

PRZETWARZANIE OSADU ŚCIEKOWEGO Z DODATKIEM SŁOMY I TROCIN NA PRODUKT BEZPIECZNY DLA ŚRODOWISKA

Jacek CZEKAŁA¹⁾, Aleksandra SAWICKA²⁾

¹⁾ Akademia Rolnicza w Poznaniu, Katedra Gleboznawstwa

²⁾ Akademia Rolnicza w Poznaniu, Katedra Mikrobiologii Rolnej

Słowa kluczowe: kompost, osad ściekowy, słoma, trociny

Streszczenie

Badania dotyczące kompostowania osadu ściekowego z różnym udziałem słomy i trocin przeprowadzono na terenie kompostowni w miejscowości Czarnków, na terenie otwartym, zdrenowanym. W wariancie A udział słomy wynosił 20%, a trocin 10%, w wariancie B odpowiednio 10% i 20%, a osadu ściekowego w obu wariantach 70% w przeliczeniu na suchą masę. Pryzmy formowano za pomocą aeratora ciągnikowego, który jednocześnie rozdrabniał materiał oraz napowietrzył pryzmę. Pryzmy napowietrzano kilkakrotnie, dostosowując zabieg do aktualnej temperatury w pryzmach. Pod koniec fazy aktywnego kompostowania komposty przeniesiono w oddzielne miejsce, formując w odpowiednie pryzmy i pozostawiając je w fazie dojrzewania przez dziewięć miesięcy. Stwierdzono, że wysoka temperatura w kompostach od początku doświadczenia miała korzystny wpływ na higienizację materiału. Nie wykazano większych różnic tempa mineralizacji i zmian ilościowych makroskładników w poszczególnych kompostach.

WSTĘP

Osady ściekowe są odpadem, którego co roku powstaje więcej. W latach 1993–1994 w Polsce wytworzono ok. 213 tys. t s.m. osadów, chociaż wcześniej zakładano, że będzie ich powstawało 413–450 tys. t s.m. rocznie w 2010 r. [BERNACKA, PAWŁOWSKA, 1997]. Z danych GUS [Ochrona..., 2004] wynika, że między rokiem 2000 a 2003 nastąpiło 24% zwiększenie ilości osadów – do 445,5 t s.m. Można to uznać za wynik nie tylko zwiększającej się ilości ścieków, ale także coraz spraw-

Adres do korespondencji: prof. dr hab. J. Czekala, Akademia Rolnicza, Katedra Gleboznawstwa, ul. Szydłowska 50, 60-656 Poznań; tel. +48 (61) 846-67-10, e-mail: jczekala@au.poznan.pl

niejszych technologii ich oczyszczania, szczególnie metodami biologicznymi. Problemem staje się właściwe ich zagospodarowanie. W Polsce nadal blisko 37% wytworzonych osadów komunalnych jest składowane, natomiast np. w Szwajcarii tylko 2% [LAUBE, VONPLON, 2004]. W rolnictwie polskim wykorzystuje się 13,1% masy. Według prognoz niemieckich [QUICKER, FAULSTICH, 2002], w 2005 r. rolnicze wykorzystanie osadów ma osiągnąć poziom 35%. Z kolei w Szwajcarii zaobserwowano zmniejszenie się rolniczego wykorzystania osadów z 38% w 2000 r. do 21% w 2002 r. wytworzonych osadów [Ochrona ..., 2004].

Sposoby zagospodarowania osadów są różne w poszczególnych krajach, ale w Unii Europejskiej wchodzi w życie zakaz składowania odpadów, zawierających ponad 5% materii organicznej [Council Directive 86/278/EEC]. W Niemczech datą wprowadzającą ten zakaz jest 1.06.2005 r. W niektórych krajach (np. Szwajcaria) rozważa się z kolei całkowity zakaz stosowania od 1 października 2006 r. surowych osadów w rolnictwie [Klär Schlamm, 2005].

Mając na uwadze aspekt higieniczno-mikrobiologiczny oraz zanieczyszczenia osadów substancjami organicznymi, odpad ten powinien być poddany stabilizacji. Jedną z metod takiego procesu jest kompostowanie. W przeprowadzonych badaniach wykorzystano tę metodę, stosując dodatek słomy i trocin.

METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w roku 2004 r. na terenie kompostowni, należącej do Zakładu Gospodarki Komunalnej w Czarnkowie. Obiekt znajduje się na terenie otwartym, o podłożu utwardzonym ażurowymi płytami betonowymi i jest zdrenowany. Odcieki odpływają do specjalnego zbiornika ziemnego.

W doświadczeniu wykorzystano osad z miejscowej biologicznej oczyszczalni ścieków. Charakterystykę wybranych parametrów tego osadu zawarto w tabeli 1.

Komposty przygotowano na bazie osadu ściekowego – $23,5 \text{ kg} \cdot 10^{-3}$ świeżej masy w każdej z dwóch przyzm, po ok. 2 891 kg suchej masy. Udział suchej masy osadu stanowił w przyzmi 70%. W przyzmi A do osadu dodano słomę i trociny w ilości równoważnej odpowiednio 20 i 10% kompostowanej suchej masy, a w przyzmi B odpowiednio 10 i 20%. Słomę – ze względu na jej objętość i możliwość aparatu przerzucającego – dodawano w trzech częściach – po raz pierwszy w obu przyzmach 26 czerwca, gdy rozpoczynano kompostowanie, ostatni – 20 lipca tylko w przyzmi A. Każdorazowo całość mieszano za pomocą aeratora przyzm [ZBYTEK, MAC, DACH, 2004], podczas pracy którego następowało przerzucenie masy, formowanie i napowietrzanie przyzmy oraz rozdrabnianie materiału. Termin ostatniego dodania słomy przyjęto za właściwe rozpoczęcie procesu kompostowania. Pierwszą, aktywną fazę procesu zakończono 4 listopada 2004 r., przenosząc obie przyzmy w oddzielne miejsce i pozostawiając je do lipca 2005 r. w celu dojrzenia kompostów.

W trakcie doświadczenia pobierano próbki kompostów do analiz chemicznych oraz mikrobiologicznych. Mając na uwadze temat pracy i ilość zgromadzonych danych, ograniczono prezentację wybranych parametrów do 1., 110. i 360. dnia kompostowania. Oznaczono następujące parametry:

- suchą masę metodą suszarkową w 105°C;
- pH metodą potencjometryczną w roztworze 1 mol KCl·dm⁻³;
- wilgotność metodą wagowo-suszarkową;
- materię organiczną przez wyżarzenie w temperaturze 550°C;
- węgiel organiczny oksydometrycznie w mieszaninie 2 mol·dm⁻³ K₂Cr₂O₇ i stężonego H₂SO₄;
- azot ogólny metodą Kjeldahla;
- całkowite formy potasu, wapnia, sodu po mineralizacji w temperaturze 550°C i rozpuszczeniu popiołu w roztworze 10% HCl metodą emisyjnej spektrometrii atomowej;
- fosfor całkowity (po mineralizacji jw.) metodą wanadowo-molibdenową;
- metale ciężkie absorpcyjną spektrometrią atomową po wcześniejszej mineralizacji próbek w HF i HNO₃ oraz rozpuszczeniu suchej pozostałości w roztworze 3 mol·dm⁻³ HNO₃;
- liczebność *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* i *Clostridium perfringens* oznaczono metodami płytkowymi na wybiórczych podłożach [WOLNA-MARUWKA, 2005].

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Osady ściekowe charakteryzują się mocno zróżnicowanym składem chemicznym [BARAN, TURSKI, 1995; BERNACKA, PAWŁOWSKA, 2000; CZEKAŁA, JAKUBUS, 1999; KRZYWY, IŻEWSKA, 2004; MAĆKOWIAK, 2000; SIUTA, 2002], co w dużej mierze determinowane jest jakością ścieków i sposobem ich oczyszczania. Szczególnie ważna jest zawartość metali ciężkich, ograniczających często przyrodnicze, w tym rolnicze wykorzystanie osadów. Należy również uwzględnić zanieczyszczenia mikrobiologiczne, głównie obecność bakterii z rodzaju *Salmonella* oraz żywe jaja pasożytów jelitowych *Ascaris sp.*, *Trichuris sp.* i *Toxocara sp.* Z tego względu poszukuje się różnych sposobów i metod poprawy właściwości osadów celem umożliwienia ich wykorzystania w większym niż dotychczas stopniu w rolnictwie lub do celów rekultywacyjnych. Nie ulega wątpliwości, że metody biologicznej utylizacji osadów należą do bezpiecznych i godnych polecenia. Należące do tej grupy kompostowanie ma długą tradycję, chociaż obecność osadów ściekowych w kompostowanej masie wymaga odmiennego podejścia niż w przypadku kompostowania samych odpadów bioorganicznych. Ze względu na właściwości fizyczne osadów niezbędny jest dodatek bioodpadów poprawiających strukturę i porowatość osadów. W warunkach polskich najczęściej stosuje się słomę, trociny i korowinę.

W świetle przeprowadzonych badań zróżnicowany udział słomy i trocin w kompostowanej masie nie miał znaczenia w kształtowaniu jakości kompostów, wyrażonej składem chemicznym i zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi (tab. 2, 3).

Ważnym czynnikiem, sprzyjającym przemianom w kompostach, była temperatura, która już po kilku dniach wynosiła w kompoście A 65,2°C, a w B 57,0°C (tab. 4). Poza tym kilkakrotnie stwierdzono w fazie dojrzewania kompostu temperaturę bliską 50°C, co świadczyłoby o dalszym przebiegu przemian aktywnie biologicznych. Utrzymywanie się stosunkowo wysokiej temperatury w kompostach w badanym okresie było spowodowane w dużym stopniu temperaturą otoczenia i brakiem opadów.

Procesy zachodzące w trakcie dojrzewania kompostów przyczyniły się między innymi do większego zmniejszenia zawartości materii organicznej niż w pierwszych 110 dniach (tab. 2). Są to zmiany naturalne, wynikające między innymi z biooksydacyjnych reakcji, którym podlega materia organiczna [DROZD, LICZ-NAR, 2004]. Tempo tych przemian zależy w dużej mierze od składu chemicznego komponentów, na co pośrednio wskazują różnice temperatury między obu kompostami (tab. 4). Praktycznie do 40. dnia kompostowania temperatura była wyższa w kompoście A z większym udziałem słomy niż w B. Skład słomy zbóż różni się od składu trocin nie tylko zawartością węgla i azotu, ale także związków organicznych [JURČOVÁ, 2001; PROSIŃSKI, 1969]. Słoma zbożowa zawiera przede wszystkim mniej ligniny, a więcej łatwo rozpuszczalnych w wodzie cukrów, białka, hemicelulozy i skrobi – związków będących łatwo dostępnym źródłem energii dla drobnoustrojów. Różnica ta miała wpływ na intensywniejszy wzrost temperatury w kompoście A, utrzymujący się przez dłuższy czas kompostowania. Z danych zawartych w tabeli 4. wynika, że o fazie termofilnej (przyjmując za kryterium jej występowania temperaturę wynoszącą od 45 do 75°C) można mówić tylko w odniesieniu do kompostu A z większym udziałem słomy [HUPE, HEYER, STEGHAN, Internet]. W kompoście B z 20% udziałem trocin rozkład materii był wolniejszy, ale przebiegał równomiernie przez cały okres badań. Niezależnie od różnic między obu kompostami, kierunek zmian badanych parametrów był podobny. Świadczy o tym zawartość materii organicznej, popiołu czy makroskładników (tab. 2). Również CZYŻYK, KUCZEWSKA i SIERADZKI [2001], kompostując płynne osady ściekowe ze słomą, uzyskali komposty o dużej wartości nawozowej, przewyższającej wartość obornika.

Ze względów ekologicznych ważna jest zawartość metali ciężkich w kompostach. Jest to pochodna zasobności materiałów wyjściowych do kompostowania oraz tempa ich mineralizacji. W przypadku kompostowni otwartych zawsze istnieje niebezpieczeństwo dodatkowego zanieczyszczenia kompostów ze źródeł antropogenicznych, np. w trakcie napowietrzania pryzmy czy podczas podgarniania materiału znajdującego się poza obszarem pryzmy. Niemniej wyniki zawarte w tabeli 2. świadczą, że ze względu na zawartość metali ciężkich otrzymany kompost był dobrej jakości. Zawartości tych pierwiastków mieściły się w granicach przewidzianych

Tabela 3. Liczebność niektórych grup drobnoustrojów w kompostach, $10^5 \cdot g^{-1}$ s.m. kompostu**Table 3.** Densities of some groups of microorganisms in composts, $10^5 \cdot g^{-1}$ DM of compost

Kompost Compost	Dzień kompostowania Day of composting	Liczebność grupy drobnoustrojów Density of		
		<i>Escherichia coli</i>	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
A	1.	50,0	0,00	0,0
	110.	62,5	0,01	0,0
	360.	18,1	0,60	0,0
B	1.	38,8	0,00	0,0
	110.	10,0	0,01	0,0
	360.	7,2	1,10	0,0

Tabela 4. Przebieg temperatury w początkowym okresie kompostowania, °C**Table 4.** Temperature changes at the start of the composting period, °C

Dni kom- postowania Days of composting	Temperatura Temperature					
	kompost A compost A			kompost B compost B		
	początek pryzmy start of the heap	środek pryzmy middle of the heap	koniec pryzmy end of the heap	początek pryzmy start of the heap	środek pryzmy middle of the heap	koniec pryzmy end of the heap
1	25,1	31,1	22,5	20,0	19,8	26,6
7	57,7	60,0	65,2	45,6	57,0	46,6
10	56,1	62,9	62,4	41,2	63,9	51,0
14	44,4	74,0	53,2	42,4	50,2	39,8
18	48,8	62,3	60,1	36,0	44,6	42,8
28	39,7	54,0	51,1	31,6	34,1	35,5
32	40,3	57,2	54,1	37,2	40,0	37,5
36	46,3	50,1	50,2	40,1	43,0	45,8
38	44,2	51,6	53,4	39,7	41,2	43,6
40	46,0	48,0	52,2	45,5	41,7	48,1

nych w normie branżowej (BN-89/9103-09), jak też w Rozporządzeniu MRiRW [2001]. W trakcie realizacji badań ukazało się nowe Rozporządzenie [2004], w myśl którego zmniejszono dopuszczalne zawartości chromu, kadmu i niklu w nawozach organicznych i organiczno-mineralnych.

Ważnym aspektem kompostowania osadów ściekowych jest ich higienizacja. Już w dniu rozpoczęcia kompostowania nie stwierdzono obecności żywych jaj pasożytów, dlatego badania dotyczyły wyłącznie wybranych grup drobnoustrojów. Uwagę zwraca stosunkowo duża liczebność bakterii z rodzaju *Salmonella* w początkowym okresie badań, głównie w wariantach z większym udziałem słomy. Ist-

nieje duże prawdopodobieństwo, że właśnie słoma składowana przez dłuższy czas na wolnym powietrzu była głównym źródłem tych bakterii. Panujące przez długi czas korzystne warunki termiczne w kompostach przyczyniły się do pełnej higienizacji materiału końcowego (tab. 3), w którym nie stwierdzono nie tylko bakterii z rodzaju *Salmonella*, ale i *Escherichia coli* oraz *Clostridium perfringens*.

Zagadnienie warunków termicznych w kompostowanych materiałach z udziałem osadów ściekowych jest wciąż dyskusyjne. Świadczą o tym między innymi zróżnicowane wymogi w krajach Unii Europejskiej [FUCHS, BIERI, CHARDONNENS 2004]. Przykładowo w Niemczech temperatura w kompostach musi wynosić 55°C przez 14 dni lub 65°C przez 4 dni, w Szwajcarii taka sama temperatura odpowiednio przez 21 i 7 dni, z kolei w Danii, Holandii i we Włoszech temperatura 55°C musi panować odpowiednio 14, 4 i 3 dni.

Przebieg procesów zachodzących w kompostach jest determinowany – zgodnie z powszechną opinią – właściwym stosunkiem węgla do azotu. Jednak i w tym przypadku zakresy podawane w literaturze znacznie się różnią. Najczęściej podaje się wartości w granicach (20 : 1)–(35 : 1), chociaż wartości C : N w bioodpadach przeznaczonych do kompostowania są mocno zróżnicowane [CZEKAŁA, 2004; DROZD i in., 2003].

W praktyce kompostowania do osadów ściekowych dodaje się najczęściej bioodpady według proporcji udziału (suchej masy) poszczególnych komponentów [KALEMBASA, 2003; KRZYWY i in., 2002]. Podobne podejście zastosowano w niniejszych badaniach. Stwierdzono jednak, że gdy stosuje się osady ściekowe, trudno uzyskać optymalny stosunek C : N w kompostowanej masie na początku doświadczenia. Potwierdzają to wyniki badań CZYŻYKA, KUCZEWSKIEJ i SIERADZKIEGO [2001], jak również KRZYWEGO i in. [2002]. Powodem tego jest przede wszystkim duża zasobność osadów w azot. W takich warunkach należy spodziewać się nie tylko intensywnego rozkładu materii organicznej, ale i większych strat azotu. Pośrednio wskazują na to wartości pH kompostów (tab. 2). Oznacza to, że utrzymywanie się pH powyżej lub bliskie 7,0 przez ponad trzy miesiące mogło być spowodowane między innymi dużą zawartością azotu amonowego w kompostach.

WNIOSKI

1. Kompostowanie osadu ściekowego z różnym udziałem słomy i trocin metodą pryzmową z wykorzystaniem aeratora ciągnikowego stworzyło warunki korzystne dla procesu rozkładu materii organicznej i pełnej higienizacji kompostów.

2. W warunkach doświadczenia zmienny udział słomy i trocin nie spowodował istotnych zmian w składzie chemicznym kompostów, których wartość była porównywalna z obornikiem.

3. Zawartość metali ciężkich w kompostach była zgodna z normami obowiązującymi do 2004 r. Według nowych norm przekroczona została zawartość kadmu

i niklu, co wskazuje na konieczność wprowadzenia zmian w oczyszczaniu ścieków i w technologii kompostowania.

LITERATURA

- BARAN S., TURSKI R., 1995. Wybrane zagadnienia utylizacji i unieszkodliwiania odpadów. Lublin: Wydaw. AR ss. 176.
- BERNACKA J., PAWŁOWSKA L., 1997. Przeróbka osadów z miejskich oczyszczalni ścieków w kraju. Stan obecny i kierunki modernizacji. W: Osady ściekowe – przeróbka i wykorzystanie. Mater. Konf., Poznań 13–14 listopada 1997 r. Poznań: Arka Konsorcjum s. 15–24.
- BERNACKA J., PAWŁOWSKA L., 2000. Substancje potencjalnie toksyczne w osadach z komunalnych oczyszczalni ścieków. Warszawa: IOŚ ss. 124.
- BN-89/9103-09. Unieszkodliwienie odpadów miejskich. Kompost z odpadów miejskich.
- Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture as amended by Council Directive 91/692/EEC (further amended by Council Regulation 1882/2003/EC and Council Regulation 807/2003/EEC) 31986L0278.
- CZEKAŁA J., 2004. Właściwości chemiczne osadów ściekowych i innych bioodpadów a wartości użytkowe różnych kompostów. W: Planowanie technologii kompostowania osadów ściekowych i innych bioodpadów. Pr. zbior. Red. E. Wieland. 2. Ogólnopols. Konf., Kalbomia, 18–19 maja 2004. Systemy dla ekologii SDE WIELAND Chludowo k. Poznania s. 26–31.
- CZEKAŁA J., JAKUBUS M., 1999. Metale ciężkie oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne integralnymi składnikami osadów ściekowych. *Fol. Univ. Agricult. Stein.* 200 (77) s. 39–44.
- CZYŻYK F., KUCZEWSKA M., SIERADZKI T., 2001. Wstępne wyniki badań kompostowania płynnych osadów ściekowych ze słomą. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 475 s. 263–269.
- DROZD J., LICZNAR M., JAMROZ E., BEKIER J., 2003. Próchniczne indeksy dojrzałości kompostów. W: Substancje humusowe w glebach i nawozach. Pr. zbior. Red. B. Dębska, S.S. Gonet. Wrocław: PTSH s. 75–94.
- DROZD J., LICZNAR M., 2004. Transformacja materii organicznej podczas kompostowania odpadów komunalnych w odmiennych warunkach uwilgotnienia i przy różnym dodatku mocznika. W: Komposty z odpadów komunalnych. Produkcja, wykorzystanie i wpływ na środowisko. Pr. zbior. Red. J. Drozd. Wrocław: PTSH s. 130–135.
- FUCHS J.G., BIERI M., CHARDONNENS M., 2004. Auswirkungen von Komposten und von Gärgut auf die Umwelt, die Bodenfruchtbarkeit, sowie die Pflanzengesundheit. *Literaturstudie.* Zürich: Bundesamt für Landwirtschaft ss. 171.
- HUPE K., HEYER K-U., STEGMANN R. Biologische Bioabfallverwertung: Kompostierung kontra Vergärung: <http://www.ifas-hamburg.de/pdf/bioabfall.pdf>, 07.2006 r.
- JURČOWÁ O., 2001. The quantity and quality of organic substances in plant remains. W: Humic substances in ecosystems 4. Pr. zbior. Red. A. Zaujec, P. Bielek, S.S. Gonet s. 51–64.
- KALEMBASA S., 2003. Rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych. W: Substancje humusowe w glebach i nawozach. Pr. zbior. Red. B. Dębska, S.S. Gonet. Wrocław: PTSH s. 63–74.
- Kläschlamm, 2003. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft ss. 15.
- KRZYWY E., WOŁOSZYK CZ., IZEWSKA A., KRZYWY J., 2002. Badania nad możliwością wykorzystania komunalnego osadu ściekowego z dodatkiem różnych komponentów do produkcji kompostów. *Acta Agrophys.* 70 s. 217–223.
- KRZYWY E., IZEWSKA A., 2004. Gospodarka ściekami i osadami ściekowymi. Szczecin: Wydaw. AR ss. 186.

- LAUBE A., VONPLON A., 2004. Klärschlammensorgung in der Schweiz. Menge- und Kapazitätserhebung. Umwelt-Materialien, 181. Bern: Abfall. BUWAL ss. 47.
- MAĆKOWIAK CZ., 2000. Skład chemiczny osadów ściekowych i odpadów przemysłu spożywczego o znaczeniu nawozowym. Nawozy Nawożenie 4 s. 131–143.
- Ochrona środowiska. Rocznik statystyczny, 2004. Warszawa: GUS ss. 507.
- PROSIŃSKI S., 1969. Chemia drewna. Warszawa: PWRiL ss. 487.
- QUICKER P., FAULSTICH M., 2002. Kosten der Klärschlammensorgung. Wasser Boden 54/6 s. 22–27.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 1 czerwca 2001 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. Dz. U. 2001 nr 60 poz. 615.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 19 października 2004 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. Dz. U. 2004 nr 236 poz. 2369.
- SIUTA J., 2002. Przyrodnicze użytkowanie odpadów. Warszawa: IOŚ ss. 87.
- WOLNA-MARUWKA A., 2005. Dynamika rozwoju drobnoustrojów w glebie nawożonej osadami ściekowymi i obornikiem. Poznań: AR pr. dokt. maszyn. ss. 222.
- ZBYTEK Z., MAC J., DACH J., 2004. Badania aeratora przyzmy w różnych technologiach kompostowania odpadów organicznych. W: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Pr. zbior. Red. Z. Zbytek. Poznań: PIMR s. 67–74.

Jacek CZEKAŁA, Aleksandra SAWICKA

PROCESSING OF SEWAGE SLUDGE WITH ADDED STRAW AND SAWDUST INTO A PRODUCT SAFE FOR THE ENVIRONMENT

Key words: compost, sawdust, sewage sludge, straw

S u m m a r y

The study dealing with sewage sludge composting with different percentage share of straw and sawdust additions was carried out in the area of Czarnków compost processing unit located in an open and drained site. The sewage sludge made up 70% (dry weight) of the composted mass. The share of straw and sawdust in the variant A amounted 20% and 10%, respectively, whereas in the variant B respective shares were 10% and 20%. Heaps were shaped by using a tractor aerator, which ground the material and aerated the heap simultaneously. The aeration of the heaps was undertaken several times by fitting the practice to the current temperatures in the heaps. By the end of the active composting stage, composts were moved to a separate place where they were shaped into adequate heaps and left to mature for a period of nine months. It was found that high temperatures in composts at the start of the study exerted advantageous effect on the hygiene of the product. No significant differences were detected in the mineralization rate of composts and in the quantitative changes of macroelements.

Recenzenci:

prof. dr hab. Zdzisław Ciećko

prof. dr hab. Franciszek Czyżyk

Praca wpłynęła do Redakcji 27.10.2005 r.

Tabela 1. Wybrane właściwości osadu ściekowego, słomy i trocin

Table 1. Selected properties of sewage sludge, straw and sawdust

Materiał Material	Zawartość Content										
	s.m. DM	C _{org.}	N	P	K	Ca	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
	%	g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM					mg·kg ⁻¹ s.m. mg·kg ⁻¹ DM				
Osad ściekowy Sewage sludge	12,30	354,8	55,40	22,80	14,87	40,78	4,5	247,0	41,0	43,2	487,5
Słoma Straw	69,65	435,2	4,90	0,055	26,90	5,92	1,78	2,64	1,78	5,74	22,00
Trociny Sawdust	52,47	456,3	3,22	0,104	0,668	0,983	0,98	1,65	0,98	4,37	11,60

Tabela 2. Odczyn i skład chemiczny kompostów

Table 2. Reaction and chemical composition of composts

Kompost Compost	Liczba dni kompostowania Days of composting	Wartość pH _{H2O}	Zawartość Content													
			s.m DM	MO	C _{org}	N _{og}	C w MO	P	K	Ca	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
			%		g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	%	g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM							mg·kg ⁻¹ s.m. mg·kg ⁻¹ DM		
A	1	8,20	20,46	76,3	430,3	50,8	44,6	19,35	3,12	17,40	2,65	30,7	70,0	17,6	42,0	354,0
	110	6,87	16,97	74,9	284,3	36,1	37,9	27,76	6,31	23,89	3,50	34,8	115,0	26,7	52,3	442,0
	360	5,68	40,94	66,7	245,7	29,7	36,8	21,74	4,86	19,22	4,52	36,5	108,0	38,7	58,5	432,0
B	1	7,80	18,42	80,0	350,0	56,5	43,7	19,58	3,33	18,52	3,74	30,0	70,8	17,1	40,0	350,0
	110	7,80	14,48	73,0	300,8	37,8	41,2	27,76	4,66	20,36	3,93	33,8	113,8	28,8	44,7	428,0
	360	5,37	41,05	66,7	267,2	22,7	40,1	21,28	3,99	19,48	4,84	34,2	109,0	31,4	57,4	431,0

Objaśnienia: MO – materia organiczna.

Explanations: MO – organic matter.