

## El número de goteros por maceta afecta a la distribución de raíces y sales en el sustrato en gerbera

R. Valdés<sup>(1)</sup>, J. Ochoa<sup>(1)</sup>, J.A. Franco<sup>(1)</sup>, M. J. Sánchez-Blanco<sup>(2)</sup>, S. Bañón<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Producción Vegetal, Paseo Alfonso XIII 48, 30203 Cartagena. raquel.valdes@upct.es

<sup>(2)</sup> Departamento de Riego, CEBAS-CSIC. P.O. Box 164. 30100 Espinardo, Murcia.

### RESUMEN

Se realizó un experimento en un umbráculo-invernadero que consistió en regar macetas de gerbera con uno, dos o cuatro goteros ( $1,2 \text{ L h}^{-1}$ ) por maceta bajo dos niveles de salinidad en el agua de riego ( $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  y  $3 \text{ dS m}^{-1}$ ). Todas las macetas recibieron el mismo volumen de agua. El objetivo fue conocer cómo el número de goteros por maceta afectaba a la distribución de raíces y sales en el sustrato (100% fibra de coco), considerando cuatro porciones verticales orientadas cardinalmente. El uso de dos o cuatro goteros por maceta redujo el drenaje comparado con el uso de un gotero, lo que indica una mejora de la humedad del sustrato en cantidad y homogeneidad. La presencia de raíces sobre las caras del cepellón fue muy heterogénea, y la salinidad fomentó dicha heterogeneidad mientras que el aumento del número de goteros la redujo. El uso de dos o cuatro goteros por maceta mejoró también la distribución de sales en el sustrato frente a un gotero. En conclusión, recomendamos el uso de dos goteros por maceta porque los efectos de usar dos o cuatro goteros no fueron muy diferentes, mientras que el uso de uno produjo las peores condiciones de humedad y de distribución radicular en el cepellón.

**Palabras clave:** conductividad eléctrica, salinidad, riego, crecimiento radicular, maceta

### 1. Introducción

El riego con agua salina conduce a la acumulación de sales en el sustrato, reduciendo el crecimiento, alterando el desarrollo y produciendo daños foliares [1]. Esto es especialmente relevante en un cultivo en maceta, porque el medio de cultivo está más limitado que en el suelo, y la consecuencia es la pérdida de calidad ornamental y fisiológica de las plantas. La acumulación y distribución de sales en el cepellón dependen de las características físicas del sustrato, especialmente del tamaño de los poros y la densidad aparente. Igualmente, la forma de aplicar el agua de riego en la maceta influye decisivamente [2]. El riego por gotero es un método de riego eficiente porque aporta el agua de forma precisa y reduce la evaporación [3]. Sin embargo, la mejora de la eficiencia del riego por gotero en un cultivo en maceta requieren entender los patrones de distribución de agua y sales en el medio de cultivo, especialmente cuando el riego es salino. De Rijck y Schervens [4] comprobaron que cuando la lana de roca estaba saturada el agua de riego se distribuía horizontalmente, mientras que el flujo de agua y sales tendía hacia el fondo de la maceta

cuando no lo estaba. Entre otros aspectos, la colocación de los goteros en la maceta puede afectar fuertemente a la distribución de la humedad y de las sales en el sustrato [5].

El objetivo fue conocer cómo el uso de distintos números de goteros por maceta afectaba a la distribución de raíces y sales en el cepellón en un cultivo de gerbera, considerando cuatro porciones verticales del cepellón orientados cardinalmente. Eso se evaluó tanto en macetas regadas con agua salina como en macetas regadas con agua no salina.

### 2. Materiales y Métodos

Cultivamos plántulas de gerbera para maceta con flores rosas (Gerbera hybrida cv. Triana) que fueron suministradas por Barberet&Blanc S.A. en cepellones cilíndricos de 33 mm de diámetro. En la primera semana de marzo de 2012 las plántulas se trasplantaron a macetas de PVC de 3,75L (20 cm Ø) con doce orificios de drenaje, que contenían un sustrato 100% fibra de coco (Projar, S.A.). El ensayo se efectuó en un umbráculo-invernadero ubicado en la Estación Experimental Agroalimentaria de la Universidad Politécnica de Cartagena, estudiándose seis

tratamientos que consistían en regar con uno, dos o cuatro goteros bajo dos niveles de salinidad ( $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  y  $3 \text{ dS m}^{-1}$ ).

El riego fue controlado automáticamente según lo descrito por [6], usando la sonda EC5 (Decagon Devices, Ltd., Pullman, WA) para determinar el contenido volumétrico de agua ( $\theta$ ) del sustrato. Las sondas fueron conectadas a un CR1000 (Campbell Scientific, Ltd, Logan, UT) programado para la recolección de datos y su monitorización con el software Loggernet 3.4.1. El  $\theta$  del sustrato se obtuvo de las lecturas externas de las sondas (mV) usando nuestra propia calibración del sustrato ( $\theta = 3,664 \cdot \text{mV} - 0,355$ ;  $r^2 = 0,98$ ) calculada según Valdés [7]. El CR1000 decidía el riego cuando el  $\theta$  del sustrato bajaba de  $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  en el tratamiento control. El volumen aplicado de agua y la frecuencia de riego fueron iguales para los seis tratamientos. Los goteros utilizados fueron de 1,2 L h<sup>-1</sup> (Netafim Ltd. Corporate Headquarters, Tel Aviv, Israel).

En todos los tratamientos se añadieron nitrato amónico, nitrato potásico y fosfato monopotásico, incrementado la CE del agua de riego en  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  con un equilibrio de 80 N-40-80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> K<sub>2</sub>O (ppm). Para mantener el pH entre 5,5-6 se utilizó HNO<sub>3</sub> al 54%. Para alcanzar la CE de  $3 \text{ dS m}^{-1}$  se utilizó NaCl. Durante todo el experimento se midió el porcentaje de drenaje en cada riego y la CE eléctrica del drenaje (CE<sub>D</sub>). Con estos datos se estimó los gramos de sal en los drenajes, expresándose cómo la relación porcentual entre la sal lavada y la sal aplicada (S<sub>D</sub>). Al final del experimento (13 de septiembre de 2012) se calculó el consumo de agua (agua aplicada), el índice de crecimiento radicular (ICR) y la CE en el sustrato (CE<sub>S</sub>). Para el cálculo del ICR se fotografiaron cuatro caras cardinales del cepellón (sureste [SE], suroeste [SO], noreste [NE] y noroeste [NO]), y mediante un análisis de contraste realizado con el programa Assess 2.0 se determinó el porcentaje de raíces en cada una de las caras. Para la medición de la CE<sub>S</sub>, se congelaron los cepellones para facilitar el corte, y con una sierra se cortaron los cepellones para extraer las cuatro porciones cardinales estudiadas (en las que se ubicaron goteros). La determinación de la CE fue determinada en el extracto de saturación del sustrato [8]. Se utilizaron cuatro cepellones por tratamiento.

Se utilizaron 21 macetas por tratamiento en tres filas de 7 plantas, filas distribuidas al azar en el invernadero. El análisis estadístico fue con un ANOVA bifactorial (Statgraphics Plus 5.1), estudiándose la influencia del número de goteros por maceta y la salinidad del agua de

riego y su interacción. Las medias de los tratamientos fueron separadas con la Prueba de Rango Múltiple de LSD ( $P < 0,05$ ). Los ratios y porcentajes fueron transformados al arcoseno ( $x$ )<sup>1/2</sup> antes del análisis estadístico para asegurar la homogeneidad de la varianza.

### 3. Resultados y Discusión

#### 3.1 Porcentaje y CE del drenaje

Todos los tratamientos recibieron la misma cantidad de agua durante el periodo experimental (50 L/maceta), pero el porcentaje de drenaje fue claramente afectado tanto por la salinidad como por el número de goteros por maceta (NGM) (Tabla 1). Que la salinidad aumentara el drenaje era de esperar, porque la planta creció menos (menos consumo) y porque la salinidad dificultaba la extracción del agua (efecto osmótico). El uso de dos o cuatro goteros por maceta (2GM y 4GM, respectivamente) redujo a la mitad el porcentaje de drenaje comparado con el uso de un gotero por maceta (1GM), pero no hubo diferencias entre 2GM y 4GM. La ausencia de interacción indica que este efecto fue similar en las dos condiciones salinas estudiadas. La disminución del drenaje por 2GM y 4GM indica que ambos tratamientos retuvieron más agua, lo que sugiere una mejor humidificación del sustrato en cantidad y homogeneidad que en 1GM.

Igualmente, la CE<sub>D</sub> fue afectada por los dos factores (Tabla 1). El aumento del NGM produjo un incremento de la CE<sub>D</sub> bajo las dos condiciones salinas estudiadas (Tabla, 2), siendo proporcionalmente mayor bajo  $3 \text{ dS m}^{-1}$  (interacción positiva). Esto condujo a que la eficacia del lavado de sales (ver valores de S<sub>D</sub>) fuera mayor en 2GM y 4GM que en 1GM (Tabla 2), probablemente porque el agua aplicada exploró más volumen de sustrato arrastrando más sales con menos agua.

#### 3.2 CE del sustrato

El riego salino aumentó significativamente la CE<sub>S</sub>, mientras que el efecto del NGM fue en sentido contrario y sólo cuando se regó con  $3 \text{ dS m}^{-1}$  (efecto interactivo). Sin embargo, 2GM y 4GM condujeron a CE<sub>S</sub> similares (Tablas 1 y 2). Este resultado confirma de nuevo que 2GM y 4GM propiciaron un lavado de sales más eficaz que 1GM cuando se regó con cierto nivel de salinidad, probablemente porque la mayor humectación del sustrato favoreció el movimiento horizontal del agua y las sales [4].

### 3.3 Distribución de la CE en las porciones cardinales del sustrato

Cuando regamos con 1,5 dS m<sup>-1</sup> y 1GM, la CE<sub>s</sub> en la porción SE fue menor que en las otras orientaciones (Fig. 1A), porque la ubicación del emisor en dicha orientación formó un bulbo que desplazaba las sales [4,5]. Con 3 dS m<sup>-1</sup> en el agua de riego, este comportamiento se mantuvo (Fig. 1B). El uso de 2GM favoreció la homogenización del contenido de sal entre las cuatro porciones, independiente del nivel de sal; no obstante, se observó que las porciones donde se insertaron los dos emisores (SE y NO) tendieron a acumular menos sales que las otras dos. El riego con 4GM acentuó más el efecto producido por 2GM (Figs. 1A y B).

### 3.4 Presencia de raíces en la cara lateral del cepellón

Tanto la salinidad como el NGM produjeron efectos significativos sobre el ICR (Tabla 1). El primer factor lo redujo, mientras que el segundo lo aumentó (Tabla 2). Sin embargo, al estudiar la interacción vemos que la disminución del ICR por la salinidad no se produjo en 4GM (Tabla 2), indicando que esta disposición de goteros anuló el efecto negativo de la sal sobre el ICR. El aumento del ICR bajo 2GM y 4GM podría estar relacionado con la menor acumulación de sal en estos tratamientos, en geranio se encontró que el número de raíces aumentaba en las zonas del sustrato con menor CE [1]. Sin embargo, en este experimento esto sólo fue cierto con 3 dS m<sup>-1</sup>, porque bajo 1,5 dS m<sup>-1</sup> el uso de 1GM, 2GM y 4GM condujo a similares CE<sub>s</sub>.

### 3.5 Distribución lateral de raíces según orientación cardinal

Cuando se regó con 1GM, la porción SE (donde se insertó el gotero) presentó el mayor ICR de todas las orientaciones del cepellón, mientras que la NO (la más alejada del gotero) registró el ICR más bajo. Este resultado resalta la importancia de la humedad en el sustrato para favorecer el crecimiento radicular, que tiene una influencia directa pero también indirecta al afectar a la concentración de sales y a la temperatura. Esto ocurrió en las dos condiciones salinas estudiadas (Figs. 1C y D). Cuando se regó con 2GM, las porciones SE y NO (las más humedecidas) registraron ICR similares, pero superiores al de las porciones SO y NE (las menos humedecidas). Esto último fue cierto en los dos niveles de salinidad estudiados (Fig. 1C y D). Con 4GM (un gotero en cada orientación) y 1,5 dS m<sup>-1</sup>, el ICR fue mayor en las porciones

orientadas al sur que en las orientadas al norte, lo que podría asociarse con temperaturas más adecuadas en estas porciones (más calor). Cuando se regó con 3 dS m<sup>-1</sup> este comportamiento fue menos evidente, lo que evidencia la interferencia de las sales.

## **4. Conclusiones**

El riego con 2GM o 4GM redujo el drenaje frente a 1GM, mejorando la humectación del sustrato, lo que repercutió en una mejora de la eficacia del lavado de sales. Estos efectos se apreciaron mejor con 3 dS m<sup>-1</sup> que con 1,5 dS m<sup>-1</sup>, lo que indica que la importancia de aumentar el NGM es mayor cuando la salinidad es mayor. La distribución de las raíces entre porciones cardinales del cepellón fue muy heterogénea, mientras que la distribución de sales lo fue menos. El aumento del NGM fomentó una distribución más homogénea de las sales y raíces en el sustrato. Bajo las condiciones de este experimento sugerimos usar 2GM, especialmente bajo riego salino, porque las diferencias agronómicas entre regar con 2GM o 4GM fueron escasas, mientras que las económicas no.

## **5. Agradecimientos**

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

## **6. Referencias bibliográficas**

- [1] Morvant, J.K., J.M. Dole, and E. Allen. 1997. Irrigation systems alter distribution of roots, soluble salts, nitrogen, and pH in the root medium. *HortTechnology* 7:156-160.
- [2] Argo, W.R. and J.A. Biernbaum. 1994. Irrigation requirements, root-medium pH, and nutrient concentrations of easter lilies grown in five peat-based media with and without an evaporation barrier. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 119:1151-1156.
- [3] Wang, R., Y. Kang, S. Wan, W. Hu, S. Liu, and S. Liu. 2011. Salt distribution and the growth of cotton under different drip irrigation regimes in a saline area. *Agr. Water Manage.* 100:58-69.
- [4] De Rijck, G. and E. Schrevens. 1998. Distribution of nutrients and water in rockwool slabs. *Sci.Hort.* 72:277-285.
- [5] Ondrasek, G., D. Romic, M. Romic, F. Tomic, and I. Mustac. 2008. Salt distribution in peat substrate grown with melon (*Cucumis melo* L.). *Acta Hort.* 779: 307-312.

[6] Nemali, K.S. and M.W. van Iersel. 2006. An automated system for controlling drought stress and irrigation in potted plants. *Sci. Hort.* 110:292-297.

[7] Valdés, R., J. Miralles, J. Ochoa, J.A. Franco, M.J. Sánchez-Blanco, and S. Bañón. 2012. Prueba de sondas para medir conductividad y humedad del sustrato en maceta en condiciones salinas. XI Simposio Hispano-Portugués de Relaciones Hídricas en las Plantas. Libro de actas: 222-225.

[8] Camberato, D., R. Lopez, and M. Mickelbart. 2009. pH and electrical conductivity measurements in soilless substrates. *Purdue Univ. Ext. Serv. Bul. HO-237-W:1-6.*

**Tablas y Figuras**

**Tabla 1.** Nivel de significación del ANOVA bifactorial para determinar los efectos de la salinidad, nº de goteros por maceta y su interacción sobre el porcentaje de drenaje (D%), la CE del agua drenada (CE<sub>D</sub>), la sal recogida en el drenaje respecto a la aplicada por el agua de riego (S<sub>D</sub>) la distribución de sal en las secciones cardinales del cepellón (CE<sub>S</sub>) y la presencia de raíces en las caras cardinales del cepellón (ICR)

Factores	D%	CE <sub>D</sub>	S <sub>D</sub>	CE <sub>S</sub>	ICR
Salinidad	***	***	***	***	***
Nº de goteros por maceta	***	*	**	*	**
Salinidad x nº de goteros	ns	**	**	**	**

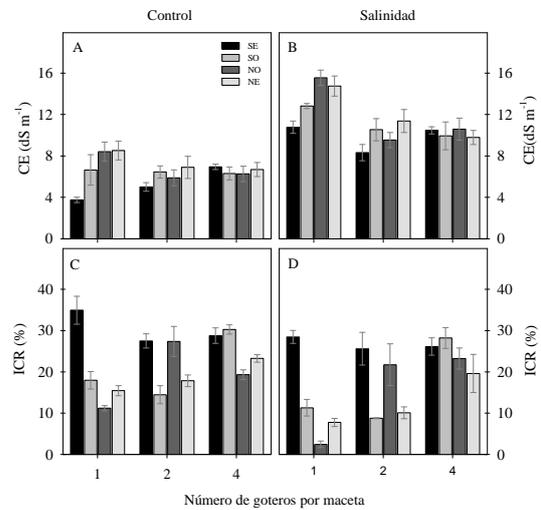
ns, no significativo, \* P <0,05, \*\* P <0,01, \*\*\* p <0,001.

**Tabla 2.** Efectos de la salinidad y el nº de goteros sobre los parámetros estudiados

Salinidad (dS m <sup>-1</sup> )	Nº de goteros por maceta			
	1	2	4	
D%	1,5	15,98b	7,33a	6,52a

	3,0	*26,40b	*13,55a	*12,68a
CE <sub>D</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	1,5	2,05a	4,02b	4,95b
	3,0	*5,48a	*12,63b	*13,86b
S <sub>D</sub> (%)	1,5	21,82a	19,64a	21,52a
	3,0	*48,23a	*57,05b	*58,58b
CE <sub>S</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	1,5	6,84a	6,06a	6,55a
	3,0	*13,48b	*9,94a	*10,19a
ICR (%)	1,5	19,89a	21,81b	25,42b
	3,0	*12,51a	*16,56b	24,31c

\*indica diferencias significativas entre los dos niveles de salinidad, y diferentes letras indican diferencias significativas entre el número de goteros, según LSD (P <0,05)



**Figura 1.** Distribución de la conductividad eléctrica (CE) y del índice de crecimiento radical (ICR) en el sustrato. CE en la porciones cardinales del sustrato bajo riego con 1,5 dS m<sup>-1</sup> (A); CE en las porciones cardinales del sustrato bajo riego con 3 dS m<sup>-1</sup> (B); ICR en las caras cardinales del cepellón bajo riego con 1,5 dS m<sup>-1</sup> (C); ICR en las caras cardinales del cepellón bajo riego con 3 dS m<sup>-1</sup> (D). Las barras sobre las columnas indican el error estándar (n = 4).