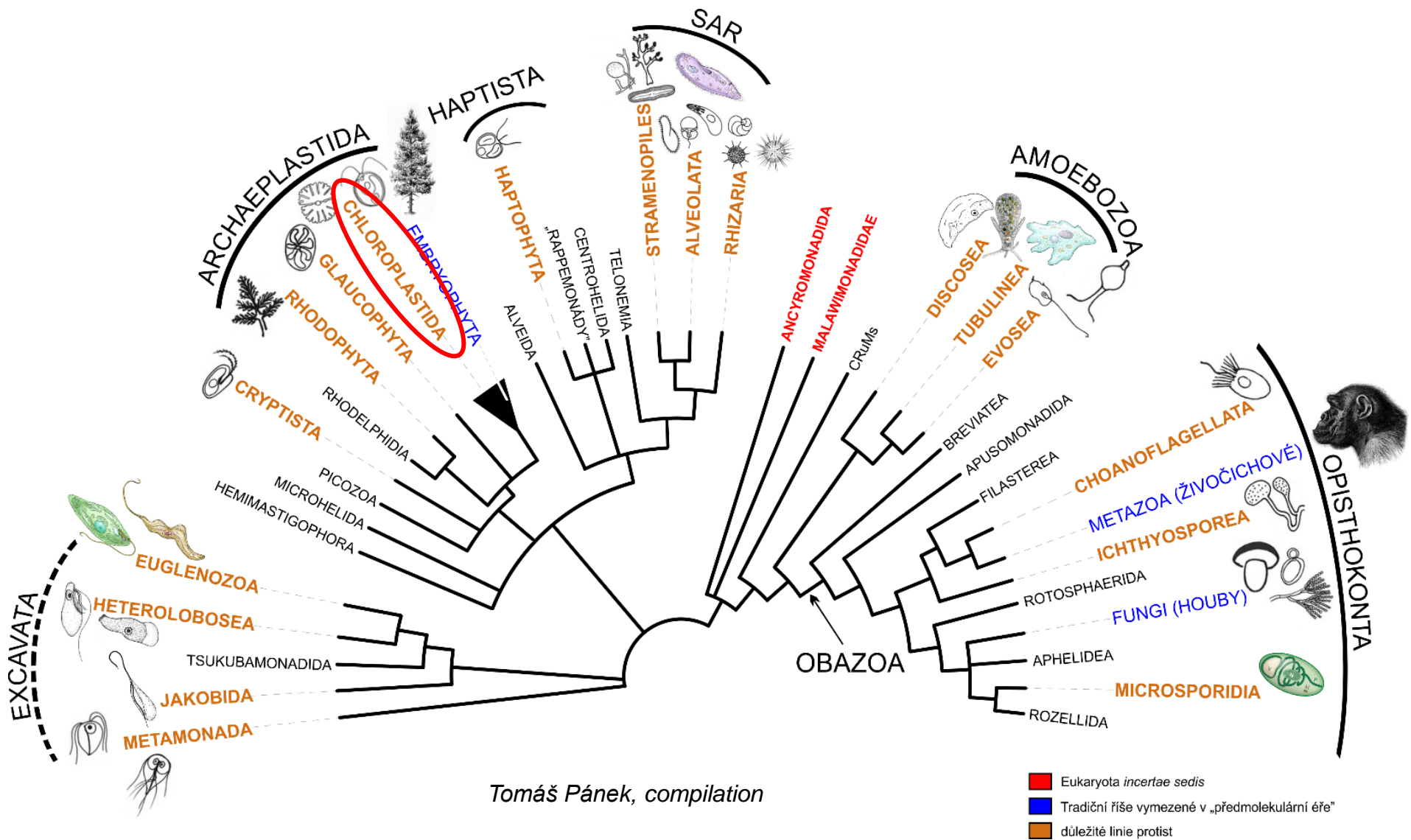
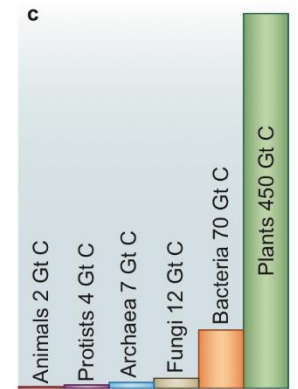
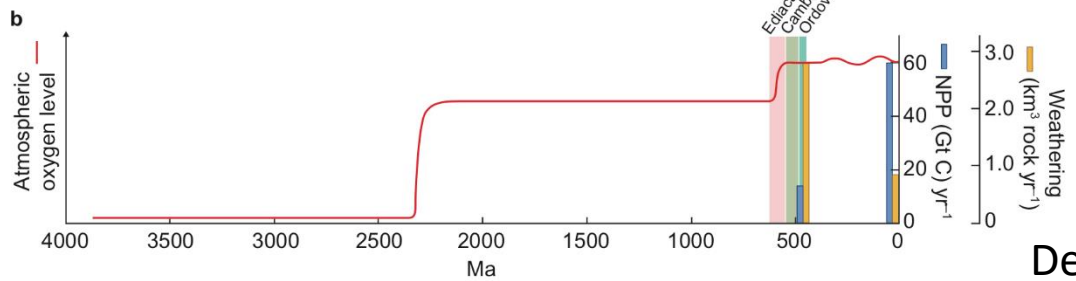
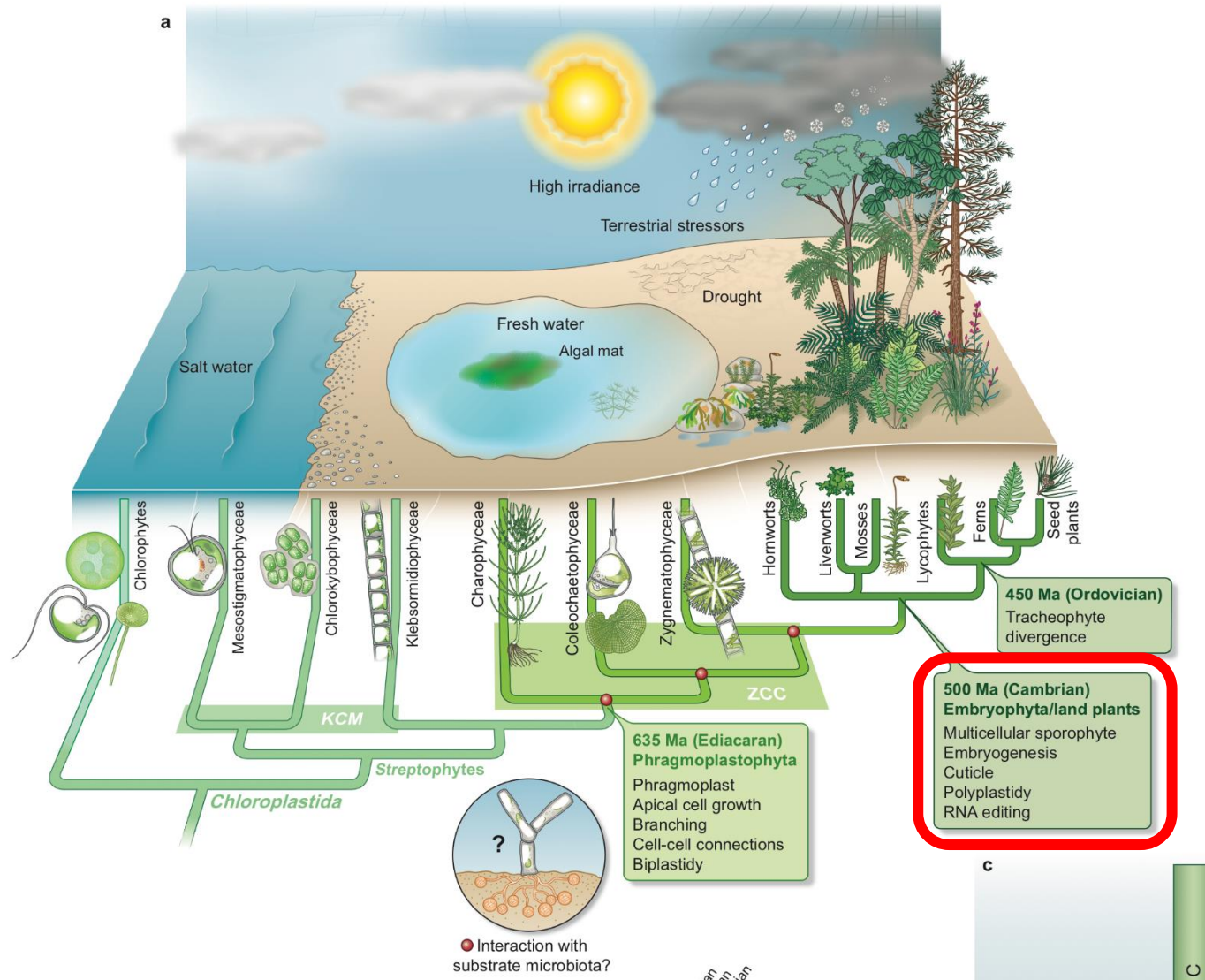


Mechorosty 1. přednáška

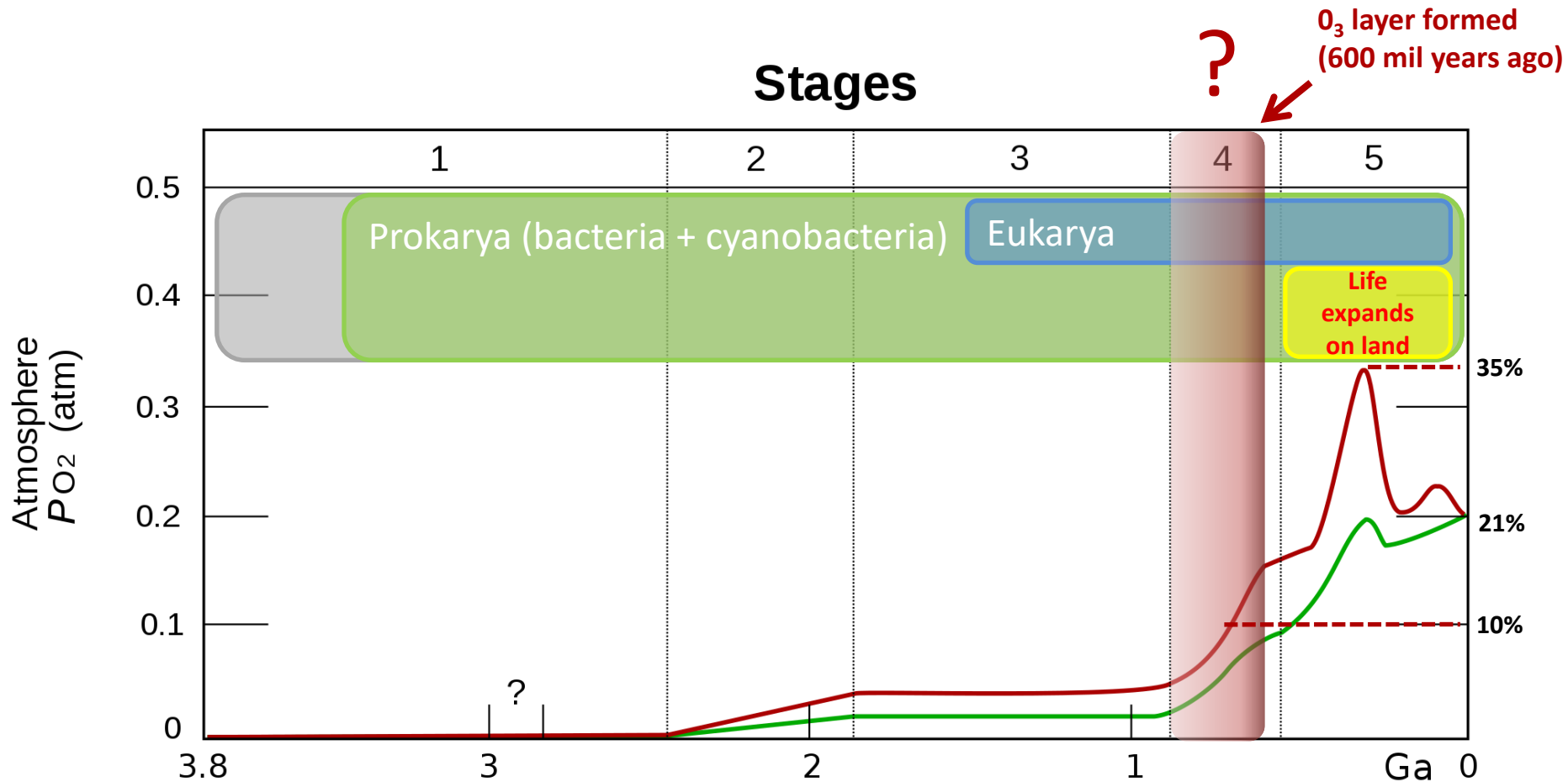
2023



prezentace částečně vychází z materiálů Dr. E. Mikuláškové, (nyní PŘF MU Brno)



De Vries and Archibald (2017)



O_2 build-up in the Earth's atmosphere. Red and green lines represent the range of the estimates while time is measured in billions of years ago (Ga). **Stage 1 (3.85–2.45 Ga):** Practically no O_2 in the atmosphere. **Stage 2 (2.45–1.85 Ga):** O_2 produced, but absorbed in oceans and seabed rock. **Stage 3 (1.85–0.85 Ga):** O_2 starts to gas out of the oceans, but is absorbed by land surfaces and formation of ozone layer. **Stages 4 and 5 (0.85 Ga–present):** O_2 sinks filled, the gas accumulates.^[1]

What adaptations or structural features (of plants) were necessary for the land colonisation to be successful?

- **Main stresses:**

- Drought
- Temperature
- Gravity

Water regime + temperature adaptations:

→ cuticle, stomata and later in the evolution roots and the conductive tissues (xylem, phloem; bryophytes are small so capillary action is usually enough)

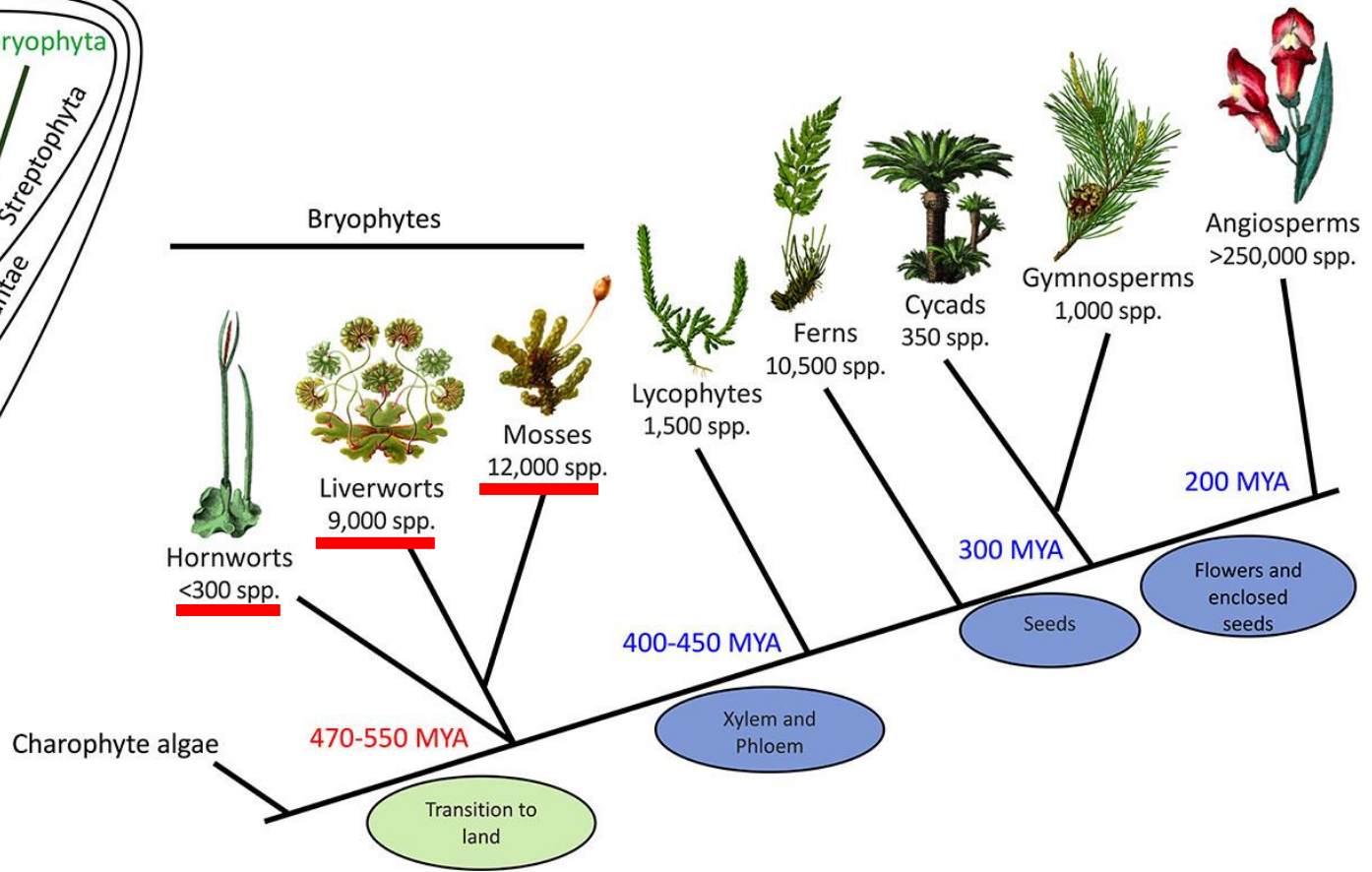
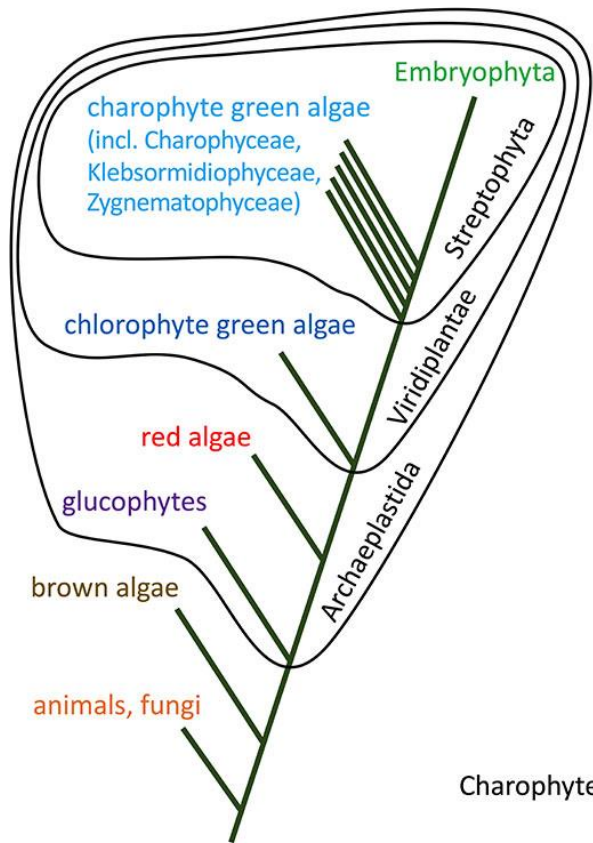
→ changes in reproduction - protective packaging for gametes and embryos (attached to mother plant; nutrition provided)

Attachment + support

→ specialized supporting tissues (lignin and cellulose)

→ 3D body plan - differentiated the body structure to phylloids, cauloid and rhizoids (leaves, stem and roots)

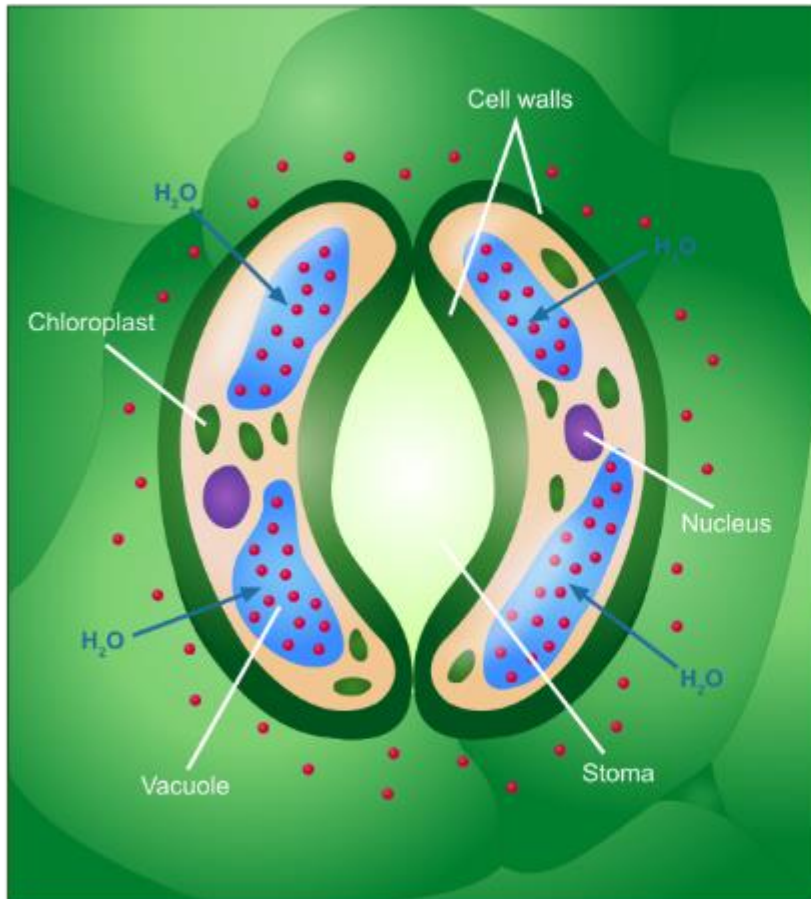
Shift in the life cycle from predominately gametophytic to one that is sporophytic - different system of DNA repair in bryophytes



STOMATA EVOLUTION

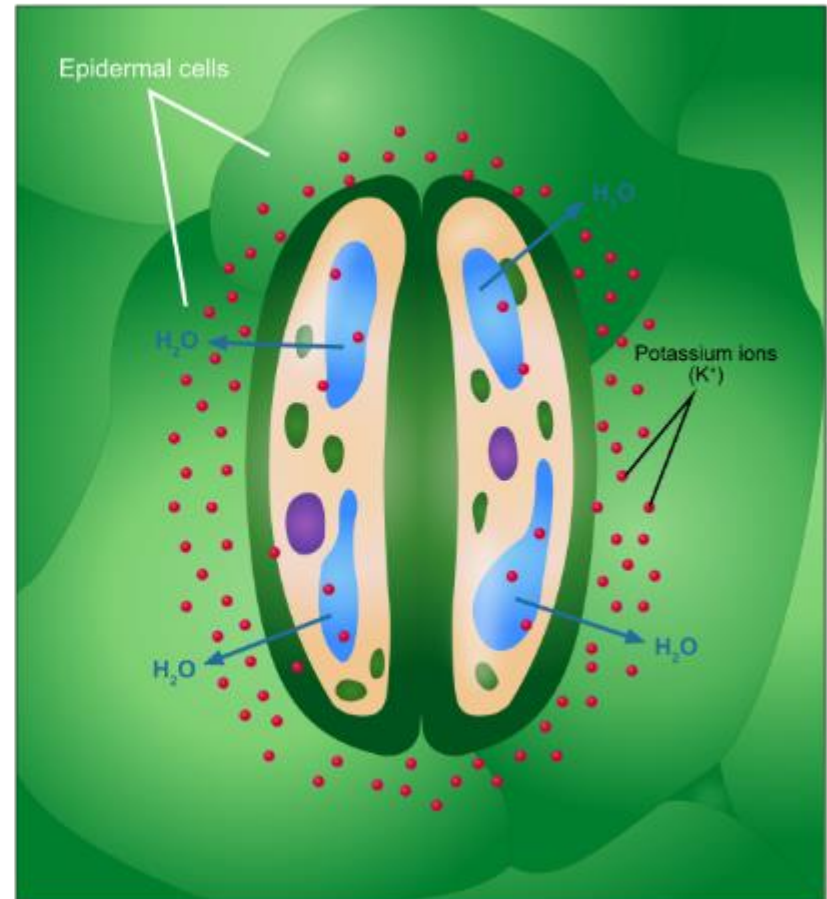
- stomata enable the entry of carbon dioxide and the exit of water vapour → allowing plants to exist in more arid and variable conditions

Guard cells (swollen)

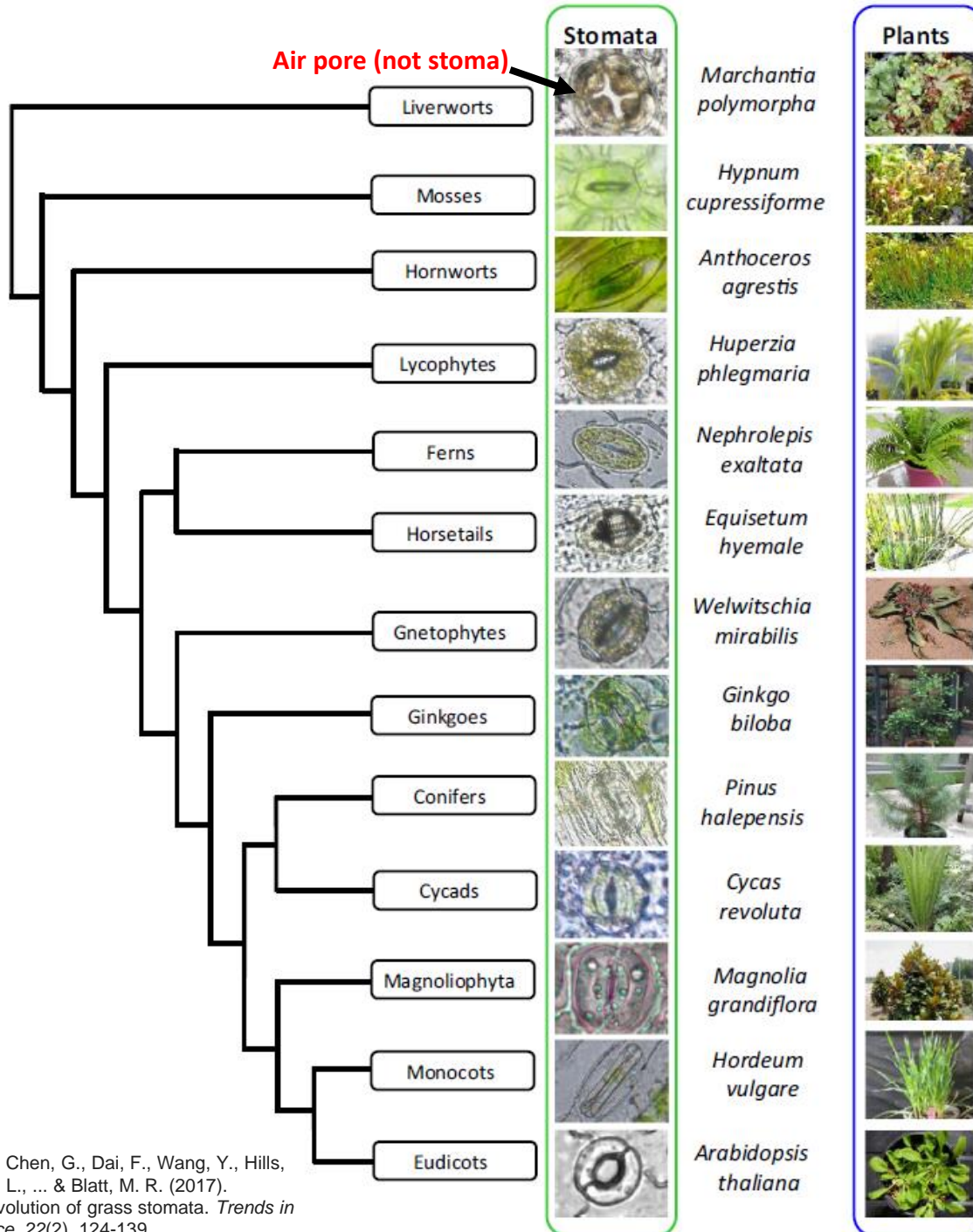


Stoma opening

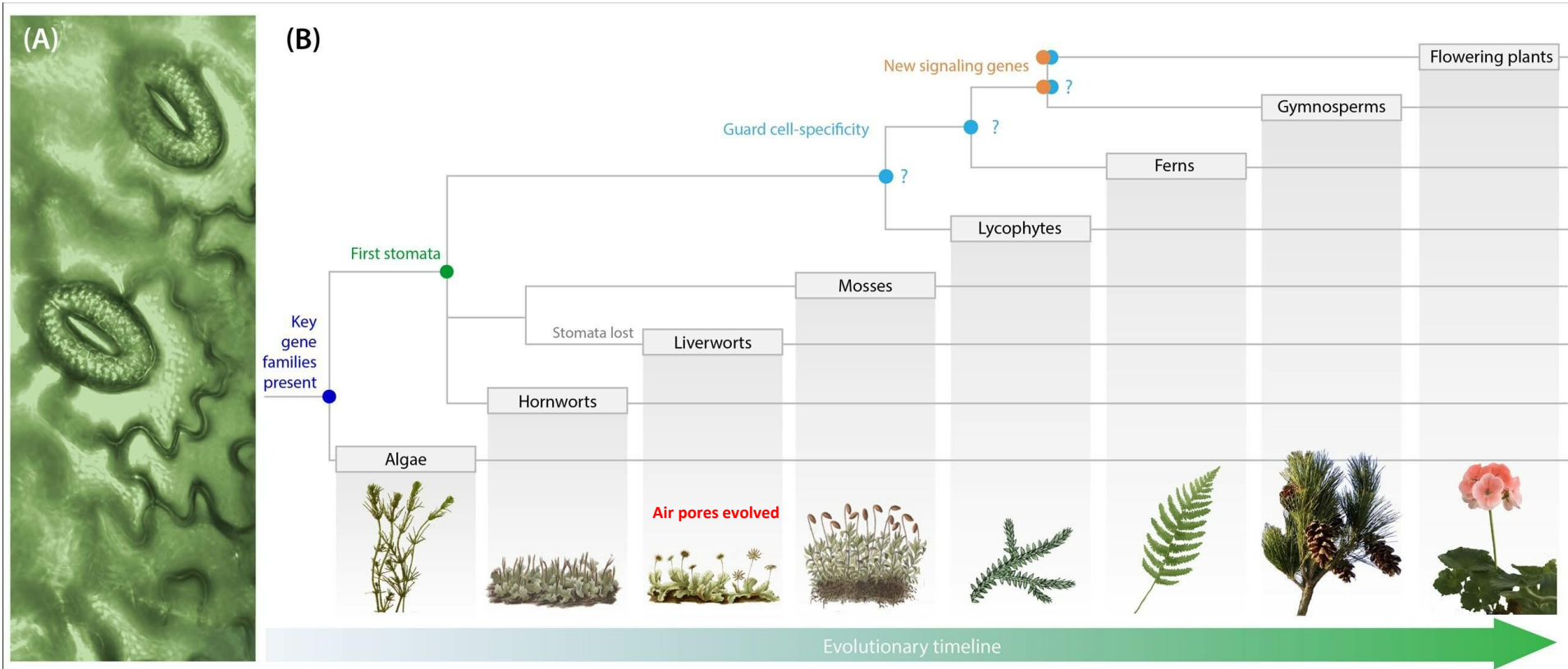
Guard cells (shrunken)



Stoma closing



Chen, Z. H., Chen, G., Dai, F., Wang, Y., Hills, A., Ruan, Y. L., ... & Blatt, M. R. (2017). Molecular evolution of grass stomata. *Trends in Plant Science*, 22(2), 124-139.



Harris, B. J., Harrison, C. J., Hetherington, A. M., & Williams, T. A. (2020). Phylogenomic evidence for the monophyly of bryophytes and the reductive evolution of stomata. *Current Biology*, 30(11), 2001-2012.

Původ mechorostů?

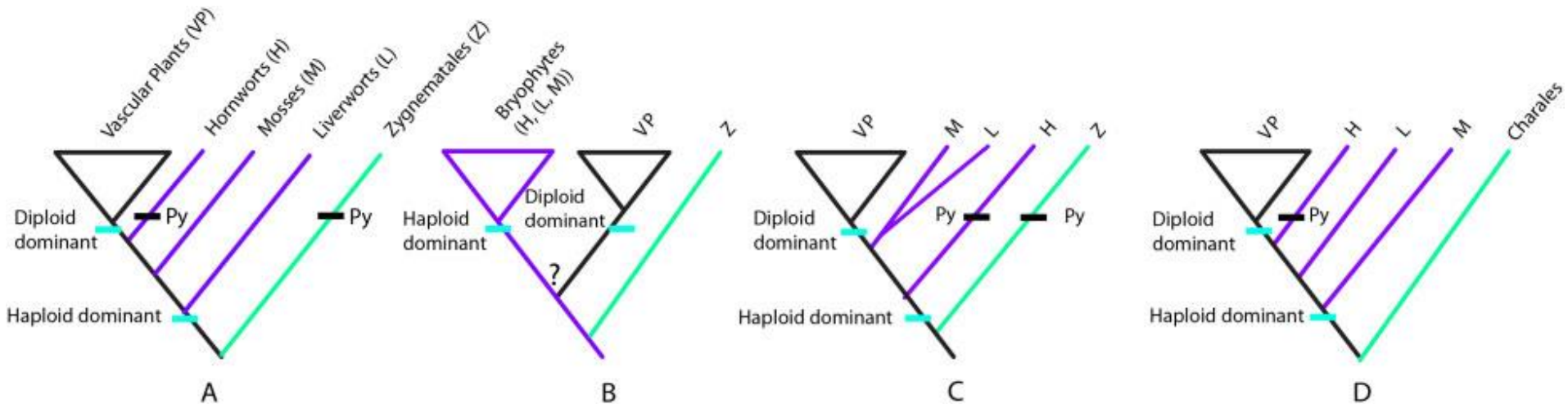
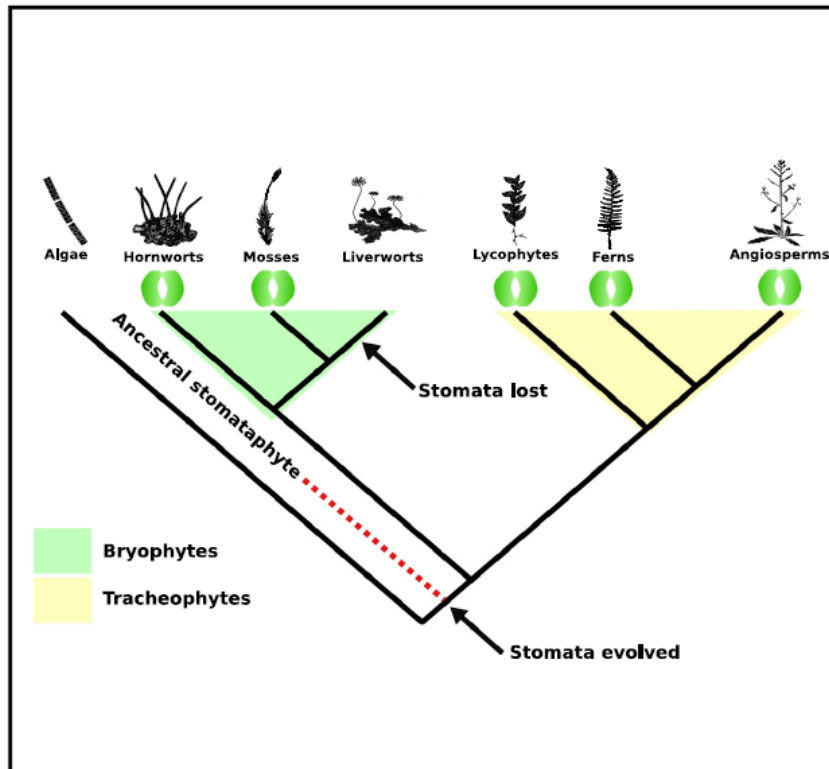


Fig.1: Early land plant topologies. **(A)** A liverwort-sister hypothesis with hornworts sister to vascular plants (e.g. Qiu et al., 2006). In this scenario, the haploid dominant life cycle is plesiomorphic with a derived diploid-dominant life cycle found in vascular plants (in black). The pyrenoid (Py) evolved independently in hornworts and algae (see Villarreal & Renner, 2012). **(B)** Under the scenario of bryophytes monophyletic and sister to vascular plants (Cox et al., 2014; Wickett et al., 2014) it is impossible to know the state (haploid or diploid dominant) of the ancestor to all land plants. **(C)** A hornwort-sister hypothesis with mosses sister to vascular plants (e.g. Renzaglia et al., 2000; Wickett et al., 2014). In this scenario, the haploid dominant life cycle is plesiomorphic with a derived diploid-dominant life cycle found in vascular plants (in black). The pyrenoid is a plesiomorphic trait and it seems to be inherited from green algae. **(D)** A moss-sister hypothesis recovered in some analyses presented by Liu et al. (2014, see section 1).

Current Biology

Phylogenomic Evidence for the Monophyly of Bryophytes and the Reductive Evolution of Stomata

Graphical Abstract



Authors

Brogan J. Harris, C. Jill Harrison,
Alistair M. Hetherington,
Tom A. Williams

Correspondence

tom.a.williams@bristol.ac.uk

In Brief

Harris et al. provide phylogenomic support for the monophyly of bryophytes and show that many of the genes that pattern and operate stomata in modern tracheophytes, such as *Arabidopsis*, were already present in the common ancestor of land plants. The analyses indicate that the simple stomata of modern bryophytes are a result of reductive evolution.

- a set of genes that are implicated in stomatal development (14 genes) and function (18 genes) identified – study of their orthologs and paralogs

Kde v systému se nacházíme?

Eukaryota

říše: *Plantae*

podříše: *Viridiplantae*

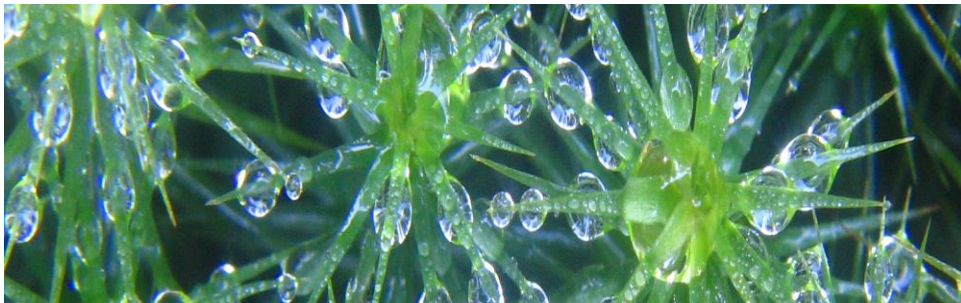
vývojová linie *Streptophyta*

***Bryophyta* - mechorosty**

Marchantiophyta - játrovky

Bryophyta - mechy

Anthocerotophyta - hlevíky

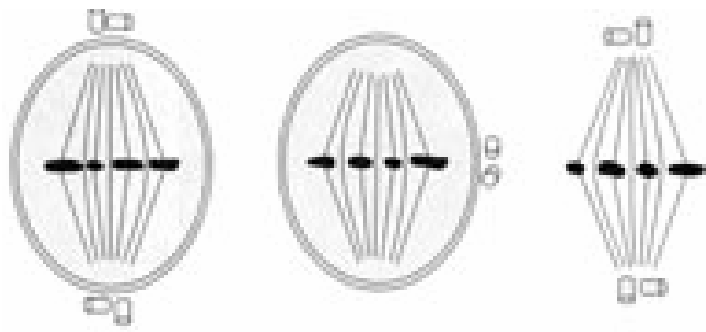
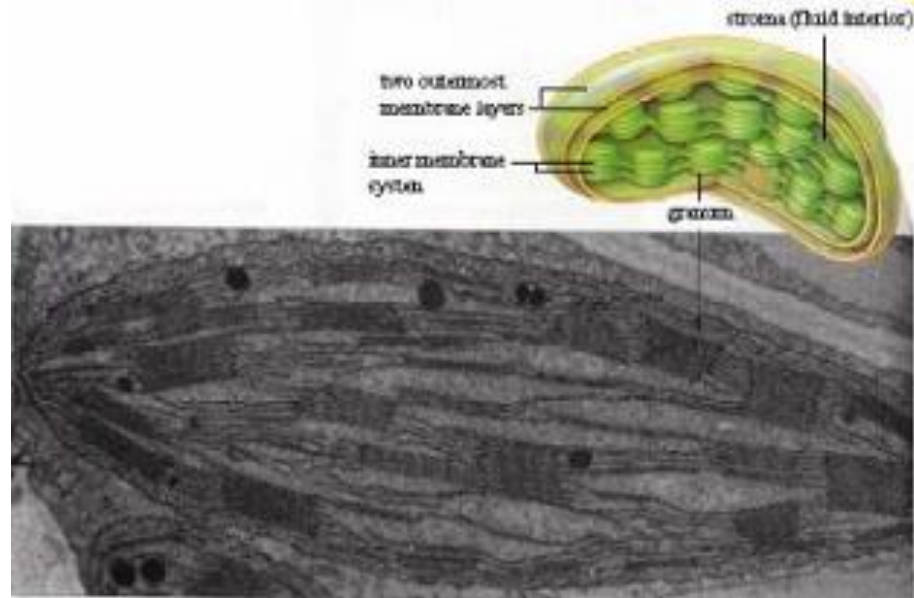
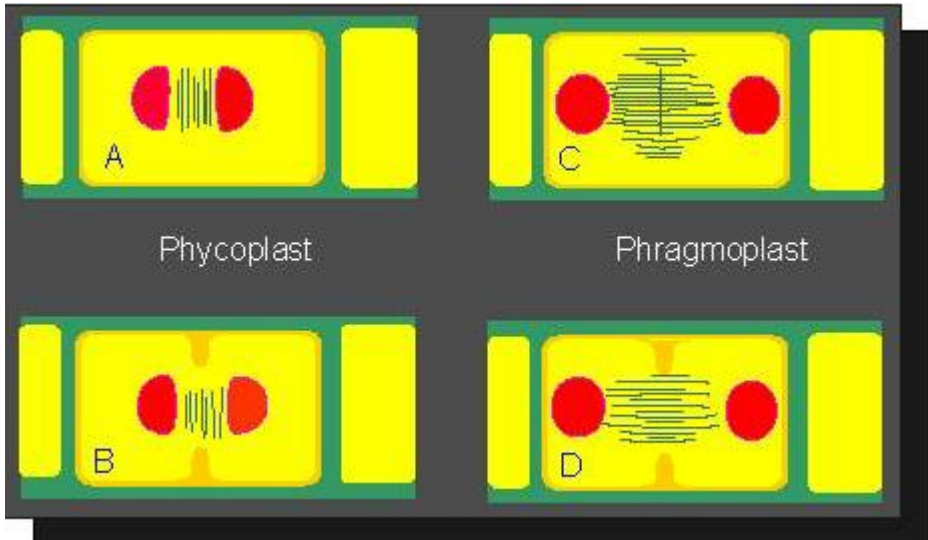


Mechorosty

- heterogenní monofyletická skupina rostlin
- tři samostatná oddělení – *Marchantiophyta*, *Anthocerotophyta* a *Bryophyta*
- jedny z nejstarších suchozemských rostlin (ordovik, spodní silur), první fosilie ze svrchního devonu, min. 400 mil. let staré

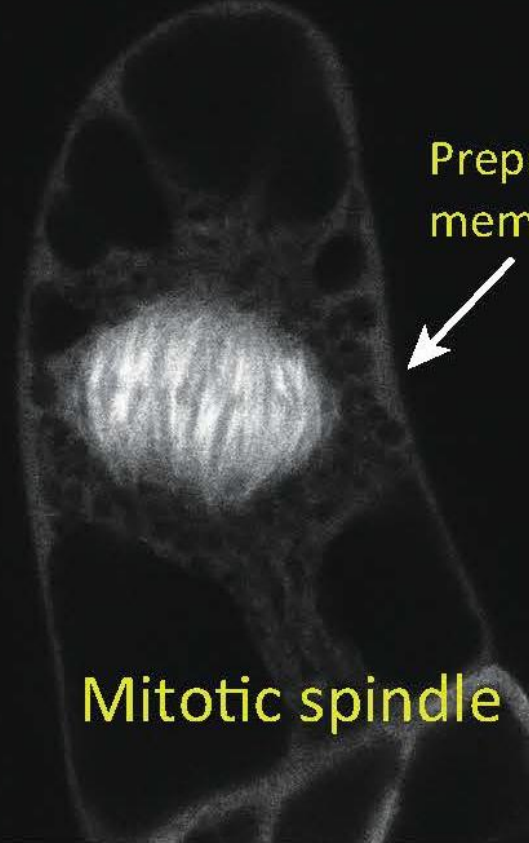
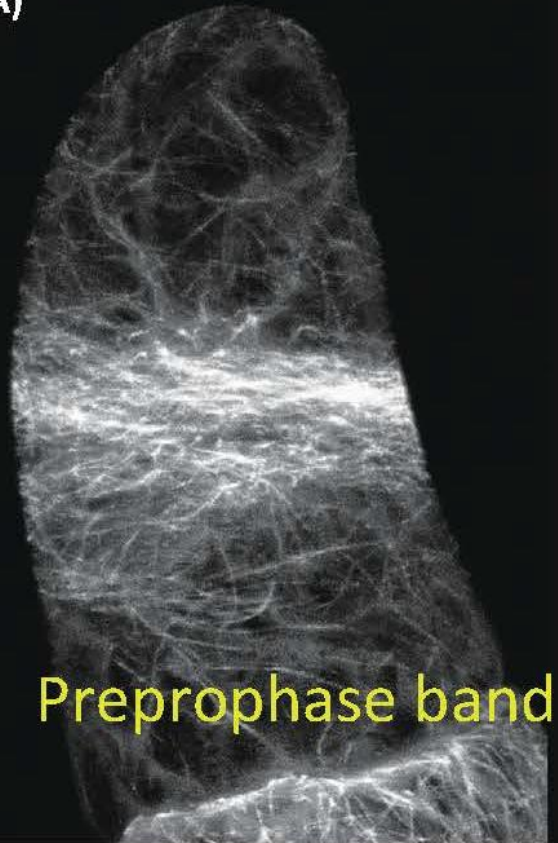


dvě vývojové linie - *Chlorophytae* a *Streptophytae*



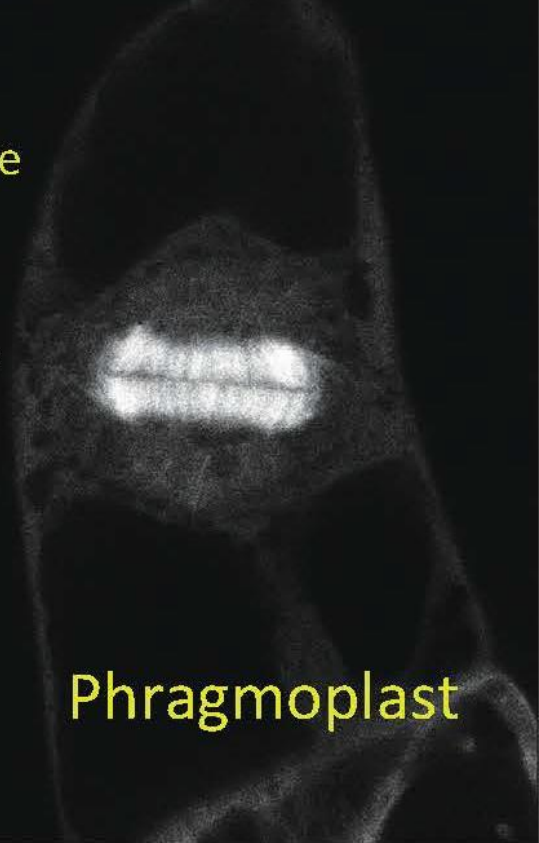
Streptophyta

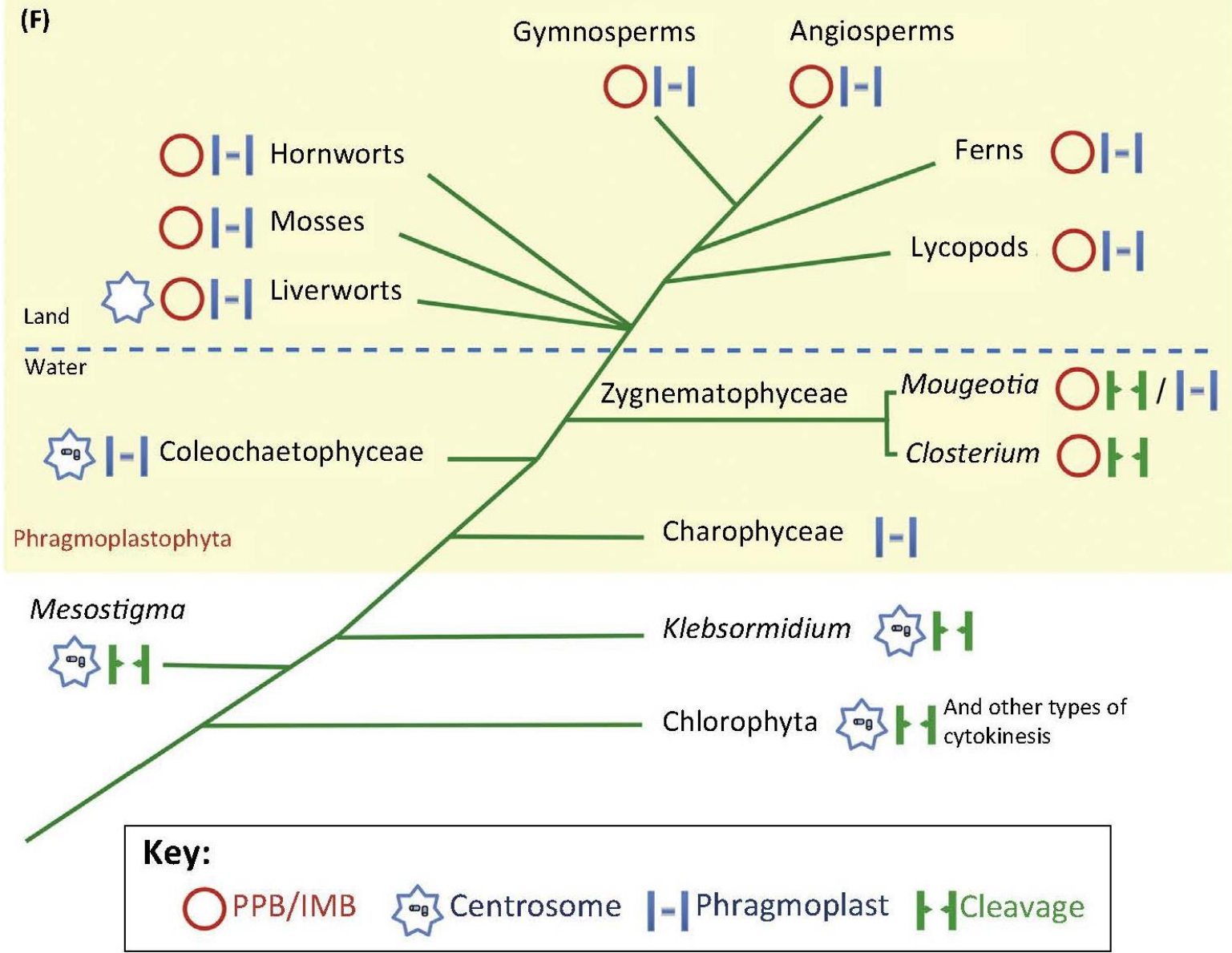
(A)



Preprophase memory

Two white arrows point from the text 'Preprophase memory' to the mitotic spindle and the phragmoplast images.





Mechorosty nejsou dořešeny, žlutě – „Pragmoplastophyta“, Red rings indicate preprophase bands (PPB) and/or the so-called isthmus band (IMB) found in desmid algae. Blue asterisks indicate centrosomes (note that the centrosome-like polar organizers of the liverworts do not contain centrioles). Cytokinesis occurs via phragmoplasts or cleavage (blue and green H-like shapes, respectively; note that some Zygnematophyceae show a combination of both mechanisms, e.g., Mougeotia).

Trends in Plant Science

Mechorosty

Znaky sdílené se všemi zelenými rostlinami

(„*Viridiplantae*“ tj. zelené řasy + vyšší rostliny):

- kombinace fotosyntetických barviv, stavba chloroplastu
- asimilačním produktem je škrob
- ultrastruktura bazálního aparátu bičíků (hvězdovitá struktura) u pohyblivých buněk

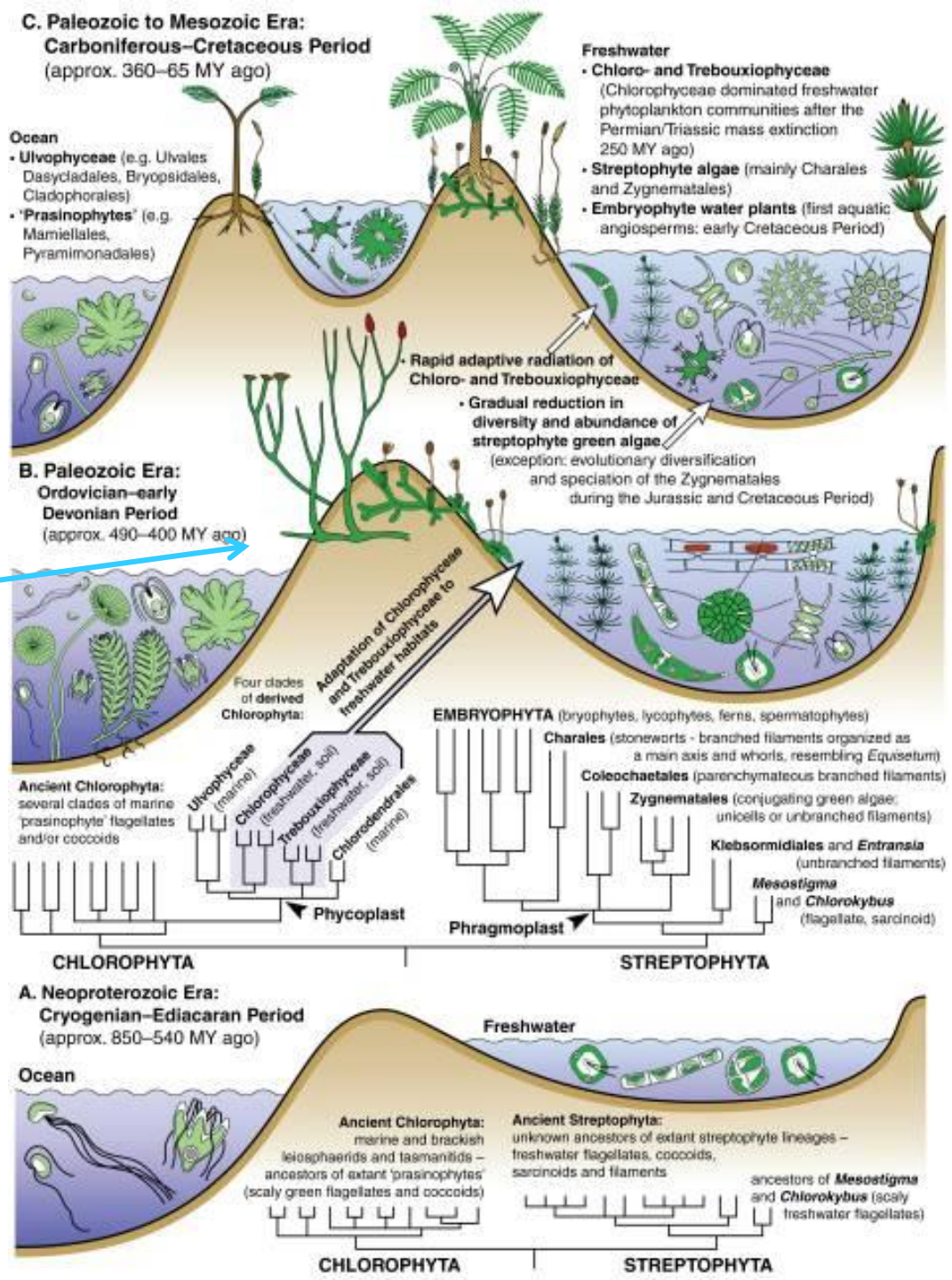
Znaky sdílené se *Streptophyty*

(tj. Charophyta + ostatní streptofytní řasy, Bryophyta, Embryophyta)

- fragmoplast - mikrotubuly vřeténka kolmo ke tvořící se buněčné stěně
- chloroplasty mají thylakoidy uspořádané v grana
- otevřená mitóza

Vývoj Chlorophytae a Streptophytae

Mechorosty



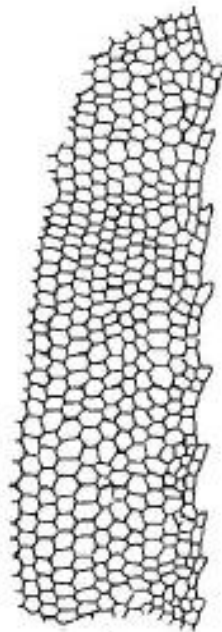
Becker B., Marin, B. (2009):
Streptophyte algae and the origin of
embryophytes. Ann Bot. 2009 103: 999-1004.

Fosilie mechorostů

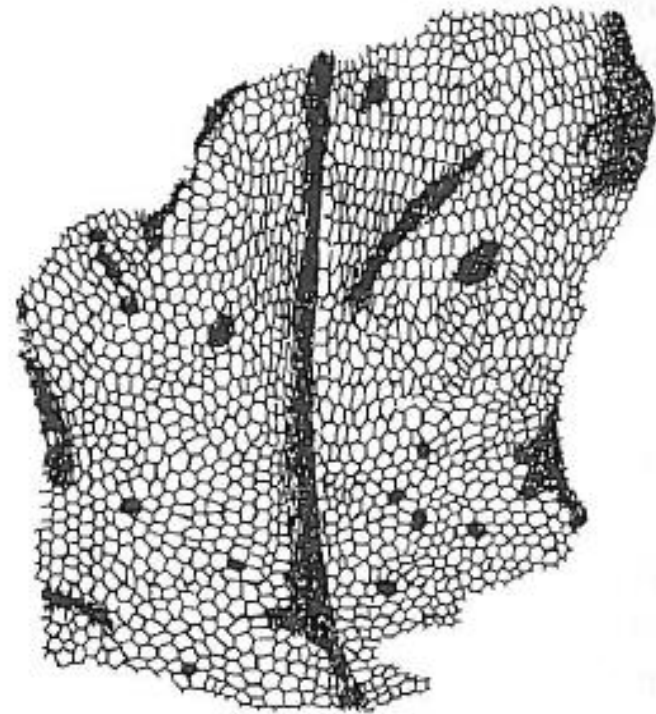
- první nález řazený jednoznačně k mechorostům – ***Pallaviciniites devonicus*** – New York, dichotomické větvení, lupenitá játrovka, zbytky pletiv (svrchní devon, 370-350 mil. let)

Spodní karbon

- další nálezy játrovek
- ***Muscites lobatus*** – Anglie, první mech



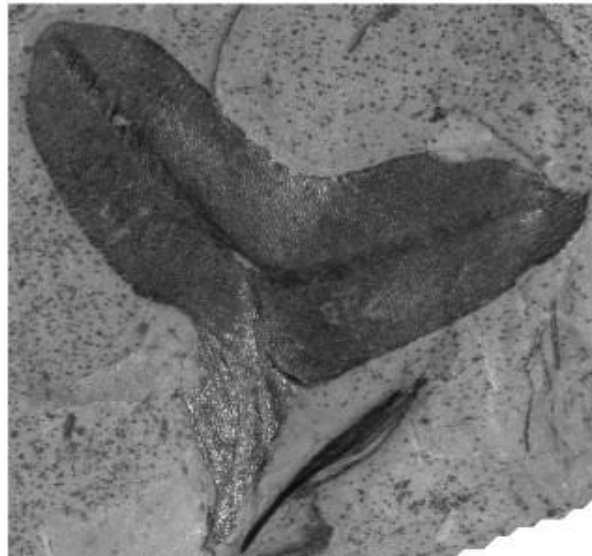
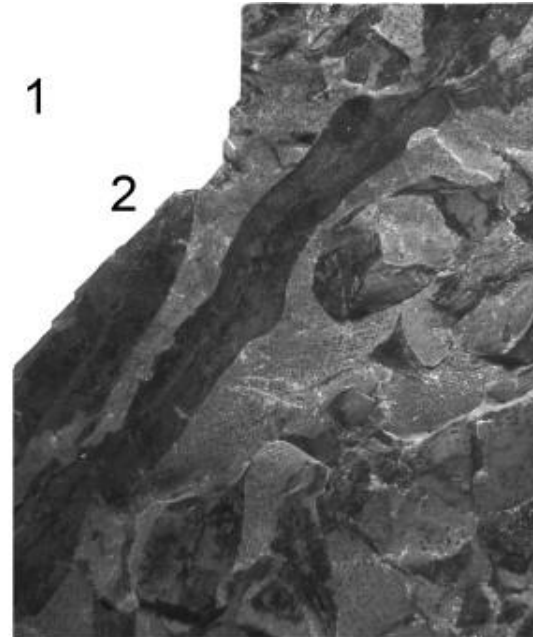
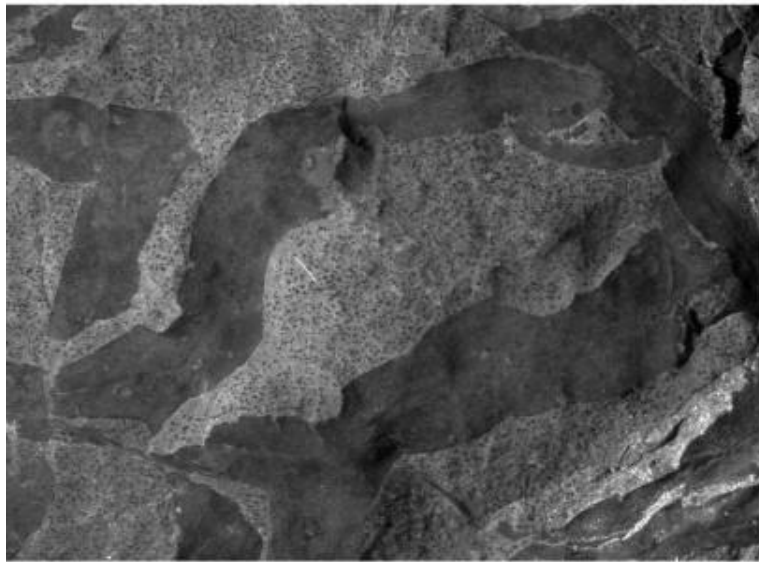
b



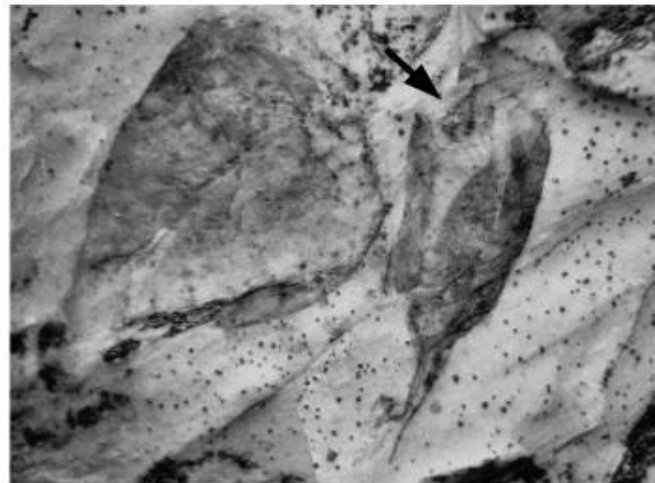
c

Pallaviciniites devonicus

Earth's oldest liverworts—*Metzgeriothallus sharonae* sp. nov. from the Middle Devonian (Givetian) of eastern New York, USA



3 4



Hernick, L. V., Landing, E. & Bartowski, K. E. Earth's oldest liverworts—*Metzgeriothallus sharonae* sp. nov. from the Middle Devonian (Givetian) of eastern New York, USA. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 148, 154–162 (2008).

Metzgeriothallus sharonae

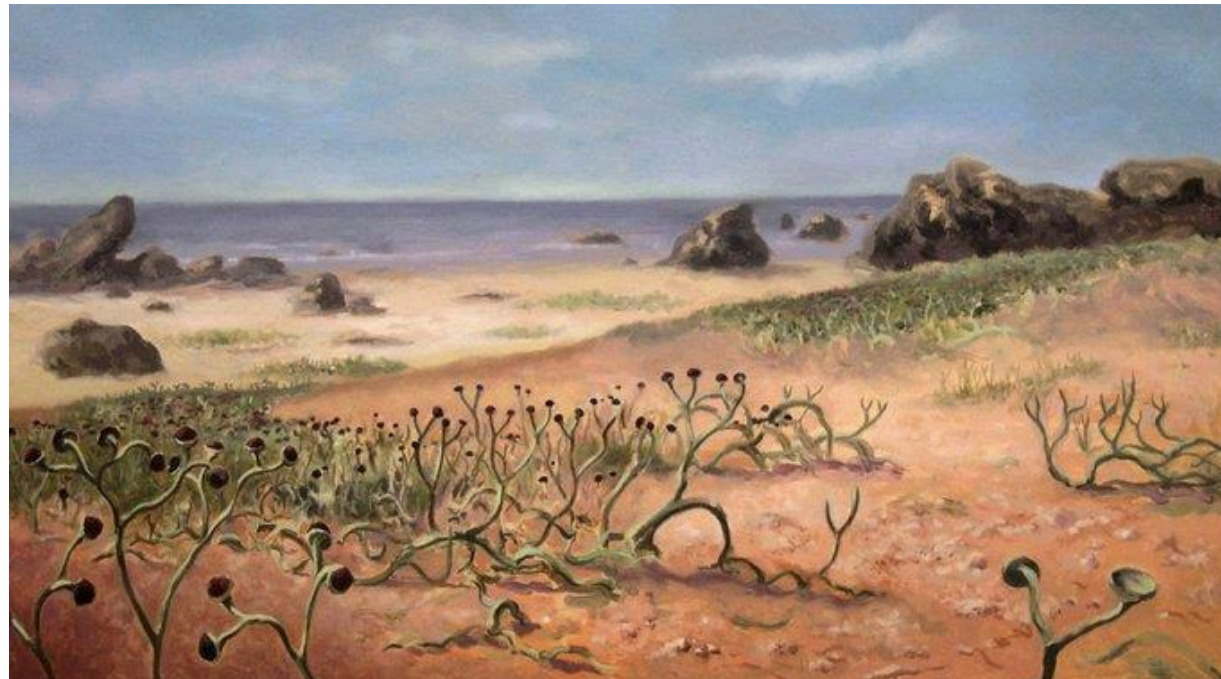


- „Carbonized remains of the **upper Middle Devonian** liverwort *Metzgeriothallus sharonae* sp. nov. are locally common in these lenses. Well-preserved thalli (gametophytes) are only evident by projecting polarized light on the shale and siltstone surfaces. An associated sporophyte capsule is the first evidence of a reproductive structure in a Devonian liverwort. *M. sharonae* is the oldest known liverwort.“



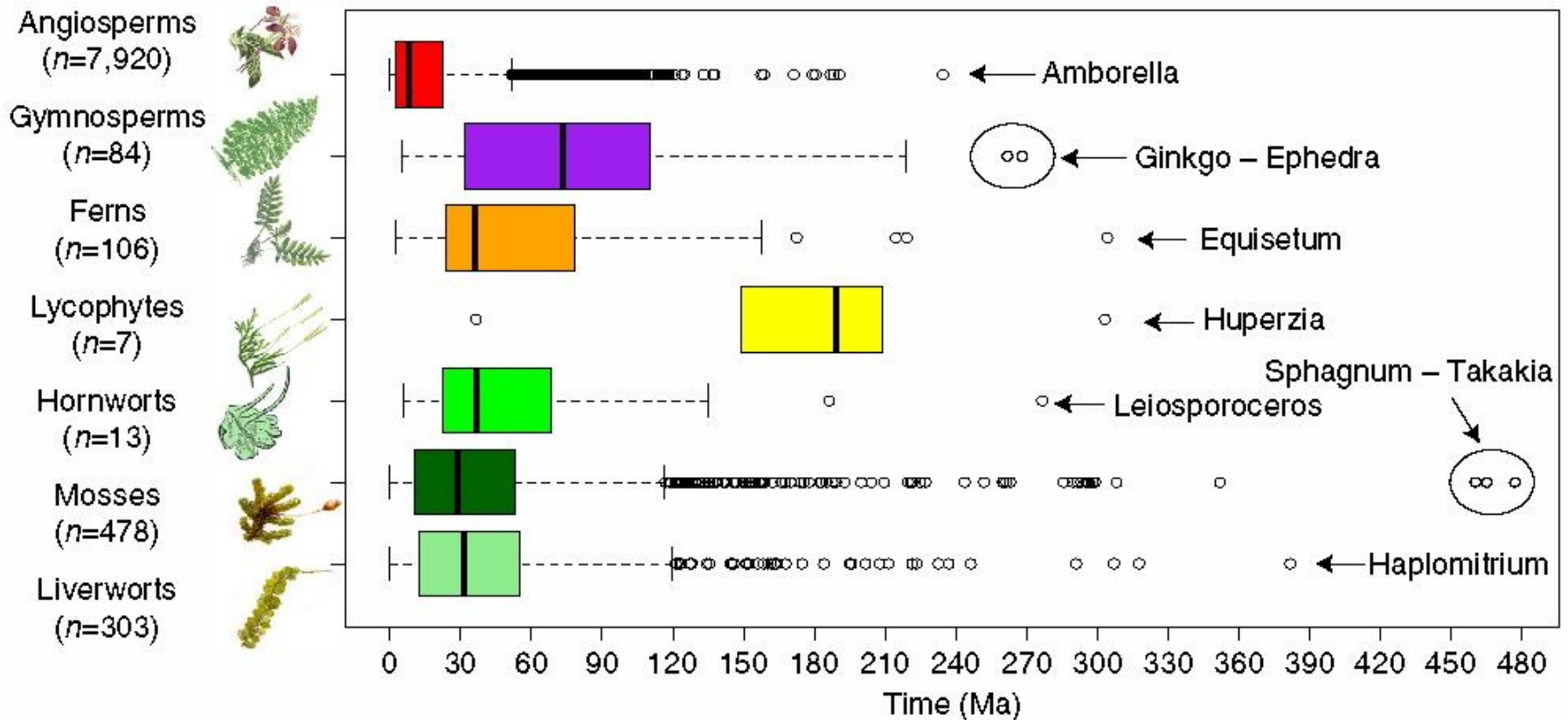
@EmilianoTroco

Rhyniophyta - nejstarší
dosud známá rostlinná
makrofosilie (*Cooksonia
barrandei*) pocházející z
lokality [Barrandovy jámy](#) u
[Loděnic](#). Její stáří se
odhaduje přibližně na 432
milionů let.



Cooksonia

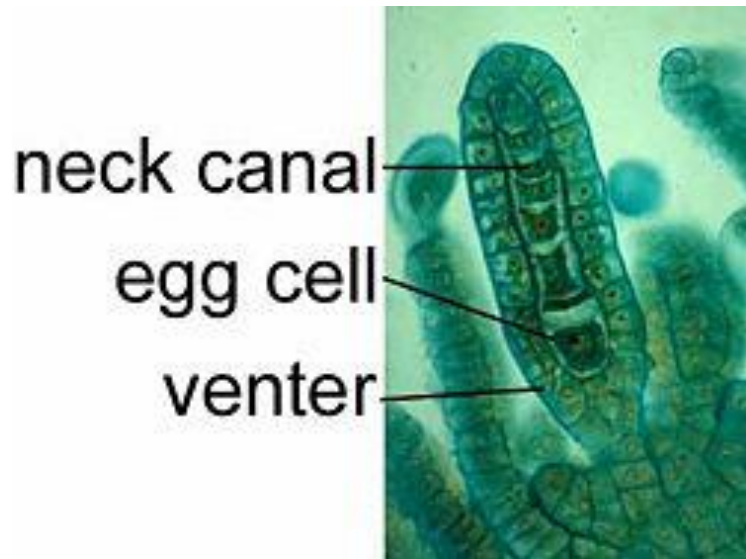
Figure 1: Timing of the origin of extant genera in the major lineages of land plants.



Laenen B. et al. (2014): Extant diversity of bryophytes emerged from successive post-Mesozoic diversification bursts. – Nature communications 5:6134 .

Hlavní znaky charakterizující příslušnost k vyšším rostlinám (suchozemským, *Embryophyta*)

- tvorba embrya vyživovaného z mateřské rostliny
- mnohobuněčná gametangia s vícevrstevnými sterilními obaly
- tvorba kutikuly (tobolka)
- sporopolenin ve stěně spor
- způsob replikace centrozómů



Společné znaky mechorostů, odlišnosti od ostatních vyšších rostlin

- charakteristický životní cyklus; převaha gametofytu
- krátkověkost sporofytu, závislost na gametofytu, sporofyt je nevětvený
- absence ligninu
- gametofyt: protonema a gametofor
- gametofor přirůstá činností tzv. apikální buňky, ne meristemického pletiva



Kolik existuje mechorostů?

Celosvětově 16-20 tisíc druhů (120-150 druhů hlevíků, 6-8 tis. druhů játrovek, 10-12 tisíc druhů mechů)

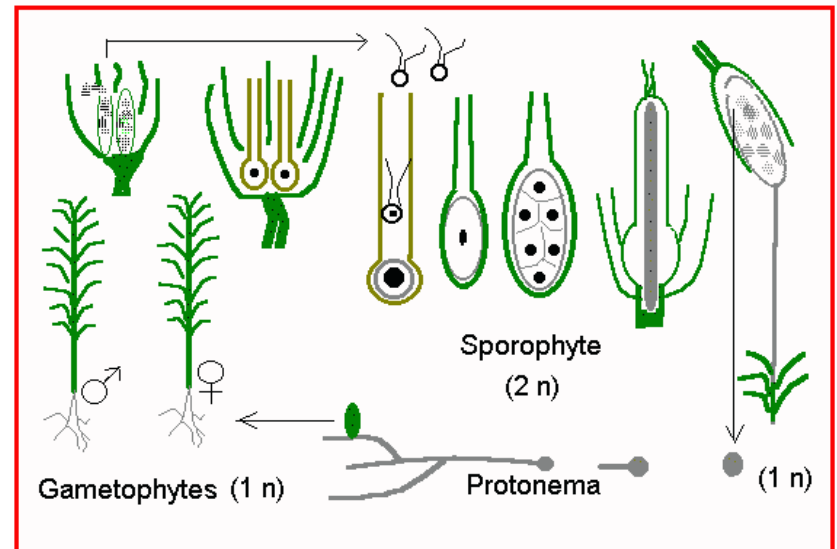
Evropa cca 1750 druhů (8 druhů hlevíků, 450 druhů játrovek, 1300 druhů mechů)

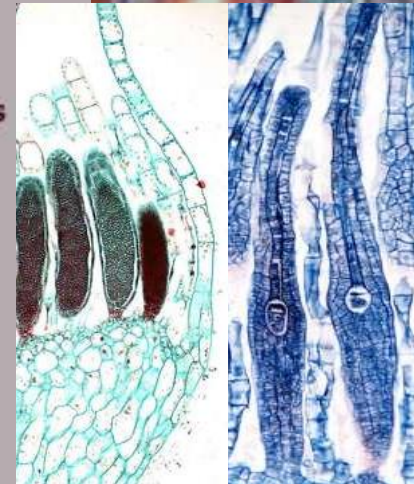
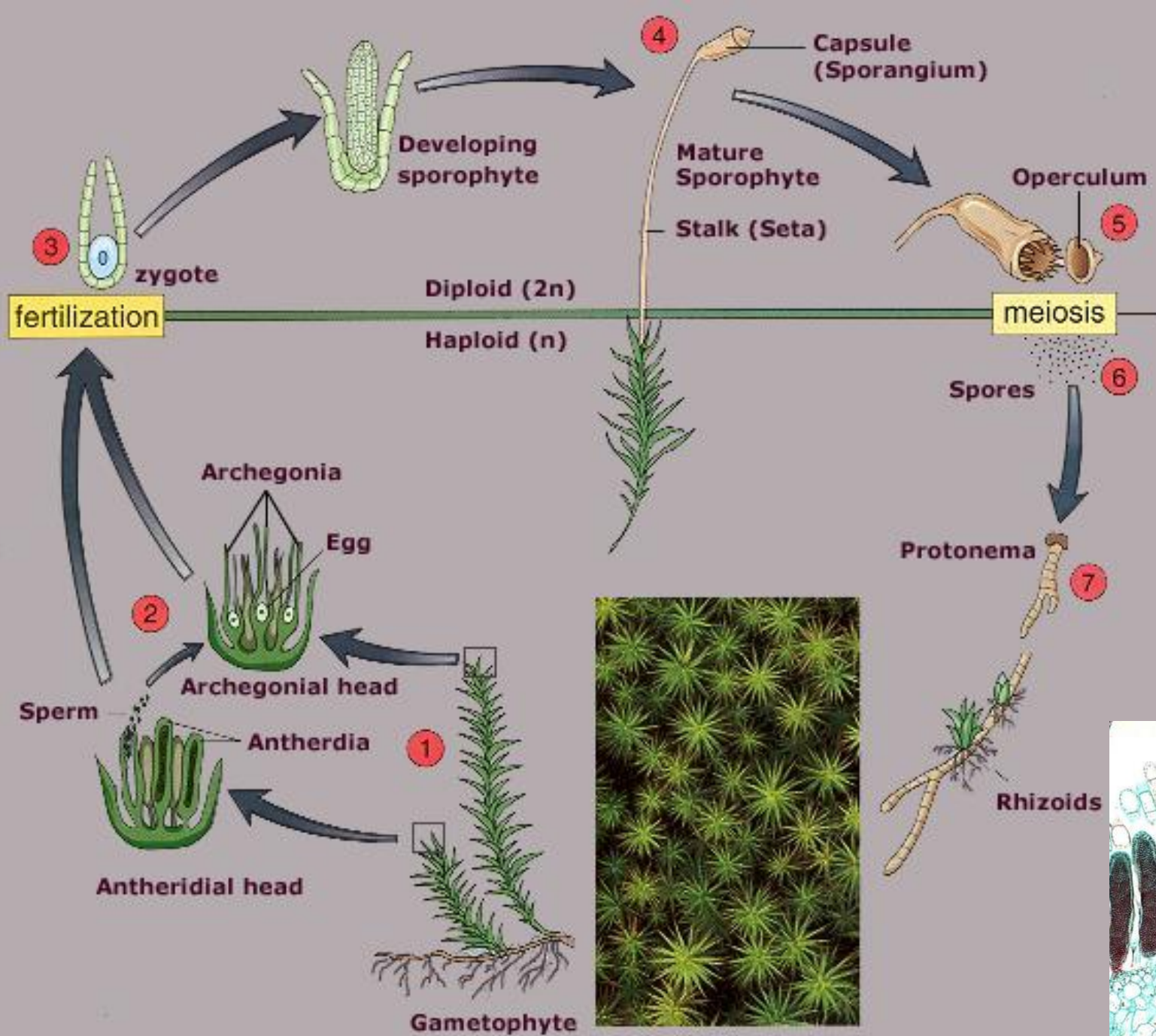
ČR 859 druhů (4 druhy hlevíků, 207 játrovek, 648 druhů mechů)



Životní cyklus mechorostů

- heteromorfická (heterofázická) rodozměna
- **gametofyt** – haploidní, fotoautotrofní;
- meiospora → protonema → gametofor → gametangia (♀ archegonia, ♂ antheridia) → vaječná buňka, spermatozoid
- **sporofyt** – diploidní, závislý na G;
- zygota → noha, štět, tobolka → sporogenní pletivo (archespor)
- **oplození** pouze ve vodním prostředí
- jednodomé i dvoudomé druhy





Kde v systému se nacházíme?

Impérium: *Eukaryota*

Říše: Rostliny - *Plantae*

Podříše: *Viridiplantae* - zelené rostliny

vývojová linie - *Streptophytae*

Oddělení: ***Anthocerotophyta*** - hlevíky



Phaeoceros carolinianus

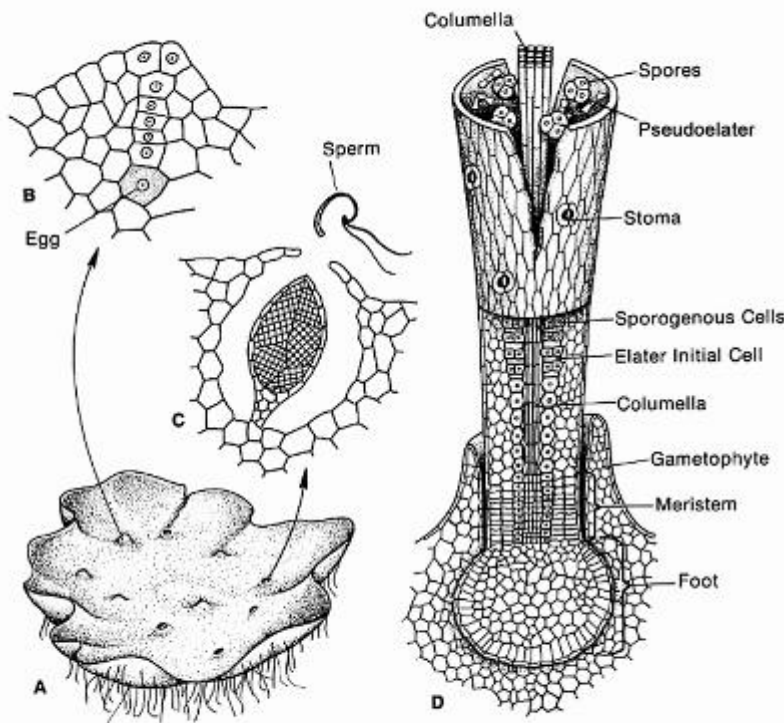


Figure 12-17 Diagrammatic rendering of structures of *Anthoceros*, the hornwort. A, Gametophyte plant. B, Archegonium. C, Antheridium. D, Sporophyte plant.

Norstog & Long 1976

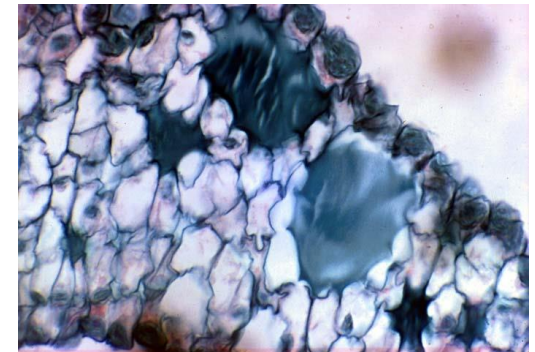
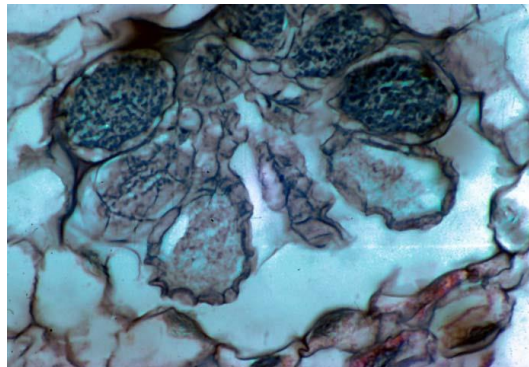
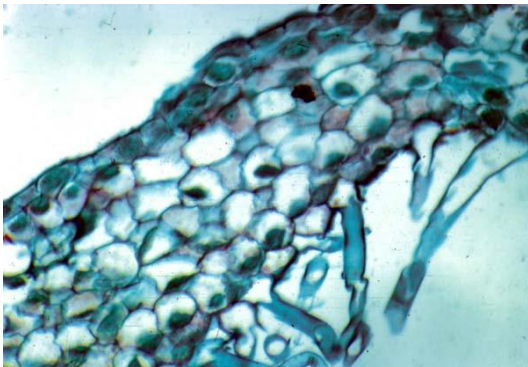


Dendroceros

Gametofyt

- **stélka** lupenitá, růžicovitá, tenkostěnné buňky jednoho typu, spodní strana slizové dutinky (*Nostoc*)
- **spory** po čtyřech (tetrády), pseudoelaterie
- **rhizoidy** hladké
- **buňky** parenchymatické, 1 velký chloroplast s pyrenoidem
- **gametangia** vznik z podpovrchové buňky, zanořená, antheridia v dutinkách
- **spermatozoidy** symetrické, bičíky pravotočivě uspořádané
- **nepohlavní rozmnožování** – není příliš rozšířené

Dendroceros crispatus



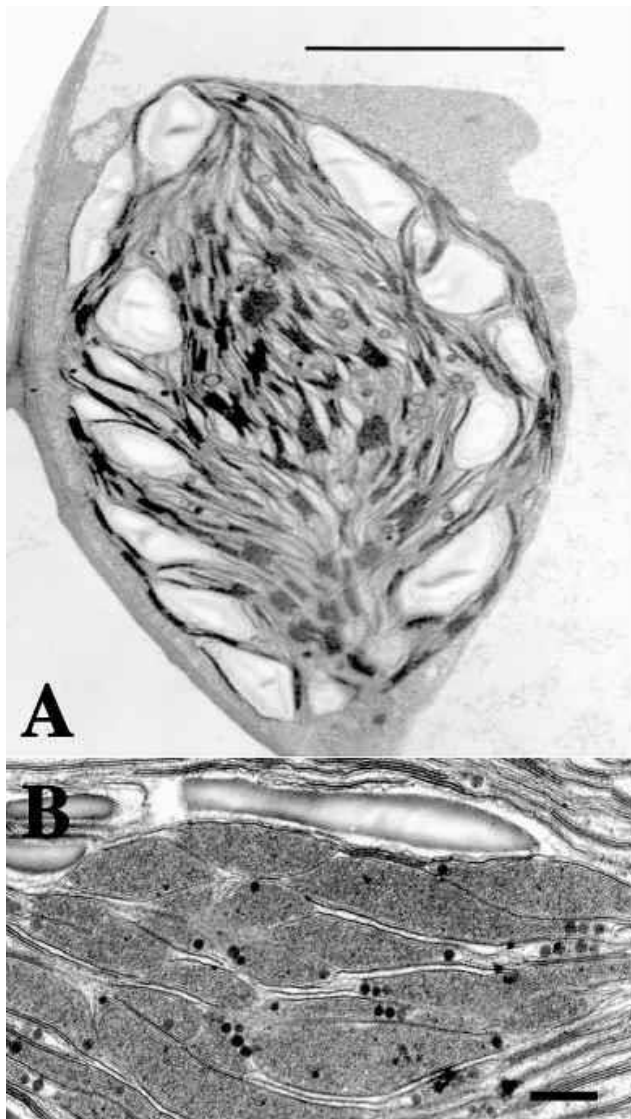
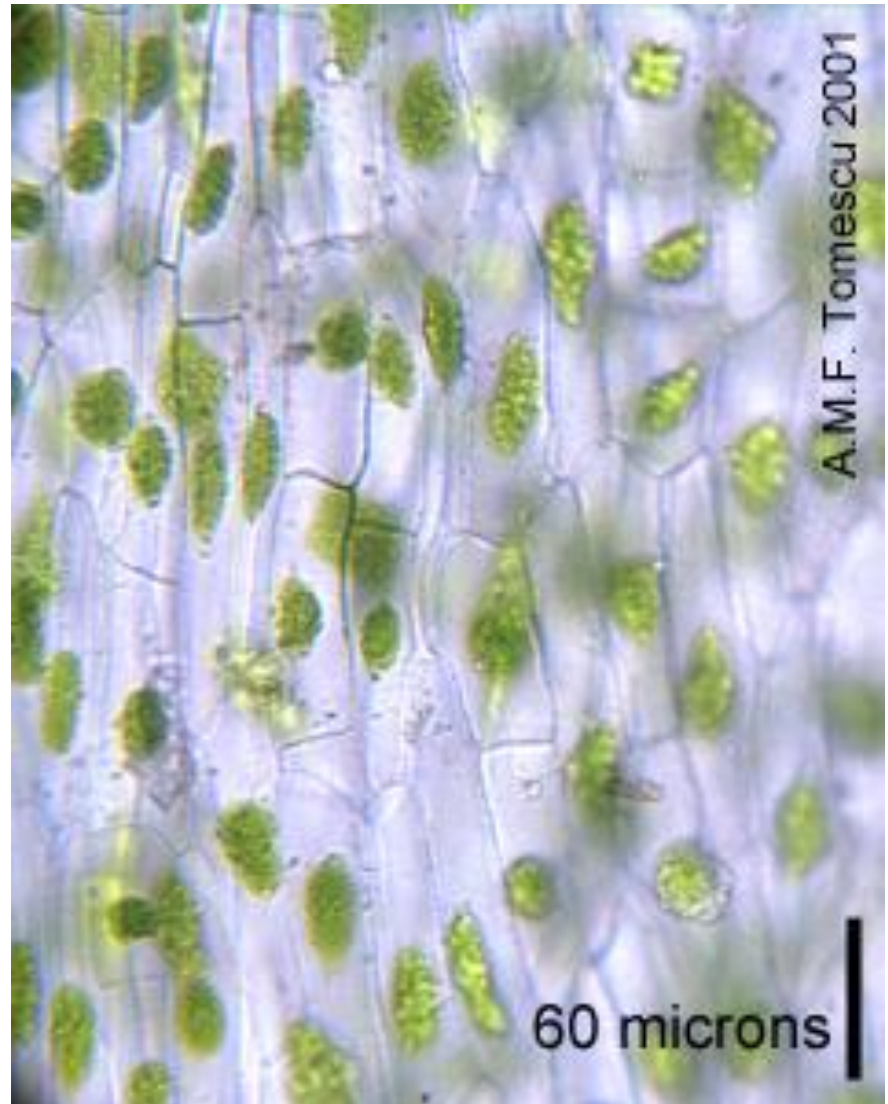


Fig. 3. Transmission electron micrographs of chloroplasts in hornworts. **A.** *Leiosporoceros dussii* (Steph.) Hässel. Chloroplast in the assimilative layer of the sporophytes showing peripheral starch and centralized grana. **B.** *Folioceros fuciformis* Baradw. Central pyrenoid with lens-shaped subunits separated by narrow grana and surrounded by starch grains. Bar = 0.5 μ m. Shaw & Renzaglia 2004



Phaeoceros laevis; A.M.F. Tomescu, Ohio Univ.

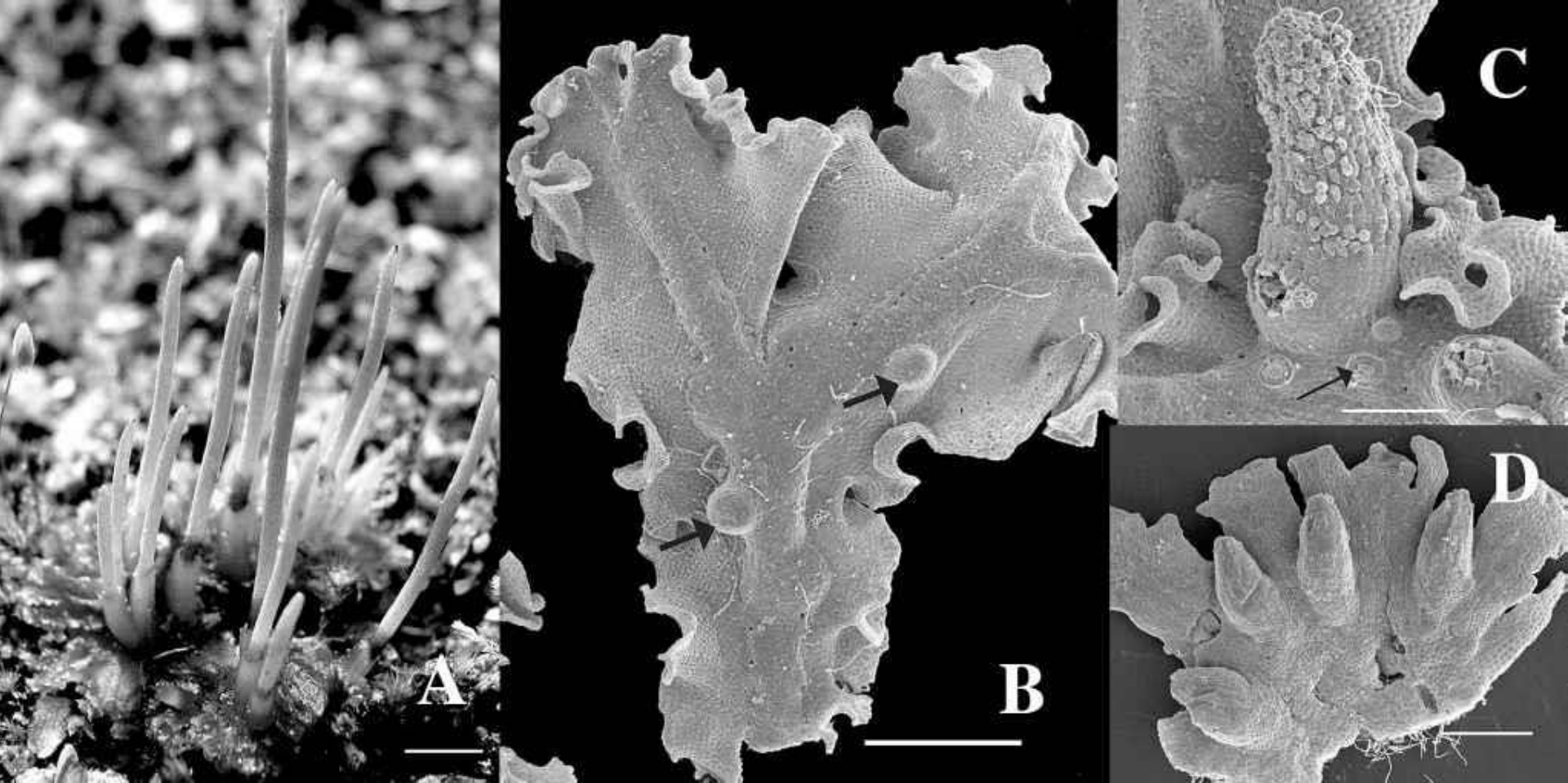
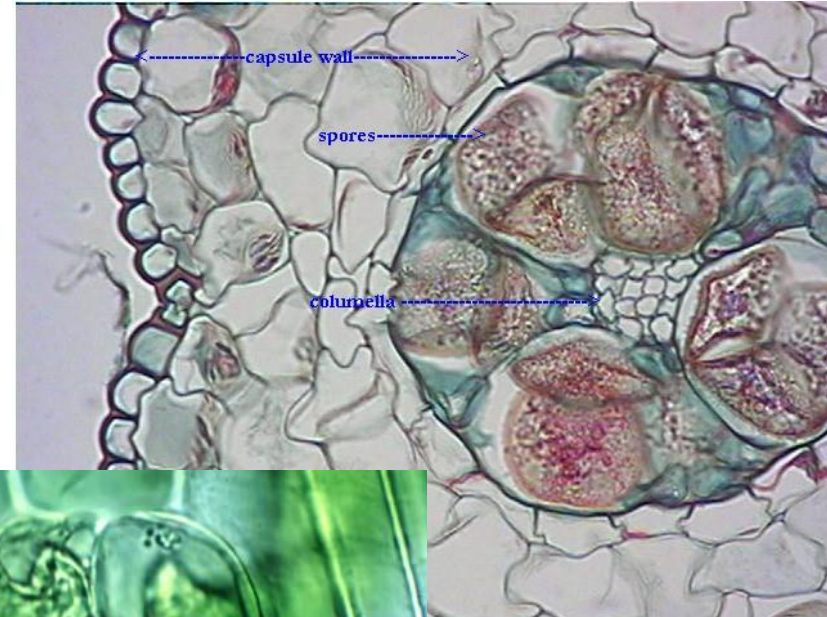
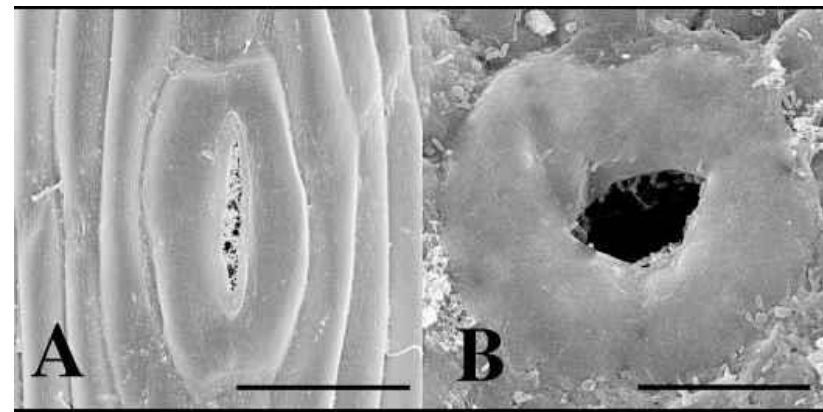


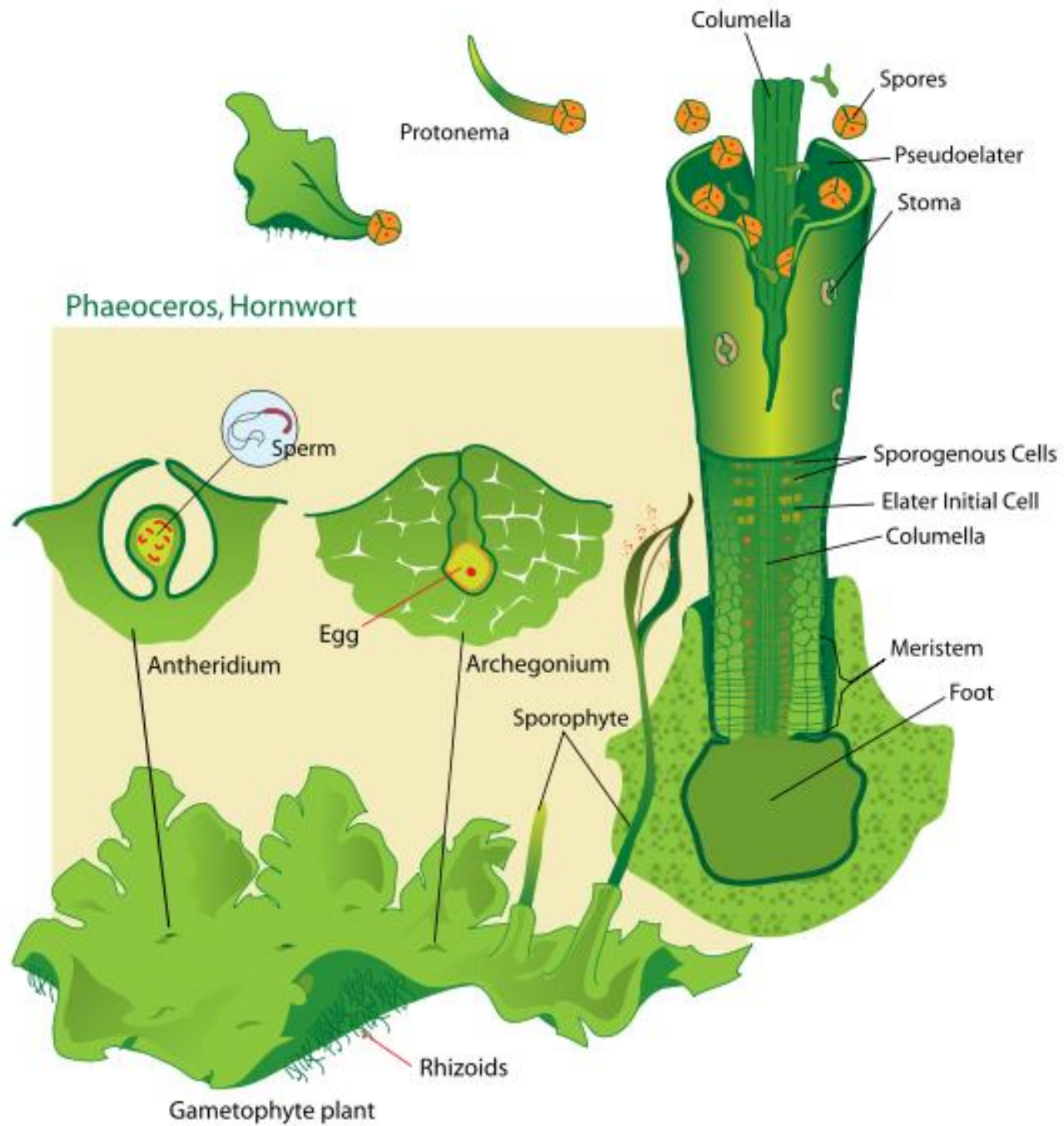
Fig. 2. Diversity in growth forms among hornworts. **A.** Photograph of *Anthoceros punctatus* L. Small orbicular gametophyte with both immature and almost ripe sporophytes, growing on soil. Image provided by Christine Cargill. **B** and **C** Scanning electron micrographs (SEM) of gametophyte of *Dendroceros crispatus* (Hook.) Nees. **B.** Ventral surface showing monostromatic wings and thickened midrib with bulging *Nostoc* colonies (arrow). Note the numerous small pores (mucilage clefts) along either side of the midrib. **C.** Dorsal surface showing sunken archegonia (arrow) on the midrib and developing sporophytes enclosed within gametophytic involucre. **D.** SEM of *Notothylias orbicularis* (Schwein.) Sull. Small orbicular gametophytes growing on bare soil; note the numerous small, horizontally oriented sporophytes enclosed in involucre. Bar = 0.2 mm, except in A, bar = 3 mm. Shaw & Renzaglia 2004

Sporofyt

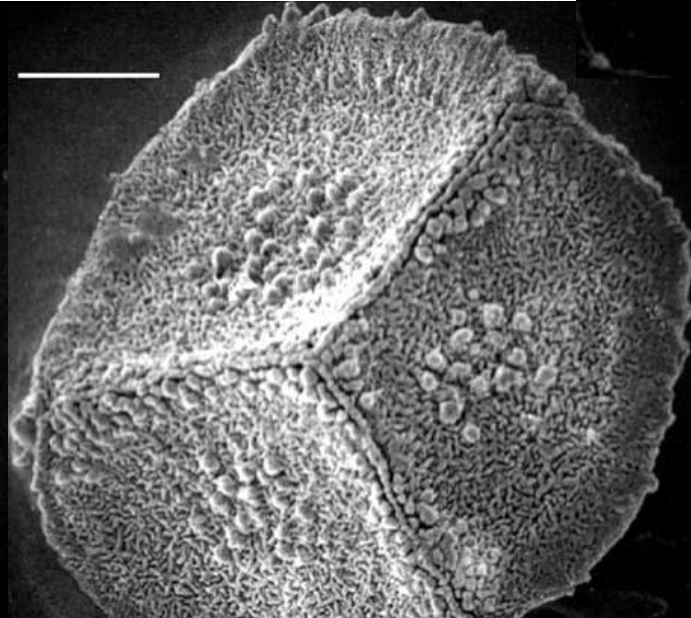
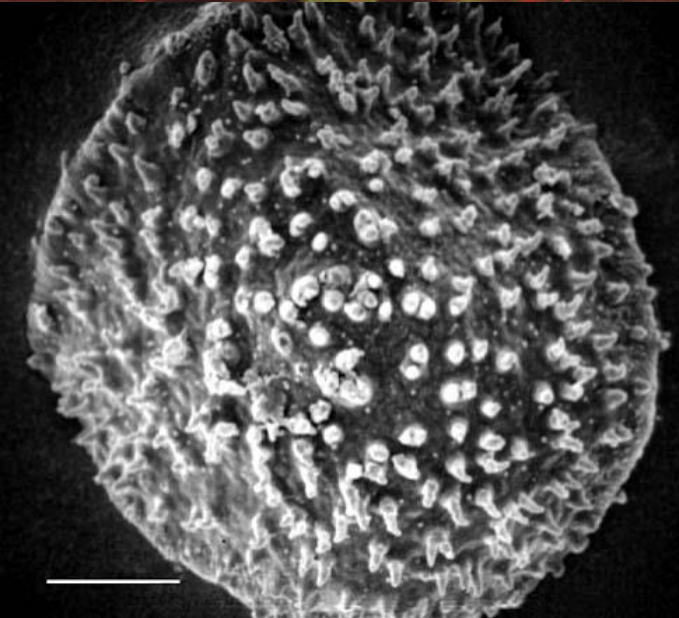
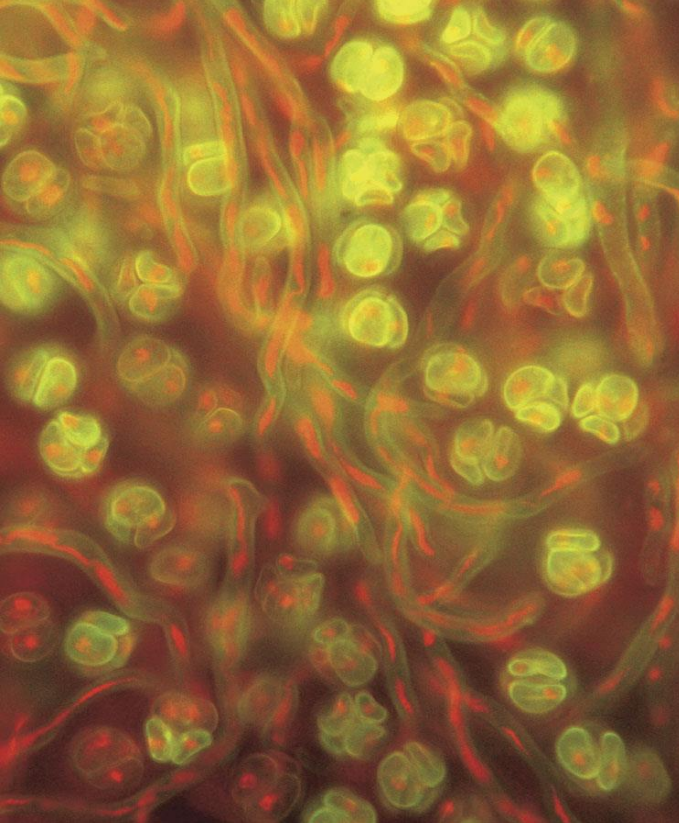
- hlízovitá **noha** - haustoria
- **tobolka** – trubicovitá, neukončený růst, dozrává postupně, rozpadá se ve 2 chlopně
- stěna vícevrstevná s průduchy, sterilní sloupek kolumela



Shaw & Renzaglia
2004



Hlevíky spory



Phaeoceros carolinianus,
proximální a distální povrch
spor mírka = 10 μm .; tetrády
s pseudoelaterý;
<http://www.science.siu.edu/landplants/anthocerochyta.html>

Leiosporoceros dussii, tetrády
spor s pseudoelaterý
tetrády. Christine Cargill

oddělení: **Anthocerotophyta**

(třída: **Leiosporocerotopsida**: jeden druh, kulaté spory nejsou v tetrádách)

třída: **Anthocerotopsida**



(*Leiosporoceros dussii*)

Folioceros fucifomis



Photo by: Zhang Li

Anthoceros agrestis – hlevík polní



Jednoletá rostlina, vyskytuje se na holé půdě na úhorech a strništích, sporofyty s černými sporama je možné vidět na podzim.



Anthoceros agrestis – hlevík polní



Dendroceros - epifytické druhy

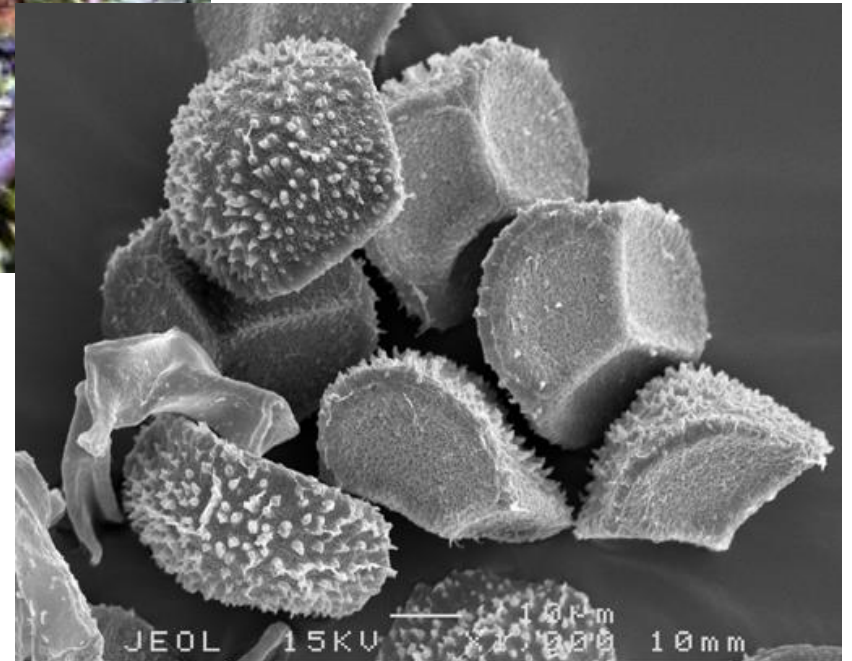


Dendroceros (foto J. Fehrer)



Phaeoceros carolinianus (Australie)

<http://wiki.trin.org.au/Bryophytes/HornwortHome>



Phaeoceros laevis (Španělsko)

© Belén Amaranter
<http://www.biodiversityvirtual.org>



Kde v systému se nacházíme?

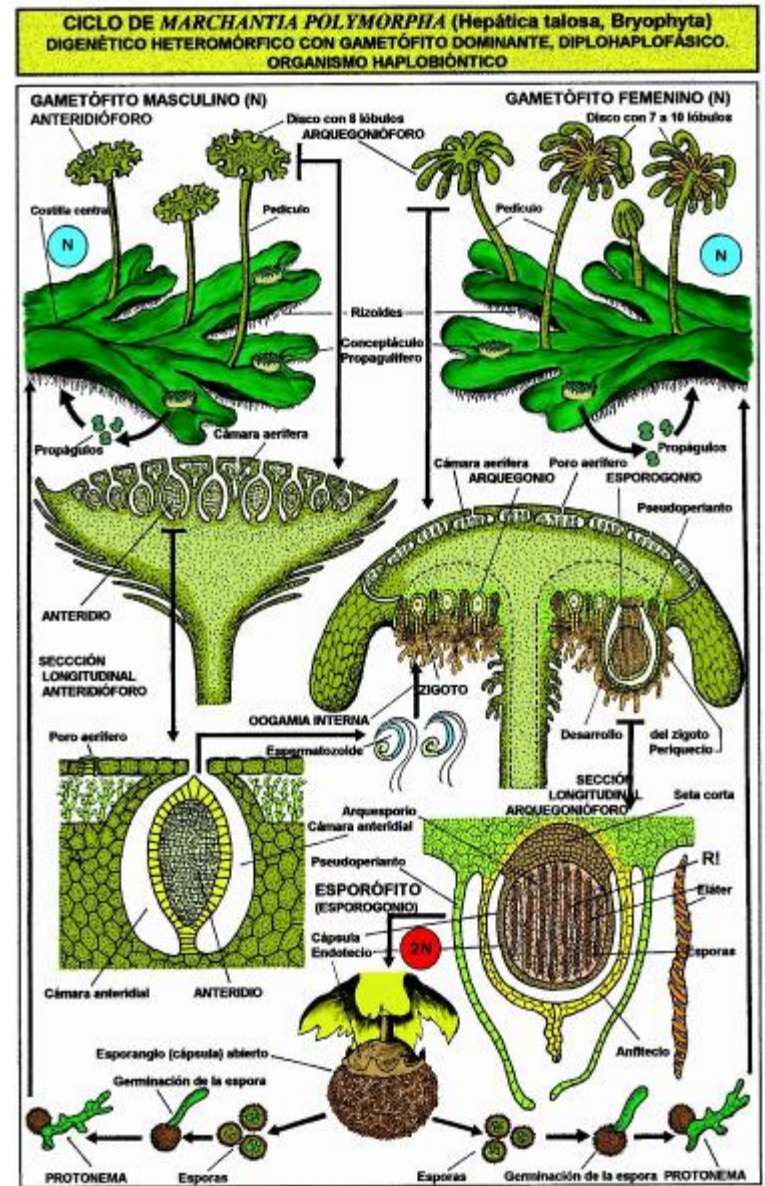
Impérium: *Eukaryota*

Říše: Rostliny - *Plantae*

Podříše: *Viridiplantae* - zelené rostliny

vývojová linie – *Streptophytae*

***Marchantiophyta* - játrovky**



frondózní a foliózní stélky

Játrovky - Marchantiophyta

- heterogenní skupina
- frondózní x foliózní
- fosílie prvohory – svrchní devon (370-350 mil. let) lupenitá *Pallaviciniites devonicus*, spodní karbon (350-320 mil. lety) listnaté játrovky
- různé biotopy, velká diverzita v tropických oblastech



Lophozia lycopodioides

Moerckia blyttii

Conocephalum



Riccia



Metzgeria

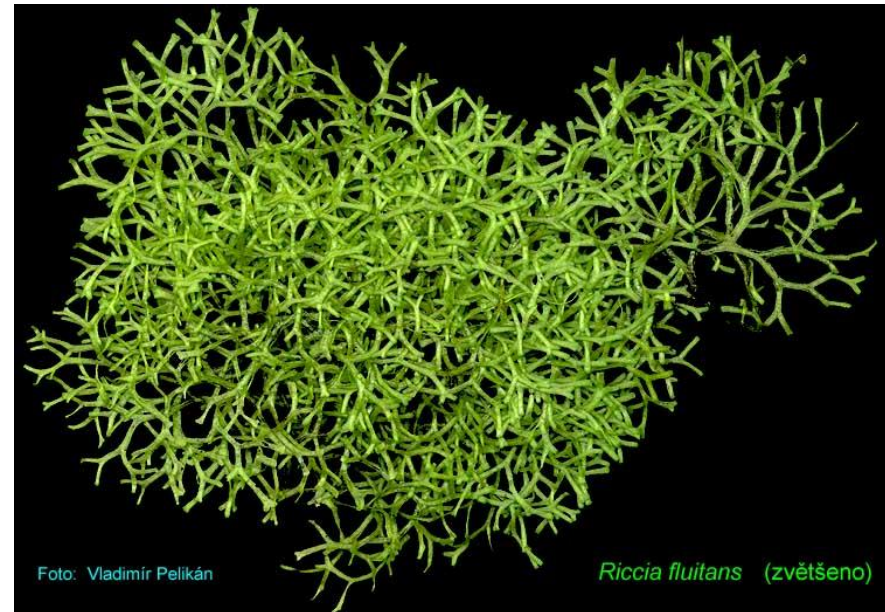


Foto: Vladimír Pelikán

Riccia fluitans (zvětšeno)



Bazzania stolonifera



Chiloscypus coadunatus



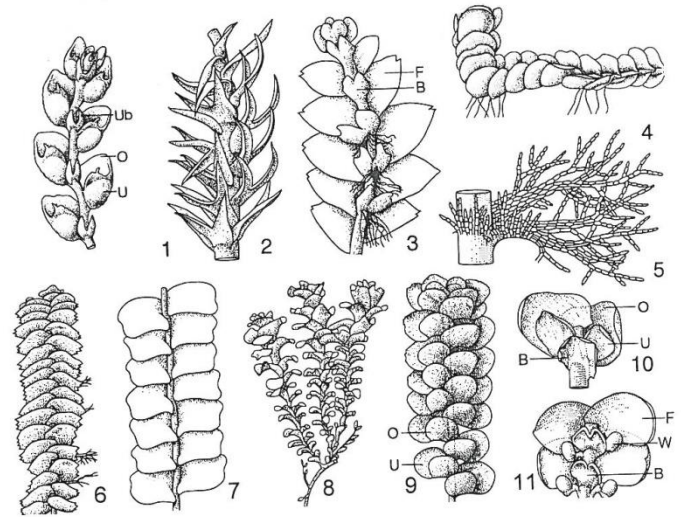
Plagiochila asplenioides



Trichocolea tomentella

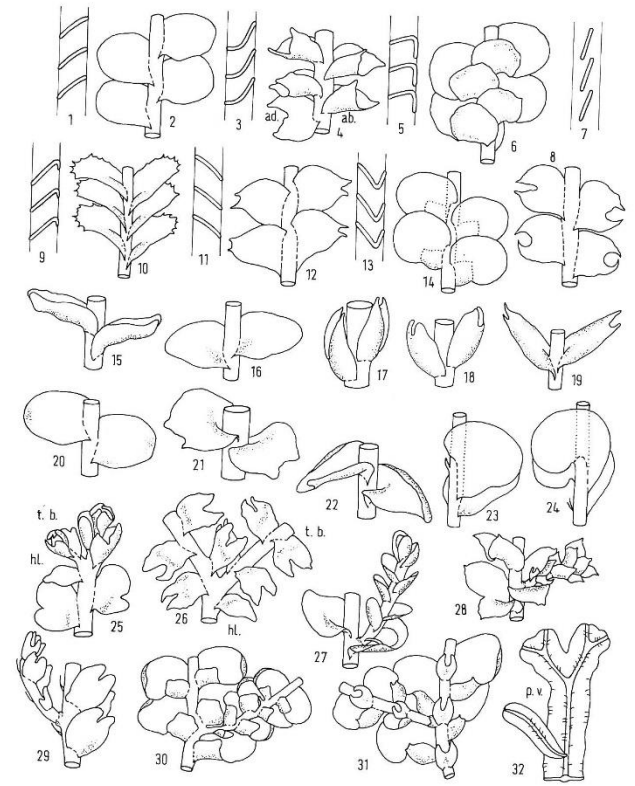
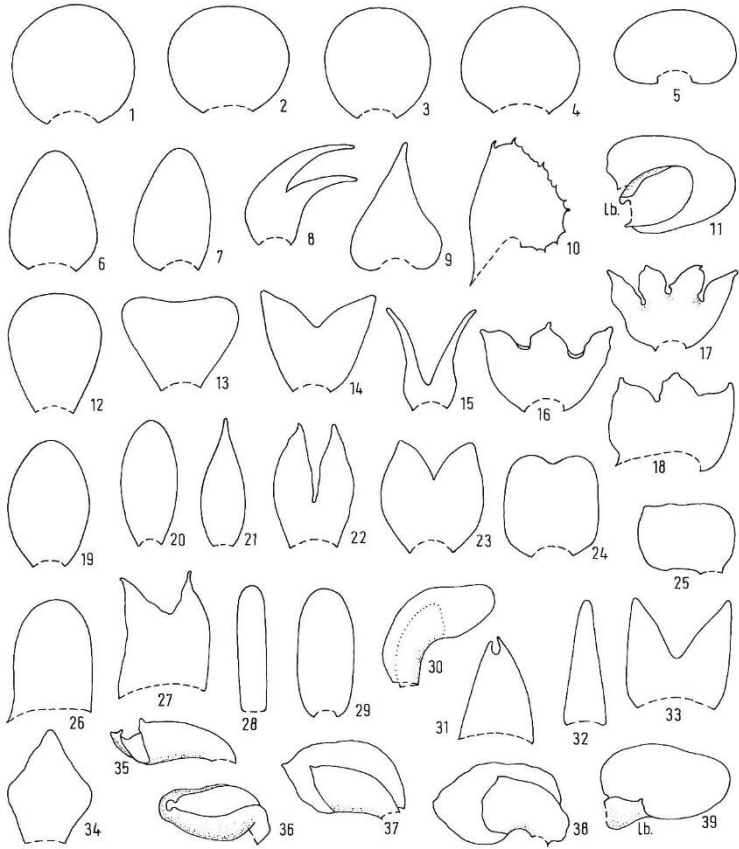
Gametofyt - listnaté játrovky

- **lodyžka** – poléhavá nebo vzpřímená, různě větvená, průřez kruhový či oválný, různé typy buněk, pokryta kutikulou, vodivá pletiva nejsou,
- dvojí větvení: interkalární větvení, terminální větvení
- **lístky** – 1 vrstva buněk většinou jednoho typu, postavení – střídavě x vstřícně, různé posazení na lodyžku, podložené x nadsazené, variabilní tvar, různě dělené, kýlnatě přehnuté, různý okraj
- amfigastrie – spodní řada listů, může chybět, izofylní x heterofylní

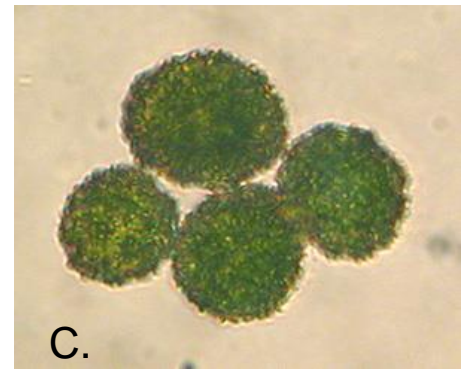
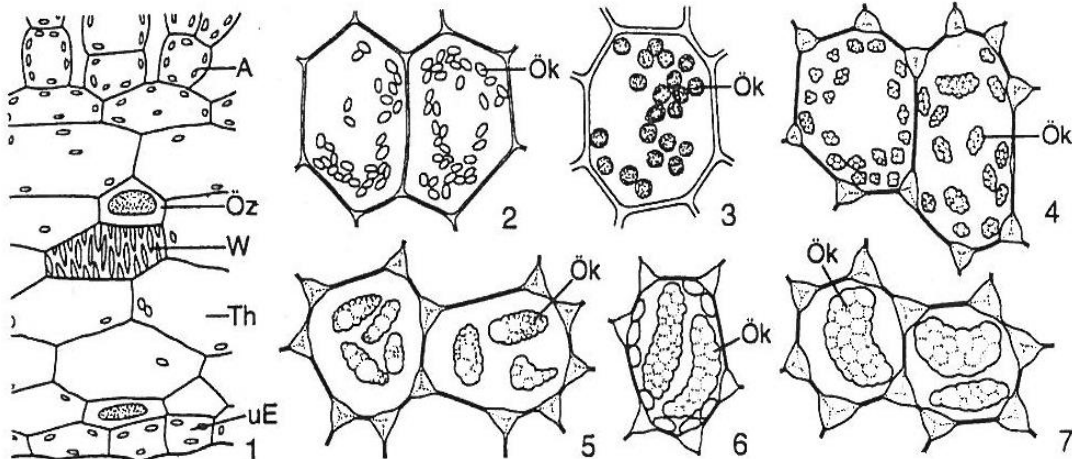


Plagiochila asplenioides

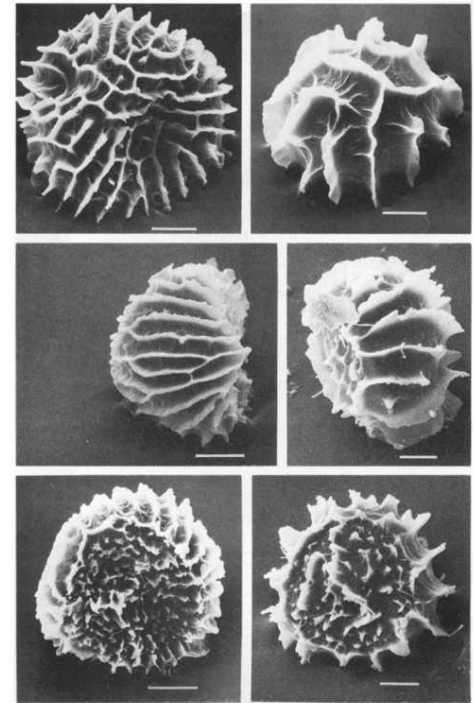
lístky jätrovek



- **buňky** – různý tvar, většinou šestiboké, vyplněné siličnými tělísky, vitta („falešné žebro“)
- **siličná tělíska** – produkty metabolismu (terpenoidy, vznik z ER), taxonomický znak, mění se dle stavu buňky, pomíjivé, v herbáři se nezachovají
- **rhizoidy** – nevětvené, jednobuněčné, vyrůstají z různých míst, upevňovací funkce, některé mají symbiotickou houbu
- **spory** – jednobuněčné, kulovité
- **protonema** – malé, několikabuněčné, pomíjivé

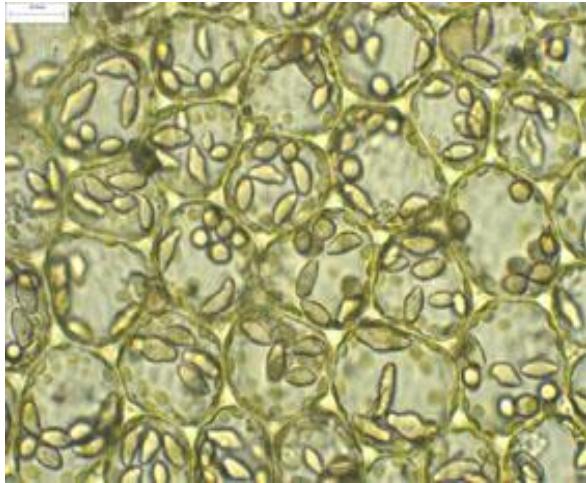


C.
Lobban

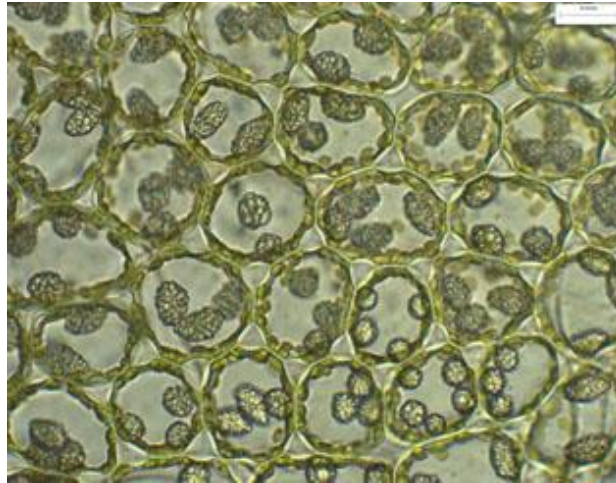


D.H. Hopcroft and
R. Bennett.

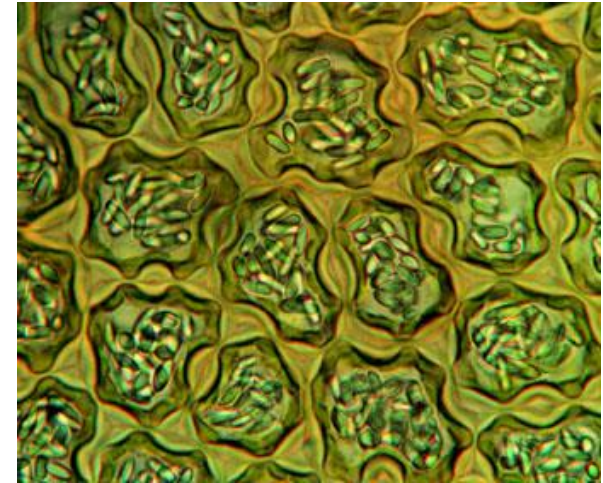
Buňky a siličná tělíska jätrovek



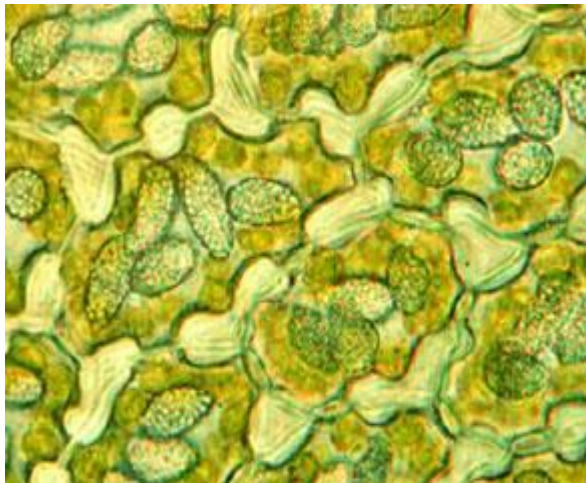
Jungermannia



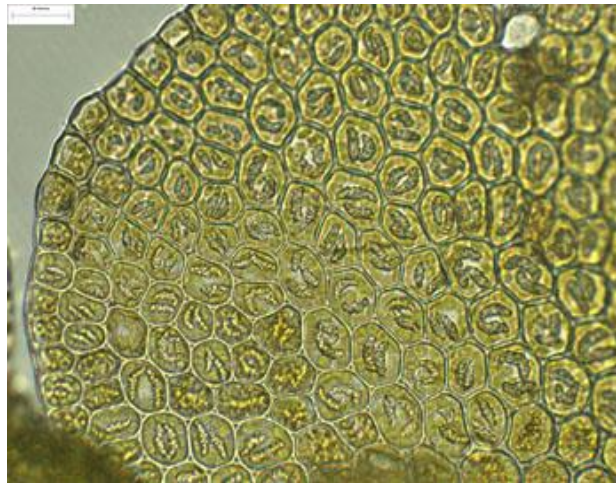
Nardia lescurii



Jubulopsis novae-zelandiae



Frullania squarrosula



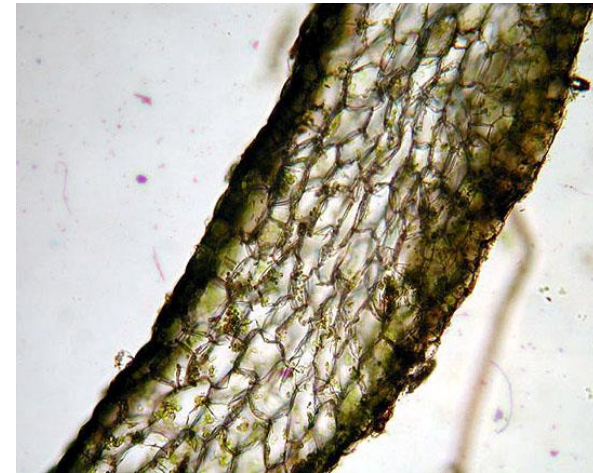
Rectolejeunea maxonii



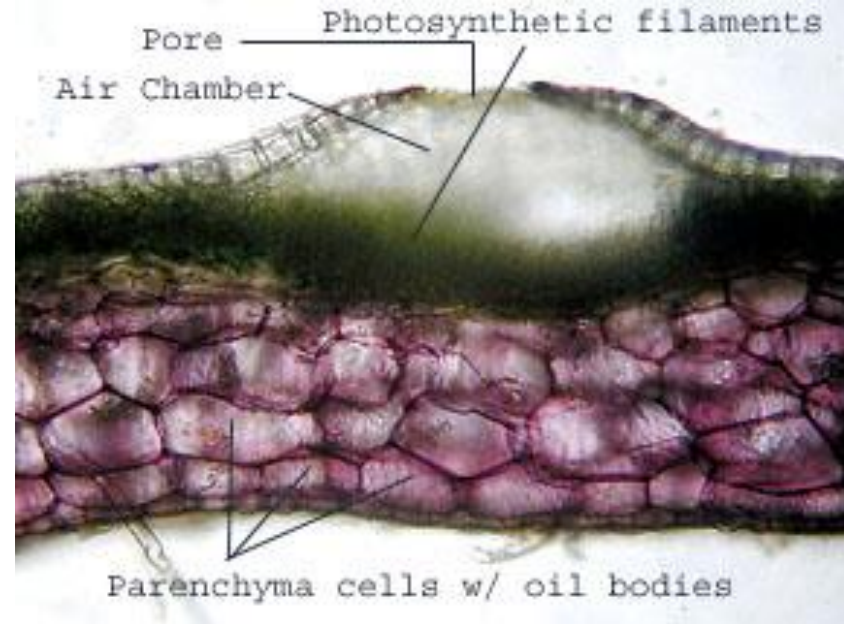
Lophocolea bicuspidata

Gametofyt - lupenate játrovky

- **stélka** celá ze stejného typu buněk nebo vícevrstevná s diferenciací, střední žebro může být přítomno – uvnitř svazky vodivého pletiva, rhizoidy, spodní strana dutinky s *Nostoc*
- **rhizoidy** hladké nebo čípkaté, ventrální šupiny
 - dýchací komůrky – ústí dýchacími póry,
 - dýchací póry – jednoduché, soudečkovité, lemované
- **siličná tělíska** – méně častá



Peltia neesiana



Conocephalum conicum

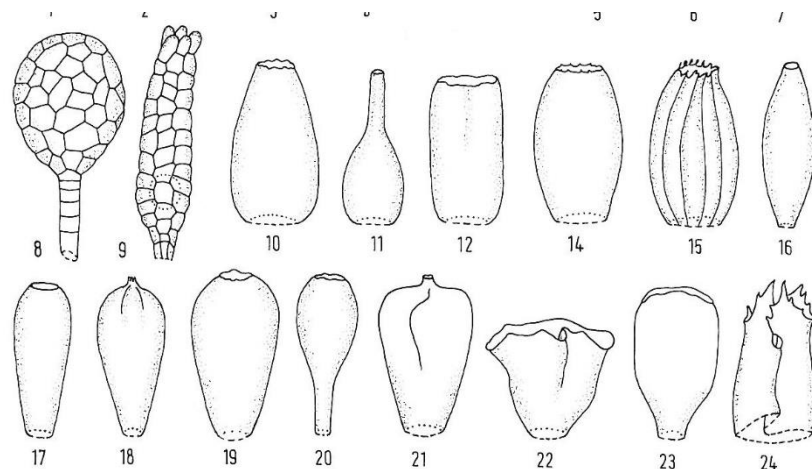
Gametangia - listnaté játrovky

- **antheridia** ♂ – vznik z povrchové buňky lodyžky, různý tvar, velikost, počet, stopka, leží v paždí obalných lístků
- seskupené perigonální (obalné) lístky okolo antheridia - andreceum
- spermatozoidy – 2 levotočivé bičíky, spirálové,



- **archegonia** ♀ – schované v obalných lístcích – často metamorfované, různé fáze srůstu obalných lístků (perianth, perigynium, marsupium)

- **kalyptra** – chrání mladý sporofyt



Gametangia - lupenaté játrovky

- na povrchu stélky, neuspořádané či seskupené
- **archegonia** ♀
- primitivní – na povrchu stélky, většinou jednotlivě,
- odvozené – ve skupinkách, na terčících – vnesení nahoru receptakulem → gynofoř –



Marchantia polymorpha



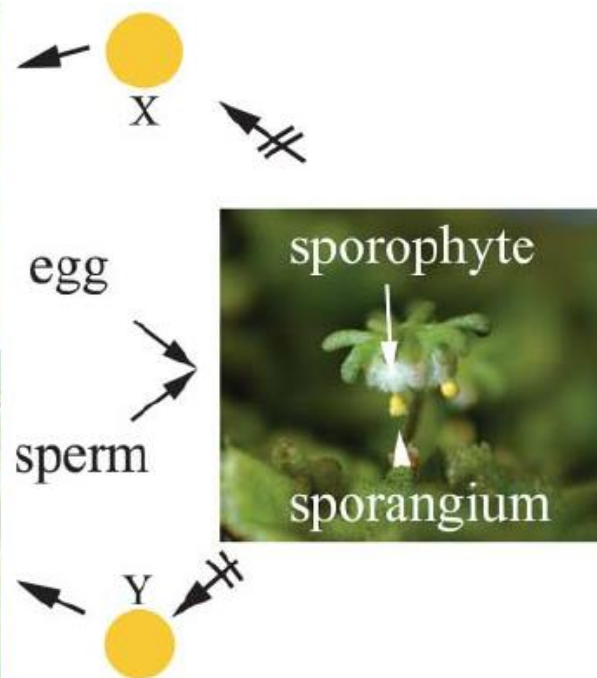
- **antheridia** ♂ – v kupkách, bradavkách, samostatné větvičky, na terčících – vnesení nahoru receptakulem → antheridiofoř



*Symphyogyna
brasiliensis*

Marchantia polymorpha

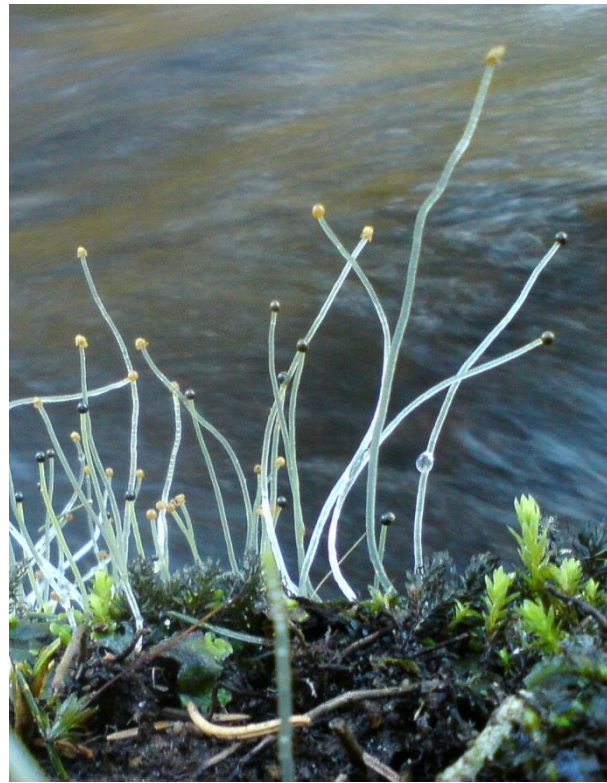
female



male



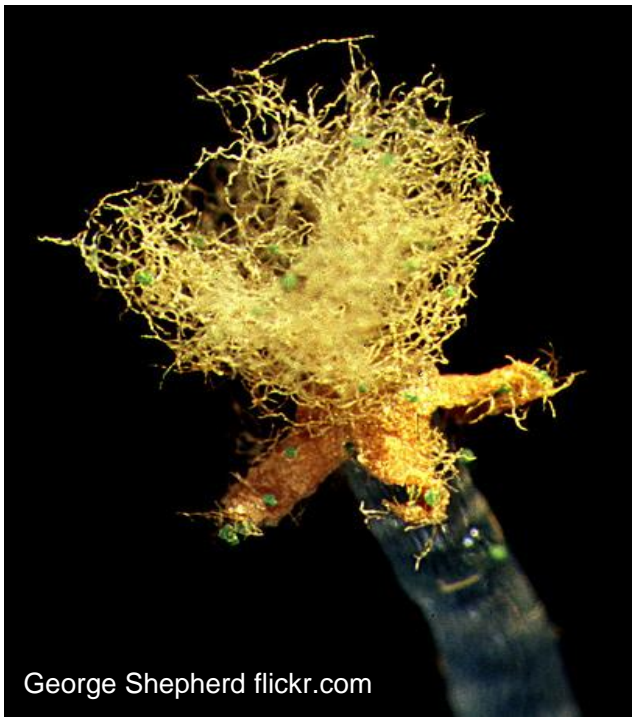
Sporofyt



- efemerní
- tobolka, zralá tobolka, pak vynesení nahoru
- **noha**
- **štět** – různě dlouhý, nemá výztuhy, hyalinní,
- **tobolka** – kulovitá, nejčastěji puká 4 chlopněmi, kolumela chybí
- **spory, elatery** (mrštníky) – sterilní buňky se stěnami ztlustlými do šroubovice







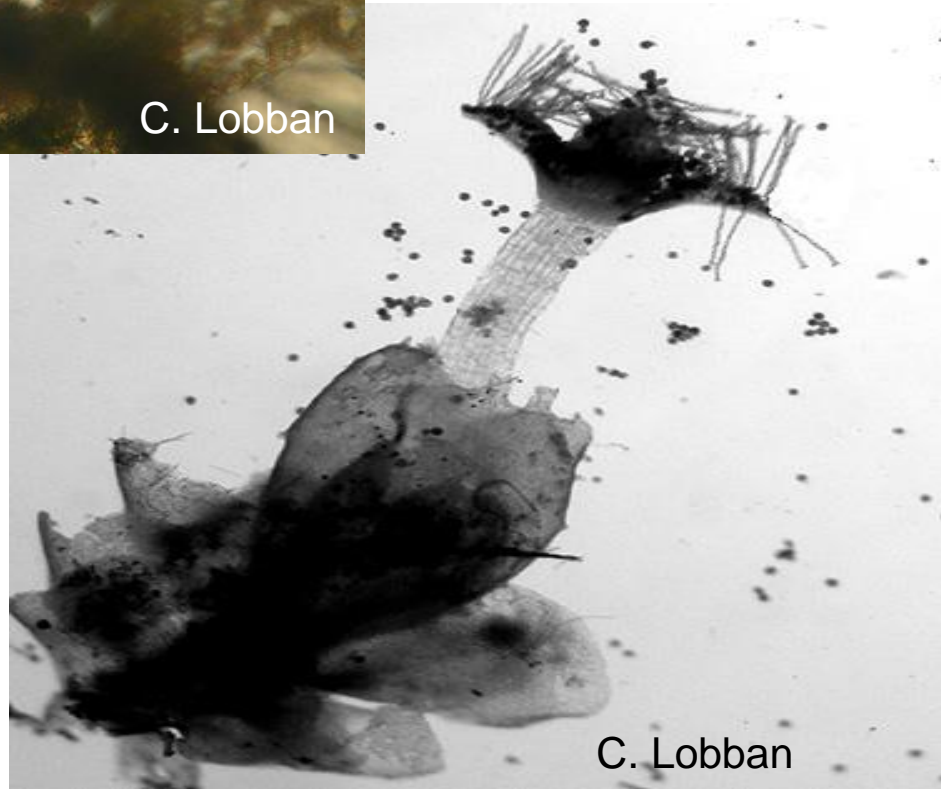
George Shepherd flickr.com



C. Lobban



George Shepherd flickr.com



C. Lobban



Pellia epiphylla, NPR Zemská brána, Orlické hory

Vegetativní rozmnožování

- gemy
- rozmnožovací větvičky
- fragmentace

Marchantia polymorpha



Metzgeria furcata



Mylia anomala



Marchantia - gemmy



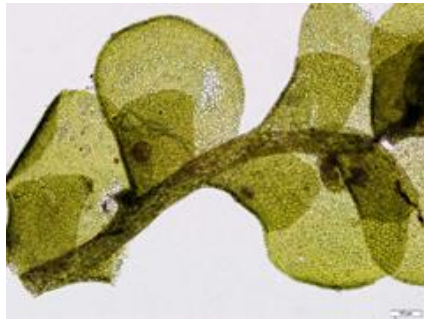
www.anbg.gov.au



www.biology.iastate.edu

Hospodaření s vodou

- poikilohydrické organismy
- Nemají „pravé“ cévní svazky → příjem a výdej celým povrchem



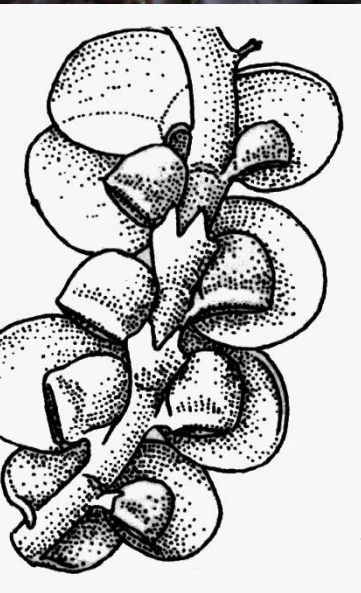
Radula complanata – spodní lalok fyloиду k zadržení vody

Frullania dilatata – konvičkovitý spodní lalok



Trichocolea tomentella – brvitě rozdřípený fyloid, parafylie na lodyžce

Frullania dilatata



Stanoviště játrovek



Myanmar, foto J. Starosta

terikolní –
Marchantia,
cf. Mannia →



Stanoviště játrovek



epifytické - *Frullania*

Stanoviště jätrovek



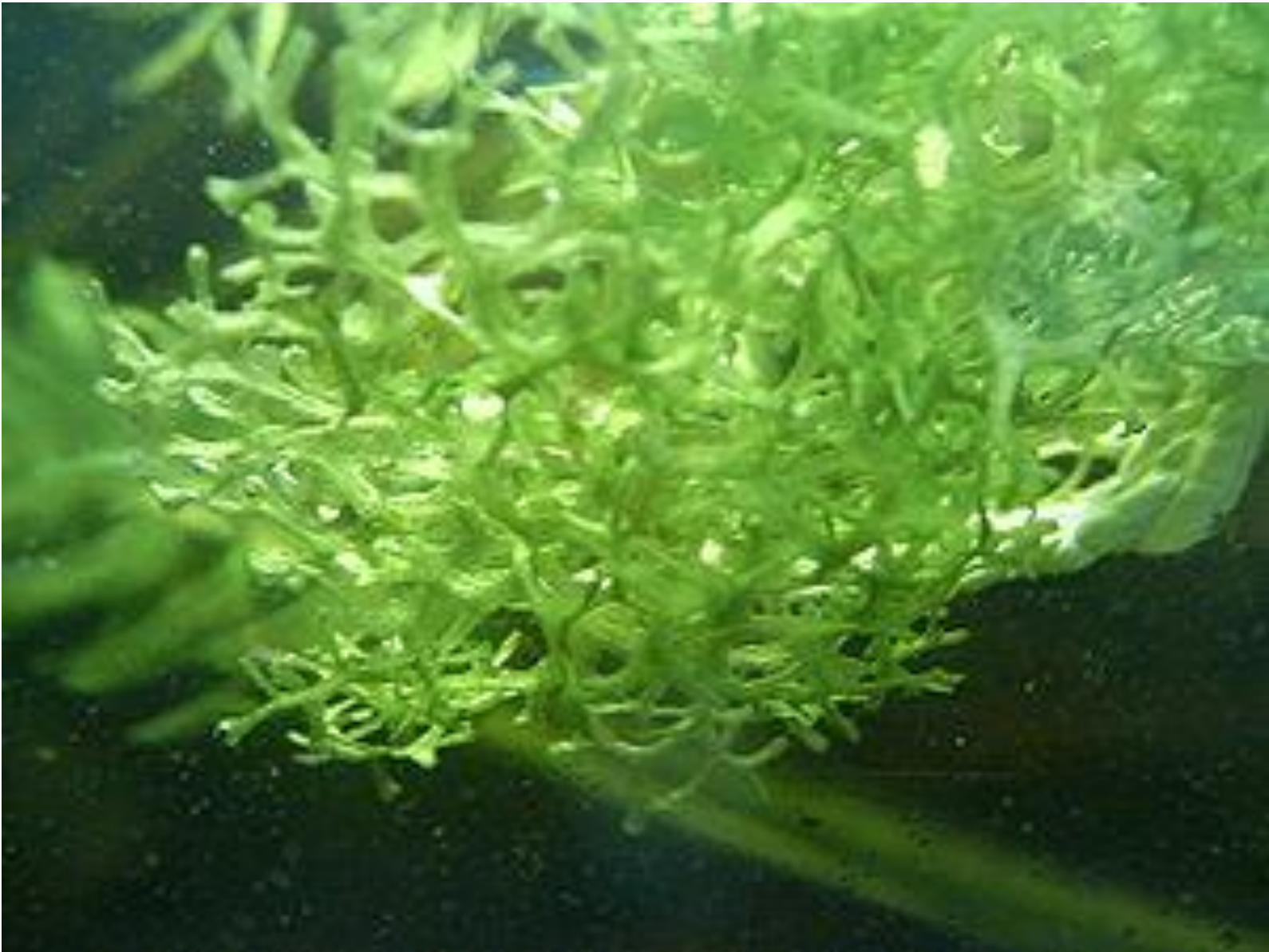
epilitické - *Scapania*

Stanoviště jätrovek



epixylické – *Lophozia*, *Lepidozia*

Stanoviště jätrovek



vodní - *Riccia*

Stanoviště játrovek



epifylní – *Frullania*, *Ephemeropsis*

Stanoviště jätrovek



jeskynní - *Jubula*

Využití jätrovek

- Medicína a antibiotika** – *Marchantia polymorpha* - záněty jater (Čína)
- *Riccia* sp. – potlačení kožních chorob (Himaláje)
 - *Conocephalum, Marchantia* – v kombinaci s rostlinným olejem na kousnutí, spáleniny, otevřené rány (Čína)
 - *Herbertus* – použití místo filtru při kouření (Himaláje)
 - jätrovky (obecně) = látky potlačující růst bakterií (antibiotické účinky)



Herbertus aduncus

