

Jacek CZEKAŁA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Gleboznawstwa  
60-656 Poznań, ul. Szydlowska 50; e-mail: jczekala@up.poznan.pl

Damian JANCZAK<sup>2</sup>, Wojciech CZEKAŁA<sup>2</sup>, Andrzej LEWICKI<sup>2</sup>

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Instytut Inżynierii Biosystemów

<sup>2</sup> Stacjonarne i Niestacjonarne Studia Doktoranckie przy Wydziale Rolnictwa i Bioinżynierii

## PRELIMINARY RESEARCH ON USAGE OF BIOREACTOR IN COMPOSTING OF PINE BARK WITH AN ADDITION OF LUCERNE

### Summary

*In this 19-day-long experiment, a number of bioreactors were used to define direction of changes in chosen parameters during the process of pine bark and alfalfa composting. Alfalfa constituted respectively 10, 25 and 50% (w/w) share in fresh matter. It was concluded that the rate of temperature changes in composting chambers depended mainly on alfalfa share in the mixture. It was also found that the composting process was accompanied by substantial emissions of ammonia and some H<sub>2</sub>S. The experiment results will constitute a basis for a more detailed planning of further controlled environment research on composting of pine bark with alfalfa as a source of nitrogen.*

**Key words:** pine bark, alfalfa, composts, ammonia, bioreactor, experimentation

## BADANIA WSTĘPNE NAD WYKORZYSTANIEM BIOREAKTORA W KOMPOSTOWANIU KORY SOSNOWEJ Z DODATKIEM LUCERNY

### Streszczenie

*W przeprowadzonym doświadczeniu, trwającym 19 dni wykorzystano bioreaktory do określenia kierunków zmian wybranych parametrów kompostowania kory sosnowej z lucerną. Lucerna stanowiła 10, 25 i 50% (w/w) udziału w stosunku do świeżej masy kory. Stwierdzono, że dynamika zmian temperatur w komorach zależała głównie od udziału lucerny w kompostach. Oznacza to, że była ona tym większa im większy był ten udział. Stwierdzono również, że procesowi kompostowania towarzyszyła duża emisja amoniaku oraz sporadycznie H<sub>2</sub>S. Uzyskane wyniki będą podstawą do dokładniejszego planowania dalszych prac w warunkach kontrolowanych a dotyczących kompostowania kory sosnowej z lucerną, jako źródłem azotu.*

**Słowa kluczowe:** kora sosnowa, lucerna, komposty, amoniak, bioreaktor, badania

### 1. Wstęp

Spośród odpadów drzewnych, kora od wielu lat ma duże zastosowanie w ogrodnictwie, leśnictwie i w mniejszym zakresie w rolnictwie. Charakteryzuje się ona zróżnicowanym składem chemicznym. Według różnych autorów [6] kora drzewna zawiera między innymi od 20 do 50% ligniny oraz od 20 do 55% celulozy i hemicelulozy. Z kolei König [5] podaje, że zawartość ligniny waha się w granicach od 10 do 20%. Oprócz tego w skład kory wchodzi również garbniki, kwasy fenolowe, związki żywiczne czy terpeny. Ze względu na szeroki stosunek węgla do azotu, w obecności kory, co może nastąpić immobilizacja azotu, co powoduje m.in. zmniejszenie ilości dostępnych form dla roślin. W związku z tym kora wymaga uzdatnienia, które polega m.in. na przerobieniu jej z dodatkiem azotu, przed zastosowaniem do gleby. Źródło azotu nie ma większego znaczenia, bowiem coraz częściej stosuje się zamiast nawozów mineralnych nawozy naturalne lub organiczne. Znaczenie może mieć natomiast forma azotu [4], co ma związek z wytworzonym w korze odczynem.

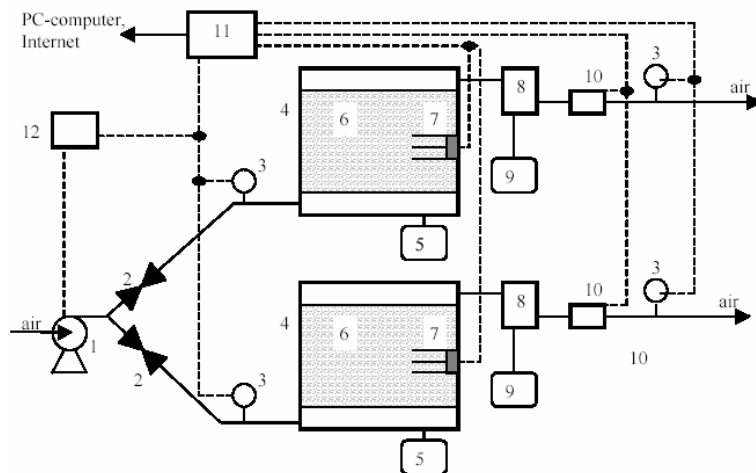
Mało poznanym problemem jest wykorzystanie roślin, szczególnie bobowatych w kompostowaniu kory, chociaż problem wydaje się mieć duże znaczenie w szkółkach leśnych. Dlatego podjęte badania mają na celu między innymi określenie zmian zachodzących podczas kompostowania kory sosnowej z lucerną. Ponieważ niewiele jest prac dostępnych, dotyczących tego problemu, w doświadczeniu przeprowadzonym w warunkach kontrolowanych monito-

rowano kierunki zmian zachodzących podczas kompostowania lucerny z korą sosnową.

### 2. Materiał i metody

Badania laboratoryjne wykonano z wykorzystaniem bioreaktora o pojemności każdej z komór 162,5 dm<sup>3</sup> (rys. 1 i 2). Specjalnie wykonana izolacja termiczna komór pozwala na przeprowadzenie badań laboratoryjnych niezależnie od wpływu warunków atmosferycznych, które często mogą wpływać na proces kompostowania prowadzony na otwartej przestrzeni.

Przepływ powietrza ustalono ręcznie i kontrolowano na poziomie 3 dm<sup>3</sup>/h przy użyciu pompy, rotametu oraz przepływomierza. Izolacja oraz regulowany dopływ powietrza pozwoliły na precyzyjne odwzorowanie przemian zachodzących w kompostowanej mieszance [2, 7]. Po przygotowaniu substratów dokonywano ich ważenia i mieszania w specjalnie do tego przeznaczonych kuwetach. Po uzyskaniu możliwie najbardziej jednorodnej mieszaniny umieszczano ją w komorze bioreaktora (rys. 1 – punkt 6). Każdego dnia, a bezpośrednio po aeracji dwa razy dziennie, badano temperaturę kompostowanej mieszanki oraz zawartość gazów wydostających się z niej: tlenu [%], ditlenku węgla [%], amoniaku [ppm], siarkowodoru [ppm] oraz metanu [%]. Maksymalne wykrywalne stężenie dla amoniaku wynosiło 1000 ppm, a dla siarkowodoru 2000 ppm. Do badań ilościowych i jakościowych gazów zostały wykorzystane czujniki formy Alter S.A.



Źródło: [3] / Source: [3]

Rys. 1. Schemat użytego bioreaktora: 1. pompa, 2. regulator przepływu powietrza, 3. przepływomierz, 4. komora, 5. zbiornik na odcieki, 6. kompostowana biomasa, 7. zespół czujników pomiarowych, 8. system chłodzenia powietrza, 9. zbiornik na skropliny, 10. zespół czujników gazowych ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_2/\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), 11. 32-kanałowy rejestrator sygnałów pomiarowych, 12. kontroler przepływu powietrza

Fig. 1. Schematic diagram of the 2-chamber bioreactor: 1. Pump, 2. Flow regulator, 3. Flow-meter, 4. Isolated chamber, 5. Drained liquids container, 6. Composted mass, 7. Sensors set, 8. Air cooling system, 9. Condensates container, 10. Set-up of gases analysis ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_2/\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), 11. 32-channel recorder, 12. Air pump steering system

Wydostające się z komór odcieki grawitacyjne oraz ze schłodzonego powietrza (chłodnica) gromadziły się w specjalnych pojemnikach (rys. 1 - punkty 5 i 9).

Do badań wykorzystano korę sosnową o zawartości 68,52% suchej masy i lucernę o zawartości 33,93% s.m., a schemat doświadczenia obejmował następujące obiekty (Komory A-C):

- A- Kora (50%) + lucerna (50%) (w/w),
- B- Kora (90%) + lucerna (10%) (w/w),
- C- Kora (75%) + lucerna (25%) (w/w).

Czas trwania doświadczenia wynosił 19 dni, czyli do ustabilizowania się temperatury w komorach.



Rys. 2. Bioreaktor  
Fig. 2. Bioreactor



Rys. 3. Fragment przyzmy kompostowej odzwierciedlającej pojemność bioreaktora  
Fig. 3. A section of composting pile showing bioreactor capacity

(Autor: J. Dach)

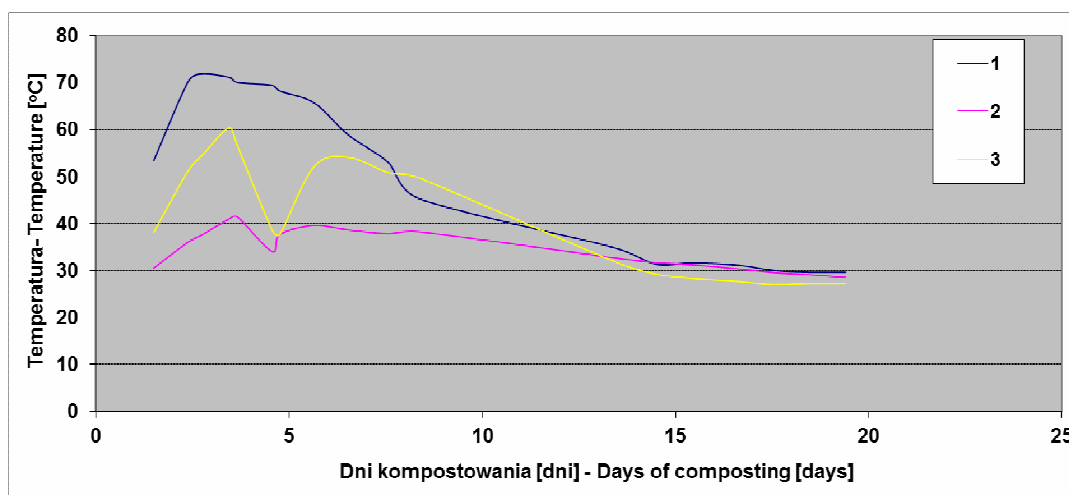
### 3. Omówienie wyników i dyskusja

Badania w bioreaktorach prowadzone są w warunkach kontrolowanych, w odniesieniu do parametrów, jakie wyznaczone są ich budową, jak i możliwościami technicznymi. Dotyczy to głównie możliwości instalowania konkretnych czujników, pozwalających kontrolować przemiany zachodzące w komorach. Inaczej ujmując, można powiedzieć, że bioreaktor odzwierciedla fragment procesów, jakie zachodzą w naturalnych warunkach kompostowania przyzwoitego (rys. 3). Stwarza to możliwość kontrolowania m.in. temperatury, czy emisji gazów, co ma to szczególnie duże znaczenie w określaniu ewentualnego wpływu kompostowania na środowisko, które stosunkowo trudno określić w warunkach kompostowni otwartej.

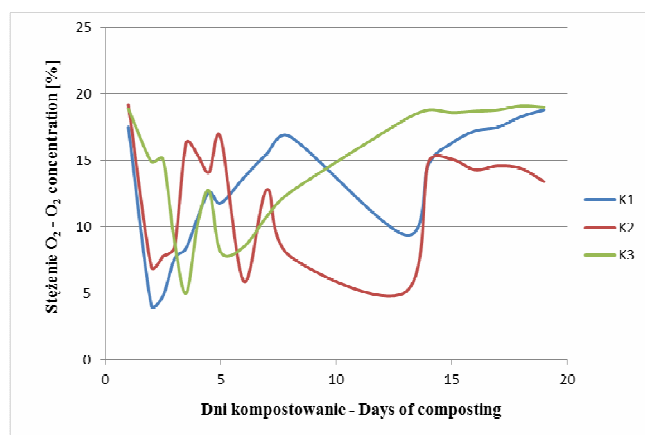
Z danych przedstawionych na rys. 4 wynika, że już w początkowej fazie kompostowania temperatura była funkcją ilości masy lucerny w mieszance. Po pierwszej dobie temperatura w komorze A (50% + 50%) wzrosła do 53,4°C, wobec 38,1°C w komorze C (75% + 25%) i 30,5°C w komorze B (90% + 10%). Maksima we wszystkich komorach, ale przy zachowaniu powyższej zależności uzyskano w trzeciej dobie badań. Jednak obniżenie temperatury w ko-

lejnych dniach w komorach A i C było stosunkowo wolne aż do 8 dnia. Wykazane trendy były podobne do tych, jakie stwierdzono w kompostach wytworzonych w warunkach naturalnych [1].

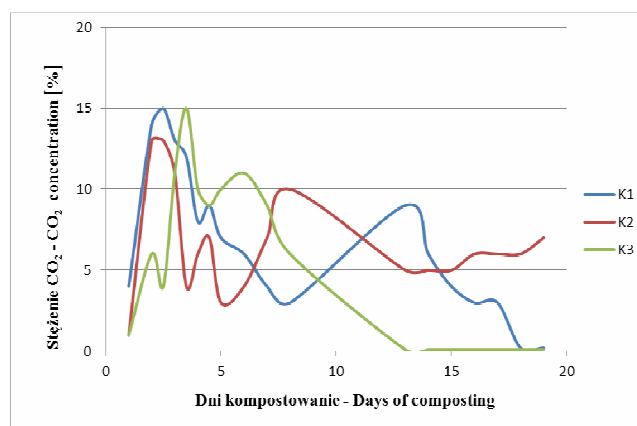
Kompostując korę ze zróżnicowanym udziałem masy roślinnej stwierdzono również po pierwszej dobie wzrost temperatury do ponad 60°C wobec 22,6°C w przyzwoicie z moczniakiem [1]. Można więc przyjąć, że kierunki przemian, przynajmniej w odniesieniu do temperatury, były podobne w warunkach naturalnych, jak i kontrolowanych. Jednak badania w bioreaktorach, mimo że miały charakter wstępnych, pozwoliły na uzyskanie dodatkowych informacji dotyczących emisji tlenu (rys. 5), ditlenku węgla (rys. 6), amoniaku (rys. 7), czy siarkowodoru (rys. 8). Na szczególną uwagę w dalszych badaniach zasługuje emisja amoniaku, której wielkość przedstawiono na poziomie 1000 ppm, bowiem taką maksymalną wartość pomiaru posiadał dostępny czujnik. W świetle poczynionych obserwacji jest prawdopodobne, że ilości emitowanego w doświadczeniu amoniaku mogły być większe. Uwagę zwracają największe ilości emitowanego nie tylko amoniaku, ale i siarkowodoru w kompostach B z 10- i C z 25-procentowym udziałem masy roślinnej.



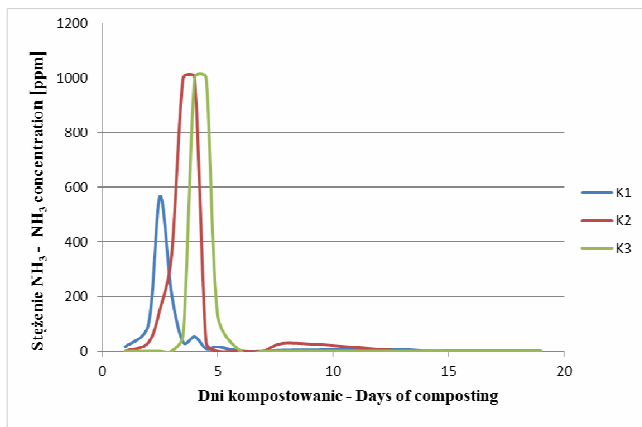
Rys. 4. Zmiany temperatury w okresie kompostowania: 1 - Kompost A, 2 - Kompost B, 3 - Kompost C  
 Fig. 4. Temperature changes during the composting: 1 - Compost A, 2 - Compost B, 3 - Compost C



Rys. 5. Stężenie tlenu w komorach podczas kompostowania: K1 - kompost A; K2 - kompost B; K3 - kompost C  
 Fig. 5. Oxygen concentration in chambers during composting process: K1 - compost A; K2 - compost B; K3 - compost C

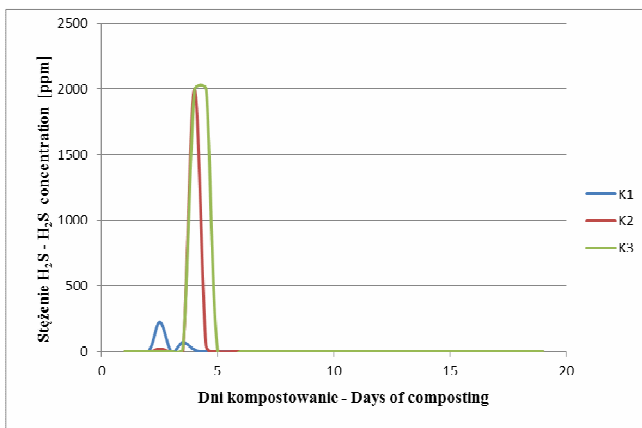


Rys. 6. Zmiany stężenia CO<sub>2</sub> w komorach podczas kompostowania: K1 - kompost A; K2 - kompost B; K3 - kompost C  
 Fig. 6. Changes in CO<sub>2</sub> concentration in chambers during composting process: K1 - compost A; K2 - compost B; K3 - compost C



Rys. 7. Zmiany stężenia amoniaku w komorach podczas kompostowania: K1 - kompost A; K2 - kompost B; K3 - kompost C

Fig. 7. Ammonia concentration in chambers during composting process: K1 - compost A; K2 - compost B; K3 - compost C



Rys. 8. Zmiany stężenia siarkowodoru w komorach podczas kompostowania: K1 - kompost A; K2 - kompost B; K3 - kompost C

Fig. 8. Hydrogen sulfide concentration in chambers during composting process: K1 - compost A; K2 - compost B; K3 - compost C

Bioreaktory stanowią od kilku lat ważne i pomocne narzędzie w badaniach modelowych, szczególnie dotyczących procesu kompostowania. Wykorzystuje się je w badaniach odpadów organicznych w ogóle [3], do badań procesów energetycznych w kompostach [8], kompostowania osadów ściekowych [9] oraz przemian mikrobiologicznych [7, 11]. Przeprowadzone doświadczenie, mimo, że miało charakter badań wstępnych dało odpowiedź na kilka kwestii, które uwzględnione będą w przyszłych pracach. Dotyczy to między innymi stosunku kory do masy roślinnej, oraz ilości i składu chemicznego odcieków. Kompostując korę z lucerną, wykazano podobny wygląd zewnętrzny (rys. 9 I) do kompostów uzyskanych z kory i mieszanki roślin w warunkach naturalnych (rys. 9 II), tak w dniu rozpoczęcia kompostowania, jak i w kompostach dojrzałych. Potwierdza to wcześniejsze stwierdzenie, o podobieństwie reakcji zachodzących podczas kompostowania w bioreaktorach i w pryzmach otwartych na wolnym powietrzu.



Rys. 9. Widok na komposty z bioreaktorów (I) i kompostowni naturalnej (II)

Fig. 9. A view on composting pales from bioreactors (I) and a natural composting plant (II)

#### 4. Wnioski

- Zastosowanie w badaniach bioreaktorów stworzyło możliwość dokładnej obserwacji dynamiki zmian temperatur oraz emisji podstawowych gazów, jak CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> w warunkach kompostowania kory i lucerny przy ich zróżnicowanym udziale.
- Z danych wynika, że zmiany temperatur w kompostach determinowane były głównie udziałem lucerny, a przebieg krzywych dowiódł dużego podobieństwa do procesów zachodzących w naturalnych warunkach kompostowania.
- Stwierdzono, że podczas kompostowania kory z lucerną miała miejsce duża emisja amoniaku oraz jednostkowo i krótkotrwale siarkowodoru.

#### 5. Bibliografia

- [1] Czekala J.: Zmiany zawartości wybranych parametrów zachodzące podczas kompostowania kory sosnowej z roślinami. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2012, 57(3), 41-46.
- [2] Czekala J., Dach J., Wolna-Maruwka A.: Wykorzystanie bioreaktora do badań modelowych kompostowania osadu ściekowego. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 2006, 6, 2 (18), 29-40.
- [3] Dach J., Jędrus J., Adamski M., Kowalik I., Zbytek Z., Bioreaktor do badań procesów rozkładu materiałów organicznych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2003, Vol. 48(4), 74-77.
- [4] Hoitnik H.A.J.: Composted bark, a light weight growth medium with fungicidal properties. *Plant Dis.*, 1980, 64(2), 142-147.
- [5] König B.: *Untersuchungen zur stofflichen Verwendung von extrahierter Fichtenrinde*. Cuvillier Verlag, Göttingen, 2006, 198 pp.
- [6] Maher M., Prasad M., Raviv M.: Organic soilless media components. W: *Soilless culture: Theory and practice* (ed. Raviv, Lierh), 2008, 479-481, Elsevier.

- [7] Rodziewicz A., Sobolczyk J., Łaba W., Choińska A., Choin-ska A.: Wykorzystanie szczepionki drobnoustrojów do kompostowania odpadów keratynowych w bioreaktorze statycznym. *Inż. Ap. Chem.*, 2009, 48, 3, 98-100.
- [8] Sidelko R., Szymański K.: Zastosowanie bioreaktora dynamicznego w procesie kompostowania osadów ściekowych. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 2008, 13, 3, 331-342.
- [9] Sołowiej P.: Koncepcja budowy bioreaktora do kompostowania biomasy – stanowisko badawcze. *Inżynieria Rolnicza*, 2008, 11(109), 227-231.
- [10] Wolna-Maruwka A., Czekąła J., Dach J.: Dynamika zmian drobnoustrojów w osadzie ściekowym i słomie, kompostowanych w bioreaktorze. *Zesz. Probl. Postępów Nauk Roln.*, 2005, 506, 531-540.
- [11] Wolna-Maruwka A., Sawicka A., Natywa M., Dach J.: Aktywność dehydrogenaz oraz zmiany liczebności bakterii mezo- i termofilnych podczas kompostowania osadów ściekowych z różnymi dodatkami w bioreaktorze. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 2010, 10, 2 (30), 211-222.

*Praca częściowo realizowana w ramach projektu badawczego NCN Nr 3055/B/P01/2011/40*

### **Podziękowanie**

*Autorzy dziękują Panu dr. hab. Jackowi Dachowi, Kierownikowi Laboratorium Eko-technologii, za udostępnienie bioreaktorów do badań i ich przeprowadzenie.*