

WPŁYW WĘGLI BRUNATNYCH, OSADÓW ŚCIEKOWYCH ORAZ ICH MIESZANIN I OBORNIKA NA ZAWARTOŚĆ KADMU I OŁOWIU W PODŁOŻU GLEBOWYM I ŻYCICY WIELOKWIATOWEJ (*Lolium multiflorum* Lam.)

Barbara Symanowicz

Akademia Podlaska w Siedlcach

Streszczenie. W latach 1998-2000 przeprowadzono doświadczenie wazonowe, którego celem było określenie wpływu węgla brunatnych, osadów ściekowych oraz ich mieszanin i obornika na zawartość Cd i Pb w podłożu glebowym i życicy wielokwiatowej odmiany Kroto. W doświadczeniu wykorzystano piasek gliniasty lekki (jako podłoże), węgiel brunatny odmiany ziemistej z Kopalni Węgla Brunatnego w Sieniawie i Koninie, osady ściekowe z oczyszczalni w Siedlcach, Łukowie i z Drosedu oraz obornik mieszany. W każdym roku badań zbierano po cztery pokosy trawy. Całkowitą zawartość Cd i Pb w podłożu glebowym i suchej masie trawy oznaczono metodą ICP-AES, po uprzedniej mineralizacji „na sucho” badanych prób. Średnia zawartość kadmu i ołowiu w podłożu glebowym przed rozpoczęciem doświadczenia wynosiła odpowiednio 0,44 i 8,42 mg·kg⁻¹, natomiast po zakończeniu badań 0,33 i 7,09 mg·kg⁻¹ s.m. W suchej masie życicy wielokwiatowej oznaczono średnio od 0,27 do 0,33 mg·kg⁻¹ s.m. kadmu i od 3,33 do 5,14 mg·kg⁻¹ s.m. ołowiu.

Słowa kluczowe: kadm, ołów, węgiel brunatny, osad ściekowy, mieszanina, życica wielokwiatowa

WSTĘP

Kadm i ołów należą do grupy pierwiastków śladowych toksycznych dla ludzi i zwierząt. Kadm może powodować ostre stany zapalne przewodu pokarmowego w wyniku powstawania chlorku kadmu, odwapnienie, deformację kości, zanik mięśni, wężchu, nowotwory, niewydolność krążenia. Ołów natomiast, łącząc się z białkami, utrudnia wbudowywanie żelaza w hem, blokuje syntezę wielu enzymów, kumuluje się w kościach i tkance nerwowej, powoduje uszkodzenie nerek, wzroku i anemię. Duża szko-

dłiwość obu pierwiastków wskazuje na konieczność podjęcia prób niwelowania ich ujemnego wpływu.

Bilans kadmu i ołowiu w słabo zanieczyszczonych glebach Polski [Kabata-Pendias i Pendias 1999] wskazuje jako główne źródło tych pierwiastków opad atmosferyczny. Według Bella i in. [1997], Ciećki i in. [2000] oraz Kabaty-Pendias i Pendiasa [1999] pobieranie kadmu przez rośliny można skutecznie ograniczyć poprzez zabiegi agrotechniczne, między innymi wapnowanie [Gorlach i Gambuś 1996]. Również wprowadzenie węgla brunatnego do gleby uprzednio zwapnowanej powoduje większe ograniczenie bioprzyswajalności kadmu [Patorczyk-Pytlik 2000, Kalembasa i Tengler 2004], a wyższe dawki osadów ściekowych i kompostów obniżają zawartość kadmu w trawie [Krzywy i Wołoszyk 1997]. Ołów pomimo dużej szkodliwości należy do pierwiastków mało ruchliwych w glebie i na ogół trudno dostępnych. Jednak w związkach kompleksowych jest łatwiej pobierany przez korzenie i tam w dużym stopniu akumulowany.

Celem podjętych badań było określenie wpływu węgla brunatnych, osadów ściekowych oraz ich mieszanin i obornika na zawartość Cd i Pb w utworze glebowym i zycicy wielokwiatowej (*Lolium multiflorum* Lam.), a następnie porównanie uzyskanych wyników z dopuszczalnymi normami żywieniowymi dla zwierząt.

MATERIAŁ I METODY

Trzyletnie doświadczenie wazonowe (1998-2000) przeprowadzono w układzie całkowicie losowym z obiektem kontrolnym (piasek gliniasty lekki) w trzech powtórzeniach. Dodatek substancji organicznej wynosił 7,5 % w stosunku do suchej masy gleby w wazonie równej 8 kg.

Obiekty nawozowe stanowiły:

1. Kontrola (gleba – piasek gliniasty lekki)
2. Węgiel brunatny z KWB „Sieniawa”
3. Węgiel brunatny z KWB „Konin”
4. Osad ściekowy z Siedlec
5. Osad ściekowy z Drosedu
6. Osad ściekowy z Łukowa
7. Węgiel brunatny z KWB „Sieniawa” + osad ściekowy z Siedlec
8. Węgiel brunatny z KWB „Sieniawa” + osad ściekowy z Drosedu
9. Węgiel brunatny z KWB „Sieniawa” + osad ściekowy z Łukowa
10. Węgiel brunatny z KWB „Konin” + osad ściekowy z Siedlec
11. Węgiel brunatny z KWB „Konin” + osad ściekowy z Drosedu
12. Węgiel brunatny z KWB „Konin” + osad ściekowy z Łukowa
13. Obornik

Wazony wypełnione były materiałem glebowym pobranym z poziomu A₁, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego. W doświadczeniu wykorzystano osady ściekowe z oczyszczalni ścieków w Siedlcach (ścieki komunalno-przemysłowe), z Drosedu (ścieki poubojowe i z przerobu drobiu) i oczyszczalni w Łukowie (ścieki komunalne i z przemysłu mięsnego). Zawartość Cd i Pb w osadach ściekowych stosowanych w doświadczeniu nie przekraczała dopuszczalnych norm [Rozporządzenie Min. Środ. 2002, Gworek i Giercuskiewicz-Bajtlik 2004]. Węgiel brunatny pochodził z Kopalni Węgla Brunatnego „Sieniawa” i „Konin”. Zawartość Cd i Pb w węglu bru-

natnym z Sieniawy wynosiła: 0,63 i 1,16 mg·kg⁻¹, a w węglu brunatnym z Konina odpowiednio: 0,17 i 4,31 mg·kg⁻¹. Osady ściekowe z Siedlec zawierały: Cd – 2,5 mg·kg⁻¹, Pb – 30 mg·kg⁻¹, osady z Drośedu Cd – 0,31 mg·kg⁻¹, Pb – 4,85 mg·kg⁻¹, natomiast osady z Łukowa odpowiednio: 3,22 i 140 mg·kg⁻¹ [Kalembasa i in. 1999].

Nawożenie mineralne w formie polifoski 8 i saletry amonowej stosowano w ilości 1 g N, P i K na wazon. Stosunek składników pokarmowych N:P:K wynosił 1:1:1. Polifoskę stosowano wiosną przed siewem nasion trawy, natomiast uzupełniające nawożenie azotem w formie saletry amonowej – po pierwszym i drugim pokosie. Siew życicy wielokwiatowej odmiany Kroto w ilości 1 g nasion na wazon wykonywano 8 czerwca każdego roku. Wschody następowały po około 7 dniach. Wilgotność podłoża w wazonach w okresie trwania doświadczenia utrzymywano na poziomie 60% pełnej pojemności wodnej. Podczas sezonu wegetacyjnego zbierano cztery pokosy trawy. Po skoszeniu trawę wysuszono i rozdrobnilo. Pobrane próby materiału glebowego wysuszono i przesiano przez sito o średnicy 1 mm. Następnie po 1 g materiału roślinnego i po 3 g materiału glebowego odważono do tygla porcelitowego (w trzech powtórzeniach) i mineralizowano „na sucho” w piecu muflowym w temperaturze 550°C przez około 12 godzin. Do tygla dodano po 5cm³ rozcieńczonego HCl w stosunku 1:1 i odparowano na łaźni piaskowej w celu rozłożenia węglanów i wydzielenia krzemionki. Zawartość tygla, po dodaniu 10 cm³ 10% HCl, przeniesiono przez twardy sącdek do kolby miarowej o pojemności 100 cm³ i uzupełniono do kreski wodą redestylowaną. W tak uzyskanym roztworze podstawowym za pomocą metody ICP-AES oznaczono całkowitą zawartość kadmu i ołowiu na spektrometrze emisyjnym z indukcyjnie wzbudzaną plazmą [Szczepaniak 1996]. W celu wyeliminowania interferencji spektralnych zastosowano technikę punktów korygujących, tło oraz wybrano po dwie analityczne długości fali dla danego pierwiastka: Cd – 228,802 i 214,440 nm, Pb – 220,353 i 217,000 nm. Na tej podstawie nie stwierdzono znacznych koincydencji z liniami innych pierwiastków obecnych w analizowanych próbkach. Różnice wynikające z odmiennych właściwości fizycznych roztworów badanych i wzorcowych skompensowano poprzez zastosowanie metody wzorca wewnętrznego (Y 371,029 nm). Parametry pracy aparatu ICP-AES Optima 3200 RL wynosiły: moc 1300 W, argon chłodzący 15 L·min⁻¹, argon nebulizujący 0,8 L·min⁻¹, prędkość podawania próbki 1,50 ml·min⁻¹, czas integracji min. 2 – max 10 s, dwa powtórzenia.

Wyniki opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji. Istotność różnic pomiędzy średnimi obliczono za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności p = 0,05.

WYNIKI

Zawartość pierwiastków śladowych (kadmu i ołowiu) w częściach nadziemnych roślin zależy między innymi od odczynu gleby i ich zawartości w glebie. W tabeli 1 przedstawiono zmiany pH podłoża podczas trwania badań. pH oznaczone w 1 mol·dm⁻³ KCl kształtowało odczyn badanych podłoży w przedziale od bardzo kwaśnego do obojętnego. Najwyższą wartość pH oznaczono w obiekcie kontrolnym. Odczynem obojętnym w czasie trwania doświadczenia charakteryzowało się podłoże z obiektu kontrolnego oraz po zastosowaniu osadu ściekowego z Siedlec. W podłożach, gdzie zastosowano mieszaninę węgla brunatnego z Konina i osadu ściekowego z Siedlec oraz mieszaninę węgla brunatnego z Konina i osadu z Łukowa pH utrzymywało się na stałym

poziomie podczas 3-letniego okresu trwania doświadczenia. W pozostałych podłożach glebowych następowało obniżenie pH w kolejnych latach.

Tabela 1. pH materiału glebowego w poszczególnych obiektach doświadczenia przed jego rozpoczęciem i po zakończeniu

Table 1. Soil material pH in particular experimental objects before and after the experiment

Obiekt – Object	pH w 1 mol·dm ⁻³ KCl – pH in 1 mol·dm ⁻³ KCl	
	przed rozpoczęciem badań before the experiment	po zakończeniu badań after the experiment
1 Kontrola – Control	7,0	6,9
2 Węgiel brunatny z Sieniawy Brown coal from Sieniawa	6,2	5,4
3 Węgiel brunatny z Konina Brown coal from Konin	6,6	5,9
4 Osad ściekowy z Siedlec Sludge from Siedlce	6,9	6,9
5 Osad ściekowy z Drosedu Sludge from Drosed	6,5	6,4
6 Osad ściekowy z Łukowa Sludge from Łuków	6,9	6,4
7 Węgiel brunatny z Sieniawy i osad ściekowy z Siedlec – Brown coal from Sieniawa and sludge from Siedlce	5,8	5,8
8 Węgiel brunatny z Sieniawy i osad ściekowy z Drosedu – Brown coal from Sieniawa and sludge from Drosed	6,5	5,8
9 Węgiel brunatny z Sieniawy i osad ściekowy z Łukowa – Brown coal from Sieniawa and sludge from Łuków	6,2	5,7
10 Węgiel brunatny z Konina i osad ściekowy z Siedlec – Brown coal from Konin and sludge from Siedlce	5,9	5,9
11 Węgiel brunatny z Konina i osad ściekowy z Drosedu – Brown coal from Konin and sludge from Drosed	6,9	6,1
12 Węgiel brunatny z Konina i osad ściekowy z Łukowa – Brown coal from Konin and sludge from Łuków	6,0	6,0
13 Obornik – FYM	5,6	5,9

W tabeli 2 przedstawiono zawartość Cd i Pb w badanych podłożach glebowych przed rozpoczęciem i po zakończeniu doświadczenia. Średnia zawartość kadmu w pierwszym roku badań wynosiła 0,44 mg·kg⁻¹. Spośród badanych podłoży najwyższą zawartość tego pierwiastka (0,70 mg·kg⁻¹) oznaczono na obiekcie, gdzie zastosowano osad ściekowy z Siedlec w ilości 7,5% suchej masy gleby w wazonie, a najniższą (0,34 mg·kg⁻¹) po zastosowaniu węgla brunatnego z Konina. Analizy wykonane po zakończeniu badań pozwoliły określić średnią zawartość kadmu na poziomie 0,33 mg·kg⁻¹, przy najniższej wartości (0,18 mg·kg⁻¹) na obiekcie, gdzie stosowano mieszaninę węgla brunatnego z Sieniawy i osadu ściekowego z Siedlec. Średnia zawartość form ogólnych ołowiu w podłożu przed rozpoczęciem badań wynosiła

8,42 mg·kg⁻¹, natomiast po ich zakończeniu 7,09 mg·kg⁻¹. Najniższą zawartością ołowiu przed rozpoczęciem badań charakteryzował się obiekt, gdzie stosowano węgiel brunatny z Sieniawy (7,03 mg·kg⁻¹), natomiast po zakończeniu doświadczenia – obiekt kontrolny (4,74 mg·kg⁻¹).

Tabela 2. Zawartość kadmu i ołowiu w podłożu glebowym przed rozpoczęciem i po zakończeniu doświadczenia, mg·kg⁻¹ s.m

Table 2. Content of cadmium and lead in subsoil before and after the experiment, mg·kg⁻¹ d.m.

Obiekt – Object	Zawartość, mg·kg ⁻¹ s.m. – Content, mg·kg ⁻¹ d.m.			
	przed rozpoczęciem badań before the experiment		po zakończeniu badań after the experiment	
	Cd	Pb	Cd	Pb
1 Kontrola – Control	0,48	8,68	0,41	4,74
2 Węgiel brunatny z Sieniawy Brown coal from Sieniawa	0,39	7,03	0,22	6,48
3 Węgiel brunatny z Konina Brown coal from Konin	0,34	7,49	0,29	6,65
4 Osad ściekowy z Siedlec Sludge from Siedlce	0,70	10,85	0,46	9,78
5 Osad ściekowy z Drosedu Sludge from Drosed	0,38	9,00	0,37	8,66
6 Osad ściekowy z Łukowa Sludge from Łuków	0,45	11,33	0,44	8,14
7 Węgiel brunatny z Sieniawy i osad ściekowy z Siedlec – Brown coal from Sieniawa and sludge from Siedlce	0,36	7,64	0,18	5,21
8 Węgiel brunatny z Sieniawy i osad ściekowy z Drosedu – Brown coal from Sieniawa and sludge from Drosed	0,47	8,03	0,23	6,42
9 Węgiel brunatny z Sieniawy i osad ściekowy z Łukowa – Brown coal from Sieniawa and sludge from Łuków	0,48	7,61	0,38	7,29
10 Węgiel brunatny z Konina i osad ściekowy z Siedlec – Brown coal from Konin and sludge from Siedlce	0,43	7,64	0,41	7,12
11 Węgiel brunatny z Konina i osad ściekowy z Drosedu – Brown coal from Konin and sludge from Drosed	0,42	7,06	0,28	6,51
12 Węgiel brunatny z Konina i osad ściekowy z Łukowa – Brown coal from Konin and Sludge from Łuków	0,45	7,54	0,26	6,63
13 Obornik – FYM	0,41	9,53	0,36	8,55
Średnia – Mean	0,44	8,42	0,33	7,09

Średnia zawartość kadmu w suchej masie życicy wielokwiatowej wynosiła 0,30 mg·kg⁻¹ (tab. 3). Na podstawie obliczeń statystycznych wykazano istotne zróżnicowanie zawartości kadmu w życicy wielokwiatowej uprawianej na badanych obiektach i w poszczególnych latach prowadzenia doświadczenia. Rozpatrując wyniki analiz kadmu w suchej masie życicy wielokwiatowej z poszczególnych obiektów nawozowych stwierdzono, że najmniejsze jego ilości zostały pobrane na obiekcie kontrolnym i po

zastosowaniu mieszanki węgla brunatnego z Sieniawy z osadem ściekowym z Drosedu. W kolejnych latach prowadzenia badań następował wzrost zawartości kadmu w suchej masie życicy wielokwiatowej. Istotne zwiększenie wystąpiło w trzecim roku doświadczenia, o około 10% w stosunku do pierwszego roku.

Tabela 3. Zawartość kadmu w życicy wielokwiatowej w latach 1998-2000, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.
Table 3. Content of cadmium in Italian ryegrass, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m. over 1998-2000

Obiekt – Object	Zawartość kadmu, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Content of cadmium, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.			Średnia Mean
	Rok – Year			
	1998	1999	2000	
1 Kontrola – Control	0,26	0,26	0,30	0,27
2 Węgiel brunatny Sieniawy Brown coal from Sieniawa	0,27	0,27	0,31	0,28
3 Węgiel brunatny z Konina Brown coal from Konin	0,33	0,33	0,34	0,33
4 Osad ściekowy z Siedlec Sludge from Siedlce	0,31	0,31	0,33	0,32
5 Osad ściekowy z Drosedu Sludge from Drosed	0,27	0,28	0,29	0,28
6 Osad ściekowy z Łukowa Sludge from Łuków	0,32	0,32	0,33	0,32
7 Węgiel brunatny z Sieniawy i osad ściekowy z Siedlec – Brown coal from Sieniawa and sludge from Siedlce	0,28	0,28	0,30	0,29
8 Węgiel brunatny z Sieniawy i osad ściekowy z Drosedu – Brown coal from Sieniawa and sludge from Drosed	0,26	0,26	0,28	0,27
9 Węgiel brunatny z Sieniawy i osad ściekowy z Łukowa – Brown coal from Sieniawa and sludge from Łuków	0,31	0,33	0,33	0,32
10 Węgiel brunatny z Konina i osad ściekowy z Siedlec – Brown coal from Konin and sludge from Siedlce	0,28	0,29	0,31	0,29
11 Węgiel brunatny z Konina i osad ściekowy z Drosedu – Brown coal from Konin and sludge from Drosed	0,29	0,29	0,32	0,30
12 Węgiel brunatny z Konina i osad ściekowy z Łukowa – Brown coal from Konin and sludge from Łuków	0,28	0,33	0,39	0,33
13 Obornik – FYM	0,28	0,31	0,33	0,31
Średnia – Mean	0,29	0,30	0,32	0,30
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:				
obiektów – objects (A)			0,05	
lat – years (B)			0,02	
interakcji – interactions:				
A x B			ni – ns	
B x A			ni – ns	

ni – ns – różnice nieistotne – non-significant difference

Zawartość ołowiu w suchej masie życicy wielokwiatowej była istotnie zróżnicowana dla badanych czynników oraz ich współdziałania (tab. 4).

Tabela 4. Zawartość ołowiu w życicy wielokwiatowej w latach 1998-2000, mg·kg⁻¹ s.m.
Table 4. Content of lead in Italian ryegrass over 1998-2000, mg·kg⁻¹ d.m.

Objekt – Object	Zawartość ołowiu, mg·kg ⁻¹ s.m. Content of lead, mg·kg ⁻¹ d.m.			Średnia Mean
	Rok – Year			
	1998	1999	2000	
1 Kontrola – Control	3,75	3,75	2,52	3,34
2 Węgiel brunatny z Sieniawy Brown coal from Sieniawa	4,19	4,19	1,90	3,43
3 Węgiel brunatny z Konina Brown coal from Konin	4,78	5,27	2,49	4,18
4 Osad ściekowy z Siedlec Sludge from Siedlce	6,52	6,28	2,61	5,14
5 Osad ściekowy z Drosedu Sludge from Drosed	3,91	4,62	2,53	3,69
6 Osad ściekowy z Łukowa Sludge from Łuków	4,54	5,04	2,40	3,99
7 Węgiel brunatny z Sieniawy i osad ściekowy z Siedlec – Brown coal from Sieniawa and sludge from Siedlce	3,39	5,14	2,90	3,81
8 Węgiel brunatny z Sieniawy i osad ściekowy z Drosedu – Brown coal from Sieniawa and sludge from Drosed	3,95	4,07	1,96	3,33
9 Węgiel brunatny z Sieniawy i osad ściekowy z Łukowa – Brown coal from Sieniawa and sludge from Łuków	3,33	4,64	3,10	3,69
10 Węgiel brunatny z Konina i osad ściekowy z Siedlec – Brown coal from Konin and sludge from Siedlce	4,48	4,91	2,02	3,80
11 Węgiel brunatny z Konina i osad ściekowy z Drosedu – Brown coal from Konin and sludge from Drosed	4,56,	4,78	1,90	3,75
12 Węgiel brunatny z Konina i osad ściekowy z Łukowa – Brown coal from Konin and sludge from Łuków	4,21	5,25	2,20	3,89
13 Obornik – FYM	4,78	5,68	2,61	4,36
Średnia – Mean	4,34	4,89	2,39	3,87
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:				
objektów – objects (A)			1,10	
lat – years (B)			0,42	
interakcji – interactions:				
A x B			1,90	
B x A			1,33	

Średnia zawartość ołowiu wynosiła 3,87 mg·kg⁻¹. Na podstawie obliczeń statystycznych wykazano istotne różnice ilości ołowiu w życicy wielokwiatowej zebranej z obiektu nawożonego osadem ściekowym z Siedlec a pozostałymi obiektami (z wyjąt-

kiem obiektu nawożonego węglem brunatnym z Konina i obornikiem). Jego zawartość była istotnie zróżnicowana w kolejnych latach doświadczenia. W drugim roku badań wystąpił istotny wzrost zawartości ołowiu (o $0,55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), natomiast w trzecim roku jego zawartość zmniejszyła się o 81% w odniesieniu do pierwszego. Istotne zróżnicowanie ilości ołowiu w suchej masie życicy wielokwiatowej wystąpiło pomiędzy poszczególnymi obiektami nawozowymi w trzecim roku badań.

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki analiz pH obiektów nawozowych nie potwierdziły badań Japony'ego i Younga [1994], którzy stwierdzili, że wraz ze wzrostem pH gleby zmniejsza się zawartość kadmu w częściach nadziemnych roślin. Na obiektach o odczynie kwaśnym oznaczono najmniejszą zawartość kadmu w suchej masie życicy wielokwiatowej. Odnotowane w badaniach ilości kadmu i ołowiu w piasku gliniastym lekkim (obiekt kontrolny) oraz na pozostałych obiektach, gdzie stosowano węgiel brunatny, osad ściekowy oraz ich mieszaniny, mieszczą się w granicach dopuszczalnych norm przedstawionych w literaturze [Gorlach i Gambuś 1996, Kabata-Pendias 1998, Kabata-Pendias i Pendias 1999, Rozporządzenie Min. Środ. 2002, Gworek i Giercuskiewicz-Bajtlik 2004]. Zawartość kadmu i ołowiu w suchej masie życicy wielokwiatowej nie przekraczała dopuszczalnej wartości liczb granicznych dla pasz [Gorlach 1991], która dla kadmu wynosi $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a dla ołowiu $25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Wartości te były znacznie niższe niż w badaniach innych autorów [Filipek-Mazur i in. 1996, Krzywy i Wołoszyk 1997]. Uzyskane wyniki badań własnych dotyczące zawartości ołowiu mieściły się w dopuszczalnych normach paszowych [Underwood 1971, Ryś 1985, Anke 1987].

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że zastosowane w badaniach węgle brunatne, osady ściekowe oraz ich mieszaniny i obornik nie wpłynęły na wzrost zawartości kadmu i ołowiu w podłożu glebowym. Zawartość tych pierwiastków kształtowała się na niskim poziomie we wszystkich obiektach nawozowych i nie przekraczała dopuszczalnych norm na zawartość metali ciężkich w glebach i podłożach glebowych.

Oznaczone ilości kadmu i ołowiu w suchej masie życicy wielokwiatowej mieściły się w zakresie dopuszczalnych wartości liczb granicznych dla pasz.

Uzyskane wyniki wskazują na możliwość wykorzystania węgla brunatnych, osadów ściekowych oraz ich mieszanin i obornika w uprawie życicy wielokwiatowej.

PIŚMIENNICTWO

- Anke M., 1987. Kolloquien des Institut für Pflanzenernahrung. Jena 2, 110-118.
Bell M.J., McLaughlin M.J., Wright G.C., Cruickshank A., 1997. Inter – and intra – specific variation in accumulation of cadmium by peanut, soybean and noybean. Aust. J. Agric. Res. 48, 1151-1160.

- Ciećko Z., Wyszkowski M., Żołnowski A., Kozon E., 2000. Plonowanie i skład chemiczny kukurydzy uprawianej na glebie zanieczyszczonej kadmem. *Zesz. Nauk. Kom. PAN Człowiek i środowisko* 26, 253-257.
- Filipek-Mazur B., Mazur K., Nowosad B., 1996. Zależność między zawartością metali ciężkich w glebie i runi pastwiskowej a stanem zagrożenia owiec pasożytami przewodu pokarmowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.* 434/II, 659-663.
- Gorlach E., 1991. Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości paszowej. *Zesz. Nauk AR w Krakowie, Rolnictwo* 34, 13-22.
- Gorlach E., Gambuś F., 1996. Badania nad możliwością ograniczenia pobierania kadmu przez rośliny z gleb zanieczyszczonych tym metalem. *Rocz. Glebozn.* 47 (3/4), 31-39.
- Gworek B., Giercuskiewicz-Bajtlik M., 2004. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych w aspekcie ochrony gleb i wód w aktach prawnych Unii Europejskiej i Polski. *Rocz. Glebozn.* LV (2), 151-161.
- Japony M., Young S.D., 1994. The solid-solution equilibration of lead and cadmium in polluted soils. *E. J. Soil Sci.* 45, 59-70.
- Kabata-Pendias A., 1998. Biogeochemia ołowiu. *Zesz. Nauk. Kom. PAN Człowiek i środowisko* 21, 9-17.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN Warszawa.
- Kalembasa S., Tengler Sz., 2004. Rola węgla brunatnego w nawożeniu i ochronie środowiska. Wyd. AP w Siedlcach, Monografie 53.
- Kalembasa S., Pakuła K., Becher M., 1999. Zawartość makro- i mikroskładników w osadach ściekowych, produkowanych w wybranych oczyszczalniach regionu siedleckiego. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 77, 125-128.
- Krzywy E., Wołoszyk Cz., 1997. Wpływ nawożenia osadami surowymi i kompostowanymi z miejskich oczyszczalni ścieków na wysokość plonu oraz zawartość kadmu i niklu w żyłce trwałej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 448b, 149-155.
- Patorczyk-Pytlik B., 2000. Wpływ formy nawozu wapniowego i magnezowego oraz dodatku węgla brunatnego na pobranie kadmu przez kukurydzę. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 471, 1081-1088.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 w sprawie komunalnych osadów ściekowych, 2002. *Dz. U.* 02.134.1140 z dnia 27 sierpnia 2002 r.
- Ryś R., 1985. Normy żywieniowe zwierząt. PWRiL Warszawa.
- Szczepaniak W., 1996. Metody instrumentalne w analizie chemicznej. Wyd. PAN Warszawa.
- Underwood E., 1971. Żywnienie mineralne zwierząt. PWRiL Warszawa.

INFLUENCE OF BROWN COALS, SLUDGE AND THEIR MIXTURES AND FYM ON THE CONTENT OF CADMIUM AND LEAD IN SUBSOIL AND ITALIAN RYEGRASS

Abstract. The pot experiment was carried out over 1998-2000 which aimed at defining the effect of brown coals, sludge as well as their mixtures and farmyard manure (FYM) on the content of cadmium and lead in subsoil and 'Kroto' ryegrass. Pots were filled with light loamy sand (as subsoil). Brown coal from the Sieniawa and Konin mines, sludge from waste treatment plants in Siedlce, Łuków, and Drosed, and mixed farmyard manure were added. In each experiment year ryegrass was harvested 4 times (4 cuts). A total content of cadmium and lead in subsoil and dry matter of ryegrass was determined with the ICP-AES method, following the 'dry' mineralization of the samples. The average content of cadmium and lead in subsoil before the experiment was, respectively, 0.44 and 8.44 mg·kg⁻¹, and after the experiment – 0.33 and 7.09 mg·kg⁻¹ d.m. On average, from

0.27 to 0.33 mg·kg⁻¹ d.m. of cadmium and from 3.33 to 5.14 mg·kg⁻¹ d.m. of lead were found.

Key words: cadmium, lead, brown coal, sludge, mixture, Italian ryegrass

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 20.12.2005