

Krystyna HOFFMANN<sup>1</sup>, Marta HUCULAK-MĄCZKA<sup>1</sup>, Adrian JUSTYNIARSKI<sup>1</sup>  
i Maciej KANIEWSKI<sup>1</sup>

## OCENA FIZYKOCHEMICZNA ODPADOWEJ OGRODNICZEJ WEŁNY MINERALNEJ\*

### PHYSICO-CHEMICAL ASSESSMENT OF WASTE GARDEN ROCKWOOL

**Abstrakt:** Przedstawiono wyniki badań dotyczące możliwości wtórnego wykorzystania ogrodniczej wełny mineralnej zastosowanej w uprawie pomidorów, ogórków i goździków. Celem prowadzonych badań było określenie pozostałej w podłożu zawartości fosforu i azotu po zakończonym cyklu uprawowym. W opracowaniu tematu skoncentrowano się głównie na uwzględnieniu zasad zrównoważonego rozwoju w rolnictwie. Wdrożenie tych zasad w aspekcie ochrony środowiska możliwe jest poprzez użycie zalegających na wysypiskach odpadów poprodukcyjnej ogrodniczej wełny mineralnej oraz osiągnięcie celów gospodarczych związanych z wykorzystaniem pozostałości stosunkowo drogich składników pokarmowych stosowanych w pożywkach nawozowych. Zawartość fosforu i azotu zanalizowano w próbkach po rocznej wegetacji przy zastosowaniu typowych preparatów nawozowych stosowanych przy uprawie pomidorów, ogórków i goździków. Przed badaniem próbki zostały poddane procesowi suszenia w temperaturze 30°C, zmielenia i wyodrębnieniu frakcji o uziarnieniu 0,40 mm. Fosfor całkowity analizowano w próbkach, po uprzedniej mineralizacji, metodą spektrofotometryczną, wykorzystując żółty kompleks fosforowanadowo-molibdenowy. Azot całkowity oznaczono metodą Kjeldahla. Do oceny możliwości ponownego zastosowania w ogrodnictwie zmierzono również pH oraz zasolenie. Otrzymane wyniki badań wskazują na możliwość wtórnego wykorzystania ogrodniczej wełny mineralnej w nawożeniu.

**Słowa kluczowe:** ogrodnicza wełna mineralna, fosfor, azot, nawozy, pH, wilgotność

Ciągle zwiększająca się populacja ludności na kuli ziemskiej wymusza stosowanie coraz nowocześniejszych metod i technologii upraw rolniczych i ogrodniczych. Postęp w tym zakresie związany jest ze stosowaniem nowych metod upraw, sposobów nawożenia i komponentów nawozowych oraz środków ochrony roślin. Niestety, tak intensywny rozwój wpływa na degradację i zanieczyszczenie środowiska [1, 2]. Idealnym rozwiązaniem wydaje się być zastosowanie w opracowywaniu nowych technologii zasad zrównoważonego rozwoju, czyli znalezienie równowagi pomiędzy celami społecznymi, ekonomicznymi i ekologicznymi planowanych przedsięwzięć [3-5].

Aktualnie w celu zwiększenia intensywności plonowania, szczególnie w ogrodnictwie, stosuje się uprawy szklarniowe na specjalnie przystosowanych podłożach. Ważnym aspektem jest dobór podłoża pod uprawy, umożliwiający kontrolę jak największej liczby parametrów wpływających na plonowanie i jakość uprawy [6, 7]. W ogrodnictwie stosuje się najczęściej podłoża oparte na wełnie mineralnej, kermazycie, torfie, korze, trocinach, włóknach kokosowych, piankach poliuretanowych i polifenolowych [8-11]. Jednym z najczęściej stosowanych podłoży jest wełna mineralna lub jej mieszanina z odpowiednimi dodatkami [12].

Światowe nakłady finansowe w 2006 r. na produkcję wełny mineralnej budowlanej i ogrodniczej wynosiły 21 969 mln dolarów amerykańskich, gdy w 2011 r. nakłady te

<sup>1</sup> Instytut Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych, Politechnika Wrocławska, ul. M. Smoluchowskiego 25, 50-372 Wrocław, tel. 71 320 20 65, email: krystyna.hoffmann@pwr.wroc.pl

\*Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'12, Zakopane, 10-13.10.2012

wynosiły już 25 466 mln dolarów amerykańskich. W Polsce nakłady finansowe na produkcję wełny wzrosły z 169,83 mln dolarów amerykańskich w 2006 r. do 200,31 mln dolarów amerykańskich w 2011 r., co stanowiło 3,15% nakładów w Europie i 0,79% na świecie [13].

Wełna mineralna, znana również pod nazwą wełna skalna, jest otrzymywana przez stapianie skał bazaltowych i przekształcanie wytopu w włókna poprzez wyciąganie, walcowanie. Otrzymane w ten sposób włókna, o niewielkiej średnicy, rozdmuchiwane są gorącym powietrzem, w wyniku czego otrzymuje się włókna o średnicy rzędu  $\mu\text{m}$ . Ze względu na małą gęstość i przewodność cieplną oraz porowatość i dogodne możliwości obróbki, takie jak cięcie czy formowanie, początkowo wełna mineralna stosowana była w budownictwie jako izolator cieplny [14-16]. Pod koniec XX w. opracowano metody modyfikacji właściwości, umożliwiające zastosowanie jej w uprawach ogrodniczych. Zaletami ogrodniczej wełny mineralnej są: możliwość kontroli pH, temperatury, wilgotności. W porównaniu z podłożami organicznymi ogrodnicza wełna mineralna charakteryzuje się lepszymi właściwościami ochronnymi przed patogenami [17].

Uprawy roślin prowadzi się na podłożu z ogrodniczej wełny mineralnej uformowanej w odpowiednie bloki, małe startery upraw, maty bądź małe kostki zabezpieczone odpowiednio foliami przed stratami wody i roztworów nawozowych. Sposób uprawy różni się w zależności od gatunku roślin. Główne różnice są w stosowanych nawozach, porowatości używanej wełny oraz wilgotności [6]. Właściwości te determinują usieciowanie systemów korzennych roślin. Wełna stosowana jest często do dwu- lub kilkukrotnej uprawy, co zwiększa jakość wybranych gatunków roślin [7].

Problemem stosowania w ogrodnictwie wełny mineralnej jest jej utylizacja oraz wtórne użycie. Nie ma obecnie metody, która kompleksowo rozwiązywałaby ten problem. Znana jest możliwość wtórnego zastosowania ogrodniczej wełny mineralnej poprzez traktowanie jej parą wodną. Niestety, tak regenerowana wełna nie ma takich właściwości fizykochemicznych jak wełna produkcyjna [18].

## **Materiały i metody**

Celem niniejszych badań było określenie możliwości ponownego wykorzystania odpadowej wełny mineralnej w nawożeniu. W odpadowej ogrodniczej wełnie mineralnej, po zakończeniu procesu wegetacji, znajdują się pewne ilości cennych składników nawozowych zawartych w pożywce, a niewykorzystanych przez rośliny. Ich zawartość jest ważna ze względu na opracowanie metod ponownego jej użycia. Wełna mineralna zawiera różne składniki pokarmowe zależne od rodzaju uprawy. Do badań zastosowano wełnę mineralną po zakończeniu upraw pomidorów, ogórków oraz goździków. Dla porównania zanalizowano również produkcyjną ogrodniczą wełnę mineralną. W próbkach określono zawartość całkowitego fosforu i azotu oraz pH i wilgotność. Wełna mineralna zawierała resztki korzeni, ich ilość różniła się w zależności od gatunku uprawianych roślin:

- uprawa ogórków - duże ukorzenie, wyraźne systemy korzenne,
- uprawa pomidorów - wiele drobnych pozostałości po korzeniach,
- uprawa goździków - niewielkie ukorzennienie, bardzo mała ilość pozostałości korzennych.

Podłoże ogrodnicze przygotowano do analizy poprzez suszenie w temperaturze 30°C, a następnie mechaniczne rozcieranie na sicie o średnicy 0,40 mm. W efekcie otrzymano drobne, pylące włókienka.

Oznaczenie fosforu w postaci  $P_2O_5$  wykonano metodą spektrofotometryczną według PN-88/C-87015 *Metody oznaczania fosforanów*, wykorzystując barwny kompleks fosforu z mieszaniną wanadomolibdenową. Próbki analizowano aparatem Jasco V-630 przy długości fali równej 430 nm względem wcześniej przygotowanej krzywej wzorcowej. Przed oznaczeniem wykonano operację mineralizacji próbek, stosując 1 g próbki czystej wełny, wełny po uprawie ogórków, pomidorów oraz goździków. Mineralizację przeprowadzono, wykorzystując mieszaninę stężonych kwasów azotowego(V) i siarkowego(VI) w stosunku 2:3 [19].

Oznaczenie azotu całkowitego przeprowadzono według PN-EN 13654-1:2002 *Oznaczanie azotu Część 1: Modyfikowana metoda Kjeldahla*, poprzez redukcję azotanów do azotu amoniakalnego przy zastosowaniu proszku chromu i mineralizację stężonym kwasem siarkowym(VI). Następnie przeprowadzono destylację powstałej mieszaniny preakcyjnej i roztwór zawierający oddestylowany amoniak oznaczono metodą miareczkową [20].

Oznaczanie pH przeprowadzono, stosując próbki o masie 1 g w 20 cm<sup>3</sup> wody. Pomiaru dokonano po godzinie od przygotowania próbek [21].

Wilgotność wyznaczono z różnicy masy próbki przed i po wysuszeniu w czasie 24 godzin w temperaturze 105°C [22].

### Omówienie wyników badań

W tabeli 1 umieszczono wyniki analiz wilgotności i pH badanych próbek wełny mineralnej wykonanych według Polskich Norm.

Wyniki analizy wilgotności i pH próbek ogrodniczej wełny mineralnej przed i po skończonym cyklu uprawowym

Tabela 1

Results of moisture and pH analysis of garden rockwool before and after completed crop cycle

Table 1

Nazwa próbki (Sample name)		Wilgotność (Moisture) [% mas.]	pH
Produkcyjna wełna mineralna (Postprocess rockwool)		0,1	6,34
Odpadowa ogrodnicza wełna mineralna (Waste garden rockwool)	Po uprawie pomidorów (After cultivation of tomatoes)	77,4	6,56
	Po uprawie goździków (After cultivation of carnations)	1,0	6,76
	Po uprawie ogórków (After cultivation of cucumbers)	66,7	5,25

Odczyn waty mineralnej przed cyklem oraz po cyklach upraw goździków i pomidorów jest zbliżony do obojętnego. Jedynie wata mineralna wykorzystana do uprawy ogórków wykazuje słabo kwasowy odczyn.

Zawartość wody w analizowanych próbkach była zróżnicowana i zależała od czasu ich przechowywania oraz od rodzaju uprawy. Poprodukcyjna wata mineralna praktycznie nie zawierała wilgoci.

W tabeli 2 umieszczono wyniki analiz zawartości fosforu i azotu całkowitego badanych próbek odpadowej wełny mineralnej wykonanych według Polskich Norm.

Zawartość fosforu i azotu całkowitego w ogrodniczej wełnie mineralnej po skończonym cyklu uprawowym

Tabela 2

Content of total phosphorus and nitrogen in garden rockwool after completed crop cycle

Table 2

<b>Odpadowa ogrodnicza wełna mineralna (Waste garden rockwool)</b>	<b>Zawartość P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> całkowitego (Content of total P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) [% mas.]</b>	<b>Zawartość azotu całkowitego (Content of total nitrogen) [% mas.]</b>
Po uprawie pomidorów (After cultivation of tomatoes)	2,37	0,60
Po uprawie goździków (After cultivation of carnations)	4,59	0,34
Po uprawie ogórków (After cultivation of cucumbers)	1,34	0,57

Największą zawartość fosforu całkowitego pozostałego w odpadowej wełnie mineralnej zaobserwowano w podłożu po uprawie goździków, najmniejszą po uprawie ogórków.

Największą zawartość azotu całkowitego wykazują podłoża po uprawach ogórków i pomidorów. Zawartość azotu w wacie mineralnej po uprawie goździka jest nieznacznie większa od zawartości azotu w wacie poprodukcyjnej.

## Wnioski

W zależności od rodzaju prowadzonych upraw zawartość fosforu i azotu w odpadowym, inertnym podłożu ogrodniczym z wełny mineralnej po skończonym cyklu uprawowym istotnie się różni. Główne różnice uzależnione są od składu pożywki, różnego zapotrzebowania roślin na składniki odżywcze, wilgoci i pH. Na zawartość fosforu i azotu wpływa również masa pozostałego w wełnie układu korzeniowego roślin, który zawiera także pewne ilości składników pokarmowych. Najbardziej bogata w fosfor okazuje się wełna mineralna po uprawie goździków, zaś największą zawartość azotu stwierdzono po uprawach pomidorów i ogórków.

Wstępne badania nad ilością pozostałości składników mineralnych zawartych w odpadowym podłożu ogrodniczym z wełny mineralnej wskazują na możliwość zastosowania jej w produkcji nawozów.

## Literatura

- [1] Kajdan-Zysnarska I, Matuszak E, Nowak D, Matuszewski J, Oryś A, Ratajczak J. Ochrona środowiska w gospodarstwie rolnym. Poradnik dla doradcy. Radom: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Poznaniu; 2006.
- [2] Hoffmann K, Hoffmann J. Przemysł Chem. 2003;82(8/9):837-939.

- [3] Hoffmann J, Radościński E. *Pol J Chem Tech.* 2007;9(4):8-13. DOI: 10.2478/v10026-007-0080-1.
- [4] Hoffmann J, Skut J, Skiba T, Hoffmann K, Huculak-Mączka M. *Proc of ECOpole.* 2011;5(2):537-542.
- [5] Hoffmann K, Skut J, Hoffmann J. *Perspektywy wykorzystania surowców fosforowych o niskiej zawartości P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> w procesie produkcji preparatów nawozowych.* W: *Zrównoważona produkcja i konsumpcja surowców mineralnych.* Kraków: IGSMiE PAN; 2011.
- [6] Stępowaska A, Elkner K. *Zesz Nauk - Akad Tech Rol im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich Bydgoszcz, Rol.* 2001;46(234):123-129.
- [7] Piróg J, Gęmbiak R. *Zesz Nauk - Akad Tech Rol im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich Bydgoszcz, Rol.* 2001;46(234):109-115.
- [8] Piróg J, Bykowski G, Krzesiński W. *Acta Sci Pol. Hortorum Cultus.* 2010;9(4):99-109.
- [9] Pawlińska A, Komosa A. *Rocz Akad Rol w Poznaniu.* 2004;CCCLVI:173-180.
- [10] Hoffmann K, Hoffmann J. *Am J Agri & Bio Sci.* 2007;2(4):254-259.
- [11] Górecki H, Hoffmann K, Hoffmann J, Szyklorz B. *Chem Inż Ekol.* 2000;7(5):439-445.
- [12] Nurzyński J. *Acta Agroph.* 2006;7(3):681-690.
- [13] Parker PM. *The 2006-2011 World Outlook for Mineral Wool Manufacturing.* France: ICON Group International Inc.; 2012.
- [14] Itewi M. *Am J Environ Sci.* 2011;7(2):161-165. DOI: 10.3844/ajessp.2011.161.165.
- [15] Nofal OM, Zihlif AM. *J Reinf Plast Compos.* 2010;29(17):2636-2646. DOI: 10.1177/0731684409357258.
- [16] Nielsen ER, Augustesen M, Ståhl K. *Mater Sci Forum.* 2007;558-559(2):1255-1260, DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.558-559.1255.
- [17] Carlile WR. *Control of Crop Diseases.* Cambridge University Press; 1995.
- [18] Morgan L. *Tomatoes in Rockwool.* Urban Garden Magazine; 2010.
- [19] PN-88/C-87015 *Metody oznaczania fosforanów.*
- [20] PN-EN 13654-1:2002 *Środki poprawiające glebę i podłoże uprawowe. Oznaczanie azotu Część 1: Modyfikowana metoda Kjeldahla.*
- [21] PN-EN-13037:2002 *Środki poprawiające glebę i podłoże uprawowe. Oznaczanie pH.*
- [22] PN-EN-13040:2009 *Środki poprawiające glebę i podłoże uprawowe. Przygotowanie próbki do analiz chemicznych i fizycznych, oznaczanie zawartości suchej masy, wilgotności oraz gęstości objętościowej próbki laboratoryjnie zagęszczonej.*

## PHYSICO-CHEMICAL ASSESSMENT OF WASTE GARDEN ROCKWOOL

Institute of Inorganic Technology and Mineral Fertilizers, Chemistry Faculty, Wrocław University of Technology

**Abstract:** Results of research regarding possibilities of reusing garden rockwool applied for tomatoes, cucumbers and carnations crops were presented. The aim of the research was to determine a residual content of phosphorus and nitrogen after completed crop cycle. In these studies, main focus was on applying the rules of Sustainable Development in agriculture. The purposes of environmental protection connected with the waste post-process rockwool management, which is deposited on dumping sites, as well as economic goals connected with recycling of the expensive residual nutrients used in fertilizer media were taken into consideration. Phosphorus and nitrogen contents were analyzed in samples collected from a one-year vegetation process with application of typical fertilizers used in tomatoes, cucumbers and carnations crops. The samples were dried at a temperature of 30°C and ground to separate a fraction of particles diameter less or equal to 0.40 mm before the analysis. Total phosphorus was examined in samples, after wet mineralization, using a spectrophotometric method based on a vanadate-molybdate yellow complex. Total nitrogen was examined by Kjeldahl's method. Salinity and pH were also measured to estimate the possibility of reusing the rockwool in gardening. The results obtained in this investigation indicate the feasibility of reusing of garden rockwool in fertilizing.

**Keywords:** gardening mineral wool, phosphorus, nitrogen, fertilizer, pH, moisture

