

Anna Hadam*, Grażyna Obidoska**

FITOTOKSYCZNOŚĆ I GENOTOKSYCZNOŚĆ METALI CIĘŻKICH ZAWARTYCH W KOMPOSTACH Z ODPADÓW MIEJSKICH

PHYTOTOXICITY AND GENOTOXICITY OF HEAVY METALS IN COMPOSTS PRODUCED FROM URBAN WASTES

Słowa kluczowe: kompost, odpady komunalne, metale ciężkie, fitotoksyczność, genotoksyczność, testy roślinne.

Key word: compost, waste, heavy metals, phytotoxicity, genotoxicity, plant bioassays.

Composting is an ecological method of waste utilization, which helps to reduce their weight and also is a source of a good fertilizer. However using compost in agriculture poses a risk for the environment and human's health. Waste can be contaminated with heavy metals, especially: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn. High concentration of these elements can be toxic for plants and their consumers. The presence of heavy metals can meaningfully decrease the quality of compost. It is also one of the most important criteria that determinate the possibility of using this material for food production.

The aim of this study was to assess phytotoxicity and genotoxicity of composts produced in Warsaw from non-selected garbage (mixed compost) and green waste (green compost) using plant bioassays. The samples showed high presence of heavy metals and phytotoxicity. Mixed compost was genotoxic as well. It was also taken that higher plants are good indicators of heavy metals in composts and tests with these organism are recommended to monitoring composts quality.

* Mgr inż. Anna Hadam – Katedra Ochrony Środowiska, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa; tel.: 608 072 333; e-mail: annah15@wp.pl

** Dr inż. Grażyna Obidoska – Katedra Ochrony Środowiska, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa; tel.: 22 593 20 70; e-mail: grazyna_obidoska@sggw.pl

1. WPROWADZENIE

Coraz większa produkcja odpadów, kurcząca się powierzchnia do ich składowania i negatywne oddziaływanie wysypisk na stan przyrody stanowią wciąż aktualne problemy gospodarki komunalnej. Z tych oto powodów nieustannie poszukuje się nowych sposobów unieszkodliwiania odpadów. Jednym z takich sposobów jest kompostowanie. Jest ono proste w realizacji, wykorzystuje procesy naturalnie występujące w przyrodzie i daje produkt, który można stosować do celów nawozowych.

Odpady kierowane do kompostowania mogą jednak zawierać substancje, które są toksyczne i genotoksyczne. Obok trwałych związków organicznych, należy do nich wiele metali ciężkich, a zwłaszcza: arsen (As), kadm (Cd), chrom (Cr), miedź (Cu), rtęć (Hg), nikiel (Ni), ołów (Pb) i cynk (Zn). Prawie wszystkie surowce odpadowe kierowane do kompostowania mogą być zanieczyszczone tymi pierwiastkami, a proces kompostowania nie powoduje redukcji ich ilości [Favoino i Pollak 2004]. Wprowadzenie kompostu do gleb może stanowić więc zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzi.

W świetle tych faktów pojawiła się konieczność monitorowania jakości kompostów z odpadów. Do tej pory nie istnieją jednak żadne standardy metodyk oceny ich toksyczności.

W prezentowanych badaniach podjęto próbę oceny toksyczności i genotoksyczności takich materiałów za pomocą testów roślinnych. Badania posłużyły również do oceny przydatności różnych fitotestów w odniesieniu do oceny jakości kompostów z odpadów.

2. METODYKA BADAŃ

Do badań pobrano próbki dwóch kompostów produkowanych w kompostowni „Radiowo”, należącej do Miejskiego Przedsiębiorstwa Oczyszczania w m.st. Warszawa. Pierwszy z nich wytworzono z odpadów zielonych (ZR), drugi – z odpadów mieszanych (MR).

Metodą adsorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) oznaczono w kompostach całkowitą zawartość: Pb, Cd, Cr, Ni i Zn. Badania wykonane zostały przez Centrum Analityczne SGGW.

Do oceny fitotoksyczności kompostów wykorzystano test Wschodów i Wzrostu Siewek według procedury OECD 208 [2006]. Test polegał na ocenie wschodów oraz wzrostu korzeni i pędów roślin po 14-dniowej inkubacji w kompostach. W doświadczeniu wykorzystano nasiona trzech gatunków:

- słonecznika (*Helianthus annuus*),
- wyki (*Vicia sativa*)

oraz

- łubinu (*Lupinus luteus*).

W celu oceny genotoksyczności kompostów wykonano test RTA (Root Tip Assay) według procedury podanej przez Fiskesjö [1985]. W badaniu wykorzystano stożki korzeni cebuli (*Allium cepa*), a analizie poddano dwa parametry:

- indeks mitotyczny (IM)

oraz

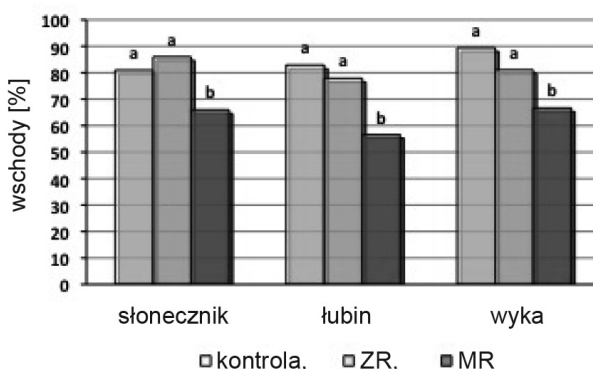
- aberracje chromosomowe w anafazie i telofazie (AAT).

Analizę parametrów w obydwu testach wykonano w trzech powtórzeniach dla każdego rodzaju kompostu oraz gleby referencyjnej, która stanowi standardowy substytut ogrodniczy.

Wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji. Grupy jednorodnie wyodrębniano testem Duncana na poziomie istotności $p = 0,05$.

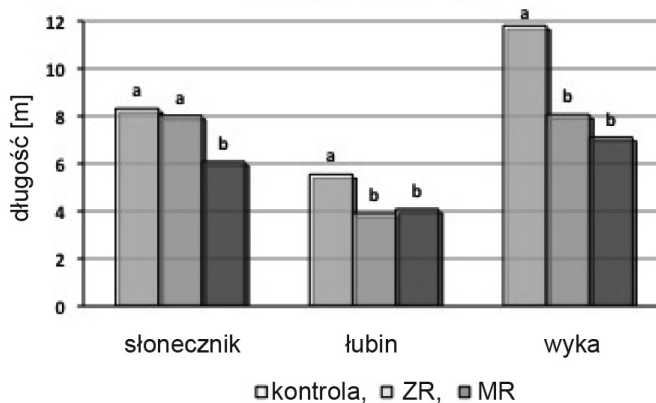
3. WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Test Wschodów i Wzrostu Siewek pozwolił stwierdzić, że badane komposty charakteryzowały się różną fitotoksycznością. Jednoznacznie wyższą wykazał kompost z odpadów mieszanych (MR), wpływając na opóźnienie wschodów i wzrostu wszystkich roślin testowych (rys. 1, 2, 3). Uważa się, że szczególnie komposty z odpadów niesegregowanych stanowią źródło substancji toksycznych dla roślin – dioksyn, PCB oraz metali ciężkich [Siuta i Wasiak 2000; Favoino 2004; Rosik-Dulewska 2007]. Przeprowadzone analizy wykazały, że zawartość pierwiastków śladowych w kompoście MR była istotnie większa niż w kompoście zielonym (ZR, tab. 1) i nadmierna w stosunku do norm [Rozporządzenie Ministra Środowiska 2002; Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi 2004]. Można więc przypuszczać, że to ona spowodowała zahamowanie kiełkowania i wzrostu roślin testowych [Wadhia i Clive Thompson 2007]. Przyczyną fitotoksyczności kompostu MR mogło być także silne zasolenie [Singla i Garg 2005], które znacznie przekroczyło rekomendowaną dla kompostów wartość maksymalną – 2,5 dS/m [Jędrzejczak i Haziak 2005].



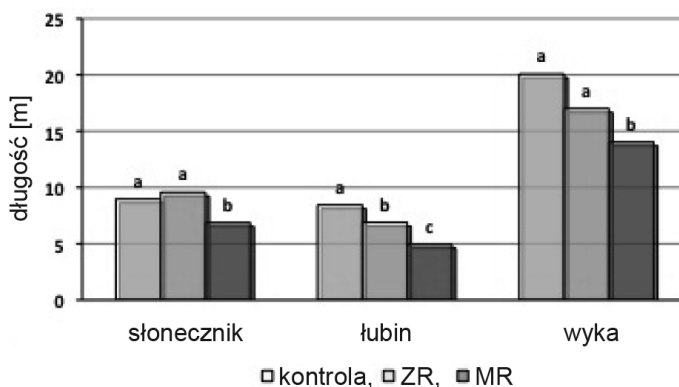
Rys. 1. Wpływ kompostu mieszanego (MR) i zielonego (ZR) z Radiowa na wschody słonecznika, łubinu i wyki

Fig. 1. Influence of mixed waste compost (MR) and green waste compost (ZR) from "Radiowo" on index germination of sunflower, lupin and vetch and vetch



Rys. 2. Wpływ kompostu mieszanego (MR) i zielonego (ZR) z Radiowa na długość korzeni słonecznika, łąbinu i wyki

Fig. 2. Influence of mixed waste compost (MR) and green waste compost (ZR) from "Radiowo" on root length of sunflower, lupin and vetch



Rys. 3. Wpływ kompostu mieszanego (MR) i zielonego (ZR) z Radiowa na długość pędów słonecznika, łąbinu i wyki

Fig. 3. Influence of mixed waste compost (MR) and green waste compost (ZR) from "Radiowo" on shoot length of sunflower, lupin and vetch

Kiełkowanie i wzrost siewek w kompoście ZR było w większości testów porównywalne z kontrolą, jednak pędy łąbinu oraz korzenie łąbinu i wyki zareagowały osłabioną elongacją w tym podłożu. Komposty zielone są zazwyczaj uważane za wartościowe nawozy [Siuta i Wasiak 2000], mimo to za przyczynę fitotoksyczności badanego ZR można przyjąć zwiększoną zawartość ołowiu [Rozporządzenie Ministra Środowiska 2002; Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi 2004], jak również podwyższone zasolenie (tab. 1) [Baran 2000].

Tabela 1. Zawartość metali ciężkich i zasolenie kompostu mieszanego (MR) i zielonego (ZR) z „Radiowa”**Table 1.** Content of heavy metals and salinity of mixed waste compost (MR) and green waste compost (ZR) from “Radiowo”

Oznaczany parametr	Kompost	
	MR	ZR
metale ciężkie [mg/ kg s.m.]:		
Pb	131,00	112,00
Cd	3,80	0,67
Cr	114,00	11,70
Cu	141,00	32,70
Ni	38,10	10,80
Zn	592,00	287,00
Zasolenie [dS/m]	8,87	5,88

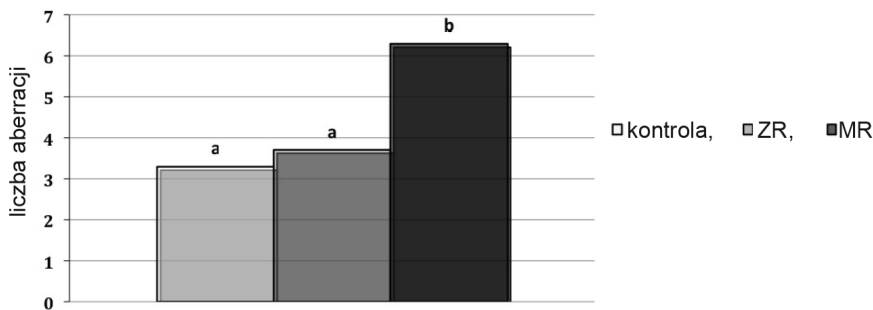
Niezależnie od gatunku testowego wschody były parametrem najmniej wrażliwym w stosunku do substancji zawartych w kompostach (rys. 1). Głównym objawem toksyczności kompostów było zmniejszenie wzrostu siewek testowych (rys. 3), a zwłaszcza ich korzeni (rys. 2). Jest to pierwszy organ roślinny narażony na działanie czynników toksycznych w podłożu, więc jako pierwszy reaguje na ich działanie [Hossain i in. 2004; Radić i in. 2004].

Metale ciężkie hamują wzrost korzeni [Dovgliuk i in. 2001], co jest ściśle związane ze spadkiem aktywności mitotycznej komórek [Fusconi i in. 2006]. Mechanizm genotoksycznego działania metali ciężkich polega na zaburzeniu rozdziału chromosomów, obserwowanym w warunkach *in vitro* w postaci aberracji i mikrojąder [Knasmüller i in. 1998; Kovalchuk i in. 1998].

Nadmierna zawartość kilku metali ciężkich w MR pozwoliła przypuszczać, że może on wykazywać działanie genotoksyczne, co potwierdzono w teście z cebulą. W porównaniu z kontrolą i kompostem zielonym (ZR) w MR nastąpił istotny spadek podziałów mitotycznych (rys. 4) oraz wzrost aberracji anafazowych (AAT) (rys. 5.).

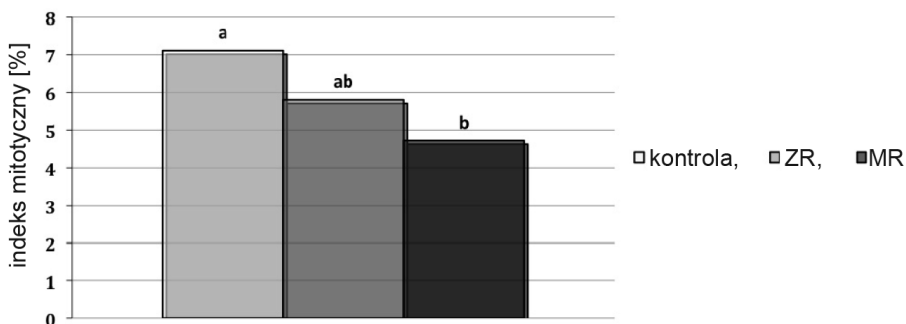
Mniej zanieczyszczony metalami kompost ZR nie powodował istotnych efektów genotoksycznego działania – indeks mitotyczny w tym podłożu był tylko nieznacznie niższy niż w kontroli, a liczba zaburzeń w rozdziale chromosomów była z kontrolą porównywalna. Podobne wyniki uzyskano w ocenie genotoksyczności kompostów w testach z wykorzystaniem cebuli [De Simone 2005; Obidoska i in. 2008].

Za czynnik genotoksyczny w kompoście MR można uznać także zasolenie [Radić i in. 2005]. Wpływ NaCl na chromosomy nie jest do tej pory wyjaśniony, jednak przypuszcza się, że indukując stres oksydacyjny może pośrednio wywoływać działanie genotoksyczne [Xiong i Jian-Kang 2002; Hossain i in. 2004]. W wyniku powstawania reaktywnych form tlenu ma miejsce działanie szkodliwe dla struktur komórkowych i DNA, w postaci: delecji, mutacji i innych efektów genotoksycznych [Kultz i Chakravarty 2001].



Rys. 4. Wpływ kompostu mieszanego (MR) z Radiowa i zielonego (ZR) z Radiowa na indeks mitotyczny w komórkach korzeni cebuli

Fig. 4. Influence of mixed waste compost (MR) and green waste compost (ZR) from "Radiowo" on mitotic index in root cells of onion



Rys. 5. Wpływ kompostu mieszanego (MR) z Radiowa i zielonego (ZR) z Radiowa na liczbę aberracji w korzeniach cebuli

Fig. 5. Influence of mixed waste compost (MR) and green waste compost (ZR) from "Radiowo" on quantity of aberrations in root cells of onion

4. WNIOSKI

1. Obydwa badane komposty z Radiowa (zielony – ZR i mieszany – MR) charakteryzowała zwiększona zawartość ołowiu, jednak niedopuszczalna zawartość kilku pierwiastków śladowych w kompoście mieszanym, a mianowicie: Pb, Cr, Zn, Ni i Cd, definitywnie dyskwalifikuje ten kompost jako nawóz i podłoże dla roślin.
2. Jednoznacznie stwierdzono fito- i genotoksyczność kompostu mieszanego z Radiowa, użytkowanie kompostu zielonego z Radiowa natomiast nie wydaje się stwarzać istotnego zagrożenia dla roślin.

3. Testy Wschodów i Wzrostu Siewek oraz Allium RTA wykazały przydatność w ocenie toksyczności i genotoksyczności kompostów związanych prawdopodobnie z obecnością metali ciężkich.

PIŚMIENICTWO

- BARAN S. 2000. Ocena stanu degradacji i rekultywacji gleb. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, Lublin.
- BOROWSKI J., LACHOTA P. 2006. Dobór drzew i krzewów do warunków przyulicznych Warszawy i miast centralnej Polski, Rocznik Dendrologiczny, vol. 54–2006: 83–93.
- CORNELISSEN G., RIGTERINK H., TEN HULSCHER D.E.M., VRIND B.A., VAN NOORT P.C.M. 2003. A simple Tenax extraction method to determine the availability of sediment-sorbed organic compounds, Elsevier. Environmental Toxicology and Chemistry 20:706–711.
- CZERNIAWSKA-KUSZA I. i in. 2005. Zastosowanie testu Phytotoxkit w ocenie osadów dennych”, [w]: Materiały konferencyjne: „Nowe metody w ekotoksykologii. II Ogólnopolska Konferencja Naukowa”, Warszawa 15–16 września 2005. Zakład Badania Środowiska, Akademia Medyczna w Warszawie: 24.
- CZERWIŃSKI Z. 1990. Reakcja roślinności drzewiastej na zawartość zdysocjowanych jonów w roztworach glebowych zieleńców Warszawy.
- DE SIMONE C., ANGELUCCI R., ERICHETTI M.F., MARCONI S., ROSSI M., SELVI S. 2005. A statistical approach to evaluate compost genotoxicity” (Springer Verlag, Biology and Fertility Soils, January 2005 41 (1): 9–14.
- DOVGLIUK A.I., KALINIAK T.B., BLIUM I.B. 2001. Cytogenetic effects of toxic metal salts on apical meristem cells of *Allium cepa* L. seeds roots. (Science Direct, Mutation Research/ Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, March–April 2001; 35 (2): 3–10.
- FAVOINO E., POLLAK M. 2004. Heavy metals and organic compounds in wastes used as organic fertilizer. Perchtoldsdorf: 77–90.
- FISKESJÖ G. 1985. The *Allium* test as a standard in environmental monitoring. Hereditas 102 (1): 99–112.
- FUSCONI A. et al. 2006. Effects of cadmium on meristem activity and nucleus ploidy in roots of *Pisum sativum* L. cv. Frisson seedlings Elsevier, Environmental and Experimental Botany, December 2006, 58 (1–3): 253–260.
- GONDEK K. 2006. Zawartość różnych form metali ciężkich w osadach ściekowych i kompostach, Czasopismo Acta Agrophysica 8 (4). Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN w Lublinie: 825–838.
- HOSSAIN Z., MANDAL A., SHKULA R., DATTA S. 2004. NaCl stress- its chromotoxic effects and antioxidant behavior in roots of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. Elsevier, Plant Science 166: 215–220.

- HOHN B., KOVALCHUK L. 1998. The *Allium cepa* chromosome aberration test reliably measures genotoxicity of soils of inhabited areas in the Ukraine contaminated by the Chernobyl accident. Elsevier, Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis Volume 415, Issues 1–2, 8 July 1998: 47–57.
- JAGIEŁŁO A., BOŻYM M., WACŁAWEK W. 2003. Zawartość metali ciężkich w glebach i roślinach dziko rosnących usytuowanych przy trasach komunikacyjnych Opola. Ekologia i Technika. R. 11, nr 2: 20–24.
- JĘDRZEJCZAK A., HAZIAK K. 2005. Określenie wymagań dla kompostowania i innych metod biologicznego przetwarzania odpadów. Materiały konferencyjne: Zielona Góra, maj, 2005: 58–61.
- KNASMÜLLER S., GOTTMANN E., STEINKELLNER H., FOMIN A. GENETIC. 1998. Detection of genotoxic effects of heavy metal contaminated soils with plant bioassays. Science Direct, Mutation Research/ Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. vol. 420, Issues 1–3, 3 December 1998: 37–48.
- KOVALCHUK I., TITOV V., HOHN B., KOVLCHUK O. 2005. Transcriptome profiling reveals similarities and differences in plant responses to cadmium and lead, Elsevier, Mutation Research 570 (2005):149–161.
- KULTZ D. I CHAKRAVARTY D. 2001. Hyperosmolarity in the form of elevated NaCl but not urea causes DNA damage in murine kidney cells. Proceedings of National Academy of Science, February 2001, 98 (4): 1999–2004.
- MAZUR K., FILIPEK-MAZUR B. 2001. Wartość nawozowa kompostów i wermikokompostów z odpadów roślinnych oraz osadów ścieków przemysłowych i komunalnych. W: Materiały Konferencyjne: „Kompostowanie odpadów – dobry interes czy uciążliwa konieczność?”. Towarzystwo na rzecz Ziemi, Fundacja Wspierania Inicjatyw Ekologicznych, Kraków, 19–21 września 2001r.: 1–4.
- OBIDOSKA G., HADAM A., KARACZUN Z. 2008. Przydatność testów roślinnych do badania genotoksyczności kompostów z odpadów miejskich. W: Praca zbiorowa pod redakcją Barbary Kołwzon i Kazimierza Grabsa: „Ekotoksykologia w ochronie środowiska“, Wyd. Polskie – Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych nr 884.
- OECD GUIDELINES FOR THE TESTING OF CHEMICALS 208. 2006. Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test, Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.
- OLESZCZUK P. 2008. Phytotoxicity of municipal sewage sludge composts related to physico-chemical properties, PAHs and heavy metals. Science Direct: „Ecotoxicology and Environmental Safety”; vol. 69, Issue 3, March 2008: 496–505.
- RADIĆ S., PROLIĆ M., PAWLICA M., PEVALEK-KOZLINA B. 2005. Cytogenetic effects on osmotic stress on the root meristem cells *Centaurea ragusina* L. Elsevier, Environmental and experimental Botany 54: 213–215.

- ROSIK-DULEWSKA CZ. 2001. Zawartość składników nawozowych oraz metali ciężkich i ich frakcji w kompostach z odpadów komunalnych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych: 467–477.
- ROSIK-DULEWSKA CZ., KARWACZYŃSKA U., GŁOWALA K. 2007. Przyrodnicze wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych i kompostów z odpadów komunalnych – wartość nawozowa a zagrożenia dla środowiska. Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska: 23, 137–153.
- Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby i standardów jakości ziemi (Dz.U. Nr 165, poz.1359).**
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 19 października 2004 r. w sprawie wykonywania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz.U. Nr 236, poz. 2369).**
- SIUTA J., WASIAK G. 2000. Kompostowanie odpadów i użytkowanie kompostu. Warszawa: 50–56.
- XIONG L., KANG-ZHU J. 2002. Salt tolerance. Bioone Online Journals, The Arabidopsis book: 1–22.