

WIERA SADEJ, MIROSLAW WYSZKOWSKI

Neutralizacja skażeń gleby i utylizacja odpadów

1. Neutralizacja gleb zanieczyszczonych kadmem i związkami ropochodnymi

Działalność przemysłowa i bytowa człowieka wiąże się z wprowadzaniem do środowiska różnych zanieczyszczeń. Do najgroźniejszych z nich należą metale ciężkie. Do najbardziej toksycznych metali dla ludzi i zwierząt zalicza się: kadm, a spośród związków organicznych substancje ropochodne. Kadm kumuluje się w glebie i w tkankach organizmów żywych zakłócając w nich podstawowe czynności. Szkodliwość kadmu wynika przede wszystkim z wyjątkowo dużej toksyczności dla organizmów żywych oraz ruchliwości w środowisku. Kadm jest nie tylko stosunkowo łatwo pobierany przez korzenie roślin, lecz także w porównaniu z innymi metalami ciężkimi, szybko przemieszczany do ich części nadziemnych i łatwo przyswajany przez organizmy zwierzęce i człowieka. Może on także modyfikować pobieranie innych pierwiastków przez rośliny [1].

Z tego też względu przeprowadzono badania, których celem było określenie wpływu zanieczyszczenia gleby kadmem (10, 20, 30 i 40 mg Cd · kg⁻¹) na zawartość niektórych pierwiastków w częściach nadziemnych i korzeniach roślin (owsa, kukurydzy, łubinu żółtego, rzodkiewki i facelii) w warunkach stosowania dodatku do gleby kompostu, węgla brunatnego, wapna i bentonitu, jako substancji neutralizujących. Kompost i węgiel brunatny dodawano w ilości 4%, bentonit - 2% w stosunku do masy gleby, a wapno w ilości odpowiadającej 1 kwasowości hydrolitycznej [1-5].

Zanieczyszczenie gleby kadmem nie było obojętne dla pobrania makro- i mikroelementów przez rośliny, w tym wykazywało duże zróżnicowanie zarówno od gatunku i organu roślin, jak i aplikacji substancji w celu neutralizacji ujemnego wpływu tego metalu. W przeprowadzonych badaniach zanieczyszczenie gleby kadmem spowodowało wzrost zawartości niklu w słomie owsa, korzeniach kukurydzy oraz w częściach nadziemnych i korzeniach łubinu żółtego. Odmienne działanie kadmu na zawartość niklu wykazano w częściach nadziemnych kukurydzy i facelii oraz częściach

nadziemnych i korzeniach rzodkiewki [1]. Pod wpływem wzrastających dawek kadmu wystąpił wzrost zawartości miedzi w częściach nadziemnych i korzeniach łubinu żółtego oraz w słomie i korzeniach owsa, w odróżnieniu od ziarna tej rośliny, części nadziemnych oraz korzeni kukurydzy i facelii [3]. Niskie i średnie dawki kadmu na ogół sprzyjały nagromadzeniu ołowiu w badanych częściach roślin. Najwyższa dawka kadmu w porównaniu do dawek niższych spowodowała zmniejszenie zawartości Pb w ziarnie i słomie owsa oraz w korzeniach facelii. Zanieczyszczenie gleby kadmem zdecydowanie obniżało zawartość ołowiu w częściach nadziemnych kukurydzy i korzeniach rzodkiewki [5]. Zwiększenie zawartości magnezu pod wpływem zanieczyszczenia gleby kadmem odnotowano we wszystkich badanych organach owsa, w częściach nadziemnych łubinu żółtego i rzodkiewki oraz w korzeniach kukurydzy, a zmniejszenie w przypadku części nadziemnych kukurydzy oraz korzeni łubinu żółtego i rzodkiewki [2]. W serii bez aplikacji substancji neutralizujących do gleby dawki kadmu w wysokości 10 mg (części nadziemne kukurydzy i korzenie rzodkiewki), 20 mg (korzenie owsa i kukurydzy, części nadziemne łubinu żółtego) lub 30 mg $\text{Cd} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby (słoma owsa) powodowały zwiększenie zawartości sodu. Dalsze zwiększanie dawek kadmu wywoływało obniżenie zawartości sodu w roślinach. W przypadku facelii odnotowano zmniejszenie zawartości sodu we wszystkich obiektach zanieczyszczonych kadmem [4].

Zaaplikowanie do gleby kompostu, węgla brunatnego, wapna i bentonitu na ogół ograniczało pobieranie niklu przez rośliny. Ich wpływ był znacznie większy w częściach nadziemnych niż w korzeniach roślin [1]. Aplikacja wymienionych dodatków spowodowała, w porównaniu do serii kontrolnej, zwiększenie zawartości miedzi w częściach nadziemnych i korzeniach rzodkiewki oraz w korzeniach łubinu żółtego i kukurydzy (z wyjątkiem węgla brunatnego). W przypadku pozostałych organów testowanych roślin stwierdzono zależność odwrotną [3]. Największe, pozytywne zmiany prowadzące do zmniejszenia zawartości ołowiu odnotowano w korzeniach owsa oraz częściach nadziemnych i korzeniach rzodkiewki. W przypadku pozostałych roślin był to wpływ mniejszy, zarówno o charakterze dodatnim, jak i ujemnym w zależności od ich gatunku i organu oraz od rodzaju aplikowanej substancji neutralizującej [5]. Zakres oddziaływania testowanych substancji neutralizujących na zawartość sodu był zróżnicowany. Największe zmiany w zawartości sodu wywołał bentonit, sprzyjający jego nagromadzeniu w kukurydzy, łubinie

żółtym i rzodkiewce [4]. Aplikacja do gleby kompostu, wapna, bentonitu i węgla brunatnego spowodowała zwiększenie zawartości magnezu w większości organów uprawianych roślin [2]. Obliczone współczynniki korelacji wskazują na częściowe uzależnienie między zawartością badanych pierwiastków w poszczególnych organach testowanych roślin a zawartością w nich innych makro- i mikroelementów [1-5].

Do szczególnie groźnych zanieczyszczeń glebowych należy zanieczyszczenie produktami ropopochodnymi, które bardzo często występuje w glebach miejskich, wokół zakładów przemysłowych oraz w rejonach wydobywania ropy naftowej i gazu. Największe zagrożenie stanowią różnorodne, przeważnie małe, jednak powszechnie występujące źródła tychże produktów. Dlatego też przeprowadzono badania, których celem było określenie oddziaływania zanieczyszczenia gleby benzyną i olejem napędowym (2,5; 5 i 10 cm³ · kg⁻¹ s.m. gleby) na właściwości gleby. Do neutralizacji prawdopodobnie ujemnego wpływu tych substancji zastosowano kompost (3% w stosunku do masy gleby), bentonit (2%) i tlenek wapnia (1 Hh) [15-20].

Oddziaływanie stosunkowo niewielkich zanieczyszczeń substancjami ropopochodnymi na właściwości gleb wykazywało uzależnienie od gatunku rośliny [15-20]. Zanieczyszczenie gleby olejem napędowym spowodowało wzrost zakwaszenia gleby wyrażający się obniżeniem wartości pH, sumy wymiennych kationów zasadowych, całkowitej pojemności wymiennej i stopnia jej wysycenia kationami o charakterze zasadowym. Wpływ benzyny na właściwości fizykochemiczne gleby był zdecydowanie mniejszy niż oleju napędowego [16, 19]. Substancje ropopochodne wywołały zmniejszenie zawartości węgla organicznego w glebie po zbiorze roślin. Olej napędowy spowodował zwiększenie zawartości przyswajalnego potasu i magnezu w glebie. Wpływ benzyny na koncentrację makroelementów był zdecydowanie mniejszy niż oleju napędowego, przy czym w przypadku fosforu i potasu - ujemny, a dla magnezu - dodatni [18]. Olej napędowy wpływał silniej na zawartość azotanów(V) niż benzyna, przy czym istotne zwiększenie zawartości N-NO₃⁻ w glebie wykazano do dawki 2,5 cm³ (kukurydza) lub 5 cm³ · kg⁻¹ gleby (owies), podczas gdy benzyna działała w analogiczny sposób przy dawce 2,5 cm³ (owies) lub 10 cm³ · kg⁻¹ gleby (kukurydza). Wyższe dawki substancji ropopochodnych nie wywoływały istotnych zmian (benzyna)

lub działały ujemnie (olej napędowy) na zawartość azotanów(V) w glebie. Odwrotne zależności stwierdzono w przypadku N-NH₄⁺ [15, 17, 20].

Spośród zastosowanych substancji neutralizujących najsilniejszym i korzystnym działaniem na badane właściwości gleby wyróżniały się bentonit i wapno, zwłaszcza w odniesieniu do kwasowości hydrolitycznej. Wpływ kompostu był także na ogół pozytywny, ale znacznie mniejszy niż bentonitu i wapna [16, 19]. Najkorzystniej na zawartość makroelementów w glebie działał bentonit. Wpływ kompostu i tlenku wapnia był również na ogół pozytywny, jednakże znacznie mniejszy niż bentonitu. Zawartość badanych wskaźników wykazywała powiązanie z innymi właściwościami gleby, najczęściej w obiektach z benzyną i głównie w przypadku potasu, magnezu i fosforu [18]. Wszystkie zastosowane dodatki sprzyjały nagromadzeniu się N-NO₃⁻ w glebie w obiektach z benzyną, a bentonit i wapno w wazonach z olejem napędowym. Aplikacja substancji ropopochodnych oraz kompostu, bentonitu i wapna na ogół zwiększyła udział N-NO₃⁻ w N-mineralnym gleby. Zawartość mineralnych form azotu wykazywała uzależnienie od niektórych właściwości gleby [15, 17, 20].

Reasumując można stwierdzić, że aplikacja niektórych substancji organicznych i mineralnych modyfikuje właściwości gleby, ograniczając pobieranie pierwiastków i związków szkodliwych przez rośliny i może skutecznie ograniczać ich negatywny wpływ na kolejne ogniwa łańcucha troficznego.

2. Przyrodnicza utylizacja odpadów komunalnych

Wśród odpadów wytwarzanych przez różne sektory gospodarki narodowej szczególnie duże zainteresowanie budzą odpady komunalne. Ze względu na sukcesywny wzrost tych odpadów ich zagospodarowanie stanowi poważny, a jednocześnie trudny problem. Spośród różnych sposobów utylizacji odpadów komunalnych na szczególną uwagę zasługuje przetwarzanie ich na komposty.

Wartość kompostu określana jest na podstawie zawartości substancji organicznej i składników pokarmowych, przy dopuszczalnej zawartości w nich metali ciężkich i związków chemicznych zaliczanych do grupy trwałych zanieczyszczeń organicznych.

Zakres badań obejmował analizę właściwości kompostów wytworzonych z nie segregowanych odpadów komunalnych i zieleni

miejskiej, po różnym okresie składowania w pryzmach. Ponadto oceniono ich wpływ na właściwości gleby oraz plonowanie i skład chemiczny wybranych roślin wskaźnikowych.

W rezultacie przeprowadzonych badań wykazano, że proces kompostowania spowodował zwiększenie koncentracji ogólnej formy azotu, a zmniejszenie zawartości węgla organicznego, w wyniku czego nastąpiło zawężenia stosunku C:N. Zawartość metali ciężkich w kompostach była zmienna, warunkowana w znacznym stopniu fazą dojrzałości kompostu (tab.1)[12,13].

Tabela 1

Zawartość metali ciężkich w kompostach ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$)

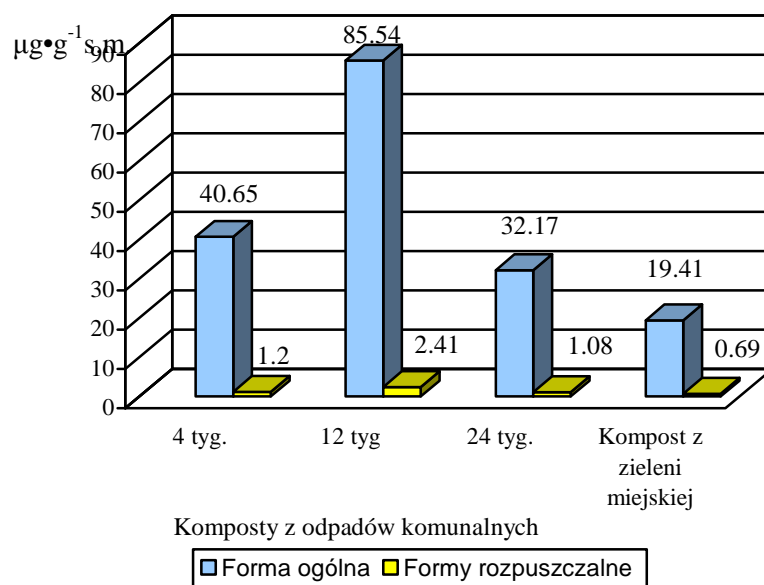
Pierwiastek	Kompost z odpadów komunalnych			Kompost z zieleni miejskiej
	4 tygodniowy	12 tygodniowy	24 tygodniowy	
Cynk	1041,20	1340,60	1031,35	649,55
Miedź	161,10	177,45	187,70	67,90
Ołów	121,80	145,20	191,90	281,65
Kadm	2,50	2,90	3,10	1,70
Chrom	94,70	105,75	142,70	36,70
Nikiel	29,80	42,85	34,60	15,70

Wskutek procesu kompostowania zwiększeniu uległa koncentracja miedzi, ołowiu, chromu i niklu, zaś zmniejszeniu koncentracja kadmu i cynku. Najwięcej mobilnych form odnotowano w zawartości miedzi, mniej w przypadku chromu, cynku i niklu, zaś najniższą rozpuszczalnością charakteryzował się ołów i kadm.

W kompostach z odpadów komunalnych stwierdzono obecność związków fenolowych. Najwyższe wartości ogólnej formy tych związków odnotowano po 12 tygodniowym okresie fermentacji kompostów. Dalsze kompostowanie skutkowało ponad dwukrotnym zmniejszeniem zawartości analizowanych związków. W kompoście z zieleni miejskiej znajdowało się o blisko 40% mniej związków fenolowych w porównaniu z kompostami wyprodukowanymi z nie segregowanych odpadów komunalnych [9].

Udział rozpuszczalnej frakcji fenoli w zawartości fenoli ogółem był najwyższy w obu rodzajach kompostów po ich 24 tygodniowym dojrzewaniu w przyzmac (rys.1).

Wykazano pozytywne oddziaływanie kompostów na plonowanie roślin testowych. Najwyższy przyrost plonów roślin uzyskano w wyniku użyźniania gleb kompostem po 12 – tygodniowym okresie dojrzewania w przyzmac. Zwiększenie dawki kompostów skutkowało wzrostem zawartości makroskładników w roślinach. W większości przypadków najkorzystniejsze efekty uzyskiwano po zastosowaniu kompostu 12 tygodniowego. Rośliny uprawiane bezpośrednio po zastosowaniu kompostu zawierały więcej metali ciężkich w porównaniu z uprawianymi w latach kolejnych. Wykazano, że komposty młodsze przyczyniły się do większej kumulacji metali ciężkich w porównaniu z kompostami starszymi, aczkolwiek nie zanotowano przekroczenia dopuszczalnych zawartości tych pierwiastków w roślinach [8,11].



Rys. 1. Zawartość związków fenolowych w kompostach

Nawożenie kompostami z odpadów miejskich wpłynęło na zmiany zawartości węgla organicznego i azotu ogółem w glebie, w rezultacie czego zwiększyła się wartość stosunku C:N. Nastąpiło także istotne

zwiększenie zawartości mineralnych form azotu w glebie, przy czym na wzrost amonowej formy azotu w największym stopniu wpłynął kompost 12 - tygodniowy, a formy saletrzanej kompost 24 – tygodniowy [6,7].

Użyte w doświadczeniu komposty spowodowały też zmiany we właściwościach sorpcyjnych gleby [10]. Stwierdzono obniżenie kwasowości hydrolitycznej, wzrost sumy zasad wymiennych oraz zwiększenie stopnia wysycenia gleb kationami zasadowymi. Pod względem korzystnego działania na kwasowość gleby badane komposty można uszeregować następująco: z odpadów komunalnych 12 tygodniowy > z zieleni miejskiej > z odpadów komunalnych 24 tygodniowy > z odpadów komunalnych 4 tygodniowy. W obsadzie kompleksu sorpcyjnego dominowały kationy Ca^{+2} , kilkakrotnie niższe zawartości stwierdzono w odniesieniu do magnezu, potasu i sodu, przy czym udział wymiennego potasu i sodu w obsadzie kompleksu sorpcyjnego kształtował się we wszystkich obiektach na zbliżonym poziomie.

Uzyskane wyniki badań wykazały, że komposty z nie segregowanych odpadów komunalnych mogą spełniać istotną rolę w użyźnianiu gleb, zwłaszcza ubogich w składniki pokarmowe. Nie dają one podstaw do obaw związanych z zanieczyszczeniem środowiska przyrodniczego metalami ciężkimi i trwałymi związkami organicznymi [14]. Jednak, aby uniknąć ryzyka związanego z wprowadzeniem do środowiska niepożądanych substancji konieczna jest dokładna analiza ich właściwości. Aktualnie panujący trend związany z kompostowaniem wyselekcjonowanej frakcji organicznej odpadów przyczyni się do polepszenia jakości surowca finalnego, co jednocześnie pozwoli na wyeliminowanie ewentualnego skażenia środowiska.

Soil Contamination Neutralization and Waste Utilization

Abstract

The objective of the present study was to determine the effect of cadmium contamination of soil on the content of some elements in the aboveground parts and roots of plants, following the application of compost, lignite, lime and bentonite as neutralizing substances. The effect of soil contamination with petrol and diesel oil on soil properties was also determined. The potentially negative impact of oil derivatives was neutralized using compost, bentonite and calcium oxide (1Hh). It was found that some organic and mineral substances applied to the soil can modify its properties and prevent the uptake of contaminant elements and

compounds by plants, thus reducing their detrimental influence on crops and other links of the food chain.

Investigations into the strategies of municipal solid waste management were carried out with the use of composts produced in accordance with the MUT–DANO biotechnology, heap-stored for different periods of time. The effect of the above composts on soil properties as well as on the yield and chemical composition of selected indicator plants was evaluated. It was demonstrated that composts obtained from heterogeneous municipal wastes and urban green material may play a significant role in soil enrichment. The obtained results do not support concerns about the environmental threat posed by heavy metals and noxious organic compounds.

Literatura

1. CIEĆKO Z., KALEMBASA S., WYSZKOWSKI M., ROLKA E. 2005. *Contamination of soil with cadmium and the nickel content in plants*. Ecol. Chem. Eng., 12(3): 217-223.
2. CIEĆKO Z., KALEMBASA S., WYSZKOWSKI M., ROLKA E. 2005. *The magnesium content in plants on soil contaminated with cadmium*. Pol. J. Environm. St., 14(3): 365-370.
3. CIEĆKO Z., KALEMBASA S., WYSZKOWSKI M., ROLKA E. 2005. *Zmiany zawartości miedzi w roślinach w zależności od zanieczyszczenia gleby kadmem*. J. Elementol., 10(2): 239-248.
4. CIEĆKO Z., WYSZKOWSKI M., ROLKA E. 2006. *Effect of cadmium soil contamination and addition of neutralizing substances on the sodium content in plants*. Chem. Eng. Ecol., 13(9): 883-890.
5. CIEĆKO Z., WYSZKOWSKI M., ROLKA E. 2006. *Fluctuations in the content of lead in plants as affected by soil contamination with cadmium*. Pol. J. Environm. St., 15(2a): 23-29.
6. SADEJ W., NAMIOTKO A. 2005. *Evaluation of influence of municipal solid wastes composts on carbon and nitrogen in the soil*. [In:] ZAUJEC A., BIELEK P., GONET S., DEBSKA B., CIESLEWICZ J. (eds.), *Humic Substances in Ecosystems*, 6: p. 146-149.
7. SADEJ W., NAMIOTKO A. 2005. *Zmiany zawartości form azotu w glebie użyźnionej kompostami z odpadów komunalnych o różnym stopniu dojrzałości*. Journ. of Element., 10, 3/II: 787-794.
8. SADEJ W., NAMIOTKO A. 2006. *Posledstwije kompostow iz komunalnych odchodov na urožaj i chimičeskij sostav jaczmenia jarogo (HORDEUM VULGARE) i facelii pižmolistnoj (FACELIA TANACETIFOLIA)*. Materiały międzynarodowej naukowo-praktyczeskiej konferencji „Prijomny powyszenija płodorodija poczv i efektywnosti udobrenij”, Gorki, Bielarus 15-17 nojabria 2005: 218-224.
9. SADEJ W., NAMIOTKO A. 2007. *Concentrations of Phenolic Compounds in Municipal Waste Composts*. Ecol. Chem. Eng., 14, 3-4: 389-395.
10. SADEJ W., NAMIOTKO A. 2007. *Zmiany właściwości fizykochemicznych gleby użyźnianej kompostami z odpadów komunalnych o różnym stopniu dojrzałości*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 520: 371-378.

11. SĄDEJ W., CIEĆKO Z., NAMIOTKO A., 2006. *Ocena wlijanija komposta iz kommunalnych otchodow na urożaj i kaczestwiennyje priznaki kukuruzy i podsolniecznika*. Ross. Ekolog. Akad., Ekol. Wiestnik Rossii, 1: 16-21.
12. SĄDEJ W., NAMIOTKO A., BOWSZYS T. 2003. *Agrochemiczna ocena kompostów z odpadów komunalnych w różnych fazach ich dojrzałości*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 493/3: 847-852.
13. SĄDEJ W., NAMIOTKO A., BOWSZYS T. 2004. *Przemieszczanie się metali ciężkich do roślin w warunkach użyźniania gleb kompostami z odpadów komunalnych*. [W:] DROZD J. (red.), *Komposty z odpadów komunalnych, produkcja, wykorzystanie i wpływ na środowisko*. PTSH Wrocław, p. 255-271.
14. SĄDEJ W., NAMIOTKO A., BOWSZYS T. 2004. *The lead, chromium, cadmium and nickel concentration in soil fertilized by municipal solid waste composts*. Chem. Inż. Środ., 11, 8: 787-794.
15. WYSZKOWSKI M., ZIÓLKOWSKA A. 2006. *Wpływ substancji ropopochodnych na zawartość N-NH₄ i N-NO₃ w glebie*. Inż. Ekol., 17: 166-167.
16. WYSZKOWSKI M., ZIÓLKOWSKA A. 2006. *Wpływ zanieczyszczenia benzyną i olejem napędowym na kwasowość i właściwości sorpcyjne gleby*. Zesz. Nauk. Płd.-Wsch. Oddz. PTIE i PTG Oddz. w Rzeszowie, 8: 253-254.
17. WYSZKOWSKI M., ZIÓLKOWSKA A. 2006. *Zawartość azotu mineralnego w glebie zanieczyszczonej substancjami ropopochodnymi*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 513: 563-573.
18. WYSZKOWSKI M., ZIÓLKOWSKA A. 2007. *Content of organic carbon and mineral components in soil contaminated with petroleum-derived substances*. Proceedings of SECOTOX Conference and the International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (eds. KUNGOLOS A. et al.), 1: 77-82.
19. WYSZKOWSKI M., ZIÓLKOWSKA A. 2007. *Właściwości fizykochemiczne gleby zanieczyszczonej związkami ropopochodnymi po aplikacji substancji neutralizujących*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 520: 1-8.
20. WYSZKOWSKI M., ZIÓLKOWSKA A. 2007. *Zawartość azotu mineralnego w glebie zanieczyszczonej benzyną i olejem napędowym*. Ochr. Środ. Zasob. Natural., 31: 154-159.

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Katedra Chemii Środowiska
Plac Łódzki 4, 10-718 Olsztyn
tel. (0-89) 523-35-66