

Botanika bezcévných rostlin

Mechorosty 2. přednáška

2024

System jätrovek

- Marchantiophyta **monofyletická** skupina
- systém uvnitř se vyvíjí – více publikovaných variant, není ustálený, (ne zcela osekvenované skupiny)
- systém založen na vícegenových fylogenezích
 - problémy molekulární klasifikace – směsné položky, špatná determinace, chybové GenBank sekvence

Crandall-Stotler B., Stotler R.E. & Long D.G. (2009): Phylogeny and classification of the Marchantiophyta. – Edinburgh Journal of Botany 66 (1): 155–198.

Söderström; et al. (2016). ["World checklist of hornworts and liverworts"](https://doi.org/10.3897/phytokeys.59.6261). PhytoKeys (59): 1–826. [doi:10.3897/phytokeys.59.6261](https://doi.org/10.3897/phytokeys.59.6261)

Náčrt fylogeneze jätrovek

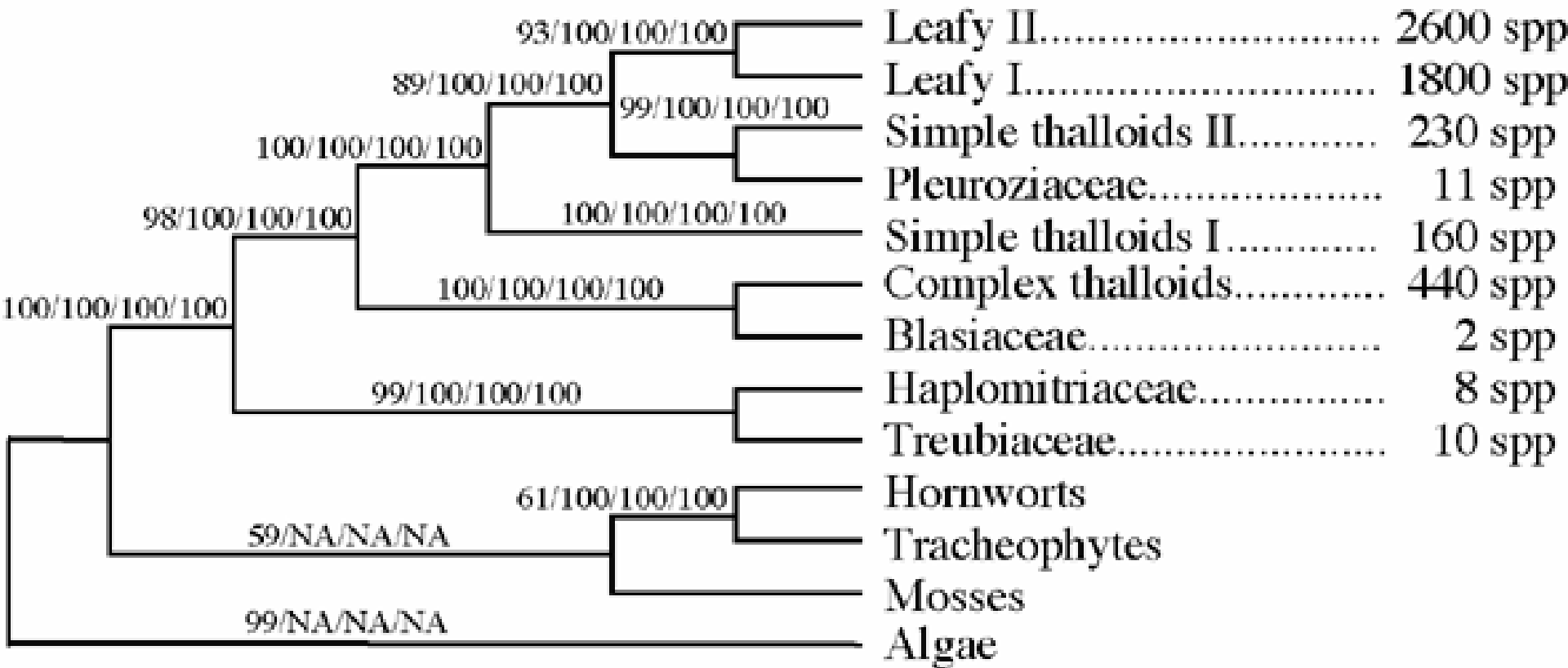
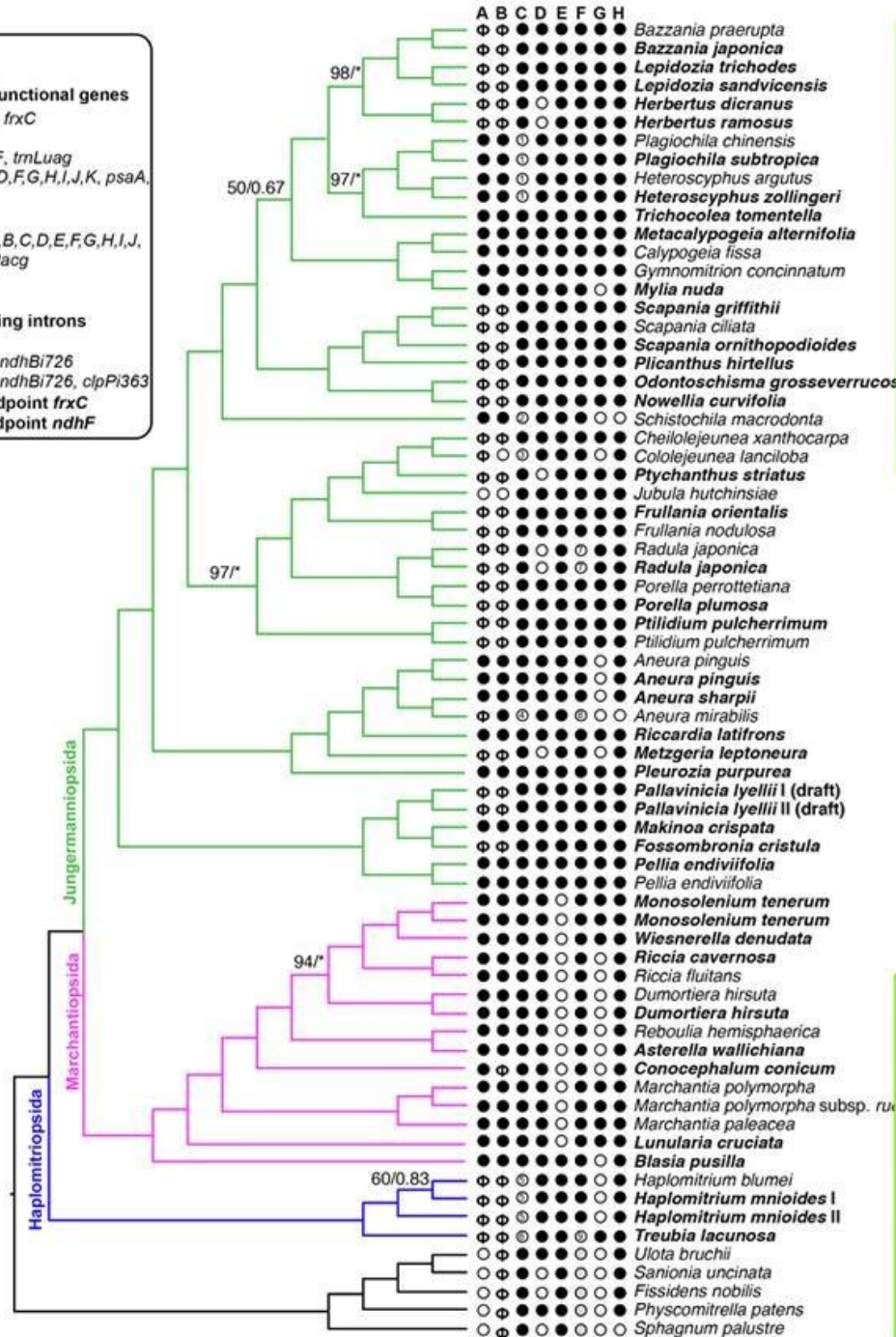


Diagram of relationships of major clades as resolved from parsimony and Bayesian analyses of 5 loci (including chloroplast, nuclear, and mitochondrial DNA). Numbers above the branches are Maximum Parsimony bootstrap values/homogeneous Bayesian posterior probabilities (PPs)/5-partition Bayesian PPs/14-partition Bayesian PPs.

In: Forrest & al., BRYOLOGIST 109, 2006

A: cysA
B: cysT
C: other dysfunctional genes
 ○ chlB, chlN, frxC
 ○ ndhF
 ○ ccsA, ndhF, tmLuag
 ○ ndhA, B, C, D, F, G, H, I, J, K, psaA, ycf66
 ○ tmNguu
 ○ frxB, ndhA, B, C, D, E, F, G, H, I, J, psbG, tmRacg
D: rps12i346
E: ycf3i354
F: other missing introns
 ○ ndhBi726
 ○ ndhAi556, ndhBi726
 ○ ndhAi556, ndhBi726, clpPi363
G: IR/SSC endpoint frxC
H: IR/SSC endpoint ndhF



Dong et al. (2021): Plastid genomes and phylogenomics of liverworts (Marchantiophyta): Conserved genome structure but highest relative plastid substitution rate in land plants, Molecular Phylogenetics and Evolution, 161: 107171

oddělení: **Marchantiophyta**

Třídy:

- **Haplomitriopsida**: výchozí skupina pro evoluci jätrovek směr listnaté i lupenité
- **Marchantiopsida**: lupenité jätrovky, převážně vícevrstevná stélka
- **Jungermannniopsida**: lupenitá i listnatá stélka, lupenitá stélka jednoduchá



třída: **Haplomitriopsida**

primitivní znaky, poléhavá stélka, až 10 cm, radiální souměrnost, 18 druhů v současnosti

Haplomitrium hookeri i v ČR



třída: **Haplomitriopsida**

Calobryum

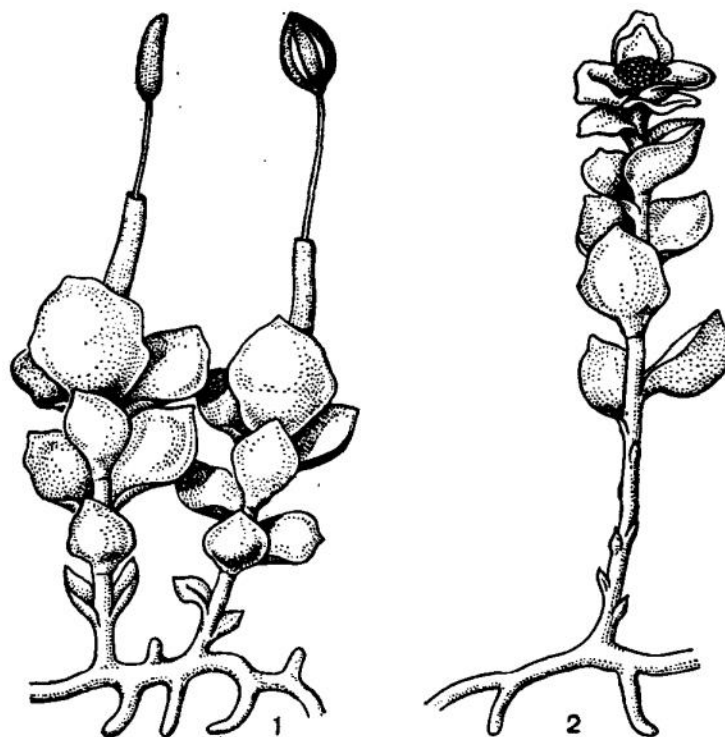


Рис. 40. Калобриум (*Calobryum*):

1 — спороносящее растение; 2 — растение с мужскими гаметами.

třída: **Marchantiopsida**

lupenaté játrovky, stélka většinou vícevrstevná

podtřída: **Blasiidae: Blasiales** – jednoduchá stélka, pouze hladké rhizoidy, dutinky s *Nostoc*: *Blasia pusilla* (*jamuška drobná*)



růžicovitá stélka, vpravo s
gemy; obnažená půda, vlhko,
kyselé substráty, temperát S
polokoule

třída: **Marchantiopsida**

podtřída: **Marchantiidae: Lunulariales**

Lunularia cruciata (lunatka křížatá) Středomoří, u nás zahrady – např. Botanická zahrada UK, pod schody ke skleníkům)



třída: **Marchantiopsida**

podtřída: **Marchantiidae: Marchantiales** – složená stélka, rhizoidy
hladké i čípkaté, suchá místa, druhotně i vlhká

Marchantia polymorpha

(porostnice mnohotvárná)



Mannia fragrans (mozolka vonná)



třída: **Marchantiopsida**

Riccia (trhutka) většinou malé, hvězdčité stélky efemerně (suché trávníky, holá půda)

vodní zástupce:

Riccia fluitans – trhutka plovoucí



Riccia sorocarpa – trhutka obecná

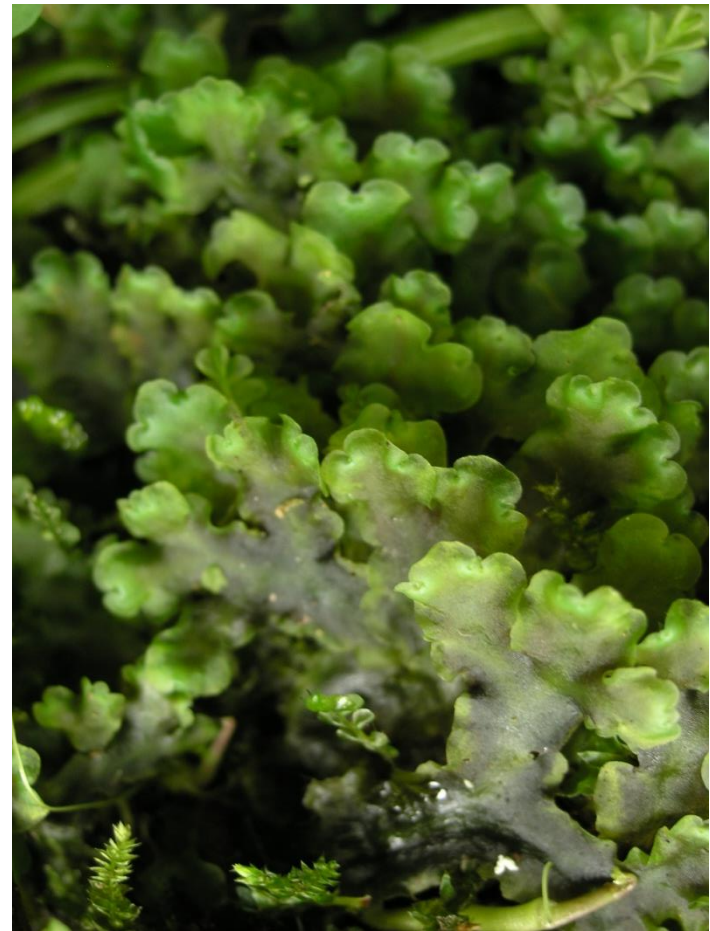
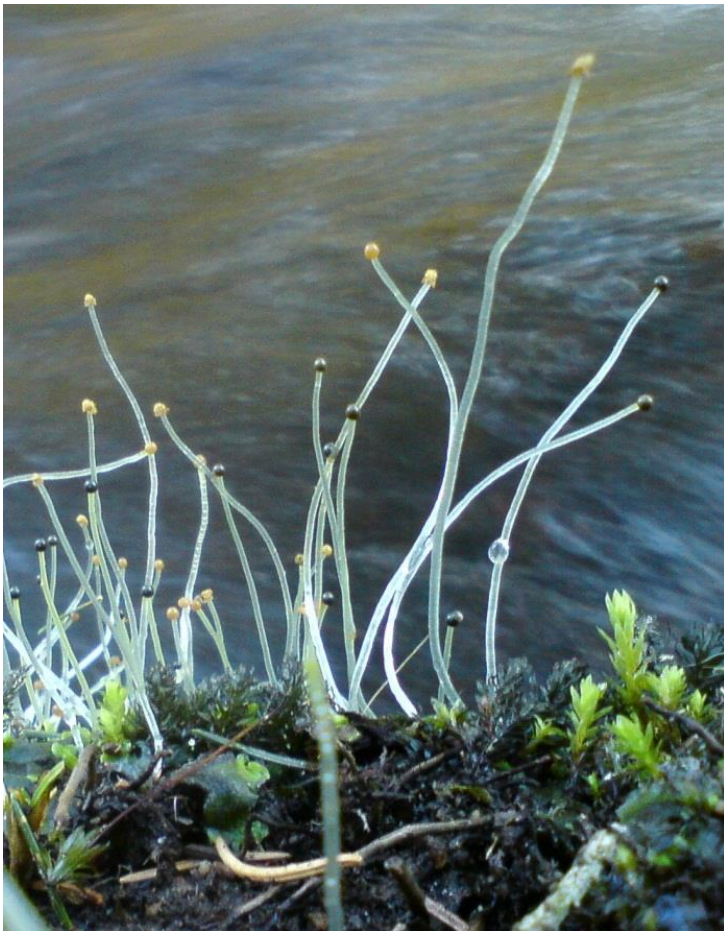


foto M. Lüth

třída: **Jungermannniopsida**

lupenaté játrovky s primitivnější jednovrstevnou stélkou, listnaté játrovky, největší třída játrovek

podtřída: **Pelliidae: Pelliales:** *Pellia epiphylla* (pobřežnice obecná)



třída: **Jungermannniopsida**

podtřída: **Pelliidae: Fossombroniales:** *Fossombronia* (hlávkovec)



Fossombronia intestinalis

strniště, pole, purpurové
rhizoidy, sev. i jižní
polokoule

Fossombronia angulosa



J.-P. Frahm

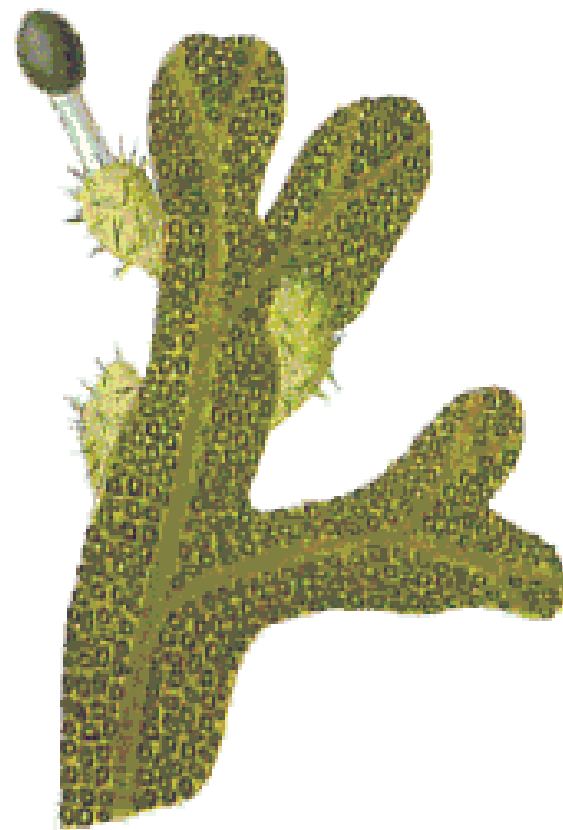
třída: **Jungermannniopsida**

podtřída: **Metzgeriidae: Metzgeriales**

Metzgeria (kroknice)



Metzgeria furcata – kroknice vidličnatá



skály, borka stromů,
běžné játrovky

třída: **Jungermannniopsida**

podtřída: **Metzgeriidae: Metzgeriales**

Cryptothallus mirabilis (syn. *Aneura mirabilis*)

játrovka bez fotosyntetických pigmentů

mykoheterotrofie s houbami rodu *Tulasnella*

často na okraji rašelinišť v místech výskytu břízy

U nás dosud nenalezen, zjištěn v okolních státech

(Polsko, Německo, Rakousko) *možná přehlížená*



třída: **Jungermannniopsida**

podtřída: **Jungermannniidae: Porellales**

Radula complanata (struhatka zploštělá)



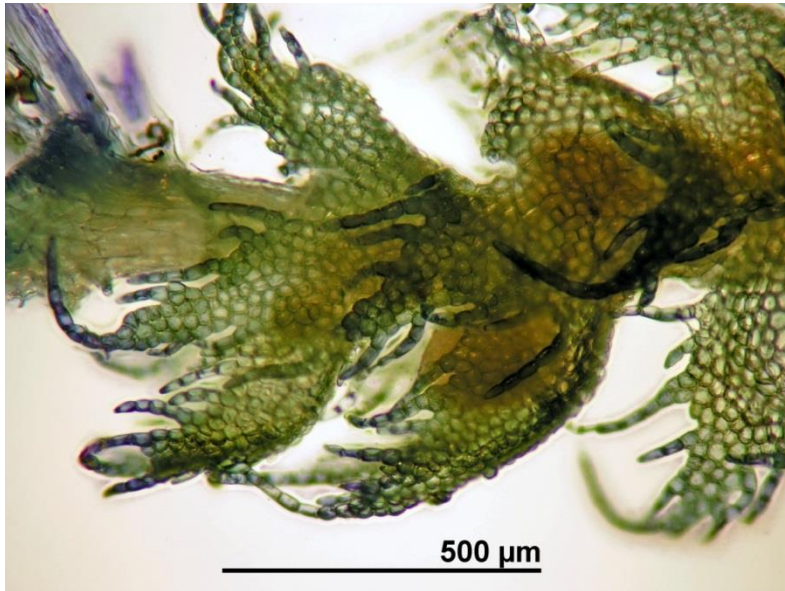
borka, listy v tropech, poléhavé, zploštělé



třída: **Jungermannniopsida**

podtřída: **Jungermannniidae: Ptilidiales**

Ptilidium pulcherrimum (brvitec chlupatý)



borka, holé dřevo, hojná játrovka v ČR

třída: **Jungermanniopsida**

podtřída: **Jungermanniidae: Jungermanniales**

Lejeunea cavifolia (rožeňka dutolistá)



Bazzania trilobata
(rohozec trojlaločný)

Lepidozia reptans
(plevinka plazivá)



Kde v systému se nacházíme?

Eukaryota

říše: Plantae

podříše: Viridiplantae

vývojová linie Streptophyta

Bryophyta - mechy





Sphagnum warnstorffii



Thuidium tamariscinum



Plagiothecium undulatum

- první prokázané fosilie Karbon/Perm
- méně variabilní než játrovky
- centrum rozšíření boreální lesy, tropické lesy

Fosilie mechů

svrchní karbon: *Muscites polytrichaceus*



FIG. 51. *Muscites polytrichaceus* Ren. and Zeill. (after Renault and Zeiller).

Fosilie mechu

Tab. 10-1: Anzahl der bekannten, sicher anzusprechenden fossilen Moosarten in verschiedenen Erdperioden.

Erdzeitalter		Beginn vor Mio Jahren		Anzahl bekannter Moosarten
Känozoikum	Quartär	2,4	Pleistozän	ca. 300
	Tertiär	65		ca. 200
Mesozoikum	Kreide	146		25
	Jura	208		26
	Trias	245		20
Paläozoikum	Perm	290		35
	Karbon	363		14
	Devon	409		4
	Silur	439		-
	Ordovizium	510		-
	Kambrium	570		-



Protosphagnum - Perm

Gametofyt

- **spory** – různý tvar a struktura



botany.cz



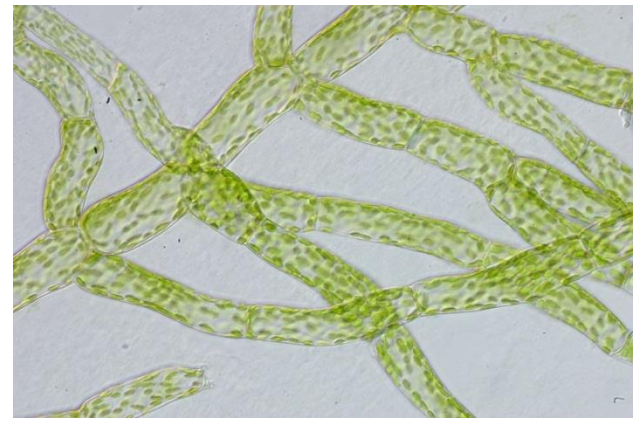
sciencephoto.com



Figure 5. *Fontinalis squamosa* spore germinating. Photo by Janice Glime.

Gametofyt

- **protonema** – vyvinuté, někdy vytrvalé (*Buxbaumia*, *Pogonatum*), fosforeskující protonema (*Schistostega*)



- **vývin protonematu** – růst regulovaný intenzitou fotosyntézy, světlem, teplem a hormonálně
- **tvorba pupenů** – řízeno cytokyniny, ovlivněné i vlnovou délkou světla

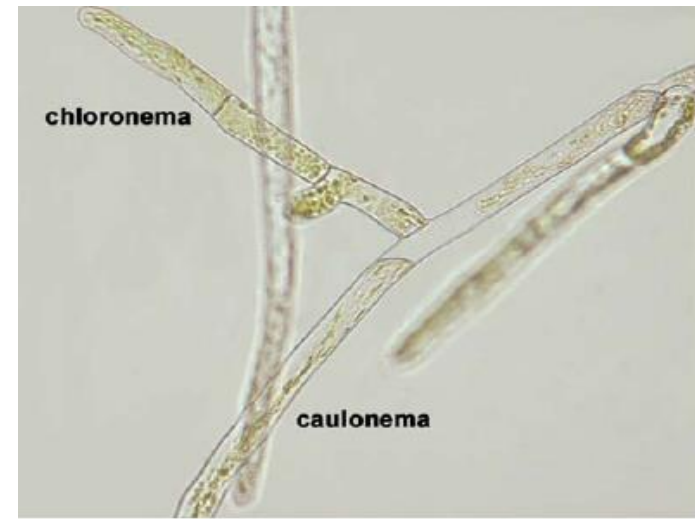


Figure 10. *Funaria hygrometrica* protonema with differentiation into chloronema (perpendicular cross walls) and caulonema (diagonal cross walls). Photo by Janice Glime.

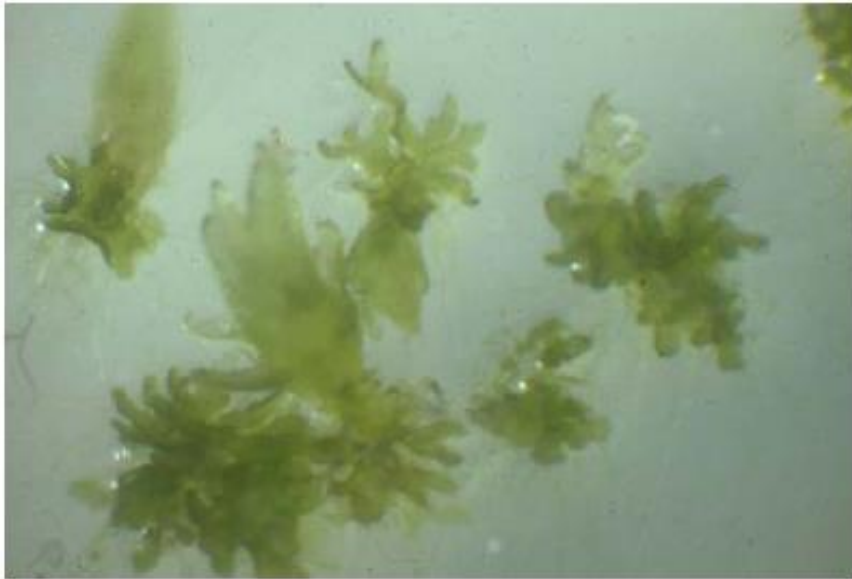
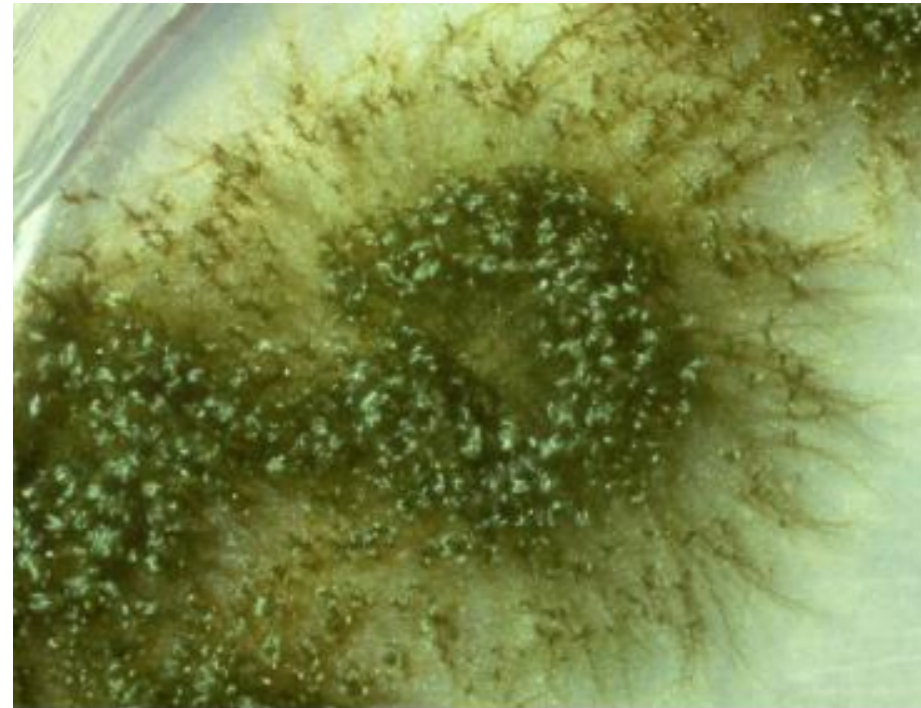


Figure 13. Thalloid protonemata of *Sphagnum papillosum*. Photo by Yenhung Li.

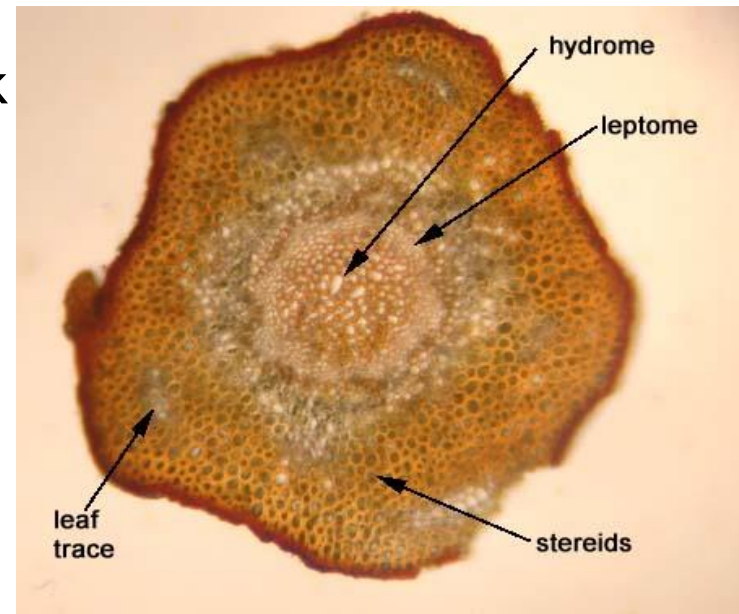
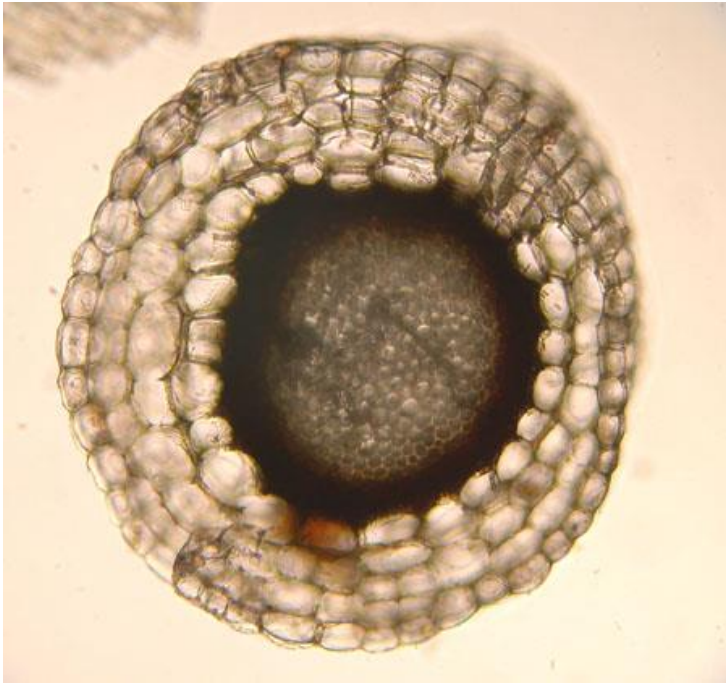
Figure 1. *Funaria hygrometrica* with prolific buds forming a doughnut, all from the protonemata produced by one spore. Photo by Janice Glime.



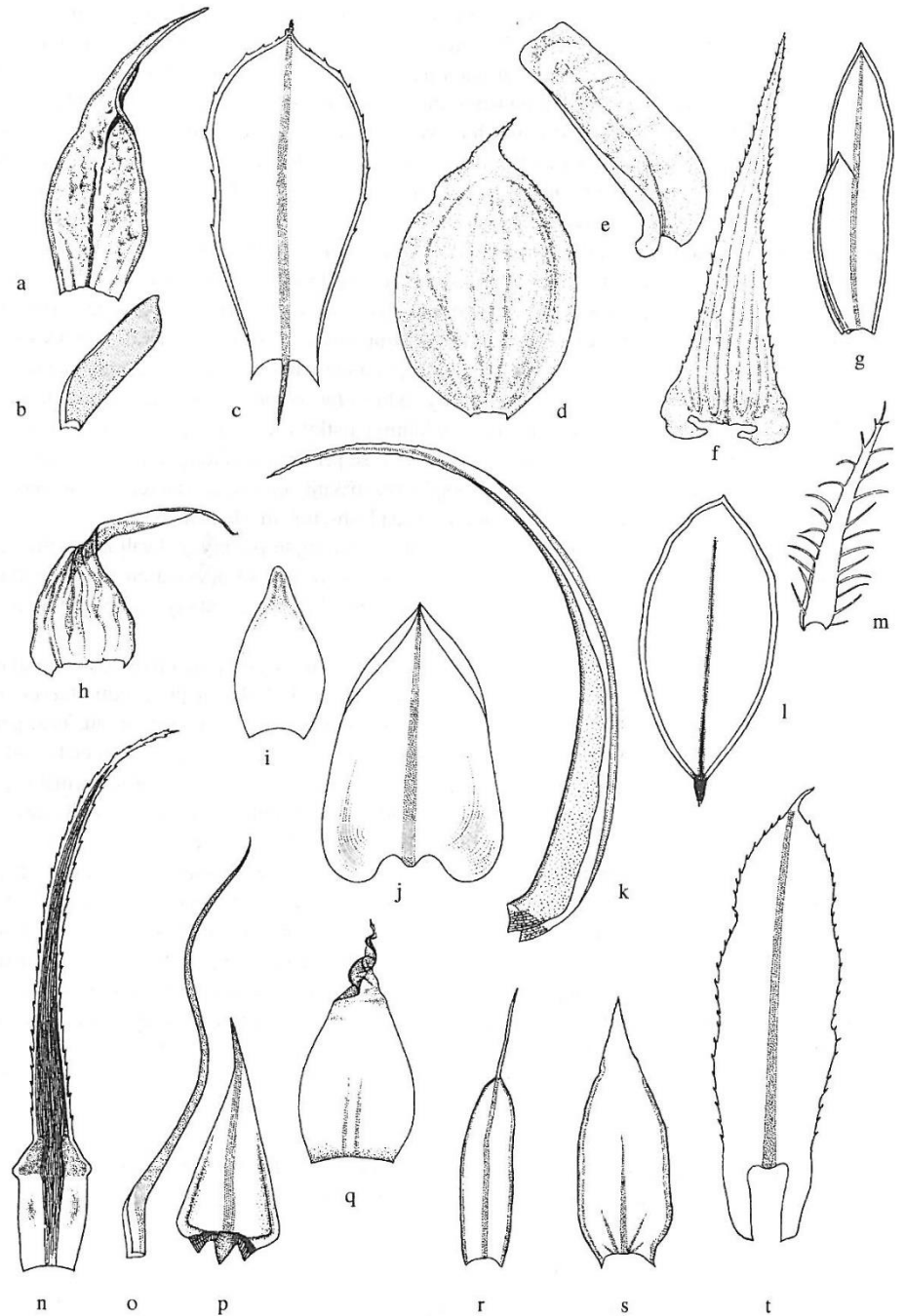
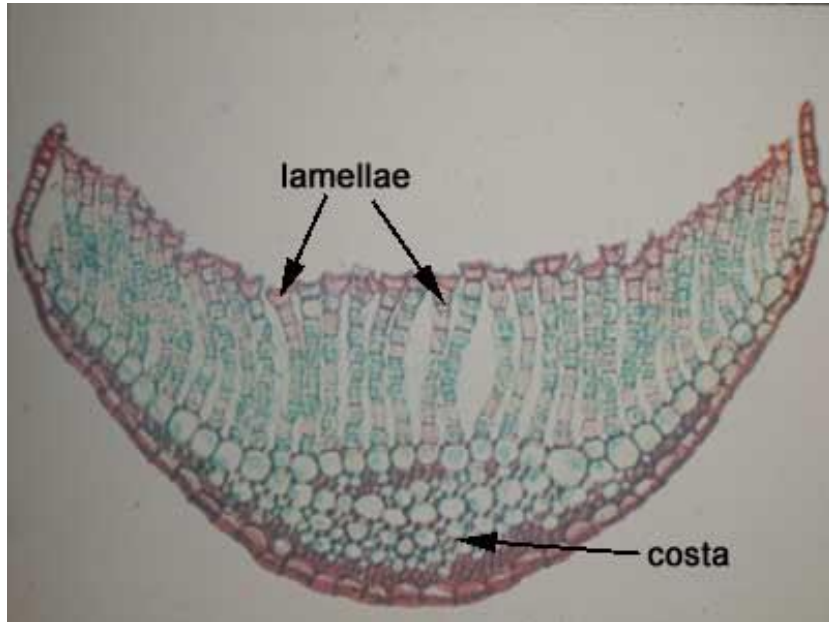


Schistostega – světélkující protonema (NP České Švýcarsko)

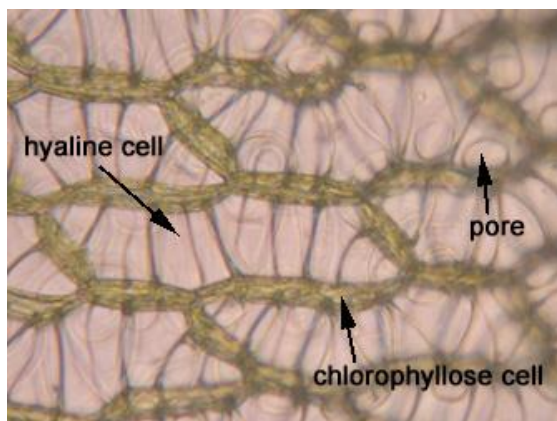
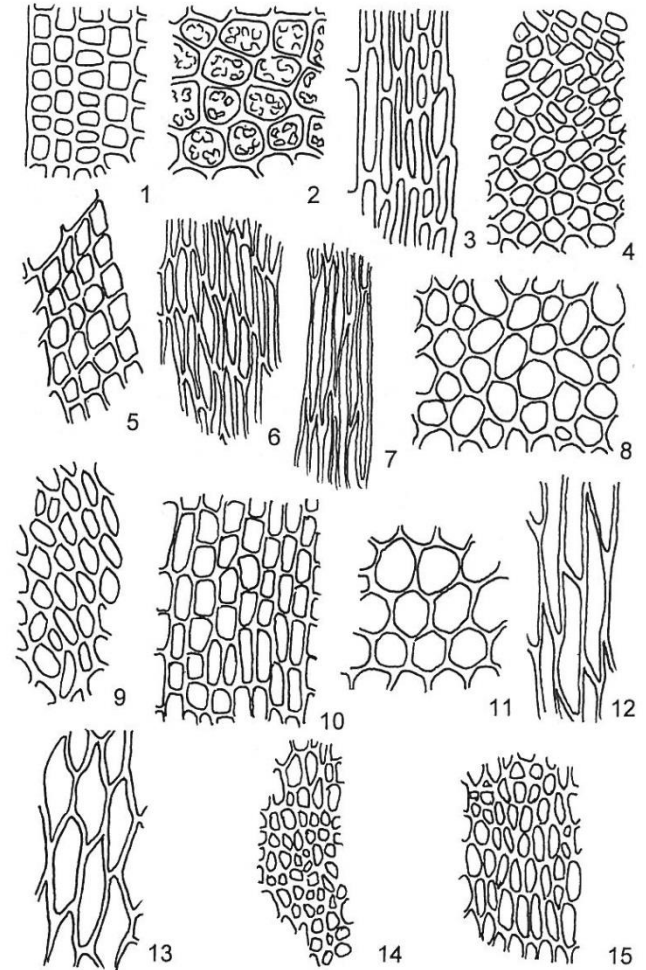
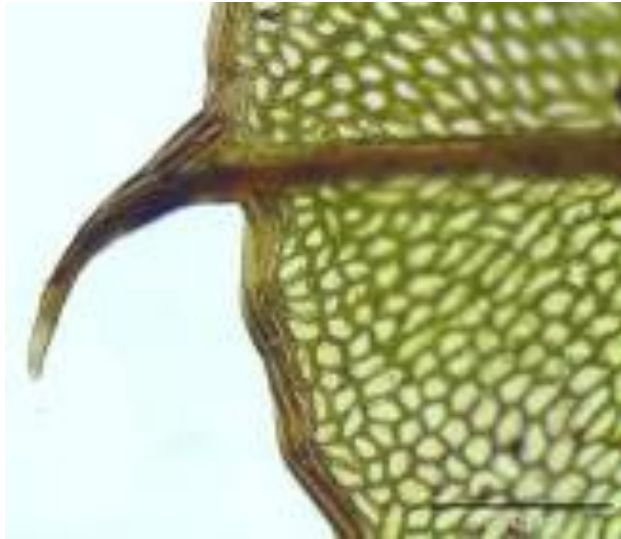
- **lodyžka** – silná, lodyžní kůra, střední svazek (protostélé)
- **rhizoidy** – běžně na bázi, v paždí listů, vícebuněčné, přísun vody, rhizoidální vlášení (rod *Tomenthypnum*), různě větvené

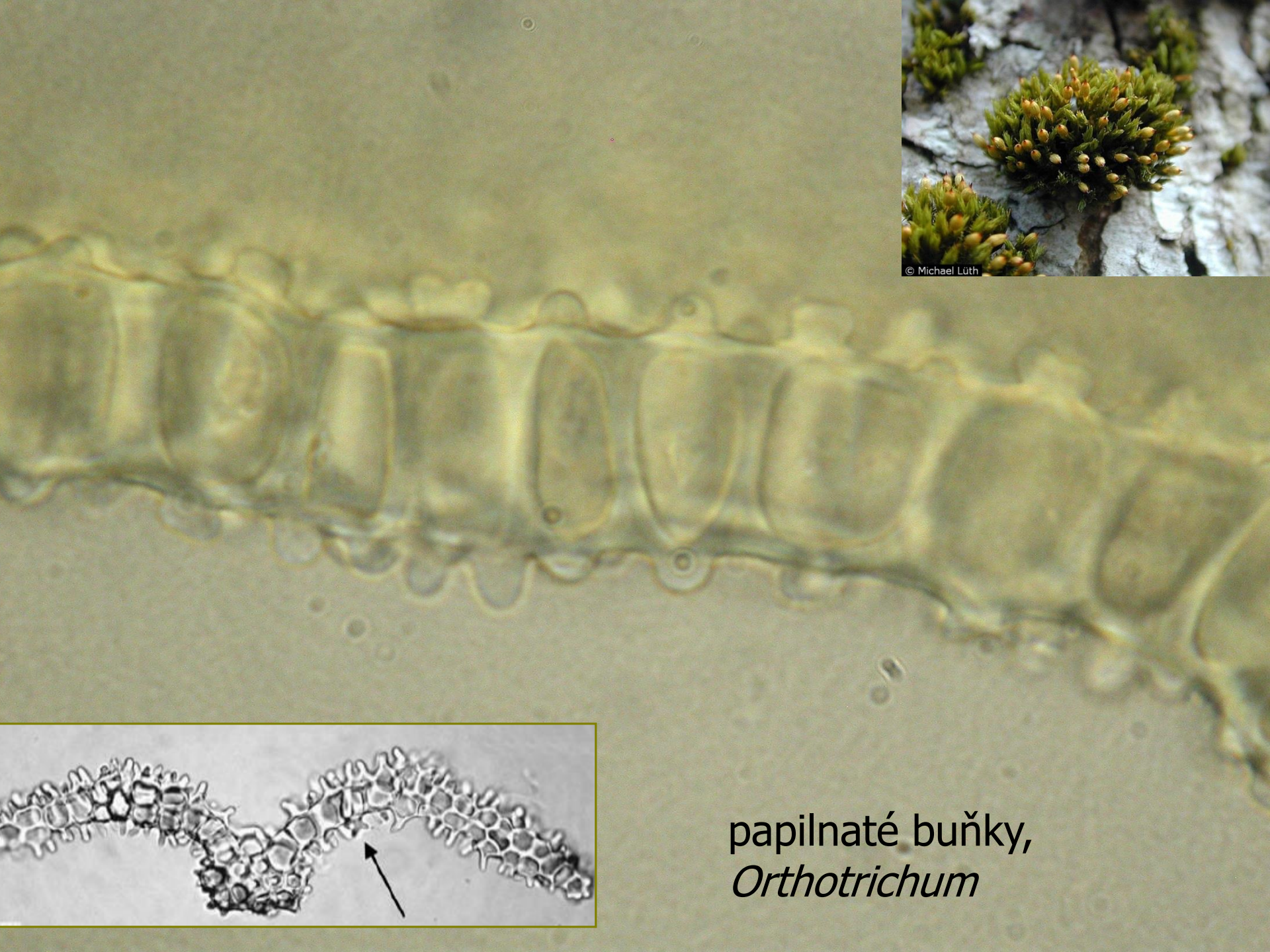


- **lístky** – jednovrstevné, mohou mít střední žebro

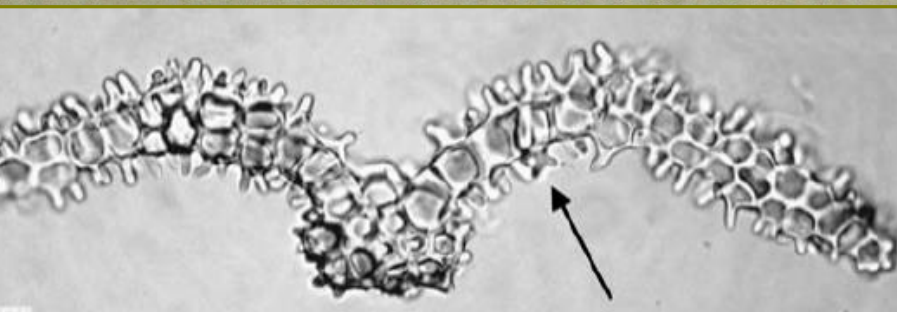


- buňky** – parenchym, prozenchym, specifické ztlustliny (tečkované, laločnaté), chlorocyty, hyalocyty, papilnaté buňky





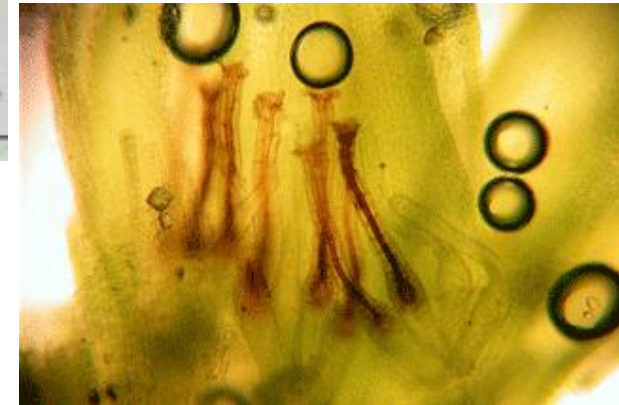
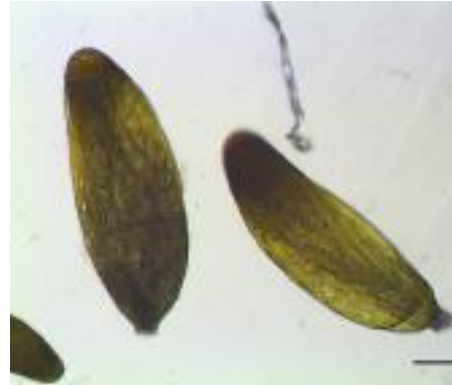
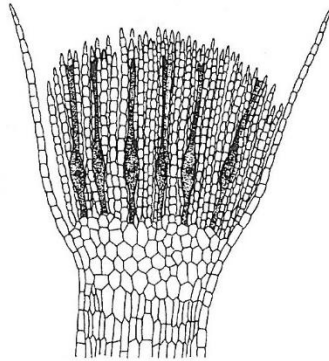
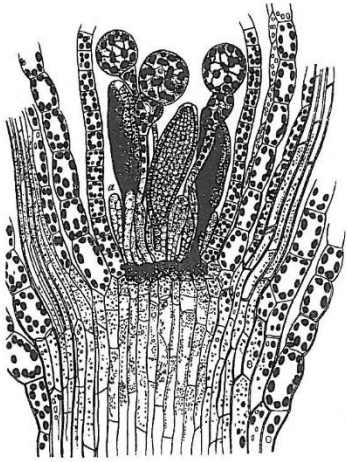
© Michael Lüth



papilnaté buňky,
Orthotrichum

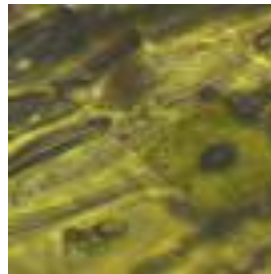
Gametangia

- **antheridia** i **archegonia** jsou v útvarech spolu se sterilními buňkami – parafýzami, tvoří se různě, zpočátku obalena kalyptrou
- **kaliptra** – kryje sporofyt, zůstává z ní čepička na tobolce



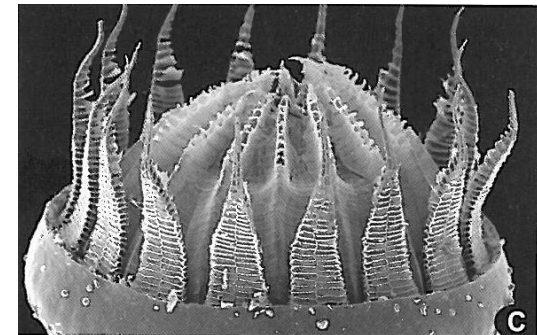
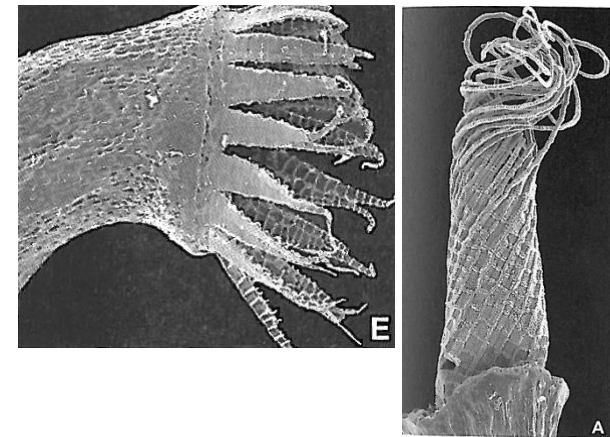
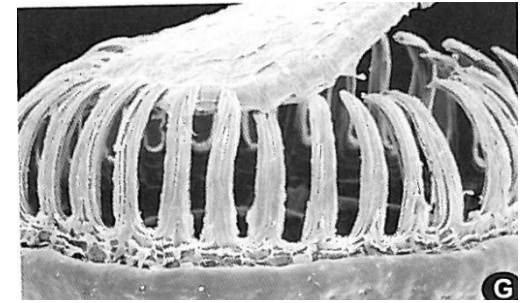
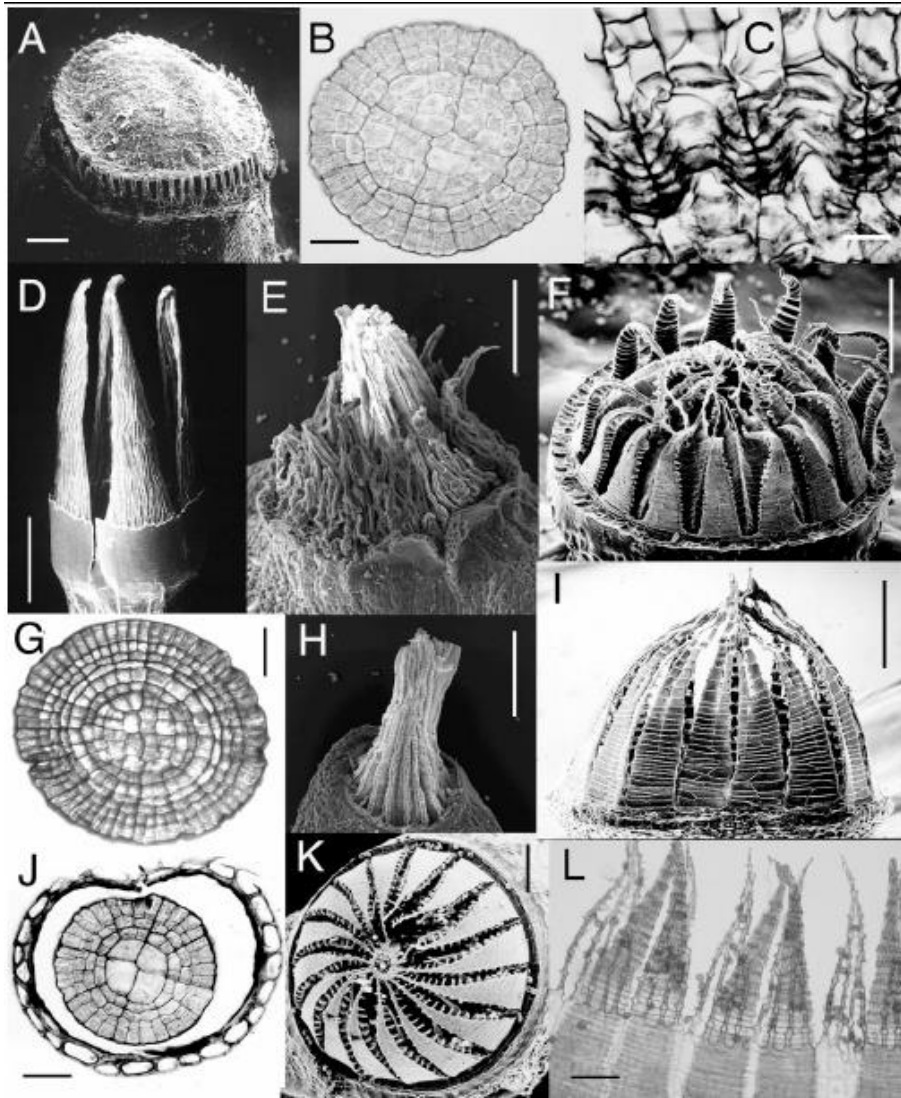
Sporofyt

- **noha**
- **stět** – různě dlouhý, sklerenchymatické buňky, vytrvává
- **tobolka** – různý tvar, má průduchy (nefunkční), bez ztlustěnin, vícevrstevná stěna, výtrusnice - otevírání víčkem, puknutím, kolumela – sterilní sloupek
- **obústí** (peristom)



Obústí (peristom)

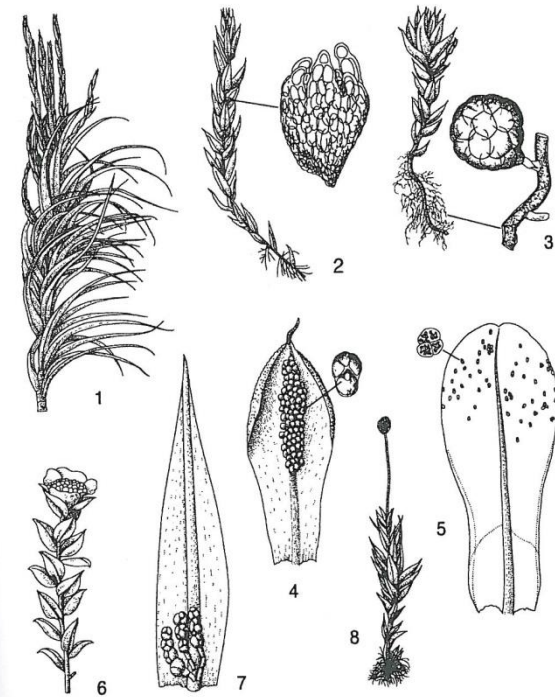
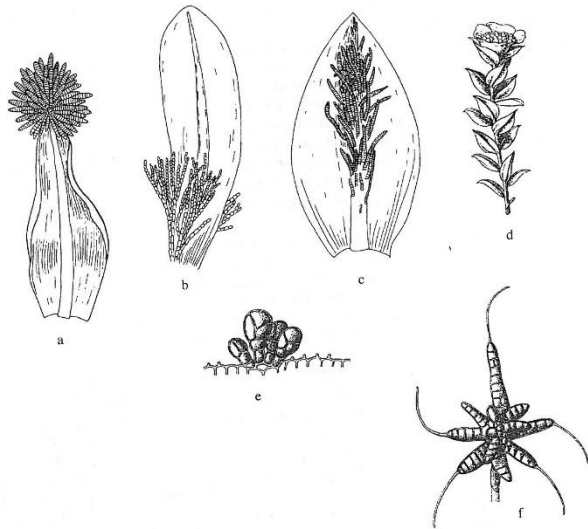
- hygroskopické obústní zuby, 1-2 řady



Ignatov, Ignatova 2003

Vegetativní rozmnožování

- rozmnožovací větvičky
- fragmentace lístků, lodyžek
- **gemy** v paždí listů, na listech, na protomenatu, rhizoidální
- ulamování části listů





Orthotrichum lyellii



O. obtusifolium

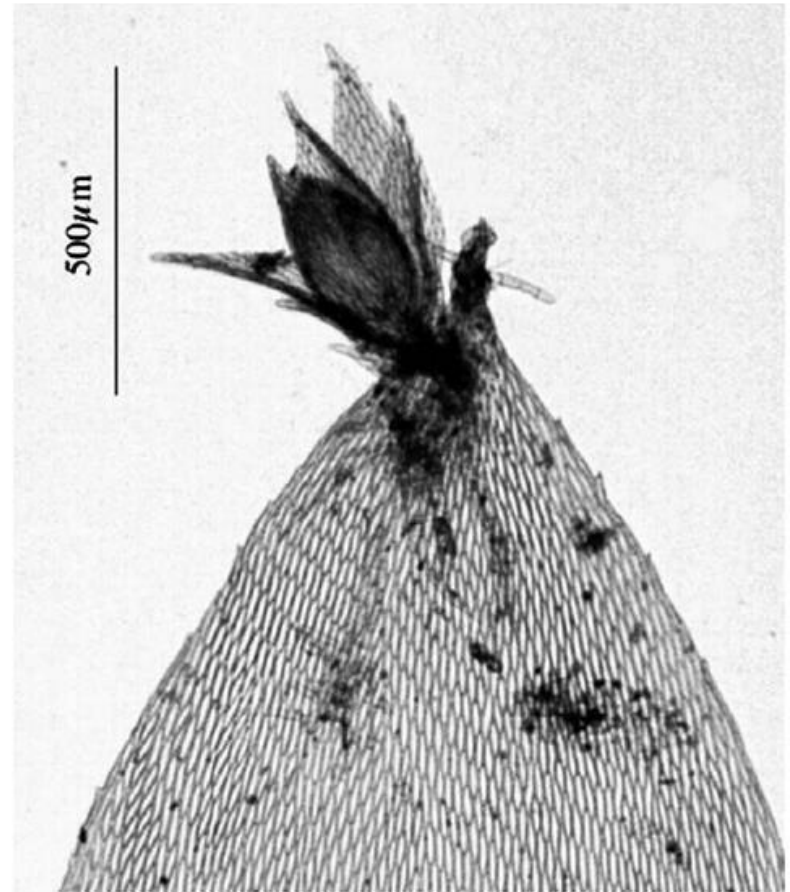


Jednopohlavné a oboupohlavné mechy

- jednopohlavné a oboupohlavné mechorosty; u dvoudomých velmi často převažují ♀
- existuje **pohlavní dimorfismus** (ca 60 rodů), trpasličí samčí rostlinky



Acroporium stramineum



Klonální růst

- klony z protonemat, z větvení lodyžek, pupenů, neukončený růst
- až několikasetleté rostliny (*Hylocomium*, *Eucladium*, *Sphagnum*) staré části lodyžek se rozkládají nebo tvoří rašelinu
- **sdílení** živin a vody mezi rametami (části klonální populace)



Hylocomium brevirostre, *Sphagnum lindbergii*



Xerothermní mechy

- druhy **suchých stanovišť** – adaptace na malou dostupnost vody,
- obsah až jen 10 % vody
- **adaptace:**
 - chlupatost, sevřené trsy, papilnaté buňky, drobné buňky, malé vakuoly, hustá plasma
 - mění se prostupnost membrány pro ionty, ER, GA redukce na fragmenty, rozptýlení ribozómů v plasmě, mitochondrie a plastidy kulovité, tylakoidy méně pravidelné

Grimmia laevigata



Vodní mechorosty

- **stabilní prostředí** bez větších výkyvů
- výrazně méně tolerantní k vyschnutí
- C přijímají pouze ve **formě CO_2** – limitující faktor

Aneura maxima



Cladopodiella fluitans - jatrovka



Fontinalis antipyretica

Spáleniště

ohněň – někde přirozený činitel obnovy (grasslands a lesy)

mechorosty shoří, organická část horní půdy zničena, hodně minerálních látek P, Ca, Mg, Na, silně vzroste pH



Spáleniště

NPČŠ – rok poté



Spáleniště

pokud bylo pod spáleništěm rašeliniště – často delší životnost spáleništních druhů
Ceratodon purpureus, *Bryum argenteum*, *Funaria hygrometrica*



Moss in charcoal bed after fire - Weddin Mountain National Park, NSW (Australia)



Epifytické druhy

- **borka stromů**
- obligantí i fakultativní epifyté
- **vertikální zonace** společenstev
- často vystaveny přímému vlivu **znečištění** – hodně ohrožených druhů, bioindikace



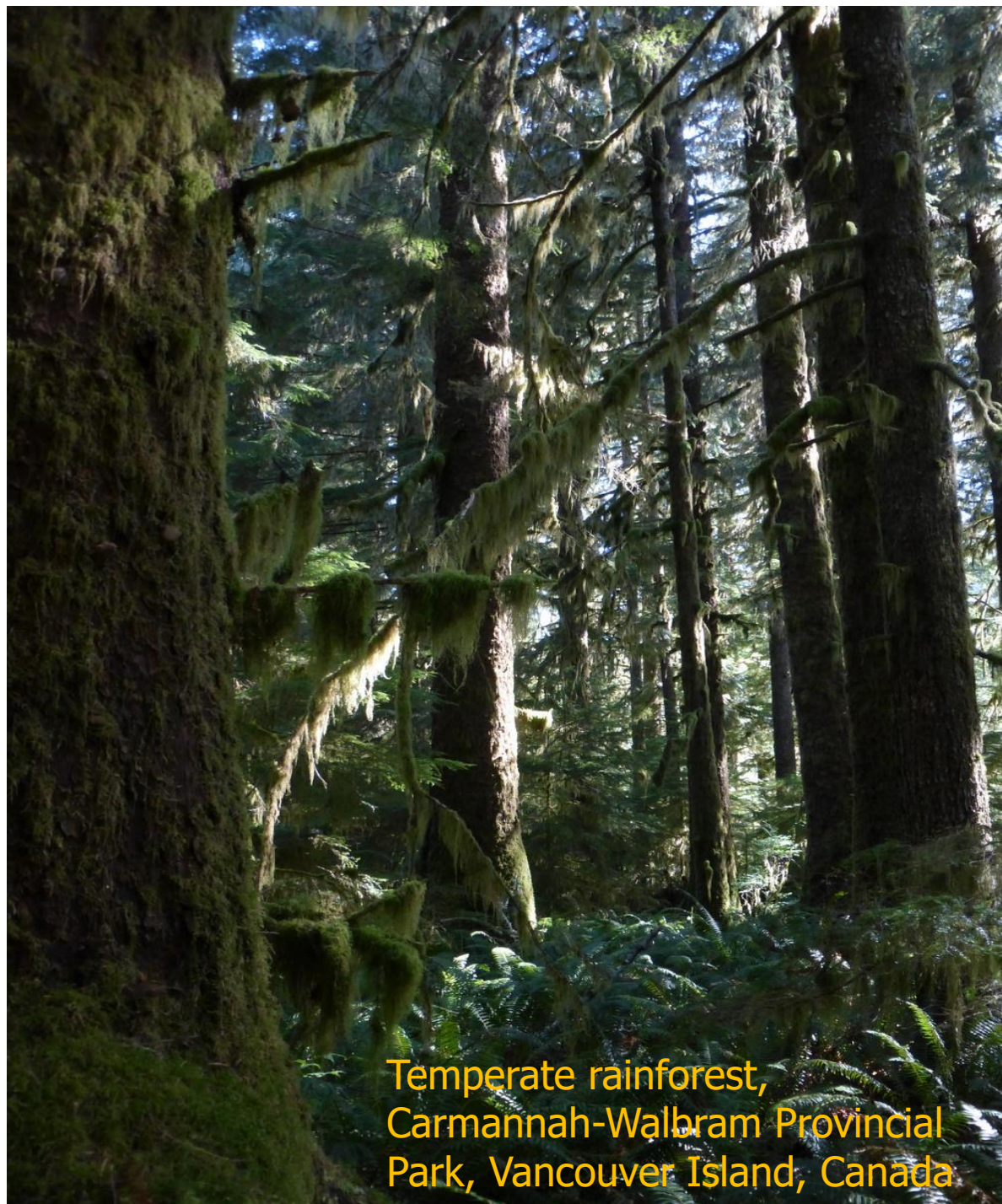
Orthotrichum affine



Neckera crispa



Ulota crispa



Temperate rainforest,
Carmannah-Walbram Provincial
Park, Vancouver Island, Canada



Epifylní (foliikolní)

- v tropech, subtropích
- **povrch listů** stálezelených širokolistých dřevin
- převažují játrovky
- většinou krátce-žijící pendlující druhy



Trus a kosterní zbytky

- **koprofilní** mechorosty
- obligátní ***Splachanceae***, následná kolonizace rody *Ceratodon*, *Bryum*, *Pohlia*
- nejčastější na **živinami chudých, vlhkých biotopech** – ombrotrofní rašeliniště, močály, alpinum, polární oblasti, tundry
- **živinami bohatý substrát**, druhy s vysokými nároky na Ca, P
- štět dlouhý a slabý, hypofýza zvětšená a zbarvená – **speciální šíření pomocí hmyzu**



Splachnum ampulaceum



Splachnum luteum



Splachnum luteum (www.mun.ca)

Rašeliniště, slatiniště, močály

- dominantní biomasa mechorostů, adaptace na přežití v trvale zamokřeném ekosystému, nízké pH
- **hromadění organického materiálu**; zahrnuje i slatiniště
- **rašeliníky** (dominance v kyselém rašeliništi) x „**brown**“ **mosses** (dominance ve slatiništích a na vápenci)
- světový význam, koloběh dusíku, uhlíku,...



Klasifikace mokřadů

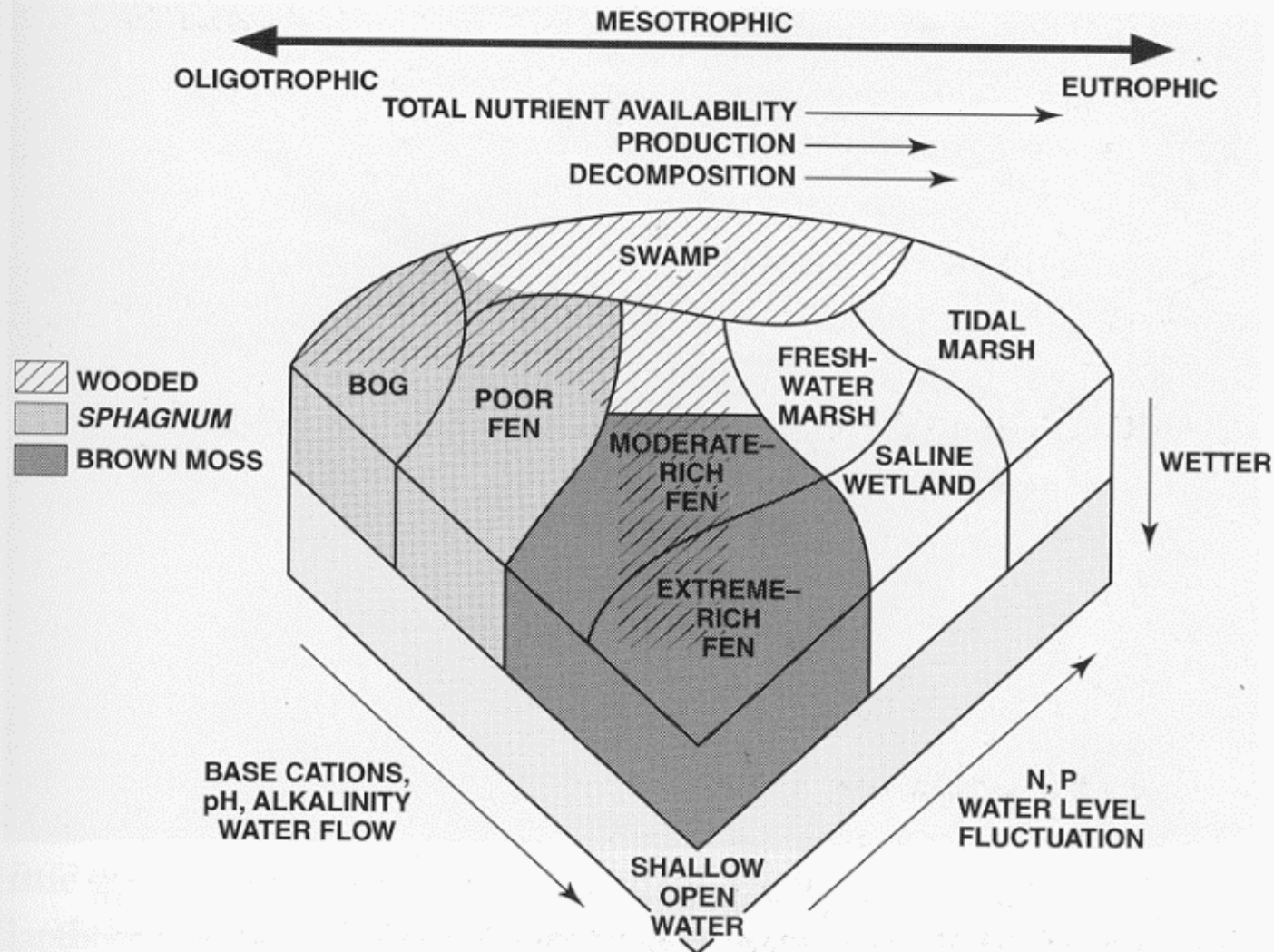
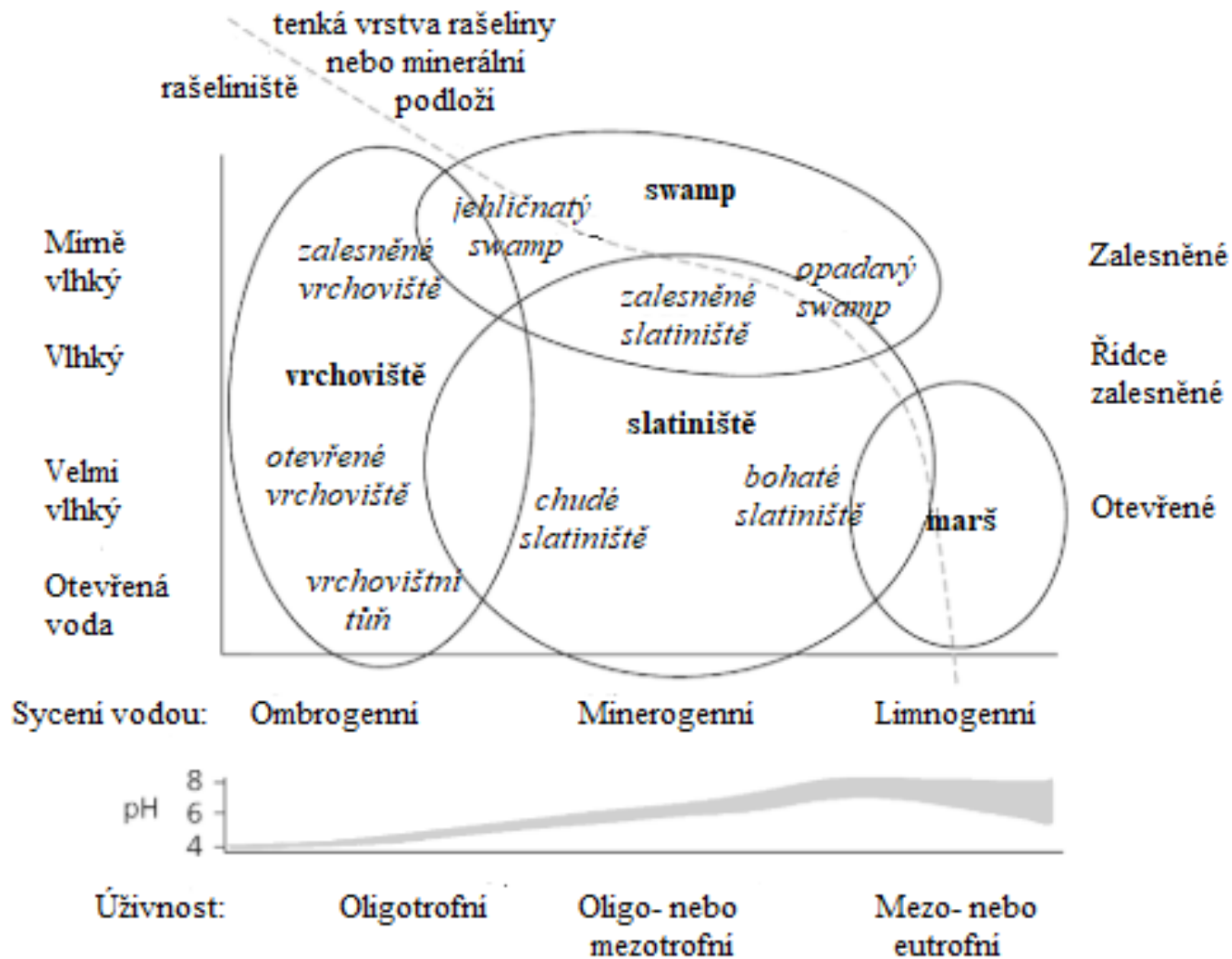


Fig. 10.1. Ternary diagram showing five wetland classes in relation to hydrology, chemistry, and vegetation. (Modified from Vitt 1994 and Zoltai & Vitt 1995.)

Klasifikace mokřadů česky

(Rydin a Jeglum 2013), převedeno do češtiny by Henková-Mauleová 2019)





Spagnum magellanicum

Antropogenní mechy

- adaptace na substráty narušené člověkem,
- vazba na člověka malá (výskyt i v přirozených podmínkách)
- strategie – rychlý růst a schopnost kolonizace
- *Ceratodon purpureus*, *Funaria hygrometrica*, *Tortula muralis*, *Bryum argenteum*





Využití mechorostů

- **jídlo** – potrava hmyzu, výjimečně sobů (hořká chuť, *Sphagnum* do skotské)
- **rašelina**
- **bytové zařízení**
- doba kamenná – přidáváno do keramiky *Neckera pennata*
- Indie – rohožky, filtry proti kouři
- knoty lamp (*Dicranum elongatum*)
- **těsnění** spár, škvír, člunů (*Fontinalis antipyretica* antiohňový mech)
- **obalový materiál**
- věci či potrava k přepravě, balení a ochrana jídla (otravy botulotoxiny vzrostly na Aljašce po odklonu od této metody až 12x), slamníky (*Hypnum* = spací mech (lat.))
- předchůdce toaletního papíru odnepaměti (*Sphagnum*), „mechařství“



Figure 2. *Neckera crispa*, a large, pleurocarpous moss of tree trunks that has been used as a mordant in pottery. Photo by Michael Lüth.



Figure 3. A piece of ancient pottery with the impression of *Neckera crispa* that has been used as a mordant. Photo courtesy of Heinjo During of Universiteit Utrecht and Wim Kuijper from Archeological Centre of Leiden University.



Těžba rašeliny: dobývání rašeliny u Mrtvého rybníka u Hřebečné a příprava borek používaných k vytápění. Datum: 20. léta 20.stol. www.zanikleobce.cz



- **oblečení** – dekorace klobouků (Británie – *Climacium*) a šatů (Filipíny), knoflíky (Evropa z rašeliny)
 - Německo – *Sphagnum* přidávané do vlny pro zlevnění oděvů
 - Mexiko – tmavé skalní druhy barvení látek
 - *Sphagnum* a *Dicranum scoparium* - **plenky** USA, Kanada, Skandinávie, Aljaška (USA v souč.), obalení miminek (dlouhé růžové lodyžky *Sphagnum magellanicum*), do postýlek se to používá doted'
 - Německo a severské země – **vložky do bot**, i trekových



Figure 12. Advertisement for shoe lining made from *Sphagnum*. Photo by Janice Glime.



Figure 14. Button made of pressed peat. Photo by Janice Glime.



Copyright—Photo by D. Perry Evans.

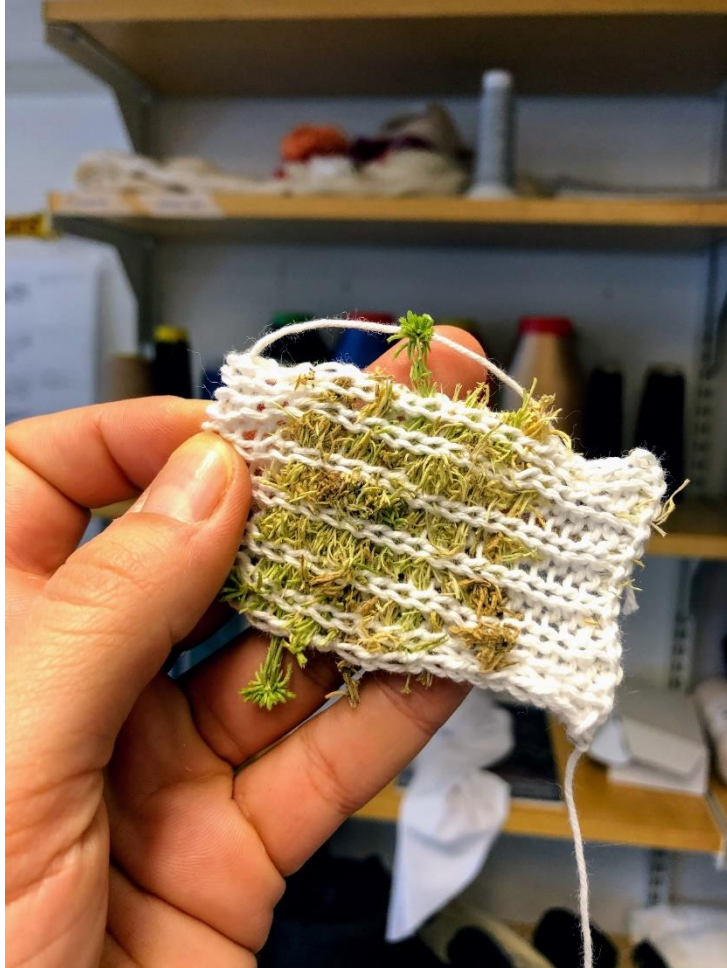
THE SPHAGNUM MOSS GIRL

WATCH THESE COLUMNS
FOR ANNOUNCEMENT LATER

IN THE MEANTIME
MEMORIZE THIS WORD

SFAG-NA-KINS

- **dámské hygienické potřeby**
- („SFAG-NA-KINS“)



<https://nadiacw.github.io/biomenstrual/material/2021/03/18/moss.html>

ca 1919-1920



https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_729448

Women volunteers sewing bandages for injured soldiers during WWI, Ireland, ca 1916



Ekologická role mechorostů

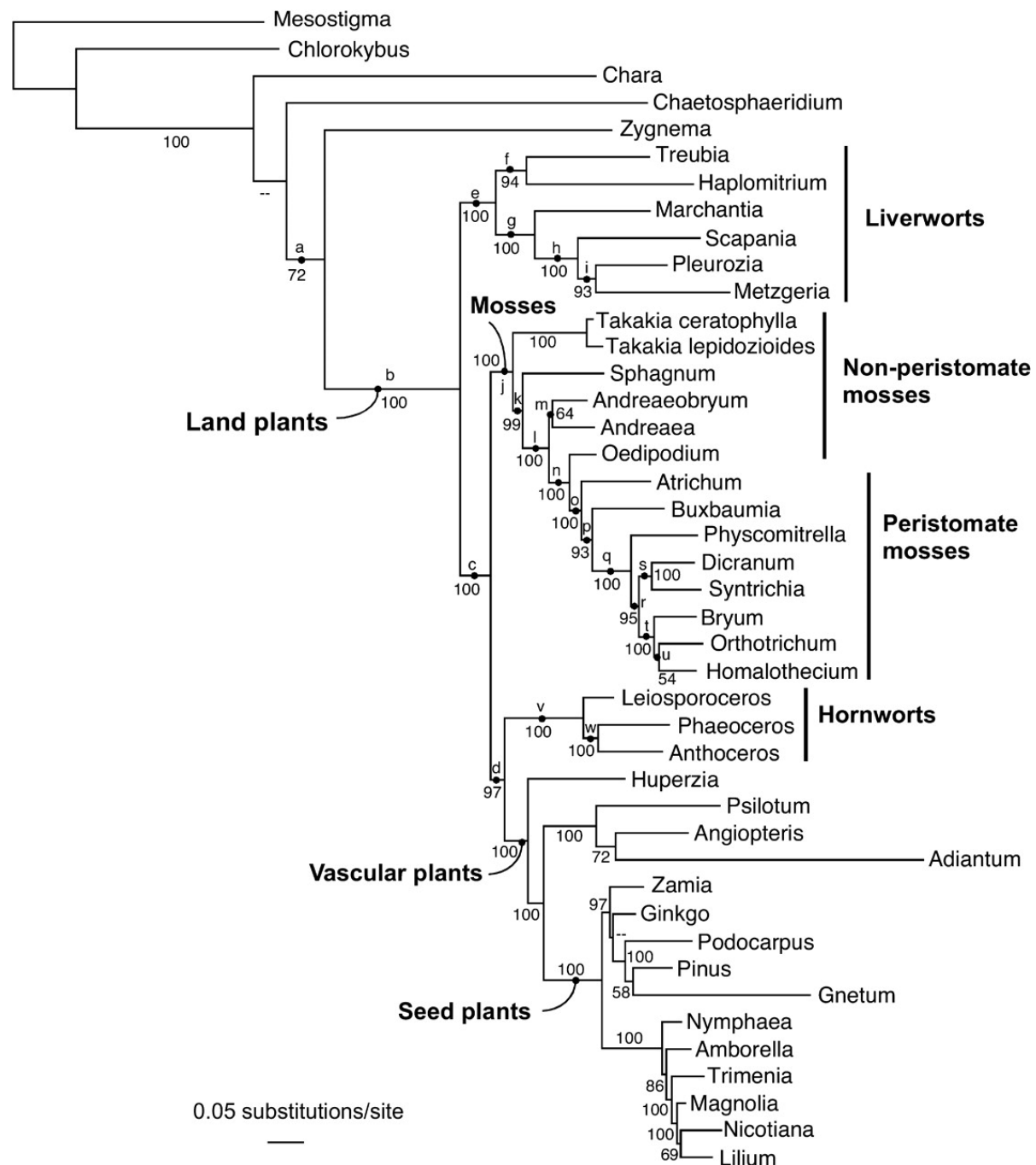
- životní prostředí pro organismy (roztoči, želvušky, vířníci)
- vysoká retenční schopnost – **vodní režim krajiny**
- složka **biomasy**, někde dominantní, fotosyntéza, fixace uhlíku, dekompozice
- **kolonizační** schopnost, **stabilizace substrátu**, tvorba humusu
- tvorba a ukládání travertinu (*Palustriella commutata*,...)



← Císařská rokle u Berouna

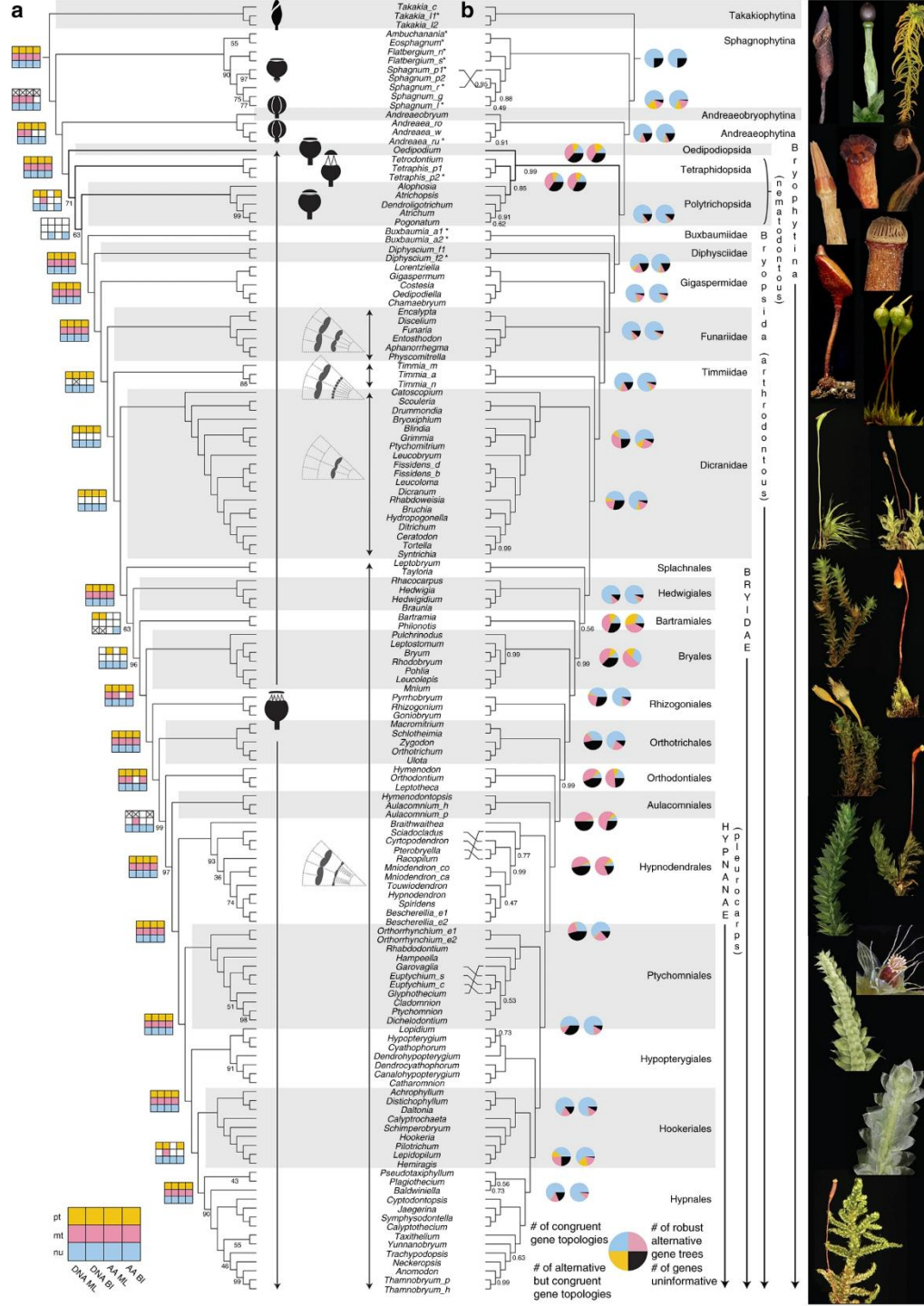
Phylogram of best maximum likelihood (ML) tree based on combined analysis of 17 genes and associated noncoding regions ($-\ln L = 181836.287$).

Fylogeneze mechu (mechorostu)

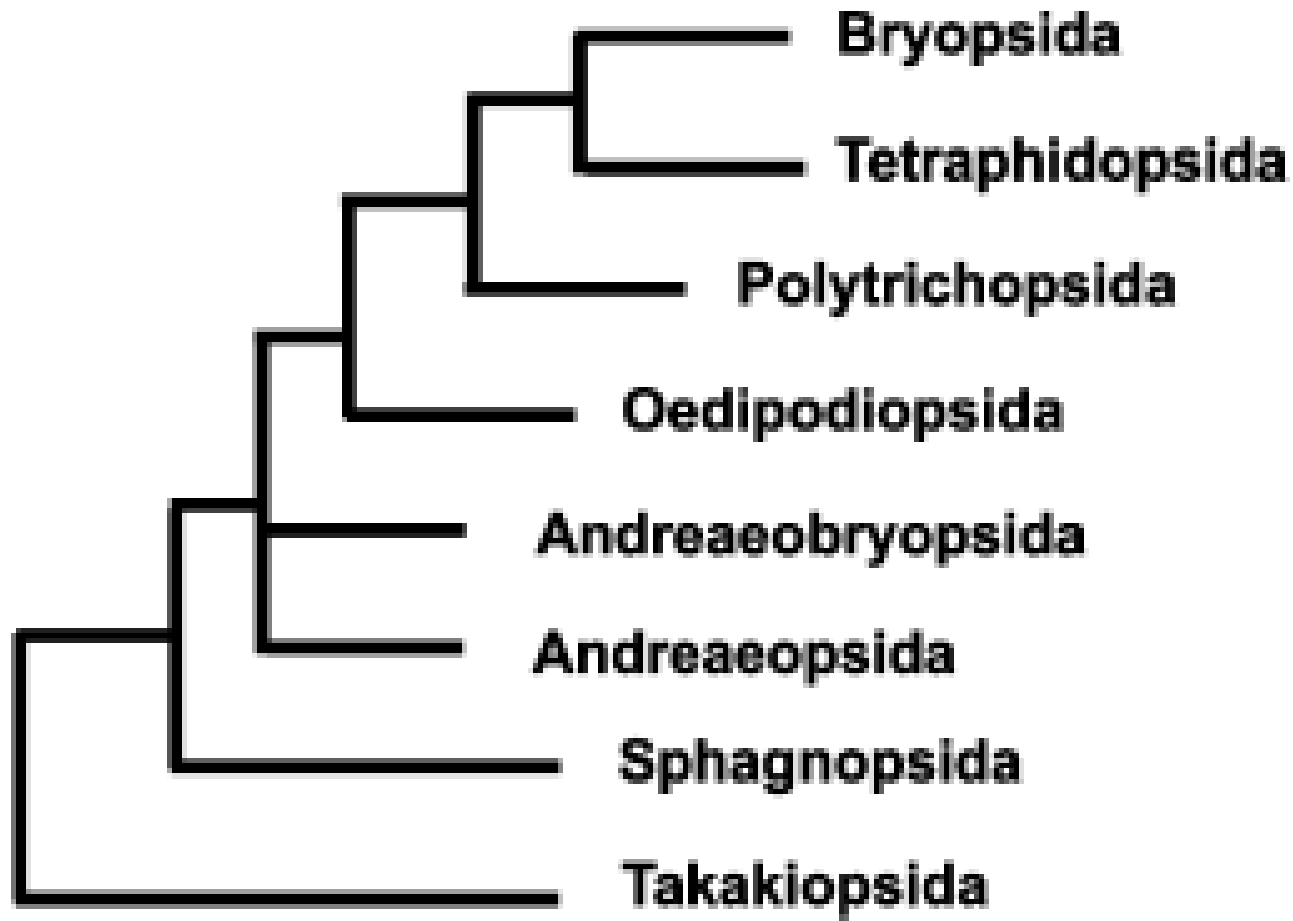


Novější systém mechů pro zájemce:

Liu, Y., Johnson, M.G., Cox, C.J. *et al.*
 Resolution of the ordinal phylogeny of mosses using targeted exons from organellar and nuclear genomes. *Nature Communications* **10**, 1485 (2019).
<https://doi.org/10.1038/s41467-019-09454-w>



Mechy - systém



Goffinet B., Buck W. R., Shaw A. J (2009): Morphology, anatomy and classification of the Bryophyta. p. 55-138. In: Goffinet B. et Shaw A.J. [eds.]: **Bryophyte Biology**. 2nd edition, Cambridge University Press.

oddělení: **Bryophyta**

Třídy:

- **Takakiopsida**
- **Sphagnopsida**
- **Andraeopsida:**
- **(Andraeobryopsida)**
- **(Oedipodopsida)**
- **Polytrichopsida**
- **Tetraphidopsida**
- **Bryopsida**

třída: **Takakiopsida**

primitivní vodivé pletivo v lodyžce, rhizoidy netvoří, čárkovité listy ve 3 řadách, připomínají játrovky, zbytkový areál

řád: **Takakiales:** *Takakia*



Takakia lepidozoides
photo Claudia King H.-H.



Takakia lepidozoides
Photo by S. Heilman-see

třída: **Sphagnopsida**

lupenité protonema, rhizoidy pouze na protonematu, z 1 protonema → 1 rostlina, heterofylie (lodyžní x větevní), hyalocyty, chlorocyty

řád: **Sphaginales**: *Sphagnum* (rašeliník)



V ČR 35 druhů, celosvětově ca 130

třída: **Andreaeopsida**

hnědavé až černé drobné, buňky malé, pentlicovité protonema
S – nemá štět, pouze pseudopodium, puká 4 štěrbinami, chlopně spojené v lampiónek,

řád: **Andreales:** *Andreaea rupestris* (šterbovka skalní)



Andreaea rupestris

foto M. Lüth www.digital-museum.hiroshima-u.ac.jp

třída: **Polytrichopsida**

největší mechy co se týká výšky (*Dawsonia* až 80 cm)

prvoklíček vláknitý, vystoupavé lodyžky, tuhé, vodivá pleiva i v lodyžce a štětu, listy kopinaté, tuhé, asimilační lamely, G velice odvozený

řád: **Polytrichales:** *Polytrichum*, *Polytrichastrum* (ploník)



Polytrichum commune – ploník obecný



Polytrichum piliferum – ploník chluponosný

třída: **Tetraphidopsida**

jednořadé větvené protonema, 4 zuby na peristomu u S, Holarktida
řád: **Tetraphidales:** *Tetraphis pellucida* (čtyřzoubek průzračný)



Tetraphis pellucida Foto M. Lüth



Fig. 5.5 A scanning electron micrograph of the top of the capsule of *Tetraphis pellucida*. The capsule is unique in having only four large peristome teeth. The chief habitat of this moss is rotting tree stumps (photo: Biological Sciences Department, Exeter University).

třída: **Bryopsida**

protonema vláknité, z jednoho je více gametoforů, G spirálně olistěný,
S tobolka s peristomem, velká třída s mnoha zástupci

řád: **Funariales:** *Funaria hygrometrica* (zkrutek vláhojevný)



třída: **Bryopsida**

řád: **Grimmiales**: *Grimmia pulvinata* (děrkavka poduškovitá)

xerothermní stanoviště



třída: **Bryopsida**

řád: **Dicranales:** *Dicranum* (dvouhrotec), *Leucobryum* (bělomech)

lesní mechy



třída: **Bryopsida**

řád: **Splachnales**: *Splachnum* (volatka)



třída: **Bryopsida**

řád: **Orthotrichales:** *Orthotrichum* (šurpek)



Orthotrichum pulchellum nedávno znovuobjeven v ČR www.cisfbr.org.uk

třída: **Bryopsida**

řád: **Hypnales:** *Hypnum*, *Brachythecium*, *Thuidium* – bokoplodé
mechy, ramety

