

PROPIEDADES FÍSICAS E HIDRÁULICAS DE PERLITA EN CULTIVOS DE ROSAS Y SUS VARIACIONES TEMPORALES

DANIEL A. MARTÍNEZ¹; ANA MARÍA LANDINI²; HÉCTOR SVARTZ³; LILIA VENCE⁴;
LUCILA BOTTINI⁵; LIBERTAD MASCARINI⁶; SUSANA ORDEN⁷ & FERNANDO VILELLA⁸

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Av. San Martín 4453. Capital Federal, Argentina, C.P. 1417.
dmartine@agro.uba.ar¹; alandini@agro.uba.ar²; hsvartz@agro.uba.ar³; vence@agro.uba.ar⁴; lbottini@agro.uba.ar⁵;
lmascarini@agro.uba.ar⁶; ordensus@agro.uba.ar⁷; vilella@agro.uba.ar⁸

Recibido: 12/12/05

Aceptado: 10/10/06

RESUMEN

Se evaluaron las características físicas e hidráulicas de la perlita usada como sustrato único, en un cultivo bajo cubierta de rosas (*Rosa hybrida* L.) para corte, observando su comportamiento durante el cultivo. Se evaluaron muestras de perlita con 0, 28 y 39 meses de uso extraídas de la zona radicular del cultivo. Se determinaron la densidad aparente (DA), densidad real de las partículas intactas (DRI), densidad real de las partículas pulverizadas (DRP), distribución de tamaño de partícula, capacidad de aire (CA), agua fácilmente disponible (AF), agua de reserva (AR), porosidad efectiva (PE). La conductividad hidráulica no saturada (Kns) se obtuvo a partir del modelo de Mualem-van Genuchten. La perlita registró en el tiempo, rotura de los granos superiores a 2 mm, observándose un incremento de la fracción comprendida entre 1 mm y 2 mm, no habiendo modificaciones significativas en partículas inferiores a 0,5 mm. Se observó un aumento de la PE, y de la CA mientras que los valores de AF, AR se mantuvieron aproximadamente constantes. El aumento de PE podría explicarse como resultado de la inserción de las raíces y el arrastre de las partículas finas fuera de la zona radicular. En cambio, de forma consistente con el aumento de la CA, Kns experimentó una disminución en un orden de magnitud luego de 39 meses.

Palabras clave. Sustratos - agua disponible - conductividad hidráulica.

PHYSICAL AND HYDRAULIC PROPERTIES OF PERLITES USED IN ROSE CULTURES AND THEIR DEPENDENCY ON TIME

ABSTRACT

Physical and hydraulic properties of perlite used as unique substrate in a greenhouse cut roses (*Rosa hybrida* L.) culture and their dependence on time were investigated. Samples of perlite with 0, 28 and 39 months of use, extracted from the rhizosphere, were analyzed. Bulk density (DA), real density of intact particles (DRI) real density of pulverized particles (DRP), particle size distribution, air capacity (CA), available water (AFD), unavailable water (AR) and effective porosity (PE) were determined. Non-saturated hydraulic conductivity (Kns) was obtained using the Mualem-van Genuchten model. It was found cracking of particles with diameters greater than 2 mm and an increment of the fraction between 1 mm and 2 mm after 28 and 39 months of use. No significant alteration of particles with diameters smaller than 0,5 mm was found. Values of PE and CA increased with time of use, while values of AFD, AR showed no variation. The increment of PE with time of use could be explained as a consequence of particle breakdown due to roots, or tiny particle drift from the rhizosphere. Accordingly with the increment of CA, a diminution in one order of magnitude of Kns after 39 months of use was found.

Key words. Substrates - water availability - hydraulic conductivity.

INTRODUCCIÓN

En la producción de cultivos intensivos se observa una sustitución gradual de los cultivos tradicionales en suelos por técnicas del tipo “soil-less”, (Abad & Noquera, 1997, citado en: Pastor Saéz, 2000). Las propieda-

des físicas como el espacio poroso efectivo, la densidad aparente y la distribución de tamaño de partículas describen al sustrato “*per se*”. Las propiedades hidráulicas, consecuencia de los parámetros anteriores, influyen en la dinámica del agua en el sistema, y se ponen de mani-

fiesto a través de las curvas de retención de agua y los valores de la conductividad hidráulica (Fonteno, 1993). El conocimiento de la conductividad hidráulica es de importancia práctica para un manejo efectivo del riego y fertilización de un cultivo (Wallach *et al.*, 1992). Las propiedades físicas del sustrato utilizado resultan de enorme importancia para el correcto desarrollo de la planta, situación difícil de ser corregida una vez comenzados los cultivos. La relación agua-aire debe ser particularmente cuidada.

En sustratos o mezclas orgánicas y algunas inorgánicas se han observado variaciones de las propiedades físicas con tiempo de uso en el cultivo, alterando las condiciones originales y en consecuencia los resultados. Por lo tanto se hace necesario, no sólo caracterizar los materiales antes de comenzar el cultivo, sino además establecer un monitoreo de ellos durante el mismo.

Entre los materiales inorgánicos, la perlita permite una buena respuesta por parte de los cultivos, los que manifiestan una alta eficiencia en el uso del agua (Martín-Closas & Recasens, 2001). Presenta una red de poros internos que pueden estar conectados con el exterior o ser cerrados. Estos últimos no conforman la porosidad efectiva, ya que las raíces no tienen acceso a ellos (Ansorena Miner, 1994).

El objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades físicas e hidráulicas de la perlita empleada como sustrato único en un cultivo de rosas bajo cubierta, en estado original y sus variaciones con el tiempo de uso de muestras extraídas de la rizósfera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con muestras de perlita virgen (0 meses de uso) y perlita utilizada en un cultivo de rosa (*Rosa hybrida* L.) bajo cubierta con fertirrigación por goteo, luego de 28 meses y 39 meses de uso.

La perlita empleada en los cultivos es de la marca comercial Perlome, que no posee una clasificación granulométrica específica según los estándares internacionales, sin embargo puede garantizarse que el producto mantiene cierta homogeneidad.

Las muestras fueron extraídas de la zona radicular ubicada a 15 cm de la superficie, mediante un sacabocado de contenedores de 40 cm de profundidad. Dada la poca estabilidad física del ordenamiento de las partículas que posee la perlita, aún bajo condiciones de cultivo no pudo evitarse la perturbación de las muestras.

Propiedades físicas

Se realizaron ensayos con tres repeticiones para determinar: densidad aparente (De Boodt *et al.*, 1974a), densidad real de las partículas intactas (Rowe, 1994, citado en: Fermino, 2003), densidad real de las partículas pulverizadas, porosidad efectiva y porosidad total (Burés, 1997). La distribución de tamaño de

partículas se realizó con tres repeticiones por medio del uso de tamices de mallas de 4,75 mm, 3,35 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm y 0,05 mm (Ansorena Miner, 1994).

Propiedades hidráulicas y curvas de liberación de agua

Los valores de capacidad de aire, agua fácilmente disponible y agua de reserva se obtuvieron a partir las curvas de liberación de agua construidas con los resultados obtenidos por medio de un tensiómetro tipo de Boodt (De Boodt *et al.*, 1974b). Las tensiones a las cuales fueron sometidas las muestras fueron 0, -1, -2, -3, -4, -5, -7 y -10 kPa. Se efectuaron tres repeticiones para cada tiempo de uso del sustrato. La capacidad de aire se calculó como el porcentaje en volumen de agua que libera el sustrato al aplicar una tensión de -1 kPa (Burés, 1997). El agua fácilmente disponible y el agua de reserva se calcularon como los porcentajes en volumen de agua que se liberan entre -1 kPa y -5 kPa y entre -5 kPa y -10 kPa, respectivamente (Burés, 1997).

Siguiendo la metodología empleada por Wallach *et al.* (1992), los valores de humedad obtenidos de las curvas de liberación de agua fueron promediados y posteriormente ajustados según el modelo de Mualem-van Genuchten (van Genuchten, 1980):

$$\theta(h) = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left[1 + (\alpha h)^n \right]^{-m} \quad (1)$$

$\theta(h)$ contenido de agua (vol/vol) a la tensión h

θ_s contenido de agua (vol/vol) en saturación

θ_r contenido residual de agua (vol/vol)

α y n son parámetros de ajuste relacionados respectivamente con la inversa de la presión de entrada de aire y la distribución de tamaño de poros.

m es un parámetro relacionado con n según la relación $m = 1 - \frac{1}{n}$

El ajuste se realizó empleando el programa Prism 4.0.

La conductividad hidráulica no saturada se calculó empleando la expresión de Mualem-van Genuchten (van Genuchten, 1980) a partir de los valores de K_s de los mismos sustratos obtenidos por Landini *et al.* (2005) y de los resultados de las curvas de liberación de agua.

$$Kns(h) = K_s \frac{\left\{ 1 - (\alpha h)^{n-1} \left[1 + (\alpha h)^n \right]^{-m} \right\}^2}{\left[1 + (\alpha h)^n \right]^{-m/2}}$$

en donde $Kns(h)$ es el valor de la conductividad hidráulica no saturada a la tensión h y α , n y m son parámetros con los mismos significados que en la expresión (1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Figuras 1a y 1b muestran el aspecto de dos muestras de perlita, sin uso (1a) y con 39 meses de cultivo (1b).

En la Figura 1b se observa la presencia de materia orgánica que puede asociarse a la acción de las secreciones ácidas de las raíces. También se observan granos más finos que en la perlita virgen, posiblemente debido al efecto mecánico de raíces.

En la Tabla 1 se observan los valores medios de las clases de tamaño de partículas, obtenidos para la granulometría de la perlita virgen y la de 39 meses de uso.

No se observan modificaciones significativas ($\alpha = 0,05$) en los contenidos de los pesos de las clases de tamaños de partículas para granos de dimensiones menores a 0,5 mm. Por el contrario, se observa una variación en partículas de tamaño superior.

Tomando como referencia la perlita original, las variaciones que experimentaron las fracciones superiores fueron: un aumento del 31% entre 1 mm y 2 mm, debido a las siguientes disminuciones registradas: entre 2 mm y 3,35 mm -15%, entre 3,35 mm y 4,75 mm -7% y superior a 4,75 mm -17%.

En la Tabla 2 se exhiben los valores medios de las propiedades físicas e hidráulicas que caracterizan las muestras de perlita con 0 meses, 28 meses y 39 meses de uso.

Debido a las variaciones de la granulometría (Tabla 1) se observó (Tabla 2) un aumento de la porosidad efectiva y de la capacidad de aire. No se encontraron diferencias significativas en las otras propiedades.

Los valores medios obtenidos de DRP (1800 kg/m^3) son algo inferiores a los obtenidos por otros autores (Burrés *et al.*, 1997) (2200 a 2300 kg/m^3). La diferencia puede deberse a una pulverización incompleta en el caso de la muestra sin uso y/o a la presencia de materia orgánica en las muestras usadas en los cultivos. De todas formas, el conocimiento de la densidad real con muestra pulverizada no es tan importante como la densidad real de las partículas inalteradas, pues esta última determina la porosidad efectiva del sustrato que es la que influye en los contenidos de agua y aire. Además, los valores de porosidad total que se obtienen empleando uno u otro resultado difieren como máximo en un 2%.

El aumento de los valores de PE y CA con el tiempo de uso, podría deberse a la rotura de las partículas de diámetro superiores a 4,75 mm y de hasta 2 mm, que dejan expuestos macroporos ($d > 0,3 \text{ mm}$), los que antes constituían poros cerrados o dentaciones en los granos de perlita. Podría también ocurrir que las partículas se acomoden con los granos vecinos de manera de formar macroporos, o como resultado de la inserción de las raíces en desarrollo dentro del sustrato que favorece la formación de canalículos.

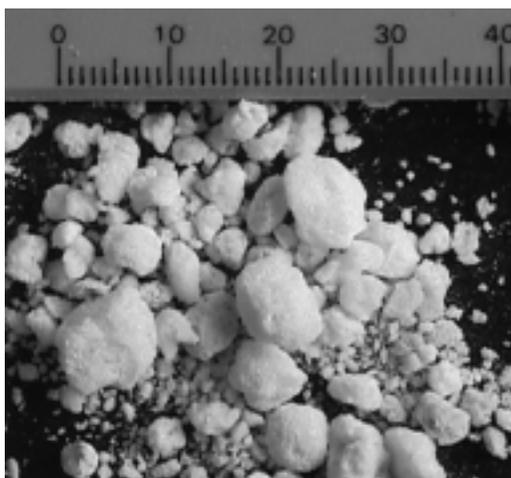


Figura 1a. Aspecto de la perlita virgen usada en un cultivo de rosa.

Figure 1a. Aspect of perlite before using in a rose culture.

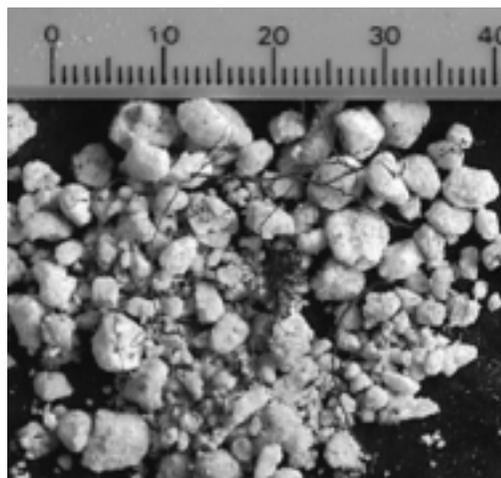


Figura 1b. Aspecto de la perlita extraída de un contenedor con cultivo de rosa luego de 39 meses.

Figure 1b. Aspect of perlite extracted from a container after 39 months of use.

Tabla 1. Granulometría de perlita virgen y con 39 meses de uso. Valores medios para ensayos con tres repeticiones. Letras distintas indican diferencias significativas.

Table 1. Granulometry of perlite after 0 and 39 months of use. Mean values obtained from three replications. Different letters denote significant differences.

Tamiz (mm)	Tiempo	
	0 meses prom (%)	39 meses prom (%)
4,75	11,4a	9,5b
3,35	22,0a	20,5b
2,0	23,4a	19,8b
1,0	21,2a	27,7b
0,5	8,6a	10,2a
0,25	4,9a	3,5a
0,125	5,1a	4,4a
0,05	3,4a	4,4a

Tabla 2. Propiedades físicas de perlita virgen, con 28 y 39 meses de uso (valores medios). Letras distintas indican diferencias significativas.

Table 2. Physical properties of perlite after 0, 28 and 39 months of use (mean values). Different letters denote significant differences.

Propiedad	Tiempo (meses)		
	0	28	39
DA (kg/m ³)	110a	120a	120a
DRI (kg/m ³)	540a	710b	920c
DRP (kg/m ³)	1700a	1800a	1800a
PT (% v/v)	93,5a	93,3a	93,3a
PE (% v/v)	79,6a	83,3b	87,0c
CA (% v/v)	47,2a	60,6b	56,4 b
AF (% v/v)	11,2a	8,4a	6,8 a
AR (% v/v)	7,0a	6,5a	4,9a
Ks (m/s) *	0,0089a	0,011 a	0,0085a

* datos publicados en Landini *et al.*, 2005.

En la Figura 2 se representan las curvas de liberación de agua para la perlita con 0,28 y 39 meses de uso.

En el ajuste al modelo de van Genuchten, el contenido residual de agua θ_r es definido por Drzal *et al.* (1999) como el volumen de agua retenida a una tensión de -30 kPa por unidad de volumen de sustrato. Dado que experimentalmente el tensiómetro empleado estaba limitado hasta una tensión máxima de -10 kPa se optó por considerar a esta cantidad como un parámetro más a ser ajustado, de acuerdo con lo sugerido por van Genuchten (1980). Van Genuchten & Nielsen (1985), proponen con-

siderar también al contenido de agua en saturación θ_s como un parámetro a ajustar. En el ajuste de los datos obtenidos en este trabajo, se descartó esta sugerencia por arrojar valores físicamente incorrectos de algunos de los parámetros. Por tal motivo, se consideró a θ_s igual a la porosidad efectiva.

En la Tabla 3 se exhiben los resultados de los parámetros α , n y θ_r de ajuste de las curvas. Los valores de R^2 indican una muy buena correlación entre el modelo y los resultados experimentales.

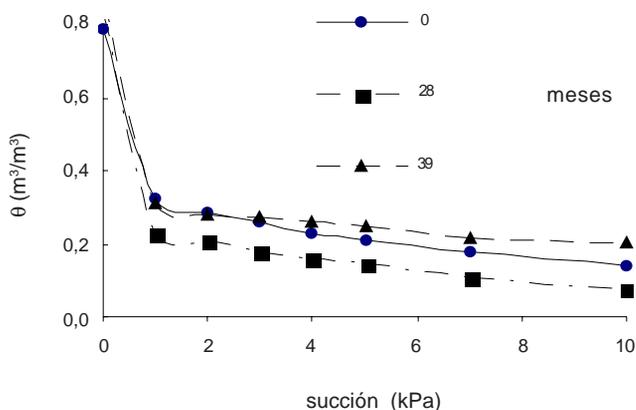


Figura 2. Curvas de liberación de agua para la perlita con 0, 28 y 39 meses de uso.
Figure 2. Water release curves of perlite after 0, 28 and 39 months of use.

Tabla 3. Valores de los parámetros θ_r , α y n obtenidos de las curvas de liberación de agua para el modelo de Mualem-van Genuchten.

Table 3. Values of parameters θ_r , α and n obtained from water release curves for the Mualem-van Genuchten model.

	θ_r (m^3/m^3)	α (1/kPa)	n	R^2
0 meses	0,10	7,1	1,53	0,92
28 meses	0,02	16,2	1,44	0,98
39 meses	0,16	16,2	1,51	0,98

La Figura 3 muestra la dependencia de la conductividad hidráulica no saturada K_{ns} en función de la succión según el modelo de Mualem-van Genuchten.

Puede notarse una disminución de los valores de K_{ns} luego de 28 y 39 meses de uso respecto de los correspondientes al sustrato virgen. Para el rango de 1 kPa a 3 kPa de succión, en donde la planta hace uso del agua disponible con mayor facilidad, esta disminución es de un orden de magnitud. Este comportamiento está en concordancia con el aumento de la CA y PE mencionado anteriormente, puesto que un aumento del número de macroporos debido al incremento de la succión, provoca una drástica reducción de la cantidad de canales de conducción de agua.

La disminución del contenido hídrico en la rizósfera induce el flujo de agua desde las inmediaciones hacia las raíces. Este flujo depende de la conductividad hidráulica no saturada en las inmediaciones de las raíces (Raviv *et al.*, 2002). La fuerte disminución en un orden de magnitud encontrada para la perlita usada respecto de la virgen, sugiere la necesidad de aumentar la frecuencia de riego con el tiempo en los cultivos de rosa bajo cubierta, a efectos de evitar el “stress” hídrico. En otros casos, este stress induce a que las plantas cultivadas en perlita pasen rápidamente de un estado vegetativo a otro reproductivo, lo cual es aprovechado comercialmente como sucede en el cultivo comercial de pimiento (Ing. Agr. R Andreaux, XXIX Congreso Argentino de Horticultura 2006, Catamarca, com. pers.).

Teniendo en cuenta que los cultivos de rosa tienen una vida productiva de unos seis años, se puede considerar también la posibilidad de renovación parcial de este tipo de perlita empleada, a los efectos de compensar la disminución de la conductividad hidráulica no saturada con el tiempo de uso.

CONCLUSIONES

1. El tiempo de cultivo modifica las clases de granos superiores a 1 mm, no observándose alteraciones en granos de menor tamaño.

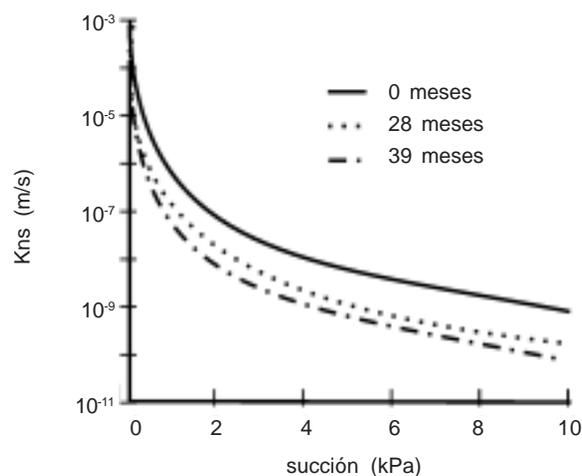


Figura 3. Conductividad hidráulica no saturada en función de la succión.

Figure 3. Unsaturated hydraulic conductivity vs. suction.

2. Comparando las clases de tamaño de granos entre muestras sin y con uso se observan que las de 1 mm–2mm; 2 mm–3,35 mm; 3,35 mm–4,75 mm y superiores a 4,75 mm registran variaciones de 31%; –15%; –7 % y –17%, respectivamente.
3. Se observa un aumento de la porosidad efectiva a expensas de una pérdida de porosidad intrapartícula.
4. Aumentan las fracciones de capacidad de aire manteniéndose los valores de agua fácilmente asimilable y agua de reserva.
5. La conductividad hidráulica no saturada de la perlita con 39 meses de uso experimentó una disminución de unas 10 veces respecto del sustrato virgen en la zona de agua fácilmente disponible.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó dentro del marco del proyecto “Incorporación de nuevas alternativas productivas y tecnológicas en el país” G111, Ubacyt. 2004-2007.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M & P Noguera. 1997. Los sustratos en los cultivos sin suelo. Pp 101-150 en: M Urrestarazu (*ed.*). Manual de cultivo sin suelo. Universidad de Almería. Almería.
- Ansorena Miner, J. 1994. Sustratos: Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 172 p.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas. Madrid. 342 p.
- Burés, S; Mc Gago; O Morales; O Marfa & FX Martínez. 1997. Water Characterization in granular materials. *Acta Hort.* 450: 389-396.
- Custodio, E & MR LLamas. 1983. Hidrología Subterránea. Barcelona. Vol 1. Ed. Omega. Barcelona. 1194 p.
- De Boodt, M; O Verdonck & J Cappaert. 1974a. Determination and study of the water availability of substrates of ornamental plant growing. *Acta Hort.* 89: 89-94.
- De Boodt, M; O Verdonck & J Cappaert. 1974b. Methods for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Hort.* 37: 2054-2062.
- Drzal, MS; WC Fonteno & D Keith Cassel. 1999. Pore fraction Analysis: a new tool for substrate testing. *Acta Hort.* 481: 43-54.
- Fermino, ME. 2003. Métodos de análise para caracterização física de sustratos para plantas. Tesis para obtención de grado de doctor en Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Fonteno, W. 1993. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. *Acta Hort.* 342: 197-204.
- Landini, A; L Bottini; L Mascarini; F Vilella & S Orden. 2005. Conductividad hidráulica saturada de perlita para distintos tiempos de uso en cultivo de rosas bajo cubierta. *Rev. Facultad de Agronomía UBA.* 25(3): 227-232.
- Martín-Closas, L & X Recasens. 2001. Effect of Substrate Type (Perlite and Tuff). In the Water and Nutrient Balance of a Soilless Culture Rose Production System. *Acta Hort.* 559(II): 569-574.
- Pastor Saéz, JN. 2000. Utilización de sustratos en viveros. *Terra* 17(3): 231-235.
- Raviv, M; R Wallach; A Silber & A Bar-Tal. 2002. Substrates and their analysis. Pp. 25-101 In: D Savvas (*ed.*). Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Embryo publications. Atenas. 463 pp.
- Rowel, DL. 1994. Soil Science: Methods & Aplications. New York. Longman Group. 350 p.
- Van Genuchten, MT. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Soc. Amer. Journal* 44: 892-898.
- Van Genuchten, MT & R Nielsen. 1985. On describing and predicting the hydraulic properties of unsaturated soils. *Annales Geophysicae* 3(5): 615-628.
- Wallach, R; F Da Silva & Y Chen. 1992. Hydraulic Characteristics of Tuff (Scoria) used as a Container Medium. *Journal American Soc. Hort. Sci.* 117(3): 415-421.