

Tamaño de partícula de Pumita y Tezontle en el crecimiento de plantas de *Ocimum Basilicum* L.

Size of Pumice and Tezontle particles in the growth of *Ocimum basilicum* L. plants

CRUZ-CRESPO, Elia†*, CAN-CHULIM, Álvaro, LUNA-ESQUIVEL, Gregorio y ORTIZ-VEGA, Moises Ignacio

Universidad Autónoma de Nayarit

ID 1^{er} Autor: Elia, Cruz-Crespo/ ORC ID: 0000-0001-6777-4316, Researcher ID Thomson: S-7930-2018, CVU CONACYT ID: 101487

ID 1^{er} Coautor: Álvaro, Can-Chulim/ ORC ID: 0000-0002-4063-7597, Researcher ID Thomson: S-7962-2018, CVU CONACYT ID: 161661

ID 2^{do} Coautor: Gregorio, Luna-Esquivel/ ORC ID: 0000-0003-4716-0805, Researcher ID Thomson: S-9258-2018, CVU CONACYT ID: 39586

ID 3^{er} Coautor: Moisés Ignacio, Ortiz-Vega/ ORC ID: 0000-0003-2946-4100, Researcher ID Thomson: W-4905-2019, CVU CONACYT ID: 704283

DOI: 10.35429/JOTI.2019.9.3.15.20

Recibido 11 de Enero, 2019; Aceptado 17 de Marzo, 2019

Resumen

Existen pocos reportes de la pumita en la producción, y el tamaño de partícula que se utiliza puede influir en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), la cual tiene importancia económica. El objetivo fue comparar el crecimiento y producción de plantas de albahaca cultivadas en diferentes tamaños de partícula de pumita y de tezontle. La pumita (jal) y el tezontle se obtuvieron de las minas de Xalisco, Nayarit. Se usaron cinco tamaños de partícula por cada material (tamaño 0 = $0.1 \geq \leq 12$ (material sin separación de partículas); tamaño 1 = $7.5 \geq \leq 12$; tamaño 2 = $5.0 \geq < 7.5$; tamaño 3 = $3.0 \geq < 5.0$; tamaño 4 = $0.8 \geq < 3.0$; tamaño 5 = $0.1 \geq < 0.8$) y se determinaron sus propiedades físicas. Con partículas de cada tamaño se rellenaron macetas, y se trasplantó la albahaca. Se evaluó variables de la parte aérea como altura de planta, diámetro de tallo, y biomasa seca de hojas, tallo, inflorescencias y total; también variables de la raíz. Con el tamaño de partícula 4, la altura, diámetro de tallo y biomasa seca total presentaron el valor mayor, lo cual se atribuyó a las propiedades físicas. Con el sustrato pumita se obtuvo valor mayor en todas las variables de la parte aérea.

Propiedades físicas, Capacidad de retención de agua, Capacidad de aire

Resumen

There are few reports about the effect of pumice in the production of basil (*Ocimum basilicum* L.), an economically significant plant. The size of pumice particles can influence basil production. The objective of this study was to compare the growth and production of basil plants cultivated using pumice and tezontle particles of various sizes. Pumice (jal) and tezontle were mined in Xalisco, Nayarit. Five particle sizes per material were used —size 0 = $0.1 \geq \leq 12$ (material without particle separation); size 1 = $7.5 \geq \leq 12$; size 2 = $5.0 \geq < 7.5$; size 3 = $3.0 \geq < 5.0$; size 4 = $0.8 \geq < 3.0$; size 5 = $0.1 \geq < 0.8$ — and their physical properties were determined. The basil was transplanted into pots which had been filled with particles of each size. The following variables from the above-ground part of the plants were evaluated: plant height, stem diameter, and leaves, stem, inflorescence, and total dry mass; root variables were also evaluated. Size-4 particles recorded the highest values for height, stem diameter, and total dry biomass; this result was attributed to physical properties. The highest value was obtained for every variable aboveground when pumice substrate was used.

Physical properties, Water retention capacity, Air capacity

Citación: CRUZ-CRESPO, Elia, CAN-CHULIM, Álvaro, LUNA-ESQUIVEL, Gregorio y ORTIZ-VEGA, Moises Ignacio. Tamaño de partícula de Pumita y Tezontle en el crecimiento de plantas de *Ocimum Basilicum* L. Revista de Invención Técnica 2019. 3-9:15-20

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ccruz2006@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las hierbas aromáticas y medicinales tienen importancia entre recolectores, productores, sector industrial (perfume y cosméticos), herbolario, alimenticio, y en instituciones públicas y/o privadas (López (2011; Azizi *et al.*, 2007). Esto se atribuye a las características aromáticas, terapéuticas y de conservación que tienen estas plantas (Sangwan *et al.*, 2001; Sarango-Jaramillo *et al.*, 2019), así como a su uso en productos nutraceuticos, fitoterapia, aromaterapia, entre otras aplicaciones. En el mercado de hierbas aromáticas y medicinales destaca la albahaca como la hierba aromática principal que se produce en México para exportación con $4,589 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, con un valor de la producción de \$ 620, 538, 900.00 millones de pesos de acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2015). Esto es por la cantidad de aceite esencial que produce (López, 2011) el cual se caracteriza por el contenido de alcaloides, taninos, flavonoides y compuestos fenólicos (Ramírez-Aragon *et al.*, 2019; Rodríguez *et al.*, 2011).

Los sistemas hidropónicos en condiciones de invernadero pueden ser una alternativa para la producción de hierbas finas aromáticas y medicinales (Chiquito-Contreras *et al.*, 2019). En estos el uso de los sustratos de naturaleza diversa se ha incrementado en la última década. En México los sustratos más utilizados son de origen mineral, tal como el tezontle, aunque existen otros poco explotados y estudiados, tal como la pumita (jal o piedra pómez). En relación a las propiedades de los sustratos, la distribución de la granulometría influye en la capacidad de retención de agua y otras propiedades (Prasad y Chualáin, 2004), lo cual varía entre sustratos. No obstante, información con respecto al efecto de un tamaño de partícula específico sobre las propiedades físicas y producción es escasa.

Por lo anterior, el objetivo del presente fue comparar el crecimiento y producción de plantas de albahaca cultivadas en diferentes tamaños de partícula de pumita, con la hipótesis de que el tamaño de partículas de pumita afecta el patrón de crecimiento y producción de albahaca.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en invernadero y laboratorio de la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit. Se utilizó semillas de albahaca 'Thai'. Se sembró en charolas de poliestireno expandido de 200 cavidades, la cual se llenó con el sustrato Sunshine[®] (peatmoss). Se regó diariamente con solución nutritiva de Steiner (1984) al 25%, hasta el momento del trasplante. Cuando las plántulas alcanzaron 8 cm de altura en promedio se trasplantaron en las macetas de polietileno 35 x 35 cm con el sustrato en su interior, de acuerdo al tratamiento (Cuadro 1). Después, las plantas se regaron con una solución nutritiva de Steiner (1984) 75 % de concentración. El volumen y número de riegos durante el día varió de acuerdo al crecimiento de la planta y las condiciones climáticas. El volumen del riego fue el mismo en los diferentes tamaños de partícula, y este fue de 26 L de solución nutritiva en promedio en el ciclo de cultivo, y un promedio de 448 mL al día.

Los sustratos utilizados fueron pumita (piedra pómez o también conocida como jal), y el tezontle, que se obtuvieron de las minas del municipio de Xalisco, Nay. En cada sustrato, se separaron cinco tamaños de partículas, y se dejó una parte sin separar partículas, a esta se le denominó tamaño 0 o testigo, tamaño 0 = $0.1 \geq \leq 12 \text{ mm}$; tamaño 1 = $7.5 \geq \leq 12 \text{ mm}$; tamaño 2 = $5.0 \geq < 7.5 \text{ mm}$; tamaño 3 = $3.0 \geq < 5.0 \text{ mm}$; tamaño 4 = $0.8 \geq < 3.0 \text{ mm}$; tamaño 5 = $0.1 \geq < 0.8 \text{ mm}$. Cada tamaño de partícula constituyó un tratamiento. A estos se les determinaron las propiedades físicas de acuerdo a Pire y Pereira (2003) (Cuadro 1).

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial y con 12 repeticiones. La unidad experimental fue una planta en una maceta.

TP (m m)	Porosidad total (%)		CA (%)		CRA (%)		DA (mg·m ³)	
	P	T	P	T	P	T	P	T
0	65.5	67.85	27.68	47.64	37.90	20.20	0.51	0.73
1	68.99	56.1	43.88	46.70	25.11	9.38	0.49	0.96
2	70.93	57.15	44.37	46.4	26.56	10.99	0.42	0.98
3	73.24	60.15	42.45	44.73	30.78	15.42	0.42	0.95
4	66.85	51.44	28.3	27.15	38.56	24.29	0.52	1
5	51.97	42.84	1.42	1.36	50.54	41.47	0.96	1.3

Tabla 1 Propiedades físicas del sustrato pumita y tezontle. tamaño 0 = $0.1 \geq \leq 12$; tamaño 1 = $7.5 \geq \leq 12$; tamaño 2 = $5.0 \geq < 7.5$; tamaño 3 = $3.0 \geq < 5.0$; tamaño 4 = $0.8 \geq < 3.0$; tamaño 5 = $0.1 \geq < 0.8$. TP= tamaño de partícula; P = pumita; T = tezontle; CA = Capacidad de aire; CRA = capacidad de retención de agua; DA = densidad aparente.

Las variables evaluadas fueron altura de planta, a partir del nivel de sustrato hasta la parte terminal del tallo principal con una cinta métrica marca truper® (cm); diámetro de tallo, 5 cm arriba del nivel del sustrato; peso fresco de hojas, tallo e inflorescencias; peso seco de hojas, tallo e inflorescencias, se uso estufa de aire forzado marca Blue M® a 70°C hasta llegar a peso constante, después se pesó en una balanza digital AND® (modelo GX- 200). Peso fresco de raíz y seco de raíz; Longitud de raíz, con cinta métrica marca truper® (cm). Volumen radical, por el método de desplazamiento de agua (mL). A los datos se les aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) con el programa SAS (1999) (Statistical Analysis System, 1999). También se realizó correlación entre variables de crecimiento.

Resultados y discusión

De acuerdo a los análisis de varianza, no se obtuvo significancia para la interacción tamaño de partícula x sustrato. Por lo que los resultados se explican sólo por cada uno de los factores implicados, esto para todas las variables evaluadas.

Factor tamaño de partícula

En los diferentes tamaños de partícula, en la altura de la planta se observó que el testigo y el tamaño de partícula 5 obtuvieron la menor altura en un 7 % en relación a los demás (Tabla 2).

Mientras que el tamaño 3 y 4 mantuvieron el valor mayor, con una diferencia de altura del 8 % en comparación al testigo (tamaño 0). Para el diámetro de tallo, el tamaño de partícula 4 obtuvo el valor mayor en un 7.5 % en referencia a los que quedaron en segundo término y en un 13% en comparación al tamaño de partícula 1.

La biomasa seca de las hojas, tallo, y la biomasa seca total fue significativamente menor en el tamaño de partícula 1; y aunque los demás tamaños de partícula fueron iguales entre sí se observa que entre el testigo y el tamaño 3, 4 y 5 se mostró diferencia de 10 g aproximadamente (Cuadro 2).

Lo anterior, se atribuyó a la capacidad de retención de agua del testigo y del tamaño de partícula 4, en donde este último obtuvo valores ligeramente mayores. Gutiérrez-Castorena *et al.* (2011) y Burés (1997) señalan que la capacidad de retención de agua depende del tamaño de partículas y de la distribución de las partículas lo cual determina la relación agua-aire (Anicua-Sánchez *et al.*, 2009).

TP (mm)	Altura	Diám · tallo	Biomasa seca hojas (g)	Biomasa seca tallo (g)	BSI (g)	BST (g)
0	86.63 d	8.92 b	36.06 ab	35.75 ab	6.83 a	78.6 4 ab
1	90.98 cb	8.16 c	27.43 b	31.43 b	7.28 a	66.1 4 b
2	91.93 abc	8.99 b	32.14 ab	39.03 ab	5.08 a	76.2 6 ab
3	94.80 a	8.88 b	37.82 a	42.70 a	7.15 a	87.6 7 a
4	94.73 ab	9.41 a	37.11 a	42.74 a	9.05 a	88.9 1 a
5	88.41 cd	8.74 b	37.48 a	42.57 a	8.22 a	88.0 3 a
DMS	3.76	0.270 5	8.8243	9.4621	5.1635	17.1 8
C.V (%)	7.34	9.50	10.71	10.20	29.89	8.93

Tabla 2 Variables de crecimiento evaluadas en la parte aérea de plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) cultivadas con diferentes tamaños de partícula. *Medias con la misma letra dentro de las columnas, son estadísticamente iguales; tamaño 0 = $0.1 \geq \leq 12$; tamaño 1 = $7.5 \geq \leq 12$; tamaño 2 = $5.0 \geq < 7.5$; tamaño 3 = $3.0 \geq < 5.0$; tamaño 4 = $0.8 \geq < 3.0$; tamaño 5 = $0.1 \geq < 0.8$. DMS = diferencia mínima significativa; C.V.= coeficiente de variación. BSI =biomasa seca de inflorescencias; BST = biomasa seca total

Morales-Maldonado y Casanova-Lugo (2015) sugirieron que la relación aire-agua es adecuada con 10 a 30 % de capacidad con aire.

En el presente experimento solo los tratamientos de tamaño de partícula 0 (testigo) y el tamaño 4 obtuvieron la CA dentro del intervalo adecuado.

En adición, se encontró relación positiva entre el peso seco de hoja con el peso seco total ($r = 0.7918$; $p \leq 0.0001$) y del peso seco de tallo con peso seco total ($r = 0.8801$, $p \leq 0.0001$), mas no de peso seco de hojas con peso seco de tallo.

La longitud de la raíz fue de valor más bajo en el testigo y en el tamaño de partícula 4 y 5, aunque la biomasa fresca, seca y volumen de raíz obtuvieron el valor más alto con el tamaño de partícula 5 (Tabla 3). Esto indica que el tamaño de partícula 5 obtuvo raíces más cortas, pero de mayor grosor, lo que se atribuyó en parte, a la capacidad de retención de agua alta y la capacidad de aireación baja para este tamaño de partícula. Raviv *et al.* (2002) y Gizas y Savvas (2007) señalan que las partículas finas son generalmente asociadas con poros pequeños y por lo tanto, tienen una gran capacidad de retención de agua y conductividad hidráulica.

Conforme el análisis de correlaciones se observó relación positiva del peso fresco con volumen de la raíz ($r = 0.9393$; $p \leq 0.001$), peso fresco de raíz con peso seco de raíz ($r = 0.70223$; $p \leq 0.0001$) y del peso seco de raíz con volumen de raíz ($r = 0.6391$; $p \leq 0.008$).

Tamaño de partícula	Longitud (cm)	Biomasa fresca (kg)	Biomasa seca (g)	Volumen (mL)
0	19.93 c	0.0771 cd	8.420 bc	81.67 c
1	32.63 a	0.1200 b	9.342 bc	130.25 b
2	33.38 a	0.1010 bc	9.642 bc	133.33 b
3	35.25 a	0.1195 b	11.00 b	126.67 b
4	25.33 b	0.0651 d	7.300 c	72.33 c
5	12.93 d	0.1590 a	14.827 a	167.83 a
DMS	5.03	0.032	3.48	40.00
C.V. (%)	10.59	16.45	19.13	21.81

Tabla 3 Variables de crecimiento evaluadas en la parte de la raíz de plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) cultivadas con diferentes tamaños de partícula. *Medias con la misma letra dentro de las columnas, son estadísticamente iguales; tamaño 0 = $0.1 \geq \leq 12$; tamaño 1 = $7.5 \geq \leq 12$; tamaño 2 = $5.0 \geq < 7.5$; tamaño 3 = $3.0 \geq < 5.0$; tamaño 4 = $0.8 \geq < 3.0$; tamaño 5 = $0.1 \geq < 0.8$. DMS = diferencia mínima significativa; C.V.= coeficiente de variación.

Factor sustrato

Por el factor sustrato, se observó efecto en todas las variables de crecimiento (Tabla 4). La altura de planta a partir de los 21 ddt, fue mayor en la pumita en un 1% en promedio respecto al tezontle; esta diferencia se incrementó a través del tiempo hasta en un 6 % a los 49 ddt. El diámetro de tallo, desde los 7 a los 49 ddt, fue mayor en la pumita en un 4 % respecto de tezontle. El peso de la biomasa fresca de hojas, tallo y total también fue mayor en pumita en 9 % en referencia al tezontle, y ocurrió lo mismo en el peso de la biomasa seca total también fue mayor en pumita en 12% en referencia al tezontle.

Sustrato	Altura	Diámetro tallo	Biomasa Seca hojas (g)	Biomasa Seca tallo (g)	BSI (g)	BS T (g)
Tezontle	84.85 b	8.76 b	31.99 b	36.27 b	7.63 a	75.8 2 b
Pumita	90.17 a	8.95 a	37.36 a	41.79 a	6.90 a	86.0 6 a
D.M.S.	1.54	0.1013	3.30	3.54	1.93	6.43
C.V. (%)	2.56	1.28	10.71	10.20	29.89	8.93

Tabla 4 Variables de crecimiento de la parte aérea de plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) cultivadas en pumita y tezontle. *Medias con la misma letra dentro de las columnas, son estadísticamente iguales. DMS = diferencia mínima significativa; C.V.= coeficiente de variación. BSI = biomasa seca de inflorescencias; BST = biomasa seca total.

En el caso de la raíz, el resultado reveló mayor crecimiento en la pumita, evaluado por la longitud de la raíz, mas el peso de la biomasa fresca y seca fue menor, mientras que el volumen de raíz no fue diferente entre los sustratos (Tabla5).

Sustrato	Longitud (cm)	Biomasa fresca (kg)	Biomasa seca (g)	Volumen (mL)
Tezontle	23.78 b	0.1162 a	11.67 a	124.30 a
Pumita	29.36 a	0.1010 b	8.68 b	113.05 a
DMS	1.93	0.0123	1.3402	17.81
C.V. (%)	10.59	16.45	19.13	21.81

Tabla 5 Variables de crecimiento de la parte de la raíz de plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) cultivadas en pumita y tezontle. *Medias con la misma letra dentro de las columnas, son estadísticamente iguales. DMS = diferencia mínima significativa; C.V.= coeficiente de variación.

Los resultados anteriores se explican por la mayor porosidad total y mayor capacidad de retención de agua en la pumita. Como consecuencia de lo anterior, el tezontle presentó capacidad de aire mayor, es decir una relación inversa entre estas dos propiedades como señala (Cruz-Crespo *et al.* 2019), aunque ambos sustratos obtuvieron capacidad de aire con valores superiores a lo señalado por Ansorena-Miner (1994). Por otra parte, se observó que la pumita con tamaño de partícula 0 (sin separación de partículas) presentó densidad aparente menor en 30 % en comparación con el tezontle, lo cual es una ventaja adicional, dado que facilita el manejo de macetas o contenedores por su peso menor. Sin embargo, la separación de partículas por tamaño deberá evaluarse económicamente.

Conclusiones

Se concluye que el cultivo de plantas de albahaca con un tamaño de partícula mayor o igual de 0.8 y menor de 3.0 mm contribuyó en el incremento de la altura de planta y diámetro de tallo. El crecimiento de plantas de albahaca fue mayor en el sustrato pumita.

Referencias

Anicua Sánchez, R., Gutiérrez Castorena, M. C., Sánchez García, P., Ortiz Solorio, C., Volke Halle, V. H., y Rubiños Panta, J. (2009). Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agricultura técnica en México*, 35(2), 147-156.

Ansorena Miner, J. (1994). *Sustratos: propiedades y Caracterización* (Mundi-Prensa ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.

Azizi, M., Bos, R., Woerdenbag, H., y Kayser, O. (2007). Comparative study of four chamomile cultivars cultivated in iran. *Acta Horticulturae*, (749), 93-96.

Cruz Crespo, E., Can Chulim, A., Pineda Pineda, J., Moreno Velázquez, D., Aguilar Benítez, G., y García Paredes, J. D. (2019). Relación entre las propiedades físicas de mezclas de lombricompost con tezontle, piedra pómez y cascarilla de arroz. *Agrociencia*, 53(1), 1-12.

Burés, S., Marfà, O., Pérez, T., Tébar, J., y Lloret, A. (1997). Measure of substrates unsaturated hydraulic conductivity (refereed). *Acta Horticulturae*, (450), 297-304.

Chiquito Contreras, R. G., Solís Palacios, R., Reyes Pérez, J.J., Murillo Amador, B., Alejandro Rosas, J., y Hernández Montiel, L. G. (2019). Promoción del crecimiento de plantas de albahaca utilizando hongos micorrízicos arbusculares y una bacteria marina. *Acta universitaria*, 28(6), 68-76.

Gizas, G., y Sawas, D. (2007). Particle size and hydraulic properties of pumice affect growth and yield of greenhouse crops in soilless culture. *Horticultural Science*, 42(5), 1274-1280.

Gutiérrez Castorena, M. D., Hernández Escobar, J., Ortiz Solorio, C. A., Anicua Sánchez, R., y Hernández Lara, M. E. (2011). Relación porosidad-retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuesta en plántulas de lechuga. *Revista Chapingo serie Horticultura*, 17(3), 183-196.

López, I. L. A. (2011). Aromático negocio. El economista.mx. Consultado: 04 mayo 2019. Disponible en: <http://economista.com.mx/columnas/agro-negocios/2011/05/04/aromatico-negocio>. 77. [Links]

Morales Maldonado, E. R., y Casanova Lugo, F. (2015). Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción, *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 365-372.

Pire, R., y Pereira, A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del Estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. *Bioagro*, 15(1), 55-63.

Prasad, M., y Ní Chualáin, D. (2004). Relationship between particle size and air space of growing media. *Acta Horticulturae*, 648, 161-166.

Ramírez Aragón, M. G., Borroel García, V. J., Salas Pérez, L., López Martínez, J. D., Gallegos Robles, M. A., y Trejo Escareño., H. I. (2019). Ácido rosmarínico, fenólicos totales y capacidad antioxidante en tres variedades en *ocimum basilicum* L. con diferentes dosis de potasio. *Polibotanica*, (47), 89-98.

Raviv, M., Wallach, R., Silber, A., y Bar-Tal, A. (2002). *Substrates and their analysis* (Embryo Publications ed.). (D. Savvas, y H. C. Passam, Edits.) Athens, Greece.

Rodríguez H., L. F., Giraldo P., G. A., y Murillo P. E. (2011). Determinación del quimiotipo de la fracción volátil del aceite esencial de hojas de albahaca de variedad *ocimum* por cromatografía de gases acoplada a masas (GC-MS). *Tumbaga*, 1(6), 53-62.

Sangwan, N. S., Farooqi , A., Shabih , F., y Sangwan, R. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regul* , 34, 03-21.

Sarango Jaramillo, J. F. (2019). Evaluación del efecto de dos plantas medicinales sobre la presencia de *vibrios* spp en el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Tesis. Universidad Técnica de Machala, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias. 31 p.

SAS Institute (1999) Statistical Analysis System (SAS) Versión 8 User's guide. Cary, N. C. USA. 584 p.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2015). Consultado 30-08-2019 en http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/.

Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. Proceedings of the 6th International Congress on Soilless Culture International Soc. For Soilless Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands. 633-649 pp.