

ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W ROŚLINNOŚCI ŁĄK NAWADNIANYCH ŚCIEKAMI

Franciszek Czyżyk

Dolnośląski Ośrodek Badawczy we Wrocławiu,
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach

Wstęp

Pola nawadniane ściekami są nadal jedną z metod oczyszczania i utylizacji ścieków. W praktyce pola takie użytkowane są najczęściej jako łąki, przez co możliwy jest całoroczny odbiór ścieków [CZYŻYK 1994]. Nawadnianie łąk, zwłaszcza ściekami z miast uprzemysłowionych, grozi jednak wystąpieniem nadmiernych zawartości metali ciężkich w roślinności z tych łąk. Ścieki te zawierają zwykle znaczne ilości metali ciężkich, a przede wszystkim Cu, Cd, Cr, Ni, Pb i Zn [CEBUŁA 1981; CZYŻYK 1994, 2000]. Metale te zatrzymywane są w znacznych ilościach w glebach nawadnianych ściekami i pobierane są przez rośliny. Niektóre z nich, jak np. Cu, Zn, a w mniejszym stopniu również Ni, mikroelementami niezbędnymi do rozwoju roślin oraz zdrowia ludzi i zwierząt, lecz w nadmiarze stają się toksyczne. W ostatnich latach w literaturze podawane są informacje o korzystnym działaniu chromu trójwartościowego w żywieniu zwierząt [PREŚ, KINAL 1996]. Kadm i ołów są natomiast metalami niepożądanymi w roślinach i mogą być niebezpieczne dla zdrowia ludzi i zwierząt. Dlatego też plony traw z łąk nawadnianych ściekami, zwłaszcza w przypadku wykorzystywania ich jako paszy dla zwierząt, powinny być systematycznie badane pod względem zawartości metali ciężkich.

Poniżej przedstawiono i omówiono wyniki badań zawartości metali ciężkich w roślinności łąkowej z czterech obiektów nawadnianych ściekami miejskimi i dwóch obiektów nawadnianych ściekami przemysłu rolno-spożywczego.

Materiał i metody

Materiał roślinny do badań pobierano z następujących obiektów:

- pola irygowane m. Wrocławia (kompleks północny – Osobowice-Szewce),
- pola irygowane m. Wrocławia (kompleks wschodni – Dobrzykowice),
- pola irygowane m. Legnicy (Dobrzejów),
- pola irygowane m. Kościana,
- pola rolniczego wykorzystania ścieków z krochmalni w Niechlowie,
- pola rolniczego wykorzystania ścieków z drożdżowni w Wolczynie.

Pola irygowane m. Wrocławia położone w Osobowicach nawadniane są zalewowo i od wielu lat są przeciążane ściekami, a ich średnie obciążenie przekracza 6000 mm rocznie. Część tych pól położona w Szewcach nawadniana była systemem deszczownianym, z obciążeniem 500–700 mm ścieków rocznie. Gleba pól irygowanych jest zróżnicowana od piasków słabogliniastych do gliny ciężkiej. Wschodni kompleks wrocławskich pól irygowanych w Dobrzykowicach nawadniany jest systemem zalewowym, z rocznym obciążeniem 2000–2500 mm ścieków z nieuprzemysłowionych wschodnich dzielnic Wrocławia. Glebę stanowią tu głównie mady lekkie głębokie.

Legnickie pola irygowane nawadniane były systemem zalewowym, przy średnim obciążeniu 2000–2500 mm ścieków rocznie. Glebę tworzą tu piaski słabogliniaste i gliniaste ze żwirem.

Pola irygowane m. Kościana, nawadniane systemem deszczownianym, miały obciążenie 500–700 mm ścieków rocznie. Glebę stanowią tu piaski słabogliniaste na piaskach luźnych.

Na polach rolniczego wykorzystania ścieków z krochmalni w Niechlowie stosowany był zalewowy system nawodnień, z dawkami około 400 mm ścieków rocznie, a na drugiej części prowadzone było deszczowanie z dawkami około 200 mm ścieków rocznie. Gleby tych pól wytworzone są z fluwioglacjalnych piasków gliniastych oraz glin średnich.

Pola rolniczego wykorzystania ścieków z drożdżowni w Wołczynie nawadniane były systemem deszczownianym, z dawkami rocznymi wynoszącymi 100–150 mm ścieków stężonych. Występują tu głównie gleby wytworzone z utworów pyłowych gliniastych i piasków gliniastych. Dokładniejsza charakterystyka wszystkich wymienionych wyżej pól podana jest we wcześniejszych opracowaniach dotyczących tych obiektów [Czyżyk 1994, 1996].

Do badań na zawartość metali ciężkich pobierane były średnie próby roślinności łąkowej z pierwszego pokosu. Dla porównania pobierano równocześnie podobne próby roślinności z przyległych łąk nie nawadnianych ściekami. Pobrany materiał roślinny, przed oznaczeniem zawartości metali, mineralizowany był mieszaniną kwasu azotowego HNO_3 , siarkowego H_2SO_4 i nadchlorowego HClO_4 , w mineralizatorze mikrofalowym zamkniętym, przy ciśnieniu 2,5 Mpa. Następnie oznaczano zawartość metali metodą absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej (ASA).

Z wrocławskich pól irygowanych (obiekt Osobowice-Szewce) pobrano do badań 24 próby roślinności, a z pozostałych obiektów po 12 prób. Wyniki badań opracowano statystycznie, obliczając najmniejsze istotne różnice na podstawie testu t-Studenta [PLATT 1974; WALEWSKI 1989]. Istotność różnic oznaczono jedną gwiazdką (*) dla poziomu $\alpha = 0,05$ i dwoma gwiazdkami (**) dla $\alpha = 0,01$.

Wyniki badań i dyskusja

Ścieki stosowane do nawodnień łąk na poszczególnych obiektach były zróżnicowane pod względem zawartości metali ciężkich (tab. 1). Najwyższe ich zawartości stwierdzono w ściekach z miast uprzemysłowionych, jak np. z Legnicy i Wrocławia (ścieki dopływające na pola osobowickie). Ścieki miejskie z Kościana i z mieszkalnych dzielnic Wrocławia (dopływ na pola w Dobrzykowicach) wykazały ogólnie mniejsze zawartości metali. Również ścieki z przemysłu rolno-spożywczego

go, a mianowicie z krochmalni i drożdżowni nie były nośnikami znaczących ilości metali ciężkich.

Tabela 1; Table 1

Średnie zawartości metali ciężkich w ściekach
Mean contents of heavy metals in sewage

Miasto – Obiekt City – Object	Metale ciężkie; Heavy metals (mg·dm ⁻³)						pH
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	
Wrocław – Osobowice	0,026	0,048	0,083	0,120	0,052	1,630	6,5–7,0
Wrocław – Dobrzykowice	0,001	0,030	0,040	0,010	0,012	0,082	6,3–8,0
Legnica – Dobrzejów	0,006	0,046	0,086	0,090	0,096	1,770	6,1–7,5
Kościan	0,0003	0,080	0,018	0,001	0,005	0,031	6,5–7,1
Ścieki z krochmalni; Starch waste water							
Niechłów	0,000	0,346	0,045	0,001	0,001	0,013	4,9–7,2
Ścieki z drożdżowni; Yeast waste water							
Wolczyn	0,001	0,049	0,085	0,018	0,006	0,092	3,6–6,6

Wyniki badania zawartości metali ciężkich w roślinności łąkowej z 6 obiektów praktycznej utylizacji ścieków przedstawione w tabeli 2, wykazują duże zróżnicowania. Według różnych badań zawartość makro i mikroelementów w roślinach zależna jest od wielu czynników, a między innymi od zasobności gleby, stosowanego nawożenia, przebiegu pogody, gatunku i fazy rozwojowej oraz części składowych roślin [BARSZCZEWSKI, SAPEK 1992; MIKOŁAJCZAK i in. 1992; CZYŻ i in. 1996; FLORCZAK, LASOTA 1996]. Omawiane wyniki badań na łąkach nawadnianych ściekami wykazują jednak wyraźną zależność zawartości metali ciężkich w roślinności od rodzaju ścieków stosowanych do nawodnień i zawartych w nich metali oraz od rocznych obciążeń łąk tymi ściekami. Im więcej metali ciężkich było dostarczone do gleby ze ściekami, tym więcej zawierała ich roślinność nawadnianych łąk.

Najwyższe zawartości wszystkich oznaczanych metali ciężkich wystąpiły w roślinności łąk przeciężonych ściekami komunalnymi z uprzemysłowionych miast Legnicy (obiekt Dobrzejów) i Wrocławia (obiekt Osobowice). Na obiektach tych wystąpił udowodniony statystycznie wyraźny wzrost zawartości metali ciężkich w roślinach łąk nawadnianych ściekami, w porównaniu do ich koncentracji w roślinności z przyległych łąk nie nawadnianych. Natomiast w roślinności z łąk nawadnianych ściekami z nie uprzemysłowionego miasta, jakim jest Kościan, a także ściekami z mieszkalnych wschodnich dzielnic Wrocławia (obiekt Dobrzykowice), nie wystąpiły istotne różnice zawartości metali ciężkich w porównaniu do ich zawartości w trawach z łąk nie nawadnianych. W trawach z legnickich pól irygowanych wystąpiło niebezpieczne zwiększenie zawartości wszystkich badanych metali ciężkich, a w trawach z pól wrocławskich (Osobowice) wysokie były zawartości cynku i ołowiu. Duża zawartość cynku, ołowiu i niklu wystąpiła również w trawach z legnickich łąk nie nawadnianych ściekami. Oznacza to, że źródłem metali ciężkich były nie tylko ścieki, lecz również pyły przemysłowe i spaliny przenoszone drogą powietrzną. Niektóre metale, jak np. Cd i Pb mogą bowiem być pobierane przez roślinność łąkową również bezpośrednio z powietrza [DALENBERG, van DRIEL 1990; KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993].

Tabela 2; Table 2

Średnie zawartości metali ciężkich w roślinności z łąk nawadnianych ściekami
 Mean contents of heavy metals in vegetation from meadows
 irrigated with waste waters meadows

Objekt; Object Rodzaj nawodnień; Type of irrigation	Metale ciężkie (mg·kg ⁻¹ s.m.) Heavy metals (mg·kg ⁻¹ DM)					
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Łąki nawadniane ściekami miejskimi; Meadows irrigated with municipal sewage						
Wrocław (Osobowice-Szewce)						
Bez nawodnień; Non irrigation	0,22	1,6	4,30	0,43	11,40	84,40
Deszczowniane; Sprinkled irrigation	0,19	2,2	7,40	1,58	8,90	77,50
Zalewowe; Flood irrigation	0,30**	4,0**	10,90**	3,63**	14,20**	154,5**
Wrocław (Dobrzykowice)						
Bez nawodnień; Non irrigation	0,10	2,52	8,75	1,50	8,40	57,50
Zalewowe; Flood irrigation	0,06	2,74	9,75	2,30*	8,80	64,00*
Legnica (Dobrzejów)						
Bez nawodnień; Non irrigation	0,90	2,50	10,50	10,60	12,70	121,0
Zalewowe; Flood irrigation	1,00*	6,60**	23,05**	20,80**	13,80*	151,0*
Kościan						
Bez nawodnień; Non irrigation	0,65	2,00	8,00	1,65	8,85	26,60
Dwszczowniane; Sprinkled irrigation	0,70	1,75	9,65	1,70	8,00	29,90
Łąki nawadniane ściekami z krochmalni; Meadows irrigated with starch waste water						
Niechlów						
Bez nawodnień; Non irrigation	0,62	2,72	18,8	2,17	11,68	73,00
Dwszczowniane; Sprinkled irrigation	0,64	2,26	18,70	2,15	10,60	46,00
Zalewowe; Flood irrigation	0,78	2,08	18,85	1,95	9,65	36,00**
Łąki nawadniane ściekami z drożdżowni; Meadows irrigated with yeast waste water						
Wolczyn						
Bez nawodnień; Non irrigation	0,65	2,75	8,35	2,85	11,30	94,50
Deszczowniane; Sprinkled irrigation	0,70	2,13	14,45	2,10	9,20	96,00
Zawartości najczęściej występujące w trawach (stadium przed kłoszeniem) ¹⁾ Contents most frequently appearing in grasses (before ear growing stage) ¹⁾	0,1-0,3	0,5-4,0	2,2-21,0	0,5-1,5	1,0-10,0	15,0-80,0

¹⁾ Źródło; Source: KABATA-PENDIAS, PIOTROWSKA [1984]

* istotność różnic dla poziomu $\alpha = 0,05$; difference significance at $\alpha = 0.05$

** istotność różnic dla poziomu $\alpha = 0,01$; difference significance at $\alpha = 0.01$

Zawartości niektórych metali ciężkich w roślinności z legnickich i wrocławskich pól irygowanych były wysokie, lecz nie na tyle, aby całkowicie dyskwalifikować przydatność pól na paszę dla bydła. Plony traw z tych i podobnych pól nie powinny jednak być paszą podstawową (wyłączną). Najwłaściwsze wydaje się wykorzystanie takich traw do produkcji kiszonek lub suszu, będącego komponentem pasz treściwych, które nie są główną bazą paszową. Plony z łąk nawadnianych ściekami miejskimi, wykorzystywane na paszę powinny być systematycznie

(przynajmniej raz w roku) kontrolowane pod względem zawartości metali ciężkich.

Nawadnianie łąk ściekami z krochmalni i drożdżowni nie spowodowało istotnego wzrostu zawartości metali ciężkich w roślinności z tych łąk. Zawartość cynku w trawach z łąk nawadnianych ściekami z krochmalni była nawet wyraźnie niższa niż w trawach z łąk nie nawadnianych. Również zawartości chromu, niklu i ołowiu w trawach z łąk nawadnianych ściekami z krochmalni i drożdżowni były nieco niższe niż w roślinności z łąk nie nawadnianych. Wyjątkiem był wzrost zawartości miedzi w trawach z łąk nawadnianych ściekami z drożdżowni w Wołczyńcu, lecz ścieki te wykazywały wysoką zawartość miedzi, odpowiadającą zawartości w ściekach z Legnicy i Wrocławia.

Plony z łąk nawadnianych ściekami przemysłu rolno-spożywczego można uznać za całkowicie przydatne do wykorzystania jako paszy dla zwierząt, pomimo nieco podwyższonej zawartości miedzi. Zawartość ta nie przekracza bowiem wartości granicznych podanych np. przez SZOSZKIEWICZA i ZNAMIROWSKIEGO [1989].

Wnioski

1. Zawartość metali ciężkich w roślinności łąk nawadnianych ściekami była zależna od rodzaju ścieków, ilości zawartych w nich metali oraz od rocznego obciążenia nimi badanych terenów.
2. W roślinności łąk nawadnianych wysokimi dawkami ścieków komunalnych z miast uprzemysłowionych występowały podwyższone zawartości niektórych metali ciężkich. Są to zawartości znacznie wyższe od zawartości tych metali w roślinności łąk nie nawadnianych i od podawanych w literaturze wartości najczęściej występujących w trawach.
3. Nawadnianie łąk ściekami z miast nie uprzemysłowionych i z osiedli mieszkalnych, a także ściekami przemysłu rolno-spożywczego nie powodowało istotnego wzrostu zawartości metali ciężkich w roślinności, w porównaniu do ich zawartości w sianie z przyległych łąk nie nawadnianych ściekami.

Literatura

BARSZCZEWSKI J., SAPEK B. 1992. *Pobieranie manganu, cynku i miedzi przez trawy w różnych fazach ich rozwoju na tle wapnowania i nawożenia azotem łąki.* Mat. VII Symp. pt. „Mikroelementy w rolnictwie” 16–17 IX 1992, AR Wrocław: 189–194.

CEBULA J. 1981. *Kryterium przydatności osadów ściekowych w rolniczym ich wykorzystaniu.* Materiały badawcze IMGW, seria Gosp. Wodna i Ochrona Wód. Warszawa: 1–100.

CZYŻ H., TRZASKOŚ M., CYRAN A. 1996. *Kształtowanie się zawartości mikroelementów w trawach i ziołach pod wpływem nawożenia biohumusem.* Zesz. Nauk. AR Szczecin. 172, Roln. 62/1: 101–106.

CZYŻYK F. 1994. *Wpływ wieloletnich nawodnień ściekami na glebę, wody gruntowe i rośliny.* Wyd. IMUZ Falenty: 1–77.

- CZYŻYK F. 1996.** Zawartość metali ciężkich w glebach nawadnianych ściekami. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 434: 811–817.
- CZYŻYK F. 2000.** Wyniki badania możliwości efektywnego oczyszczania ścieków miasta Wrocławia na 100-letnich polach irygowanych w Osobowicach. Mat. IV Konf. Nauk.-Techn. pt. „Problemy oczyszczania ścieków i ochrony wód w dorzeczu Odry”. RZGW Wrocław, Katowice, Poznań, Szczecin.
- DALENBERG J.W., van DRIEL W. 1990.** Contribution of atmospheric deposition to heavy – metal concentration in field crops. Netherlands J. Agric. Sac. 38: 367–379.
- FLORCZAK J., LASOTA W. 1996.** Zawartość Cu, Mn, Zn, Fe w ziołach i mieszkach ziołowych. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 434: 705–710.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M. 1984.** Zanieczyszczenie gleb i roślin uprawnych pierwiastkami śladowymi. CBR Warszawa: 1–28.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1993.** Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa: 364 ss.
- MIKOŁAJCZAK Z., JAMROZ E., NOWAK W. 1992.** Zawartość mikroelementów w pędach i organach kstrzewy trzcinowej oraz kupkówki pospolitej. Mat. VII Symp. pt. „Mikroelementy w rolnictwie” 16–17 IX 1992, AR Wrocław: 311–315.
- PLATT C. 1974.** Problemy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. PWN Warszawa.
- PREŚ J., KINAL S. 1996.** Aktualne spojrzenie na sprawę zaopatrzenia zwierząt w mikroelementy. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 434: 1043–1061.
- SZOSZKIEWICZ J., ZNAMIROWSKI M. 1989.** Zawartość mikroelementów w runi użytków Wielkopolski.. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 325: 182–185.
- WALEWSKI R. 1989.** Metody statystyczne w badaniach łąkarskich i melioracyjnych. PWRiL, Warszawa: 23–26.

Słowa kluczowe: nawadnianie ściekami, roślinność łąkowa, metale ciężkie

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań zawartości metali ciężkich w roślinności łąkowej z 6 obiektów praktycznego wieloletniego nawadniania ściekami. Badania wykazały wyraźną zależność zawartości niektórych metali ciężkich w roślinności od rodzaju ścieków i obciążenia łąk tymi ściekami. W trawach z łąk przeciążanych ściekami z miast uprzemysłowionych występowało niebezpieczne zwiększenie zawartości niektórych metali, jak np. Zn, Pb a na polach legnickich również Cu i Ni. Zawartości metali w roślinności z łąk nawadnianych ściekami miejskimi były na ogół wyższe niż w roślinności z przyległych łąk nie nawadnianych. Różnice te nie występowały natomiast w roślinności zebranej z łąk nawadnianych ściekami przemysłu rolno-spożywczego, gdyż ścieki te nie są nośnikami znacznych ilości metali ciężkich.

CONTENTS OF HEAVY METALS IN VEGETATION OF THE MEADOWS IRRIGATED WITH WASTE WATERS

Franciszek Czyżyk

Regional Division in Wrocław,
Institute for Land Reclamation and Grassland Farming, Falenty

Key words: sewage irrigation, meadows vegetation, heavy metals

Summary

Results of the investigation on heavy metals contents in vegetation from the meadows irrigated with waste waters were presented. Six different object, irrigated with waste waters over many years were tested.

It was found, that there exists strong relationship between the contents of heavy metals in meadow vegetation and kind of waste waters used for irrigation and the value of their discharging. In case of meadows irrigated with waste waters from industrial towns the danger increase in contents of some elements, e.g. Zn and Pb, was found and on irrigated meadows located near Legnica town – Cu and Ni, either. Generally, the heavy metals contents in vegetation from meadows irrigated with this kind of waste waters were higher than in vegetation from meadows located out side of irrigated area. However, differences of this kind on meadows irrigated with waste waters from food industry were found to be essentially less. It seems, that the waste waters from food industry are not so rich source of heavy metals contaminating environment.

Doc. dr hab. Franciszek **Czyżyk**
Dolnośląski Ośrodek Badawczy
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych
ul. Powstańców Śl. 98
53-333 WROCLAW