

ZAWARTOŚĆ NIEKTÓRYCH METALI CIĘŻKICH W TRZCINIE POSPOLITEJ ZASTOSOWANEJ W BIOLOGICZNEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Janina Kaniuczak¹, Józef Błażej², Jan Gąsior¹, Edmund Hajduk¹

¹ Katedra Chemizacji Produkcji Rolniczej w Rzeszowie,
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

² Katedra Produkcji Roślinnej w Rzeszowie,
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

Wstęp

Wykorzystanie trzciny pospolitej (*Phragmites australis* L.) w biologicznych oczyszczalniach ścieków jest rozwiązaniem proekologicznym o ogromnym znaczeniu w ochronie naturalnego środowiska życia człowieka. W krajach Europy Zachodniej oraz w USA znane jest stosowanie złóż trzcinowych w celu poprawy skuteczności odwodnienia osadów na poletkach ociekowych [za HAUPTMANN-MIESZCZUK 1993]. Ponadto roślinność ta zabezpiecza tlenową mineralizację osadu, co pozwala wzbogacać złóż nawet przez kilka lat (do 10 lat), bez konieczności usuwania powstającego osadu. Dzięki mineralizacji tlenowej wzrasta agronomiczna wartość tego osadu, który po zaniechaniu eksploatacji złoża nadaje się do kompostowania wraz z biomasą trzciny pospolitej [HAUPTMANN-MIESZCZUK 1993]. Równocześnie złoża trzcinowe mogą przyczyniać się do bioakumulacji makro- i mikroelementów pochodzących ze zrzutu ścieków bytowo-gospodarczych [KANIUCZAK i in. 2000a, 2000b].

Oczyszczalnie biologiczne z zastosowaniem złóż trzcinowych, czy też innych roślin bagiennych, mogą być zastosowane w ochronie środowiska. Oczyszczalnie te powinny funkcjonować do czasu pozyskania środków finansowych na urządzenie i eksploatację kosztownych instalacji technicznych. Jest to również ważne w ograniczeniu rozprzestrzeniania się toksycznych metali ciężkich w środowisku, co ostatecznie zagraża człowiekowi.

Celem badań było określenie zawartości niektórych toksycznych metali ciężkich (Pb, Cd i Ni) w trzcinie pospolitej (*Phragmites australis* L.), z biologicznej oczyszczalni ścieków bytowo-gospodarczych, w zależności od terminu zbioru oraz strefy zbiornika.

Materiał i metody

Badania nad zawartością niektórych toksycznych metali ciężkich w trzcinie pospolitej zastosowanej w biologicznej oczyszczalni ścieków bytowo-gosudar-

czych prowadzono w latach 1997–1999 w miejscowości Werynia, położonej na Płaskowyżu Kolbuszowskim. W skład tej oczyszczalni wchodzi 3 zbiorniki porośnięte trzcina pospolitą, a każdy o powierzchni 400 m² oraz komora wstępnej fermentacji, z której istnieje możliwość ręcznej dystrybucji ścieków do poszczególnych zbiorników. Ścieki po przejściu przez złożę z trzcina pospolitą przenikały do otwartego ciek w wodnego, w którym dotychczas nie zauważono skutków eutrofizacji.

Zawartość toksycznych metali ciężkich badano na przestrzeni 3 lat w strefach: wlotowej (a), środkowej (b) i wylotowej (c), w pięciu terminach. Pierwszy termin pobierania prób materiału roślinnego ustalono, gdy wysokość roślin osiągnęła od 0,5 do 1 m, co przypadało na ostatnie dni maja. Kolejne cztery terminy ustalono w miesięcznych odstępach tj.: 2 termin po 20 czerwca, 3 – po 20 lipca, 4 – po 20 sierpnia i 5 – na koniec września. W tych samych terminach pobierano materiał kontrolny trzciny pospolitej ze zbiornika, do którego nie aplikowano ścieków. Próby materiału pobierano z powierzchni 1 m², które ważono, a następnie suszono w temperaturze 105°C. W suchej masie, po zmineralizowaniu w mieszaninie stężonych kwasów HNO₃ : HClO₄ : H₂SO₄, przy zachowaniu proporcji odpowiednio 20 : 5 : 1, w zestawie „Tecator” oznaczono ołów, kadm i nikiel metodą absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej (ASA), po zagełszczeniu w fazie organicznej ketonu metyloizobutyloвого (MIBK). Materiał liczbowy opracowano statystycznie, z zastosowaniem analizy wariancji dla bloków kompletnie zrandomizowanych. Obliczono NIR wg Tukeya (NIR_T). W celu porównania średnich stref ze średnią z kontroli (niezależnie od terminów) obliczono NIR wg Dunneta (NIR_D).

Wyniki i dyskusja

Zawartość niektórych metali ciężkich w trzcinie pospolitej, pochodzącej ze złoża biologicznej oczyszczalni ścieków bytowo-gospodarczych, zamieszczono w tabeli 1. Badane metale śladowe podlegały zróżnicowaniu w roślinach w zależności od terminów zbioru i stref zbiorników. Zawartość ołowiu wzrastała systematycznie w trzcinie w kolejnych terminach zbioru. Najwięcej ołowiu zaobserwowano w roślinności strefy wlotowej. Roślinność pochodząca ze wszystkich trzech stref zbiorników z aplikacją ścieków zawierała znacznie więcej ołowiu w porównaniu z kontrolą. Świadczy to o wyraźnej bioakumulacji tego metalu przez trzcina pospolitą rosnącą w zbiornikach zanieczyszczonych ściekami bytowo-gospodarczymi. STAŃCZYK [1996] stwierdziła również znaczny wzrost zawartości metali ciężkich (Pb, Cd, Cu, Zn) w roślinach gorczycy, uprawianej na podłożach wzbogaconych osadami ściekowymi. Natomiast SIUTA [1999b] stwierdził podobne zawartości metali ciężkich (Cu, Cd, Pb, Ni, Cr, Zn) w roślinach uprawianych na podłożach bezglebowych wzbogaconych osadem, w porównaniu do tych samych roślin uprawianych na paszę. Jednakże zawartość ołowiu w trzcinie pospolitej z biologicznej oczyszczalni ścieków była wyższa w porównaniu z roślinnością z podłoża bezglebowych wzbogaconych osadem [SIUTA 1999a, 1999b], a zbliżona do wyników badań CZYZA i in. [1999] oraz NIEDŹWIECKIEGO i in. [1999].

Kadm podlegał wyraźnej akumulacji w roślinności strefy wlotowej. Jego zawartość zależała także od terminu zbioru roślin. Średnia zawartość tego pierwiastka (niezależnie od strefy), jak również w poszczególnych strefach, układała

Tabela 1; Table 1

Zawartość ołowiu, kadmu i niklu w trzcinie pospolitej w zależności od terminu zbioru (I) i strefy (II)
 Content of lead, cadmium and nickel in *Phragmites australis* L. depending of harvesting term (I) and zone (II)

Wyszczególnienie Specification	Ołów; Lead					Kadm; Cadmium					Nikiel; Nickel												
	Termin zbioru; Term of harvest (I)					Termin zbioru; Term of harvest (I)					Termin zbioru; Term of harvest (I)												
	1	2	3	4	5	średnia mean	1	2	3	4	5	średnia mean	1	2	3	4	5	średnia mean	1	2	3	4	5
Kontrola; Control	1,20	2,30	2,77	3,07	3,20	2,51	0,17	0,21	0,22	0,26	0,22	0,22	1,10	2,15	2,92	3,60	3,58	2,67	1,10	2,15	2,92	3,60	3,58
Strefa; Zone (II) a	1,86	3,79	5,69	6,64	7,24	5,04	0,28	0,38	0,47	0,51	0,54	0,43	4,17	7,93	9,94	11,19	12,37	9,12	4,15	8,06	11,07	12,51	14,53
b	1,49	2,90	4,97	5,94	6,59	4,38	0,24	0,30	0,38	0,45	0,48	0,37	3,06	5,56	7,02	7,96	9,30	6,58	3,06	5,56	7,02	7,96	9,30
c	1,41	2,51	4,40	5,27	6,37	3,99	0,22	0,26	0,34	0,37	0,39	0,32	3,79	7,18	9,34	10,55	12,07	8,59	3,79	7,18	9,34	10,55	12,07
Srednia; Mean	1,58	3,07	5,02	5,95	6,75	4,47	0,25	0,31	0,39	0,44	0,47	0,37	3,79	7,18	9,34	10,55	12,07	8,59	3,79	7,18	9,34	10,55	12,07
NIR _T ; p = 0,001 LSD _T ; p = 0,001	I = 0,36, II = 0,24, I × II = r.n.; n.s.					I = 0,02, II = 0,01, I × II = 0,03					I = 0,89, II = 0,59, I × II = 1,32												
NIR _D ; LSD _D	II = 0,29					II = 0,02					II = 61												

r.n.; n.s. – różnice nieistotne; differences not significant

a – strefa wlotowa; inflow zone

b – strefa środkowa; midium zone

c – strefa wylotowa; outflow zone

NIR_T; LSD_T – według Tukeya; according to Tukey

NIR_D; LSD_D – według Dunnetta; according Dunnet

Terminy zbioru; Term of harvest: I – ostatnie dni maja; least days of May, 2 – po 20 czerwca; after 20th June, 3 – po 20 lipca; after 20th July, 4 – po 20 sierpnia; after 20th August, 5 – koniec września; end of September

się wzrastająco w kolejnych terminach zbioru trzciny. Bioakumulacja kadmu w trzcinie rosnącej w zbiornikach zanieczyszczanych ściekami była znacząca w porównaniu z kontrolą. STAŃCZYK [1996] zwraca uwagę na szczególnie duży wzrost zawartości Cd i Zn w roślinach gorczycy, uprawianej na podłożach wzbogaconych osadami ściekowymi. Zawartość kadmu w trzcinie pospolitej wykorzystywanej do utylizacji ścieków bytowo-gospodarczych była wyższa w porównaniu z wynikami badań w roślinności z podłoża bezglebowych wzbogaconych osadem ściekowym [SIUTA 1999b]. W trzcinie pospolitej zawartość tego metalu była zbliżona do wyników badań w roślinności trawiastej, prowadzonych przez CZYŻA i in. [1999] oraz NIEDŹWIECKIEGO i in. [1999].

Zawartość niklu w trzcinie pospolitej, niezależnie od stref zbiorników, kształtowała się odmiennie w poszczególnych terminach zbioru. Wzrost ilości tego metalu obserwowano w trzcinie zbieranej w kolejnych terminach. Najwięcej niklu zawierały rośliny strefy środkowej, a najmniej strefy wlotowej. Trzcina pospolita rosnąca w złożu zanieczyszczonym ściekami zawierała średnio od 2-krotnie do prawie 4-krotnie więcej niklu w porównaniu z kontrolą.

Nikiel podlegał znacznie większej bioakumulacji w trzcinie pospolitej z oczyszczalni biologicznej ścieków w porównaniu z roślinnością uprawianą na podłożach bezglebowych wzbogaconych osadem ściekowym [SIUTA 1999b] oraz roślinnością trawiastą [CZYŻ i in. 1999; NIEDŹWIECKI i in. 1999].

Zróznicowanie zawartości metali śladowych w roślinach pochodzących z poszczególnych stref zbiornika wynikać może z przemian jonów tych metali w ściekach, które mogą być wiązane głównie nieorganicznie, a także organicznie z kwasami huminowymi w formie chelatów. Jony metali mogą być także współstrącane z tlenkami i wodorotlenkami Fe i Mn oraz wiązane adsorpcyjnie na powierzchni cząstek ilastych substancji organicznych oraz przez tlenki i wodorotlenki Fe i Mn. Równocześnie większość metali ciężkich w ściekach i osadach w obecności amoniaku tworzy rozpuszczalne związki kompleksowe [za BORUSZKO i in. 1995]. Złożoność przemian jonów metali ciężkich, modyfikowanych dodatkowo okresowym dopływem ścieków wstępnie przefermentowanych, stwarza określone warunki do ich pobierania przez roślinność bagienną.

Trzcina pospolita z biologicznej oczyszczalni ścieków zawierała średnie ilości ołowiu i kadmu, a szczególnie niklu [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999]. Wyprodukowana biomasa trzciny z biologicznej oczyszczalni ścieków bytowo-gospodarczych może być z powodzeniem kompostowana. Zwiększona zawartość metali ciężkich w biomacie, ponad dopuszczalną normę do przydatności na cele konsumpcyjne i paszowe, zasadniczo nie stanowi przeszkody w jej zastosowaniu do produkcji kompostów [SIUTA 1999b].

Wnioski

1. Trzcina pospolita rosnąca w złożu zanieczyszczonym ściekami bytowo-gospodarczymi pobierała zróżnicowane ilości ołowiu, kadmu i niklu w zależności od terminów zbioru i strefy zbiornika:
 - a) w miarę wzrostu i rozwoju roślin systematycznie zwiększała się w nich zawartość ołowiu i kadmu, a szczególnie niklu,
 - b) trzcina pospolita pobierała najwięcej ołowiu i kadmu w strefie wlotowej ścieków, a niklu w strefie środkowej zbiornika.

2. Bioakumulacja metali śladowych przez trzcinę pospolitą ze złoża zanieczyszczonego ściekami była znacząca w porównaniu do roślinności rosnącej w wodzie bez dodawania ścieków (kontrola). W tych warunkach, szczególnie eutroficznych, rośliny pobierały dwukrotnie więcej ołowiu i kadmu, a prawie czterokrotnie więcej niklu.
3. Trzcina pospolita z biologicznej oczyszczalni ścieków bytowo-gospodarczych charakteryzowała się średnimi zawartościami ołowiu, kadmu i niklu. Wyprodukowana biomasa, pochodząca z trzech sezonów wegetacyjnych, może być przeznaczona do kompostowania.

Literatura

- BARAN S., TURSKI R. 1995. *Wybrane zagadnienia z utylizacji i unieszkodliwienia odpadów*. Wyd. AR Lublin: 176 ss.
- BORUSZKO D., MAGIEL L., WIERZBICKI T. 1995. *Wpływ wybranych jonów metali ciężkich na proces fermentacji statycznej osadów ściekowych*. Mat. z międzyn. konf. naukowej „Problemy gospodarki osadowej w oczyszczalniach ścieków”. Częstochowa: 75–84.
- CZYŻ H., NIEDŹWIECKI E., PROTASOWICKI M., NOWAK Z., ŚLIWIŃSKI D. 1999. *Przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych*. Mat. z III Konf. Nauk. „Przyrodnicze użytkowanie osadów”. Świnoujście, 9–11 VI 1999: 57–62.
- HAUPTMANN-MIESZCZUK E. 1992. *Złoża trzcinowe nową metodą odwadniania osadów*. Mat. z konf. Fundacji Ochrony Środowiska EKO Rybnik „Ochrona wód”. Ustroń Jaszowiec, 10–12 III 1992: 215–223.
- HAUPTMANN-MIESZCZUK E. 1993. *Przyspieszenie odwadniania osadów ściekowych na poletkach trzcinowych*. Mat. z konf. naukowo-technicznej „Problemy gospodarki osadowej w oczyszczalniach ścieków”. Częstochowa, 29–30 VI 1993: 119–123.
- KABATA-PENDIAS A, PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wydawn. Nauk. PWN, Warszawa: 398 ss.
- KANIUCZAK J., GAŚSIOR J., BŁAŻEJ J., GIERLICKI P. 2000a. *Wykorzystanie trzciny pospolitej w utylizacji ścieków bytowo-gospodarczych*. Cz. I. *Zawartość makroelementów w trzcinie*. Folia Univ. Agric. Stetin. 211, Agriculture (84): 147–152.
- KANIUCZAK J., GAŚSIOR J., BŁAŻEJ J., GIERLICKI P. 2000b. *Wykorzystanie trzciny pospolitej w utylizacji ścieków bytowo-gospodarczych*. Cz. II. *Zawartość mikroelementów w trzcinie*. Folia Univ. Agric. Stetin. 211, Agriculture (84): 153–156.
- NIEDŹWIECKI E., PROTASOWICKI M., CZYŻ H., CZERESZKO W., NOWAK Z., ŚLIWIŃSKI D. 1999. *Skład chemiczny roślinności trawiastej z terenów oczyszczalni ścieków komunalnych w Świnoujściu zrehabilitowanych i zagospodarowanych przy użyciu osadów ściekowych*. Folia Univ. Agric. Stetin. 211, Agriculture (84): 289–294.
- SIUTA J. 1999a. *Sposoby przyrodniczego użytkowania osadów*. Mat. z III Konf. Nauk. „Przyrodnicze użytkowanie osadów”. Świnoujście, 9–11 VI 1999: 7–20.
- SIUTA J. 1999b. *Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych*. Mat. z III Konf. Nauk. „Przyrodnicze użytkowanie osadów”. Świnoujście, 9–11 VI 1999: 21–35.
- STAŃCZYK E. 1996. *Chemizm roślin na podłożach wzbogaconych osadem ściekowym*. Mat. z III Konf. Naukowej „Wykorzystanie osadów ściekowych – techniczne i prawne uwarunkowania”. Częstochowa, 26–27 VI 1996: 221–228.

Słowa kluczowe: *Phragmites australis* L., ścieki, zawartość Pb, Cd i Ni w roślinach

Streszczenie

W latach 1997–1999 prowadzono badania w biologicznej oczyszczalni ścieków bytowo-gospodarczych. W skład oczyszczalni wchodzi 3 zbiorniki porośnięte trzcina pospolitą (*Phragmites australis* L.). Badania nad zawartością Pb, Cd i Ni w trzinie prowadzono w 3 strefach zbiornika: wlotowej, środkowej i wylotowej oraz w 5 terminach zbioru (maj – wrzesień). Trzcina pospolita rosnąca w złożu zanieczyszczonym ściekami akumulowała więcej Pb, Cd i Ni w porównaniu do roślin rosnących w zbiorniku niezanieczyszczonym ściekami. Rośliny gromadziły najwięcej Pb i Cd w strefie wlotowej, a Ni w strefie środkowej zbiornika.

CONTENTS OF SOME HEAVY METALS IN REED *Phragmites australis* L. USED IN BIOLOGICAL SEWAGE TREATMENTS

Janina Kaniuczak¹, Józef Błażej², Jan Gąsior¹, Edmund Hajduk¹

¹Department of Chemization of Agricultural Production in Rzeszów, Agricultural University, Kraków

¹Department of Plant Production in Rzeszów, Agricultural University, Kraków

Key words: *Phragmites australis* L., sludge, content of Pb, Cd and Ni in plants

Summary

The investigations carried out in 1997–1999 dealt with a biological sewage treatment plant including three reservoirs grown with the reed (*Phragmites australis* L.). The purpose of investigations was to evaluate the levels of Pb, Cd, and Ni in reed plants in three zones of reservoir (sewage inflow, sewage mixing, final effluent), at five terms of reed harvesting (from May till September). The reed plants grown on the bed strongly polluted with sewage, accumulated more Pb, Cd and Ni (in all zones) than reed grown in natural non-polluted environment. Plants grown in sewage inflow zones accumulated most of Pb, Cd while the most of Ni was accumulated in sewage mixing zone.

Dr hab. Janina **Kaniuczak**

Katedra Chemizacji Produkcji Rolniczej

Akademia Rolnicza im. H. Kołłataja

ul. Ćwiklińskiej 2

35-601 RZESZÓW

e-mail: kaniuczj@ar.rzeszow.pl