

Krystian T. OBOLEWSKI¹, Elżbieta SKORBIŁOWICZ² i Mirosław SKORBIŁOWICZ²

WPŁYW SKŁADU CHEMICZNEGO OSOKI ALOESOWATEJ *Stratiotes aloides* L. NA STRUKTURĘ ZASIEDLAJĄCEJ JĄ MAKROFAUNY

INFLUENCE OF WATER SOLDIER *Stratiotes aloides* L. ON THE STRUCTURE OF INHABITING MACROFAUNA

Abstrakt: Badania prowadzono w sezonach wiosennym i letnim 2007 roku dla Jeziora Smoldzińskiego (odcięta zatoka jeziora Gardno) oraz otaczających go kanałach melioracyjnych. Określono strukturę fauny epifitycznej zasiedlającej osokę aloesowatą *Stratiotes aloides* L. oraz skład pierwiastkowy (Cd, Pb, Zn, Cr, Ni, Cu, Ca i Mg) tego makrofitu. Dzięki wykorzystaniu metody ordynacyjnej pCCA podjęto próbę określenia wpływu chemicznego podłoża roślinnego na zasiedlających je przedstawicieli makrofauny. Łącznie znaleziono 27 taksonów fauny epifitycznej, wśród której dominowały przedstawiciele ślimaków. Największy wpływ na epifaunę naroślinną mają ołów i miedź, redukując głównie występowanie przedstawicieli mięczaków. Również akumulacja w liściach tego makrofitu innych metali ciężkich wpływa niekorzystnie na żyjących na jej powierzchni przedstawicieli makrofauny, natomiast stężenia wapnia i magnezu wpływają bardzo korzystnie na przedstawicieli chrząszczy, chrząszczów oraz mięczaków. Sam wpływ sezonowości na chemiczne oddziaływanie osoki na zasiedlającą ją zwierzęta nie został potwierdzony.

Słowa kluczowe: fauna naroślinna, pierwiastki, Jezioro Smoldzińskie, kanały melioracyjne

Makrofity zanurzone lub pływające po powierzchni wody stanowią ważny element ekosystemów wodnych. Rośliny wodne pływające po powierzchni bywają pośrednio lub bezpośrednio źródłem pożywienia dla znacznej liczby zwierząt wodnych [1]. Mają duże znaczenie siedliskowe: ograniczają przenikanie energii świetlnej w głąb toni wodnej oraz redukują falowanie wiatrowe i zjawisko resuspensji osadów dennych. Szczególną rolę w tym wypadku może odgrywać osoka aloesowata (*Stratiotes aloides* L.) o dużych zwartych kępach liści, mogących pokryć całe lustro wody i preferując silnie zeutrofizowane, polimiktyczne jeziora [2, 3].

W tkankach tego makrofitu mogą się gromadzić zarówno pierwiastki biogenne, jak i metale [3]. Na ilość zakumulowanych metali w osoce wpływ ma jakość warunków środowiskowych oraz typ ekosystemu wodnego. Równocześnie osoka stanowi łatwo dostępne poziome podłoże dla dużej grupy zwierząt wodnych, ogólnie nazywanych fauną epifityczną [4]. Czynniki potencjalnie wpływającymi na populację tej formacji ekologicznej są światło, temperatura, falowanie, rodzaj podłoża, skład chemiczny wody, a także wyżeranie [5]. Wpływ poszczególnych czynników został zbadany, natomiast wciąż niewiele wiadomo na temat chemicznego oddziaływania osoki na pozostające z nią w kontakcie hydrobionty. *S. aloides* została przebadana pod kątem allelopatycznego oddziaływania na inne rośliny, głównie fitoplankton [6], co potwierdziło jej wpływ na struktury innych formacji ekologicznych. Brak jest jednak do chwili obecnej informacji o oddziaływaniu chemicznym osoki na zasiedlającą ją makrofaunę, dla której stanowi ona

¹ Zakład Ekologii Wód, Akademia Pomorska, ul. adm. K. Arciszewskiego 22b, 76-200 Słupsk, email: obolewsk@apsl.edu.pl

² Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok

odpowiednik dna. Ze względu na dobrze poznany wpływ chemizmu osadów dennych zasiedlanych przez te same gatunki fauny co osokę, wydaje się że takie oddziaływanie jest oczywiste [7]. Szczególnie oddziaływanie metali toksycznych wchodzących w skład wydzielanych substancji może być dowodem na kształtowanie struktur fauny fitofilnej przez podłoża biotyczne [8].

Celem pracy było określenie wpływu zawartości pierwiastków (Cd, Pb, Zn, Cr, Ni, Cu, Ca i Mg) w tkankach liści na zagęszczenie przedstawicieli fauny epifitycznej zasiedlających osokę aloesowatą w Jeziorze Smołdzińskim i otaczających go rowach melioracyjnych.

Materiał i metody

Jezioro Smołdzińskie powstało po odcięciu zatoki od jeziora Gardno na obszarze Słowińskiego Parku Narodowego. Jest bardzo młodym akwenem, częściowo zarośniętym helofitami, wśród których rozwija się grupa *Hydrocharitetum morsus-ranae*, reprezentowana głównie przez *S.aloides* [9]. Duża żyzność wód sprzyja rozwojowi tego hydromakrofitu, a jednocześnie pozwala tworzyć nowe miejsca jego rozwoju w połączonych z tym zbiornikiem eutroficznych kanałów melioracyjnych [10].

Pobieranie próbek pływającej *S.aloides* i zasiedlającej ją fauny epifitycznej prowadzono od kwietnia do lipca w 2007 roku. Materiał pobierano w dwóch powtórzeniach, każde z nich obejmowało 3 próbki, liczące od 12 do 14 kormusów osoki, o masie mokrej roślin wynoszącej ok. 5,0 kg - ogółem zebrano 42 okazy osoki. Badania przeprowadzono zgodnie z ogólnie przyjętą metodyką [5], w trakcie których oznaczono przedstawicieli makrofauny naroślinnej.

Pozbawione fauny liście były wysuszone w 105°C. Po wysuszeniu i homogenizacji próbki poddano mineralizacji „na mokro” w stężonym kwasie azotowym z dodatkiem 30% wody utlenionej w wysokociśnieniowym piecu mikrofalowym. Oznaczenia metali wykonano metodą płomieniowej spektrofotometrii absorpcji atomowej. Wyniki analiz roślin weryfikowano za pomocą certyfikowanego materiału odniesienia: INCT-MPH-2 i INCT-TL-1. Obliczony błąd pomiarowy nie przekraczał 5% wartości certyfikowanej. Zawartość Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn Ca i Mg podano w mg na 1 kg suchej masy (s.m.).

Zależność pomiędzy zmiennymi niezależnymi (skład chemiczny osoki) a zgrupowaniami fauny fitofilnej analizowano za pomocą kanonicznej analizy korespondencji z użyciem analizy krokowej postępującej (pCCA) z wykorzystaniem programu STATISTICA 8.0. Określono również współczynnik korelacji na poziomie $p = 0,05$.

Wyniki i ich omówienie

Spośród analizowanych pierwiastków w Jeziorze Smołdzińskim liście osoki zawierały znaczne ilości kadmu i ołowiu, ponadto znaczne ilości niklu, miedzi, wapnia i cynku (tab. 1). W kanałach melioracyjnych ilości badanych pierwiastków w tkankach osoki różniły się w znacznym stopniu.

Fauna fitofilna zasiedlająca liście osoki aloesowatej w badanych ekosystemach wodnych Słowińskiego Parku Narodowego jest utworzona przez 27 taksonów (tab. 1). Wśród zidentyfikowanych taksonów pod względem zagęszczenia dominowały ślimaki *Planorbarius planorbarius* L. ($D = 27\%$), a ze względu na biomasę *Lymnaea stagnalis* L.

(D = 40%), ponieważ oba gatunki znajdują na liściach makrofitów znaczne zasoby pokarmowe w postaci glonów perifitonowych [2, 5].

Średnia zawartość pierwiastków [mg/kg s.m.] w osocie aloesowatej *S.aloides* oraz struktura dominacji zasiedlającej ją epifauny (D%) pod względem zagęszczenia (Z) i biomasy (B) w Jeziorze Smołdzińskim i otaczających je kanałach melioracyjnych

Tabela 1

The average concentration of chemical elements (mg/kg d.m.) in water soldier *S.aloides* and density (Z) and biomass (B) domination structure (D%) of epiphytic fauna it inhabiting the Smoldzinskie Lake and surrounding melioration ditches

Table 1

Pierwiastki	Jezioro Smołdzińskie		Kanał I				Kanał II					
	wiosna	lato	wiosna	lato	wiosna	lato	wiosna	lato	Z	B	Z	B
Cd	1,25	0,50	0,10	0,75	0,80	1,05						
Pb	9,5	5,0	0,5	7,5	8,0	8						
Zn	40,5	13,5	4,7	29,5	61,5	39,0						
Cr	0,45	2,00	2,15	1,95	0,50	6,50						
Ni	5,3	2,9	0,7	4,6	5,5	4,4						
Cu	3,10	2,55	0,15	2,00	3,45	2,80						
Ca	206,5	181,3	221,0	302,0	153,5	177,5						
Mg	146,0	153,0	198,0	138,0	149,5	153,0						
Taksony	Z	B	Z	B	Z	B	Z	B	Z	B	Z	B
1. Oligochaeta	0	0	0	0	0	0	0,5	0,2	1,8	0,1	0	0
2. <i>Erpobdella octoculata</i> (L.)	2,5	2,9	0	0	10	29,5	1,7	3,2	1,8	2,6	12,5	1,6
3. <i>Erpobdella</i> sp.	18,5	7,3	30,3	20,4	2,5	0,8	6,8	1,2	0	0	0	0
4. <i>Glossiphonia heteroclita</i> (L.)	1,2	3,0	5,6	1,9	1,25	1,0	8,7	1,1	1,8	0,3	6,3	1,6
5. <i>Helobdella stagnalis</i> (L.)	0	0	1,4	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0
6. <i>Asellus aquaticus</i> (L.)	1,2	0,1	13,4	2,5	0	0	10,8	0,9	41,8	1,7	25,0	1,4
7. <i>Caenis macrura</i> Stephens	0	0	9,2	1,9	1,25	0,2	11,1	0,6	0	0	0	0
8. <i>Colymbetes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0,2	0	1,8	0,1	6,3	2,8
9. <i>Limnephilus</i> sp.	0	0	1,4	3,4	8,8	15,0	0,9	1,7	0	0	0	0
10. <i>Ecnomus tenellus</i> Rambur	0	0	0	0	0	0	0,5	0,0	0	0	0	0
11. <i>Nepa cinerea</i> (L.)	0	0	0	0	1,25	0,2	0,7	0,7	0	0	0	0
12. <i>Aeschna grandis</i> (L.)	0	0	0	0	0	0	0,2	2,1	9,1	90,1	6,3	80,5
13. <i>Dytiscus</i> sp.	0	0	0,7	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0
14. <i>Notonecta</i> sp.	0	0	0,7	0,2	0	0	0,2	0,5	0	0	3,1	6,0
15. Chironomidae larvae	11,1	0,7	12,7	1,8	37,5	1,8	52,4	2,0	34,5	1,2	37,5	3,1
16. Lepidoptera larvae	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8	0,2	0	0
17. <i>Dytiscus</i> sp.	1,2	27,2	0,7	12,9	0	0	0	0	1,8	3,7	3,1	2,8
18. <i>Planorbium corneum</i> (L.)	1,2	5,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19. <i>P. planorbium</i> (L.)	27,2	10,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20. <i>Anisus</i> sp.	1,2	0,4	1,4	0,2	8,8	0,8	0,7	0	3,6	0,2	0	0
21. <i>Viviparus viviparus</i> (L.)	0	0	0	0	0	0	0,5	49,9	0	0	0	0
22. <i>Viviparus contectus</i> (Millet)	0	0	0	0	1,3	6,2	0	0	0	0	0	0
23. <i>Lymnaea stagnalis</i> (L.)	23,5	40,3	0	0	3,8	5,2	0,9	29,2	0	0	0	0
24. <i>Lymnaea aureculata</i> (L.)	11,1	1,8	5,6	6,2	0	0	0	0	0	0	0	0
25. <i>Ancylus lacustris</i> (L.)	0	0	0	0	11,3	3,3	0,9	0,2	0	0	0	0
26. <i>Bithynia tentaculata</i> (L.)	0	0	16,9	44,7	11,3	35,3	2,1	6,5	0	0	0	0
27. <i>Sphaerium corneum</i> (L.)	0	0	0	0	1,3	0,8	0	0	0	0	0	0

Zakumulowane w tkankach osoki pierwiastki stają się elementem wydzielanych przez roślinę substancji mających bezpośredni wpływ na warunki życia fauny i flory [6]. Świadczą o tym wartości współczynnika korelacji Spearmana, wskazujące na bardzo znaczną współzależność składu osoki na strukturę fauny naroślinnej. Badane metale ciężkie wpływają negatywnie na ilość fauny, szczególnie wyraźnie jest to widoczne w przypadku ołowiu, którego duże wartości źle znoszą *Colymbetes* sp. ($r = -0,94$), *Viviparus contectus* ($r = -0,89$), *Ancylus lacustris* ($r = -0,89$), *Sphaeriu corneum* ($r = -0,89$) i *Anisus* sp. ($r = -0,83$).

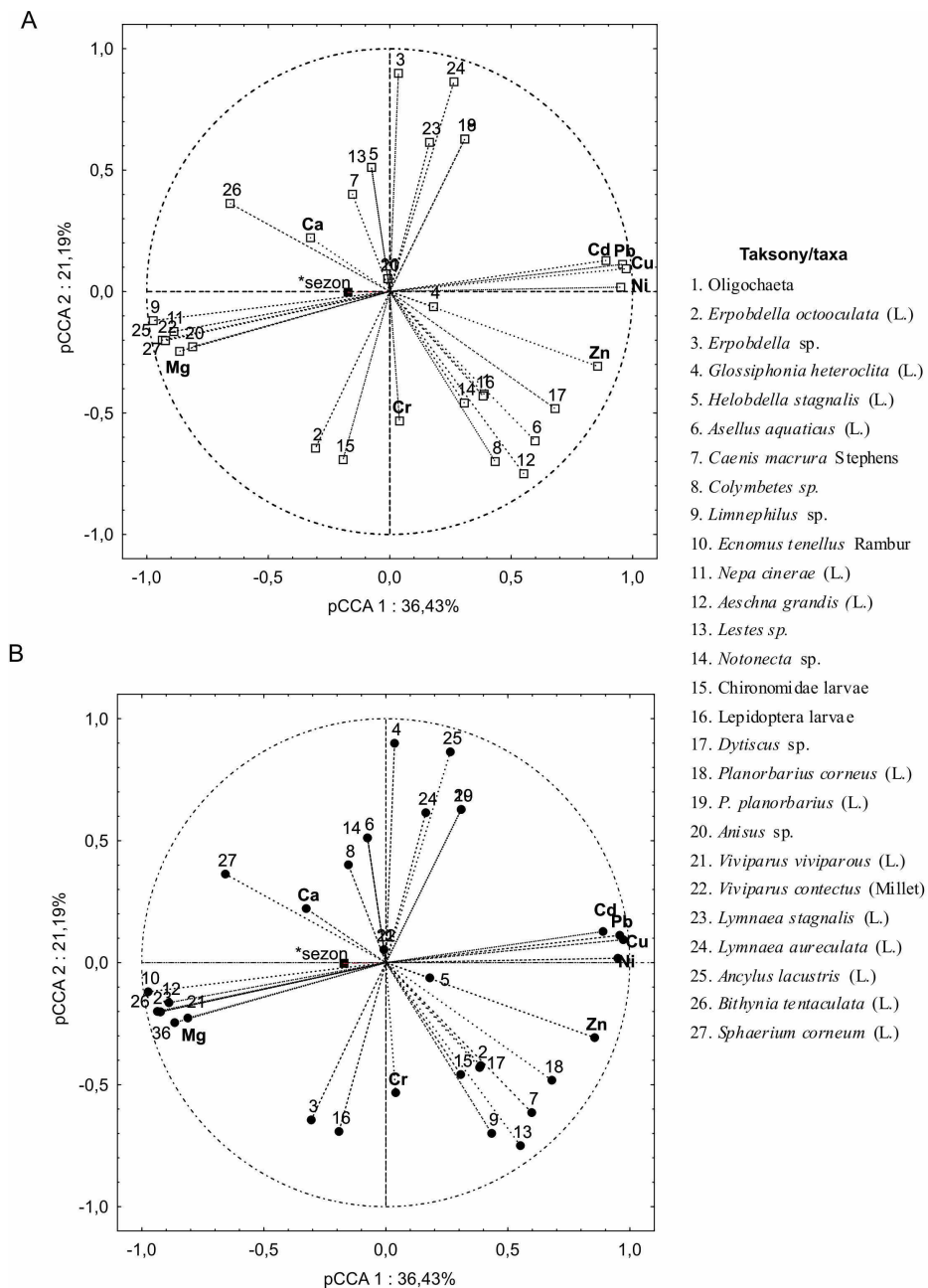
Ołów, mimo że w liściach osoki osiągnął wartości dużo mniejsze niż określone jako toksyczne (30 mg/kg s.m.), to i tak wpływa destrukcyjnie na przedstawicieli fauny naroślinnej [11]. Dostaje się do ciała organizmów przez skórę lub drogi oddechowe, uszkadzając układ nerwowy. Również bioakumulacja miedzi w tkankach osoki powoduje ustąpienie z podłoża *Napa cinera* ($r = -0,95$), *Limnephilus* sp. ($r = -0,94$), *A.lacustris* ($r = -0,93$), *V.contectus* ($r = -0,91$), *S.corneum* ($r = -0,91$). Nikiel wpływał niekorzystnie na chruściki z rodzaju *Limnephilus* oraz przedstawicieli mięczaków: *V.viviparus*, *A.lacustris* i *S.corneum*.

Spośród analizowanych pierwiastków niewielki wpływ na przedstawicieli fauny naroślinnej miały kadm i cynk, gdyż ich znaczna ilość w tkankach osoki nie była tolerowana jedynie przez *Limnephilus* sp. i *Bithynia tentaculata*. Kadm jest pierwiastkiem bardzo toksycznym, kumulującym się w organizmie. U zwierząt wodnych może powodować zanik mięśni, a u mięczaków odwapnienie muszli. Pierwiastek ten narusza przemiany metaboliczne np. wapnia, magnezu, miedzi [12]. Natomiast cynk wydzielany przez osokę może ograniczyć wchłanianie miedzi i żelaza oraz przyspieszyć wydalanie żelaza z organizmu zwierząt ją zasiedlających [8].

Koncentracja metali alkalicznych (Ca i Mg) okazuje się być bardzo korzystna dla przedstawicieli fauny naroślinnej. Znaczna bioakumulacja wapnia wpływa na pojawienie się bezdomkowych chruścików (*Ecnomus tenellus*, $r = 0,89$) oraz dużych ślimaków *V. viviparus* ($r = 0,89$), które wykorzystują go do budowy swoich muszli [5]. Magnez oddziałuje korzystnie na chrząszcze *Colymbetes* sp. ($r = 0,94$) oraz mięczaki *V.contectus* ($r = 0,96$), *S.corneum* ($r = 0,96$), *A.lacustris* ($r = 0,94$) i *Anisus* sp. ($r = 0,91$).

Zależność pomiędzy zawartością pierwiastków w liściach osoki a zgrupowaniem zasiedlających makrofit przedstawicieli makrofauny analizowano za pomocą kanonicznej analizy korespondencji z użyciem analizy krokowej postępującej (pCCA). Jej wykonanie wykazało znaczny wpływ składu pierwiastkowego podłoża biotycznego na zróżnicowanie zgrupowań fauny fitofilnej, bez względu na miesiąc badań brak wpływu sezonu badawczego.

Obie osie kanoniczne zarówno pod względem zagęszczenia, jak i biomasy opisują blisko 60% wariancji (rys. 1). Duże stężenia magnezu w tkankach osoki preferowały *Limnephilus* sp., *A.lacustris*, *V.contectus*, *S.corneum*, *Anisus* sp. i *Nepa cinerae*. Jednak musiało być to skorelowane z niskimi wartościami Cd, Pb, Cu, Ni i Zn. Akumulacja w tkankach osoki chromu i cynku jest tolerowana przez *Erpobdella octooculata* i *Chironomidae larvae*, natomiast *Colymbetes* sp., *Aeschna grandis*, *Asellus aquaticus*, *Dytiscus* sp. pojawiały się na biotycznym podłożu nawet przy znacznej akumulacji, są również dosyć odporne na akumulację w podłożu Cd, Pb, Cu i Ni. Małe stężenia Cr preferują *Erpobdella* sp., *Lymnaea aureculata*, *L.stagnalis*, *Planorbarius corneus*, *Dytiscus* sp. i *Helobdella stagnalis* (rys. 1A).



Rys. 1. Oddziaływanie wybranych pierwiastków na przedstawicieli fauny naroślinnej pod względem zagęszczenia (A) i biomasy (B) z wykorzystaniem analizy pCCA

Fig. 1. The influence of selected chemical elements on the density (A) and biomass (B) of epiphytic fauna representatives in the pCCA analysis

W przypadku biomasy fauny fitofilnej duże stężenia w tkankach osoki Mg, a niewielkie Cd, Pb, Cu, Ni i Zn wpływają na masę *B.tentaculata*, *E.tenellus*, *A.grandis*, *Erpobdella* sp., *A.aquaticus*, *V.viviparous*. Duże stężenia Cr powodują wzrost biomasy pijawek z rodzaju *Erpobdella* sp. oraz larw Lepidoptera, natomiast większe stężenia Cr i Zn zwiększają masę *Limnephilus* sp., *Dytiscus* sp., *Caenis macrura*, *P.corneus*. Małe ilości Cr powodują wzrost biomasy *G.heteroclita*, *A.lacustris*, *L.aureculata*, *E.octoculata*, *Limnephilus* sp. Akumulacja metali alkalicznych (Ca i Mg) wpływa na większą biomasę *S.corneum* (rys. 1B), gdyż małże te potrzebują znacznych ilości wapnia do budowy swoich muszli, a magnez jest im niezbędny do prowadzenia procesów metabolicznych [5].

Wnioski

1. Osoka aloesowata dzięki zakumulowanym w swoich tkankach pierwiastkom oddziałuje na zasiedlającą ją faunę naroślinną.
2. Bioakumulacja metali ciężkich powoduje małą liczebność fauny naroślinnej, natomiast pierwiastki alkaliczne sprzyjają większemu zagęszczeniu zwierząt na osoco.
3. Spośród oznaczonych pierwiastków ołów i miedź mają zdecydowanie największy wpływ na strukturę jakościowo-ilościową epifauny naroślinnej.
4. Przedstawiciele mięczaków wykazują się największą wrażliwością na bioakumulację metali ciężkich w liściach osoki.

Podziękowanie

Badania zostały sfinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego jako projekt badawczy N N305 189635.

Literatura

- [1] Giere O.: *Meiobenthology. The microscopic fauna in aquatic sediments*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest 1993.
- [2] Tarkowska-Kukuryk M.: *Water soldier Stratiotes aloides L. (Chydrocharitaceae) as a substratum for macroinvertebrates in a shallow eutrophic lake*. Pol. J. Ecol., 2006, **54**(3), 441-451.
- [3] De Lyon M.J.H. i Roelofs J.G.M.: *Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid*. Deel 1 and 2 [in Dutch]. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, 1986, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- [4] Obolewski K.: *Epiphytic macrofauna on water soldiers (Stratiotes aloides L.) in Slupia river oxbows*. Oceanol. Hydrobiol. Stud., 2005, **XXXIV**(2), 37-54.
- [5] Lalonde S. i Downing J. A.: *Phytofauna of eleven macrophyte bends of differing trophic status, depth and composition*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 1992, **49**, 992-1000.
- [6] Mulderij G., Mooij W.M., Smolders A.J.P. i Van Donk E.: *Allelopathic inhibition of phytoplankton by exudates from Stratiotes aloides*. Aquat. Botany, 2005, **82**, 284-296.
- [7] Brammer E.S. i Wetzal R.G.: *Uptake and released of K⁺, Na⁺ and Ca²⁺ by the water soldier Stratiotes aloides L.* Aquat. Botany, 1984, **19**, 119-130.
- [8] Obolewski K.T., Skorbiłowicz E., Skorbiłowicz M. i Strzelczak A.: *Influence of heavy metals contained in reed Phragmites australis (CAV.) TRIN. EX STEUD. inhabiting the Vistula lagoon on periphyton density*. Fresenius Environ. Bull. (w druku).
- [9] Burhard L. (red.): *Ekosystemy wodne Słowińskiego Parku Narodowego*. UWM, Poznań 2004.
- [10] Podbielkowski Z. i Tomaszewicz H.: *Zarys hydrobotaniki*. WN PWN, Warszawa 1996.
- [11] Gerrish N. i Bristow J.M.: *Microinvertebrate association with aquatic macrophytes and artificial substrates*. J. Great Lakes Res. Int. Assoc. Great Lake Res., 1979, **5**, 69-72.
- [12] Samecka-Cymerman A. i Kempers A.J.: *Heavy metals in aquatic macrophytes from two small rivers polluted by urban agricultural and textile industry sewages SW Poland*. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 2007, **53**, 198-206.

INFLUENCE OF WATER SOLDIER *Stratiotes aloides* L. ON THE STRUCTURE OF INHABITING MACROFAUNA

Abstract: The investigation was conducted in spring and summer seasons 2007 in the Smoldzińskie Lake (the cut-off bay of the Gardno Lake) and surrounding melioration ditches. The structure of epiphytic fauna inhabiting water soldiers *Stratiotes aloides* L. and chemical composition of this macrophyte were determined. With the help of ordination technique (pCCA) we assessed the influence of chemical composition of plant substrate on macrofauna representatives. Altogether 27 taxa of epiphytic fauna were found and most of them were observed in summer, except for one of the melioration ditches. It turned out, that lead and copper had the most important influence on epiphytic fauna inhabiting water soldiers and those chemical elements limited the occurrence of mollusks. The accumulation of other heavy metals in leaves of the studied macrophyte also did not favour the presence of macrofauna representatives. In turn, the higher concentrations of calcium and magnesium were correlated with higher abundance of beetles, caddis-flies and mollusks. The influence of season on chemical interactions between water soldiers and inhabiting macrofauna was not observed.

Keywords: epiphytic fauna, Smoldzinskie Lake, melioration ditches