

WPLYW DOJRZEWANIA KOMPOSTU NA ZMIANĘ ZAWARTOŚCI WIELOPIERŚCIENIOWYCH WĘGLOWODORÓW AROMATYCZNYCH

Stanisław Baran, Patryk Oleszczuk

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska, Akademia Rolnicza w Lublinie

Wstęp

Postępująca degradacja środowiska glebowego, nie tylko uwzględnia stopień zanieczyszczenia gleb ksenobiotykami, ale również procesy związane z ubożeniem gleb w składniki odżywcze, wymaga szukania nowych i tanich rozwiązań poprawy tej sytuacji. Zagadnienie to [INGELMO i in. 1998] można realizować przy wykorzystaniu niekonwencjonalnych substancji nawozowych, tj. odpadów organicznych. Jednocześnie rozwiązuje wiele problemów związanych z utylizacją tych odpadów. Często stosowanymi odpadami organicznymi do poprawy właściwości gleb i ich rekultywacji są osady ściekowe [INGELMO i in. 1998; SELIVANOVSKAYA i in. 2003]. Mogą one jednak zawierać szereg zanieczyszczeń, stwarzających zagrożenie dla zdrowia człowieka [BARAN, OLESZCZUK 2003a; STEVENS i in. 2003]. Poprzez kompostowanie osadów ściekowych można uzyskać zmniejszenie zawartości wielu toksycznych, mutagennych i kancerogennych zanieczyszczeń organicznych. Ponadto w wyniku tego zabiegu poprawia się właściwości osadu, a przez dodatek różnych składników (popiół z elektrociepłowni, trociny, itp.) można również manipulować jego właściwościami, uzyskując w ten sposób cenny nawóz organiczny (odczyn, właściwości sorpcyjne). Właściwy proces kompostowania trwa od kilku do kilkunastu tygodni, po czym kompost poddawany jest dojrzewaniu. Dochodzi wówczas do stabilizacji substancji humusowych i dalszej mineralizacji substancji organicznej [LEBODA, OLESZCZUK 2002].

Celem pracy było określenie jaki wpływ ma dojrzewanie kompostu – otrzymanego z samego osadu ściekowego, jak również z dodatkiem trocin i popiołu lotnego z elektrociepłowni – na zmianę zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA).

Materiały i metody badań

Do badań zastosowano kompost otrzymany z samego osadu ściekowego (SS), osadu z dodatkiem trocin (30% w/w) (ST30) oraz osadu z udziałem popiołu lotnego w ilości 20 i 30% (odpowiednio SP20 i SP30) w/w. Do badań zastosowano przefermentowany osad pobrany bezpośrednio po procesie oczyszczania

ścieków. Osad pochodził z oczyszczalni miejskiej, w głównej mierze (95%) oczyszczającej ścieki komunalne. Proces kompostowania prowadzono przez okres 231 dni. Następnie otrzymane komposty poddawane były procesowi dojrzewania przez 100 dni, w pomieszczeniu zamkniętym. Próbkę do badań pobierano dwukrotnie na początku oraz pod koniec fazy dojrzewania. Analizę WWA przeprowadzono na chromatografii cieczowej z detektorem UV [OLESZCZUK, BARAN 2003, 2004].

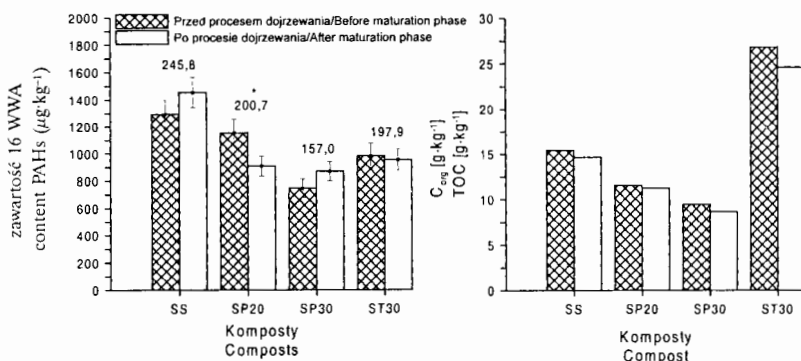
Analizę statystyczną wykonano w oparciu o programy ARStat (AR Lublin) oraz Statistica 5.0 Pl. Istotność różnic pomiędzy zawartością WWA przed i po procesie dojrzewania szacowano testem Tukey'a oceniając istotność na poziomie 0,05.

Wyniki i dyskusja

Zawartość WWA w kompostach

Zawartość sumy 16 WWA w kompostach otrzymanych po procesie kompostowania (przed procesem dojrzewania) wynosiła 1293, 1153, 744 oraz 981 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ odpowiednio w kompoście otrzymanym z samego osadu ściekowego, z osadu z 20 i 30% dodatkiem popiołu z elektrociepłowni oraz z 30% udziałem trocin (rys. 1). Mimo, że komposty otrzymano z tego samego osadu ściekowego, a proces kompostowania prowadzono w identycznych warunkach komposty różniły się jednak udziałem poszczególnych form WWA.

W kompoście otrzymanym z samego osadu ściekowego dominującym udziałem charakteryzowały się 6-pierścieniowe WWA (rys. 2a). W kompoście z dodatkiem popiołu z elektrociepłowni – bez względu na jego udział – dominowały związki 5-pierścieniowe, podczas gdy w kompoście z dodatkiem trocin związki 3-pierścieniowe (rys. 2a). Biorąc od uwagę indywidualne WWA (rys. 3), najwyższym udziałem charakteryzował się fluoren oraz szczególnie mutagenne i kancerogenne – benzo[a]piren, benzo[ghi]perylene oraz indeno[1,2,3-cd]piren.

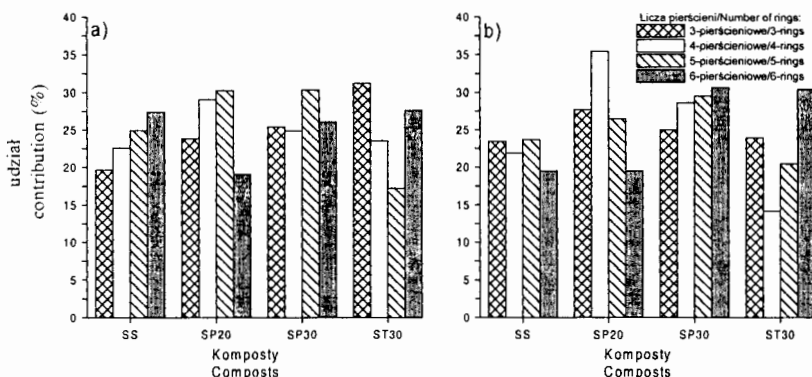


Rys. 1. Zawartość sumy 16 WWA oraz ogólnego węgla organicznego (C_{org}) w kompostach przed i po procesie dojrzewania. Liczby nad słupkami oznaczają wartości najmniejszej istotnej różnicy (NIR). Gwiazdkami oznaczono wartości statystycznie różne ($P \leq 0,05$)

Fig. 1. Sum of 16 PAHs and total organic carbon contents in composts before and after maturation phase. Number above bars present least significant differences (LSD). Asterisk indicate statistically significant differences ($P \leq 0.05$)

Zmiana zawartości WWA

Jedynie w obiekcie z 20% dodatkiem popiołu stwierdzono istotne obniżenie się zawartości sumy 16 WWA po procesie dojrzwania. W przypadku pozostałych notowano nieistotne zmiany w zawartości sumy oznaczanych związków (rys. 1), zaobserwowano natomiast wyraźne zmiany w ich składzie grupowym (rys. 2b).



Rys. 2. Udział poszczególnych grup WWA w zależności od liczby pierścieni przed (a) i po (b) procesie dojrzwania kompostu

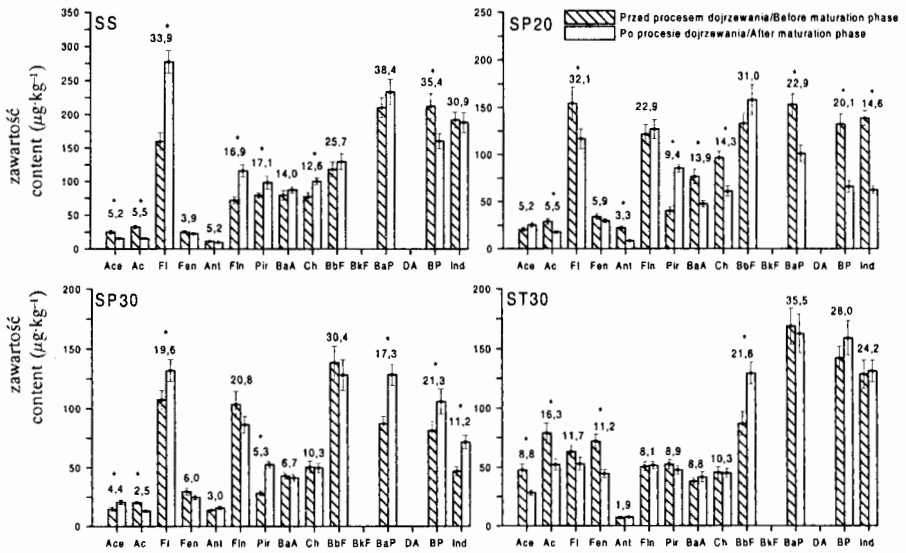
Fig. 2. The contribution of individual PAHs depending on the number of rings before (a) and after (b) maturation phase

Proces dojrzwania kompostu najwyraźniej wpłynął na zmiany zawartości poszczególnych węglowodorów w doświadczeniu z 20% udziałem popiołu. W przypadku tego obiektu stwierdzono najwięcej istotnych zmian ($P \leq 0,05$) zawartości poszczególnych WWA. Dotyczyły one ponad połowy oznaczanych związków (rys. 3). Z pośród których tylko w przypadku pirenu stwierdzono wzrost po procesie dojrzwania kompostu.

W pozostałych wariantach doświadczenia obserwowano większe zróżnicowanie. W obiekcie z samym osadem ściekowym istotne ($P \leq 0,05$) obniżenie się zawartości zaobserwowano dla acenaftylenu, acenaftenu, benzo[ghi]peryleny podczas gdy w przypadku fluorenu, fluorantenu, pirenu i chryzenu notowano wzrost ich zawartości. W doświadczeniu z 30% udziałem popiołu częścię natomiast niż w pozostałych obiektach doświadczalnych obserwowano istotne ($P \leq 0,05$) zwiększenie zawartości poszczególnych WWA (rys. 3). Najmniej istotnych ($P \leq 0,05$) zmian w zawartości poszczególnych WWA odnotowano w obiekcie z 20% dodatkiem trocin. Acenaften był jedynym WWA na którego zawartość, proces dojrzwania wpłynął we wszystkich wariantach doświadczenia (rys. 3).

O ile obniżenie się zawartości poszczególnych WWA jest zrozumiałe o tyle zwiększenie zawartości niektórych węglowodorów jest trudny do wytłumaczenia. Na podstawie dostępnej literatury należy przypuszczać, że obserwowane zjawisko ma związek z procesami maskowania (ang. sequestration) [LUTHY i in. 1997], bądź tworzenia pozostałości związanej [OLESZCZUK 2004]. Wzrost zawartości WWA – po wcześniejszym wyraźnym obniżeniu – obserwowany jest przez wielu autorów zarówno w glebach użyźnianych osadami [BARAN, OLESZCZUK 2003b; KLINGE i in. 2001], jak również podczas kompostowania osadów ściekowych [AMIR i in. 2005].

W wyniku przemian w obrębie materii organicznej zanieczyszczenia obecne w kompostowanym materiale mogły zostać włączone w mniej stabilne jej struktury, jednak charakteryzujące się silnym powinowactwem do związków hydrofobowych, jakimi są WWA [LUTHY i in. 1997]. Podczas procesu dojrzewania w wyniku postępującej mineralizacji materii organicznej (rys. 1), mogło dojść do uwolnienia wcześniej związanych zanieczyszczeń, co tłumaczyło by obserwowane zwiększenie ich zawartości.



Rys. 3. Zawartości poszczególnych WWA przed i po procesie dojrzewania kompostu. Liczby nad słupkami oznaczają wartości najmniejszej istotnej różnicy (NIR). Gwiazdkami oznaczono wartości statystycznie różnic ($P \leq 0,05$)

Fig. 3. The contents of individual PAHs before and after maturation phase. Number above bars present least significant differences (LSD). Asterisk indicate statistically significant differences ($P \leq 0.05$)

Dlaczego jednak w przypadku jednego wariantu doświadczenia obserwowano obniżenie się zawartości WWA podczas gdy w drugim zwiększenie ich zawartości? Najbardziej prawdopodobnym wytłumaczeniem obserwowanego zjawiska – jednak wymagającym dodatkowych badań – jest zróżnicowany wpływ zastosowanych dodatków zarówno pod względem ilościowym, jak również jakościowym. Można więc przypuszczać, że wprowadzone dodatki (jak również ich ilość) odgrywają istotne znaczenie w sorpcji badanych zanieczyszczeń, jak również w kształtowaniu ich biodostępności. Dokładniejsze poznanie tych zjawisk i potwierdzenie zaprezentowanych hipotez wymaga jednak – jak już sugerowano – dodatkowych badań.

Wnioski

1. W zależności od zastosowanych dodatków, komposty charakteryzowały się różną zawartością WWA, jak również zróżnicowanym składem grupowym.

2. W przypadku sumy WWA istotną zmianę ich zawartości po okresie dojrzewania notowano w wariancie doświadczenia z 20% dodatkiem popiołu.
3. Uwzględniając indywidualne WWA kierunek zmian ich zawartości był wyraźnie zróżnicowany w zależności od obiektu badań, a poznanie zjawisk odpowiedzialnych za te procesy (szczególnie wzrostu zawartości WWA) wymaga badań w obrębie właściwości sorpcyjnych zanieczyszczeń, jak również ich biodostępności.

Literatura

- AMIR S., HAFIDI M., MERLINA G., HAMDI H., REVEL J.C. 2005. *Fate of polycyclic aromatic hydrocarbons during composting of lagooning sewage sludge*. Chemosphere 58: 449–458.
- BARAN S., OLESZCZUK P. 2003a. *The concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons in sewage sludge in relation to the amount and origin of sewage purified*. Pol. J. Environ. Stud. 12: 523–529.
- BARAN S., OLESZCZUK P. 2003b. *Changes in the content of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in light soil fertilised with sewage sludge*. J. Environ. Sci. Health A 38: 793–805.
- INGELMO F., CANET R., IBAÑEZ M.A., POMARES F., GARCÍA J. 1998. *Use of MSW compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil*. Bioresource Technol. 63: 123–129.
- KLINGE C., GEJLSBJERG B., EKELUND F., MADSEN T. 2001. *Effects of sludge-amendment on mineralization of pyrene and microorganisms in sludge and soil*. Chemosphere 45: 625–634.
- LEBODA R., OLESZCZUK P. 2002. *Odpady komunalne i ich zagospodarowanie. Zagadnienia wybrane*. Wyd. UMCS, Lublin.
- LUTHY R.G., AIKEN G.R., BRUSSEAU M.L., CUNNINGHAM S.D., GSCHWEND P.M., PIGNATELLO J.J., TRAINA S.J., WESTALL J.C. 1997. *Sequestration of hydrophobic organic contaminants by geosorbents*. Environ. Sci. Technol. 31: 3341–3347.
- OLESZCZUK P., BARAN S. 2003. *Optimization of ultrasonic extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons from sage sludge samples*. Chem. Anal. 48: 211–221.
- OLESZCZUK P., BARAN S. 2004. *Application of solid-phase extraction to determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in sewage sludge*. J. Hazard. Matter. 113: 237–245.
- OLESZCZUK P. 2004. *Pozostałość związana (PZ) tworzona w glebach przez trwałe zanieczyszczenia organiczne*. Post. Mikrobiol. 43: 189–204.
- SELIVANOVSKAYA S.Y., LATYPOVA V.Z., ARTAMONOVA L.A. 2003. *Use of sewage sludge compost as the restoration agent on the degraded soil of Tatarstan*. J. Environ. Sci. Health A 38: 1549–1556.
- STEVENS J.L., NORTHCOTT G.L., STERN G.A., TOMY G.T., JONES K.C. 2003. *PAHs, PCBs, PCNs, organochlorine pesticides, synthetic musks and polychlorinated n-alkanes in U.K. sewage sludge: survey results and implications*. Environ. Sci. Technol. 37: 462–467.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenia organiczne, WWA, kompost, dojrzewanie kompostu

Streszczenie

Określono w jakim stopniu proces dojrzewania kompostu otrzymanego z osadu ściekowego z dodatkiem trocin i popiołu lotnego, wpływa na zmianę zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). W badaniach zastosowano kompost otrzymany z samego osadu ściekowego, osadu z dodatkiem trocin (20% w/w) oraz osadu z udziałem popiołu lotnego w ilości 20 i 30% w/w. Proces dojrzewania prowadzono przez okres 100 dni. Jakościową i ilościową analizę WWA prowadzono na chromatografie cieczowym z detektorem UV.

Zawartość sumy 16 WWA oznacza w kompoście wahała się od 744 do 1293 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. W każdym z kompostów stwierdzono zróżnicowany skład WWA. Wpływ procesu dojrzewania na zmianę zawartości WWA zależał od rodzaju kompostu. W kompoście otrzymanym z samego osadu ściekowego oraz osadu z 30% dodatkiem trocin i 30% dodatkiem popiołu, stwierdzono wzrost zawartości WWA odpowiednio o 12, 17 i 3%, podczas gdy w kompoście z 20% udziałem popiołu notowano ponad 21% spadek. Tylko w przypadku doświadczenia z popiołu (20%) obserwowana zmiana była istotna statystycznie. W doświadczeniu tym również obserwowano najwięcej istotnych zmian zawartości poszczególnych węglowodorów.

INFLUENCE OF COMPOST MATURATION ON THE CHANGES IN CONTENTS OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHs)

Stanisław Baran, Patryk Oleszczuk

Institute of Soil Science and Environmental Management,
Agricultural University, Lublin

Key words: organic contaminants, PAHs, compost, compost maturation

Summary

Paper evaluated of composting sewage sludge with sawdust and fly ash addition on the content of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Composted sludge, sludge with sawdust addition (20% by weight) and sludge with fly ash addition (20 and 30% by weight) were used in the experiment. Maturation process was carried out for 100 days. Qualitative and quantitative analyses of PAHs content were performed on a liquid chromatograph with the UV detection.

Content of 16 PAHs determined in composts ranged from 744 to do 1293 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. In each of the composts PAHs composition varied. Effect of maturation process on the change of PAHs content depended on type of compost. In composts from sewage sludge alone and in composts from sludge with 30% addition of sawdust as well as 30% addition of fly ash, the total 16 PAHs content in-

creased by 12, 17 and 3% respectively, while in compost with 20% ash 21% decrease was observed. Only in case of experiment with ash addition (20%), observed change was statistically significant. The most of significant changes in individual PAHs content were also observed in this experimental variant.

Dr Patryk **Oleszczuk**
Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza
ul. Leszczyńskiego 7
20-069 LUBLIN
e-mail: patol@agros.ar.lublin.pl