



**Vyšší rostliny**  
***Embryophyta***

**Milan Štech, PřF JU**



# *Embryophyta*

= suchozemské rostliny

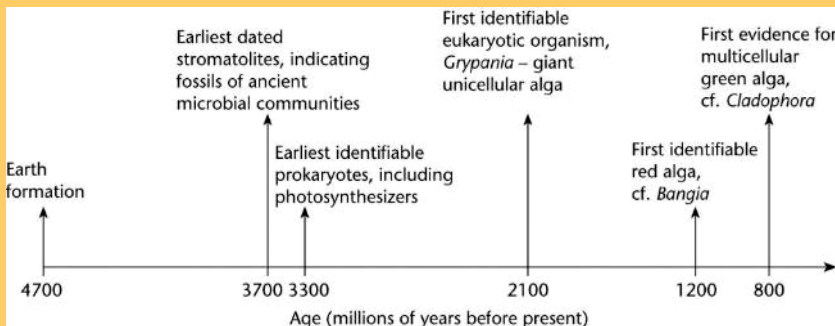
- \* mechorosty
- \* cévnaté rostliny
- \* jejich společní předci/přímí předchůdci



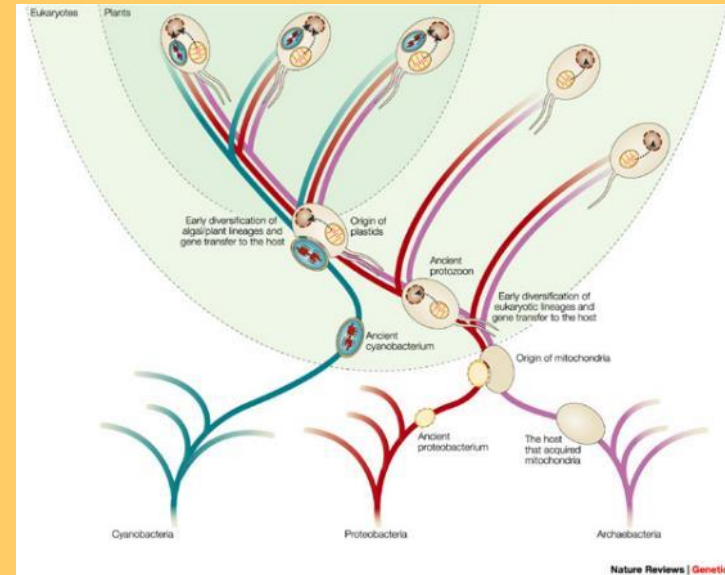
# Vznik chloroplastu

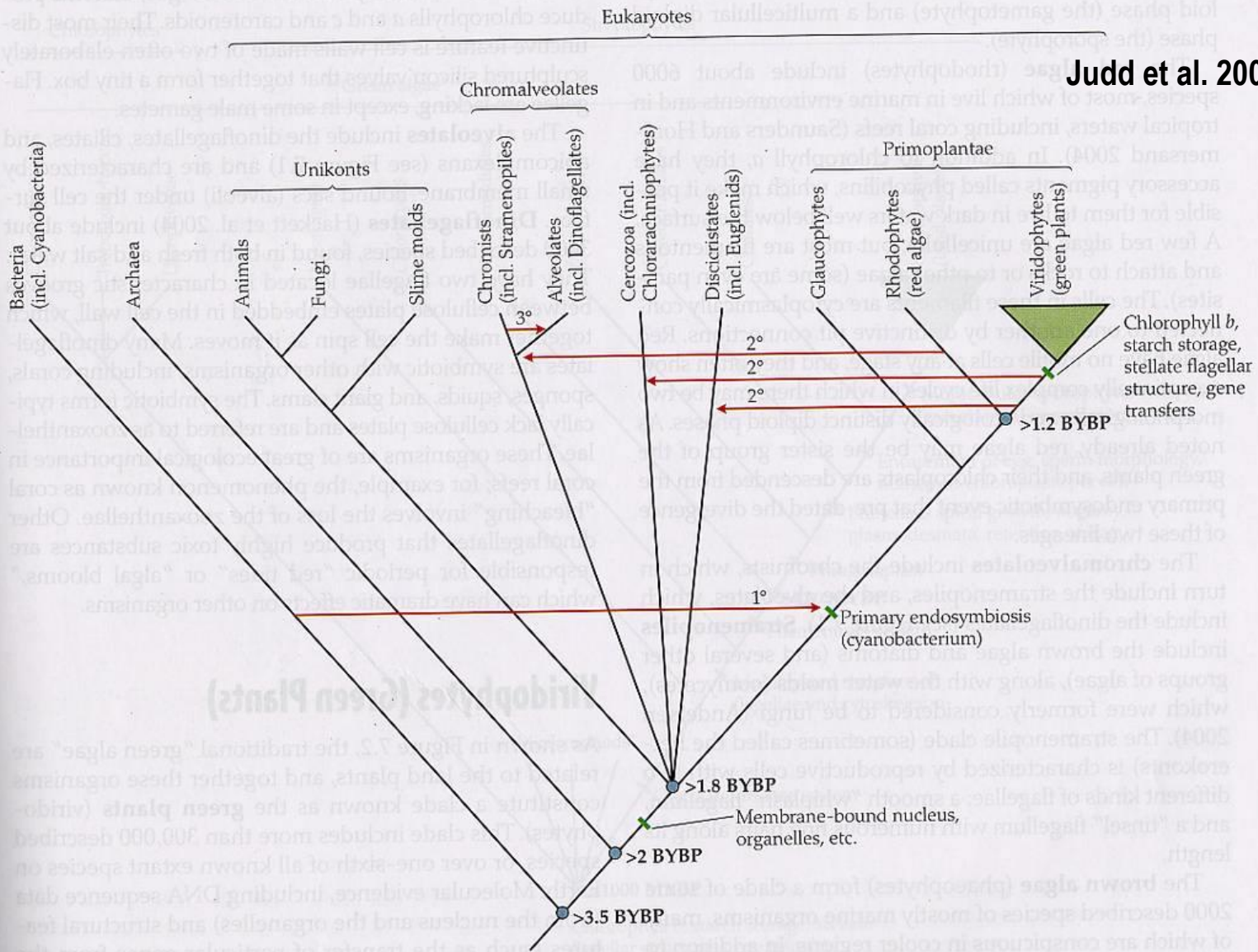
- klíčová událost na cestě k rostlinám
  - vznik eukaryotické buňky, endosymbióza primitivní sinice
    - \* odhadované stáří události více než 1,8 miliardy let
    - \* vznikly rostliny – *Plantae* (*Archaeplastida*)
    - \* podle vlastností chloroplastu 3 skupiny
      - *Glaucophyta*, *Rhodophyta* (ruduchy)
      - nejvýznamnější *Viridiplantae* (zelené rostliny)
- = zelené řasy a suchozemské rostliny
- chlorofyl a, b;  $\alpha$ -,  $\beta$ - karoten
  - celulózní buněčné stěny
  - škrob jako zásobní látka

## Willis et McElwain 2002



## Timmis et al. 2004





**FIGURE 7.1** Phylogenetic tree of life, showing the positions of green plants (viridophytes) and various “algae” among the eukaryotes as well as characters marking several major clades. Red arrows represent primary, secondary, or tertiary endosymbi-

otic events. One recent hypothesis for the eukaryotes places their root along the unikont branch, thus separating a clade that initially had one cilium from a clade that initially had two cilia. BYBP, billion years before present. (Adapted from Baldauf et al. 2004.)



# Diverzifikace zelených řas

➤ pravděpodobně před více než 700 mil. let

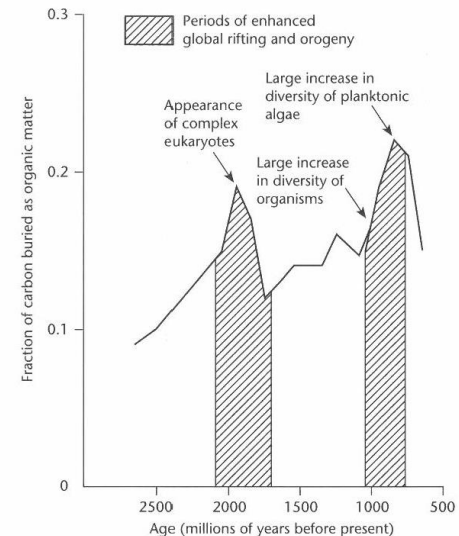
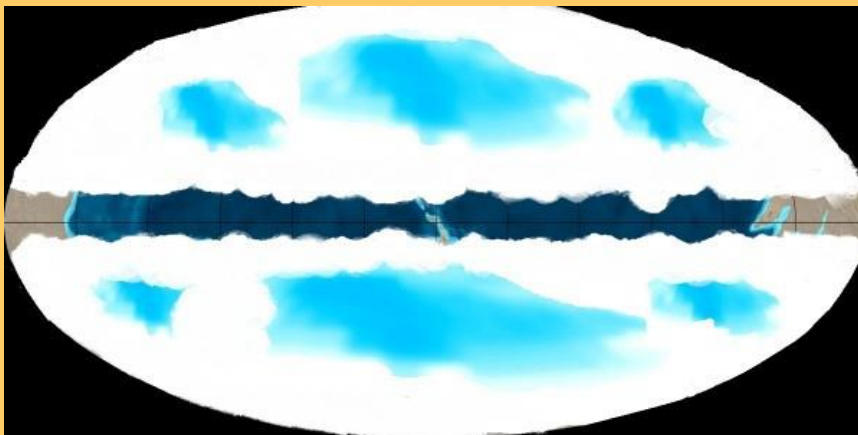
➤ *Chlorophyta* + *Streptophyta*

\* role vnějších podmínek na Zemi

minimálně 4 velké glaciály v mladších starohorách (1000–454 mil. let)

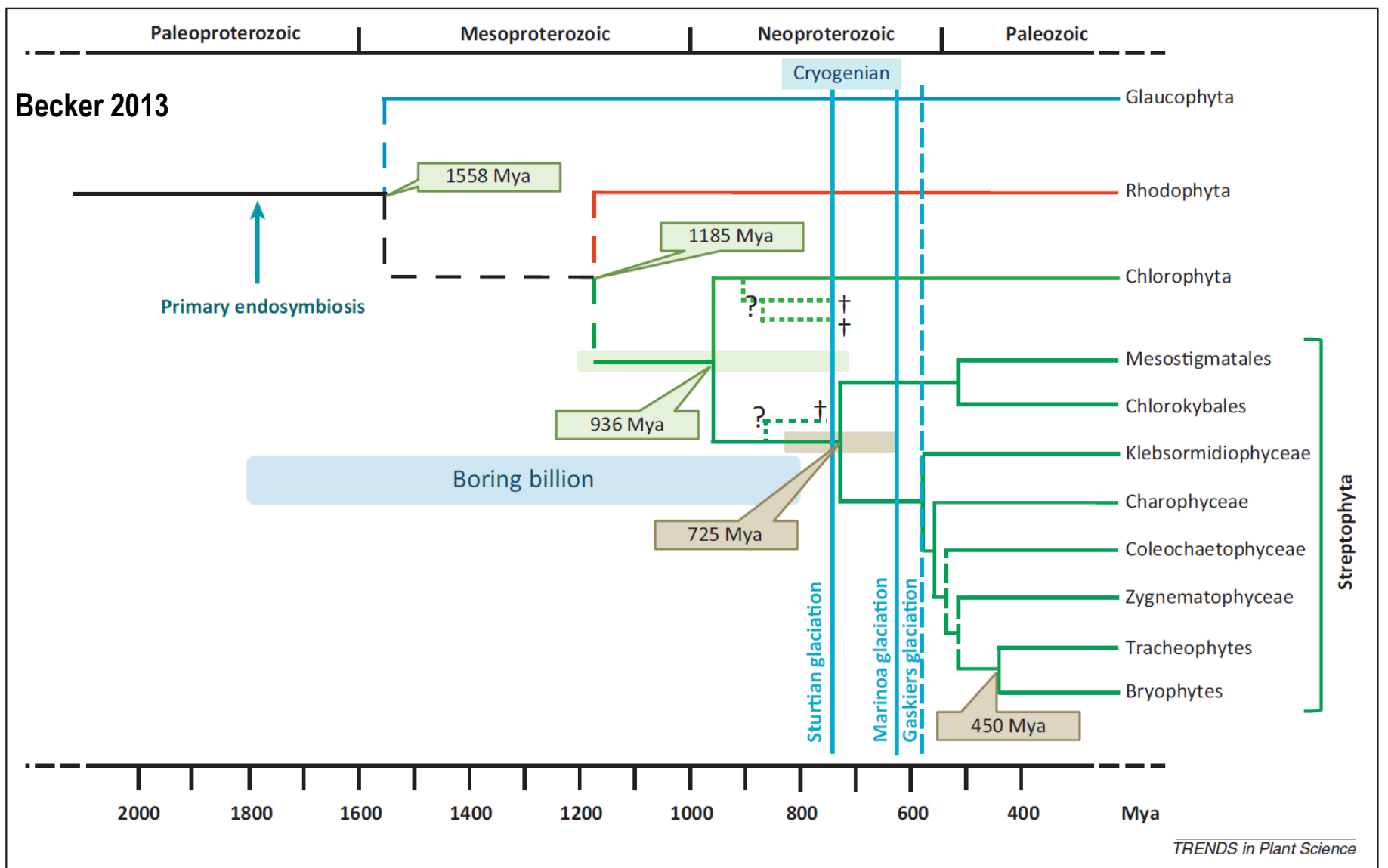
poslední cryogenian (varanger, 650–590 mil. let)

fáze „sněhové koule“



**Figure 2.19** Organic carbon burial between 3000 and 500 million years ago measured through the isotopic analysis of carbonate carbon in sedimentary rocks (redrawn from Des Marais *et al.*, 1992). When organic carbon is buried, it effectively becomes shielded from oxidation, causing the oxygen that was previously bound to it as CO<sub>2</sub> to become 'free' to enrich the atmosphere. This has been used as a proxy record of levels of atmospheric oxygen between ~2600 and 600 Ma. Also indicated are periods of enhanced global rifting and orogeny and the timing of major events in eukaryotic evolution.

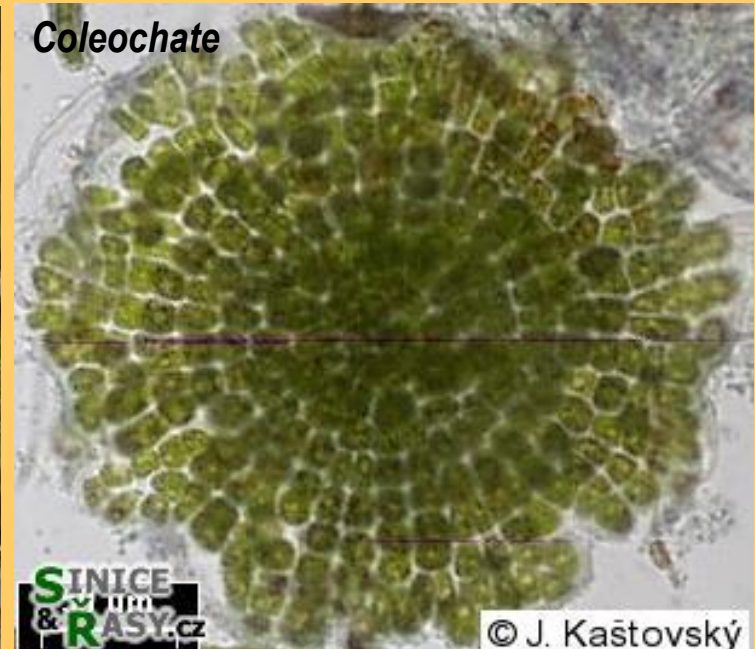
**Willis et McElwain 2002**



**Figure 2.** Plant evolution and major glaciation events. The scheme illustrates the evolution of plants. The streptophyte tree topology is based on [15,16]. Dashed lines indicate uncertain relationships. Nodes are dated according to TIMETREE (primary plastid groups, greenish boxed dates) or [25] (brownish boxed dates). The observed variation of divergence time estimates for chlorophytes and streptophytes is indicated with a greenish box, and the highest-probability density range given by [25] for the Mesostigma/other streptophytes split with a brownish box. The primary endosymbiosis is indicated by a vertical arrow. Today, extinct possible streptophyte and chlorophyte branches are marked with a question mark and terminate with a cross. Blue vertical lines indicate hard and soft (dashed line) snow ball states of the earth. The date for glaciation events and the boring billion period are based on [30]. The time frame for the Cryogenian period indicated is based on [36].

# Streptophyta

- = „charoidní“ zelené řasy (parožnatky, spájivky a krásivky, *Coleochaete* a další) + vyšší rostliny
- specifický vývoj buněčné stěny na zbytcích mitotického vřeténka (fragmoplast)
  - společná ultrastruktura báze bičíku

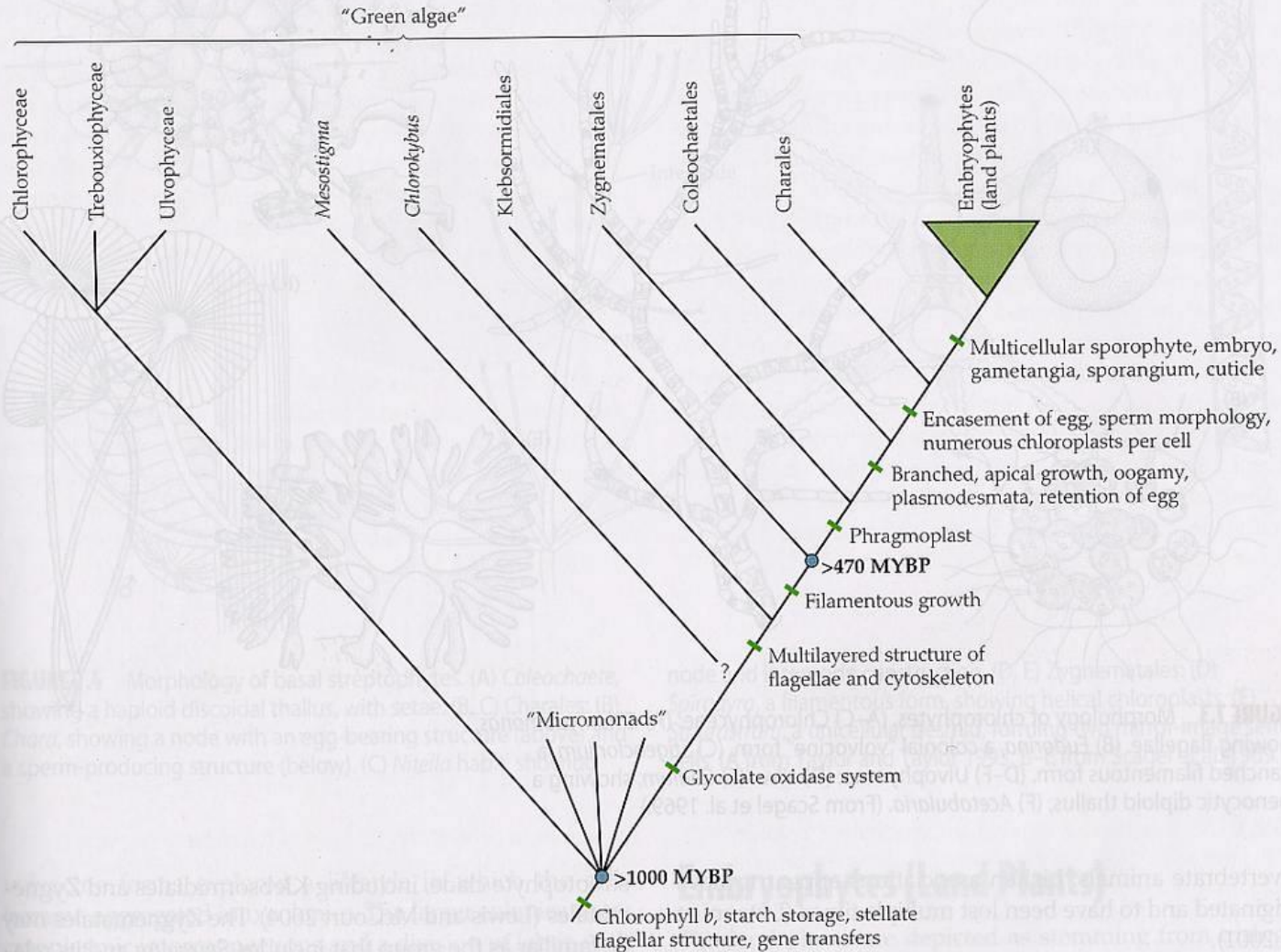




Chlorophytes

Streptophytes

Judd et al. 2008



**FIGURE 7.2** Green plant phylogeny, showing the separation of chlorophytes from streptophytes, the relationship of some former "green algae" to embryophytes, and characters marking major clades. MYBP, million years before present. (Adapted from Karol et al. 2001 and Delwiche et al. 2004.)



# Embryophyta

## ➤ vylezly z vody

- \* zřejmě na přelomu ordoviku a siluru před více než 420 mil. let
- \* možný význam dalšího zalednění – pokles hladiny moře, obnažení souše

ERA	Period	years ago (millions)		
CENOZOIC	Quaternary	1.5	Cenozoic Ice Age (2.58-Today)	
	Neogene	23		
	Paleogene	65.5		
MESOZOIC	Cretaceous	145.5		
	Jurassic	199.6		
	Triassic	251		
PALEOZOIC	Permian	299	Karoo Ice Age (360-260)	
	Carboniferous	Pennsylvanian		318.1
		Mississippian		359.2
	Devonian	416		
	Silurian	443.7	Andean-Saharan Ice Age (460-420)	
Ordovician	488.3			
PRECAMBRIAN	Cambrian	542	Cryogenian Ice Age (850-630) Huronian Ice Age (2400-2100)	
		4600		

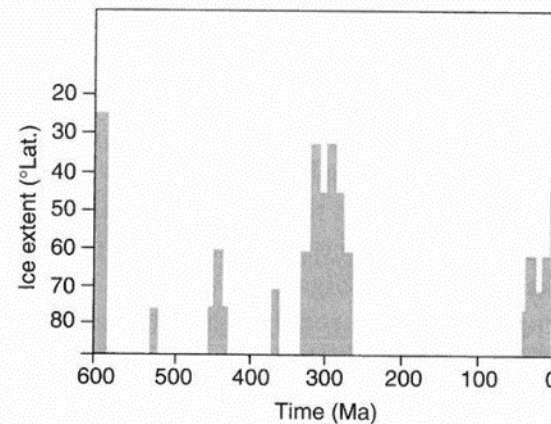


Figure 3.2 Latitudinal extent of periods of glaciation during the past 600 Ma (redrawn from Crowley, 1998).

Willis et McElwain 2002

# *Embryophyta*

- významná kombinace znaků – adaptace na život na souši
  - \* kutikula
  - \* diplontní heteromorfní střídání generací
    - haploidní gametofyt (gametangia – pohlavní orgány), diploidní sporofyt (sporangia – výtrusnice)
  - \* zvláštní samostatné samčí a samičí pohlavní orgány s vícevrstevnými sterilními obaly (antheridia, archegonia)
  - \* haploidní spory odolné proti desykaci (sporopolenin)
- gametofytická (mechorosty) a sporofytická (cévnaté rostliny) linie + společní předci
  - \* mechorosty se zřejmě oddělily jako 3 samostatné linie
    - játrovky, mechy, hlevíky – vzájemné vztahy nejisté



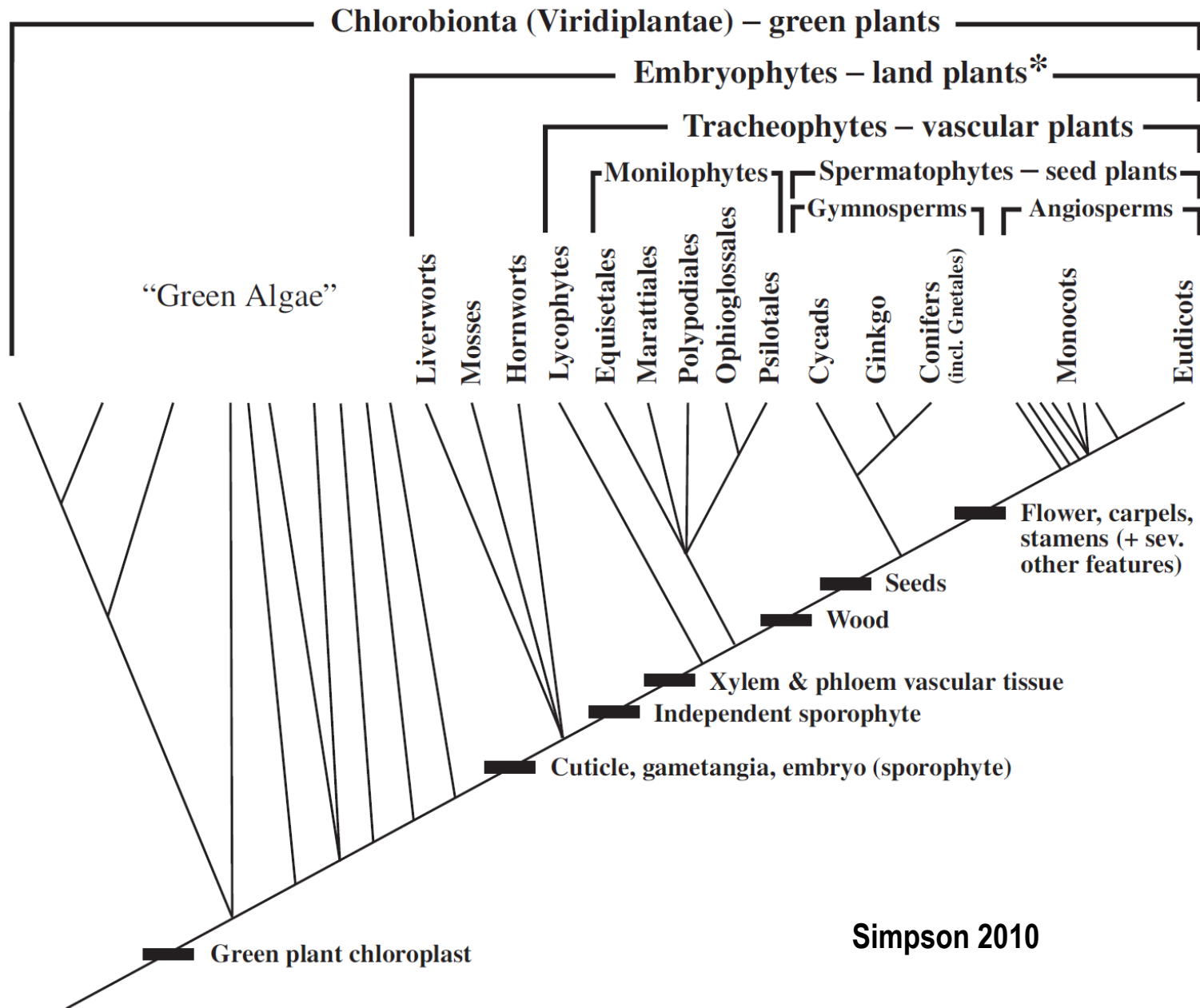


FIGURE 1.3 Simplified cladogram (evolutionary tree) of the green plants, illustrating major extant groups and evolutionary events (or “apomorphies,” notated by thick hash marks). \*Embryophytes are treated as “plants” in this book.

# Členění skupiny *Embryophyta*

Podle organizační úrovně (často nepřírozené, nepříbuzné jednotky)

- mechorosty
- cévnaté rostliny (*Tracheophyta*)
  - \* rhyniové rostliny (částečně „předcévnaté“)
  - \* výtrusné rostliny (kaprad'orosty)
  - \* nahosemenné rostliny
  - \* krytosemenné rostliny

Podle přírozených vývojových linií

- oddělení (např. *Pinophyta*, *Cycadophyta*)
- vyšší monofyletické jednotky – *Polysporangiophyta*, *Tracheophyta*, *Eutracheophyta*



# Pryer et al. 2014

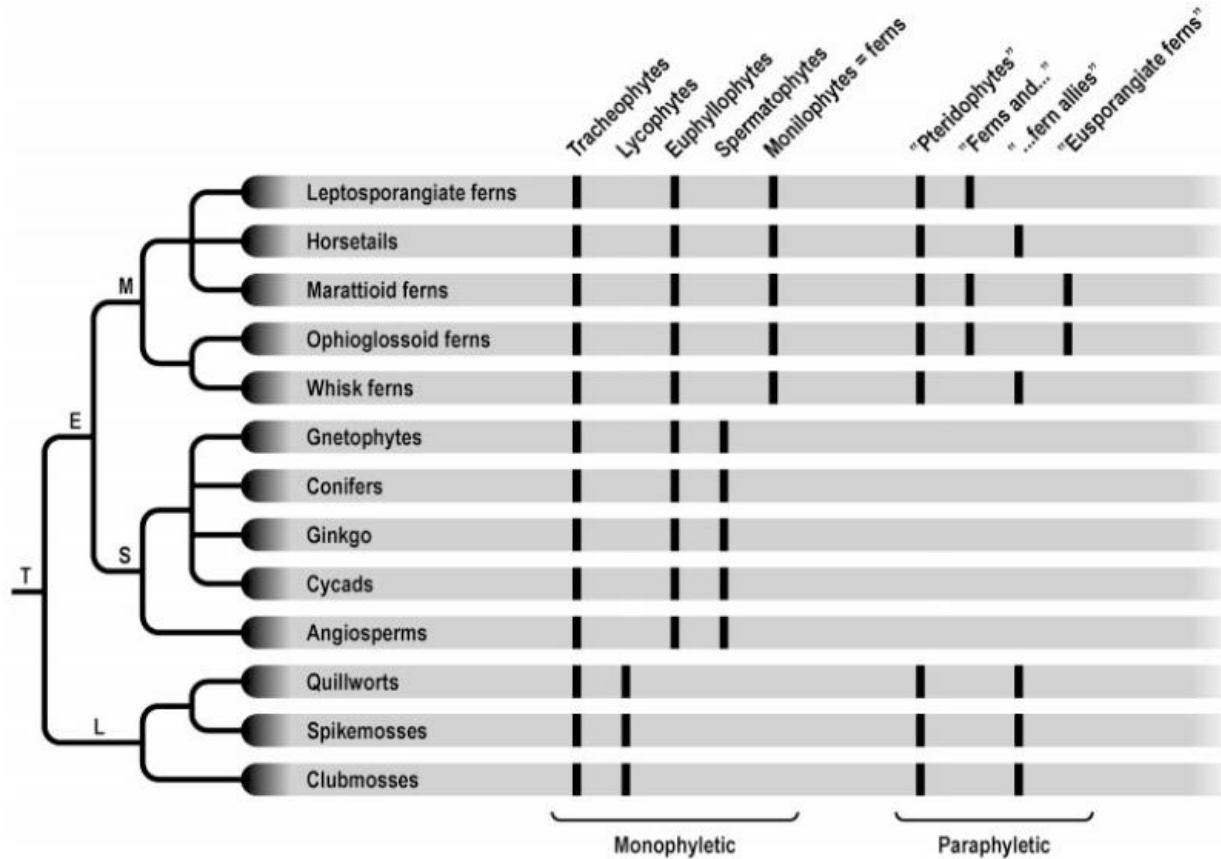


Fig. 1. Consensus tree showing relationships among the major lineages of vascular plants (based on Pryer et al., 2001a). Key clades are indicated on the tree: T = tracheophytes, L = lycophytes, E = euphyllophytes, S = spermatophytes, M = monilophytes. A black band following a lineage name indicates membership of that lineage within a particular taxon listed across the top of the figure (taxa that are not monophyletic are in quotes).

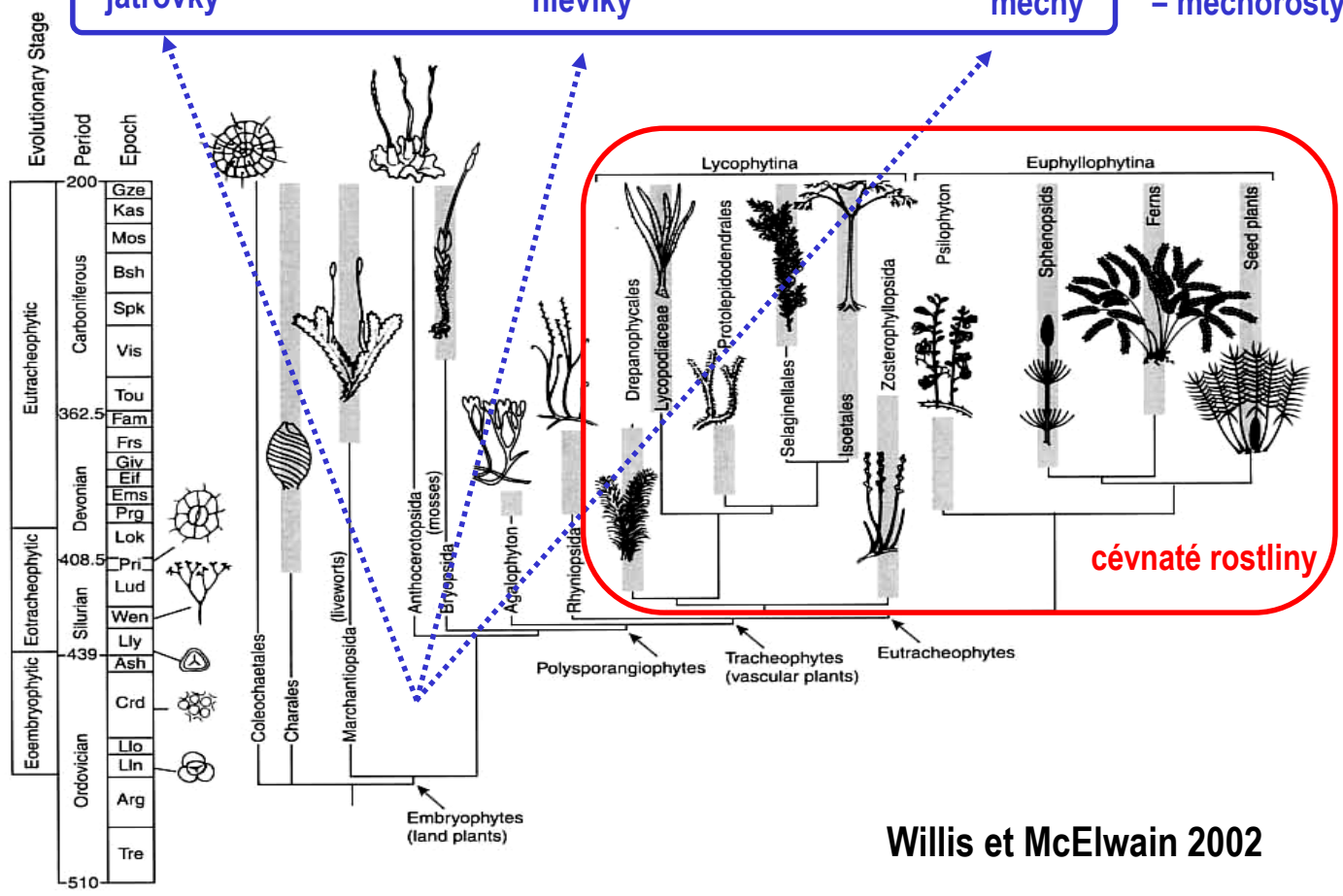


jávrovky

hlevíky

mechy

= mechorosty



Willis et McElwain 2002

Figure 4.25 Phylogenetic relationship between extinct and extant early plants (redrawn from Kenrick and Crane, 1997b).



*Tracheophyta*  
cévnaté rostliny



# *Tracheophyta* – cévnaté rostliny

- monofyletická skupina (velmi pravděpodobně)
  - \* převaha sporofytu
  - \* pravé orgány a cévní svazky
  - \* lignin
- prvními možnými známkami existence suchozemských rostlin jsou spory
  - \* střední ordovik (475-450 mil. let)
- první zbytky vodivých pletiv
  - \* svrchní ordovik (450-440 mil. let)
- skutečné makroskopické nálezy těl cévnatých rostlin
  - \* svrchní silur a spodní devon (420-390 mil. let)
- první byly rynniové rostliny
  - \* bez rozlišených orgánů (kořen, stonek, list)
  - \* výtrusné
  - \* různorodé





# Diferenciace cévnatých rostlin

- **plavuně** - bazální a nejstarší linie s řadou zvláštních znaků
  - \* specifické listy (mikrofyly) – snad z vychlípenin telomů
  - \* boční postavení výtrusnic
- všechny ostatní skupiny = ***Euphyllophyta***
  - \* skutečné listy (megafyly) vzniklé srůstem původních telomů = „výhonů“ s nerozlišeným stonkem a listy
  - \* původně koncové postavení výtrusnic
- **další členění skupiny *Euphyllophyta***
  - \* **s výtrusy**, bez sekundárního tloušťnutí = přesličky a kapradiny (***Monilophyta***)
    - staré i evolučně mladé linie
  - \* obvykle **se semeny** a sekundárním tloušťnutím (***Lignophyta***) = semenné rostliny a jejich přímí předchůdci
    - předsemenné rostliny (se sekundárním tloušťnutím a výtrusy)
      - velmi záhy vymřely (již na počátku karbonu)
    - **nahosemenné rostliny** (volné semeno na plodolistu) – dominantní skupina druhohor
      - **cykasy, jinany, jehličnany** a **liánovce** + několik vymřelých skupin
    - **krytosemenné rostliny** (semeno kryté v plodu) – největší a nejvýznamnější skupina
      - převzaly dominantní úlohu na konci druhohor



milionů let  
100

krytosemenné  
rostliny

liánovce

jehličnany

jinany

cykasy

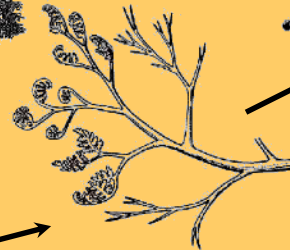
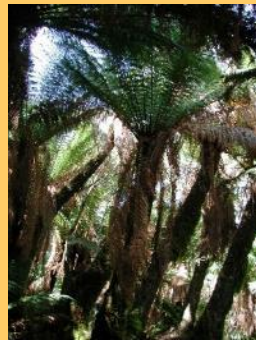
200



přesličky a kapradiny (*Monilophyta*)

300

plavuně



první semenné rostliny

předsemenné rostliny

400



ryniové rostliny



# Plantae (Archaeplastida)

## Jedna z možných variant fylogeneze recentních skupin

Chlorofytní linie zelených řas

Streptofytní linie zelených řas  
(např. spájivky a chary)

Zelené řasy

Krytosemenné rostliny  
ca 300 000

Nahosemenné rostliny

Spermatophyta  
(Semenné rostliny)

Monilophyta

Euphyllophyta

Trachaeophyta  
(Cévnaté rostliny)

Plavuně

Mechorosty

Embryophyta  
(Suchozemské rostliny)

Viridiplantae  
(Zelené rostliny)

Streptophyta

Ruduchy (Rhodophyta)

Glaucophyta

Borovicovité (230)

Ostatní jehličnany (380)

Liánovce (65)

Cykasy (300)

Jinany (1)

Leptosporangiální kapradiny (9000)

Maracie (150)

Pruťovky (12)

Hadilky (80)

Přesličky (15)

Vranečky (800)

Šídatky (120)

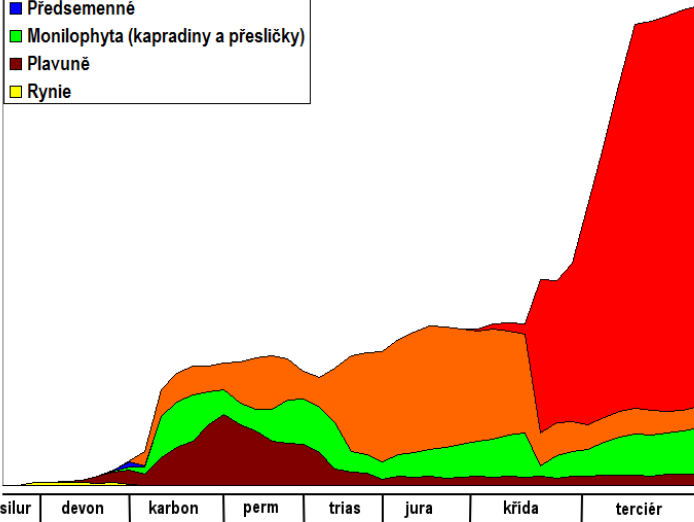
Vlastní plavuně (400)

Hlevíky (220)

Mechy (13000)

Jätrovky (7500)

- Krytosemenné
- Nahosemenné
- Předsemenné
- Monilophyta (kapradiny a přesličky)
- Plavuně
- Rynie



Primární endosymbióza eukaryotní buňky se sinicí