

RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE *Pistacia lentiscus* AL ESTRÉS SALINO EN CONDICIONES CONTROLADAS DE CRECIMIENTO.

Marco A. Castillo-Campohermoso^{1a}, Fernando Broetto², Ana M. Rodríguez-Hernández¹, Marco A. Arellano-García¹ y María J. Sánchez-Blanco³.

¹Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Blvd. Enrique Reyna Hermsillo # 140, Colonia San José de los Cerritos, C.P. 25294, Saltillo, Coahuila, México.

²Instituto de Biociencias, UNESP, SP 18618-000, Facultad de Agronomía, UTFPR, Pato Branco, PR 85503-390, Botucatu, Brasil.

³Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CSIC), P.O. Box 164, E-30100 Murcia, España.

^aAutor para correspondencia: marco.castillo@ciqa.edu.mx

RESUMEN

Pistacia lentiscus es una especie con potencial ornamental, ampliamente distribuida en la costa mediterránea y adaptada a condiciones ambientales adversas como baja disponibilidad de agua y suelos salinos. Para estudiar esta capacidad de tolerancia de lentisco al estrés salino, las plantas fueron sometidas a cuatro niveles de NaCl en el agua de riego (0, 50, 100 y 150 mM) durante tres meses en una cámara de crecimiento. Al finalizar el ensayo, se observó reducción de los parámetros de crecimiento debido al estrés salino, principalmente en el tratamiento con 150 mM de NaCl. La biomasa de las raíces no se vio modificada, pero su conductividad hidráulica sí disminuyó, relacionado a cambios en los valores de potencial hídrico al alba de -0.8 y -1.0 MPa y de -2.1 y -2.5 MPa a mediodía. El crecimiento radial del tallo, registrado por dendrometría, disminuyó proporcionalmente con el aumento de la salinidad en el riego. Un incremento en la resistencia estomática se detectó en las plantas con mayor nivel de salinidad. Debido a que lentisco no posee órganos específicos de excreción de sales, puede ser muy probable que tenga la capacidad para acumular los iones salinos fuera de los órganos citoplasmáticos. Esto basado en que los valores obtenidos de clorofila y fluorescencia del PS II en las hojas no se modificaron, indicando muy probablemente que no hay daño a nivel de órganos fotosintéticos debido a un acumulo de sales. Aunque las tasas de crecimiento fueron afectadas durante el ensayo, de manera general, las plantas fueron capaces de resistir al estrés salino a través de cambios en las estructuras foliares.

Key Words: *Pistacia lentiscus*, estrés salino, parámetros de crecimiento, relaciones hídricas, conductancia hidráulica

INTRODUCCION

La región mediterránea es conocida por sus bajas precipitaciones pluviales y alto contenido de sales en el agua de riego que pueden contribuir a la salinización de los suelos (Sánchez-Blanco *et al.*, 2002; Rodríguez *et al.*, 2005). Muchas especies de plantas de esta zona presentan características morfológicas y fisiológicas que posibilitan su tolerancia a estas condiciones ambientales adversas. Estas características les permiten que sean utilizadas en programas de jardinería y reforestación, aunque el agua utilizada no sea de buena calidad (salina). En este contexto existe una variedad de plantas autóctonas que se han venido estudiando para verificar su potencial en el uso ornamental como es el caso de algunas especies como *Asteriscus maritimus*, *Myrthus communis*, *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus* entre otras (Martínez-Sánchez *et al.*, 2008). *Pistacia lentiscus* es considerada una especie resistente al estrés ambiental (Baltzoi *et al.*, 2015), sin embargo, sus estrategias de adaptación a niveles altos de salinidad en el medio de crecimiento no han sido suficientemente estudiadas (Tattini *et al.*, 2006).

Algunos de los efectos de la salinidad en las plantas son atribuidos a cambios en las relaciones hídricas, apreciables fácilmente en la planta por efectos como una reducción de la superficie foliar sometida a transpiración, aumento de la profundidad de las raíces e incremento de la regulación de los estomas (Munns y Tester, 2008). En este sentido, otro efecto menos directo pero igualmente apreciable en planta son las fluctuaciones diarias de tallo que nos informan sobre el crecimiento y, en consecuencia sobre el estado hídrico en plantas ornamentales mediterráneas. Por lo tanto el objetivo principal de este trabajo fue investigar las respuestas fisiológicas de *Pistacia lentiscus* a diferentes concentraciones salinas en el agua de riego, para identificar posibles mecanismos de tolerancia al estrés salino.

MATERIALES Y METODOS

Las plantas de lentisco fueron obtenidas a partir de un vivero comercial con aproximadamente 5 meses de edad y trasplantadas en macetas de 3,5 L de capacidad, en un sustrato que tenía una mezcla (1:1) de turba rubia y fibra de coco, a la que se añadió 3 g L⁻¹ de abono de lenta liberación (Osmocote, The Scotts Co., Marysville, OH, USA). El ensayo se realizó en una cámara de crecimiento ubicada en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC) en Murcia, España. Las condiciones ambientales fueron programadas para simular los cambios naturales de temperatura y luz (18 °C y 9 h de oscuridad y 28 °C y 350 μmol m⁻² s⁻¹, 15 h día, donde la humedad relativa fue de 70%). Se aplicaron durante 90 días 3 niveles de salinidad en el agua de riego (50, 100 y 150 mM de NaCl), utilizándose 25 plantas por tratamiento. Las plantas del tratamiento control fueron regadas con agua destilada. El control de la lámina de agua de riego se realizó con el “método de pesadas”, llevándose a cabo cuando las macetas de todos los tratamientos alcanzaban el 95% de su peso inicial, representando éste la máxima capacidad de retención de agua de la planta.

Los contenidos hídricos en el sustrato (%) se registraron a través de sensores de humedad acoplados a un datalogger (ECH₂O EC-5, Decagon Devices, Pullman, WA, USA) instalados en las macetas de todos los tratamientos. Los valores del porcentaje de agua en el sustrato fueron calculados de acuerdo a la transformación de los datos de transmitancia a partir de la ecuación lineal recomendada por Decagon Devices, específica para ensayos en macetas ($\theta = 1.04 * 10^{-3} * Raw - 0.50$).

Los parámetros de crecimiento fueron hechos al final del ensayo y consistieron en medidas de peso, materia seca, altura de las plantas, número de hojas, diámetro del tallo y área foliar total.

Las medidas de parámetros fisiológicos durante la conducción del experimento, fueron tomadas para evaluar los efectos de la sal en las plantas. El contenido de clorofila se determinó con un medidor portátil (Chlorophyll meter SPAD-502, Konica Minolta) y la fluorescencia del PS II por fluorimetría (Fluorímetro mod. OS-30, OptiScience, Hudson, NH, USA). Con auxilio de un porómetro (Steadt state porometer, LI-1600, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA), se evaluó la conductancia estomática de las hojas de acuerdo a Sánchez-Blanco *et al.*, (2002).

Para la determinación de parámetros hídricos, los potenciales de las hojas fueron realizados simulando el alba y al medio día, con auxilio de una cámara de presión (Soil Moisture Equipment Co., Santa Barbara, CA, USA) de acuerdo con la metodología de Scholander *et al.*, (1965). La conductividad hidráulica de las raíces fue determinada con un medidor de flujo hídrico a alta presión (Dynamax, Houston, TX, USA) de acuerdo a Tyree *et al.*, (1994).

Por otra parte, se monitoreó el movimiento radial del crecimiento de los tallos, registrado por dendrómetros ECOMATIK DD (Munich, Germany), de acuerdo a Otieno *et al.*, (2006). Los datos de la composición de elementos minerales en hojas y raíces fueron obtenidos por la técnica de ICP-OES en los servicios de ionómica del CEBAS-CSIC, Murcia, España.

Los efectos de la salinidad y las medidas de las variables fueron sometidos a la comparación de medias usando la prueba de Tuckey, calculándola con significancia $p < 0.05$. Los procedimientos estadísticos fueron realizados con el paquete estadístico SPSS (IBM Company, Madrid, Spain).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La humedad del suelo fue medida a través de sensores de humedad instalados en los sustratos. Los datos registrados por estos sensores (Figura 1) indicaron que los tratamientos salinos tuvieron mayor contenido de agua en el sustrato y esta fue directamente proporcional a la concentración salina resultando en una menor cantidad de riego utilizada, por el contrario, las plantas control tuvieron que ser regadas a lo largo del ensayo de manera más o menos constante. Lo anterior pone en evidencia la dificultad que presentaron las plantas en absorber agua en suelos salinos, simulando una condición de deficiencia hídrica, debido a la alteración del balance iónico en la solución (Yamaguchi y Blumwald, 2005). En respuesta, a esto las plantas desarrollan mecanismos de exclusión para regular el acumulo de sales, favoreciendo la absorción de otros iones que están en menor concentración, como K⁺ y NO₃⁻ (Jha, *et al.*, 2010; Munns y Tester, 2008;). Por otro lado, Cassaniti *et al.*, (2009) mencionan que los mecanismos de exclusión pueden ser más efectivos para concentraciones bajas de NaCl, lo que lleva a creer que, en condiciones de estreses severos, puede ocurrir inhibición de procesos metabólicos importantes, llevando a la disminución brusca de tasas de crecimiento.

La altura de las plantas se vio reducida en todos los tratamientos salinos con respecto a las plantas control, mostrándose este efecto más evidente en el tratamiento (150 mM) (Figura 2B). Bañón *et al.*, (2006) también demostraron estos efectos en plantas de *Cistus albidus* y *Nerium oleander* bajo condiciones salinas o en riego deficitario. Por otra parte también es importante mencionar que las plantas glicófitas con baja tolerancia a salinidad, generalmente presentan tasas de crecimiento reducidas como estrategia para redireccionar energía

metabólica para soportar los efectos del estrés. Estas estrategias están muchas veces relacionadas a disminución de tasas fotosintéticas y al cierre estomático (Munns y Tester, 2008;), permeabilidad de membranas (Álvarez *et al.*, 2009), actividad de canales de agua y balance iónico (Cabañero *et al.*, 2004) los cuales son factores limitantes al crecimiento.

El área foliar fue reducida comparada al control, de manera similar en todas las plantas que recibieron sal, independiente de la concentración (Figura 2A). El estrés salino, como síntoma inicial en las plantas parece inducir una restricción en la expansión foliar y la reducción del área foliar está relacionada a mecanismos de prevención, la cual puede minimizar las pérdidas de agua, principalmente debido al cierre de los estomas (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2000).

Por el contrario el número total de hojas fue afectado solo para el tratamiento más severo. Los demás tratamientos no se diferenciaron del control (Figura 2C). Esto indica una estrategia adoptada por las plantas buscando la economía del uso del agua. Ya que los resultados de una menor área foliar añadida a un menor número de hojas en plantas bajo estrés salino contribuyeron para el proceso de adaptación de las plantas a la menor disponibilidad del agua, causado por el efecto osmótico de la sal en el sustrato, esto concuerda con los resultados de Mateo (1999). Estas estrategias están aparentemente orientadas a reducir las pérdidas de agua vía transpiración y contribuir a la economía del agua.

El peso seco de la parte aérea (tallos y hojas) y de raíz no sufrió ninguna alteración como consecuencia de la salinidad aplicada en los distintos tratamientos.

La conductividad hidráulica (K) medida en las raíces disminuyó en los tratamientos más severos de 100 y 150 mM de NaCl (Figura 3), los cambios en las medidas de potencial hídrico hechos al alba y al mediodía, indicaron variaciones de -0.8 a -1.0 MPa (Figura 4 A, B) y de -2.1 a -2.5 MPa, respectivamente. Estos datos parecen expresar efectos producidos por la aplicación de diferentes concentraciones salinas, las cuales provocaron el cierre estomático.

A partir de los datos obtenidos con un porómetro, se observó que el nivel salino de riego de 150 mM de NaCl, causó una disminución de aproximadamente el 40 % en la conductancia estomática de las plantas, con respecto al control (Figura 5). Los demás tratamientos no presentaron diferencia alguna. La disminución de la conductividad, probablemente fue un intento de adaptación de las plantas a las alteraciones iónicas producidas por la sal. Al mismo tiempo, los factores de potencial de presión en las hojas y la conductancia estomática presentaron variaciones debido a la sal. Los potenciales hídricos de las hojas medidos al alba y al medio día, indican aumento de la presión, proporcional a la concentración salina. Por otro lado, la conductancia estomática solo es alterada con los niveles más salinos aplicados. Estos tres parámetros, aunque distintos, tienen una correlación estrecha con la absorción del agua y su translocación hacia los órganos de la parte aérea. En general las plantas presentaron una tendencia a reducir la apertura estomática en respuesta a los tratamientos bajo NaCl. Según James *et al.*, (2002), los efectos fisiológicos inducidos por la sal en las relaciones hídricas de las plantas, pueden tener correlación en un principio solo con el efecto iónico. Sin embargo, los cambios estomáticos observados por las plantas de lentisco, parecen indicar que los tratamientos más severos y sus efectos osmóticos, son reflejos directos de la reducción de la capacidad de conductividad hidráulica de las raíces.

Las evaluaciones de los contenidos de clorofila (Figura 6) y de fluorescencia (Figura 7) no mostraron efecto a la aplicación de sal en el agua de riego para las plantas. De acuerdo a Broetto *et al.*, (2008), las plantas pueden producir fluorescencia de clorofila en nivel de PS II en respuesta a diferentes modalidades de estrés, incluyendo el salino, intensidad de luz, osmótico, entre otros. En el caso de lentisco y basado en los datos de fluorescencia de clorofila obtenidos, es posible afirmar que no hay correlaciones importantes entre el estrés salino y la fotoquímica del PS II, esto concuerda a los resultados obtenidos por Zhao *et al.*, (2007), que indican variaciones poco significativas de F_v/F_m debido a la resistencia del PS II a la sal. De acuerdo con Munné-Bosch *et al.* (2009), lentisco, como otras especies mediterráneas, parecen estar dotadas de mecanismos de tolerancia a ambientes adversos, independientes de la actividad fotosintética.

El análisis de los elementos minerales en raíces y hojas mostró un patrón de aumento en la concentración de Cl^- y Na^+ proporcional a los aumentos de NaCl en el agua de riego. Por otro lado, los elementos Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} y P^{3-} no presentaron ninguna alteración en sus composiciones debido al aumento de la concentración de sal, en los dos tipos de tejidos analizados (Figura 8). La concentración de K^+ disminuyó en respuesta al aumento de la salinidad en la agua de riego. Con todo lo anterior es posible que el aumento de la concentración de Na^+ y Cl^- en hojas y raíces pueden tener efecto iónico importante, en adición al efecto osmótico inicial, de acuerdo a Jha *et al.* (2010), Cassaniti *et al.* (2009) y Mateo (1999). Las relación $\text{K}^+:\text{Na}^-$ y $\text{K}^+:\text{Cl}^-$ en la hojas y raíces de lentisco presentaron valores predominantemente favorables a la concentración del Na^+ donde se concluye el

establecimiento de los efectos iónicos de NaCl. Otros nutrientes como P, Mg, Fe y Ca aparentemente no sufrieron interferencia en su absorción debido a la sal. Esto ocurrió de manera sorprendente, considerándose que muchos cationes se manifiestan antagónicos al Na^+ y al Cl^- (Francois *et al.*, 199).

Por último, se evaluaron las variaciones de crecimiento del tallo con dendrómetros, donde se comprobó una tendencia a la inhibición del crecimiento radial de los tallos, inducida por la salinidad en el sustrato de cultivo (Figura 9) ccomparado con las plantas control. Cabe mencionar que este efecto fue más evidente después de 30 días de la aplicación de los tratamientos. Se verificó también que, las plantas bajo tratamiento salino presentaron gran fluctuación de crecimiento diario de tallo, principalmente en la concentración de 150 mM de NaCl. Esta técnica de medición ha sido discutida para evaluaciones de plantas sometidas a deficiencia hídrica (Jones, 2007), también como herramienta para estudios de programación de riego (Fernández y Cuevas, 2010).

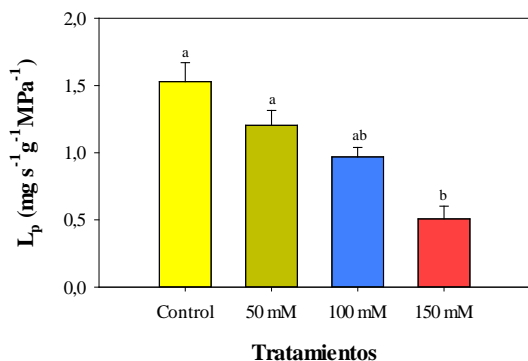


Figura 1. Contenido volumétrico de agua, determinado por sensores de transmitancia en el sustrato, regados con diferentes concentraciones de NaCl. Las curvas representan los mediciones obtenidas cada 10 minutos y almacenadas en un datalogger

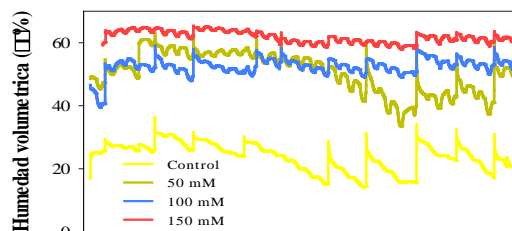


Figura 2. Conductividad hidráulica de *Pistacia lentiscus* cultivada bajo diferentes concentraciones de sal en el sustrato (NaCl). Las letras por encima de las barras indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey ($p < 0.05$) a cada nivel de sal. Las barras verticales indican la desviación estándar

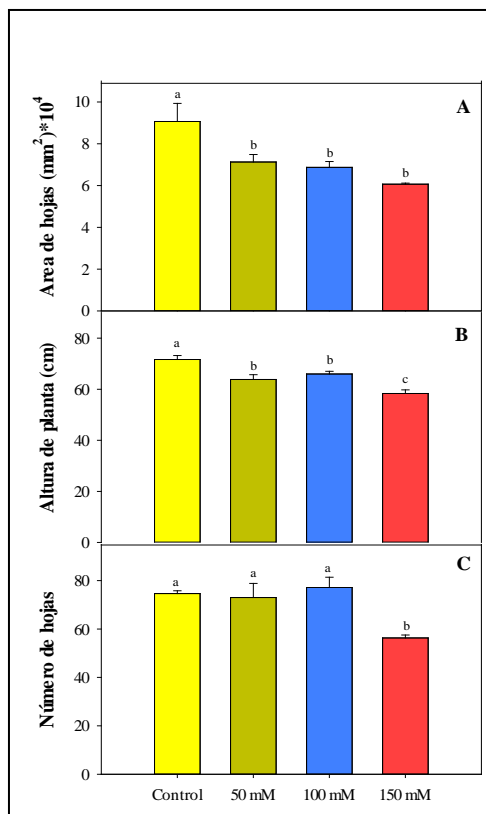


Figura 3. Respuesta al crecimiento de *Pistacia lentiscus* cultivada bajo diferentes concentraciones de sal en el sustrato (NaCl). A, área total de hojas (mm^2); B, altura de la planta (cm); C, número de hojas. Las letras por encima de las barras indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey ($p < 0.05$) a cada nivel de sal. Las barras verticales indican la desviación estándar

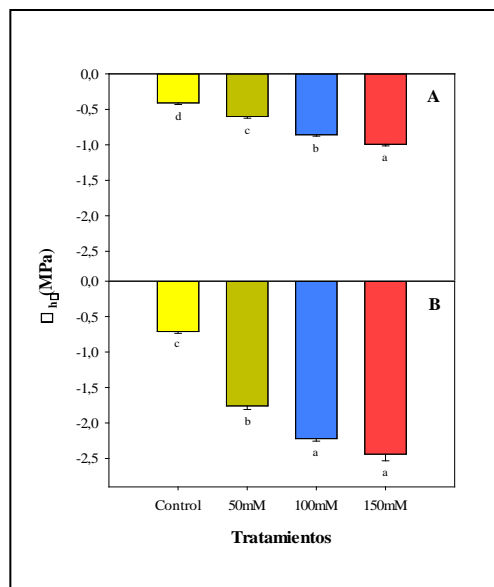


Figura 4. Potencial hídrico (ψ , MPa) al alba (A) y al medio día (B) de *Pistacia lentiscus* cultivada bajo diferentes concentraciones de sal en el sustrato (NaCl). Las letras por encima de las barras indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey ($p < 0.05$) a cada nivel de sal. Las barras verticales indican la desviación estándar

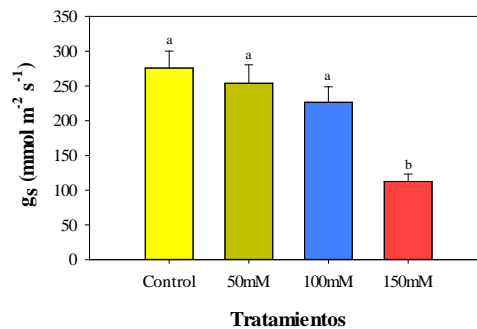


Figura 5. Conductancia estomática al medio día (g_s) de *Pistacia lentiscus* cultivada bajo diferentes concentraciones de sal en el sustrato (NaCl). Las letras por encima de las barras indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey ($p < 0.05$) a cada nivel de sal. Las barras verticales indican la desviación estándar

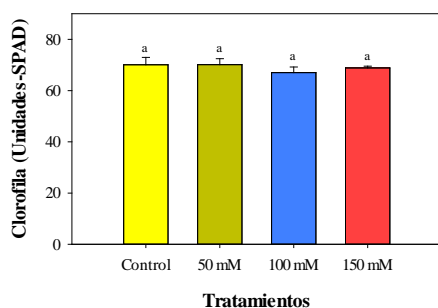


Figura 6. Concentración de clorofila (SPAD) de *Pistacia lentiscus* cultivada bajo diferentes concentraciones de sal en el sustrato (NaCl). Las letras por encima de las barras indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey ($p < 0.05$) a cada nivel de sal. Las barras verticales indican la desviación estándar

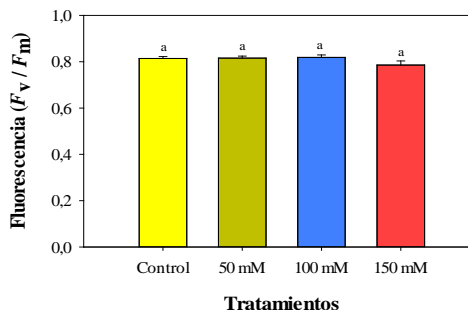


Figura 7. Fluorescencia de clorofila del PS II (F_v/F_m), de *Pistacia lentiscus* cultivada bajo diferentes concentraciones de sal en el sustrato (NaCl). Las letras por encima de las barras indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey ($p < 0.05$) a cada nivel de sal. Las barras verticales indican la desviación estándar

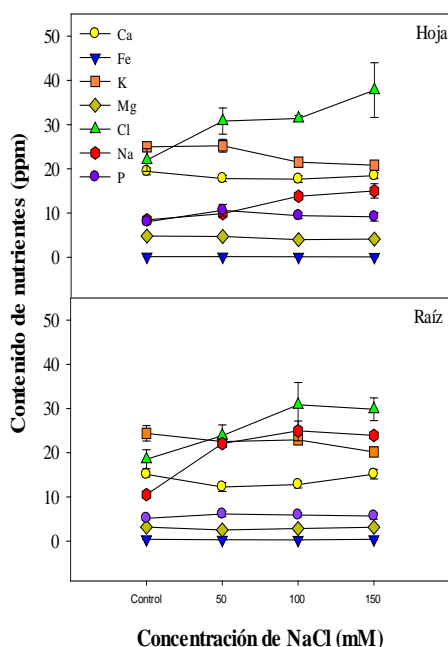


Figura 8. Macro y microelementos de *Pistacia lentiscus* cultivada bajo diferentes concentraciones de sal en el sustrato (NaCl). Las letras por encima de las barras indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey ($p < 0.05$) a cada nivel de sal. Las barras verticales indican la desviación estándar

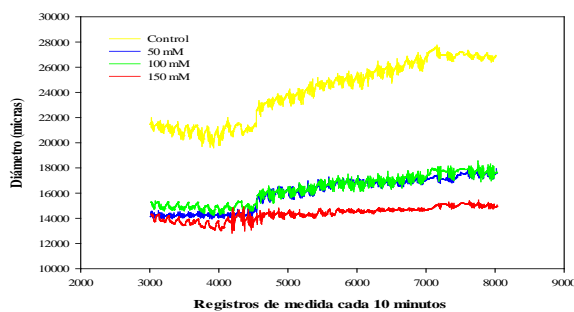


Figura 9. Variaciones diarias de diámetro de tallo registradas por dendómetros de *Pistacia lentiscus* cultivada bajo diferentes concentraciones de sal en el sustrato (NaCl). Las letras por encima de las barras indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey ($p < 0.05$) a cada nivel de sal. Las barras verticales indican la desviación estándar

Muchos autores han mencionado posibles causas de variaciones diarias en el diámetro de tallo, entre ellas, se destacan cambios en la temperatura nocturna, balance hídrico diario y deficiencia hídrica (Drew *et al.*, 2008). Particularmente en el presente ensayo donde las condiciones ambientales fueron controladas, las variaciones diarias en los diámetros de los tallos pueden estar relacionadas directamente por el aumento de concentración de sales en la solución del suelo. Para aclarar este efecto, Wimmer *et al.*, (2002), argumentan que los incrementos diarios en el diámetro del tallo, se relacionan a las tasas de expansión celular, las cuales deben ser máximas dependiendo de la disponibilidad de agua para los tejidos de la región cambial. En este sentido, parece claro que el efecto osmótico de la sal interfirió negativamente para los parámetros de crecimiento radial.

CONCLUSIONES

Las plantas de lentisco fueron sometidas a un fuerte estrés osmótico en el sustrato, lo que causó baja absorción de agua por las plantas. Este efecto llevó a las plantas a iniciar estrategias de adaptaciones como variaciones en

las tasas de crecimiento, destacándose la altura, área foliar y crecimiento radial del tallo, y en las relaciones hídricas principalmente. Por otro lado, los tratamientos salinos acumularon iones de Na^+ y Cl^- en los tejidos radiculares y foliares, lo que causó estrés iónico en las células. Este estrés puede estar relacionado a la apertura y cierre de estomas, pero no se correlacionó con otros factores fisiológicos analizados, como la fluorescencia del PS II y contenido de clorofila. Como conclusión general, se sugiere que lentisco tiene características adaptativas importantes frente al estrés salino, pudiendo ser recomendada en programas de revegetación o jardinería en áreas degradadas, donde la condición del riego sea salino.

AGRADECIMIENTOS: Este Trabajo fue realizado gracias al apoyo del CONACYT, y Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, CEBAS-CSIC.

REFERENCIAS

- Alvarez S., Gomez-Bellot M.J., Bañon S., Sanchez-Blanco M.J. 2009. Respuesta fisiológica y agronómica de plantas de *Phlomis purpurea* con baja disponibilidad hídrica y regada con agua salina. XVIII Reunión de la Sociedad Española de fisiología Vegetal y XI Congreso Hispano-Luso de Fisiología Vegetal. Zaragoza España. p. 410.
- Baltzoi P.A, Fotia K.A, Kyrkas D.A, Nikolaou K.A, Paraskevopoulou A.T.B, Accogli A.R.C, Karras G.AA. 2015. Low water-demand plants for landscaping and agricultural cultivations - a review regarding local species of Epirus/Greece and Apulia/Italy. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 4, 250–260.
- Bañon S., Ochoa J., Franco A. J., Alarcón J. J., Sánchez-Blanco M. J., 2006. Hardening of oleander seedlings by deficit irrigation and low air humidity. Environmental and Experimental Botany. 56, 36-43.
- Broetto, F.; Duarte, H.M.; Lüttge, U. 2008. Responses of chlorophyll fluorescence parameters of the facultative halophyte and C3-CAM intermediate species *Mesembryanthemum crystallinum* L. to salinity and high irradiance stress. Journal of Plant Physiology. 164, 904-912.
- Cabañero J. F., Martínez V., Carvajal M. 2004. Does calcium determine water uptake under saline conditions in pepper plants, or is it water flux, which determines calcium uptake? Plant Science. 166, 443–450.
- Cassaniti C., Leonardi Ch., Flowers J. T. 2009. The effects of sodium chloride on ornamental shrubs. Scientia Horticulturae., 122, 586–593.
- Drew, D.M., O'Grady, A.P., Downes, G.M., Read, J., Worledge, D., 2008. Daily patterns of stem size variation in irrigated and non-irrigated *Eucalyptus globulus*. Tree Physiology 28, 1573–1581.
- Fernández E. J., Cuevas V. M. 2010. Irrigation scheduling from stem diameter variations: A review. Agricultural and Forest Meteorology 150, 135–151.
- Francois, L.E.; Donovan, T.J.; Mass, E.V. 1991. Calcium deficiency of artichoke buds in relation to salinity. HortSci. 26, 549-553.
- Jha, D., Shirley, N., Tester, M., Roy, J.(2010)Variation in salinity tolerance and shoot sodium accumulation in *Arabidopsis* ecotypes linked to differences in the natural expression levels of transporters involved in sodium transport. *Plant, Cell & Environment*, 33, 793-804.
- James RA, Rivelli AR, Munns R, von Caemmerer S. 2002. Factors affecting CO_2 assimilation, leaf injury and growth in salt-stressed durum wheat. *Funct. Plant Biol.* 29, 1393–1403
- Jones, H.G. (2007). Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 58, No. 2, pp. 119–130, 2007
- Mateo, Ma. T., 1999. Efecto de Distintos Niveles de Salinidad en el Agua de Riego sobre el Desarrollo y Contenido Iónico de Plantas de *Phoenix canariensis*. Universidad de Murcia. p. 105.
- Martínez-Sánchez, J.J., J.A. Franco, M. J. Vicente, M. Muñoz, S. Bañón, E. Conesa, J. A. Fernández, R. Valdés, J. Miralles, J. Ochoa, M. Aguado, J. Esteva, J. López & L. Aznar. 2008. Especies silvestres mediterráneas con valor ornamental. Selección, producción viverística y utilización en jardinería. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia. 224p. Murcia.
- Munné-Bosch, S.; Falara, V.; Pateraki, I.; López-Carbonell, M.; Cela, J.; Kanellis, A.K. (2009). Physiological and molecular responses of the isoprenoid biosynthetic pathway in a drought-resistant Mediterranean shrub, *Cistus creticus* exposed to water deficit. *Journal of Plant Physiology* 166(2): 136-145.
- Munns R. & Tester M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59, 651–681.
- Otieno, D.O; Kurz-Besson C, Liu J, Schmidt MWT, Vale-Lobodo R, David TS, Siegwolf R, Pereira JS and Tenhunen JD. (2006). Seasonal Variations in Soil and Plant Water Status in a *Quercus suber* L. Stand: Roots as Determinants of Tree Productivity and Survival in the Mediterranean-type Ecosystem. *Plant and Soil*, 283, 119-135.
- Rodríguez, P., Torrecillas, A., Morales, M.A., Ortuño, M.F., Sánchez-Blanco, M.J. (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
- Ruiz-Sánchez, M.C., Domingo, R., Torrecillas, A., Pérez-Pastor, A. (2000). Water stress preconditioning to improve drought resistance in young apricot plants. *Plant Sci.* 156: 245-251.
- Sánchez-Blanco, M.J., Rodríguez, P., Morales, M.A., Ortuño, M.F., Torrecillas, A. (2002). Comparative growth and water relations of *Cistus albidus* and *Cistus monspeliensis* plants during water deficit conditions and recovery. *Plant Science*, 162: 107-113.
- Scholander, P.F., H.T. Hammer, E.D. Bradstreet, E.A. Hemmingsen. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science* 148:339-346.
- Tattini M, Remorini D, Pinelli P, Agati G, Saracini E, Traversi ML, Massai R.(2006). Morpho-anatomical, physiological and biochemical adjustments in response to root zone salinity stress and high solar radiation in two Mediterranean evergreen shrubs, *Myrtus communis* and *Pistacia lentiscus*. *New Phytologist*. 170:779–794.
- Tyree, M.T., Patino, S., Benink, J., Alexander, J., (1994). Dynamic measurements of root hydraulic conductance using a high-pressure flowmeter in the laboratory and field. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 46, No. 282, pp. 83 - 94.
- Wimmer, R.; Downes, G.M.; Evans, R. 2002. High-resolution analysis of radial growth and wood density in *Eucalyptus nitens*, grown under different irrigation regimes. *Ann. For. Sci.* 59 519–524.
- Yamaguchi, T. and Blumwald, E. (2005) Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends in Plant Science* 10: 615-620.