

Wpłynęło 01.12.2016 r.  
Zrecenzowano 12.07.2017 r.  
Zaakceptowano 10.08.2017 r.

A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

# WPŁYW UDZIAŁU KERAMZYTU W PODŁOŻU NA PARAMETRY WZROSTU ROŚLIN IGLASTYCH Z GATUNKU ŻYWOTNIK ZACHODNI (*Thuja occidentalis* L.)

**Tomasz ŻELAZIŃSKI**<sup>ABCDEF</sup>, **Jerzy KUBIAK**<sup>ABCDF</sup>

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji

## Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań uprawy żywotnika zachodniego odmiany ‘Smaragd’ na podłożach z różnym udziałem keramzytu oraz podłożach szczepionych mykoryzą. Udział keramzytu w poszczególnych próbach badawczych wynosił: 0, 10, 20, 30, 40 i 50%. Przygotowanie próbek do badań polegało na wcześniejszym wymieszaniu gleby z keramzytem i nasadzeniu roślin do wazonów. Badano takie parametry roślin, jak wysokość, masę świeżej części naziemnej (biomasa) oraz masę części podziemnej (korzeni po opłukaniu). Badanie przeprowadzono w okresie 2 lat. Stwierdzono, że największy przyrost roślin można osiągnąć, stosując dodatek keramzytu na poziomie 20–30%. Zaobserwowano również, że zwiększenie przyrostu roślin jest możliwe przy uprawie roślin w kombinacji keramzytu z dodatkiem mykoryzy. Spostrzeżono, że możliwość stosowania dużego udziału dodatku keramzytu w mieszkach podłoży, w połączeniu z jego niewielkim ciężarem, otwiera nowe możliwości wykorzystania tego surowca do upraw roślin na dachach zielonych, garażach podziemnych oraz w budownictwie halowym.

**Słowa kluczowe:** hydroponika, keramzyt, mykoryza, uprawa kontenerowa żywotnika

## WSTĘP

Zadaniem systemu korzeniowego roślin jest przede wszystkim odżywianie ich poprzez pobieranie z gleby wody, soli mineralnych i innych substancji niezbędnych do ich wzrostu. Jednym z głównych czynników mających wpływ na rozwój

---

**Do cytowania For citation:** Żelaziński T., Kubiak J. 2017. Wpływ udziału keramzytu w podłożu na parametry wzrostu roślin iglastych z gatunku żywotnik zachodni (*Thuja occidentalis* L.). Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 17. Z. 3 (59) s. 145–153.

roślin jest zatem odpowiednia jakość gleby i jej zasobność w składniki mineralne, a parametrami decydującymi o jakości upraw roślin są takie właściwości glebowe, jak: zwięzłość gleby, porowatość czy przepuszczalność [BULIŃSKI, SERGIEL 2013; 2014; GADI i in. 2016; QUEREJETA 2017]. Parametry te wpływają z kolei na dostarczenie do korzeni odpowiedniej ilości tlenu, który od samego początku wzrostu roślin jest elementem niezbędnym do ich prawidłowego rozwoju. Nieodpowiednie warunki powietrzne gleby przyczyniają się m.in. do zwiększania zwięzłości gleby, co może być powodem mniejszych przyrostów roślin [PABIN 1999]. W większości przypadków warunki glebowe nie są odpowiednie i wymagają właściwego dostosowania stanowiska dla określonych grup roślin, np. grunty porolne lub zdegradowane przeznaczone pod zalesienie [WALCZYK, TYLEK 2005]. O ile w przypadku niedoboru składników mineralnych można stosować mniej lub bardziej intensywne nawożenie, tak w przypadku poprawienia struktury gleby, retencji, niezbędne może być tylko domieszanie właściwych rodzajów gleby o różnej zwięzłości lub stosowanie innych dodatków [KANECKA-GESZKE 2014; QUEREJETA 2017; WIECZOREK, STEŻAŁA 2013]. Jednym z takich składników, który obecnie na coraz większą skalę wykorzystuje ogrodnictwo, jest keramzyt. Materiał ten wprawdzie nie wnosi do gleby żadnych składników pokarmowych, jednak doskonale wpływa na poprawę struktury oraz właściwości powietrzno-wodnych podłoża. Istnieje również możliwość stosowania tego materiału do tzw. uprawy hydroponicznej stosowanej nie tylko w uprawach ogrodniczych, ale także systemach wspomagających oczyszczanie ścieków, wody i powietrza [JESUS i in. 2017; KLEIBER i in. 2013; KLEIBER, KOMOSA 2010]. Technologia ta z powodzeniem wykorzystywana jest dlatego w przydomowych ekologicznych oczyszczalniach ścieków, gdzie tzw. złoża hydroponiczne z udziałem keramzytu stanowi podłoże do wzrostu roślin wielogatunkowych. W tym miejscu keramzyt wraz z korzeniami roślin stanowi doskonale środowisko do rozwoju mikroorganizmów wspomagających oczyszczanie ścieków [BERGIER, WŁODYKA-BERGIER 2012; KOŹMIŃSKA i in. 2014]. Dużą zaletą keramzytu jest również niska gęstość pozorną, co pozwala znacznie zmniejszyć masę podłoża. Jest to korzystne szczególnie w przypadku stosowania tego materiału w uprawach na tzw. zielonych dachach, garażach podziemnych, balkonach w zabudowie mieszkalnej i użytku publicznego oraz w innych zastosowaniach [PĘCZKOWSKI i in. 2016].

Celem pracy było porównanie parametrów wzrostu roślin ozdobnych z gatunku żywotnik, uprawianych na podłożu z różnym udziałem procentowym keramzytu i z uwzględnieniem mykoryzy.

## METODY BADAŃ

W badaniach wykorzystano rośliny ozdobne z gatunku żywotnik zachodni odmiany 'Smaragd', które uprawiano na kilku podłożach (ziemia ogrodowa z różnym

udziałem keramzytu ogrodniczego). Część próbek dodatkowo zaszczerpiono mykoryzą Juni X firmy Mykoflor, według wytycznych zamieszczonych w artykułach [KUBIAK 2007; 2008]. Aplikację szczepionki mykoryzowej przeprowadzono przy ścianie wazonu (o pojemności 6 dm<sup>3</sup>), w tym miejscu bowiem występuje zwykle największa liczba korzeni. W badaniach próbki te oznaczono symbolem (kmb). Udział keramzytu w poszczególnych próbach badawczych wynosił: 0, 10, 20, 30, 40 i 50%. Keramzytem stosowanym w badaniach był produkt firmy Weber Saint-Gobain o nawie Leca Keramzyt, o granulacji maks. 10 mm (keramzyt produkowany jest w fabryce w Gniewie). Przygotowanie próbek do badań polegało na

**Tabela 1.** Zabiegi pielęgnacyjne wykonywane w trakcie badań

**Table 1.** Treatments performed during investigation

Rodzaj zabiegu Type of treatment	Termin Date	Środek Plant protection products	Technologia Technology
Aplikowanie szczepionki Applying vaccine	15.09.2014	szczepionki mykoryzowe Juni X firmy Mykoflor mycorrhizal vaccines Juni X firmy Mykoflor	aplikator Strzelec (producent: Kwazar) fertilizer applicator
Nawożenie dolistne Foliar fertilization	7–8.05. 2015 28–29.05.2015	Piniwit INCO VERITAS (nawóz NPK) o składzie 5,6–0,6–2,7 (stężenie wg danych producenta) Piniwit INCO VERITAS (NPK fertilizer) composition of 5,6–0,6–2,7 (concentration according to the manufacturer's recommendations)	opryskiwacz plecakowy Neptune (producent: Kwazar) Neptune backpack sprayer
Nawożenie dogłębne Soil fertilization	12–14.05.2015	Compo (nawóz NPK) o składzie 14–7–15 w dawce 3 g na wazon o poj. 12 dm <sup>3</sup> Compo (NPK fertilizer) composition of 14–7–15, dose 3 g per container of capacity 12 dm <sup>3</sup>	aplikator Strzelec (producent: Kwazar) fertilizer applicator
Ochrona przed chorobami Protection against plant diseases	20.05.2015	Gwarant Prewicur Bravo (stężenie wg danych producenta) Gwarant Prewicur Bravo (concentration according to the manufacturer's recommendations)	opryskiwacz plecakowy Neptune (producent: Kwazar) Neptune backpack sprayer
Zwalczanie szkodników Plant pest control	23.05.2015	Maguz, Decis, Apollo Gwarant Prewicur Bravo (concentration according to the manufacturer's recommendations)	opryskiwacz plecakowy Neptune (producent: Kwazar) Neptune backpack sprayer
Zraszanie Plant spraying	kwiecień–wrzesień April–September 2015	woda water	zraszacze obrotowe rotary sprinklers

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

wcześniejszym wymieszaniu gleby z keramzytem, a następnie przesadzaniu roślin z wazonów o pojemności 6 dm<sup>3</sup> do wazonów o pojemności 12 dm<sup>3</sup>, w poszczególnych kombinacjach z różnym udziałem procentowym keramzytu (15.10.2014). Tak przygotowane próbki ustawiano na tkaninie szkółkarskiej, która chroniła od chwastów przez cały okres badań. Pojedyncza próba badawcza wynosiła 75 szt. roślin. Liczba wszystkich roślin w badaniu wyniosła 900 szt.

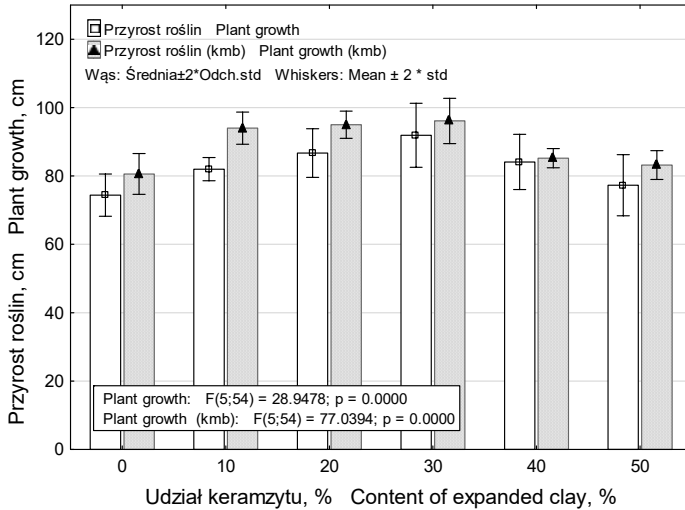
Badanie przeprowadzono w gospodarstwie szkółkarskim (J. Kubiak) w Zawadach gm. Kowiesy w latach 2014–2015. Temperatura w okresie badań była zbliżona do średniej wieloletniej w rejonie Warszawa Okęcie. W okresie kwiecień–wrzesień brakującą ilość wody uzupełniano jednorazowo na powierzchni całego doświadczenia za pomocą zraszaczy obrotowych. Pomiary wzrostu roślin wykonano w dniach 21–23.12.2015 r. Szczegóły wykonywanych w trakcie badań zabiegów pielęgnacyjnych przedstawiono w tabeli 1.

Badano takie parametry roślin, jak wysokość, masę świeżej części naziemnej (biomasa) oraz masę części podziemnej (korzeni po opłukaniu). Pomiary masy części naziemnej oraz podziemnej wykonano w Instytucie Ogrodniczym w Skierńewicach. Wyniki badań opracowano w programie Statistica 12. Istotność uzyskanych danych analizowano testem ANOVA na poziomie istotności  $p = 0,05$ .

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że udział keramzytu oraz szczepionki mykoryzy w podłożu powodował korzystne zmiany zarówno w przyrostach części naziemnej roślin, jak i korzeni. Zmiany wzrostu roślin można było również zaobserwować wizualnie, rośliny z niektórych kombinacji cechowały się bardziej intensywnym wybarwieniem. Powyższe spostrzeżenia potwierdziły wyniki przeprowadzonych badań. Analizując dane zamieszczone na rysunku 1., można stwierdzić, że minimalną średnią wysokość (70,4 cm) osiągnęły rośliny rosnące na klasycznym podłożu bez udziału keramzytu. Zwiększenie udziału keramzytu w podłożu do 30% spowodowało wzrost roślin do wysokości ok. 91,9 cm. Po zastosowaniu większej ilości tego surowca w składzie podłoża rośliny osiągały wysokość ok. 80 cm. Przeprowadzone badania wykazały, że rośliny wraz z udziałem keramzytu w podłożu, szczególnie z dodatkiem mykoryzy, były zwykle wyższe, co również przedstawia rysunek 1. W tym przypadku przebieg wykresu jest bardzo zbliżony, z tym że wartości poszczególnych przyrostów roślin były większe. Podobnie stwierdzono, że minimalną wysokość (80,6 cm), rośliny osiągnęły, gdy udział keramzytu był mniejszy, z kolei największą wysokość spośród badanych próbek (96,1 cm) osiągnięto również przy udziale 30%.

Analizując powyższy wykres można również stwierdzić, że różnice wzrostu roślin były szczególnie wyraźne w przypadku 10-, 20- i 30-procentowego udziału keramzytu w podłożu i wynosiły odpowiednio 14,6, 9,6 i 4,6%. Większe przyrosty



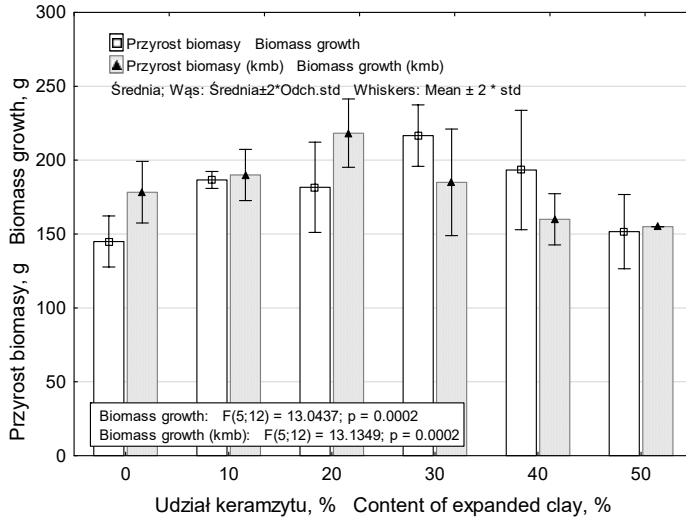
Rys. 1. Przyrost roślin (wysokość) uprawianych na podłożu z różną zawartością keramzytu (kmb – keramzyt i mykoryza); źródło: wyniki własne

Fig. 1. Plant growth (height) grown on a substrate with varying content of expanded clay (kmb – expanded clay and substrate with mycorrhizal); source: own study

roślin na podłożu szczepionym mykoryzą potwierdzają zasadność stosowania tej metody w produkcji roślin iglastych, co zaobserwowano również w wcześniejszych badaniach KUBIAKA [2007] oraz w badaniach ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKIEJ [2004]. Zasadne wydaje się również nasadzanie roślin szczepionych mykoryzą na podłożach z dużym udziałem keramzytu – do 50%. Tego typu badania obejmują jednak stosowanie takich podłoży głównie w zakresie badań bioczyszczalni [BERGIER, WŁODYKA-BERGIER 2012].

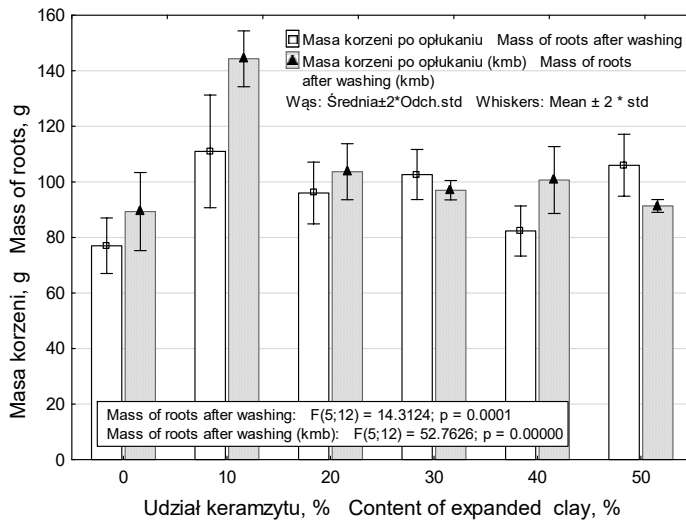
Stwierdzono, że wraz ze wzrostem udziału keramzytu do 20–30% zwiększała się również masa części naziemnej roślin. Zaobserwowano również, że masa części naziemnej roślin dla próbek z udziałem mykoryzy w podłożu, była wyraźnie większa. Stwierdzone różnice tych wielkości mieściły się w przedziale 6,7–36,7 g (rys. 2). Większy udział keramzytu powodował zmniejszenie masy, jednak w tym przypadku wartości tego wskaźnika cechowała znaczna rozbieżność wyników, na co wskazują wysokie słupki błędów, szczególnie przy 40-procentowym udziale keramzytu.

Wyniki badań obrazujące zmiany masy podziemnej części roślin (korzeni po opłukaniu) przedstawiono na rysunku 3. Analizując przebieg wykresu można stwierdzić, że masa korzeni wzrastała wraz z udziałem keramzytu. Największą masę korzeni w tym przypadku zaobserwowano przy 10-procentowym udziale keramzytu zarówno dla podłoży z udziałem samego keramzytu, jak i z udziałem w podłożu keramzytu i mykoryzy.



Rys. 2. Zmiany masy części naziemnej roślin (biomasy) uprawianych na podłożu z różnym udziałem keramzytu; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Changes in the mass of the ground part of the plant (biomass) grown on a substrate with varying content of expanded clay (kmb – expanded clay and substrate with mycorrhizal); source: own study



Rys. 3. Zmiany masy części podziemnej roślin (po oplukaniu) uprawianych na podłożu z różnym udziałem keramzytu; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Changes in the mass of the underground part of the plant (after washing) grown on a substrate with varying content of expanded clay (kmb – expanded clay and substrate with mycorrhizal); source: own study

Prawdopodobnie było to związane ze zwiększoną zdolnością pobierania składników pokarmowych, co w efekcie przekładało się na zwiększoną masę zarówno części naziemnej, jak i systemu korzeniowego. Główne zalety rozbudowanego systemu korzeniowego to nie tylko zdrowa roślina, ale przede wszystkim zdolność do pobierania i akumulowania wody, co jest korzystne szczególnie w okresach suszy [QUEREJETA 2017]. Może mieć to również kluczowe znaczenie dla polepszenia właściwości retencyjnych tzw. zielonych dachów w miastach, jeśli jako składnik podłoży roślin coraz częściej wykorzystywany będzie właśnie keramzyt [PĘCZKOWSKI i in. 2016].

Reasumując powyższe można stwierdzić, że wzrost udziału keramzytu skutecznie przyczynia się do poprawy warunków stanowiskowych rosnących roślin, co szczególnie można zaobserwować w przypadku 30-procentowego udziału keramzytu w podłożu. Powyżej tej wartości, mimo że odnotowano nieco mniejsze wskaźniki przyrostu roślin oraz masy części naziemnej, wyniki przedstawiają się bardzo obiecująco. Można stwierdzić, że jakość roślin nie odbiega od roślin rosnących na klasycznym podłożu. Jest to niewątpliwie cecha pozytywna i przemawia za stosowaniem tego rodzaju podłoża z keramzytem nie tylko w celu poprawy warunków stanowiskowych, ale również zamiennie z podłożem klasycznym (np. podłoża hydroponiczne). Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki oraz zalety keramzytu związane z jego niewielką gęstością, stosowanie dużego udziału keramzytu może być szczególnie korzystne w uprawach roślin na zielonych dachach, garażach podziemnych, zabudowie halowej itp., na co zwracają uwagę HUANG i in. [2016] i PĘCZKOWSKI i in. [2016].

## WNIOSKI

1. Największy przyrost roślin z gatunku żywotnik zachodni odmiany ‘Smaragd’ osiągnięto, stosując 20–30-procentowy dodatek keramzytu w podłożu.
2. Dodatkowe zwiększenie przyrostu roślin jest możliwe w uprawie roślin w kombinacji keramzytu Leca z dodatkiem mykoryzy. Największe różnice w tym przypadku zaobserwowano przy udziale keramzytu 20–40%.
3. Wzrost udziału keramzytu w podłożu wpływa na zwiększenie masy korzeni badanych roślin o ok. 20%.

## BIBLIOGRAFIA

- ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA M. 2004. Kolonizacja mikoryzowa i wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w uprawie założonej z sadzonek w różnym stopniu zmikoryzowanych [Mycorrhizal colonization and growth in a plantation of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings of different degree of mycorrhizal fungus infestation]. Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignar. Vol. 3. Iss. 1 s. 5–15.

- BERGIER T., WŁODYKA-BERGIER A. 2012. Efektywność oczyszczania ścieków w przydomowej hybrydowej oczyszczalni hydrofitowo-biologicznej [The efficiency of wastewater treatment with the household hybrid (biological-constructed wetland) wastewater treatment plant]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 12. Z. 1(37) s. 25–36.
- BULIŃSKI J., SERGIEL L. 2013. Soil considerations in cultivation of plants. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture (Agricultural and Forest Engineering). No. 61 s. 5–15.
- BULIŃSKI J., SERGIEL L. 2014. Effect of moisture content on soil density – compaction relation during soil compacting in the soil bin. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture (Agricultural and Forest Engineering). No. 64 s. 5–13.
- GADI V., K., BORDOLOI S., GARG A., KOBAYASHI Y., SAHOO L. 2016. Improving and correcting unsaturated soil hydraulic properties with plant parameters for agriculture and bioengineered slopes. Rhizosphere. Vol. 1 s. 58–78.
- HUANG Y.Y., CHIEN-TEH CHEN, YEN-CHI TSAI. 2016. Reduction of temperatures and temperature fluctuations by hydroponic green roofs in a subtropical urban climate. Original Research Article. Energy and Buildings. Vol. 129 s. 174–185.
- JESUS J.M., CASSONI A.C., DANKO A.S., FIÚZA A., BORGES M.T. 2017. Role of three different plants on simultaneous salt and nutrient reduction from saline synthetic wastewater in lab-scale constructed wetlands. Science of the Total Environment. Vol. 579 s. 447–455.
- KANECKA-GESZKE E. 2014. The development of soil water resources in the common osier (*Salix viminalis* L.) field in a very dry and an average vegetation season. Journal of Water and Land Development. No. 21 s. 11–17. DOI 10.2478/jwld-2014-0009.
- KLEIBER T., KOMOSA A. 2010. Guide values for anthurium (*Anthurium cultorum* Birdsey) grown in expanded clay. Journal of Plant Nutrition. Vol. 33. Iss. 10 s. 1506–1518.
- KLEIBER T., STARZYK J., BOSIACKI M. 2013. Effect of nutrient solution, Effective Microorganisms (EM-A) and assimilation illumination of plants on the induction of the growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in hydroponic cultivation. Acta Agrobotanica. Vol. 66. Iss. 1 s. 27–38.
- KOŹMIŃSKA A., HANUS-FAJERSKA E., MUSZYŃSKA E. 2014. Możliwości oczyszczania środowisk wodnych metodą ryzofiltracji [Possibilities of water purification using the rhizofiltration method]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 14. Z. 3(47) s. 89–98.
- KUBIAK J. 2007. Technika nawożenia dolistnego i ochrona upraw kontenerowych roślin ozdobnych z mikoryzą [Technology of fertilization by leaves and protection of container cultivated decorative bushes with mycorrhiza]. Inżynieria Rolnicza. Z. 3(91) s. 117–122.
- KUBIAK J. 2008. Techniczne aspekty przygotowania szczepionki mikoryzowej do aplikacji [Technical aspects of preparing mycorrhizal vaccine for application]. Inżynieria Rolnicza. Z. 1(99) s. 223–230.
- PABIN J. 1999. Wpływ stanu fizycznego gleby w warstwie ornej i podornej na vegetację i plonowanie roślin [Effect of soil physical state in plough and sub-soil layers on vegetation and yielding of plants]. Acta Agrophysica. Vol. 23 s. 217–233.
- PĘCZKOWSKI G., ORZEPOWSKI W., POKŁADEK R., KOWALCZYK T., ŻMUDA R., WÓJCIK R. 2016. Właściwości retencyjne zielonych dachów typu ekstensywnego na przykładzie badań modelowych [Retention properties of the type of extensive green roofs as an example of model tests]. Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus. Vol. 15. Iss. 3 s. 113–120.
- QUEREJETA J.I. 2017. Soil water retention and availability as influenced by mycorrhizal symbiosis: consequences for individual plants, communities, and ecosystems. In: Mycorrhizal mediation of soil: Fertility, structure, and carbon storage. Eds. N.C. Johnson, C. Gehring, J. Jansa s. 299–317.
- WALCZYK J., TYLEK P. 2005. Mechanizacja produkcji w szkółkach gruntowych mikoryzowanych sadzonek na potrzeby zalesień gruntów porolnych [Mechanization of production in a ground nurseries of mycorrhizae seedlings for afforestation of former farmlands]. Inżynieria Rolnicza. Z. 10(70) s. 403–409.



WIECZOREK S., STEŻAŁA S. 2013. Wykorzystanie zużytego wypełnienia filtra adsorpcyjnego (kory sosnowej wzbogaconej azotem amonowym) w produkcji roślinnej [The use of worn packing from adsorbent filter (pine bark enriched with ammonia nitrogen) in plant production]. *Problemy Inżynierii Rolniczej. Z. 1(79) s. 133–141.*

*Tomasz ŻELAZIŃSKI, Jerzy KUBIAK*

## **EFFECT OF EXPANDED CLAY IN THE SOIL ON THE GROWTH PARAMETERS OF PLANT SPECIES NORTHERN WHITE-CEDAR (*Thuja occidentalis* L.)**

**Key words:** *expanded clay, growing container Thuja, hydroponics, mycorrhiza*

### **S u m m a r y**

The results of the research growing northern white-cedar (*Thuja occidentalis* L.) on substrates with different share of expanded clay and substrates vaccinated mycorrhiza. The addition of expanded clay in the individual test samples was: 0, 10, 20, 30, 40 and 50%. Preparation of samples for investigation consist of early mixing of soil with expanded clay and planting of plants for pot. The study was conducted in two years were tested parameters such as growth of plants, the mass of the ground part and the root mass. It was found that the highest growth of plants can be achieved by applying the addition of expanded clay at 20–30%. It was also observed that increasing the growth of plants is possible with the plant cultivation in combination with the addition of expanded clay mycorrhiza. It was noticed that the ability to use a large share of addition of expanded clay in mixtures of substrates, combined with its low weight opens up new possibilities for using this resource for plants in crops for green roofs, underground garages and building a hall.

**Adres do korespondencji:** dr inż. Tomasz Żelaziński, Szkołą Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji, ul. Nowoursynowska 164, 02-787 Warszawa; e-mail: [tomasz\\_zelazinski@sggw.pl](mailto:tomasz_zelazinski@sggw.pl)