



# **Zmiany stanu mikrobiologicznego kompostów na bazie kory sosnowej z dodatkiem preparatu Efektywne Mikroorganizmy (EM), zielonej masy roślin i mocznika**

*Justyna Starzyk, Jacek Czekala, Agnieszka Wolna-Maruwka,  
Dorota Swędrzyńska*  
*Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań*

## **1. Wstęp**

Ograniczenie strat materii organicznej poprzez wykorzystanie odpadów z rolnictwa, sadownictwa, leśnictwa oraz z przetwórstwa drewna cieszy się w Polsce coraz większym zainteresowaniem ze względu na możliwości ich przetworzenia i wtórnego, racjonalnego zagospodarowania. Wykorzystanie odpadowej materii organicznej jest również jednym z celów tzw. rolnictwa mikroorganicznego [6]. W nawozach sporządzonych na bazie komponentów roślinnych zazwyczaj występują wszystkie niezbędne dla rozwoju roślin składniki mineralne. Działanie nawozów organicznych jest stopniowe, ponieważ większość składników w nich zawartych staje się dostępna dla roślin dopiero po ich mineralizacji w glebie. Natomiast bardzo skutecznym sposobem szybkiego uprzystępnienia związków mineralnych roślinom jest stosowanie kompostów. Prowadzenie procesu kompostowania z jednej strony jest doskonałym sposobem wykorzystania zalegających często resztek odpadowych pochodzenia organicznego, a z drugiej strony metodą pozwalającą na szybkie i skuteczne wzbogacenie gleby w związki mineralne [15].

Zagospodarowanie odpadów organicznych, w tym pochodzenia roślinnego w procesie kompostowania może odbywać się jedynie przy współudziale mikroorganizmów, zdolnych do tworzenia humusu. W pro-

cesie kompostowania materii organicznej powstający humus zawiera nie tylko podstawowe komponenty, tj. kwasy fulwowe, huminowe i huminy ale także mineralne związki azotowe i fosforowe. Procesom tym towarzyszy wydzielanie znacznych ilości ditlenku węgla, energii cieplnej oraz przyrost biomasy mikroorganizmów, przy czym obserwuje się sukcesję następujących po sobie grup drobnoustrojów biorących udział w kolejnych fazach kompostowania [19]. Zmiany ilościowe i jakościowe składu gatunkowego mikroorganizmów biorących udział w kolejnych fazach kompostowania są zależne od rodzaju materii organicznej podlegającej przetworzeniu, wzbogacaniu jej dodatkami wspomagającymi mineralizację, zmian temperatury w obrębie przyzmy oraz technologii kompostowania [1]. Wydaje się, że najistotniejszą rolę w procesie kompostowania odgrywają bakterie i grzyby w fazie termofilnej oraz w fazie schładzania, a w szczególności dojrzewania, w której nadal zachodzi rozkład materii organicznej, a ponadto resynteza składników humusu.

Wprowadzenie do gleby prawidłowo wytworzonego, dojrzałego kompostu wpływa korzystnie na szereg właściwości biologicznych, fizycznych, chemicznych i fizykochemicznych gleby. Wielokrotnie podkreślanymi efektami doglebowej aplikacji kompostu jest poprawa struktury gleby, zwiększenie pojemności wodnej, polepszenie właściwości buforowych, lepsze zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe, wzrost żyzności, a przez właściwości antybiotyczne kompostów, zwiększenie zdolności gleb do naturalnej dezynfekcji [3,4,7,8,16,21].

W procesie produkcji nawozu głównym celem jest optymalizacja warunków procesu kompostowania, co ma szczególne znaczenie w przypadku materii trudno podlegającej rozkładowi mikrobiologicznemu, jaką jest np. kora [17]. Jej swoisty skład chemiczny nie sprzyja rozwojowi drobnoustrojów mających zdolność degradacji złożonych związków węgla. Ponadto komponent drzewny charakteryzuje się wysokim stosunkiem węgla do azotu, co jest czynnikiem niesprzyjającym przebiegowi procesu kompostowania. Pożądany stosunek C/N w kompostowanym materiale powinien mieścić się w zakresie 25:1 do 30:1, natomiast szacowany stosunek C/N w drewnie miękkim wynosi 64:1. Celem przeprowadzonych badań było określenie dynamiki zmian liczebności wybranych grup bakterii heterotroficznych, promieniowców, grzybów pleśniowych oraz poziomu aktywności kompleksu dehydrogenaz, zachodzących podczas kompostowania kory sosnowej, w zależności od zastosowania

różnych dodatków organicznych i preparatu mikrobiologicznego oraz zmian wartości temperatury.

## 2. Materiał i metody

Doświadczenie zostało założone w 2010 roku w miejscowości Świeca, należącej do nadleśnictwa Antonin, w województwie wielkopolskim. Na terenie tamtejszej szkółki leśnej usypano przyzmy kompostowe na utwardzonym, ziemnym podłożu, w terenie otwartym, każda o objętości 1 m<sup>3</sup> kory. Głównym surowcem do założenia przyzm była kora sosnowa (K1), wzbogacona następującymi dodatkami: preparat mikrobiologiczny Efektywne Mikroorganizmy firmy Greenland (EM-A) 5 l/m<sup>3</sup> (K2), mocznik 3 kg/m<sup>3</sup> (K3), zielona masa roślin ZMR 250 kg/m<sup>3</sup> (K4), ZMR 500 kg/m<sup>3</sup> (K5), ZMR 500 kg/m<sup>3</sup> + EM-A 5 l/m<sup>3</sup> (K6).

ZMR składała się z seradeli, gryki, wyki, peluszek i zawierała 23,51% s.m. oraz 26,89 g N kg<sup>-1</sup> s.m., kora natomiast zawierała 43,53% s.m. oraz 7,03 g N kg<sup>-1</sup> s.m. Kontrolę stanowiła przyzma kory sosnowej bez dodatków.

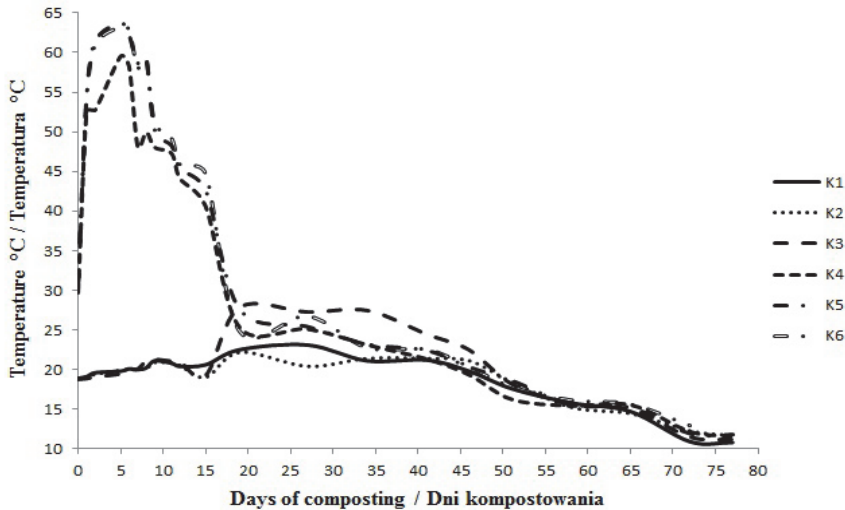
Przed założeniem przyzm, do każdej dodano 0,3 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> (superfosfat pojedynczy 20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) oraz 0,1 kg K<sub>2</sub>O/ m<sup>3</sup> w formie soli potasowej (60%). Analizę fizykochemiczną podstawowych komponentów przyzm kompostowych w dniu ich założenia przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Właściwości fizykochemiczne podstawowych komponentów kompostów  
**Table 1.** Physical and chemical properties of basic components of composts

| Parametr                   | Kora sosnowa | ZMR    |
|----------------------------|--------------|--------|
| Sucha masa                 | 43,53%       | 23,52% |
| N ogólny                   | 0,7%         | 2,69%  |
| C ogólny                   | 45,2%        | 34,8%  |
| C:N                        | 64,57        | 12,94  |
| Odczyn pH-H <sub>2</sub> O | 6,88         | 6,20   |

Próbki kompostu, niezbędne do przeprowadzenia analiz mikrobiologicznych, pobierano z przyzm w trzech terminach, w zależności od aktualnej, średniej temperatury: termin 1 – 2 doby po założeniu doświadczenia, 2 – po 11 dobach, po osiągnięciu fazy termofilnej, 3 – po 67 dobach, w czasie schładzania kompostu.

Pomiary temperatur w kompostowanych pryzmach w czasie trwania doświadczenia przedstawiono na rysunku 1.



**Rys. 1.** Zmiany temperatury podczas procesu kompostowania  
**Fig. 1.** The changes of temperature during composting

Na mikrobiologicznych podłożach wybiórczych, metodą płytkową, oznaczano liczebność jednostek tworzących kolonie (jtk) mezofilnych heterotroficznych bakterii właściwych, promieniowców, kopiotrofów, oligotrofów oraz mezofilnych grzybów pleśniowych.

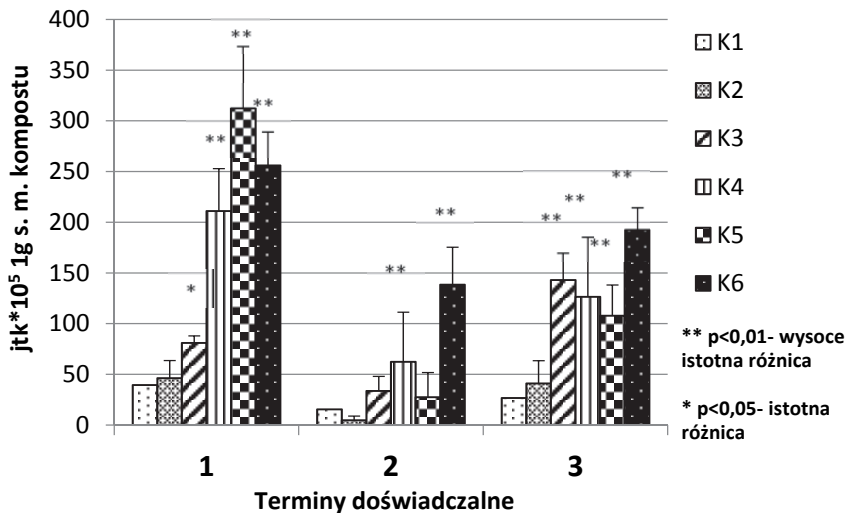
Liczebność bakterii właściwych oznaczano na agarze odżywczym, zwykłym, inkubując płytki w temperaturze 26°C przez 48 h [9]. Promieniowce oznaczano na podłożu wg Pochona po 5 dniach inkubacji w temp. 28°C [9], liczebność kopiotrofów oznaczano na podłożu NB w temp 28°C po 5 dniach inkubacji, natomiast oligotrofów na podłożu DNB w temp. 28°C po 14 dniach inkubacji [12]. Grzyby pleśniowe oznaczano na pożywce Martina po 5-dniowej inkubacji w temperaturze 24°C [11].

Ponadto, posługując się metodą spektrofotometryczną, w pobranych próbkach kompostowanego materiału oznaczono aktywność dehydrogenaz, używając jako substratu 1% TTC (chlorek trójfenylotetrazolu), po 4-godzinnej inkubacji w temperaturze 30°C, przy długości fal 485 nm. Aktywność kompleksu enzymów wyrażono w  $\mu\text{mol TPF g}^{-1}$  s.m. kompostu  $4\text{h}^{-1}$  [20].

Zastosowane w doświadczeniu analizy statystyczne wykonano w programie Statistica ver. 10 [13].

### 3. Wyniki i dyskusja

Analizując liczebność bakterii mezofilnych w kompostowanych przyzmach zanotowano istotne różnice pomiędzy przyzma kontrolną a przyzmacami wzbogacanymi w dodatkowe komponenty (Rys. 2). Jedyne dodatek wyłącznie preparatu EM do kory nie spowodował istotnego zwiększenia się liczebności bakterii. Natomiast zastosowanie zarówno mocznika jak i zielonej masy roślin intensyfikowało rozwój bakterii w porównaniu do kontroli. Nie zanotowano jednak wyraźnej zależności zwiększenia liczebności bakterii wraz ze zwiększeniem dawki ZMR.



**Rys. 2.** Liczebność bakterii mezofilnych w kompostach  
**Fig. 2.** The number of mesophilic bacteria in composts

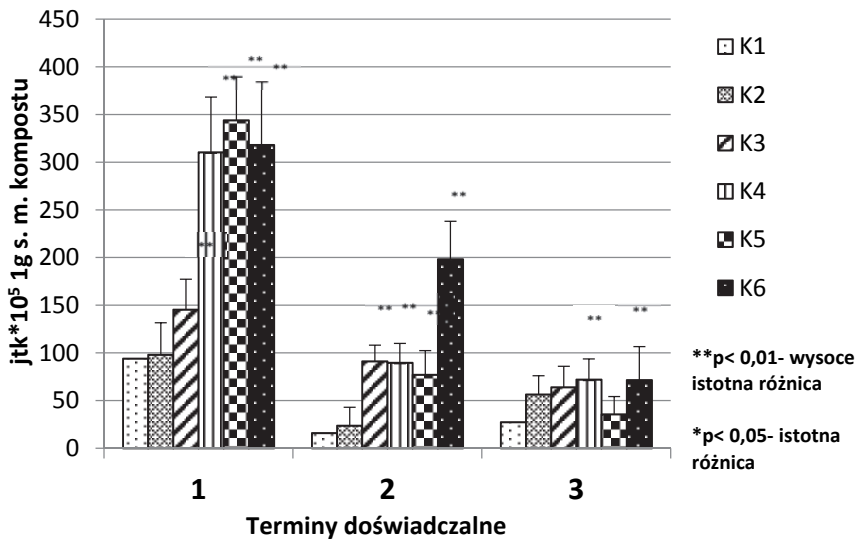
Materiał o wysokiej zawartości węgla przed poddaniem go kompostowaniu należy wzbogacić w dodatkowe źródło azotu, aby zbilansować poziom obu tych strategicznych pierwiastków. Wykazano, że dla intensywnego namnożenia bakterii dodatek mocznika lub wyłącznie preparatu EM był niewystarczający. Dopiero wzbogacenie kory w zieloną masę roślin strączkowych wniosło odpowiednią dawkę azotu, powodując

intensyfikację rozwoju bakterii, pozwalającą na przyspieszenie procesu kompostowania. Z pewnością zwiększenie liczebności bakterii w początkowych fazach kompostowania w pryzmach z dodatkiem ZMR było również spowodowane dostępem łatwo przyswajalnej roślinnej materii organicznej. Ogólna liczebność bakterii w pryzmach z dodatkiem zielonej masy roślin była średnio o 81% większa w porównaniu do pryzmy kontrolnej. Należy również podkreślić, że na zwiększenie liczby bakterii w tych kombinacjach ma wpływ naturalna obecność licznej mikroflory bakteryjnej na nadziemnych częściach roślin, które zostały wprowadzone do pryzm razem z zieloną masą. Najkorzystniejszą kombinacją dla rozwoju bakterii okazała się kora zmieszana z ZMR i preparatem Efektywne Mikroorganizmy, powodując zwiększenie liczebności bakterii średnio aż o 86% w porównaniu do kontroli. Wynika stąd, że drobnoustroje zawarte w biopreparacie zaadaptowały się w kompostowanym materiale, wzbogacając ogół populacji mikroorganizmów, a tym samym zwiększając efektywność procesu kompostowania. Wyniki te potwierdzają inne badania współautorki, w których zaobserwowano podobną stymulację rozwoju bakterii w kompostach wzbogacanych zieloną masą [18].

Obserwując średnie zmiany liczebności bakterii mezofilnych w czasie trwania doświadczenia, można stwierdzić, że najintensywniejszy wzrost zanotowano w pierwszym przedziale czasowym. Potwierdzają to również inni autorzy, wskazujący na masowy udział tej grupy drobnoustrojów w rozkładzie świeżej materii organicznej [1,5]. Należy podkreślić, że w początkowych etapach rozkładu substratów organicznych biorą udział takie bakterie, jak *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptomyces*, *Pseudomonas* i *Bacillus*. Temperatura, jaka panowała podczas doświadczenia, mieściła się w optymalnym zakresie dla rozwoju bakterii mezofilnych oznaczanych na początku procesu kompostowania. Jednak już po ok. 5 dniach, w pryzmach z zieloną masą zanotowano radykalny wzrost temperatury do wartości 60–65°C, co dowodzi o rozpoczęciu termofilnej fazy kompostowania. Przyjęty w doświadczeniu drugi termin analiz przypadający na 11 dzień charakteryzuje się nadal wysoką temperaturą (powyżej 45°C), a tym samym dominacją mikroflory termofilnej, przystosowanej morfologicznie do rozwoju w ekstremalnie wysokich temperaturach. Założenia te korespondują z uzyskanymi wynikami, ponieważ w drugim terminie analiz zanotowano istotne zmniejszenie się liczebności bakterii mezofilnych. Ich koncentracja zwiększyła się w ostatnim

terminie, w którym średnia temperatura wynosiła około 20°C. Stan taki potwierdzają Wong i Fang [22] którzy wskazują, że po fazie termofilnej, na etapie schładzania przyzmy kompostowej następuje ponowna dominacja mikroflory mezofilnej.

Analizując obecność promieniowców w kolejnych terminach doświadczenia notowano systematyczne zmniejszanie ich liczebności. Liczba promieniowców w pierwszym terminie doświadczenia była średnio wyższa o 70% od liczby drobnoustrojów w drugim terminie i o 75% wyższa od liczby promieniowców w trzecim terminie (rys. 3). Znaczna redukcja liczby promieniowców w drugim terminie analiz mogła być powodem wysokich temperatur w kompostowanych przyzmach, które ograniczały rozwój mezofilnych grup drobnoustrojów. Natomiast nieliczna populacja promieniowców w 67 dniu procesu może świadczyć o stopniowym wyczerpywaniu substancji pokarmowych.



**Rys. 3.** Liczebność promieniowców w kompostach

**Fig. 3.** The number of actinomycetes in composts

Podobnie jak w przypadku bakterii właściwych, rozwój promieniowców stymulowały podobne dodatki do kompostowanych przyzm, ze szczególnym uwzględnieniem kombinacji kory z zieloną masą roślin i preparatem EM. Największą rozbieżność pomiędzy tą kombinacją

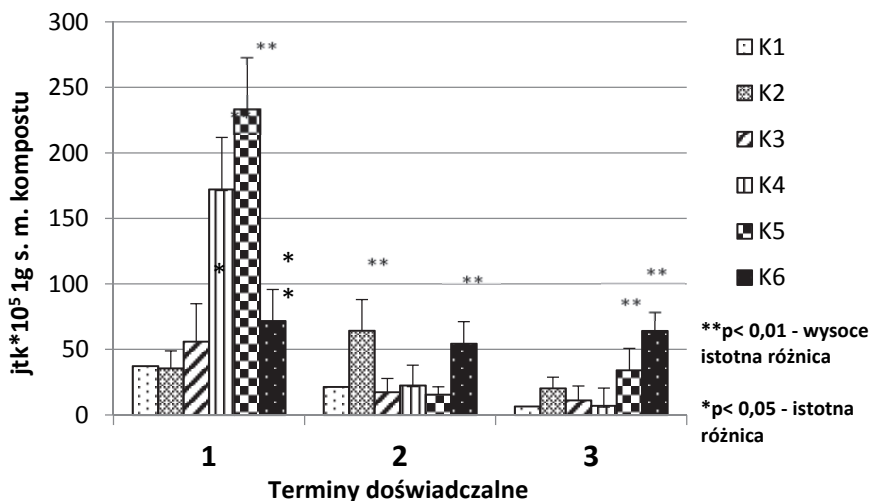
a kontrolą wynoszącą aż 92% odnotowano po 11 dobach. Promieniowce, obok bakterii właściwych, odgrywają znaczącą rolę w mineralizacji trudno degradowalnej materii organicznej. Mają zdolność do produkowania enzymów powodujących rozkład polimerów celulozy, ligninocelulozy oraz lignin [10]. Dlatego też wydaje się słuszne poszukiwanie sposobów zapewniania im dogodnych warunków do intensywnego zasiedlania kompostowanej masy. Stąd też wartym rozważenia jest nie tylko uzupełnianie niedoborów azotu w odpadach drzewnych, ale także wzbogacanie autochtonicznej mikroflory preparatami mikrobiologicznymi, jak np. Efektywne Mikroorganizmy.

Kopiotrofy, to specyficzna grupa bakterii, będąca indykatorem zmian zawartości świeżej materii organicznej [14]. Potwierdzeniem ich specyficznych wymogów pokarmowych są uzyskane wyniki zmian liczebności w testowanych przyzmac. Najkorzystniejszymi kombinacjami dla ich rozwoju były te, w których mogły wykorzystywać znaczny ładunek łatwo przyswajalnej materii organicznej zawartej w roślinach strączkowych, co w szczególnie wyraźny sposób uwidoczniło się na początku procesu kompostowania (rys. 4). W dwóch kolejnych terminach analiz ich liczebność stopniowo zmniejszała się, co najprawdopodobniej miało związek z coraz mniejszym zasobem łatwo przyswajalnych składników pokarmowych. Podobnie jak w przypadku omawianych powyżej grup bakterii, również dla kopiotrofów korzystną mieszanką była kombinacja K6, zawierająca dodatki zielonej masy roślin oraz preparat EM.

W odróżnieniu od omawianych bakterii, oligotrofy to drobnoustroje o niewielkich wymaganiach pokarmowych, którym do prawidłowego rozwoju wystarcza niskie stężenie składników pokarmowych [14]. Bakterie te charakteryzują się niewielką zmiennością pod względem liczebności i aktywności. Ponadto cechuje je wysoka wrażliwość na aminokwasy, kwasy organiczne, witaminy i sole nieorganiczne. Liczebność tej grupy bakterii wahała się w czasie doświadczenia. Mimo tego, że uważa się je, podobnie jak kopiotrofy, za grupę korzystającą w pierwszej kolejności z łatwo przyswajalnej materii, to fakt ten nie znalazł jednoznacznego potwierdzenia w przeprowadzonym doświadczeniu. Liczebność tych bakterii po 5 dobach w kombinacjach K4–K6 była niewielka, mimo znacznej zawartości świeżej masy roślinnej (rys. 5). Natomiast znacznie większą liczebność (w granicach 100–150 jtk) zanotowano w kombinacjach K1 i K2, które stanowiły odpowiednio przyzmy wyłącz-



nie z korą oraz korą z dodatkiem EM. Wy tłumaczeniem tego faktu może być znaczny wzrost temperatury w przyzmach K3–K6 w początkowym okresie kompostowania, ograniczający rozwój wielu bakterii mezofilnych. Potwierdzeniem tego przypuszczenia jest obserwowana w dwóch kolejnych terminach zależność stopniowego zwiększania się liczebności oligotrofów wraz ze spadkiem temperatury.

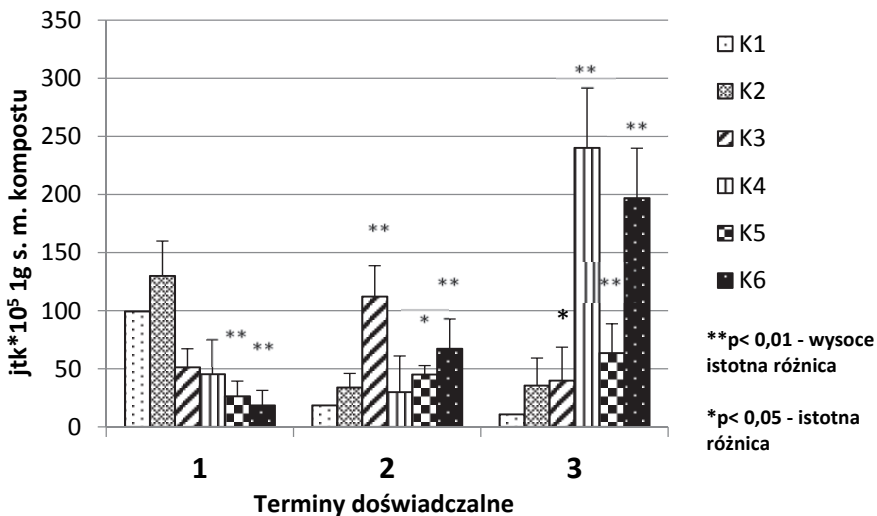


**Rys. 4.** Liczebność kopiotrofów w kompostach  
**Fig. 4.** The number of copiotrophs in composts

Po 67 dobach średnia liczebność tych mikroorganizmów osiągnęła największą wartość i była odpowiednio o 21% i 49% większa od średniej liczebności po 5 i 11 dobach. W ostatnim terminie analiz mimo wyczerpania znacznej ilości doprowadzonej świeżej masy roślinnej liczebność oligotrofów w przyzmach K4–K6 różniła się wysoce istotnie statystycznie w porównaniu do kontroli. Najprawdopodobniej odpowiednie zbilansowanie gospodarki węglowo-azotowej poprzez wcześniejsze wprowadzenie dodatków zapewniło korzystne warunki dla rozwoju analizowanej grupy mikroorganizmów.

Obserwując zmiany liczebności grzybów w kolejnych przedziałach czasowych zanotowano tendencję zmniejszenia ich liczebności w trzecim terminie analiz, która była średnio o 70% mniejsza w porównaniu do pierwszego terminu i o 60% mniejsza w porównaniu do drugie-

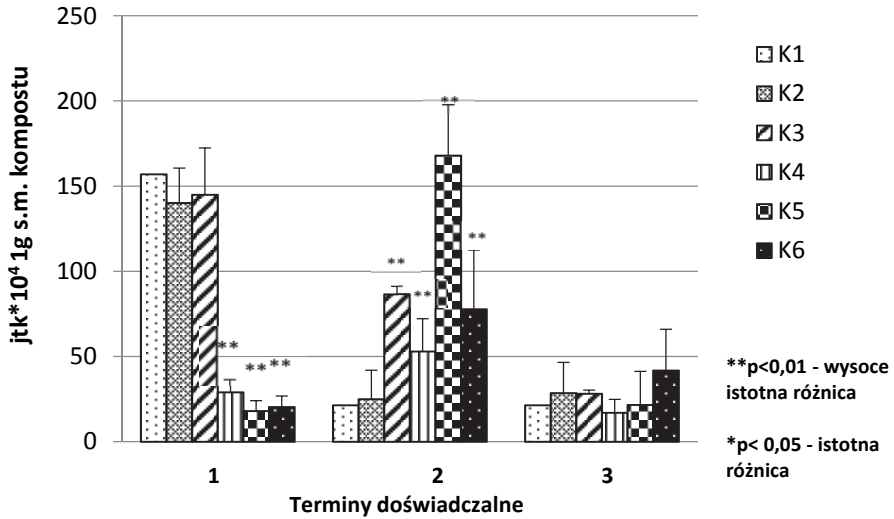
go terminu (rys. 6). Analizując zmiany liczebności grzybów w kolejnych kombinacjach doświadczalnych stwierdzono, że zastosowane dodatki do kory sosnowej stymulowały namnażanie badanych drobnoustrojów. Największy wzrost liczebności grzybów w porównaniu do kontroli zanotowano po 11 dobach, który w kombinacji K3 wynosił 75,3%, w kombinacji K5 87%, a w K6 72,5%. Przytoczone różnice liczebności grzybów pomiędzy kontrolą a wymienionymi kombinacjami doświadczalnymi różniły się wysoce istotnie statystycznie przy poziomie istotności  $p < 0,01$ .



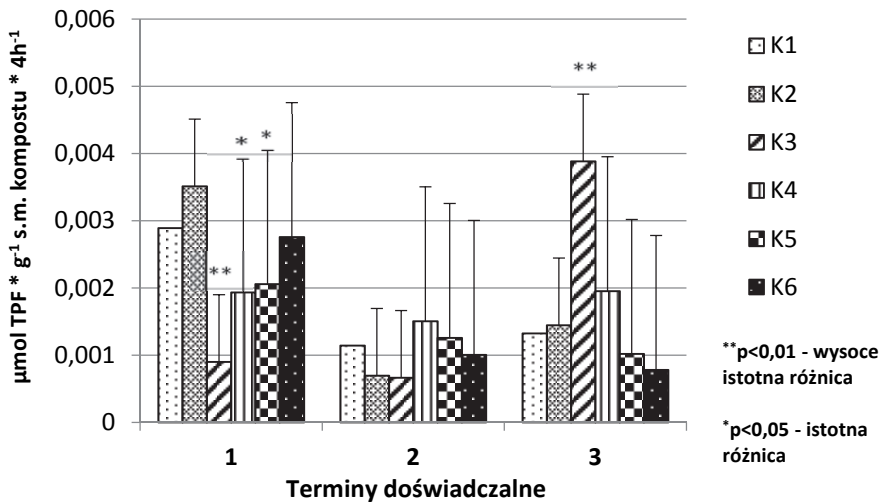
**Rys. 5.** Liczebność oligotrofów w kompostach  
**Fig. 5.** The number of oligotrophs in composts

Jednym z podstawowych wyznaczników intensyfikacji procesów metabolicznych drobnoustrojów jest ich aktywność enzymatyczna wyrażona aktywnością kompleksu dehydrogenaz [2]. Przeprowadzone badania wskazują na bardzo małą aktywność omawianego kompleksu, mieszczącą się w średnim zakresie 0,0015  $\mu\text{mol TPF}/1 \text{ g s.m. kompostu}$  (rys. 7), jednak należy podkreślić, że czas trwania inkubacji wynosił tylko 4 godz., a wyniki większości analiz aktywności enzymatycznej odnoszą się do 24-godzinnej czasu inkubacji. Przyjęcie tak krótkiego czasu inkubacji podyktowane było wcześniejszymi doświadczeniami przeprowadzonymi na kompostach wzbogacanych w zieloną masę roślinną, w któ-

rych aktywność dehydrogenaz osiągała często poziom wykraczający poza zakres pomiarowy spektrofotometru.



Rys. 6. Liczebność grzybów w kompostach  
Fig. 6. The number of fungi in composts



Rys. 7. Aktywność dehydrogenaz w procesie kompostowania  
Fig. 7. The dehydrogenase activity in composting

Uzyskane wyniki nawiązują do podobnych poziomów aktywności dehydrogenaz opisanych przez Starzyk i in. [18] w doświadczeniu z kompostowaną korą sosnową. Przyczyną odnotowanej małej aktywności enzymów w obu przypadkach należy upatrywać w specyfice składu chemicznego trudno biodegradowalnego materiału podlegającego kompostowaniu.

#### 4. Wnioski

1. Wzbogacanie kory sosnowej dodatkami organicznymi i preparatem Efektywne Mikroorganizmy wpływało na intensyfikację rozwoju analizowanych grup drobnoustrojów, a tym samym przyspieszało proces kompostowania materiału.
2. Na zwiększenie liczebności badanych mikroorganizmów najkorzystniej wpływało wprowadzenie zielonej masy roślin w ilości 500 kg/m<sup>3</sup> w połączeniu z preparatem Efektywne Mikroorganizmy.
3. Ze względu na to, że kora jest materiałem trudno podlegającym biodegradacji, aktywność dehydrogenaz była stosunkowo mała.

#### Literatura

1. **Błaszczyk M.:** *Mikroorganizmy w ochronie środowiska*. PWN, Warszawa 2007.
2. **Brzezińska M., Włodarczyk T.:** *Enzymy wewnątrzkomórkowych przemian redoks (oksydoreduktazy)*. Acta Agrophysica, Rzprawy i Monografie. 3, 11–26 (2005).
3. **Debosz K., Petersem S.O., Kure L.K., Ambus P.:** *Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties*. App. Soil Ecology. 19, 237–248 (2002).
4. **Hargreaves J.C., Adl M.S., Warman, P.R.:** *A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture*. Agric, Ecosys. and Environ. 123, 1–14 (2008).
5. **Hassen A., Belguith K., Jedidi N., Cherif A., Cherif M., Boudabous A.:** *Microbial characterization during composting of municipal solid waste*. Bioresour. Technol. 80, 768–777 (2001).
6. **Higa T.:** *Effective Microorganisms, concept and recent advances in technology*. Proc.Conf. on Effective Microorganisms for a sustainable agriculture and environment. 4<sup>th</sup> Int. Conf. Kyusei Nature Farming, Bellingham – Washington. 247–248 (1998).

7. **Iżewska A.:** *Wpływ nawożenia obornikiem, osadem ściekowym i kompostem z osadów ściekowych na właściwości gleby.* Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 518, 85–92 (2007).
8. **Jordão C.P., Nascentes C.C., Cecon P.R., Fontes R.L.F., Pereira J.L.:** *Heavy metal availability in soil amended with composted urban solid wastes.* Environmental Monitoring and Assessment. 112, 309–326 (2006).
9. **Kańska Z., Grabińska-Łoniewska A., Łebkowska M., Żechowska E.:** *Ćwiczenia laboratoryjne z biologii sanitarnej,* PWN, Warszawa 2001.
10. **Marcinkowska K.:** *Charakterystyka, występowanie i znaczenie promieniowców w przyrodzie.* W: Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach. AR Kraków, Monografia. 121–130 (2002).
11. **Martin J. P.:** *Use of acid, rose bengal and streptomycin In the plate method for estimating soil fungi.* Soil Sci. 69, 215–232 (1950).
12. **Ohta H., Hattori T.:** *Bacteria sensitiveto nutrient broth medium in terrestrial environments,* Soil Sci. Plant Nutr. 26, 99–107 (1980).
13. **Ott L.:** *An introduction to statistical methods and data analysis.* PWS Publishers, Boston 1984.
14. **Paul E., Clark F.:** *Mikrobiologia i biochemia gleb.* Wyd UMCS, Lublin 2000.
15. **Rosik-Dulewska Cz., Karwaczyńska U., Ciesielczuk T.:** *Możliwość wykorzystania odpadów organicznych i mineralnych z uwzględnieniem zasad obowiązujących w ochronie środowiska.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection). 13, 361–376 (2011).
16. **Sawicka A., Wieland E., Kasprzyk H.:** *Uwagi o przemianach mikrobiologicznych w procesie wytwarzania kompostu humusowego.* W: Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowa. IBMiR, Warszawa. 217–226 (2000).
17. **Sidelko R., Seweryn K., Walendzik B.:** *Optymalizacja procesu kompostowania w warunkach rzeczywistych.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection). 13, 681–692 (2011).
18. **Starzyk J., Jakubus M., Swędrzyńska D.:** *Ocena wpływu dodatków wzbogacających kompostowaną korę sosnową na liczebność bakterii i grzybów oraz ich aktywność enzymatyczną.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection). 15, 2683–2696 (2013).
19. **Strom P.F.:** *Effect of temperature on bacterial species diversity in thermophilic solid-waste composting.* Appl. Environ. Microbiol. 50, 899–905 (1985).

20. **Thalmann A.:** *Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenase Aktivität in Boden Mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC).* Landwirtsch. Forsch. 21, 249–258 (1968).
21. **Weber J., Karczewska A., Drozd M., Licznar M., Licznar S., Jamroz E., Kocowicz A.:** *Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts.* Soil Biol. Biochem. 39, 1294–1302 (2007).
22. **Wong J.W.C., Fang M.:** *Effects on lime addition on sewage sludge composting process.* Water Res. 34(15), 3691–3698 (2000).

## **Changes in Microbial Condition of Pine Bark Composts with the Addition of Effective Microorganisms (EM), Green Mass of Plants and Urea**

### **Abstract**

Rational waste management in Poland is one of the most important social, ecological and economic problems. Composting is an optimal method of waste management. It is a continuous process, which consists in the decomposition of organic substance subjected to biochemical processes and the influence of microorganisms. It is usually defined as the sum of microbiological processes related with the formation of humus. Properly made compost is characterized by a large value of fertilizer, often exceeding the fertilizer value of manure. The admixture or the use of biodegradable waste for composting contributes to higher aeration of the composted mass, facilitates reaching the optimal humidity range of 50–60%, enriches the composted mass with a source of carbon which is accessible to microorganisms and guarantees the optimal C:N ratio. However, in the production of compost main objective is to optimize the conditions of this process.

The aim of this study was to determine the dynamics of changes in the number of selected groups of microorganisms and dehydrogenase activity levels occurring during the composting of pine bark, depending on the application of different organic additives and microbiological preparation and changes in temperature. The experiment was established in the Forest District Antonin in Wielkopolska. Composting was carried out in six piles of pine bark supplemented with different doses of green mass of legumes, Effective Microorganisms solution and urea. During the composting process, samples were taken three times for microbiological analysis. It were analyzed total number of mesophilic bacteria, actinomyces, copiotrophs, oligotrophs and fungi on selective substrates. Isolated colonies were used to determine the total number of tested micro-

organisms. Furthermore, were tested the enzymatic activity of microorganisms, determining the activity of the dehydrogenase, using the spectrophotometric method with TTC as a substrate. Also were analyzed the impact of differences in the composition of compost on the growth of microorganisms. The following terms were also tested the temperature of the windrows.

Above all, the trend in the variation in the population of microorganisms under analysis and enzymatic activity depended on the type of admixture applied to the composted pine bark. In most of the analyzed terms the largest number of different groups of bacteria and fungi was observed in combination of pine bark, and extended to the highest dose of the green mass of the plants and EM-A. To changes in the number of analyzed groups of microorganisms also fundamentally affect temperature changes during the composting process. Dehydrogenase complex activity did not increase with the increase in the number of analyzed groups of microorganisms.

**Słowa kluczowe:**

kora sosnowa, kompostowanie, mikroorganizmy, dehydrogenaza

**Keywords:**

pine bark, composting, microorganisms, dehydrogenase