

Różnorodność i rozmieszczenie krasnorostów (Rhodophyta) w Tatrach – stan wiedzy na tle danych historycznych oraz współczesnych wyników badań

JANINA LEE

LEE, J. 2017. Diversity and distribution of freshwater *Rhodophyta* in the waters of the Tatra Mts – state of knowledge in the context of historical data and contemporary research findings. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 24(2): 353–366. Kraków. e-ISSN 2449-8890, ISSN 1640-629X.

ABSTRACT: The paper reviews studies of freshwater red algae in the Tatra Mts in the context of 150 years of algological research. The historical data is supplemented by the latest data from a project on the diversity and distribution of freshwater *Rhodophyta* of selected water ecosystems in Poland, and with molecular studies of the relationships within some European populations. The flora of freshwater red algae in the waters of the Tatra Mts consists of 14 taxa, using data from historical records (1866–1996) and from subsequent studies (2009–2014). The most common taxa from the historical data were *Lemanea fluviatilis*, together with the accompanying species *Audouinella chalybea*. Recent studies added new localities for *Lemanea fluviatilis*, *Audouinella chalybea*, *Sheathia boryana* and *Batrachospemum gelatinosum*. A historical record of *Hildenbrandia rivularis*, recognized as threatened with extinction, was not confirmed.

KEY WORDS: freshwater *Rhodophyta*, taxonomy, morphology, molecular studies, phylogeny, Tatra Mts, Poland

J. Lee, Zakład Biologii Wód im. Karola Starmacha, Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk, al. Adama Mickiewicza 33, 31-120 Kraków, Polska; e-mail: kwandrans@iop.krakow.pl

WSTĘP

Krasnorosty słodkowodne nie występują w przyrodzie powszechnie. Plechy wielu gatunków mogą odnawiać się w tych samych miejscach co roku, bądź też występują tylko w niektórych latach. Skomplikowane procesy rozmnażania i długi cykl życiowy, duża zmienność plech w różnych stadiach rozwojowych i w sezonach, preferencje ekologiczne, a także trudności w hodowlach, w których nie dochodzi do pełnego rozwoju, sprawiają problemy w ustaleniu zakresu cech taksonomicznych i ich identyfikacji. Wiedza o zróżnicowaniu taksonomicznym krasnorostów, ich wymaganiach ekologicznych, biogeografii i stosunkach pokrewieństwa wciąż jest niepełna.

Szereg danych na temat występowania krasnorostów ogranicza się na ogół do wymieniania niektórych gatunków w opracowaniach florystycznych poświęconych innym grupom glonów. W inwentaryzacjach florystycznych najczęściej wymieniane są powszechnie znane

nazwy: „*Batrachospermum moniliforme*” i „*Lemanea fluviatilis*”, co wskazuje na występowanie wyżej wymienionych rodzajów, ale niekoniecznie świadczy o właściwej identyfikacji do poziomu gatunku. W *Katalogu glonów prokariotycznych i eukariotycznych Polski* (SIEMIŃSKA & WOŁOWSKI 2003), wśród taksonów krasnorostów słodkowodnych podawanych z Polski, większość obejmuje synonimy, niejednokrotnie podawane w publikacjach jako odrębne gatunki. Często brak pełnej dokumentacji podawanych okazów i niejednoznacznych kryteriów diagnostycznych, sprawia, że przypisanie okazów do konkretnych jednostek taksonomicznych jest trudne. Ponadto, wśród krasnorostów słodkowodnych kilka taksonów podawanych z Polski znajduje się na „czerwonej liście”, w kategorii gatunków zagrożonych wyginięciem (SIEMIŃSKA i in. 2006). Brak w literaturze danych środowiskowych z miejsc, w których występują powoduje, iż trudno w wielu przypadkach ustalić, w jakim stopniu zagrożenie jest wynikiem braku dostatecznego rozpoznania flory krasnorostów, a w jakim wiąże się z antropogenicznymi zmianami siedlisk i zmianą warunków środowiskowych (np. regulacja koryt rzecznych, osuszanie terenów, wyręb lasów, urbanizacja, wzmożenie ruchu turystycznego). Dane historyczne / zielnikowe, podobnie jak historyczne stanowiska gatunków, przy możliwych próbach ich odnalezienia, odgrywają istotną rolę w genetycznych badaniach porównawczych i rewizjach taksonomicznych oraz zagadnieniach mechanizmów rozprzestrzeniania się i zasięgu gatunków.

Do najlepiej zbadanych regionów Polski należą ekosystemy wodne Polski południowej, w tym Tatry. Ekosystemy wodne Tatr ze względu na niezwykle walory przyrodnicze terenu i specyficzne warunki życia organizmów, należą do wyjątkowych obiektów badawczych (np. MIREK i in. 1996; KAWECKA 2012).

Celem pracy był przegląd dotychczasowej wiedzy o stanie różnorodności i rozmieszczeniu krasnorostów w wodach Tatr w ujęciu historycznym, uzupełniony o współczesne wyniki badań przeprowadzonych w ramach projektu nad zróżnicowaniem taksonomicznym i genetycznym, filogenezą i rozmieszczeniem krasnorostów w wybranych ekosystemach wodnych różnych rejonów geograficznych Europy.

STAN WIEDZY NA TLE DANYCH HISTORYCZNYCH (1866–1997)

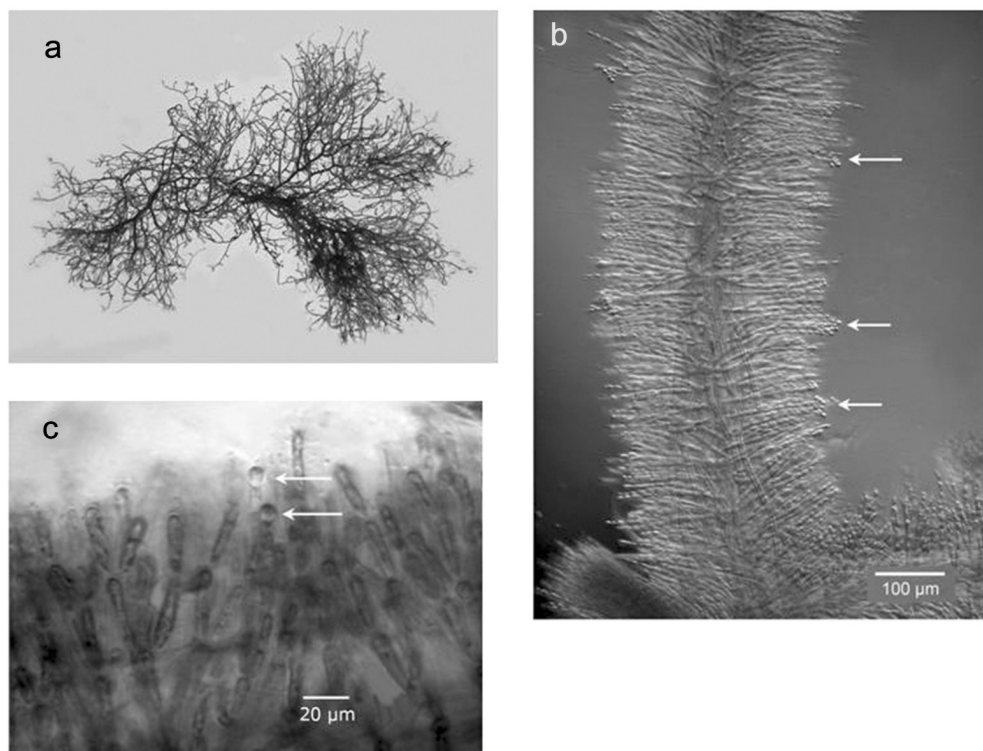
Pierwsza wzmianka o występowaniu krasnorostów słodkowodnych w wodach Tatr pochodzi z pracy Kalchbrennera (KALCHBRENNER 1866), w której wymieniona jest *Lemanea torulosa* (Roth) C. Agardh (syn. **Paralemanea torulosa* (Roth) Sheath et Sherwood). Następnie Raciborski opisał *Batrachospermum vagum* (Roth) Agardh (syn. **B. turfosum* Bory emend. Sheath, Vis et Cole) ze Stawu Smreczyńskiego w Dolinie Kościeliskiej (RACIBORSKI 1888, 1910).

Batrachospermum turfosum (jako *B. vagum*) podawany był również ze Stawu Smreczyńskiego przez Gutwińskiego w monografii *Flora algarum montium Tatrensium* (GUTWIŃSKI 1909), a następnie także przez WOŁOSZYŃSKĄ (1919, 1935) oraz w pracach STARMACHA (1928, 1957), później cytowanych przez SIEMIŃSKĄ (1962, 1965) oraz KAWECKĄ i in. (1997).

* Według bieżącej nomenklatury i nowych propozycji na podstawie rewizji taksonomicznych dla rodzajów i gatunków za: KUMANO 2002; ELORANTA i in. 2011; SALOMAKI i in. 2014; KEIL i in. 2015.

Batrachospermum turfosum (Ryc. 1a–c) występuje powszechnie w źródłach, potokach i jeziorach, często masowo w wodach kwaśnych i dystroficznych oraz na bagnach. Gatunek znany jest z rozproszonych stanowisk w kraju, zarówno na niżu, jak i w górach (STARMACH 1977; ELORANTA i in. 2011; KWANDRANS i in. 2014). Jak dotychczas, jest to jedyne znane stanowisko tego gatunku z obszaru Tatr.

Monografia GUTWIŃSKIEGO (1909) była pierwszym obszernym opracowaniem glonów z terenów wysokogórskich. Uwzględniając ówczesny podział systematyczny, GUTWIŃSKI (1909) wymienił w obrębie dwóch rodzin, pięć gatunków krasnorostów wraz z informacją o miejscu ich występowania. Obok *Batrachospermum vagum* były to: *Chantransia chalybea* (Lyngbye) Fries (syn. **Audouinella chalybea* (Roth) Bory) z potoku w Dolinie Waksmundzkiej, *Ch. pygmaea* Kützing (syn. **Audouinella pygmaea* (Kützing) Weber-van Bosse) i *Lemanea fluviatilis* (Linnaeus) C. Agardh z potoku w Dolinie Młynica oraz, podana ogólnie z potoków tatrzańskich, *Lemanea torulosa* Roth (C. Agardh) var. *frigida* = *L. Kalchenbenneri* Braun in Rabenhorst (GUTWIŃSKI 1909) (syn. *L. sudetica* Kützing, syn. *L. Kalchenbenneri* RABENHORST 1863?). Takson o niejasnej pozycji taksonomicznej w literaturze historycznej; w późniejszych pracach podawany z Tatr jako *Lemanea sudetica* (STARMACH 1928; SIEMIŃSKA 1962) oraz jako *Lemanea torulosa* (STARMACH 1957) (obecnie **Paralemanea torulosa* (Roth) Sheath et Sherwood). Ponadto, GUTWIŃSKI (1909) zaliczył



Ryc. 1a–c. *Batrachospermum turfosum*: a – okaz zielnikowy, b–c – monosporangia

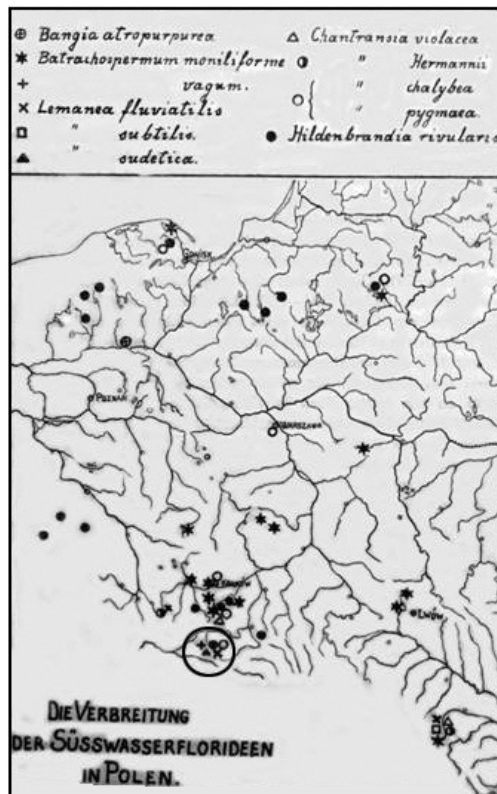
Fig. 1a–c. *Batrachospermum turfosum*: a – dry specimen, b–c – monosporangia

rodzaj *Chantransia* i *Lemanea* do kategorii glonów charakterystycznych dla potoków (*alga rhyacophilae*), w przeciwieństwie do grupy glonów jezior (*alga limnophilae*). W późniejszej pracy GUTWIŃSKI (1913) podał *Chantransia* sp. z Morskiego Oka.

Interesującym doniesieniem było zanotowanie przez NAMYSŁOWSKIEGO (1922) w trakcie badań nad mikroflorą źródeł podreglowych, obecności *Hildenbrandia rivularis* (Lebmann) J. Agardh w odpływie ciepłych źródeł Jaszczurówki, zasilających ówczesny basen kąpielowy. Po przebudowie wywierzysk i zmianie temperatury wody w 1958 r., kąpielisko zostało zamknięte, a w 2003 r., z inicjatywy Tatrzańskiego Parku Narodowego, utworzono w tym miejscu Ośrodek Ochrony Czynnej Płazów i Gadów.

Według stanu rozmieszczenia krasnorostów w wodach Polski, na początku ubiegłego stulecia z Tatr wymieniono sześć gatunków krasnorostów, w tym: *Batrachospermum vagum*, *Chantransia chalybea*, *Ch. pygmaea*, *Lemanea fluviatilis*, *L. sudetica* oraz *Hildenbrandia rivularis* (Ryc. 2) (STARMACH 1928).

W dalszych latach WOŁOZYŃSKA (1935) opisała z Potoku Jarzębczego (dopływ Potoku Chochołowskiego) dwa nowe gatunki dla Tatr: *Lemanea ciliata* (Sidorot) De Toni oraz



Ryc. 2. Występowanie krasnorostów w wodach Tatr (zmodyfikowano za STARMACHEM 1928); większym kółkiem zaznaczono stanowiska w Tatrach

Fig. 2. The occurrence of red algae in Tatra Mts waters (modified after STARMACH 1928); the locations are marked by the big circle

znalezione na plechach *Lemanea* i na mchach, okazy *Chantransia violacea* Kützing (syn. *Ch. hermannii* (Roth) Desvaux, syn. **Audouinella hermannii* (Roth) Duby in De Candolle). W publikacji na temat pozycji taksonomicznej rodzaju *Chantransia*, gatunek podawany z Tatr ujmowany był pod nazwą *Chantransia hermannii* (STARMACH 1985).

W przeglądowej publikacji na temat stanu badań fykologicznych w Tatrach w połowie ubiegłego stulecia (STARMACH 1957), wymieniona została już sumaryczna liczba ośmiu gatunków krasnorostów.

Prof. Starmach prowadził przez wiele lat systematyczne badania krasnorostów w różnych rejonach Polski południowej, także w Tatrach, opisując nowe gatunki, dokumentując nowe stanowiska i siedliska oraz szczegóły dotyczące morfologii plech i organów rozmnażania (np. STARMACH 1928, 1957, 1973, 1980, 1981, 1982(1984)a, b, 1985). Analizując pionowe rozmieszczenie glonów w Wielkim Stawie Polskim w Dolinie Pięciu Stawów Polskich, autor zidentyfikował nową odmianę *Chantransia chalybea* var. *profunda* Zimmermann. W jeziorze tym występowała ona na głębokości 10–40 m, przybierając barwę fioletowo-czerwoną, w odróżnieniu od zielono-stalowej barwy gatunku, podawanej z potoków tatrzańskich we wcześniejszych badaniach (STARMACH 1928, 1973). Na kamieniach przy brzegu tego samego jeziora STARMACH (1973) zidentyfikował również *Batrachospermum moniliforme* Sirodot (syn. **Batrachospermum gelatinosum* (Linnaeus) De Candolle emend. Vis et al.).

W kolejnych latach opisano nowe dla Polski gatunki krasnorostów: z Doliny Białej Wody, w Rybim Potoku – *Batrachospermum skujae* Geitler (STARMACH 1980), *B. boryanum* Sidorot, z Potoku Kościeliskiego (Kiry) (**Sheathia boryana* (Sirodot) Salomaki et Vis 2014), *B. crouanianum* Sidorot (**Sheathia confusa* (Bory) Salomaki et M. L. Vis 2014) – z obszaru źródłiskowego potoku na Hali Miętusiej (STARMACH 1982(1984)a) oraz rzadki areofit – *Rhodospora sordina* (Geitler), zidentyfikowany na wilgotnych skałach w Dolinie Białego w Tatrach Zachodnich (STARMACH 1981).

Dane ogólne o stanowiskach krasnorostów znaleźć można również w wynikach wieloletnich prac prowadzonych nad innymi grupami glonów w Tatrach (KAWECKA 1965, 1969, 1971, 1980, 1985, 1993; KAWECKA i in. 1971; WASYLIK 1971). Do najczęściej wymienianych należą: *Lemanea fluviatilis*, *Chantransia chalybea* oraz *Ch. pygmaea*, między innymi z Potoku Olczyskiego, Rybiego Potoku, potoku Roztoka, Sucha Woda oraz z Czarnego Potoku. *Chantransia pygmaea* jako *Pseudochantransia pygmaea* została podana również z obszaru źródłiskowego Potoku Kościeliskiego (WASYLIK 1971). W pracy nad strefowym rozmieszczeniem glonów znajdujemy ponadto informacje o warunkach siedliskowych i zasięgu strefowym *Lemanea fluviatilis* i *Chantransia pygmaea*, znalezionych w strefie II (las reglowy) na wysokości 850–1550 m n.p.m. (KAWECKA 1965, 1985).

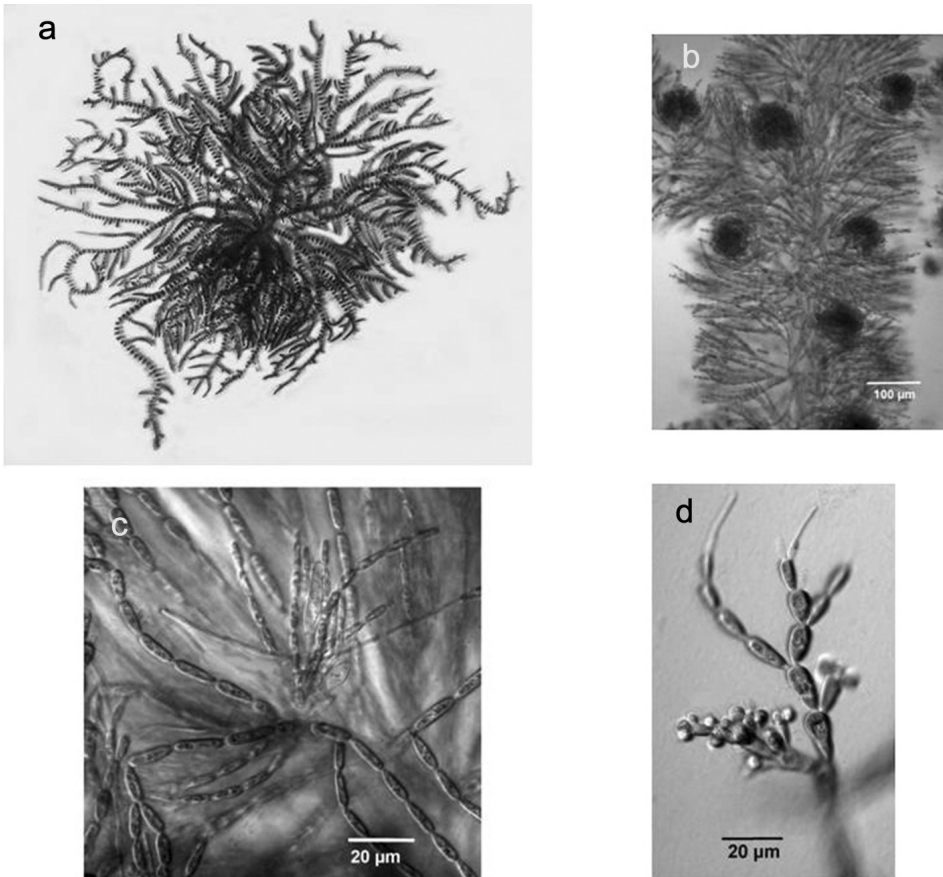
Wzmianki o „tatrzańskich krasnorostach” znalazły się również w pracach przeglądowych, monografiach i zbiorczych opracowaniach przyrodniczych, cytujących dane z literatury (np. SIEMIŃSKA 1962, 1965; STARMACH 1977; KAWECKA 1993, 1996; SIEMIŃSKA & WOŁOWSKI 1993, 2003; KAWECKA i in. 1997; SIEMIŃSKA i in. 2006).

Jednak od końca lat 80. ubiegłego stulecia, w przeciwieństwie do podejmowanych badań nad innymi grupami glonów w Tatrach, krasnorosty nie były przedmiotem nowych studiów, aż do początków XXI w.

KRASNOROSTY W WODACH TATRZAŃSKICH
 NA TLE WYNIKÓW BADAŃ WSPÓŁCZESNYCH (2009–2014)

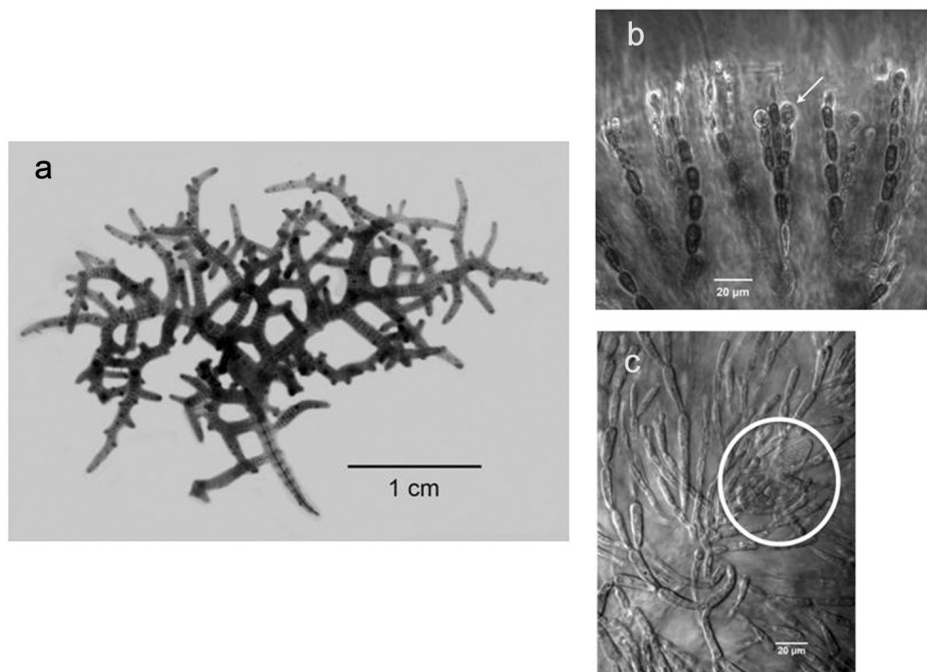
Nowe badania nad krasnorostami przeprowadzono w Tatrach w ramach realizacji szerokiego projektu badawczego nad różnorodnością gatunkową i rozmieszczeniem geograficznym krasnorostów słodkowodnych (*Rhodophyta*) w wybranych ekosystemach wodnych Polski oraz nad zróżnicowaniem genetycznym w obrębie populacji europejskich (KWANDRANS i in. 2014).

W trakcie prowadzonych badań florystycznych w Tatrach zlokalizowano dwa nowe stanowiska dla **Batrachospermum gelatinosum* (Linnaeus) De Candolle *emend. Vis et al.* (gatunek podawany przez STARMACHA (1973) jako *B. moniliforme* z Wielkiego Stawu Polskiego w Dolinie Pięciu Stawów Polskich).



Ryc. 3a–d. *Batrachospermum gelatinosum*: a – fragment plechy, b – okółki z dojrzałymi karposporofitami, c – gałązka karpogonialna z widocznym trychoginem, d – spermatangia

Fig. 3a–d. *Batrachospermum gelatinosum*: a – fragment of thallus, b – whorl with mature carposporophytes, c – carposonium-bearing branch showing trichogyne, d – spermatangia



Ryc. 4a–c. *Batrachospermum skujae*: a – fragment plechy, b – monosporangia, c – gałązka karpogonialna (zaznaczona okręgiem)

Fig. 4a–c. *Batrachospermums skujae*: a – fragment of thallus, b – monosporangia, c – carposogonium-bearing branch showing trichogyne (in the circle)

Pierwsze stanowisko, o parametrach fizyko-chemicznych wody: temperatura 5,7°C, pH 7,6, przewodnictwo elektrolityczne 414 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, znajdowało się na Polanie Biały Potok (dopływ Potoku Lejowego; N49°16'59", E19°51'20"). Plechy *Batrachospermum gelatinosum* (Ryc. 3a–d) występowały wiosną w strugach utworzonych w okresie topnienia śniegu, przepływających przez otwartą nasłonecznioną łąkę. Siedlisko posiada charakter przejściowy (po okresie topnienia śniegu plechy zanikały, odnawiając się wiosną, w kolejnych latach). Jest to również siedlisko nietypowe dla krasnorostów, ze względu na przypisywane preferencje siedliskowe, takie jak stały przepływ wody, stałe podłoże i zacinienie.

Drugie stanowisko, o parametrach fizyko-chemicznych wody: temperatura 8,6°C, pH 8,3, przewodnictwo elektrolityczne 306 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, znajdowało się w częściowo zacięzionym odcinku Potoku Lejowego na skraju lasu oraz w lesie (N49°17'17", E19°51'04"; N49°17'16", E19°51'02"). Takson oznaczono na podstawie decydujących cech morfologicznych jako *B. skujae* Geitler *emend.* Vis *et al.* (Ryc. 4a–c).

Batrachospermum skujae i *B. gelatinosum* są morfologicznie bardzo podobne, a główną cechą diagnostyczną różniącą oba gatunki jest obecność monosporangiów oraz rzadko obserwowana obecność karposporofitów u *B. skujae* (STARMACH 1977; KUMANO 2002; ELORANTA i in. 2011). Badania morfologiczne większej liczby okazów zebranych w różnych sezonach, z różnych rejonów Polski, nasunęły przypuszczenie, iż *B. skujae* może być wcześniejszym stadium rozwojowym *B. gelatinosum*, rozmnażającym się na pewnym

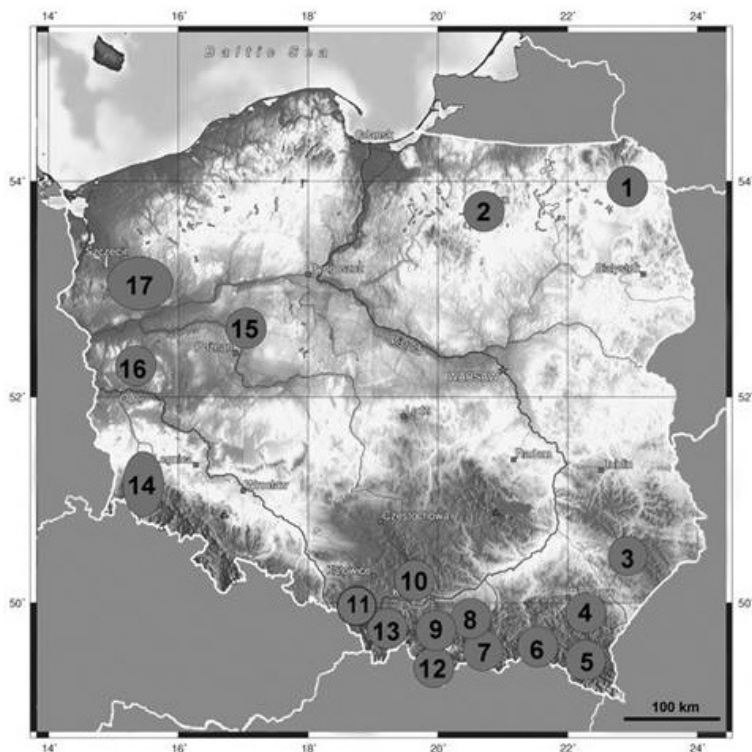
etapie wegetatywnie, a nie odrębnym gatunkiem. Badania molekularne, jakkolwiek, nie przyniosły definitywnych rozstrzygnięć, z uwagi na niewystarczającą liczbę osobników w tym stadium rozwojowym, wydają się, wstępnie potwierdzać tę hipotezę (KWANDRANS i in. 2014).

Batrachospermum gelatinosum (syn. *Batrachospermum moniliforme* Sidorot), należy do najczęściej notowanych krasnorostów słodkowodnych we florze Polski (SIEMIŃSKA & WOŁOWSKI 2003). Jednak według wyników badań w ramach projektu (KWANDRANS i in. 2014), *B. gelatinosum* występuje znacznie rzadziej w relacji do zestawionych danych bibliograficznych (SIEMIŃSKA & WOŁOWSKI 2003). Duża różnica między danymi z literatury i wynikami współczesnych badań może wynikać z braku zdefiniowania jednoznacznych kryteriów identyfikacji gatunków i dużej zmienności *B. gelatinosum*. Liczne odmiany i formy, których rozróżnienie jest często niemożliwe przy skąpej ilości materiału, w przeszłości identyfikowano jako odrębne gatunki lub odmiany (STARMACH 1977; KUMANO 2002; ELORANTA i in. 2011). Wyniki badań molekularnych i analiz filogenetycznych na bazie materiałów zebranych na terenie całej Europy, potwierdziły wysoką zmienność w populacji *B. gelatinosum* (KEIL i in. 2013, 2015; KWANDRANS i in. 2014). Spośród 12 haplotypów (znalezionych w regionie COX 1 (KEIL i in. 2015)), dwa haplotypy oznaczone umownie *O* i *Q*, występowały na terenie Polski południowej, w tym dla Tatr charakterystyczny był haplotyp *O* (KEIL i in. 2013 – Ryc. 1, 2; KEIL i in. 2015 – Ryc. 2, 3).

W ramach współczesnych badań (KWANDRANS i in. 2014), nowe stanowisko w Tatrach zanotowano również dla **Sheathia boryana* (Sirodot) Salomaki & M. L. Vis (podawane z Tatr przez STARMACHA (1982(1984)a), jako *Batrachospermum boryanum* Sirodot). Plechy męskie *Sh. boryana* znaleziono na wiosnę, w małym dopływie Potoku Olczyskiego (N49°16'34", E19°59'49"). *Sheathia boryana*, według zestawionych danych bibliograficznych (jako *Batrachospermum boryanum*) (SIEMIŃSKA & WOŁOWSKI 2003), należy do rzadko notowanych gatunków we florze Polski. Według *Czerwonej listy glonów*, gatunek jest zaliczany do kategorii glonów zagrożonych wyginięciem (SIEMIŃSKA i in. 2006). Na podstawie wyników badań (KWANDRANS i in. 2014) wykazano, że *Sh. boryana* jest gatunkiem o najwyższym udziale we florze krasnorostów Polski i wspólnym dla wszystkich badanych 17 rejonów geograficznych (Ryc. 5).

Badania molekularne przyniosły również nowe rozstrzygnięcia w systematyce rodzaju *Batrachospermum*, sekcji *Helminthoidea* (SALOMAKI i in. 2014). Zaproponowano utworzenie nowego rodzaju **Sheathia* Salomaki et M. L. Vis (SALOMAKI i in. 2014), do którego po rewizjach, zaliczono osiem gatunków, z czego cztery występują w Europie i wszystkie cztery gatunki znaleziono w Polsce. Z Tatr znane są dwa gatunki: **Sheathia boryana* (KWANDRANS i in. 2014), gatunek wcześniej podawany jako *Batrachospermum boryanum* oraz **Sh. confusa* (Bory) Salomaki et M. L. Vis (KWANDRANS i in. 2014), gatunek podany z Tatr jako *Batrachospermum crouanianum* (Sidorot) (STARMACH 1982(1984)a).

W granicach Tatrzańskie Parku Narodowego stwierdzono również nowe stanowiska dla *Lemanea fluviatilis* oraz **Audouinella chalybea*, w potoku Bystra przy wejściu na teren parku w Kuźnicach (N49°16'08", E19°58'52"). Gatunki występowały w typowym siedlisku silnego prądu, o parametrach fizyko-chemicznych wody: temperatura 5,1°C, pH 8,4, przewodnictwo elektrolityczne 104 µS/cm⁻¹.



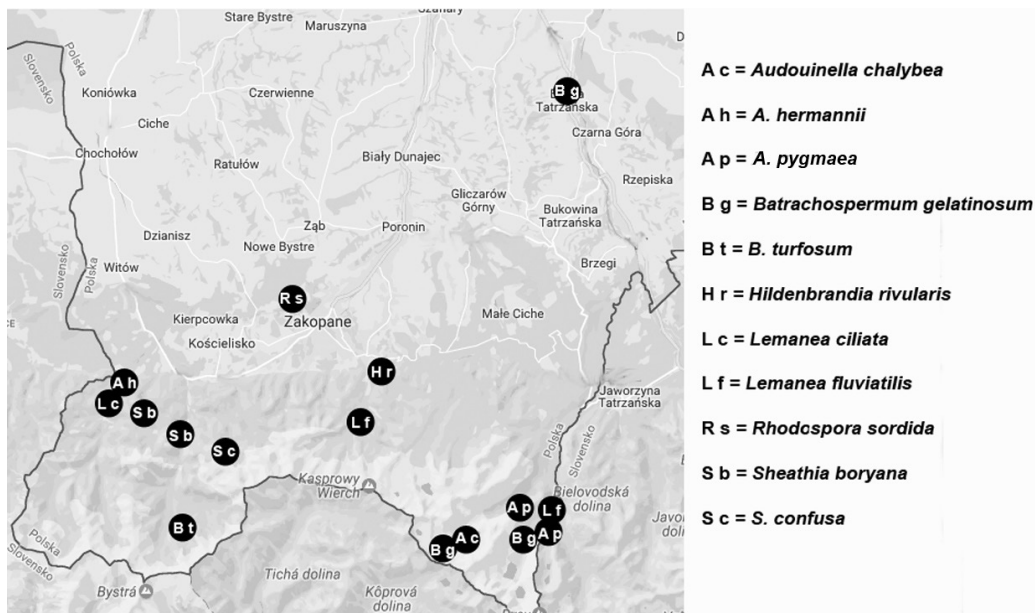
Ryc. 5. Mapa terenu badań na obszarze Polski (za KWANDRANS i in. 2014)

Fig. 5. The map of the study area in Poland (after KWANDRANS *et al.* 2014)

Badania genetyczne pozwoliły na sformułowanie wstępnych wniosków, dotyczących również rodzaju *Lemanea*. Do grupy „europejskiej” zaliczono, obok *Lemanea condensata* (Israelson), cztery różne typy *Lemanea* (typy 1–4) (KWANDRANS i in. 2014). *Lemanea fluvatilis*, zidentyfikowana w potoku Bystra i jego dopływie, należy do typu 4 (KWANDRANS i in. 2014). Systematyka rodzaju *Lemanea* opiera się na słabo zdefiniowanych cechach, w małym stopniu uwzględnia zmienność plech. Badania genetyczne rodzaju *Lemanea* i *Paralemanea* są kontynuowane (VIS i in. 2017).

Dodatkowo, na podstawie historycznych, dobrze opisanych stanowisk krasnorostów, dokonano przeglądu zbiorników wodnych Jaszczurówki na terenie obecnego Ośrodka Czynnej Ochrony Badań Płazów i Gadów (N49°17'9", E19°59'37"), celem potwierdzenia obecności *Hildenbrandia rivularis*, gatunku podawanego przez NAMYSŁOWSKIEGO (1922) oraz cytowanego w późniejszej literaturze. Współczesne badania nie potwierdziły jednak występowania *H. rivularis* w przekształconym środowisku dawnych basenów Jaszczurówki, jak i w antropogenicznie zmienionym potoku położonym poniżej (KWANDRANS i in. 2014). W literaturze dotyczącej glonów Tatr, praca NAMYSŁOWSKIEGO (1922) jest jedynym oryginalnym źródłem wzmiankującym o występowaniu *H. rivularis* na terenie Tatr.

Hildenbrandia rivularis należy do najczęściej notowanych krasnorostów we florze Polski. Gatunek jest pospolity w Karpatach (STARMACH 1977), często i masowo występuje



Ryc. 6. Stan rozmieszczenia krasnorostów słodkowodnych w Tatrach (dane z lat 1909–2014), nie obejmuje danych z określeniem lokalizacji jako „potoki tatrzańskie” (uwzględniono obecnie stosowane nazewnictwo oraz zaproponowane rewizje taksonomiczne rodzajów i gatunków (źródło: KUMANO 2002; ELORANTA i in. 2011; SALOMAKI i in. 2014; KEIL i in. 2015))

Fig. 6. State of freshwater red algae diversity and distribution in Tatra Mts waters (1909–2014), excluding data without specified locations (terminology according to KUMANO 2002; ELORANTA *et al.* 2011 and recent revisions based on molecular studies according to SALOMAKI *et al.* 2014; KEIL *et al.* 2015)

w nizinnych rzekach Polski północnej i zachodniej (KWANDRANS i in. 2014; JAKUBAS i in. 2014; JAKUBAS-KRZAK i in. 2017), obecny jest również w wodach Polski centralnej (ŻELAZNA-WIECZOREK & ZIUŁKIEWICZ 2008) oraz notowany był z wód płynących Polski południowo-wschodniej (KWANDRANS i in. 2014). W Polsce, jako jedyny wśród krasnorostów słodkowodnych, objęty jest ścisłą ochroną gatunkową (ROZPORZĄDZENIE 2014).

Łącznie w Tatrach, na podstawie przeglądu literatury i wyników badań współczesnych, stwierdzono występowanie 14 taksonów krasnorostów, uwzględniając *Hildenbrandia rivularis* oraz areofit *Rhodospora sordida*. Sumaryczny wykaz gatunków i stanowisk podawanych w literaturze historycznej i współczesnej przedstawia rycina 6, z wyłączeniem stanowisk, które historyczna literatura źródłowa określa ogólnym terminem jako „potoki tatrzańskie”.

Podziękowania. Pracę przygotowano na podstawie wyników badań (częściowo opublikowanych), wykonanych w ramach projektu Naukowego MNiSW nr N304 285 937. Autorka składa podziękowanie współwykonawcom realizowanego projektu: prof. dr Perttiemu Elorancie, prof. dr Morgan Vis, dr Jolancie Kostkiewiczené oraz dr Wojciechowi Kowalskiemu. Recenzentom dziękuję za konstruktywne uwagi dotyczące manuskryptu. Wykorzystanie wielu historycznych danych bibliograficznych było możliwe dzięki kolekcji bibliograficznej i Ikonoteki Zakładu Fykologii Instytutu Botaniki PAN im. Władysława Szafera w Krakowie.

LITERATURA

- ELORANTA P., KWANDRANS J. & KUSEL-FETZMANN E. 2011. Süßwasserflora von Mitteleuropa – Freshwater Flora of Central Europe. **7**. *Rhodophyta* and *Phaeophyceae*. s. 155. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- GUTWIŃSKI R. 1909. Flora algarum montium Tatrensium. – Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie. Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles, s. 415–560.
- GUTWIŃSKI R. 1913. Flora i plankton Morskiego Oka. – Kosmos **38**: 1426–1437.
- JAKUBAS E., GĄBKA M. & JONIAK T. 2014. Factors determining the distribution of reophil and protected *Hildenbrandia rivularis* (Liebmann) J. Agardh 1851, the *Rhodophyta* freshwater species, in lowland river ecosystems. – Polish Journal of Ecology **62**(4): 679–693.
- JAKUBAS-KRZAK E., GĄBKA M., RYBAK A. & PANEK P. 2017. One taxon doesn't suit all: stands with *Hildenbrandia rivularis* as weak predictors of biodiversity and ecological state of streams – W: B. SKOWROŃSKA-PAWLIK & W. PEĆZUŁA (red.), Proceedings of the 36th International Conference of the Polish Phycological Society, s. 22. 24th–27th May 2017, Lublin – Kazimierz Dolny, Poland, Department of Hydrobiology, University of Life Sciences in Lublin.
- KALCHBRENNER K. 1866. A szepesi moszatok jegyzéke. – Matematikai és Természettudományi Közlemények, Magyar Tudományos Akadémia **4**(1865–1866): 343–365.
- KAWECKA B. 1965. Communities of benthic algae in the river Białka and its Tatra tributaries in Rybi Potok and Roztoka. – W: K. STARMACH (red.), Limnological investigation in the Tatra Mountains and Dunajec River Basin. – Komitet Zagospodarowania Ziemi Górskich PAN **11**: 113–127.
- KAWECKA B. 1969. Zbiorowiska glonów w potokach Tatrzańskich. Tatrzańska Sesja Naukowa. Referaty, s. 19. Polskie Towarzystwo Hydrobiologiczne, Zakopane – Kraków.
- KAWECKA B. 1971. Zonal distribution of alga communities in streams of the Polish High Tatra Mts. – Acta Hydrobiologica **13**: 393–414.
- KAWECKA B. 1980. Sessile algae in European mountain streams. 1. The ecological characteristics of communities. – Acta Hydrobiologica **22**: 361–420.
- KAWECKA B. 1985. Ecological characteristics of sessile algal communities in the Olczyński stream (Tatra Mts., Poland) with special consideration of light and temperature. – Acta Hydrobiologica **27**: 299–310.
- KAWECKA B. 1993. Green and other algae in the streams on the north side of the high Tatras. – Polish Botanical Studies, Guidebook Series **10**: 17–32.
- KAWECKA B. 1996. Glony. – W: Z. MIREK, Z. GŁOWACIŃSKI, K. KLIMEK & H. PIĘKOŚ-MIRKOWA (red.), Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego, s. 347–361. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- KAWECKA B. 2012. Diatom diversity in streams of the Tatra National Park (Poland) as indicator of environmental conditions. s. 213. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, Kraków.
- KAWECKA B., KOWNACKA M. & KOWNACKI A. 1971. General characteristics of the biocenosis in the streams of the Polish High Tatras. – Acta Hydrobiologica **13**(4): 465–476.
- KAWECKA B., KWANDRANS J. & SANECKI J. 1997. 5. Charakterystyka biologiczna (flora, fauna) ekosystemów wodnych. 5. 1. Flora glonów. – W: A. KOWNACKI & A. ŁAJCZAK (red.), Operat Ochrony Zasobów Wodnych Tatrzańskiego Parku Narodowego. Mskr., s. 119–128. Kraków.
- KEIL E. J., MACY T. R., KWANDRANS J., ELORANTA P., TOMÁS P., ABOAL M. & VIS M. L. 2013. Phycogeography of *Batrachospermum gelatinosum* (*Batrachospermales*, *Rhodophyta*) in Europe. – W: M. D. HANISAK, J. A. NIENOW & A. K. PRASAD (red.), 10th International Phycological Congress Orlando, Florida, USA 4–10 August 2013, Abstracts. – Phycologia **52**, Supplement **4**: 50.
- KEIL E. J., MACY T. R., KWANDRANS J., ELORANTA P., TOMÁS P., ABOAL M. & VIS M. L. 2015. Phycogeography of *Batrachospermum gelatinosum* (*Batrachospermales*, *Rhodophyta*) shows post-glacial expansion in Europe. – Phycologia **54**(2): 176–182.

- KUMANO S. 2002. Freshwater Red Algae of the World. s. 375. Biopress Ltd, Bristol.
- KWANDRANS J., ELORANTA P., VIS M. L., KOWALSKI W. & KOSTKIEWIČIENÉ J. 2014. Różnorodność gatunkowa i rozmieszczenie geograficzne krasnorostów słodkowodnych (*Rhodophyta*) wybranych ekosystemów wodnych Polski oraz zróżnicowanie genetyczne w obrębie populacji europejskich. Raport końcowy z realizacji grantu nr NN304 285 937, s. 47. Mskr. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- MIREK Z., GŁOWACIŃSKI Z., KLIMEK K. & PIĘKOŚ-MIRKOWA H. (red.). 1996. Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatry i Podtatrze. **3**. s. 786. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- NAMYŚŁOWSKI B. 1922. Mikroflora źródeł podreglowych. – *Kosmos* **47**: 204–232.
- RABENHORST L. 1863. Kryptogamen-Flora von Sachsen, der Ober-Lausitz, Thüringen und Nordböhmen, mit Berücksichtigung der benachbarten Länder. **1**. s. xx + 653. Verlag von Eduard Kummer, Leipzig.
- RACIBORSKI M. 1888. Materyjały do flory glonów Polski. – *Sprawozdania Komisji Fizyograficznej* **22**: 1–43.
- RACIBORSKI M. 1910. Phycoteca polonica, część I. – *Kosmos* **35**: 80–89.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin (Dz. U. z 2014, poz. 1409).
- SALOMAKI E. D., KWANDRANS J., ELORANTA P. & VIS M. L. 2014. Molecular and morphological evidence for *Sheathia* gen. nov. (*Batrachospermales*, *Rhodophyta*) and three new species. – *Journal of Phycology* **50**(3): 526–542.
- SIEMIŃSKA J. 1962. Glony. – W: W. SZAFAER (red.), Tatrzański Park Narodowy. Wydawnictwa popularno-naukowe **21**, s. 305–316. Zakład Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- SIEMIŃSKA J. 1965. Alga of the Tatra Mountains water. – W: K. STARMACH (red.), Tatra Mountains, Cracow, XVI Limnologorum Conventus in Polonia, s. 33–40.
- SIEMIŃSKA J. & WOŁOWSKI K. 1993. Phycological bibliography to the Polish part of the Tatra Mountains. – W: J. SIEMIŃSKA (red.), Postsymposial excursion to Poland. – *Polish Botanical Studies, Guidebook Series* **1**: 79–95.
- SIEMIŃSKA J. & WOŁOWSKI K. (red.). 2003. Catalogue of Polish prokaryotic and eukaryotic algae. Biodiversity of Poland. **5**, s. 252. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- SIEMIŃSKA J., BĄK M., DZIEDZIC J., GĄBKA M., GREGOROWICZ P., MROZIŃSKA T., PELECHATY M., OWSIANNY P. M., PLIŃSKI M. & WITKOWSKI A. 2006. Red list of the algae in Poland. – W: Z. MIREK, K. ZARZYCKI, W. WOJEWODA & Z. SZELĄG (red.), Red list of plants and fungi in Poland, s. 35–52. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- STARMACH K. 1928. Beitrag zur Kenntnis der Süßwasserfloridae von Polen. – *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* **5**: 367–389.
- STARMACH K. 1957. Stan badań algologicznych w Tatrach. – *Kosmos, Seria A* **6**: 141–151.
- STARMACH K. 1973. Glony osiadłe w Wielkim Stawie w Dolinie Pięciu Stawów Polskich w Tatrach. – *Fragmenta Floristica et Geobotanica* **19**(4): 481–511.
- STARMACH K. 1977. *Phaeophyta* – brunatnice, *Rhodophyta* – krasnorosty. – W: K. STARMACH & J. SIEMIŃSKA (red.), Flora słodkowodna Polski. **14**, s. 445. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa – Kraków.
- STARMACH K. 1980. Eine für Polen neue Art von *Batrachospermum skujae* Geitler. – *Fragmenta Floristica et Geobotanica* **26**(1): 175–180.
- STARMACH K. 1981. Algen, besonders *Cyanophyceae* im Tal „Dolina Białego” (Tatragebirge). – *Fragmenta Floristica et Geobotanica* **27**(1–2): 275–317.
- STARMACH K. 1982 (1984)a. Nowe dla Polski gatunki i nowe stanowiska niektórych gatunków z rodzaju *Batrachospermum* Roth. – *Fragmenta Floristica et Geobotanica* **28**(2): 302–309.

- STARMACH K. 1982 (1984)b. Red algae in the Kryniczanka stream. – *Fragmenta Floristica et Geobotanica* **28**(2): 257–293.
- STARMACH K. 1985. *Chantransia hermannii* (Roth) Desvaux and the systematic position of the genera *Chantransia*, *Pseudochantransia*, *Audouinella*. – *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* **54**(3): 273–284.
- VIS L. M., MÜLER K. M., KWANDRANS J., SHEATH R. G., ELORANTA P., ABOAL M. & CASTILLO P. S. 2017. Systematic revision of the sister genera *Lemanea* and *Paralemanea* (*Batrachospermales*, *Rhodophyta*). – W: D. J. GARBARY, M. BĄK, P. DĄBEK & A. WITKOWSKI (red.), Abstracts of papers to be presented at the 11th International Phycological Congress, 13–19 August 2017, Szczecin, Poland. – *Phycologia* **56**, Supplement 4: 194–195.
- WASYLIK K. 1971. Zbiorowiska glonów Czarnego Dunajca i niektórych jego dopływów. – *Fragmenta Floristica et Geobotanica* **17**(2): 257–354.
- WOŁOSZYŃSKA J. 1919. Glony stawów i mlak tatrzańskich I. – *Rozprawy Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Akademii Umiejętności, Seria III* **18**: 315–322.
- WOŁOSZYŃSKA J. 1935. Kilka nowych stanowisk krasnorostów słodkowodnych. – *Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej PAU* **68–69**: 65–66.
- ŻELAZNA-WIECZOREK J. & ZIUŁKIEWICZ M. 2008. *Hildenbrandia rivularis* (*Rhodophyta*) in central Poland. – *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* **77**(1): 41–47.

SUMMARY

The paper reviews taxonomic studies of freshwater red algae in the Tatra Mts, giving historical data and supplementing it with the results of recent research on the taxonomy, genetic diversity, phylogeny and distribution of algae in aquatic ecosystems of this area. It was prepared for the Scientific Seminar commemorating the 150th anniversary of phycological research on the waters of the Tatras, organized by the Kraków Branch of the Polish Hydrobiological Society in cooperation with the Karol Starmach Department of Water Biology, Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences in Kraków, Poland.

Freshwater red algae are not common. Their long and complicated reproductive process, the morphological and seasonal variability of different life stages, specific ecological requirements, as well as gaps in research and the lack of clear taxonomical diagnostic criteria, together have resulted in incomplete knowledge of this group. Historical / herbarium data as well as historical records of the taxa (and attempts to find them) have played an important role in comparative genetic and taxonomic studies as well as studies of the mechanisms of migration and range of species occurrence.

The first mention of freshwater red taxa in the waters of the Tatras came from the work of KALCHBRENNER (1866), who reported **Paralemanea torulosa* as *Lemanea torulosa* (Roth) C. Agardh from the Tatra streams. Next, **Batrachospermum turfosum* as *B. vagum* (Roth) C. Agardh was described from Smreczyński Staw pond in the Dolina Kościeliska valley by RACIBORSKI (1888, 1910). *Batrachospermum turfosum* (as *B. vagum*) was also noted from Smreczyński Staw pond by GUTWIŃSKI (1909) and WOŁOSZYŃSKA (1935), and was quoted in later years from the same location by other authors (STARMACH 1928, 1957; SIEMIŃSKA 1962; KAWECKA *et al.* 1997). This is the only known location of the species in Tatra waters.

In the monograph *Flora algarum montium Tatrensium* (GUTWIŃSKI 1909), apart from *B. turfosum*, four other taxa were listed (**Audouinella chalybea* as *Chantransia chalybea* (Lyngbye) Fries, **Audouinella pygmaea* (Kützing) Weber-van Bosse as *Ch. pygmaea*, *Lemanea fluviatilis* Agardh and *Lemanea tortulosa* var. *frigida*, syn. *L. Kalchenbeneri* Rabenhorst? which is a taxon with an unexplained taxonomic status).

* According to current nomenclature and a new proposal of taxonomic revisions for genera and species according to: KUMANO 2002; ELORANTA *et al.* 2011; SALOMAKI *et al.* 2014; KEIL *et al.* 2015.

An important and interesting record was given by NAMYSŁOWSKI (1922), who noted the presence of *Hildenbrandia rivularis* (Lebmann) J. Agard in an outflow of warm water (then a swimming pool) at Jaszczurówka. Contemporary studies have not confirmed the occurrence of *H. rivularis* in the subsequently transformed environment, nor in the anthropogenically altered stream below (KWANDRANS *et al.* 2014).

At the beginning of the last century, six species of red algae were listed: *Batrachospermum turfosum* (as *B. vagum*), *Audouinella chalybea* and *A. pygmaea* (as *Chantransia chalybea*, *Ch. pygmaea*), *Lemanea fluvatililis*, *L. sudetica* and *Hildenbrandia rivularis* (STARMACH 1928). In later years, WOŁOSZYŃSKA (1935) described two species new for the Tatras: *Lemanea ciliata* (Sidorot) De Toni and *Audouinella hermannii* (Roth) Duby in De Candolle (named as *Chantransia violacea* (Roth) Desvaux).

By the middle of the 20th century, eight red species were known from the Tatras (STARMACH 1957). In the following years, intensive studies of the algal communities in Tatra water ecosystems yielded descriptions of several taxa new for the Tatras: *Batrachospermum gelatinosum* (Linnaeus) De Candolle *emend.* Vis *et al.* as *B. moniliforme* Sirodot (STARMACH 1973), *B. skujae* Geitler (STARMACH 1980), *Sheathia boryana* (Sirodot) Salomaki *et* Vis as *B. boryanum* Sidorot, *Sheathia confusa* (Bory) Salomaki *et* M. L. Vis as *Batrachospermum crouanianum* Sidorot (STARMACH 1982 (1984)a) and the rare areophytic species *Rhodospira sordina* (Geitler), identified on moist rocks in the Dolina Białego valley (STARMACH 1981).

New research on freshwater red algae was done in the Tatra waters in 2009–2014 as part of a broad research project on the taxonomic and genetic diversity of freshwater *Rhodophyta* of selected water ecosystems in Poland and some European countries (KWANDRANS *et al.* 2014).

The latest floristic findings include new locations in the Tatra Mts for *Lemanea fluvatililis*, *Audouinella chalybea*, *Batrachospermum gelatinosum*, *Sheathia boryana* and *Batrachospermum skujae* (KWANDRANS *et al.* 2014). *Batrachospermum skujae* was identified on the basis of classical taxonomic criteria, but numerous morphological observations and molecular results suggest that *B. skujae* may be a stage of *B. gelatinosum* reproducing at a vegetative stage, rather than being a separate species. Molecular and phylogenetic analyses from different European populations have yielded evidence of very high genetic variation in *B. gelatinosum* (KEIL *et al.* 2015).

This review of the historical literature and contemporary research indicates that a total of 14 *Rhodophyta* species have been recorded from the Tatra waters (Fig. 5).

Wpłynęło: 05.09.2017 r.; przyjęto do druku: 08.11.2017 r.