

Evolve rostlinné buňky

- Vznik a evoluce eukaryotních organismů
 - strom (kruh, síť...) života
 - zařazení rostlin v rámci eukaryot
- Endosymbiotický vznik organel
 - mitochondrie
 - plastidy - primární (a sekundární) endosymbiosa
- Genomové duplikace – mocný nástroj evoluce

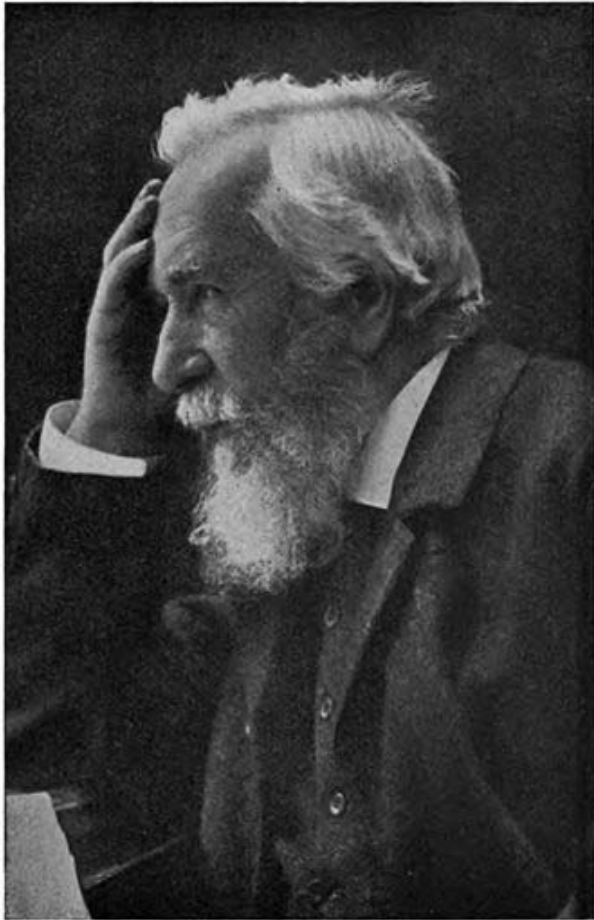
Strom života



Berthold Furtmeyer: Baum des Todes und des Lebens, 1481



Pacino da Bonaguidi, Christ and the Tree of Life, 14th century



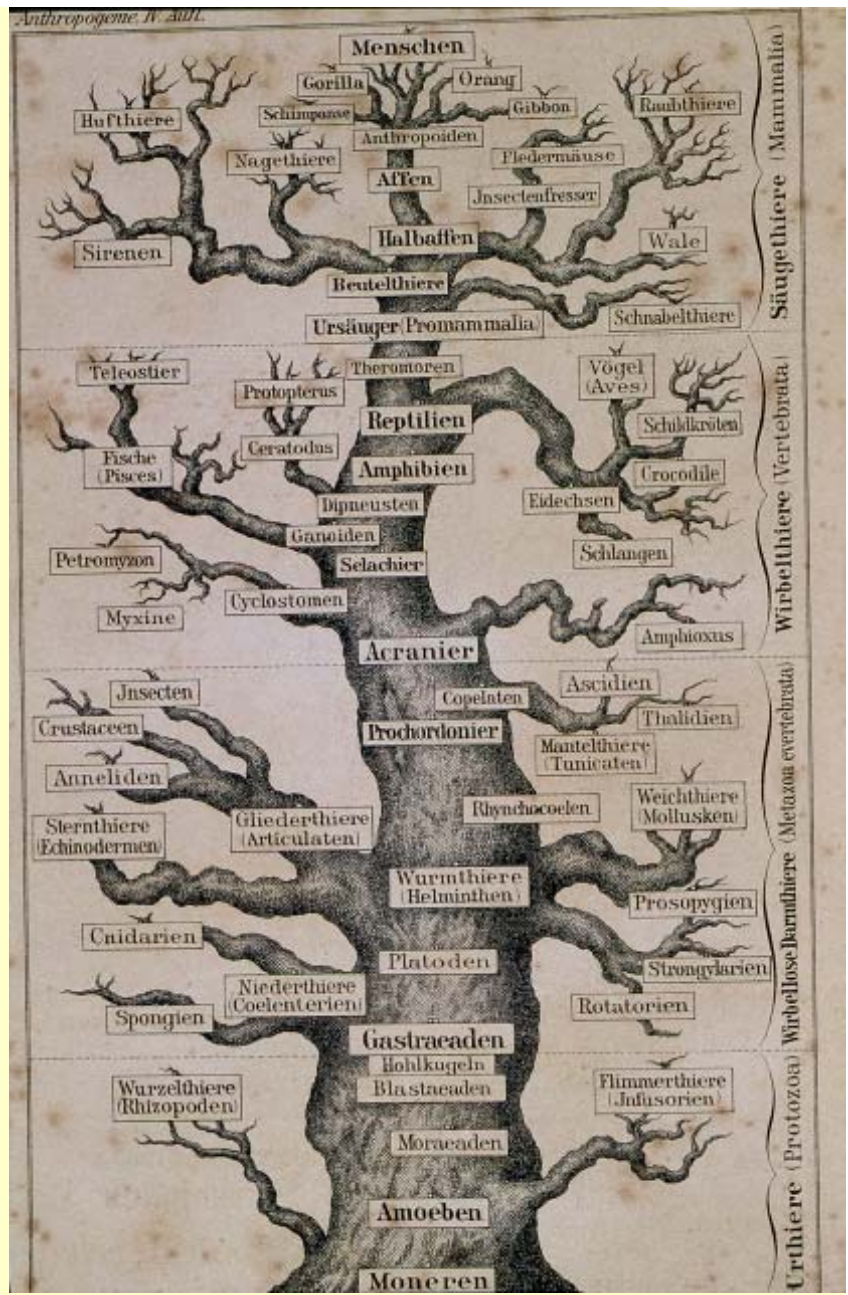
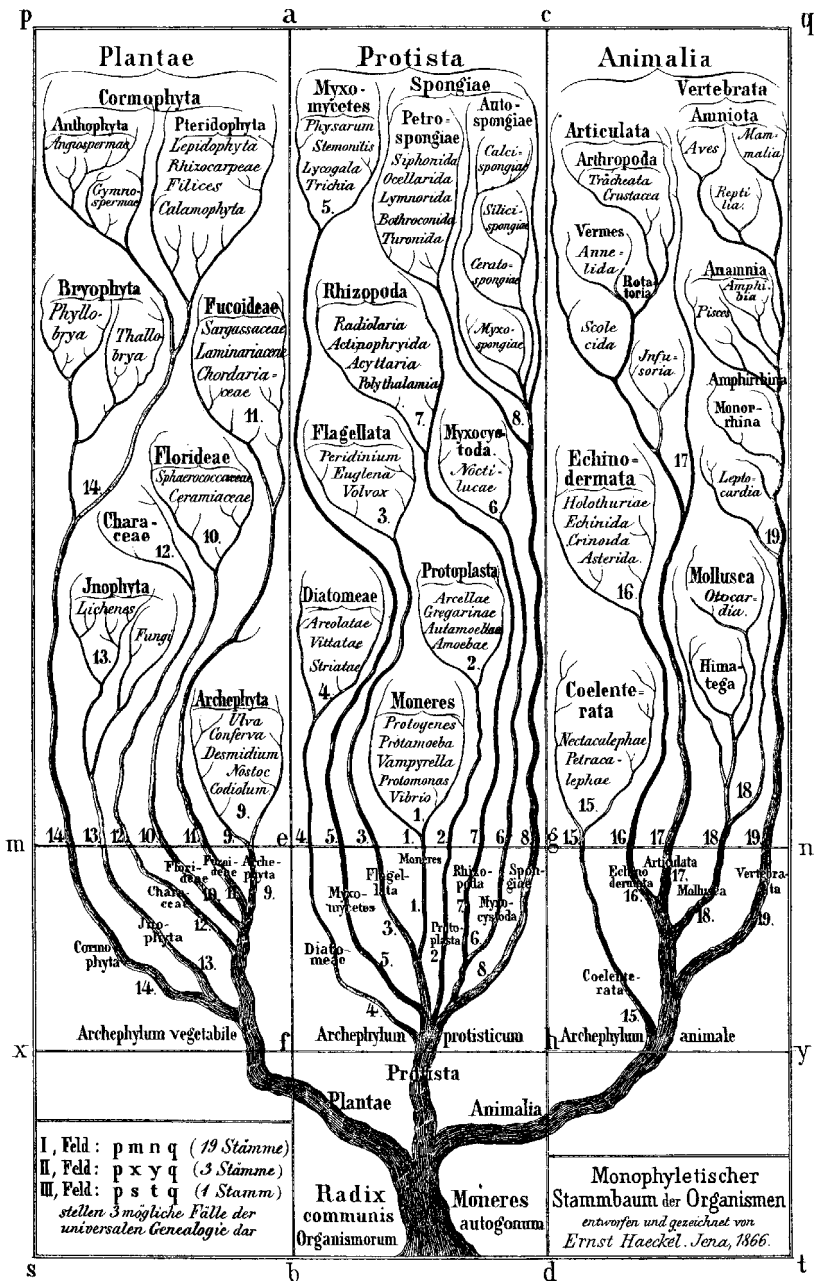
Ernst Haeckel

Ernst Haeckel

(1834-1919)

Zavedl mimo jiné pojem fylogeneze

“Ontogeneze opakuje fylogenezi”



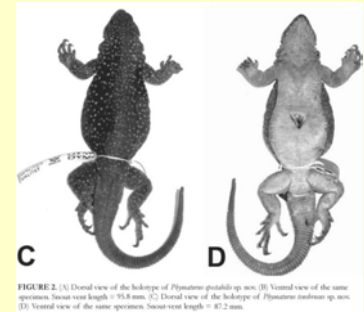
Jak ale doopravdy vypadá „strom života“?



... a jak se to zjišťuje?

Studium evolučních vztahů

- morfologické znaky →
- biochemické analýzy (např. izoenzymy)
- molekulární analýzy
 - 16S RNA
 - Geny kodující proteiny
 - Celé genomy
 - Genové fúze
 - Další (AFLP atp.)



Tradiční členění organismů

(Whittaker 1969)

- Monera (prokaryotes)/Bacteria + Archaea
- Animalia (Metazoa)
- **Plantae**
- Fungi
- Protista

ALE: skupiny nejsou monofyletické.

(„Protista“ jsou sběrná skupina pro to, co se jinde nehodí.
Některá jsou také zelená.)

Studium evolučních vztahů

- morfologické znaky
- biochemické analýzy (např. izoenzymy)
- molekulární analýzy
 - 16S RNA
 - Geny kodující proteiny
 - Celé genomy
 - Genové fúze
 - Další (AFLP atp.)

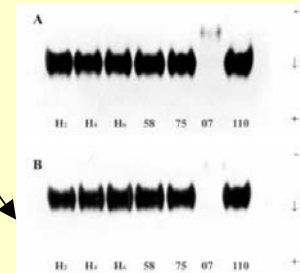
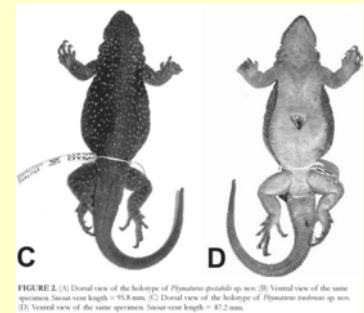
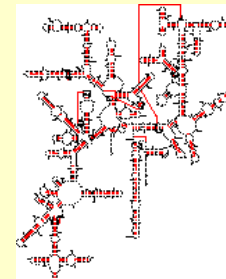


Figure 1. Polyacrylamide gel gradient electrophoresis (6-15%) for the detection of isoforms of the enzyme alkaline phosphatase in *Trichophyton* isolates. A) Intracellular phosphatase pattern. B) Extracellular phosphatase pattern. Stain = α -naphthylphosphate at pH 8.4.

16S ribosomal RNA



Woese et al., 1977: využití sekvencí RNA

Relationships between 16S ribosomal RNAs

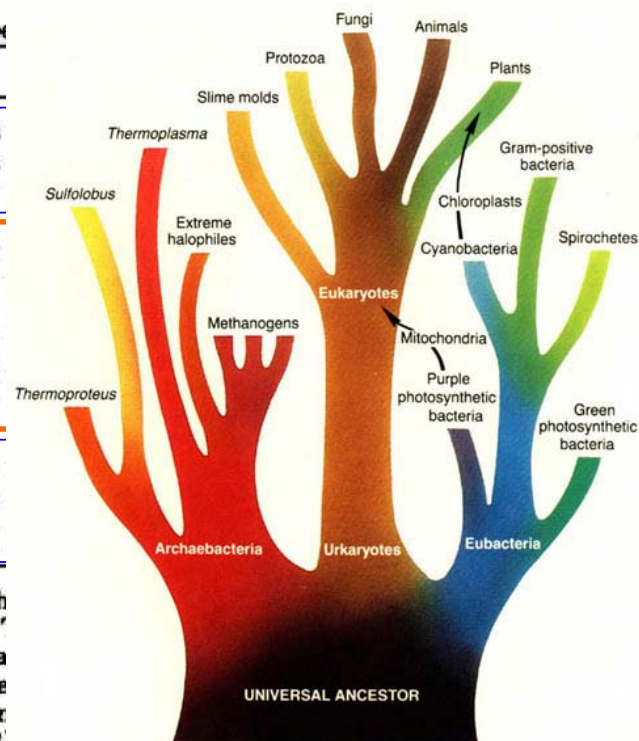
Evolution: Woese and Fox

Proc. Natl. Acad. Sci. USA 74 (1977) 5089

Table 1. Association coefficients (S_{AB}) between representative members

	1	2	3	4	5	6
1. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , 18S	—	0.29	0.33	0.05	0.06	0.08
2. <i>Lemna minor</i> , 18S	0.29	—	0.36	0.10	0.05	0.06
3. L cell, 18S	0.33	0.36	—	0.06	0.06	0.07
4. <i>Escherichia coli</i>	0.05	0.10	0.06	—	0.24	0.25
5. <i>Chlorobium vibrioforme</i>	0.06	0.05	0.06	0.24	—	0.22
6. <i>Bacillus firmus</i>	0.08	0.06	0.07	0.25	0.22	—
7. <i>Corynebacterium diphtheriae</i>	0.09	0.10	0.07	0.28	0.22	0.34
8. <i>Aphanocapsa</i> 6714	0.11	0.09	0.09	0.26	0.20	0.26
9. Chloroplast (<i>Lemna</i>)	0.08	0.11	0.06	0.21	0.19	0.20
10. <i>Methanobacterium thermoautotrophicum</i>	0.11	0.10	0.10	0.11	0.06	0.11
11. <i>M. ruminantium</i> strain M-1	0.11	0.10	0.10	0.12	0.07	0.13
12. <i>Methanobacterium</i> sp., Cariaco-isolate JR-1	0.08	0.13	0.09	0.07	0.06	0.06
13. <i>Methanosarcina barkeri</i>	0.08	0.07	0.07	0.12	0.09	0.12

The 16S (18S) ribosomal RNA from the organisms (organelles) listed were digested with to two-dimensional electrophoretic separation to produce an oligonucleotide fingerprint. They were then sequenced by established procedures (13, 14) to produce an oligonucleotide catalog (22, 23; unpublished data). Comparisons of all possible pairs of such catalogs defines a set $2N_{AB}/(N_A + N_B)$, in which N_A , N_B , and N_{AB} are the total numbers of nucleotides in sequence A, in that for organism B, and in the interreaction of the two catalogs, respectively (13, 23).



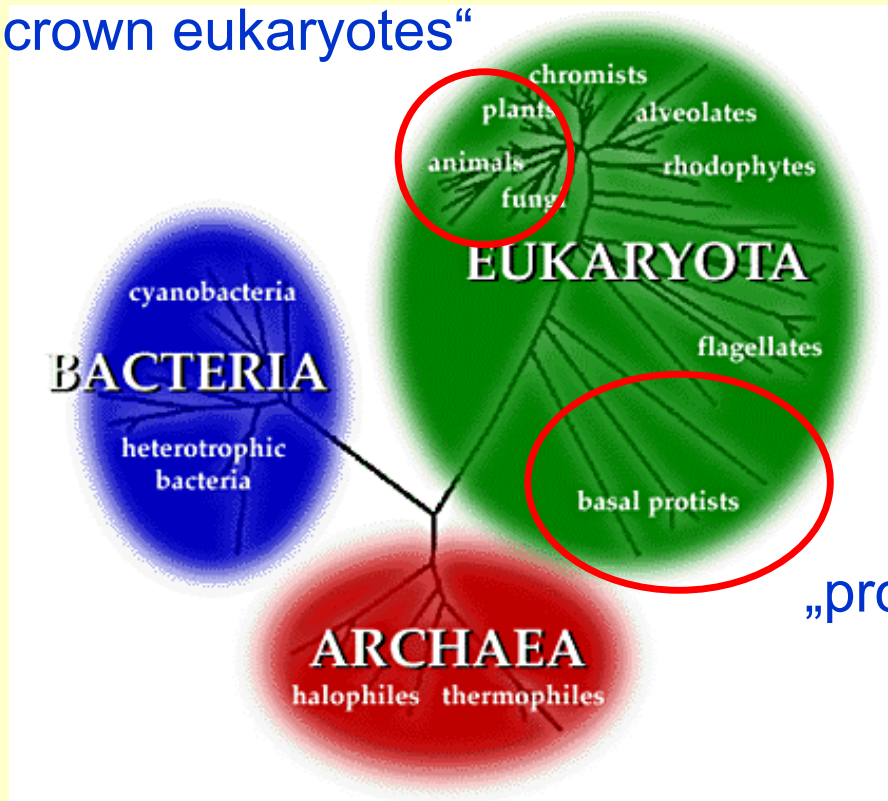
after Woese CR, THE ORIGIN OF LIFE
CAROLINA BIOLOGY READERS, Copyright 1984

Distant relationships

Close relationships

Woese et al., 1990: využití sekvencí rDNA

„crown eukaryotes“



„protista“

Studium evolučních vztahů

- morfologické znaky
- biochemické analýzy (např. izoenzymy)
- molekulární analýzy
 - 16S RNA
 - Geny kodující proteiny
 - Celé genomy
 - Genové fúze
 - Další (AFLP atp.)

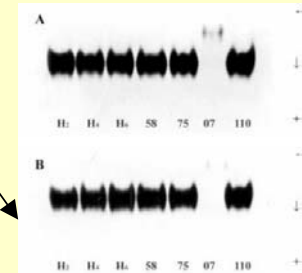
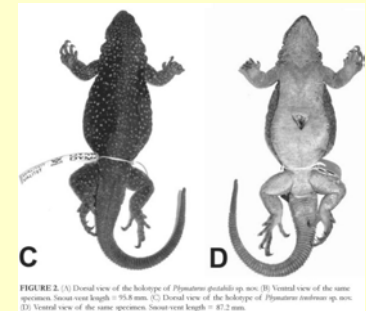
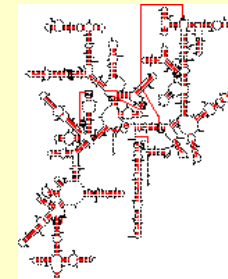


Figure 1. Polyacrylamide gel gradient electrophoresis (6-15%) for the detection of isoforms of the enzyme alkaline phosphatase in *Trichophyton* isolates. A) Intracellular phosphatase pattern. B) Extracellular phosphatase pattern. Stain = α -naphthylphosphate at pH 8.4.

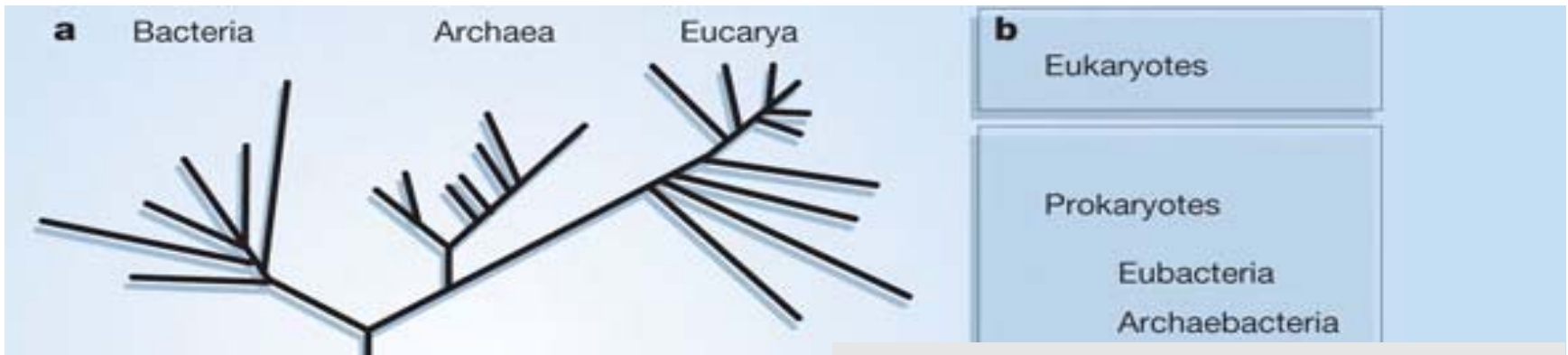
16S ribosomal RNA



Moderní pohled na evoluci (nejen) eukaryot

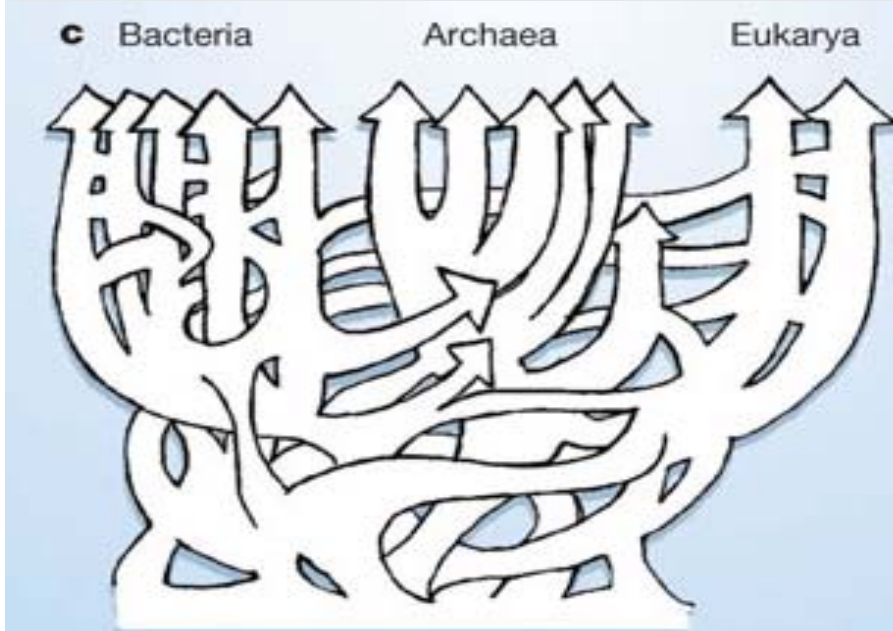
Výchozí data:

- Sekvence MNOHA genů
- Srovnávání celých genomů
- Sledování osudu charakteristických genových fúzí

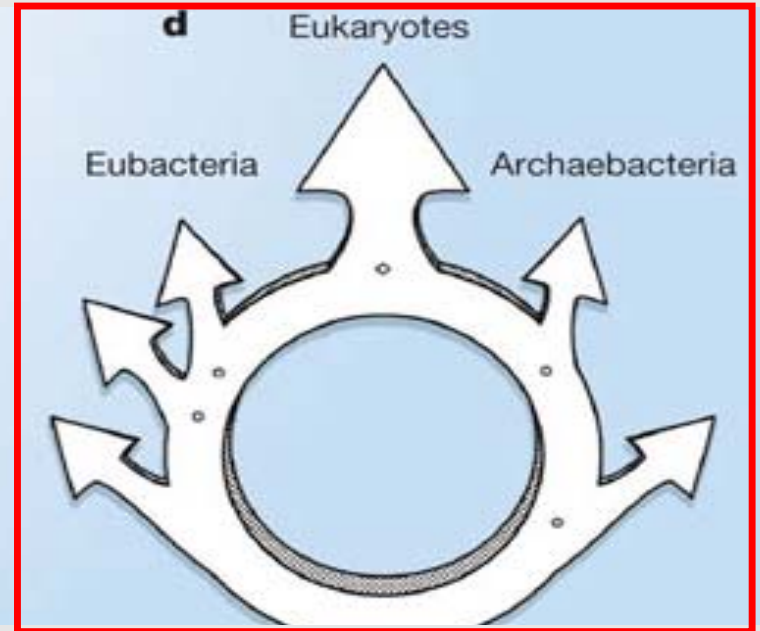


Hypotéza tří domén založená na stromu ribozomálních RNA. Woese et al. PNAS. 87:4576-4579. (1990)

Návrh dvou říší, oddělujících eukaryota od prokaryot a eubakterie od archeí Mayr, D. PNAS 95:9720-23. (1998).



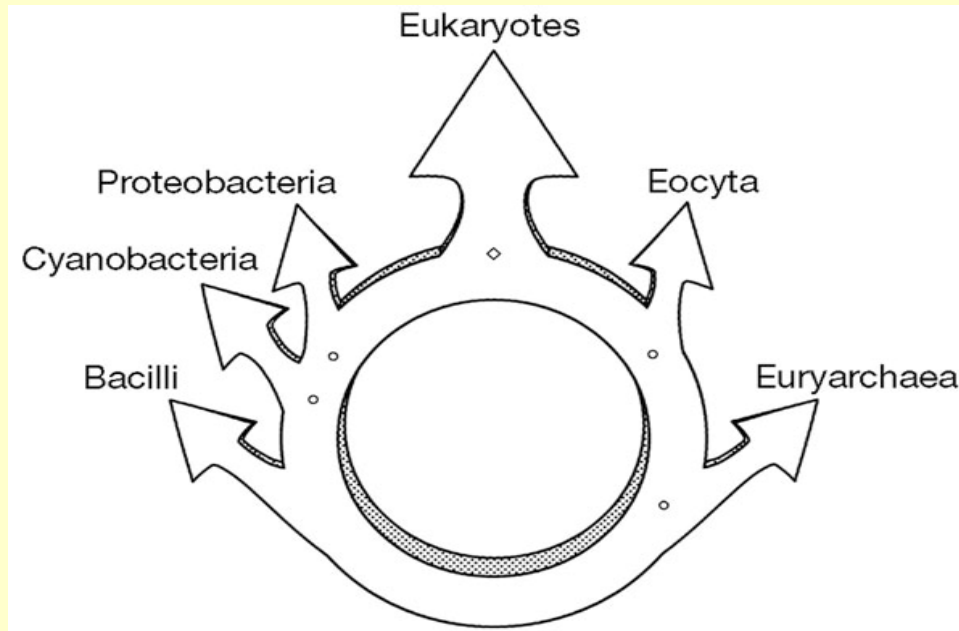
Hypotéza tří domén s kontinuálním horizontálním genovým přenosem mezi doménami. Doolittle Science 284:2124-2128. (1999)



Kruh života, obsahující horizontální genový přenos ale zachovávající rozdělení prokaryot a eukaryot. Rivera MC and Lake JA. Nature 431: 152-155. (2004)

The ring of life provides evidence for a genome fusion origin of eukaryotes

Rivera, M.C. & Lake, J.A. *Nature*, 431; 152-155. (2004)



“Our analyses indicate that the eukaryotic genome resulted from a fusion of two diverse prokaryotic genomes, and therefore at the deepest levels linking prokaryotes and eukaryotes, the tree of life is actually a ring of life.”

Studium evolučních vztahů

- morfologické znaky
- biochemické analýzy (např. izoenzymy)
- molekulární analýzy
 - 16S RNA
 - Geny kodující proteiny
 - Celé genomy
 - Genové fúze
 - Další (AFLP atp.)

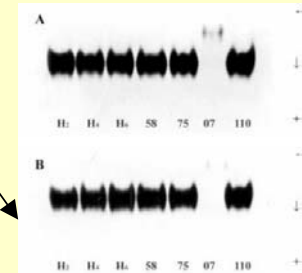
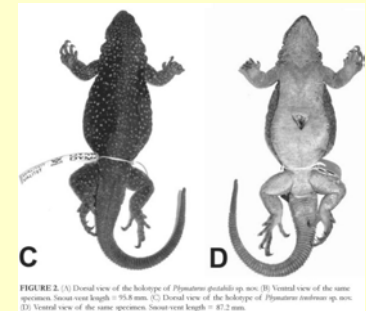
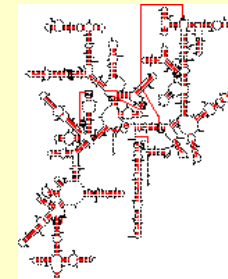


Figure 1. Polyacrylamide gel gradient electrophoresis (6-15%) for the detection of isoforms of the enzyme alkaline phosphatase in *Trichophyton* isolates. A) Intracellular phosphatase pattern. B) Extracellular phosphatase pattern. Stain = α -naphthylphosphate at pH 8.4.

16S ribosomal RNA



Současný pohled na fylogenezi eukaryot

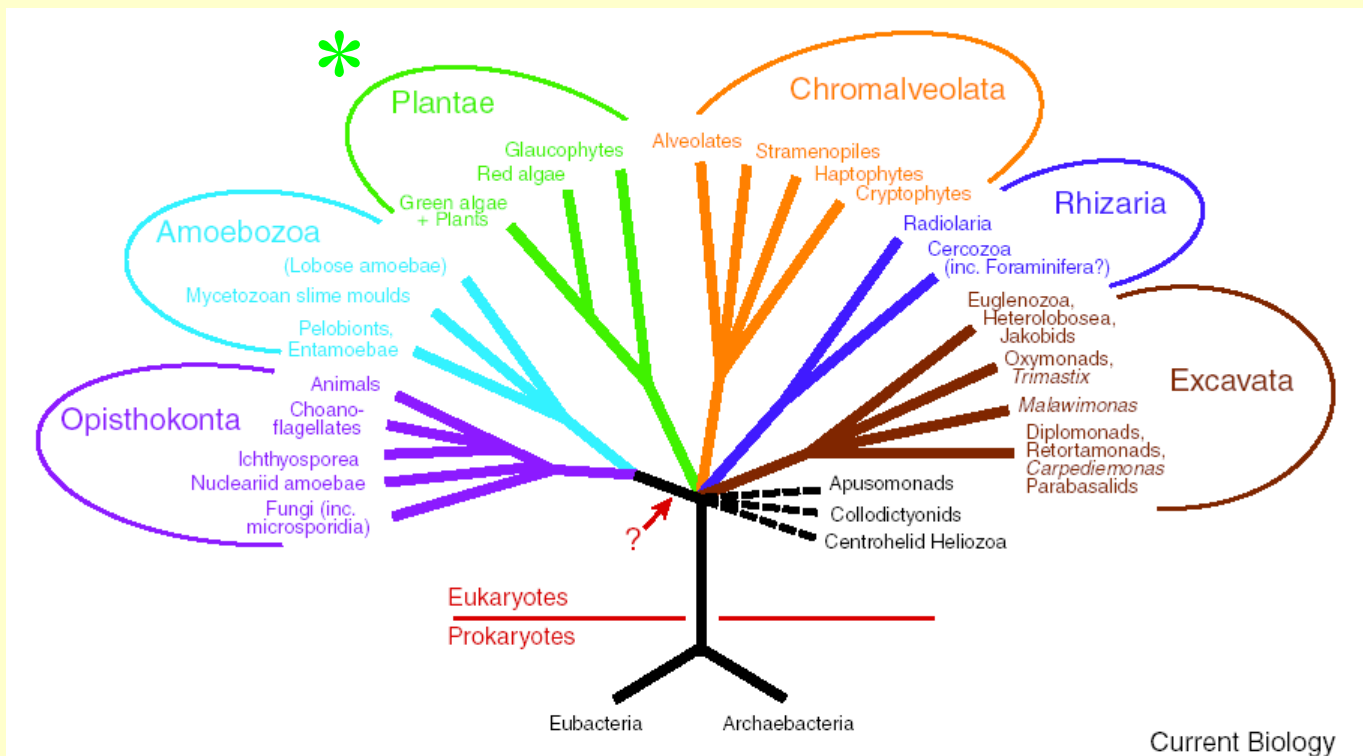


Figure 1. A diagrammatic tree depicting the organisation of most eukaryotes into six major groups. The relationships amongst most of the major groups and the position of the 'root' of the tree are shown as unresolved (note however, the grouping of Opisthokonta and Amoebozoa). The arrow shows a possible precise placement of the root, based on gene fusion data (see text).

(Simpson and Roger, Curr. Biol. 14:R693, 2005)

Současný pohled na fylogenezi eukaryot

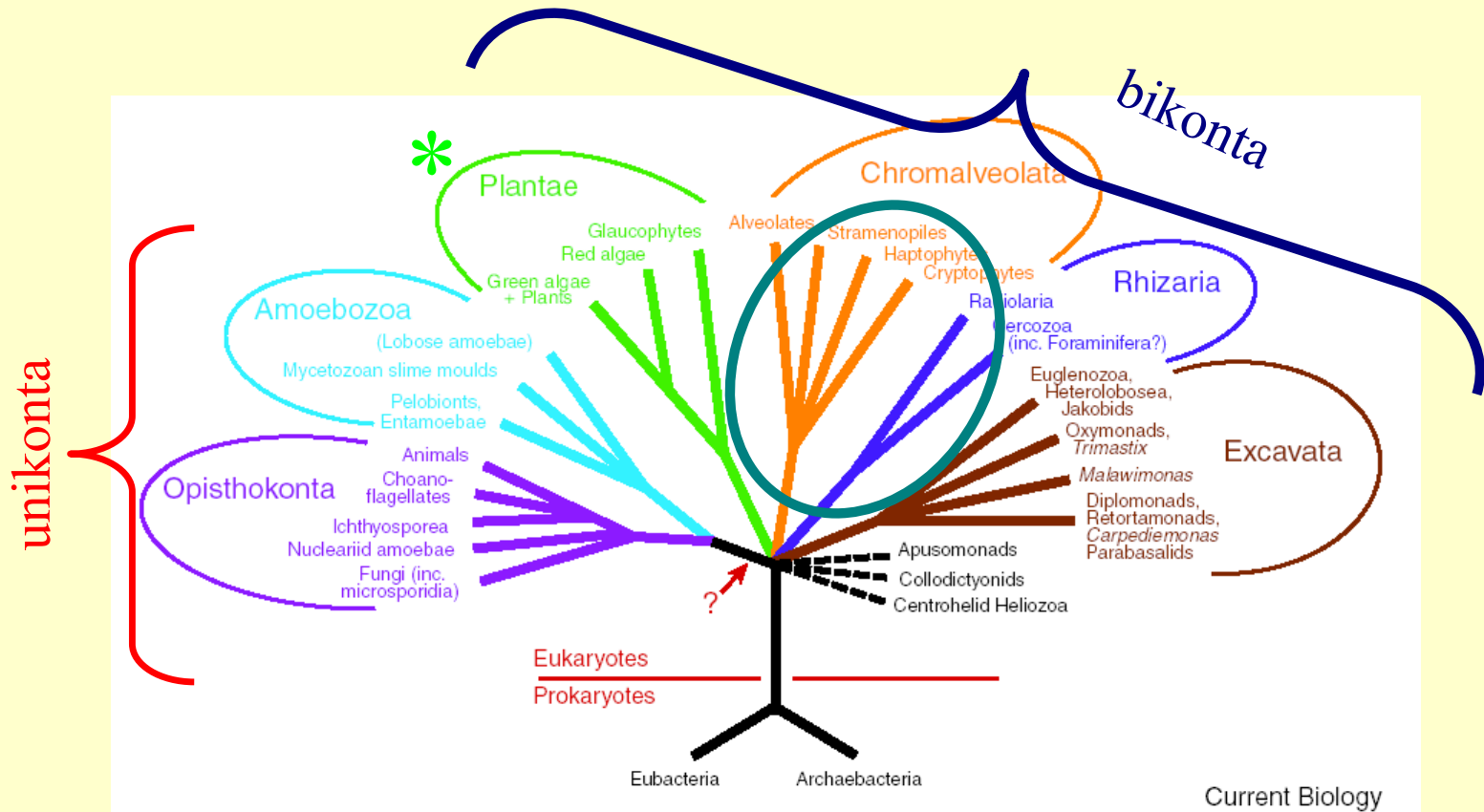
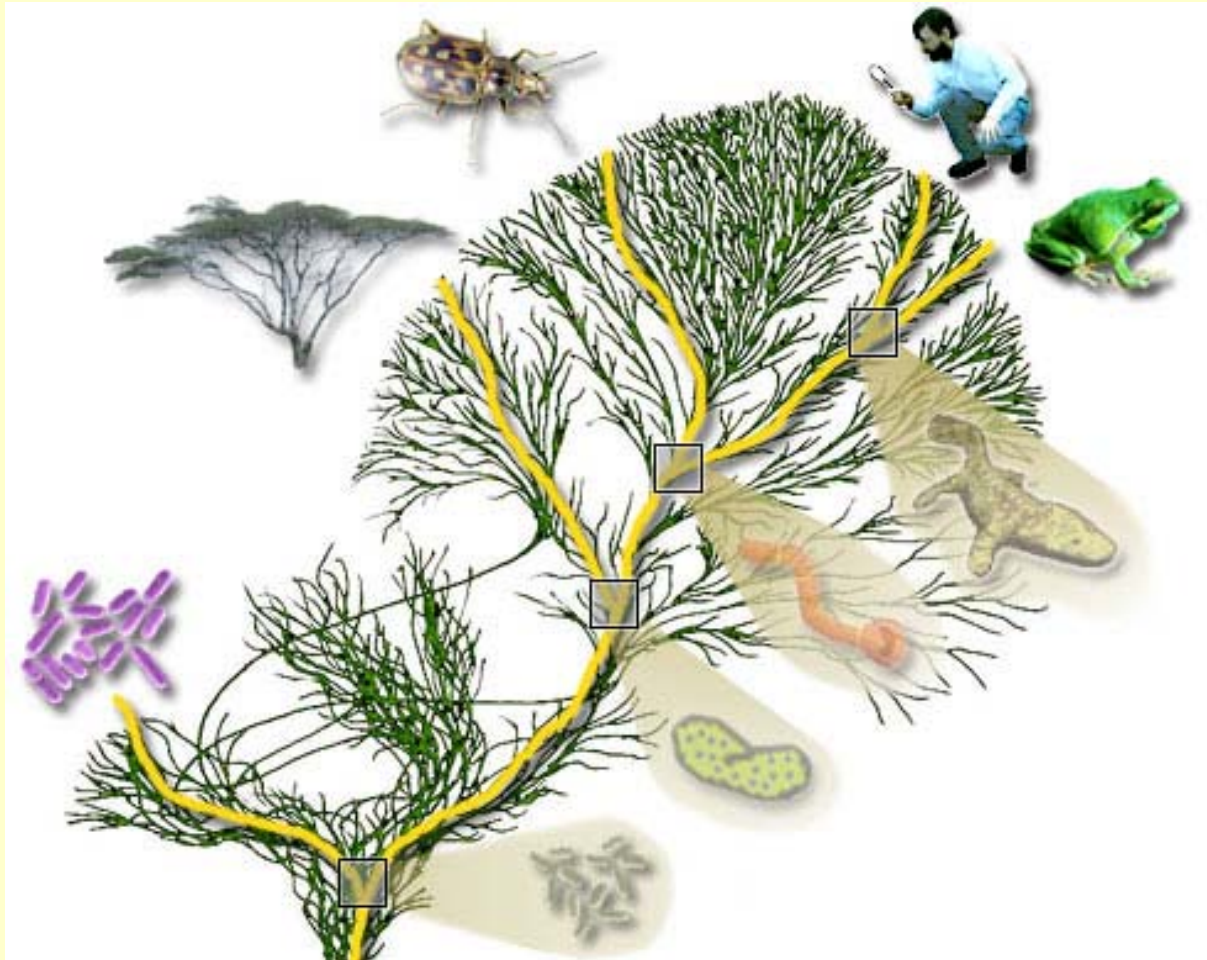


Figure 1. A diagrammatic tree depicting the organisation of most eukaryotes into six major groups. The relationships amongst most of the major groups and the position of the 'root' of the tree are shown as unresolved (note however, the grouping of Opisthokonta and Amoebozoa). The arrow shows a possible precise placement of the root, based on gene fusion data (see text).

(Simpson and Roger, Curr. Biol. 14:R693, 2005)

Tree of Life Web Project



<http://tolweb.org/>



Co všechno jsou rostliny?

- **Embryophyta**
- + Charophyta + Chlorophyta = **Viridiplantae**
(Fotosyntetizující zelená eukaryota)
- + Rhodophyta + Glaukophyta = **Archaeplastida (Plantae)**



Jak rostliny vznikly?

- Jedním z kritických kroků v evoluci rostlin bylo získání organely schopné fotosyntézy (plastidu)

Endosymbiotický původ organel: od spekulace k faktu

Julius von Sachs (1832-1897)

- 1882: chloroplasty se chovají jako nezávislé autonomní organismy

Richard Altmann (1852-1900)

- 1886/1890: „bioblasty“ (mitochondrie) se podobají bakteriím
- Chybně předpokládal jádro jako shluk bioblastů
- mj. zavedl pojem Nukleinsäure (místo „Nuklein“)

Endosymbiotický původ organel: od spekulace k faktu



- **Andreas Schimper (1856-1901):**
pozoroval vývoj chloroplastů z
preexistujících proplastidů v
embryích → plastidy jakožto
symbionti



- **Konstantin Merežkovskij (1855-1921)**
- 1905 teorie symbiogenese
- Plastidy jsou redukované cizí
organismy (cyanobakterie), které se
vyvinuly jako intracelulární symbionti v
heterotrofním hostiteli během rané fáze
evoluce buňky

Lynn Margulis: the endosymbiotická teorie evoluce eukaryot



Lynn Sagan (1967), "On the origin of mitosing cells", *J Theor Bio.* 14(3): 255–274

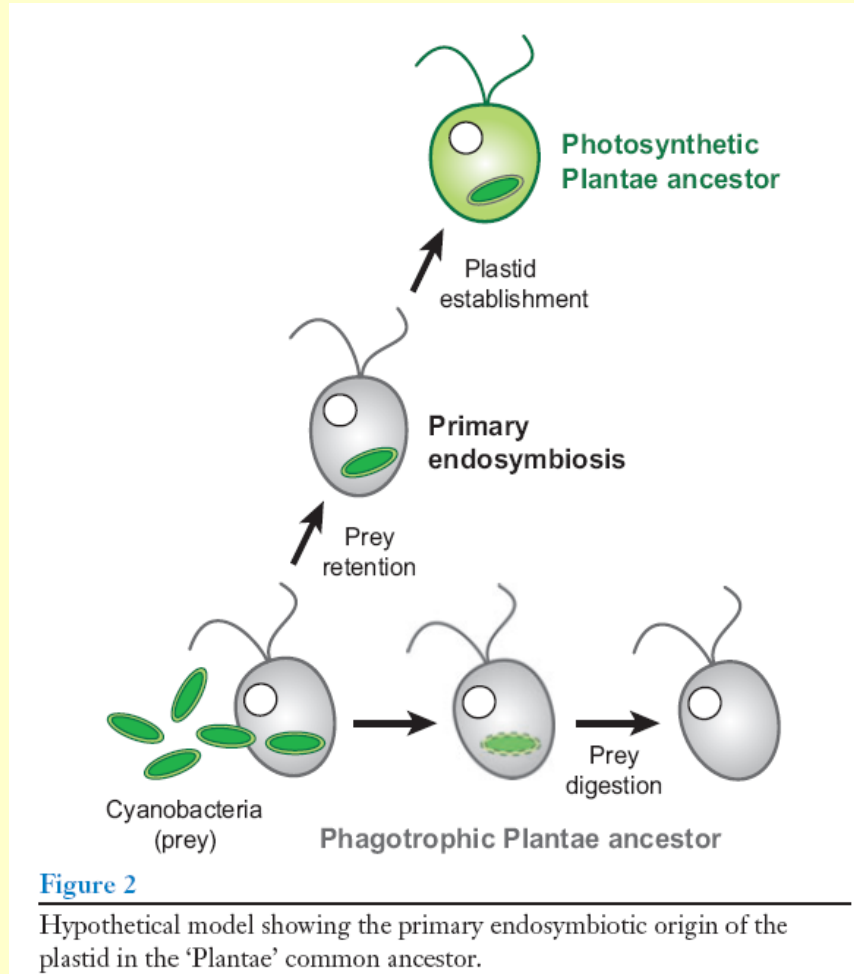


Figure 2

Hypothetical model showing the primary endosymbiotic origin of the plastid in the 'Plantae' common ancestor.

Kdy to vlastně vzniklo?

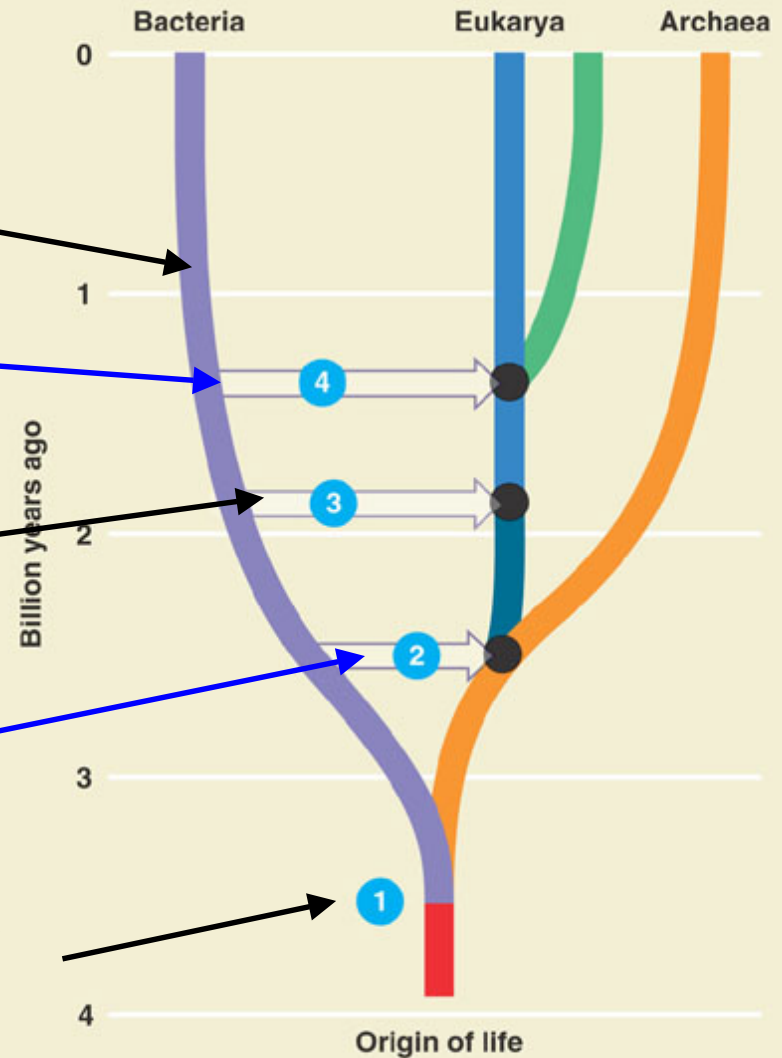
Mnohobuněčnost
(-0.75/-1.3 Ga)

Endosymbiosa
(chloroplasty, -1.6 Ga)

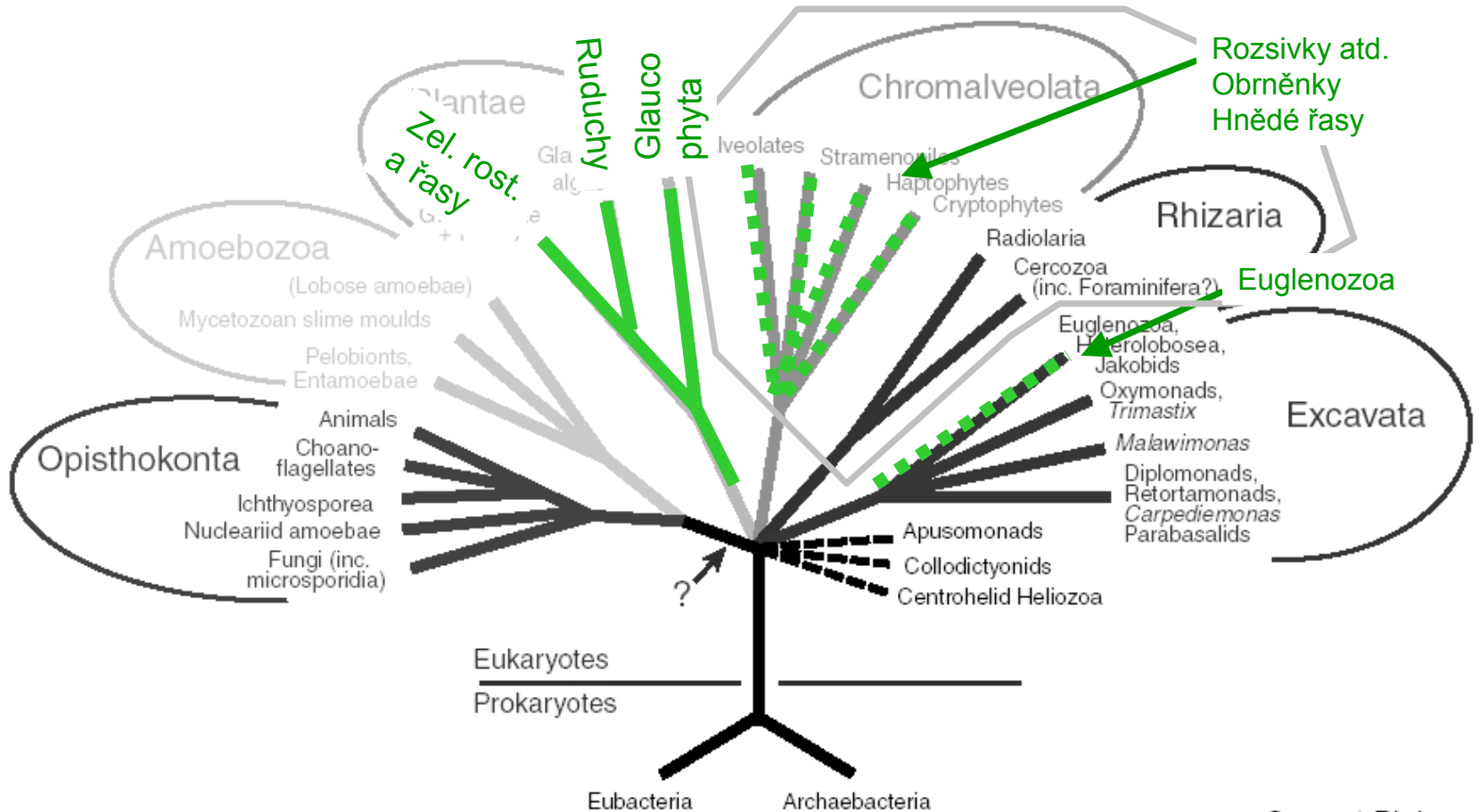
Endosymbiosa
(mitochondrie, -2 Ga)

Předek eukaryotních buněk
(fúze bakterií a archaeí)

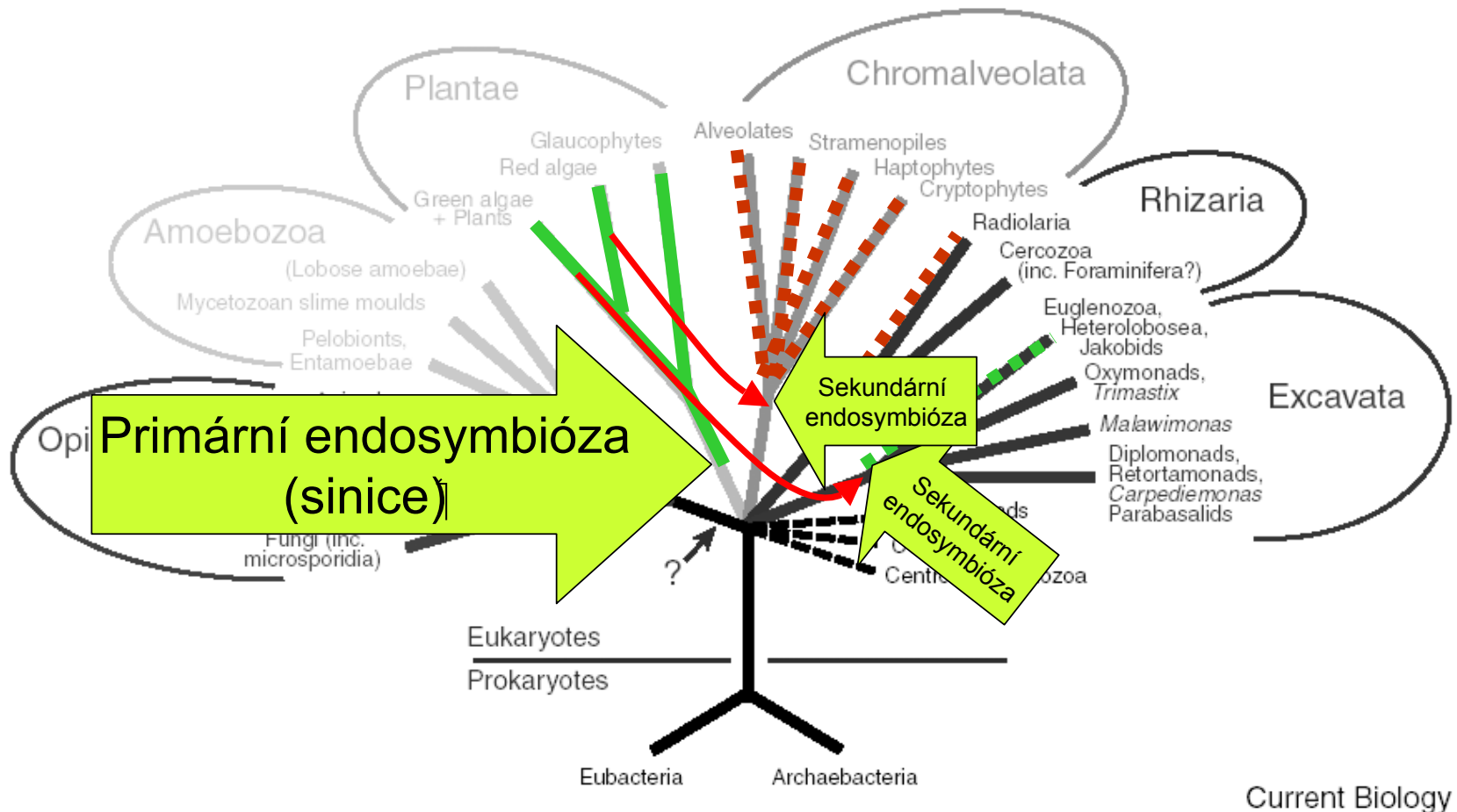
Nejstarší společný předek všeho
života (-3.5 Ga)



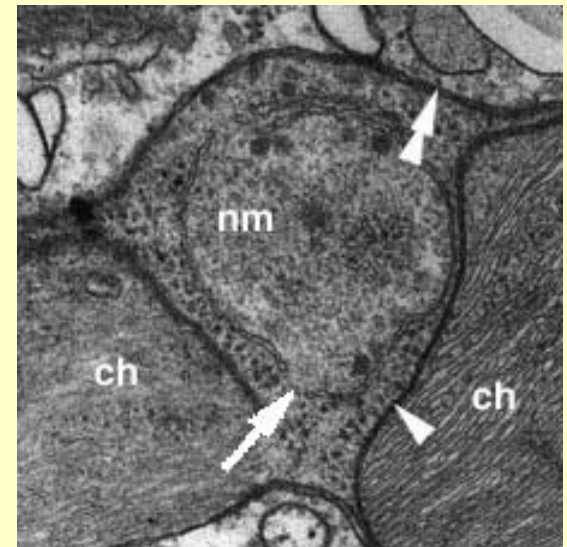
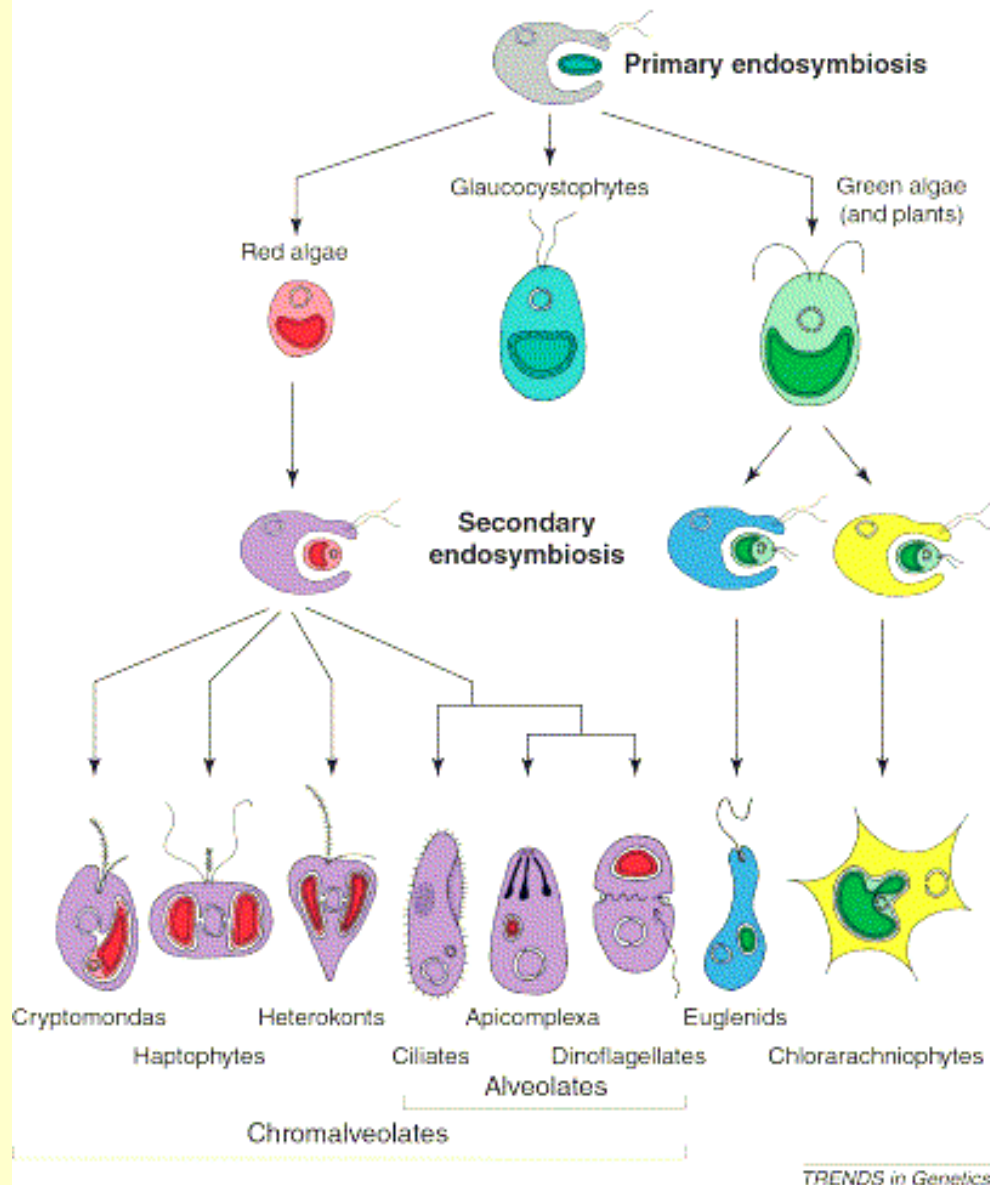
Fotosyntetické organismy v rámci 5 říší



Původ plastidů: jednou a přece víckrát!

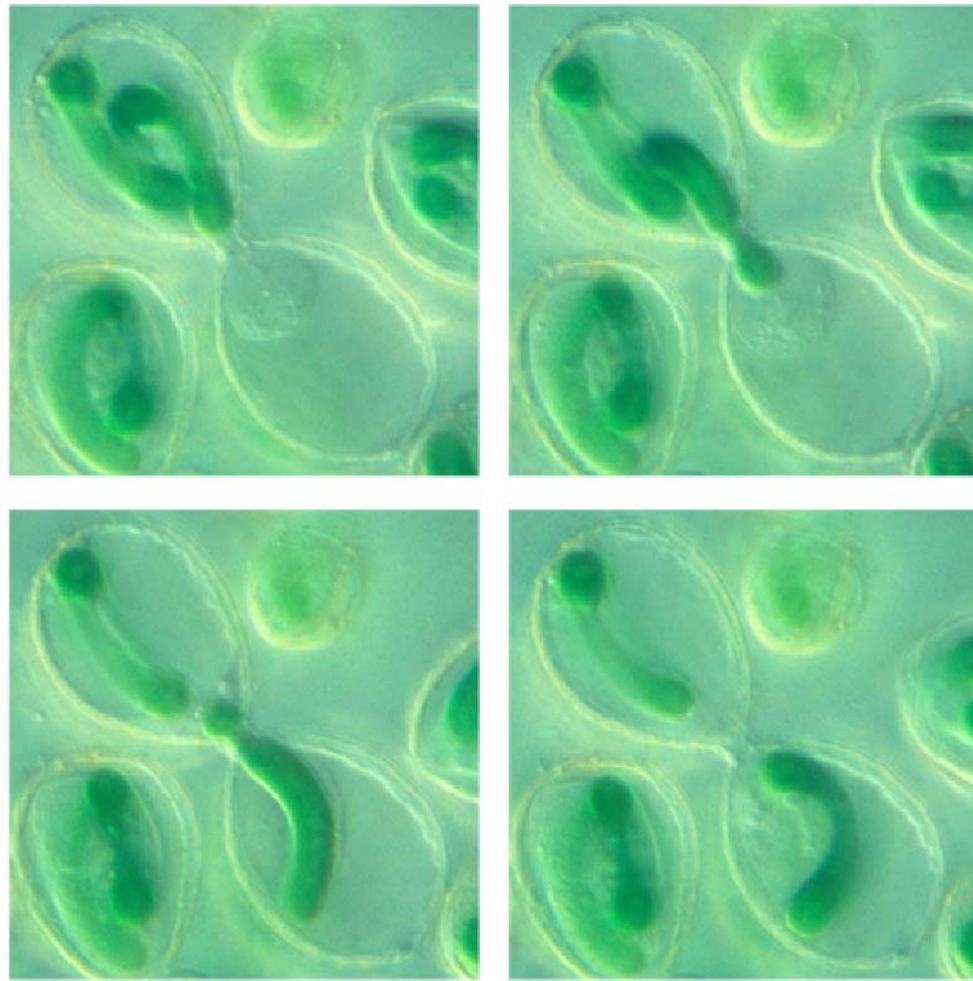


U sekundárních endosymbiontů je plastid vlastně řasa, z jádra někdy „nukleomorf“.



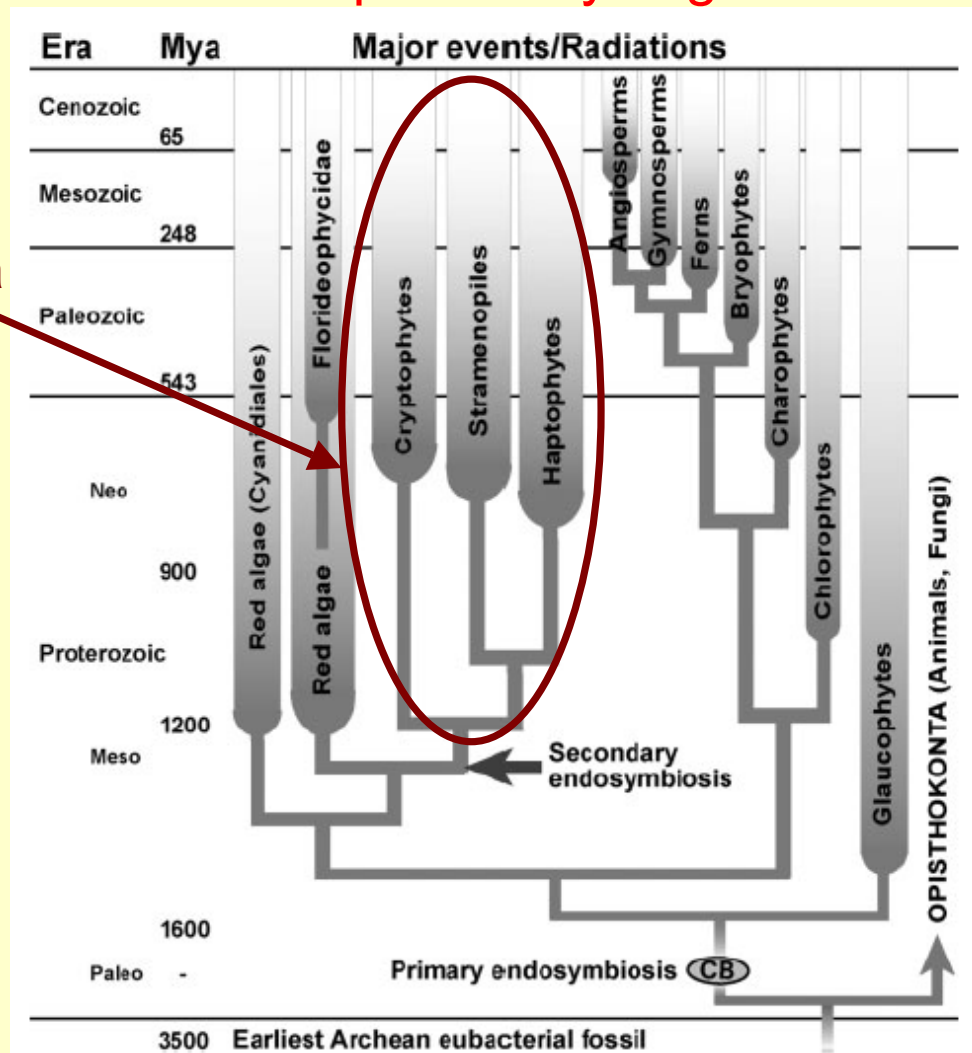
nm – nucleomorph
ch - chloroplast

Paulinella – endosymbiosa v přímém přenosu



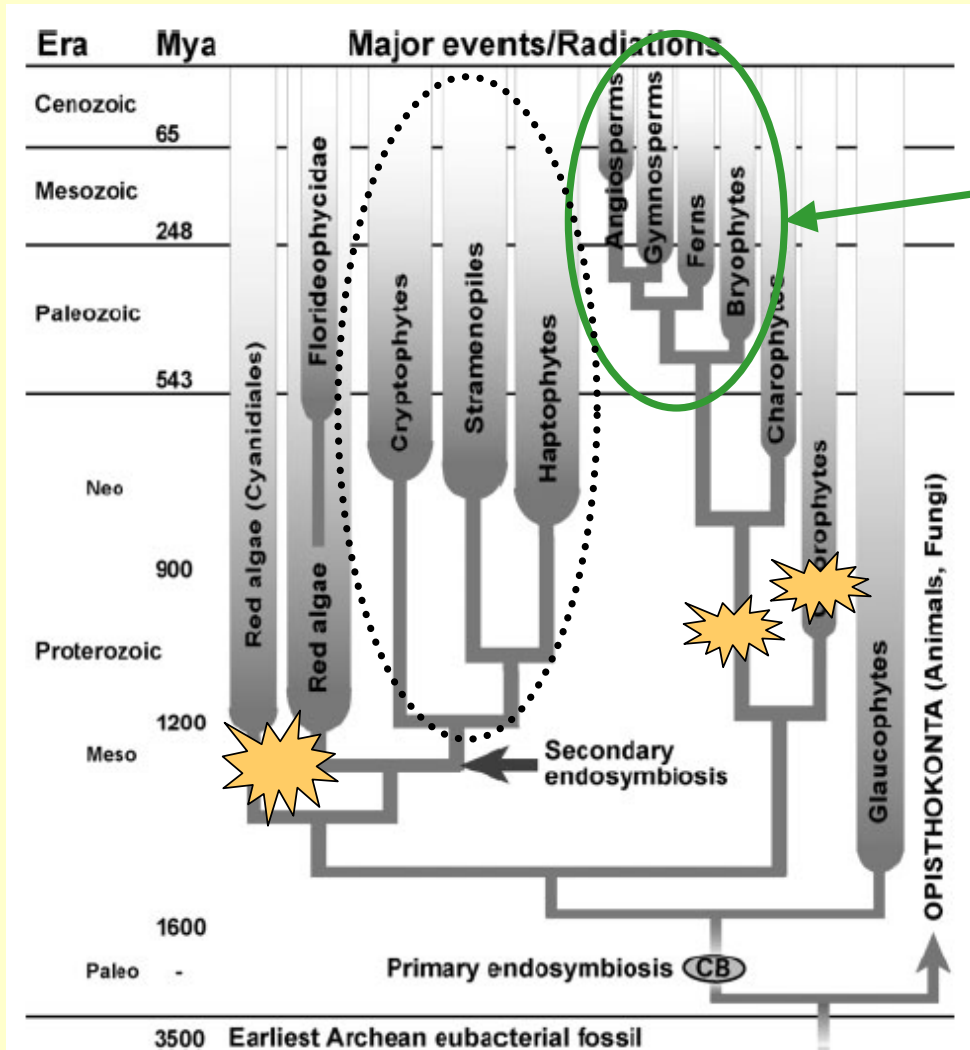
Časová škála fylogeneze fotosyntetických eukaryot – z plastidových genů

Chromalveolata



(Yoon, Mol. Biol. Evol. 21:809, 2004)

Mnohobuněčnost vznikla u rostlin několikrát



Embryophyta

... a také u hnědých řas, i když to nejsou rostliny (Phaeophyta, Stramenopila!)

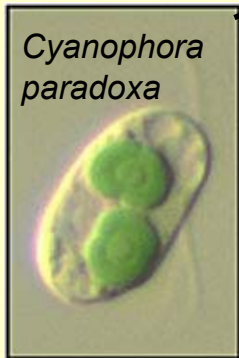
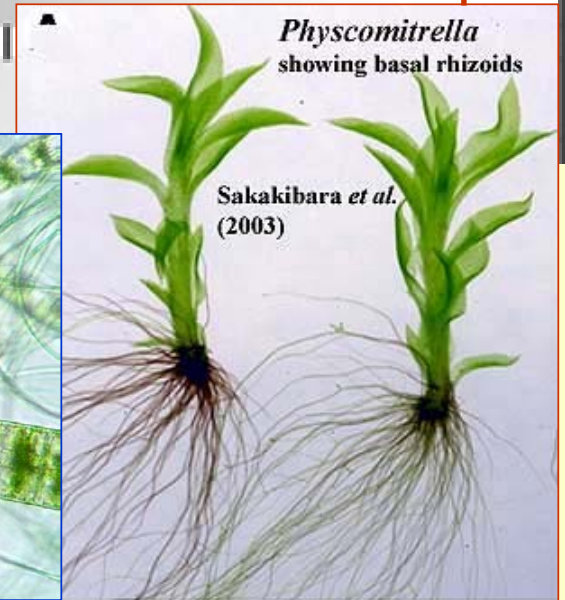
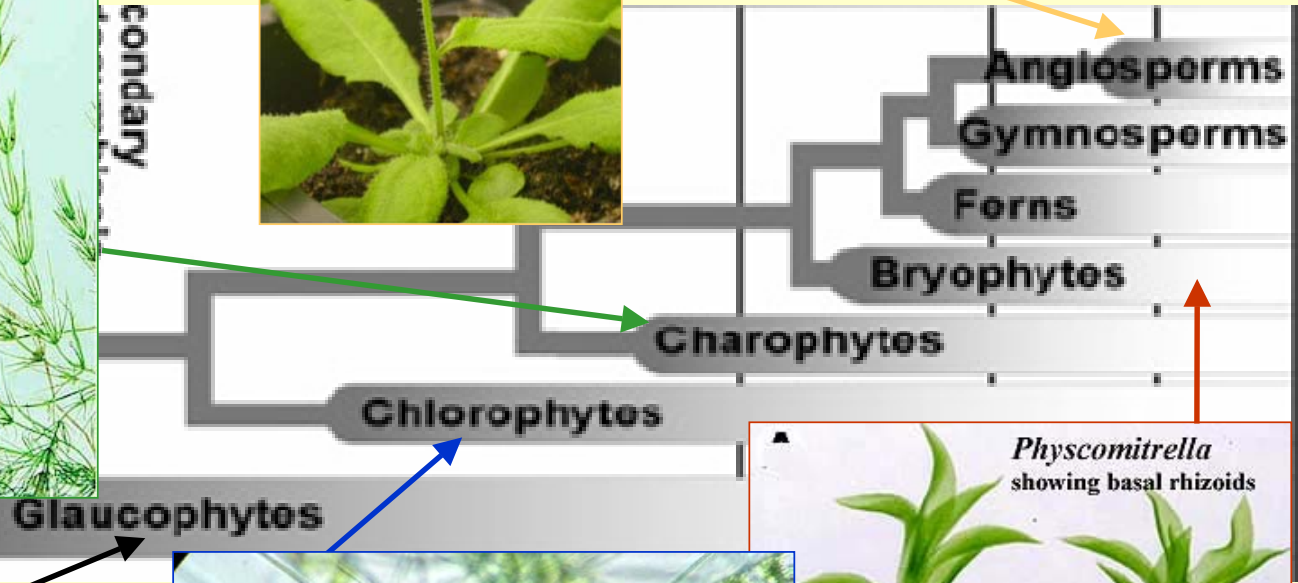
Fucus



Viridiplantae: kdo je kdo



Secondary

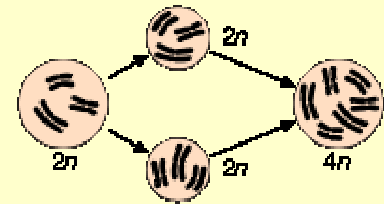


Polyploidie rostlin

- $3n$, $4n$, $5n$, $6n$, etc.
- 30-80% rostlinných druhů je polyploidních
- Málo častá u živočichů
 - Plazi, obojživelníci, ryby
- Typy
 - Autopolyploidie
 - Allopolyploidie
- ALE: Polyploidizace hrála kritickou roli při evoluci VŠECH eukaryt!

Autopolyploidie

- Všechny sady chromozómů pochází ze stejného druhu
- Původ
 - Neproběhlá segregace při meióze
 - Více spermií oplodí vajíčko
 - Triploid vzniklý zkřížením diploida s tetraploidem
- Dá se experimentálně navodit pomocí chladového/tepelného šoku či působením kolchicinu



Allopolyploidie

- Může vzniknout hybridizací “vysoce” příbuzných druhů
 - Allotetraploid - $4n$
 - Amphidiploid – $4n$ ale známe “rodičovské druhy”
 - Např. tabák (*Nicotiana tabacum*) je amphidiploid vzniklý hybridizací *Nicotiana sylvestris* a *Nicotiana tomentosiformis*
 - Triticale je allohexaploid vzniklý křížením tetraploidní pšsenice s diploidním žitem

Upoutávka na 14.10. Buněčná stěna

