

Efecto combinado del riego deficitario y salino en plantas de *Callistemon laevis*. Modificaciones en la calidad, relaciones hídricas y acumulación de iones

S.Álvarez¹, S. Bañón² y MJ. Sánchez-Blanco¹

¹ Departamento de Riego. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CSIC). P.O. Box 164, E-30100 Murcia y e-mail: salvarez@cebas.csic.es

² Departamento de Producción Agraria. Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT). 30203 Cartagena

Resumen

La mayoría de las especies de *Callistemon* presentan cierto grado de tolerancia a los estreses ambientales. Por ello, *Callistemon* ha tenido un éxito considerable como un arbusto de flor para su uso en jardines y paisajismo en el área mediterránea. Sin embargo, a pesar de su adaptabilidad a determinadas condiciones adversas, puede sufrir estrés por falta de agua y/o por el uso de agua de baja calidad. Conocer la respuesta de esta especie tanto al estrés hídrico y salino, como a la combinación de ambos factores es interesante para su utilidad como planta ornamental. Plantas de *Callistemon laevis* creciendo en condiciones de vivero fueron sometidas durante 9 meses a cuatro tratamientos de riego: un control regado a capacidad de campo (1 dS m^{-1}), un tratamiento deficitario, que corresponde al 50% de la cantidad aportada al control, un tratamiento salino regado como el control pero con agua salina (4 dS m^{-1}) y un tratamiento combinado de sal y riego deficitario, regado al 50% de la cantidad aportada al control con agua salina (4 dSm^{-1}). Al finalizar el ensayo, el peso seco foliar se redujo con el riego deficitario y la salinidad, especialmente en las plantas del tratamiento de riego deficitario salino, mientras que el peso seco radical solo se redujo en las plantas regadas con sal. Reducir la cantidad de agua aplicada respecto al control no modificó el número de inflorescencias, pero el riego con agua salina retrasó la floración. Las plantas sometidas a la combinación de estrés hídrico y salino fueron las que tuvieron menor número de flores durante todo el ensayo. La salinidad aumentó la concentración de Na y Cl en la planta, aunque la entrada de cloro en la planta fue más limitada que la de sodio. Las plantas del riego deficitario salino no fueron capaces de retener el sodio en el sistema radical y su concentración fue similar en todas las partes de la planta. Las plantas sometidas a déficit hídrico realizaron ajuste osmótico y tuvieron una pared celular más rígida. Los dos estreses redujeron la conductancia estomática, lo que sugiere un eficiente control estomático. Esta reducción resultó más acusada en las plantas sometidas a estrés hídrico y salino simultáneamente, lo cual disminuyó la tasa de fotosíntesis y podría retrasar la recuperación de la planta y causar daños permanentes. El color de las hojas no se vio afectado cuando se aplicó déficit hídrico o salinidad individualmente, sin embargo las plantas sometidas a ambos estreses simultáneamente si presentaron diferencias con las bien regadas con agua de buena calidad.

Palabras clave: Ornamentales, efecto osmótico, efecto iónico, curvas presión volumen, intercambio gaseoso.

INTRODUCCIÓN

El género *Callistemon* ha tenido un éxito considerable como un arbusto de flor para su uso en jardines y paisajismo urbano en el área mediterránea debido por un lado a sus características ornamentales (rápido crecimiento, floración abundante con formas inusuales y colores brillantes y gran variedad de formas y volúmenes) (Mitchem, 1993). Por otro, a que presenta cierto grado de tolerancia a los estreses ambientales, como la sequía y la salinidad (Álvarez y Sánchez-Blanco, 2013; 2014). Sin embargo, la respuesta fisiológica del *Callistemon* a la sequía y a la salinidad al mismo tiempo no ha sido estudiada. Además existen muy pocos trabajos que hayan evaluado los efectos y los mecanismos implicados durante la combinación de ambos estreses y su posible interacción. En el área mediterránea, la escasa precipitación y las altas temperaturas del verano junto con la elevada salinidad del agua de riego, hacen que las plantas tengan que soportar con frecuencia ambos estreses simultáneamente (Paranychianakis and Chartzoulakis, 2005). Aunque las primeras respuestas y los mecanismos de tolerancia al estrés hídrico y al salino son similares, algunos aspectos fisiológicos y metabólicos pueden ser diferentes cuando ambos estreses son aplicados de forma individual o simultánea (Munns, 2002).

Atendiendo a todo lo expuesto, se desarrolló el presente ensayo, profundizando en el conocimiento de aspectos fisiológicos y morfológicos relacionados con el estado hídrico, intercambio gaseoso, acumulación de iones, crecimiento, y procesos de floración de plantas de *Callistemon laevis* bajo condiciones de salinidad, riego deficitario y combinación de ambos estreses.

MATERIAL Y MÉTODOS

En esta experiencia se emplearon 120 plantas de *Callistemon laevis* de 1-2 años de edad, que fueron transplantados a macetas negras redondas de 5 l de volumen. El sustrato fue una mezcla de fibra de coco, turba negra + turba rubia y perlita (8:7:1 en volumen) y enriquecida con 2 g l⁻¹ de un fertilizante de liberación lenta (Osmocote Plus: 14:13:13 N,P,K más microelementos). Estas macetas fueron trasladadas a una parcela al aire libre en la finca experimental del CEBAS, ubicada en Santomera (Murcia), y a partir de ahí sometidas durante nueve meses a cuatro tratamientos de riego: un control (C), regado hasta cubrir sus necesidades hídricas (100%, CE; 1 dS m⁻¹), un tratamiento de riego deficitario, (D), que corresponde al 50% de la cantidad de agua aplicada a las plantas control (50%, CE; 1 dS m⁻¹), un tratamiento salino (S) regado hasta cubrir sus necesidades hídricas con agua salina (100%, CE; 4 dS m⁻¹) y un tratamiento de riego deficitario salino (D+S), regado al 50 % de las plantas control con agua salina (50%, CE; 4 dS m⁻¹).

Para la evaluación de la acumulación de biomasa se realizó un muestreo destructivo en el que se determinó el peso seco (PS) en 10 plantas por tratamiento al término del ensayo, distinguiéndose la parte aérea de la raíz. Periódicamente, se midió el número de inflorescencias en 30 plantas por tratamiento. Al final del ensayo se determinaron los parámetros relacionados con el color usando un colorímetro Minolta CR-10, en 10 plantas por tratamiento. Durante el experimento, se midió periódicamente la conductancia estomática (g_s) y la tasa de fotosíntesis neta (P_n) usando un aparato portátil LI-COR 6400 (LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA). Estas medidas se realizaron al mediodía solar en 8 plantas por tratamiento. Las estimaciones del módulo de elasticidad (ε), el potencial hídrico en el punto de pérdida de turgencia (Ψ_{ppt}) y el potencial osmótico a plena saturación (Ψ_{os}) se obtuvieron en el final de los tratamientos de riego en tres hojas por planta y cinco plantas por tratamiento, a través del análisis de

las curvas presión-volumen, según lo expuesto por Wilson et al., (1979). El contenido de solutos inorgánicos se determinó, sobre material seco, en 10 plantas por tratamiento. El ión Cl⁻ se determinó sobre un extracto acuoso mediante un analizador automático (Model 926 Chloride Analyser, Sherwood Scientific Ltd.) y el contenido de Na⁺ mediante el analizador ICP-OES IRIS INTREPID II XDL. La significación de los efectos de los tratamientos de riego fue analizada mediante un análisis de varianza simple, usando Statgraphics Plus y las medias de los tratamientos fueron separadas con la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (P≤0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al finalizar el ensayo, el peso seco foliar se redujo con el riego deficitario (D) y la salinidad (S), especialmente en las plantas del tratamiento de riego deficitario salino (D+S), mientras que el peso seco radical solo se redujo en las plantas regadas con sal (Tabla 1). Como ha sido aportado por otros autores, el riego deficitario y la salinidad pueden reducir el crecimiento en plantas de *Callistemon* (Mugnai et al., 2009; Álvarez et al., 2011) aunque el efecto producido es variable y depende de la naturaleza y de la intensidad del estrés. Las plantas de *C. laevis* fueron más afectadas por la salinidad que por el riego deficitario. Además, el efecto de los dos factores fue aditivo, ya que las plantas sometidas a riego deficitario y salinidad simultáneamente mostraron los valores de peso seco más bajos. Los diferentes estreses aplicados de forma separada o combinada, indujeron diferentes respuestas en el crecimiento de *C. laevis*, lo que indica que el tipo de estrés y su combinación debe ser considerado un aspecto importante cuando se use agua salina y/o déficit hídrico como estrategia de riego (Sucre y Suárez, 2011).

Tabla 1. Biomasa y color en hojas de *C. laevis* sometidas a distintos tratamientos de riego.

Parámetros	C	D	S	D+S
PS hojas (g pl ⁻¹)	44.04 ± 2.82 d	35.66 ± 1.41 c	25.66 ± 1.37 b	12.60 ± 0.63 a
PS raíz (g pl ⁻¹)	24.06 ± 1.04 c	24.15 ± 0.62 c	13.52 ± 1.19 b	8.74 ± 0.54 a
Luminosidad	45.4 ± 0.4 a	45.1 ± 0.3 a	43.9 ± 0.2 a	48.2 ± 0.5 b
Croma	21.9 ± 0.6 a	22.4 ± 0.6 a	20.5 ± 0.7 a	19.8 ± 0.7 a
Ángulo hue	116.6 ± 1.1 b	116.3 ± 1.4 b	115.4 ± 1.2 b	110.8 ± 1.8 a

Las plantas sometidas a la combinación de estrés hídrico y salino fueron las que tuvieron menor número de flores durante todo el ensayo (Figura 1). El riego deficitario no redujo la intensidad de la floración, a pesar de la drástica reducción del aporte hídrico con respecto al control y además, las plantas de ambos tratamientos de riego salino mostraron un cierto retraso en alcanzar el máximo respecto al control. No se observaron cambios en el color de las hojas cuando se aplicó déficit hídrico o salinidad individualmente, sin embargo las hojas de las plantas sometidas a ambos estreses simultáneamente presentaron un menor valor de hue y mayor valor de croma, es decir hojas menos verdes, más amarillas que las plantas bien regadas con agua de buena calidad (Tabla 1). El riego deficitario o el uso de aguas salinas puede afectar al proceso de floración, por eso es necesario optimizar en cada especie la intensidad de cada tipo de estrés y su combinación para evitar efectos negativos sobre la calidad ornamental (Fornes et al., 2007). En nuestras condiciones las plantas de *Callistemon* pueden enfrentarse a situaciones moderadamente limitantes de agua, sin perder su valor ornamental (Henson et al., 2006).

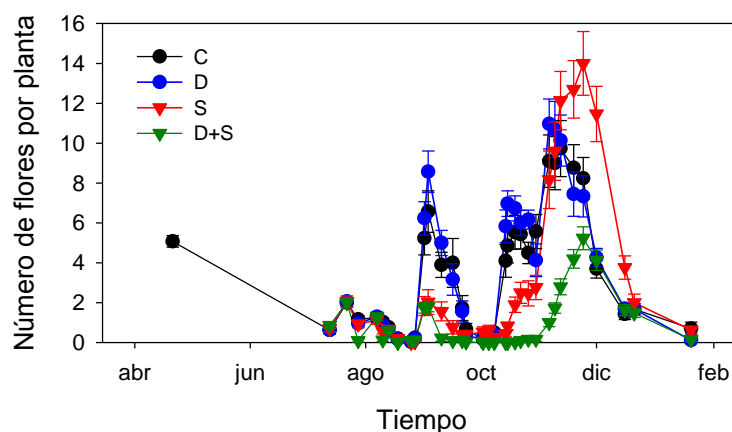


Figura 1. Número de inflorescencias por planta en plantas de *C. laevis* sometidas a distintos tratamientos de riego.

Los parámetros derivados de las curvas presión volumen se presentan en la tabla 2. Tanto el potencial osmótico a saturación (Ψ_{os}), como el potencial en el punto de pérdida de turgencia (Ψ_{ppt}) descendieron considerablemente en las plantas sometidas a riego deficitario (D y D+S), especialmente en D, las plantas regadas sin sal. La diferencia entre los valores de Ψ_{os} obtenidos para las plantas control y regadas deficitariamente fueron tomados como una estimación del ajuste osmótico (1.6 MPa y 0.5 MPa para D y D+S, respectivamente). El módulo de elasticidad (ϵ) aumentó cuando el riego deficitario se aplicó individualmente, pero no se vio modificado por el riego salino. Algunas especies muestran descensos significativos en la elasticidad de las paredes celulares y ajuste osmótico como respuesta al déficit hídrico (Álvarez et al., 2009; Sánchez-Blanco et al., 2009).

Tabla 2. Parámetros de relaciones hídricas derivados de las curvas presión volumen en plantas de *C. laevis* sometidas a distintos tratamientos de riego.

Parámetros	C	D	S	D+S
Ψ_{os} (MPa)	-2.60 ± 0.08 c	-4.25 ± 0.11 a	-2.56 ± 0.02 c	-3.13 ± 0.05 b
Ψ_{ppt} (MPa)	-3.02 ± 0.07 c	-4.98 ± 0.12 a	-3.18 ± 0.10 bc	-3.46 ± 0.08 b
ϵ (MPa)	26.18 ± 1.27 a	31.73 ± 1.43 b	23.37 ± 1.16 a	27.12 ± 0.96 a

La salinidad aumentó la tasa de absorción radical (J) de Na^+ y Cl^- en la planta. En las plantas regadas con agua de buena calidad, la tasa de absorción de Cl^- fue prácticamente el triple que la de Na^+ . Mientras que en las plantas regadas con agua salina, la tasa de absorción de ambos iones fue similar, lo que indica que en las plantas de *C. laevis* la entrada de cloro fue más limitada que la de sodio.

Tabla 3. Tasa de absorción radical volumen en plantas de *C. laevis* sometidas a distintos tratamientos de riego.

J (mmol mg^{-1} P S raíz ⁻¹ d ⁻¹)	C	D	S	D+S
Na	4.69 ± 0.24 a	3.27 ± 0.25 a	13.29 ± 0.49 c	11.05 ± 1.05 b
Cl	11.29 ± 0.77 a	9.50 ± 0.89 a	15.53 ± 0.84 b	14.67 ± 1.16 b

En cuanto a la distribución de los iones en los disitinos tejidos, las plantas del tratamiento S acumularon el Na^+ principalmente en la raíz y en el tallo, limitando su paso a las hojas, mientras que las plantas del riego deficitario salino no fueron capaces de retenerlo en el sistema radical y su concentración fue similar en todas las partes de la planta, alcanzando un valor de concentración de Na^+ en hoja seis veces mayor que en las plantas control (Tabla 4). Cl^- no se acumuló en la parte leñosa de la planta en ninguno de los dos tratamientos regados con sal, con lo que no se limitó su paso a las hojas (Tabla 4). En condiciones salinas controlar la concentración de iones en las hojas, restringiendo su entrada por las raíces o acumulándolo en las parte leñosas, es un mecanismo importante que permite a las plantas crecer en ambientes salinos (Munns, 2002). Las plantas de *C. laevis* del tratamiento S fueron capaces de limitar el paso de Na^+ a las hojas, sin embargo en las plantas sometidas a ambos estreses a la vez, Na^+ se acumuló en exceso en las hojas, lo que posiblemente contribuyó al descenso del crecimiento observado en estas plantas.

Tabla 4. Concentración de Na^+ y Cl^- en plantas de *C. laevis* sometidas a distintos tratamientos de riego.

(mmol kg^{-1})		C	D	S	D+S
Na	Hojas	51.5 ± 1.9 aA	33.9 ± 1.1 aA	162.5 ± 9.2 bA	296.7 ± 67.8 cA
	Tallo	86.6 ± 2.8 aB	72.9 ± 3.8 aB	307.7 ± 22.5 bB	328.4 ± 25.2 bA
	Raíz	193.2 ± 6.8 bC	131.4 ± 14.0 aC	352.6 ± 11.0 cB	362.6 ± 16.9 cA
Cl	Hojas	200.0 ± 16.7 a	173.5 ± 12.8 aA	294.9 ± 38.1 bAB	465.1 ± 62.6 cA
	Tallo	243.4 ± 30.5 a	242.9 ± 28.4 aA	365.7 ± 33.8 bB	467.4 ± 31.4 cA
	Raíz	218.8 ± 29.0 a	213.4 ± 21.8 aA	231.8 ± 32.7 aA	377.1 ± 33.1 bA

Las medias dentro de cada fila que no tienen ninguna letra minúscula en común y las de cada columna que no tienen ninguna letra mayúscula en común son significativamente diferentes según el test de Duncan_{0,05}.

El efecto del riego se refleja en los valores de conductancia estomática (g_s) y fotosíntesis (P_n) (Figura 2). Tanto el riego deficitario como el riego salino produjeron una reducción de g_s , lo que sugiere un eficiente control estomático en esta especie (Mugnai et al., 2009). Esta reducción se produjo antes en las plantas de ambos tratamientos de riego deficitario que en las plantas del tratamiento S. El descenso de g_s respecto al control resultó más acusado en las plantas sometidas a estrés hídrico y salino simultáneamente, lo cual disminuyó la tasa de fotosíntesis y podría retrasar la recuperación de la planta y causar daños permanentes.

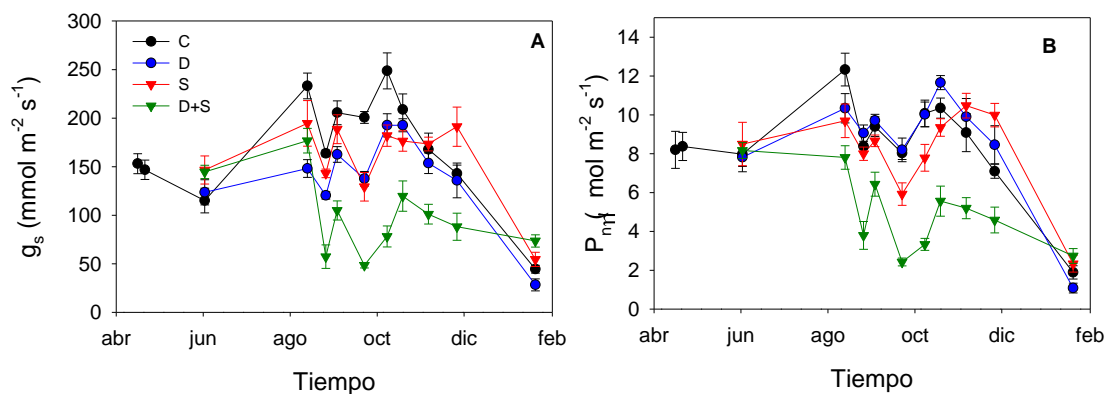


Figura 2. Conductancia estomática (g_s ; A) y tasa de fotosíntesis neta (P_n ; B) en plantas de *C. laevis* sometidas a distintos tratamientos de riego.

CONCLUSIONES

La aplicación de riego deficitario (reducciones del 50%) y el uso de agua con un nivel determinado de salinidad (4 dS m^{-1}) podrían usarse de forma satisfactoria en la producción de plantas de *C. laevis*, ya que estas mantienen una buena calidad. Sin embargo el riego con agua salina combinado con riego deficitario no es recomendado, ya que reduce considerable la fotosíntesis y el crecimiento y disminuye el valor ornamental del callistemon debido principalmente a la reducción del número de flores.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos: CICYT (AGL 2008-05258-C02-1-2; AGL 2011-30022-C02-01,-02) y Fundación Séneca (15356/PI/10).

Referencias

- Álvarez, S., Navarro, A., Nicolás, E., Sánchez-Blanco, M.J. (2011). Transpiration, photosynthetic responses, tissue water relations and dry mass partitioning in *Callistemon* plants during drought conditions. *Scientia Horticulturae*, 129, 306-312.
- Álvarez, S., Sánchez-Blanco, M.J. (2013). Changes in growth, root morphology and water use efficiency of potted *Callistemon citrinus* plants in response to different levels of water deficit. *Scientia Horticulturae*, 156, 54-62.
- Álvarez, S., Sánchez-Blanco, M.J. (2014). Long-term of salinity on plant quality, water relations, photosynthetic parameters and ion distribution in *Callistemon citrinus*. *Plant Biology*, 16, 757-764.
- Fornes, F., Belda, R.M., Carrión, C., Noguera, V., García-Agustín, P., Abad, M. (2007). Pre-conditioning ornamental plants to drought by means of saline water irrigation as related to salinity tolerance. *Scientia Horticulturae*, 113, 52-59
- Henson, D.Y., Newman, S.E., Hartley, D.E. (2006). Performance of selected herbaceous annual ornamentals grown at decreasing levels of irrigation. *HortScience*, 41, 1481-1486.
- Mitchem, C.M. (1993). *Callistemon* the beautiful bottlebrushes. *Plantsman*, 15, 29-41.
- Mugnai, S., Ferrante, A., Petrognani, L., Serra, G., Vernieri, P. (2009). Stres-Induced Variation in Leaf Gas Exchange and Chlorophyll a Fluorescence in *Callistemon* Plants. *Research Journal of Biological Sciences*, 4, 913-921.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25, 239-250.
- Paranychianakis, N.V., Chartzoulakis, K.S. (2005). Irrigation of Mediterranean crops with saline water from physiology to management practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 106, 171-187.
- Sánchez-Blanco, M.J., Álvarez, S., Navarro, A., Bañón, S. (2009). Changes in leaf water relations, gas exchange, growth and flowering quality in potted *geranium* plants irrigated with different water regimes. *Journal of Plant Physiology*, 166, 467-476.
- Sucre, B., Suárez, N. (2011). Effect of salinity and PEG-induced water stress on water status, gas exchange, solute accumulation, and leaf growth in *Ipomea pes-caprae*. *Environmental and Experimental Botany*, 70, 192-203.