

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program Biologie

Studijní obor Biologie



Lucie Žížalová

Rozšíření a diverzita sladkovodních ruduch

Bakalářská práce

Školitel: doc. RNDr. Jiří Neustupa, Ph.D.

Praha 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 15. srpna 2018

Lucie Žížalová

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na systém a rozšíření sladkovodních červených řas. Je zde poukázáno na příbuznost mezi jednotlivými taxony a taxonomickými skupinami a případně jejich současné a minulé zařazení.

Při svém zpracování této tematiky vycházím z poznatků uvedených v publikovaných vědeckých pracích. Na základě těchto informací jsem sestavila přibližný současný systém sladkovodních ruduch s uvedením jejich rozšíření.

Abstract

This bachelor thesis is focused on systematics and distribution of freshwater red algae. There is a reference to the relationship between taxa and taxonomic groups and, possibly, their current and past classification.

The thesis is based on the findings of published scientific papers. On the basis of this information, I have compiled an approximate current system of freshwater red algae with information about their distribution.

Klíčová slova: Rhodophyta, Florideophyceae, Bangiophyceae, sladkovodní řasy, systém, rozšíření

Key words: Rhodophyta, Florideophyceae, Bangiophyceae, freshwater algae, system, distribution

Obsah

Úvod	6
Rhodophyta	6
Stavba	6
Životní cyklus	7
Rozdělení	8
Florideophyceae	10
Hildenbrandiophycidae	10
Hildenbrandia	10
Rhodymeniophycidae	11
Ceramiales	11
Delesseriaceae	12
Caloglossa	12
Nemaliophycidae	13
Batrachospermales	13
Batrachospermum	13
Petrohua bernabie	14
Sirodotia	14
Thoreales	15
Thoreaceae	15
Balbianiales	15
Balbiana investiens	15
Acrochaetiales	16
Audouinella	16
Bangiophyceae	18
Bangiales	18

Bangia.....	18
Compsopogonophyceae.....	18
Compsopogonales.....	18
Compsopogon.....	19
Boldia erythrosiphon.....	19
Pulvinus veneticus.....	20
Stylonematophyceae.....	20
Stylonematales.....	20
Rhodospora sordida Geitler.....	20
Chroodactylon ornatum.....	20
Závěr.....	21
Literatura.....	22
Zdroje obrázků.....	27

Úvod

Ruduchy nebo také červené řasy jsou fotosyntetizující eukaryotické organismy. Několik druhů je jednobuněčných, ale většina je mnohobuněčná. Asi 90% ruduch jsou mořské organismy a asi jen 150 až 200 druhů je sladkovodních. Většina sladkovodních ruduch je vázána na rychle tekoucí neznečištěné vody, a proto jsou také často brány jako indikátory stavu životního prostředí. Je to ale také důvod, proč valná většina ruduch patří mezi silně ohrožené skupiny řas.

Ruduchy jsou pro člověka značně využitelnou skupinou, protože se z nich získávají látky agar a karagenan, které se užívají v molekulární biologii nebo v potravinářství, a nebo se také ruduchy používají rovnou jako potravina (například v sushi).

Pro sladkovodní prostředí není k dispozici příliš mnoho studií, které by se zabývaly hned několika taxony v širokém zeměpisném měřítku. Proto se v této práci zaměřím na sestavení dnešního pohledu na systém sladkovodních ruduch a z dostupných zdrojů uvedu jejich geografické nálezy.

Rhodophyta

Ruduchy nebo také červené řasy jsou fotosyntetizující eukaryotické organismy. Několik druhů je jednobuněčných, ale většina je mnohobuněčná. Díky fosilním záznamům víme, že jsou staré přes 1 miliardu let a že byly jedním z prvních mnohobuněčných organismů a rozmnožovali se sexuálně (Verbruggen a kol. 2010). Asi 90% ruduch jsou mořské organismy a sladkovodních je asi jen 200 z dosud popsanych druhů (Sheath 1984). V průběhu evoluce červených řas došlo ovšem k přesunu červených mořských řas do sladkovodního prostředí několikrát nezávisle na sobě (Raymond W. Holton a kol. 1998)

Sladkovodní ruduchy se nejčastěji vyskytují v čistých rychle tekoucích vodách, protože je zde relativně menší kompetice ze strany jiných řas a mají tu snadný přívod živin a kyslíku, ale je to také důvod proč je mnoho druhů sladkovodních ruduch ohrožených (Hindák a Hindáková 2001; Siemeňska 2006). Dají se ale také najít ve stojatých vodách jako jsou jezera a rybníky. Vyskytují se téměř po celém světě, ale jejich největší diverzita je v tropických a subtropických oblastech (Sheath 2003).

Stavba

Chloroplast vznikl primární endosymbiózou a tudíž má jen dvě membrány. Thylakoidy nesrůstají v grana a na jejich povrchu jsou fykobilizomy, v nichž jsou fykobiliny. Chloroplast ruduch má jen chlorofyl a (chybí chlorofyl b a c) a další barviva jako β - karoten, lutein a zeaxanthin.

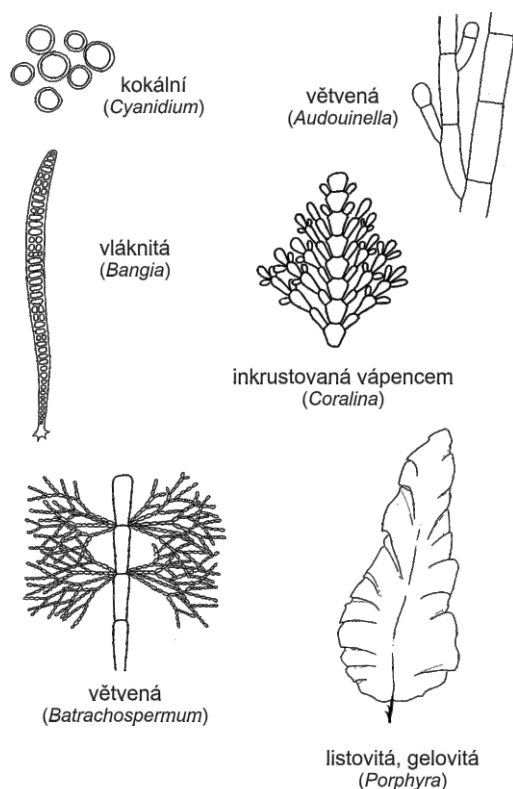
Zásobní látkou je florideový škrob, který se ukládá do cytoplasmy.

Žádné životní stádium nemá bičíky ani centriolu.

Na povrchu buňky je tlustá polysacharidová vrstva, která je ještě dále zpevněna strukturálními polysacharidy. Pro člověka jsou ruduchy významné právě pro tyto polysacharidy, které se využívají v potravinářství nebo také v molekulární biologii a jako laboratorní média. (Hoek a kol. 1995; Kalina a Váňa 2005; Oliveira a Bhattacharya 2000; Yoon a kol. 2006)

Některé ruduchy mají kalcifikovanou buněčnou stěnu.

Mají několik druhů stélek viz obr. 1.



Rhodophyta - typy stélek. © Markéta Krautová

Životní cyklus

Ruduchy mají dvoufázový a trojfázový životní

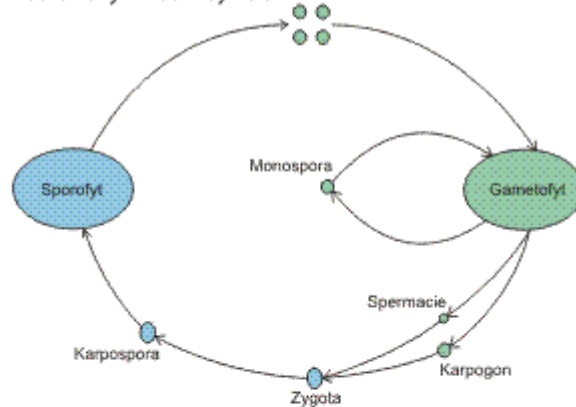
cyklus, při kterém se střídá gametofyt se sporofytem viz obr. 2. Gametofyt i sporofyt se rozmnožují nepohlavně monosporami. Pohlavním rozmnožováním je oogamie, kdy nepohyblivé spermacie vytvářené ve spermatangích oplodní karpogon (vaječnou buňku).

Trojfázový životní cyklus vznikl v evoluci někdy po oddělení třídy Florideophyceae, pro kterou je charakteristický (Yang a kol. 2016).

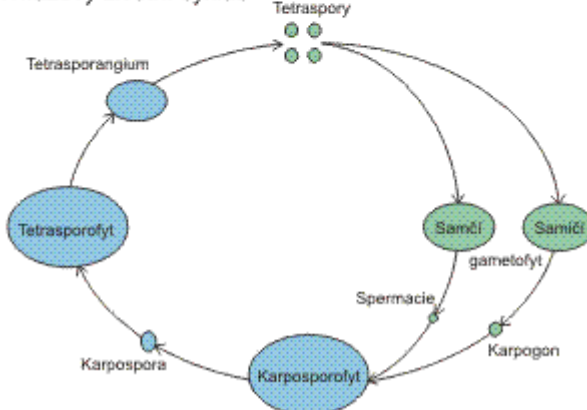
Obr. 1 Typy stélek ruduch.

Převzato z www.sinecearasy.cz

Dvoufázový životní cyklus Tetraspory



Třífázový životní cyklus



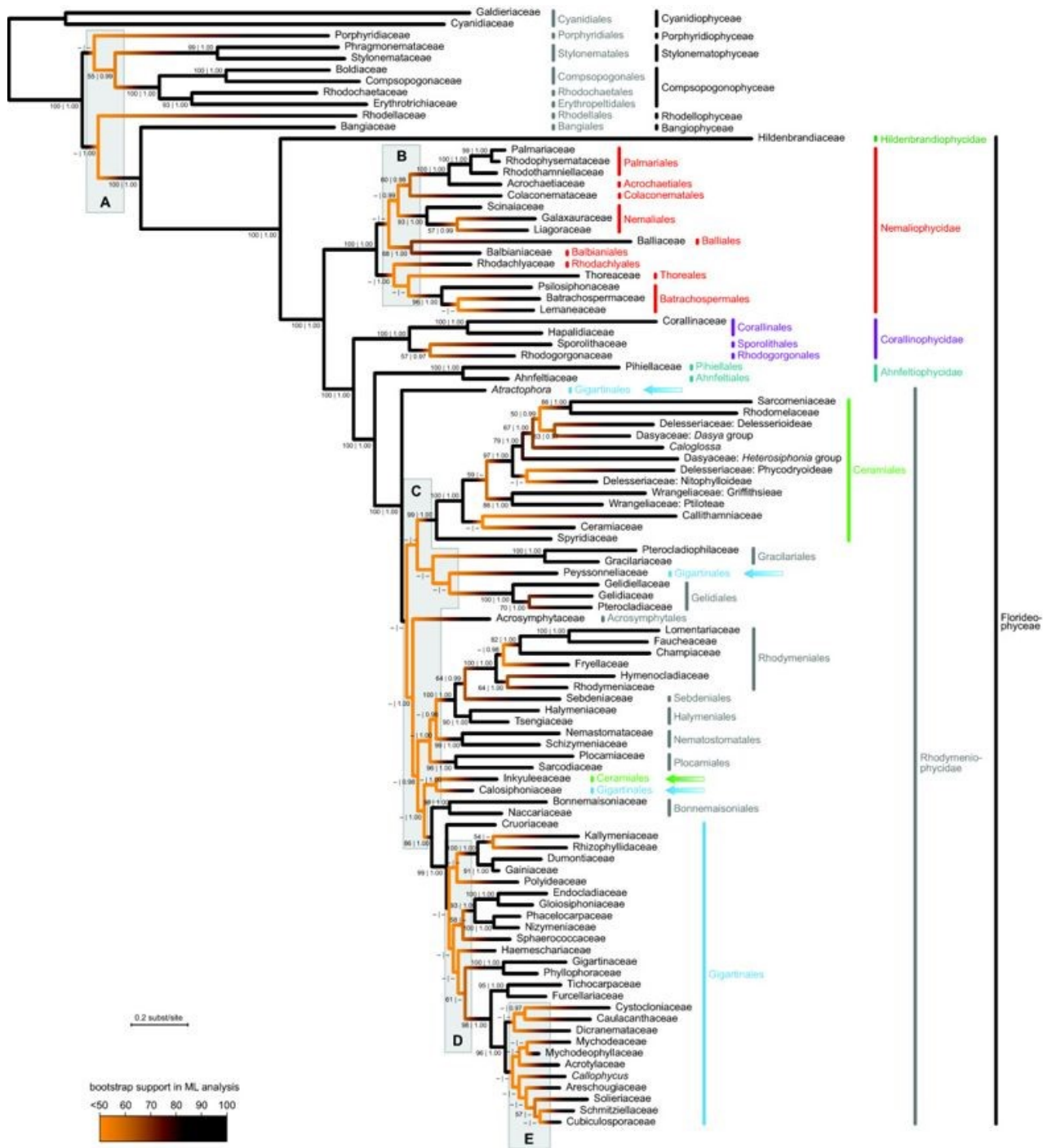
Obr. 2 Životní cyklus ruduch. Zeleně je znázorněna haploidní a modře diploidní část životního cyklu. Převzato z www.sinecearasy.cz

Rozdělení

Ruduchy se rozdělují na několik tříd a to na Florideophyceae, Bangiophyceae, Rhodellophyceae, Compsopogonophyceae, Stylonematophyceae, Porphyridiophyceae a Cyanidiophyceae (Verbruggen a kol. 2010; Yang a kol. 2016) viz obr. 3.

Zabývat se budu třídami Florideophyceae, Bangiophyceae, Compsopogonophyceae a Stylonematophyceae, v nichž jsou sladkovodní zástupci.

V dnešní době se stále více rozvíjí molekulární metody zkoumání příbuznosti mezi jednotlivými taxony. Zjišťují se nové příbuzenské vazby a přezkoumávají se staré. Některé rody byly už několikrát přesunuty na jiná místa ve fylogenetickém stromě a stále není úplně jisté jejich postavení.



Obr. 3 Současný fylogenetický strom ruduch.
Převzato z Verbruggen a kol. 2010

Florideophyceae

Třída Florideophyceae má největší taxonomickou diverzitu z červených řas. Třída se dále dělí na pět podtříd: Ahnfeltiophycidae, Corallinophycidae, Hildenbrandiophycidae, Nemaliophycidae a Rhodymeniophycidae (Yang a kol. 2016). Všechny skupiny mají mořské zástupce, ale jen Hildenbrandiophycidae, Rhodymeniophycidae a Nemaliophycidae mají sladkovodní zástupce.

Do podtřídy Hildenbrandiophycidae patří řád Hildenbrandiales a čeleď *Hildenbrandiaceae*.

Čeleď *Hildenbrandiaceae* má pouze dva rody *Hildenbrandia* a *Apophlaea*, z nichž jen zástupci rodu *Hildenbrandia* jsou sladkovodní (Sherwood and Sheath 2000).

Podtřída Nemaliophycidae už zahrnuje více řádů: Palmariales, Acrochaetiales, Balbianiales, Balliales, Nemaliales, Rhodachlyales, Thoreales, Batrachospermales, Colaconematales a Entwisleiales (Lam a kol. 2016).

A podtřída Rhodymeniophycidae má mnoho řádů, z nichž Ceramiales zahrnuje většinu diverzity ruduch a patří pod něj i čeleď *Delesseriaceae*, v níž je sladkovodní zástupce rodu *Caloglossa*. (Yang a kol. 2016)

Hildenbrandiophycidae

Hildenbrandia

Hildenbrandia patří společně s rodem *Apophlaea* do čeledi *Hildenbrandiaceae*, do řádu Hildenbrandiales, který patří do podtřídy Hildenbrandiophycidae. Rod *Apophlaea* je mořský rod vyskytující se na pobřeží Nového Zélandu (Sherwood a kol. 2003).

Nejnámější sladkovodní zástupce v Evropě je *Hildenbrandia rivularis* (obr. 4). Další běžným zástupcem je *Hildenbrandia angolensis*, která je velmi běžná v Severní Americe, ale poprvé byla popsána v Španělsku (Ros a kol. 1997). Sherwood a kol. (2000) ve svých studiích prováděných na vzorcích z Evropy zjistili, že sladkovodní druhy rodu *Hildenbrandia* mají v průměru větší buňky než druhy mořské, a že se nepohlavně rozmnožují pomocí gem na rozdíl od mořských, které se rozmnožují tetrasporami. Také jejich studie dokázala pomocí analýz *rbcl* a 18S rRNA, že sladkovodní druhy

H. rivularis a *H. angolensis* jsou monofyletickou skupinou. V mořských druzích už tak jasné vztahy nenašli.

Sherwood a kol. o tři roky později (2003) navázali s větší studií. Nasbírali více vzorků z více lokalit a po analýzách *rbcl* a 18S rRNA rozdělili sladkovodní *Hildenbrandia* na dvě skupiny. První skupina

odpovídala druhu *Hildenbrandia angolensis* a byla nasbíraná v Severní Americe a na Filipínách. Druhá skupina odpovídala druhu *Hildenbrandia rivularis*, vzorky pocházely z Evropy a Kanárských ostrovů a měly v průměru větší velikost buněk i filament.

Hildenbrandia rivularis je právě jeden z druhů sladkovodních červených řas, který je známým indikátorem stavu životního prostředí, protože je náročný na kvalitu vody.



Obr. 4 *Hildenbrandia rivularis*
Převzato z <http://www.algaebase.org>
Rio Seracino, Cascine di Buti, Pisa,
Italy. 31 Dec 2004. Fabio Rindi.

Rhodymeniophycidae

Rhodymeniophycidae je monofyletická skupina zahrnující Acrosymphytales, Bonnemaisoniales, Ceramiales, Gelidiales, Gigartinales, Gracilariales, Halymeniales, Nemastomatales, Peyssonneliales, Plocamiales, Rhodymeniales a Sebdeniales. Příbuzenské vztahy mezi jednotlivými řády nejsou vždy zcela jasné a potřebují další zkoumání, jak podotýká Yang a kol. (2016).

Ceramiales

Řád Ceramiales je největším řádem v celé třídě Florideophyceae, jedná se pravděpodobně o monofyletický řád, který se sesterským taxonem řádu Acrosymphytales (Yang a kol. 2016). Ve své studii Yang a kol. (2016) sice zmiňují, že řád je monofyletický, ale později sami říkají, že to není jisté a bude potřeba dalšího výzkumu, aby se to potvrdilo či vyvrátilo. Řád Ceramiales má velké množství rodin a ještě větší množství rodů, ale zde se budu zabývat jen čeledí *Delesseriaceae*, ve které je sladkovodní zástupce rodu *Caloglossa*.

Delesseriaceae

Na základě osekvenování velké podjednotky rDNA a *rbcL* analýzy rozdělili Lin a kol. (2001) čeleď *Delesseriaceae* na tři podčeledi: *Delesserioideae*, *Nitophylloideae* a *Phycodryoideae*. Podčeleď *Delesserioideae* dále dělí na skupiny *Sarcomenieae*, *Caloglosseae*, *Hemineureae*, *Delesserieae*, *Apoglosseae*, *Hypoglosseae* a *Grinnellieae*, podčeleď *Nitophylloideae* dělí na skupiny *Nitophylleae* a *Martensieae* a poslední podčeleď *Phycodryoideae* rozdělují na skupiny *Phycodryeae*, *Cryptopleureae*, *Myriogrammeae* a *Schizoserideae*.

Caloglossa

Druhů rodu *Caloglossa* je popsáných 19 (Guiry & Guiry 2018) a většina druhů se vyskytuje na pobřeží v tropických a mírných oblastech a v brakických vodách mangrovových porostů spolu s řasou *Bostrychia* (Post 1936). A některé druhy se také vyskytují ve sladkovodních habitatech (Guiry & Guiry 2018).

Caloglossa beccarii (obr. 5) byla poprvé popsána v potoce v Malajsii (Zanardini 1872; Beccari 1904), poté se objevily zprávy o jejím výskytu také v Indonésii, v Thajsku a v brakických vodách například v Mexiku (Post 1965), Austrálii (King & Puttock 1994) a nebo ve Vietnamu (Kamiya a kol. 2003). Žije epiliticky na kamenech nebo epifyticky na kmenech mangrovníků v oblastech, kde je zakalená voda a jen mírný proud (King and Puttock 1994, Kamiya et al., 2003)

Caloglossa stipitata byla nejdříve popsána v Indonésii (Post 1936) a dále v mnoha jiných oblastech v brakických vodách. Její výskyt se však omezuje na tropické a subtropické oblasti. Morfologicky se často odlišuje od *Caloglossa beccarii* užšími a více eliptickými listy (Kamiya a kol. 2003).

Druh *Caloglossa fluviatilis* byl dříve určován jako *Caloglossa beccarii*, ale v roce 2012 ho Krayesky a kol. popsali jako samostatný sladkovodní druh.

Caloglossy se od sebe rozeznávají morfologicky na základě větvení (endogenní či adventní), tvaru listů a pozicí rhizoidů (King and Puttock 1994).



Obr. 5 *Caloglossa beccarii*

Převzato z

www.aquaforum.ua

Nemaliophycidae

V podtřídě Nemaliophycidae jsou tři řády, jejichž zástupci jsou pouze sladkovodní a tvoří tedy největší diverzitu sladkovodních ruduch (Balbianiales, Batrachospermales a Thorealess) a také šest řádů, které mají jen mořské zástupce (Balliales, Colaconematales, Entwisleiales, Nemaliales, Palmariales a Rhodachlyales) a jeden řád (Acrochaetiales), který má převážně mořské zástupce a jeden rod sladkovodní, *Audouinella* (Kumano 2002).

Batrachospermales

Řád Batrachospermales tvoří monofyletickou skupinu a Morgan L. Vis a kol. (1998) ho dělí ještě na další tři čeledi: *Batrachospermaceae*, *Lemaneaceae* a *Psilosiphonaceae*. Do čeledi *Batrachospermaceae* pak patří zástupci mnoha rodů jako například *Batrachospermum*, *Nothocladus*, *Tuomeya* nebo *Sirodotia*. V čeledi *Lemaneaceae* jsou pak rody *Lemanea* a *Paralemanea*. A poslední čeleď *Psilosiphonaceae* vznikla kvůli vymezení druhu *Psilosiphon*, který je svou ultrastrukturou a morfologií vzdálený od ostatních rodů v čeledi *Lemaneaceae*, kam dříve patřil (Sheath a kol. 1996b).

Pro čeleď *Lemaneaceae* je charakteristická uniaxiální chrupavčitá a pseudoparenchymální gametofytická stélka s vnitřním karposporofytem (Vis & Sheath 1992).

Dříve do Batrachospermales patřila také skupina *Thoreaceae*, ale na základě analyzovaných dat z *rbcl* (ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase large subunit) a SSU analýzy (18S rRNA, eukaryotická ribozomální RNA vyskytující se v malé podjednotce ribozomu) se už dále neřadí mezi Batrachospermales, ale je přiřazena jako incertae sedis v Florideophycidae (Morgan L. Vis a kol. 1998).

Dříve také do *Batrachospermales* patřila *Rhododraparnaldia oregonica*, která má sice morfologii a ultrastrukturu karposporofytu, fázi chantrasia a některé aspekty mitózy podobné jako *Batrachospermales*, ale na druhou stranu má společné znaky s některými zástupci z Acrochaetiales jako vegetativní morfologii, přítomnost spermatangiální stopky a tvar karpogonia. Na základě studií nemůže být umístěna ani do jedné z těchto skupin a je umístěna na větví v Acrochaetiales-Palmariales s tím, že má blíže k Acrochaetiales (Morgan L. Vis a kol 1998).

Batrachospermum

Batrachospermum (obr. 6) je druhově nejpočetnější sladkovodní rod s kosmopolitním rozšířením. Morfologicky zahrnuje velmi podobné druhy, které jsou si ale vzdálené příbuzensky a

tak je určování toho rodu do druhů obvykle relativně obtížné (Kumano 2002). Je to makroskopický rod a většinou se vyskytuje epiliticky v čistých potocích i když některé druhy snáší i znečištěnou vodu (Morgan L Vis a kol 2008). Má přeslenitou stélku podobně jako *Lemanea* jen *Batrachospermum* ji má obalenou slizovou vrstvou zatímco *Lemanea* ne (Morgan L. Vis a kol 1998).



Obr. 6 *Batrachospermum* sp.
pod mikroskopem
Převzato z www.liveinternet.ru

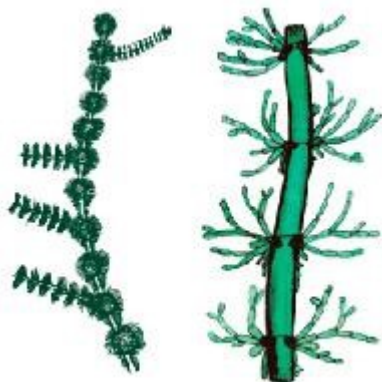
Petrohua bernabie

Nový druh popsán v roce 2007 a umístěný na okrajovou část fylogenetického stromu Batrachospermales (Morgan L. Vis a kol. 2007). Vyskytuje se ve vodopádech a rychle tekoucích vodách stejně jako *Psilosiphon*, *Lemanea* nebo *Paralemanea* (Morgan L. Vis a kol. 2007). Materiál pro výzkum byl nasbírán v Chile (Morgan L. Vis a kol. 2007).

Sirodotia

Sirodotia suecica (obr. 7) se vyskytuje v čistých neznečištěných mělkých a rychle tekoucích vodách mírného klimatu s neutrálním až alkalickým pH, jinak je celosvětově rozšířená. Podobný výskyt mají i řasy *Paralemanea mexicana* a *Batrachospermum gelatinosum*. Často bývá kolonizována skupinkami bezobratlých Simuliidae (muchničkovití) a Chironomidae (pakomárovití) (Javier Carmona a kol. 2009).

Sirodotia huillensis se nejčastěji vyskytuje v horských potocích s nízkou teplotou vody. Rod *Sirodotia* je podobný rodu *Batrachospermum* svojí vegetativní morfologií, ale liší se asymetrickými karpogonii s prodlouženými kuželovitými nebo klubkovitými trichogyni a neurčitými karposporofytními vlákny přesahujícími axiální kortikální vlákna (Carmona a kol. 2006).



Obr. 7 *Sirodotia suecica*

Převzato z <http://minpriroda-rb.ru>

Thoreales

Thoreaceae

Thoreaceae dříve patřili do *Batrachospermales*, ale podle výsledků z analýz *rbcL* a *SSU* byla tato skupina vyřazena a byla umístěna jako *incertae sedis* ve *Florideophycidae* (Morgan L. Vis a kol. 1998). Yang a kol. (2016) pak tuto rodinu řadí do řádu *Thoreales* v podtřídě *Nemaliophycidae*. Od zástupců *Batrachospermales* se odlišuje také tím, že má multiaxiální stélky (Starmach 1977; Sheath a kol. 1993). Zástupci skupiny *Thoreaceae* jsou rozšířeni po celém světě, ale nejčastěji se vyskytují v tropických a subtropických oblastech nebo také v teplých mírných oblastech zejména v jihovýchodní a východní Asii. Například *Thorea hispida* dominuje v tropických a subtropických deštných pralesech (Carmona a Necchi 2001). Dalšími zástupci jsou například *Thorea clavata*, *Thorea zollingeri*, *Thorea conturba* nebo *Nemalionopsis shawii*.

Balbianaiales

Balbiana investiens

Balbiana (obr. 8) je druh, který žije výhradě jako epifyt na gametofytech několika jiných druhů ruduch jako je *Batrachospermum* (Sheath a Müller 1999). Má specializované buňky stélky, které produkují spermatangiální i nespermatangiální buňky (obsahující škrob) zároveň, což umí jen jedna další červená řasa a to *Rhododraparnaldia oregonica*, která je epilit známý ze dvou potoků v Oregonu v U.S.A (Sheath a kol. 1994). Další podobností s druhem *Rhododraparnaldia oregonica* je velké množství vakuol v buňkách stopky.

Acrochaetiales a *Batrachospermales* tvoří spermatangia na vrcholcích nediferencovaných buněk, naproti tom *Balbiana* a *Rhododraparnaldia* je tvoří na vrcholcích mírně diferencovaných stonkových buněk (Sheath a Müller 1999). Morfologické a utrastrukturální a molekulární údaje ukazují, že *Balbiana* a *Rhododraparnaldia* mají několik společných rysů, a proto jsou spolu

umístěny na značně oddělené větvi od ostatních taxonů červených řas (Sheath a kol. 1999). Sheath a kol. (1999) zkoumali genetickou variabilitu druhů *Balbiania investiens* a *Batrachospermum gelatinosum* u velmi vzdálených populací, *Balbiania* v Německu a Anglii a *Batrachospermum* na Newfoundlandu a na pevnině Severní Ameriky. Nedostatek genetické variability v obou druzích vedl k závěru, že za distribuci populací mohou být zodpovědné vektorem podporované přenosy.



Obr. 8 *Balbiania investiens*
Převzato z www.algaebase.org

Acrochaetiales

Řád Acrochaetiales má většinu zástupců z řad mořských řas, jen pár druhů z rodu *Audouinella* obývá sladkovodní habitaty (Kumano 2002). Sesterskou skupinou tomuto řádu jsou Palmariales (D. W. Lam a kol. 2016)

Audouinella

Audouinella je mnohobuněčná řasa s drobnou vláknitou stélkou zřídka větší než 5 mm. Má sporangia v malých klastrech, přisedlá karposporangia, kde chybí zřetelné karpogonické vlákno, a kulovité karposporofyty s terminálními sporangii. Tetrasporangia jsou samostatně nebo v klastrech a monosporangia jsou u mnoha druhů jedinou známou formou šíření, ale jsou také produkovaná gametofyty a tetrasporofyty pohlavně se rozmnožujících druhů (Guiry & Guiry 2018).

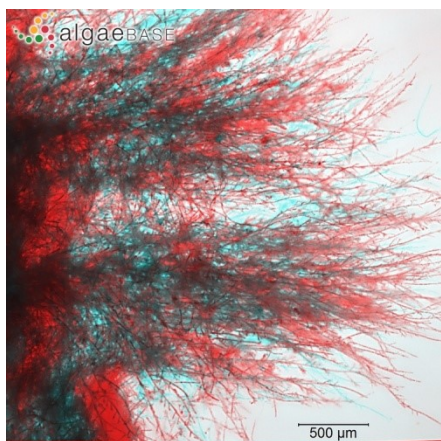
Rod *Audouinella* je rozšířený ve sladkovodních habitatech, kde je popsáno asi dvacet druhů sladkovodních *Audouinella* a vyskytuje se epiliticky, epi-/endofyticky nebo epi-/endozoicky v potocích nebo řekách od vyšších zeměpisných šířek po rovníkové oblasti všech kontinentů (Necchi a kol. 1993a,b). Druhů rodu *Audouinella* je hodně mořských i sladkovodních, ale většina druhů není pořádně popsána.

Necchi a kol. (1993a, b) ve svých studiích v Severní Americe rozdělili sladkovodní druhy *Audouinelly* na dvě skupiny, načervenalé a namodralé. Načervenalé jsou *Audouinella eugenea*, *Audouinella hermannii* (obr. 9 a 10) nebo *Audouinella tenella* a namodralé jsou *Audouinella macrospora* a *Audouinella pygmaea*. *Audouinella hermannii*, *Audouinella macrospora* a *Audouinella pygmaea* jsou makroskopické. Dalším druhem je *Audouinella meiospora*, která je mikroskopická načervenalá a žije epifyticky na jiných červených makroskopických řasách například na *Audouinella macrospora*, *Compsopogon leptoclados* nebo *Nothocladus lindaueri* (Necchi a kol. 1995).

Audouinella meiospora a *Audouinella tenella* byly poprvé nalezeny v Brazílii. *Audouinella macrospora* a *Audouinella pygmaea* jsou nejrozšířenějšími druhy *Audouinelly* v tropických a subtropických oblastech. *Audouinella meiospora* byla nalezena na dvou místech v tropickém deštivém pralese, zatímco *Audouinella hermannii* a *Audouinella tenella* byly nalezeny pouze na jednom místě v Brazílii (Necchi a kol. 1995).

Zprávy o výskytu *Audouinelly* jsou jak z Jižní tak ze Severní Ameriky a také z Evropy. Hojně se vyskytuje v tropických a subtropických oblastech, ale obývá také mírné a boreální oblasti jako *Audouinella hermannii*. (Necchi a kol. 1995)

Sladkovodní *Audouinelly* někdy vypadají jako stadia "Chantrasia" některých zástupců Batrachospermales a tak byly dříve špatně pojmenovány a řazeny do špatných taxonů.



Obr. 9 *Audouinella hermannii* pod mikroskopem
Převzato z <http://www.algaebase.org>

Obr. 10 *Audouinella hermannii*
Převzato z microscopesandmonsters.wordpress.com

Bangiophyceae

Bangiales

Bangia

Bangia (obr. 11) tvoří nerozvětvená vlákna (0,2 – 35 cm) ze čtvercových až obdélníkových buněk obalených želatinovou matrix. K podkladu je přichycena hustou sítí rhizoidů. Vegetativní buňky obsahují velký, axiální chloroplast s prominentním pyrenoidem (Guiry & Guiry 2018). Zástupci rodu *Bangia* jsou převážně mořští a jen vzácně sladkovodní a vyskytují se i v brakických vodách. Sladkovodní populace jsou shrnuty pod jedním druhem *Bangia atropurpurea*, který je ve fylogenetickém stromě na samostatné větvi (Müller a kol. 2003). Do rodu *Bangia* byly sladkovodní populace zařazeny v roce 1824 (Agardh 1824), i když byly popsány už dříve ale jako druh *Conferva atropurpurea* (Roth 1806). Výskyt *Baniga atropurpurea* je zdokumentován z Velkých jezer Severní Ameriky a z Evropy (Müller a kol. 2003). Obvykle roste přichycená na kamenech nebo na kusech dřeva na stinných březích jezer (Guiry & Guiry 2018).



Obr. 11 *Bangia*

Převzato z

<http://cfb.unh.edu/phycokey/phycokey.htm>

Compsopogonophyceae

Compsopogonales

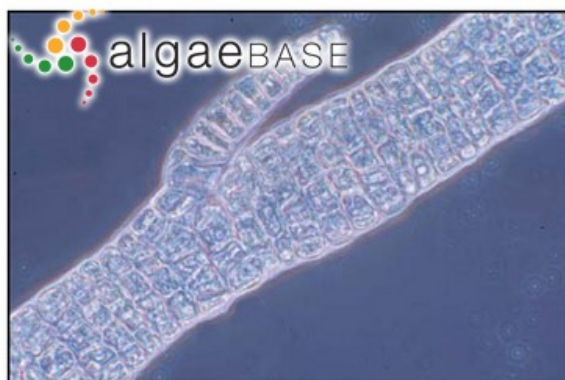
Do řádu Compsopogonales patří rody *Compsopogon*, *Compsopogonopsis*, *Boldia* a v roce 2007 se přidal ještě nově popsáný rod *Pulvinus* (West a kol. 2007). Rody *Compsopogon* a *Compsopogonopsis* jsou velmi rozšířeny v tropickém pásu a částečně i v mírném pásu ve

sladkovodních habitatech a brakických vodách po celém světě (Taylor 1960; Kumano 2002; Sherwood 2006; Necchi a kol. 2013).

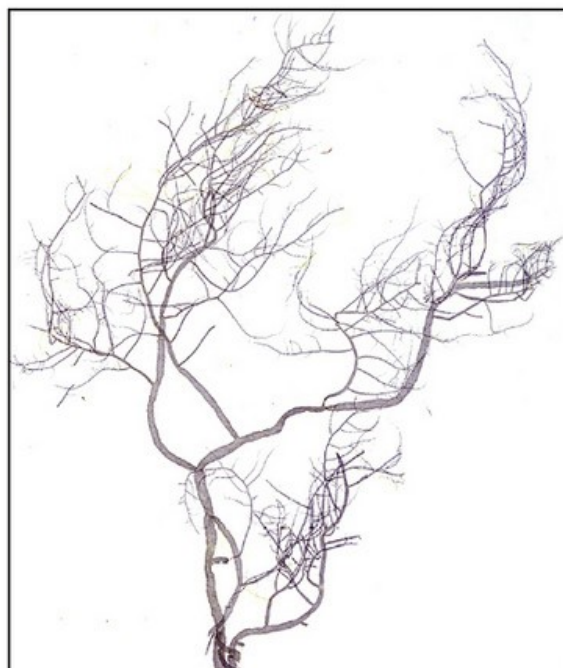
Compsopogon

Compsopogon (obr. 12 a 13) je sladkovodní červená řasa s rozšířením po celém světě nejvíce v tropickém pásu. Je tak moc rozšířený asi proto, že dokáže tolerovat různé rychlosti proudění vody a že se rozmnožuje nepohlavně sporií. A to je nejspíš také důvodem, proč má tento rod i z globálního hlediska malou genetickou variabilitu (Necchi a kol. 2013).

Compsopogon caeruleus je na Fidži dokonce využíván jako potravina (South a Skelton 2002). U této řasy jsem našla změnu písmene v názvu v průběhu několika let. Když už se mění název druhů, je to z nějakého důvodu a jsou pro to podklady, ale u této řasy jsem nic takového nenašla. South a Skelton (2002) ji nazývají *Compsopogon caeruleus*, ale později se už objevuje pod jménem *Compsopogon caeruleus* (Necchi a kol. 2013; Guiry & Guiry 2018).



Obr. 12 a 13 *Compsopogon caeruleus*
Převzato z www.algaebase.org



Boldia erythrosiphon

Boldia erythrosiphon je makroskopická červená řasa popsaná Herndonem v roce 1964. Na své bazální části má disk, kterým se přichytává k substrátu, což jsou nejčastěji kameny nebo také ulity šneků (Nichols 1964). Druh představuje monotypický rod uvnitř monotypických *Boldiaceae*. Dříve byl popsán i druhý druh *Boldia angustata* (Deason a Nichols 1970), ale později Howard a Parker (1980) přišli na to, že je to jen jiná morfologická forma druhu *Boldia erythrosiphon*. Podle analýz 18S rRNA je *Boldia* sesterským rodem rodů *Erythrotrichia* a *Erythrocladia* (Holton a

kol. 1998)

Boldia se vyskytuje převážně na jihovýchodě Spojených Států Amerických (Howard a Parker 1980), ale byla nalezena i dost severněji v Quebecu (Sheath a kol. 1989).

Pulvinus veneticus

Druh *Pulvinus veneticus* byl popsán a zařazen do Compsopogonales v roce 2007 (West a kol. 2007). Vzorke pro výzkum byly nasbírány na ostrovním státě Vanuatu v Oceánii. Jedná se o euryhalinní druh žijící epifyticky na jiných rostlinách, například na řase *Caloglossa vieillardii* (West a kol 2007).

Stylonematophyceae

Stylonematales

***Rhodospora sordida* Geitler**

Rhodospora sordida Geitler byla popsána už v roce 1927 (Geitler 1927) v Evropě a je známá i v USA. Vyskytuje se na vlhkých skalách a je považována za velmi vzácnou, ale Johansen a kol. (2005) jsou toho názoru, že byla v minulosti špatně identifikována za jiné druhy a obecně podotýkají, že je často opomíjena ve vědeckých pracích a domnívají se, že by její rozšíření mohlo být větší, než jak je dosud známo. Zatím je známá jen v Evropě v Alpách a v USA pak v Arkansasu, Tennessee a v Ohio (Johansen a kol. 2005).

Chroodactylon ornatum

Chloroplasty *Chroodactylonu* (obr. 14) mají hvězdicovitý tvar a světle zelenomodrou barvu a mají centrální pyrenoid. Stélka je pseudofilamentní. Rozmnožování je převážně asexuální, dělením buněk (Wołowski a kol. 2007).

Tento druh se vyskytuje v litorálu stojatých vod a jen zřídka v řekách. Byl nalezen i epifyticky na řase *Cladophora glomerata* (Wołowski a kol. 2007). Je rozšířený po celém světě díky svému širokému ekologickému rozpětí. Vyskytuje se totiž nejen ve sladké vodě, ale dobře snáší také brakické a salinní vody, jsou o něm záznamy ze Severní Ameriky, Asie a z mnoha zemí v Evropě například z Polska a Slovenska (Wołowski a kol. 2007).



Obr. 14 Chroodactylon ornatum
Převzato z www.algaebase.org

Závěr

Z některých poznatků vyplývá, že se ruduchy mohou rozšiřovat i pomocí ptáků, protože i velmi od sebe vzdálené populace si mohou být velmi blízké geneticky. Vektorem tedy mohou být ptáci, kteří hnízdí a přezimují v jiných lokalitách a tak mohou populace řas rozšířit i do velkých vzdáleností.

Díky molekulárním metodám výzkumu se více odhalují příbuzenské vztahy mezi jednotlivými rody i druhy a ukazuje se, že morfologické odlišnosti některých druhů mohou být způsobeny pouze adaptací na rozdílné podmínky a i tak se může jednat o jeden jediný druh, dříve mylně identifikován. Občas byla také mylně pojmenována jednotlivá životní stádia od jednoho druhu jako více druhů.

Ač na téma červených řas bylo napsáno už mnoho vědeckých prací, stále je to méně probádaná oblast výzkumu. Například existuje málo vědeckých, které by se zaměřily na více taxonů v širokém zeměpisném měřítku. Je hodně prací ze Severní a Jižní Ameriky a také z Evropy a poslední dobou se více objevují i práce z Oceánie, ale není moc výzkumů pro oblast Afriky, Austrálie či Asie.

Literatura

Agardh, C. A. 1824. *Systema Algarum*. Berlingianis, Lund, Sweden. 312 pp.

Beccari, O. 1904. *Wandering in the great forests of Borneo*. Archibald Constable & Co. Ltd., London. 424 pp.

Carmona, J. and Necchi, O. Jr. 2001. Systematics and distribution of *Thorea* (Thoreaceae, Rhodophyta) from central Mexico and south-eastern Brazil. *Phycological Research* 49: 231-239.

Carmona, J., Montejano, G. and Necchi, O. Jr. 2006. Ecology and morphological characterization of gametophyte and 'Chantrasia' stages of *Sirodotia huillensii* (Batrachospermales, Rhodophyta) from a stream in central Mexico. *Phycological Research* 54: 108-115

Carmona, J., Bojorge-García, M., Beltrán, Y. and Ramírez-Rodríguez R. 2009. Phenology of *Sirodotia suecica* (Batrachospermales, Rhodophyta) in a high-altitude stream in central Mexico. *Phycological Research* 57: 118-126.

Deason, T. R. & Nichols, H. W. 1970. A new bangiophycidea alga from Alabama. *J. Phycol.* 6:39-43.

Geitler, L. 1927. *Rhodospira sordida*, nov. gen. et n. sp., eine neue "Bangiacee" des Süßwassers. *Öst. Bot. Zeit.* 76: 25-8.

Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2018. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 15 August 2018.

Herndon, W. 1964. *Boldia*: a new rhodophycean genus. *Am. J. Bot.* 51: 575-81.

Hoek, C. Van Den, Mann, D. G. and Jahns, H. M. 1995. *Algae - An Introduction to phycology*. – Cambridge University press, Cambridge, 627 pp.

Holton, R. W., Boele-Bos, S. A. and Stam, W. T. 1998 Phylogenetic relationships of the freshwater alga *Boldia erythrosiphon* (Compsopogonales, Rhodophyta) based on 18S rRNA gene sequences. *J. Phycol.* 34, 555-557.

- Howard, R. V. & Parker, B. C. 1980. Revision of *Boldia erythrosiphon* Herndon (Rhodophyta, Bangiales). *Amer. J. Bot.* 67:413-22.
- Johansen, J. R., Fučíková, K., Fitzpatrick, M. H. and Lowe, R. L. 2005. The red alga genus *Rhodospora* (Bangiophyceae, Rhodophyta): first report from North America. *J. Phycol.* 41, 1281-1283.
- Kalina, T. & Váňa, J. 2005. Sinice, řasy, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. – Karolinum, Praha, 606 pp.
- Kamiya, M., Zuccarello, G. C. & West, J. A. 2003. Evolutionary relationships of the genus *Caloglossa* (Delesseriaceae, Rhodophyta) inferred from large-subunit ribosomal RNA gene sequences, morphological evidence and reproductive compatibility, with description of a new species from Guatemala. *Phycologia* volume 42 (5), 478-497.
- King, R. J. & Puttock, C. F. 1994. Morphology and taxonomy of *Caloglossa* (Delesseriaceae, Rhodophyta). *Australian Systematic Botany* 7: 89-124.
- Krayesky, D., Norris, J., West, J. A., Kamiya, M., Viguerie, M., Wysor, B. & Fredericq, S. 2012. Two new species of *Caloglossa* (Delesseriaceae, Rhodophyta) from the Americas, *C. congusa* and *C. fluviatilis* spp. nov. *Phycologia* 51: 513-530.
- Kumano, S., 2002. Freshwater Red Algae of the World. Biopress Ltd. Bristol.
- Lam, D. W., Verbruggen, H., Saunders, G. W., Vis, M. L. 2016. Multigene phylogeny of the red algal subclass Nemaliophycidae. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 94: 730-736.
- Lin, Showe-Mei, Fredericq, S. and Hommersand, M. H. 2001. Systematics of the Delesseriaceae (Ceramiales, Rhodophyta) based on large subunit rDNA and *rbcl* sequences, including the Phycodryoideae, subfam. nov. *J. Phycol.* 37, 881-889.
- Müller, K M., Cole, K. M. and Sheath, R. G. 2003. Systematics of *Bangia* (Bangiales, Rhodophyta) in North America. II. Biogeographical trends in karyology: chromosome numbers and linkage with gene sequence phylogenetic trees. *Phycologia* volume 42 (3), 209-219

- Necchi, O. Jr, Sheath, R. G. & Cole, K. M. 1993a Systematics of freshwater *Audouinella* (Acrochaetiaceae, Rhodophyta) in North America. 1. The reddish species. *Arch. Hydrobiol., Algal. Stud. Suppl.* 70: 11-28.
- Necchi, O. Jr, Sheath, R. G. & Cole, K. M. 1993b Systematics of freshwater *Audouinella* (Acrochaetiaceae, Rhodophyta) in North America. 2. The bluish species. *Arch. Hydrobiol., Algal. Stud. Suppl.* 71: 13-21.
- Necchi Jr, Orlando and Zucchi, Marcelo R. 1995. 'Systematics and distribution of freshwater *Audouinella* (Acrochaetiaceae, Rhodophyta) in Brazil', *European Journal of Phycology*, 30: 3, 209-218.
- Necchi Orlando Jr., Auro Silva Garcia Fo, Eric D. Salomaki, John A. West, Marina Aboal & Morgan L. Vis 2013. Global sampling revers low genetic diversity within *Compsopogon* (Compsopogonales, Rhodophyta). *European Journal of Phycology*, 48: 2, 152-162
- Nichols, H. W. 1964. Developmental morphology and cytology of *Boldia erythrosiphon*. *Amer. Jour. Bot.* 51(6): 653-659.
- Oliveira, M. C. and Bhattacharya, D. 2000. Phylogeny of the Bangiophycidae (Rhodophyta) and the secondary endosymbiotic origin of algal plastids. *American Journal of Botany* 87: 482 - 492.
- Post E. 1936. Systematische und pflanzengeographische Notizen zur *Bostrychia-Caloglossa*-Assoziation. *Revue algologique* 9: 1-84.
- Post E. 1965. *Caloglossa beccarii* im Golf von Mexico. *Hydrobiologia* 26: 184-188
- Ros, M. D., Jiménez, E. L. & Aboal, M. 1997. Primera cita de *Hildenbrandia angolensis* Welwitsch ex W. West & G. S. West (Hildenbrandiales, Rhodophyceae), para la flora algal epicontinental Española. *Anal. Jard. Bot. Madrid*, 55: 458-460.
- Roth, A. W. 1806 *Catalecta botanica quibus plantae novae et minus cognitae describuntur atque illustratur*, vol. 3. Gledischiano, Leipzig. 350 pp.
- Sheath, R. G. 1984. The biology of freshwater algae. In Round, F. E. & Chapman, D. J. [Eds.] *Progress in Phycological Research*, vol 3. Biopress, Bristol, pp. 89-157.

Sheath, R. G., Hamilton, P. B., Habrook, J. A. & Cole, K. M. 1989. Stream macroalgae of the eastern boreal forest region of North America. *Can. J. Bot.* 67: 3553-62.

Sheath, R. G. And Cole, K. M. 1993. Distribution and systematics of *Batrachospermum* (Batrachospermales, Rhodophyta) in North America. 2. Chromosome number. *Phycologia* 32: 304-6.

Sheath, R. G., Whittick, A. & Cole, K. M. 1994. *Rhododraparnaldia oregonica*, a new freshwater red algal genus and species intermediate between the Acrochaetiales and the Batrachospermales. *Phycologia* 33: 1-7.

Sheath, R. G., Müller, K. M., Vis, M. L. & Entwisle, T. J. 1996b. A re-examination of the morphology, ultrastructure and classification of genera in the Lemaneaceae (Batrachospermales, Rhodophyta). *Phycological Research* 44:233-46.

Sheath, R. G. And Müller, K. M. 1999. Systematic status and phylogenetic relationships of the freshwater genus *Balbiania* (Rhodophyta). *J. Phycol.* 35: 855-864.

Sheath, R. G. 2003. Red Algae. In Wehr, J. D. & Sheath, R. G. 2003. *Freshwater Algae of North America*. Academic Press, San Diego, pp. 197-224.

Sherwood, A. & Sheath, R. G. 2000. Biogeography and systematics of *Hildenbrandia* (Rhodophyta, Hildenbrandiales) in Europe: inferences from morphometrics and *rbcL* and 18S rRNA gene sequence analyses. *European Journal of Phycology*, 35:2, 143-152.

Sherwood, A. R. and Sheath, R. G. 2003. Systematics of the Hildenbrandiales (Rhodophyta): gene sequence and morphometric analyses of global collections. *J. Phycol.* 39, 409-422.

Sherwood, A. R. 2006. Stream macroalgae of the Hawaiian Islands: a floristic survey. *Pacific Science*. 60: 191-205

South, G. R. and Skelton, P. A. 2002. Occurrence and use of *Compsopogon coeruleus* (Rhodophyta: Compsopogonaceae) in Fiji, South Pacific

Starmach, K. 1977. *Flora Ślaskowa*, vol. 14, *Phaeophyta-Brunatnice, Rhodophyta-Krasnorosty*. Polska Akademia Nauk, Warszawa, pp. 445.

Taylor, W. R. 1960. *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas*. The University of Michigan Press, Ann Arbor. 870 pp.

Verbruggen Heroen, Christine A. Maggs, Gary W. Saunders, Line Le Gall, Hwan Su Yoon, Olivier De Clerck 2010. Data mining approach identifies research priorities and data requirements for resolving the red algal tree of life. *BMC Evolutionary Biology*, 10: 16.

Vis, M. L., Saunders, G. W., Sheath, R. G., Dunse, K. & Entwisle, T. J. 1998. Phylogeny of the Batrachospermales (Rhodophyta) inferred from *rbcl* and 18S ribosomal DNA gene sequences. *J. Phycol.* 34, 341-350.

Vis, M. L., Harper, J. T. and Saunders, G. W. 2007. Large subunit rDNA and *rbcl* gene sequence data place *Petrohua bernabei* gen. et sp. nov. in the Batrachospermales (Rhodophyta), but do not provide further resolution among taxa in this order. *Phycological Research* 55: 103-112.

Vis, M. L., Hodge, J. C. and Necchi O. Jr. 2008. Phylogeography of *Batrachospermum macrosporum* (Batrachospermales, Rhodophyta) from North and South America. *J. Phycol.* 44, 882-888

West, J. A., Zuccarello, G. C., Scott, J. L., West, K. A. and S. Loiseaux de Goer 2007. *Pulvinus veneticus* gen. et sp. nov. (Compsopogonales, Rhodophyta) from Vanuatu. *Phycologia* volume 46 (3), 237-246

Wołowski, K., Kowalska, J., & Hindák, F. 2007. *Chroodactylon ornatum* (Rhodophyta, Porphyridiales) occurring in Poland and Slovakia. *Biologia, Bratislava*, 62/6: 646-649, Section Botany.

Yang, E. C., Boo, S. M., Bhattacharya, D., Saunders, G. W., Knoll, A. H., Fredericq, S., Graf, L. & Yoon, H. S. 2016. Divergence time estimates and the evolution of major lineages in the florideophyte red algae. *Scientific Reports* vol. 6, Article number: 21361

Yoon, H. S., Müller, K. M., Sheath, R.G., Ott, F. D. and Bhattacharya, D. 2006. Defining the mayor lineages of Red algae (Rhodophyta). *Journal of Phycology* 42: 482 – 492

Zanardini G. 1872. *Phycarum indicarum pugillus* a Cl. Eduardo Beccari ad Borneum, Sincapoore, et Ceylanum annis MDCCCLXV-VI-VII collectarum quas cognitas determinavit, novasque descripsit

iconibusque illustrare curavit Joannes Zanardini. *Memorie del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti* 17: 129-170.

Zdroje obrázků

www.aquaforum.ua

www.liveinternet.ru

<http://cfb.unh.edu/phycokey/phycokey.htm>

<http://minpriroda-rb.ru>

microscopesandmonsters.wordpress.com

Fykologická labotaroř na katedře botaniky Přírodovědecké fakulty JU v Českých Budějovicích

www.sinicearasy.cz