

## WŁAŚCIWOŚCI WODNO-POWIETRZNE WEŁNY MINERALNEJ GRODAN® MASTER

*Monika Jaroszuk-Sierocińska*

Institut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska, Akademia Rolnicza  
ul. S. Leszczyńskiego 7 20-069 Lublin  
e-mail: monika.jaroszuk@ar.lublin.pl

**Streszczenie.** Przeprowadzono badania właściwości wodno-powietrznych wełny mineralnej GRODAN® Master. W pracy omówiono szczegółowo te właściwości, które należy uznać za bardzo ważne przy ocenie stanu fizycznego podłoża w pojemnikach. Są to: pełna pojemność wodna, pojemnikowa pojemność wodna, czyli zawartość wody odpowiadająca potencjałowi  $-0,98$  kPa, zawartość powietrza w stanie pojemnikowej pojemności wodnej ( $-0,98$  kPa), a także retencja wody najłatwiej dostępnej od  $-0,98$  do  $-9,81$  kPa. Badana wełna charakteryzowała się bardzo dobrymi właściwościami z punktu widzenia potrzeb produkcji ogrodniczej w pojemnikach: bardzo dużą pełną pojemnością wodną  $- 12,40$   $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a przede wszystkim wyjątkowo wysoką pojemnikową pojemnością wodną  $- 11,23$   $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Pod względem właściwości powietrznych wełnę mineralną również należy ocenić pozytywnie. Pojemność powietrzna w stanie pojemnikowej pojemności wodnej ( $-0,98$  kPa) wynosiła  $0,09$   $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ , a więc była nieznacznie niższa od wartości krytycznej, czyli  $0,10$   $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ . Już jednak spadek potencjału do  $-3,10$  kPa spowodował wzrost pojemności powietrznej do  $0,46$   $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ , przy bardzo dużej zawartości wody ( $6,79$   $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Kształując odpowiednio potencjał wody, można w podłożu z wełny mineralnej dobrać idealny układ stosunków wodno-powietrznych.

Słowa kluczowe: wełna mineralna, właściwości wodno-powietrzne

### WSTĘP

W krajach Unii Europejskiej, a od lat 90-tych XX wieku także w Polsce, najbardziej rozpowszechnionym podłożem ogrodniczym jest wełna mineralna (Rumpel 1998). W uprawach bezglebowych podłoża z wełny mineralnej zajmują obecnie pierwsze miejsce, wyprzedzając najważniejsze do niedawna podłoża wyprodukowane na bazie torfu. Jednak coraz częściej zwraca się uwagę na podstawową wadę wełny, czyli trudności w składowaniu i utylizacji odpadów oraz szuka możliwości zastąpienia materiałami łatwiejszymi do zagospodarowania (Komosa 2002,

Babik 2006, Kleiber i Kleiber 2006). Wykorzystując w produkcji ogrodniczej wełnę mineralną należy pamiętać o konieczności rozwiązania problemu utylizacji tego materiału.

Wełna mineralna produkowana jest ze skały bazaltowej i diabazytowej. Pokruszone kawałki skały miesza się z koksem i podgrzewa do temperatury ponad 1500°C. Ciekły materiał wylewany jest na obracające się z dużą prędkością walce, co powoduje powstawanie włókien. Do włókien dodawane jest lepiszcze i poddaje się je nawilżeniu, po czym zostają one sprasowane (Oświecimski 1996). Typowa wełna składa się w 5% (v/v) z fazy stałej (włókien), a w 95% (v/v) z porów o różnej średnicy. Standardowa gęstość wełny waha się od 0,07 do 0,09 Mg·m<sup>-3</sup>. Ze względu na bardzo małą gęstość materiału, woda i powietrze nie są w nawilżonej wełnianej macie rozmieszczone równomiernie. Więcej wody znajduje się w dolnej części maty, a w górnej więcej powietrza.

W literaturze naukowej dużo miejsca poświęca się właściwościom chemicznym podłoży ogrodniczych, a w szczególności gospodarce składnikami pokarmowymi, natomiast na temat ich właściwości fizycznych jest ciągle zbyt mało informacji. Konieczne jest przede wszystkim dokładne scharakteryzowanie właściwości wodno-powietrznych podłoży umożliwiające odpowiednie sterowanie nawadnianiem, a w konsekwencji zapewniające odpowiednie warunki do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin (Sławiński i in. 1996, Jaroszuk i Słowińska-Jurkiewicz 2005, Nowak 2005).

Celem badań było poznanie właściwości fizycznych wełny mineralnej, ze szczególnym uwzględnieniem cech decydujących o efektywności produkcji ogrodniczej.

#### METODYKA BADAŃ

W niniejszej pracy omówiono szczegółowo właściwości fizyczne, które należy uznać za bardzo ważne cechy służące do oceny stanu fizycznego podłoży w pojemnikach. Są to: pełna pojemność wodna, pojemnikowa pojemność wodna, czyli zawartość wody odpowiadająca potencjałowi -0,98 kPa, zawartość powietrza w stanie pojemnikowej pojemności wodnej (-0,98 kPa), a także retencja wody najłatwiej dostępnej od -0,98 do -9,81 kPa. Szczególną uwagę w przypadku podłoży ogrodniczych należy zwrócić na pojemnikową pojemność wodną, którą definiuje się jako ilość wody pozostałą w podłożu po swobodnym odcieku wody grawitacyjnej, ale przed rozpoczęciem wyparowywania. Jest ona uzależniona od wysokości i kształtu pojemnika (Fonteno 1988, 1989, 1993).

Do badań wykorzystano wełnę mineralną GRODAN<sup>®</sup> MASTER 1575 B1, która według informacji producenta (GRODANIA A. S.) jest idealnym podłożem przeznaczonym dla producentów chcących w pełni kontrolować rozwój genera-

tywny i wegetatywny roślin w celu prowadzenia produkcji na najwyższym poziomie przez cały sezon. Wełna ta ma dwie warstwy włókien o różnej gęstości, co zapewnia najlepszy transport wody w całym przekroju maty. Przyczynia się to do rozwoju systemu korzeniowego, a w rezultacie do osiągnięcia wysokiego plonu doskonałej jakości (www.grodan.pl).

Próbki wełny mineralnej do oznaczenia właściwości wodno-powietrznych pobrano w sześciu powtórzeniach bezpośrednio z maty o grubości 7 cm do metalowych cylindrów o objętości 100 cm<sup>3</sup>, odcinając nadmiar maty (po 1 cm) z górnej i dolnej strony cylindra. Próbki doprowadzono do stanu pełnego nasycenia wodą, 0 kPa. Następnie wykonano oznaczenia zawartości wody o potencjałach: -0,24 kPa; -0,98 kPa; -3,10 kPa; -9,81 kPa; -15,54 kPa; -30,99 kPa i -49,03 kPa w komorach niskociśnieniowych na porowatych płytach ceramicznych metodą Richardsa.

Zawartość wody o potencjale -0,98 kPa w wełnie odpowiada pojemnikowej pojemności wodnej dla pojemnika o wysokości 20 cm, zaś -9,81 kPa – połowej pojemności wodnej gleb naturalnych o poziomie wody gruntowej na głębokości 1 m.

Oznaczenie zawartości wody o potencjałach: -155,4 kPa (punkt silnego zahamowania wzrostu roślin); -490,3 kPa (punkt całkowitego zahamowania wzrostu roślin) i -1554,0 kPa (punkt trwałego wędnięcia) wykonano w komorach wysokociśnieniowych, stosując jako membranę celofan. Zawartość wody odpowiadającą potencjałowi -4903 kPa (maksymalną higroskopijność) oznaczono w suszarce próżniowej nad 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Z uzyskanych wyników sporządzono charakterystykę potencjał wody – wilgotność, wyrażając zawartość wody w kg·kg<sup>-1</sup>. Obliczono poszczególne kategorie retencjonowanej wody tj.: wodę grawitacyjną (od 0 do -0,98 kPa), wodę najłatwiej dostępną dla roślin (od -0,98 do -9,81 kPa), wodę użyteczną (dostępną dla roślin) (od -9,81 do -1554 kPa), wodę niedostępną dla roślin (poniżej -1554 kPa). Wszystkie uzyskane wyniki wyrażono również w m<sup>3</sup>·m<sup>-3</sup>.

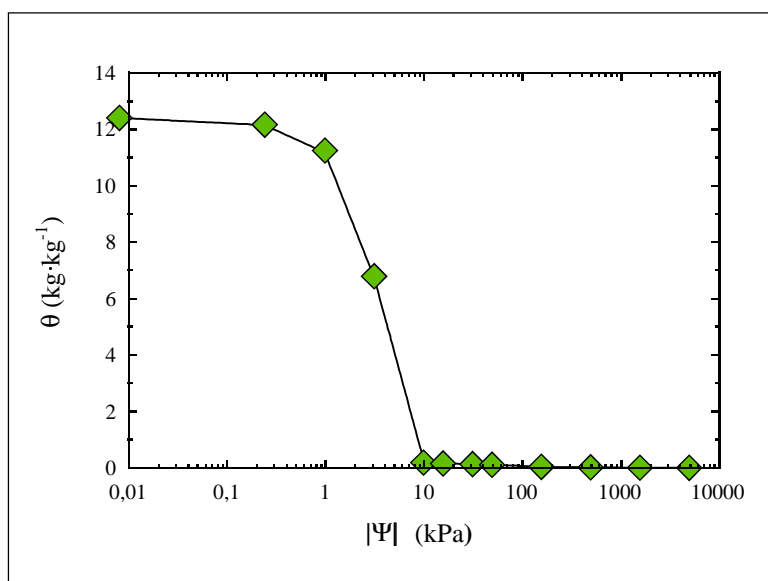
Dla każdej wartości potencjału obliczono również pojemność powietrzną na podstawie pełnej pojemności wodnej i pojemności wodnej objętościowej w odpowiednim stanie wysycenia podłoża wodą. Wyniki podano w m<sup>3</sup>·m<sup>-3</sup>.

Gęstość wełny wyznaczono metodą grawimetryczną na podstawie stosunku masy materiału wysuszonego w temperaturze 105°C do wyjściowej objętości podłoża (100 cm<sup>3</sup>). Wyniki wyrażono w Mg·m<sup>-3</sup>.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Badana wełna charakteryzowała się bardzo dobrymi właściwościami z punktu widzenia potrzeb produkcji ogrodniczej w pojemnikach: bardzo dużą pełną pojemnością wodną – 12,40 kg·kg<sup>-1</sup>, a przede wszystkim wyjątkowo wysoką pojem-

nikową pojemnością wodną –  $11,23 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 1). Cechy te wyrażone w stosunku do objętości podłoża przyjmowały wartości  $1,02$  i  $0,92 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ . Przekroczenie wartości  $1 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-3}$  w stanie pełnej pojemności wodnej wynikało z napęcznienia materiału. Pojemność wodna wełny mineralnej przy potencjale wody  $-9,81 \text{ kPa}$  (co odpowiada w glebie naturalnej stanowi połowej pojemności wodnej) wynosiła tylko  $0,18 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $0,02 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ ). Nastąpił więc w tym zakresie potencjału wyjątkowo duży spadek zawartości wody w porównaniu do stanu pojemnikowej pojemności wodnej (rys. 1).



**Rys. 1.** Charakterystyka potencjał wody ( $\Psi$ ) – wilgotność ( $\theta$ ) wełny mineralnej Grodan  
**Fig. 1.** Water potential ( $\Psi$ ) – moisture ( $\theta$ ) characteristic of Grodan rockwool

W uprawie roślin w pojemnikach przy potencjale wody odpowiadającym  $-9,81 \text{ kPa}$  już jest zalecane nawadnianie, podczas gdy w glebie jest to stan najkorzystniejszego nasycenia wodą. Aby prawidłowo ocenić właściwości wodne wełny mineralnej, nieodzowne jest więc określenie wartości retencji podstawowych kategorii wody. Retencja decydująca o produkcji w pojemnikach to retencja wody najłatwiej dostępnej dla roślin, zawierająca się w przedziale od pojemnikowej pojemności wodnej do połowej pojemności wodnej (od  $-0,98$  do  $-9,81 \text{ kPa}$ ). W podłożu z wełny wartość tej retencji była wyjątkowo duża i wynosiła  $11,05 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $0,91 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ ) (tab.2). Retencja wody użytecznej, najważniejsza w produkcji polowej, w wełnie mineralnej była dziesięciokrotnie niższa –  $0,17 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $0,01 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ ). Jednakże to

nie ona decyduje o ilości wody, którą wykorzystują rośliny w uprawie pojemnikowej. W tym systemie uprawy podłoże utrzymuje wbrew sile grawitacji wodę o potencjale odpowiadającym pojemnikowej pojemności wodnej, która zależy od wielkości i kształtu doniczki, kostki lub maty, a dla standardowego pojemnika o wysokości 20 cm równa jest  $-0,98$  kPa (Argo 1998, Fonteno 1988).

**Tabela 1.** Wybrane pojemności wodne wełny mineralnej Grodan  
**Table 1.** Selected water capacities of Grodan rockwool

Pełna pojemność wodna (0,0 kPa) Full water capacity		Pojemnikowa pojemność wodna ( $-0,98$ kPa) Container water capacity		Połowa pojemność wodna ( $-9,81$ kPa) Field water capacity	
( $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ )	( $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ )	( $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ )
12,40	1,02	11,23	0,92	0,18	0,02

**Tabela 2.** Retencja różnych kategorii wody wełny mineralnej Grodan  
**Table 2.** Grodan rockwool retention of different water categories

Retencja wody najłatwiej dostępnej (od $-0,98$ do $-9,81$ kPa) Easily available water retention (from $-0,98$ to $-9,81$ kPa)		Retencja wody użytecznej (od $-9,81$ do $-1554$ kPa) Useful water retention (from $-9,81$ to $-1554$ kPa)		Retencja wody niedostępnej (poniżej $-1554$ kPa) Unavailable water retention (below $-1554$ kPa)	
( $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ )	( $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ )	( $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ )
11,05	0,91	0,17	0,01	0,01	0,001

**Tabela 3.** Gęstość i wybrane pojemności powietrzne wełny mineralnej Grodan  
**Table 3.** Bulk density and selected air capacities of Grodan rockwool

Gęstość Bulk density ( $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ )	Pojemnikowa pojemność powietrzna ( $-0,98$ kPa) Container air capacity ( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ )	Połowa pojemność powietrzna ( $-9,81$ kPa) Field air capacity ( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ )
0,08	0,09	1,00

Należy tu podkreślić zdecydowane różnice w ocenie różnych kategorii wody w naturalnej glebie i podłożach w pojemnikach. Najcenniejsza w polowej produkcji kategoria wody, czyli woda użyteczna (od  $-9,81$  do  $-1554$  kPa), w uprawie w pojemnikach stanowi jedynie rezerwę. Podstawą gospodarki wodnej w uprawie pojemnikowej jest najslabiej utrzymywana przez fazę stałą woda, zajmująca największe pory, która w glebie szybko odpływa w głąb pedonu pod wpływem siły

grawitacji. W pojemniku tę wodę można zatrzymać w podłożu i udostępnić ją roślinom. Wełna mineralna zapewnia bardzo dużą ilość wody najłatwiej dostępnej dla roślin, co jest niezwykle cenne w warunkach uprawy w pojemnikach, rezerwa w postaci retencji wody użytecznej jest tu niewielka, co oczywiście nie jest wadą, biorąc pod uwagę możliwości stałego uzupełniania pobranej przez rośliny wody. Pod względem właściwości powietrznych wełnę mineralną również należy ocenić pozytywnie. Pojemność powietrzna w stanie pojemnikowej pojemności wodnej ( $-0,98$  kPa) wynosiła  $0,09 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , a więc była nieznacznie niższa od wartości krytycznej, czyli  $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  (tab.3). Natomiast w stanie połowej pojemności wodnej pojemność powietrzna wynosiła aż  $1,00 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , co świadczy o tym, że w jeszcze napęczniałym materiale woda zajmuje minimalną objętość, a niemal wszystkie pory wypełnione są powietrzem. Kształtując odpowiednio potencjał wody, można więc w podłożu z wełny mineralnej dobrać idealny układ stosunków wodno-powietrznych.

Należy zwrócić uwagę, że w żadnym wypadku nie można oceniać stosunków wodno-powietrznych wełny mineralnej jedynie na podstawie pomiarów połowej pojemności wodnej i powietrznej. Prowadziłoby to do stwierdzeń o zdecydowanej przewadze powietrza w tym materiale i niedoborze wody, co mogłoby wręcz dyskwalifikować wełnę mineralną jako podłoże w uprawie roślin.

Reasumując wyniki badań przedstawionych w niniejszej pracy można zdecydowanie potwierdzić przydatność wełny mineralnej GRODAN® Master do produkcji ogrodniczej w pojemnikach, z całą pewnością można ją polecić do uprawy nawet najbardziej wymagających roślin. Wełna mineralna może z powodzeniem zastępować w produkcji ogrodniczej torf wysoki, co niewątpliwie przyczyni się do ochrony torfowisk zagrożonych nadmierną eksploatacją, na co szczególną uwagę zwraca w swoich dyrektywach siedliskowych Unia Europejska. Dla stworzenia optymalnego układu stosunków wodno-powietrznych konieczne jest oczywiście umiejętne sterowanie nawadnianiem na podstawie charakterystyki potencjału wody-wilgotność w przedziale potencjału wody od  $0$  do  $-9,81$  kPa.

## WNIOSKI

1. Z punktu widzenia potrzeb produkcji ogrodniczej w pojemnikach wełna mineralna Grodan charakteryzowała się bardzo dobrymi właściwościami wodno-powietrznymi. W stanie pojemnikowej pojemności wodnej ( $-0,98$  kPa) podłoże to utrzymuje bardzo dużą ilość wody ( $11,23 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), a jednocześnie ilość zawartego powietrza ( $0,09 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ) jest niemal równa wartości granicznej.

2. Na podkreślenie zasługuje fakt, że aż 90% pełnej pojemności wodnej wełny stanowi woda najłatwiej dostępna dla roślin (od  $-0,98$  do  $-9,81$  kPa), czyli najcenniejsza kategoria wody w uprawie pojemnikowej.

3. Podstawą oceny właściwości wodno-powietrznych wełny mineralnej powinna być pełna charakterystyka potencjałów wody-wilgotność ze szczególnym uwzględnieniem stanu pojemnikowej pojemności wodnej, czyli  $-0,98$  kPa.

4. W wełnie mineralnej w przedziale potencjału od  $-0,98$  kPa do  $-9,81$  kPa następuje gwałtowna zmiana warunków wodno-powietrznych polegająca na niemal całkowitym odwodnieniu podłoża w stanie potencjału wody  $-9,81$  kPa.

#### PIŚMIENNICTWO

- Argo W., 1998. Root medium physical properties. Hort. Technology., Aleksandria, 481-485.
- Babik J., 2006. Podłoża ogrodnicze do uprawy ogórka szklarniowego alternatywne dla wełny mineralnej. Acta Agrophysica, 7(4), 809-820.
- Fonteno W. C., 1988. Know your media, the air, water and plant responses to rockwool-amended media. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 115(3), 375-381.
- Fonteno W. C., 1989. An approach to modeling air and water status of horticultural substrates. Acta Hort., 238, 67-74.
- Fonteno W.C., 1993. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. Acta Hort., 342, 197-204.
- Jaroszuk M., Sławińska-Jurkiewicz A., 2005. Charakterystyka podstawowych właściwości wodno-powietrznych podłoży ogrodniczych stosowanych w uprawie pojemnikowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 504, 105-110.
- Kleiber T., Kleiber A., 2006. Uprawa ogórka w podłożach inertnych i organicznych. Hasło ogrodnicze, 2.
- Komosa A., 2002. Podłoża inertne – postęp czy inercja? Mat. Konf. „Aktualne trendy w produkcji i stosowaniu podłoży ogrodniczych”. Lublin, 6-7 czerwca, 15-31.
- Nowak J.S., 2005. Właściwości powietrzno-wodne podłoży ogrodniczych. Probl. Post. Nauk Roln., 504, 175-184.
- Oświecimski W., 1996. Aktualne tendencje w wykorzystaniu podłoży nieorganicznych w uprawach pod osłonami. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 429, 9-13.
- Rumpel J., 1998. Tradycyjne i nowe substraty uprawowe oraz problematyka ich stosowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 461, 47-66.
- Sławiński C., Sobczuk H. A., Walczak R. T., 1996. Hydrofizyczne charakterystyki podłoży ogrodniczych a dostępność wody dla roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 429, 275-278.
- www.grodan.pl

## WATER-AIR PROPERTIES OF GRODAN® MASTER ROCKWOOL

*Monika Jaroszuk-Sierocińska*

Institute of Soil Science and Environment Management, Agricultural University  
ul. S. Leszczyńskiego 7 20-069 Lublin  
e-mail: monika.jaroszuk@ar.lublin.pl

**Abstract.** A study was carried out on the water-and-air properties of rockwool GRODAN® Master. The paper presents a detailed discussion of those properties which have should be considered as very important for the estimation of the physical condition of the beds in containers. These are: full water-capacity, container water capacity, i.e. the contents of water corresponding to the potential of  $-0.98$  kPa, air content in the state of the container water capacity ( $-0.98$  kPa), as well as the retention of easily available water, from  $-0.98$  to  $-9.81$  kPa. The rockwool under study was characterized by very good properties from the point of view of the need of garden production in containers: quite a considerable full water capacity –  $12.40$  kg kg<sup>-1</sup>, and, above all, an exceptionally high container water capacity –  $11.23$  kg kg<sup>-1</sup>. As for the air properties, the mineral wool should be also estimated in a positive way. Its air capacity in the state of box water capacity ( $-0.98$  kPa) was  $0.09$  m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, and so it was insignificantly lower than the critical value of  $0.10$  m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. It is possible to establish an ideal system of water and air relationship by suitable forming of the water potential in the bed of the rockwool.

**Keywords:** rockwool, water and air properties