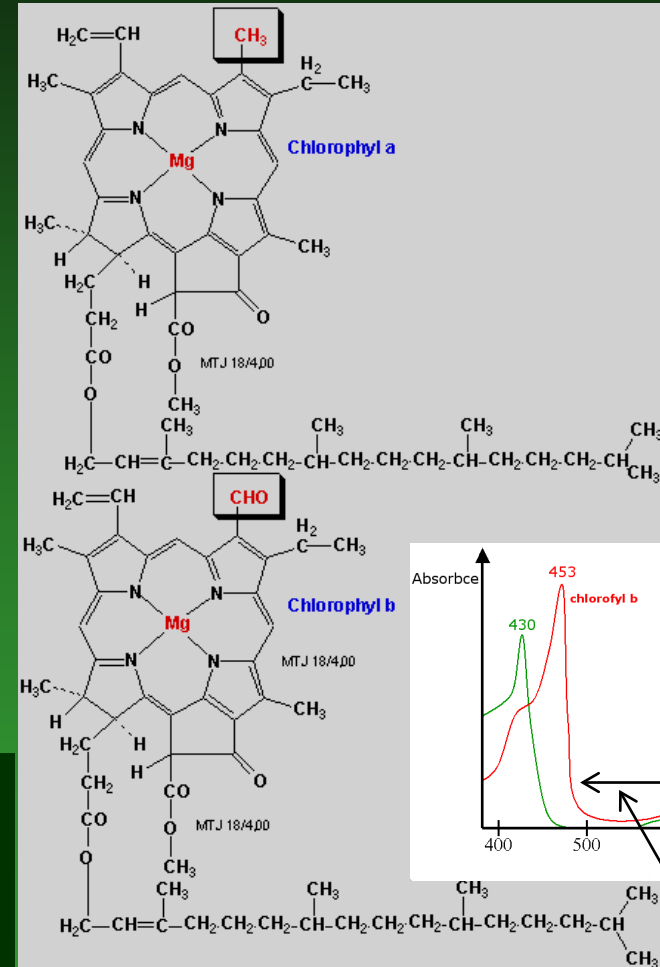
***Biliphytae* – jen chlorofyl a**

(dříve uváděný chlorofyl d u ruduch byla kontaminace sinicemi)

– navíc mají i sinicové fykobiliny

Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

Vedle chlorofylu a mají navíc (1) chlorofyl b



***Biliphytae* – jen chlorofyl a**

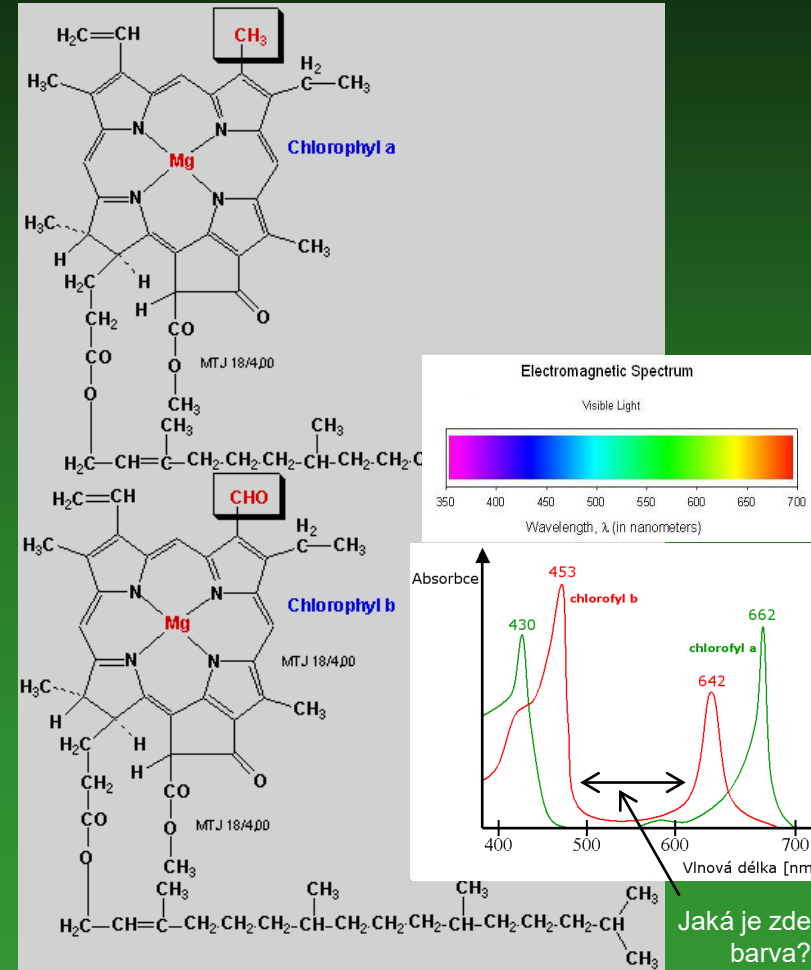
(dříve uváděný chlorofyl d u ruduch byla kontaminace sinicemi)

– navíc mají i sinicové fykobiliny

Ta, kterou chlorofyl nepohlcuje, ale odráží!

Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

Vedle chlorofylu a mají navíc (1) chlorofyl b

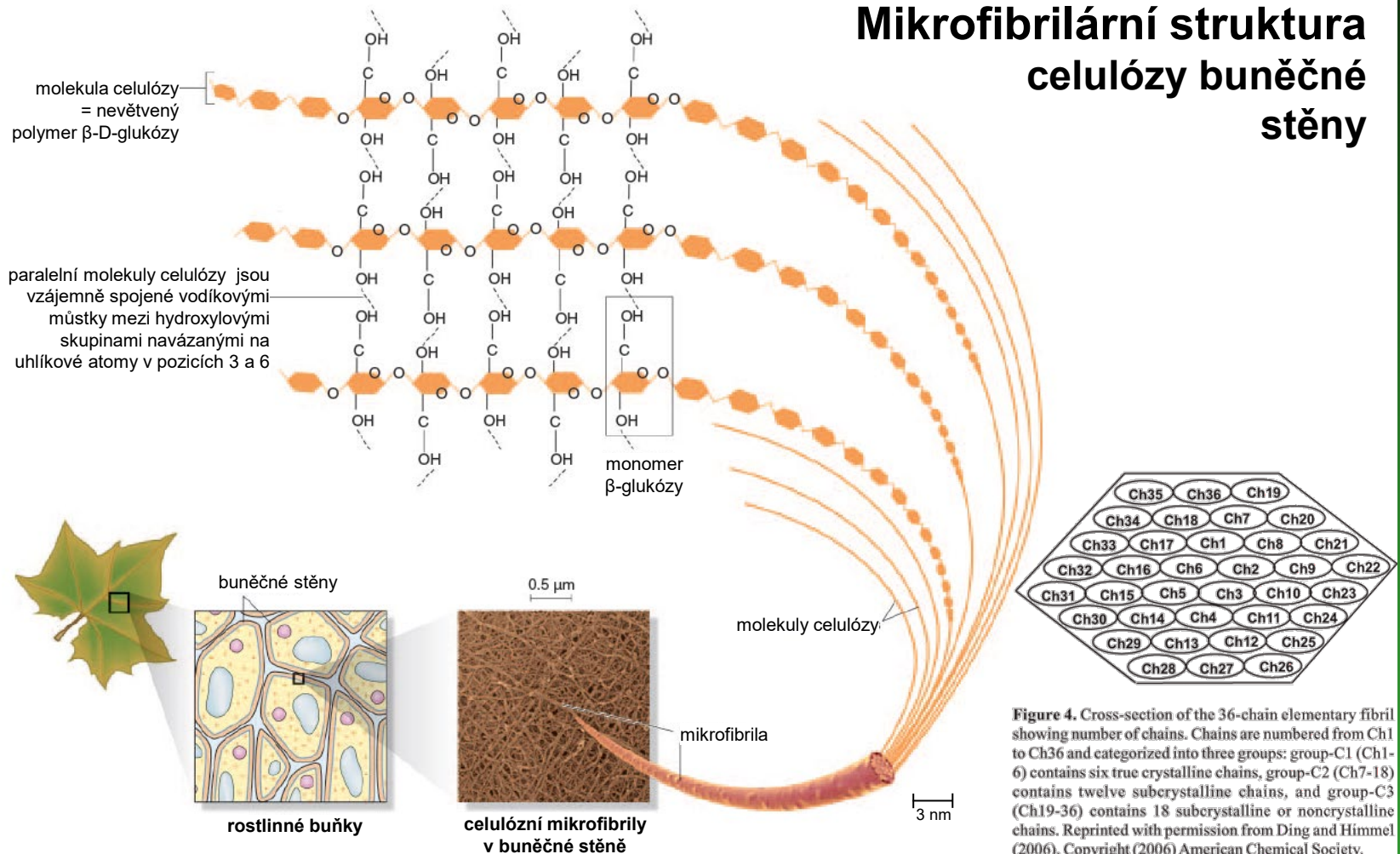


Chlorofyl chybí u parazitů a mykotrofně vyživovaných druhů

Ta, kterou chlorofyl nepohlcuje, ale odráží!

Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

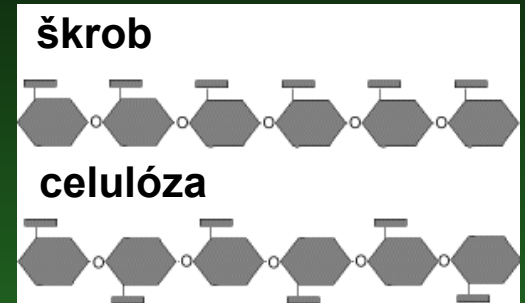
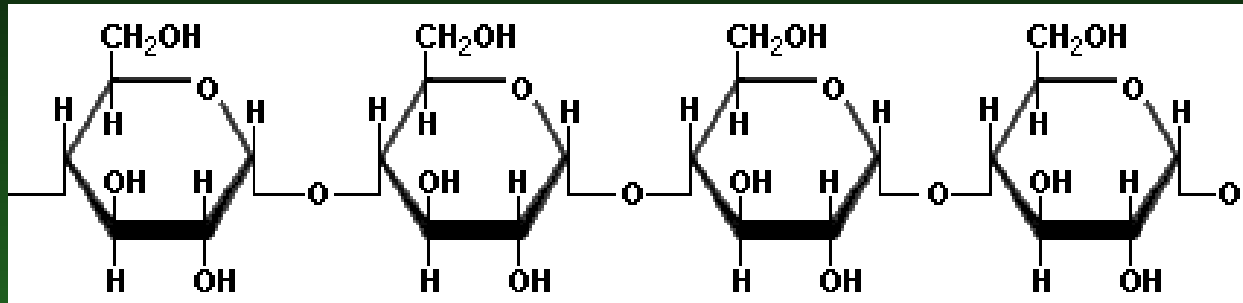
Stavební polysacharid = (2) celulóza – tvoří buněčnou stěnu



Celulózní exoskelet buňky = preadaptace na mnohobuněčnost a terestrializaci

Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

Zásobní polysacharid = (3) škrob



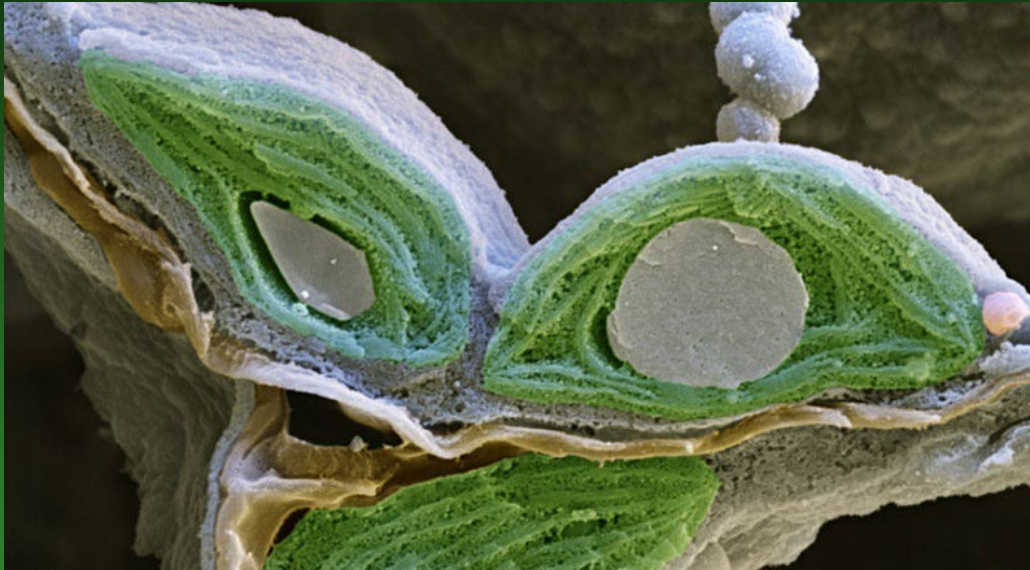
Škrob – glukóзовé jednotky spojeny vazbou v alfa 1,4 pozici; celulóza v beta 1,4 pozici

Škrob mají i biliphytae

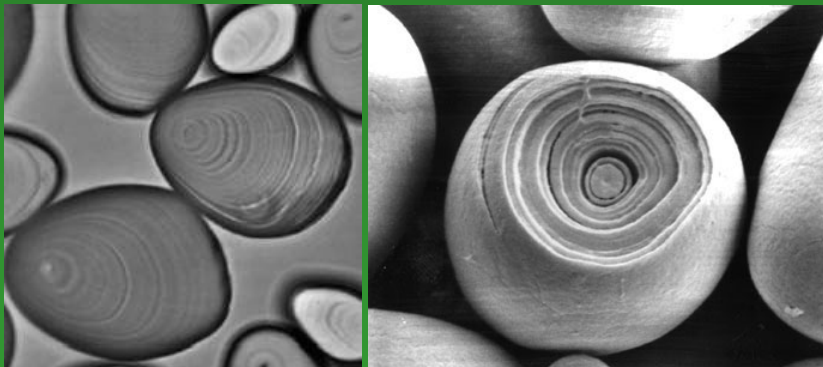
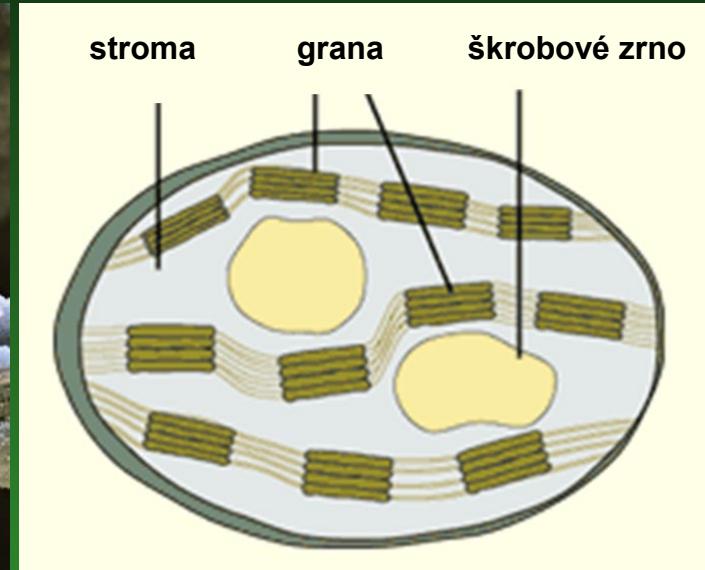
Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

(4) chloroplasty obsahují škrobová zrna

chloroplasty rulíku zlomocného s jednotlivými škrobovými zrny



chloroplast



Zrna mají vrstevnatou strukturu

Škrob biliphytae se v chloroplastech neukládá

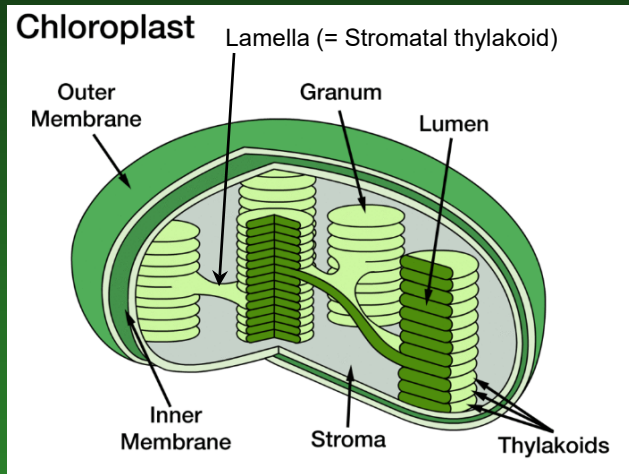
Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

(5) tylakoidní (nejvnitřnější) membrána chloroplastů tvoří lamely a grana

(10–100/chloroplast)

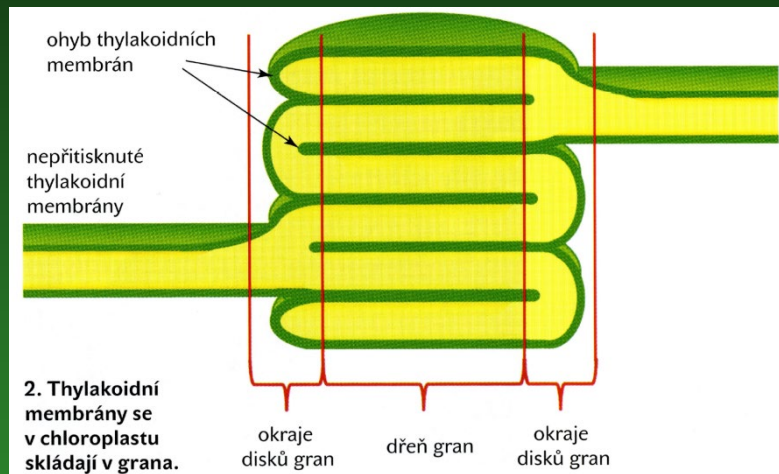
5 μm

– membrány tylakoidů vážou chlorofyl



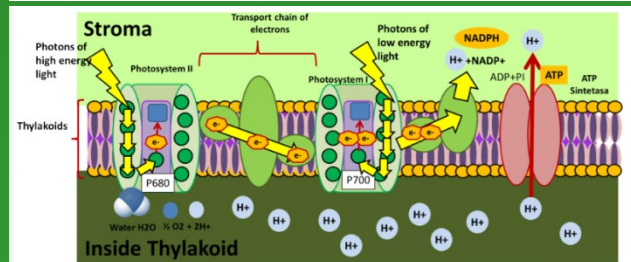
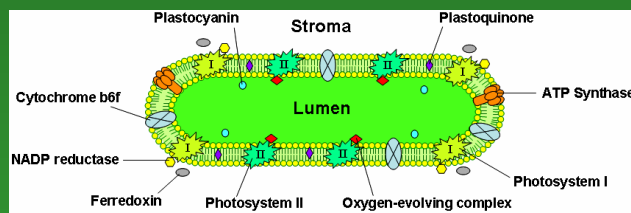
Lamela

Granum



Lamela

2. Tylakoidní membrány se v chloroplastu skládají v grana.

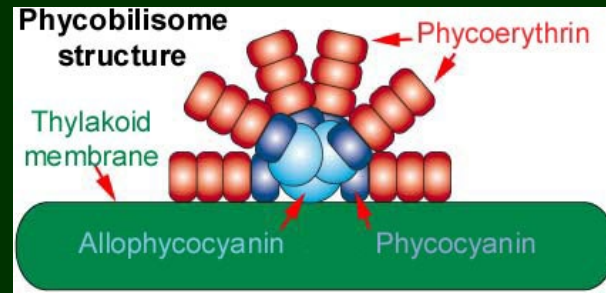
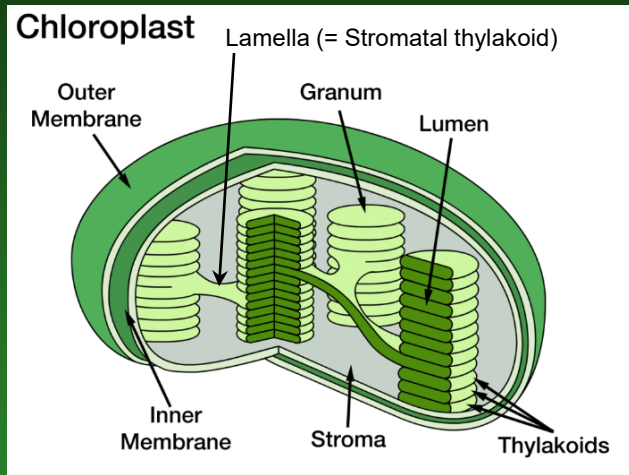


Vznik podříše *Viridaeplantae* – 1.2–1.0 bya

(5) **tylakoidní** (nejvnitřnější) membrána chloroplastů tvoří lamely a grana
(10–100/chloroplast)

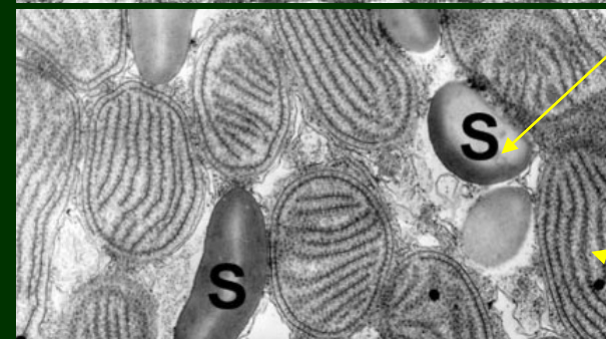
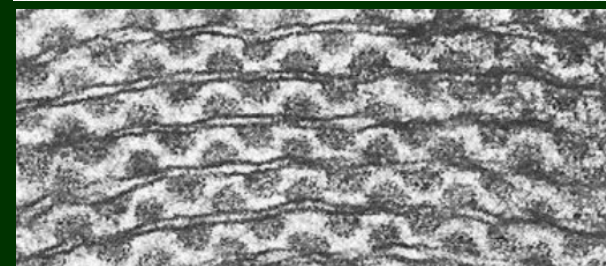
5 μm

– membrány tylakoidů vážou chlorofyl



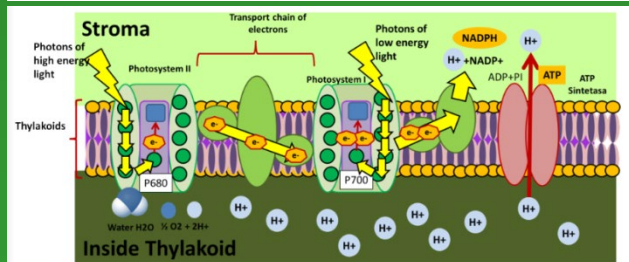
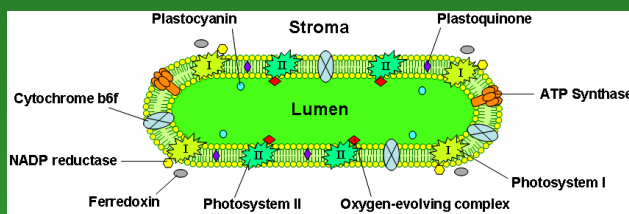
glaukofyty a ruduchy:

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



škrobové zrno v cytoplasmě mezi chloroplasty

chloroplast



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

říše *Archaeplastida* (=Plantae)

podříše *Biliphytae*

podříše *Viridaeplantae* - zelené rostliny

vývojová linie: *Chlorophytae* - zelené řasy

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

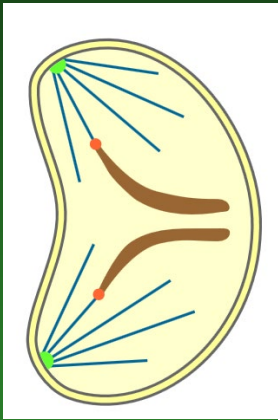
- (1) otevřená ortmitóza
- (2) fragmoplast v cytokinézi,
- (3) plazmodesmy mezi buňkami
- (4) oogamická rodozměna

Vyšší rostliny zahrnují dvě vývojové linie v podříši *Viridaeplantae*

Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

(1) Otevřená ortomitóza

Uzavřená pleuromitóza

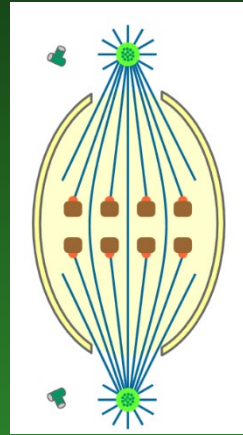


U zelených řas jen v bazální třídě *Prasinophyceae*

Pleuro = vřeténka nejsou kolmo na ekvatoriální rovinu dělení

Uzavřená = jaderná membrána neporušená

Částečně otevřená ortomitóza

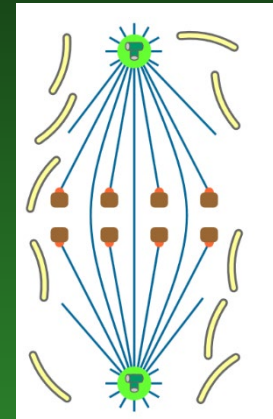


Ostatní *Chlorophyta*

Orto = vřeténka kolmo na ekvatoriální rovinu dělení

Částečně otevřená = v jaderné membráně polární okénka s centriolami

Otevřená ortomitóza

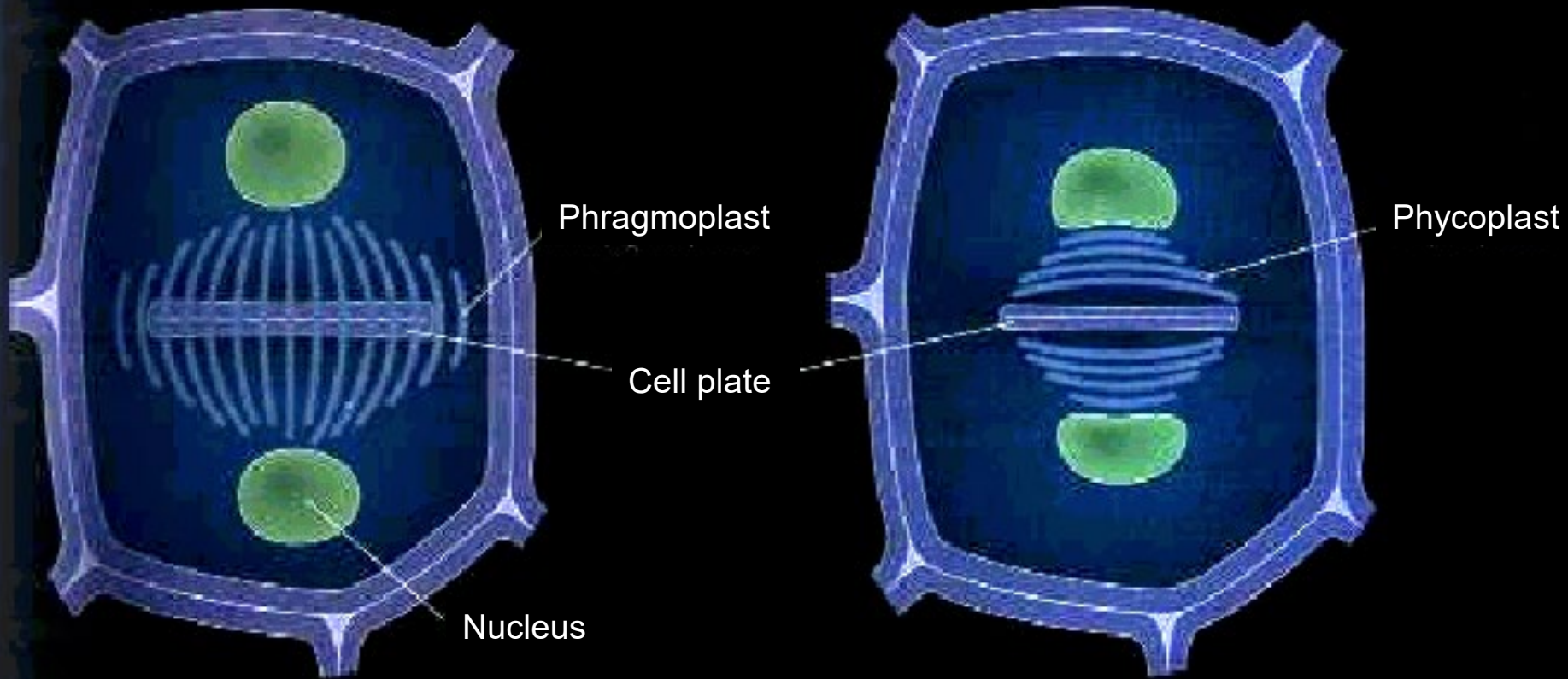


Streptophytae

Jaderná membrána se rozpouští na počátku mitózy

Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

Během cytokinézy se tvoří (2) fragmoplast



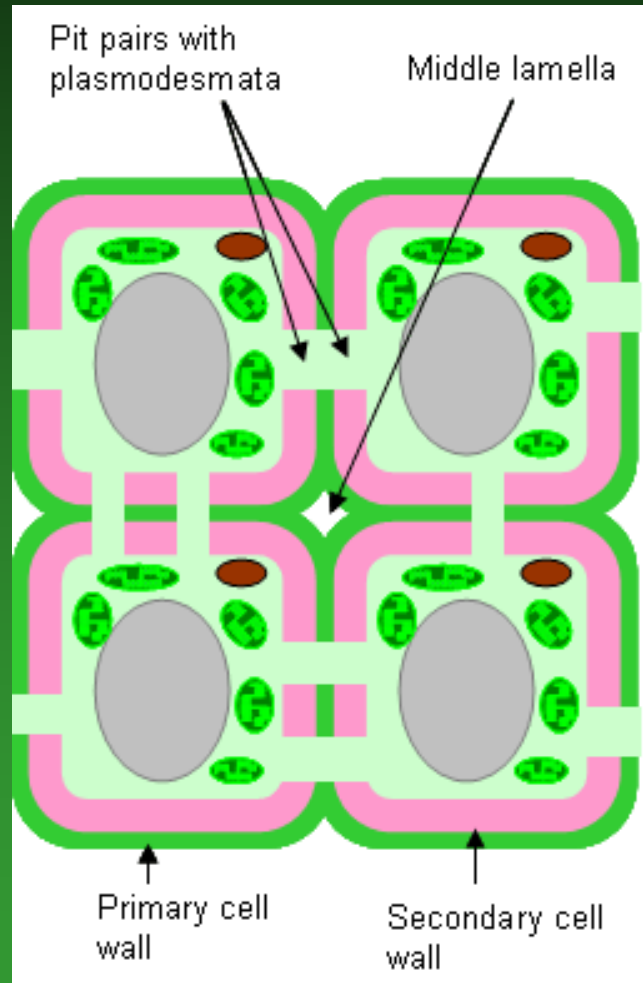
Fykoplast a fragmoplast = přechodné mikrotubulární systémy cytoskeletu; **Fykoplast** – mikrotubuly dělicího vřeténka kolabují a orientují se kolmo na spojnici dceřiných jader. **Fragmoplast** - mikrotubuly se zachovávají a přisouvají se po nich váčky s polysacharidy do centrifugálně vznikající střední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

Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

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

Kompenzovaly nedokonalost vodivých pletiv prvních rostlinných kolonizátorů souše

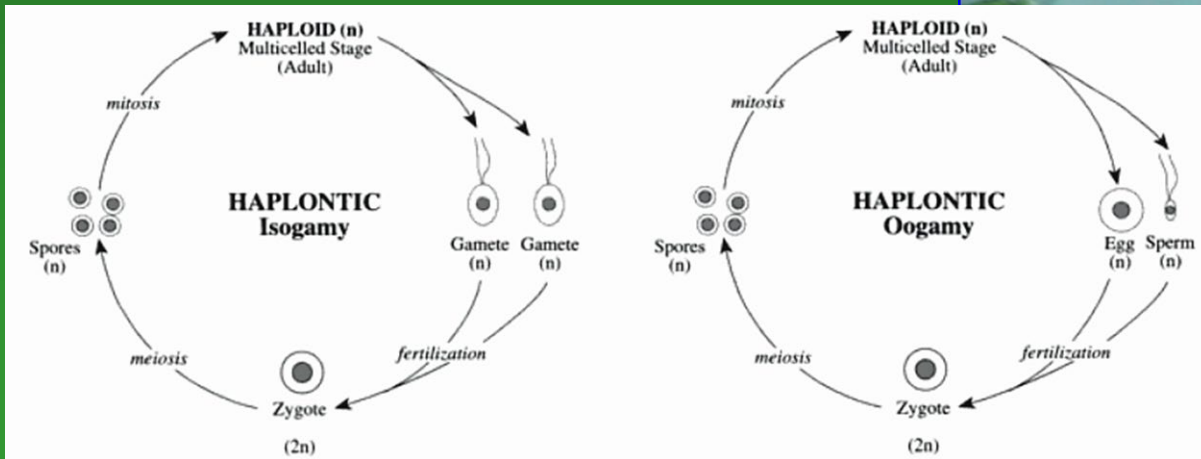
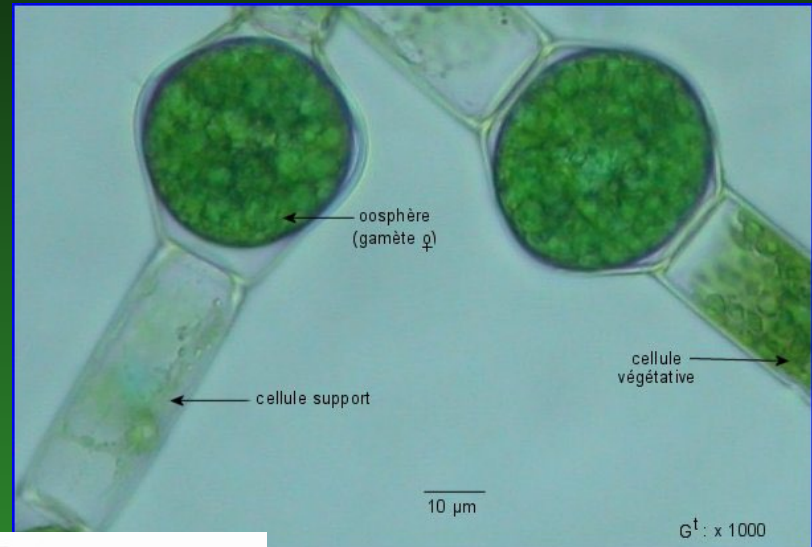
Transport bílkovin a fytohormonů je jimi aktivně regulován a nebyla by tedy bez nich diferencovaná mnohobuněčnost a funkční regulace



Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

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

parožnatky mají sterilní obal gametangií !



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

Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

(5) gravitropní růst

Vyšší rostliny



Parožnatky



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

PII: S0273-1177(97)00633-9

STATOLITH POSITIONING BY MICROFILAMENTS IN *CHARA* RHIZOIDS AND PROTONEMATA

Dieter Hodick, Brigitte Buchen and Andreas Sievers

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

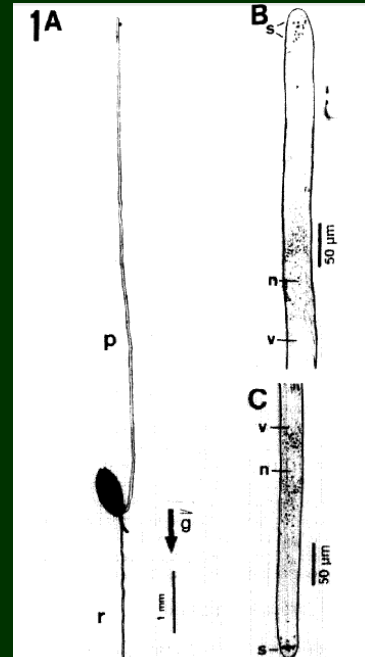


Fig. 1: An oospore of *Chara fragilis* Desv. (Fig. 1A) 3d after germination in darkness with a protonema (p) growing negatively gravitropic and a rhizoid (r) growing positively gravitropic. At higher magnifications of the tips of the protonema (Fig. 1B) and rhizoid (1C) the vacuole (v), nucleus (n) and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

Zprostředkuje jej
gravitační sedimentace
statolitů určující pozici
proteinových
přenašečů auxinů

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



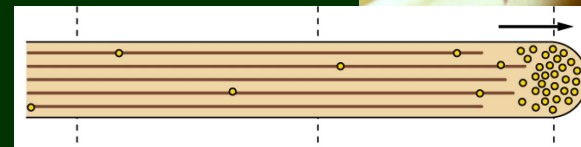
Chara braunii



Chara baltica



aktinový cytoskelet
+ sekrece Golgiho
váčků



Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

(7) Rozetovitý celulózo-syntetizující komplex na cytoplazmatické membráně

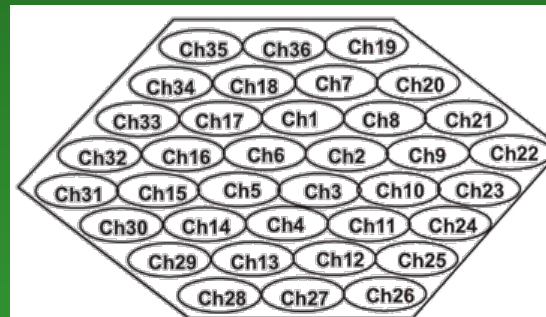
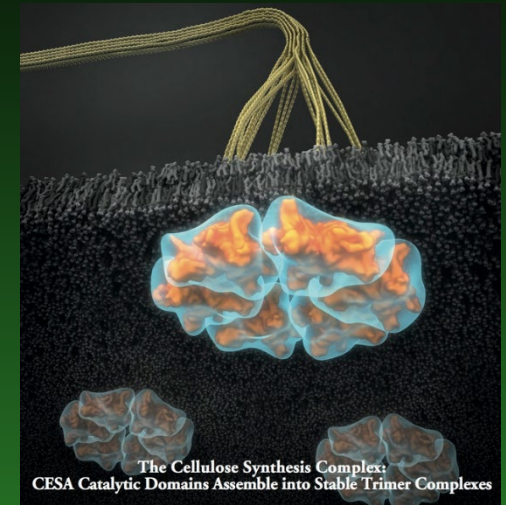
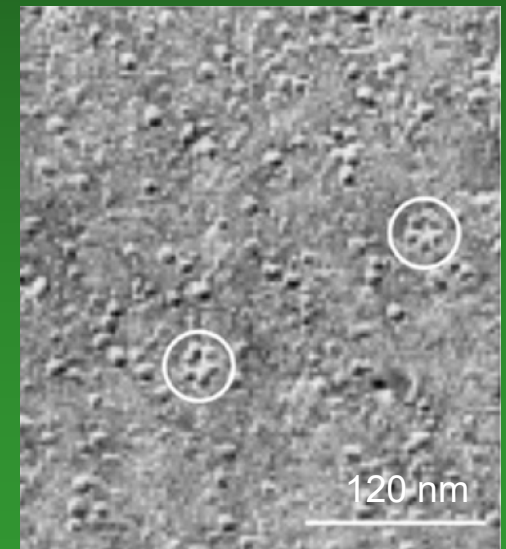


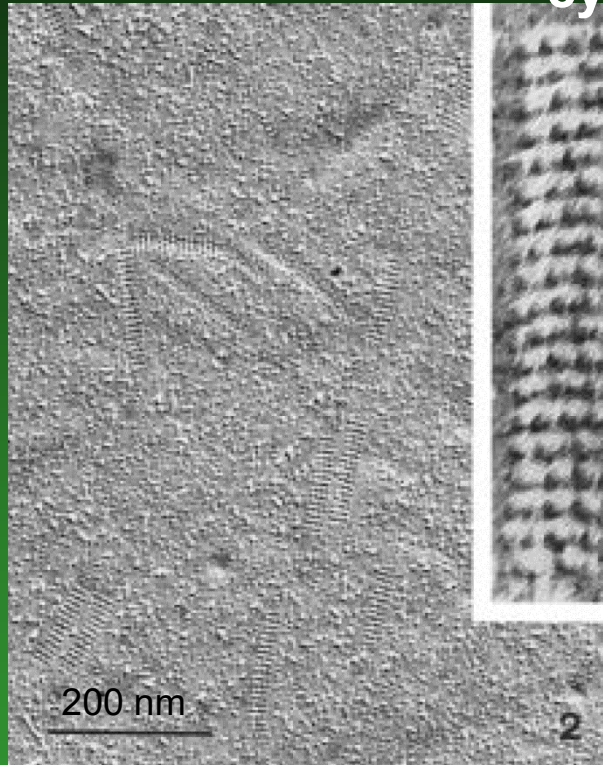
Figure 4. Cross-section of the 36-chain elementary fibril showing number of chains. Chains are numbered from Ch1 to Ch36 and categorized into three groups: group-C1 (Ch1-6) contains six true crystalline chains, group-C2 (Ch7-18) contains twelve subcrystalline chains, and group-C3 (Ch19-36) contains 18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



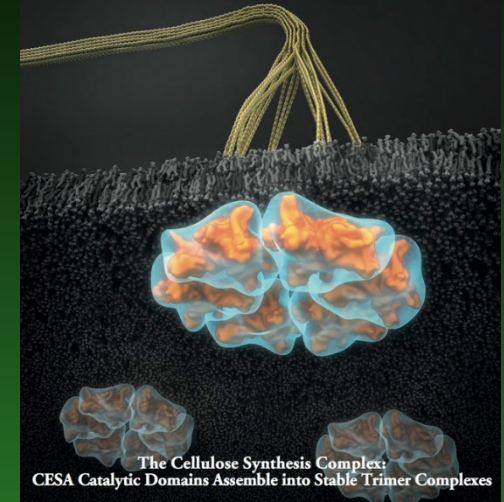
Rozetovitý celulózo-syntetizující komplex na cytoplazmatické membráně *Arabidopsis thaliana* – na snímku z elektronového mikroskopu

Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

(7) Rozetovitý celulózo-syntetizující komplex na cytoplazmatické membráně Chlorophyta a některá Rhodophyta mají celulózo-syntetizující komplex uspořádaný lineárně



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



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

Rozetovitý vznikl až u streptofyt

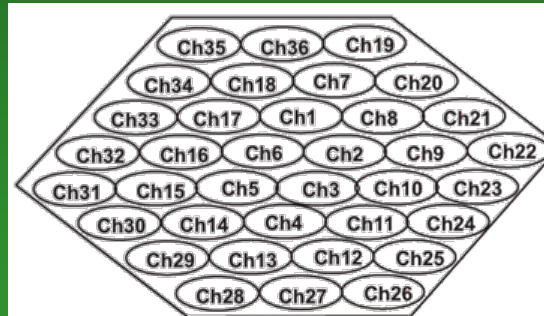
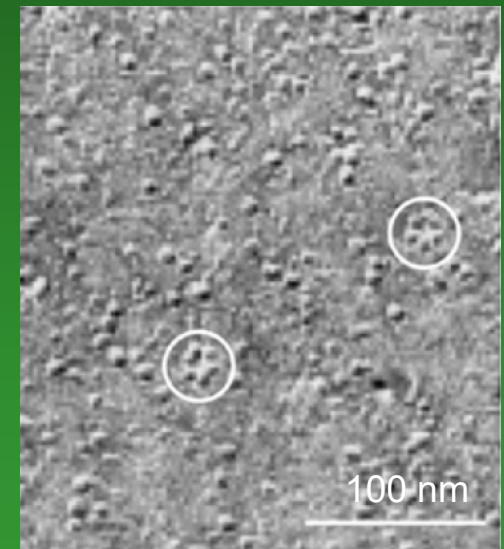


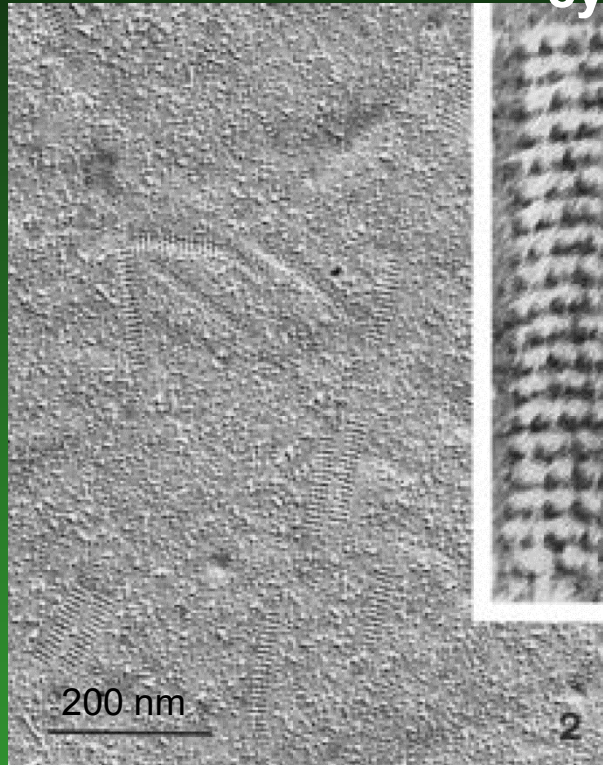
Figure 4. Cross-section of the 36-chain elementary fibril showing number of chains. Chains are numbered from Ch1 to Ch36 and categorized into three groups: group-C1 (Ch1-6) contains six true crystalline chains, group-C2 (Ch7-18) contains twelve subcrystalline chains, and group-C3 (Ch19-36) contains 18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



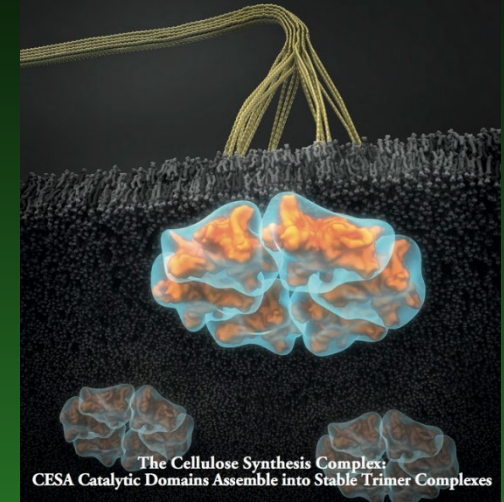
Rozetovitý celulózo-syntetizující komplex na cytoplazmatické membráně *Arabidopsis thaliana* – na snímku z elektronového mikroskopu

Vznik streptofytní linie – 950–725 mya

(7) Rozetovitý celulózo-syntetizující komplex na cytoplazmatické membráně Chlorophyta a některá Rhodophyta mají celulózo-syntetizující komplex uspořádaný lineárně



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



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

Rozetovitý vznikl až u streptofyt

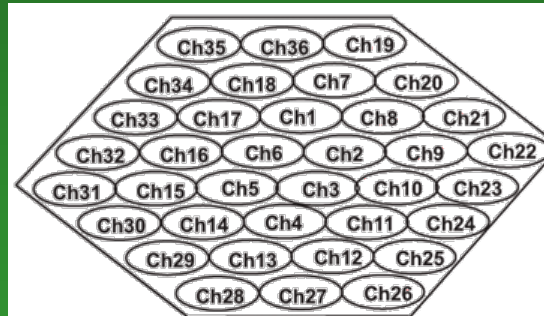
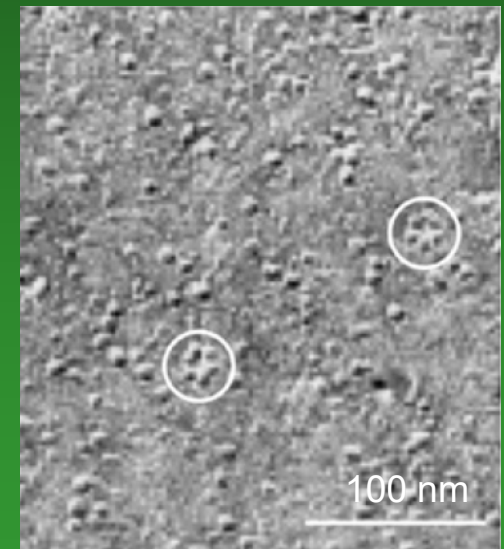


Figure 4. Cross-section of the 36-chain elementary fibril showing number of chains. Chains are numbered from Ch1 to Ch36 and categorized into three groups: group-C1 (Ch1-6) contains six true crystalline chains, group-C2 (Ch7-18) contains twelve subcrystalline chains, and group-C3 (Ch19-36) contains 18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

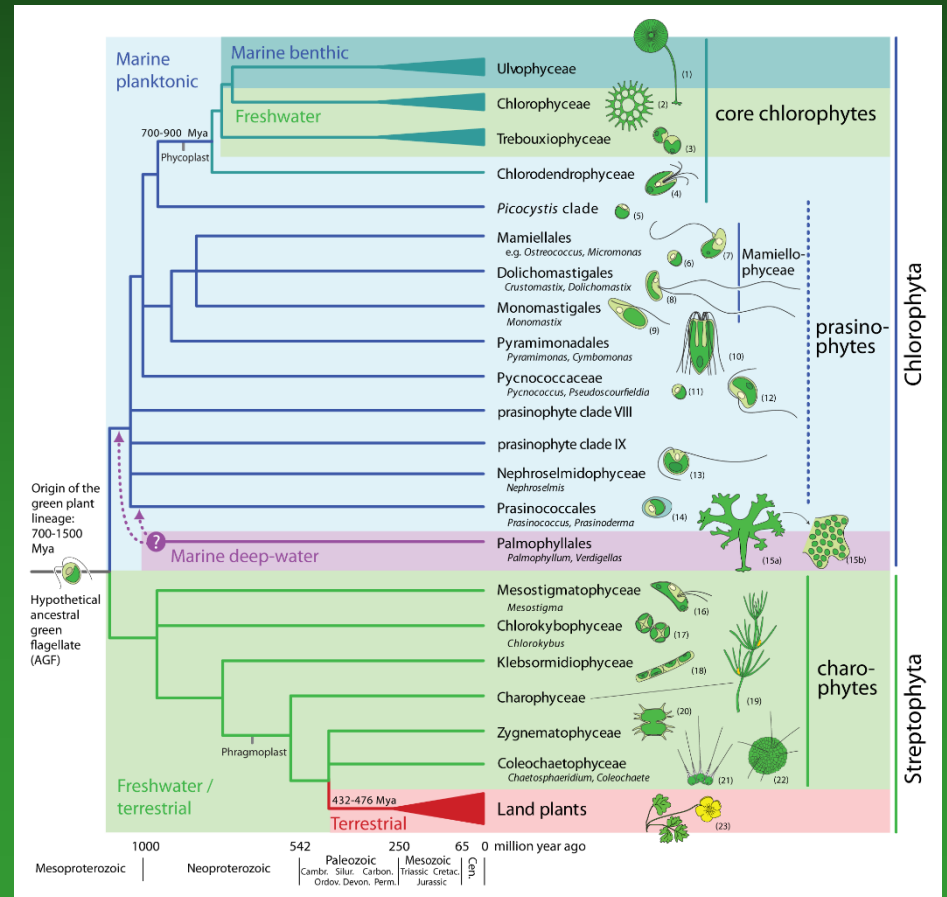


Rozetovitý celulózo-syntetizující komplex na cytoplazmatické membráně *Arabidopsis thaliana* – na snímku z elektronového mikroskopu

Molekulární studie naznačují, že nejbližší sesterskou linií vyšších rostlin je

Tř. Zygnematophyceae

ne dříve podezříváné Coleochaetophyceae



Vyšší rostliny vznikly

osídlením souše

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

První kolonizovaný biotop =
periodicky zaplavované pobřežní
zóny sladkých vod

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

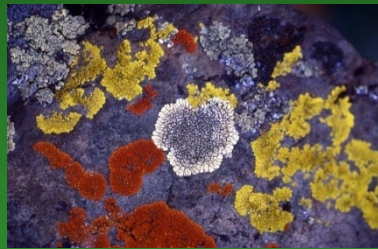


Mořské břehy nebyly kvůli velkým osmotickým výkyvům vznikajícím při vysychání slané vody ke kolonizaci vhodné



Před vyššími rostlinami kolonizovaly souš:

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



SCIENTIFIC REPORTS

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

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

Andrew J. Wendruff¹, Loren E. Babcock, Christian S. Wirkner, Joanne Kluessendorf & Donald G. Mikulic

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

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

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

HEATHER M. WILSON,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 ?

Kdy začala terestrializace ?

Před 500–480 mya

Kdy začala terestrializace ?

Nejstarší makrofosílie vyšších
rostlin – ryniofytní rostlina

Cooksonia –
rozhraní střední - svrchní silur:

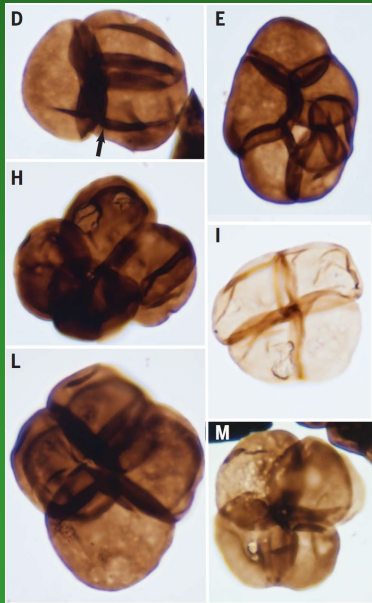
428–432 mya



Kdy začala terestrializace ?

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

428–432 mya



Nejstarší mikrofosílie vyšších rostlin = tetrádní spóry ca 30 μm v průměru se sporopoleninem spodní ordovik

480 mya



Science **373**, 792–796 (2021) 13 August 2021

A fossil record of land plant origins from charophyte algae

Paul K. Strother^{1*} and Clinton Foster²



život v mořích ordoviku

Co muselo předcházet terestrializaci?

(= podmínky kolonizace souše vyššími rostlinami)

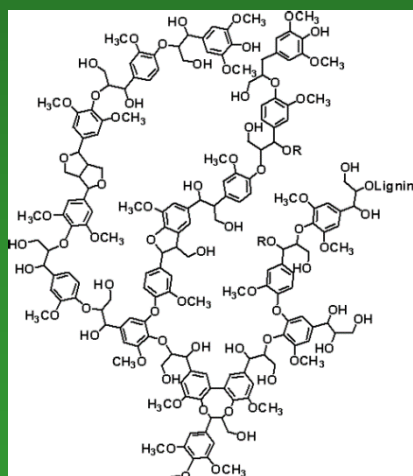


(1) Vyšší koncentrace O_2 v atmosféře

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

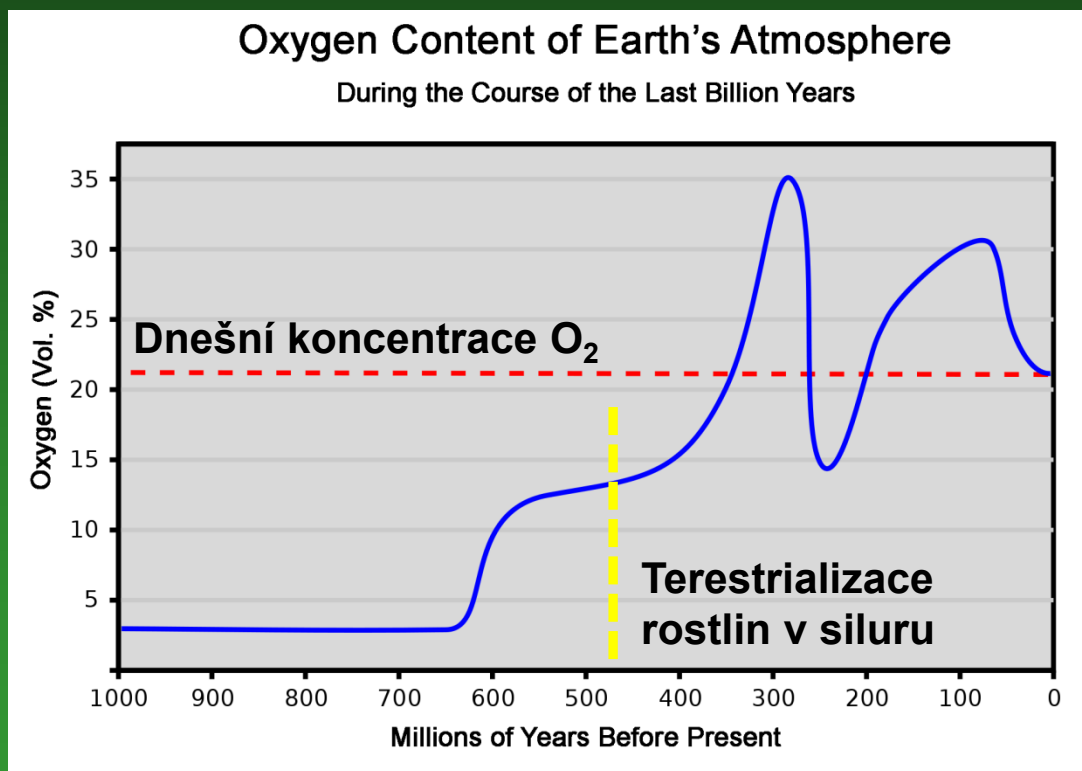


Kyslík vytvořily fotosyntézou
sinice



lignin

= polyfenolický biopolymer

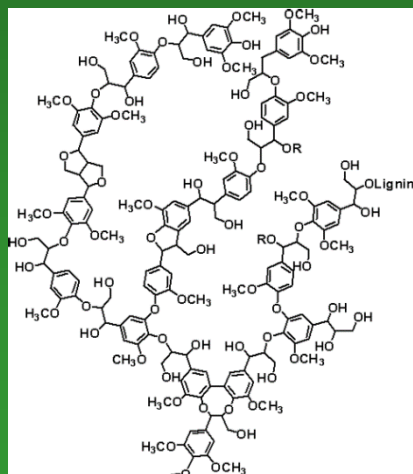


(1) Vyšší koncentrace O_2 v atmosféře

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

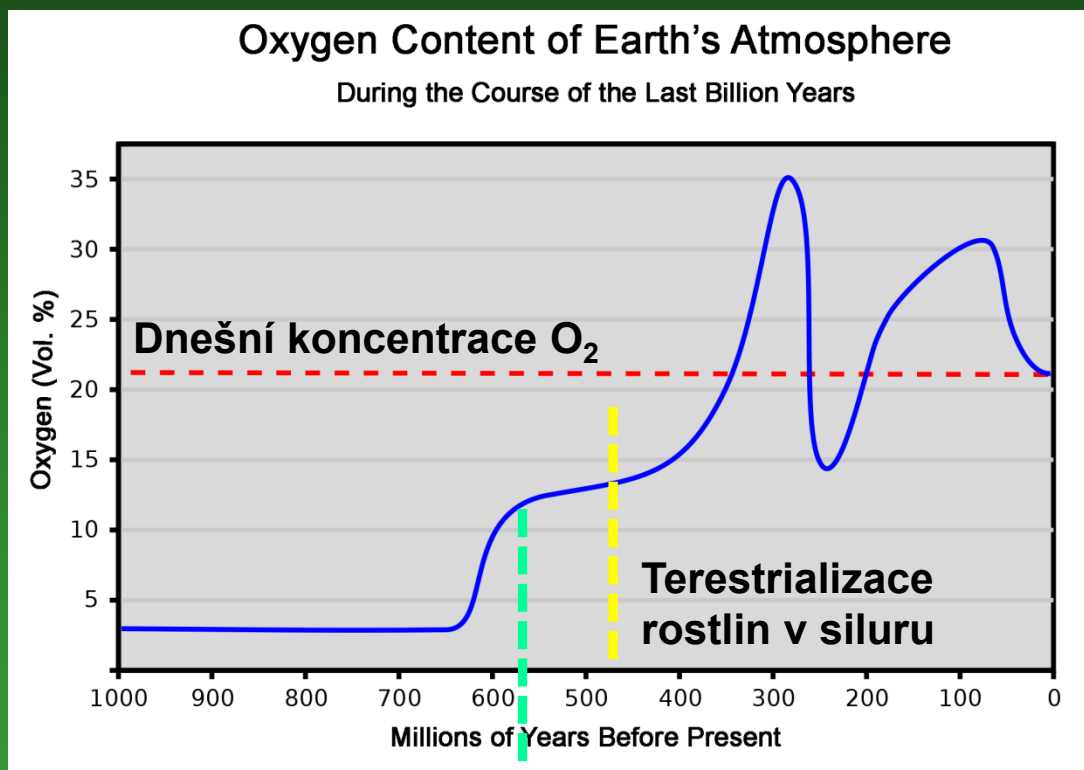


Kyslík vytvořily fotosyntézou
sinice

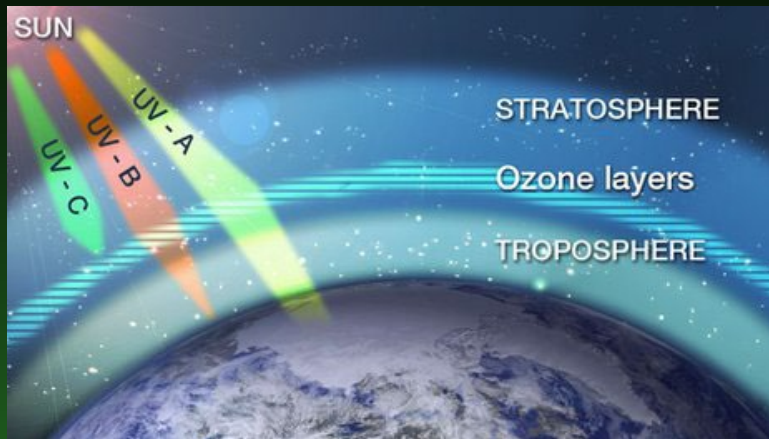


lignin

= polyfenolický biopolymer



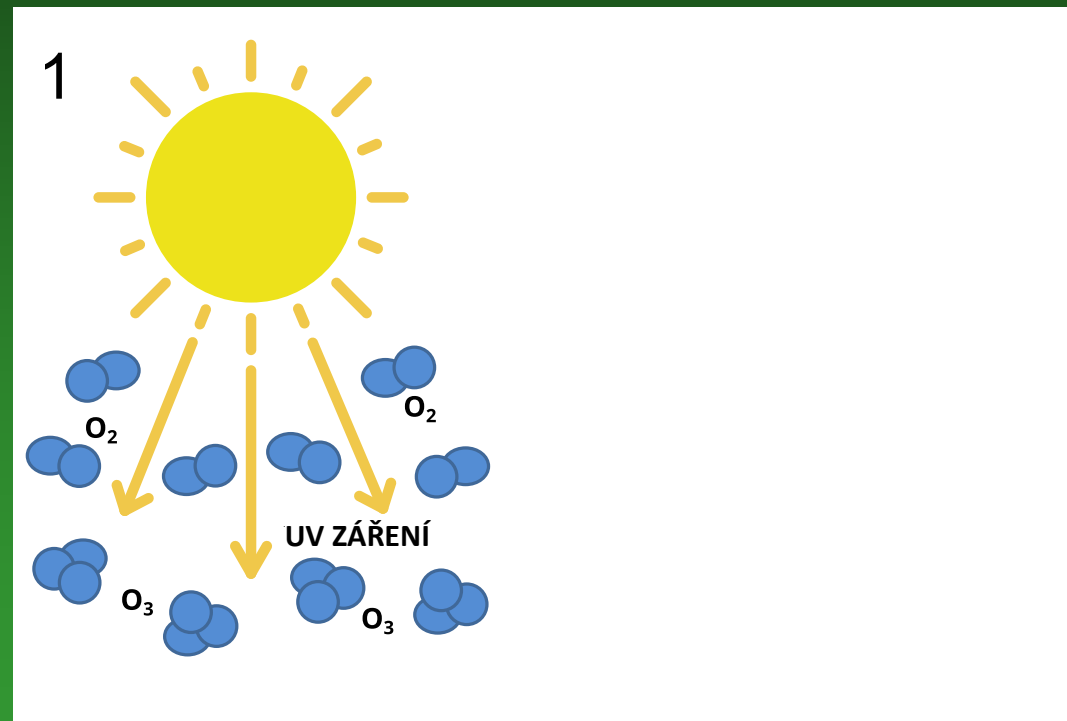
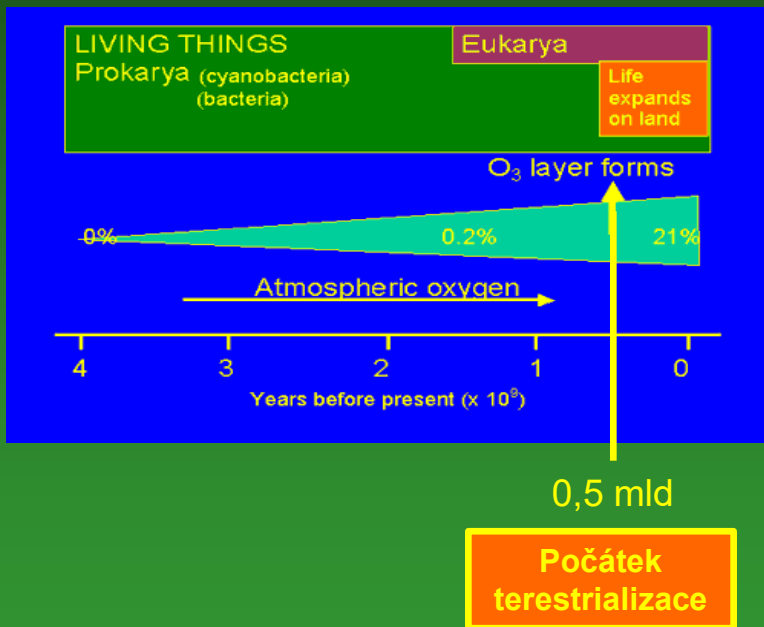
Kambrická exploze diverzity
multicelularity živočichů

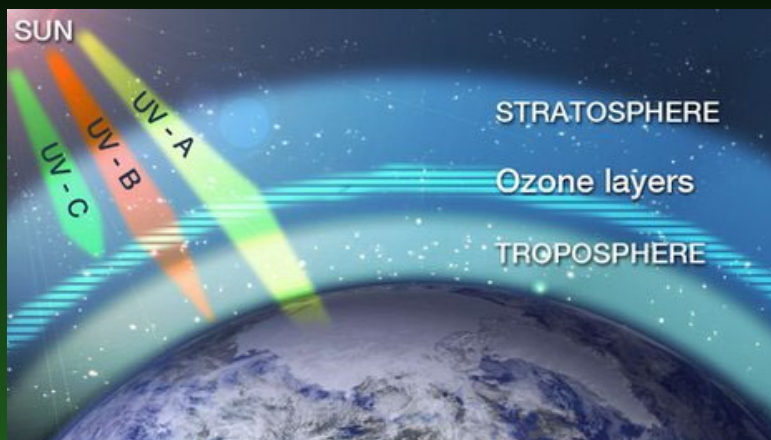


(2) vytvoření ozónové vrstvy = ochrany před UV zářením



Ozon vzniká hlavně dvěma způsoby:

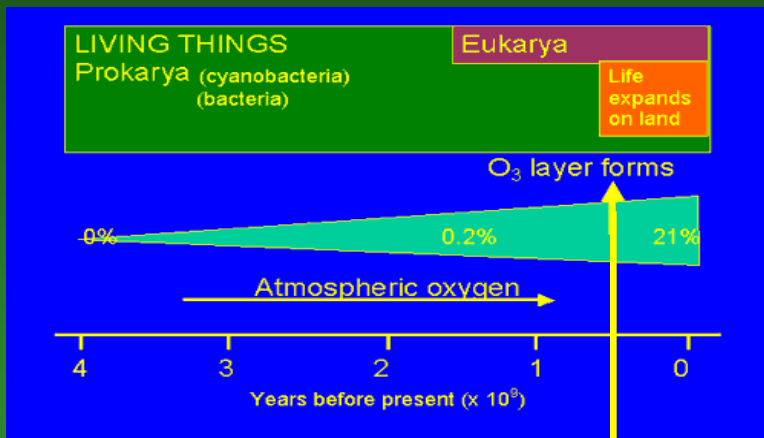




(2) vytvoření ozónové vrstvy = ochrany před UV zářením

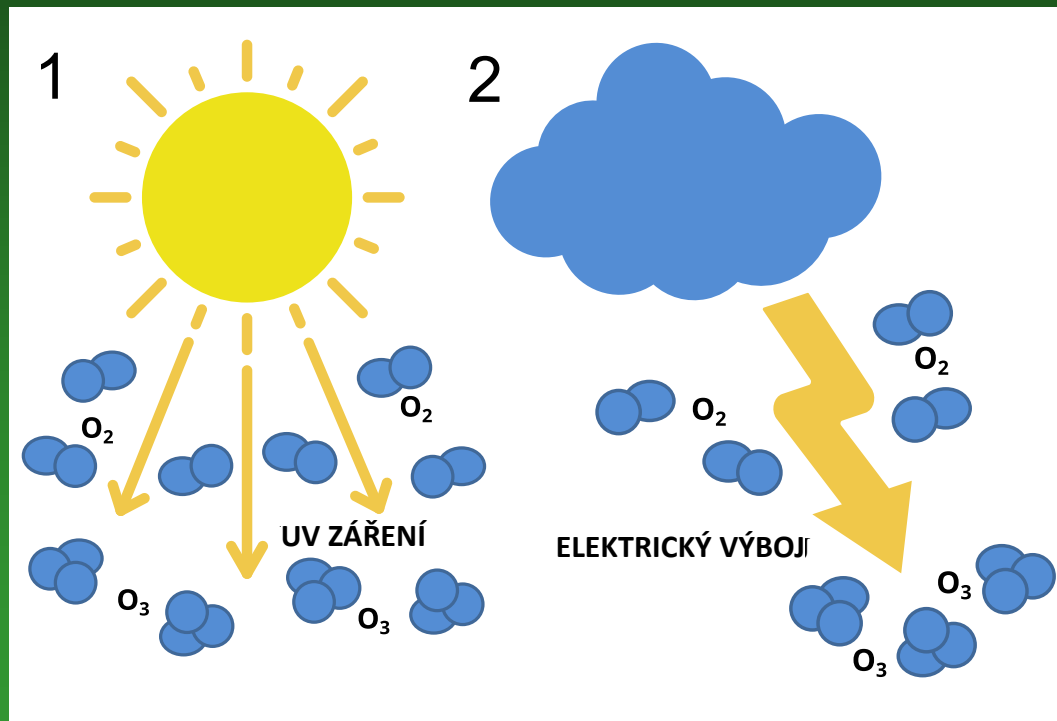


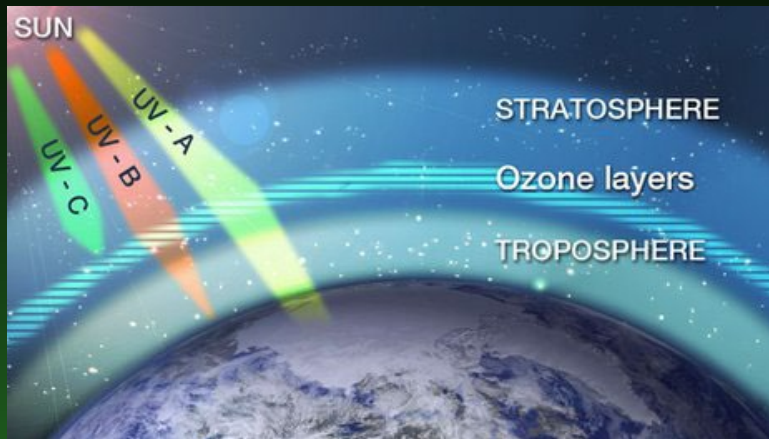
Ozon vzniká hlavně dvěma způsoby:



0,5 mld

Počátek terestrializace

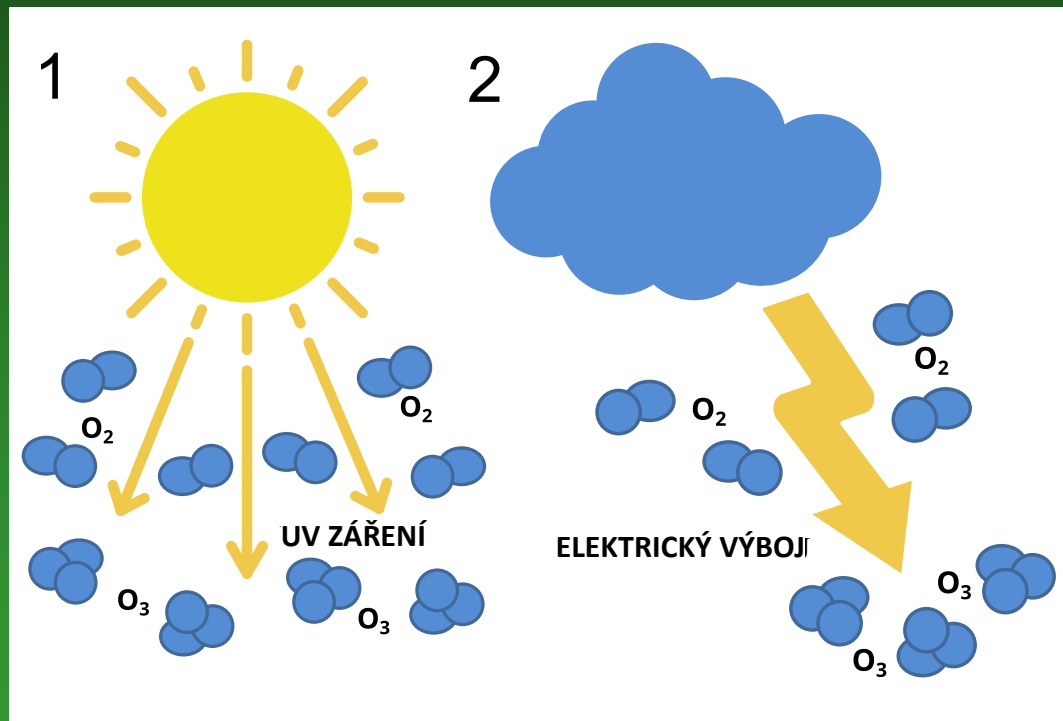
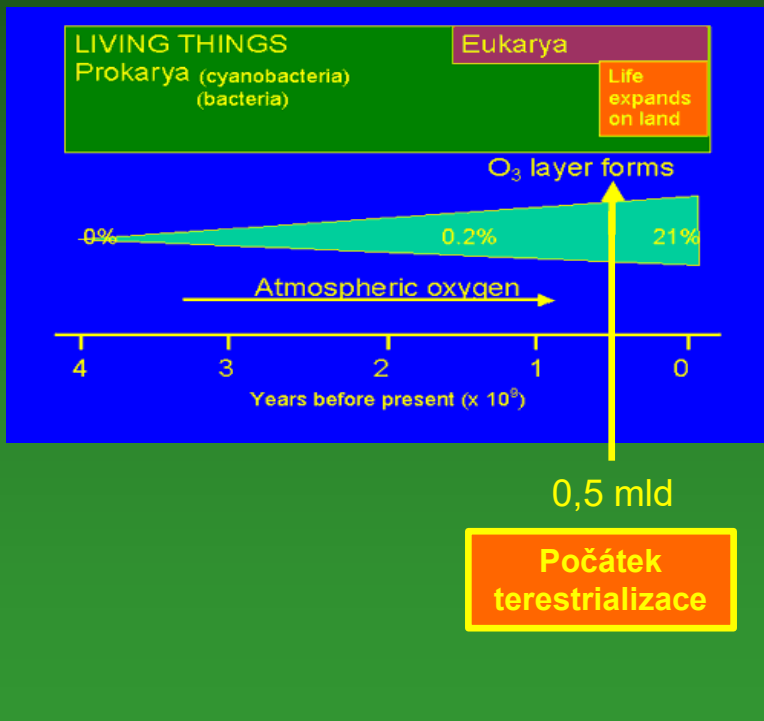




(2) vytvoření ozónové vrstvy = ochrany před UV zářením

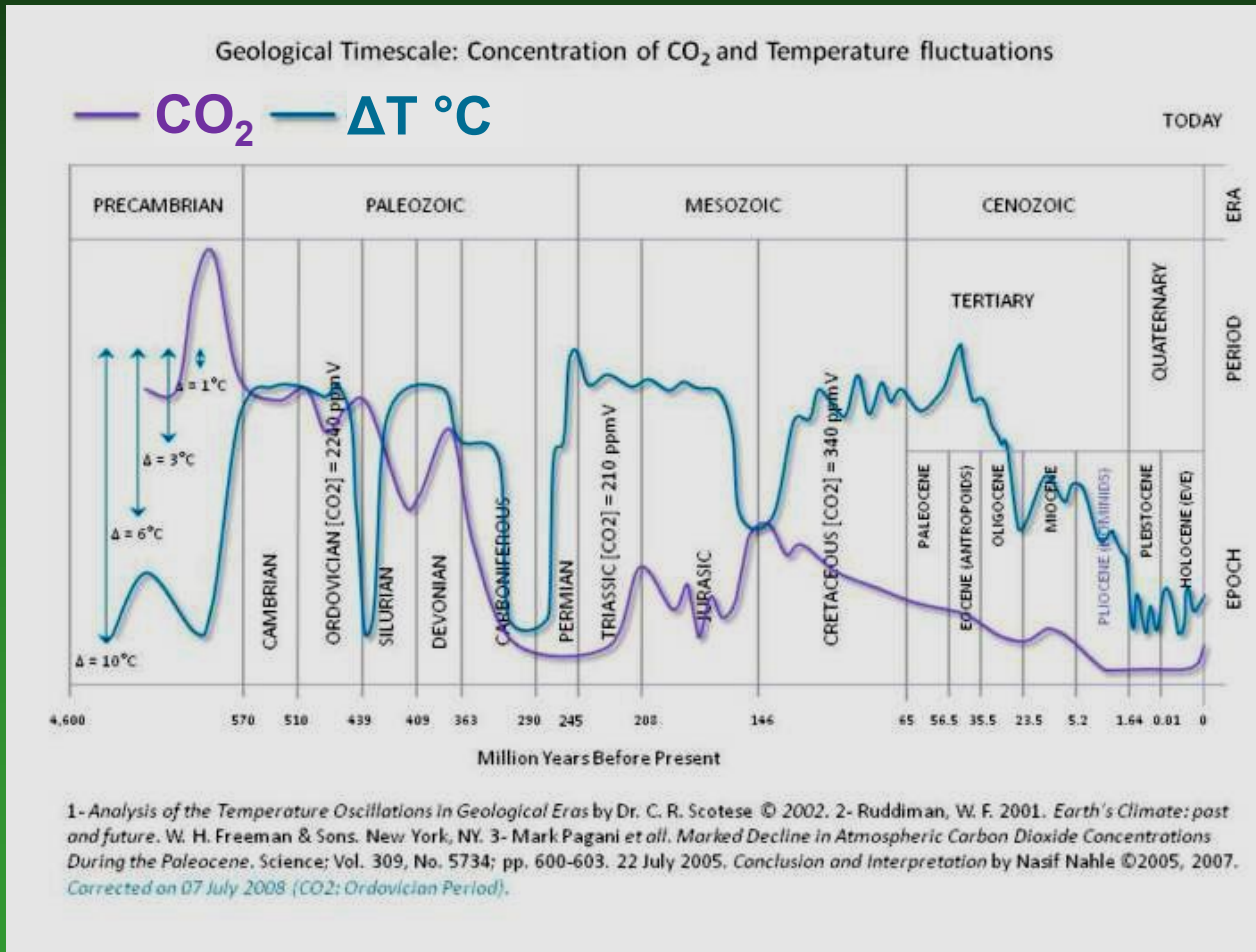


Ozon vzniká hlavně dvěma způsoby:



Aerofytické řasy či sinice, nebo lišejníky mohly kolonizovat souš dříve než vyšší rostliny, ale ne o moc dříve, protože i ony potřebovaly ozónovou ochranu před UV-B, aby na zemi přežily

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



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

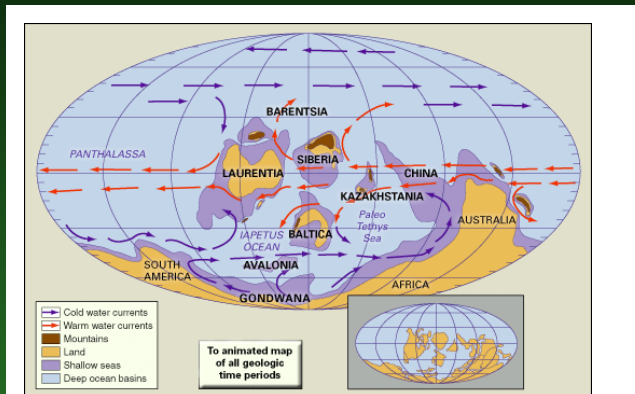
=> Větší fotosyntéza = víc biomasy = víc živin po jejím rozkladu

=> Kyselejší déšť = intenzivnější oxydace hornin

(4) Vlhké klima

skleníkový efekt CO_2 = celkově teplejší a vlhčí klima

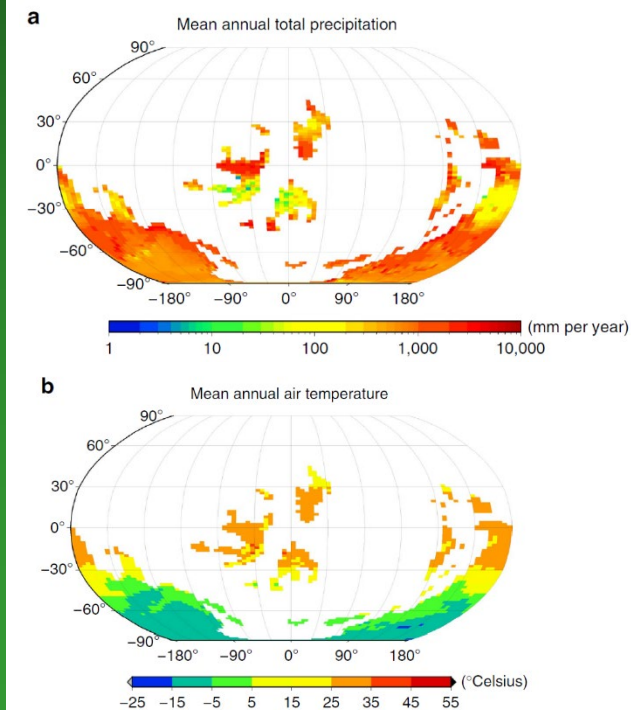
na J pólu velký kontinent Gondwana = na pólu velký ledovec



Mezi chladným ledovcem a horkým + vlhkým pobřežím = monzunové klima

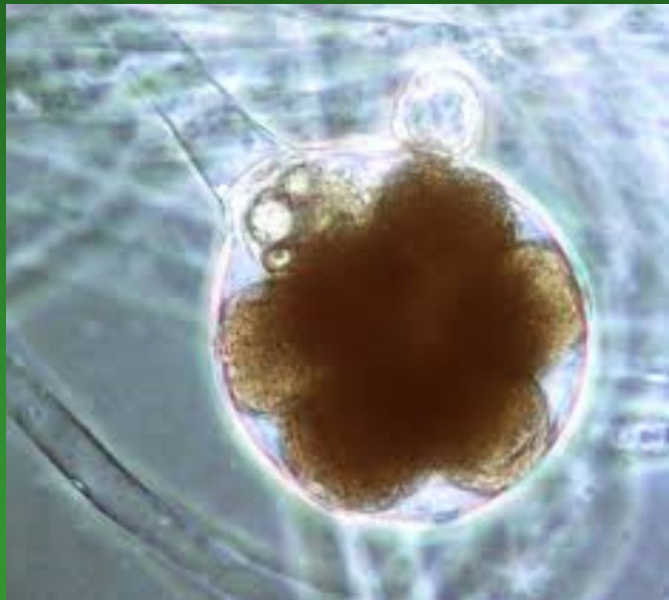
Dostatek srážek =
zvětrávání hornin =
půdotvorba

Vlhkost = ideální klima pro
terestrializaci

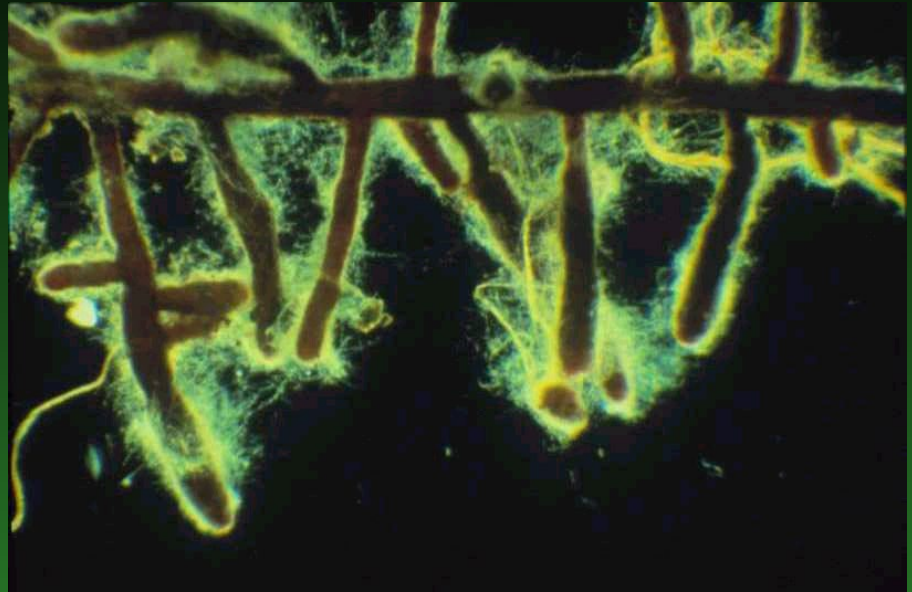


(5) Symbióza řas s houbami

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

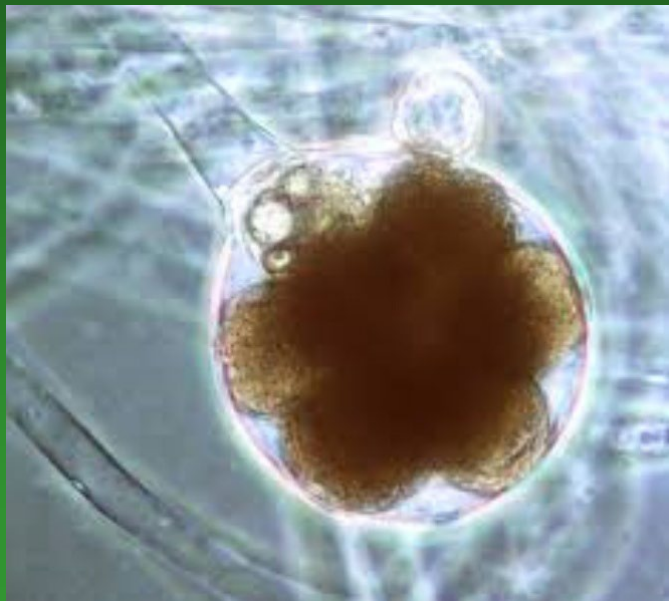


Mykorhiza provází všechny linie terestrických rostlin.

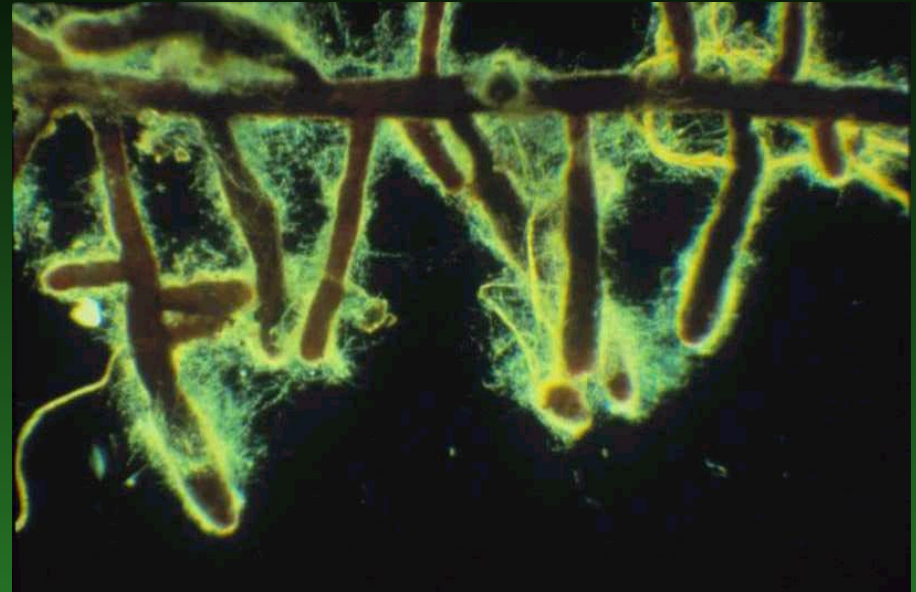
Vedle nutričních vztahů byla v r. 2013 prokázána i poněkud kuriózní funkce, kde síť mykorhozního mycelia slouží jako „internetové“ varování pro rostliny o napadení mšicemi, o kterém se dozvědí touto cestou i jiné rostliny, které s předstihem aktivují vylučování obranných látek.

(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.

Houby nejsou starobylejší rostliny a živočichové; divergovaly (koevolvovaly) paralelně

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?

 snadnější přístup ke světlu

 snadnější přístup k CO₂

Co rostliny přechodem na souš ztratily?



Ztratily stabilitu nasycení vodou – vystaveny vysychání a UV



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?

= Adaptace rostlin na podmínky souše

Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



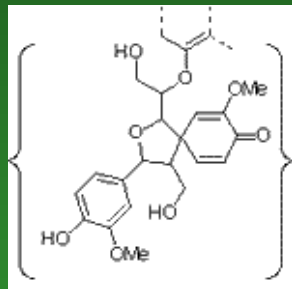
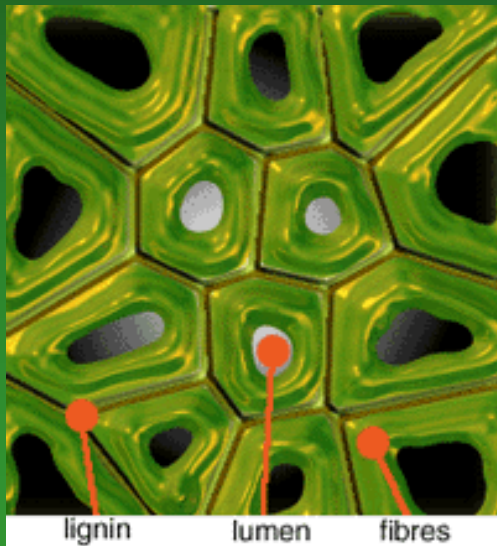
Působení gravitace, větru, sněhu, námrazy, býložravců

Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?

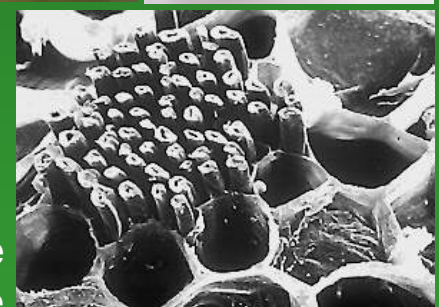
☹️ Působení gravitace, větru, sněhu, námrazy, býložravců

😊 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

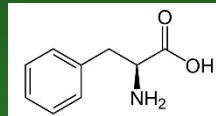
Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?

☹️ Působení gravitace, větru, sněhu, námrazy, býložravců

😊 Zvýšení konstrukční pevnosti

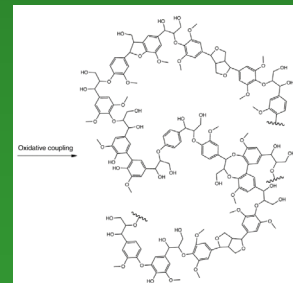
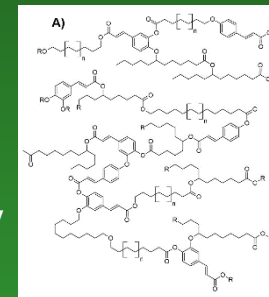
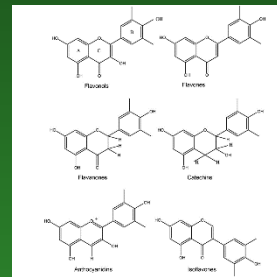
(1a) **lignin** – jeho biosyntéza vychází z metabolických drah na jejichž počátku je

L-fenylalanin

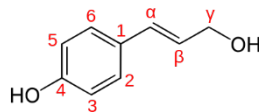


Fenylpropanoidy

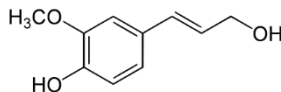
= deriváty fenylpropanu
= prekurzory ligninu



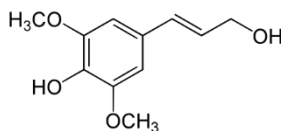
p-kumarylalkohol



koniferylalkohol



sinapylalkohol



– biosyntéza flavonoidů
= ochrana před UV, antioxidanty

– biosyntéza sporopoleninu
= ochrana spór před vysycháním

– biosyntéza ligninu
= opora

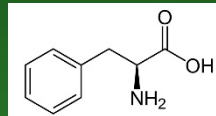
Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?

☹️ Působení gravitace, větru, sněhu, námrazy, býložravců

😊 Zvýšení konstrukční pevnosti

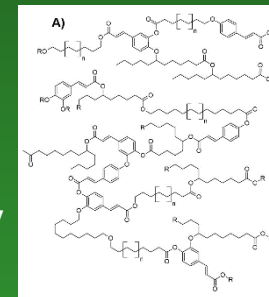
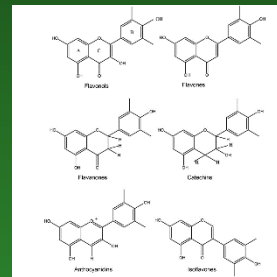
(1a) **lignin** – jeho biosyntéza vychází z metabolických drah na jejichž počátku je

L-fenylalanin

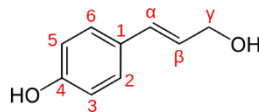


Fenylpropanoidy

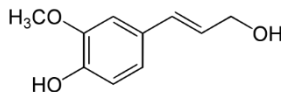
= deriváty fenylpropanu
= prekurzory ligninu



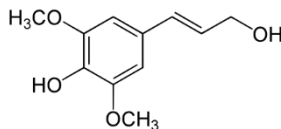
p-kumarylalkohol



koniferylalkohol



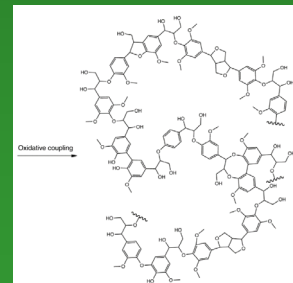
sinapylalkohol



– biosyntéza flavonoidů
= ochrana před UV, antioxidanty

– biosyntéza sporopoleninu
= ochrana spór před vysycháním

– biosyntéza ligninu
= opora



Z metabolické dráhy pro ochranu před UV se vyvinula dráha pro tvorbu sporopoleninu a ligninu

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

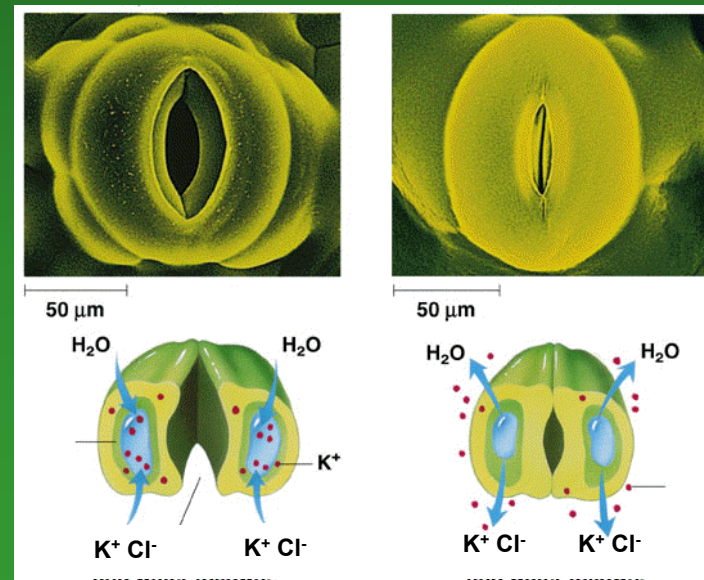


Průduchy:

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?

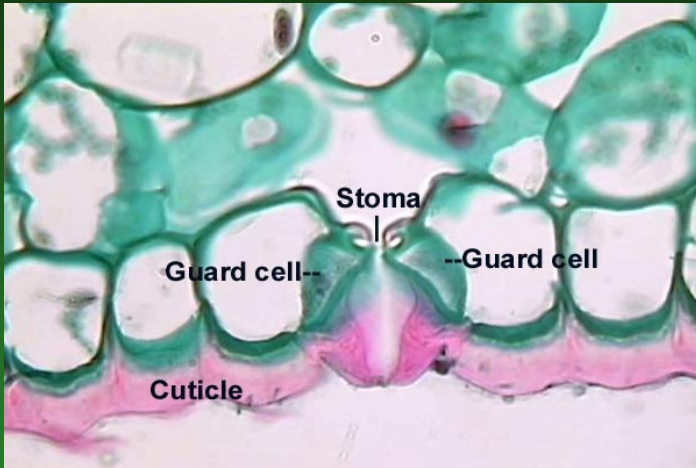


Sucho



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



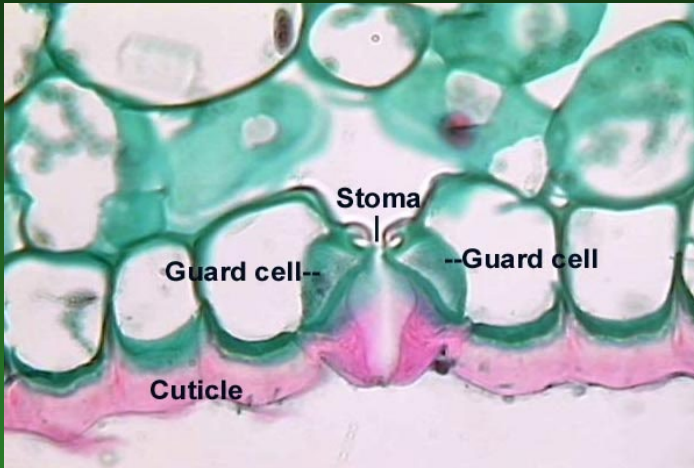
Kutikula

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.

– brání také rostlinu proti houbovým a bakteriálním patogenům

– zčásti působí i jako filtr proti UV záření

– homology genů pro syntézu kutinu poprvé patrně až u sesterské linie terestrických rostlin – Zygnematophyceae (u jiných Charofyt naopak nezjištěny)



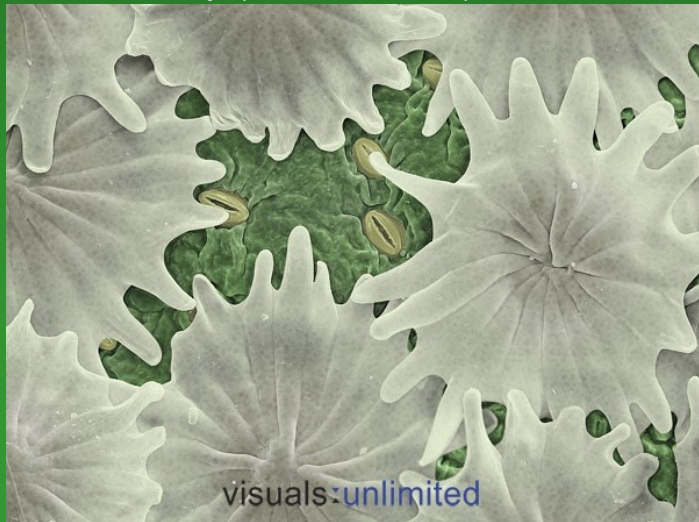
Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



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

= vrstva buněk, která se tvorbou gamet ani oplození neúčastní – homologická s epidermis;



antheridium



archegonium



Poprvé už u
parožnatek



Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?



Sucho

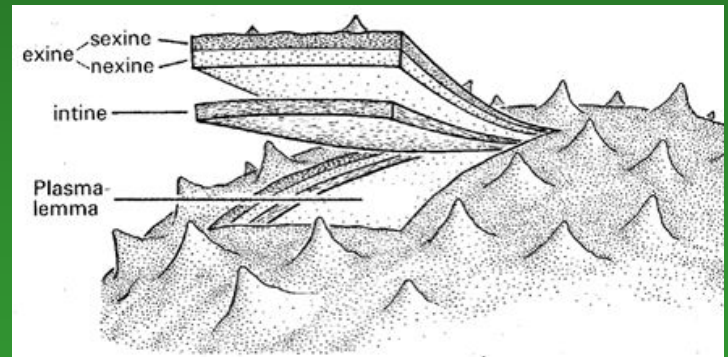
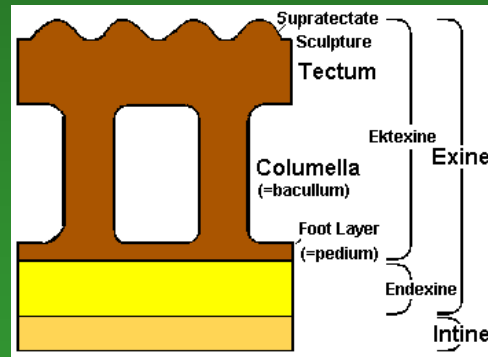
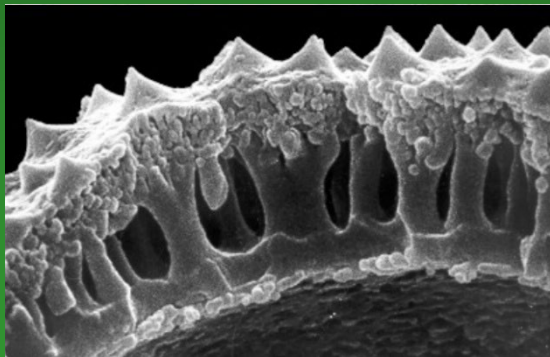


Rezistentní obal spór / pylu

– 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

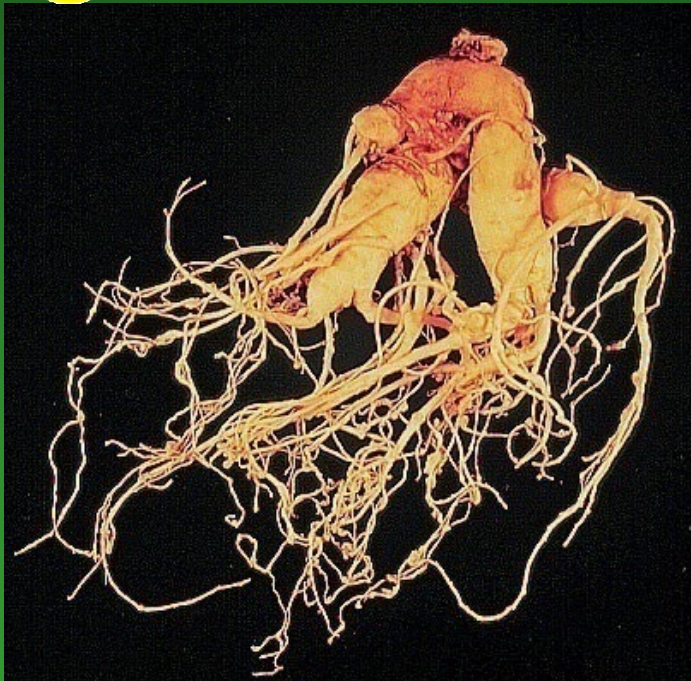
Jak se rostliny s podmínkami souše vyrovnaly?

☹️ ztráta možnosti přijímat živiny celým povrchem těla

příjem a vedení živin ve vodním roztoku z půdy zajišťují

😊 kořeny a kořenové vlášení (nemají kutikulu) / rhizoidy

😊 vodivá pletiva



xylem - tracheida intercelulára xylem - trachea

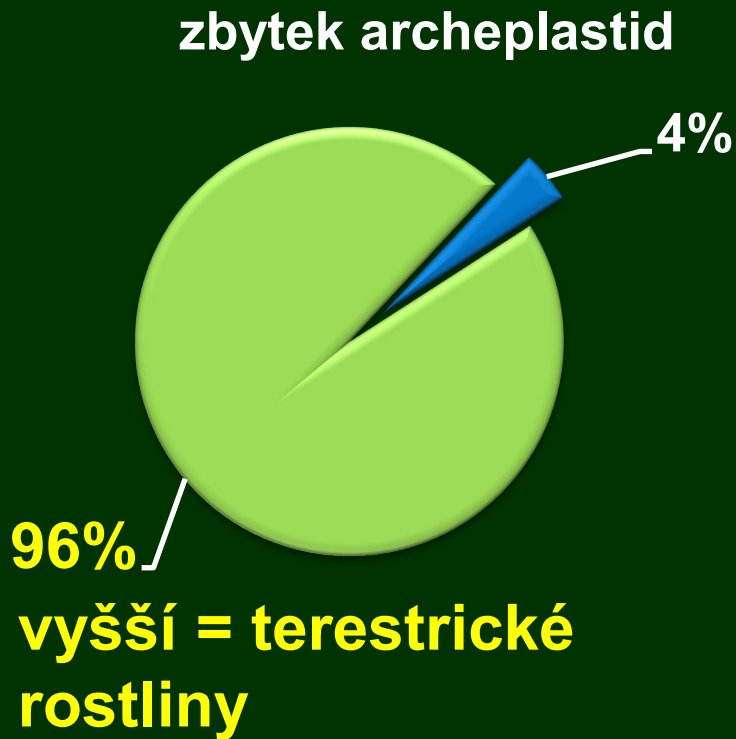


sklerenchym

floem

Fylogenetický důsledek úspěšné terestrializace = velká druhová divergence vyšších rostlin

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



Počty popsáných druhů v hlavních liniích říše *Archaeplastida*

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

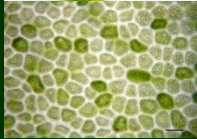
vyšší rostliny 298000

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

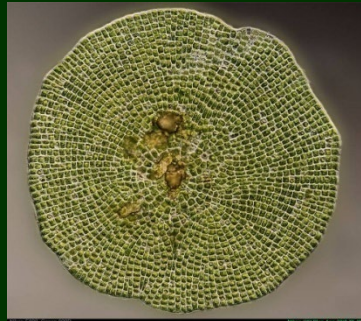
= „zesložiténí“ struktury = vznik pletiv a orgánů tvořících tělo (cormus)

vyšší rostliny proto nazývány též **Cormophyta**

Vodní prostředí = strukturně homogenní stélka řas



Ulva,
Chlorophyta



Coleochaete,
Charophyta



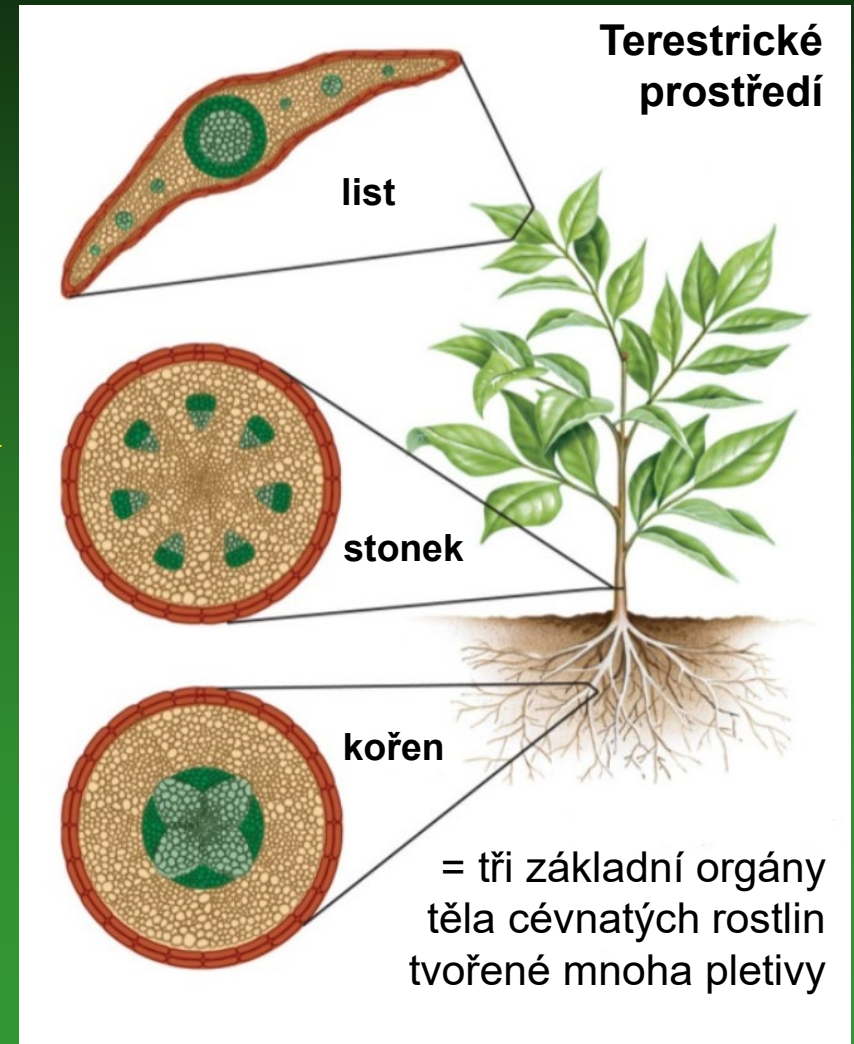
Porphyra suborbiculata
Univ Tsukuba



Dictyota,
Phaeophyta



Porphyra, *Rhodophyta*



Důsledek terestrializace – **evoluce komplexity**

Vztah mezi velikostí a komplexitou rostlinné stavby

Největší bezcévné

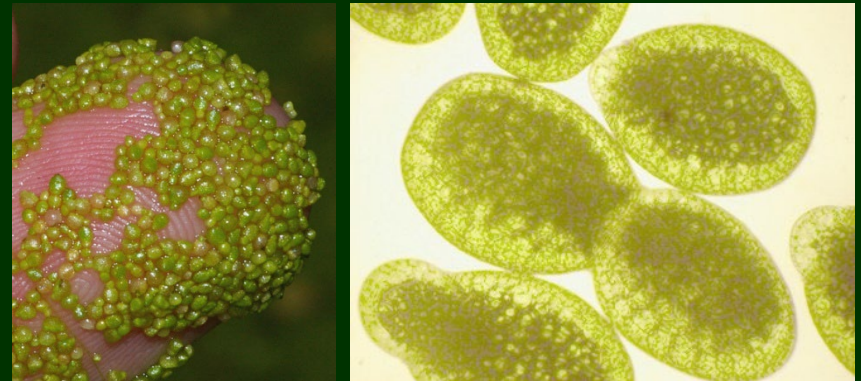
Drobné mechy ve vlhku „nepotřebují“ složitější anatomii. Avšak čím jsou větší, tím mají anatomickou stavbu složitější.



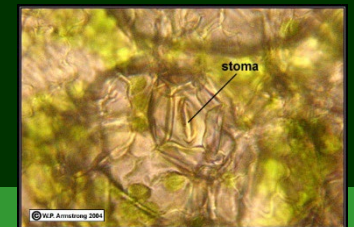
U největších mechů – ploníků – se vyvinuly „cévní svazky“ s „xylemem“ s hydroidami a „floemem“ s leptoidami.

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 – okřešky 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**

Kromě vyšších (terestrických) rostlin mají všechny ostatní streptofyty haplo(bio)ntní životní cyklus:

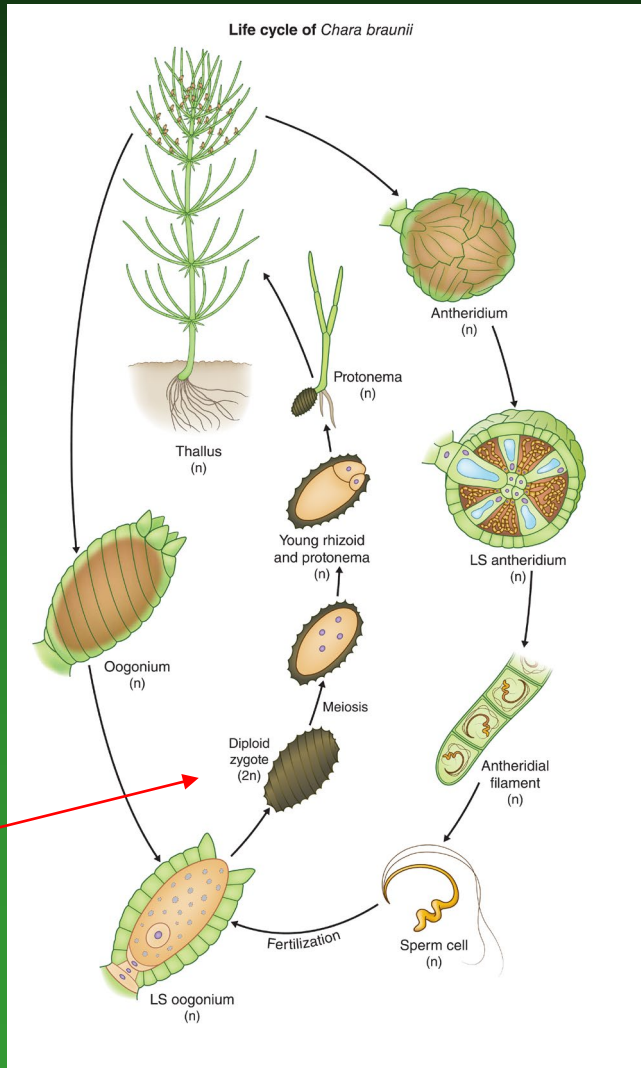
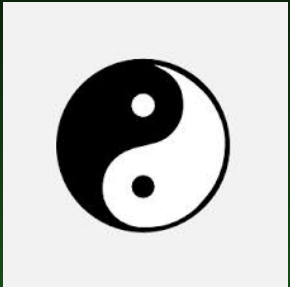
jen zygota je diploidní, vše ostatní v cyklu je haploidní

Haplodiplontní životní cyklus vznikl i u ruduch nebo zelených řas nebo u hnědých řas, u streptofytů, ale jen jednou při terestrializaci to sehrálo klíčovou roli

V evoluci je důležitá i náhoda !

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**

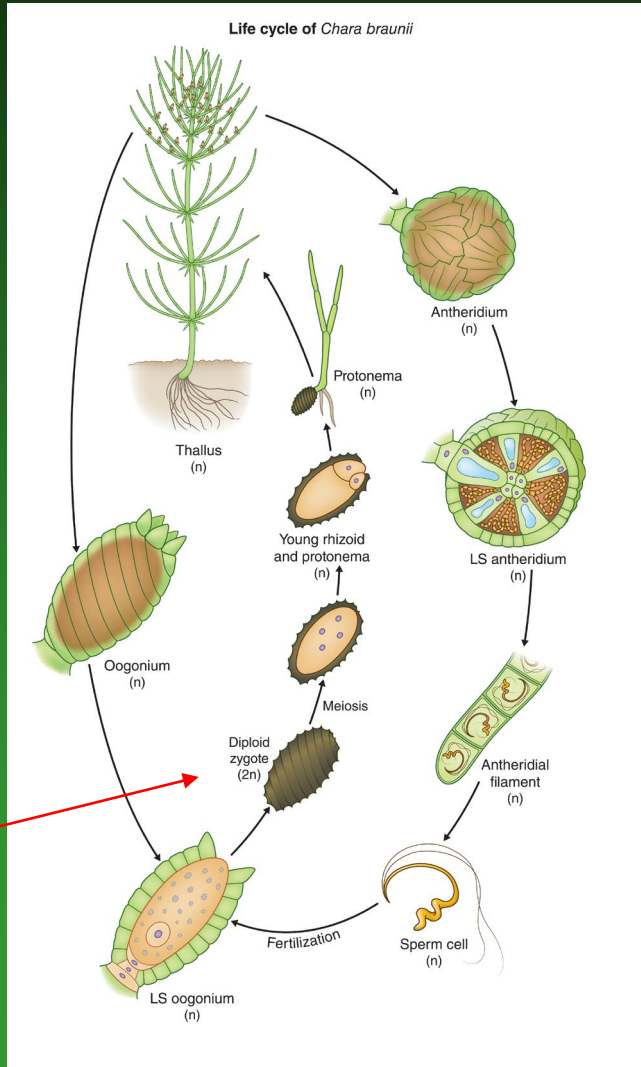
dominace sporofytu v životním cyklu u odvozenějších linií roste
= role fází rodozměny se v evoluci postupně „překlápí“!



Sesterská linie
parožnatek má v
životním cyklu
diploidní jen zygotu

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**

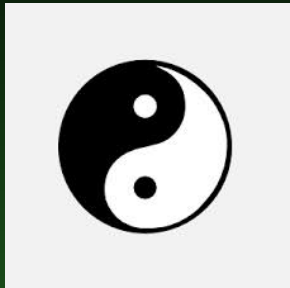
dominace sporofytu v životním cyklu u odvozenějších linií rostl
= role fází rodozměny se v evoluci postupně „překlápí“!



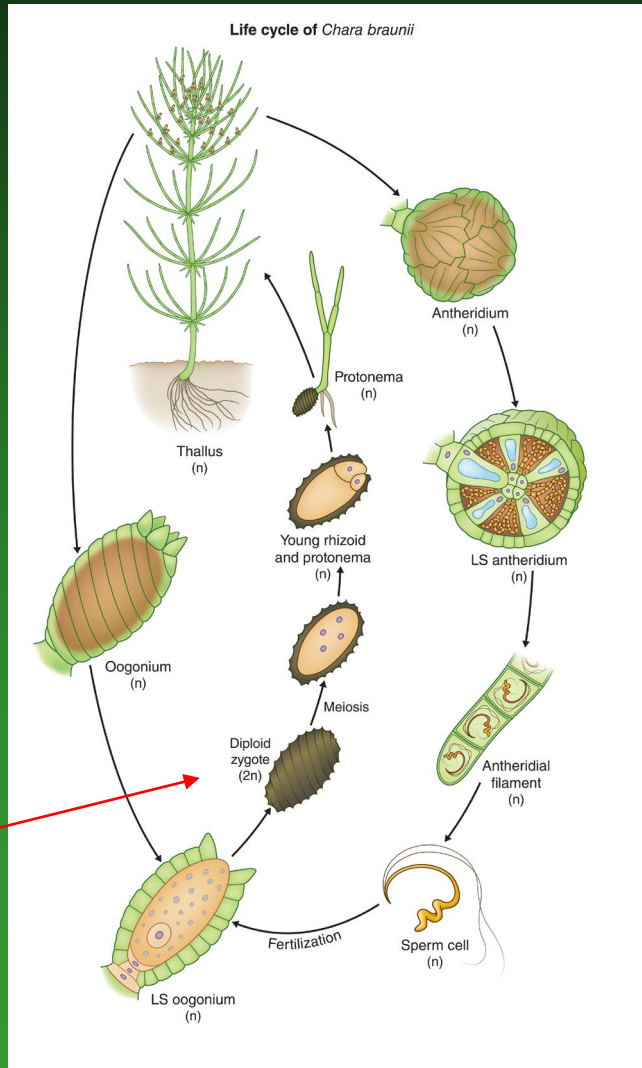
Sesterská linie
parožnatek má v
životním cyklu
diploidní jen zygotu

Zygota obalena
sporopoleninem se
šíří, teprve pak
meioza

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**



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



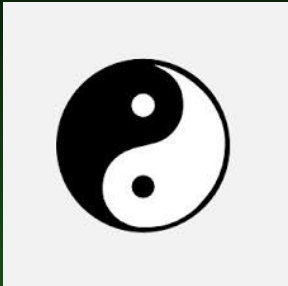
Pokud by se zygota několikrát mitoticky dělila a teprve pak meioticky vytvořila (mnohem více) spór,

mohla by to být selektivní výhoda při šíření, zejména v terestrickém prostředí

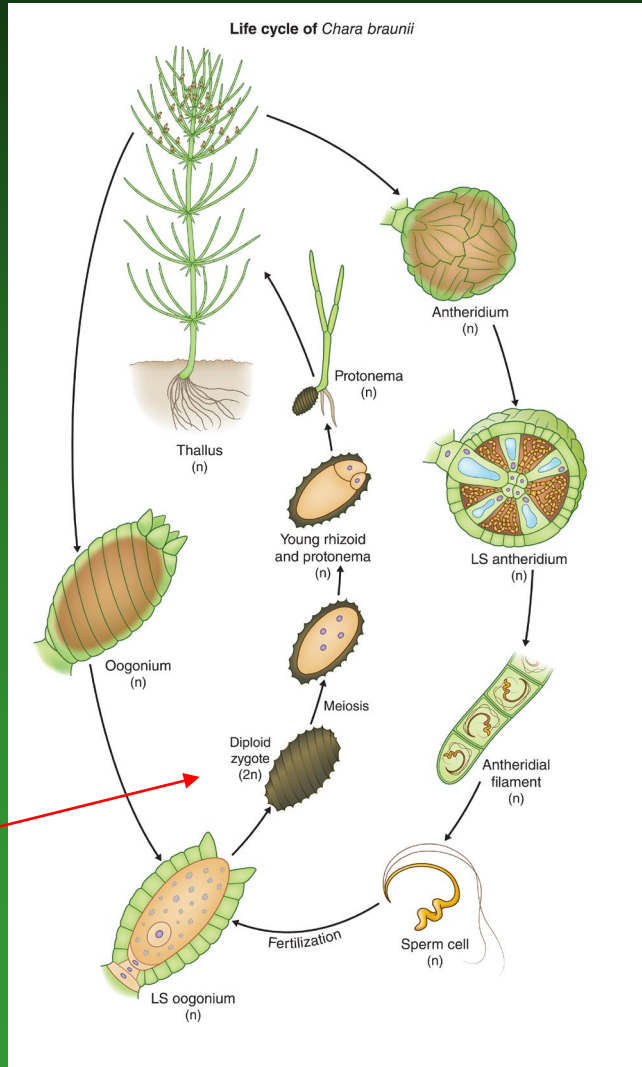
Sesterská linie parožnatek má v životním cyklu diploidní jen zygotu

Zygota obalena sporopoleninem se šíří, teprve pak meioza

Důsledek terestrializace – **evoluce životního cyklu**

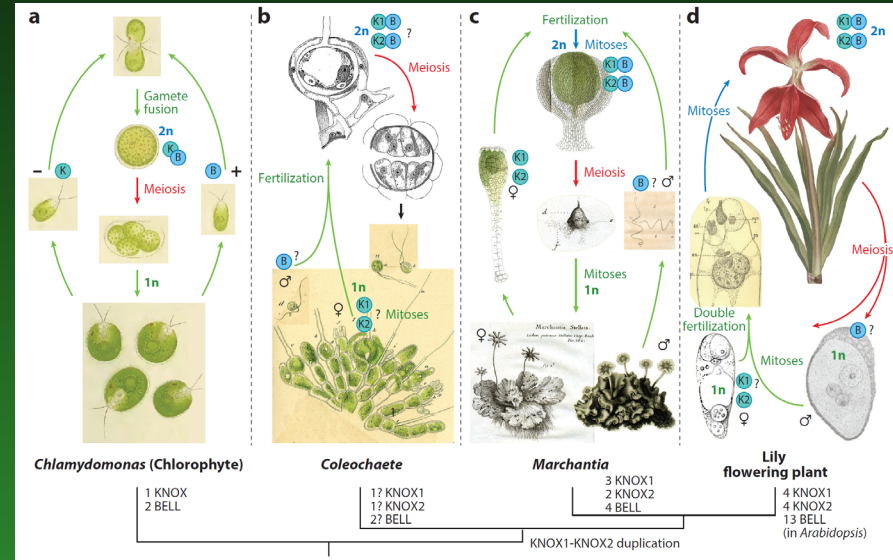


dominace sporofytu v životním cyklu u odvozenějších linií roste
= role fází rodozměny se v evoluci postupně „překlápí“!



Sesterská linie
parožnatek má v
životním cyklu
diploidní jen zygotu

Zygota obalena
sporopoleninem se
šíří, teprve pak
meioza



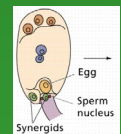
Už u zelených řas regulují vznik sporofytu/zygoty stejné
strukturní geny:
KNOX (exprimuje se v samičí gametě)
BELL (exprimuje se v samčí gametě).

Při splynutí gamet vznikne kombinací těchto dvou
podjednotek heterodimer, který jako transkripční faktor
nasedne na regulační oblast genu jehož expresí je
spuštěn „program“ pro tvorbu zygoty a případný její další
diferenciaci ve sporofyt nebo meiotické dělení.

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

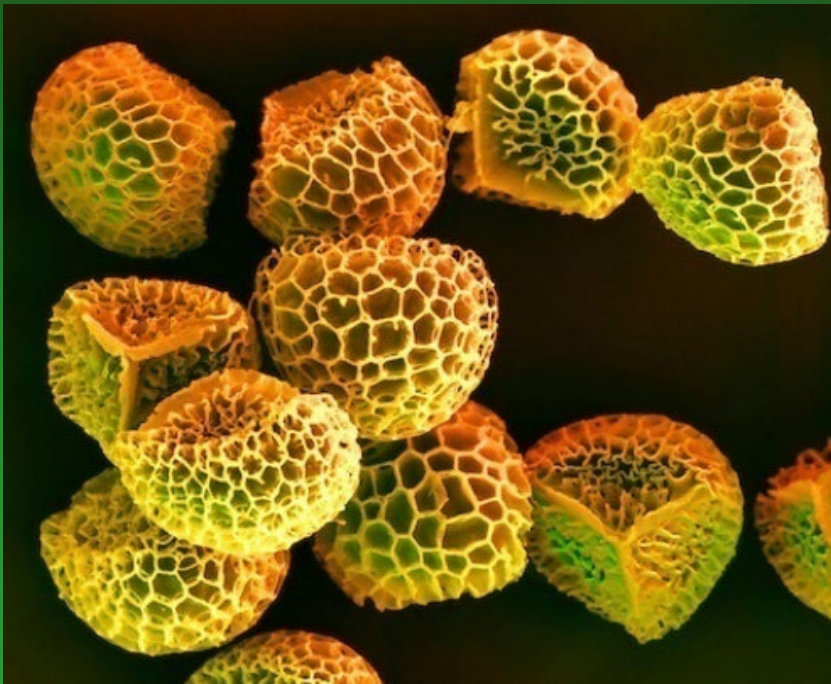


Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

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



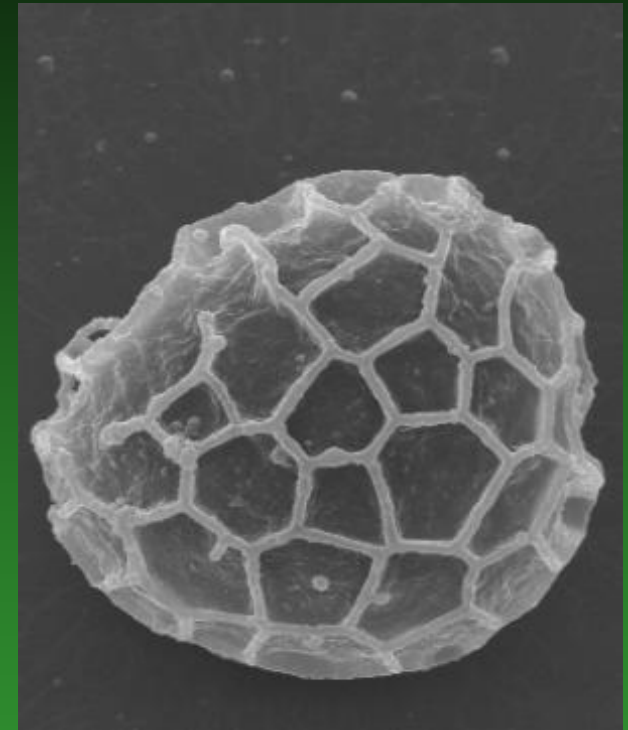
Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

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*

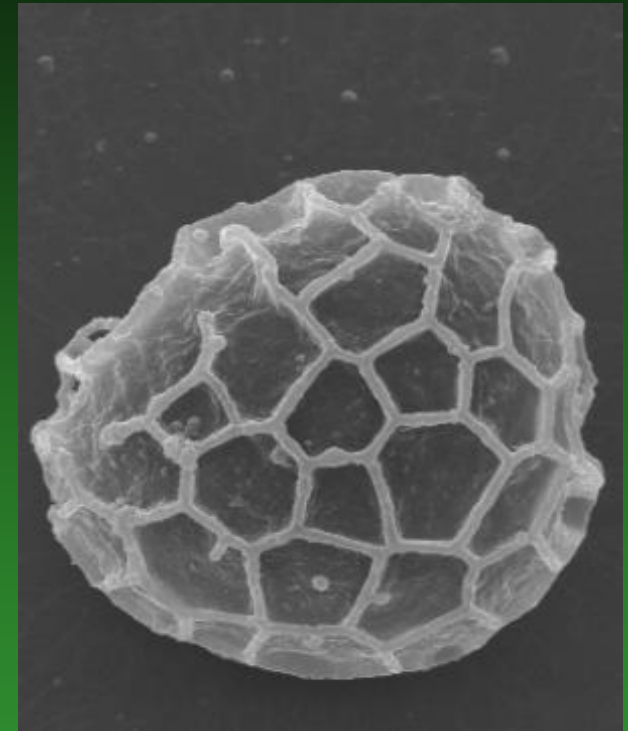
Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

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!“

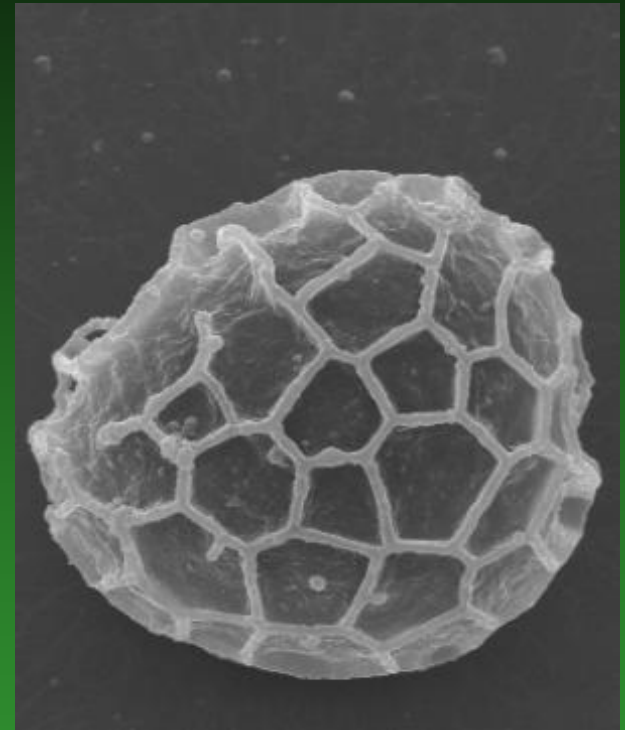
Důsledek terestrializace – **evoluce semennosti**

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 – **terestrické ekosystémy**

Vyšší rostliny tvoří jejich kostru

Biomasa – terestrické ekosystémy
rostliny : živočichové
1000 : 1



Biomasa – mořské ekosystémy:
rostliny : živočichové
1 : 30



Důsledek terestrializace – **terestrické ekosystémy**

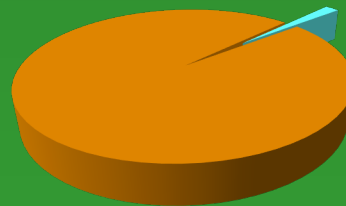
Vyšší rostliny tvoří jejich kostru

Biomasa – terestrické ekosystémy
rostliny : živočichové
1000 : 1

Biomasa – mořské ekosystémy:
rostliny : živočichové
1 : 30



Terestrická biomasa
550 miliard tun



Oceanická biomasa
10 miliard tun

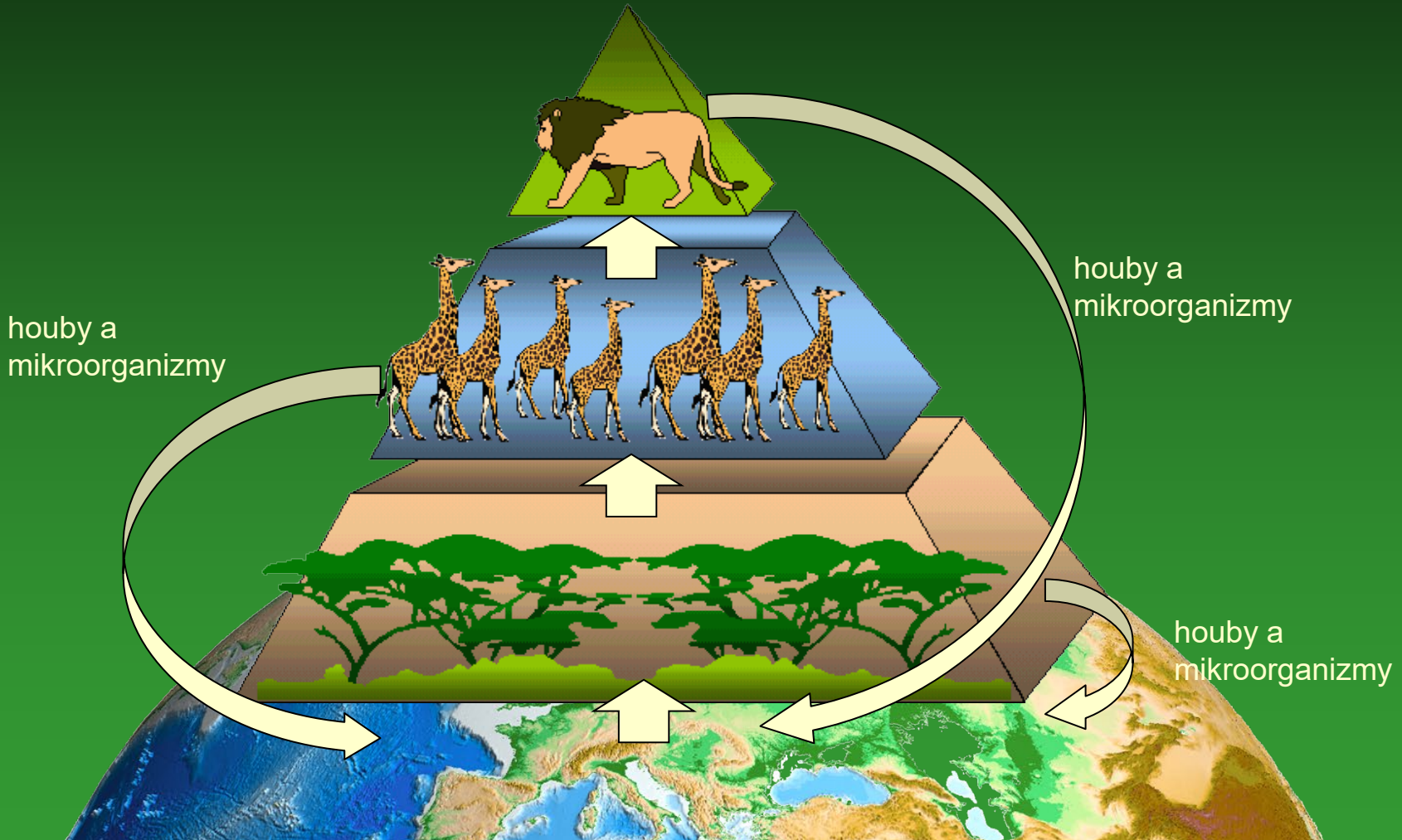
Důsledek terestrializace – **terestrické ekosystémy**

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



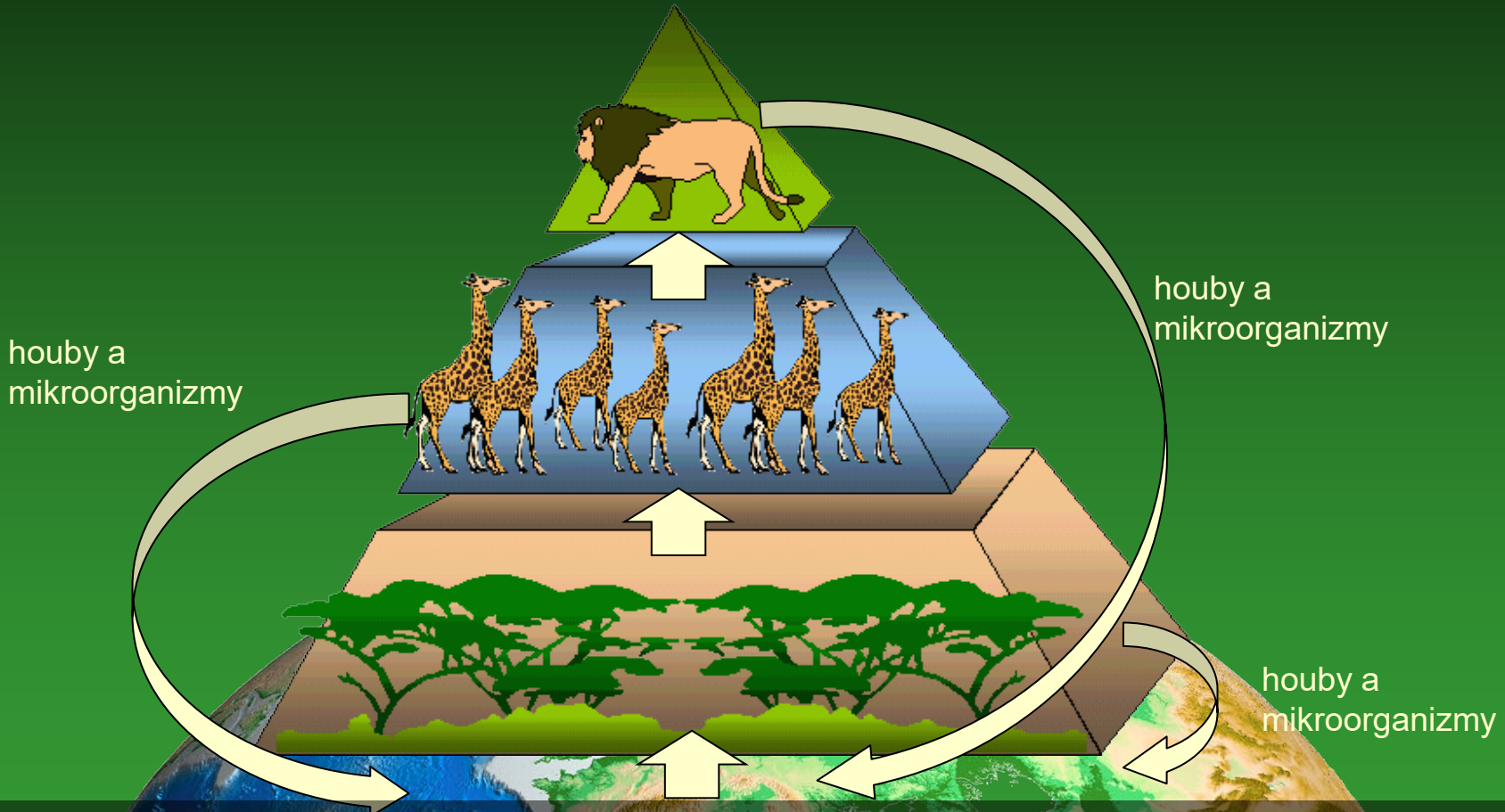
Důsledek terestrializace – **terestrické ekosystémy**

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



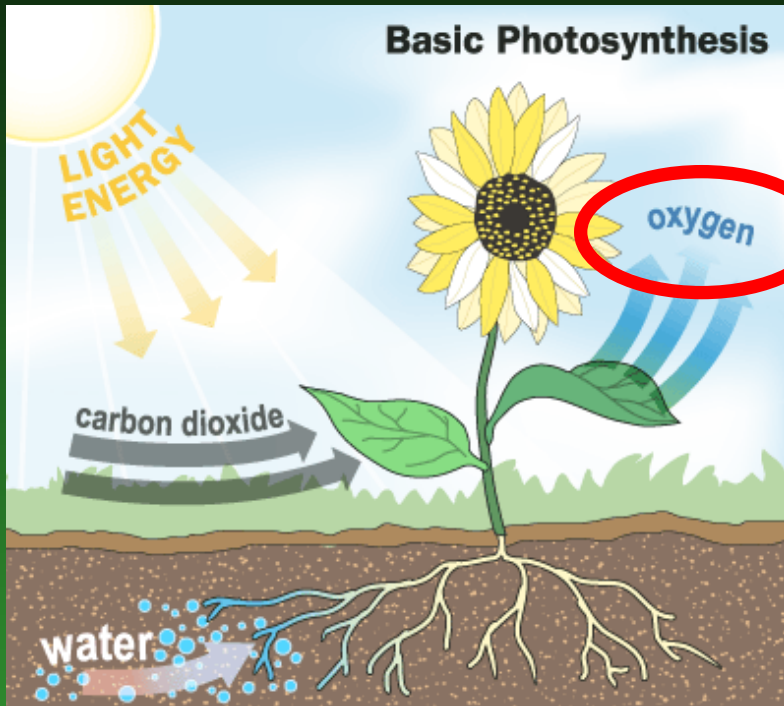
Důsledek terestrializace – **terestrické ekosystémy**

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



Terestrializace rostlin globálně změnila atmosférické a hydrologické cykly a transformovala erozní procesy kontinentů

Důsledek terestrializace – **stabilita atmosféry**

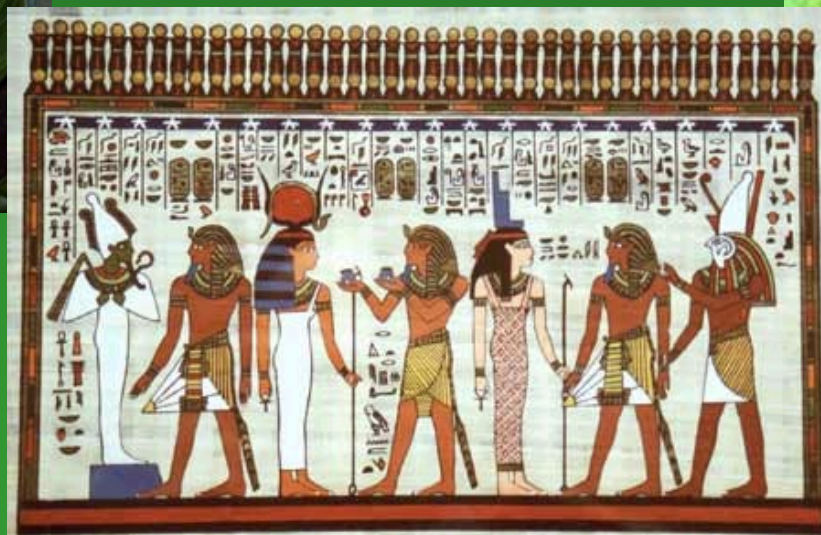


Mají zásadní podíl na tvorbě kyslíku v atmosféře

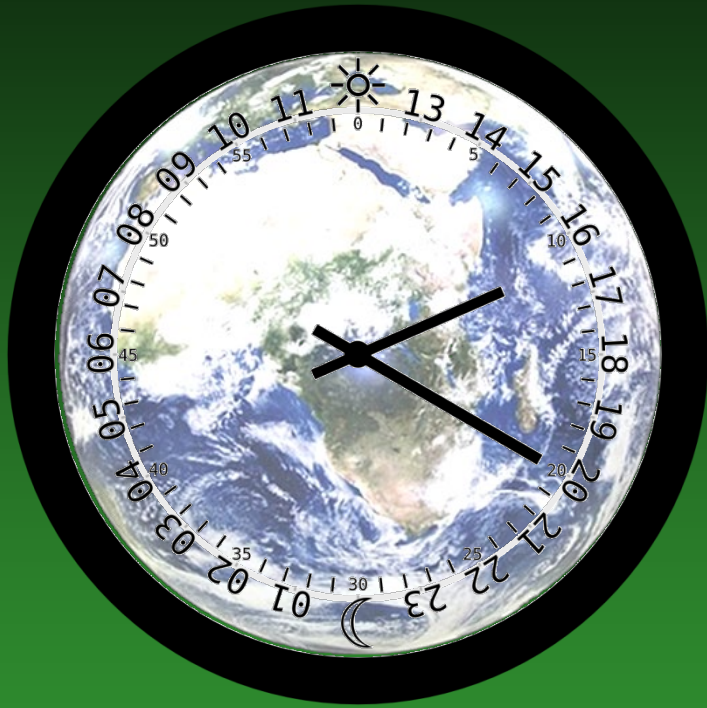
Na druhé straně vzrůst podílu kyslíku v atmosféře, vlivem řas a sinic, byl limitujícím faktorem terestrializace a tedy i vzniku vyšších rostlin a diverzifikace terestrických živočichů, především obojživelníků, plazů, savců a hmyzu.

Vyšší rostliny ve vztahu k člověku

Měly klíčovou roli ve vývoji lidské civilizace



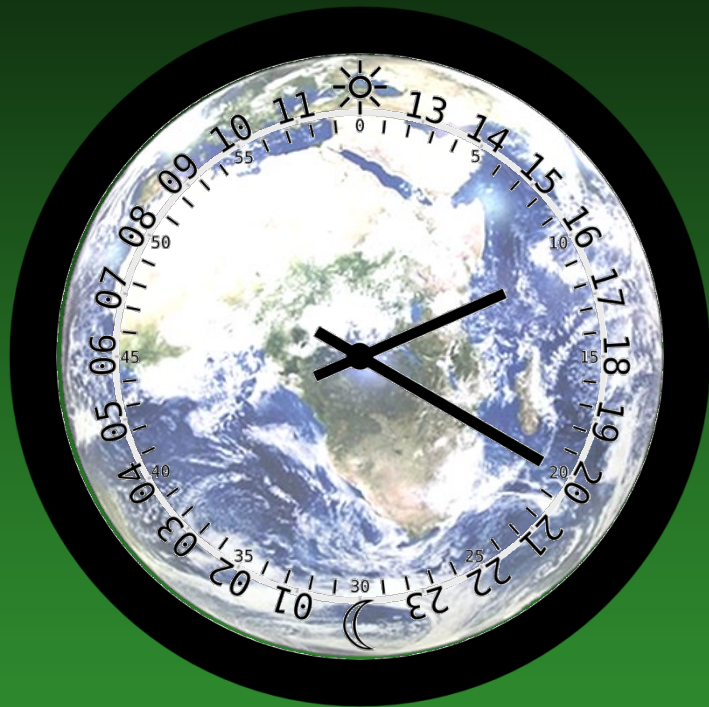
Shrnutí na časové škále: **věk Země 4,5 mld. let = 24 hodin**



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

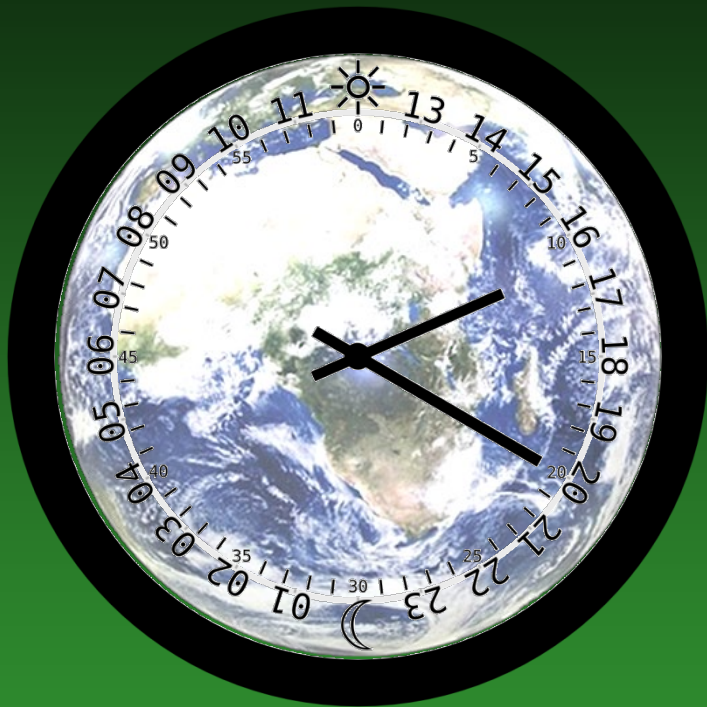
4 mld. BC.

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.

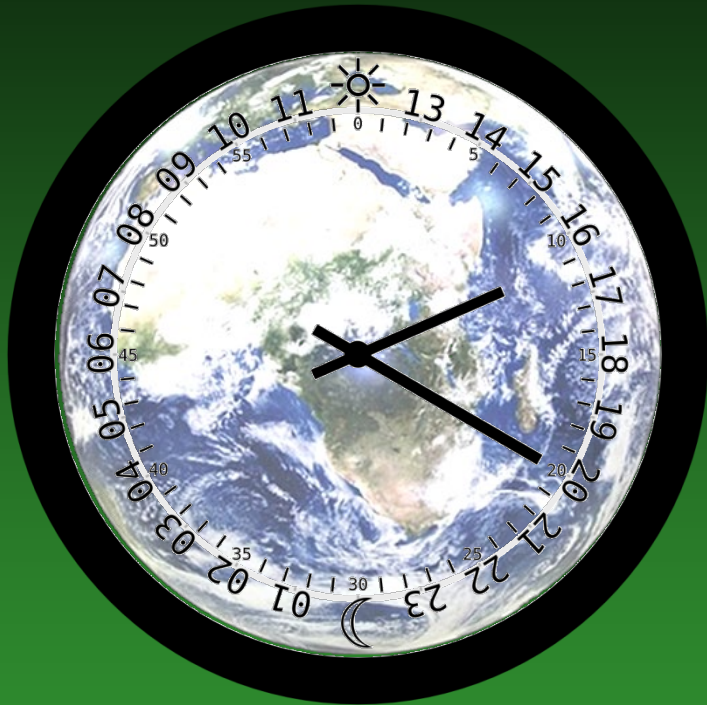
5:20 vznik života 3,5 mld. BC.

21:30 vyšší rostliny 480 mil. BC.

terestrializace
rostlin



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

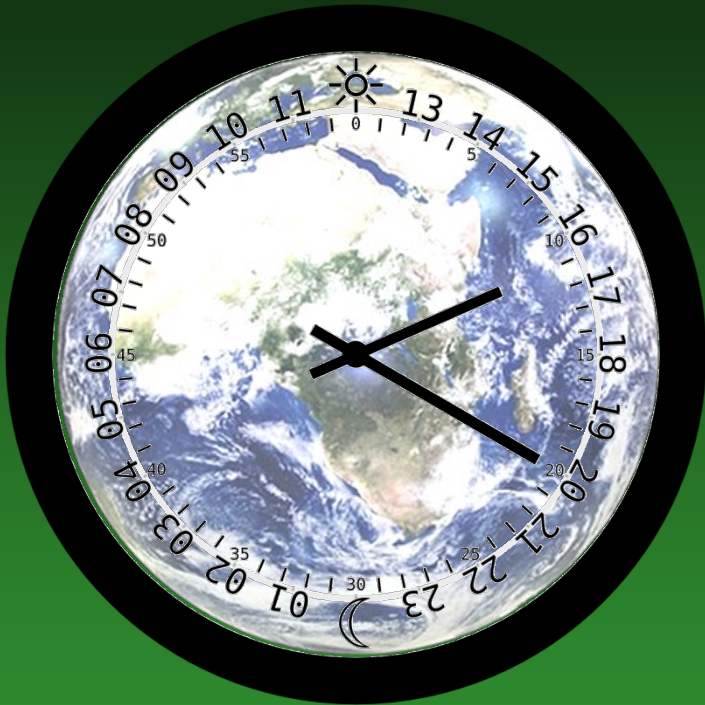


2:40	zemská kůra	4 mld. BC.
5:20	vznik života	3,5 mld. BC.
10:40	<i>Eukarya</i>	2,5 mld. BC.

terrestrializace
rostlin

21:30 **vyšší rostliny** **480 mil. BC.**

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



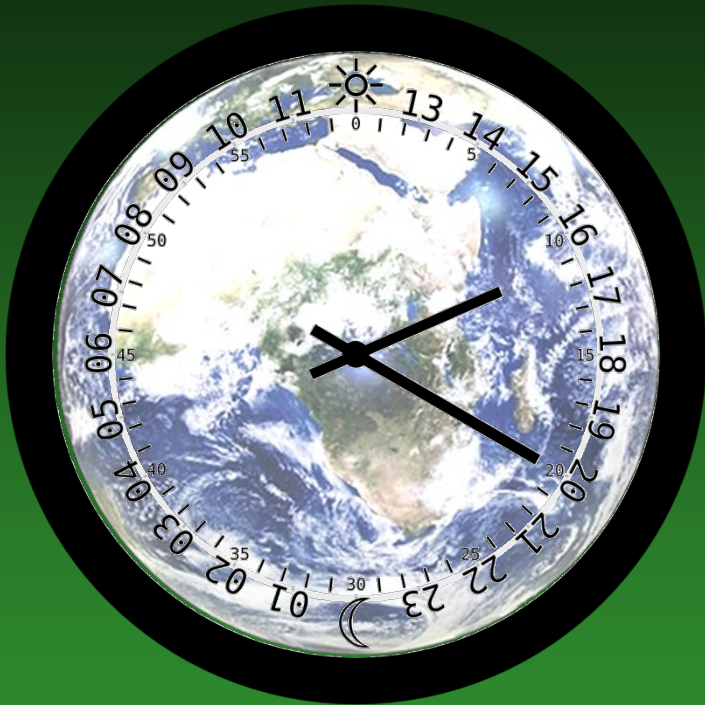
2:40	zemská kůra	4 mld. BC.
5:20	vznik života	3,5 mld. BC.
10:40	<i>Eukarya</i>	2,5 mld. BC.
11:12	kyslíková atmosféra	2,4 mld. BC.

21:30 vyšší rostliny 480 mil. BC.

terestrializace
rostlin



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

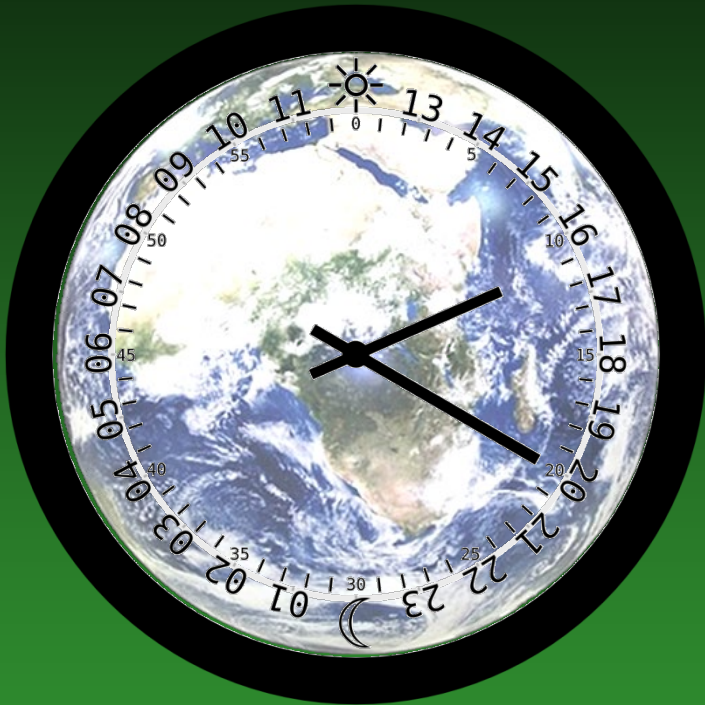


2:40	zemská kůra	4 mld. BC.
5:20	vznik života	3,5 mld. BC.
10:40	<i>Eukarya</i>	2,5 mld. BC.
11:12	kyslíková atmosféra	2,4 mld. BC.
14:20	<i>Archaeplastida</i>	1,8 mld. BC.
21:30	vyšší rostliny	480 mil. BC.

terestrializace
rostlin



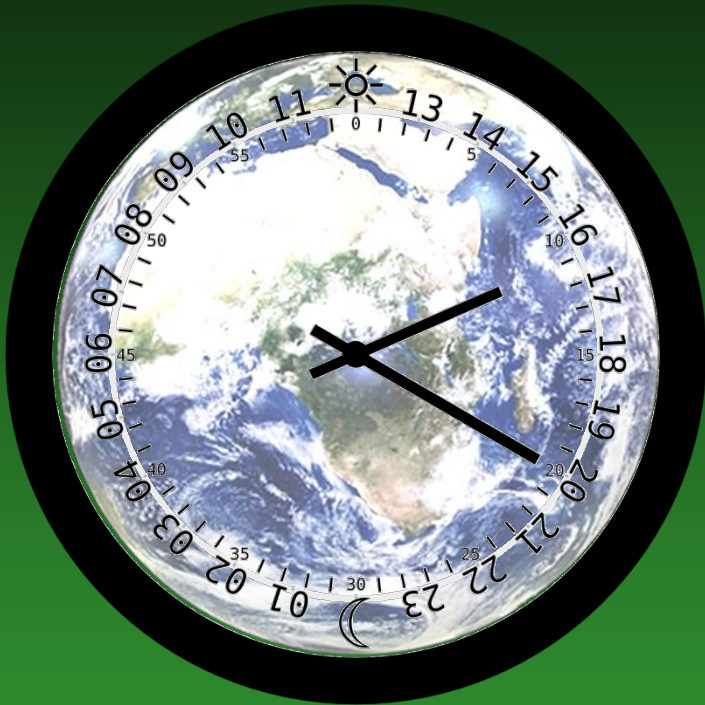
Shrnutí na časové škále: **věk Země 4,5 mld. let = 24 hodin**



**terestrializace
rostlin**

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.

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