

Historia i perspektywy badań zielenic (Chlorophyta) w górskich jeziorach Tatrzańskiego Parku Narodowego (Karpaty Zachodnie)

JOANNA LENARCZYK

LENARCZYK, J. 2017. The history and perspectives of green algae studies (Chlorophyta) in mountain lakes of the Tatra National Park (Western Carpathians). *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 24(2): 339–351. Kraków. e-ISSN 2449-8890, ISSN 1640-629X.

ABSTRACT: This paper presents a literature survey of studies of green algae (*Chlorophyta s. lato*) and discusses future directions of this research in the waterbodies of Tatra National Park. Data on green algae can be found in 16 publications, most of them taxonomic and floristic. Some describe the vertical distribution of taxa and seasonal changes of their biomass. Based on the published data, 20 waterbodies have been sampled so far, especially in the two largest valleys, Dolina Gąsienicowa and Dolina Pięciu Stawów Polskich. Most green algae are desmids. More than 30 taxa new for science have been described from the waterbodies. *Pediastrum* is the only genus whose specimens have been isolated from Tatra lakes and analyzed molecularly. The directions of future research include a taxonomic revision and critical list based on previously published names and new findings in the author's field materials. So far this has been done only for the desmid genera *Euastrum* and *Micrasterias*. There is also a need for intensified phylogenetic research to reveal the relationships between mountain and lowland taxa. Laboratory experiments on the plasticity of the mountain *Pediastrum* strains are planned.

KEY WORDS: desmids, green algae, mountain lake, *Pediastrum*, Tatra National Park

J. Lenarczyk, Zakład Fykologii, Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk, ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków, Polska; e-mail: j.lenarczyk@botany.pl

WSTĘP

Zielenice (*Chlorophyta s. lato*) to bardzo liczna i zróżnicowana morfologicznie grupa glonów, zasiedlająca głównie środowiska wodne. Niektóre z nich pojawiają się również w wilgotnych siedliskach glebowych – edafofity, w środowisku powietrznym – aerofity, na korze drzew – epiksylity, na skałach – epility, a także jako pasożyty w organach roślin – endofitofity i w organizmach zwierząt – endozoofity. Szczególną grupą są zielenice symbiotyczne – fikobionty. Szacuje się, że we florze światowej występuje ponad dwadzieścia tysięcy gatunków tych glonów (GUIRY 2012). Są wśród nich głównie okazy mikroskopijne, jak i gatunki makroskopowe, rzadko jednak dłuższe niż metr (LEWIS & MCCOURT 2004). Wśród zielenic występują organizmy reprezentujące różne stopnie organizacji morfologicznej, od form jednokomórkowych aż po skomplikowane formy plechowate. Należą tu najprostsze jednokomórkowe wiciowce (np. z rodzaju *Chlamydomonas*) – stopień rozwojowy

monadowy, bądź komórki nieruchome – stopień rozwojowy kokalny, często z wyrostkami lub o ciekawie urzeźbionej powierzchni ściany komórkowej, jak np. u wielu przedstawicieli rzędu *Desmidiiales* występujących głównie w czystych wodach o niskiej trofii oraz ekosystemach torfowiskowych. Czasami są to zgrupowania komórek otoczone wspólną galaretowatą otoczką – stopień rozwojowy kapsalny lub tetrasporalny, bądź poruszające się za pomocą wici kolonie – stopień rozwojowy kolonie monadowe (np. z rodzaju *Eudorina*). U zielenic z rzędu *Sphaeropleales* komórki tworzą nieruchome cenobia, specyficzny rodzaj kolonii, w której wszystkie komórki powstają z jednej komórki macierzystej, są w tym samym wieku, a ich liczba nie zmienia się w trakcie życia cenobium (np. często spotykane w wodach stojących zielenice z rodzaju *Pediastrum*). Wyższą formą organizacji morfologicznej są mikroskopowe bądź makroskopowe formy nitkowate, jedno- lub wielokomórkowe. Należą do nich plechy komórczakowe – stopień rozwojowy syfonalny oraz plechy nitkowate – stopień rozwojowy trychalny reprezentowany przez pospolity w wodach słodkich i słonych rodzaj *Cladophora*. Niektóre zielenice o plechach komórczakowych, jak np. występująca w subtropikalnych wodach morskich *Acetabularia* sp. czy też *Caulerpa prolifera* (Forsskal) J. V. Lamouroux, wykazują zróżnicowanie morfologiczne na płożącą się oś oraz tzw. asymilatory i ryzoidy, przypominające organy roślin wyższych. Cecha ta widoczna jest również u występujących na dnie czystych jezior przedstawicieli rzędu *Charales*.

Pomimo tej różnorodności, wszystkie zielenice posiadają wspólne charakterystyczne cechy. Należą do nich wykorzystywany w procesie fotosyntezy chlorofil *a* i *b*, jak również gromadzony w chloroplastach, otoczonych podwójną błoną białkowo-lipidową, materiał zapasowy w postaci skrobi (LEE 2009). Cechy te są również charakterystyczne dla roślin wyższych i świadczą o ich pokrewieństwie z zielenicami. Dowodem tego są prowadzone badania genetyczne zielenic i roślin wyższych, na podstawie których obie grupy tych organizmów traktowane są jako „rośliny zielone” pod wspólną nazwą, np. *Viridiplantae* (LELIAERT i in. 2012).

Tatrzański Park Narodowy cechuje duża różnorodność siedlisk sprzyjających występowaniu zielenic. Pierwsze informacje dotyczące fykoflory tej grupy glonów, jednak bez wskazania bliżej lokalizacji stanowisk podał Kalchbrenner w 1866 r., uznawany według STARMACHA (1957) za pioniera badań glonów w polskich Tatrach. Badania flory zielenic występujących w potokach prowadzili m.in. RACIBORSKI (1910) oraz KAWECKA (1965, 1969, 1971, 1993a, b). Badania w Tatrach uwzględniają również glony z tej grupy zasiedlające ściany skalne, w tym w sąsiedztwie wodospadów (RACIBORSKI 1888, 1889; STARMACH 1966). Fykoflorę torfowisk, trzęsawisk i młak tatrzańskich badali m.in. RACIBORSKI (1889) i MROZIŃSKA (1984), siedlisk glebowych RACIBORSKI (1910), a kriofilnych SIEMIŃSKA (1951), STARMACH i KAWECKA (1965) oraz KAWECKA (1983–1984).

Niniejsza praca dotyczy badań prowadzonych nad zielenicami w wodach stojących tego obszaru. Należą tu zbiorniki o niskiej trofii, niekiedy dystroficzne, położone na różnej wysokości nad poziomem morza, od 1089 m (Toporowy Staw Niżni) do 1890 m (Zadni Staw Polski), jak również różniące się morfometrią (największe Morskie Oko ma prawie 35 ha), genezą (głównie jeziora cyrkowe) oraz typem zlewni (WIT-JÓZWIKOWA & ZIEMOŃSKA 1962; ŁAJCZAK 1996; LENARCZYK 2012). Publikowane dane o przedstawicielach zielenic dotyczą

tylko dwudziestu spośród ponad stu zbiorników wodnych znajdujących się po polskiej stronie Tatr (ŁAJCZAK 1996) (Tab. 1). Najwięcej opublikowanych informacji dotyczących flory zielenic pochodzi z Litworowego Stawu w Dolinie Gąsienicowej. Ten ekosystem wodny był przedmiotem badań, których wyniki zamieszczono w sześciu publikacjach (GUTWIŃSKI 1909; SZKLARCZYK-GAZDOWA 1960; LENARCZYK 2012; LENARCZYK & SAŁUGA 2013; LENARCZYK & TSARENKO 2013; LENARCZYK i in. 2015). Często badano również inne zbiorniki Doliny Gąsienicowej, mianowicie Czerwone Stawki, Długi Staw i Zielony Staw, jak również położony w drugiej najbardziej bogatej w ekosystemy wodne Dolinie Pięciu Stawów Polskich, Wielki Staw Polski. Jednak nazwy połowy badanych dotychczas zbiorników jeziornych pojawiają się tylko w jednej lub dwóch publikacjach (Tab. 1).

Tabela 1. Liczba publikacji z wykazem autorów badających zielenice (*Chlorophyta s. lato*) w zbiornikach wodnych Tatrzańskiego Parku Narodowego

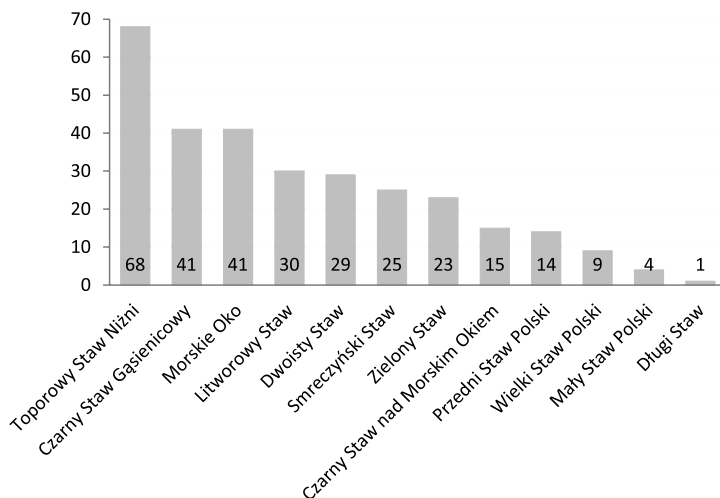
Table 1. Number of publications with list of authors studying green algae (*Chlorophyta s. lato*) in waterbodies of the Tatra National Park

□ – jeziora/lakes of Dolina Gąsienicowa valley, ○ – jeziora/lakes of Dolina Pięciu Stawów Polskich valley, * – jeziora innych części Tatr/lakes of other Tatra regions. Autorzy opracowań/Authors of studies: A – FOTT *et al.* 1999, B – GUTWIŃSKI 1909, C – GUTWIŃSKI 1913, D – KAWECKA 1966, E – KAWECKA 1970, F – LENARCZYK 2012, G – LENARCZYK *et al.* 2015, H – LENARCZYK & SAŁUGA 2013, I – LENARCZYK & TSARENKO 2013, J – LENARCZYK & WOŁOWSKI 2016, K – RACIBORSKI 1885, L – SIEMIŃSKA 1958, M – SIEMIŃSKA 1967, N – STARMACH 1973, O – SZKLARCZYK-GAZDOWA 1960, P – WOŁOSZYŃSKA 1925

Jeziora / Lakes	Lokalizacja Locality	Liczba publikacji/Number of publications					
		1	2	3	4	5	6
		Autorzy / Authors					
Litworowy Staw	□	B	F	G	H	I	O
Czerwone Stawki	□	G	H	I	J	O	
Długi Staw	□	A	B	F	G	H	
Wielki Staw Polski	○	B	E	F	G	N	
Zielony Staw	□	B	F	G	I	O	
Czarny Staw Gąsienicowy	□	B	G	H	O		
Morskie Oko	*	B	C	D	L		
Smreczyński Staw	*	B	F	K	O		
Toporowy Staw Niżni	*	B	F	K	O		
Kurtkowiec	□	G	K	O			
Dwoiste Stawki	□	B	O				
Mały Staw Polski	○	B	G				
Przedni Staw Polski	○	B	G				
Czarny Staw nad Morskim Okiem	*	B					
Czarny Staw Polski	○	G					
Toporowy Staw Średni	*	P					
Toporowy Staw Wyżni	*	M					
Troiśniak Pośredni	□	G					
Zadni Staw Gąsienicowy	□	O					
Zmarzły Staw	□	I					

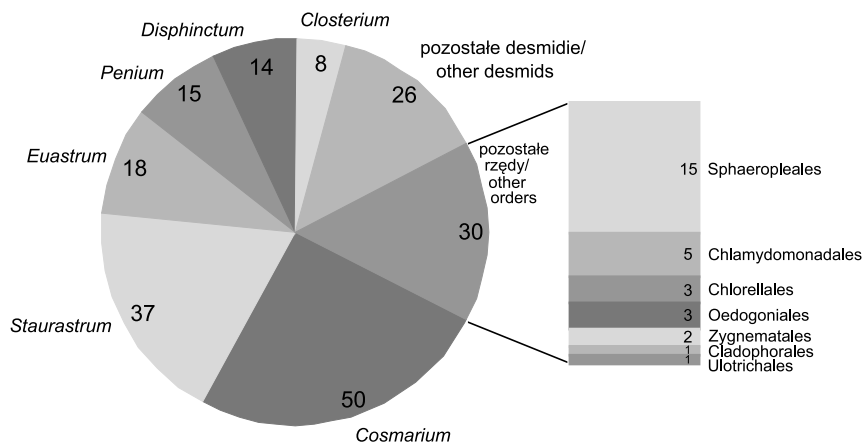
DOTYCHCZASOWY STAN BADAŃ

Pierwsze doniesienia o zielenicach w jeziorach Tatrzańskiego Parku Narodowego pochodzą jeszcze z XIX w. W tamtym czasie RACIBORSKI (1885) zbierał materiał ze Smreczyńskiego Stawu (oryginalna pisownia autora – ze Smreczynowego Stawku) w Dolinie Kościeliskiej, z Kurtkowca w Dolinie Gąsienicowej oraz z Toporowego Stawu Niżniego. W materiale tym zidentyfikował 18 taksonów zielenic z rzędu *Desmidiiales*, w tym aż 14 taksonów nowych dla nauki, między innymi trzy nowe gatunki opisane jako *Penium polonicum* Raciborski [*P. minutum* var. *polonicum* (Raciborski) West], *Staurastrum decipiens* Raciborski i *S. varians* Raciborski [*S. acutum* var. *variens* (Raciborski) Coesel & Meesters]. Kolejne informacje o zielenicach z różnych jednostek systematycznych pochodzą z obszernej monografii o glonach tatrzańskich autorstwa GUTWIŃSKIEGO (1909). W pracy tej przedstawiono wyniki badań flory zielenic w 12 zbiornikach wodnych (Ryc. 1). Najwięcej zielenic autor zanotował w Toporowym Stawie Niżnim (68 taksonów) oraz w Czarnym Stawie Gąsienicowym i Morskim Oku (po 41 taksonów). Dużo mniej zielenic zidentyfikował w próbach ze zbiorników leżących w Dolinie Pięciu Stawów Polskich (Przedni Staw Polski – 14 taksonów, Wielki Staw Polski – 9, Mały Staw Polski – 4) oraz z Długiego Stawu (jeden takson) w Dolinie Gąsienicowej (Ryc. 1). Taksony oznaczone przez GUTWIŃSKIEGO (1909), w liczbie 198, należały do ośmiu rzędów, w tym znaczną większość taksonów stanowiły desmidie. Rodzaje *Cosmarium*, *Staurastrum* i *Euastrum* stanowiły w badaniach autora połowę oznaczonych taksonów (Ryc. 2). W zebranych materiałach autor znalazł i opisał trzy nowe dla nauki gatunki *Cosmarium* (*C. hornavanense* Gutwiński, *C. staurastriforme* Gutwiński i *C. sublobulatum* Gutwiński) oraz szesnaście nowych odmian i form różnych rodzajów desmidii, często podkreślając ich *locus classicus* poprzez dodawanie w nazwie słów *tatricum* czy *montanum*. Mimo że dla większości oznaczonych przez GUTWIŃSKIEGO



Ryc. 1. Liczba taksonów zielenic (*Chlorophyta s. lato*) w jeziorach tatrzańskich podanych w monografii GUTWIŃSKIEGO (1909)

Fig. 1. The number of green algal taxa (*Chlorophyta s. lato*) in Tatra lakes given by GUTWIŃSKI (1909)



Ryc. 2. Liczba taksonów w rodzajach desmidii oraz w pozostałych rzędach zielenic (*Chlorophyta s. lato*) w jeziorach tatrzańskich w monografii GUTWIŃSKIEGO (1909) według podziału systematycznego przyjętego przez tego autora

Fig. 2. The number of taxa in desmid genera and in other orders of green algae (*Chlorophyta s. lato*) in Tatra lakes given by GUTWIŃSKI (1909) according to the systematic order applied by him

(1909) taksonów nie przedstawiono dokumentacji rysunkowej, a część ich nazw jest obecnie nieaktualna z powodu zmian taksonomicznych, wartość monografii autora jest bardzo duża. Stanowi cenny punkt odniesienia do badań porównawczych flory glonów w aspekcie czasowym, tym bardziej, że dotychczas nie powstała druga tak obszerna praca, obejmująca badaniami tak wiele jezior tatrzańskich oraz aż tylu taksonów z różnych grup systematycznych zielenic.

Kilka kolejnych dziesięcioleci przynosi doniesienia o występowaniu zielenic zazwyczaj w pojedynczych zbiornikach wodnych Tatr Polskich. W tym okresie zainteresowania fykologów skupiały się głównie wokół dwóch największych jezior tatrzańskich, tj. Morskiego Oka i Wielkiego Stawu Polskiego. Szczegółowe badania planktonu Morskiego Oka przeprowadził GUTWIŃSKI (1913). Analizował on różnice w składzie taksonomicznym glonów, w tym zielenic, między strefą litoralną, w której zidentyfikował ponad 50 taksonów tych glonów, głównie desmidii z rodzaju *Cosmarium*, strefą limnetyczną (10 taksonów) oraz strefą pelagiczną, w której na różnych głębokościach jeziora znalazł również 11 taksonów zielenic. Autor wyróżnił rodzaj *Gonatozygon* (*Desmidiales*) jako charakterystyczny dla planktonu Morskiego Oka.

Badania peryfitonu w Morskim Oku prowadziła SIEMIŃSKA (1958). Ich rezultatem było odnalezienie nowego dla Polski gatunku zielenicy *Boulbochaete basispora* Wittrock & Lundell występującej jako epifit na niciach sinicy *Plectonema tomasianum* Bornet, na przybrzeżnych kamieniach. Badania pokazały, że amplituda ekologiczna *B. basispora* obejmuje zarówno oligotroficzne siedliska jezior górskich, jak i mezotroficzne stawów niżowych. SIEMIŃSKA (1967) badała również peryfiton Toporowego Stawu Wyżniego. Materiał badawczy zebrała zimą wśród pokrywających dno plech sinicy *Oscillatoria komarovii* Anissimova & Elenkin. Wśród przedstawicieli różnych jednostek systematycznych glonów, autorka zidentyfikowała 63 taksony zielenic, w tym aż 45 z rzędu *Desmidiales*. Podała dla nich opisy, liczebność, dla niektórych również dokumentację w formie rysunków oraz

wyszczególniła gatunki północno-alpejskie, do których zaliczyła między innymi zielenicę *Pediastrum taylori* Siemińska – takson opisany przez nią jako nowy dla nauki z Ameryki Północnej (SIEMIŃSKA 1965).

Materiał fykologiczny z dwóch największych jezior Tatrzańskiego Parku Narodowego był również analizowany przez KAWECKĄ (1966, 1970) i STARMACHA (1973). Wynikiem prac tych autorów było między innymi przebadanie peryfitonu rozwijającego się na pędach *Potamogeton* sp., zebranego latem w Morskim Oku z głębokości 10 m. Oprócz okrzemek, w próbach znaleziono 13 nielicznie występujących taksonów zielenic, w tym zasługujący na uwagę takson desmidii *Micrasterias thomasiana* W. Archer var. *notata* (Nordstedt) Grönblad, który, jak podała KAWECKA (1966), znany był wcześniej z planktonu rzek, jezior i stawów (KAWECKA 1966). LENZENWEGER (2003) podaje natomiast, że takson ten występuje od nizin aż do około 2000 m n.p.m. w mezotroficznym kwaśnym biotopach: torfowiskach, górskich mokradłach czy brzegach zbiorników zarastanych przez torfowisko. Podobną liczbę taksonów zielenic (18) odnotowała również KAWECKA (1970) w próbach glonów, które zasiedliły sztuczne podłoże zawieszane na różnych głębokościach Wielkiego Stawu Polskiego, w litoralu oraz w pelagialu jeziora aż do 72 metra głębokości. Zidentyfikowane zielenice reprezentowane były przez pojedyncze okazy, głównie w litoralu, chociaż trzy taksony (*Cosmarium vexatum* West var. *tenue* W. Archer, *Staurastrum punctulatum* Brébisson i *Arthrodesmus* sp.) odnotowano również w próbach z największej badanej głębokości. Dla dwóch taksonów desmidii *Cosmarium* sp. i *Arthrodesmus* sp., których oznaczenie do gatunku było niemożliwe, KAWECKA (1970) podała uwagi taksonomiczne i rysunki.

STARMACH (1973) również badał glony osiadłe w Wielkim Stawie Polskim, tym razem na kamieniach, które zebrane zostały z różnych głębokości, aż do 40. metra w głąb. W obszernej tabeli autor zestawiał taksony glonów z różnych grup systematycznych i ich występowanie na różnych głębokościach. Zidentyfikował jedynie siedem zielenic, w tym cztery formy nitkowate [*Chlorhormidium flaccidum* (Kützing) Fott, *Microspora amoena* (Kützing) Rabenhorst, *Microthamnion kützingianum* Nägeli i *Ulothrix tenerrima* Kützing] oraz desmidię *Mesotaenium caldariorum* (Lagerheim) Hansgirg z przybrzeżnej strefy jeziora, jak również dwie inne desmidie (*Euastrum bidentatum* Nägeli i *Gonatozygon brebissonii* De Bary) z głębokości pięciu metrów.

W połowie dwudziestego wieku powstała praca SZKLARCZYK-GAZDOWEJ (1960), prezentująca fykoflorę większej liczby jezior, innych niż Morskie Oko i Wielki Staw Polski. Autorka przedstawiła wyniki badań planktonu 11 zbiorników, w większości zlokalizowanych w Dolinie Gąsienicowej. Były to: Toporowy Staw Niżni, Smreczyński Staw, Litworowy Staw, Czarny Staw Gąsienicowy, Dwoiste Stawki (potraktowane razem), Zielony Staw, Kurtkowiec, Czerwone Stawki (potraktowane razem), Długi Staw, Zmarzły Staw oraz Zadni Staw Gąsienicowy. Najwięcej zielenic autorka odnotowała w Toporowym Stawie Niżnim (21 gatunków) i Litworowym Stawie (20). Nie zaobserwowała natomiast żadnego przedstawiciela tej grupy glonów w Długim Stawie i Zmarzłym Stawie. W pobranych próbach zidentyfikowała łącznie 42 gatunki zielenic. Autorka nie udokumentowała jednak gatunków w postaci rysunków czy zdjęć, nie podała opisu taksonomicznego, lecz tylko ich łacińskie nazwy. Dużą część w badanym materiale stanowiły desmidie, w tym głównie z rodzajów *Closterium*, *Euastrum* i *Micrasterias*.

Pod koniec dwudziestego wieku powstała pierwsza dla jezior Tatr Polskich praca o charakterze ekologicznym, w której przedstawiono wyniki badań biomasy fitoplanktonu i jej sezonowe zmiany. Do badań wytypowano trzy jeziora o różnym stopniu zakwaszenia, w tym dwa słowackie (Nižné Terianske Pleso i Starolesnianske Pleso) i jedno z Doliny Gąsienicowej, Długi Staw (FOTT i in. 1999). Polskie jezioro, o bardzo niskiej zawartości biomasy, określono jako ultraoligotroficzne. W przeciwieństwie do wyżej przedstawionych prac mających w większości bardziej florystyczno-taksonomiczny charakter, w pracy FOTTA i in. (1999) podawano zwykle tylko nazwy rodzajowe glonów. Autorzy zidentyfikowali w Długim Stawie pięć rodzajów zielenic, w tym *Chlamydomonas*, *Oocystis*, *Scenedesmus*, *Staurastrum* i *Tetraëdron*.

Najnowsze prace o zielenicach tatrzańskich to prace autorstwa LENARCZYK (2012), LENARCZYK i SAŁUGI (2013), LENARCZYK i TSARENKI (2013), LENARCZYK i in. (2015) oraz LENARCZYK i WOŁOWSKIEGO (2016).

W pracy LENARCZYK (2012) porównano występowanie zielenic w planktonie sześciu jezior różnych pod względem limnologicznym. Najwięcej taksonów zidentyfikowano w Litworowym Stawie (38) i Toporowym Stawie Niżnym (35), najmniej w Długim Stawie (8), podobnie jak w badaniach GUTWIŃSKIEGO (1909), SZKLARCZYK-GAZDOWEJ (1960) oraz FOTTA i in. (1999). W Litworowym Stawie stwierdzono występowanie *Cosmarium hornavanense* Gutwiński, gatunku desmidii wcześniej opisanego przez GUTWIŃSKIEGO (1909) jako nowy dla nauki z położonego obok Zielonego Stawu. W pracy LENARCZYK (2012) podano występowanie łącznie 89 taksonów, w tym 62 z rzędu *Desmidiiales*, 20 *Chlorococcales* oraz po kilka taksonów z innych rzędów, które udokumentowano barwnymi fotografiami, jak również podano ich aktualne i wcześniejsze występowanie w jeziorach Tatr Polskich oraz synonimy. Taksony te znane są również z terenów nizinnych, wyżynnych i subalpejskich Alp oraz ich okolic. Nie znaleziono wśród nich taksonów arktyczno-alpejskich. Stwierdzono 58 taksonów nowych dla polskich jezior tatrzańskich. Wyróżniono również taksony najbardziej rozprzestrzenione czyli takie, które notowano w największej liczbie polskich jezior tatrzańskich podczas obecnych, jak i wcześniejszych badań innych autorów. Do najbardziej rozprzestrzenionych taksonów zaliczono: *Closterium closterioides* (Ralfs) A. Louis et F. Peeters var. *intermedium* (J. Roy et Bisset) Růžička, *Euastrum bidentatum* Nägeli, *E. denticulatum* F. Gay, *Staurastrum punctulatum* Brébisson in Ralfs var. *punctulatum* oraz *Teilingia excavata* (Ralfs) Bourrelly var. *excavata*.

Badania desmidii z rodzajów *Euastrum* i *Micrasterias* w polskich jeziorach tatrzańskich prezentuje praca LENARCZYK i in. (2015). Autorzy przeanalizowali i udokumentowali barwnymi fotografiami skład florystyczny i rozprzestrzenienie desmidii, biorąc pod uwagę materiał własny oraz poddane rewizji dane z literatury. Stwierdzono, że w badanych jeziorach występują lub występowały wcześniej 32 taksony *Euastrum* i siedem taksonów *Micrasterias*, znanych zarówno z obszarów nizinnych, jak i górskich. Badania te potwierdziły, że skład taksonomiczny *Euastrum* i *Micrasterias* nie zmienił się znacznie w okresie około stu lat, jak również nie ma wyraźnych zmian trofii i zakwaszenia jezior. Autorzy wyróżnili wśród badanych desmidii taksony, które są obecnie najbardziej charakterystyczne dla jezior Tatr Polskich. Są to przedstawiciele rodzaju *Euastrum*: *E. ansatum* Ralfs var. *ansatum*, *E. denticulatum* F. Gay, *E. bidentatum* Nägeli var. *speciosum* (Boldt) Schmidle, *E. binale*

(Turpin) Ehrenberg *ex* Ralfs var. *gutwinskii* (Schmidle) Homfeld oraz *E. humerosum* Ralfs var. *humerosum*.

Kolejna praca dotyczy taksonomii i biogeografii wybranych, rzadko odnotowywanych na świecie taksonów zielenic kokalnych z rzędu *Chlorococcales*, w tym *Actinastrum gracillimum* G. M. Smith var. *elongatum* (G. M. Smith) Fott, *Monoraphidium tatrae* (Hindák) Hindák, *Pediastrum braunii* Wartmann in Wartmann et Schenk, *Scotiella tuberculata* Bourrelly var. *tuberculata* oraz *Thelesphaera olivacea* (Beck von Mannageta) Fott (LENARCZYK & TSARENKO 2013). Znalaziono je w kilku zbiornikach wodnych Doliny Gąsienicowej. Na szczególną uwagę zasługuje gatunek *P. braunii* znaleziony tylko w Wyżnim Czerwonym Stawku. Wcześniej podany został z jezior tatrzańskich przez WOŁOZYŃSKĄ (1925) jako *P. tricorutum* Borge, jednak bez wskazania konkretnych stanowisk. Autorka znalazła również okazy morfologicznie przypominające *P. biradiatum* Meyen, które według niej mogą być nowym gatunkiem *Pediastrum*. Do obu taksonów podanych przez WOŁOZYŃSKĄ (1925) bardzo podobny morfologicznie, a także pod względem wymagań środowiskowych jest *P. taylori*, znaleziony w Toporowym Stawie Wyżnim (SIEMIŃSKA 1967). Dotychczas jednak brakuje szczegółowych badań morfologicznych i genetycznych, które pozwoliłyby stwierdzić, jakie jest pokrewieństwo filogenetyczne i zakres zmienności morfologicznej trzech wspomnianych taksonów rodzaju *Pediastrum* notowanych w Tatrach przez WOŁOZYŃSKĄ (1925), SIEMIŃSKĄ (1967) oraz LENARCZYK i TSARENKO (2013).

Rodzaj *Pediastrum s. lato* jest jak dotąd jedynym rodzajem zielenic, którego okazy znalezione w polskich jeziorach tatrzańskich zostały wykorzystane do założenia monoklonalnych szczepów analizowanych pod kątem genetycznym. W badaniach LENARCZYK i SAŁUGI (2013) zestawiono na drzewie filogenetycznym trzy taksony, *P. boryanum* (Turpin) Meneghini var. *longicorne* Reinsch, *P. cf. boryanum* var. *cornutum* Sulek oraz *P. boryanum/integrum* Nägeli, pochodzące z Wyżniego Czerwonego Stawku oraz porównano je pod względem morfologicznym z podobnymi taksonami ze zbiorników nizinnych (odpowiednio ze stawu w Bydgoszczy, z Jeziora Zaterek oraz z Jeziora Warnowskiego na północy Polski). Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie, że dwa pierwsze szczepy nie wykazują najbliższego pokrewieństwa z *P. boryanum* var. *longicorne* i *P. boryanum* var. *cornutum* z terenów nizinnych. Zaobserwowano również drobne różnice morfologiczne, w długości wyrostków oraz granulacji powierzchni ściany komórkowej, między odpowiednimi taksonami górskimi i nizinnymi (LENARCZYK & SAŁUGA 2013; LENARCZYK & WOŁOWSKI 2016).

PODSUMOWANIE I DALsze KIERUNKI BADAŃ

Na podstawie wyników dotychczasowych badań należy stwierdzić, że mimo ponad stu lat ich prowadzenia, wiedza o zielenicach w jeziorach Tatrzańskiego Parku Narodowego jest wciąż niewielka. Większość jezior, z których pobrano materiał fykologiczny, badana była tylko wrywkowo, najczęściej jednokrotnie, a przeważająca liczba jezior dotychczas nie została objęta żadnymi badaniami. Stąd dane o zielenicach są fragmentaryczne i często rozproszone w publikacjach florystycznych. Brak jest współczesnego, całościowego opracowania dotyczącego flory zielenic, które pokazałoby ich faktyczne zróżnicowanie taksonomiczne

w jak największej liczbie jezior. Monograficzne opracowanie GUTWIŃSKIEGO (1909), choć jest ważnym punktem odniesienia do porównań flor glonów w aspekcie czasowym, jest już przedawnione oraz zawiera nieaktualne nazwy taksonów, wymagające rewizji.

Przygotowanie aktualnego opracowania dotyczącego występowania zielenic w jeziorach tatrzańskich jest obecnie realizowane przez Zakład Fykologii, Instytutu Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. Trwa oznaczanie desmidii z rodzaju *Cosmarium*, który w jeziorach tatrzańskich odznacza się największym bogactwem taksonomicznym. Opracowanie wszystkich rodzajów zielenic w próbach zebranych w ciągu ostatnich lat ze zbiorników Parku oraz zrewidowanie nazw taksonów zawartych w dotychczasowych publikacjach pozwoli na przygotowanie całościowej krytycznej listy zielenic, która według szacunkowych danych może liczyć ponad dwieście nazw taksonów.

Oprócz opracowania krytycznej listy, wiele jest jeszcze aspektów badań nad zielencami, które zostały dopiero rozpoczęte lub wcale jeszcze nie zostały zainicjowane. Należy tu wspomnieć o badaniach filogenetycznych, którym poddano dotychczas tylko kilka taksonów *Pediastrum* (LENARCZYK & SAŁUGA 2013). Nie wiemy natomiast, jakie jest pokrewieństwo innych zielenic tatrzańskich z taksonami występującymi w zbiornikach nizinnych. Jest to o tyle interesujące zagadnienie, że flora Tatr jest florą filogenetycznie starą, zawiera gatunki, które istniały w Tatrach, gdy ich niżej położone przedpole zajęte było w plejstocenie przez lodowiec. Dalsze kierunki badań zielenic z jezior tatrzańskich powinny również obejmować badania plastyczności tych glonów, a więc zmian fenotypowych zachodzących pod wpływem różnych czynników środowiskowych, uwzględniając specyficzne warunki termiczne, świetlne i troficzne panujące w Tatrach oraz mechanizmy adaptacji do warunków górskich. Na oddziaływanie górskich czynników środowiskowych w Tatrach wskazują badania prowadzone na okrzemkach już w XIX w. przez Schumanna (STARMACH 1957). Stwierdził on zwiększanie się liczby żeberek wraz ze wzrostem wysokości. W planach badawczych są doświadczenia laboratoryjne mające na celu zbadanie wpływu natężenia światła i temperatury na morfologię taksonów *Pediastrum*, których szczepy wyhodowano w oparciu o okazy zebrane w zbiornikach tatrzańskich.

Trzeba ponadto zwrócić uwagę na fakt, że choć minęło już prawie pięćdziesiąt lat od momentu, kiedy SIEMIŃSKA (1970) zauważyła, że w Morskim Oku „brak jeszcze ciągle obrazu zbiorowisk i wyjaśnienia wzajemnych zależności gatunków”, stwierdzenie to jest cały czas aktualne, a ponadto dotyczy zielenic wszystkich jezior Tatr Polskich. Podobnie wspomniane przez SIEMIŃSKĄ (1970) zmiany w pionowym rozmieszczeniu glonów planktonowych, bentosowych i peryfitonowych w nawiązaniu do warunków świetlnych i termicznych, zmieniających się w ciągu doby i w cyklu rocznym, zostały w odniesieniu do zielenic poznane w bardzo niewielkim stopniu, i to tylko dzięki badaniom GUTWIŃSKIEGO (1913), KAWECKIEJ (1970) i STARMACHA (1973). Według SZAFERA (1962), są dwa warunki, od spełnienia których zależy stopień ważności Tatr dla nauki, i jak należy dodać – w tym również badań zielenic w ich jeziorach. Pierwszy – to otoczenie skuteczną ochroną przyrody tego obszaru, natomiast drugi – to stworzenie w Tatrach i pod Tatrami (zwłaszcza w Zakopanem) stałych i dobrze prosperujących ośrodków pracy naukowej. Aktualnie jednym z wiodących ośrodków pracy naukowej nad glonami tatrzańskimi jest Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk w Krakowie.

Podziękowania. Przygotowanie opracowania sfinansowano z funduszy na działalność statutową Instytutu Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk w 2017 r.

LITERATURA

- FOTT J., BLAŽO M., STUHLÍK E. & STRUNECKÝ O. 1999. Phytoplankton in three Tatra Mountain lakes of different acidification status. – *Journal of Limnology* **58**: 107–116.
- GUIRY M. D. 2012. How many species are there? – *Journal of Phycology* **48**(5): 1057–1063.
- GUTWIŃSKI R. 1909. Flora algarum montium Tatrensium. – Extrait du Bulletin International de l'Academie des Sciences de Cracovie. Classe des Sciences Mathematiques et Naturelles: 415–560.
- GUTWIŃSKI R. 1913. Flora i plankton glonów Morskiego Oka. – *Kosmos* **38**: 1426–1437.
- KAWECKA B. 1965. Communities of benthic algae in the River Białka and its Tatra tributaries in Rybi Potok and Roztoka. – *Komitet Zagospodarowania Ziemi Górskich PAN* **11**: 113–127.
- KAWECKA B. 1966. Glony osiadłe na *Potamogeton* sp. w Morskim Oku. – *Acta Hydrobiologica* **8**(3–4): 321–328.
- KAWECKA B. 1969. Zbiorowiska glonów w potokach tatrzańskich. Tatrzańska Sesja Naukowa. Referaty. s. 19, Polskie Towarzystwo Hydrobiologiczne, Zakopane – Kraków.
- KAWECKA B. 1970. Glony na sztucznym podłożu w Wielkim Stawie w Dolinie Pięciu Stawów Polskich (Tatry Wysokie). – *Acta Hydrobiologica* **12**(4): 423–430.
- KAWECKA B. 1971. Strefowe rozmieszczenie zbiorowisk glonów w potokach Tatr Wysokich. – *Acta Hydrobiologica* **13**(4): 393–414.
- KAWECKA B. 1983–1984. Biology and ecology of snow algae. 3. Sexual reproduction in *Chloromonas rostafiński* (Starmach et Kawecka) Gerloff et Ettl (*Chlorophyta*, *Volvocales*). – *Acta Hydrobiologica* **25–26**: 281–285.
- KAWECKA B. 1993a. Ecological characteristics of sessile algal communities in streams flowing from the Tatra Mountains in the area of Zakopane (southern Poland) with special consideration of their requirements with regard to nutrients. – *Acta Hydrobiologica* **35**(4): 295–306.
- KAWECKA B. 1993b. Green and other algae in the streams of the northern side of the High Tatras. – *Polish Botanical Studies, Guidebook Series* **10**: 17–32.
- LEE R. E. 2009. *Phycology*. Wyd. 4. s. 547. Cambridge University Press, Cambridge.
- LELIAERT F., SMITH D. R., MOREAU H., HERRON M. D., VERBRUGGEN H., DELWICHE C. F. & DE CLERCK O. 2012. Phylogeny and molecular evolution of the green algae. – *Critical Reviews in Plant Sciences* **31**: 1–46.
- LENARCZYK J. 2012. Różnorodność taksonomiczna zielenic (*Chlorophyta*) w sześciu wysokogórskich jeziorach polskiej części Tatr. – *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* **19**(2): 503–523.
- LENARCZYK J. & SALUGA M. 2013. Phenotypic versus genotypic variability of Polish *Pediastrum* taxa – preliminary studies. – W: 32nd International Conference of Polish Phycologists „Do thermophilic species invasion threaten us?”, May 20–23, 2013, Konin – Mikorzyn. Abstract Book: 32–33.
- LENARCZYK J. & TSARENKO P. 2013. Some rare and interesting green algae (*Chlorophyta*) from subalpine Tatra lakes (High Tatra Mountains, Poland). – *Oceanological and Hydrobiological Studies* **42**(3): 225–232.
- LENARCZYK J. & WOŁOWSKI K. 2016. Phenotypic plasticity of wall ultrastructure in the green alga *Pediastrum* s.l. (*Chlorophyta*, *Sphaeropleales*). – *Polish Botanical Journal* **61**(1): 73–88.

- LENARCZYK J., LENZENWEGER R. & JACUŃSKA U. 2015. Spatial and temporal variations in the genera *Euastrum* Ralfs and *Micrasterias* Ralfs (*Desmidiaceae*) assemblages of high altitude lakes. – *Nova Hedwigia* **101**(1–2): 233–250.
- LENZENWEGER R. 2003. Desmidiaceenflora von Österreich. **4**. Bibliotheca Phycologica **111**: 1–87.
- LEWIS L. A. & MCCOURT R. M. 2004. Green algae and the origin of land plants. – *American Journal of Botany* **91**(10): 1535–1556.
- ŁAJCZAK A. 1996. Hydrologia. – W: Z. MIREK, Z. GŁOWACIŃSKI, K. KLIMEK & H. PIĘKOŚ-MIRKOWA (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego, Tatry i Podtatrze*. **3**, s. 169–196. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- MROZIŃSKA T. 1984. *Botryosphaerella sudetica* (Lemmermann) Silva (*Botryococcaceae*, *Chlorophyta*), a green alga new to Tatra Mts. – *Archiv für Hydrobiologie, Supplement* **67**(3), *Algological Studies* **36**: 245–249.
- RACIBORSKI M. 1885. Opisy nowych desmidyjów polskich. – *Pamiętnik Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Akademii Umiejętności* **10**: 57–100.
- RACIBORSKI M. 1888. Materyjały do flory glonów Polski. – *Sprawozdania Komisji Fizyograficznej* **22**: 1–43.
- RACIBORSKI M. 1889. Nowe desmidyje. – *Pamiętnik Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Akademii Umiejętności* **17**: 1–41.
- RACIBORSKI M. 1910. *Phycoteca polonica*. Część II. Nr 51–100. – *Kosmos* **35**(1–2): 1001–1006.
- SIEMIŃSKA J. 1951. Barwne śniegi w Tatrach. – *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* **7**(9–10): 17–23.
- SIEMIŃSKA J. 1958. Nowy dla Tatr i Polski gatunek *Boulbochaete basispora* Wittrock et Lundell. – *Fragmenta Floristica et Geobotanica* **3**(2): 151–153.
- SIEMIŃSKA J. 1965. Algae from Mission Wells pond, Montana. – *Transactions of the American Microscopical Society* **84**(1): 98–126.
- SIEMIŃSKA J. 1967. Glony z Toporowego Stawu Wyżniego w Tatrach. – *Acta Hydrobiologica* **9**(1–2): 169–185.
- SIEMIŃSKA J. 1970. Niektóre aspekty badań Morskiego Oka w Tatrach. – *Kosmos* **103**: 173–179.
- STARMACH K. 1957. Stan badań algologicznych w Tatrach. – *Kosmos, Seria A* **2**(25): 141–151.
- STARMACH K. 1966. Glony naskalne w Dolinie Chochołowskiej w Tatrach. – *Fragmenta Floristica et Geobotanica* **12**(4): 527–531.
- 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. & KAWECKA B. 1965. The yellow-green snow in the Valley Za Mniczem in the Tatra Mountains. – *Komitet Zagospodarowania Ziemi Górskich PAN* **11**: 75–80.
- SZAFER W. 1962. Wstęp do drugiego wydania. – W: W. SZAFER (red.), *Tatrzański Park Narodowy*. Wydawnictwa popularnonaukowe. **21**, s. 5–10. Zakład Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- SZKLARCZYK-GAZDOWA C. 1960. Plankton roślinny niektórych stawów tatrzańskich. – *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* **29**(4): 597–624.
- WIT-JÓZWIKOWA K. & ZIEMOŃSKA Z. 1962. Hydrografia Tatr Polskich. – W: W. SZAFER (red.), *Tatrzański Park Narodowy*. Wydawnictwa popularnonaukowe. **21**, s. 125–138. Zakład Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- WOŁOSZYŃSKA J. 1925. Algologische Notitzen. – *Folia Cryptogamica* **1**(2): 49–52.

SUMMARY

This paper summarizes the occurrence of green algae in waterbodies of Tatra National Park and discusses future directions of studies on this algal group in these habitats. Sixteen publications describe green algae in 20 waterbodies, especially in Litworowy Staw lake in the Dolina Gąsienicowa valley (Tab. 1).

The first report was presented by RACIBORSKI (1885) from Smreczyński Staw lake, Kurtkowiec lake and Toporowy Staw Niżni lake. He described many desmid taxa (Desmiales) new for science, including three species (*Penium polonicum* Raciborski, *Staurastrum decipiens* Raciborski and *S. varians* Raciborski). Next, GUTWIŃSKI (1909) published a detailed monograph on algae in the Tatra Mountains, including almost 200 green algal taxa (mostly desmids belonging to the genera *Cosmarium*, *Staurastrum* and *Euastrum*) in twelve lakes (Figs 1, 2). He also described three *Cosmarium* species (*C. hornavanense* Gutwiński, *C. staurastriforme* Gutwiński and *C. sublobulatum* Gutwiński) and 16 varieties and forms of green algae new for science.

In the next several decades, usually single lakes were studied, especially the largest ones, Morskie Oko lake and Wielki Staw Polski lake. GUTWIŃSKI (1913) found differences in the taxonomic composition of green algae of the littoral, limnetic and pelagial zones of Morskie Oko lake. From the periphyton of the lake, SIEMIŃSKA (1958) described *Boulbochaete basispora* Wittrock & Lundell as a species new for Poland. The same author also analyzed the periphyton of Toporowy Staw Wyżni lake, from which many green algae, especially desmids, were listed, and north-alpine taxa, including *Pediastrum taylori* Siemińska (SIEMIŃSKA 1967), were specified. KAWECKA (1966, 1970) studied the periphyton of Morskie Oko lake and algae on artificial substrate in a depth gradient of Wielki Staw lake. Only a few green algae, preferring the littoral, were found there, but some taxa occurred even below 70 m depth. Similarly, STARMACH (1973) recorded only a few benthic green algae from various depths in Wielki Staw Polski lake, including four filamentous ones and one desmid from the littoral zone, and two other desmids from five meters depth. SZKLARCZYK-GAZDOWA (1960) recorded over 40 green algal species from the phytoplankton of several lakes different from the two mentioned above. Most green algae were found in Toporowy Staw Niżni lake and Litworowy Staw lake. Most of them were desmids, especially *Closterium*, *Euastrum* and *Micrasterias*.

A few decades later, the first ecological study focusing on seasonal changes of phytoplankton biomass was published (FOTT *et al.* 1999). Besides two Slovak lakes, Długi Staw lake in Dolina Gąsienicowa valley was sampled. Based on very low algae biomass, it was found to consist of taxa including *Chlamydomonas*, *Oocystis*, *Scenedesmus*, *Staurastrum* and *Tatraëdron* (identified only to genus). Długi Staw lake was described as ultraoligotrophic. The most recent publications concerning green algae in the Tatra lakes were written by LENARCZYK (2012), LENARCZYK & SALUGA (2013), LENARCZYK & TSARENKO (2013), LENARCZYK *et al.* (2015) and LENARCZYK & WOŁOWSKI (2016). LENARCZYK (2012) compared the green algal plankton of six limnologically differing lakes. Among them, Litworowy Staw lake was the most algae-rich. In this lake, *Cosmarium hornavanense*, previously described by GUTWIŃSKI (1909) as a new species for science from Zielony Staw lake, was found. LENARCZYK (2012) identified almost 90 taxa, especially desmids, 58 of them new for the Polish Tatra lakes. Additionally, some desmids [*Closterium closterioides* (Ralfs) A. Louis *et* F. Peeters var. *intermedium* (J. Roy *et* Bisset) Růžička, *Euastrum bidentatum* Nägeli, *E. denticulatum* F. Gay, *Staurastrum punctulatum* Brébisson in Ralfs var. *punctulatum* and *Teilingia excavata* (Ralfs) Bourrelly var. *excavata*] were highlighted as the most often noted green algae in the Tatra lakes. Based on their own materials and previously published records, LENARCZYK *et al.* (2015) stated that 32 *Euastrum* and seven *Micrasterias* taxa are known from the Polish Tatra lakes and that their floristic composition has not changed much over a hundred years of studies. A few *Euastrum* taxa were highlighted as the ones that have expanded most in the lakes [*E. ansatum* Ralfs var. *ansatum*, *E. denticulatum* F. Gay, *E. bidentatum* Nägeli var. *speciosum* (Boldt) Schmidle, *E. binale* (Turpin) Ehrenberg *ex* Ralfs var. *gutwinski* (Schmidle) Homfeld and *E. humerosum* Ralfs var. *humerosum*]. The next paper (LENARCZYK & TSARENKO 2013) was devoted to a few rare coccal green algae, including *Actinastrum gracillimum* G. M. Smith var. *elongatum* (G. M. Smith) Fott, *Monoraphidium tatrae* (Hindák) Hindák, *Pediastrum braunii* Wartmann in Wartmann *et* Schenk, *Scotiella tuberculata* Bourrelly var. *tuberculata* and *Thelesphaera olivacea* (Beck von Manageta) Fott, found in the Dolina Gąsienicowa valley. *Pediastrum braunii* was previously noted from the

Tatra lakes as *P. tricornutum* Borge by WOŁOSZYŃSKA (1925), who also found some specimens morphologically similar to *P. biradiatum* Meyen. Both taxa given by WOŁOSZYŃSKA (1925) are morphologically and ecologically similar to *P. taylori* found in Toporowy Staw Wyżni lake (SIEMIŃSKA 1967). There is a lack of detailed morphological and molecular studies on the phylogenetic relationships and the range of morphological variability of all three *Pediastrum* taxa mentioned by WOŁOSZYŃSKA (1925), SIEMIŃSKA (1967) and LENARCZYK & TSARENKO (2013). However, the genus is the only one whose specimens have been isolated from the Tatra lakes and analyzed molecularly (LENARCZYK & SAŁUGA 2013). Three strains [*P. boryanum* (Turpin) Meneghini var. *longicorne* Reinsch, *P. cf. boryanum* var. *cornutum* Sulek and *P. boryanum/integrum* Nägeli] from Wyżni Czerwony Stawek lake were molecularly and morphologically compared with similar strains from lowland waterbodies. The two first strains did not group together with their lowland counterparts on the phylogenetic tree. Some small morphological differences were also observed (LENARCZYK & SAŁUGA 2013; LENARCZYK & WOŁOWSKI 2016).

Current knowledge of the green algae in the Tatra lakes is still poor despite over a century of studies. Needed is a comprehensive up-to-date report showing the taxonomic diversity of green algae in a large number of Tatra waterbodies. Such a report is in preparation in the Department of Phycology, W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences in Kraków. There is also a need for a critical list of all green algae occurring in the Tatra waterbodies. It is important to expand phylogenetic studies on the Tatra green algae and define their relationships with the lowland ones. It is planned to study their plasticity under the effects of light and temperature in controlled laboratory conditions.

Wpłynęło: 12.04.2017 r.; przyjęto do druku: 25.09.2017 r.