

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA W ROLNICTWIE KOMPOSTU ZE ŚMIECI MIEJSKICH „DANO”

J. Łabętowicz, B. Rutkowska, G. Ożarowski, W. Szulc

Zakład Chemii Rolniczej, Katedra Nauk o Środowisku Glebowym, SGGW
ul. Rakowiecka 26/30, 02-528 Warszawa
e-mail: rol_kcr@delta.sggw.waw.pl

Streszczenie. W doświadczeniu polowym założonym na glebie lekkiej badano wpływ stosowania kompostu ze śmieci miejskich „Dano” na plonowanie i pobieranie metali ciężkich (Zn, Cu, Pb i Cd) przez trzy gatunki roślin uprawnych (buraki pastewne, jęczmień jary, życię wielokwiatową) oraz na zawartość ogólnych i rozpuszczalnych w HCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ form metali ciężkich w glebie. Stosowanie wzrastających dawek kompostu „Dano” powodowało systematyczny wzrost plonów roślin oraz wzrost zawartości metali ciężkich w suchej masie roślin. Jednak nawet zastosowanie najwyższej dawki kompostu ($60 \text{ t ś.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$) nie spowodowało przekroczenia, z punktu widzenia przydatności paszowej, dopuszczalnej zawartości metali ciężkich w roślinach z wyjątkiem zawartości Zn i Cu w liściach buraków pastewnych. Jednorazowe, w rotacji trzyletniej, zastosowanie kompostu „Dano” wpływało na wzrost zawartości rozpuszczalnych w HCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ form metali ciężkich w glebie, nie powodując jednak przekroczenia dopuszczalnych norm zawartości tych pierwiastków w glebie.

Słowa kluczowe: kompost „Dano”, metale ciężkie, w roślinie i glebie.

WSTĘP

W ostatnim okresie czynione są próby wykorzystywania w rolnictwie organicznych materiałów odpadowych pochodzących z gospodarki komunalnej. Jednym z takich materiałów jest kompost ze śmieci miejskich produkowany według technologii „Dano”. Jest on substancją organiczną o dużej plonotwórczej i próchnicotwórczej wartości [11]. Wiele zastrzeżeń budzi jednak wysoka

zawartość metali ciężkich w tym kompoście, co jest przeszkodą w stosowaniu tego nawozu na użytkach rolnych [10]. W ostatnich latach w Polsce zostały podjęte i są realizowane decyzje dotyczące budowy nowych kompostowni odpadów miejskich, co znacznie zwiększy produkcję kompostu [4,7]. Wydaje się więc celowe rozważanie różnych aspektów związanych z jego wykorzystywaniem.

Celem przedstawionych badań było określenie działania nawozowego kompostu ze śmieci miejskich „Dano” oraz zagrożeń związanych ze stosowaniem tego kompostu do celów nawozowych w rolnictwie.

MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono w oparciu o trzyletnie (1995-1997) polowe doświadczenie nawozowe usytuowane na polu doświadczalnym SGGW w Skierniewicach, na glebie płowej. Warstwa orna gleby przed założeniem doświadczenia charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym oraz naturalną zawartością metali ciężkich (Zn, Cu, Pb, Cd). Doświadczenie założono w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach. W doświadczeniu zastosowano zróżnicowany poziom nawożenia kompostem „Dano” (0, 20, 40, 60 t ś.m.·ha⁻¹) w warunkach bez nawożenia mineralnego i łącznie z nawożeniem mineralnym NPK. Zastosowano następujące dawki nawozów mineralnych: N -100 kg·ha⁻¹, P - 26,4 kg·ha⁻¹ i K - 99,6 kg·ha⁻¹. Do badań przez trzy lata stosowano kompost „Dano”, w którym zawartość metali ciężkich (Tab. 1) była zgodna z normą BN-89/9103-09.

Tabela 1. Skład chemiczny kompostu „Dano” stosowanego w doświadczeniu polowym
Table 1. Chemical composition of compost “Dano”

| Zawartość C i składników pokarmowych [% s.m.] | | | | | | |
|--|------|------|------|------|-----|------|
| C | N | C/N | P | K | Ca | Mg |
| 14,7 | 1,01 | 13,9 | 0,24 | 0,38 | 4,0 | 0,37 |
| Zawartość metali ciężkich w mg·kg ⁻¹ s.m. | | | | | | |
| Zn | Cu | | Pb | | Cd | |
| 1604 | 385 | | 438 | | 9,3 | |

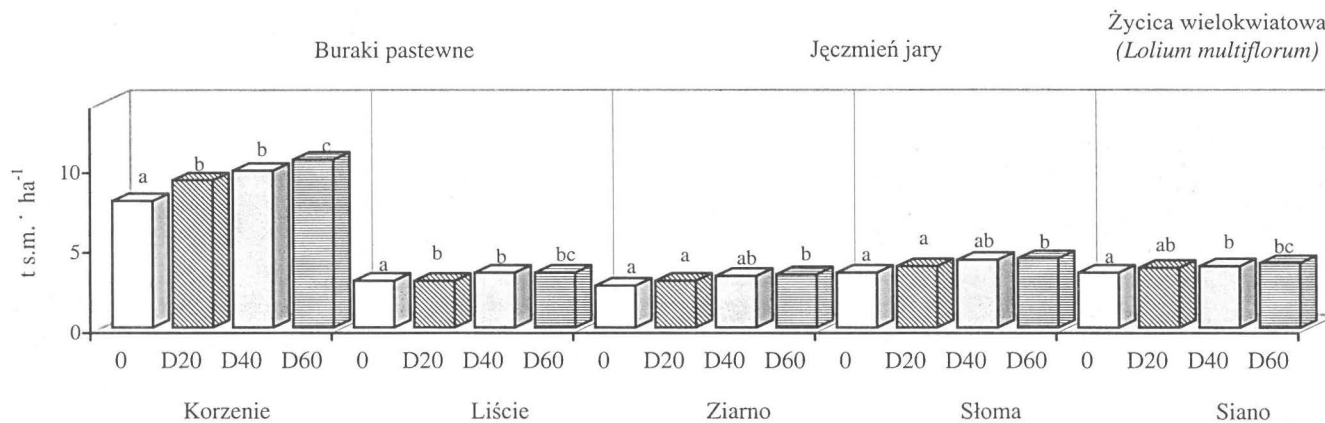
Roślinami testowymi były buraki pastewne, jęczmień jary i żylica wielokwiatowa. W materiale roślinnym zawartość Zn i Cu oznaczono metodą ASA, a Pb i Cd metodą ICP, po mineralizacji w mieszaninie kwasów HNO₃ i HClO₄ (4:1). Próbki glebowe do analiz pobrano po trzech latach od zastosowania kompostu. Oznaczono

w nich całkowitą zawartość metali ciężkich (Zn, Cu, Pb, Cd) po rozтворzeniu gleby w wodzie królewskiej oraz zawartość metali ciężkich rozpuszczalnych w HCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Pomiar zawartości Zn i Cu przeprowadzono metodą ASA, a Pb i Cd metodą ICP. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej metodą wieloczynnikowej analizy wariancji. W celu oceny zagrożeń związanych ze stosowaniem kompostu w dłuższym okresie czasu przeprowadzono symulację określając po ilu latach zostanie przekroczony pierwszy stopień zanieczyszczenia gleby wg Kabaty-Pendias i in. [5] przy stosowaniu kompostu z częstotliwością raz na trzy lata.

WYNIKI I DYSKUSJA

Kompost ze śmieci miejskich „Dano” zastosowany w doświadczeniu spowodował istotny wzrost plonów roślin testowych. Plony suchej masy roślin wzrastały proporcjonalnie do zastosowanej dawki kompostu (Rys. 1). Podobny wpływ stosowania kompostu z odpadów komunalnych na plony roślin warzywnych zaobserwował Kropisz [8] oraz dla użytków zielonych Jankowski [3]. Oddziaływanie kompostu „Dano” na plony roślin jest przez zdecydowaną większość badaczy uznawane za korzystne. Problem zastosowania kompostu „Dano” do celów nawozowych nie leży więc w obszarze oceny jego skuteczności jako nawozu, ale dotyczy wątpliwości czy ze względu na zawartość w nim metali ciężkich można go bezpiecznie stosować w rolnictwie.

Zawartość metali ciężkich (Zn, Cu, Pb i Cd) – jednego z najważniejszych parametrów wpływających na przydatność kompostów z odpadów komunalnych do celów nawozowych, spełniała w przypadku zastosowanego w doświadczeniu kompostu, wymogi norm obowiązujących w Unii Europejskiej dotyczące dopuszczalnej ilości tych pierwiastków w materiałach przeznaczonych do stosowania w rolnictwie [1]. Jednak jego stosowanie przez okres trzech lat istotnie zwiększyło zawartość metali ciężkich w roślinach w porównaniu do obiektów nie nawożonych kompostem (Rys. 2). Zawartość metali w roślinach wzrastała wraz ze wzrostem dawek kompostu, osiągając wartości najwyższe na obiektach nawożonych największą dawką kompostu (Rys. 2). Podobną zależność uzyskiwano w wielu badaniach [3,6]. Porównując zawartość metali ciężkich w uprawianych roślinach z liczbami granicznymi zaproponowanymi przez Kabatę - Pendias i in. [5] limitującymi paszowe wykorzystanie roślin, stwierdzono, że w zdecydowanej większości (nawet na obiektach nawożonych największą dawką kompostu) wartości graniczne zawartości metali w roślinach nie zostały przekroczone. Prawdopodobnie związane jest to z odkwaszającym wpływem kompostu na glebę [3]. Jedynie zawartość Zn i Cd w liściach buraka pastewnego przekraczała dopuszczalne normy zawartości tych

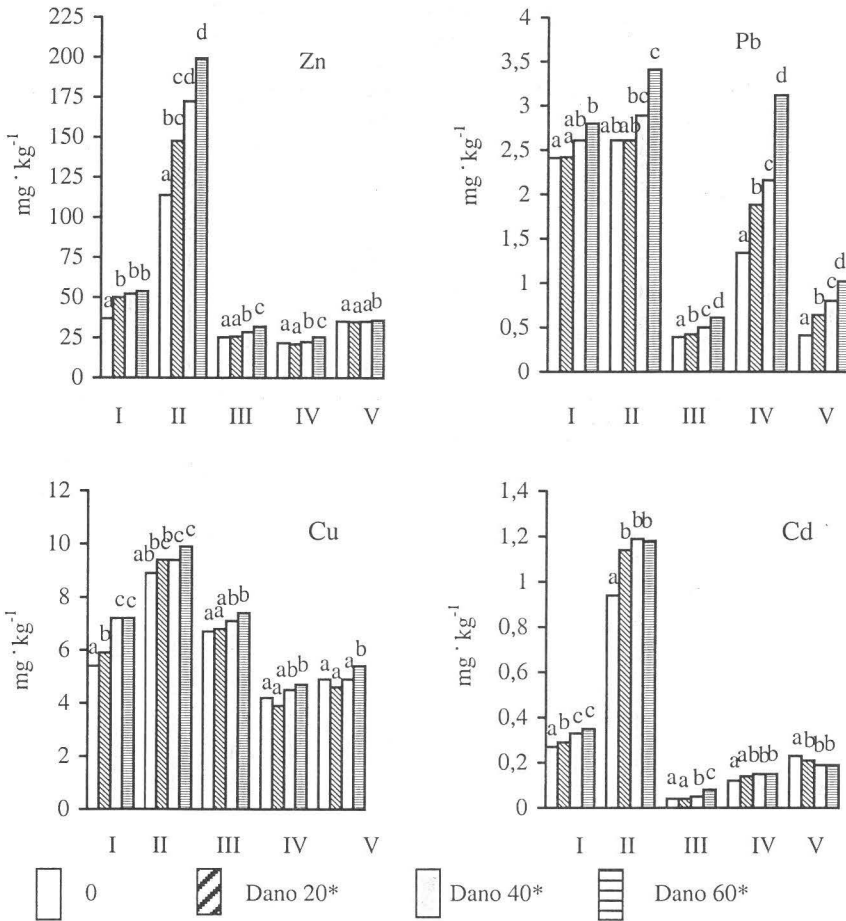


0, D20, D40, D60 – dawki kompostu w t s.m. · ha⁻¹

a, b, c – kombinacje oznaczone niejednakowymi literami różnią się istotnie przy p = 0,05

Rys. 1. Wpływ kompostu „Dano” na plon roślin.

Fig. 1. Effect of compost „Dano” on yield of plants.



I – buraki pastewne – korzenie, II – buraki pastewne – liście, III – jęczmień jary – ziarno, IV – jęczmień jary – słoma, V – trawa (*Lolium multiflorum*)

*dawki kompostu „Dano” w t ś.m.·ha⁻¹

a, b, c, d – kombinacje oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy p = 0,05

Rys. 2. Wpływ nawożenia kompostem „Dano” na zawartość Zn, Cu, Pb i Cd w roślinach.

Fig. 2. The effect of compost „Dano” fertilization on Zn, Cu, Pb and Cd content in plants.

pierwiastków w roślinach przeznaczanych na cele paszowe. Przekroczenie tych norm miało miejsce na wszystkich kombinacjach nawozowych, łącznie z kombinacją kontrolną. W wielu badaniach uzyskano podobne wyniki, stosując niekiedy znacznie wyższe dawki kompostu [6].

Zawartość zarówno ogólnej jak i rozpuszczalnej w HCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ formy metali ciężkich w warstwie ornej gleby wzrastała wraz ze wzrostem dawki kompostu „Dano”. Podobne wyniki uzyskiwano zarówno w doświadczeniach wazonowych [10] jak i polowych [2]. Należy jednak podkreślić, że stosowanie nawet najwyższej dawki kompostu nie powodowało przekroczenia pierwszego stopnia zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi.

Z punktu widzenia przyswajalności metali ciężkich przez rośliny istotny jest udział rozpuszczalnych w HCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ form metali w stosunku do ich całkowitej zawartości w glebie. Spośród badanych metali ciężkich najwyższą rozpuszczalnością charakteryzował się ołów (60% w stosunku do zawartości ogólnej), najniższą natomiast miedź (39% w stosunku do ogólnej zawartości tego pierwiastka w warstwie ornej gleby). Szereg rozpuszczalności metali ciężkich można przedstawić następująco: $\text{Pb} > \text{Cd} > \text{Zn} > \text{Cu}$ (Tab. 2). Podobne wartości rozpuszczalności metali ciężkich w glebie uzyskiwano w doświadczeniach z torfem [12] oraz „Rekulterem” [9]. Uzyskane wyniki wskazują, że jednorazowe zastosowanie kompostu „Dano” w dawkach rolniczych nie powoduje niekorzystnych zmian w środowisku glebowym.

Tabela 2. Stosunek zawartości metali ciężkich rozpuszczalnych w HCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Mr) do ich całkowitej zawartości w glebie (Mc) po 3 latach nawożenia kompostem „Dano”

Table 2. Relationship between content of heavy metals soluble in $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ HCl (Mr) in soil and total heavy metals content in soil (Mc) after 3 years application of compost „Dano”

| Nawożenie | Mr/Mc [%] | | | |
|-----------|-----------|------|------|------|
| | Zn | Cu | Pb | Cd |
| 0 | 51,7 | 34,0 | 61,3 | 58,8 |
| Dano 20 | 50,2 | 36,7 | 58,2 | 54,3 |
| Dano 40 | 55,8 | 37,2 | 59,7 | 57,1 |
| Dano 60 | 62,4 | 47,2 | 61,7 | 56,5 |
| Średnio | 55,0 | 38,8 | 60,2 | 56,7 |

Na podstawie ścisłej zależności pomiędzy dawką kompostu a zawartością ogólnych form metali ciężkich w glebie dokonano prognozy dotyczącej skutków długotrwałego stosowania kompostu „Dano” na użytkach rolnych (Tab. 3). Dokonane obliczenia pozwalają wnioskować, że w warunkach wieloletniego stosowania kompostu bezpieczny poziom zawartości metali ciężkich najszybciej zostanie prze-

kroczone w odniesieniu do miedzi (29 lat przy stosowaniu $60 \text{ t } \dot{\text{s.m.}} \cdot \text{ha}^{-1}$ kompostu co 3 lata). Szereg czasowy, po którym nastąpi przekroczenie bezpiecznego poziomu metali ciężkich w glebie przedstawia się następująco: $\text{Cu} < \text{Cd} < \text{Zn} < \text{Pb}$ (Tab. 3).

Tabela 3. Okresy czasu w latach, po których osiągnięte zostaną graniczne zawartości metali ciężkich w glebie nawożonej kompostem „Dano” co 3 lata odpowiadające I stopniowi jej zanieczyszczenia

Table 3. Period (in years) when heavy metals content in soil will obtain the first degree of soil pollution as a results of compost „Dano” application single in three – year crop rotation

| Nawożenie | Metale ciężkie | | | |
|-----------|----------------|----|-----|-----|
| | Zn | Cu | Pb | Cd |
| Dano 20 | 145 | 70 | 235 | 124 |
| Dano 40 | 83 | 40 | 113 | 54 |
| Dano 60 | 54 | 29 | 76 | 36 |

WNIOSKI

1. Kompost ze śmieci miejskich „Dano” wykazuje wysoką wartość nawozową dla roślin polowych powodując istotny wzrost plonów buraków pastewnych, jęczmienia jarego i życicy wielokwiatowej.
2. Kompost „Dano” pomimo, że zawiera znaczne ilości metali ciężkich, spełnia formalne kryteria dopuszczające go do stosowania w rolnictwie. Jego stosowanie nie powoduje przekroczenia granicznych zawartości metali ciężkich w roślinach przeznaczanych na cele paszowe.
3. Kompost „Dano” mimo, że zawiera znaczne ilości metali ciężkich stosowany jednorazowo w trzyletniej rotacji w dawkach rolniczych ($20, 40, 60 \text{ t } \dot{\text{s.m.}} \cdot \text{ha}^{-1}$) na glebie lekkiej zwiększa zawartość ogólnych i rozpuszczalnych w HCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ form metali ciężkich w warstwie ornej gleby. Nie powoduje jednak przekroczenia dopuszczalnych norm zawartości tych metali w glebie.
4. Teoretyczna symulacja wykazuje, że w warunkach wieloletniego stosowania kompostu „Dano” w dawkach rolniczych bezpieczny poziom zawartości metali ciężkich w glebie najszybciej zostanie przekroczony w przypadku miedzi. Szereg czasowy, po którym nastąpi przekroczenie bezpiecznej zawartości metali ciężkich w warstwie ornej gleby kształtuje się następująco: $\text{Cu} < \text{Cd} < \text{Zn} < \text{Pb}$.

PIŚMIENNICTWO

1. **Baran S., Turski R.:** Wybrane zagadnienia z utylizacji i unieszkodliwiania odpadów. Wyd. AR Lublin, 1995.
2. **Drozd J., Jamroz E., Licznar S., Weber J.:** Wpływ stosowania kompostów z odpadów miejskich na kształtowanie poziomu metali ciężkich w glebie i ich pobranie przez rośliny. *Ekoinżynieria*, 247 – 256, 1999.
3. **Jankowski K.:** Możliwość wykorzystania kompostu Dano z odpadów miejskich do nawożenia użytków zielonych. *WSRP Siedlce, Rozpr.*, 1997.
4. **Jurasz F.:** Kompleksowa gospodarka odpadami w gminie. Wydaw. Instytut Gospodarki Odpadami w Katowicach, Oddział w Warszawie, 83 – 137, 1998.
5. **Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Witek T.:** Ocena jakości i możliwości rolniczego użytkowania gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. Wyd. IUNG Puławy, 1993.
6. **Karam N.S., Ereifej K.I., Shibi R.A., Abu Kudais H., Alkofahi A., Malkawi Y.:** Metal concentrations, growth and yield of potato produced from in vitro plantlets or microtubers and grown in municipal solid waste amended substrates. *J. Plant Nutr.*, 21, 4, 725 – 739, 1998.
7. **Krogulec N.:** Kompostowanie odpadów. *Gospodarka odpadami. Ekoinżynieria*, 167 – 170, 1998.
8. **Kropisz A.:** Wpływ nawożenia kompostami z odpadków komunalnych na plon i zawartość mikroelementów w roślinach warzywnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 242, 457 – 464, 1983.
9. **Kwiatkowska J.:** Wpływ nawozu otrzymanego z węgla brunatnego – Rekultera na właściwości fizykochemiczne gleby oraz zawartość Zn, Pb i Cd w roślinach. *Praca doktorska SGGW*, 1 – 127, 1999.
10. **Lekan Cz., Kacperek K.:** Ocena wartości nawozowej kompostu z odpadków miejskich („Dano”) w doświadczeniu wazonowym. *Pam. Puł.*, 188 – 189, 1990.
11. **Mazur T., Mineew M.V., Debreczeni B.:** Nawożenie w rolnictwie biologicznym. Wydaw. ART. Olsztyn, 26 – 35, 1993.
12. **Mercik S., Kubik I.:** Chelatowanie metali ciężkich przez kwasy humusowe oraz wpływ torfu na pobieranie Zn, Pb i Cd przez rośliny. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 422, 19 – 29, 1995.

POSSIBILITY UTILIZATION OF THE CITY REFUSE COMPOST "DANO" IN AGRICULTURE

J. Łabętowicz, B. Rutkowska, G. Ożarowski, W. Szulc

Department of Agricultural Chemistry, Warsaw Agricultural University
ul. Rakowiecka 26/30, 02 – 528 Warsaw
e-mail: rol_kcr@delta.sggw.waw.pl

Summary. In field experiment (conducted on sandy soil) the effect of the city refuse compost "Dano" on yield and uptake of heavy metals (Zn, Cu, Pb, Cd) by three plants species and content of total and soluble in $1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ HCl forms of heavy metals was investigated. Fodder beets, spring barley and italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) were the test plants.

The investigations showed that the yield of tested plants was determined by application of compost. Systematic increase of crop yields was observed along with increasing compost "Dano" doses. Increasing compost rates caused an enhancement of heavy metals in plants. After application of the highest dose of compost (60 t fresh matter per ha) the content of heavy metals in plants was lower than the permissible critical level for the fodder. However it was ascertained that this critical level was exceeded in the case of the zinc and copper content in the leaves of fodder beets.

Applied single in three – year crop rotation compost increased the content of total and soluble in $1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ HCl forms of studied metals. In this conditions the admissible standards of heavy metals content in soil didn't exceed.

Key words: city refuse compost "Dano", content of heavy metals in soil and plant.