

WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE I KOMPOSTOWANIE OSADÓW Z WIEJSKICH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Franciszek CZYŻYK, Magdalena KOZDRAŚ

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Dolnośląski Ośrodek Badawczy we Wrocławiu

Słowa kluczowe: kompostowanie, odpady roślinne, osady ściekowe

Streszczenie

Jednym z pozarolniczych źródeł substancji organicznej są osady ściekowe, których w Polsce ciągle przybywa w wyniku postępującej budowy kanalizacji i oczyszczalni ścieków, zwłaszcza na wsiach i w gminach wiejskich. Osady powstające w oczyszczalniach ścieków komunalnych w większości mogą być wykorzystane w rolnictwie, po odpowiedniej przeróbce i unieszkodliwieniu pod względem sanitarnym. Prosty sposób przygotowania osadów ściekowych do wykorzystania w rolnictwie jest ich kompostowanie. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące składu chemicznego osadów ściekowych z małych oczyszczalni ścieków oraz ich kompostowania ze słomą jako powszechnie dostępnym odpadem rolniczym. Badania wykazały, że słoma jest materiałem dość trudnym do kompostowania, lecz w przypadku zapewnienia odpowiedniej ilości azotu, czyli zawężenia stosunku C:N do około 20, i przedłużenia czasu kompostowania do 4–5 miesięcy, można otrzymać kompost dobrej jakości, całkowicie bezpieczny pod względem sanitarnym. Kompostowanie może być łatwą i skuteczną metodą ostatecznego unieszkodliwiania i zagospodarowania osadów z oczyszczalni ścieków wiejskich i gminnych. Zastosowanie otrzymanych kompostów do nawożenia gleby korzystnie wpływa na jej żyzność, gdyż znacznie zwiększa w niej zawartość substancji organicznej i składników pokarmowych dla roślin.

WSTĘP

W związku z pogłębiającym się deficytem substancji organicznej w naszych glebach, powinny być wykorzystywane wszelkie dostępne jej źródła, zarówno

Adres do korespondencji: doc. dr hab. F. Czyżyk, Dolnośląski Ośrodek Badawczy IMUZ, ul. Powstańców Śląskich 98, 53-333 Wrocław; tel. +48 (71) 367-80-92, e-mail: dob@dob-imuz.pl

rolnicze, jak i pozarolnicze. Jednym z pozarolniczych źródeł substancji organicznej są osady ściekowe, których w Polsce ciągle przybywa w wyniku postępującej budowy kanalizacji i oczyszczalni ścieków, zwłaszcza na wsiach i w gminach wiejskich. Na przykład w 1995 r. tylko 3,1% ludności wiejskiej korzystało z oczyszczalni ścieków, a w 2001 r. wskaźnik ten zwiększył się do 12,4% i nadal wzrasta. W odniesieniu do ludności miast wskaźnik ten wynosi około 81% [Ochrona ..., 2002].

Ilość osadów ściekowych powstających w oczyszczalniach zależy od rodzaju i jakości ścieków oraz od stosowanych technologii ich oczyszczania. Według Imhoffa [IMHOFF, IMHOFF, 1985] ilość osadów ze ścieków komunalnych zależy od rodzaju kanalizacji i oczyszczalni oraz jej sprawności. Objętość osadów świeżych (nieodwadnianych) powstających w oczyszczalniach wynosi od 1 do 2% objętości ścieków dopływających do oczyszczalni. Ilość suchej masy osadów wynosi natomiast od 0,01 do 0,03% ilości oczyszczanych ścieków, w zależności od stosowanych procesów oczyszczania.

W Polsce w oczyszczalniach komunalnych jest obecnie wytwarzane około 400 000 ton suchej masy osadów ściekowych, a prawie dwukrotnie więcej jest nagromadzone na różnego rodzaju składowiskach. Osady powstające w oczyszczalniach ścieków komunalnych w większości mogą być wykorzystane w rolnictwie po odpowiedniej przeróbce i unieszkodliwieniu pod względem sanitarnym. Obecnie w Polsce rolniczo jest wykorzystywane zaledwie około 7% takich osadów. W niektórych krajach zachodnioeuropejskich wskaźnik ten jest znacznie większy – na przykład w Niemczech wynosi 47% [GAWLIK, SUMIŁOWSKI, CHRZANOWSKI, 2000].

Do rolniczego wykorzystania nadają się przede wszystkim osady ze ścieków wiejskich, gdyż zwykle nie zawierają one nadmiernych ilości metali ciężkich. Osady ze ścieków bytowo-gospodarczych mają dużą wartość nawozową i glebotwórczą, co jest podkreślane przez wielu autorów, m.in. BARANA i in. [1993], KRZYWEGO, WAŁOSZCZYKA i IŻEWSKĄ [2000], MAĆKOWIAKA [2000], MAZURA [1996] i SIUTĘ [2000].

Jednym z najprostszych sposobów przygotowania osadów ściekowych do wykorzystania w rolnictwie jest ich kompostowanie [BÖHME, 1957, CZYŻYK, KUCZEWSKA, SIERADZKI, 2001; KRZYWY, WAŁOSZCZYK, IŻEWSKA, 2000; SIUTA i in. 1996]. Kompostowanie jest naturalnym, biologicznym procesem częściowej mineralizacji oraz humifikacji substancji organicznych. W kompostowanej masie zachodzą głównie tlenowe procesy biochemicznego rozkładu substancji organicznych. W wyniku tych procesów następują nie tylko przemiany substancji organicznej, ale też znaczne ubytki kompostowanej masy. Proces kompostowania musi być prowadzony tak, aby uzyskać nawóz nie tylko wartościowy, ale również całkowicie bezpieczny pod względem sanitarnym. Dlatego parametry kompostowania, a zwłaszcza stosunek C:N, powinny być zawsze dostosowane do rodzaju kompostowanych materiałów. Kompostowanie jest procesem egzotermicznym, a więc

głównym wskaźnikiem jego intensywności jest temperatura. Do odkażenia odpadów kompostowanych w pryzmach konieczne jest utrzymanie temperatury większej niż 40°C przynajmniej przez 5 dni i minimum 55°C przez 4 godziny [WASIAK, 1994].

W Dolnośląskim Ośrodku Badawczym IMUZ we Wrocławiu w 1999 r. rozpoczęto cykl badań dotyczących składu chemicznego osadów z małych oczyszczalni ścieków, a także ich pryzmowego kompostowania z różnymi odpadami roślinnymi. W serii przeprowadzonych badań wykonano m.in. badania dotyczące kompostowania płynnych i odwodnionych osadów ściekowych ze słomą oraz wartości nawozowych otrzymanych kompostów, a także wpływu ich stosowania na środowisko glebowe i wodne.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Podstawowym materiałem badań były osady z kilku oczyszczalni ścieków w województwie dolnośląskim. Zbadano osady z dwóch oczyszczalni wiejskich (w Dobroszycach i w Kamieńcu Wrocławskim) oraz dwóch oczyszczalni miejskich (w Oleśnicy i Twardogórze). Oznaczano zawartości makroskładników i metali ciężkich w osadach i kompostach oraz ich pH. Zawartości makroskładników oznaczano metodami powszechnie stosowanymi w laboratoriach [HERMANOWICZ i in. 1976; Zestaw ..., 1999; DROZD, LINCZAR, WEBER, 2002], a zawartości metali ciężkich – metodą spektrometrycznego pomiaru absorpcji wzbudzonych płomieniowo atomów oznaczanych pierwiastków w roztworze wodnym, po mikrofalowej zamkniętej mineralizacji próbek. Próbkę mineralizowano w mieszaninie stężonych kwasów: azotowego, nadchlorowego i siarkowego.

W pierwszym cyklu badań zastosowano płynny osad ściekowy po stabilizacji beztlenowej, pochodzący z oczyszczania ścieków wiejskich oraz pociętą słomę żytnią. Kompostowanie prowadzono w pryzmach ułożonych na płytach betonowych, izolowanych od podłoża folią, nachylonych w kierunku rynien i studzienek zbierających odcieki. Proporcje głównych komponentów masy kompostowej ustalono na podstawie zawartego w nich węgla organicznego C i azotu N oraz wody tak, aby w przybliżeniu uzyskać zalecany w literaturze [ROSIK-DULEWSKA, 1996; KASPRZAK, 1998; SEBASTIAN, SZPADT, 1999] optymalny stosunek C:N = 30:1 i wilgotność pryzm około 60%. Podczas układania pryzm dodano do nich po 10 kg saletry amonowej i po 30 kg wapna magnezowego węglanowego w celu skorygowania stosunku C:N i pH do optymalnych wartości. Pryzmy kompostowe miały szerokość 3 m u podstawy, wysokość 1,6 m, początkową objętość 15 m³ i masę 950 kg.

W drugim cyklu badań do kompostowania zastosowano stabilizowany i odwodniony osad z wiejskiej oczyszczalni ścieków w Dobroszycach (powiat Oleśnica) oraz słomę żytnią. Podobnie jak we wcześniejszych badaniach, proporcję kom-

ponentów ustalono na podstawie zawartego w nich węgla i azotu. Uwzględniając jednak wyniki wcześniejszego cyklu badań, na podstawie których stwierdzono, że słoma jest materiałem dosyć trudno rozkładalnym, zastosowano zwiększone ilości azotu, jako pożywkę dla mikroorganizmów. W badaniach tych zastosowano więc trzy warianty kompostowanej masy, w których stosunek C:N zmniejszono do 20:1, 15:1 i 10:1. Dla takich stosunków C:N, proporcje suchej masy osadów do suchej masy słomy wynosiły odpowiednio 1:1,2; 1:0,8 i 1:0,4. Pozostałe warunki badań były podobne do warunków podczas I cyklu.

Badania obejmowały kontrolowanie i korygowanie głównych czynników warunkujących przebieg procesów kompostowania, przede wszystkim wilgotności, pH, temperatury i napowietrzania pryzm. Wilgotność kompostowanego materiału badano metodą wagową i utrzymywano na poziomie wartości optymalnych (55 do 60% [ROSIK-DULEWSKA, 1996; KASPRZAK, 1998]) przez polewanie pryzm wodą. Temperaturę mierzono za pomocą sondy z miernikiem cyfrowym w 6 punktach przekroju poprzecznego pryzm kompostowych. Pryzmy kilkakrotnie przekładano (przerabiano) w celu poprawy warunków tlenowych

Przed ułożeniem pryzm wykonano analizy fizykochemiczne osadów i słomy, a po zakończeniu kompostowania – analizy końcowego produktu (kompostu).

WYNIKI I DYSKUSJA

Z badań osadów ściekowych z czterech oczyszczalni (dwóch oczyszczalni wiejskich oraz dla porównania dwóch oczyszczalni ścieków komunalnych z miast powiatowych) wynika, że ich skład chemiczny jest zróżnicowany (tab. 1). Charakteryzują się jednak one dużą zawartością substancji organicznej i azotu, co korzystnie wpływa na ich przydatność do wykorzystania w rolnictwie. Nie zawierają też nadmiernych ilości metali ciężkich – zawartości te są na ogół mniejsze od dopuszczalnych, określonych w aktualnych przepisach [Rozporządzenie ..., 2002]. Można uznać, że wszystkie badane osady są przydatne do kompostowania i wykorzystania w rolnictwie, pod warunkiem wystarczającego ich odkażenia w procesach kompostowania.

W pierwszym cyklu badań, po upływie 5–7 dni od rozpoczęcia kompostowania, temperatura średnia w pryzmach wzrosła do ponad 45°C, a maksymalna – do około 55°C. Po następnych kilku dniach temperatura pryzm zaczęła się gwałtownie obniżać. W 11. dniu materiał pryzm został przerzucony (przemieszany), w celu napowietżenia i równomierniejszego rozmieszczenia substancji pokarmowych dla mikroorganizmów. Efektem przerzucenia pryzm był szybki wzrost ich temperatury.

W 14. dniu kompostowania temperatura średnia wzrosła do ponad 40°C, a maksymalna do ponad 50°C i utrzymywała się na tym poziomie przez kolejne dwa tygodnie. Ten poziom temperatury i czas jej trwania był zupełnie wystarczający do odkażenia masy kompostowej. W następnym okresie nastąpił wyraźny spa-

Tabela 1. Skład chemiczny osadów z oczyszczalni ścieków w Dobroszycach, Kamieńcu Wrocławskim, Oleśnicy i Twardogórze**Table 1.** Chemical composition of sewage sludge from sewage-treatment plant in Dobroszyce, Kamieniec Wrocławski, Oleśnica and Twardogóra

Składnik Component	Osady ze ścieków Sewage sludge from			
	wiejskich country area		miejskich municipal area	
	Dobroszyce	Kamieniec Wrocławski	Oleśnica ¹⁾	Twardogóra
Uwodnienie, % Water content, %	31,0	91,0	77,0	21,1
Substancja organiczna, g·kg ⁻¹ s.m. Organic substance, g·kg ⁻¹ DM	647,2	589	404,4	588,6
Substancja mineralna, g·kg ⁻¹ s.m. Mineral substances, g·kg ⁻¹ DM	352,8	411,0	595,6	411,4
C _{org.} , g·kg ⁻¹ s.m. C _{org.} , g·kg ⁻¹ DM	172,0	180,0	–	–
N _{og.} Kjeld., g·kg ⁻¹ s.m. N _{tot.} Kjeld., g·kg ⁻¹ DM	32,0	28,4	41,7	39,5
N-NH ₃ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	1,4	1,3	4,6	–
N-NO ₃ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	0,2	0,1	–	–
P _{og.} , g·kg ⁻¹ s.m. P _{tot.} , g·kg ⁻¹ DM	11,2	9,0	16,8	9,6
K _{og.} , g·kg ⁻¹ s.m. K _{tot.} , g·kg ⁻¹ DM	2,4	8,8	4,6	–
Na ⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	1,4	15,7	–	–
Cl ⁻ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	1,2	1,9	–	–
SO ₄ ²⁻ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	2,0	22,0	–	–
Mg ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	0,7	0,3	4,3	2,5
Ca ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	14,2	1,5	71,7	18,4
Cr, g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	150	170	148	50
Zn ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	2285	1732	544	1278
Cd ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	1,6	2,0	2,2	4,1
Cu ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	530	524	69	124
Ni ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	70	90	11	209
Pb ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	40	46	9	10
Hg ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	3,0	3,8	3,3	2,1
pH	7,1	6,8	13,0	6,6

¹⁾ Osad ściekowy odkażany wapnem (CaO). ¹⁾ Sewage sludge sanitized with lime (CaO).

dek oraz stabilizacja temperatury w materiale przyzmi i kolejne ich przerzucanie nie powodowało wyraźnych zmian, co świadczyło o braku pożywki dla mikroorganizmów i zanikaniu procesów przemiany kompostowanych materiałów.

Po upływie około 2 miesięcy od założenia pryzm słoma była nadal słabo rozłożona. Do kompostowanej masy dodano więc uzupełniającą porcję osadu ściekowego, w ilości zawężającej stosunek C:N do około 20. W wyniku tego temperatura w pryzmach wzrosła do około 50°C i utrzymywała się na tym poziomie przez 12 dni, a następnie obniżała się stopniowo, bez względu na kolejne ich przerzucanie. Świadczyło to o zdecydowanym spowolnieniu procesów kompostowania, pomimo którego nastąpił dalszy znaczny rozkład słomy. W ciągu następnego miesiąca temperatura w pryzmach zbliżyła się do temperatury powietrza atmosferycznego. Stosunek C:N w masie kompostowej zmniejszył się do około 15, co świadczyło o stabilizacji kompostu ponieważ przyjmuje się, że stosunek C:N mniejszy niż 15 jest wskaźnikiem jego dojrzałości [IGLESIAS-JIMENES, PEREZ-GARCIA, 1992; DROZD i in., 1997].

Cały okres kompostowania trwał około 4,5 miesiąca. Zawartość substancji organicznej i składników nawozowych w uzyskanym kompoście była duża (tab. 2). Kompost ten zawierał np. 2,3% azotu, czyli 4-krotnie więcej niż obornik. W dojrzałym kompoście stężenia poszczególnych składników, zwłaszcza mineralnych, są większe niż w wyjściowej kompostowanej masie. Zwiększenie tych stężeń jest różne i zależy od ubytku ogólnej masy kompostowanego materiału i od strat poszczególnych składników (wyfukiwanie, ulatnianie).

W drugim cyklu badań, obejmujących kompostowanie odwodnionych osadów ściekowych ze słomą, zmiany temperatury były podobne jak w pierwszym cyklu. Na zmiany temperatury w pryzmach miały wpływ przede wszystkim takie czynniki jak stosunek C:N w materiale wyjściowym, przerzucanie pryzm (poprawa napowietrzania) oraz temperatura powietrza i czas trwania kompostowania. Najwyższą temperaturę w pryzmach zanotowano pomiędzy 10 a 14 dobą od ich założenia. W tym okresie wyraźnie zaznaczyła się zależność temperatury od stosunku C:N w materiale wyjściowym. Im bardziej stosunek ten był zawężony, czyli im więcej było azotu w materiale wyjściowym, tym wyższa była temperatura w pryzmach. W pryzmach o stosunku C:N = 20 maksymalna temperatura dochodziła do 63°C, a w wariantach C:N = 15 – przekraczała 70°C, natomiast w przypadku C:N = 10 maksymalna temperatura wynosiła 77°C. Przebieg temperatur średnich był podobny.

Temperatura około 50°C i wyższa utrzymywała się przez około 10 dób, co było wystarczające do odkażenia masy kompostowej. Z upływem czasu kompostowania temperatura pryzm stopniowo zmniejszała się i była coraz bardziej zależna od temperatury powietrza atmosferycznego. Kolejne przerzucanie pryzm miało coraz mniejszy wpływ na wzrost temperatury w kompostowanym materiale. Po 5 miesiącach od założenia pryzm temperatura w ich wnętrzu prawie całkowicie zrównała się z temperaturą otoczenia, co świadczyło o osłabieniu procesów przemiany substancji organicznych, a tym samym wskazywało na stabilizację kompostu.

Z badań wynika, że w przypadku wspólnego kompostowania osadów ściekowych i słomy, w celu uzyskania wymaganej temperatury, a także wystarczającego stopnia rozkładu słomy, nie jest konieczne zbyt duże zawężanie stosunku C:N (do

Tabela 2. Skład chemiczny kompostowanych materiałów i kompostów**Table 2.** Chemical composition of composted wastes and compost

Składnik Component	Materiał Material				
	słoma straw	osad płynny fluid sewa- ge sludge (Kamie- niec)	osad od- wodniony concentra- ted sewage sludge (Dobroszy- ce)	kompost z osadów płynnych compost from fluid sewage sludge	kompost z osadu odwo- dnionego ¹⁾ compost from con- centrated sewage sludge ¹⁾
Sucha masa ogółem, % Total dry matter, %	90,9	9,0	69,0	93,6	95,5
Substancja organiczna, g·kg ⁻¹ s.m. Organic substances, g·kg ⁻¹ DM	838,0	589	647,2	758,0	649,0
Substancja mineralna, g·kg ⁻¹ s.m. Mineral substances, g·kg ⁻¹ DM	162,0	411	352,8	242,0	350,0
C _{org.} , g·kg ⁻¹ s.m. C _{org.} , g·kg ⁻¹ DM	384,0	180,0	172,0	373,0	246,0
N _{og.} Kjeld., g·kg ⁻¹ s.m. N _{tot.} Kjeld., g·kg ⁻¹ DM	6,1	28,4	32,0	23,3	35,5
N-NH ₃ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	0,3	1,3	1,4	0,4	6,4
N-NO ₃ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	0,1	0,1	0,2	0,9	3,0
P _{og.} , g·kg ⁻¹ s.m. P _{tot.} , g·kg ⁻¹ DM	1,1	9,0	11,2	3,6	3,2
K _{og.} , g·kg ⁻¹ s.m. K _{tot.} , g·kg ⁻¹ DM	6,0	8,8	2,4	10,3	7,4
Na ⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	3,0	15,7	1,4	1,6	0,7
Cl ⁻ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	28,8	1,9	1,2	3,4	43,3
SO ₄ ²⁻ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	16,5	22,0	2,0	52,3	25,8
Mg ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	0,7	0,3	0,7	11,8	9,1
Ca ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	1,3	1,5	14,2	37,0	51,1
Cr, g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	5	170	150	226	44
Zn ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	26	1732	2285	2084	480
Cd ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	2	2,0	1,6	1,9	2,0
Cu ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	4	524	530	83	40
Ni ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	0	90	70	56	5
Pb ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	4	46	40	67	7
Hg ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	2	3,8	3,0	4,9	1,0
pH	–	6,8	7,1	7,2	7,0

¹⁾ Stosunek C:N = 20. ¹⁾ The ratio of C:N = 20.

wartości 10, czy 15), wyjściowy stosunek C:N w kompostowanej masie powinien być jednak nie większy niż 20, a czas kompostowania nie krótszy niż 5 miesięcy. Skład chemiczny kompostu otrzymanego po 5 miesiącach był korzystny (tab. 2). Kompost ten nadawał się do wykorzystania w rolnictwie gdyż spełniał wymagania dotyczące zawartości metali ciężkich i mikroorganizmów chorobotwórczych określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych [Rozporządzenie ..., 2002].

Wartość nawozowa otrzymanych kompostów została stwierdzona w badaniach. Nawożono nimi gorczycę białą i kukurydzę [CZYŻYK, KOZDAŚ, SIERADZKI, 2002]. Obydwie rośliny reagowały na nawożenie tymi kompostami wyraźnym zwiększeniem plonów, porównywalnym z efektami nawożenia dużymi dawkami N, P, K. Dawki kompostu, wyliczone z ilości azotu, wystarczające dla gorczycy wynoszą 160–200 kg N·ha⁻¹, a dla kukurydzy 200–250 kg N·ha⁻¹.

Obecnie na Stacji Badawczej IMUZ w Kamieńcu Wrocławskim jest prowadzony następny cykl badań, dotyczący wpływu nawożenia roślin kompostem z osadów ściekowych na środowisko wodne i glebowe. Są to badania lizymetryczne z zastosowaniem różnych poziomów nawożenia gleby kompostem i nawozami

Tabela 3. Zawartość niektórych składników w glinie lekkiej, nawożonej NPK i kompostem z osadu ściekowego

Table 3. Content of some components in the light clay, fertilized with NPK and compost obtained from sewage sludge

Składnik Components	Gleba przed nawożeniem Unfertilized soil	Gleba nawożona Soil fertilized with			
		kompostem compost		NPK	
		zwartość składników components concentration	przyrost increase %	zwartość składników components concentration	przyrost increase %
C _{org.} , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	15,0	18,2	21,3	16,0	6
N _{og.} Kjeld., g·kg ⁻¹ s.m.	2,03	2,22	9,3	2,08	2,5
N _{tot.} Kjeld., g·kg ⁻¹ DM					
N-NH ₃ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	0,05	0,05	0	0,02	-60
N-NO ₃ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	0,02	0,02	0	0,02	0
P _{og.} , g·kg ⁻¹ s.m.	0,70	0,75	7,2	0,78	11,4
P _{tot.} , g·kg ⁻¹ DM					
K _{og.} , g·kg ⁻¹ s.m.	2,3	2,3	0	2,3	0
K _{tot.} , g·kg ⁻¹ DM					
Na ⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	0,4	0,45	12,5	0,50	25
Mg ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	0,9	0,9	0	0,9	0
Ca ²⁺ , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	0,2	0,2	0	0,2	0
pH	5,8	6,3	-	5,8	-

mineralnymi NPK. Kompost i nawozy są stosowane corocznie wiosną i mieszane z 10-centymetrową warstwą gleby. Wstępne wyniki tych badań wykazały, że nawożenie gleby kompostem z osadów ściekowych wpływa korzystnie na jej żyzność. Na przykład po 2-krotnym zastosowaniu kompostu (w pierwszym roku do nawożenia traw, a w drugim – pod kukurydzę), stwierdzono wyraźne zwiększenie zawartości substancji organicznej, azotu i fosforu w przypowierzchniowej warstwie gleby (tab. 3). Są to wyniki z wariantu odpowiadającego poziomowi nawożenia azotowego w ilości $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. W przypadku nawożenia kompostem były to dawki $0,6 \text{ kg s.m.}\cdot\text{m}^{-2}$. Nawożenie NPK odpowiadało poziomowi $\text{N} = 150$, $\text{P} = 40$ i $\text{K} = 90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Z prowadzonych obecnie badań wynika również, że komposty z osadów ściekowych są nawozem bezpieczniejszym dla środowiska wodnego niż nawozy mineralne. Otrzymane wyniki wykazały np., że zanieczyszczenie odcieków z gleby azotem, a zwłaszcza azotanami, jest kilkakrotnie mniejsze w przypadku nawożenia kompostem niż w przypadku podobnego poziomu nawożenia mineralnego [CZYŻYK, KOZDRAŚ, 2003].

PODSUMOWANIE

Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że kompostowanie osadów ściekowych i ich wykorzystanie w rolnictwie, powinno się stać priorytetową metodą ich unieszkodliwiania i zagospodarowania. Jest to zgodne z zasadą obiegu gospodarki odpadami, uznawaną i szeroko stosowaną w wielu krajach europejskich, gdzie wskaźnik wykorzystania osadów ściekowych w rolnictwie jest wielokrotnie większy niż w Polsce. Osady ściekowe powinny być traktowane jak cenne pozarolnicze źródło substancji organicznej dla gleby. Kompostując osady ściekowe z odpadami roślinnymi, możemy z każdej tony suchej masy osadu otrzymać przeciętnie 2 t suchej masy wartościowego nawozu organicznego. Kompostowane z odpadami rolniczymi powinny być przede wszystkim osady z oczyszczalni ścieków bytowo-gospodarczych, a zwłaszcza ścieków ze wsi i gmin wiejskich. Wyniki badań omówione w niniejszej pracy świadczą o tym, że stosując prostą metodę kompostowania osadów ściekowych z odpadami roślinnymi w pryzmach na wolnym powietrzu, można uzyskać wartościowy i bezpieczny nawóz organiczny. W wyniku kompostowania, zarówno płynnych, jak i odwodnionych osadów ściekowych ze słomą, otrzymano kompost zawierający 65–75% substancji organicznej, 2,3–3,5% azotu, 0,3–0,36% fosforu i 0,7–1,0% potasu. Zawartości metali ciężkich w tym kompoście były mniejsze od dopuszczalnych.

Rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych i wytworzonych z nich kompostów spotyka się często z uprzedzeniami powodowanymi świadomością ich pochodzenia. Biorąc to pod uwagę, należy stwierdzić, że nie ma konieczności stosowania osadów i kompostów osadowych w ogrodnictwie, czy też do nawożenia roślin

przeznaczonych do bezpośredniego spożycia. Można jednak bez żadnych przeszkód zalecić stosowanie osadów i kompostów osadowych do nawożenia roślin przemysłowych (buraków cukrowych, rzepaku i innych roślin służących np. do produkcji biopaliw).

LITERATURA

- BARAN S., FLIS-BUJAK M., TURSKI R., ŻUKOWSKA G., 1993. Przemiany substancji organicznej w glebie lekkiej użyźnionej osadem ściekowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 409 s. 243–250.
- BÖHME L., 1957. Compostierung von Klarschlamm nach dem Verfahren natürlicher compostierung. *Landwirtschaft. H 12* s. 1–83.
- CZYŻYK F., KUCZEWSKA M., SIERADZKI T., 2001. Wstępne wyniki badań kompostowania płynnych osadów ściekowych ze słomą. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 475 s. 263–270.
- CZYŻYK F., KOZDRAŚ M., SIERADZKI T., 2002. Wartość nawozowa kompostów z osadów ściekowych i słomy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 484 s. 117–124.
- CZYŻYK F., KOZDRAŚ M., 2003. Wpływ nawożenia traw kompostem z osadów ściekowych na skład chemiczny odcieków z gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 494 s. 85–92.
- DROZD J., JAMROZ E., LICZNAK M., LICZNAK S.F., WEBER J., 1997. Organic matter transformation and humic indices of compost maturity stage during composting of municipal solid wastes. W: *The role of humic substances in the ecosystems and in environmental protection*. Wrocław: PTSH s. 855–861.
- DROZD J., LICZNAK M., WEBER J., 2002. *Gleboznawstwo z elementami mineralogii i petrografii*. Wrocław: Wydaw. AR ss. 210.
- GAWLIK T., SUMISŁAWSKI K., CHRZANOWSKI J., 2000. Wpływ nawożenia osadem na jakość i plonowanie roślin uprawnych. W: *Charakterystyka i zagospodarowanie osadów ściekowych*. Bydg. Tow. Ściek. Ser. A 31 s. 74–81.
- HERAMANOWICZ W., DOŻAŃSKA W., DOJLIDO J., KOZIOROWSKI B., 1976. *Fizyczno-chemiczne badanie wody ścieków*. Warszawa: Arkady ss. 539.
- IGLESIAS-JIMENEZ E., PEREZ-GARCIA V., 1992. Determination of maturity indices for city refuse compost. *Agricult. Ecosyst. and Environ.* 38 s. 331–343.
- IMHOFF K., IMHOFF K.R., 1985. *Taschenbuch der Stadtentwässerung*. Auflage. München Oldenburg Verlag ss. 322.
- KASPRZAK K., 1998. Założenia teoretyczne i wymogi praktyczne kompostowania odpadów organicznych. W: *Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej a ochrona środowiska. IX Międzynar. Konf. Poznań: ABRYS* s. 125–238.
- KRZYWY E., WAŁOSZYK C., IZEWSKA A., 2000. Ocena możliwości rolniczego wykorzystania kompostów z osadów z komunalnych oczyszczalni ścieków. W: *Charakterystyka i zagospodarowanie osadów ściekowych*. Bydg. Tow. Ściek. Seria A 30 s. 29–35.
- MAĆKOWIAK C., 2000. Skład chemiczny osadów ściekowych i ich wartość nawozowa. W: *Charakterystyka i zagospodarowanie osadów ściekowych*. Bydg. Tow. Ściek. Seria A 30 s. 16–21.
- MAZUR T., 1996. Rozważania o wartości nawozowej osadów ściekowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 437 s. 13–22.
- Ochrona Środowiska, 2002. Warszawa: GUS ss. 500.
- ROSIK-DULEWSKA C., 1996. Celowość i ekonomiczne uzasadnienie budowy kompostowni, metody, organizacja i sposoby kompostowni. W: *Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej a ochrona środowiska. Cz. 3^o. Międzynar. Konf. (Wisła, styczeń 1996)*. Poznań: ABRYS s. 63–83.

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 1.08.2002 w sprawie komunalnych osadów ściekowych. Dz. U. nr 134 poz. 1140.
- SEBASTIAN M., SZPADT R., 1999. Indywidualne kompostowanie biofrakcji odpadów ogrodowych w kompostach przydomowych. W: Kompostowanie i użytkowanie kompostów. 1 Konf. Nauk. Tech. Puławy-Warszawa. IOŚ, IUNG, PTIE s. 117–124.
- SIUTA J., WASIAK G., CHŁOPECKI K., KAŻMIECZUK M., JOŃCA M., MAMELKA-SULEK S., 1996. Przyrodniczo-techniczne przetwarzanie osadów ściekowych na kompost. Warszawa: IOŚ ss. 40.
- SIUTA J., 2000. Sposoby i obiekty przyrodniczego użytkowania osadów ściekowych. W: Charakterystyka i zagospodarowanie osadów ściekowych. Bydg. Tow. Ściek. Ser. A 30 s. 7–15.
- WASIAK G., 1994. Wytwarzanie, właściwości i gospodarka osadami ściekowymi w Polsce na tle Zachodniej Europy i USA. W: Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych. Semin. Nauk.-Tech. Warszawa: IOŚ, AG-CHEM EQ CO. INC s. 11–23.
- Zestaw Norm. Woda i ścieki, 1999. Warszawa: Wydaw. Normalizacyjne Alfa-Wero.

Franciszek CZYŻYK, Magdalena KOZDRAŚ

CHEMICAL PROPERTIES AND COMPOSTING OF SLUDGE FROM RURAL WASTEWATER TREATMENT PLANT

Key words: composting, plants' waste, sewage sludge

S u m m a r y

One of the non-agricultural sources of organic substances in Poland is sewage sludge, amount of which is constantly growing as a result of increasing number of sewerage systems and sewage-treatment plants. Sludge generated in municipal wastewater treatment plants can in most cases be utilised in agriculture, after being appropriately processed and sanitary neutralised. A simple and easy method for preparing this kind of sludge for utilisation in agriculture is composting. Presented in the paper are the results of tests on chemical composition of sludge from small wastewater treatment plants and composting it with straw, a commonly available agricultural waste product. These tests have shown that straw is a material rather difficult for composting, but providing sufficient quantity of nitrogen to achieve the C:N ratio of about 20 and extending the composting time to 4–5 months, it is possible to obtain compost of high quality and completely safe from the sanitary point of view. Composting process can be a simple and effective method of ultimate neutralisation and utilisation of sediments from rural and municipal wastewater treatment plants. Utilisation of compost obtained as a raw material for fertilisation of soil provides beneficial effects on fertility by significantly increasing the content of organic substances and nutritive components for plants in the soil.

Recenzenci:

prof. dr hab. Elżbieta Biernacka

prof. dr hab. Andrzej Sapek

Praca wpłynęła do Redakcji 19.12.2003 r.

