



Możliwości zagospodarowania odpadów organicznych, jako źródła masy organicznej w budowie podłoża trawnikowych

*Teodor Kitczak, Henryk Czyż, Anna Kiepas-Kokot
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin*

1. Wstęp

Produkty uboczne, bądź odpady, powstające przy różnych procesach produkcji, wymagają dodatkowego zagospodarowania. Wiele odpadów organicznych stanowi potencjalne źródło składników pokarmowych dla roślin zarówno uprawnych, jak i niektórych traw. Jednak niektóre z nich charakteryzują się zbyt dużą zawartością metali ciężkich. Jak twierdzi wielu autorów [2, 4, 7–9, 14] z dużym powodzeniem mogą być stosowane w produkcji roślinnej komposty wytwarzane z odpadów z pielęgnacji zieleni oraz osady ściekowe, które zawierają więcej składników pokarmowych, niż wspomniane komposty.

Rośliny użytków zielonych, a w tym trawników, w porównaniu do roślin uprawnych jednorocznych, charakteryzują się wysokim współczynnikiem pobierania składników pokarmowych (w tym również metali ciężkich) wprowadzonych z osadami do podłoża, gdyż zapewniają ciągłość pokrycia gleby [5, 10].

Trwałe utrzymywanie darni na terenach narażonych na zanieczyszczenie gleb (tereny miejskie i przemysłowe), może stanowić skuteczną barierę ochronną dla głębszych warstw gleby przed zanieczyszczeniem. Typowe zabiegi pielęgnacyjne, stosowane na trawnikach, pozwalają na wyprowadzanie biomasy poza teren zanieczyszczony, a poziom jej zanieczyszczenia nie jest zazwyczaj na tyle wysoki by uniemożliwił zagospodarowanie tych odpadów na drodze kompostowania [6, 11].

Celem niniejszej pracy była ocena wartości nawozowej osadu ściekowego i kompostu wytworzonego z odpadów z pielęgnacji zieleni

miejskiej, jako źródła substancji organicznej, wykorzystywanej do budowy podłoża trawnikowych, oraz określenie możliwości ekstrakcji metali ciężkich z gleby przez rośliny traw.

2. Materiały i metody

Badania prowadzono w latach 2004–2008 na gruncie rodzimym – piasku słabo gliniastym, pochodzenia antropogenicznego. Doświadczenie jednoczynnikowe założono w układzie losowanych bloków, w trzech replikacjach. Badanym czynnikiem był rodzaj zastosowanego odpadu organicznego:

- kontrola, grunt rodzimy,
- osad stosowany doglebowo jesienią,
- kompost stosowany doglebowo jesienią.

W doświadczeniu wykorzystano mieszankę trawnikową typu *Poa pratensis*, o składzie: *Poa pratensis* – 60%, odm. „Opal” + *Festuca rubra* – 20%, odm. „Areta” + *Lolium perenne* – 20%, odm. „Pimperal”.

Komunalny osad ściekowy i kompost z odpadów pielęgnacji zieleni stosowano doglebowo jesienią – 2003 r., w dawce 20 Mg ha⁻¹ (powietrznie suchej masy), mieszając je z 10 centymetrową warstwą gruntu rodzimego. Nasiona traw wysiewano w pierwszej dekadzie kwietnia 2004 roku, stosując normę wysiewu 2 kg na 100 m². W roku założenia doświadczenia nie stosowano nawożenia mineralnego. W kolejnych latach prowadzenia doświadczenia (2005–2008) na wszystkich poletkach stosowano nawozy mineralne, w dawkach: 60 kg N (30 kg wczesną wiosną oraz 30 kg w III dekadzie czerwca), 40 kg P₂O₅ i 60 kg K₂O – wczesną wiosną.

Badania szczegółowe obejmowały: ocenę plonu rocznego suchej masy, stanowiącego sumę plonów poszczególnych terminów koszenia trawników oraz określenie ładunków składników wprowadzonych do podłoża i pobieranych przez rośliny.

Grunt rodzimy, komunalny osad ściekowy i kompost z odpadów z pielęgnacji zieleni poddano analizom chemicznym, które obejmowały: skład elementarny (Corg, Nog, Sog., określane metodą bezpośrednią na analizatorze elementarnym), zawartość substancji organicznej (metodą żarzenia), odczyn (określono przez potencjometryczny pomiar pH, wykonany w zawiesinie wodnej i roztworze KCl, przy zachowaniu

stosunku 1:2,5 (m/V), po 24 godzinnej samoczynnej ekstrakcji), a pomiar przewodnictwa elektrycznego właściwego (przeprowadzono konduktometrycznie w zawiesinie wodnej sporządzonej, jak dla analizy pH). Wykonano także analizy zawartości wybranych metali ciężkich (Cu, Ni, Pb, Zn) w gruncie rodzimym, kompoście i osadzie oraz w zbieranych corocznie roślinach. Oznaczenia przeprowadzono na spektrofotometrze absorpcji atomowej, po uprzedniej mineralizacji próbek w stężonych kwasach mineralnych.

Na podstawie uzyskanych wyników koncentracji metali w materiale roślinnym i wielkości uzyskanego sumarycznego plonu w latach badań, obliczono ich wyнос z gleby, który przyjęto za miarę efektywności pobrania metali z podłoża.

Użyte w doświadczeniu odpady organiczne (osad ściekowy i kompost wyprodukowany z odpadów z pielęgnacji terenów zieleni miejskiej) różniły się między sobą pod względem zawartości składników. Osad ściekowy był pod tym względem znacznie bogatszy (tab. 1 i 2). Oba materiały zawierały porównywalną ilość składników w formie rozpuszczalnej, mierzonych miarą przewodnictwa elektrycznego właściwego ich zawiesin wodnych (tab. 1). Osad ściekowy pochodził z Oczyszczalni Ścieków w Reczu, gdzie do sieci kanalizacyjnej doprowadzane są ścieki z lokalnej galwanizerni, obciążonych metalami ciężkimi, głównie nikiem, cynkiem i chromem.

Tabela 1. Podstawowa charakterystyka materiałów użytych w doświadczeniu
Table 1. The basic characteristics of the materials used in the experience

Wyszczególnienie	C org.	N og.	S og.	C:N	S org.	pH w		Przew. el.właśc. ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
	(%)				(%)	H ₂ O	KCl	
Grunt rodzimy	3,00	0,10	-	30:1	4,27	7,92	7, 65	170,7
Osad	22,30	2,60	0,50	8,6:1	45,40	6,10	6,00	2317,7
Kompost	9,70	1,07	0,06	9,1:1	17,60	5,98	5,83	2448,0

3. Wyniki badań i dyskusja

Zastosowanie osadów ściekowych i kompostu w dawce 20 Mg · ha⁻¹ (powietrznie suchej masy), spowodowało wprowadzenie do podłoża wielu pierwiastków, będących składnikami pokarmowymi, a także zróżnicowany ładunek metali (tab. 2 i 3). Zastosowany w doświadczeniu kompost, charakteryzował się obciążeniem metalami na poziomie 1,5–2 krotności

zawartości metali w gruncie rodzimym. Ładunki tych metali wprowadzone z dawką kompostu były na poziomie $0,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, za wyjątkiem cynku, którego ładunek był pięciokrotnie wyższy. Były to jednak ilości nieznaczne, w porównaniu do ładunków metali wprowadzonych do podłoża z taką samą ilością osadów ściekowych ($3\text{--}46 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Tabela 2. Zawartość metali ciężkich w materiałach użytych w doświadczeniu oraz wielkość ładunków metali wprowadzonych do gleby z osadem ściekowym i kompostem, zastosowanych w dawce $20 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$

Table 2. The content of heavy metals in the materials used in the experiment and the amount of loads of metals entered into soil with the sewage sludge and compost, applied in a dose $20 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$

Metale	Zawartość ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)			Ładunek ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) wprowadzony do gleby	
	w glebie	w osadzie	w kompoście	osadem	kompostem
Cu	16,6	1995,5	25,7	40	0,51
Ni	10,9	844,0	24,5	17	0,49
Pb	15,5	143,8	24,3	3	0,49
Zn	81,7	2827,6	126,8	46	2,54

Skład chemiczny runi w zakresie koncentracji metali ciężkich był zróżnicowany w poszczególnych wariantach doświadczenia (tab. 4). Obiekty z osadem wyróżniały się znacznie większą koncentracją analizowanych metali ciężkich w roślinach. Koncentracje metali w roślinach nie były jednak proporcjonalne do wprowadzonych do podłoża ładunków. Za czynnik zakłócający pobieranie metali należy uznać przede wszystkim materię organiczną, której źródłem był zarówno osad ściekowy (45% s. org. w s.m. osadu), jak i kompost z odpadów z pielęgnacji zieleni (18% s. org. w s.m. kompostu). Materia organiczna ma duże znaczenie w ograniczaniu pobierania metali ciężkich przez rośliny, co jest związane z ich unieruchamianiem przez makromolekularne koloidy organiczne oraz ogólną poprawą właściwości fizyko-chemicznych gleb [12].

Nie bez znaczenia w ocenie nagromadzenia metali w badanej biomase traw jest efekt rozcieńczenia metali w wyniku znacznie wyższego plonu roślin osiągniętego z obiektów z zastosowanym komunalnym osadem ściekowym (tab. 4). Wielkości pobrania metali (zwanym też ich wynosem z podłoża) obliczono na podstawie koncentracji metali w tkankach roślin i wielkości plonów.

Tabela 3. Wybrane parametry właściwości fizyko-chemicznych podłoży
Table 3. Selected parameters of physico-chemical properties of substrates

Parametry	Warianty *	Parametry statystyczne				
		średnia	odchylenie	zmiennosc	min.	max.
pH	A	7,19			7,12	7,24
	B	6,57			6,51	6,64
	C	5,87			5,76	5,94
Substancja organiczna (%)	A	3,65	0,07	1,91	3,56	3,74
	B	5,97	0,22	3,72	5,67	6,23
	C	4,19	0,07	1,71	4,09	4,28
Cu (mg kg s.m.)	A	12,82	3,63	28,33	8,80	15,70
	B	17,86	1,54	8,63	15,60	19,80
	C	12,70	3,37	26,53	10,10	17,00
Ni (mg kg s.m.)	A	11,36	4,91	43,24	6,20	19,40
	B	25,86	15,24	58,94	9,40	43,40
	C	9,06	2,67	29,47	6,30	12,40
Pb (mg kg s.m.)	A	12,16	4,57	37,58	7,10	18,20
	B	11,62	7,61	65,48	0,10	18,70
	C	11,92	9,03	75,73	1,50	24,20
Zn (mg kg s.m.)	A	54,96	23,31	42,41	27,90	79,80
	B	82,98	31,49	37,95	33,00	113,00
	C	59,36	19,55	32,94	34,10	79,10

* A – grunt rodzimy; B – grunt rodzimy z osadem; C – grunt rodzimy z kompostem

Tabela 4. Zawartość metali ciężkich w roślinach (mg kg s.m.)
Table 4. The content of heavy metals in plants (mg kg s.m.)

Metale	Warianty *	Parametry statystyczne				
		średnia	odchylenie	zmiennosc	min.	max.
Cu	A	11,90	0,88	7,40	11,10	13,40
	B	15,88	3,25	20,46	10,30	18,80
	C	11,40	4,55	39,91	5,50	16,80
Ni	A	5,62	2,93	52,16	1,20	7,80
	B	16,24	7,45	45,86	7,90	25,40
	C	6,72	3,93	58,54	1,10	10,20
Pb	A	2,06	3,20	155,40	0,05	7,60
	B	7,66	9,00	117,51	0,94	18,20
	C	4,57	6,07	132,67	0,05	12,40
Zn	A	45,64	4,39	9,61	40,40	52,30
	B	57,26	25,45	44,44	30,40	90,40
	C	43,74	12,03	27,51	25,90	58,00

* A – grunt rodzimy; B – grunt rodzimy z osadem; C – grunt rodzimy z kompostem

Nagromadzenie metali w badanej roślinności nie osiągnęło progu, kwalifikującego rośliny do hiperakumulatorów, podawanego w literaturze na poziomie 0,1% s.m. [1]. Duże zróżnicowanie pobrania metali przez rośliny w poszczególnych latach doświadczenia (wyrażone współczynnikiem zmienności) wynikało m.in. ze zmiennych w latach warunków atmosferycznych. Największym zróżnicowaniem pobrania, wśród metali, charakteryzował się ołów (współczynnik zmienności 117–153%) (tab. 4).

Tabela 5. Plon suchej masy (Mg ha^{-1})

Table 5. Dry matter yield (Mg ha^{-1})

Obiekty	2004	2005	2006	2007	2008	Razem
Grunt rodzimy	4,14	9,12	10,46	11,60	7,80	43,12
Grunt rodzimy z osadem	11,68	18,86	18,16	17,48	13,92	80,10
Grunt rodzimy z kompostem	8,86	16,00	15,80	12,74	11,80	65,20

Analizując uzyskane plony w latach badań należy stwierdzić, że dodanie do podłoża, zarówno osadu ściekowego, jak i kompostu, korzystnie wpłynęło na produktywność mieszanki trawnikowej (tab. 5). We wszystkich latach plonowanie traw na gruncie rodzimym z dodatkiem kompostu i osadu ściekowego było wyższe, niż na samym gruncie rodzimym. Sumaryczny plon uzyskany w ciągu 5 lat doświadczenia na bazie osadów ściekowych, był blisko dwukrotnie wyższy od plonu uzyskanego na obiekcie kontrolnym. Uzyskane wyniki wskazują, że mimo silnego zanieczyszczenia osadu ściekowego metalami ciężkimi, jego wprowadzenie do gruntu rodzimego nie było czynnikiem ograniczającym plonowanie roślin. Brak oznak fitotoksycznego wpływu na rośliny, a tym samym na ich plonowanie, pozwala na pozytywną ocenę przydatności darniny trawnikowej do fitoremediacji gleb. Rośliny wykorzystywane w tej technice oczyszczania gleb powinny charakteryzować się m.in. dużą tolerancją na ksenobiotyki, szybkim wzrostem i dużą biomasą [13]. Wyjątkową tolerancję zbiorowisk trawiastych na obecność w glebie ksenobiotyków podkreślają także inni autorzy [3].

Duża zawartość substancji organicznej w osadzie i w kompoście (tab. 1) stanowiła stymulację produktywności roślinności trawnikowej, a więc przyczyniła się do większego pobierania i wiązania w roślinach metali ciężkich (tab. 6). Nie bez znaczenia jest korzystny wpływ substancji organicznej na poprawę zdolności sorpcyjnej gleby, także w stosunku do wody [12].

Pobranie metali ciężkich z podłoża, wyrażające ich wynos, było zróżnicowane zarówno na obiektach doświadczenia, jak i rodzajem pobieranego metalu (tab. 6). Najwyższy wynos metali zanotowano w wariantcie z dodatkiem osadu ściekowego. Znacznie mniejszy stwierdzono na obiekcie z kompostem z odpadów z pielęgnacji zieleni, a najniższy na samym gruncie rodzimym (tab. 6). Proporcje między obiektami były zgodne z ilością metali ciężkich wprowadzonych do podłoża (tab. 7).

Tabela 6. Sumaryczne pobranie metali ciężkich przez rośliny z plonem

Table 6. Summary of heavy metals takeaway by plants with the yield

Obiekty	Pobranie metali z plonem w okresie 5 lat doświadczenia (kg·ha ⁻¹)			
	Cu	Ni	Pb	Zn
Grunt rodzimy	0,51	0,24	0,09	1,97
Grunt rodzimy z osadem	1,28	1,30	0,61	4,59
Grunt rodzimy z kompostem	0,74	0,44	0,30	2,85

Tabela 7. Bilans metali ciężkich w podłożach po 5 latach prowadzonych doświadczeń

Table 7. The balance of heavy metals in substrats after 5 years of experiments

Wyszczególnienie	Metale (kg·ha ⁻¹)			
	Cu	Ni	Pb	Zn
w podłożu z osadem ściekowym				
ładunek wprowadzony	40	17	3	46
ładunek pobrany przez trawy	1,28	1,30	0,61	4,59
ładunek pozostały	38,72	15,70	2,39	41,41
w podłożu z kompostem				
ładunek wprowadzony	0,51	0,49	0,49	2,54
ładunek pobrany przez trawy	0,74	0,44	0,30	2,85
ładunek pozostały	poniżej wprowadzonego	0,05	0,19	poniżej wprowadzonego

Wśród badanych metali stwierdzono najwyższy wynos cynku (tab. 6), którego także najwięcej wprowadzono do podłoża, szczególnie na obiekcie z osadem ściekowym (tab. 7). Pozostałe metale pobierane były w mniejszych ilościach. Podobne relacje w pobieraniu metali obserwowano w przypadku ślazu pensylwańskiego uprawianego w wa-

runkach gleby zanieczyszczonej metalami [1] oraz lnu uprawianego na obszarze objętym emisjami z hut miedzi [7].

4. Wnioski

1. Zastosowane odpady organiczne (osad ściekowy – kompost odpadów z pielęgnacji zieleni) korzystnie wpływały na właściwości fizykochemiczne gruntu rodzimego, na którym założono trawnik z mieszaną trawnikową typu *Poa pratensis*.
2. Poziom plonowania mieszanek trawnikowych był proporcjonalny do ilości składników pokarmowych wprowadzonych do podłoża, a więc większe plony uzyskano na obiektach z osadem niż z kompostem.
3. Duża zawartość metali ciężkich (Cu, Ni, Pb i Zn) w osadzie ściekowym nie miała wpływu ujemnego na rozwój roślin traw.
4. Brak fitotoksycznego wpływu na rośliny pozwala na pozytywną ocenę przydatności darniny trawnikowej do fitoremediacji gleby.
5. Pobranie metali ciężkich z podłoża, wyrażające ich wynos, było proporcjonalne do zawartości ich w podłożu, a wśród metali stwierdzono największy wynos cynku.

Literatura

1. **Antonkiewicz J., Jasiewicz Cz., Bosak L.:** *Wykorzystanie ślazuwca pensylwańskiego do ekstrakcji metali ciężkich z gleby.* Acta Sci. Pol. Formatio Circumiectus, Z. 5 (1), 63–73 (2006).
2. **Barabasz A., Wojtas S., Dybek E., Antosiewicz D.M.:** *Przydatność roślin zmodyfikowanych genetycznie dla celów fitoekstrakcji i fitoewaporacji.* Biotechnologia, nr 2 (81), 68–83 (2008).
3. **Baryła R., Sawicka J., Kulik M., Lipieńska H.:** *Content of components in some grass species irrigated with purified sewage.* J. Elementol. Nr 14 (1), 5–12 (2009).
4. **Bosiacki M.:** *Phytoextraction of cadmium and lead by selected cultivars of Tagetes erecta L. Part I., Effect of Cd and Pb on yielding.* Acta Sci. Pol., Hortolum Cultus, 8 (2), 3–13 (2009).
5. **Czyż H., Kitczak T.:** *Przydatność mieszanek trawiastych do rekultywacji gruntów bezglebowych z wykorzystaniem materii organicznej.* Zesz. Nauk. Uniw. Zielona Góra, 133, 68–75 (2007).

6. **Czyż H., Kitzczak T.:** *Przydatność gatunków traw i surowców odpadowych do rekultywacji hałd z popioło-żużli.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 518, 45–52 (2007a).
7. **Grzebisz W., Potarzycki J., Cieśla L.:** *Ekstrakcja metali ciężkich przez rośliny włókniste z gleb zanieczyszczonych emisjami z hut miedzi.* Część II. Len., ZPPNR, Z. 460, 697–708 (1998).
8. **Karczewska A., Kabala C., Gałka B., Kocan K., Orlów K.:** *Zmiany rozpuszczalności miedzi, cynku i ołowiu oraz ich pobieranie przez kukurydzę w doświadczeniu nad zastosowaniem indukowanej fitoekstrakcji z gleb zanieczyszczonych emisjami hut miedzi.* Roczniki Gleboznawcze, Tom LIX, Nr 3/4, 97–107 (2008).
9. **Karczewska A., Gałka B., Szopka K., Kabala C., Dewońska K.:** *Wpływ zróżnicowanego dawkowania biodegradowalnego EDDS na pobieranie miedzi i innych pierwiastków metalicznych przez kukurydzę z gleb zanieczyszczonych.* Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, Nr 41, 555–562 (2009).
10. **Krzywy E., Maciorowski R., Czyż H., Kitzczak T.:** *The chemical composition of reclamation subsoils and the grass mixture cultivated on the reclamation model located at power plant “Dolna Odra”.* [w:] „Chemistry and biochemistry in the agricultural production, environment protection, human and animal health” (ed. by H. Górecki, Z. Dobrzański, P. Kafarski). Czech-Pol-Trade, Chemistry for Agriculture vol. 7, 525–531 (2006).
11. **Krzywy E., Zawadzińska A., Klessa M.:** *Badania przydatności podłoży z udziałem kompostów z komunalnego osadu ściekowego do uprawy roślin ozdobnych.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 518, 101–118 (2007).
12. **Kwiatkowska-Malina J., Maciejewska A.:** *Wpływ materii organicznej na pobieranie materii organicznej na pobieranie metali ciężkich przez rzodkiewkę i facelię.* Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, Nr 40, 217–223 (2009).
13. **Marecik M., Marecik T., Króliczak P., Cyplik P.:** *Fitoremediacja – alternatywa dla tradycyjnych metod oczyszczania środowiska.* Biotechnologia, 3 (74), 88–97 (2006).
14. **Rączka M., Gawroński S. W.:** *Ocena przydatności do fitoremediacji drzew i krzewów ozdobnych z rodziny motylkowych.* Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, CCCLVI, 181–188 (2004).

Possibilities of Organic Waste Utilisation as a Source of Organic Matter in the Construction of Lawn

Abstract

The purpose of this study was to assess the fertilizer value of sewage sludge and compost produced from green waste obtained from municipal care of green areas, as a source of organic matter used for the construction of lawn substrates and to determine the possibility of extracting heavy metals from soil by grasses.

Research was carried out in the years 2004–2008 on the native ground – low loamy sand of anthropogenic origin. Univariate experience was established in randomized blocks in three replications. Tested factor was the type of organic waste: control - native ground, sewage sludge applied onto soil in autumn and compost applied onto soil in autumn. In the experience was used a mixture of lawn, type: *Poa pratensis*, composed of *Poa pratensis* – 60%, var. „Opal” + *Festuca rubra* - 20%, var. „Areta” + *Lolium perenne* - 20%, var. „Pimperal”.

Specific studies include: assessment of the annual dry matter yield which is the sum of individual terms of mowing the lawns and to identify loads of components placed in to the ground and collected by the plant. The size of metals collection by plants was calculated based on the concentration of metals in plants tissues and the yield.

Organic wastes that have been applied (sewage sludge – compost from green wastes from green areas) favorably impacted on the physico-chemical properties native ground, on which was established lawn with a mixture of lawn, type *Poa pratensis*. The level of lawn mixtures yield was proportional to the nutrient content in sewage sludge and compost. High contents of heavy metals (Cu, Ni, Pb and Zn) in sewage sludge did not have negative effect on grasses growth. Lack of phytotoxic effects on plants allows for positive evaluation of suitability for lawn turf for soil phytoremediation. Collecting of heavy metal from soil was proportional to their content in the substrate. Among the all metals the largest takeaway were found for zinc.

The largest takes of metals were found in the variant with the addition of sewage sludge. Much less has been found on the object with compost from green waste obtained from municipal care of green areas, and the smallest was found on the home soil. The proportion between the objects were compatible with the amount of heavy metals introduced into the ground. The high content of organic matter in sludge and in the compost was stimulating for the productivity of grass vegetation and therefore it has contributed to the increased absorption and binding of heavy metals in plants.