



Dynamika uwalniania azotu z nawozów o powolnym działaniu w eksperymencie laboratoryjnym

Tomasz Ciesielczuk^{}, Czesława Rosik-Dulewska^{**},
Agnieszka Szewczyk^{***}, Joanna Poluszyńska^{***}*
^{}Uniwersytet Opolski*

*^{**}Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN*

*^{***}Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych*

1. Wstęp

W rolnictwie ekstensywnym, preferowane są nawozy organiczne, które działają wolno, a ponadto zwiększają pojemność wodną gleb i korzystnie wpływają na kompleks sorpcyjny. Substancja organiczna zawarta w odpadach przemysłu spożywczego może być wykorzystana jako źródło cennych biogenów w produkcji roślinnej. Selektywna zbiórka odpadów biodegradowalnych, pozwala na uzyskanie nawozu wysokiej jakości. Dotyczy to także odpadów poekstrakcyjnych (SCG) powstających po przygotowaniu napojów z ziaren kawy. Odpad SCG zawiera szeroką gamę cennych związków organicznych, w skład których wchodzi m.in. tanina, celuloza, hemiceluloza, polifenole oraz kwasy organiczne (Caetano i in. 2014, Pujol i in. 2013). Tanim sposobem wykorzystania odpadów poekstrakcyjnych kawy (SCG) jest przetworzenie ich w nawóz, który mógłby znaleźć zastosowanie w uprawach organicznych regulowanych rozporządzeniem Komisji Europejskiej Nr. 354/2014 z dnia 8 kwietnia 2014 roku.

Celem badań przedstawionych w pracy było określenie tempa uwalniania jonów azotowych oraz azotu całkowitego z otoczkowanych nawozów tabletkowanych, wytworzonych w oparciu o odpady poeks-

trakcyjne kawy (SCG), modyfikowane dodatkiem popiołu z niskotemperaturowego termicznego przekształcania biomasy.

2. Materiał i metodyka

2.1. Materiał

Do testu wymywalności przygotowano 6 serii nawozu tabletkowanego wg metodyki dla nawozu K10 opisanej przez Ciesielczuka i in. (2015). Tabletki nawozu otoczkowano sześcioma membranami: kolagen rybi (z pęcherzy pławnych ryb) (KR), kolagen skórny (ze skóry trzody chlewnej) (KK), polialkohol winylu (PW), polioctan winylu (OW), szelak (SZ) oraz szkło wodne sodowe (SW).

2.2. Metodyka

Wszystkie badane tabletki pokryto 2 warstwami membrany mającej na celu spowalnianie wymywania składników z nawozu do roztworu glebowego. Próbę kontrolną stanowiły nawozy tabletkowane K10 bez membrany. W tak wykonanych nawozach oznaczono: zawartość substancji organicznej metodą wagową, po prażeniu w temperaturze 600°C przez 3 godziny. Wartość pH oznaczono w H₂O oraz 1M KCl dla tabletek rozdrobionych w młynie bijakowym stosując roztwory 1:10 (v/v). Zawartość węgla organicznego, azotu Kiejdahla, wodoru i siarki oznaczono w podczerwieni za pomocą analizatora CHNS Vario Macro Cube firmy Elementar. Zawartość fosforu oznaczono metodą miareczkową.

W celu określenia stopnia uwalniania składników pokarmowych wykonano wyciągi wodne wg normy PN-EN-13266 Nawozy wolnodziałające – Oznaczanie uwalniania składników odżywczych – Metoda dla nawozów otoczkowanych. Wyciągi wodne analizowano po 24 godzinach, 3 dobach, 1 tygodniu eksperymentu, a następnie w odstępach tygodniowych i dwutygodniowych. Eksperyment zakończono po 118 dobach. W tak otrzymanych wyciągach oznaczano odczyn (pH), przewodność elektrolityczną właściwą (PE) metodami elektrometrycznymi, zawartość azotu całkowitego za pomocą detekcji bezdyspersyjnej absorpcji w podczerwieni (NDIR), po mineralizacji próbki w temperaturze 850°C. Zawartość jonów amonowych, azotynowych, azotanowych, oznaczono metodą chromatografii jonowej IC za pomocą wysokosprawnego chromatografu jonowego Metrohm 850 Professional IC AnCat – MCS. Procedura prowadzenia testu była zgodna z normą PN-EN 13266: 2003.

3. Omówienie i dyskusja wyników

3.1. Charakterystyka nawozów tabletkowanych

Podstawową charakterystykę badanych tabletek nawozowych przedstawiono poniżej (tabela 1).

Tabela 1. Charakterystyka badanych nawozów (n = 3)

Table 1. Basic characteristics of the investigated fertilizers (n = 3)

	K	KR	KK	PW	OW	SZ	SW
Odczyn (pH _{KCl})	7,32-7,58	7,42-7,50	7,06-7,14	7,96-7,98	7,08-7,09	7,52-7,58	10,31-10,35
Odczyn (pH _{H2O})	7,08-7,45	7,05-7,09	7,10-7,21	7,91-8,15	6,99-7,07	7,60-7,72	10,42-10,46
PE [uS/cm]	1158 (32)	1845 (28)	1213 (52)	1191 (56)	1520 (156)	1354 (57)	3690 (226)
Substancja organiczna [%]	98,5 (1,2)	92,6 (1,1)	92,5 (0,8)	92,2 (0,9)	95,5 (1,04)	91,6 (1,4)	77,5 (1,5)
N _{Kiejd.} [%]	1,82	5,51	6,52	3,45	1,44	3,38	2,38
C/N	18,4	3,9	3,5	8,4	11,2	6,9	11,0
P ₂ O ₅ [g/kg sm]	4,85 (0,12)	4,10 (0,24)	5,02 (0,31)	4,81 (0,80)	2,63 (0,32)	4,95 (0,07)	4,24 (0,46)
K ₂ O [g/kg sm]	15,6	11,7	9,30	14,9	8,94	14,0	13,0

Oprócz zasadniczego wypełnienia tabletki nawozowej, na charakterystykę badanego materiału wpływa także rodzaj zastosowanej membrany. W przypadku tabletek typu SW, membrana znacznie podwyższa wartość pH (do wartości powyżej 10). Pozostałe typy membran nie powodują zmiany odczynu, który jest zbliżony do obojętnego. Wartości przewodności elektrolitycznej nie były wysokie z wyjątkiem typu SW (prawie 3700 uS/cm), co może mieć negatywny wpływ na wzrost roślin, a szczególnie siewek. Oznaczona w SW przewodność jest wyższa niż w nawozie tabletkowanym K12, zawierającym znaczne ilości siarczanu magnezu (Ciesielczuk i in. 2015). Przeprowadzone badania wskazują na relatywnie wysoką przewodność elektrolityczną badanych typów nawozów, należy jednak pamiętać iż membrana powinna w sposób znaczący spowalniać uwalnianie składników co pozytywnie wpłynie na wartość przewodności, a oznaczenie tego parametru przeprowadzane jest dla na-

wozu mielonego, co znacznie podwyższa rozpuszczalność składników mineralnych.

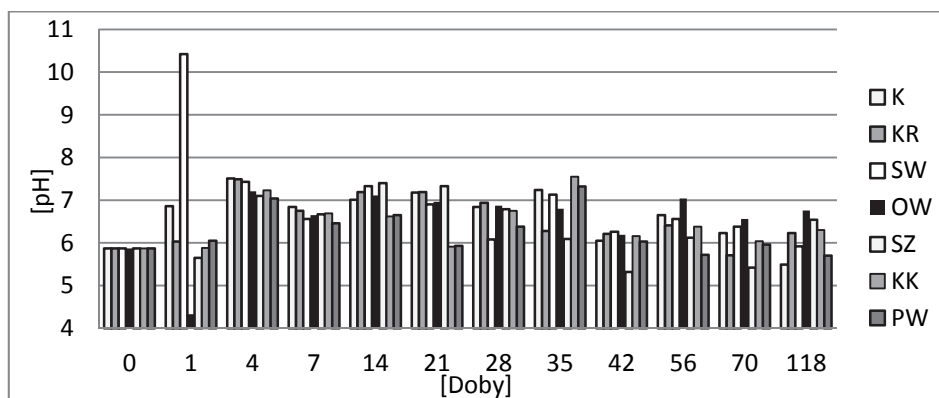
Zawartość azotu w badanych typach nawozów jest wysoka i przekracza nawet 6,5%. Wyjątek stanowi typ K i OW gdzie zawartość ta jest niska i wynosi odpowiednio 1,82 i 1,44%. Najwyższe ilości zanotowano w typach z membranami kolagenowymi, które z uwagi na swój skład podnoszą zawartość azotu. Stwierdzona zawartość jest porównywalna z jego ilością w gnojowicy, a wyższą od notowanych w kompostach z odpadów zmieszanych i oborniku oraz w próbkach SCG analizowanych przez innych autorów (Pujol i in. 2013). Ilość azotu jest porównywalna z danymi dla granulatów wykonanych z mieszanin osadów ściekowych oraz popiołów lotnych ze spalania węgla kamiennego oraz brunatnego, a także kompostach z odpadów biodegradowalnych (Meller i in. 2015). Zanotowane ilości azotu w badanych typach tabletek nawozowych (od 4,8 w przypadku typu OW do 21,7 dla typu KK), są wyższe od wymogów (Dz.U. 119 poz. 765) stawianych nawozom organicznym stałym (0,3% N). Należy jednak podkreślić, że azot w testowanych nawozach występuje w postaci organicznej, zatem jego dostępność i przejście do roztworu glebowego w postaci jonów będzie spowolnione, co minimalizuje zagrożenie wymywania go do wód gruntowych. Ponadto minimalizuje to straty azotu poprzez jego emisję do powietrza w postaci N_2O (Powlson i in. 2011). Stosując nawozy mineralne o spowolnionym działaniu należy ściśle przestrzegać dawki: 4 g/dm^3 podłoża powodowało wzrost plonów, a już 6 g/dm^3 – spadek (Kubiak 2008).

Zawartość azotu wskazuje na indywidualny charakter badanych nawozów, choć każdorazowo wykonywane są z identycznie preparowanych SCG pochodzących z tego samego gatunku kawy oraz tych samych dodatków. Kodeks dobrej praktyki rolniczej ograniczający roczną dawkę azotu do 170 kg/ha pozwala na zastosowanie od 2,6 do 11,8 Mg/ha odpowiednio typ KK i OW. Zastosowanie badanych typów nawozu w rolnictwie organicznym jest możliwe, jednak z uwagi na zawartość azotu, należy ograniczyć dawki do 2,3 Mg/ha w przypadku typu KK oraz do 10,0 Mg/ha w przypadku typu OW.

3.2. Wyciągi wodne z badanych nawozów tabletkowanych

W nawozie OW już po 24 godzinach wytrząsania, odczyn wody zastosowanej do eksperymentu który wynosił 5,87 obniżył się do 4,33, prawdopodobnie z powodu uwalniania się kwasu octowego z otoczki

tabletki (rys. 1). W przypadku nawozu SW zanotowano silny wzrost odczynu (do pH 10,42) jako efekt rozpuszczania się szkła wodnego, jednak już po 4 dobach odczyn był zbliżony we wszystkich badanych nawozach. Wahania odczynu w późniejszym okresie były mniejsze i utrzymały się w zakresie 6-7,5, czyli właściwego dla wzrostu i rozwoju roślin. Wyjątkowo tylko notowano wartości poniżej pH 6 – w szczególności dla typu K, SZ oraz PW. Pomimo ekstremalnych wartości odczynu zaobserwowanych w przypadku typów SW i OW, wszystkie badane nawozy nadają się do zastosowania, gdyż zanim nasiona wykiełkują, odczyn podłoża jest już ustabilizowany w zakresie 5,5-7,5.

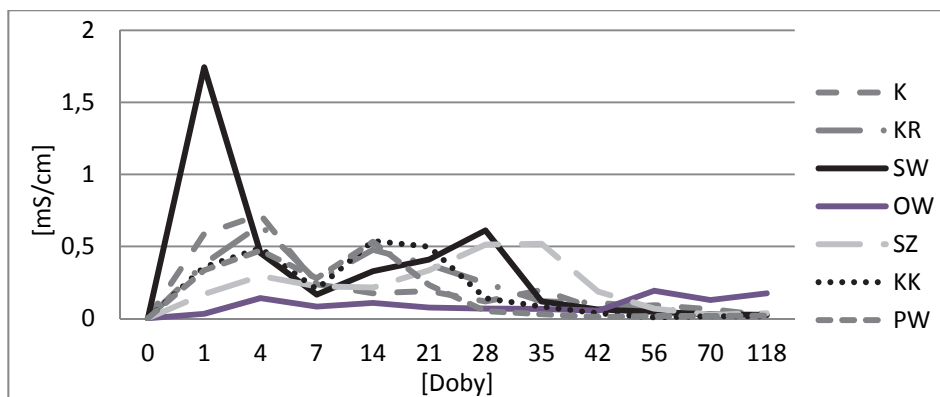


Rys. 1. Odczyn wyciągów wodnych z badanych nawozów tabletkowanych
Fig. 1. Reaction of water extract of the investigated fertilizers tablets

Szkło wodne (typ SW) spowodowało także silny wzrost zasolenia roztworu (1,743 mS/cm po 24 h), jednak nie powinno ono wpływać negatywnie na rośliny, reagujące negatywnie na przewodność roztworu glebowego zwykle powyżej 4 mS/cm (rys. 2) (Rosik-Dulewska i in. 2008). Najniższą przewodność zanotowano dla OW, który był najbardziej stabilny, a badane tabletki nie rozpadły się do końca trwania eksperymentu. Tabletki SZ rozpadały się między 14 i 28 dniem eksperymentu, co wpłynęło na wzrost generowanego zasolenia. Jakkolwiek wrażliwość roślin na zasolenie zależy od specyfiki gatunkowej, jednak badania wykonane dla ogórka wykazują toksyczne oddziaływanie dopiero przy przewodności na poziomie 6-8 mS/cm (Mazur i in. 2013).

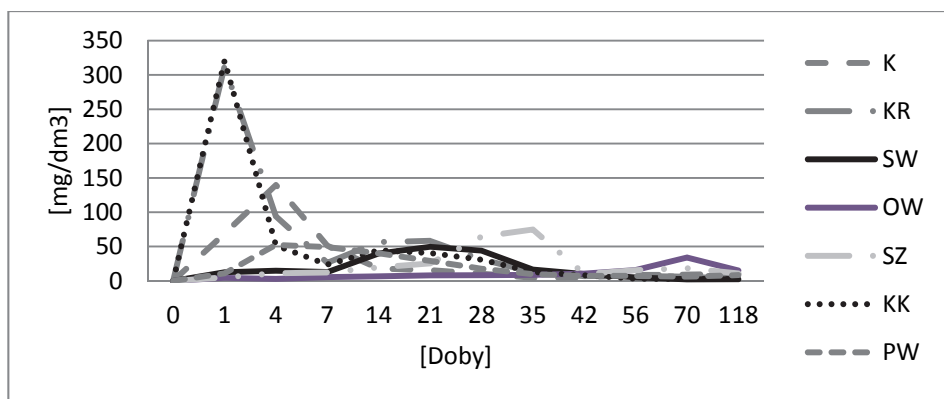
Zawartość azotu całkowitego była najwyższa dla nawozów pokrywanych kolagenem skórnym i rybnym (KK i KR) i po 24 godzinach

przekraczała 300 mg N/dm^3 (rys. 3). Tabletki grupy kontrolnej (K), pomimo najniższej stabilności w trakcie testu, maksimum azotu uwolniły w 4 dobie, jednak stężenie było ponad połowę niższe od uzyskanego dla nawozów KK i KR. Szczególnie ciekawa jest charakterystyka uwalniania azotu z nawozów SZ, której maksimum przypada na 35 dzień eksperymentu. Zbyt trwała była membrana nawozu OW, która do końca eksperymentu nie uległa rozpuszczeniu. Zastosowanie takiego nawozu do upraw trwałych, może powodować niewłaściwe przygotowanie roślin do zimy i straty w efekcie wymarzania.



Rys. 2. Zasolenie wyciągów wodnych z nawozów tabletkowanych

Fig. 2. Salinity of water extract of the fertilizers tablets



Rys. 3. Zawartość azotu całkowitego w wyciągach z badanych nawozów tabletkowanych

Fig. 3. Total nitrogen content in water extract of the investigated fertilizers tablets

Szczególnie ważne jest powstawanie poszczególnych form azotu mineralnego w roztworze glebowym. Jony amonowe (tabela 2) po pierwszej dobie dominowały w wyciągu z nawozu K, co było wynikiem braku membrany.

Tabela 2. Zawartość jonów NH_4^+ [mg/dm^3] w wyciągach wodnych z badanych nawozów

Table 2. Content of NH_4^+ [mg/dm^3] ions in water extracts of the investigated fertilizers

	K	KR	KK	SZ	OW	PW	SW
0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
1	1,011	0,731	0,335	< 0,02	< 0,02	0,012	7,09
4	10,27	7,187	2,313	< 0,02	< 0,02	2,66	0,08
7	2,055	1,58	1,466	0,051	< 0,02	0,065	0,317
14	0,075	0,324	0,292	0,095	0,268	0,094	0,335
21	0,148	3,93	2,33	2,95	0,923	0,554	4,01
28	0,022	1,154	0,261	3,99	0,818	< 0,02	2,775
35	0,045	0,07	0,018	2,847	0,865	< 0,02	0,222
42	0,022	0,06	0,043	0,951	0,748	< 0,02	0,09
56	0,05	0,091	0,05	0,05	1,498	0,091	< 0,02
70	0,071	0,068	0,02	0,051	0,087	0,048	< 0,02
118	< 0,02	0,052	< 0,02	< 0,02	0,062	< 0,02	< 0,02

W 4 dobie azot amonowy dominował w wyciągu nawozu K, natomiast podwyższone stężenia notowano także w przypadku nawozów KR, KK oraz PW. W wyciągach otrzymanych w dalszej części eksperymentu, stężenie jonu amonowego nie przekraczało $4 \text{ mg}/\text{dm}^3$ w żadnym nawozie. Wyższe ilości jonów amonowych przekraczające $230 \text{ mg}/\text{dm}^3$, stwierdzono w wyciągach wodnych uzyskanych z mieszanin osadu ściekowego i popiołu ze spalania węgla kamiennego, co może stanowić zagrożenie dla siewek roślin uprawnych (Rosik-Dulewska i in. 2006). Znacznie wyższe stężenia jonu amonowego zanotowano w przypadku nawozów otoczkowanych Osmocote Plus 10-11-18, o czasie działania 5-6 miesięcy. W pierwszych trzech miesiącach zanotowano stężenia $350\text{-}450 \text{ mg}/\text{dm}^3$ podłoża, co przekraczało potrzeby pokarmowe uprawy (Golcz & Komosa 2006). Zawartość jonów azotynowych traktuje się jako przejściową na drodze utleniania do formy NO_3^- lub redukcji do NH_4^+ . Stężenia jonu NO_2^- notowane w trakcie eksperymentu były niskie i nie przekraczały $2 \text{ mg}/\text{dm}^3$.

Tabela 3. Zawartość jonów NO_3^- [mg/dm^3] w wyciągach wodnych z badanych nawozów

Table 3. Content of NO_3^- [mg/dm^3] ions in water extracts of the investigated fertilizers

	K	KR	KK	SZ	OW	PW	SW
0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
1	3,915	0,979	4,982	0,783	0,431	6,203	2,661
4	1,824	0,343	1,301	1,557	<0,02	1,12	2,21
7	2,002	0,295	1,25	1,291	<0,02	2,268	1,517
14	0,843	0,431	1,291	1,27	<0,02	1,08	0,384
21	0,931	0,302	0,911	1,124	<0,02	1,2	0,976
28	1,383	0,316	6,025	1,354	<0,02	1,2	2,225
35	1,318	0,293	1,49	1,473	0,913	1,01	1,414
42	0,270	0,071	0,275	0,218	1,371	0,272	1,24
56	0,335	0,03	2,34	2,73	0,239	0,296	1,97
70	0,08	0,03	0,067	0,854	0,248	0,157	0,372
118	0,03	<0,02	0,03	0,295	0,281	0,052	0,114

Zawartość jonów azotanowych (tabela 3) jest istotna z nawozowego punktu widzenia. Ta forma azotu jest przyswajalna przez rośliny, ale jednocześnie ruchoma i łatwo ulega wymyciu. W roztworze kontrolnym (K) oraz nawozach KK i PW stwierdzono podwyższoną zawartość jonów azotanowych już w pierwszej dobie, co może być przyczyną strat azotu na drodze wymywania. W związku ze znaczną stabilnością nawozu OW, emisja azotu organicznego była znikoma i w związku z tym dopiero w 21 dobie zanotowano wzrost stężeń amonowej formy azotu, a formy azotanowej w 42 dobie. Relatywnie wysokie, ale równomierne ilości tego jonu aż do 118 dnia eksperymentu, notowano w wyciągach z nawozów PW, SW oraz SZ. Pomimo wysokiej zawartości substancji organicznej w badanych nawozach, nie zanotowano znacznego nasilenia procesów redukcyjnych, co w efekcie zrównoważyło stężenia jonów NH_4^+ i NO_3^- w wyciągach wodnych. Znacznie wyższe stężenia jonu azotanowego w podłożu zanotowano przy zastosowaniu nawozów Osmocote Plus 10-11-18. W pierwszych trzech miesiącach stężenia wahały się w zakresie 590-710 mg/dm^3 , co nie tylko przekraczało potrzeby pokarmowe roślin, ale groziło także zasoleniem podłoża (Golcz & Komosa 2006).

Jakkolwiek przeprowadzony eksperyment laboratoryjny jest symulacją rzeczywistego działania, to Lityński i Mazur (1963) utrzymują iż jedynym obiektywnym narzędziem do oceny plonotwórczego działania

testowanych nawozów otoczkowanych, są doświadczenia polowe prowadzone nie tylko w pierwszym roku, ale także w latach następnych.

4. Wnioski

Przeprowadzony test, wykazał znaczne zróżnicowanie stężeń uwalnianego azotu w zależności od zastosowanej membrany. W przypadku nawozów KK i KR, znaczne ilości azotu organicznego zanotowano w eluacie już po pierwszej dobie eksperymentu, jednak w kolejnych dniach emisja tej formy azotu spadła. Z nawozu SZ większe ilości azotu organicznego oznaczono w eluacie dopiero w 35 dobie eksperymentu, co było spowodowane rozpadem membrany szelakowej. Wyjątkowo powolnym uwalnianiem azotu charakteryzował się nawóz OW, a najwyższe stężenia jonów azotowych oznaczono w eluacie w 42 i 56 dobie.

Podsumowując, uzyskane wyniki wskazują na możliwość wykorzystania otoczkowanych mieszanek SCG i popiołu z biomasy jako taniach nawozów. Badane nawozy mogą mieć zastosowanie w uprawach organicznych, przyczyniając się nie tylko do wykorzystania związków organicznych zawartych w SCG, ale także związków mineralnych zawartych w popiele z biomasy nawet w okresie 3-4 miesięcy. Zastosowane membrany w wystarczający sposób spowalniały wymywanie azotu z tabletek. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż wytwarzanie nawozów tabletkowanych może być także przeprowadzone przez osoby hobbystycznie zajmujące się ogrodnictwem.

Literatura

- Ballesteros, L.F., Teixeira, J.A., Mussatto, S.I. (2014). Chemical, Functional, and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin. *Food Bioprocess Technol.*, 7, 3493-3503 DOI 10.1007/s11947-014-1349-z.
- Caetano, N.S., Silva, V.M.F., Melo, A.C., Martins, A.A., Mata, T.M. (2014). Spent coffee grounds for biodiesel production and other applications. *Clean Techn Environ Policy*, 16, 1423-1430 DOI 10.1007/s10098-014-0773-0.
- Cesaro, A., Belgiorno, V., Guida, M. (2015). Compost from organic solid waste: Quality assessment and European regulations for its sustainable use. *Resources, Conservation and Recycling*, 94, 72-79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.003>.

- Chang, K.H., Wu, R.Y., Chuang, K.Ch., Hsieh, T.F., Chung, R.S. (2010). Effects of chemical and organic fertilizers on the growth, flower quality and nutrient uptake of *Anthurium andreanum*, cultivated for cut flower production. *Scientia Horticulturae*, 125, 434-441.
doi:10.1016/j.scienta.2010.04.011,
- Ciesielczuk, T., Rosik-Dulewska, Cz., Kochanowska, K. (2014). The influence of biomass ash on the migration of heavy metals in the flooded soil profile – model experiment. *Archives of Environmental Protection*, 40(4), 3-15
DOI: 10.2478/aep-2014-0034.
- Ciesielczuk, T., Rosik-Dulewska, Cz., Wiśniewska, E. (2015). Possibilities of coffee spent ground use as a slow action organo-mineral fertilizer. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 17, 422-437.
- Demeyer, A., Voundi-Nkana, J.C., Verloo, M.G. (2001). Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. *Bio-resource Technology*, 77, 287-295.
- Golcz, A. & Komosa, A. (2006). Uwalnianie się azotu, fosforu i potasu z nawozu wolnodziałającego osmocote plus w uprawie papryki (*Capsicum annuum* L.). *Acta Agrophysica*, 7(3), 567-576.
- Goswami, L., Patel, A.K., Dutta, G., Bhattacharyya, P., Gogoi, N., Bhattacharya, S.S. (2013). Hazard remediation and recycling of tea industry and paper mill bottom ash through vermiconversion. *Chemosphere*, 92, 708-713
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.04.066>.
- Kubiak, J. (2008). Analiza efektywności mikoryzacji i nawożenia w uprawie kontenerowej sosny – *Pinus nigra* nawozami o spowolnionym działaniu. *Inżynieria Rolnicza*, 1(99), 217-222.
- Lityński, T. & Mazur, K. (1963). Preparaty formaldehydowo-mocznikowe jako wolno działające nawozy azotowe. *Roczniki Gleboznawcze*, 13, 277-280.
- Lopes, C., Herva, M., Franco-Uría, A., Roca, E. (2011). Inventory of heavy metal content in organic waste applied as fertilizer in agriculture: evaluating the risk of transfer into the food chain. *Environ Sci Pollut Res*, 18, 918-939 DOI 10.1007/s11356-011-0444-1.
- Ludwig, B., Geisseler, D., Michel, K., Joergensen, R.G., Schulz, E., Merbach, I., Raupp, J., Rauber, R., Hu, K., Niu, L., Liu, X. (2011). Effects of fertilization and soil management on crop yields and carbon stabilization in soils. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 31, 361-372 DOI: 10.1051/agro/2010030.
- Mazur, Z., Radziemska, M., Tomaszewska, Z., Świątkowski, Ł. (2013). Effect of sodium chloride salinization on the seed germination of selected vegetable plants. *Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences*, 62, 444-453.

- Meller, E., Niedźwiecki, E., Rogalska, P., Jarnuszewski, G., Wilczyński, D. (2015). Fertiliser value and trace element content of composts produced from different wastes. *Journal of Ecological Engineering*, 16(4), 154-160 DOI: 10.12911/22998993/59365.
- Mussatto, S.I., Machado, E.M.S., Martins, S., Teixeira, J.A. (2011). *Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. Food Bioprocess Technol.* 4, 661-672 DOI 10.1007/s11947-011-0565-z.
- Poulsen, P.H.B., Magid, J., Luxhøi, J., de Neergaard, A. (2013). Effects of fertilization with urban and agricultural organic wastes in a field trial - Waste imprint on soil microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry*, 57, 794-802 doi:10.1016/j.soilbio.2012.02.031.
- Powlson, D.S., Gregory, P.J., Whalley, W.R., Quinton, J.N., Hopkins, D.W., Whitmore, A.P., Hirsch, P.R., Goulding, K.W.T. (2011). Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services. *Food Policy*, 36, 72-87 doi:10.1016/j.foodpol.2010.11.025.
- Pujol, D., Liu, C., Gominho, J., Olivella, M.À., Fiol, N., Villaescusa, I., Pereira, H. (2013). The chemical composition of exhausted coffee waste. *Industrial Crops and Products*, 50, 423-429 <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.056>
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2015.
- Rosik-Dulewska, Cz., Glowala, K., Karwaczyńska, U., Robak, J. (2008). Elution of heavy metals from granulates produced from municipal sewage deposits and fly-ash of hard and Brown coal in the aspect of recycling for fertilization purposes. *Archives of Environmental Protection*, 34(2), 63-71.
- Rosik-Dulewska, Cz., Glowala, K., Karwaczyńska, U., Szydło, E. (2006). The Mobility of Chosen Pollutants from Ash-Sludge Mixtures. *Polish J. of Environ. Stud.*, 15(6), 895-904.
- Rosik-Dulewska, Cz., Robak, J., Glowala, K. (2007). Granulated organic and mineral fertilizers: Technology and utility properties. *Polish Journal of Chemical Technology*, 9(4), 36-39 doi: 10.2478/v10026-007-0085-9.
- Roy, M., Karmakar, S., Debsarcar, A., Sen, P.K., Mukherjee, J. (2013). Application of rural slaughterhouse waste as an organic fertilizer for pot cultivation of solanaceous vegetables in India. *International Journal Of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2-6.
- Sampaio, A., Dragone, G., Vilanova, M., Oliveira, J.M., Teixeira, J.A., Mussatto, S.I. (2013). Production, chemical characterization, and sensory profile of a novel spirit elaborated from spent coffee grounds. *LWT - Food Science and Technology*. 54: 557-563 <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.042>.
- www.eurostat.eu (access: 30.01.2016).

Xiao, R., Chen X., Wang, F., Yu, G. (2011). The physicochemical properties of different biomass ashes at different ashing temperature. *Renewable Energy*, 36, 244-249.

Dynamic of Nitrogen Leachate from Slow-action Fertilizers in a Laboratory Experiment

Abstract

Sustainable fertilization is one of the most important treatments of modern agriculture. Organic agriculture with new demands on agricultural practice, seeks to restrict the use of mineral fertilizers in favor of slow-action organic fertilizers. The fertilizers which are made on the farm are particularly valuable due to their quality and the absence of costs of purchase and transport. From this point of view, the new possibilities of using an organic matter which comes from waste of the food industry or biodegradable wastes from households proves to be interesting. Due to the absence of contamination with other types of waste, it can be used for the production of a fertilizer which could be used even in organic crop production.

This paper presents the results of the release dynamics of nitrogen forms from the fertilizer tablets made by covering a mixture made of spent coffee grounds (SCG) with membrane, modified by ash from the low-temperature combustion of biomass. Collagen, polyvinyl acetate, polyvinyl alcohol, shellac, and sodium water glass were used as the test membranes, in order to slowdown of elution of the components from fertilizer. Leaching tests were performed in accordance with PN-EN-13266 norm, for 118 days at 25°C. The obtained results indicate high differences in nitrogen and organic matter leaching speed from fertilizer tablets, depending from the used membrane. A strong inhibition of the emission of components through the membrane of shellac and polyvinyl acetate was observed. Other membranes do not inhibit the release of nutrients in a long time period, but they can be used in agricultural practice as well.

Słowa kluczowe:

azot, nawozy, wymywanie, odpady poekstrakcyjne kawy, zrównoważone rolnictwo

Key words:

nitrogen, fertilizers, leaching, spent coffee grounds, sustainable agriculture