Acta Agrophysica, 2002, 70, 137-148

ZAWARTOŚĆ MOBILNYCH FORM CHROMU W GLEBIE JAKO EFEKT STOSOWANIA OSADÓW GARBARSKICH NIEPRZETWORZONYCH I KOMPOSTOWANYCH

K. Gondek, B. Filipek-Mazur

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza
Al. A. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
rrgondek@cyf-kr.edu.pl

Streszczenie. Doświadczenie wazonowe prowadzono w latach 1996 – 1999. Celem badań było określenie wpływu aplikacji osadów ścieków garbarskich nieprzetworzonych i kompostowanych obciążonych chromem na mobilność tego metalu w glebie. Nawożenie osadami garbarskimi nieprzetworzonymi oraz kompostami i wermikompostami zmniejszyło zakwaszenie oraz obniżyło kwasowość hydrolityczną gleby. Wpływ zastosowanego nawożenia osadami przekompostowanymi na zawartość węgla organicznego był zbliżony do działania obornika. Nie stwierdzono większego zróżnicowania w udziale form chromu najbardziej mobilnych (ruchliwej, wymiennej i związanej z tlenkami manganu) po zastosowaniu do nawożenia materiałów organicznych pochodzenia garbarskiego. Chrom był wiązany we frakcjach trudniej dostępnych dla roślin, głównie związanych z tlenkami żelaza i frakcji rezydualnej.

Słowa kluczowe: osad garbarski, kompost, wermikompost, gleba, frakcje chromu.

WSTĘP

Głównym źródłem zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi, poza naturalnymi procesami, jest działalność człowieka [7]. Metale ciężkie zanieczyszczające gleby użytkowane rolniczo pochodzą z wielu źródeł antropogenicznych, do których należą osady ściekowe, w tym pochodzenia garbarskiego. Materiały te charakteryzują się olbrzymim potencjałem próchnico-twórczym i nawozowym, co zapoczątkowało badania nad ich przyrodniczym wykorzystaniem. Jest on

najprostszym i najtańszym sposobem likwidacji nie tylko osadów ściekowych ale i innych odpadów uciążliwych dla środowiska i ludzi [10]. Oprócz próchnicotwórczej i nawozowej wartości, osady garbarskie zawierają duże ilości związków tłuszczowych, a także nadmierne ilości chromu, wykluczające ich przyrodnicze, w tym rolnicze wykorzystanie.

W dotychczas przeprowadzonych badaniach nad wykorzystaniem osadów garbarskich do celów nawozowych wykazano niewielki udział chromu występującego w połączeniach najbardziej mobilnych [3], natomiast niewiele uwagi poświęcono występowaniu różnych form chromu i jego rozpuszczalności w glebie po wprowadzeniu z osadami. Zagadnienie to jest ważne z punktu widzenia zachowania i przemian tego pierwiastka w glebie, tym bardziej, że nie podlega on silnej fitoakumulacji, niemniej w specyficznych warunkach pobierany jest przez rośliny [8].

Celem badań było określenie wpływu aplikacji osadów ścieków garbarskich nieprzetworzonych i kompostowanych, obciążonych chromem, na mobilność tego metalu w glebie.

MATERIAŁY I METODY

Ze względu na nadmierną koncentrację chromu w stosowanych do nawożenia materiałach badania prowadzono w warunkach doświadczenia wazonowego, które trwało cztery lata (1996 – 1999). Założono je metodą serii niezależnych, w wazonach Mitscherlicha mieszczących 5 kg powietrznie suchej gleby, a obejmowało 11 obiektów w 4 powtórzeniach – schemat doświadczenia podano w Tabeli 2. Do doświadczenia użyto osad organiczny nieprzetworzony z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków Krakowskich Zakładów Garbarskich, komposty i wermikomposty przygotowane z tego osadu z dodatkiem słomy pszennej lub liści drzew owocowych. Dodatek słomy lub liści w kompostach stanowił 20% w stosunku do suchej masy osadu. Czas kompostowania wynosił 9 miesięcy. Po tym okresie część kompostów poddano procesowi wermikompostowania z wykorzystaniem dżdżownicy *Eisenia fetida*, który trwał 6 miesięcy. Do doświadczenia użyto również osad nieprzetworzony z chemicznej oczyszczalni ścieków garbarskich pochodzący z garbarni „Mat" w Cerekwi k/Radomia, jak również kompost i wermikompost przygotowany z tego osadu z dodatkiem 10% słomy w stosunku do suchej masy osadu. Proces kompostowania i wermikompostowania tego osadu prowadzono w sposób analogiczny jak osadu z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej. Jako nawożenie porównawcze zastosowano obornik i nawożenie mineralne NPK.

Doświadczenie prowadzono na glebie brunatnej średnio zwięzłej o składzie granulometrycznym gliny piaszczysto-pylastej, zawierającej 23% części spławialnych. Odczyn gleby wyrażony wartością pH mierzony w roztworze KCl o stężeniu 1 mol·dm^{-3} był równy 6,45. Pojemność sorpcyjna gleby wynosiła 86,5 mmol(+)·kg^{-1}, a kwasowość hydrolityczna 9,5 mmol(+)·kg^{-1}. Gleba zawierała 0,87 g N·kg^{-1} azotu ogólnego i 9,10 g C·kg^{-1} węgla organicznego. Zawartość przyswajalnych form fosforu wynosiła 84,23 mg P·kg^{-1}, a potasu 184,26 mg K·kg^{-1} gleby. Zawartości chromu rozpuszczalnego w mieszaninie $HNO_3 : HClO_4$ (2:1) była równa 8,05 mg·kg^{-1}. Zawartość pozostałych metali ciężkich w zastosowanej do doświadczenia glebie kształtowała się również na poziomie zawartości naturalnych.

Dawki nawozów organicznych (zastosowanych w pierwszym roku doświadczenia) obliczono w oparciu o zawartość w nich azotu. Przyjęta dawka azotu wynosiła 1 g N·wazon^{-1}. Nawożenie fosforem i potasem stosowano w formie czystych chemicznie soli $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ i KCl. Charakterystykę zastosowanych do nawożenia materiałów organicznych przedstawiono w Tabeli 1. W kolejnych latach doświadczenia uprawiano: w pierwszym roku proso i gorczycę białą, w drugim-kukurydzę i słonecznik, w trzecim - pszenżyto jare, a w czwartym roku - kukurydzę.

Tabela 1. Właściwości chemiczne materiałów użytych w doświadczeniu
Table 1. Chemical composition of materials used in experiment

Materiał	Sucha masa	Cu	Cd	Cr	Pb
	g·kg^{-1}	mg·kg^{-1} suchej masy			
Obornik	190	3,60	0,55	15,1	9,20
Osad biologiczny z oczyszczalni ścieków garbarskich w Krakowie					
Osad biologiczny	186	22,40	0,99	7620	12,80
Kompost (osad biologiczny + liście)	320	58,50	0,64	9997	27,40
Kompost (osad biologiczny + słoma)	318	57,90	0,57	10230	27,20
Wermikompost (osad biologiczny + liście)	345	47,30	0,54	7084	24,40
Wermikompost (osad biologiczny + słoma)	329	64,50	0,78	9584	28,80
Osad chemiczny z oczyszczalni ścieków garbarskich w Radomiu					
Osad chemiczny	295	11,20	0,39	875	20,30
Kompost (osad chemiczny + słoma)	328	10,10	0,27	458	40,70
Wermikompost (osad chemiczny + słoma)	340	9,50	0,27	386	29,80

Próbki gleby do analiz chemicznych pobrano po pierwszym i po czwartym roku doświadczenia i przygotowywano je jako średnie ważone z czterech powtórzeń każdego obiektu. W średnich próbkach powietrznie suchej gleby wykonano oznaczenia: pH potencjometrycznie w roztworze KCl o stężeniu 1 mol·dm^{-3}, kwasowości hydrolitycznej metodą Kappena, a także zawartości węgla organicznego metodą Tiurina. Zawartość chromu w glebie oznaczono według sekwencyjnej ekstrakcji chemicznej Zeiena i Brümmera [11] z wydzieleniem następujących frakcji: ruchliwej (F_I), wymiennej (F_{II}), związanej z tlenkami manganu (F_{III}), związanej z substancją organiczną (F_{IV}), związanej z amorficznymi (F_V) i krystalicznymi (F_{VI}) tlenkami żelaza oraz frakcji rezydualnej (F_{VII}). Zawartość form zwanych ogólnymi wyliczono jako sumę frakcji F_I do F_{VII}. Oznaczenie zawartości chromu w uzyskanych ekstraktach wykonano techniką ICP-AES z użyciem aparatu JY 238 Ultrace, a uzyskane wyniki przeliczono na absolutnie suchą masę gleby.

WYNIKI

W 4-letnim doświadczeniu wazonowym badano wpływ osadów ścieków garbarskich nieprzetworzonych oraz kompostowanych i wermikompostowanych na skład połączeń frakcyjnych chromu oraz niektóre właściwości fizykochemiczne gleby.

Po pierwszym roku doświadczenia odczyn gleby, mierzony w roztworze KCl o stężeniu 1mol·dm^{-3} wzrastał, po zastosowaniu osadu biologicznego nieprzetworzonego oraz kompostów i wermikompostów sporządzonych na jego bazie, w porównaniu do obiektu kontrolnego i nawożonego obornikiem (Tab. 2). Odczyn gleby nawożonej osadem chemicznym nieprzetworzonym oraz jego kompostem i wermikompostem wykazywał wartość zbliżoną do odczynu gleby nawożonej obornikiem. Najniższą wartością pH charakteryzowała się gleba nawożona NPK – mineralnym. Analiza chemiczna gleby po czwartym roku badań potwierdziła korzystniejszy wpływ materiałów organicznych, a szczególnie kompostów i wermikompostów sporządzonych z osadu biologicznego, na odczyn gleby, w porównaniu z obornikiem i nawożeniem mineralnym NPK.

Wartość kwasowości hydrolitycznej (Hh) gleby zmniejszyła się po zastosowaniu materiałów organicznych pochodzenia garbarskiego (Tab. 2). Po pierwszym roku badań największe obniżenie, w porównaniu do gleby nawożonej obornikiem (13,0 mmol(+)·kg^{-1}) i NPK - mineralnym (14,1 mmol(+)·kg^{-1}), stwierdzono pod wpływem nawożenia kompostem z osadu biologicznego z dodatkiem słomy (3,6 mmol(+)·kg^{-1}). Najmniejsze obniżenie wartości Hh gleby stwierdzono pod wpływem nawożenia osadem chemicznym, jego kompostem oraz wermikompostem. Wartość Hh w glebie tych obiektów wynosiła odpowiednio 11,5; 13,7 i 13,0 mmol(+)·kg^{-1} (Tab. 2). Po czterech latach doświadczenia kwasowość hydrolityczna gleby była najniższa w glebie obiektów nawożonych osadem

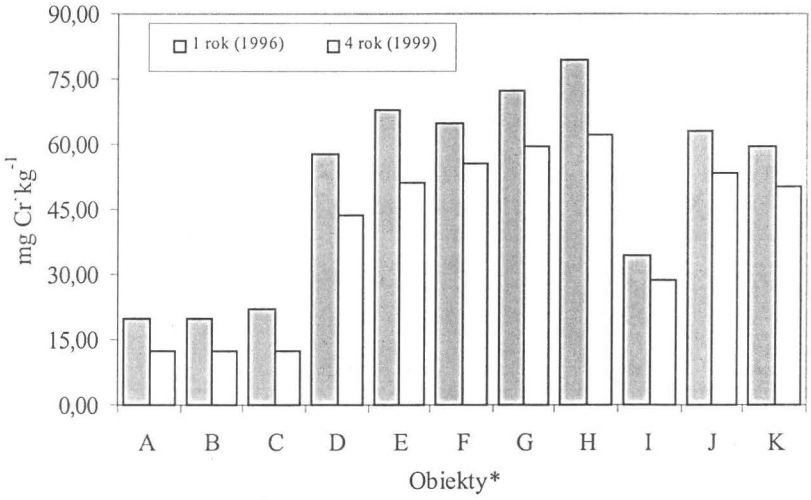
biologicznym nieprzetworzonym oraz kompostami i wermikompostami z tego osadu (6,0–6,8 mmol(+)·kg^{-1}). Nawożenie obornikiem w pierwszym roku badań spowodowało wzrost kwasowości hydrolitycznej po czterech latach, w porównaniu do gleby analizowanej po pierwszym roku (Tab. 2). Po czwartym roku badań w obiekcie z nawożeniem mineralnym gleba wykazywała największą wartość kwasowości hydrolitycznej, która wynosiła 17,3 mmol(+)·kg^{-1}.

Zastosowane w doświadczeniu wazonowym nawożenie materiałami organicznymi nie wpłynęło na zróżnicowanie zawartości węgla organicznego w glebie po pierwszym roku doświadczenia (Tab. 2). Oznaczone ilości węgla były niższe od stwierdzonych w glebie wyjściowej (9,1 g C·kg^{-1}), poza obiektami nawożonymi obornikiem (9,5 g C·kg^{-1}) i kompostem liściowym z osadu biolo-gicznego (9,4 g C·kg^{-1}). Po czterech latach doświadczenia stwierdzono największe obniżenie zawartości C-organicznego w glebie obiektów nawożonych osadem biologicznym i chemicznym nieprzetworzonym, mineralnie – NPK oraz w glebie obiektu kontrolnego, natomiast niewielkie obniżenie pod wpływem nawożenia obornikiem i kompostami oraz wermikompostami z osadów garbarskich porównaniu do gleby analizowanej po pierwszym roku badań (Tab. 2).

Tabela 2. Wybrane właściwości gleby po pierwszym (1996) i po czwartym (1999) roku doświadczenia
Table 2. Select properties of soil after 1st (1996) and 4th (1999) year of experiment

Obiekty	pH_{KCl}		Kwasowość hydrolityczna mmol(+)·kg^{-1}		C organiczny g·kg^{-1}	
	1996	1999	1996	1999	1996	1999
A. Kontrola (gleba nie nawożona)	6,18	6,13	10,5	11,3	8,6	6,6
B. Gleba + obornik	6,13	6,05	13,0	15,4	9,5	9,0
C. Gleba + NPK mineralne	5,60	5,52	14,1	17,3	8,4	6,6
Osad biologiczny z oczyszczalni ścieków garbarskich w Krakowie						
D. Gleba + osad biologiczny	6,81	6,25	5,8	6,0	8,5	6,3
E. Gleba + kompost (osad biol.+liście)	6,86	6,48	4,3	6,8	9,4	8,6
F. Gleba + kompost (osad biol.+słoma)	6,93	6,80	3,6	6,0	8,5	8,2
G. Gleba + wermikompost (osad biol.+liście)	7,04	6,95	4,3	6,0	9,0	8,7
H. Gleba + wermikompost (osad biol.+słoma)	7,01	6,99	5,4	6,0	8,4	8,3
Osad chemiczny z oczyszczalni ścieków garbarskich w Radomiu						
I. Gleba + osad chemiczny	6,14	6,42	11,5	15,0	8,3	6,3
J. Gleba + kompost (osad chem.+słoma)	5,96	6,15	13,7	15,0	9,0	9,2
K. Gleba + wermikompost (osad chem.+słoma)	6,17	6,09	13,0	15,4	7,7	7,6

Zastosowane w doświadczeniu materiały charakteryzowały się dużym ładunkiem chromu. W wyniku nawożenia materiałami organicznymi nastąpił wzrost zawartości form ogólnych (suma frakcji F_I do F_{VII}) tego pierwiastka w glebie po I roku doświadczenia, w stosunku do gleby obiektu kontrolnego i nawożonych tradycyjnie (obornikiem i mineralnie) (Rys. 1). Zawartość ta wynosiła w glebie obiektów nawożonych materiałami pochodzenia garbarskiego od 34,52 do 79,41 mg Cr·kg^{-1} suchej masy gleby. Stwierdzono wyższą zawartość tego pierwiastka w glebach kombinacji nawożonych materiałami sporządzonymi z osadu biologicznego niż osadu chemicznego. Ogólna zawartość chromu, obniżyła się w glebie wszystkich obiektów doświadczenia po czterech latach i mieściła się w przedziale od 12,39 do 62,42 mg Cr·kg^{-1} suchej masy gleby.



Rys 1. Ogólna zawartość chromu w glebie po pierwszym (1996) i po czwartym (1999) roku doświadczenia.
*jak w Tabeli 2.

Fig 1. Total content of chromium in soil after 1st (1996) and 4th (1999) year of experiment.
*see Table 2.

Wyniki analizy składu frakcyjnego chromu przedstawiono w Tabelach 3 i 4. Zawartość chromu we frakcjach najbardziej mobilnych (suma F_I do F_{III}) po pierwszym roku badań była niewielka i mieściła się w przedziale od 0,43 mg Cr·kg^{-1} (obiekt nawożony osadem chemicznym nieprzetworzonym) do 1,10 mg Cr·kg^{-1} absolutnie suchej gleby (obiekt nawożony wermikompostem słomowym z osadu biologicznego).

Tabela 3. Frakcje chromu w glebie po pierwszym (1996) roku badań
Table 3. Chromium fraction in soil after 1st (1996) year of experiment

Obiekty	Frakcja (F)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
A. Kontrola (gleba nie nawożona)	0,20	0,21	0,11	0,32	2,55	3,49	13,10
	1,00	1,03	0,56	1,60	12,77	17,49	65,58
B. Gleba + obornik	0,13	0,21	0,11	0,32	2,61	3,53	12,99
	0,63	1,04	0,57	1,60	13,10	17,72	65,35
C. Gleba + NPK mineralne	0,13	0,19	0,13	0,34	2,63	3,47	15,03
	0,57	0,86	0,60	1,54	11,99	15,84	68,61
Osad biologiczny z oczyszczalni ścieków garbarskich w Krakowie							
D. Gleba + osad biologiczny	0,23	0,43	0,23	0,86	10,02	24,36	21,78
	0,39	0,74	0,39	1,49	17,30	42,08	37,62
E. Gleba + kompost (osad biol.+liście)	0,27	0,55	0,25	1,05	9,92	32,81	23,25
	0,40	0,80	0,36	1,54	14,57	48,19	34,14
F. Gleba + kompost (osad biol.+słoma)	0,30	0,52	0,23	0,98	8,92	31,46	22,25
	0,46	0,81	0,35	1,51	13,80	48,66	34,41
G. Gleba + wermikompost (osad biol.+liście)	0,21	0,57	0,26	1,22	10,20	34,23	25,70
	0,29	0,78	0,36	1,68	14,09	47,29	35,50
H. Gleba + wermikompost (osad biol.+słoma)	0,28	0,54	0,28	1,24	11,93	38,64	26,52
	0,35	0,68	0,35	1,56	15,02	48,64	33,40
Osad chemiczny z oczyszczalni ścieków garbarskich w Radomiu							
I. Gleba + osad chemiczny	0,09	0,19	0,15	0,39	7,22	8,76	17,73
	0,25	0,54	0,43	1,14	20,91	25,37	51,35
J. Gleba + kompost (osad chem.+słoma)	0,08	0,26	0,19	0,56	10,51	24,05	21,30
	0,12	0,41	0,30	0,89	16,61	38,01	33,66
K. Gleba + wermikompost (osad chem.+słoma)	0,08	0,26	0,21	0,54	14,93	22,50	20,98
	0,13	0,44	0,35	0,91	25,09	37,82	35,26

zawartość w $mg \cdot kg^{-1}$
udział w %

Tabela 4. Frakcje chromu w glebie po czwartym (1999) roku badań
Table 4. Chromium fraction in soil after 4th (1999) year of experiment

Obiekty	Frakcja (F)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
A. Kontrola (gleba nie nawożona)	0,13	0,28	0,53	0,41	2,46	2,98	5,73
	1,00	2,25	4,20	3,30	19,64	23,84	45,78
B. Gleba + obornik	0,18	0,21	0,56	0,39	2,40	3,38	5,23
	1,41	1,66	4,54	3,18	19,37	27,25	42,58
C. Gleba + NPK mineralne	0,20	0,23	0,51	0,43	2,44	3,11	5,60
	1,60	1,80	4,05	3,45	19,48	24,88	44,76
Osad biologiczny z oczyszczalni ścieków garbarskich w Krakowie							
D. Gleba + osad biologiczny	0,20	0,25	0,66	0,75	9,00	11,94	21,00
	0,46	0,56	1,50	1,71	20,55	27,27	47,95
E. Gleba + kompost (osad biol.+liście)	0,28	0,36	0,60	0,98	9,66	19,44	19,72
	0,54	0,70	1,18	1,91	18,92	38,10	38,65
F. Gleba + kompost (osad biol.+słoma)	0,18	0,36	0,71	1,03	10,46	21,47	21,32
	0,32	0,64	1,28	1,86	18,84	38,66	38,40
G. Gleba + wermikompost (osad biol.+liście)	0,23	0,39	0,62	1,07	11,53	20,63	25,10
	0,38	0,66	1,04	1,79	19,36	34,63	42,14
H. Gleba + wermikompost (osad biol.+słoma)	0,28	0,39	0,73	1,07	12,08	20,32	27,55
	0,44	0,63	1,17	1,71	19,35	32,56	44,14
Osad chemiczny z oczyszczalni ścieków garbarskich w Radomiu							
I. Gleba + osad chemiczny	0,15	0,21	0,56	0,51	6,96	6,51	13,95
	0,52	0,72	1,95	1,76	24,12	22,56	48,37
J. Gleba + kompost (osad chem.+słoma)	0,35	0,26	0,64	0,62	17,53	13,89	20,10
	0,66	0,49	1,19	1,16	32,83	26,02	37,64
K. Gleba + wermikompost (osad chem.+słoma)	0,28	0,30	0,65	0,64	15,84	13,55	19,03
	0,55	0,60	1,30	1,27	31,50	26,95	37,83

zawartość w $mg \cdot g^{-1}$
udział w %

Największy przyrost zawartości frakcji najbardziej mobilnych wystąpił w glebie obiektów nawożonych materiałami pochodzenia biologicznego i wynosił (dla sumy frakcji F_I do F_{III}), w stosunku do obiektu nie nawożonego, od 71 do 111%. Nie stwierdzono zwiększenia się zawartości omawianych form chromu pod wpływem stosowanych materiałów pochodzenia chemicznego. Rola substancji organicznej w wiązaniu chromu była nieznaczna, a ilość tego pierwiastka związana przez tą frakcję (F_{IV}) wynosiła niewiele ponad 1%. Najwięcej chromu, bo ponad 60% było związane z tlenkami żelaza (F_V i F_{VI}), a także w postaci nierozpuszczalnej (F_{VII}). Udział procentowy chromu związanego z amorficznymi i krystalicznymi tlenkami żelaza, w całkowitej zawartości wynosił od 27,83 do 63,66%, w zależności od obiektu, przy czym wartości te były porównywalne w glebie obiektów nawożonych materiałami pochodzenia biologicznego i chemicznego.

Podobnie, po czwartym roku doświadczenia główną rolę w magazynowaniu chromu w glebie odegrały tlenki żelaza i frakcja rezydualna (Tab. 4). Udział procentowy w ogólnej zawartości sumy frakcji związanej z amorficznymi i krystalicznymi tlenkami żelaza wynosił od 43,48% (w glebie obiektu kontrolnego) do 58,85% (w glebie obiektu nawożonego kompostem słomowym z osadu chemicznego). Zawartość form najbardziej mobilnych (suma frakcji F_I – F_{III}) wynosiła od 0,92 mg $Cr \cdot kg^{-1}$ w glebie obiektu nawożonego osadem chemicznym nieprzetworzonym do 1,40 mg $Cr \cdot kg^{-1}$ absolutnie suchej gleby w obiekcie z wermikompostem z osadu biologicznego. Podobnie jak po pierwszym roku badań udział chromu związanego przez substancję organiczną gleby był niewielki.

DYSKUSJA

Nawożenie garbarskimi osadami ściekowymi przyczyniło się do wzrostu wartości pH, a obniżenia kwasowości hydrolitycznej gleby. Wielkość zmian zarówno odczynu jak i kwasowości hydrolitycznej zależała od rodzaju zastosowanego materiału. Wyższe wartości pH, a niższe kwasowości hydrolitycznej dotyczyły bardziej gleby obiektów nawożonych materiałami pochodzenia biologicznego niż chemicznego, co wynikało z wyższej koncentracji wapnia w tych materiałach. Korzystniej na poprawę odczynu gleby wpływały osady kompostowane i wermikompostowane niż nieprzetworzone, co można tłumaczyć rozpuszczalnością wapnia zawartego w tych materiałach. Stwierdzone odkwaszające działanie kompostów i wermikompostów z osadów garbarskich należy uznać za cechę bardzo korzystną gdyż w większości przypadków to odczyn gleby decyduje o dostępności metali ciężkich. Potwierdza to wcześniejsze badania

Filipek-Mazur i Gondka [6] nad wartością nawozową wermikompostów z osadów garbarskich i komunalnych, w których stwierdzono istotne obniżenie wartości Hh pod wpływem stosowanych materiałów, w stosunku do gleby obiektu kontrolnego i nawożonego obornikiem. Obniżenie zakwaszenia gleby po zastosowaniu materiałów odpadowych przemysłu garbarskiego stwierdzili również Andrzejewski i Doręgowska [1].

Baran i in. [2], stwierdzili obniżenie się wartości kwasowości hydrolitycznej pod wpływem wzrastających dawek osadu komunalnego, natomiast zastosowanie wermikompostu z tego osadu nie wywarło istotnego wpływu na zmiany tej cechy.

Niewielki wpływ na zróżnicowanie (zwłaszcza po czterech latach badań) zawartości węgla organicznego miało nawożenie materiałami pochodzenia garbarskiego. Na inne zależności wskazują w swoich badaniach Baran i in. [2], którzy wykazali wyższy niż po zastosowaniu osadu przefermentowanego przyrost zawartości węgla organicznego pod wpływem nawożenia gleby lekkiej wermikompostem. Filipek-Mazur i Gondek [6] we wcześniejszych badaniach nie stwierdzili zwiększenia zawartości węgla organicznego pod wpływem stosowania osadów nieprzetworzonych i wermikompostów. Na podstawie wyników doświadczenia prezentowanego w niniejszej publikacji, zawartość węgla organicznego zarówno pod wpływem nawożenia osadami nieprzetworzonymi, jak i wermikompostami, kształtowała się podobnie jak w glebie obiektu nawożonego obornikiem. Natomiast w porównaniu do gleby obiektu nawożonego mineralnie były one wyższe.

Stwierdzona w badaniach Kabaty-Pendias i in. [9] niewielka mobilność chromu w osadach ściekowych, jak również występowanie tego pierwiastka w osadach garbarskich prawie wyłącznie w formie Cr(III) pozwalała sądzić, że chrom wprowadzony wraz z nawożeniem materiałami organicznymi pochodzenia garbarskiego będzie występował w glebie w formach mniej dostępnych dla roślin, o czym donoszą również Diez i Kalbfus [5] oraz Czekała i in. [3]. Uzyskane wyniki są zgodne z powyższym twierdzeniem, ponieważ chrom bezpośrednio po zastosowanym nawożeniu materiałami garbarskimi (po I roku doświadczenia), jak i po czteroletnim okresie ich działania występował głównie w formach związanych z tlenkami żelaza w znacznie większym stopniu niż w glebie obiektu kontrolnego oraz nawożonego mineralnie i obornikiem. Na podstawie przeprowadzonych badań nie stwierdzono znaczącego wpływu substancji organicznej gleby na wiązanie chromu, co nie potwierdza wyników Kabaty-Pendias i Pendiasa [8] o tworzeniu się połączeń chromu zarówno z małocząsteczkowymi związkami organicznymi jak i kwasami huminowymi.

Uzyskanych wyników badań dotyczących, ogólnej zawartości chromu, która obniżyła się po czterech latach badań, nie można wytłumaczyć przemieszczeniem się tego pierwiastka w głąb profilu glebowego, ani pobraniem przez rośliny co jest niemożliwe ze względu na małą jego ruchliwość [4]. Wytłumaczeniem tego zjawiska może być fakt przejścia chromu w połączenia mineralne odporne na ekstrakcję chemiczną według zastosowanej procedury.

WNIOSKI

1. Nawożenie materiałami organicznymi pochodzenia garbarskiego zmniejszyło zakwaszenie oraz obniżyło kwasowość hydrolityczną gleby.
2. Wpływ zastosowanego nawożenia osadami przekompostowanymi na zawartość węgla organicznego był zbliżony do działania obornika.
3. Nie stwierdzono większego zróżnicowania w udziale form chromu najbardziej mobilnych (ruchliwej, wymiennej i związanej z tlenkami manganu) po zastosowaniu do nawożenia materiałów organicznych pochodzenia garbarskiego, w porównaniu do nawożenia obornikiem.
4. Chrom był wiązany we frakcjach trudniej dostępnych dla roślin, głównie związanych z tlenkami żelaza i frakcji rezydualnej.

PIŚMIENNICTWO

1. **Andrzejewski M., Doręgowska M.:** Wartość nawozowa błota pochromianowego. PTPN, Wydz. Nauk Roln. i Leś., Pr. Kom. Nauk Roln. i Leś., LXIII, 3-13, 1987.
2. **Baran S., Bielińska J., Wiśniewski J.:** Wpływ stosowania niekonwencjonalnych nawozów wieloskładnikowych na wybrane właściwości gleby lekkiej, Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, 190, Roln., 72, 11-20, 1998.
3. **Czekała J., Jakubus M., Mocek A., Owczarzak W.:** Frakcje chromu w kompostach z udziałem osadu garbarskiego i różnych dodatków organicznych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 409, 111-118, 1996.
4. **Czekała J.:** Chrom w glebie i roślinie występowanie, sorpcja i pobieranie w zależności od jego formy i dawki, właściwości środowiska i nawożenia. Wyd. AR w Poznaniu, ser. Rozprawy, 274, 3-90, 1997.
5. **Diez S., Kalbfus W.:** Tiefenverlagrund mineralischer und organischer Schadstoffe aus hochkomtaminierten Boden. Agrobiol. Res., 44, 1, 23-29, 1991.
6. **Filipek-Mazur B., Gondek K.:** Badania nad wartością nawozową wermikompostów. Cz. III. Wpływ nawożenia wermikompostami na zmiany właściwości chemicznych gleby. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, 211, Roln., 84, 303-310, 2000.

7. **Kabata-Pendias A.:** Zawartość metali ciężkich w glebach uprawnych Polski. Pam. Puł., 74, 101-111, 1981.
8. **Kabata-Pendias A., Pendias H.:** Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. PWN, Warszawa, 1993.
9. **Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Lekan Sz., Winiarska Z., Dudka S., Kacperek K.:** Frakcje metali śladowych w osadach. In: Rolnicza przydatność odpadów przemysłowych i komunalnych. Wyd. IUNG, Puławy, (58), 17-22, 1987.
10. **Siuta J., Wasiak G.:** Zasady wykorzystania osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe (przyrodnicze). Inżynieria ekologiczna, 3. 13-42, 2001.
11. **Zeien H., Brümmer G.:** Chemische extractionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Böden. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 59/1, 505-510, 1989.

ASSESMENT OF SOIL MOBILE CHROMIUM FORM CONTENTS IN EFFECT OF UNTREATED AND COMPOSTED TANNERY SLUDGE APPLICATION

K. Gondek, B. Filipek-Mazur

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University
Al. A. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
rrgondek@cyf-kr.edu.pl

Summary. The pot experiment was carried out in 1996-1999 in order to determine the effect of application into the soil of untreated and composted chromium loaded tannery sludge on this metal mobility in soil. Treatment with tannery organic materials diminished soil acidification and the value of soil hydrolytic acidity. Fertilisation with composted sludge positively affected soil contents of organic carbon, similarly to farmyard manure effect. No diversification in the share of most mobile chromium forms (mobile, exchangeable and bound with manganese oxides) were found after the application of tannery organic materials as fertilisers. Chromium was fixed in fractions less available to plants, mainly bound to iron oxides and in residual fraction.

Keywords: tannery sludge, compost, vermicompost, soil, fractions of chromium.