

Efecto de aguas salinas sobre el crecimiento, concentración y relaciones de iones en *Zinnia elegans* y *Tagetes erecta* para su uso en jardinería urbana

A. Escalona¹, M.C. Salas-Sanjuán^{2,*}, C. Dos Santos³ y M. Guzmán²

¹ Departamento de Fitotecnia, Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado", Venezuela, 3001

² Departamento de Agronomía, Universidad de Almería, Ctra. Sacramento s/n, La Cañada de San Urbano 04120 Almería España, 04120

³ Ministerio de Medio Ambiente, Agricultura, Desarrollo Rural y Pesca, Cabo Verde

Resumen

Zinnia y tagete presentan flores de colores vivos y uniformes, características ideales para su uso en paisajismo urbano, incluidas las aplicaciones de cobertura en jardines verticales y techos verdes. En estos sistemas, es necesario optimizar el uso de agua y la gestión del riego con el fin de asegurar la supervivencia de la cubierta vegetal. Con el objetivo de seleccionar plantas adecuadas para su uso en jardines verticales y cubierta ajardinadas, se evaluaron los efectos de la salinidad del agua de riego utilizando un sistema hidropónico con recirculación de la solución nutritiva. Para ello se caracterizó el contenido de iones en los tejidos de las plantas y su efecto en las características ornamentales. A las soluciones nutritivas empleadas le fueron agregadas 6, 30 y 50 mM de NaCl, para obtener conductividades eléctricas finales de 2,0, 4,5 y 6,5 dS m⁻¹, respectivamente. El aumento de la salinidad afectó el crecimiento de la planta, causando una reducción en la biomasa, altura y diámetros mayor y menor. Sin embargo, la salinidad no afectó la producción de flores en zinnia y no produjo síntomas de toxicidad en las hojas de tagete a pesar de la acumulación significativa de Na⁺ y Cl⁻ en estos tejidos. Estos resultados resaltan la tolerancia a la salinidad de tagete y zinnia, y su posible utilización en paisajes urbanos regados con aguas de mala calidad.

Palabras clave: Agua salina, paisaje, análisis de tejidos, características ornamentales, cultivo sin suelo.

Abstract

The effect of water salinity on growth and ionic concentration and relation in plant tissues in *Zinnia elegans* and *Tagetes erecta* for use in urban landscaping

Zinnia and tagete flowers present vivid and uniform colors, ideal characteristics for its use in urban landscapes, including applications in vertical gardens coverage and green roofs. In these systems, it is necessary to optimize the use of water and irrigation management in order to ensure the survival of vegetation cover. With the aim of selecting plants suitable for use in vertical gardens and green roofs, we evaluated the effects of irrigation water salinity using a recirculating hydroponic nutrient solution. The ion content in the tissues of plants and their effects on the ornamental characteristics were characterized. 6, 30 and 50 mM NaCl was added to nutrient solutions to obtain final electrical conductivities of 2.0, 4.5 and 6.5 dS m⁻¹, respectively. The increases in salinity affected plant growth, causing a decrease

* Autor para correspondencia: csalas@ual.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.020>

in biomass, height and major and minor diameters. However, salinity did not affect zinnia flower production and did not produce toxicity symptoms in tagete leaves despite the significant accumulation of Na^+ and Cl^- in these tissues. These results highlight the salinity tolerance of tagete and zinnia, and their possible use in urban landscape irrigated with poor quality water.

Key words: Salt water, landscape, tissue analysis, ornamental characteristics, soilless culture.

Introducción

Zinnia (*Zinnia elegans*) y tagete (*Tagetes erecta*) son plantas pertenecientes a la familia *Asteraceae*. Las flores de zinnia presentan colores vivos y uniformes, tallos robustos y larga vida (Dole y Wilkins, 1999), y al igual que las plantas de tagete se cultivan en todo el mundo con fines ornamentales (Barash, 1998), siendo ambas adecuadas para el uso en paisaje urbano que incluye la cobertura de la jardinería vertical y cubiertas ajardinadas.

Concretamente en los sistemas de jardinería vertical y cubiertas ajardinadas es fundamental la optimización del uso del agua y la gestión del riego para la instalación y poder garantizar la supervivencia de los mismos. La incorporación de mecanismos que permitan la recirculación de las aguas de drenaje y/o el uso de recursos hídricos alternativos para el riego favorecerían el uso eficiente del agua y la instalación de estos sistemas en las zonas áridas y semiáridas del Mediterráneo (Montero *et al.*, 2010; Salas *et al.*, 2010). Sin embargo, las aguas residuales (aguas grises, principalmente) y de recirculación contienen concentraciones apreciables de sales (Niu *et al.*, 2007). En este caso, la selección apropiada de plantas tolerantes a la salinidad es crucial. La tolerancia a la salinidad es la capacidad de una planta para adaptarse a concentraciones elevadas de sales disueltas en la zona de la raíces sin efectos adversos significativos. Esta tolerancia es diferente entre las especies, siendo las halófitas capaces de completar su ciclo de vida en concentraciones 200 mM NaCl o mayores (Flowers y Colmer,

2008), mientras que las glicófitas son sensibles a una décima parte de estas concentraciones salinas. La influencia del estrés salino sobre el crecimiento de las plantas no es suficiente en el caso de las plantas ornamentales donde también debe ser considerado el efecto en el aspecto externo debido a su influencia en el valor estético (Francois, 1982). Desde el punto de vista ornamental, las plantas en condiciones salinas suelen tener menos hojas y son más pequeñas, menos altura, y en general, experimentan una reducción de la longitud de la raíz (Shannon y Grieve, 1999). Dependiendo de la composición de la solución salina, la toxicidad de determinados iones o deficiencias nutricionales pueden surgir debido a la competencia entre los cationes o aniones (Shannon y Grieve, 1999; Hu y Schmidhalter, 2005). En muchas glicófitas la tolerancia está relacionada con la capacidad de limitar la absorción y/o el transporte de Na^+ y Cl^- a las partes aéreas, así como a la retención de estos iones en la raíz y tallo (Picchioni y Graham, 2001). Investigaciones recientes indican que muchas especies cultivadas para flor cortada entre las que destacan variedades de *Mathiola incana*, *Anthirrhinum majus*, *Celosia argentea*, *Limonium perreii* y *Limonium sinuatum* y dos cultivares de *Zinnia elegans* presentan niveles elevados de tolerancia a la salinidad (Carter *et al.*, 2005; Grieve *et al.*, 2005, 2006; Carter y Grieve, 2008; Carter y Grieve, 2010). Sin embargo, la influencia del estrés salino sobre el valor estético de las plantas y su apariencia general debe ser el criterio último para su selección.

Los objetivos de este trabajo son evaluar los efectos de la salinidad sobre el crecimiento,

la calidad ornamental y la acumulación de iones en plantas de zinnia y tagete, para determinar su posible uso en la jardinería urbana y sus aplicaciones en fachadas y cubiertas ajardinadas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el año 2010 en el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) en Almería (España). Zinnia y tagete fueron elegidas por su tolerancia a condiciones de estrés hídrico, su valor estético para el uso en paisajismo urbano y su pequeño porte que las hace idóneas para su uso en cubiertas vegetales en los edificios. Las plantas se transfirieron a un sistema hidropónico denominado NGS (NGS, 1991) que trabaja como NFT (Técnica de capa de nutrientes), donde se recircula una corriente muy superficial de la solución nutritiva en un canal estanco donde crecen las raíces de las plantas. Entre cuatro y cinco plantas se plantaron en cada canal con una densidad de 18,3 plantas m^{-2} . Los tratamientos salinos comenzaron dos semanas después de la siembra inicial. Las plantas se sometieron durante 60 días a una solución nutritiva (54, 165, 67, 476, 63 y 325 ppm de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- , PO_4^{3-} y SO_4^{2-} , respectivamente) complementada con tres niveles de NaCl: 6 mM (138 mg L^{-1}) (T1), 30 mM (690 mg L^{-1}) (T2) y 50 mM (1150 mg L^{-1}) (T3), con cuatro repeticiones y un diseño al azar. La conductividad eléctrica (CE) de estas soluciones nutritivas fue de 2,0, 4,5 y 6,5 $dS m^{-1}$ para las tres concentraciones de NaCl, respectivamente. El pH de la solución se comprobaba y ajustaba diariamente en un rango de 5,5- 6,5. La solución nutritiva se añadía en función del consumo hasta completar el volumen del depósito, cambiándose completamente cuando la CE aumentaba más de 1 $dS m^{-1}$ sobre el valor de partida. Con el fin de conocer el efecto sobre las caracte-

rísticas ornamentales, se midieron la altura y diámetro de las plantas, el número de flores y la materia seca (MS) de los diferentes órganos. Las plantas se dividieron en parte aérea (hojas+tallo), flor y raíces y se secaron en estufa a 70 °C hasta que alcanzaron un peso constante (Cassaniti, et al., 2009). Las muestras de raíz, flor y hoja se analizaron para medir la concentración (mmol Kg^{-1} MS) de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} y SO_4^{2-} . Las muestras de tejidos se trituraron en un molino, y tres sub-muestras de 15 mg se analizaron después de su extracción en 7,5 mL de agua destilada a 80 °C durante 2 h según lo propuesto por Cassaniti et al., (2009). Las concentraciones de los iones fueron determinadas por cromatografía iónica. Los datos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software Statgraphics Centurion (vXV), y las diferencias de medias de cada tratamiento se compararon por LSD (diferencia mínima significativa) a $P \leq 0,05$. Las pendientes de las regresiones lineales entre la concentración de Na^+ y Cl^- en el agua de riego y sus cantidades relativas en los tejidos de la planta se calcularon para verificar si las pendientes de las rectas de regresión eran estadísticamente diferentes a $P \leq 0,05$.

Resultados y discusión

Los niveles crecientes de NaCl tuvieron efectos significativos (LSD 95%) sobre algunos parámetros morfológicos en las plantas de zinnia y tagete. En estas plantas se midieron los diámetros mayor y menor ocupados para cuantificar el efecto de la salinidad sobre el tamaño de la planta, y de esta manera conocer el espacio potencial ocupado en la superficie ajardinada. Según los resultados, solo en tagete se observa una reducción significativa de los diámetros cuando la concentración de NaCl en la solución de riego es mayor (50 mM). Una reducción en el diámetro

indica que las plantas ocupan menos espacio, lo que significa que deben ser plantadas a mayores densidades. Las flores de ambas especies no mostraron ningún signo de toxicidad iónica específica (necrosis). El aumento de la salinidad de la solución nutritiva redujo el número de flores, pero no de forma significativa dentro del intervalo de salinidad evaluado en el caso de zinnia. Sin embargo, en tagete se presentaron diferencias significativas en el número de flores entre el tratamiento 6 mM y el resto de tratamientos (Tabla 1). En consecuencia, la concentración de NaCl de hasta 50 mM en la solución de nutrientes no tuvo efectos graves sobre la floración de zinnia, pero las puntas de las hojas a esta concentración presentaron indicio de toxicidad (necrosis). Como se mencionó anteriormente, no hay distorsiones en la punta o síntomas de quemaduras en el borde de las hojas en plantas de tagete en el tratamiento de mayor sa-

linidad. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que las soluciones salinas utilizadas en este estudio contenían concentraciones de calcio considerables, que según los resultados de Shillo *et al.* (2002) protege contra la toxicidad de sodio en la membranas de la planta.

La materia seca (MS) de hojas, flores y raíces se vio afectada por las concentraciones más elevadas de NaCl, excepto en flores y raíz de zinnia en la cual no se observaron diferencias significativas (Tabla 1). Resultados que coinciden con los de Rodríguez *et al.* (2005) en *Asteriscus maritimus* sujeto a 0, 70 y 140 mM NaCl, Casaniti *et al.* (2009) en arbustos ornamentales sujetos a 10, 40, y 70 mM NaCl, y Valdez-Aguilar *et al.* (2011) en especies leñosas crecidas en dos estaciones consecutivas primavera-verano y otoño-invierno. Esta reducción del crecimiento está descrita como el efecto principal de la salinidad sobre glicófitas (Munns y Tester, 2008), y coincide con los resultados de Valdez-

Tabla 1. Efecto de la concentración de NaCl (mM) de la solución nutritiva en la altura (cm), diámetro mayor y menor (cm), número de flores (pl.⁻¹), y materia seca (g pl.⁻¹) de hojas, flores y raíz de zinnia y tagete
 Table 1. Effect of NaCl concentration (mM) of the nutrient solution in height (cm), major and minor diameter (cm), number of flowers pl.⁻¹ dry matter (pl. g⁻¹) leaves, flowers and roots of zinnia and tagete

Especie	Altura (cm)	Diámetro (cm)		Nº de flores (pl. ⁻¹)	Materia seca (g pl. ⁻¹)				
		Mayor	Menor		Hojas	Flores	Raíz	Relación Raíz/PA *100	
Zinnia	T1	85,13a	37,25a	25,20a	10,87a	53,10a	13,52a	4,82a	9,02b
	T2	79,00ab	32,00a	21,75a	8,50a	40,37b	10,62a	4,64a	11,76b
	T3	76,75b	30,50a	21,37a	7,75a	28,50c	8,32a	4,69a	15,53a
Tagete	T1	16,37a	17,25a	14,43a	4,37a	5,76a	2,78a	1,64a	37,94b
	T2	13,15b	18,50a	12,21a	2,83b	3,91b	1,75b	1,30b	44,08a
	T3	10,65b	12,68b	9,44b	2,45b	2,41c	0,73c	0,99c	45,34a

T1 = 6 mM NaCl, T2 = 30 mM NaCl, T3 = 50 mM NaCl.

Para una especie, en de cada columna letras distintas indican diferencias significativas a $P \leq 0,05$.

Aguilar et al. (2009) en los que tagete mostró una disminución lineal en altura de la planta y materia seca de hoja y raíz cuando las plantas se regaron con aguas de salinidad creciente. En nuestro estudio el crecimiento se redujo con el incremento de CE, produciéndose en la parte aérea más que en las raíces (Tabla 1 R/PA) probablemente en respuesta a la expansión celular limitada resultante del stress osmótico (Munns y Tester, 2008).

El aumento del estrés salino causó en general aumentos significativos ($P \leq 0,05$) de las concentraciones de Na^+ y Cl^- en la parte aérea, flores y raíces de ambas especies (Figura 1), siendo máximas a 50 mM ($6,5 \text{ dS m}^{-1}$). Estos resultados coinciden con los de Carter y Grieve (2010) en dos cultivares de zinnia. En ambas especies las concentraciones de Cl^- fueron considerablemente mayores en las partes aéreas que en las flores y raíces, mientras que las concentraciones de Na^+ fueron mayores en la raíz que en la parte aérea y flor (Figura 1 y 2). Una respuesta similar se registró para Phlomis (Álvarez et al., 2012) y Bougainvillea (Cassaniti et al., 2009).

Según los resultados, en zinnia y tagete, el Cl^- se transloca al follaje, pero no produce necrosis de las hojas, lo que podría estar relacionado con una compartimentación eficiente de los mismos en estas especies (Sánchez-Blanco et al., 2004). El Na^+ se acumula principalmente en la parte radical aunque en tagete los valores son diez veces superiores que en zinnia. La tendencia de las plantas estudiadas fue acumular Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- y PO_4^{3-} en la parte aérea, mientras Na^+ y SO_4^{2-} se acumularon en las raíces (Figura 1 y 2).

La tendencia de zinnia y tagete a acumular algunos aniones y cationes preferentemente en las raíces u hojas se estudió mediante el cálculo de la pendiente de la regresión lineal entre el aumento de la concentración de Na^+ y Cl^- en el agua de riego y su concentración relativa en los tejidos de las plantas (Ta-

bla 2). En tagete, el incremento de la concentración de Na^+ en la solución nutritiva disminuyó significativamente la concentración de K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} en la raíz, y el incremento de Cl^- en la solución disminuyó significativamente la concentración de NO_3^- en la parte aérea. La acumulación de Na^+ en el sistema de raíces en tagete ($97,9 P \leq 0,05$) demostró ser casi dos veces mayor que el observado en *Escallonia rubra* (5,9) sometidas a estrés similar con NaCl (Cassaniti et al., 2009). Pendientes estadísticamente significativas para la acumulación de Cl^- y Na^+ se encontraron en la parte aérea y radical, con un aumento de NaCl en solución nutritiva. La acumulación de Cl^- y Na^+ en los tejidos de las plantas, sin que muestren síntomas visuales, las hace aptas para el riego con agua con alta concentración salina de hasta 50 mM NaCl, o/y su posible recirculación, permitiendo la eliminación de parte del Cl^- y Na^+ de la solución por absorción reduciendo la salinidad total.

El equilibrio entre la acumulación de aniones y cationes se expresa mediante las relaciones $\text{NO}_3^-:\text{Cl}^-$, $\text{K}^+:\text{Na}^+$ y $\text{Ca}^{2+}:\text{Na}^+$ en diferentes tejidos (Tablas 3 y 4). Las reducciones significativas de estas relaciones con los aumentos en la concentración de NaCl en la solución nutritiva se observaron en la parte aérea de las dos especies. Sodio y cloruro pueden interferir la absorción de otros nutrientes tales como K^+ y NO_3^- , respectivamente. Las plantas estudiadas tienen tendencia a acumular Cl^- en la parte aérea, lo que disminuye significativamente la relación de los contenidos $\text{NO}_3^-:\text{Cl}^-$ tanto en la parte aérea como radical (Tablas 3 y 4), que en tagete se suma a una disminución significativa de la concentración en la parte aérea de NO_3^- (Figura 2) porque afecta a su absorción.

El Na^+ en las plantas ensayadas tiende a acumularse principalmente en la raíz disminuyendo significativamente a la relación de los contenidos $\text{K}^+:\text{Na}^+$ y $\text{Ca}^{2+}:\text{Na}^+$ en los tejidos de la parte aérea en las dos especies, sin em-

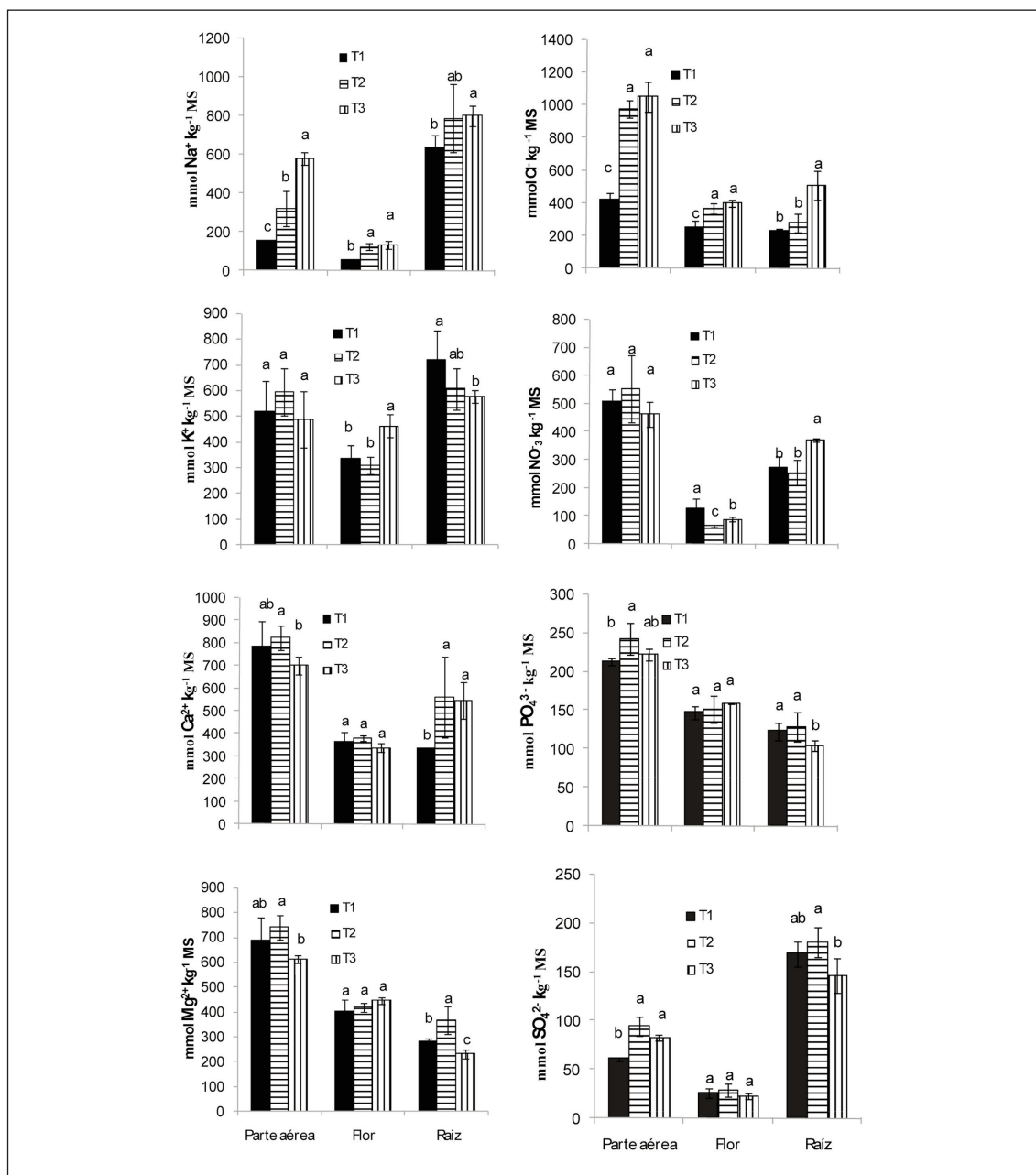


Figura 1. Concentración de iones ($\text{mmol kg}^{-1} \text{MS}$) en parte aérea, flores y raíces de zinnia en relación a la concentración de NaCl en la solución nutritiva. T1 = 6 mM NaCl, T2 = 30 mM NaCl, T3 = 50 mM NaCl. Dentro de cada parte de la planta e ión, letras diferentes indican diferencias a $P \leq 0,05$.

La barra vertical dentro de las columnas indica la desviación estándar.

Figure 1. Ion concentration ($\text{mmol kg}^{-1} \text{DM}$) in aerial parts, flowers and roots of zinnia in relation to the concentration of NaCl in the nutrient solution.

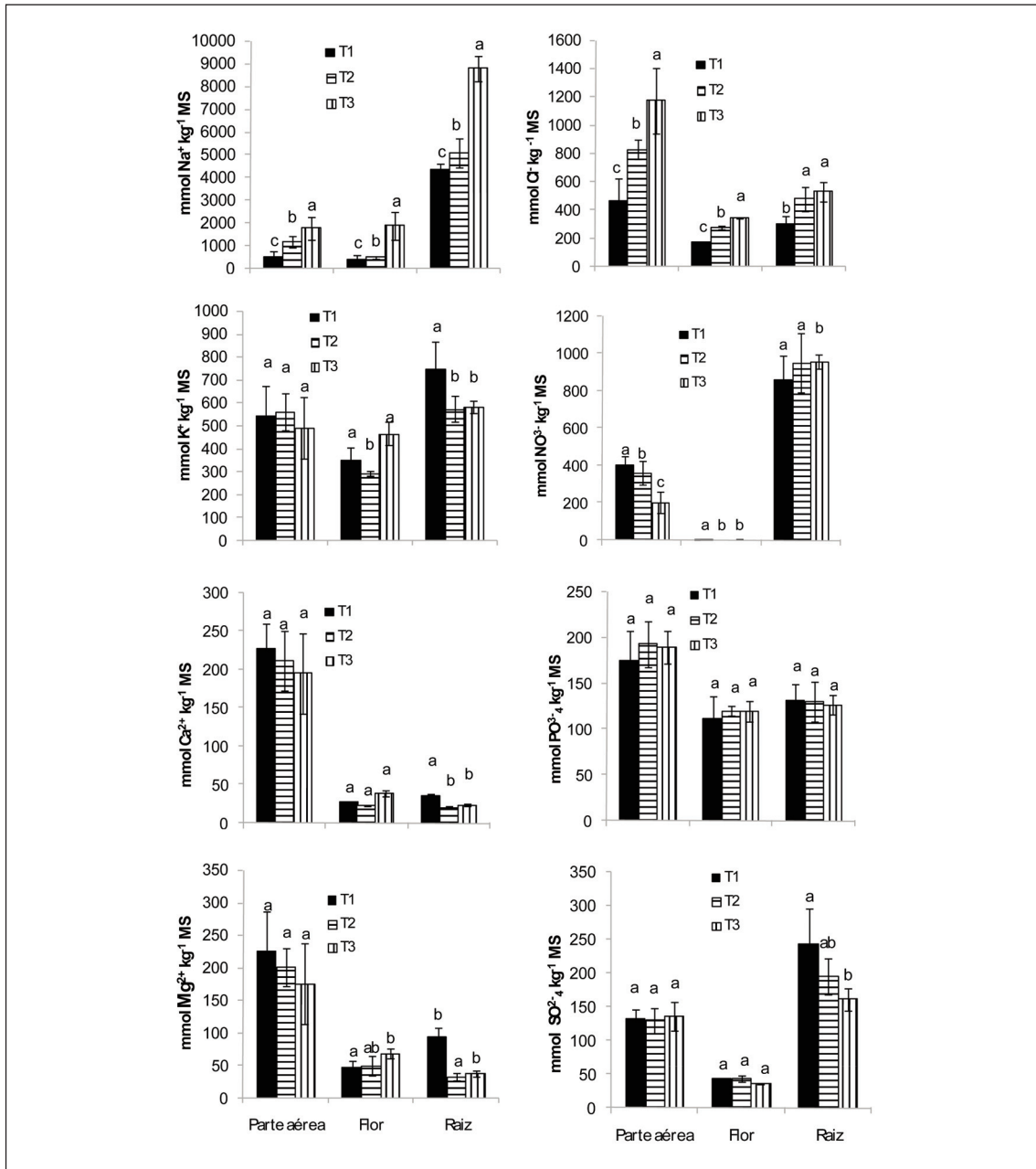


Figura 2. Concentración de iones ($\text{mmol kg}^{-1} \text{MS}$) en parte aérea, flores y raíces de tagete en relación a la concentración de NaCl en la solución nutritiva. T1 = 6 mM NaCl, T2 = 30 mM NaCl, T3 = 50 mM NaCl. Dentro de cada parte de la planta e ión, letras diferentes indican diferencias a $P \leq 0,05$.

La barra vertical dentro de las columnas indica la desviación estándar.

Figure 2. Ion concentration ($\text{mmol kg}^{-1} \text{DM}$) in aerial parts, flowers and roots of tagete in relation to the concentration of NaCl in the nutrient solution.

Tabla 2. Pendientes de la regresión lineal entre la concentración de NaCl en el agua de riego y la concentración de iones en los tejidos (mmol kg⁻¹MS) de zinnia y tagete
 Table 2. Slopes of the linear regression of the concentration of NaCl in the irrigation water and the ion concentration in tissues (mmol kg⁻¹MS) of tagete and zinnia

		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Zinnia	Parte aérea	14,6*	-0,9 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,5*	9,6*	7,2*	-1,7 ^{ns}	-1,6 ^{ns}
	Flores	3,5*	-0,8 ^{ns}	0,2 ^{ns}	-0,1 ^{ns}	1,8*	1,4 ^{ns}	-0,5 ^{ns}	0,9*
	Raíz	6,3*	0,2*	-0,4 ^{ns}	-0,4 ^{ns}	3,8*	5,1 ^{ns}	5,0*	-0,9 ^{ns}
Tagete	Parte aérea	16,0*	-4,4*	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	28,4*	-0,99 ^{ns}	-0,7 ^{ns}	-1,1 ^{ns}
	Flores	3,9*	-0,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	-0,1 ^{ns}	32,4*	2,46 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,4 ^{ns}
	Raíz	5,1*	2,2 ^{ns}	-0,1 ^{ns}	-1,8*	97,9*	-3,81*	-0,2*	-1,3*

T1 = 6 mM NaCl, T2 = 30 mM NaCl, T3 = 50 mM NaCl.

Dentro de cada especie y parte de la planta, el asterisco (*) indica diferencias significativas entre las pendientes para $P \leq 0,05$, ns indica que las pendientes no son estadísticamente diferentes.

Tabla 3. Relaciones de los contenidos de iones en brotes, flores y raíz de zinnia, dependiendo del incremento de la solución nutritiva por adición de NaCl
 Table 3. Relations ion content in buds, flowers and roots of zinnia, depending on the increase in the nutritive solution by adding NaCl

	Parte aérea			Flores			Raíz		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
NO ₃ ⁻ :Cl ⁻	2,11a	0,99b	0,76c	0,89a	0,31b	0,39b	2,10a	1,60b	1,27c
K ⁺ :Na ⁺	20,39a	10,41b	6,29c	26,96a	14,59b	11,51b	1,57a	2,07a	1,69a
Ca ²⁺ :Na ⁺	8,97a	4,45b	2,11c	11,84a	5,38b	4,42c	0,90b	1,24a	1,18a
Mg ²⁺ :Na ⁺	4,73a	2,39b	1,10c	7,86a	3,55b	3,49b	0,46a	0,48 ^{ab}	0,30b

T1 = 6 mM NaCl, T2 = 30 mM NaCl, T3 = 50 mM NaCl.

Para cada parámetro y parte de la planta estudiada, letras diferentes indican diferencias a $P \leq 0,05$.

bargo en la raíz disminuyen significativamente solo en tagete. La absorción de K⁺ se vio afectada para los niveles más altos de Na⁺ en la solución, afectando al contenido en la parte radical de ambas especies (Figura 1 y 2). Diferencias en las relaciones de iones en la parte aérea están relacionadas con la to-

lerancia a la salinidad, según Grieve et al., (2005) en dos especies de Limonium disminuyeron las relaciones Ca:Na y K:Na con la salinidad, sin embargo, *L. sinuatum* presentó una mejor selectividad K:Na la cual pudo estar relacionada con su mayor tolerancia. Además, la disminución de K⁺ y la baja rela-

Tabla 4. Relaciones de los contenidos de iones en la parte aérea, flores y raíz de tagete, dependiendo del incremento de la solución nutritiva por adición de NaCl
 Table 4. Relations between ion content in the aerial part and root tagete flowers depending on the increase in the nutritive solution by adding NaCl

	Parte aérea			Flores			Raíz		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
NO ₃ ⁻ :Cl ⁻	1,53a	0,77b	0,31b	0,01a	0,00a	0,00a	5,04a	3,54b	3,22b
K ⁺ :Na ⁺	1,87a	0,82b	0,48b	1,51a	1,03ab	0,42b	0,28a	0,19b	0,11c
Ca ²⁺ :Na ⁺	0,81a	0,31b	0,19b	0,12a	0,08ab	0,03b	0,01a	0,00b	0,00c
Mg ²⁺ :Na ⁺	0,50a	0,18b	0,10b	0,12a	0,10ab	0,03b	0,02a	0,00b	0,00b

T1 = 6 mM NaCl, T2 = 30 mM NaCl, T3 = 50 mM NaCl.

Para cada parámetro y parte de la planta estudiada, letras diferentes indican diferencias a $P \leq 0,05$.

ción K⁺:Na⁺ puede proporcionar un mecanismo por el que la planta logra el equilibrio iónico después de altas absorciones de Na⁺ (Chartzoulakis et al., 2002).

Conclusiones

En general, el aumento de concentraciones de NaCl en la solución nutritiva afectó al crecimiento de las plantas evaluadas, pero no a su valor estético y rasgos ornamentales en tagete hasta 50mM y en zinnia hasta 30 mM. Las plantas acumularon Cl⁻ y Na⁺ en sus tejidos, pero sin síntomas foliares de toxicidad en tagete ni reducciones significativas en la producción de flores en zinnia. La acumulación de Cl⁻ y Na⁺ en los tejidos de las plantas, sin que muestren síntomas visuales, las hace aptas para el riego con agua con alta concentración salina de hasta 50 mM NaCl, o/y su posible recirculación, permitiendo la eliminación de parte del Cl⁻ y Na⁺ de la solución por absorción en los tejidos reduciendo la salinidad total en la solución de riego.

Agradecimientos

A la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA)-Venezuela y a la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía en la convocatoria 2010 mediante el Proyecto de Excelencia denominado "Monitorización y evaluación de sistemas hídricamente sostenibles en instalaciones de cubiertas ecológicas en arquitectura bioclimática en zonas áridas". Referencia RNM-6536. 2011-2014.

Bibliografía

- Álvarez S, Gomez-Bellot J, Castillo M, Bañon S, Sanchez-Blanco M (2012). Osmotic and saline effects on growth, water relations and ion uptake and translocation in *Phlomis purpurea* plants. *Environmental and Experimental Botany* 78: 138-145.
- Barash CW (1998). The flavors of flowers. *Herb Companion* 10: 32-37.

- Carter C, Grieve CM (2008). Mineral nutrition, growth, and germination of *Antirrhinum majus* (Snapdragon) when produced under increasingly saline conditions. *HortScience* 43: 710-718.
- Carter C, Grieve CM (2010). Growth *Zinnia elegans* under saline conditions. *HortScience* 45 (7): 1058-1063.
- Carter C, Grieve CM, Poss J, Suarez D (2005). Production and ion uptake of *Celosia argentea* irrigated with saline wastewaters. *Scientia Horticulturae* 106: 381-394.
- Cassaniti C, Leonardi C, Flowers T (2009). The effects of sodium chloride on ornamental shrubs. *Scientia Horticulturae* 122: 586- 593.
- Chartzoulakis K, Loupassaki M, Bertaki M, Androulakis I (2002). Effects of NaCl salinity on growth, ion content and CO₂ assimilation rate of six olive cultivars. *Scientia Horticulturae* 96: 235-247.
- Dole J, Wilkins, H (1999). Floriculture. Principles and species. 2nd Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J. 1040 pp.
- Flowers T, Colmer T (2008). Salinity tolerance in halophytes. *New Phytology* 179: 945-963.
- Francois L (1982). Salt tolerance of eight ornamental tree species. *Journal of the American Society for Horticulture Science* 107: 66-68.
- Grieve C, Poss J, Armrhein C (2006). Response of *Matthiola incana* to irrigation with saline wastewaters. *HortScience* 41: 119-123.
- Grieve C, Poss J, Draper J, Grattan S, Shouse P, Lieth J, Zeng L (2005). Productivity and mineral nutrition of *Limonium* species irrigated with saline wastewaters. *HortScience* 40: 654-658.
- Hu Y, Schmidhalter U (2005). Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 541-549.
- Montero JL, Salas MC, Mellado P (2010). Hydroponic pergola as an example of living furniture in urban landscape. *Acta Horticulturae* 881(1): 355-358.
- Munns R, Tester M (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Physiology* 59: 651-681.
- NGS. 1991. New growing system S.L. España. Patente 2221636/7.
- Niu G, Rodríguez D, Aguiniga L, Mackay W (2007). Salinity tolerance of *Lupinus havardii* and *Lupinus texensis*. *HortScience* 42: 526-528.
- Picchioni G, Graham C (2001). Salinity, growth, and ion uptake selectivity of container-grown *Craetagus opaca*. *Scientia Horticulturae* 90: 151-166.
- Rodríguez P, Torrecillas A, Morales M, Ortuño M, Sánchez-Blanco M (2005). Effects of NaCl salinity and water stress on growth and leaf water relations of *Asteriscus maritimus* plants. *Environmental and Experimental Botany* 53: 113-123.
- Salas MC, Montero JL, Moral JA (2010). Hydroponic system for growing ground cover plants on vertical surface. *Acta Horticulturae* 881 (1): 421-424.
- Sánchez-Blanco M, Fernández T, Navarro A, Bañón S, Alarcón J (2004). Effects of irrigation and air humidity preconditioning on water relations, growth and survival of *Rosmarinus officinalis* plants during and after transplanting. *Journal of Plant Physiology* 161: 1133-1142.
- Shannon M, Grieve C (1999). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 5-38.
- Shillo R, Ding M, Pasternak D, Zaccai M (2002). Cultivation of cut flowers bulb species with saline water. *Scientia Horticulturae* 92: 41-54.
- Valdez-Aguilar L, Grieve C, Poss J (2009). Salinity and alkaline pH in irrigation water affect marigold plants: I. Growth and shoot dry weight partitioning. *HortScience* 44 (6): 1719-1725.
- Valdez-Aguilar L, Grieve C, Razak-Mahar A, McGiffen M, Merhaut J (2011). Growth and ion distribution is affected by irrigation with saline water in selected landscape species grown in two consecutive growing seasons: spring-summer and fall-winter. *HortScience* 46 (4): 632-642.

(Aceptado para publicación el 21 de mayo de 2014)