

**EDWARD MELLER, EDWARD NIEDŹWIECKI,
MARIUSZ SUCHENIA***

**ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W KOMPOSTACH
WYTWARZANYCH Z FRAKCJI ORGANICZNEJ ODPADÓW
KOMUNALNYCH W ZAKŁADZIE UTYLIZACJI ODPADÓW
GORZÓW WIELKOPOLSKI**

Słowa kluczowe: komposty, odpady komunalne, zawartość metali ciężkich

S t r e s z c z e n i e

W pracy przedstawiono zawartość pierwiastków śladowych (Fe, Zn, Mn, Pb, Cu, Ni, Co, Cd) w kompostach wytworzonych w ZUO Gorzów Wielkopolski z frakcji 16-80 mm odpadów komunalnych. Porównanie uzyskanych wyników badań z opublikowanymi w pracy Meller i in. [2006a] wskazuje, że w procesie kompostowania zwiększa się w masie kompostu zawartość niektórych pierwiastków śladowych (Fe, Ni, Cu, Pb, Cd). Zawartość w badanych kompostach niektórych analizowanych metali ciężkich (Cd, Pb, Ni) przekracza wartości dopuszczalne, określone w przepisach prawa obowiązującego w Polsce (Dz.U. 2003, 236, 2369). Spośród badanych metali ciężkich, znacznym udziałem łatwo rozpuszczalnych form, dostępnych dla roślin, charakteryzują się szczególnie cynk (82,5%), mangan (78,8%), kadm (77,7%), nikiel (60,5%) oraz ołów (59,7%). Znaczna, na tle obowiązujących norm, zawartość w badanych kompostach szczególnie kadmu ($1,59-10,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), ołowiu ($145,6-244,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) i niklu ($22,5-70,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), przy jednoczesnym dużym udziale form łatwo rozpuszczalnych tych pierwiastków, wskazuje, że należy wykluczyć możliwość wykorzystywania tych kompostów do celów rolniczych, a jednym ze sposobów ich wykorzystania mogą być cele rekultywacyjne.

Wstęp

Zawartość metali ciężkich jest jednym z ważniejszych kryteriów oceny przydatności kompostów wykorzystywanych do celów rolniczych. Znajduje to wyraz w przepisach prawa, które jako jeden z parametrów uwzględniają stan zanieczyszczenia kompostów metalami ciężkimi. Według rozporządzenia Mini-

* Akademia Rolnicza Szczecin; Katedra Gleboznawstwa

stra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 19 października 2004 r., w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz.U. 236, 2369) dobrej jakości kompost nie powinien zawierać większych ilości metali ciężkich niż: cynku $1500 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, miedzi $400 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, ołowiu $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, niklu $30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz kadmu $3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. kompostu.

W pracy przedstawiono wyniki badań zawartości wybranych pierwiastków śladowych w kompostach wytworzonych w Zakładzie Utylizacji Odpadów Gorzów Wielkopolski (ZUO) z frakcji organicznej (\varnothing 16-80 mm) wydzielonej na sicie bębnowym z mieszanych odpadów komunalnych. Wydzielona frakcja organiczna poddawana jest kompostowaniu przyzłowemu, na utwardzonym, zadaszonym placu.

Metodyka

Badaniom laboratoryjnym poddano 20 próbek dojrzałych kompostów pobieranych w ZUO Gorzów Wlkp. od 1 listopada 2004 roku do 10 maja 2005 roku. Próbkę kompostu po doprowadzeniu do stanu powietrznie suchego roz tarto w moździerz i przesiano przez sita, uzyskując: frakcję o średnicy poniżej i powyżej 1,0 mm. Przy czym ustalono udział masowy tych frakcji. Analizom laboratoryjnym poddano obie wydzielone frakcje, a wyniki tych badań przedstawiono jako średnią ważoną zawartość poszczególnych składników.

Oznaczono zawartość metali ciężkich (Fe, Zn, Mn, Pb, Cu, Ni, Co, Cd) rozpuszczalnych w HCl o stężeniu $0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ oraz w mieszaninie kwasów $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ przy użyciu spektrofotometru absorpcji atomowej typu Unicam-Solaar 929, przy czym fosfor oznaczono kolorymetrycznie.

Wyniki

We wcześniejszej publikacji [Meller i in., 2006a] przedstawiono skład chemiczny frakcji 16-80 mm odpadów komunalnych wyselekcjonowanej w ZUO Gorzów Wielkopolski przed jej przekazaniem do procesu kompostowania. Materiał wyjściowy do procesu kompostowania charakteryzował się, w porównaniu z wytworzonymi już kompostami, mniejszą ogólną zawartością następujących pierwiastków: żelaza (77,7%), niklu (72,9%), miedzi (59,8%), ołowiu (57,4%) i kadmu (34,6%). Zawartość cynku, manganu i kobaltu w materiale wyjściowym i wytworzonych z nich kompostach utrzymywała się natomiast na podobnym poziomie. Proces kompostowania może przyczyniać się, zatem do zwiększania zawartości niektórych pierwiastków. Podobną zależność stwierdzili wcześniej inni autorzy [Czekała i in. 1999; Siuta i Wasiak 2000; Sasek i in.

2003; Baran i in. 2006] w przypadku kompostowania osadów ściekowych. Zdaniem wymienionych autorów przyczyną zwiększania się ilości metali ciężkich jest ubytek materii organicznej i wzrost popielności. W przypadku kompostowania odpadów komunalnych w zjawisku zwiększania się zawartości metali ciężkich może mieć duże znaczenie jeszcze inny proces. Odpady komunalne są materiałem bardzo heterogenicznym, w ich skład wchodzi części organiczne, makulatura, tworzywa sztuczne, odpady niebezpieczne (baterie) i inne. Mechaniczna segregacja nie pozwala na dokładne oddzielenie odpadów organicznych od innych składników. W czasie kompostowania zachodzi zatem stałe przenikanie substancji chemicznych między poszczególnymi komponentami. Zdaniem Garści (2004) jedna bateria może przyczynić się do dyskwalifikacji 1 m^3 kompostu.

Spośród dwóch wydzielonych frakcji kompostów na ogół wyższą zawartością pierwiastków śladowych rozpuszczalnych w mieszaninie stężonych kwasów $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$, z wyjątkiem niklu, charakteryzuje się frakcja o średnicy $< 1.0\text{ mm}$ (tab. 1). Różnice zaś w zawartości pierwiastków śladowych rozpuszczalnych w HCl o stężeniu $0,5\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ są pomiędzy dwoma porównywanymi frakcjami znacznie mniejsze.

Zawartość w badanych kompostach niektórych analizowanych metali ciężkich przekracza wartości dopuszczalne, które zostały podane w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 19 października 2004 roku. Do tych metali należą: kadm, ołów i nikiel. Zawartość cynku i miedzi nie przekracza natomiast dopuszczalnych stężeń.

Procentowa zawartość metali ciężkich rozpuszczalnych w HCl o stężeniu $0,5\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w ogólnej zawartości tych pierwiastków w badanych kompostach wynosi średnio w przypadku: cynku 82,5%, manganu 78,8%, kadmu 77,7%, niklu 60,5%, ołowiu 59,7%, miedzi 24,7%, żelaza 23,8% i kobaltu 21,1% (tab. 3). Spośród badanych metali ciężkich znacznym udziałem łatwo rozpuszczalnych form, co sprzyja mobilności tych pierwiastków w środowisku oraz ich dostępności dla roślin, charakteryzują się szczególnie cynk, mangan, kadm, nikiel oraz ołów.

Tab. 1. Zawartość pierwiastków śladowych rozpuszczalnych w mieszaninie stężonych kwasów $HNO_3 + HClO_4$ w badanych kompostach

Table 1. Content of trace elements soluble in concentrated $HNO_3 + HClO_4$ mixture in examined composts

Frakcja Fraction (mm)	Wartość Value	Fe	Zn	Mn	Pb	Cu	Ni	Co	Cd
		(mg·kg ⁻¹ s.m.)							
< 1,0 mm	Min	9890	719,0	282,6	147,0	122,9	18,0	3,82	1,387
	Max	17185	1999,5	714,1	257,1	370,3	89,0	10,58	10,550
	\bar{x}	12769	1249,7	439,0	189,8	215,7	36,1	6,23	3,310
	S	1954	375,3	116,7	31,0	71,2	16,1	2,23	2,358
> 1,0 mm	Min	6665	859,0	254,1	125,6	191,2	29,2	4,09	1,657
	Max	13345	1765,5	606,4	239,1	322,1	95,5	8,33	9,248
	\bar{x}	9290	1172,5	361,4	178,4	239,8	50,4	5,74	3,217
	S	1821	293,8	98,1	29,1	37,1	20,1	1,41	2,089
Śred- nia	Min	9151	808,5	286,2	145,6	156,9	22,5	4,09	1,590
	Max	15938	1807,5	619,6	244,5	361,1	70,8	9,31	10,110
	\bar{x}	11420	1217,4	407,3	184,8	225,3	40,2	6,08	3,265
	S	1953	331,9	105,0	27,6	53,7	10,9	1,95	2,230

Tab. 2. Zawartość pierwiastków śladowych rozpuszczalnych w HCl o stężeniu $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ w badanych kompostach

Table 2. Content of trace elements soluble in HCl at the concentration $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ in examined composts

Frakcja Fraction (mm)	Wartość Value	Fe	Zn	Mn	Pb	Cu	Ni	Co	Cd
		(mg·kg ⁻¹ s.m.)							
< 1,0 mm	Min	1938	621,6	206,8	74,2	32,8	10,1	0,70	1,173
	Max	3603	1459,6	523,8	175,5	80,0	39,3	1,67	9,561
	\bar{x}	2648	994,8	331,9	108,8	52,3	16,5	1,12	2,566
	S	370	240,9	84,1	24,9	13,4	6,6	0,29	2,020
> 1,0 mm	Min	2035	767,0	219,2	66,4	36,1	19,6	1,07	1,384
	Max	3859	1366,6	470,6	160,7	78,9	83,2	2,11	8,000
	\bar{x}	2737	983,9	300,9	110,8	55,4	38,6	1,35	2,582
	S	410	203,3	73,7	22,8	11,7	19,8	0,26	1,859
Średnia	Min	1975	705,5	216,9	81,6	34,3	15,4	0,85	1,310
	Max	3652	1354,9	467,8	172,0	74,8	36,9	1,59	9,030
	\bar{x}	2664	989,4	318,8	110,1	54,3	23,8	1,22	2,563
	S	332	216,0	75,6	23,0	10,7	7,1	0,23	1,943

Tab. 3. Procentowa zawartość pierwiastków śladowych rozpuszczalnych w HCl o stężeniu $0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w ogólnej zawartości tych składników w badanych kompostach

Table 3. Percentages of trace elements soluble in HCl at the concentration $0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ in their total content in examined composts

Frakcja Fraction (mm)	Wartość Value	Fe	Zn	Mn	Pb	Cu	Ni	Co	Cd
		(%)							
< 1,0 mm	Min	14,1	56,0	53,6	44,9	15,6	16,1	12,7	53,1
	Max	27,9	98,5	89,5	88,1	36,3	49,7	32,4	90,6
	\bar{x}	21,1	81,2	76,3	57,6	25,3	49,2	19,0	77,6
	S	3,7	9,3	8,5	10,8	5,8	16,5	5,3	9,8
> 1,0 mm	Min	20,4	76,0	77,6	40,4	15,4	48,4	16,8	54,2
	Max	37,8	97,1	94,9	79,3	32,7	90,1	34,2	92,8
	\bar{x}	30,0	84,8	83,8	62,2	23,4	74,5	24,1	78,8
	S	4,0	5,5	4,2	8,3	5,1	10,3	4,4	9,9
Średnia	Min	16,9	62,7	66,4	44,4	17,0	23,8	14,6	63,2
	Max	30,0	97,8	87,7	80,0	31,6	82,5	29,6	89,4
	\bar{x}	23,8	82,5	78,8	59,7	24,7	60,5	21,1	77,7
	S	3,8	7,1	6,2	8,9	4,6	13,8	4,4	7,9

Biorąc pod uwagę znaczną, na tle obowiązujących norm, ogólną zawartość w badanych kompostach kadmu (od $1,59$ do $10,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.), ołowiu (od $145,6$ do $244,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) i niklu (od $22,5$ do $70,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.), przy jednoczesnym dużym udziale form łatwo rozpuszczalnych tych pierwiastków, należy wykluczyć możliwość wykorzystywania tych kompostów do celów rolniczych, a jednym ze sposobów ich wykorzystania mogą być cele rekultywacyjne.

W przypadku kompostów wytwarzanych z frakcji 20-60 mm odpadów komunalnych w ZOISOK w Leśnie Górnym (gmina Police, woj. zachodniopomorskie) stwierdzono, że najwięcej problemów przy próbach przyrodniczego wykorzystania kompostów przysparzać mogą szczególnie cynk oraz ołów [Niedźwiecki i in., 2004; Meller i in., 2006b]. Dla kompostów wytwarzanych w innych zakładach potwierdzają tę opinię Chwastowska i in., 1993 oraz Weber [2000], wskazując jednak na ważną w tym względzie rolę również niklu.

Wnioski

1. Zawartość w badanych kompostach niektórych analizowanych metali ciężkich przekracza wartości dopuszczalne, które zostały podane w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 19 października 2004 roku. Do tych metali należą: kadm, ołów i nikiel. Zawartość cynku i miedzi nie przekracza natomiast dopuszczalnych stężeń.

2. Procentowa zawartość metali ciężkich rozpuszczalnych w HCl o stężeniu $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ w ogólnej zawartości tych pierwiastków, w badanych kompostach wynosi średnio w przypadku: cynku 82,5%, manganu 78,8%, kadmu 77,7%, niklu 60,5%, ołowiu 59,7%, miedzi 24,7%, żelaza 23,8% i kobaltu 21,1%.

Literatura

1. BARAN S., ŻUKOWSKA G., WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A.: *Zmiany zawartości metali ciężkich w osadzie ściekowym kompostowanym z popiołem z węgla kamiennego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 52: 39-46, 2006
2. CHWASTOWSKA J., SKALMOWSKI K., STERLIŃSKA E., WOLSKA K., SKWARA W.: *Metale ciężkie i formy ich występowania w kompostach z odpadów miejskich uzyskiwanych według technologii Dano w Warszawie*. Archiwum Ochrony Środowiska, 3-4: 251-259, 1993
3. CZEKAŁA J., JAKUBUS M., MOCEK A., OWCZARZAK W.: *Możliwości wykorzystania osadów ściekowych i odpadu tytoniowego do produkcji kompostów*. Fol. Univ. Agric. Stetin. 2000 Agricultura (77): 45-50, 1999
4. GARŚCIA E.: *Jak zagospodarować odpady?* Aura 10/04:3, 2004
5. MELLER E., NIEDŹWIECKI E., MALINOWSKI R.: *Chemical composition of the organic fraction of municipal wastes of Gorzów Wielkopolski township destined for composting*. [in: Chemistry for Agriculture]. Ed. Henryk Górecki, Zbigniew Dobrzański, Paweł Kafarski. Vol. 7: 759-765, 2006a
6. MELLER E., NIEDŹWIECKI E., WOJCIESZCZUK T., MALINOWSKI R., STANKOWSKI S.: *Charakterystyka kompostów wytwarzanych w Zakładzie Odzysku i Składowania Odpadów Komunalnych w Leśnie Górnym*. [W:] Gospodarka odpadami komunalnymi, Tom II. Monografia (red. Kazimierz Szymański), s. 101-109, 2006b
7. NIEDŹWIECKI E., WOJCIESZCZUK T., MELLER E., NĘDZUSIAK J., ADAMCZEWSKA M.: *Skład morfologiczny i niektóre właściwości chemiczne kompostu wytworzonego z wyselekcjonowanej frakcji organicznej odpadów komunalnych*. Folia Univ. Agric. Stetin., 2004 Agricultura 242(98): 109-114, 2004
8. SASEK V., BHATT M., CAJTHAML T., MALACHOWA K., LEDNICKA D.: *Compost-mediated removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from contaminated soil*. Arch. Environ. Conatam. Toxicol. 44: 336-342, 2003
9. SIUTA J., WASIAK G.: *Kompostowanie odpadów i użytkowanie kompostu*. Instytut Ochrony Środowiska. s140. Warszawa 2000

10. WEBER J., KARCZEWSKA A., DROZD J., LICZNAR M.: *Wpływ kompostowanych odpadów miejskich na zawartość metali ciężkich w glebie lekkiej w pierwszym roku po zastosowaniu kompost.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 1181-1187, 2000

CONTENT OF HEAVY METALS IN COMPOSTS PRODUCED FROM ORGANIC FRACTION OF MUNICIPAL WASTE IN ZUO GORZÓW WIELKOPOLSKI

Key words: composts, municipal wastes, heavy metals contents

S u m m a r y

This paper presents the content of trace elements (Fe, Zn, Mn, Pb, Cu, Ni, Co, Cd) in composts produced from 16-80 mm fraction of municipal waste in ZUO Gorzów Wielkopolski. The comparison of obtained results with previous study results by Meller et al. (2006) shows that as a result of composting process the content of certain trace elements increases (Fe, Ni, Cu, Pb, Cd). The content of some heavy metals under study (Cd, Pb, Ni) exceeds permissible values, defined by the current regulations in force in Poland (Dz.U. 2003, 236, 2369). Among the examined heavy metals, zinc (82.5%), manganese (78.8%), cadmium (77.7%), nickel (60.5%) and lead (59.7%) are characterised by a considerable amount of easily soluble forms, which favours their availability to plants. Relatively high, in the light of permissible limits, content of cadmium (1.59-10.11 mg·kg⁻¹ dry matter), lead (145.6-244.5 mg·kg⁻¹ dry matter) and nickel (22.5-70.8 mg·kg⁻¹ dry matter) with a great amount of their easily soluble forms exclude the possibility of using these composts for agricultural purposes. Land reclamation may be one of possible applications.