

ZAWARTOŚĆ RÓŻNYCH FORM KADMU W KOMPOSTACH WYTWORZONYCH Z ODPADÓW KOMUNALNYCH¹

Stanisław Baran¹, Waldemar Martyn², Anna Wójcikowska-Kapusta¹

¹ Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego
Akademia Rolnicza w Lublinie

² Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu
Akademia Rolnicza w Lublinie

Wstęp

Unieszkodliwianie wzrastającej systematycznie masy odpadów komunalnych, szczególnie w dużych miastach stanowi ważny problem gospodarki komunalnej. Wśród wielu sposobów utylizacji odpadów ważne miejsce zajmuje ich kompostowanie. Problemem zasadniczym, czasami kontrowersyjnym jest zawartość metali ciężkich w kompostach i zagrożenia stąd wynikające dla środowiska. Właściwości kompostu, w tym również zawartość oraz forma występowania metali ciężkich, zależą w głównej mierze od właściwości surowca wyjściowego, tj. od odpadów komunalnych, a w mniejszym stopniu od stosowanej technologii [CHWASTOWSKA i in. 1993].

Celem niniejszej pracy było oznaczenie nie tylko całkowitej zawartości, ale również różnych form tego pierwiastka w badanych kompostach z odpadów komunalnych.

Materiały i metodyka

Z wielorodzinnych budynków mieszkalnych nowych dzielnic Lublina pobrano surowe odpady komunalne, które po przesortowaniu kompostowano w naturalnych warunkach klimatycznych przez 12 miesięcy. Kompostowano tylko części organiczne w porcjach 4,2 kg w wiadrach plastikowych o pojemności 10 dm³.

Do tak przygotowanego materiału dodane zostały aktywatory rozkładu stanowiące 5% całej masy próby oraz po 20 dżdżownic kalifornijskich na wiadro.

Doświadczenie miało następujące kombinacje:

¹ praca wykonana w ramach projektu badawczego Nr 5 P06H 009 13

1. osad ściekowy
2. odpady komunalne
3. odpady komunalne+Compostin (pożywka przyspieszająca proces kompostowania)
4. odpady komunalne+osad ściekowy
5. odpady komunalne+obornik
6. odpady komunalne+dżdżownice

Po rocznym kompostowaniu w pobranych próbkach oznaczono: ogólną zawartość węgla metodą Alтена, odczyn w roztworze KCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³, kwasowość hydrolityczną metodą Kappena, kationy zasadowe w 0,5 mol NH₄Cl·dm⁻³ metodą Pallmana, kadm całkowity według OSTROWSKIEJ i in. [1991] w mieszaninie HNO₃, HClO₄, H₂SO₄, a formy rozpuszczalne tego pierwiastka w H₂O, CaCl₂ i CH₃COOH metodą McLaren i Crowforda w modyfikacji BOGACZA [1996] na aparacie ICP.

Wyniki i dyskusja

Badane komposty charakteryzowały się odczynem słabo kwaśnym i obojętnym, ich pH zawierało się w przedziale 6,36–6,69 (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Podstawowe właściwości chemiczne kompostów (sucha masa)
Basic chemical properties of the composts

Materiał; Material	C og. Total C (%)	pH _{KCl}	S ¹⁾	Hh ²⁾	T ³⁾
			cmol(+)-kg ⁻¹		
1. osad ściekowy; sewage sludge	20,73	6,46	43,53	0,79	44,32
2. odpady komunalne; municipal wastes	18,48	6,36	29,63	2,10	31,73
3. odpady komunalne+Compostin; municipal wastes+Compostin	14,22	6,57	23,28	1,57	24,85
4. odpady komunalne+osad ściekowy municipal wastes+sewage sludge	9,69	6,66	21,87	1,31	23,18
5. odpady komunalne+obornik municipal wastes+FYM	10,98	6,69	23,27	1,79	25,06
6. odpady komunalne+dżdżownice municipal wastest earthworms	10,35	6,68	20,42	1,26	21,69

1) Suma wymiennych kationów zasadowych; Base cation capacity

2) Kwasowość hydrolityczna; Hydrolytic acidity

3) Całkowita pojemność sorpcyjna; Total cation exchangeable capacity

Wyraźne zmiany ilościowe i jakościowe badanych kompostów spowodowało roczne kompostowanie. Dodatek aktywatorów rozkładu według badań MARTYNA i in. [1995] wpłynął na spadek węgla organicznego. Zawartość węgla organicznego była mocno zróżnicowana i wahała się od 9,69% w kompoście z dodatkiem osadu ściekowego do 20,73% w kompoście z samego osadu ściekowego.

Komposty z dodatkiem aktywatorów rozkładu charakteryzowały się zbliżoną

kwasowością hydrolityczną od 1,26 do 1,79 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, natomiast w kompoście z osadu ściekowego stwierdzono najniższą kwasowość hydrolityczną wynoszącą 0,79 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, a w kompoście z samych odpadów komunalnych najwyższą – 2,1 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$.

Pojemność sorpcyjna zawicrała się również w szerokim zakresie od 21,69 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ w kompoście z odpadów komunalnych z dodatkiem dżdżownic do 44,32 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ w kompoście z samych odpadów komunalnych. Również w szerokim zakresie wahała się suma kationów zasadowych tych kompostów.

Całkowita zawartość kadmu mieściła się w granicach od 11,8 do 31,7 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 2). Zawartość tego pierwiastka w osadach ściekowych i odpadach komunalnych z dodatkiem osadu ściekowego przekraczała znacznie dopuszczalne zawartości dla III klasy kompostu. W pozostałych kombinacjach stwierdzono również podwyższone zawartości kadmu przekraczające 10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, co wyklucza możliwość ich rolniczego wykorzystania. Uzyskane wyniki są zgodne z badaniami KABATY-PENDIAS, PIOTROWSKIEJ [1987] i PATORCZYK-PYTLIK, BIELCZYŃSKIEJ [1995]. Inni autorzy PIOTROWSKA i DUDKA [1987], CHWASTOWSKA i in. [1993], AYUSO i in. [1996] stwierdzili znacznie niższe zawartości kadmu w odpadach komunalnych i osadach ściekowych. W kompostach z odpadów miejskich badanych przez DROZDA i in. [1996] zawartość form całkowitych kadmu była wprawdzie wysoka, ale mieściła się w przedziale dopuszczalnych koncentracji.

Tabela 2; Table 2

Formy kadmu w badanych kompostach $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.
Forms of Cd in tested composts in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM

Material; Material	Całkowity Total	Rozpuszczalny w H_2O Soluble in H_2O	Rozpuszczalny Soluble (0,05 mol $\text{CaCl}_2\cdot\text{dm}^{-3}$)	Rozpuszczalny w 2,5% CH_3COOH Soluble in 2,5% CH_3COOH
1. osad ściekowy; sewage sludge	31,7	$\frac{2,11}{6,6}$	$\frac{2,23}{7,0}$	$\frac{4,86}{15,3}$
2. odpady komunalne municipal wastes	11,8	$\frac{2,18}{18,5}$	$\frac{2,12}{18,0}$	$\frac{2,20}{18,6}$
3. odpady komunalne+Compostin municipal wastes+Compostin	11,9	$\frac{2,11}{17,7}$	$\frac{2,12}{17,8}$	$\frac{2,18}{18,3}$
4. odpady komunalne+osad ściekowy; municipal wastes+sewage sludge	21,3	$\frac{2,15}{10,0}$	$\frac{2,21}{10,4}$	$\frac{3,69}{17,3}$
5. odpady komunalne+obornik municipal wastes+FYM	12,0	$\frac{2,11}{17,6}$	$\frac{2,12}{17,7}$	$\frac{2,20}{18,3}$
6. odpady komunalne+dżdżownice municipal wastes+earthworms	12,1	$\frac{2,11}{14,4}$	$\frac{2,12}{17,5}$	$\frac{2,18}{18,0}$

licznik: $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; numerator: $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

mianownik: % całkowitej zawartości; denominator: % of total content

Zawartość kadmu rozpuszczalnego w wodzie była zbliżona i wynosiła od 2,11 do 2,18 mg·kg⁻¹, co stanowiło od 6,6 do 18,5% jego całkowitej zawartości. Najwyższą rozpuszczalność tego pierwiastka w stosunku do całkowitej zawartości stwierdzono w samych odpadach komunalnych.

Zawartość frakcji wymiennej kadmu niespecyficznie związanej przez koloidy glebowe (ekstrahowanej 0,05 mol CaCl₂·dm⁻³) wynosiła od 2,12 do 2,23 mg·kg⁻¹, co stanowiło 7 do 18% całkowitej zawartości.

Ilość kadmu rozpuszczalnego w 2,5% CH₃COOH mieściła się w granicach 2,18 do 4,86 mg·kg⁻¹ co stanowiło 15,3–18,6% całkowitej zawartości.

Najwyższy udział form rozpuszczalnych w H₂O, 0,05 mol CaCl₂·dm⁻³ i 2,5% CH₃COOH w stosunku do całkowitej zawartości kadmu stwierdzono w samych odpadach komunalnych, co jest zgodne z badaniami KABATY-PENDIAS i PENDIAS [1993], oraz w odpadach z dodatkiem Compostinu i dżdżownic. Znaczny udział formy wymiennej w stosunku do całkowitej zawartości tego pierwiastka w swoich badaniach stwierdziła również CHŁOPECKA [1994].

Zmiany zachodzące w składzie chemicznym odpadów miejskich w czasie kompostowania były przedmiotem badań DROZDA i in. [1996]. W badanych przez niego kompostach nie stwierdzono obecności wodnorozpuszczalnych form kadmu, co przypisywano unieruchamianiu tego metalu w postaci węglanów przy wyższych wartościach pH.

Całkowita zawartość kadmu była ściśle skorelowana z pojemnością sorpcyjną i sumą kationów zasadowych. Zależności te statystycznie istotnie wyrażone są dodatnimi wartościami współczynnika korelacji (tab. 3).

Tabela 3; Table 3

Korelacje pomiędzy różnymi formami kadmu a podstawowymi właściwościami chemicznymi kompostów

Correlation between various Cd forms and basic chemical properties of composts

Formy Cd.; Cd forms	Właściwości; Properties				
	C og. total C	pH	S ¹⁾	Hh ²⁾	T ³⁾
Całkowity; Total	r.n.	r.n.	0,7776 **	-0,8036 **	0,7524 *
Rozp. w H ₂ O; Soluble in H ₂ O	r.n.	r.n.			
Rozp. w CaCl ₂ ; Soluble in CaCl ₂	r.n.	r.n.		-0,7514 *	
Rozp. w CH ₃ COOH; Soluble in CH ₃ COOH	r.n.	r.n.	0,7385 *	-0,7872 **	0,7133 *

^{1) 2) 3)} wyjaśnienia jak w tabeli 1;

* przy poziomie istotności $\alpha=0,1$; at the significance level $\alpha=0.1$

** przy poziomie istotności $\alpha=0,05$; at the significance level $\alpha=0.05$

r.n. różnice nieistotne; differences not significant

Ujemną korelację stwierdzono pomiędzy całkowitą zawartością kadmu a kwasowością hydrolityczną. Wykonane obliczenia statystyczne nie wykazały istotnego wpływu właściwości fizyko-chemicznych kompostów na rozpuszczalność kadmu w wodzie. Natomiast wraz ze wzrostem kwasowości hydrolitycznej malała rozpuszczalność kadmu w 0,05 mol CaCl₂·dm⁻³ i 2,5% CH₃COOH.

Obliczony współczynnik korelacji wykazał dodatni wpływ pojemności sorp-

cyjnej i sumy kationów zasadowych na rozpuszczalność kadmu w 2,5% kwasie octowym.

Wnioski

1. Całkowita zawartość kadmu w badanych kompostach z odpadów komunalnych jest wysoka co wyklucza możliwość ich rolniczego wykorzystania.
2. Odpady komunalne z dodatkiem Compostinu i dżdżownic w znacznie wyższym stopniu uwalniały formy przyswajalne kadmu niż pozostałe komposty.
3. Obliczone korelacje wskazywały na następujące współzależności :
 - wraz ze wzrostem kwasowości hydrolitycznej malała całkowita zawartość kadmu jak również jego rozpuszczalność w CaCl_2 i CH_3COOH ;
 - suma kationów zasadowych oraz pojemność sorpcyjna korelowały dodatnio z całkowitą zawartością kadmu oraz jego formą rozpuszczalną w CH_3COOH
 - węgiel organiczny oraz odczyn nie korelowały z całkowitą zawartością Cd ani z jego formami.

Literatura

AYUSO M., PASCUAL J.A., GARCIA C., HERNANDEZ T. 1996. *Evaluation of Urban Wastes for Agricultural Use*. Soil Sci. Plant Nutr. 42(1): 105–111.

BOGACZ W. 1996. *Badania nad formami mikroelementów w glebach Belgii. Cz. I i II*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 1011–1023

CHŁOPECKA A. 1994. *Wpływ różnych związków Cd, Cu, Pb i Zn na formy tych metali w glebie oraz na ich zawartości w roślinach*. IUNG Puławy R(315): 1–30.

CHWASTOWSKA J., SKALMOWSKI K., STERLIŃSKA E., WOLSKA K., SKWARA. 1993. *Metale ciężkie i formy ich występowania w kompostach z odpadów miejskich uzyskiwanych według technologii Dano w Warszawie*. Arch. Ochr. Środ. 3–4: 251–259.

DROZD J., LICZNAR M., PATORCZYK-PYTLIK B., RABIKOWSKA B. 1996. *Zmiany w składzie chemicznym kompostów z odpadków miejskich w czasie ich kompostowania*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 131–138.

KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M. 1987. *Pierwiastki śladowe jako kryterium rolniczej przydatności odpadów*. IUNG Puławy P(33): 1–46.

KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1993. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. Nauk. PWN Warszawa: 364 ss.

MARTYN W., BARAN S., FLIS-BUJAK M. 1995. *Wybrane właściwości substancji organicznej kompostów z odpadów komunalnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 597–601.

OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZUBIAŁKA Z. 1991. *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Katalog. Wyd. IOŚ Warszawa: 1–334.

PATORCZYK-PYTLIK B., BIELCZYŃSKA K. 1995. *Wpływ nawożenia osadem i osadem poddżdżownicowym na kumulację i przemieszczanie kadmu w glebie*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 519–525.

PIOTROWSKA M., DUDKA S. 1987. *Fracje metali śladowych w osadach ściekowych jako kryterium ich przydatności w rolnictwie*. Arch. Ochr. Środ. 1–2: 65–72.

Słowa kluczowe: komposty, odpady komunalne, formy kadmu

Streszczenie

Przez 12 miesięcy kompostowano odpady komunalne pobrane z nowych dzielnic mieszkaniowych Lublina. Kompostowano je z dodatkami: Compostinu, osadu ściekowego, obornika i dżdżownic. Po roku przeprowadzono analizę podstawowych właściwości chemicznych oraz całkowite i rozpuszczalne w H_2O , $CaCl_2$ i CH_3COOH formy kadmu. Całkowita zawartość kadmu w badanych odpadach komunalnych i osadach ściekowych przekraczała dopuszczalne zawartości tego pierwiastka.

THE CONTENT OF CADMIUM FORMS IN THE COMPOSTS PRODUCED FROM MUNICIPAL WASTES

*Stanisław Baran*¹, *Waldemar Martyn*², *Anna Wójcikowska-Kapusta*¹

¹ Institute of Soil Science and Environment Management,
Agricultural University, Lublin

² Institute of Agricultural Science in Zamość,
Agricultural University, Lublin

Key words: composts, municipal wastes, forms of cadmium

Summary

Municipal wastes taken from the new quarters of Lublin town were composted over the period of 12 months. They were composted with addition: Compostin, sewage sludge, farmyard manure and earthworms. After one year the basic chemical properties and the contents of Cd forms soluble in H_2O , $CaCl_2$, CH_3COOH were determined. The total cadmium content in the studied municipal wastes and sewage sludge exceeded admissible threshold values.

Prof. dr hab. Stanisław **Baran**

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego
Akademia Rolnicza
ul. Kr. Leszczyńskiego 7
20-069 LUBLIN