

Efectos del volumen de riego y el número de emisores por maceta sobre la distribución de raíces y sales en el sustrato en *Ficus benjamina*

R. Valdés^{1*}, J. Ochoa¹, M.J. Sánchez-Blanco², J.A. Franco¹ y S. Bañón¹

¹Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Producción Vegetal, Paseo Alfonso XIII 48, 30203 Cartagena. *raquel.valdes@upct.es

²Departamento de Riego, CEBAS-CSIC. P.O. Box 164. 30100 Espinardo, Murcia.

Resumen

Plantas de ficus benjamina fueron cultivadas en un invernadero y regadas con agua de 3 dS m⁻¹ con uno, dos o cuatro emisores (1,2 L h⁻¹) por maceta (3,5 L) y dos volúmenes de riego (control-590 mL y alto-650 mL). El objetivo fue determinar el efecto del número de emisores por maceta (NEM), el volumen de riego (VR) y su interacción sobre el crecimiento, conductividad eléctrica (CE) del sustrato, consumo de agua y drenaje. Igualmente, pretendimos conocer cómo estos dos factores afectaban a la distribución vertical (parte alta, media y baja del sustrato) y horizontal (cuadrantes sur, oeste, norte y este) de raíces y sales en el sustrato. Bajo un VR control, el uso de cuatro emisores por maceta redujo el agua total aplicada en comparación con uno o dos, lo que no se produjo con el VR alto. La aplicación de un VR alto aumentó la fracción de lavado, mientras que el aumento del NEM la redujo. El aumento del NEM o del VR incrementó el ratio peso seco aéreo/radicular. La CE del sustrato fue mucho mayor en el tercio superior del sustrato que en las capas más bajas, independientemente del número de emisores usado; cuando el VR fue alto, el uso de más de un emisor por maceta atenuó esta diferencia. El riego con un emisor produjo una distribución horizontal de raíces y CE del sustrato heterogénea, y conforme aumentó el NEM esta distribución fue más homogénea.

Palabras clave: conductividad eléctrica, salinidad, emisores, raíces, maceta, riego

Abstract

Potted weeping fig were grown in a greenhouse with one, two, or four emitters (1.2 L·h⁻¹) per pot and irrigated (3 dS/m⁻¹) with two volumes of irrigation water (control-590 mL and high-650 mL). The aim was to determine whether the factors affect the distribution of roots and salts in the substrate. We determined the electrical conductivity (EC) distribution at three heights (upper, middle, and lower), and the roots and EC horizontal distribution in four quadrants (south, west, north, and east). We also studied the effects on growth, average substrate EC, total applied water and drainage. Under control-volume irrigation, using four emitters per pot decreased the total applied water compared to one or two, which did not occur with high-volume irrigation. High-volume irrigation increased the leaching fraction compared with that observed in the control, while the number of emitters per pot reduced it. Both the number of emitters per pot and the irrigation volume increased the shoot/root ratio. The substrate EC was higher in the upper layer than in the underlying layers. When a high-irrigation volume was applied, using more than one emitter per pot attenuated this gradient. The substrate EC and the presence of roots in the horizontal quadrants were heterogeneous. Both of these behaviours decreased as the number of emitters per pot increased.

INTRODUCCIÓN

La recesión económica en los últimos años ha llevado a los agricultores a reevaluar sus prácticas para hacer un uso más eficiente de los recursos hídricos. Pero estos recursos suelen contener iones tóxicos para las plantas, lo que suele afectar al crecimiento, y, como resultado, al valor estético de las plantas ornamentales. La elección de cultivos tolerantes a la salinidad es fundamental para usar eficientemente el agua salina. *Ficus benjamina* es una especie importante en la industria de las plantas de follaje, utilizándose ampliamente como planta de hogar. Raquel et al. (2013) indicaron que este ficus tolera altos niveles de CE. Pero la tolerancia a la sal también puede ser considerada desde el punto de vista de la gestión del riego. Oron et al. (2002) indican que el agua salina puede tener un buen uso agrícola en combinación con un acertado manejo del riego. La aplicación de un volumen de agua alto en una maceta elimina sales pero causa que una importante cantidad de agua se pierda por los drenajes. En contraste, una reducción de la lixiviación conlleva a que más sales permanezcan en el sustrato, y por lo tanto que estén disponibles para la planta. Por otro lado, la manera de aplicar agua sobre la superficie del medio de cultivo puede influir sobre el drenaje. El riego por goteo es una técnica de riego eficiente basado en el manenimiento de un bulbo húmedo para que las raíces puedan absorber agua. Sin embargo, la mejora de la eficiencia del riego por goteo en un cultivo en maceta requieren entender los patrones de distribución de agua y sales en el medio de cultivo (Cote et al., 2003). Entre otros aspectos, el número de emisores por maceta (NEM) afecta a la distribución de la humedad y sales en el sustrato (Valdés et al., 2014). Nuestra hipótesis es que la aplicación de diferentes volúmenes de riego (VR) a la maceta y diferentes NEM puede influir en el crecimiento, relaciones agua-suelo y distribución de sales y raíces en el sustrato. Para verificar esto, plantas de ficus se regaron con uno, dos y cuatro emisores por maceta (EM) bajo riego salino y dos niveles de VR (control o alta).

MATERIAL Y MÉTODOS

Plántulas de *Ficus benjamina* cv. Danielle fueron trasplantadas en la primera semana de octubre de 2012 a macetas de PVC de 20 cm de diámetro (3,5 mL de sustrato) que contenían 90% de fibra de coco y 10% de perlita, y cultivados en un umbráculo-invernadero. En todos los tratamientos se mantuvo una proporción de macronutrientes de 80N-17,5P-66,4K (ppm). La adición de fertilizantes aumentó la CE en 0,5 dS m⁻¹. Para mantener el pH entre 5,5-6 se utilizó ácido nítrico al 54%. Se estudiaron seis tratamientos que consistían en regar con uno, dos o cuatro EM bajo dos VR (control-590 mL y alto-650 mL). El riego fue controlado según lo descrito por Valdés et al. (2014) usando sensores EC5 (Decagon Devices, Ltd.) colocados en la cara sureste del sustrato en ángulo de 45 grados. En todos los tratamientos se regaba cuando el θ del sustrato era menor de 0,35 m³m⁻³. Cuando se utilizó un EM, se colocó en el cuadrante sur; cuando se utilizaron dos EM, se colocaron en los cuadrantes sur y norte, y cuando fueron cuatro EM cada cuadrante tuvo un emisor. En todos los casos el agua de riego fue de 3 dS m⁻¹, alcanzados con NaCl. Para calcular la CE y el porcentaje de drenaje, el lixiviado se recogió semanalmente. Al final del experimento (primera semana de julio de 2013), el peso seco aéreo y radicular fueron determinados. Se retiró la parte aérea de la planta, y la maceta se colocó en un congelador horizontal. Después de 24 horas a -25°C se cortaron los cepellones en altura con una sierra para extraer tres discos (alto, medio y basal). Cada disco se dividió en cuatro partes de acuerdo con la orientación horizontal (sur, oeste, norte y este). Después, las raíces fueron extraídas de cada pieza y lavadas, y su peso seco fue medido. La determinación de la CE fue determinada en el extracto de saturación del sustrato. El análisis estadístico fue con un

ANOVA bifactorial (Statgraphics Plus 5.1), siendo los factores el número de goteros por maceta y el volumen de riego. Las medias de los tratamientos fueron separadas con la Prueba de Rango Múltiple de LSD ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Agua aplicada y drenaje

Un aumento en el VR incrementó el volumen de agua total aplicada, mientras que el uso de cuatro EM lo redujo (sólo bajo el VR control). Esta reducción fue porque se dieron menos riegos, ya que con cuatro EM el sustrato se humedeció más homogéneamente y retuvo mejor el agua. Sin embargo, el uso de uno o dos EM propició un mayor volumen de agua aplicada porque el agua se aplicó sobre una parte de la superficie del sustrato, lo que empeora la distribución del agua en el sustrato porque disminuye el movimiento del agua hacia los laterales y aumenta la canalización (Hoadley and Ingram, 1982). Esto podría justificar que bajo un VR alto no hubiera diferencias en agua aplicada por el uso de distinto NEM, conduciendo a los porcentajes de drenaje más altos. Otra consecuencia del aumento del NEM fue la reducción del drenaje, que fue drástico en las macetas bajo VR control y cuatro emisores, lo que indica que casi toda el agua aplicada fue retenida en el sustrato. En este experimento el porcentaje de drenaje cayó por el aumento del NEM y por la reducción del VR. Cuando la disminución del drenaje fue por el aumento del NEM, la CE del drenaje aumentó; sin embargo, cuando esta caída fue por la reducción del VR, esta CE disminuyó. Esto fue porque la relación entre la cantidad de sal que se extrae del sustrato en relación a la cantidad de agua drenada conduce a una determinada dilución de sales, que determina la CE. En el primer caso parece que hubo menos agua que sales (lavado más efectivo), mientras que lo contrario pudo suceder en el segundo caso (lavado menos efectivo).

La CE en el sustrato

En la tabla 1 observamos un claro efecto interactivo entre los dos factores estudiados sobre la CE media del sustrato. Su interpretación es que la efectividad de usar más de un EM para bajar la CE del sustrato requiere aplicar un VR alto. Es decir, el aumento del número de emisores mejora el lavado de sales en la maceta siempre que el drenaje no caiga excesivamente, porque en un sustrato bien humedecido las sales y el agua se mueve más horizontalmente que en un sustrato más seco (De Rijck and Schrevens, 1998), y el agua recoge más sales al lavar más volumen de sustrato.

Al final del experimento, el tercio superior del sustrato presentó una CE más alta que el central y basal (Fig. 1). Otros autores encontraron también esta distribución vertical de CE en el sustrato (Morvant et al, 1997; Valdés et al., 2014). Bajo el VR control el tercio superior tuvo el doble de CE que los otros tercios, y el aumento del NEM no modificó esta distribución (Fig. 1A). Sin embargo, cuando el VR aumentó, el incremento del NEM redujo la diferencia de CE entre el tercio alto y el resto del sustrato, porque se mantuvo mejor humedecido el sustrato y se lavó mejor. La acumulación de sales en la parte superior del sustrato puede ser el resultado de la evaporación entre riegos. Nosotros usamos fibra de coco, que tiene una buena capilaridad, lo cual favorece el efecto mecha haciendo subir la humedad hacia la parte alta del sustrato, donde la evaporación era muy rápida porque el déficit de presión de vapor era alto.

Observamos también un gradiente de CE horizontal. Bajo los dos volúmenes de riego, el uso de un EM produjo la más baja CE en el cuadrante sur (Figs. 1C y D). Esto

fue porque el emisor estaba insertado en dicho cuadrante, y este produjo un bulbo húmedo que desplazó a las sales hacia los otros cuadrantes (De Rijck y Schrevens, 1998). Con dos EM los cuadrantes con emisor acumularon menos sales que aquellos sin emisor, mientras que con cuatro EM todos los cuadrantes tuvieron similar CE (Figs. 1C y D). Por tanto, el gradiente horizontal de CE fue atenuado al aumentar el NEM.

Crecimiento y desarrollo

La pérdida de hojas en las plantas fue mínima, y no presentaron síntomas por toxicidad por iones o deficiencia de nutrientes. El VR fue más efectivo para aumentar el peso seco aéreo que el NEM (Tabla 1). Esto ocurrió porque las plantas regadas con un VR alto recibieron más agua y abono, y tuvieron menos sales a su disposición como indica la CE del sustrato (drenaron más). No obstante, bajo un VR alto, a mayor NEM mayor peso seco en la parte aérea, porque la humedad fue mejor mantenida (minimizando efectos salinos negativos) y se mantuvo un lavado de sales efectivo porque el drenaje apenas cayó. El crecimiento radicular fue menos afectado que el aéreo. El aumento tanto del VR como del NEM favoreció más el crecimiento de la parte aérea que el radicular, lo que aumentó la relación parte aérea/radicular. Valores altos de este ratio sugieren un menor potencial de la planta para evitar estrés hídrico (Miralles et al., 2009).

Distribución del crecimiento horizontal de las raíces en el sustrato

El riego con un EM y VR control condujo a que las raíces crecieran en el cuadrante sur, donde se colocó el emisor (Fig. 1E). Con dos EM, los dos cuadrantes con emisor (caras sur y norte) presentaron más raíces que el resto. El riego con cuatro EM produjo una distribución más homogénea de raíces en todo el cepellón, lo que parece estar relacionado con una distribución más uniforme de la humedad en el sustrato conforme aumenta el NEM. Un comportamiento similar se observó con el VR alto (Fig. 1F), pero en este caso la utilización de dos EM fue suficiente para reducir la variabilidad horizontal.

CONCLUSIONES

Hubo un efecto interactivo significativo entre el NEM y el VR, lo que indica que la elección del NEM dependerá del volumen de agua de riego aplicado. Usando cuatro emisores por maceta redujimos el agua aplicada cuando el VR es el control. El uso de dos o cuatro emisores por maceta promovió una mayor homogeneidad en la distribución horizontal de raíces y en la CE del sustrato. El uso de un VR alto y el aumento del NEM favorecieron más el crecimiento aéreo que el radicular.

Agradecimientos

Agradecemos la financiación recibida por el Ministerio de Economía y Competitividad-FEDER, a través de los proyectos (AGL2011-30022-C02-1 y AGL2011-30022-C02-2).

Referencias

- Cote, C., Bristow, K., Charlesworth, P., Cook, F., Thorburn, P. (2003). Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. *Irrigation Science* 22, 143-156.
- De Rijck, G., Schrevens, E. (1998). Distribution of nutrients and water in rockwool slabs. *Scientia Horticulturae*, 72, 277-285.
- Hoadley, B., Ingram, D.L. 1982. Drip irrigation for the woody ornamental nursery. *Southern Florist Nurseryman*, 95(14):20-23.

- Miralles, J., Nortes, P., Sánchez-Blanco, M.J., Martínez-Sánchez, J.J., Bañón S. (2009). Above Ground and Pot-In-Pot Production Systems in *Myrtus communis*. Transactions of the ASABE, 52(1), 93-101.
- Morvant, J. K., Dole, J.M., Allen, E. (1997). Irrigation systems alter distribution of roots, soluble salts, nitrogen, and pH in the root medium. HortTechnology 7, 156-160.
- Oron, G., DeMalach, Y., Gillerman, L., David I., Lurie, S. (2002). Effect of water salinity and irrigation technology on yield and quality of pears. Biosystems Engineering, 81, 237-247.
- Valdés, R., Miralles, J.R., Ochoa, J., Sánchez-Blanco, M.J., Bañón, S. 2013. Saline reclaimed wastewater can be used to produce potted weeping fig with minimal effects on plant quality. Spanish Journal of Agricultural Research, 10(4), 1167-1175.
- Valdés, R., Miralles, J., Ochoa, J., Sánchez-Blanco, M.J., Bañón, S., 2014. The number of emitters alters salt distribution and root growth in potted gerbera. HortScience, 49, 160-165.

Tabla 1 - Valores de los parámetros estudiados^z

Parámetros	Volumen de riego	Número de emisores por maceta		
		1	2	4
Agua aplicada (L/maceta)	Control	18,78	18,70	15,75
	Alto	25,44	25,68	25,31
Drenaje (%)	Control	21,57c	12,50b	1,75a
	Alto	*28,97c	*26,09b	*22,08a
CE del drenaje (dS/m)	Control	4,50a	4,88b	6,27c
	Alto	4,23a	*5,39b	*8,59c
Peso seco aéreo (g)	Control	43,24a	44,49a	42,34a
	Alto	*54,64a	*62,22b	*66,07b
Peso seco radicular (g)	Control	20,89b	16,98a	17,86a
	Alto	20,86a	*21,65a	*21,09a
Peso seco aéreo/radicular	Control	2,01a	2,42b	2,27b
	Alto	*2,42a	*2,71b	*3,01c
CE media del sustrato (dS/m)	Control	9,88a	11,03ab	10,18a
	Alto	*10,31b	*9,46a	*9,00a

^zLa presencia de un asterisco indica diferencias significativas entre VR según el test LSD ($P < 0.05$). Letras diferentes en las filas indican diferencias significativas entre el NEM según el test LSD ($P < 0.05$).

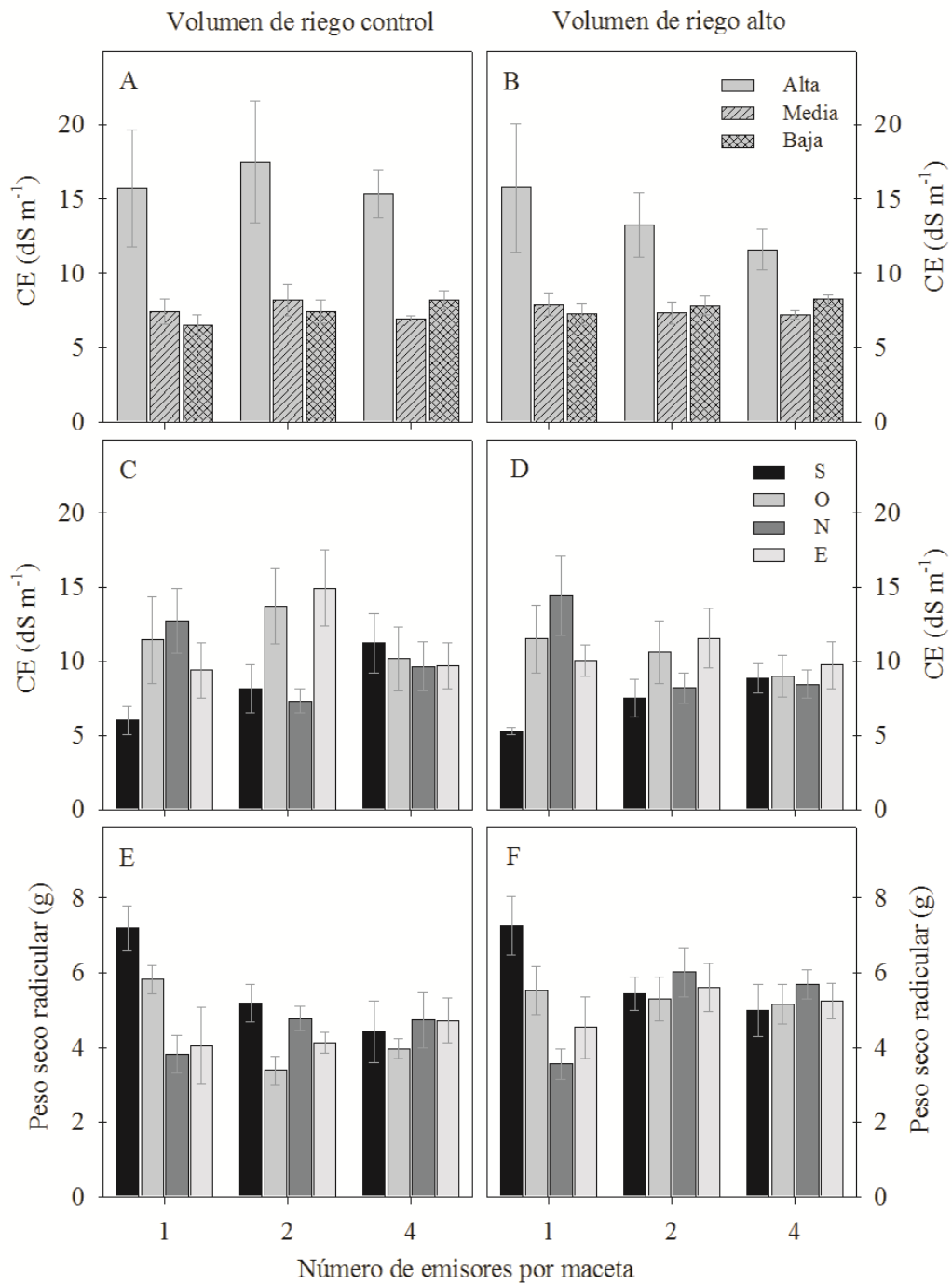


Figura 1 - Distribución vertical y horizontal de la CE en el sustrato, y distribución horizontal de las raíces en el sustrato.