

Systematická a evoluční botanika I

autor **PhDr. Petr Novotný** petr.novotny@pedf.cuni.cz

Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií

verze 2012

Systematická a evoluční botanika I, jejímž autorem je [Petr Novotný](#), podléhá licenci [Creative Commons Uveďte autora 3.0 Unported](#).

Práva nad rámec této licence jsou popsána zde: <http://biologie.pedf.cuni.cz/novotny/seb1/>.



Obsah

1 Říše: Rostliny (Plantae).....	2
Podříše: Biliphytae.....	2
Podříše: Zelené rostliny (Viridiplantae).....	2
Vývojová linie: Chlorophytae.....	2
Vývojová linie: Streptophytae.....	2
Vývojová větev: Charophytae.....	3
Vývojová větev: Mechorosty (Bryophytae).....	4
1.1 Kmen: Játrovky (Marchantiophyta).....	6
1.2 Kmen: Hlevíky (Anthocerotophyta).....	8
1.3 Kmen: Mechy (Bryophyta).....	9
Vývojová větev: Cévnaté rostliny (Trachaeophytae).....	12
2 Použitá literatura.....	13

Text je určen studentům bakalářského oboru *Biologie, geologie a environmentalistika se zaměřením na vzdělávání* na PedF UK při studiu předmětu **Systematika a evoluce stélkatých organismů**. Autor ocení veškerou zpětnou vazbu a předem za ni děkuje.

Součástí tohoto textu jsou také vektorové originály použitých ilustrací a terminologický slovníček ve formátu MOBI obsahující odborné pojmy z oblasti mechorostů, vhodný při čtení v elektronické čtečce. Veškeré materiály lze nalézt na adrese <http://biologie.pedf.cuni.cz/novotny/seb1>.

Uvedená licence se týká všech dílčích materiálů.

Vznik publikace byl umožněn díky podpoře projektu FRVŠ 185/2012 – Elektronický studijní materiál – bryologie

1 Říše: Rostliny (Plantae)

Podříše: *Biliphytae*

Vodní stélkaté rostliny se specifickými fotosyntetickými pigmenty (chlorofyl a+d, fykobiliny, karoteny, xantofyly); produktem fotosyntézy je florideový škrob (podobný amylopektinu) syntetizovaný v cytoplazmě. Zahrnuje dva monofyletické kmeny Rhodophyta (ruduchy) a Glaucophyta.

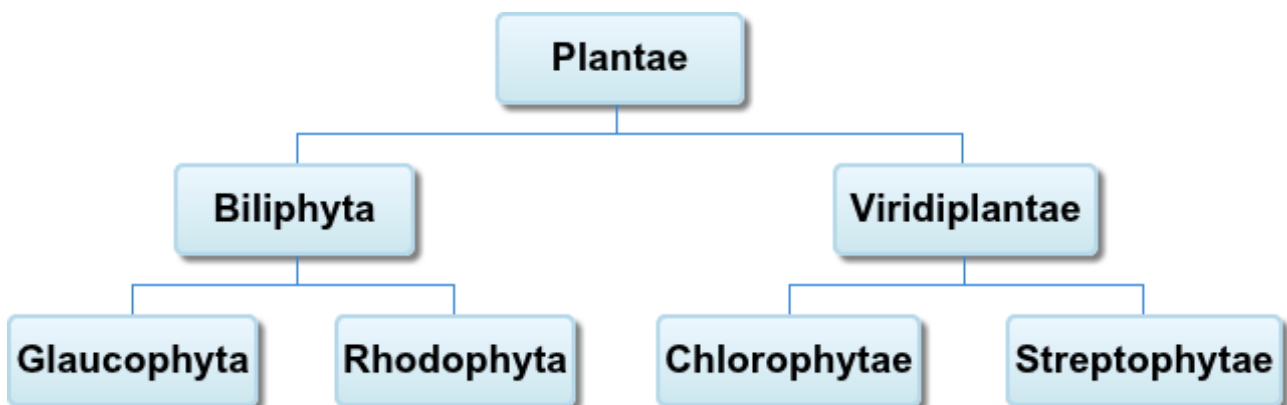
Připomeňme, že škrob je polysacharid tvořený molekulami glukózy. Ty jsou spojeny vazbou mezi 1. a 4. uhlíkem glukózy, tedy α -1,4-glukan. Má dvě frakce – amyulózu (lineární řetězec, v podstatě bez větvení) a amylopektin (bohatě rozvětvený řetězec, boční větve jsou spojeny mezi 6. uhlíkem základního řetězce a 1. uhlíkem větvicí glukózy).

Fykobiliny jsou součástí fotosyntetického aparátu sinic, tato podříše je tak názorným dokladem možného vzniku chloroplastu primární endosymbiózou.

Podříše: *Zelené rostliny (Viridiplantae)*

Rostliny stélkaté nebo s pravým tělem, fotosyntetické pigmenty „klasické kombinace“ (chlorofyl a+b, karoteny, xantofyly); produktem fotosyntézy je škrob syntetizovaný v chloroplastu. Vedle zelených řas a parožnatků zahrnuje všechny vyšší rostliny, tedy mechorosty spolu s cévnatými rostlinami.

Kmen Chlorophyta je považován v rámci této podříše za samostatnou vývojovou větev nazývanou Chlorophytae, zbylé rostliny tvoří vývojovou linii Streptophytae.



Obr. 1: Schéma systému říše rostlin (Plantae)

Vývojová linie: Chlorophytae

V podstatě odpovídá kmenu Chlorophyta (zelené řasy). Pro tuto linii je společným znakem zpravidla uzavřená mitóza (dělení jádra bez zániku jaderné membrány). Protože se tedy ani nevytváří dělicí vřeténko, je stavba nové buněčné stěny mezi vzniklými dceřinými buňkami zahajována *de novo* pomocí mikrotubulárního systému označovaného jako fykoplast.

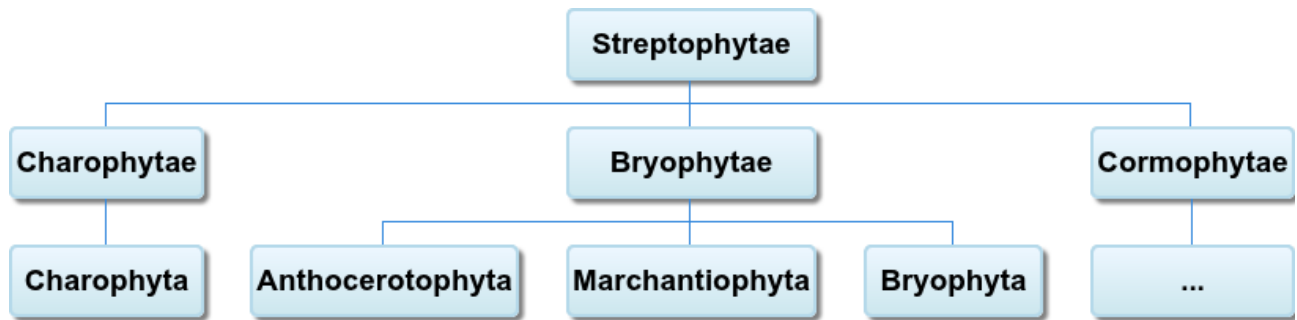
Vývojová linie: Streptophytae

Zahrnuje všechny zelené rostliny s výjimkou zelených řas; je pro ni charakteristická otevřená mitóza, při níž dochází k rozpuštění jaderné membrány a vzniku dělicího vřeténka. Zbytek dělicího vřeténka se v telofázi stává základem nové buněčné stěny oddělující dceřiné buňky = fragmoplast. Jméno Streptophyta (*řec.* streptos = vinutý) vychází ze šroubovitě vinutých buněk spermatozoidů

zástupců (např. krytosemenné rostliny ale žádné spermatozoidy nemají – vzpomeňte na pylovou láčku).

Vývojová větev: Charophytae

Nejstarší nálezy fosilních stélek pocházejí ze siluru a zřejmě představují významný evoluční uzel ve vývoji vyšších rostlin.



Obr. 2: Schéma systému podříše streptofyt (Streptophytae)

Vývojová větev: Mechorosty (*Bryophytae*)

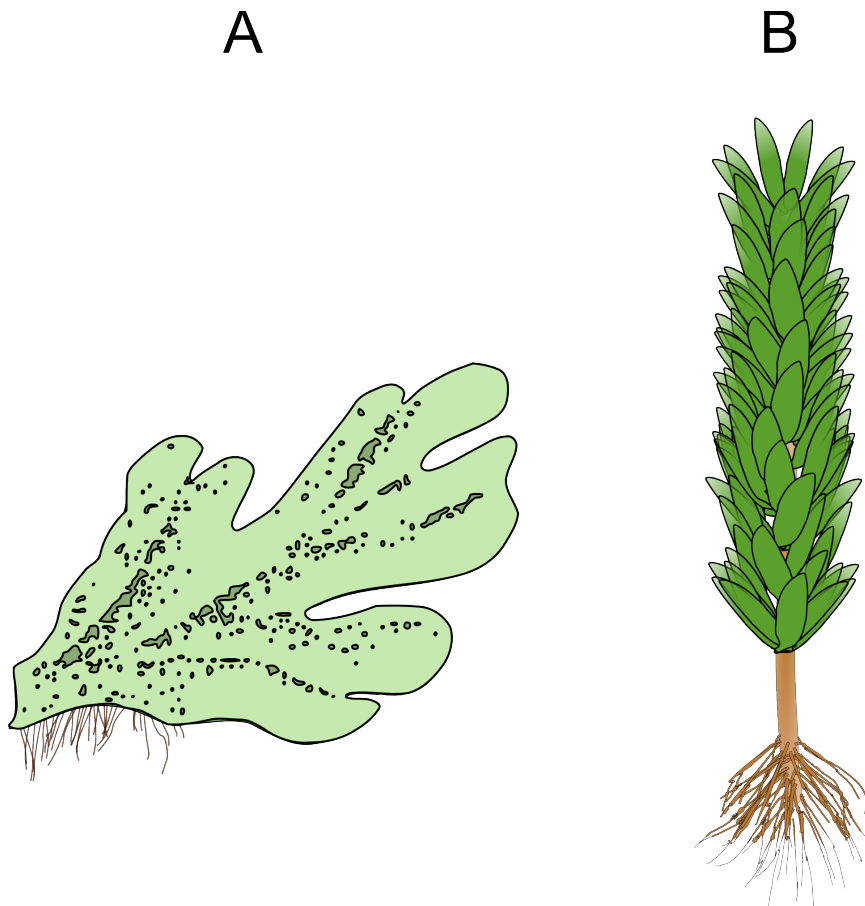
Nejstarší dochované fosilní doklady pocházejí z devonu, tyto nálezy však představují natolik pokročile diferencované rostliny podobné játrovkám, že je nutno předpokládat vznik mechorostů již v období siluru. Předpokládá se vývoj navazující na některé zástupce parožnatek (*Charophyta*, rod *Coleochaete* – štětinačka, zejména *C. orbicularis*), a to jako samostatná vývojová větev vedle kapraďorostů a rostlin prvosemenných.

Jsou to jediné suchozemské rostliny s dominantním, větveným gametofytem velké morfologické diverzity. Rozlišujeme tři kmeny – játrovky, hlevíky a mechy.

Stavba a fyziologie mechorostů

Dominantní částí životního cyklu je autotrofní stélka gametofytu, která může být utvářena jako lupenitá (*frondózní*) nebo listnatá (*foliózní*). Foliózní stélka je rozlišena na lodyžku (*kauloid*), lístky (*fyloidy*) a přichytná vlákna (*rhizoidy*), které svým tvarem a funkcí částečně připomínají orgány cévnatých rostlin.

Fotosyntetické pigmenty jsou stejné jako u ostatních zelených rostlin. Významná je jejich poikilohydrie – schopnost přežít vysušení a po navlhčení opět zahájit asimilaci a pokračovat v růstu.

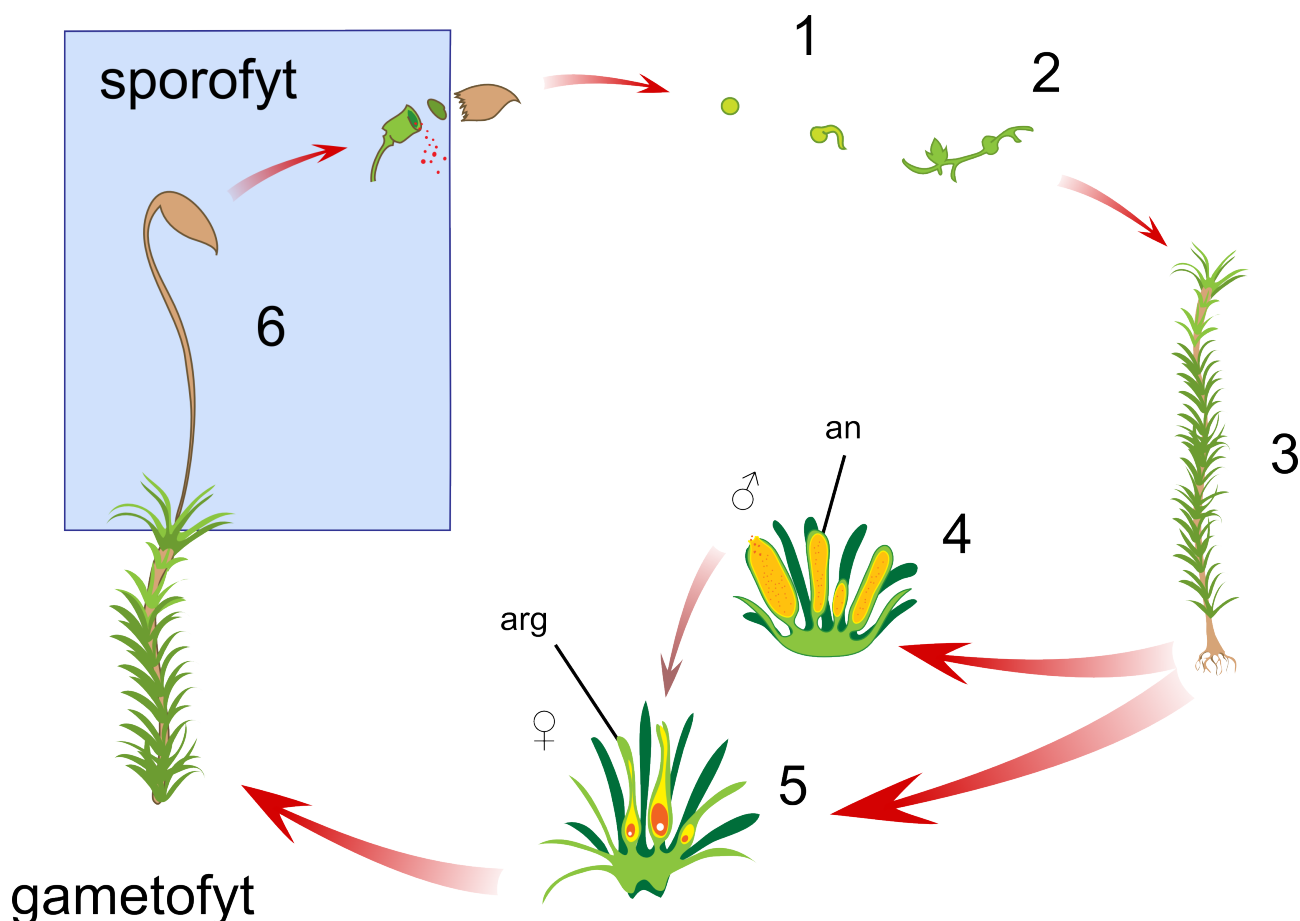


Obr. 3: A - lupenitá (*frondózní*); B - listnatá (*foliózní*) stélka

Životní cyklus

Životní cyklus mechorostů představuje typická heteromorfní rodozměna s převahou pohlavní generace – gametofytu (sporofyt je na něm strukturně i fyziologicky závislý).

Z haploidní spory [1] vyrůstá první fáze gametofytu – vláknitý nebo lupenitý prvoklíček [2] (protonema). Je-li znatelněji vyvinut, připomíná zelený řasový porost. Růst pokračuje tvorbou vlastní mechové rostlinky [3] (gametoforu). Na gametoforu se utváří pohlavní orgány, tj. samčí anteridida [4] (pelatky) a samičí archegonia [5] (zárodečníky). Tato gametangia jsou vždy mnohobuněčná. Mohou vyrůstat na stejné rostlince (homothalický gametofyt) nebo jsou rostlinky odděleného pohlaví (heterothalický gametofyt z geneticky rozlišených isospor).



Obr. 4: Obecná rodozměna mechorostů. 1 – výtrus; 2 – protonema; 3 – gametofor; 4 – anteridia (an); 5 – archegonia (arg); 6 – sporofyt

Samčí pohlavní buňky – spermatozoidy jsou biciliátní a musí aktivně dosáhnout nepohyblivé samičí pohlavní buňky oosféry uvnitř archegonia. Kromě aktivního pohybu bičíky ve vodním filmu na stélce přispívá k jejich přenosu řada morfologických uzpůsobení stélky, často založených na využití energie kapek vody („*splash cups*“).

Splynutím gamet vzniká zygota, která se vyvíjí v zárodek a následně tvoří nepohlavní generaci sporofyt [6]. Ze zárodku vyrůstá noha (pes) zakotvená v gametofytu, štět (seta) vynášející tobolku (kapsula) odpovídající sporangiu. Spory vznikají redukčním dělením výtrusorodého pletiva (archespor) uvnitř výtrusnice.

Vedle popsané rodozměny přispívá k rozšiřování mechorostů také rozmnožování nepohlavní – ať fragmentací, nebo pomocí specializovaných částic množilek (gem).

Ekologie

Mechorosty osidlují téměř všechna myslitelná stanoviště a ekosystémy. Kromě tundrových společenství je jejich přítomnost nejnápadnější na vlhkých, často i stinných stanovištích zejména v lesních porostech. Díky schopnosti přežít plné vyschnutí (poikilohydrie) a zahájit fotosyntézu rychle po navlhčení, jsou jimi ale osídlena i stanoviště silněji exponovaná.

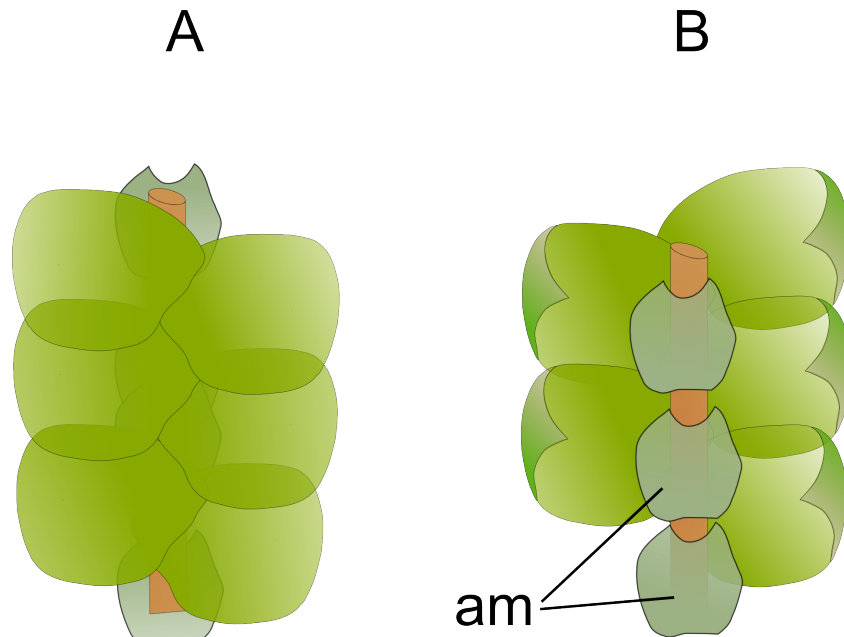
Plní důležitou roli zásobárny vody, vytváří mikrobioty pro nejrůznější organismy (želvušky, vířníci, pancířníci atp.) a do určité míry jsou i potravou obratlovců.

Požírání mechů soby by bylo možné na analogii provozu auta popsat spíše jako dolévání nemrznoucí směsi než tankování paliva. Využitelná energetická hodnota mechů je v podstatě mizivá, a přesto tvoří 30-40% zimní diety sobů. Snad hraje roli esenciální mastná kyselina arachidonová, která po zabudování do biomembrán snižuje bod tání, tj. umožňuje jejich funkčnost za nižších teplot.

V globálním pohledu je vzhledem k tvorbě rašeliny významný vstup rodu *Sphagnum* (rašeliník) do koloběhu uhlíku.

1.1 Kmen: Játrovky (Marchantiophyta)

Protonema chybí nebo značně redukováno, gametofor bývá lupenitý (frondózní) nebo listnatý (foliózní). Lístky (fyloidy) jsou jednovrstevné, bez středního žebra a uspořádány do dvou řad. U většiny druhů lze na rubové straně lodyžky nalézt ještě třetí řadu lístků – amfigastrie.



Obr. 5: Listnatá játrovka. A - pohled svrchu; B – pohled zespodu s viditelnými amfigastriemi(am)

Sporofyt je nezelený, zcela závislý na gametofytu, pomíjivý. Štět je hyalinní, tvořený tenkostěnnými buňkami. Jeho růst je způsoben spíše prodlužováním buněk než jejich dělením a na rozdíl od obou ostatních kmenů vynáší již dozrálou tobolku, vždy bez středního sloupku. Tobolka puká nejčastěji čtyřmi chlopněmi, výtrusy jsou jednotlivé a doprovázeny jednobuněčnými mrštníky (elateri) se šroubovitě ztloustlou buněčnou stěnou.



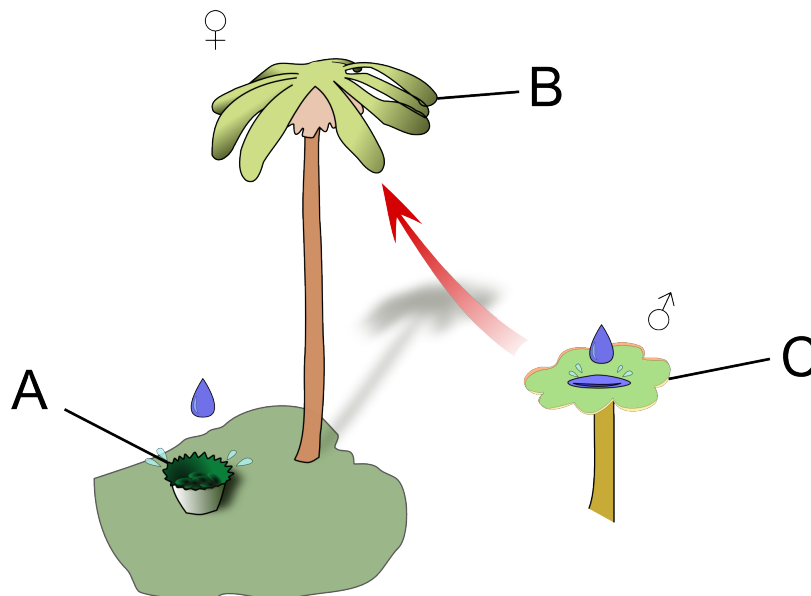
Obr. 6: elatera játrovek

A) Třída: Marchantiopsida

Zástupci pouze s frondózní stélkou, gametangia bývají seskupena v terčovitě útvary – receptakula. Díky efektu „*splash cups*“ usnadňuje toto uspořádání přesun gamet.

Stélka je alespoň ve střední části vícevrstevná s odlišeným asimilačním pletivem a pletivem základním, na povrchu s dýchacími otvory.

porostnice mnohotvárná (*Marchantia polymorpha*) – dvoudomé stélky s nápadnými pohárkovitými nosiči gem a deštníkovitými receptakuly, soudečkovité dýchací otvory; kosmopolitní druh.



Obr. 7: A – pohárek s gemami; B, C – receptakula vynášející pohlavní orgány

trhutka plovoucí (*Riccia fluitans*) – vodní druh s pentlicovitou stélkou plovoucí na hladině, využíván pro kladení akvarijních ryb

B) Třída: Jungermaniopsida

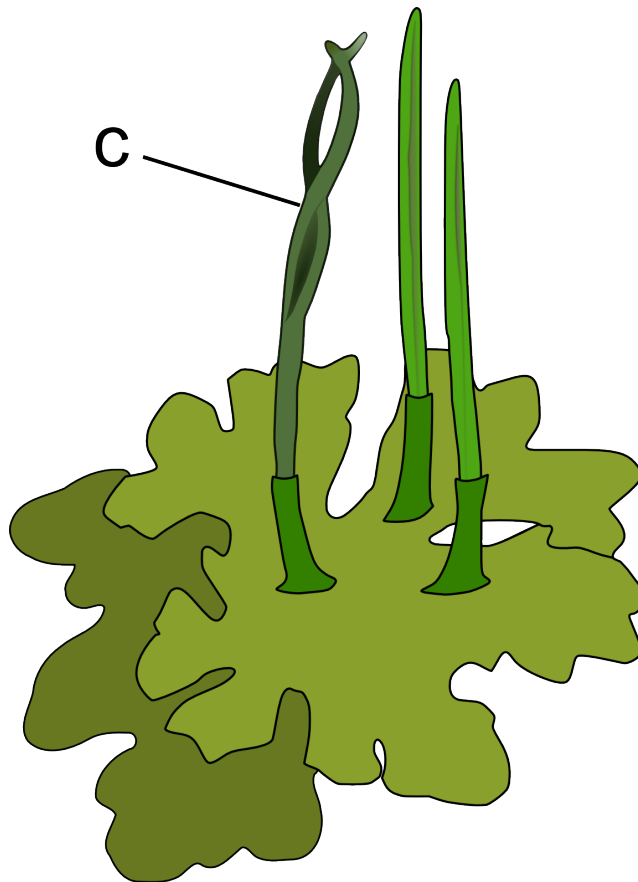
Zástupci s frondózní i foliózní stélkou, bez rozlišených pletiv.

pobřežnice (*Pellia*) – frondózní stélka; vlhké břehy potoků

kaprad'ovka (*Plagiochilla*) – pravidelně utvářená foliózní stélka podobná rostlince měříku

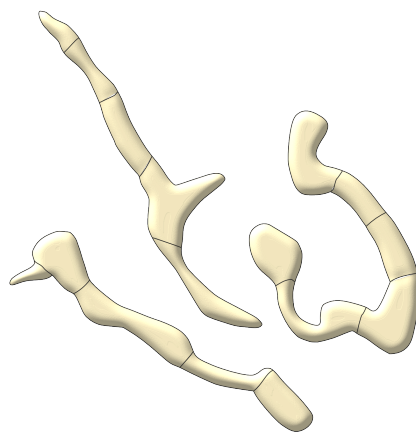
1.2 Kmen: Hlevíky (*Anthocerotophyta*)

Prvoklíček (protonema) je výrazně redukován, stélka vlastní rostliny (gametofor) je lupenitý. Dutiny gametoforu vyplněné slizem jsou kolonizovány symbiotickou sinicí *Nostoc*, buňky obsahují jediný chloroplast (u ostatních skupin je to vždy větší počet).



Obr. 8: hlevík - habitus (c=tobolka)

Sporofyt postrádá šět, je (vedle nohy) tvořen pouze protáhlou zelenou (tedy asimilující) tobolkou pukající dvěma podélnými chlopněmi se sterilním sloupkem. Kromě tetrad výtrusů jsou v dozralé tobolce buňky nepravidelného tvaru se ztloustinami – mrštníky (pseudoelateri), usnadňující šíření výtrusů.



Obr. 9: *pseudoelateru hlevíku*

Hlevíky jsou v naší přírodě zastoupeny několika druhy, vyskytují se roztroušeně, jsou však přehlíženy. Typickým stanovištěm k hledání hlevíků je podzimní strniště, kde upoutají drobné sporofyty připomínající rašící trávu.

hlevík polní (*Anthoceros agrestis*) – černé výtrusy

hlevíček hladký (*Phaeoceros carolinianus*) – žlutavé výtrusy

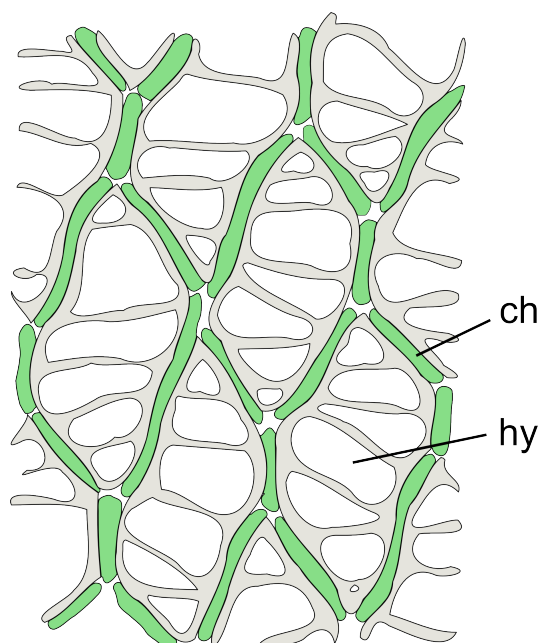
1.3 Kmen: Mechy (Bryophyta)

Nejvíce specializovaná a druhově nejbohatší skupina mechorostů. Prvoklíček dobře vyvinut, většinou vláknitý připomínající porost zelené řasy. Gametofor vždy rozlišen na kauloid, fyloidy a rhizoidy, někdy s primitivními vodivými pletivými. Fyloidy postaveny ve spirále, většinou se středním, vícevrstevným středním žebrem.

Sporofyt bez asimilačních pletiv, v porovnání s játrovkami vytrvalý, často s vodivými pletivými. Tobolka obsahuje střední sloupek (columela), v její stěně bývají průduchy. V mládí je kryta čepičkou (kalyptra), která je haploidní, neboť představuje zbytek mateřského archeogonia. Otevírání tobolky zajišťuje víčko, kolem ústí tobolky vytvořeno zubovité obústí (peristom), někdy schopné řídit hygroskopické otevírání tobolky.

A) Třída: Rašeliníky (Sphagnopsida)

Lupenité protonema, chybí rizoidy a lístky nemají střední žebro. Fyloidy tvořeny dvěma typy buněk: chlorocysty – drobné, zelené živé buňky a hyalocysty – velké odumřelé buňky s kruhovými ztloustinami. Díky hyalocystám jsou schopny vázat vodu v množství odpovídajícím až 15-ti násobek sušiny. Primitivní stavba tobolky na krátkém štětu, bez čepičky.



Obr. 10: Hyalocysty(hy) a chlorocysty(ch) v listku rašelíníku

Díky nepřetržitému růstu vytváří specifické biotopy – rašeliniště, kde dochází k akumulaci uhlíkatého sedimentu rašelina v mocnosti až několika metrů.

Slatiniště je typ rašeliniště vznikající na lokalitě s přísunem pramenité, tj. mineralizované vody. Je tedy minerálně bohatší, méně kyselé, s hojným porostem ostřic (*Carex*), sediment se označuje jako slatina.

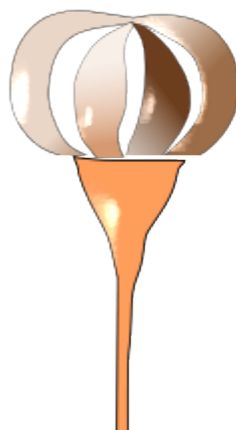
Vrchoviště je zásobeno pouze dešťovou vodou (měkkou, minerálně chudou), výrazně kyselé, dominantní je rašelíník rostoucí nad úrovní hladiny podzemní vody, sediment je pravá rašelina.

Užití sušené rašeliny k topení je na ústupu, dnes spíše zdravotnictví, základ zahradnických substrátů. Tvorba rašeliny je velmi významným procesem v globálním cyklu uhlíku.

rašeliník (*Sphagnum*) – několik desítek obtížně rozlišitelných druhů.

B) Třída: Štěrbovky (Andreaeopsida)

štěrbovka skalní (*Andreaea rupestris*) – tobolka puká čtyřmi chlopněmi, které zůstávají na vrcholku spojené; na skalách v horských oblastech.



Obr. 11: tobolka štěrbovky

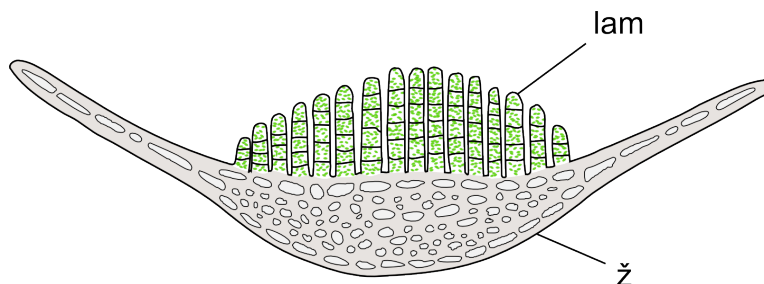
U obou následujících tříd jsou vyvinuté hydroidy, vodivé elementy odpovídající cévám. Vedle velikosti je proti pravým cévám asi hlavní rozdílem absence impregnace jejich buněčných stěn ligninem. Tyto buňky lze nalézt v lodyžce, středním žebro lístků i ve štětu.

C) Třída: Polytrichopsida

Ploníky mají vedle hydroid také leptoidy, unikátní buňky odpovídající sítkovicím. Rovněž nejsou impregnovány ligninem, liší se také mechanismem vzniku perforace příčné buněčné stěny.

Proč je impregnace buněčné stěny ligninem tak důležitá? Hlavní složka buněčné stěny, celulóza, má velkou pevnost v tahu. Pevnost v tlaku, nesporně zásadní pro růst vysokých stonků suchozemských rostlin, má však poměrně malou – právě potřeba zvýšení pevnosti je hlavním důvodem přítomnosti ligninu v buněčných stěnách u cévnatých rostlin.

Na středním žebro jsou vyvinuty asimilační lamely. Koncové buňky lamel jsou významné pro determinaci, z funkčního hlediska představují prostory mezi lamelami zásobárnu CO₂ pro asimilaci.



Obr. 12: příčný řez lístkem ploníku; lam – asimilační lamely; ž – vícevrstevné střední žebro

Kolumela vytváří na vrcholku epifragmu, membránovitou strukturu, která spolu s obústím uzavírá tobolku za vlhkého počasí.

ploník ztenčený (*Polytrichum formosum*) – běžný druh smrkových lesů; podobný druh **p. obecný** rostoucí na rašelinné půdě je naším největším vzpřímeně rostoucím mechem s více než 50cm dlouhými lodyžkami. Čepička je u těchto mechů nápadně roztrpená (viz jméno rodu).

ploník chluponosný (*Polytrichum piliferum*) – na osluněných skalách, na konci lístků bělavý chlup

bezávláka čeřitá (*Atrichum undulatum*) – velmi hojný druh podél cest, na středním žeburu tří lamely, rub lístku s háčky.

D) Třída: Bryopsida

Do této třídy patří většina druhů mechů:

zkrutek vláhojevný (*Funaria hygrometrica*) – nízký mech skal, zdí či spálenišť s hruškovitými tobolkami na zkrouceném štětu.

rourkatec obecný (*Syntrichia ruralis*) – hojný mech krajů cest, za sucha výrazně zkrouceně přitisklé lístky.

dvouhrotec chvostnatý (*Dicranum scoparium*) – sytě zelené souvislé polštáře, lístky jednostranně srpovitě zahnuté.

bělomech sivý (*Leucobryum glaucum*) – kompaktní bochníkovité polštáře zejména podzolovaných smrčín, za sucha bělavý (má hyalocysty).

rohozub nachový (*Ceratodon purpureus*) – drobný mech zdí, krajů cest s nachovým štětem a vzpřímenou, za sucha podélně rýhovanou tobolkou.

prutník stříbřitý (*Bryum argenteum*) – velmi drobné polštáře bělavě stříbřitého mechu na zdech, skalách, na kraji cesty, ve spárách chodníků.

měřík (*Mnium*, *Rhizomnium*, *Plagiomnium*) – mechy s charakteristickými velkými jednovrstevnými lístky, často užívané k mikroskopickým praktikům

travník Schreberův (*Pleurozium schreberi*) – velmi hojný mech lesních světlin tvořící „travníku konkurující“ kobercovité porosty, červenavá lodyžka.

rokyt cypřišovitý (*Hypnum cupressiforme*) – husté koberce na bázi stromů, pařezech, špičky lístků zahnuté zpět, lodyžky vzhledu úhledných copánků.

rokytník skvělý (*Hylocomium splendens*) – hojný mech s třikrát zpeřenou lodyžkou, roční přírůstky v oddělených patrech.

drabík stromkovitý (*Climacium dendroides*) – podrost vlhkých luk a trávníků, lodyžka se větví až v horní části, takže rostlinka je podobná drobnému semenáčku.

pramenička obecná (*Fontinalis antipyretica*) – lístky ve třech řadách, tekoucí i stojaté vody.

Vývojová větev: Cévnaté rostliny (*Tracheophytae*)

Společným znakem zahrnutých skupin je pravé tělo (cormus), tvořené pravými orgány a plně diferencovanými pletivy, které je výrazně přizpůsobeno suchozemskému životu. Toto prostředí podnítilo rozvoj specializovaných pletiv krycích, vodivých a zpevňovacích, která umožnila kolonizaci velmi široké palety stanovišť. Významné změny se dotkly také pohlavního rozmnožování těchto rostlin – lze je charakterizovat postupnou redukcí gametofytu a vznikem semene jako dominantní diaspory.

2 Použitá literatura

Ian D. M. ATHERTON, Sam D. S. BOSANQUET a Mark LLAWLEY, ed. 2010. *Mosses and Liverworts of Britain and Ireland: A Field Guide*. S.l.: British Bryological Society. ISBN 0956131018.

BRAUNE, Wolfram, Alfred LEMAN a Hans TAUBERT. 2008. *Pflanzenanatomisches Praktikum II*. 4. Aufl. 1999. Nachdruck. S.l.: Spektrum Akademischer Verlag. ISBN 3827421101.

DOSTÁL, Petr. 2006. *Evoluce a systém stélkatých organismů a cévnatých výtrusných rostlin*. 2. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta. ISBN 80-7290-267-9.

GOFFINET, Bernard. 2009. *Bryophyte Biology*. 2. S.l.: Cambridge University Press. ISBN 0521872251.

KALINA, Tomáš a Jiří VÁŇA. 2005. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. 1. Praha: Karolinum. ISBN 80-246-1036-1.

PILOUS, Zdeněk. 1960. *Klíč k určování mechorostů ČSR*. 1. Praha: ČSAV. Práce ČSAV. Sekce biologicko lékařská

RAVEN, Peter H., Ray F. EVERT a Susan E. EICHHORN. 2004. *Biology of Plants*. Seventh Edition. S.l.: W. H. Freeman. ISBN 0716710072.

SCHMEIL, Otto. 1908. *Přírodopis rostlinstva pro vyšší ústavy, učitelstvo a přátele přírody*. Praha: Kober. Příroda a její divy, 4

VÁŇA, Jiří. 2006. *Obecná bryologie*. 1. Praha: Karolinum. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-1093-0.

VANDERPOORTEN, Alain a Bernard GOFFINET. 2009. *Introduction to Bryophytes*. 1. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-70073-3.

Poznámky

1. Pro otázky systematické a terminologické vycházím z (Kalina, Váňa, 2005), ovšem se značnou redukcí a zjednodušením, výběr taxonů vychází zejména z místní praxe pracoviště definované v (Dostál, 2006).
2. Přestože sám vnitřně bojuji se sjednocením taxonomických kategorií kmen a oddělení, preferuji jednotu taxonomického systému a v souladu s XV. botanickým kongresem užívám pouze **kmen**. Jeho užití nalezneme třeba v klíči (Pilous, 1960)
3. Tamtéž je rovněž používán termín list s upozorněním že se nejedná o homologický orgán. Jsem přesvědčen že by (i v souladu s anglosaskou literaturou) bylo účelné opustit pojem

lístek.

4. Úvodní odstavce věnované taxonům (\neq Bryophytae) jsou pouze hrubě orientační, předpokládám postupné rozšíření textu na celé stélkaté.
5. Vzhledem k cílové skupině jsem oproti odborné hloubce upřednostnil v poznámkovém aparátu mezipředmětové vztahy.
6. Rozsahem vlastního textu jsem se snažil nevzdálit od osvědčeného skriptu (Dostál, 2006), kde je mechorostům věnován prostor čtyř stran A4.
7. Interpretace fce lamel u Polytrichopsida jako zásobárna CO_2 je převzata z (Vanderpoorten, Goffinet, 2009)