

Słowa kluczowe: pierwiastki, perifiton, allelopatia, ekosystemy wodne, Grecja

Krystian T. OBOLEWSKI*, Elżbieta SKORBIŁOWICZ**,
Mirosław SKORBIŁOWICZ**

WPLYW AKUMULACJI PIERWIASTKÓW W TRZCINIE POSPOLITEJ *PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.) TRIN. EX STEUD. NA STRUKTURĘ OBRATAJĄCEGO JĄ PERIFITONU W EKOSYSTEMACH WODNYCH GRECJI

Badania nad allelopatycznym oddziaływaniem podłoża trzcinowego na obrastających go przedstawicieli perifitonu w różnych ekosystemach wodnych Grecji prowadzono w sezonie letnim i jesiennym 2006 roku. Oznaczono stężenia pierwiastków (Cd, Pb, Zn, Cr, Ni, Cu, Co, Fe, Mn, K, Na, Ca, Mg) oraz zgęszczenie taksonów zoo- i fitoperifitonu, a zależności metali i perifitonu wykazano dzięki wykorzystaniu metody ordynacyjnej CCA (Canonical Correspondence Analysis), DCA (Detrended Correspondence Analysis) i RDA (Redundancy Analysis). Spośród analizowanych metali ciężkich ołów i kadm wpływały najbardziej negatywnie na przedstawicieli zooperifitonu, natomiast niskie stężenia metali alkalicznych sprzyjały pojawianiu się Cyclopoida, Cladocera (*Chydorus* sp.) i Oligochaeta (*Neis* sp.).

Spośród oznaczonych przedstawicieli fitoperifitonu największą odporność na znaczną koncentrację toksycznych metali ciężkich wykazywały przedstawiciele Cyanophyta oraz częściowo kolonijne Bacillariophyta. Wysokie stężenia metali alkalicznych oddziaływały stymulująco na jednokomórkowe Bacillariophyta natomiast redukująco na kolonijne Bacillariophyta oraz Chlorophyta z rodzaju *Scenedesmus*.

1. WSTĘP

Różnorodność gatunkowa roślin oraz ich skład chemiczny mogą wskazywać na stan siedliska i zachodzenie w nim zmiany [2]. Trzcina pospolita *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud należy do bardzo odpornych na warunki środowiskowe makrofitów występujących powszechnie na kuli ziemskiej z wyjątkiem dorzecza Amazonki [1]. Na obszarze Grecji trzcina pospolita występuje powszechnie w zbiornikach wodnych w centralnej części kraju.

*Akademia Pomorska w Słupsku, Zakład Ekologii Wód ul. Arciszewskiego 22b, 76-200 Słupsk, obolewsk@apsl.edu.pl

**Politechnika Białostocka, Katedra Badań Technologicznych, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok

W tkankach tego makrofitu mogą się gromadzić zarówno różnorodne pierwiastki [1,7], co wykorzystuje się w doczyszczaniu zbiorników wodnych w postaci tzw. oczyszczalni trzcinowych. Na ilość zakumulowanych metali w trzcinie wpływ ma jakość warunków środowiskowych oraz typ ekosystemu wodnego. Równocześnie trzcina stanowi łatwo dostępne pionowe podłoże dla dużej grupy organizmów wodnych, ogólnie nazywanych perifitonem lub organizmami poroślowymi [4]. Czynniki potencjalnie wpływającymi na populację organizmów perifitonowych są światło, temperatura, falowanie, rodzaj podłoża, skład chemiczny wody a także wyżeranie [4, 5]. Wpływ poszczególnych czynników został zbadany, natomiast wciąż niewiele wiadomo o chemicznym oddziaływaniu trzciny na porastające ją organizmy. Wydzielające się metale są akumulowane w strukturach organizmów perifitonowych, które z kolei stanowią pokarm dla kolejnych poziomów troficznych.

Celem pracy było określenie wpływu zawartości pierwiastków (Cd, Pb, Zn, Cr, Ni, Cu, Co, Fe, Mn, K, Na, Ca, Mg) w tkankach łodyg zanurzonych pod wodą na zagęszczenie przedstawicieli perifitonu zasiedlających trzcinę pospolitą *Phragmites australis* porastającą brzegi różnych ekosystemów wodnych Grecji.

2. MATERIAŁ I METODY

Materiał stanowiły pędy trzciny zebrane latem i jesienią 2006 roku na 19 stanowiskach kontrolno-badawczych zlokalizowanych w centralnej Grecji. Do analiz zbierano jedynie zanurzone pod wodą jednoroczne pędy trzciny z następujących ekosystemów wodnych: jeziora słodkowodnego Trihonida (n=6) i Lyssimachia (n=6), słonowodnego jeziora Limnofalasa (n=4), zbiorników wodnych Kastrakiou (n=8) i Maratona (n=4), rowów melioracyjnych w Atenach (n=2) oraz w Centralnej Grecji w pobliżu miasta Messalonghi (n=2), rzeki Evinos (n=2) oraz z zatoki morskiej w Porto Rafti (n=2).



Rys. 1. Lokalizacja badanych ekosystemów wodnych Grecji

Po zebraniu materiału trzcinowego pozyskiwano z niego materiał poroślowy zgodnie z przyjętą metodyką [4]. Zawartość badanych pierwiastków, oznaczono po uprzedniej mineralizacji prób materiału roślinnego na mokro w zamkniętym systemie mikrofalowym, z wykorzystaniem stężonego kwasu: azotowego z dodatkiem 30% wody utlenionej. W uzyskanych mineralizatach określono stężenie tych pierwiastków metodą absorpcyjną na spektrofotometrze absorpcji atomowej.

W analizie statystycznej dokonano podziału całego zestawu danych na oddziaływanie metali na przedstawicieli fito- i zooperifitonu. Sama analiza została wykonana metodą CCA oraz RDA [6]. Oznaczono równocześnie korelacje pomiędzy pierwiastkami zawartymi w trzcinie za pomocą korelacji rang Spearmana ze względu na odchylenia od normalności rozkładów badanych zmiennych.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

Najwyższe stężenia kadmu, ołowiu i wapnia obserwowano w trzcinie pobranej z rzeki Evinos, chromu, niklu, manganu i żelaza ze zbiornika zaporowego Kastrakiou, cynku i miedzi w kanałach melioracyjnych Aten, potasu i magnezu w słonawodnym jeziorze Limnofalasa, natomiast kobaltu w jeziorze Lyssimachia a sodu w wysłodzonej zatoce morskiej w Porto Rafti.

Pod względem akumulacji metali toksycznych najwyższe wartości notowano w pędach podwodnych trzciny zarastającej rozlewiska rzeki Evinos. Rzeka ta płynie w prefekturze Aetolia-Acarania zbierając wody z terenów podgórskich. Wykorzystanie przemysłowe wód tej rzeki powoduje akumulację w makrofitach dużych ilości ołowiu, a ługowanie skał wapiennych powoduje akumulację znacznych ilości wapnia w tkankach pędów trzciny [5]. Duże wartości metali ciężkich w zbiorniku zaporowym Kastrakiou są spowodowane ich akumulacją w osadach dennych i wymywaniem pierwiastków z gleb użytkowanych rolniczo przed powstaniem zbiornika.

Wśród przedstawicieli mikrozooperifitonu w zbiornikach zaporowych dominowały nicienie odżywiające się glonami perifitonowymi, co potwierdza dużą żyźność tych akwenów [4]. W jeziorach centralnej Grecji największe znaczenie miały pierwotniaki i wrotki odżywiające się głównie na zasadzie sedymentacji lub filtracji biosestonu. Jedynie w jeziorze Trihonida dominowały nicienie, co wynika z jego silnej eutrofizacji. W rzece Evinos oraz w kanałach melioracyjnych przewagę osiągały pierwotniaki (Protozoa) żywiące się niesionymi przez wodę substancjami biogennymi [4]. Inna struktura mikroperifitonu obserwowana była w wysłodzonej zatoce Porto Rafti, gdzie przeważały widłonogi (Copepoda) mogące odżywiać się morskim pokarmem roślinnym i zwierzęcym.

Wśród makrozooperifitonu, bez względu na rodzaj ekosystemu wodnego, dominującą pozycję uzyskiwały larwy muchówek (Chironomidae), co świadczy o zaawansowanej eutrofizacji [4,5]. Jedynie w jeziorze Trihonida oprócz larw

muchówek znaczny udział w makrozooperifitonie odgrywały larwy mięczaków (veligery), wykorzystujące znaczne ilości wapnia, spływającego z otaczających jezioro obszarów.

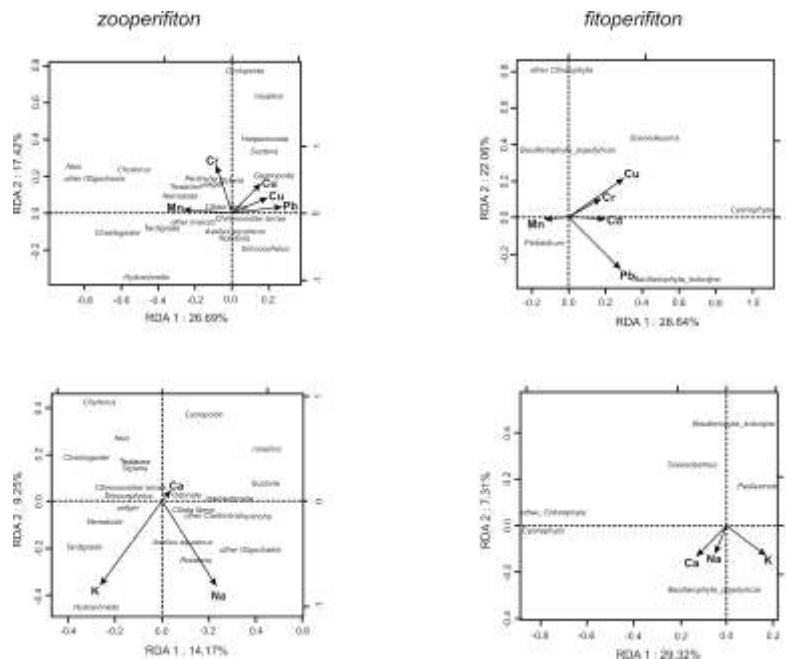
W fitoperifitonie zdecydowanie przeważały okrzemki (Bacillariophyta), co jest sytuacją typową dla tej formacji ekologicznej [4,5]. Jedynie perifiton roślinny w rzece Evinos był równocześnie reprezentowany przez zielenice (Chlorophyta), sinice (Cyanophyta) i okrzemki (Bacillariophyta)

Ze względu na korelacje pomiędzy metalami (Pb z Zn, Co, Fe i Ni, Cd z Co, Zn z Ni i Co oraz Na z Mg) a także bardzo wysoką wartość współczynników VIF (variance inflation factor) z analizy CCA przy uwzględnieniu wszystkich zmiennych, ze zbioru danych wyeliminowano: Zn, Ni, Co i Fe. Przy takim zbiorze danych współczynniki VIF miały wartości niższe od 10. W analizie DCA wartości < 2 odchyłeń standardowych dla większości taksonów wykazują na monotoniczną odpowiedź na gradienty środowiskowe, dlatego zastosowano analizę RDA.

Analiza współrzędnych czynnikowych taksonów mikrozooperifitonu wskazuje, że Oligochaeta (*Neis* sp. *Chaetogaster* sp.), *Chydorus* sp., Tardigrada i Hydrachnella preferują wysoką zawartość Mn a niską Pb i Cd (rys. 2). Na skutek wysokich korelacji pomiędzy Pb a Zn, Ni, Co i Fe, wymienione taksony preferują również niską zawartość Zn, Ni, Co i Fe. Gastropoda, Protozoa (Suctorina), Copepoda (Harpacticoida, nauplius) i Cladocera (*Simicephalus* sp.) są dosyć odporne na wysoką zawartość Pb i Cd [3], a nauplius, Harpacticoida i Suctorina są odporne na wysokie zawartości Cr.

Niskie zawartości metali alkalicznych preferują jedynie Cyclopoida, Cladocera (*Chydorus* sp.) i *Neis* sp. Wysokie zawartości K i nieco niższe Na sprzyjają pojawianiu się Hydrachnella, Tardigrada, *Chaetogaster* sp. i Nematoda, odwrotnie niż Rotatora, *Asellus aquaticus*, nauplius i Suctorina (rys. 2).

Z pośród oznaczonych przedstawicieli fitoperifitonu Cyanophyta okazały się odporne na wyższą zawartość Cu, Pb (a tym samym Zn, Ni, Co i Fe) i Cd preferując nieco niższe stężenia Mn. Zielenice z rodzaju *Scenedesmus* są odporne na wyższą zawartość w podłożu Cu ale nieco mniej na wysoką zawartość Pb oraz Mn. Kolonijne Bacillariophyta są odporne na wyższą zawartość Pb oraz wolą nieco niższe stężenia Mn. Jednokomórkowe Bacillariophyta i zielenice z rodzaju *Pediastrum* preferują relatywnie wysokie stężenia Mn (rys. 2). Wysokie stężenia oznaczonych metali alkalicznych oddziaływały stymulująco na jednokomórkowe Bacillariophyta. Cyanophyta i niezidentyfikowane zielenice preferują wyższe stężenia Ca i Na a niższe K [3]. Kolonijne Bacillariophyta oraz zielenice z rodzaju *Scenedesmus* preferowały niższe stężenia Ca, K i Na, a *Pediastrum* sp. preferowały nieco wyższe stężenia K niż Na i Ca.



Rys. 2. Wykres 2W współrzędnych czynnikowych RDA. Wpływ składu pierwiastkowego pędów trzciny na strukturę zooperifitonu i fitoperifitonu

4. WNIOSKI

1. Akumulacja badanych pierwiastków w zanurzonych pod wodą pędach zależy od rodzaju zbiornika wodnego oraz warunków w jakich żyją makrofity.
2. Spośród analizowanych metali ciężkich Pb i Cd wpływają najbardziej negatywnie na przedstawicieli zooperifitonu. Jedyne Gastropoda, Suctoria, Harpacticoida, nauplius i *Simicephalus* sp. są dosyć odporne na wysoką zawartość tych metali.
3. Niskie zawartości metali alkalicznych preferują jedynie Cyclopoida, *Chydorus* sp. i *Neis* sp. Wysokie zawartości K i nieco niższe Na sprzyjają pojawianiu się *Hydrachnella*, *Tardigrada*, *Chaetogaster* sp. i *Nematoda*, odwrotnie niż *Rotatoria*, *Asellus aquaticus*, nauplius i *Suctoria*.
4. Przedstawiciele Cyanophyta wykazały odporność na znaczną koncentrację toksycznych metali ciężkich a kolonijne Bacillariophyta tolerowały jedynie znaczne ilości ołowiu.
5. Wysokie stężenia metali alkalicznych oddziaływały stymulująco na jednokomórkowe Bacillariophyta, a redukująco na kolonijne Bacillariophyta oraz zielonice z rodzaju *Scenedesmus*. Cyanophyta i niezidentyfikowane zielonice preferowały wyższe stężenia Ca i Na.

LITERATURA

- [1] DU LAING G. D., VAN RYCKEGEM TACK F. M. G., VERLOO M., G. 2006. *Metal accumulation in intertidal litter through decomposing leaf blades, sheaths and stems of Phragmites australis*. Chemosphere 63, 1815 -1823.
- [2] HOOTSMANS M.J.M., VERMAAT J.E. 1991. *Macrophytes a key to understanding changes caused by eutrophication in shallow freshwater ecosystems*. Int. Inst. For Hydr. Environ. Ing. Wageningen – Delf.
- [3] LAKATOS G., KISS M., MÛSZÁROS I. 1999. *Heavy metal content of common reed (Phragmites australis/Cav./Trin.ex Steudel) and its periphyton in Hungarian shallow standing waters*. Hydrobiol. 415: 47 -53.
- [4] OBOLEWSKI K. 2006. *Periphyton inhabiting reed, Phragmites australis and artificial substrate in the eutrophicated Lubowidzkie Lake*, Archives of Environmental Protection, 32,3, 67-82.
- [5] OBOLEWSKI K., STRZELCZAK A., KIEPAS-KOKOT A. 2007. *Chemical composition of reed Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud. versus density and structure of periphyton in various aquatic ecosystems*. Journal of Elementology, 12,1: 63 – 78.
- [6] TER BRAAK C.J.F. 1995. *Ordination*. In Jongman, R.H.G., C.J.F. ter Braak & O.F.R. van Tongeren (eds.), *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, England: 91-173.
- [7] YE Z. H., BAKER A. J. M., WONG M. H., WILLIS A. J. 1997. *Zinc, lead and Cadmium tolerance uptake and accumulation by the common Reed, Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel*. Annals of Botany 80: 363 – 370.

THE INFLUENCE OF CHEMICAL ELEMENTS CONCENTRATIONS IN REED PHRAGMITES AUSTRALIS (CAV.) TRIN. EX STEUD. SHOOTS ON PERIPHYTON STRUCTURE IN AQUATIC ECOSYSTEMS OF GREECE

The study on allelopathic influence of reed substrate on periphyton in various aquatic ecosystems in Greece was performed in summer and autumn 2006. In order to reveal the relationships between the content of chemical elements (Cd, Pb, Zn, Cr, Ni, Cu, Co, Fe, Mn, K, Na, Ca, Mg) and zoo- and phytoperiphyton taxa the ordination analysis were used (CCA, DCA and RDA). It turned out, that lead and cadmium had the negative influence on zooperiphyton representatives while low concentration of alkali metals favoured the presence of Cyclopoida, *Chydorus* sp. and *Neis* sp. Among the studied microphytoperiphyton the highest resistance to toxic heavy metals showed Cyanophyta representatives and partly colonial diatoms. High concentration of alkali metals stimulated the growth of unicellular Bacillariophyta, opposite to colonial Bacillariophyta and the green algae of *Scenedesmus* genus, while Cyanophyta and green algae preferred higher content of Ca and Na.