

NAWOŻENIE SŁOMĄ I TROCINAMI JAKO CZYNNIK NIWELUJĄCY ODDZIAŁYWANIE NA DROBNOUSTROJE ZANIECZYSZCZENIA GLEBY KADMEM

Jadwiga Wyszowska, Jan Kucharski

Katedra Mikrobiologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wstęp

Kadm możemy zaliczyć do najbardziej niebezpiecznych metali ciężkich. Działa on toksycznie na ludzi, zwierzęta [BAL i in. 1999], rośliny [GAJ 2000; WYSZKOWSKA, KUCHARSKI 2003a] i drobnoustroje [WYSZKOWSKA, KUCHARSKI 2003b; WYSZKOWSKA, WYSZKOWSKI 2002; STROIŃSKI 1998]. Negatywne działanie metali na mikroorganizmy polega przede wszystkim na blokowaniu centrów aktywnych enzymów oraz podstawianiu jonów metali występujących w białkach [NIES 1999].

Mimo wysokiej toksyczności metali ciężkich, w tym także kadmu, drobnoustroje posiadają wiele mechanizmów obronnych, np.: transport do wnętrza komórki przez błony przy udziale białek i związków kompleksujących, sorpcję w słuchach powierzchniowych, wiązanie przez biopolimery osłon komórkowych [NIES 1999, Ow 1996]. Na biodostępność kadmu, a tym samym jego toksyczność, wpływa wiele czynników: jego forma [ANGELOVA, IVANOV 2000; RENELLA i in. 2004], odczyn gleby [CURYŁO, JASIEWICZ 1997; GĘBSKI 1997], wilgotność [WIŚNIEWSKA-KIELIAN 2000], zawartość substancji organicznej i zawartość minerałów ilastych w glebie [CURYŁO, JASIEWICZ 1997; MORENO i in. 2001]. Szeroki wachlarz czynników decydujących o toksyczności kadmu dla drobnoustrojów i roślin skłonił do przeprowadzenia doświadczenia, którego celem było określenie roli nawożenia słomą i trocinami w łagodzeniu skutków oddziaływania kadmu, występującego w nadmiarze w glebie, na drobnoustroje.

Material i metody badań

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w 2003 r. w hali wegetacyjnej w polietylenowych wazonach w 4 powtórzeniach. Do badań pobrano z poziomu orno-próchniczego glebę brunatną typową wytworzoną z piasku gliniastego lckkiego. Gleba ta charakteryzowała się następującymi właściwościami: pH w 1 mol $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ – 5,60; kwasowość hydrolityczna (Hh) – 13,05 $\text{mmol}(\text{H}^+) \cdot \text{kg}^{-1}$; suma zasadowych kationów wymiennych (S) – 57,06 $\text{mmol} (+) \cdot \text{kg}^{-1}$; całkowita pojemność wymienna kompleksu sorpcyjnego (T) – 70,11 $\text{mmol} (+) \cdot \text{kg}^{-1}$; stopień wysy-

cenia zasadowymi kationami wymiennymi (V) – 81,39%; zawartość C org. – 5,00 g·kg⁻¹. Glebę przed umieszczeniem w wazonach przesiano przez sito o oczkach o średnicy 1 cm i zanieczyszczono następującymi dawkami chlorku kadmu, w mg Cd·kg⁻¹: 0; 20; 40 i 60. Następnie wprowadzono do niej drobno zmieloną słomę jęczmienną lub trociny sosnowe w ilości: 0 i 5 g·kg⁻¹ oraz nawożono makro- i mikroelementami. Nawożenie mineralne w przeliczeniu na czysty składnik wynosiło w mg·kg⁻¹: N – 125 oraz 250 [CO(NH₂)₂], P – 100 (K₂HPO₄); K – 150 (K₂HPO₄ + KCl); Mg – 50 (MgSO₄·7 H₂O); Zn – 5 (ZnCl₂); Cu – 5 (CuSO₄·5 H₂O); Mn – 5 (MnCl₂·4 H₂O); Mo – 0,33 (Na₂MoO₄·2 H₂O); B – 0,33 (H₃BO₃). Wyższą dawkę mocznika dzielono na dwie części: 125 mg N zastosowano przedsiwnie i 125 mg w fazie krzewienia rośliny doświadczalnej (jęczmienia jarego). Glebę dokładnie wymieszano z chlorkiem kadmu i nawozami, doprowadzono do wilgotności równej 60% kapilarnej pojemności wodnej i utrzymywano w stanie nieobsianym przez 19 dni. W 19-tym dniu pobrano próbki do analiz mikrobiologicznych i wysiano jęczmień jary odmiany Ars. Po wschodach w każdym wazonie pozostawiono po 15 roślin. Bezpośrednio po zbiorze jęczmienia jarego (w fazie kwitnienia) ponownie pobrano próbki gleby do analiz mikrobiologicznych i fizyko-chemicznych. Przez cały okres trwania doświadczenia (67 dni) utrzymywano stałą wilgotność gleby na poziomie 60% kapilarnej pojemności wodnej.

W próbkach glebowych określono (metodą płytkową) liczebność bakterii oligotroficznych i ich form przetrwalnych – na podłożu z peptonem i ekstraktem mięsnym wg ONTA i HATTORIEGO [1983], promieniowców – metodą Küstera i Williamsa z antybiotykami nystatyną i actidionem, wg przepisu przedstawionego przez PARKINSONA i in. [1971] oraz grzybów – na agarze glukozowo-peptonowym wg MARTINA [1950]. Formy przetrwalne bakterii określano w rozcieńczeniach gleby, które były pasteryzowane przez 15 minut w temperaturze 85°C.

Po zbiorze jęczmienia jarego oznaczono także kwasowość hydrolityczną (Hh) i sumę zasadowych kationów wymiennych (S) metodą Kappena [MOCEK i in. 1997]. Obliczono całkowitą pojemność wymienną (T) i stopień wysycenia kationami zasadowymi (V) według wzorów: $T = S + Hh$; $V = S \cdot T^{-1} \cdot 100$. Wyniki podano jako średnie dla dwóch poziomów nawożenia mocznikiem, gdyż dawka tego nawozu nie wywierała istotnego działania na analizowane właściwości.

Rezultaty badań opracowano statystycznie z wykorzystaniem analizy wariancji czteroczynnikowej ANOVA. Obliczono współczynniki korelacji prostej Pearsona między stopniem zanieczyszczenia gleby kadmem a liczebnością drobnoustrojów oraz równania regresji i współczynniki determinacji między dawką kadmu a plonem jęczmienia jarego [STATSOFT, INC ... 2003].

Wyniki i dyskusja

Zanieczyszczenie gleby kadmem naruszyło jej równowagę mikrobiologiczną. Metal ten, niezależnie od nawożenia mocznikiem, słomą, trocinami oraz czasu zalegania w glebie, oddziałował negatywnie na namnażanie się bakterii oligotroficznych (tab. 1), bakterii oligotroficznych przetrwalnikujących (tab. 2), promieniowców (tab. 3) i grzybów (tab. 4).

Liczebność wszystkich analizowanych drobnoustrojów była istotnie ujemnie skorelowana ze stopniem jej zanieczyszczenia. Najwyższa dawka kadmu

(60 mg·kg⁻¹) zmniejszała o 29% liczbę bakterii oligotroficznych, o 46% – bakterii oligotroficznych przetrwalnikujących, o 43% – promieniowców i o 51% – liczbę grzybów. Uzyskane wyniki są zgodne z rezultatami badań WANG i in. [2004], DIAS-JUNIOR [1998] oraz DOELMAN i in. [1994], w których wymienieni autorzy dowodzą o szczególnie niekorzystnym oddziaływaniu kadmu na grzyby, w mniejszym stopniu na promieniowce i w najmniejszym – na bakterie. Ten pogląd tylko częściowo potwierdza SCHULLER [1989], który dowodzi, że wysoka zawartość kadmu w glebie zmniejsza biomasę grzybów, ale nie wpływa na biomasę bakterii.

Tabela 1; Table 1

Liczebność bakterii oligotroficznych (jtk·10⁹·kg⁻¹ s.m. gleby)
Number of oligotrophic bacteria (cfu 10⁹ per kg soil DM)

Dawka Cd (mg·kg ⁻¹ gleby) Cd dose (mg·kg ⁻¹ soil)	Przed siewem jęczmienia jarego Before spring barley sowing	Po zbiorze jęczmienia jarego After spring barley harvest		Średnia Average
		dawka azotu (mg N·kg ⁻¹ gleby) nitrogen dose (mg N·kg ⁻¹ soil)		
		125	250	
Kontrola; Control				
0	18,64	12,72	14,30	15,22
20	17,49	12,37	12,94	14,27
40	15,77	11,79	12,80	13,45
60	14,62	8,60	9,32	10,85
Srednia; Average	16,63	11,37	12,34	13,45
r	-0,99	-0,89	-0,92	-0,96
Gleba nawożona słomą; Soil fertilized with straw				
0	26,67	17,99	21,33	22,00
20	21,51	13,94	21,72	19,06
40	15,48	12,97	17,03	15,16
60	14,62	11,68	14,48	13,60
Srednia; Average	19,57	14,15	18,64	17,45
r	-0,97	-0,94	-0,93	-0,99
Gleba nawożona trocinami; Soil fertilized with sawdust				
0	18,06	19,82	20,50	19,46
20	12,90	14,66	11,94	13,17
40	0,90	10,97	10,00	7,29
60	0,90	10,22	9,35	6,82
Srednia; Average	8,19	13,92	12,95	11,69
r	-0,94	-0,96	-0,89	-0,95
NIR _{0,01} *	a - 0,82	b - 0,33	c - 0,27	d - 0,27
LSD _{0,01} *	axb - 0,66	axc - n.s.	axd - 0,54	bxc - 0,47
	bxd - 0,47	cx - 0,82	axbxc - 0,93	axbxd - 0,93
	bxcxd - 0,66	axcxd - n.s.	axbxcxd - 1,32	

* NIR dla: a – dawki kadmu, b – nawożenia substancją organiczną, c – dawki azotu, d – terminu analizy; LSD for: a – Cd dose, b – organic substance fertilization, c – nitrogen dose, d – analysis time

r współczynnik korelacji; correlation coefficient

n.s. różnice nieistotne; differences not significant

Tabela 2; Table 2

Liczebność bakterii oligotroficznych przetrwalnikujących (jtk·10⁷·kg⁻¹ s.m. gleby)
Number of sporulotic oligotrophic bacteria (cfu 10⁷ per kg soil DM)

Dawka Cd (mg·kg ⁻¹ gleby) Cd dose (mg·kg ⁻¹ soil)	Przed siewem jęczmienia jarego Before spring barley sowing	Po zbiorze jęczmienia jarego After spring barley harvest		Średnia Average
		dawka azotu (mg N·kg ⁻¹ gleby) nitrogen dose (mg N·kg ⁻¹ soil)		
		125	250	
Kontrola; Control				
0	30,82	21,51	26,88	26,40
20	20,43	15,41	21,51	19,12
40	17,92	13,98	19,35	17,08
60	14,70	12,19	15,77	14,22
Srednia; Average	20,97	15,77	20,88	19,21
r	-0,94	-0,94	-0,99	-0,96
Gleba nawożona słomą; Soil fertilized with straw				
0	28,67	22,22	24,37	25,09
20	25,09	20,79	20,43	22,10
40	16,13	15,41	15,77	15,77
60	15,77	11,83	13,26	13,62
Srednia; Average	21,42	17,56	18,46	19,15
r	-0,95	-0,98	-0,99	-0,98
Gleba nawożona trocinami; Soil fertilized with sawdust				
0	26,88	26,52	24,73	26,05
20	22,94	19,35	21,15	21,15
40	20,79	16,49	16,49	17,92
60	16,85	14,34	12,54	14,58
Srednia; Average	21,86	19,18	18,73	19,92
r	-0,99	-0,96	-1,00	-0,99
NIR _{0,01} *	a - 1,08	b - n.s.	c - 0,76	d - 0,76
LSD _{0,01} *	axb - 1,86	axc - n.s.	axd - n.s.	bxc - 1,32
	bxd - n.s.	cx - n.s.	axbxc - n.s.	axbxd - 2,64
	bxcxd - 1,86	axcxd - n.s.	axbxcxd - 3,73**	

* objaśnienia podano pod tabelą 1; explanations see Table 1

** istotne dla p = 0,05; significant for p = 0.05

Pozytywnie na drobnoustroje oddziaływało nawożenie słomą. Pod jego wpływem zwiększyła się liczebność bakterii oligotroficznych o 45%, promienioców o 31% i grzybów zaledwie o 7%. Mniej korzystnie na mikroorganizmy glebowe działało nawożenie trocinami sosnowymi. W przypadku tego nawożenia, w obiektach niezanieczyszczonych kadmem, notowano jedynie 28% przyrost liczby bakterii oligotroficznych. Dowodzi to pośrednio o mniejszej podatności trocin na mineralizację, a w takich warunkach najbardziej rozwijają się bakterie oligotroficzne, z natury przystosowane do życia w środowisku ubogim w składniki odżywcze. Żaden z nawozów organicznych nie zmieniał liczby przetrwalnikujących bakterii oligotroficznych, a ich wpływ na łagodzenie skutków zanieczyszczenia gleby kadmem nie był jednoznaczny. Negatywne działanie kadmu na bakterie

oligotroficzne pogłębiała zarówno słoma, jak i trociny sosnowe, ale w większym stopniu przyczyniły się do tego trociny (tab. 1). Działanie kadmu na przetrwalnikujące bakterie oligotroficzne (tab. 2), promieniowce (tab. 3) i grzyby (tab. 4) istotnie ograniczało nawożenie trocinami, natomiast nawożenie słomą zmniejszało skutki działania kadmu jedynie na grzyby. Przy czym efekt jego działania na grzyby był znacznie korzystniejszy niż trocin.

Tabela 3; Table 3

Liczebność promieniowców ($\text{jt} \cdot 10^9 \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. gleby)
Number of actinomycetes ($\text{cfu} \cdot 10^9$ per kg soil DM)

Dawka Cd ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) Cd dose ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ soil)	Przed siewem jęczmienia jarego Before spring barley sowing	Po zbiorze jęczmienia jarego After spring barley harvest		Średnia Average
		dawka azotu ($\text{mg} \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) nitrogen dose ($\text{mg} \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ soil)		
		125	250	
Kontrola; Control				
0	34,70	12,97	13,23	20,30
20	25,81	11,43	11,86	16,37
40	24,95	8,75	10,82	14,84
60	20,93	6,70	6,85	11,49
Srednia; Average	26,59	9,96	10,69	15,75
r	-0,94	-0,99	-0,95	-0,99
Gleba nawożona słomą; Soil fertilized with straw				
0	40,43	18,96	20,29	26,56
20	35,84	13,55	17,74	22,38
40	26,95	10,72	12,62	16,76
60	26,38	11,33	15,81	17,84
Srednia; Average	32,40	13,64	16,61	20,88
r	-0,96	-0,89	-0,74	-0,91
Gleba nawożona trocinami; Soil fertilized with sawdust				
0	32,11	10,79	16,52	19,81
20	28,10	10,43	14,87	17,80
40	27,53	7,42	11,79	15,58
60	26,95	6,06	9,03	14,01
Srednia; Average	28,67	8,67	13,06	16,80
r	-0,89	-0,96	-0,99	-0,99
NIR _{0,01} * LSD _{0,01} *	a - 0,80 axb - 1,39 bxd - n.s. bxcxd - 1,39**	b - 0,69 axc - 1,13 cxd - 0,80 axcxd - n.s.	c - 0,57 axd - 1,13 axbxc - n.s. abxcxd - 2,78**	d - 0,57 bxc - n.s. abxcd - 1,97

* objaśnienia podano pod tabelą 1; explanations see Table 1

** istotne dla $p = 0,05$; significant for $p = 0,05$

Istotnym czynnikiem modyfikującym liczebność drobnoustrojów było nawożenie mocznikiem (tab. 1-4). Wpłynęło ono stymulująco na namnażanie bakterii,

promieniowców i grzybów, co może być wynikiem poprawy stosunku C : N w glebie [MARGESIN, SCHINNER 1997]. Jego działanie w powiązaniu z zanieczyszczeniem kadmem było wielokierunkowe. W glebie nienawożonej słomą i trocinami wzmacniało niekorzystne działanie tego metalu na grzyby oraz łagodziło – na przetrwalnikujące bakterie oligotroficzne i promieniowce. W glebie z dodatkiem trocin pogłębiało niekorzystne działanie kadmu na bakterie oligotroficzne i hamowało jego wpływ na bakterie oligotroficzne przetrwalnikujące. Łagodzące działanie moczniaka notowano także w glebie użyźnianej słomą, ale wyłącznie na bakterie oligotroficzne i promieniowce.

Tabela 4; Table 4

Liczebność grzybów (jtk·10⁶·kg⁻¹ s.m. gleby)
Number of fungi (cfu 10⁶ per kg soil DM)

Dawka Cd (mg·kg ⁻¹ gleby) Cd dose (mg·kg ⁻¹ soil)	Przed siewem jęczmienia jarego Before spring barley sowing	Po zbiorze jęczmienia jarego After spring barley harvest		Średnia Average
		dawka azotu; nitrogen dose (mg N·kg ⁻¹ gleby; of soil)		
		125	250	
Kontrola; Control				
0	30,47	84,23	114,34	76,34
20	27,24	76,34	94,62	66,07
40	27,24	56,27	52,69	45,40
60	26,16	59,50	25,81	37,16
Srednia; Average	27,78	69,09	71,86	56,24
r	-0,89	-0,91	-0,99	-0,99
Gleba nawożona słomą; Soil fertilized with straw				
0	35,84	113,26	95,70	81,60
20	32,97	106,81	105,38	81,72
40	27,24	109,32	91,40	75,99
60	25,45	95,70	85,30	68,82
Srednia; Average	30,38	106,27	94,44	77,03
r	-0,98	-0,86	-0,69	-0,93
Gleba nawożona trocinami; Soil fertilized with sawdust				
0	34,41	90,32	112,19	78,97
20	31,54	81,00	95,34	69,30
40	31,18	53,76	68,10	51,02
60	27,60	40,50	70,61	46,24
Srednia; Average	31,18	66,40	86,56	61,38
r	-0,96	-0,98	-0,93	-0,98
NIR _{0,01} *	a – 1,80	b – 1,56	c – 1,27	d – 1,27
LSD _{0,01} *	axb – 3,11	axc – 2,54	axd – 2,54	bxc – 2,20
	bx d – 2,20	cx d – 1,80	axbxc – 4,40	axbxd – 4,40
	bxcxd – 3,11	axcxd – 4,40	axbxcxd – 6,22	

* objaśnienia podano pod tabelą 1; explanations see Table 1

W przeciwieństwie do właściwości mikrobiologicznych, kadm w niewielkim stopniu, aczkolwiek istotnie, modyfikował właściwości fizyko-chemiczne gleby

(tab. 5). Suma zasadowych kationów wymiennych, stopień wysycenia zasadowymi kationami wymiennymi i pH gleby były ujemnie skorelowane ze stopniem zanieczyszczenia tym pierwiastkiem, natomiast kwasowość hydrolityczna – dodatnio, co potwierdzają także badania JASIEWICZ i ANTONKIEWICZA [2000]. Nawożenie słomą i trocinami wzmacniało niekorzystny wpływ kadmu na stan zakwaszenia gleby, co mogło być skutkiem nałożenia się działania chlorku kadmu i kwasów organicznych wytwarzanych w trakcie mineralizacji słomy i trocin.

Tabela 5; Table 5

Niektóre właściwości gleby zanieczyszczonej
Some properties of cadmium contaminated soil

Dawka Cd Dose Cd (mg·kg ⁻¹ gleby; of soil)	pH (1 mol KCl·dm ⁻³)	S	Hh	T	V (%)
		mmol(+)·kg ⁻¹ gleby; soil			
Kontrola; Control					
0	5,68	57,75	13,13	70,88	81,48
20	5,53	56,25	13,88	70,13	80,21
40	5,60	57,50	13,50	71,00	80,99
60	4,59	56,25	15,38	71,63	78,53
r	-0,81	-0,52	0,83	0,66	-0,81
Gleba nawożona słomą; Soil fertilized with straw					
0	5,80	64,00	11,25	75,25	85,05
20	5,95	65,25	11,81	77,06	84,67
40	5,65	64,00	14,44	78,44	81,59
60	5,06	60,25	15,19	75,44	79,87
r	-0,83	-0,75	0,96	0,17	-0,97
Gleba nawożona trocinami; Soil fertilized with sawdust					
0	5,93	62,75	13,31	76,06	82,50
20	5,60	60,50	16,69	77,19	78,38
40	5,48	60,50	17,25	77,75	77,81
60	5,06	58,75	16,88	75,63	77,69
r	-0,98	-0,94	0,79	-0,10	-0,85
NIR _{0,01} *	a - 0,05	a - 0,14	a - 1,06	a - 1,07	a - 0,32
LSD _{0,01} *	b - 0,04	b - 0,12	b - 0,92	b - 0,93	b - 0,28
	axb - 0,08	axb - 0,23	axb - 1,84	axb - 1,85**	axb - 0,56

Hh kwasowość hydrolityczna; hydrolytic acidity
S suma zasad wymiennych; total exchange bases
T całkowita pojemność wymienna; sorptive capacity
V stopień wysycenia zasadami; degree of base saturation

* NIR; LSD dla; for

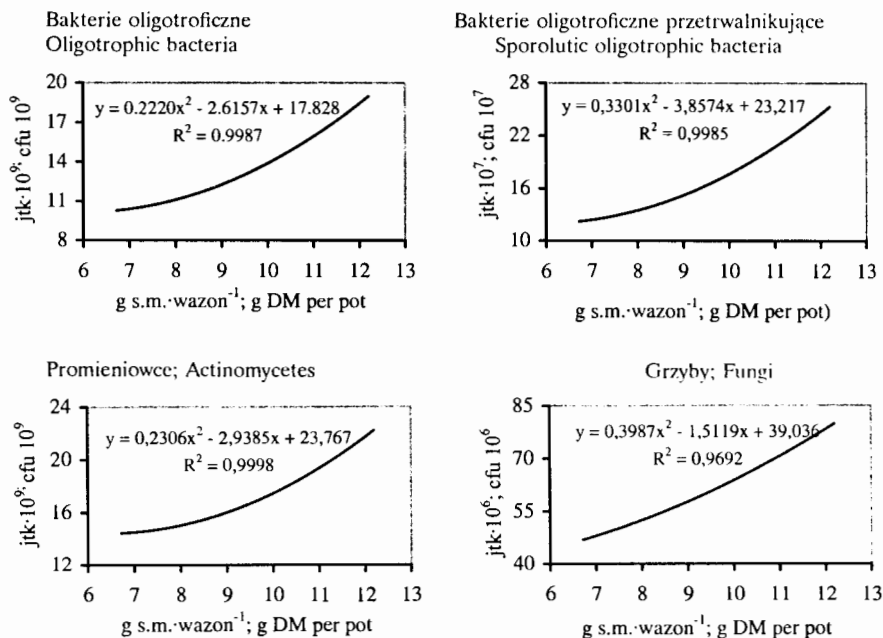
a dawki kadmu; Cd dose

b nawożenia substancją organiczną; organic substance fertilization

** istotne dla p = 0,05; significant for p = 0.05

Z danych przedstawionych w niniejszej pracy wynika, że w warunkach strosowych istnieje istotne powiązanie aktywności mikrobiologicznej gleby z plonowa-

niem jęczmienia jarego (rys. 1). Do takiej sugestii skłoniły obliczone równania regresji i współczynniki determinacji między liczebnością poszczególnych drobnoustrojów a plonem roślin. Stwierdzono wysoce istotne współczynniki determinacji między liczbą bakterii, promieniowców i grzybów a plonem jęczmienia jarego.



Rys.1. Zależność między liczebnością drobnoustrojów glebowych a plonowaniem jęczmienia jarego

Fig. 1. Correlation between number of microorganisms and spring barley yield

Wnioski

1. Zanieczyszczenie gleby kadmem w ilości od 20 do 60 mg·kg⁻¹ przyczyniło się do istotnego obniżenia liczebności bakterii oligotroficznych i ich form przetrwalnych, promieniowców i grzybów.
2. Negatywne oddziaływanie kadmu na liczebność drobnoustrojów glebowych częściowo było niwelowane przez nawożenie gleby słomą jęczmienną i trocinami sosnowymi. Słoma okazała się jednak mniej przydatna niż trociny w ograniczaniu ujemnego wpływu tego metalu na drobnoustroje glebowe.
3. Suma zasadowych kationów wymiennych, stopień wysycenia zasadowymi kationami wymiennymi i pH gleby były ujemnie skorelowane ze stopniem zanieczyszczenia gleby kadmem, natomiast kwasowość hydrolytyczna – dodatnio.
4. W warunkach przeprowadzonego doświadczenia stwierdzono istotną dodatnią korelację między plonowaniem jęczmienia jarego a liczebnością bakterii, promieniowców i grzybów.

Literatura

- ANGELOVA V., IVANOV K. 2000. *Distribution and forms of lead, copper, zinc, cadmium and magnesium in industrially polluted soil*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 472: 53–59.
- BAL W., JEŻOWSKA-BOJCZUK M., KOZŁOWSKI H. 1999. *Metale i nowotwory – oksydacyjne mechanizmy molekularne*, w: *Na pograniczu chemii i biologii*. Korniak H., Barciszewski J. (Red.), Poznań 3: 349–364.
- CURYŁO T., JASIEWICZ C. 1997. *Porównanie działania nawozów mineralnych i organiczno-mineralnych na pobieranie oraz toksyczność kadmu i niklu dla roślin*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 448a: 45–51.
- DIAS-JUNIOR H.E., MOREIRA F.M.S., SIQUEIRA J.O., SILVA R. 1998. *Heavy metals, microbial density and activity in a soil contaminated by wastes from the zinc industry*. Rev. Brasil. Cienc. do Solo 22(4): 631–640.
- DOELMAN P., JANSEN E., MICHELS M., VAN TIL M. 1994. *Effects of heavy metals in soil on microbial diversity and activity as shown by the sensitivity-resistance index, an ecologically revelant parameter*. Biol. Fertil. Soils 17: 177–184.
- GAJ R. 2000. *Response of plants in early growth stages to heavy metals and nitrogen*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 472: 241–249.
- GĘBSKI M. 1997. *Aktywność Cd a zmiany pH roztworu glebowego przy stosowaniu KCl lub K_2SO_4 w warunkach laboratoryjnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.: 117–123.
- JASIEWICZ C., ANTONKIEWICZ J. 2000. *Wpływ zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi na właściwości fizykochemiczne gleby, plon i skład chemiczny topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.)*. Folia Univ. Agric. Stetin. 211, Agricultura 84: 141–146.
- MARGESIN R., SCHINNER F. 1997. *Laboratory bioremediation experiments with soil from a Diesel-oil contaminated site – significant role of cold-adapted microorganisms and fertilizers*. J. Chem. Tech. Biotechnol. 70: 92–98.
- MARTIN J. 1950. *Use of acid rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi*. Soil Sci. 69: 215–233.
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P. 1997. *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. AR Poznań: 414.
- MORENO J.L., GARCIA C., LANDI L., FALCHINI L., PIETRAMELLARA G., NANNIPIERI P. 2001. *The ecological dose value (ED_{50}) for assessing Cd toxicity on ATP content and dehydrogenase and urease activities of soil*. Soil Biol. & Biochem. 33(4–5): 483–489.
- NIES D. 1999. *Microbial heavy resistance: molecular biology and utilisation for biotechnological processes*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 51(6): 730–750.
- ONTA H., HATTORI T. 1983. *Oligotrophic bacteria on organic debris and plant roots in paddy field*. Soil Biol. Biochem. 1: 1–8.
- OW D.W. 1996. *Heavy metal tolerance genes: prospective tools for bioremediation*. Resour. Conserv. Recycle. 18: 135–149.
- PARKINSON D., GRAY F.R.G., WILLIAMS S.T. 1971. *Methods for studying the ecology of soil microorganism*. Blackweel Scientific Publications Oxford and Edinburgh, IBP Handbook: 19.

RENELLA G., MENCH M., LEIE D., PIETRAMELLARA G., ASCHER J., CECCHERINI M.T., LANDI L., NANNIPIERI P. 2004. *Hydrolase activity, microbial biomass and community structure in long-term Cd contaminated soils*. Soil Biol. Biochem. 36: 443–451.

SCHULLER E. 1989. *Enzyme activities and microbial biomass in old landfill soils with long-term metal pollution*. Verhandlun. Gesellsch. Okol. 18: 339–348.

STATSOFT, INC. 2003. STATISTICA (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.

STROIŃSKI A. 1998. *Fizjologiczne i biochemiczne aspekty odporności roślin na działanie kadmu*. Rozp. Nauk. 290, Roczn. AR Poznań: 77 ss.

WANG A., CHEN J., CROWLEY D.E. 2004. *Changes in metabolic and structural diversity of a soil bacterial community in response to cadmium toxicity*. Biol. Fert. Soils 39: 452–456.

WIŚNIEWSKA-KIELIAN B. 2000. *Wpływ wilgotności gleby na pobieranie metali ciężkich przez rośliny*. Cz. II. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 472: 679–768.

WYSZKOWSKA J., KUCHARSKI J. 2003a. *Liczebność drobnoustrojów w glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 492: 435–442.

WYSZKOWSKA J., KUCHARSKI J. 2003b. *Właściwości biochemiczne i fizykochemiczne gleby zanieczyszczonej metalami ciężkimi*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 492: 427–433.

WYSZKOWSKA J., WYSZKOWSKI M. 2002. *Effect of cadmium and magnesium on microbiological activity in soil*. Polish J. Environ. Stud. 11(5): 585–591.

Słowa kluczowe: kadm, liczebność drobnoustrojów, jęczmień jary, gleba

Streszczenie

W doświadczeniu wazonowym badano wpływ zanieczyszczenia gleby kadmem na liczebność bakterii, promieniowców i grzybów. Próbkę pobrano z gleby brunatnej typowej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego o pH_{KCl} 5,6 zanieczyszczano chlorkiem kadmu w następującej ilości w $\text{mg Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby: 0, 20; 40 i 60. Doświadczenie prowadzono przez 67 dni. Przez pierwsze 19 dni gleba w wazonach była nieobsiana. W 19 dniu pobrano próbki do analizy mikrobiologicznych i wysiano jęczmień jary. Po zbiorze tej rośliny wykonano kolejny raz analizy mikrobiologiczne gleby. Do łagodzenia ewentualnego toksycznego działania kadmu zastosowano drobno zmieloną słomę jęczmienną i trociny sosnowe w ilości: 0 i $5,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby.

W wyniku badań stwierdzono, że zanieczyszczenie gleby kadmem w ilości od 20 do $60 \text{ mg Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$ istotnie obniżało liczebność bakterii oligotroficznych i ich form przetrwalnych, oraz promieniowców i grzybów. Negatywne oddziaływanie kadmu na liczebność drobnoustrojów glebowych częściowo było niwelowane przez nawożenie gleby słomą jęczmienną i trocinami sosnowymi. W warunkach przeprowadzonego doświadczenia stwierdzono istotną dodatnią korelację między plonowaniem jęczmienia jarego a liczebnością wszystkich badanych bakterii oraz promieniowców i grzybów.

FERTILIZATION WITH STRAW AND SAWDUST
AS A FACTOR REDUCING THE EFFECT
OF SOIL CONTAMINATION WITH CADMIUM
ON MICROORGANISMS

Jadwiga Wyszowska, Jan Kucharski

Department of Microbiology, University of Warmia and Mazury, Olsztyn

Key words: cadmium, number of microorganisms, spring barley, soil

Summary

The effect of soil contamination with cadmium on the number of bacteria was investigated a samples collected from brown soil formed from light loamy sand of pH_{KCl} 5.6, were contaminated with the following doses of cadmium chloride: 0, 20, 40, and 60 mg $\text{Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$ soil. The experiment was carried out for 67 days. In the first 19 days, the soil in pots was unsown. On 19 day of experiment, the samples were collected for microbiological analyses and spring barley was sown. After the harvest of barley, the soil was subjected to microbiological analyses once more. To attenuate a potential toxic effect of cadmium, finely ground straw and pine sawdust were applied at the doses of 0 and 5.0 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ soil.

The results indicated that soil contamination with cadmium doses ranging from 20 to 60 mg $\text{Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$ significantly decreased the numbers of oligotrophic bacteria and their resting spores, as well as the actinomycetes and fungi. Negative impact of analyzed metal on the numbers of soil bacteria was partly reduced by soil fertilization with barley straw and pine sawdust. Under the experimental conditions applied, a significant positive correlation was observed between the yield of spring barley and the numbers of bacteria, actinomycetes and fungi.

Dr hab. Jadwiga Wyszowska, prof. UWM
Katedra Mikrobiologii
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
pl. Łódzki 3
10-727 OLSZTYN
e-mail: jadwiga.wyszowska@uwm.edu.pl