

WYKORZYSTANIE PACIORKOWCÓW KAŁOWYCH W MIKROBIOLOGICZNEJ OCENIE PROCESU HIGIENIZACJI KOMPOSTOWANYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Beata SZALA, Zbigniew PALUSZAK

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Rolniczy, Katedra Mikrobiologii

Słowa kluczowe: kompostowanie, osad ściekowy, paciorkowce kałowe

Streszczenie

Ze względu na obecność w surowym osadzie ściekowym zarówno niebezpiecznych związków chemicznych, jak i patogennych drobnoustrojów, musi być on poddany procesowi uzdatniania. Wykorzystanie w rolnictwie niewłaściwie higienizowanych osadów ściekowych stanowi zagrożenie dla środowiska oraz zdrowia ludzi i zwierząt. Celem badań była mikrobiologiczna ocena skuteczności kompostowania osadów ściekowych wraz z odpadami z miejskich terenów zielonych w technologii kontenerowej, na podstawie tempa inaktywacji paciorkowców kałowych. Doświadczenie prowadzono w trzech cyklach – wiosną, latem i jesienią. Bakterie wskaźnikowe wprowadzano do kompostowanego materiału w postaci nośników. W czasie trwania procesów kompostowania stwierdzono całkowitą eliminację paciorkowców kałowych w nośnikach z górnej i środkowej warstwy biomasy we wszystkich cyklach. Teoretyczny czas przeżywalności bakterii wynosił od 19 do 49 dni. Latem i jesienią w nośnikach z warstwy dolnej liczebność bakterii wskaźnikowych po 35 i 38 dniach zmniejszyła się z wartości 10^9 NPL·g⁻¹ do odpowiednio 10^4 i 10^3 NPL·g⁻¹. W nośnikach w warstwie dolnej nie uzyskano więc pełnej higienizacji biomasy.

WSTĘP

Osad ściekowy jest związany z procesem mechanicznego i biologicznego oczyszczania ścieków. Jako końcowy produkt uzdatniania ścieków akumuluje on

wiele związków, które nie są w pełni rozkładane podczas procesu uzdatniania [SCHNAAK i in., 1997]. Różne składniki, szczególnie związki zawierające N, P i K oraz mikroelementy sprawiają, że osad korzystnie wpływa na właściwości gleby [CHU, POON, CHEUNG, 1998; YINGMING, COREY, 1993]. W osadzie ściekowym występują również zróżnicowane pod względem morfologicznym i fizjologicznym grupy bakterii, wirusów, grzybów drożdżoidalnych i pleśniowych, pierwotniaków i pasożytów. Obok organizmów autochtonicznych pojawiają się drobnoustroje allochtoniczne, żyjące w glebie, wodzie, powietrzu, na roślinach oraz w układzie pokarmowym ludzi i zwierząt. Wśród nich można wyróżnić wiele mikroorganizmów chorobotwórczych [DUDLEY i in., 1980; STRAUCH, 1991]. Ze względu na obecność zarówno niebezpiecznych związków chemicznych, jak i patogennych drobnoustrojów surowy osad ściekowy musi być poddany procesowi uzdatniania. Wykorzystanie w rolnictwie niewłaściwie higienizowanych osadów ściekowych może powodować skażenie gleby. Następuje również bezpośrednie lub pośrednie przeniesienie czynników chorobotwórczych na zwierzęta hodowlane, co prowadzi do włączenia organizmów patogennych do łańcucha pokarmowego, a w konsekwencji do zakażenia ludzi [BEFFA i in., 1996; BÖHM, 2000].

Jedną z najstarszych i powszechnie stosowanych metod uzdatniania odpadów organicznych jest proces kompostowania. Mikrobiologiczna walidacja kompostowania na podstawie zachowania w trakcie procesu wybranych drobnoustrojów indykatorowych umożliwia oszacowanie ryzyka skażenia środowiska w efekcie zastosowania powstałych kondycjonerów do nawożenia gleby. Jako wskaźniki fekalnego zanieczyszczenia środowiska powszechnie wykorzystuje się paciorkowce kałowe. Są one bardzo odporne na niekorzystne warunki środowiska, w tym wysoką temperaturę [CHRISTENSEN i in., 2002; HASSEN i in., 2001; PARMAR, SINGH, WARD, 2001].

Celem badań była mikrobiologiczna ocena skuteczności kompostowania osadów ściekowych z odpadami z miejskich terenów zielonych w technologii kontenerowej, na podstawie tempa inaktywacji paciorkowców kałowych.

METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w trzech cyklach – wiosennym, letnim i jesiennym, podczas kompostowania osadów ściekowych w technologii kontenerowej. Polega ona na intensywnym kompostowaniu odpadów organicznych w zamkniętych kontenerach przez około 2 tygodnie. W tym czasie biomasa jest napowietrzana, a system komputerowy kontroluje zmiany temperatury. Po fazie intensywnego kompostowania z materiału wysypanego z kontenerów usypuje się pryzmę. W celu zapewnienia odpowiednich warunków dalszego przebiegu procesu kompostowania, biomasa jest co 2 tygodnie mechanicznie przerzucana. Proces dojrzewania trwa około 6 tygodni.

Mikrobiologiczna ocena skuteczności procesu kompostowania polega na inaktywacji paciorkowców kałowych, wprowadzanych do kompostowanej biomasy w postaci nośników. Kuliste nośniki wykonane z pasteryzowanego kompostu, zaszczepiono 1 cm³ zawiesiny paciorkowców kałowych. Koncentracja bakterii w użytej zawieszynie wynosiła 10⁷–10⁹ NPL·cm⁻³. Nośniki otaczano dodatkowo kompostem i umieszczano w nylonowych siatkach, a następnie wprowadzano do materiału kompostowanego w kontenerze w górnej, środkowej i dolnej warstwie biomasy. Po upływie ok. 2 tygodni, materiał był wysypywany z kontenerów i formowany w pryzmę. Część nośników przenoszono z kontenera do pryzmy. Zarówno w fazie intensywnego kompostowania w kontenerach, jak i dojrzewania kompostu w pryzmie, kolejne nośniki wyjmowano co kilka lub kilkanaście dni i poddawano analizom mikrobiologicznym. Stopień inaktywacji badanych bakterii oznaczano na podstawie zmiany ich liczebności. Z 1-gramowych naważek kompostu z nośników wykonywano szeregi 10-krotnych rozcieńczeń w 0,9% roztworze NaCl. Do identyfikacji paciorkowców zastosowano selektywne podłoże płynne z azydkiem sodu i glukozą. Materiał inkubowano w temperaturze 37°C przez 24 godziny. Z prób, w których stwierdzano zmętnienie pożywki wykonywano posiew na stałe podłoże selektywne z kanamycyną, eskuliną i azydkiem sodu. Hodowle prowadzono przez 24 godziny w temperaturze 37°C.

Liczebność bakterii oznaczano metodą najbardziej prawdopodobnej liczby (NPL). Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą programu Statistica. Wykreślono proste regresji, na podstawie których obliczono teoretyczny czas przeżywania bakterii w badanym materiale.

Podczas badań monitorowano również temperaturę, wilgotność i pH kompostowanej biomasy. W czasie fazy intensywnego kompostowania w kontenerze temperatura była mierzona za pomocą czujników umieszczonych w górnej i dolnej warstwie materiału. W czasie dojrzewania kompostu w pryzmie pomiary temperatury wykonywano ręcznie, za pomocą termometru.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Tempo inaktywacji paciorkowców kałowych było zróżnicowane zarówno w poszczególnych cyklach, jak i warstwach kompostowanego materiału.

W cyklu wiosennym liczebność enterokoków w nośnikach umieszczonych w kontenerze po 19 dniach kompostowania wyraźnie się zmniejszyła – z wartości 6,19·10⁷ do 1,48·10³ NPL·g⁻¹ w warstwie górnej, do 3,17·10² NPL·g⁻¹ w warstwie środkowej i do 2,46·10² NPL·g⁻¹ w warstwie dolnej do (tab. 1). Po przeniesieniu nośników z kontenera do pryzmy już po 30 dniach nie stwierdzono obecności bakterii indykatorowych w nośnikach z warstwy górnej i środkowej, a po kolejnych 7 dniach bakterie uległy całkowitej eliminacji również w nośnikach z warstwy dolnej (tab. 1).

Tabela 1. Liczebność paciorkowców kałowych w nośnikach w kontenerach i przyzmię, $\text{NPL} \cdot \text{g}^{-1}$
Table 1. Number of fecal streptococci in carriers in the container and the windrow, $\text{MPN} \cdot \text{g}^{-1}$

Cykl Cycles	Warstwy biomasy Layers of biomass	Terminy pobierania próbek, dni Times of sampling, days									
		w kontenerze in the container					w przyzmię (po przeniesieniu nośników) in the prism				
		0	7	19	23	30	37				
Wiosna Spring	góra top		$2,15 \cdot 10^6$	$1,48 \cdot 10^3$		ns	ns				
	środek middle		$2,47 \cdot 10^5$	$3,17 \cdot 10^2$		ns	ns				
	dół bottom	$6,17 \cdot 10^7$	$3,15 \cdot 10^6$	$2,46 \cdot 10^2$		$2,34 \cdot 10^2$	ns				
	kontrola control		$8,00 \cdot 10^6$	$5,50 \cdot 10^5$		$9,67 \cdot 10^5$	$2,65 \cdot 10^5$				$8,00 \cdot 10^5$
Lato Summer	góra top		$3,83 \cdot 10^3$	$3,17 \cdot 10^3$		$1,25 \cdot 10^2$	$1,67 \cdot 10^2$				$8,40 \cdot 10^1$
	środek middle		$2,34 \cdot 10^2$	$3,07 \cdot 10^1$		ns	ns				ns
	dół bottom	$2,07 \cdot 10^9$	$3,83 \cdot 10^4$	$3,83 \cdot 10^4$		$9,67 \cdot 10^4$	$1,07 \cdot 10^5$				$1,48 \cdot 10^4$
	kontrola control		$4,15 \cdot 10^8$	$3,17 \cdot 10^7$		$6,83 \cdot 10^6$	$6,17 \cdot 10^5$				$7,33 \cdot 10^4$
Jesień Autumn	góra top		$5,50 \cdot 10^5$	$5,17 \cdot 10^5$		$8,67 \cdot 10^3$	$2,83 \cdot 10^3$				$2,40 \cdot 10^1$
	środek middle		$3,32 \cdot 10^6$	$1,65 \cdot 10^6$		$8,00 \cdot 10^4$	$5,17 \cdot 10^3$				$2,34 \cdot 10^2$
	dół bottom	$5,50 \cdot 10^9$	$7,33 \cdot 10^7$	$3,83 \cdot 10^7$		$1,30 \cdot 10^7$	$9,67 \cdot 10^5$				$2,48 \cdot 10^3$
	kontrola control		$9,67 \cdot 10^7$	$9,67 \cdot 10^7$		$8,00 \cdot 10^6$	$7,33 \cdot 10^6$				$3,67 \cdot 10^6$

Objaśnienia: ns – nie wykryto badanych bakterii.

Explanations: ns – tested bacteria not detected.

W cyklu letnim inaktywacja paciorkowców przebiegała nieco wolniej. Po 7 dniach procesu intensywnego kompostowania w kontenerze zaobserwowano duży spadek liczebności bakterii – w warstwie górnej i środkowej o 6 log i 7 log, a warstwie dolnej o 5 log. Pomimo tak znacznego spadku liczebności w pierwszych dniach procesu, po 5 tygodniach paciorkowce nadal były obecne w nośnikach z warstwy dolnej (tab. 1).

W cyklu jesiennym paciorkowce kałowe przeżywały proces intensywnego kompostowania w kontenerach we wszystkich wprowadzonych nośnikach. Ich liczebność po 6 dniach wynosiła od 10^5 do 10^7 NPL·g⁻¹ (tab. 1). Najdłużej eliminacja bakterii przebiegała w nośnikach z dolnego poziomu. Obliczony na podstawie prostych regresji teoretyczny czas ich przeżywalności wynosił 68 dni (tab. 2).

Tabela 2. Równania prostych regresji przedstawiające dynamikę inaktywacji paciorkowców kałowych w kompostowanym materiale

Table 2. Regression line equations presenting the dynamic of faecal streptococci in the composting material

Cykl Cycles	Warstwy biomasy Layers of biomass	Równania regresji Regression eqatons	r^2 %	Przeżywalność bakterii, dni Survival of bacteria, days
Wiosna Spring	góra top	$y = -0,26x + 7,88$	84,64	30
	środek middle	$y = -0,25x + 7,29$	82,81	29
	dół bottom	$y = -0,21x + 7,34$	86,49	35
	kontrola control	$y = -0,06x + 7,34$	72,25	122
Lato Summer	góra top	$y = -0,20x + 7,01$	57,76	35
	środek middle	$y = -0,35x + 6,81$	56,25	19
	dół bottom	$y = -0,10x + 7,14$	47,61	71
	kontrola control	$y = -0,13x + 9,25$	94,09	71
Jesień Autumn	góra top	$y = -0,18x + 7,61$	79,21	42
	środek middle	$y = -0,16x + 7,77$	81,00	49
	dół bottom	$y = -0,13x + 8,86$	84,64	68
	kontrola control	$y = -0,06x + 8,45$	60,84	141

Objaśnienia: y – liczebność bakterii w danym czasie w biomacie, x – czas (dni), r – współczynnik korelacji.

Explanations: y – number of bacteria in biomass, x – time (days), r – correlation coefficient.

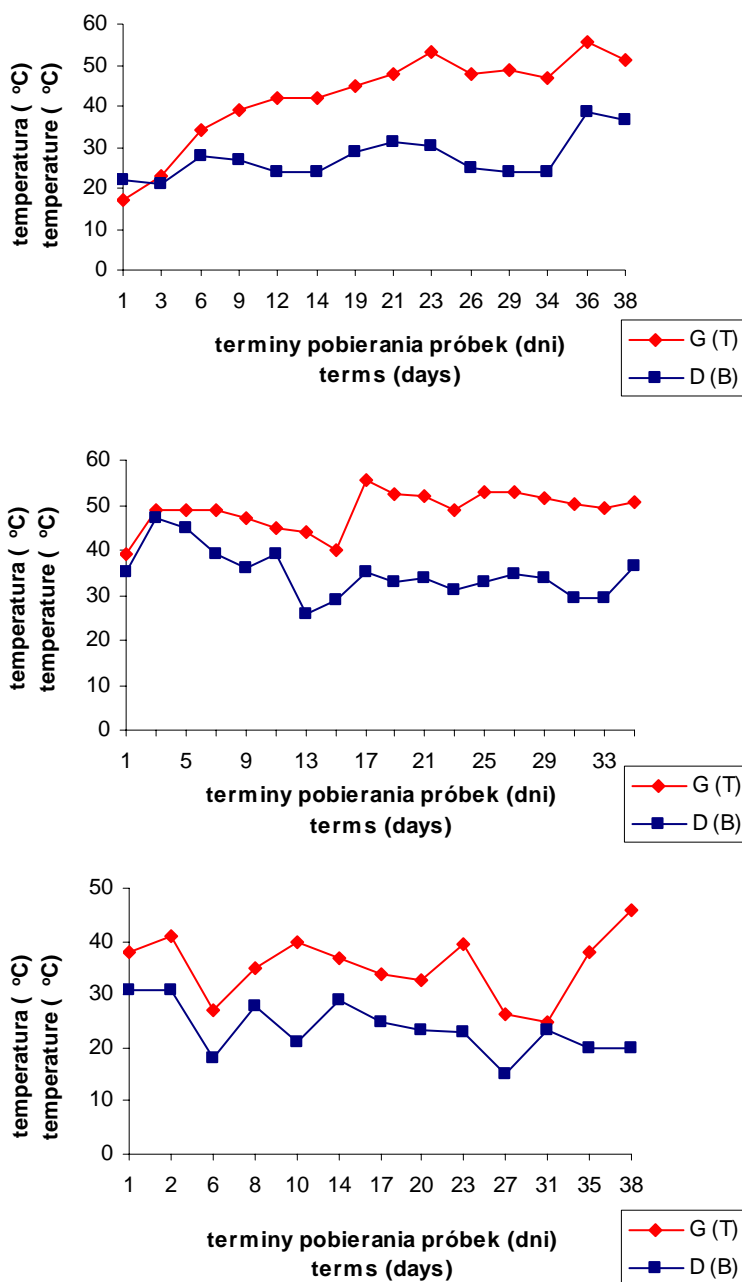
W badaniach własnych, jako wskaźniki higienizacji kompostowanego materiału, wykorzystano paciorkowce kałowe, uwzględniając ich dużą odporność na nieprzyjające warunki środowiska, co często jest podkreślane w literaturze [COOLS i in., 2001; EL-ABAGY, SHABAN, 1996; HASSEN i in., 2001]. Można przypuszczać, że w podobny sposób podczas kompostowania będzie przebiegała inaktywacja innych bakterii patogennych, które mogą wystąpić w materiale. We wszystkich badanych cyklach, w nośnikach pobieranych z warstwy górnej i środkowej, paciorkowce kałowe stopniowo ginęły, a teoretyczny czas ich przeżywalności wahał się od 19 do 49 dni.

CHRISTENSEN [2002] podaje, że niewielka liczebność paciorkowców kałowych w higienizowanym kompoście ($<100 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$) świadczy o tym, że cały materiał został poddany działaniu odpowiednio wysokich temperatur, przez wystarczająco długi czas. W badaniach własnych w cyklu jesiennym po 38 dniach procesu kompostowania stwierdzano jeszcze obecność tych bakterii w ilości od 1 do 3 log. Biorąc pod uwagę teoretyczny czas przeżywalności indykatorów (42 dni w warstwie górnej i 49 dni w warstwie środkowej) oraz to, że proces kompostowania w technologii kontenerowej trwał około 56 dni, można stwierdzić, że ostatecznie osiągnięto wymaganą sanitację materiału w jego wyższych warstwach.

Z przeprowadzonych badań wynika, że w cyklu letnim i jesiennym dolna część kompostowanej biomasy stanowi strefę zagrożenia, nie stwierdzono tu bowiem całkowitej eliminacji wykorzystanych bakterii wskaźnikowych. Zastosowanie takiego kompostu może spowodować skażenie środowiska. OGDEN [2001] i BÖHM [1999] podkreślają, że niewłaściwa higienizacja pociąga za sobą ryzyko rozprzestrzenienia się w środowisku specyficznych patogenów, które po włączeniu w łańcuch pokarmowy są przyczyną infekcji u zwierząt i ludzi. Ponadto nieprawidłowy przebieg procesu kompostowania może powodować rozmnożenie i rozprzestrzenienie potencjalnie patogennych, termotolerancyjnych i termofilnych gatunków bakterii [BEFFA, 1996; MILLNER i in., 1994].

W literaturze występują informacje o nierównomiernym rozkładzie temperatury w obrębie kompostowanej biomasy. Badania TATEDA i in. [2002] prowadzone podczas kompostowania osadu ściekowego w zamkniętych pojemnikach wykazały, że najwyższa temperatura wystąpiła w górnej warstwie biomasy, natomiast w dolnej często nie osiągała wymaganej wartości. Różnice między temperaturą w warstwie górnej i dolnej mogły być większe niż 25°C . Podobną sytuację zaobserwowano w badaniach własnych. W cyklu wiosennym i letnim, w wyższych warstwach biomasy, temperatura wzrosła powyżej 50°C dopiero po usypaniu przyzmy, prawdopodobnie w wyniku lepszego napowietrzenia materiału (rys. 1a, b). Nie zaobserwowano takiego wzrostu w warstwie dolnej. Natomiast w cyklu jesiennym nie osiągnęła wymaganych wartości w czasie całego procesu kompostowania (rys. 1c). Pomimo nieodpowiednich warunków termicznych uzyskiwano stopniowy spadek liczebności badanych bakterii, co wskazuje na istotny wpływ dodatkowych czynników biotycznych takich, jak antagonizm, konkurencja o pokarm i niszę ekologiczną czy też szkodliwe działanie substancji wydzielanych przez organizmy allochtoniczne, np. antybiotyki. Stwierdzono, że antagonistyczny wpływ tych mikroorganizmów jest największy w początkowym okresie procesu kompostowania i stopniowo zmniejsza się podczas dojrzewania kompostu [SIDHU i in., 2001].

Ciekawym zjawiskiem, zaobserwowanym podczas prowadzonych badań, był ponowny wzrost liczebności paciorkowców kałowych podczas fazy stabilizacji kompostowanego materiału. Taką sytuację stwierdzono w cyklu letnim. Nośniki pochodziły z dolnej warstwy kompostowanej biomasy. Po trzech tygodniach kompostowania, nastąpiło zmniejszenie liczby bakterii z $2,07 \cdot 10^9$ do $9,67 \cdot 10^4 \text{ NPL} \cdot \text{g}^{-1}$,



Rys. 1. Rozkład temperatury w kompostowanej biomacie w kontenerze i przyźmie w cyklu: a) wiosennym, b) letnim, c) jesiennym; G – góra, D – dół

Fig. 1. Temperature distribution in composted biomass in the container and prism during: a) spring, b) summer and c) autumn cycle; T – top, B – bottom

po czym w 28. dniu trwania procesu liczebność zwiększyła się do $1,07 \cdot 10^5$ NPL·g⁻¹ (tab. 1). Podobny efekt uzyskał w swoich badaniach HASSEN [2001]. Po spadku liczebności bakterii w czasie fazy termofilnej procesu z 10^7 do $1,5 \cdot 10^3$ jtk·g⁻¹ s.m., w fazie dojrzewania biomasy nastąpił ich ponowny wzrost do $3,9 \cdot 10^4$ jtk·g⁻¹ s.m. Zjawisko to może zależeć od wielu czynników, między innymi wilgotności, dostępności substancji odżywczych, temperatury i obecności drobnoustrojów naturalnie zasiedlających kompost.

WNIOSKI

1. Badania inaktywacji paciorkowców kałowych umożliwiły ocenę metod kompostowania osadów ściekowych i przewidywanie jakości higienicznej utylizowanego produktu.

2. Badania dowiodły dużej skuteczności higienizacyjnej kontenerowej technologii kompostowania w górnej i środkowej warstwie materiału.

3. Stwierdzono, że dolne warstwy kompostowanego materiału stanowiły strefę szczególnego zagrożenia, ze względu na zdecydowanie wolniejsze tempo inaktywacji badanych bakterii. Zjawisko to było prawdopodobnie następstwem słabego napowietrzenia i niewłaściwego zmieszania materiału.

4. Stwierdzono, że temperatura nie jest jedynym czynnikiem odgrywającym istotną rolę w eliminacji allochtonicznych mikroorganizmów patogennych w trakcie procesu kompostowania. Duże znaczenie mają również oddziaływania biotyczne.

5. W przypadku wykorzystania osadów ściekowych w rolnictwie, należy położyć szczególny nacisk na całkowitą inaktywację organizmów patogennych, przez odpowiednio prowadzony i kontrolowany proces uzdatniania bioodpadów.

LITERATURA

- BEFFA T., BLANC M., MARILLEY L., LOTT FISHER J., LYON P.F., 1996. Taxonomic and metabolic microbial diversity during composting. W: The science of composting. Pr. zbior. Red. M. De Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes, T. Papi. London: Blackie Acad. Professional s. 149–161.
- BÖHM R., 2000. Hygienic aspects of sludge reuse. W: Workshop on problems around sludge. Pr. zbior. Red. H. Langenkamp, L. Marno. EUR 19657 EN s. 95–115.
- CHRISTENSEN K.K., CARLSBÆK M., NORGAARD E., WARBERG K.H., VENELAMPI O., BRØGGER M., 2002. Supervision of the sanitary quality of composting in the Nordic countries. Evaluation of 16 full-scale facilities. København: Nordisk ministerråd s. 3–68.
- CHU C.W., POON C.S., CHEUNG R.Y.H., 1998. Characterization of raw sludge, chemically modified sludge and anaerobically digested sludge in Hong Kong. Water Sci. Tech. 38 (2) s. 25–32.
- COOLS D., MERCKX R., VLASSAK K., VERHAEGEN J., 2001. Survival of *E. coli* and *Enterococcus* spp. Derived from pig slurry in soils of different texture. Appl. Soil Ecol. 17 s. 53–62.
- DUDLEY D.J., GUENTZEL M.N., IBARRA M.J., MOORE B.E., SAGIK B.P., 1980. Enumeration of potentially pathogenic bacteria from sewage sludge. Appl. Env. Microbiol. 39 (1) s. 118–126.

- EL-ABAGY M.M., SHABAN A.M., 1996. Bacterial removal in the treatment of sewage sludge by composting, fixed-bed and stirred anaerobic digester. *Inter. J. Env. Health Res.* 6 s. 245–250.
- HASSEN A., BELGOUTH K., JEDIDI N., CHERIF A., CHERIF M., BOUDABOUS A., 2001. Microbial characterization during composting of municipal solid waste. *Biores. Technol.* 80 s. 217–225.
- MILLNER P.D., OLENCHOCK S.A., EPSTEIN E., RYLANDER R., WALKER J., OOI B.I., HORNE E., MARI-TATO M., 1994. Bioaerosols associated with compost facilities. *Compos. Sci. Util.* 2 s. 6–57.
- OGDEN I.D., FENLON D.R., VINTEN A.J.A., LEWIS D., 2001. The fate of *Escherichia coli* O157 in soil and its potential to contaminate drinking water. *Intern. J. Food Microbiol.* 66 s. 111–117.
- PARMAR N., SINGH A., WARD P., 2001. Characterization of the combined effects of enzyme, pH and temperature for remove of pathogens from sewage sludge. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 17 s. 169–172.
- SCHNAAK W., KÜCHLER TH., KUJAWA M., HENSCHEL K., SÜBENBACH D., DONAU R., 1997. Organic contaminants in sewage sludge and their ecotoxicological significance in the agricultural utilization of sewage sludge. *Chemosphere* 35 (1/2) s. 5–11.
- SIDHU J., GIBBS R.A., HO G.E., UNKOVICH I., 2001. The role of indigenous microorganisms in suppression of *Salmonella* regrowth in composted biosolids. *Water Res.* 35 (4) s. 913–920.
- STRAUCH D., 1991. Survival of pathogenic microorganisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge. *Rev. Sci. Tech.* 10 (3) s. 813–846.
- TATEDA M., TRUNG L.D., HUNG N.V., IKE M., FUJITA M., 2002. Comprehensive temperature monitoring in an in-vessel forced-aeration static-bed composting process. *J. Mater Cycles Waste Manag.* 4 s. 62–69.
- YINGMING L., COREY R., 1993. Redistribution of sludge-borne cadmium, copper and zinc in a cultivated plot. *J. Env. Quality* 22 (1) s. 1–8.

Beata SZALA, Zbigniew PALUSZAK

**APPLICATION OF FAECAL STREPTOCOCCI
IN THE MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT
OF COMPOSTED SEWAGE SLUDGE SANITIZATION**

Key words: composting process, faecal streptococci, sewage sludge

S u m m a r y

Due to the presence of dangerous chemical compounds and pathogenic microorganisms in crude sewage sludge, it must be subjected to pre-treatment. Application of improperly sanitized sewage sludge in agriculture poses a threat to people and animal's health. The aim of the study was to perform microbiological assessment of the effectiveness of sewage sludge composting together with wastes from municipal greens in the container technology based on the inactivation rate of faecal streptococci. The experiment was carried out in three cycles – in spring, summer and autumn periods. Indicator bacteria were introduced into composted material in the form of carriers. In the course of composting the total elimination of faecal streptococci was found in carriers from the top and middle layers of the biomass in all cycles. Theoretical time of bacterial survival ranged from 19 to 49 days. In

summer and autumn, however, after 35 and 38 days the number of indicator bacteria in carriers from the bottom part decreased from 10^9 MPN·g⁻¹ to 10^4 and 10^3 , respectively. Thus, the complete biomass sanitization was not obtained in carriers in the bottom layer.

Recenzenci:

prof. dr hab. Wiesław Barabasz

dr Anna Gałzka

Praca wpłynęła do Redakcji 14.09.2009 r.