

ZAWARTOŚĆ WĘGLA I JEGO FRAKCJI
ORAZ MAKROSKŁADNIKÓW W KOMPOŚCIE
WYPRODUKOWANYM WG TECHNOLOGII GWDA

D. Kalembasa, B. Symanowicz, B. Kuziemska

Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Akademia Podlaska w Siedlcach
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: kalembasa@ap.siedlce.pl

Streszczenie. Produkcja kompostów metodą GWDA jest jednym ze sposobów przygotowania osadów ściekowych do rolniczego ich wykorzystania. Badany kompost otrzymano z osadu ściekowego, z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej w Węgrowie, do której spływają ścieki komunalne (25%) i ścieki przemysłu mleczarskiego (75%). Zawartość suchej masy w tym kompoście wynosiła 45,9%; w suchej masie stwierdzono w $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$: węgla w związkach organicznych 228; azotu całkowitego 12,51; fosforu 7,48; potasu 1,27; wapnia 15,51; magnezu 1,66; siarki 4,05; sodu 0,21 oraz wśród metali ciężkich: kadmu 1,57 i ołowiu 14,0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy. W całkowitej zawartości węgla w związkach organicznych, w ekstrakcie 0,1 mol $\text{NaOH}\cdot\text{dm}^{-3}$ stwierdzono 62,3% jego zawartości, w której 65% to węgiel w kwasach huminowych, a 35% - w kwasach fulwowych. Stosunek makroskładników N:P:K:Ca:Mg:S, przy założeniu, że N = 1, wynosił 1,0:0,6:0,1:1,24:0,13:0,32, co wskazuje na duże niedobory potasu w badanym kompoście. Stosunek C:N wynoszący 18,2:1 świadczy o możliwości szybkiej mineralizacji kompostu po jego wprowadzeniu do gleby. Zawartość metali ciężkich pozwala na wykorzystywanie rolnicze tego kompostu.

Słowa kluczowe: kompost wyprodukowany wg technologii GWDA, osad ściekowy, węgiel, frakcje węgla, makroskładniki.

WSTĘP

W ostatnich latach nastąpił znaczący postęp w zakresie sanitacji, głównie w dużych aglomeracjach miejskich i coraz częściej, w mniejszych – powiatowych oraz gminnych. Osady ściekowe otrzymywane z oczyszczalni mechaniczno-biologicznych charakteryzują się zróżnicowanym składem chemicznym, zależnym

przede wszystkim od składu oczyszczanych ścieków. Zawierają one znaczne ilości nawozowych składników pokarmowych (makro- i mikroskładników) oraz próchnicotwórczą materię organiczną [11].

Wykorzystanie glebotwórczego i nawozowego potencjału osadów ściekowych jest zasadne z ekologicznego punktu widzenia. Pozwala m.in. na ograniczenie zużycia nawozów mineralnych, których efekty ekologiczne są mniej korzystne niż nawozów organicznych [8,13].

Wykorzystanie osadów ściekowych do nawożenia i rekultywacji gleb zdegradowanych i gruntów bezglebowych jest często ograniczone z powodu zanieczyszczeń ich różnymi związkami nieorganicznymi i organicznymi (m.in. metalami ciężkimi, związkami organicznymi pochodzenia przemysłowego) oraz skażeń mikrobiologicznych (m.in. chorobotwórczych mikroorganizmów, jaj pasożytów przewodu pokarmowego itp.). Opracowano szereg sposobów utylizacji osadów ściekowych [9,10], w których wykorzystuje się procesy fizyczne, chemiczne i biologiczne, różniące się zakresem ich przeróbki, nakładami finansowymi oraz jakością i przydatnością do rolniczego wykorzystania otrzymanego produktu końcowego.

Jednym ze sposobów biologicznej przeróbki osadów ściekowych, zwłaszcza w oczyszczalniach średniej wielkości, jest metoda kompostowania wg. technologii GWDA. Faza podstawowa kompostowania polega na zmieszaniu osadu ściekowego z materiałami organicznymi, w celu zapewnienia optymalnego stosunku C:N, w granicach 17-30:1 oraz C:P = 100:1. Z mieszaniny tej układa się pryzmę na metalowej konstrukcji z perforowanych rur. Za pomocą wysokociśnieniowego wentylatora napowietrza się przygotowaną pryzmę przez 2 tygodnie, po czym napowietrzony materiał kierowany jest do dojrzewania. Otrzymany tą metodą kompost może być wykorzystany do bezpośredniego nawożenia lub może służyć do produkcji wzbogaconego w składniki mineralne nawozu o nazwie KOMPROL [1].

W procesie tym bardzo ważne jest właściwe natlenienie pryzmy kompostowej, gdyż decyduje to o tempie przemian związków azotu i węgla zawartych w materiałach organicznych. Ciećko i in. [2] podają, że nawet 24-tygodniowy okres kompostowania osadów ściekowych z dodatkiem różnych odpadów organicznych nie spowodował pełnej stabilizacji otrzymanego kompostu. Dla oceny przydatności kompostu do nawożenia opracowywane są różne indeksy chemiczne [3].

Celem niniejszych badań było określenie zawartości węgla i jego frakcji oraz makroskładników w kompoście wyprodukowanym z mieszaniny osadu ściekowego i słomy wg technologii GWDA.

MATERIAŁ I METODY

Kompost użyty do badań wyprodukowano z mieszaniny osadu ściekowego i słomy zbóż ozimych, na terenie mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Węgrowie, gdzie zamontowany jest system GWDA. Oczyszczalnia ta oczyszcza ścieki z przemysłu mleczarskiego (~75%) i komunalne (~25%). Do osadu ściekowego dodawano tyle słomy ile potrzeba było do uzyskania optymalnego stosunku C:N i mieszaninę tą poddawano procesowi kompostowania wg technologii GWDA.

Do analiz chemicznych pobrano próby z 9 kompostów.

W pobranym kompoście oznaczono:

- suchą masę, metodą suszarkową;
- azot całkowity, w materiale świeżym zmodyfikowaną metodą Kjeldahla [6];
- składniki mineralne, oznaczono w roztworze uzyskanym po mineralizacji „na mokro” (w mineralizatorze Anton Pear, Multiwave sample preparation system) na spektrometrze emisyjnym z indukcyjnie wzbudzoną plazmą Perkin Elmer, Optima 3200RL;
- zawartość węgla w związkach organicznych, metodą oksydacyjno-miareczkową [7];
- skład frakcyjny związków próchnicznych oznaczono prowadząc ekstrakcję wg metody Schnitzera [12].

Zależności między stężeniami oznaczonych pierwiastków określono przy pomocy współczynnika korelacji r .

WYNIKI I DYSKUSJA

Podstawowym kryterium rolniczej użyteczności kompostów jest zawartość w nich składników próchnicotwórczych i nawozowych.

Zawartość suchej masy badanych prób kompostu wynosiła średnio 45,9% (Tab. 1), co umożliwia stosowanie tego nawozu do nawożenia przy pomocy urządzeń mechanicznych.

Średnia zawartość makroskładników w kompoście otrzymanym wg technologii GWDA była zróżnicowana. Najwięcej stwierdzono wapnia ($15,51 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy), a najmniej sodu ($0,21 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy) i potasu ($1,27 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy). Zawartość metali ciężkich kadmu i ołowiu była niska i mieściła się w wartościach dopuszczalnych do stosowania kompostu dla celów rolniczych [4]. Analizowany kompost był zasobny w siarkę, której ilość wynosiła $4,05 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy. Stosunek N:P:K:Ca:Mg:S, przy $N = 1$, wynosił 1,0:0,60:0,10:1,24:0,13, co sugeruje, że badany kompost jest nawozem zasobnym w azot i fosfor. Niedobory potasu w nim wynikają z niskiej zawartości tego składnika w osadach ściekowych.

Tabela 1. Skład chemiczny kompostu, otrzymanego wg technologii GWDA**Table 1.** The chemical composition of compost produced by GWDA method

Składnik	Wartość			Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
	Średnia	Minimalna	Maksymalna		
Sucha masa	45,9	44,9	47,9	1,05	2,28
pHH ₂ O		5,47	5,52		
g·kg ⁻¹ suchej masy					
N	12,51	11,70	13,50	0,56	4,47
P	7,48	6,99	7,92	0,40	5,35
K	1,27	1,12	1,45	0,10	7,87
Ca	15,51	14,72	16,00	0,51	3,29
Mg	1,66	1,52	1,79	0,09	5,42
S	4,05	3,79	4,32	0,19	4,69
Na	0,21	0,19	0,23	0,01	4,76
mg·kg ⁻¹ suchej masy					
Cd	1,57	1,43	1,70	0,11	7,00
Pb	14,00	12,90	14,85	0,50	3,57

Wartość współczynnika korelacji (Tab. 2) dla wszystkich oznaczanych pierwiastków była istotna. Może to świadczyć o małym zróżnicowaniu zawartości tych pierwiastków w osadach ściekowych wykorzystywanych do produkcji kompostu, dobrym wymieszaniu wyjściowych materiałów organicznych oraz intensywnym procesie mineralizacji tych materiałów. Wśród istotnych współzależności najniższe wartości współczynnika korelacji stwierdzono dla potasu, co może wskazywać na tworzenie trwałych połączeń tego pierwiastka z innymi pierwiastkami zawartymi w otrzymanym kompoście.

Całkowita zawartość węgla w związkach organicznych wynosiła 228 g·kg⁻¹ suchej masy badanego kompostu (Tab. 3). Analiza frakcyjna wykazała, że w I ekstrakcie alkalicznym znajdowało się 40,1%, a w II 22,2%, co w sumie stanowiło 62,3% węgla całkowitego = 100%.

W I i II frakcji alkalicznej większość węgla zawarta była w kwasach fulwowych, a stosunek C_{KH}:C_{KF} wynosił odpowiednio 0,29 i 0,40. Podobną zależność stwierdziła Flis-Bujak i in. [5] w kompostowanych osadach z odpadami organicznymi, stosując inną metodę ekstrakcji. Uzyskane wyniki wskazują na dynamiczny, ale nie zakończony proces kompostowania.

Tabela 2. Wartość współczynnika korelacji dla oznaczonych pierwiastków
Table 2. The values of correlation coefficient for determined elements

	s.m.	N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cd	Pb
s.m.	–	0,99	0,99	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99
N		–	0,97	0,98	0,99	0,97	0,97	0,98	0,95	0,98
P			–	0,94	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99
K				–	0,96	0,94	0,95	0,96	0,94	0,95
Ca					–	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Mg						–	0,99	0,99	0,97	0,99
Na							–	0,99	0,98	0,99
S								–	0,99	0,99
Cd									–	0,98
Pb										–

Tabela 3. Zawartość węgla i jego frakcji w kompoście otrzymanym wg technologii GWDA
Table 3. The content of carbon and its fraction in compost produced according to GWDA technology

Zawartość całkowita C w związkach organicznych (C_t) g·kg ⁻¹ suchej masy	288
I frakcja alkaliczna	
zawartość C wyekstrahowanego w stosunku do $C_t = 100\%$	40,1%
	C_{KH} 22,3%
	C_{KF} 77,7%
	$C_{KH}:C_{KF}$ 0,29
II frakcja alkaliczna	
zawartość C wyekstrahowanego w stosunku do $C_t = 100\%$	22,2%
	C_{KH} 28,6%
	C_{KF} 71,4%
	$C_{KH}:C_{KF}$ 0,40
Zawartość wyekstrahowanego węgla w I i II frakcji alkalicznej w stosunku do $C_t = 100\%$	62,3%

C_{KH} – węgiel w kwasach huminowych;

C_{KF} – węgiel w kwasach fulwowych.

WNIOSKI

1. W kompoście wyprodukowanym z mieszaniny osadu ściekowego i słomy wg technologii GWDA stwierdzono znaczną zawartość węgla w związkach organicznych, w tym większość węgla ekstrahowanego w I i II frakcji występowała w kwasach fulwowych.
2. Oznaczana zawartość suchej masy, makroskładników i metali ciężkich czyni badany kompost użytecznym nawozem organicznym.

PIŚMIENNICTWO

1. **Anonim.:** System zagospodarowania osadów ściekowych i odpadów organicznych spółki wodno-ściekowej GWDA. Piła, 1998.
2. **Ciećko Z., Harnisz M., Najmowicz T.:** Dynamika zawartości węgla i azotu w osadach ściekowych podczas ich kompostowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 475, 253-262, 2001.
3. **Drozd J., Licznar M., Weber J., Licznar S.E.:** Chemiczne indeksy dojrzałości kompostów produkowanych z odpadów miejskich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 437, 139-146, 1996.
4. **Dziennik Ustaw** nr 72, poz. 813 z dnia 11 sierpnia 1999.
5. **Flis-Bujak M., Baran S., Żukowska G.:** Właściwości materii organicznej wybranych odpadów o charakterze nawozowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 437, 147-152, 1966.
6. **Kalembasa S., Carlson R.W., Kalembasa D.:** A new method for the reduction of nitrates in total nitrogen determination according to the Kjeldahl method. *Polish J. Soil Sci.*, 22(2), 21-26, 1989.
7. **Kalembasa S., Kalembasa D.:** The quick method for the determination of C/N ratio in mineral soils. *Polish J. Soil Sci.*, 25(1), 41-46, 1992.
8. **Kalembasa S., Tengler Sz.:** Wykorzystanie węgla brunatnego w nawożeniu. Monografia 21, Wyd. WSR-P w Siedlcach, 1992.
9. **Kalembasa S., Symanowicz B.:** Przetwarzanie osadów ściekowych z użyciem węgla brunatnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 422, 75-87, 1995.
10. **Kalembasa S., Kalembasa D.:** Wybrane chemiczne i biologiczne metody przeróbki osadów ściekowych. *Biotechnologia*, 36(1), 45-51, 1997.
11. **Kalembasa D., Pakuła K., Becher M.:** Zawartość makro- i mikroprzewodników w osadach ściekowych rejonu siedleckiego. *Zesz. AR w Szczecinie, Ser. Agric.*, 77, 125-128, 1999.
12. **Schnitzer M.:** Humic substances. Chemistry and reactions. In: *Soil organic matter*. Elsevier, New York, 1978.
13. **Siuta J.:** Uwarunkowania i sposoby przyrodniczego użytkowania osadów ściekowych. Inżynieria i ochrona środowiska. *Wyd. Polit. Częstochowska*, 3, 1-2, 105-118, 2000.

THE CONTENT OF CARBON AND ITS FRACTIONS
AS WELL AS MACROELEMENTS IN COMPOST PRODUCED
ACCORDING TO GWDA TECHNOLOGY

D. Kalembasa, B. Symanowicz, B. Kuziemska

Soil Science and Plant Nutrition Department, Academy of Podlasie in Siedlce
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: kalembasa@ap.siedlce.pl

Summary. The production of compost according to GWDA technology is the one of means for the preparation of the waste activated sludges for their agricultural utilization. The investigated compost was prepared on the mechanical-biological sewage purification plants at Węgrów which collects municipal (25%) and from milk processing factory (75%) sewages. The content of dry matter in compost reached 45,9% and in dry matter the following macroelements in $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ N-12,51, P-7,48, K-1,27, C-12,51, Mg-1,66, S-4,05, Na-0,21 and heavy metals in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of dry matter: Cd -1,57, Pb-14,0. In the total amount of organic carbon in the I alkaline extracts ($0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ NaOH) 62,3% was stated among this 65,0 of carbon was in humic acids and 35,0% in fulvic acids. The ratio of macroelements N:P:K:Ca:Mg:S, where N = 1 was 1,0:0,6:0,1:1,24:0,13:0,32 what indicates big deficiency of potassium in investigated compost. The ratio of C:N = 18,2:1 indicated on the possibility of the quick mineralization process of compost after application in to the soils. The content of cadmium and lead allow on the agricultural utilization of investigated composts.

Keywords: compost produced according to GWDA technology, waste activated sludge, carbon, fractions carbon, macroelements.