

## CHANGES IN THE VALUES OF SELECTED PARAMETERS TAKING PLACE DURING COMPOSTING OF PINE BARK WITH PLANTS

### Summary

*In forestry, composts constitute a special kind of fertilizers which are used, primarily, for the fertilization of light soils. Their role consists, first of all, in the improvement of properties of these soils. One of the by-products used for compost production is bark, especially, pine bark which is characterized, among others, by low nitrogen content. For that reason, irrespective of its origin, nitrogen supplementation is necessary. It can be added in the form of mineral, for example urea or ammonium nitrate or organic nitrogen (chicken faeces, farmyard manure, etc.). Bearing in mind economic realities, frequently, plants and their mixtures are often used as sources of nitrogen. This study presents results of investigations regarding composting of pine bark ( $4 \text{ m}^3$ ) supplemented with plant green material (serradella, buckwheat, field pea and vetch). The mass of the added mixture plant material amounted to 2.0 and 3.5  $\text{Mg}\cdot\text{heap}^{-1}$ , respectively. One of the experimental treatments was bark alone or bark supplemented with urea. Significant differences were found in values of the examined parameters and the impact of each factor on the level and dynamics of these changes varied. The dry matter content was determined, primarily, by time ( $F_{0,01}=849.9$ ) and as the content of organic matter ( $F_{0,01}=713.20$ ) as well as the content of crude nitrogen ( $F_{0,01}=146.61$ ) by composition of the heap. It was found that losses of total nitrogen (mainly during the final stages of composting) were the greatest in composts supplemented with plant material.*

**Key words:** compost; parameters; pine; bark; plants; experimentation

## ZMIANY WARTOŚCI WYBRANYCH PARAMETRÓW ZACHODZĄCE PODCZAS KOMPOSTOWANIA KORY SOSNOWEJ Z ROŚLINAMI

### Streszczenie

*W leśnictwie komposty stanowią szczególny rodzaj nawozów, które wykorzystuje się w nawożeniu gleb, głównie lekkich. Ich zadanie polega przede wszystkim na poprawie właściwości tych gleb. Jednym z odpadów wykorzystywanych w produkcji kompostów jest kora, głównie sosnowa, która charakteryzuje się między innymi małą zawartością azotu. Z tego względu konieczny jest dodatek tego składnika, niezależnie od źródła pochodzenia. Może to być azot mineralny, np. mocznik czy saletra amonowa, jak i organiczny (pomiot kurzy, obornik, itp.). Mając na uwadze realia ekonomiczne, często źródłem azotu są rośliny lub ich mieszanki. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące kompostowania kory sosnowej ( $4 \text{ m}^3$ ) z dodatkiem zielonej masy roślin (seradela, gryka, peluszką i wyka). Masa dodanej mieszanki wynosiła 2,0 i 3,5  $\text{Mg}\cdot\text{pryzma}^{-1}$ ). Jednym z obiektów była sama kora oraz kora z dodatkiem mocznika. Stwierdzono istotne różnice w wartościach badanych parametrów, przy czym wpływ każdego z czynników był zróżnicowany na wielkość i dynamikę tych zmian. Zawartość suchej masy determinowana była głównie czynnikiem czasu ( $F=849,9^{xx}$ ), materia organiczna - składem przyzmu ( $F=713,20^{xx}$ ), podobnie jak i zawartość azotu ogólnego ( $F_{0,01}=146,61$ ). Stwierdzono, że straty azotu ogólnego były największe w kompostach z masą roślinną, głównie w końcowym okresie kompostowania.*

**Słowa kluczowe:** kompost; parametry; sosna; kora; rośliny; badania

### 1. Wstęp

Masa kory drzewnej powstającej w Polsce, jak i w innych krajach jest na ogół oceniana szacunkowo. Ocenia się, że kora stanowi od 9 do 15% objętości drewna [10]. Z polskich doniesień [12] wynika, że ze  $100 \text{ m}^3$  pozyskiwanego drewna, 60% przypada na odpady, w tym  $10 \text{ m}^3$  stanowi kora. Kora jest dobrym odpadem organicznym, który ma od wielu lat zastosowanie w rolnictwie, ogrodnictwie czy leśnictwie. Jednak ze względu na swoje właściwości, głównie szeroki stosunek C : N, wynoszący średnio 100-130:1 [2], chociaż według innych danych [20], w przypadku kory drzew iglastych waha się on w granicach 131 -1285:1. Z tego względu kora wymaga uszlachetnienia, głównie przez dodatek azotu, co zapobiega procesowi immobilizacji azotu po wprowadzeniu odpadu do gleby. W przeszłości korę kompostowano z dodatkiem wody amoniakalnej [4]. Zdaniem Hoitinka i Poole [12] dodatek bezwodnego amoniaku do kory przyspiesza jest rozkład oraz sprzyja wzrostowi do pH 6,5 – 8,5. Innym źródłem azotu może być pomiot kurzy

czy gnojowica [23, 26]. Korę kompostuje się również z osadami ściekowymi [9, 11, 14], chociaż ich wykorzystanie np. w leśnictwie polskim napotyka na duże trudności.

Szkółki leśne są odbiorcą dużych ilości kory, głównie z racji ich usytuowania na glebach słabych, piaszczystych. Wykorzystuje się głównie do produkcji sadzonek [5]. Poza tym, ze względów ekonomicznych w leśnictwie poszukuje się tańszych rozwiązań, szczególnie w odniesieniu do azotu dodawanego do kory. Mając na uwadze między innymi ten czynnik podjęto badania dotyczące kompostowania kory sosnowej z dodatkiem masy roślinnej, jako alternatywnym do azotu mineralnego źródłem azotu.

### 2. Materiał i metody badań

Badania przeprowadzono w Szkółce Leśnej Świeca, należącej do Nadleśnictwa Antonin. Położenie miejsca badań określają współrzędne geograficzne wynoszące  $51^{\circ}32'N$   $17^{\circ}42'E$ .

Pryzma C – kora + ZMR<sub>1</sub>,

Pryzma D – kora + ZMR<sub>2</sub>.



Rys. 1. Tworzenie przyzm z kory i masy roślinnej  
Fig. 1. Creating of bark piles and plant mass

ZMR<sub>1</sub> reprezentował obiekt z zieloną masą roślin mitylkowatych z masą 2 Mg·pryzma<sup>-1</sup>, ZMR<sub>2</sub> z ilością 3,5 Mg·pryzma<sup>-1</sup>.

Masę roślinną stanowiła mieszanka złożona z seradeli, gryki, peluszek i wyki, uprawiana w warunkach polowych, a zebrana przed kwitnieniem roślin. Każda przyzma składała się z 4 m<sup>3</sup> kory sosnowej, do których dodano superfosfat pojedynczy w ilości równoważnej 0,3 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oraz sól potasową 60% w ilości równoważnej 0,5 kg K<sub>2</sub>O na metr sześcienny kory. Następnie ładowaczem do obornika (Cyklop) do odpowiednich przyzm dodano zieloną masę roślin (rys. 1). W przypadku przyzmy „D” masę roślinną dodawano rośliny dwukrotnie ze względu na jej początkową dużą objętość, uniemożliwiającą wymieszanie. Przyzmy mieszano i formowano z użyciem aeratora ciągnikowego (rys. 2).

Pryzmę „B” stanowiła kora sosnowa oraz mocznik, dodany w ilości 1,0 kg N·m<sup>-3</sup> kory. Po wymieszaniu, przyzmy poddano procesowi kompostowania.

W trakcie trwania doświadczenia wykonywano pomiar temperatury w przyzmach, których zmiany przedstawiono na rys. 3.



Rys. 2. Aerator podczas mieszania przyzmy  
Fig. 2. Aerator for mixing piles

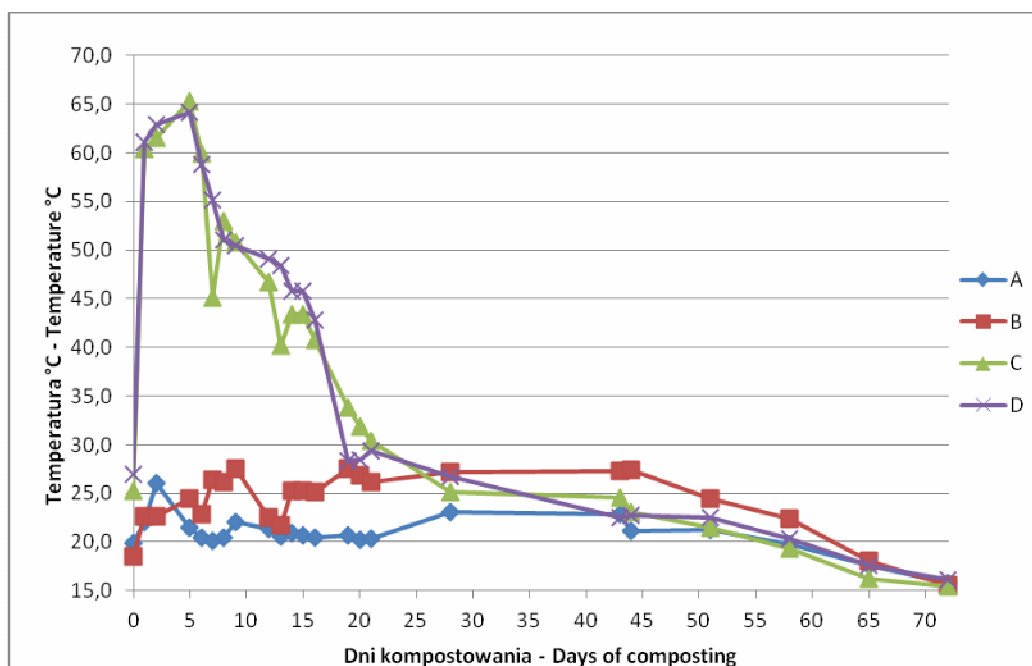
Pobrano również próbki kompostów: w dniu ich przygotowania (0), oraz 5, 9, 21, 43, 72. Oznaczono w nich:

- suchą masę – metodą suszarkową w temp. 105°C,
- pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub> – potencjometrycznie,
- materię organiczną (MO) – przez spoielenie w temp. 550°C, azot ogólny (N<sub>og</sub>) – metodą Kjeldahla.

Tab. 1. Wybrane właściwości kory sosnowej i mieszanki roślin

Table 1. Selected properties of pine bark and mixtures of plants

Parametr Parameter	Mieszanka roślin Mixtures of plants	Kora sosnowa Pine bark
pH-H <sub>2</sub> O	6,92	5,02
Sucha masa (%) Dry matter (%)	23,40	43,20
Materia organiczna (% s.m.) Organic matter (% DM)	84,00	71,00
N <sub>og</sub> ; Total N (g·kg <sup>-1</sup> s.m.- g·kg <sup>-1</sup> DM)	10,51	3,49



Rys. 3. Zmiany temperatury w okresie kompostowania  
Fig. 3. Temperature changes during the composting

### 3. Wyniki i dyskusja

Z pomiarów wynika, że najważniejszym czynnikiem mającym wpływ na wzrost temperatury była masa roślinna (rys. 3). Już dobieg po jej dodaniu nastąpił gwałtowny wzrost temperatury w pryzmie C i D odpowiednio do 60,4 i 61,1°C, wobec 21,5- 22,6°C w pozostałych pryzmach. Taki zakres temperatury utrzymywał się w pryzmach A i B przez cały okres badań. Jednak w kompoście kora + mocznik miał miejsce wolny, ale stały wzrost temperatury, utrzymujący się w granicach 22,6-27,8°C do 44 dnia kompostowania. Oznacza to, że mocznik sprzyjał rozwojowi drobnoustrojów, które w pewnym stopniu mogły wpływać na rozkład materii organicznej. Kora zawiera jednak małą ilość związków podlegających w większym stopniu rozkładowi na proste składniki, co w naturalny sposób ogranicza rozwój drobnoustrojów, czego wyznacznikiem jest między innymi temperatura. A uzyskanie, jakiejś minimalnej temperatury uważa się za warunek niezbędny do przeprowadzenia skutecznego procesu kompostowania [6]. Dlatego można uważać, że przy temperaturze poniżej 20°C następuje spowolnienie procesów lub ich zatrzymanie.

Poza temperaturą, uwilgotnienie wpływa w istotny sposób na procesy zachodzące podczas kompostowania. Wiąże się to między innymi z przepływem składników wykorzystywanych przez mikroorganizmy dla prawidłowego przebiegu swoich funkcji metabolicznych. Z drugiej strony nadmiar wody w pryzmie może sprzyjać występowaniu warunków beztlenowych. Z badań wynika [17], że znaczenie obu czynników jest szczególnie ważne w początkowym okresie kompostowania. Wiąże się to również z zapotrzebowaniem na tlen, a więc pośrednio i z aktywnością mikrobiologiczną. Według Lianga et al. [16], uwilgotnienie rzędu 50% należy uznać za minimalne, a 60-70% właściwe dla zapewnienia aktywności mikrobiologicznej. Zdaniem tych autorów wyniki badań inkubacyjnych dowiodły, że wilgotność kompostów miała większy wpływ na aktywność mikrobiologiczną niż temperatura.

Z czynnikiem uwilgotnienia wiąże się zawartość suchej masy, którą poddano analizie statystycznej w prezentowanej pracy. Zawartość suchej masy na ogół podlega dużym zmianom ilościowym w trakcie kompostowania. Wpływa na to wiele czynników, w tym i warunki pogodowe, szczególnie przy kompostowaniu pryzmowym na otwartej przestrzeni. Należy również brać pod uwagę skład pryzm, a ściślej ujmując rodzaj i udział jej komponentów. W przypadku doświadczenia dotyczyło to głównie masy roślinnej, z którą wprowadzono do pryzmy „C” około 1180 kg i do „D” około 2680 kg wody. Ilości te wynikały z zawartości wody w roślinach, jak i zastosowanej masy roślin w obu pryzmach. Wskutek tego w dniu założenia doświadczenia zawartość suchej masy w obu pryzmach była niższa o około 11,4%, w porównaniu z pryzmą z samej kory (tab. 4). Średnia zawartość dla pryzm, niezależnie od czasu kompostowania sucha masa zmniejszała się od pryzmy z kory (A), gdzie była największa (48,37%) do pryzm z masą roślinną (C i D), w których zawartość ta była podobna, około 44,0% i nie różniła się statystycznie istotnie (tab. 2). Różnice te były istotnie mniejsze zarówno w przypadku pryzm z korą, jak i korą z mocznikiem (B).

Zmiany ilościowe suchej masy wykazano nie tylko dla kompostów, ale i dni kompostowania. Czynnikiem ten miał najsilniejszy wpływ na zawartość suchej masy ( $F_{0,01}=822,49$ ). Średnie wartości tego czynnika niezależnie

od rodzaju kompostu przedstawiono w tab. 3. Z danych wynika, że z upływem dni kompostowania następował wzrost zawartości suchej masy w kompostach, zauważalny już w początkowym okresie doświadczenia, co było związane z utratą wody. Największy przyrost zawartości suchej masy miał miejsce jednak w końcowym okresie, w fazie schłodzenia i dojrzewania. Między 43 a 72 dniem badań wzrost ten wynosił, średnio 8,25%. W tym przypadku pewną rolę odgrywać mogła pogoda, chociaż brak dokładnych ilości opadów nie pozwala na potwierdzenie powyższego stwierdzenia. Wyniki zawarte w tab. 3 świadczą również o dużej dynamice zachodzących zmian w zawartości suchej masy, o czym pośrednio mogą świadczyć istotne różnice między próbkami kolejnym terminem, z wyjątkiem 5 i 9 dnia badań.

Tab. 2. Wpływ rodzaju kompostu niezależnie od czasu kompostowania na zawartość suchej masy w kompostach  
*Table 2. Effect of the type of compost, irrespective of compost time, on in dry matter content in composts*

Kompost / Compost			
A	B	C	D
%			
48.37 c*	46.64 b	44.08 a	44.01 a

\*a,b,c,...; średnie różnią się istotnie przy  $p<0,05$

\* a,b,c,...; means differ significantly at  $p<0,05$

Tab. 3. Wpływ czasu (dni) kompostowania niezależnie od rodzaju kompostów, na zawartość suchej masy w kompostach

*Table 3. Effect of composting time (days), irrespective of the type of compost, on dry matter content in composts*

Dni kompostowania / Days of composting					
0	5	9	21	43	72
%					
39.98 a*	42.97 b	43.26 b	48.38 d	45.88 c	54.17 e

\*a,b,c,...; średnie różnią się istotnie przy  $p<0,05$

\* a,b,c,...; means differ significantly at  $p<0,05$

Niezależnie od tego oba czynniki doświadczenia, tj. rodzaj kompostów oraz czas kompostowania wykazały statystycznie istotne współdziałanie w kształtowaniu zawartości suchej masy ( $F_{0,01}= 98,68$ ), chociaż mocno zróżnicowane między kompostami, jak i czasem kompostowania (tab. 4).

Działanie czynnika czasu było zróżnicowane zależnie od składu kompostu. Względnie mały jego wpływ zanotowano w przypadku samej kory (A) i w stosunkowo długim okresie również kory z mocznikiem (B), w której to pryzmie dopiero w końcowym okresie nastąpił wzrost zawartości suchej masy do poziomu 55,90%. Jak wspomniano wcześniej, największe zmiany ilościowe suchej masy miały miejsce w pryzmach z masą roślinną i to bez względu na dodaną ilość.

Jednak przy względnie podobnym tempie zmian w pierwszej dekadzie badań, w dalszym okresie wystąpiły już istotne różnice między pryzmami C i D (tab. 4). W końcowym okresie badań zawartości w kompostach suchej masy ukształtowały się w szeregu zawartości wzrastającej:

**Sama kora < Kora + ZMR<sub>2</sub> < Kora + Mocznik < Kora + ZMR<sub>2</sub>**

Wykazane ilości suchej masy w fazie dojrzewania kompostów można uznać za naturalne, bowiem większe uwilgotnienie w tym czasie już nie miałyby znaczenia dla procesów biologicznych. Świadczą o tym między innymi analizy wyciągu wodnego tych kompostów (dane nie publikowane).

Tab. 4. Współdziałanie rodzaju kompostów z czasem kompostowania na zmiany zawartości suchej masy w kompostach  
 Table 4. Interaction between types of composts and composting time on changes in the content of dry matter in composts

Kompost Compost	Dni kompostowania / Days of composting					
	0	5	9	21	43	72
	%					
A	46.30 fg*	48.30 i	46.02 fg	53.91 k	48.32 i	47.37 hi
B	43.79 d	45.52 ef	42.09 c	48.28 i	44.24 d	55.90 l
C	34.91 a	35.96 b	42.36 c	44.36 d	44.72 de	62.15 m
D	34.93 a	42.09 c	42.57 c	46.98 gh	46.22 fg	51.28 j

\*wartości oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie dla  $p < 0.05$

\* values followed by different letters differ significantly at  $p < 0.05$

W wyniku działalności drobnoustrojów w kompostach następują biochemiczne przemiany materii organicznej, początkowo wynikające z degradacji łatwo rozpuszczalnych substancji kompostowanych materiałów organicznych [19]. Dynamika tych zmian zależy od wielu czynników, w tym rodzaju odpadów organicznych i ich składu chemicznego [15, 16]. W doświadczeniu komponentem wszystkich przyzmy była kora sosnowa, która na ogół jest wolno rozkładana. To skutek jej składu chemicznego, szczególnie obecności ligniny. Jej zawartość wynosi od 35 do 50%, celulozy od 20 do 50% i hemicelulozy od 10 do 20% [3, 18]. Według Prosińskiego [22] kora sosnowa jest bardziej zasobna w ligninę (43,0%) niż kora świerku (27,4%), brzozy (27,8%) czy dębu (38,4%). Jednak z punktu widzenia rozkładu kory ważna jest nie tylko zawartość ligniny, ale i związków łatwiej rozpuszczalnych w wodzie, jak cukrów prostych, barwików, glikozydów czy alkaloidów.

Zmiany zawartości materii organicznej w kompostach w warunkach doświadczenia najsilniej zależały od składu przyzmy ( $F_{0,01}=713.20$ ), w mniejszym stopniu od czasu kompostowania ( $F_{0,01}=134.24$ ) i od współdziałania obu czynników ( $F_{0,01}= 80.80$ ). Jednak wpływ tych czynników był wysoce istotny na poziomie  $p < 0,01$ .

Biorąc pod uwagę rodzaj kompostu, niezależnie od czasu kompostowania stwierdzono istotne różnice w ilości materii organicznej (tab. 5), której zawartość była najwyższa w kompoście z kory z mocznikiem (70,39%), a mniejsza

Tab. 5. Wpływ rodzaju kompostu, niezależnie od czasu kompostowania na zawartość materii organicznej w kompostach

Table 5. Effect of the type of compost, irrespective of compost time, on changes in organic matter content in composts

Kompost / Compost			
A	B	C	D
% s.m.; DM			
62.56 b	70.39 d	66.00 c	50.94 a

\*a,b,c,...; średnie różnią się istotnie przy  $p < 0,05$

\* a,b,c,...; means significantly different at  $p < 0,05$

w kompoście z kory z dodatkiem zwiększonej ilości masy roślinnej (50,94%). Zwraca uwagę przede wszystkim duża różnica w zawartości MO między kompostami C i D. Wskazuje to na możliwość zmiennej dynamiki przemian, głównie mineralizacji, w warunkach tak dużej różnicy masy dodatku organicznego w postaci mieszanki roślin. Wykazane różnice między kompostami (tab. 5) można uznać jako wypadkową z udziałem działaniem czynnika czasu, co przy wykazanej jego zmienności (tab. 6) musiało rzutować na zaistniałe różnice.

Wyniki przedstawione w tab. 7 świadczą o wzmożonej mineralizacji, która prawdopodobnie miała miejsce w zasadzie pod koniec pierwszego tygodnia kompostowania.

Tab. 6. Wpływ czasu kompostowania, niezależnie od rodzaju kompostów, na zawartość suchej masy w kompostach  
 Table 6. Effect of composting time (days), irrespective of the type of compost, on organic matter content in composts

Dni kompostowania / Days of composting					
0	5	9	21	43	72
%					
61.08 c	69.42 e	66.08 d	57.83 a	59.00 b	61.42 c

\*a,b,c; średnie różnią się istotnie przy  $p < 0,05$

\* a,b,c; means differ significantly at  $p < 0,05$

Zawartości MO w kompostach z końcowego okresu badań były istotnie zróżnicowane, ale uwagę zwracają duże jej straty w kompoście z większym dodatkiem masy roślinnej (D). Zawartość 40% MO w tym kompoście może świadczyć o dużym nasileniu procesu mineralizacji już od początkowych dni kompostowania, co potwierdzają wyniki zawarte w tab. 7, kiedy to między 5 a 9 dniem nastąpiła strata MO rzędu 18%, czego nie stwierdzono w pozostałych kompostach. Należy to brać jako swoistą wskazówkę dotyczącą relacji ilościowych między masą kory a masą roślin.

Kora drzew liściastych charakteryzuje się szerokim stonunkiem C : N, wynoszącym od 131 do 1285, średnio 496 [21]. W związku z tym kora wymaga uszlachetnienia, co na ogół odbywa się przez jej kompostowanie z dodatkiem azotu.

Tab. 7. Współdziałanie rodzajów kompostu z czasem kompostowania na zmiany zawartości materii organicznej w kompostach  
 Table 7. Interaction between types of composts and composting time on changes in the content of organic matter composts

Kompost Compost	Dni kompostowania / Days of composting					
	0	5	9	21	43	72
	% s.m.; DM					
A	58.67f g	67.00 j	68.00 j	58.00 ef	61.67 hi	62.00 hi
B	67.33 j	79.33 m	82.67 n	64.00 i	56.00 e	73.00 l
C	58.00 ef	69.00 jk	69.33 jk	62.00 hi	67.00 j	70.67 k
D	60.33 gh	62.33 hi	44.33 b	47.33 c	51.33 d	40.00 a

\*wartości oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie dla  $p < 0.05$

\* values followed by different letters differ significantly at  $p < 0.05$

Ponieważ azot był pierwiastkiem determinującym masę zastosowanej mieszanki roślin, stąd ważna jest ocena zmian zawartości tego składnika w czasie kompostowania. Dodatek azotu do kory, bez względu na formę spowodował jego istotny wzrost zawartości w kompostach (tab. 8). W kompoście B, do którego wprowadzono mocznik, wzrost ten wyniósł średnio 36,7% w stosunku do zawartości w kompoście A (3,87 g·kg<sup>-1</sup>s.m.), w kompoście z dodatkiem masy roślinnej odpowiednio 56,8% w kompoście C i 44,4% w kompoście D.

Tab. 8. Wpływ rodzaju kompostu, niezależnie od czasu kompostowania, na azotu ogólnego w kompostach

Table 8. Effect of the type of compost, irrespective of compost time, on changes in organic total nitrogen content composts (%)

Kompost / Compost			
A	B	C	D
g·kg <sup>-1</sup> s.m.			
3.87 a	5.29 b	6.07 d	5.59 c

\*a,b,c...; średnie w wierszu różnią się istotnie przy p<0,05

\* a,b,c...; means significantly different at p<0,05

Mniejsza zawartość azotu w kompoście D wydaje się potwierdzać możliwość jego strat wskutek wzmożonej mineralizacji, o czym wspomniano już przy omawianiu materii organicznej.

Z kolei biorąc pod uwagę działanie czynnika czasu stwierdzono, że do trzech tygodni kompostowania następował systematyczny wzrost zawartości azotu ogólnego w kompostach, po czym ujawniła się tendencja do jego strat (tab. 9), co mogło dotyczyć przede wszystkim azotu amonowego, szczególnie do końca fazy termofilnej, i azotu azotanowego w późniejszych terminach.

Tab. 9. Wpływ czasu kompostowania, niezależnie od rodzaju kompostu, na zawartość azotu ogólnego w kompostach

Table 9. Effect of composting time (days), irrespective of the type of compost, on total nitrogen content composts

Dni kompostowania / Days of composting					
0	5	9	21	43	72
g·kg <sup>-1</sup> s.m; DM					
5.28 bc	5.17 b	5.35 bc	5.81 d	5.56 cd	4.05 a

\*a,b,c...; średnie różnią się istotnie przy p<0,05

\* a,b,c...; means significantly different at p<0,05

Współdziałanie obu czynników doświadczenia miało miejsce w zasadzie we wszystkich pryzmach i w całym okresie badań, ale miały różne natężenie i kierunek zmian. W kompoście samej kory ilość azotu systematycznie wzra-

stała przez większość czasu, ale były to różnice nieistotne. Natomiast w pozostałych kompostach dynamika zmian była już zróżnicowana. Największe zmiany miały miejsce w kompoście z mocznikiem, w którym do 21 dnia zawartość azotu wzrastała nawet o 40,8% po czym w końcowym okresie nastąpił spadek rzędu 17% w porównaniu z dniem rozpoczęcia badań. Podobny trend zanotowano w kompoście C, w którym straty azotu w końcowej fazie były większe w porównaniu z kompostem z dodatkiem mocznika. Ich wielkość wynosiła średnio 43,9% w stosunku ilości stwierdzonej w dniu rozpoczęcia doświadczenia (6.34 g·kg<sup>-1</sup>s.m). Kora ze względu na swoją budowę i właściwości wykazuje duże zdolności sorpcyjne w stosunku do kationów [1, 23]. Dotyczy to również azotu, głównie amoniaku [4, 7, 8], który łączy się przede wszystkim z grupami polifenolowymi i karboksylowymi. Wykazano jednak, że kora sosnowa adsorbuje również azotany. Orlando i in. [20] stwierdzili, że kora sosnowa adsorbowała azotany średnio w ilości 1,06 mmol·g<sup>-1</sup>. Z kolei Herná'ndez-Apaolaza i Guerrero [11] donieśli, że z kolumn wypełnionych korą sosnową wymycie azotanów było mniejsze w porównaniu z włóknami kokosowymi. Wykazane właściwości kory w stosunku do azotu świadczą o dużych możliwościach kory w ograniczaniu strat azotu, niezależnie od jego formy. Jednak wyniki uzyskane w pracy w odniesieniu do azotu ogólnego wykazały, że dynamika jego strat w trakcie kompostowania (tab. 10) była większa w obiektach z korą i masą roślinną. Jedną z przyczyn tego zjawiska mogło być nadmierne uwilgotnienie tych pryzm wodą wprowadzoną z roślinami, o czym wspomniano wcześniej. Wskutek tego zmniejszyła się mikroporowatość kory, a tym samym i zdolność zatrzymywania składników, w tym azotu. W konsekwencji mogły nastąpić jego straty. Na taką możliwość wskazują wyniki badań m.in. Herná'ndez-Apaolaza i Guerrero [11].

Rozpatrując końcowe zawartości azotu ogólnego w kompostach należy podkreślić, że jego straty miały miejsce między 43 a 72 dniem badań. To z kolei wskazuje na możliwe źródło tych strat przede wszystkim w formie azotanowej. Stanowi to również pewną wskazówkę praktyczną w dalszych badaniach.

#### 4. Wnioski

1. Dynamika zmian temperatur w pryzmach była bardzo silnie zróżnicowana zależnie od ich składu i już po dniu kompostowania jej poziom był trzykrotnie wyższy w pryzmach z udziałem masy roślinnej w porównaniu z pryzmami samej kory i kory z mocznikiem.
2. Zawartości suchej masy w kompostach ulegały istotnym zmianom w okresie kompostowania, w większym stopniu pod wpływem czasu niż składu pryzm.

Tab. 10. Współdziałanie rodzajów kompostu z czasem kompostowania na zmiany zawartości azotu ogólnego w kompostach

Table 10. Interaction between types of compost and composting time on changes in the content of total nitrogen i composts

Kompost Compost	Dni kompostowania / Days of composting					
	0	5	9	21	43	72
	g·kg <sup>-1</sup> s.m; DM					
A	3.76 a	3.57 a	3.60 a	3.96 ab	4.19 ab	4.16 ab
B	4.93 cd	4.47 bc	5.24 de	6.94 i	6.08 fgh	4.09 ab
C	6.34 ghi	6.90 i	6.81 i	6.48 hi	6.31 ghi	3.56 a
D	6.09 fgh	5.72 efg	5.77 efg	5.87 fgh	5.66 ef	4.40 bc

\*wartości oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie dla p < 0.05

\* values followed by different letters differ significantly at p < 0.05

3. Masa roślinna kompostowana z korą miała wpływ na zmniejszenie zawartości suchej masy w kompostach w początkowym okresie badań oraz na dynamiczny i istotny jej wzrost z czasem kompostowania.

4. Zawartości materii organicznej w kompostach były zróżnicowane w okresie badań, nie wykazując jednoznacznego kierunku zmian. Tylko w kompoście z kory z mniejszym dodatkiem masy roślinnej systematycznie wzrastała zawartość materii organicznej z czasem kompostowania. W warunkach większego udziału masy roślinnej zawartość MO zmniejszyła się.

5. Mocznik, jako źródło azotu, miał największy wpływ na dynamikę zmian zawartości N w okresie kompostowania. W kompoście ustabilizowanym stwierdzono straty składnika, największe w kompoście z mniejszym udziałem masy roślinnej. Wyjątek stanowił kompost z samej kory.

## 5. Bibliografia

- [1] Demirbas A.: Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review. *J. Hazard. Mater.*, 2008, 157, 2-3, 220-229.
- [2] Dickson N., Richard Th., Kozłowski R.: Composting to reduce the wastes stream. NRAES-43, Ithaca, New York, 1992. pp. 53.
- [3] Fengel D., Wegener G.: *Wood - Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter, Berlin, 1989, 613 pp.
- [4] Filipek Z.: *Produkcja kompostu korowego metoda amoniakalną*. Kraków: NOT, 1981, 7, 97-103.
- [5] Filipek Z., Duda J., Drogosz S.: Zastosowanie kompostowanej kory świerkowej do produkcji sadzonek świerka pospolitego. *Sylwan*, 1992, 9, 27-32.
- [6] Finstein M.S., Miller F.C., Strom P.F.: Waste treatment composting as a controlled system. *Biotechnology*, 1986, 8, 396-443.
- [7] Foster W.J., Wright R.D., Alley M.M., Yeager T.B.: Ammonium adsorption on pine-bark growing medium. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1983, 108, 548-551.
- [8] Guedes-de-Carvalho R.A., Gonzalez-Beca C.G., Neves O.R., Sol-Pereira M.C.: Composting of pine and eucalyptus barks. *Bioresource Technol.*, 1991, 38(1), 51-63.
- [9] Guerrero F., Gasco J.M., Hernández-Apaolaza L.: Use of pine bark and sewage sludge compost as components of substrates for *Pinea pinea* and *Cupressus arizonica* production. *J. of Plant Nutr.*, 2002, 25, 1, 129-141.
- [10] Harkin J.M., Rowe J.W.: Bark and its possible uses. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Research note, FPL-091, Madison 1971, pp. 60.
- [11] Hernández-Apaolaza L., Guerrero F.: Comparison between pine bark and coconut husk sorption capacity of metals and nitrate when mixed with sewage sludge. *Bioresource Technol.*, 2008, 99(6), 1544-1548.
- [12] Hoitink, H.A.J. and Poole H.A.: Bark compost use in container media. *Compost Sci.*, 1980, 21, 3, 38-41.
- [13] Janowicz L.: Biomasa w Polsce. *Energetyka*, 2006, 6, 601-604.
- [14] Kallio H., Tikanmäki E.: Composting of sewage sludge and other wastes from food processing plant in Finland. *Ann. Agric. Fenn.*, 1982, 21, 2, 91-102.
- [15] Krzywy E., Izewska A., Wołoszyk Cz.: Zmiany składu chemicznego w czasie kompostowania wycierki ziemniaczanej z osadem ściekowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2004, 499: 173-180.
- [16] Kuo S., Ortiz-Escobar M.E., Hue N.V., Hummel R.L.: Composting and compost utilization for agronomic and container crops. *Res. Devel. Environ. Biol.*, 2004, 1, 451-513.
- [17] Liang C., Das K.C., McClendon R.W.: The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresour. Technol.*, 2003, 55, 201-206.
- [18] McDougall G.J., Morrison I.M., Stewart D., Weyers J.D.B., Hillman J.R.: Plant fibres: Botany, chemistry and processing for industrial use. *J. Sci. Food Agric.*, 1993, 62, 1-20.
- [19] Mondini C., Fornasier F., Sinicco T.: Enzymatic activity as a parameter for the characterization of the composting process. *Soil Biology & Biochemistry*, 2004, 36, 1587-1594.
- [20] Orlando U.S., Baes A.U., Nishijima W., Okada M. Preparation of agricultural residue anion exchangers and nitrate maximum adsorption capacity. *Chemosphere*, 2002, 48(10), 1041-1046.
- [21] *On-Farm Composting Handbook*. NRAES-54, Cooperative Extension Service, Ithaca, New York, 1992, (Rynk R. Ed.), 186 pp.
- [22] Prosiński S.: *Chemia drewna*. Warszawa: PWRiL, 1984, ss. 474.
- [23] Riberio H.M., Romero A.M., Pereira H., Borges P., Cabral F., Vasconcelos E.: Evaluation of a compost obtained from forestry wastes and solid phase of pig slurry as a substrate for seedlings production. *Bioresource Technology*, 2007, 98, 3294-3297.
- [24] Roberts A.W.L., Smith I.E.: Potassium nutrition of greenhouse cucumbers grown in pine bark and sawdust. In: *Proceedings of the International Congress on Soilless Culture, The Secretariat of ISOSC (ed.), International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands, 1988, pp. 417-428.*
- [25] Romero A.M., P. H. Borges. P., Cabral F., Vasconcelos E.: Evaluation of a compost obtained from forestry wastes and solid phase of pig slurry as a substrate for seedlings production. *Bioresour. Technol.*, 2007, 98, 17, 3294-3297.
- [26] Verdonck O.: Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. *Acta Horticulture*, 1983, 150, 467-473.

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