

# Wpływ kwaśnej materii organicznej na strukturę populacji roślin podwodnych i bank diaspor w jeziorach twardowodnych

## Impact of acid organic matter on populations of underwater plants and seed bank in hardwater lakes

AGNIESZKA GAŁKA, KATARZYNA BOCIĄG

A. Gałka, K. Bociąg, *Katedra Ekologii Roślin, Uniwersytet Gdański,  
Al. Legionów 9, 80-441 Gdańsk, e-mail: bioaga@univ.gda.pl*

ABSTRACT: The features of the hydrological system, physical and chemical water properties, underwater vegetation structure and the diaspore bank were determined in two neighbouring hardwater lakes in the Kashubian Lakeland (NW Poland). Only one of the lakes (Lake Czarne) was fed by acid organic matter, whereas the other (Lake Białe) provided a basis for comparison. Lake Czarne was characterized by a considerably high concentration of dissolved organic carbon DOC (4,1-4,4 mg C dm<sup>-3</sup>) and dissolved humic substances DHS (1,9-2,1 mg C dm<sup>-3</sup>), dark water colour (10-22 mg Pt dm<sup>-3</sup>) and poor visibility (to 3 m). The epilimnion reached a depth of 3 m, and the photic zone only 6 m. This resulted in poor species diversity: 5 representatives of Cormophyta and 3 Characeae were found, frequency of the latter (39%) being much lower than in Lake Białe (66%). In the surface sediment layers of both lakes oospores of *Chara* and *Nitella* occurred. In Lake Czarne the oospore bank was 140 times smaller than in Lake Białe (49,5 ± 66,5 as compared to 5629,9 ± 4054 diaspores dm<sup>-3</sup>). The oospores from Lake Czarne were incapable of germination.

KEY WORDS: acidic organic matter, humic substances, lake humication, underwater vegetation, macrophytes, seed bank

## Wstęp

Współczesne przemiany ekosystemów jeziornych są z reguły powodowane przez człowieka, głównie w wyniku jego oddziaływań na zlewnię, prowadząc do wzrostu dostawy substancji ze zlewni i ich akumulacji w jeziorze (Kajak 1998). Wielkość dostawy zależy m. in. od położenia geograficznego, ukształtowania terenu oraz systemu hydrologicznego zlewni (Bajkiewicz-Grabowska 1985; Kajak 1998; Cieśliński 1999). Jedną z form presji człowieka na jeziora jest ich włączanie w system melioracyjny, odwadniający lasy bagienne i torfowiska. Wraz z dostarczaną wodą, do jezior przedostaje się ogromny ładunek kwaśnej materii organicznej, w tym substancji humusowych (Górniak 1996). Pojawienie się tych substancji w nadmiarze powoduje np. zabarwienie wody i w konsekwencji spadek natężenia światła, czego efektem jest zmniejszenie różnorodności gatunkowej i zaburzenia w zonacji roślinności w jeziorze (Bociąg 2000a, 2003; Szymeja 2000; Banaś 2001, 2004, 2005; Bociąg, Szymeja 2001). Taka forma presji człowieka na jeziora określana jest jako humizacja, czyli antropogeniczne wzbogacenie w allochtoniczne substancje humusowe (Bociąg 2000a; Szymeja 2000). Szczególnie podatne na humizację są ekosystemy jezior twardowodnych, co wynika z niewielkiej odporności zasiedlających je gatunków (Bociąg 2000a, b).

Celem badań było udowodnienie różnic w środowisku wodnym i strukturze roślinności podwodnej w dwóch jeziorach twardowodnych: z dostawą substancji humusowych (Jez. Czarne) i bez takiej dostawy (Jez. Białe). Wstępne porównanie obu jezior, podane w pracy Bociąg (2000b), wykazało szereg istotnych różnic w środowisku abiotycznym i w strukturze roślinności podwodnej. W prezentowanej pracy uwzględniono dodatkowe cechy środowiska wodnego i struktury roślinności, a także włączono do analiz bank diaspory roślin podwodnych, zdeponowany w osadach obu jezior.

## 1. Materiał i metody

Badania prowadzono w roku 2003 i 2004, w dwóch sąsiadujących jeziorach: Czarnym i Białym; pierwsze obarczone jest dostawą allochtonicznych substancji humusowych z łąk na torfie niskim, drugie natomiast jest pozbawione takiej dostawy i stanowi wzorzec do porównań. Prace obejmowały analizę systemu hydrologicznego zlewni, cech wody, roślinności podwodnej i banku diaspory. Do opisu zlewni wykorzystano mapę topograficzną w skali 1:10 000, przy użyciu której wyznaczono zlewnię jezior, według metod zaproponowanych przez Mikulskiego (1977).

Fizyczne i chemiczne cechy środowiska wodnego określono na podstawie prób wody powierzchniowej i przydennej, pobranej w okresie stagnacji letniej. W próbach zmierzono odczyn, przewodnictwo, całkowitą zawartość soli rozpuszczonych (TDS), barwę, twardość ogólną. Określono stężenie wapnia, azotu ogólnego (TN), fosforu ogólnego (TP), rozpuszczonego węgla organicznego

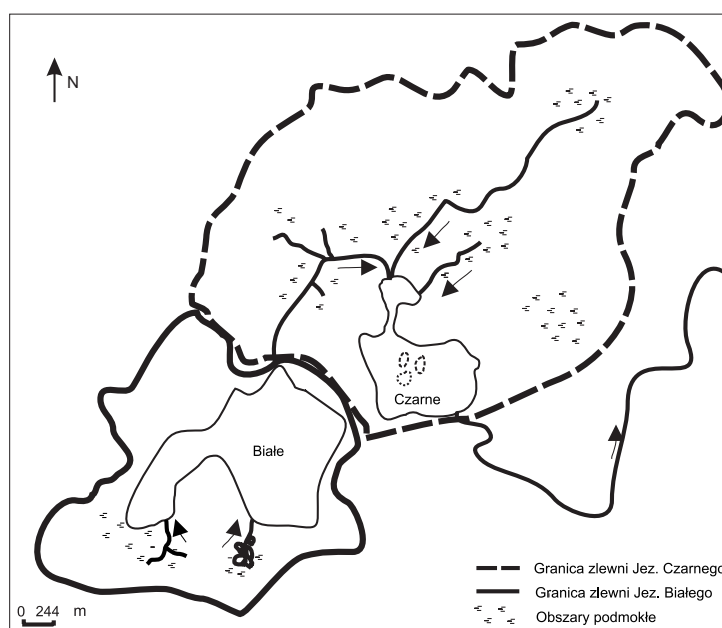
(DOC) i rozpuszczonych substancji humusowych (DHS). Ponadto zmierzono widoczność w wodzie (krążkiem Secchi), oświetlenie, temperaturę i stężenie tlenu, według metod zaproponowanych przez Hermanowicza i in. (1999). Stężenie DOC określono metodą spektrofotometryczną (Górniak 1996), przy długości fali  $\lambda = 330$ .

Strukturę roślinności jezior zbadano na podstawie 75 transektów, wyznaczonych co 100 m wzdłuż linii brzegowej. Gatunki roślin oznaczono w trzech strefach litoralu: do głębokości 2 m, 2-4 m i >4 m, metodą Nagasaki i in. (2002). W wyróżnionych strefach litoralu oceniano częstość występowania gatunków. Korzystano z następujących kluczy do oznaczania roślin: Dąbbska (1964), Casper, Krausch (1980), Szafer i in. (1986).

Bank diaspor roślin podwodnych oceniano w powierzchniowej warstwie osadu (0-2,5 cm), na podstawie 15 prób z Jeziora Białego i 22 z Jeziora Czarnego, zebranych z głębokości 4 m. Potencjał aktywacyjny banku diaspor ustalono eksperymentalnie, w warunkach kontrolowanego oświetlenia i temperatury, usuwając co 2 dni pojawiające się młode rośliny. Potencjał aktywacyjny diaspor obliczono z ilorazu aktywowanych diaspor do ich ogólnej liczby, użytej w eksperymencie.

## 2. Wyniki

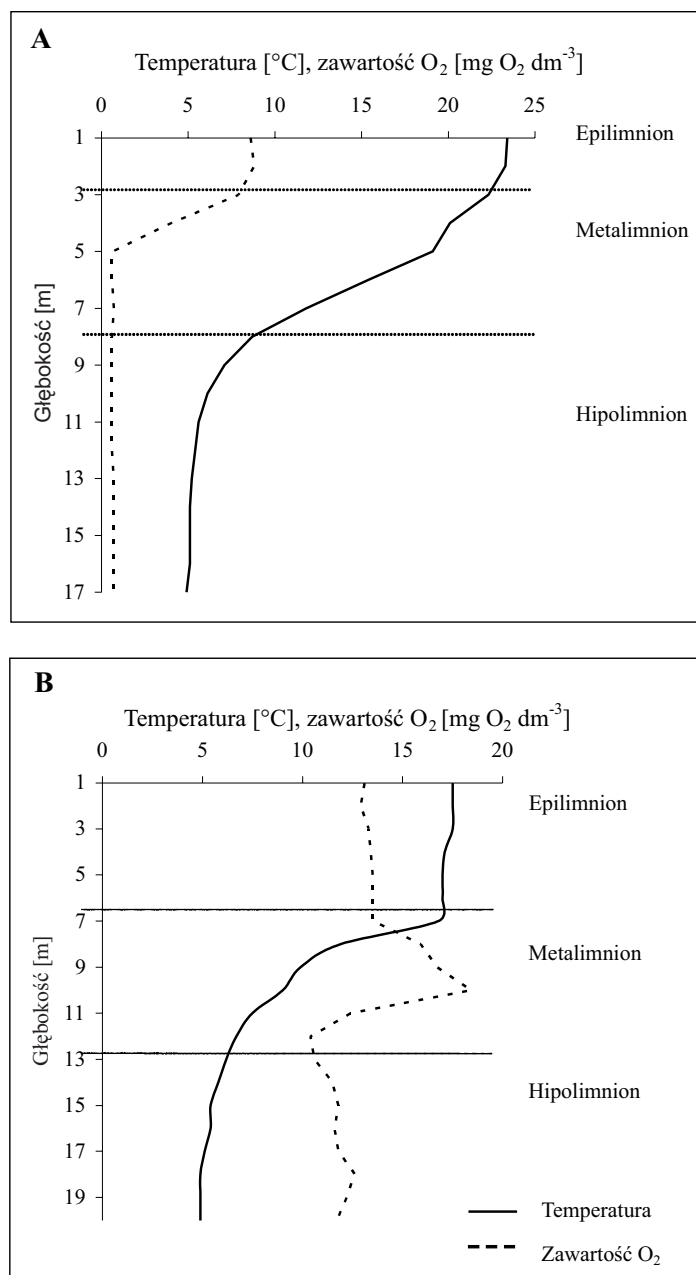
Z powodu prac melioracyjnych, wykonanych w pobliżu Jeziora Czarnego, jego zlewnia została znacznie powiększona o obszary położone na torfie niskim,



Ryc. 1. Zlewnie jezior Czarne (A) i Białego (B).

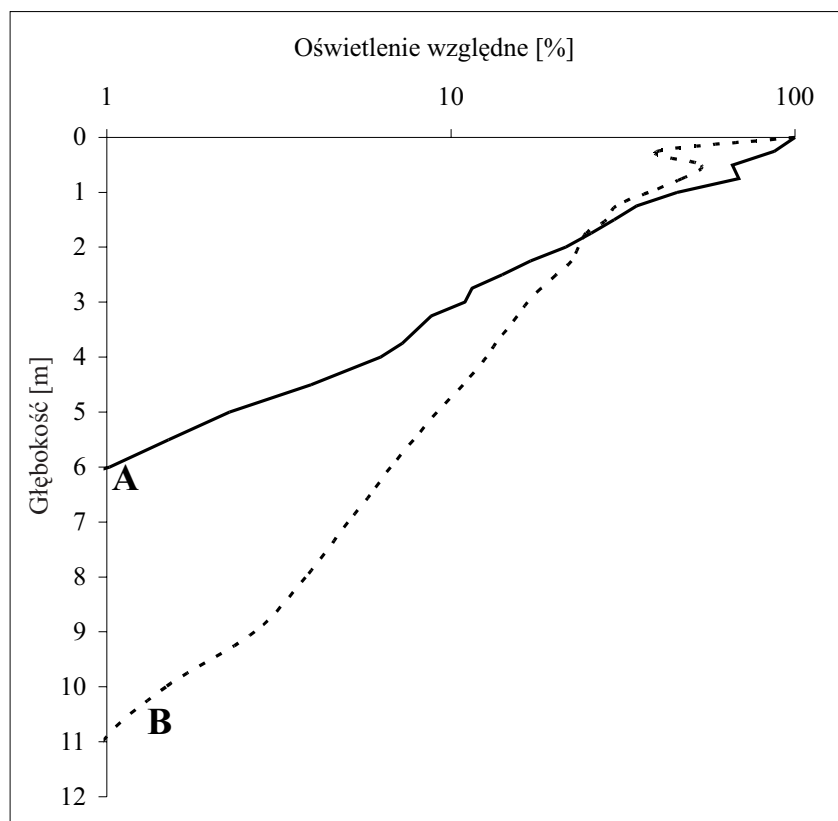
Fig. 1. Catchments of Lakes Czarne (A) and Białe (B).

z których woda bogata w kwaśną materię organiczną trafia do jeziora (ryc. 1). Z kolei zlewnia Jeziora Białego zachowała cechy naturalne i w ostatnich dziesięcioleciach nie zmieniła swojej powierzchni.



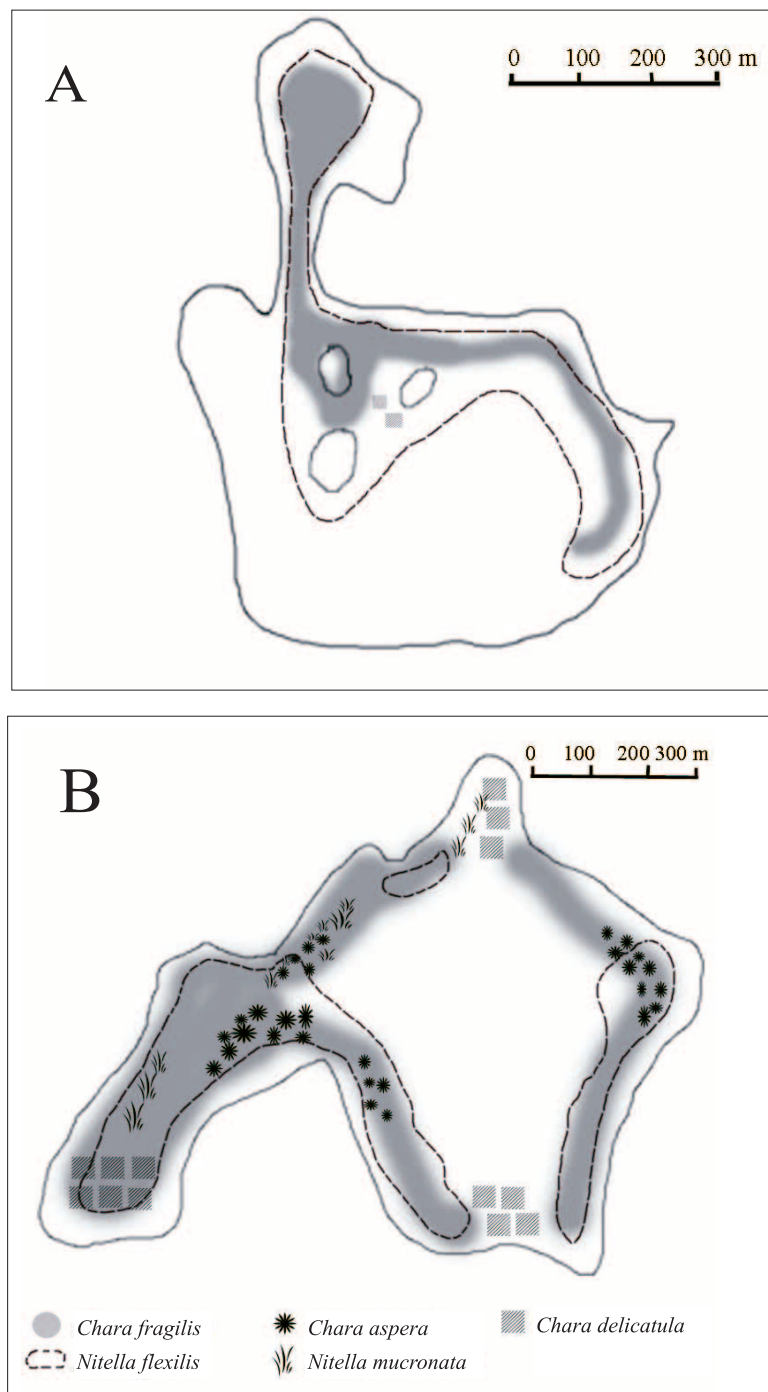
Ryc. 2. Profil termiczny i tlenowy w jeziorach Czarnym (A) i Białym (B).  
Fig. 2. Thermal and oxygen stratification in Lakes Czarny (A) and Białe (B).

Latem pelagial obu jezior jest termicznie stratyfikowany (ryc. 2). Epilimnion w jeziorze Czarnym jest węższy niż w Białym (3 m, wobec 7), a całe jezioro jest słabiej natlenione i ma mniejszy zasięg strefy fotycznej (ryc. 3). W Jeziorze Czarnym 1% promieniowania PAR dociera tylko do 6 m głębokości, w Jez. Białym – do 11 m. Oba jeziora są podobne pod względem trofii i twardości wody, ich odczyn waha się od obojętnego do lekko zasadowego, natomiast znacznie różnią się zawartością substancji humusowych (tab. 1). Zdecydowanie więcej DHS jest w wodzie Jeziora Czarnego, o czym świadczy również ciemna barwa wody i słabsza widoczność, która nie przekracza 3 m.

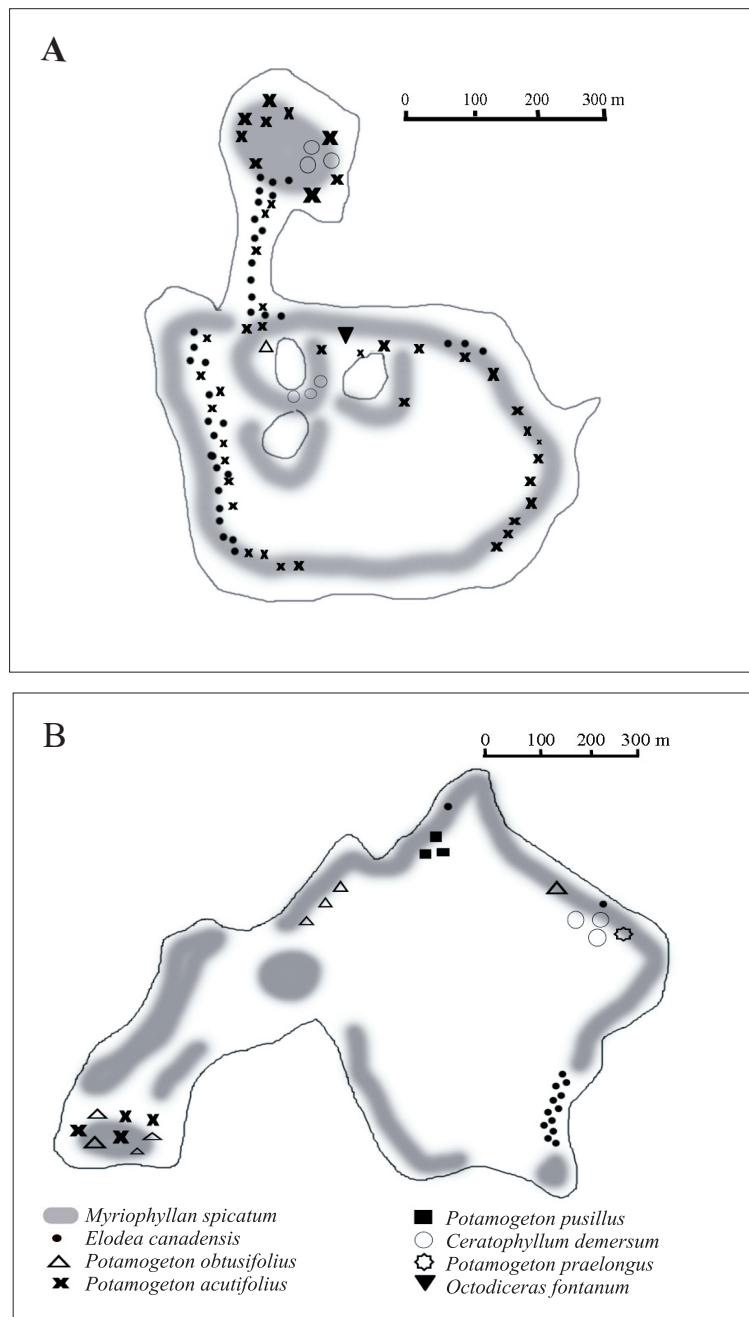


Ryc. 3. Pionowy rozkład oświetlenia względnego w jeziorach Czarnym (A) i Białym (B).  
Fig. 3. Vertical distribution of light in Lakes Czarne (A) and Białe (B).

Płytki litoral obu jezior (plain  $\leq 2$  m) jest zdominowany przez Cormophyta. Tworzą one podwodne łąki, w których najczęściej występują: *Myriophyllum spicatum* i *Potamogeton acutifolius*. Rzadziej pojawiają się *Ceratophyllum demersum* i *Elodea canadensis* (ryc. 4 i 5). W litoralu obu jezior, na głębokości 2–4 m, rośliny naczyniowe współwystępują z ramienicami. W głębokim litoralu ( $\geq 4$  m) jeziora



Ryc. 4. Rozmieszczenie Charales w jeziorach Czarnym (A) i Białym (B).  
Fig. 4. Distribution of Charales in Lakes Czarne (A) and Białe (B).



Ryc. 5. Rozmieszczenie Cormophyta i mchu *Octodicerias fontanum* w jeziorach Czarnym (A) i Białym (B).

Fig. 5. Distribution of Cormophyta and the moss *Octodicerias fontanum* in Lakes Czarny (A) and Biały (B).

Białego dominują *Nitella flexilis* i *Chara fragilis*, natomiast w jeziorze Czarnym ta strefa litoralu jest pozbawiona roślin podwodnych. Warto podkreślić, że w obu jeziorach rosną rośliny stosunkowo rzadko spotykane w Polsce, np. *Nitella mucronata* i *Potamogeton praelongus* (Jez. Białe), i *Octodicerias fontanum* (Jez. Czarne).

Tabela 1. Cechy wody powierzchniowej (A) i przydennej (B) w jeziorach.

Tabele 1. Characteristic of surface (A) and near bottom (B) water of lakes.

Cecha – Trait	Jezioro – Lake		Czarne	
	A	B	A	B
Widoczność – Visibility [m]	4		3	
Barwa – Colour [mg Pt dm <sup>-3</sup> ]	0,7	1,7	10	22
pH	6,8	6,9	8,3	7
DOC [mg C dm <sup>-3</sup> ]	3	3	4,1	4,4
DHS [mg C dm <sup>-3</sup> ]	1,3	1,3	1,9	2,1
Przewodnictwo - Conductivity [ $\mu$ S cm <sup>-3</sup> ]	118	124,3	139,7	150
TDS (Total Dissolved Solids) [mg dm <sup>-3</sup> ]	114	122	117	120
Ca [mg dm <sup>-3</sup> ]	20,2	20,7	25,4	27
Twardość – Water hardness [mg CaO dm <sup>-3</sup> ]	40,1	43,5	46,1	46,7
TP (Total Phosphorus) [mg PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> dm <sup>-3</sup> ]	0,14	0,18	0,12	0,14
TN (Total Nitrogen) [mg N dm <sup>-3</sup> ]	0,22	0,8	0,8	0,21

Objaśnienia: DOC – rozpuszczony węgiel organiczny; DHS – rozpuszczone substancje humusowe.

Explanations: DOC – dissolved organic carbon, DHS – dissolved humic substances.

Tabela 2. Częstość i głębokość występowania gatunków.

Table 2. Frequency and depth occurrence of a species.

Gatunek – Species	Jezioro – Lake		Czarne	
	Frekwencja	Głębokość	Frekwencja	Głębokość
	Frequency [%]	Depth [m]	Frequency [%]	Depth [m]
<i>Chara fragilis</i> Desvoux	31	0-11	12	0-3
<i>Nitella flexilis</i> (L.) Agardh.	15	0-11	23	0-0
<i>Chara aspera</i> Deth. ex Willd.	7	0-7		
<i>Nitella mucronata</i> (A.Braun) Miquel	7	0-5		
<i>Chara delicatula</i> Agardh non Desv.	6	0-4	3	0-3
<b>Ramienice (Characeae)</b>	<b>66</b>	<b>0-11</b>	<b>39</b>	<b>0-0,4</b>
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	21	0-4	23	0-4
<i>Potamogeton obtusifolius</i> Mert. et Koch.	5	0-4	1	0-2
<i>Potamogeton acutifolius</i> Link ex Roem. & Schult.	3	0-4	21	0-3
<i>Potamogeton natans</i> L.	2	0-3	8	0-3
<i>Elodea canadensis</i> Rich. et Mchx.	2	0-4	10	0-2
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	1	0-3	1	0-2
<i>Potamogeton pusillus</i> L.	1	2-4		
<i>Potamogeton praelongus</i> Wulfen	0,3	1-2		
<b>Rośliny naczyniowe (Cormophyta)</b>	<b>34</b>	<b>0-4</b>	<b>61</b>	<b>0-4</b>
<i>Octodicerias fontanum</i> (La Pyl.) Lindb.			0,5	0-1

W Jeziorze Czarnym występuje mniej gatunków niż w Jeziorze Białym (10 wobec 13); w pierwszym stwierdzono 3 gatunki Charales i 6 Cormophyta, a w Białym – 5 Charales i 8 Cormophyta (tab. 2). W Jeziorze Czarnym mniejsza



jest maksymalna głębokość występowania roślin (4 m, wobec 11 m w Białym). Ramienice zajmują w tym jeziorze część litoralu do głębokości 4 m (wobec 11 m w Jez. Białym). Arealy populacji roślin naczyniowych w obu jeziorach sięgają do podobnej głębokości (4 m). W Jeziorze Czarnym dominują Cormophyta (frekwencja 61%), mniejszy jest natomiast udział Charales (39%), odwrotnie niż w Jeziorze Białym (naczyniowe 34%, ramienice 61%).

Organizacja przestrzenna Charales w jeziorze Czarnym jest inna niż w Białym: niższa jest ich frekwencja, arealy populacji są mniejsze i leżą płycej (tab. 2, ryc. 4). Jeden z dominujących gatunków, *Chara fragilis*, występuje z frekwencją ponad dwukrotnie niższą niż w Białym (12% wobec 31%), jedynie do głębokości 4 m (wobec 11 m w Białym), zajmując przy tym znacznie mniejsza część litoralu. Tylko jeden gatunek z grupy ramienic (*Nitella flexilis*) pojawia się w jeziorze Czarnym częściej niż w Białym (frekwencja 23% wobec 15%). Ponadto w jeziorze Czarnym zajmuje on większą powierzchnię litoralu niż w jeziorze Białym (tab. 2, ryc. 4).

W przeciwieństwie do Charales, w obu jeziorach Cormophyta rosną do podobnej głębokości a arealy ich populacji są równie rozległe (tab. 2, ryc. 5). Warto odnotować, że frekwencja niektórych Cormophyta w jeziorze Czarnym jest wyższa niż w Białym.

Tabela 3. Bank diaspor w osadach powierzchniowych jezior.

Tabele 3. Seed bank in lakes sediment.

Jezioro – Lake Seed bank feature	Białe (n=15)				Czarne (n=23)			
	x ± SD	Me	Min-max	V [%]	x ± SD	Me	Min-max	V [%]
Zagęszczenie/dm <sup>3</sup> – Concentration/dm <sup>3</sup>								
<i>Chara sp. div.</i>	5322±1303	3538	1304-13386	76	38,5±53,4	15	0-199	147
<i>Nitella sp. div.</i>	307,7±486	154	9-1923	160	11,0±17,1	17	0-55	156
Razem – Total	5629 ± 4054	5080	1312-13789	72	49,5±66,5	66,5	0-219	134
Potencjał aktywacyjny – Activation potential [%]								
<i>Chara sp. div.</i>	30,25±22,9	29,6	0,53-93	76	0	0	-	-
<i>Nitella sp. div.</i>	56,7 ± 29,5	62,5	9-100	52	0	0	-	-
Razem – Total	32,8 ± 22,3	30,05	1,5-93,2	68	0	0	-	-

Objaśnienia: n – liczba prób, x ± SD – średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe, Me – mediana, min-max – zakres, V – współczynnik zmienności.

Explanations: n – number of samples, x ± SD – arithmetic mean ± standard deviation, Me – median, min-max – range, V – variability coefficient.

Zagęszczenie diaspor roślin podwodnych w osadach powierzchniowych obu jezior jest zróżnicowane (tab. 3). W Jeziorze Czarnym nieuszkodzonych diaspor jest niemal 140-krotnie mniej niż w Jeziorze Białym (49,5 ± 66,5 diaspor dm<sup>-3</sup> wobec 5629,9 ± 4054 diaspor dm<sup>-3</sup>). W Jeziorze Czarnym w wielu miejscach nie ma diaspor, natomiast w Jeziorze Białym ich liczba jest zawsze znaczna (>1300 diaspor dm<sup>-3</sup>; tab. 3). Bank diaspor składa się wyłącznie z oospor ramienic, chociaż florę obu jezior tworzą również Cormophyta (por. tab. 2). W skład banku

wchodzą oospory *Chara* i *Nitella*. W osadach obu jezior najwięcej jest oospor *Chara*, a znacznie mniej – *Nitella*, przy czym przewaga oospor *Chara* jest w Jeziorze Czarnym znacznie mniejsza niż w Białym. W Jez. Czarnym oospory stanowią nieco ponad 75% składu banku diaspor, podczas gdy w Białym – niemal 95% (tab. 3). W Jeziorze Czarnym nie stwierdzono żywych oospor, natomiast w Białym potencjał aktywacyjny banku jest wysoki i wynosi  $32,8 \pm 22,3\%$ . Oospory kiełkowały we wszystkich próbach, w sposób bardzo zróżnicowany, dlatego zmienność potencjału aktywacyjnego jest znaczna (1,5–93%,  $V = 68\%$ ; tab. 3).

Podsumowując, humizacja Jeziora Czarnego doprowadziła do zmiany fizycznych i chemicznych cech środowiska wodnego, a także do regresji populacji większości Charales. W ich miejsce nie pojawiają się żadne inne gatunki roślin. Z powodu spadku aktywności diaspor, zdolność populacji do regeneracji jest niewielka.

### 3. Dyskusja

Przyczyną humizacji Jeziora Czarnego było jego włączenie do systemu odwadniania łąk na torfie niskim. Jak wykazali m.in. Górniak (1996) i Tobolski (2000), głównym składnikiem materii organicznej, wprowadzanej do jezior z takich środowisk, są substancje humusowe (SH). Powodują one zabarwienie i zmętnienie wody, przez co zwiększa się pochłanianie światła w zakresie 200–365 nm (Frimmel 1994). Ponadto SH tworzą kompleksy o charakterze koloidalnym, które rozpraszając światło, zmniejszają zasięg strefy fotycznej w jeziorze (Choiński 1995; Górniak 1996). Ograniczone oświetlenie podwodnych siedlisk silnie wpływa na roślinność, zwłaszcza głębokowodną (Banaś 2001; Szmeja, Bociąg 2004). W Jeziorze Czarnym skutkuje to zwężeniem fitolitoralu do głębokości 4,0 m oraz zmniejszeniem się arealów populacji większości gatunków roślin podwodnych. W szczególności dotyczy to Charales, które w warunkach korzystnego oświetlenia są w stanie zasiedlić znacznie głębsze fragmenty litoralu.

W dobrze zachowanych jeziorach twardowodnych, takich jak jez. Białe, Charales tworzą rozległe łąki podwodne (Dąbska 1964; Krause 1997), znane z małej odporności na spadek oświetlenia (Blindow 1992). W wyniku niewielkiego nawet wzrostu stężenia SH w wodzie i osadach, rośliny te giną w jeziorach (Bociąg 2000a; Szmeja 2000). W pracy Bociąg (2000b) stwierdzono, iż w jez. Czarnym plon Charales jest ponad 8.000 razy niższy niż w jez. Białym. Ponadto, frekwencja większości gatunków tych roślin jest znacznie niższa, mniejsze są także arealy ich populacji (tab. 2, ryc. 4). Tylko w przypadku *Nitella flexilis* frekwencja w płytkim litoralu jez. Czarnego jest znacznie wyższa niż w jez. Białym (tab. 2, ryc. 4). Być może wynika to z większej, niż w przypadku innych Charales, odporności tego gatunku na zacinienie lub na zmianę innych warunków środowiskowych.

W obu porównywanych jeziorach Cormophyta rosną dość płytko, przy czym w jez. Czarnym występują one z większą frekwencją niż w jez. Białym

(tab. 2, ryc. 5). Wyniki naszej pracy są potwierdzeniem wcześniejszego doniesienia, że w przypadku humizacji, podobnie jak umiarkowanej eutrofizacji, zmiany w populacjach Cormophyta są mniej wyraźne niż w populacjach Charales (Ozimek, Kowalczewski 1984; Bociąg 2000a; Ozimek 1990).

Podczas humizacji populacje głębokowodnych roślin są „spychane” w stronę wód płytkich i lepiej oświetlonych. Podłoże litoralu jest w takich miejscach silnie erodowane przez fale i mineralne (Banaś 2001), a populacje roślin zwykle rozrzedzone. W jeziorach miękkowodnych w ten sposób reagują głębokowodne Bryophyta i isoetids (Szmeja, Bociąg 2004), w twarowodnych – Charales. W wyniku regresji populacji głębokowodnych roślin i ich przesunięcia w stronę płytkiego litoralu, w jeziorze zaciera się charakterystyczny układ zonacyjny roślinności podwodnej.

Bank oospor, oceniony na podstawie prób pobranych z głębokości 4 m, jest w Jez. Czarnym prawie 140-krotnie mniej liczny niż w Jez. Białym (por. tab. 3). Jest to dodatkową oznaką ustępowania Charales z jeziora Czarnego, związaną ze spadkiem zdolności ich populacji do odnawiania się. Ponadto, oospery nie były zdolne do kiełkowania, a zatem regeneracja populacji ramienic na głębokości 4 m mogłaby nastąpić wyłącznie w wyniku dostawy diaspor z płytkiego litoralu. Byłby to jednak proces powolny, ponieważ skuteczne odnawianie się populacji Charales jest możliwe dopiero wówczas, gdy w osadzie zgromadzi się dostatecznie dużo żywych i zdolnych do kiełkowania oospor.

## Literatura

- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E. 1985. Struktura fizyczno-geograficzna zlewni jako podstawa oceny dostawy materii biogennej do jezior. – *Prace i Studia Instytutu Geografii UW*: 65–87.
- BANAŚ K. 2001 (mscr.). Wpływ substancji humusowych na warunki siedliskowe roślin podwodnych. Rozprawa doktorska, Katedra Ekologii Roślin, Uniwersytet Gdański.
- BANAŚ K. 2004. Tendencje zmian cech fizyko-chemicznych wody w jeziorach humusowych Pomorza – W: JANKOWSKI A. T., RZĘTAŁA M. (red.), *Lakes and artificial water reservoirs - functioning, revitalization and protection*. University of Silesia – Faculty of Earth Sciences, Polish Limnological Society. Katowice, Wyd. Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, s. 7–17.
- BANAŚ K. 2005. The effect of dissolved organic carbon on pelagial and near-sediment water traits in lakes. – *Acta Soc. Bot. Pol.* 74(2): 133–139.
- BLINDOW I. 1992. Decline of charophyte during eutrophication: comparison with angiosperms. – *Freshw. Biol.* 28(1): 9–14.
- BOCIĄG K. 2000a (mscr.). Transformacja roślinności podwodnej w procesie humizacji jezior. Rozprawa doktorska, Katedra Ekologii Roślin, Uniwersytet Gdański.
- BOCIĄG K. 2000b. Impact of humic substances on the structure of the vegetation of hard-water lakes. – W: JACKOWIAK B., ŻUKOWSKI W. (red.), *Mechanisms of anthropogenic changes of the plant cover*. – *Prace Zakładu Taksonomii Roślin UAM* 10: 161–168.

- BOCIAĞ K. 2003. The impact of the acidic organic matter on the diversity of underwater vegetation in soft water lakes. – *Acta Soc. Bot. Pol.* 72(3): 221–229.
- BOCIAĞ K., SZMEJA J. 2001. Changes in the vegetation of softwater lakes under the influence of humic substances. – *Pol. J. Ecol.* 49(4): 319–326.
- CASPER S. J., KRAUSCH H. D. 1980. Süßwasserflora von Mitteleuropa. *Pteridophyta* und *Anthophyta*. 1. Teil. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 403 ss.
- CHOIŃSKI A. 1995. Zarys limnologii fizycznej Polski. Wyd. Nauk. UAM, Poznań, 298 ss.
- CIEŚLIŃSKI R. 1999. Ocena naturalnej tolerancji na przemiany antropogeniczne jeziora Druzno – W: CHOIŃSKI A., JAŃCZAK J. (red.), Konferencja limnologiczna, Radzyń k. Sławy. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa, s. 45–55.
- DĄBBSKA I. 1964. *Charophyta* – ramienice. – W: STARMACH K. (red.), Flora słodkowodna Polski. 13: 1–125. PWN, Warszawa.
- FIMMEL F. K. 1994. Fotochemical aspects related to humic substances. – *Environ. Int.* 20(3): 373–386.
- GÓRNIĄK A. 1996. Substancje humusowe i ich rola w funkcjonowaniu ekosystemów słodkowodnych. Wyd. Filii Uniwersytetu Warszawskiego w Białymstoku, Białystok, 151 ss.
- HERMANOWICZ W., DOŻAŃSKA W., DOJLIDO J., KOZIOROWSKI B. 1999. Fizyczno-chemiczne badanie wód i ścieków. Arkady, Warszawa, 847 ss.
- KAJAK Z. 1998. Hydrobiologia – limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych. PWN, Warszawa, 355 ss.
- KRAUSE W. 1997. Charales (Charophyceae). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 18. Gustav Fischer Verlag, Jena, 202 ss.
- MIKULSKI Z. 1977. Przewodnik do ćwiczeń z hydrografii. PWN, Warszawa, 107 ss.
- NAGASAKI M., YOSHIZAWA K., ARIIZUMI K., HIRABAYASHI K. 2002. Temporal changes and vertical distribution of macrophytes in Lake Kawaguchi. – *Limnology* 3(2): 107–114.
- OZIMEK T. 1990. Przebudowa roślinności zanurzonej w silnie eutrofizujących się jeziorach i jej konsekwencje dla ekosystemu jeziornego – W: KAJAK Z. (red.), Funkcjonowanie ekosystemów wodnych ich ochrona i rekultywacja. Część II., Ekologia jezior, ich ochrona i rekultywacja. Eksperymenty na ekosystemach. Wyd. SGGW-AR, Warszawa, s. 239–260
- OZIMEK T., KOWALCZEWSKI A. 1984. Long-term changes of the submerged macrophytes in eutrophic Lake Mikołajskie (North Poland). – *Aquat. Bot.* 19(1-2): 1–11.
- SZAFER W., KULCZYŃSKI S., PAWŁOWSKI B. 1986. Rośliny polskie. I-II. Wyd. 5. PWN, Warszawa, 1019 ss.
- SZMEJA J. 2000. Tendences of changes in the flora and vegetation structure of Pomeranian lakes under the influence of humic substances. – W: JACKOWIAK B., ŻUKOWSKI W. (red.), Mechanisms of anthropogenic changes of the plant cover. – *Prace Zakładu Taksonomii Roślin UAM* 10: 85–97.
- SZMEJA J., BOCIAĞ K. 2004. The disintegration of populations of underwater plants in soft water lakes enriched with acidic organic matter. – *Acta Soc. Bot. Pol.* 73(2): 165–173.
- TOBOLSKI K. 2000. Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. PWN, Warszawa, 507 ss

## Summary

The aim of the study was to describe the differences in the water habitat and underwater vegetation structure between two hardwater lakes in the Kasubian Lakeland, oligohumic Lake Białe and mesohumic Lake Czarne. Catchment size and the properties of water, underwater vegetation and diaspore bank were examined. The evaluation of wa-

ter properties was based on surface water and near-bottom water samples collected during the summer stagnation. Underwater vegetation was studied following the transect method, which involved determining the frequency with which species occurred in the littoral. The diaspore bank was evaluated by means of an analysis of diaspores in the samples of surface sediments (layer of 0-2,5 cm) collected from a depth of 4 m. The activation potential of the diaspore bank was experimentally determined, i.e. the diaspores were exposed to controlled lighting and temperature.

As a result of earlier agricultural drainage, the area of meadows located on a peatland, whose waters are discharged into the lake with a considerable amount of acid organic matter with humic substances (SH) (Fig. 1), was included into the catchment area of Lake Czarne. On the other hand, the catchment area of Lake Białe is natural. The lakes differ in terms of concentration of SH in water and sediments. However, trophism, water hardness and pH are similar (Tab. 1). A greater amount of dissolved humic substances can be found in the water of Lake Czarne, which is indicated by its dark colour and poor visibility. The epilimnion in this lake is much narrower and reaches a depth of 3 m, while in Lake Białe, 7 m (Fig. 2). The range of the photic zone is also narrower in Lake Czarne (Fig. 3). Charales and Cormophyta grow in both lakes. In Lake Czarne fewer species (10) than in Lake Białe (13) were found. The maximum depth of plant occurrence is also smaller in Lake Czarne (4 m compared with 11 m). In Lake Czarne Cormophyta dominate (frequency of 61%), and Charales represent a smaller percentage (39%). In Lake Białe the proportions are reversed (Tab. 2, Fig. 4, 5). In Lake Czarne Charales occupy the littoral to a depth of 4 m, whereas in Lake Białe, to 11 m. In both lakes the home ranges of Cormophyta reach a similar depth (4 m; Tab. 2). The oospore bank in the sediments of Lake Czarne is over 140 times smaller than in Lake Białe. In the surface layers of sediments at a depth of 4 m in Lake Czarne there are no living oospores, while the activation potential of the bank in Białe Lake is high (Tab. 3).

All in all, the humication of Lake Czarne manifests itself in a change of physical and chemical water properties as well as the visible disappearance of Charales. The low activation potential of the oospore bank in this lake indicates that the population of Charales proves to be barely able to regenerate.