

ZMIANY ZAWARTOŚCI MAGNEZU W CZASIE KOMPOSTOWANIA
MATERIAŁÓW ROŚLINNYCH Z DODATKIEM FOLII OTRZYMANÝCH
Z POLIETYLENU I SKROBI KUKURYDZIANEJ*

Monika Mierzwa-Hersztek, Krzysztof Gonddek, Michał Kopeć, Renata Jarosz

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Rolniczy
al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: rrgonddek@cyf-kr.edu.pl

Streszczenie. Celem pracy była ocena zmian zawartości ogólnych i mobilnych form magnezu w czasie kompostowania materiałów roślinnych z dodatkiem folii. Obiekt badań stanowiła biomasa przygotowana na bazie słomy pszennej, słomy rzepakowej, świeżo zrębkowanej kukurydzy oraz odpadu powstającego podczas oczyszczania nasion grochu, do której wprowadzono 8% dodatek rozdrobnionych folii różniących się zawartością skrobi i polietylenu. Zawartość magnezu ogółem w materiałach wyjściowych i przekompostowanych oznaczono po wyprażeniu próbki w piecu komorowym w temperaturze 450°C przez 12 godzin i mineralizacji pozostałości w mieszaninie stężonych kwasów azotowego i nadchlorowego (3:2). Formy wodnorozpuszczalne magnezu wyodrębniono po dwugodzinnej ekstrakcji materiału wodą redestylowaną na mieszadło rotacyjnym. Zawartość magnezu w roztworach i ekstraktach oznaczono metodą ICP-OES za pomocą aparatu firmy Perkin Elmer Optima 7300DV. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dynamika zmian zawartości wodnorozpuszczalnej frakcji magnezu w czasie kompostowania była niewielka. Zawartość form magnezu wyekstrahowanych wodą zmniejszała się w miarę upływu czasu kompostowania. Największą zawartość ogólnych form magnezu oznaczono w kompoście kontrolnym bez dodatku folii, natomiast najmniejszą w kompoście z dodatkiem folii zawierającej 65% polietylenu i 30% skrobi kukurydzianej.

Słowa kluczowe: magnez, kompost, folia, polietylen, skrobia kukurydziana

WSTĘP

Magnez zaliczany jest do grupy najważniejszych makroelementów pokarmowych, niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania roślin. Uczestniczy w wielu procesach

* Badania zrealizowane w ramach projektu „Zastosowanie biomasy do wytwarzania polimerowych materiałów przyjaznych środowisku” (POIG 01.01.02-10-123/09) współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

fizjologicznych i biochemicznych, w których nie może być zastąpiony przez żaden inny pierwiastek (Pasternak i in. 2010). Obok siarki, uważany jest za jeden z najważniejszych kontrolerów metabolizmu azotu w roślinie, który wpływa na wielkość i jakość plonów (Skwierawska i in. 2006, Martyniak 2009).

Ze względu na systematycznie zwiększającą się ilość użytkowych materiałów polimerowych oraz problem ich zagospodarowania zasadne jest poszukiwanie efektywnych metod ich unieszkodliwiania (Stachurek 2012). Niestety tradycyjne tworzywa sztuczne to materiały składające się z polimerów syntetycznych, naturalnie niewystępujących w środowisku. Materiały te charakteryzuje znaczna odporność na działanie różnych czynników, które znacząco ograniczają ich degradację w środowisku. Obserwowany w ostatnich latach postęp w dziedzinie badań nad zależnościami pomiędzy strukturą i właściwościami polimerów, a mechanizmami ich degradacji prowadzi do opracowania materiałów polimerowych zachowujących właściwości i użyteczność tradycyjnych tworzyw sztucznych, ale o większej podatności na degradację w środowisku (Brodhagen i in. 2015). Modyfikacja składu chemicznego materiałów polimerowych ukierunkowana jest m.in. w stronę wzbogacenia ich w biokomponent typu skrobia kukurydziana lub polilaktyd, które ułatwiają dekompozycję a następnie mineralizację powstałych związków do prostych związków nieorganicznych (Janczak i in. 2014).

Zasadniczo każdy materiał organiczny, a więc również tworzywa sztuczne, podlega degradacji mechanicznej i chemicznej pod wpływem różnych czynników środowiska oraz mikroorganizmów. Z praktycznego punktu widzenia, zarówno w odniesieniu do użyteczności tworzyw jak również w zakresie wpływu na środowisko szczególnie istotne jest poznanie wpływu produktów ich rozkładu (Brodhagen i in. 2015). Jedną z metod najbardziej zbliżonych do tych, jakie zachodzą w środowisku naturalnym, pozwalającą na poznanie tempa degradacji materiałów polimerowych może być ich kompostowanie z odpadowymi materiałami roślinnymi (Krasowska i in. 2006, Kale i in. 2006, Siotto i in. 2011).

Zachodząca w czasie tego procesu biologiczna dekompozycja materiałów organicznych indukuje szereg przemian biochemicznych biomasy, które prowadzą do mineralizacji i humifikacji substancji organicznej. W konsekwencji następuje redukcja objętości i masy wsadu oraz zmiany w koncentracji składników mineralnych, które decydują o wartości nawozowej kompostu. Zmiany te dotyczą nie tylko zawartości ogólnych form pierwiastków, ale również kształtowania relacji pomiędzy formami ogólnymi a bezpośrednio dostępnymi dla roślin (Greenway i Song 2002). Poza tym, nie bez znaczenia jest również zawrócenie materii organicznej do obiegu. Ma to szczególne znaczenie na glebach lekkich, z natury ubogich w substancję organiczną (Hołubowicz-Kliza 2006).

W przypadku przekształconej biologicznie mieszaniny biomasy roślinnej z dodatkiem materiałów polimerowych pojawia się jednak wiele wątpliwości dotyczących wpływu tego typu materiałów na jakość kompostowanej biomasy, w tym zawartość

mikro- i makroskładników. Biorąc pod uwagę możliwość przyrodniczego wykorzystania przekompostowanej biomasy, przeprowadzono badania w celu określenia zmian zawartości ogólnych i mobilnych form magnezu w czasie kompostowania materiałów roślinnych z dodatkiem folii różniących się zawartością polietylenu i skrobi kukurydzianej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiła biomasa przygotowana ze słomy rzepakowej, słomy pszennej, świeżo zrębkowanej kukurydzy oraz z odpadu powstającego podczas oczyszczania nasion grochu. Mieszaninę rozdrobnionych i nawilżonych komponentów sporządzono, zakładając wartość stosunku C:N ~ 1:30, jako optymalną dla warunków prowadzenia procesu kompostowania. Założoną wartość C:N uzyskano przy następującej proporcji składników biomasy: zrębki z kukurydzy 13,1 kg s.m., słoma rzepakowa 4,3 kg s.m., słoma pszena 8,3 kg s.m. oraz odpad z czyszczenia nasion grochu 2,8 kg s.m. Wybrane właściwości komponentów użytych do przygotowania biomasy podano w tabeli 1. Wilgotność mieszaniny po rozdrobnieniu i wymieszaniu wynosiła około 45%.

Tabela 1. Wybrane właściwości chemiczne materiałów użytych do przygotowania mieszanin do kompostowania

Table 1. Some chemical properties of raw materials used to prepare mixtures for composting

Materiał Material	Sucha masa Dry matter	Popiół Ash	C _{org}	N _{og} N _{tot}	Mg _{og} Mg _{tot}
	g·kg ⁻¹		g·kg ⁻¹ s.m. – d.m.		
Słoma pszena Wheat straw	941	42,1	406	5,2	0,26
Słoma rzepakowa Rape straw	945	71,1	374	9,2	0,28
Odpad z oczyszczania nasion grochu Waste from the cleaning of pea seeds	905	55,7	369	35,6	1,03
Świeżo zrębkowana kukurydza Fresh maize chips	932	39,9	302	7,0	0,75
Folia F(A) Film F(A)	950	57,8	5,5	0,28	0,91
Folia F(B) Film F(B)	961	38,7	3,0	0,26	1,23
Folia F(C) Film F(C)	972	69,5	3,8	0,33	0,95

Do tak przygotowanej biomasy wprowadzono 8% dodatek (w stosunku do suchej masy mieszaniny) rozdrobnionych materiałów polimerowych (folie), które zostały wytworzone w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach. Wykorzystane do badań materiały różnicowała gęstość, udział polietylenu i skrobi kukurydzianej (tab. 2). Procentowy udział materiałów polimerowych wprowadzonych do kompostowanej biomasy był limitowany nie tylko ze względu na parametry fizyczne użytych folii, ale również z uwagi na ograniczenia technologiczne. Największą zawartością polietylenu C charakteryzowały się folie F(B) oraz F(C) (65%). W składzie folii poddanych procesowi kompostowania znajdowało się 30% skrobi kukurydzianej oraz 5% kompatybilizera. Z kolei folia F(A) zawierała 47,5% polietylenu, 45% skrobi kukurydzianej i 7,5% udział kompatybilizera.

Tabela 2. Wybrane właściwości folii użytych do kompostowania
Table 2. Selected properties of polymeric films used for composting

Folia Film	Polietylen C Polyethylene C	Skrobia kukurydziana Maize starch	Kompatybilizer Compatibilizer
	% wagowy – % weight		
F(A)	47,5	45,0	7,5
F(B)	65,0	30,0	5,0
F(C)	65,0	30,0	5,0 + kopolimer (copolymer)

Proces biologicznej transformacji biomasy prowadzono w warunkach laboratoryjnych, w bioreaktorach o wymiarach 1,2 x 1,0 x 0,8 m, które były wyposażone w system do napowietrzania oraz odprowadzania odcieków. Napowietrzanie biomasy w bioreaktorach odbywało się w cyklach $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ cztery razy na dobę. W czasie kompostowania kontrolowano temperaturę mieszaniny. Do 90 dnia procesu wynosiła ona 35-40°C (I etap), a później do 180 dnia procesu około 30°C (II etap), przy utrzymaniu wilgotności odpowiednio 50-60% oraz 45-50%. W celu uzyskania lepszego napowietżenia i homogenizacji materiału, kompostowaną biomasę wyjmowano raz w tygodniu z bioreaktorów i mieszano ręcznie.

Eksperyment obejmował 5 wariantów w dwóch powtórzeniach: C1 – biomasa bez dodatku folii (kontrola); C2 – biomasa + folia F(A); C3 – biomasa + folia F(B); C4 – biomasa + folia F(C) oraz C5 – biomasa + folia F(C) + szczepionka mikrobiologiczna (uniwersalny preparat do kompostowania Radivit firmy Neudorff). Po zakończonym procesie kompostowania materiały dokładnie wymieszano, a następnie pobrano próbki do analiz chemicznych.

Zawartość magnezu ogółem w materiałach wyjściowych i przekompostowanych oznaczono po wyprażeniu próbki w piecu komorowym w temperaturze 450°C przez 12 godzin i mineralizacji pozostałości w mieszaninie stężonych kwasów azotowego i nadchlorowego (3:2). Formę rozpuszczalną magnezu wyodrębniono po dwugodzinnej ekstrakcji materiału wodą redestylowaną na mieszadle rotacyjnym. Zawartość magnezu w roztworach i ekstraktach oznaczono metodą ICP-OES za pomocą aparatu firmy Perkin Elmer Optima 7300DV. Przedstawione wyniki badań stanowią średnią arytmetyczną z 2 powtórzeń. Dla uzyskanych wyników obliczono odchylenie standardowe (SD).

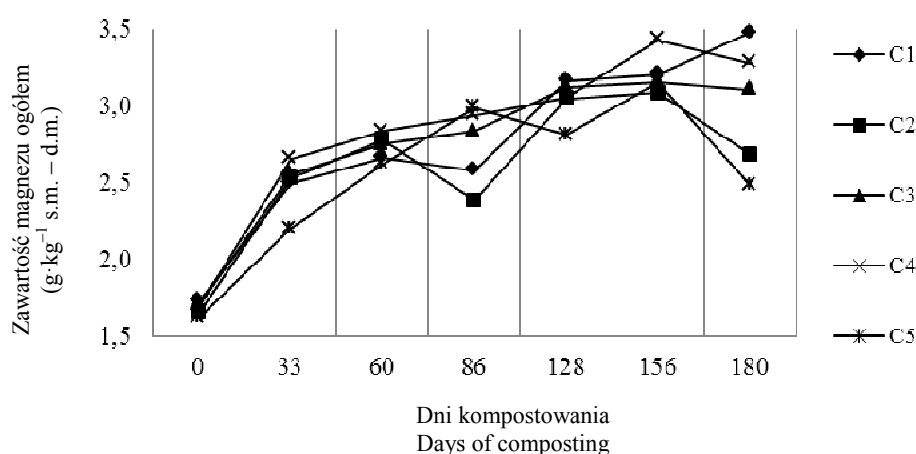
WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

W czasie kompostowania zachodzi szereg przemian biochemicznych związanych z rozkładem i wtórną resyntezą związków organicznych. Procesy te w istotny sposób kształtują właściwości fizyczne i chemiczne, a przede wszystkim wywierają istotny wpływ na skład pierwiastkowy przekompostowanej biomasy. W konsekwencji postępujący proces biologicznej transformacji materiałów organicznych prowadzi na ogół do zwiększenia zawartości składników popielnych, w tym magnezu (Ciećko i in. 2003, Czeakała 2014). Poziom zawartości pierwiastków zanieczyszczających oraz nawozowych w produkcie końcowym ma istotne znaczenie z uwagi na przeznaczenie uzyskanego kompostu, a także stanowi podstawę do określenia wielkości dawki (Barral i Paradelo 2011).

Jak wykazano w badaniach własnych, zawartość ogólnych form magnezu w dniu założenia doświadczenia kształtowała się na zbliżonym poziomie i wynosiła średnio 1,7 g Mg·kg⁻¹ s.m. (rys. 1). W miarę dojrzewania kompostowanej biomasy we wszystkich obiektach następowało systematyczne zwiększenie się zawartości tego składnika. Po 180 dniach procesu największy przyrost zawartości ogólnych form magnezu (o 101%) stwierdzono w przekompostowanej biomacie bez dodatku folii (C1) (rys. 2). W porównaniu do obiektu C1 dodatek materiałów polimerowych przyczyniał się do mniejszego przyrostu ogólnej zawartości magnezu w każdej z kompostowanych mieszanin. Najmniejszy przyrost ogólnej zawartości omawianego składnika (o 53%) stwierdzono w przekompostowanej biomacie C5 z dodatkiem folii wytworzonej z 65% z polietylenu, 30% skrobi kukurydzianej oraz 5% kompatybilizera. Należy zaznaczyć, że w przekompostowanej biomacie C4, do której wprowadzono dokładnie taki sam materiał polimerowy, ale bez dodatku szczepionki mikrobiologicznej, oznaczono największy przyrost zawartości magnezu ogółem (o 94%) spośród wszystkich mieszanin kompostowanych z dodatkiem folii.

Wyniki badań uzyskane przez Ciećko i in. (2003) wskazały, że 24-tygodniowe kompostowanie osadów ściekowych z dodatkiem materiałów organicznych spowodowało

przekraczające 80% zwiększenie zawartości omawianego składnika. Wyniki badań własnych są zbliżone do wyników cytowanych autorów, aczkolwiek proces kompostowania materiałów organicznych z dodatkiem folii trwający niemal 26 tygodni przyczynił się do wyraźnego zwiększenia zawartości magnezu ogółem. Na tendencję zwiększania się zawartości form ogólnych magnezu w czasie kompostowania różnych odpadów wskazują także Drozd i Licznar (2004), Klasa i in. (2006), Gondek i Kopec (2012) oraz Estévez-Schwarz i in. (2012).



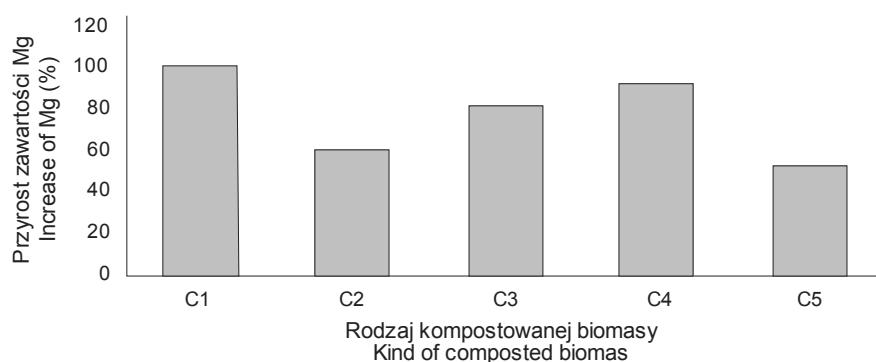
Rys. 1. Zmiany zawartości magnezu ogółem w czasie kompostowania materiałów roślinnych z dodatkiem folii otrzymanych z polietylenu i skrobi kukurydzianej; C1 – biomasa bez dodatku folii (kontrola); C2 – biomasa + folia F(A); C3 – biomasa + folia F(B); C4 – biomasa + folia F(C) oraz C5 – biomasa + folia F(C) + szczepionka mikrobiologiczna

Fig. 1. Changes of total magnesium content during composting of plant materials with addition of polyethylene film and maize starch; C1 – biomass without any addition of film (control); C2 – biomass + foil F (A); C3 – biomass + foil F (B); C4 – biomass + foil F (C) and C5 – biomass + film F + (C) + microbial vaccine

O ile zawartość ogólnych form pierwiastków jest istotna przy ocenie wartości nawozowej materiałów organicznych, o tyle nie daje informacji o zawartości form bezpośrednio dostępnych dla roślin. Ocena zawartości ekstrahowanej wodą frakcji magnezu może stanowić ważną informację o tempie uruchamiania tego składnika do roztworu glebowego, a tym samym o dostępności Mg dla roślin. Ma to szczególne znaczenie w przypadku recyklingu organicznego biomasy z dodatkiem materiałów polimerowych (Iovino i in. 2008).

Dynamika zmian zawartości ekstrahowanych wodą frakcji magnezu w czasie kompostowania była bardzo mała. W dniu założenia doświadczenia zawartość magnezu wyekstrahowanego wodą we wszystkich mieszaninach była porównywalna

i mieściła się w przedziale od 1,08 g do 1,19 g·kg⁻¹ s.m. (rys. 3). Największą zawartość magnezu wyekstrahowanego wodą na początku eksperymentu oznaczono w biomacie C2 z dodatkiem folii F(A), a najmniejszą w biomacie C5 z dodatkiem folii F(C). Odwrotną zależność stwierdzono po 180 dniach procesu kompostowania. Po zakończeniu procesu w przekompostowanej biomacie C2 z dodatkiem folii wytworzonej w 47,5% z polietylenu oraz w 45% ze skrobi kukurydzianej z 7,5% udziałem kompatybilizera odnotowano nie tylko najmniejszą zawartość magnezu wyekstrahowanego wodą, ale również wyraźne zmniejszenie (o 13%) zawartości tego pierwiastka w stosunku do zawartości oznaczonej na początku procesu. Z kolei przekompostowana biomasa C5 z dodatkiem folii wytworzonej w 65% z polietylenu, 30% skrobi kukurydzianej oraz 5% kompatybilizera była jedyną mieszaniną, w której odnotowano zwiększenie się zawartości tej formy Mg (o 2%). Ponadto wprowadzenie szczepionki mikrobiologicznej do biomasy C5 przyczyniło się do zwiększenia zawartości magnezu wyekstrahowanego wodą o 12% w porównaniu do biomasy C4, która zawierała taki sam materiał polimerowy, ale bez szczepionki mikrobiologicznej.

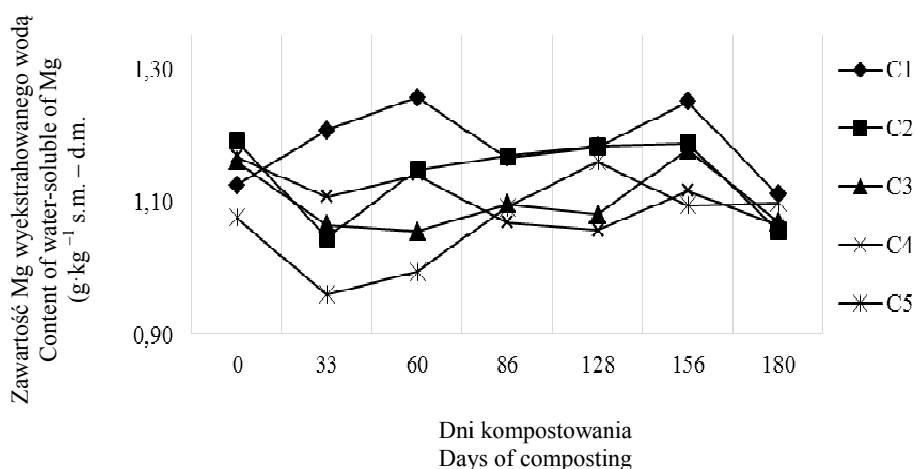


Rys. 2. Przyrost zawartości magnezu ogółem, po 26 tygodniach kompostowania

Fig. 2. Increase in the total magnesium content, after 26 weeks of composting

Zmniejszenie zawartości magnezu wyekstrahowanego wodą w biomacie po dwumiesięcznym okresie kompostowania, w porównaniu do zawartości tej formy pierwiastka oznaczonej w biomacie przed rozpoczęciem kompostowania, stwierdzili w swoich badaniach Baran i in. (2009). Na zmniejszenie zawartości magnezu wyekstrahowanego wodą wskazują również wyniki badań Licznara i in. (1999). Odwrotną zależność wykazali Blanco i Almendrosa (1997), którzy po 60 dniach kompostowania obornika z dodatkiem słomy pszennej wykazali zwiększenie rozpuszczalnych form magnezu na poziomie 80-90% w stosunku do zawartości oznaczonych w dniu rozpoczęcia eksperymentu.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że rodzaj dodanej folii nie miał większego wpływu na zmiany zawartości wyekstrahowanych wodą form magnezu w kompostowanych materiałach. Niemniej jednak wzbogacenie kompostowanej biomasy w materiał polimerowy (niezależnie od rodzaju), szczególnie w pierwszych 30 dniach, przyczyniało się do zmniejszenia zawartości frakcji magnezu wyekstrahowanej wodą (rys. 3).



Rys. 3. Zmiany zawartości magnezu wyekstrahowanego wodą w czasie kompostowania materiałów roślinnych z dodatkiem folii otrzymanych z polietylenu i skrobi kukurydzianej; C1 – biomasa bez dodatku folii (kontrola); C2 – biomasa + folia F(A); C3 – biomasa + folia F(B); C4 – biomasa + folia F(C) oraz C5 – biomasa + folia F(C) + szczepionka mikrobiologiczna

Fig. 3. Changes in the content of water-soluble forms of magnesium during composting of plant materials with the addition of polyethylene film and maize starch; C1 – biomass without any addition of film (control); C2 – biomass + foil F (A); C3 – biomass + foil F (B); C4 – biomass + foil F (C) and C5 – biomass + film F + (C) + microbial vaccine

Udział rozpuszczalnych w wodzie form magnezu w zawartości ogólnej w biomacie po procesie kompostowania (po 180 dniach) mieścił się w przedziale od 32 do 44%. Najmniejszy udział tej formy magnezu w zawartości ogółem oznaczono w biomacie bez dodatku folii (C1), a największy w przekompostowanej biomacie z dodatkiem folii (zawierającej 65% polietylenu i 35% skrobi kukurydzianej) oraz szczepionki mikrobiologicznej (C5) (tab. 3).

Tabela 3. Udział magnezu wyekstrahowanego wodą w zawartości ogólnej po procesie kompostowania
Table 3. The share of water-soluble form of magnesium in total content after composting process

Material – Material	C1	C2	C3	C4	C5
*Mwsf/ Mt · 100 [%]	32	39,4	34,5	32,4	44,2

Objaśnienia – Explanatory notes:

t – zawartość całkowita, wsf – zawartość frakcji ekstrahowanej wodą.

t – total form, wsf – water-soluble form.

WNIOSKI

1. W warunkach przeprowadzonych badań proces kompostowania materiałów z dodatkiem folii otrzymanych z polietylenu i skrobi kukurydzianej prowadził do zwiększenia zawartości magnezu ogółem.

2. Największą zawartość magnezu ogółem oznaczono w przekompostowanej biomase bez dodatku folii oraz w biomase, do której wprowadzono dodatek folii zawierającej 65% polietylenu i 35% skrobi kukurydzianej, a najmniejszą w biomase z dodatkiem tego samego materiału polimerowego, ale wzbogaconej w szczepionkę mikrobiologiczną.

3. Proces kompostowania biomasy, bez względu na rodzaj dodanej folii, nie wykazywał jednoznacznego wpływu na zmiany w zawartości magnezu wyekstrahowanego wodą.

PIŚMIENNICTWO

- Baran S., Wójcikowska-Kapusta A., Żukowska G., Strzałka A., 2009. Wpływ kompostowania odpadów komunalnych na zawartość makroskładników. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 537, 33-39.
- Barral M.T., Paradelo R., 2011. Trace elements in compost regulation: The case of Spain. Waste Management, 31 (3), 407-410.
- Blanco M.J., Almendros G., 1997. Chemical transformation, phytotoxicity and nutrient availability in progressive composting stages of wheat straw. Plant and Soil, 196, 15-25.
- Brodhagen M., Peyron M., Miles C., Inglis D.A., 2015. Biodegradable plastic agricultural mulches and key features of microbial degradation. Appl Microbiol Biotechnol., 99, 1039-1056.
- Ciećko Z., Harnisz M., Wyszowski M., Najmowicz T., 2003. Changes in magnesium content in composted sewage sludge enriched with various components. Inż. Ekolog., 9, 95-101.
- Czekała J., 2014. Zmiany ilościowe żelaza, manganu, cynku i miedzi w korze sosnowej kompostowanej z masą roślinną i efektywnymi mikroorganizmami. Inż. Ekolog., 37, 128-142.
- Drozd J., Licznar M., 2004. Zmiany makro- i mikroskładników w czasie kompostowania odpadów komunalnych w różnych warunkach uwilgotnienia i przy różnym dodatku mocznika. W: Komposty z odpadów komunalnych, produkcja, wykorzystanie i wpływ na środowisko (red.: J. Drozd), PTSH, Wrocław, 151-170.

- Estévez-Schwarz I., Seoane-Labandeira S., Núñez-Delgado A., López-Mosquera M.E., 2012. Production and characterization of compost made from garden and other waste. *Pol. J. Environ. Stud.*, 21, 4, 855-864.
- Gondek K., Kopeć M., 2012. Zawartość wybranych makro i mikroelementów w przekompostowanych komunalnych odpadach biodegradowalnych. *Acta Agrophysica*, 19(3), 527-538.
- Greenway G.M., Song Q.J., 2002. Heavy metal speciation in the composting process. *Journal of Environmental Monitoring*, 4, 300-305.
- Iovino R., Zullo R., Rao M.A., Cassar L., Gianfreda L., 2008. Biodegradation of poly(lactic acid)/starch/coir biocomposites under controlled composting conditions. *Polym. Degrad. Stab.*, 93, 147-157.
- Hołubowicz-Kliza G., 2006. Wapnowanie gleb w Polsce. Instrukcja upowszechnieniowa, IUNG-PIB, 128, 4-9.
- Janczak K., Dąbrowska G., Znajewska Z., Hrynkiewicz K., 2014. Effect of bacterial inoculation on the growth of miscanthus and bacterial and fungal density in the polymer-containing soil. Part 2. Non-biodegradable polymers. *Przemysł Chemiczny*, 93 (12), 2222-2225.
- Kale G., Auras R., Singh S.P., 2006. Degradation of Commercial Biodegradable Packages under Real Composting and Ambient Exposure Conditions, *J. Polym. Environ.*, 14, 317-334.
- Klasa A., Czapla J., Nogalska A., 2006. Komposty z odpadów organicznych jako źródło składników pokarmowych dla roślin warzywnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 512, 323-337.
- Krasowska K., Hejmowska A., Rutkowska M., 2006. Enzymatic and hydrolytic degradation of poly(ϵ -caprolactone) in natural environment. *Polimery*, 51(1), 21-26.
- Licznar M., Drozd L., Jamroz E., Licznar S.E., Weber L., 1999. Przemiany makro- i mikroskładników w procesie dojrzewania kompostów produkowanych z odpadów miejskich w warunkach kontrolowanych. *Zesz. Nauk. AR Szczecin*, 77, 201-205.
- Martyniak L., 2009. Effect of humidification and NPK fertilization on magnesium content and its relation to potassium in postharvest residues and in soil. *Ochr. Środ. i Zas. Nat.*, 40, 331-337.
- Pasternak K., Kocot J., Horecka A., 2010. Biochemistry of magnesium. *J. Elementol.*, 15(3), 601-616.
- Siotto M., Tosin M., Innocenti F.D., Mezzanotte V., 2011. Mineralization of Monomeric Components of Biodegradable Plastics in Preconditioned and Enriched Sandy Loam Soil Under Laboratory Conditions, *Water Air Soil Pollut.*, 221, 245-254.
- Skwierawska M., Zawadzki B., Zawartka L., 2006. Wpływ różnych dawek i form siarki na zawartość magnezu w glebie i roślinach. *J. Elementol.*, 11(4), 495-505.
- Stachurek I., 2012. Problemy z biodegradacją tworzyw sztucznych w środowisku. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach*, 1(8), 74-108.

CHANGES IN MAGNESIUM CONTENT DURING COMPOSTING
OF PLANT MATERIALS WITH ADDITION OF POLYETHYLENE FILMS
AND MAIZE STARCH

Monika Mierzwa-Hersztek, Krzysztof Gondek, Michał Kopeć, Renata Jarosz

Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agriculture
al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: monika6_mierzwa@wp.pl

Abstract. The aim of this study was to evaluate the total content and water-soluble fractions of magnesium during the composting of plant materials with the addition of polyethylene film and maize starch. The object of the study was the biomass prepared from wheat straw, rape straw, fresh maize chips, waste from the cleaning of pea seeds and an addition of shredded film (8%) produced from maize starch and polyethylene. The total content of magnesium in the raw materials and composted biomass was determined after calcination in a furnace chamber at 450°C for 12 hours and mineralisation of the residue in a mixture of concentrated nitric and perchloric acid (3:2). Water-soluble forms of magnesium were separated after two hours of extraction of the material with water redistilled on a rotary mixer. Magnesium content in the solutions and extracts was determined by ICP-OES using a Perkin Elmer apparatus Optima 7300DV. On the basis of the study it was demonstrated that the rate of changes in the content of magnesium water-soluble fraction during composting was low. The content of water-soluble forms of magnesium decreased over the time of composting. The highest content of total forms of magnesium were determined in the control compost without any addition of film, while the smallest content of Mg was assayed in compost with the addition of a film produced from 65% polyethylene and 30% of maize starch.

Keywords: magnesium, compost, film, polyethylene, maize starch