

WPLYW KOMPOSTOWANYCH ODPADÓW MIEJSKICH NA ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W GLEBIE LEKKIEJ W PIERWSZYM ROKU PO ZASTOSOWANIU KOMPOSTU

Jerzy Weber, Anna Karczewska, Jerzy Drozd, Michał Licznar

Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego,
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wstęp

Jednym z ważniejszych problemów związanych z rozwojem cywilizacji jest rosnąca ilość wytwarzanych odpadów, w tym odpadów komunalnych, które w większości deponowane są na składowiskach. Racjonalna gospodarka odpadami powinna uwzględniać możliwość wtórnego ich wykorzystania, a zwłaszcza odzysku składników biogenych zawartych w odpadach organicznych. Jednym ze sposobów takiego zagospodarowania odpadów jest kompostowanie [SIUTA 1996]. W Polsce, wg danych statystycznych [ANONIM 1998], kompostuje się obecnie 1,9% odpadów miejskich. Komposty wytworzone z odpadów mogą być stosowane w produkcji roślinnej do użyźniania gleb, zwłaszcza gleb o niskiej zasobności. Powinny one spełniać kryteria sformułowane w normie branżowej BN 89/9103-09, a bardzo ważnym aspektem ich przydatości do użytkowania rolniczego jest obecność w nich metali ciężkich [KABATA-PENDIAS, PIOTROWSKA 1987; CHWASTOWSKA i in. 1993; JAMROZ 1999]. Należy nadmienić, że skład odpadów komunalnych charakteryzuje się dużą niejednorodnością i w próbkach z tego samego źródła zawartości metali ciężkich mogą wahać się bardzo znacznie [PRZYBYŁA 1993].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu kompostowanych odpadów miejskich z regionów silnie oraz słabo uprzemysłowionych, na zawartość metali ciężkich w glebie lekkiej, do której zastosowano różne dawki kompostów.

Materiał i metody

W doświadczeniu polowym, realizowanym na poletkach doświadczalnych Akademii Rolniczej we Wrocławiu, w dzielnicy Swojec, wykorzystano komposty pochodzące z dwóch kompostowni: z Katowic, gdzie stosuje się system kompostowania typu DANO z 6-miesięcznym dojrzewaniem kompostu w przyzmach oraz z Żywca, gdzie zastosowano system kompostowania Herhoffa, również z dalszym dojrzewaniem w przyzmach [SKALMOWSKI (red.) 1998]. Poletka doświadczalne o wymiarach 3×5 m, rozmieszczone metodą bloków losowych w 5 powtórzeniach, zlokalizowane były na madzie rzecznej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego o

zawartości części spławialnych (< 0,02 mm) 12%, węgla organicznego 0,7% i o lekko kwaśnym odczynie (pH: 6,14–6,6). Komposty dawkowano w ilościach: 30, 60 i 120 t św.m. na ha, co odpowiadało dawkom s.m. 18, 36 i 72 t·ha⁻¹. Tak wysokie dawki, wyższe od normalnie stosowanych, przyjęto aby zintensyfikować działanie dodatnich, jak i potencjalnie niekorzystnych, czynników, m.in. związanych z obecnością w kompostach metali ciężkich. Obiektami kontrolnymi były poletka bez nawożenia oraz nawożone mineralnymi formami NPK. Na poletkach uprawiano pszenżyto jare i stosowano rutynowe zabiegi agrotechniczne. Po zbiorze pszenżyta z warstwy ornej (0–20 cm) pobrano próbki gleb do analiz laboratoryjnych. Oznaczano w nich podstawowe właściwości chemiczne i fizykochemiczne, a w szczególności całkowite zawartości metali ciężkich: Pb, Zn, Cd, Cu, Cr i Ni – z wykorzystaniem metody płomieniowej absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej (ASA) po mineralizacji próbek w stężonym HClO₄. Oznaczono także zawartości tych metali w próbkach kompostów.

Wyniki i dyskusja

Zawartości metali ciężkich w glebie przed zastosowaniem kompostów oraz w kompostach przedstawiono w tabeli 1. Gleba charakteryzowała się niskimi zawartościami Zn, Cu i Cr, w zakresie przyjętym wg wytycznych Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG) [KABATA-PENDIAS i in. 1993] jako zawartości naturalne (0 stopień zanieczyszczenia). Zawartości początkowe Pb, Cd i Ni w glebie przekraczały wartości graniczne dla 0 stopnia zanieczyszczenia i mieściły się w zakresie I stopnia, tj. gleb o podwyższonej zawartości metali ciężkich. Zastosowane komposty różniły się zawartością metali. Kompost katowicki, pochodzący z regionu silnie uprzemysłowionej aglomeracji Górnego Śląska, z rozwiniętym przemysłem hutniczym i metalurgicznym, zawierał metale ciężkie w ilościach kilkakrotnie wyższych niż kompost żywiecki. Szczególnie wysokie były w kompoście katowickim zawartości Zn (1825 mg·kg⁻¹ s.m.) i Pb (972 mg·kg⁻¹ s.m.).

Tabela 1; Table 1

Zawartości metali ciężkich w glebie na początku doświadczenia
oraz w suchej masie kompostów

Concentrations of heavy metals in soil before the experiment
and in dry matter of composts

Materiał Material	Zawartości metali; Metal concentrations (mg·kg ⁻¹)					
	Pb	Zn	Cd	Cu	Cr	Ni
Gleba przed doświadczeniem Soil before experiment	20,9	29,6	1,0	6,7	9,0	11,2
Kompost nr 1; Compost no. 1 (Katowice)	972	1825	11,7	366	99,9	168
Kompost nr 2; Compost no. 2 (Żywiec)	65	228	3,3	34,3	33,6	41

Wyniki analiz gleb w pierwszym roku po zastosowaniu kompostów przedstawiono w tabeli 2. Podano wartości średnie z 5 powtórzeń oraz obliczone na podstawie wszystkich analiz wielkości NIR na poziomie ufności $\alpha = 0,05$.

Tabela 2; Table 2

Średnie zawartości metali ciężkich w glebie po pierwszym roku doświadczenia w zależności od zastosowanego nawożenia i dawki kompostu

Mean concentrations of heavy metals in soil after first year of the experiment as dependent on fertilization and composting rate

Nawożenie Fertilization	Zawartości metali; Metal concentrations (mg·kg ⁻¹)						
	Pb	Zn	Cd	Cu	Cr	Ni	
0 (kontrola; control)	20,9	29,6	1,0	6,7	9,0	11,2	
NPK	21,4	30,9	1,0	6,7	8,2	11,4	
Kompost nr 1 Compost no. 1 (Katowice)	30 t·ha ⁻¹ 60 t·ha ⁻¹ 120 t·ha ⁻¹	24,5 27,6 33,2	41,7 44,7 60,6	1,0 1,0 1,3	8,5 9,7 13,1	7,9 9,2 13,2	11,5 12,3 14,4
Kompost nr 2 Compost no. 2 (Żywiec)	30 t·ha ⁻¹ 60 t·ha ⁻¹ 120 t·ha ⁻¹	24,6 20,4 22,9	32,6 31,5 35,0	1,0 0,9 1,1	7,3 7,0 7,7	9,1 8,8 9,4	11,7 11,9 12,1
NIR; LSD	3,2	6,3	0,2	1,0	3,5	2,4	

Tabela 3; Table 3

Ocena stopnia zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi po pierwszym roku doświadczenia, wg ramowych wytycznych IUNG [KABATA-PENDIAS i in. 1993]

Degree of soil pollution with heavy metals, after first year of the experiment, determined according to IUNG frame guidelines [KABATA-PENDIAS et al. 1993]

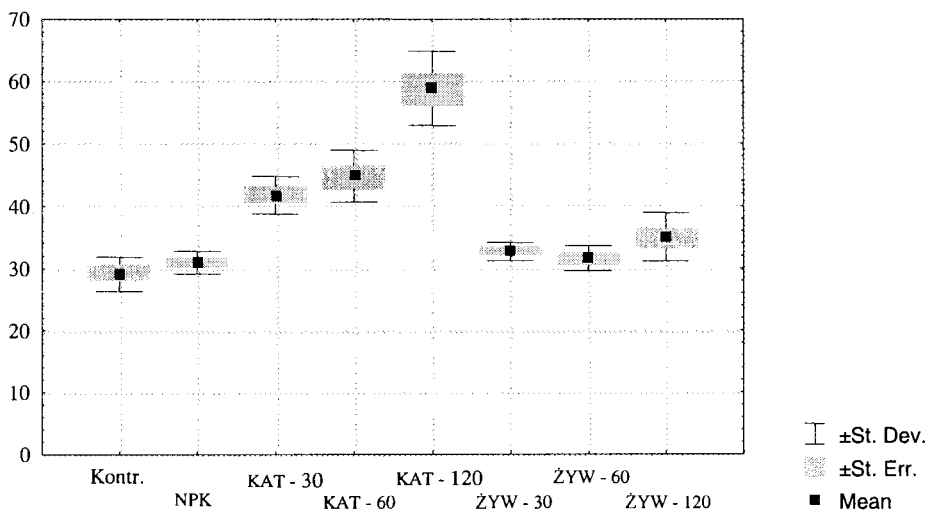
Nawożenie Fertilization	Stopień zanieczyszczenia* Degree of pollution*						
	Pb	Zn	Cd	Cu	Cr	Ni	
0 (kontrola; control)	I	0	I	0	0	I	
NPK	I	0	I	0	0	I	
Kompost nr 1 Compost no. 1 (Katowice)	30 t·ha ⁻¹ 60 t·ha ⁻¹ 120 t·ha ⁻¹	I I I	0 0 I	I I II	0 0 I	0 0 0	I I I
Kompost nr 2 Compost no. 2 (Żywiec)	30 t·ha ⁻¹ 60 t·ha ⁻¹ 120 t·ha ⁻¹	I I I	0 0 0	I I II	0 0 0	0 0 0	I I I

- * 0 – naturalna zawartość metali ciężkich; natural content
 I – podwyższona zawartość metali ciężkich; slightly elevated content
 II – słabe zanieczyszczenie; slight pollution

Zastosowanie kompostu katowickiego nawet w najniższej dawce 30 t·ha⁻¹ spowodowało istotny statystycznie wzrost zawartości Zn, Pb i Cu w glebie. Wraz ze wzrostem dawki tego kompostu zawartość wymienionych metali w glebie istotnie wzrastała. Wprowadzenie kompostu katowickiego w dawce najwyższej, wynoszącej 120 t·ha⁻¹, było też przyczyną istotnego wzrostu w glebie zawartości pozos-

tałych badanych metali, tzn. Cr, Cd i Ni. Wzrost ten, choć istotny statystycznie, był jednak na tyle niewielki, że praktycznie nie spowodował większych zmian stopnia zanieczyszczenia gleby metalami (tab. 3). Maksymalne zawartości metali w glebie, stwierdzone po zastosowaniu kompostu katowickiego w dawce 120 t·ha⁻¹, odpowiadały 0 (Cr) oraz I (Pb, Zn, Cu, Ni) stopniowi zanieczyszczenia i jedynie dla Cd stwierdzono wyższą zawartość tego pierwiastka w glebie, wynoszącą 1,3 mg·kg⁻¹ i odpowiadającą II stopniowi zanieczyszczenia. Bezwzględny wzrost zawartości tego pierwiastka w glebie był jednak niewielki: od 1,0 do 1,3 mg·kg⁻¹, tj. o 30%, a zmiana stopnia zanieczyszczenia wynikała stąd, że w glebie przed doświadczeniem kadm obecny był w ilości odpowiadającej górnej granicy I stopnia zanieczyszczenia.

Zn w s.m. gleby; Zn in DM soil (mg·kg⁻¹)



- Kontr. – bez nawożenia; without fertilization
 NPK – nawożenie mineralne; mineral fertilization
 KAT – 30, 60, 120 – kompost katowicki, dawka t·ha⁻¹; 30, 60, 120 – compost from Katowice, rate (t·ha⁻¹),
 ŻYW – 30, 60, 120 – kompost żywiecki, dawka t·ha⁻¹; 30, 60, 120 – compost from Żywiec, rate (t·ha⁻¹)
 St. Dev. – odchylenie standardowe; standard deviation
 St. Err. – średni błąd standardowy; standard error
 Mean – średnia arytmetyczna; arithmetic mean

Rys. 1. Ilustracja statystycznej interpretacji analizy zawartości całkowitej cynku w glebie w zależności od nawożenia i dawki kompostu

Fig. 1. Illustration of statistically interpreted analysis of zinc concentrations in soil, as related to fertilization and composting rate

Ilustrację statystyczną wzrostu zawartości całkowitych metali ciężkich w glebie, zależnie od wariantu doświadczenia, na przykładzie cynku, przedstawiono na rys. 1. Uwzględniono tu średnie z pięciu powtórzeń zawartości cynku, wielkości standardowego błęd doświadczenia oraz średniego odchylenia standardowego na poziomie istotności 0,95. Diagram ilustruje istotny wzrost zawartości Zn w glebie wraz ze wzrostem dawki kompostu katowickiego oraz brak istotnych różnic między obiektami kontrolnymi oraz obiektami nawożonymi kompostem żywieckim.

W przypadku kompostu żywieckiego nie stwierdzono istotnego wzrostu zawartości żadnego z metali ciężkich w glebie. Wprawdzie dla dawki 120 t·ha⁻¹ uzyskano wyższe od kontrolnych średnie zawartości wszystkich badanych pierwiastków w glebie, jednak różnice te nie były istotne statystycznie.

Wnioski

1. Stosowanie kompostów z odpadów miejskich może powodować istotny wzrost zawartości metali ciężkich w glebie, o ile sam kompost zawiera znaczne ilości tych metali, czego przykładem jest zastosowany w doświadczeniu kompost z Katowic. Zawartości metali w glebie rosną wraz ze wzrostem dawki kompostu.
2. Jednorazowe wprowadzenie kompostu bogatego w metale ciężkie do gleby lekkiej, nawet w dawce 120 t·ha⁻¹, tj. kilkakrotnie wyższej od stosowanych w praktyce, nie powoduje poważniejszego wzrostu stopnia zanieczyszczenia tej gleby i praktycznie nie ogranicza możliwości jej rolniczego użytkowania
3. Coroczne, bądź wielokrotne, stosowanie bardzo wysokich dawek kompostu bogatego w metale ciężkie może doprowadzić do kumulacji metali w wierzchniej warstwie gleby. W takiej sytuacji niezbędna będzie analiza nie tylko zawartości całkowitych metali, ale ich form o różnej rozpuszczalności i przyswajalności dla roślin.

Literatura

- ANONIM 1998. *Rocznik statystyczny. Ochrona środowiska*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- CHWASTOWSKA J., SKALMOWSKI K., WOLSKA K., SKWARA W. 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.
- JAMROZ E. 1999. *Zmiany elementów żyzności gleb w warunkach stosowania kompostów produkowanych z odpadów miejskich*. Akademia Rolnicza we Wrocławiu. Praca doktorska (maszynopis).
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M. 1987. *Pierwiastki śladowe jako kryterium rolniczej przydatności odpadów*. IUNG Puławy: 46 ss.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., WITEK T. 1993. *Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa*. IUNG, Puławy: 20 ss.
- PRZYBYŁA H. 1993. *Gmina wobec obowiązku ochrony środowiska przed odpadami komunalnymi*. Fundacja Ekologiczna Silesia, Katowice: 136 ss.
- SIUTA J. 1996. *Zasoby i przyrodnicze użytkowanie odpadów organicznych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 23-30.
- SKALMOWSKI K. (red.) 1998. *Poradnik gospodarowania odpadami*. Dashofer Verlag, Warszawa: 16 ss.

Słowa kluczowe: gleba, kompost, odpady miejskie, metale ciężkie

Streszczenie

Przedstawiono wyniki doświadczenia polowego, którego celem była ocena wpływu zastosowanych dawek kompostowanych odpadów miejskich na właściwości gleby wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego, a szczególnie na całkowite zawartości metali ciężkich w glebie. Zastosowano komposty z kompostowni miejskich w Katowicach oraz w Żywcu. Kompost katowicki zawierał znaczne ilości niektórych metali ciężkich: 1850 mg Zn·kg⁻¹, 980 mg Pb·kg⁻¹, 370 mg Cu·kg⁻¹, 12 mg Cd·kg⁻¹ oraz 100 mg Cr·kg⁻¹, w odniesieniu do suchej masy. Zawartości metali ciężkich w kompoście żywieckim były 3–6 razy niższe. Komposty zastosowano do nawożenia gleby w dawkach: 30, 60 i 120 t·ha⁻¹. Obiektami porównawczymi były objekty bez nawożenia oraz z zastosowaniem nawożenia mineralnego NPK. Przedstawiono wyniki uzyskane w pierwszym roku po zastosowaniu kompostu. Stwierdzono istotny statystycznie wzrost zawartości wszystkich analizowanych metali: Pb, Zn, Cd, Cu, Cr i Ni wraz ze wzrostem dawki kompostu katowickiego oraz brak istotnego wpływu wielkości dawek kompostu żywieckiego na zawartość metali ciężkich w glebie. Podkreślono jednak, że nawet przy zastosowaniu wysokich dawek kompostu katowickiego stopień zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi, wyznaczony wg wytycznych Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, praktycznie nie zmienia się, i pod względem zawartości poszczególnych metali gleba spełnia kryteria przyjęte dla gleb lekkich niezanieczyszczonych (0 stopień zanieczyszczenia) lub gleb o podwyższonej zawartości metali ciężkich (I stopień), co nie wpływa ograniczająco na produkcję zbóż.

EFFECT OF COMPOSTED MUNICIPAL WASTES ON CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN SANDY SOIL IN THE FIRST YEAR AFTER COMPOST APPLICATION

Jerzy Weber, Anna Karczevska, Jerzy Drozd, Michał Licznar
Institute of Soil Science and Agricultural Environment Protection,
Agricultural University, Wrocław

Key words: soil, compost, municipal wastes, heavy metals

Summary

A field experiment was carried out to examine the effects of composted municipal wastes applied to sandy soil, on soil properties, in particular on concentrations of heavy metals in soil. Two composts were used, produced in municipal composting plants in Katowice and Żywiec. Compost from Katowice contained high concentrations of heavy metals: 1850 mg Zn·kg⁻¹, 980 mg Pb·kg⁻¹, 370 mg Cu·kg⁻¹, 12 mg Cd·kg⁻¹ and 100 mg Cr·kg⁻¹, whereas their concentrations in compost from Żywiec were by 3–6 fold lower. Composting ratios were: 30, 60 and 120 t per ha. Fields without fertilization and fertilized with mineral NPK were used as control objects. Results presented in the paper were obtained after first year of experiment. Concentrations of all examined heavy metals (Pb, Zn,

Cd, Cu, Cr, Ni) increased significantly with increasing composting rates in case of compost from Katowice, while the compost from Żywiec did not cause any significant changes in concentrations of heavy metals in soils. It was stressed that the application of compost from Katowice did not cause any vital changes in a degree of soil pollution with heavy metals, as determined according to The Institute of Soil Science and Plant Cultivation (IUNG) guidelines, and even with a high rate of amendment (120 t per ha) the soil concentrations of metals fulfilled the criteria for unpolluted soils (0 degree of pollution) or soils with enhanced concentrations of heavy metals (I degree of pollution), without any limitations for crop production.

Dr hab. Jerzy **Weber**, prof. AR
Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego
Akademia Rolnicza
ul. Grunwaldzka 53
50-357 WROCŁAW
e-mail: weber@ozi.ar.wroc.pl