



Sociedad
Española
de **Ciencias
Hortícolas**

86

**OCTUBRE
2021**

ACTAS DE HORTICULTURA

**Comunicaciones Técnicas
Sociedad Española de
Ciencias Hortícolas**

**XVI Congreso Nacional de
Ciencias Hortícolas**

**Córdoba
17-21 de octubre de 2021**



XVI Córdoba 2021
Congreso Nacional
Ciencias Hortícolas

ACTAS DE HORTICULTURA Nº 86

Comunicaciones Técnicas Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

XVI Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas,

Actas del XVI Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas celebrado en octubre del año 2021 en Córdoba.

Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

Editor: Lorenzo León Moreno

ISBN: 978-84-09-38188-3

Respuesta fisiológica al encharcamiento de tres patrones de cítricos

Pérez-Jiménez, M., Maimouni-Labied, H., Miralles-Jiménez, N., Rojo-Carrillo, C., Navarro-García, N. y Pérez-Tornero O.

Equipo de Mejora Genética de Cítricos, Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario, C/Mayor s/n, 30150-La Alberca (Murcia), España.

Autor para correspondencia: mrgperezjimenez@gmail.com

Palabras clave: cambio climático, fotosíntesis, estrés hídrico, *Citrus macrophylla*, Cleopatra, Forner Alcaide No. 5.

Resumen

El aumento de inundaciones debido al cambio climático está ocasionando que cultivos que tienen lugar en zonas áridas o semiáridas se vean sometidos a encharcamiento ocasional. Esto ha creado la necesidad por parte de los agricultores de encontrar portainjertos que resistan estas condiciones sin alterar su rendimiento. Así, para analizar la resistencia al encharcamiento de 3 portainjertos de cítricos (*Citrus macrophylla*, Cleopatra y Forner Alcaide No. 5) las plantas fueron sometidas a encharcamiento durante 7 días, y se evaluaron en condiciones control y tras el encharcamiento. Se estudió el estado hídrico de la planta, el diámetro del tronco, la tasa fotosintética, la transpiración y la conductancia estomática. Los resultados sugirieron que Cleopatra es el más sensible de los 3 patrones al encharcamiento, mientras que Forner Alcaide No. 5 pareció ser el más resistente. Así, en Cleopatra, se observó un menor contenido relativo en agua en hoja, y valores más bajos en la tasa de transpiración y la conductancia estomática, en condiciones de encharcamiento, con respecto al control. En el caso de Forner Alcaide No. 5, la conductancia estomática y la transpiración se redujeron tras el encharcamiento, pero no el contenido relativo en agua de la hoja. En *Citrus macrophylla* se redujo la transpiración y el contenido relativo en agua. Por otro lado, el crecimiento, dado por el diámetro del tronco se detuvo en todos los portainjertos estudiados.

INTRODUCCIÓN

La climatología del arco mediterráneo alterna periodos de sequía con periodos de lluvias torrenciales que están arreciando debido al efecto del cambio climático (IPCC 2013). Esta inestabilidad del sistema es de especial importancia para las plantas, ya que su inmovilidad no les permite cambiar su distribución al ritmo que el clima está cambiando. En el caso de las plantas cultivadas estas circunstancias se ven agravadas ya que normalmente se trata de genotipos seleccionados por su capacidad de crecer y producir en determinadas condiciones edafoclimáticas y cualquier cambio en su ambiente puede afectar profundamente a su comportamiento agronómico.

Cuando se dan periodos de altas precipitaciones, el suelo no es capaz de absorber toda el agua y se produce entonces un encharcamiento que lleva a la hipoxia de la raíz. Este fenómeno desencadena una serie de procesos metabólicos, hormonales y/o fisiológicos, que ocasionan el descenso en la actividad fotosintética (Martínez-Alcántara et al., 2012), y con ella un retraso en el crecimiento y pérdidas en la producción. La hipoxia es especialmente perjudicial en las plantas de cítricos debido a que carecen de adaptaciones útiles para contrarrestarla, como el aerénquima y además pueden presentar una hipertrofia de las lenticelas (Arbona and Gómez-Cadenas, 2008). Sin embargo, la capacidad de resistir al anegamiento parece depender del genotipo debido a la gran amplitud de respuestas al encharcamiento que se dan en cítricos. Así, algunos autores han descrito a Cleopatra (*Citrus reshni* Hort. Ex Tanaka) como un patrón muy sensible al encharcamiento (Arbona and

Gómez-Cadenas, 2008) mientras que Forner Alcaide no. 5 parece tener una gran resistencia (Forner et al., 2003). Esto tiene especial importancia para los programas de mejora, ya que una correcta caracterización de la fisiología del germoplasma, dotará a los mejoradores de herramientas para la obtención de patrones mejorados y adaptados a las condiciones impuestas por el cambio climático.

La mayoría de los estudios en cítricos que se han publicado se desarrollan en períodos de encharcamiento superiores a 30 días (Arbona et al., 2008; Martínez-Alcántara et al., 2012; Wu et al., 2013; Rodríguez-Gamir et al., 2011; Arbona and Gómez-Cadenas, 2008; Li et al., 2006). Aunque estos periodos garantizan la observación de síntomas en las plantas de estudio, no se corresponden con la realidad de las inundaciones en el mediterráneo, que suelen durar alrededor de una semana. Estos estudios se desarrollan en Citrumelo (*C. paradisi* L. Macf. *Poncirus trifoliata* L. Raf.), Carrizo (*Carrizo citrange*) y Cleopatra, no encontrándose estudios en *C. macrophylla*, un patrón de uso común con una alta eficiencia en el cultivo del limón (Saunt, 2000).

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal y condiciones experimentales

Para este ensayo se utilizaron plantas de 1 año de *Citrus macrophylla*, Cleopatra (*C. reshni* Hort. Ex Tanaka) y Forner Alcaide no. 5 (*C. reshni* Hort. Ex Tanaka x *Procirus trifoliata*) con tamaño y apariencia similar. Las plantas crecieron en maceta de 5 l con una mezcla comercial de turba (Pelemix, Spain) y se regaron diariamente. El experimento se desarrolló en cámara climática con condiciones ambientales totalmente controladas: fotoperiodo de 16 h de luz, 25 °C, 60% de humedad relativa y una radiación fotosintéticamente activa (PAR) de 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Para el experimento las macetas se sumergieron en tanques de agua (50 l), manteniendo el nivel del agua unos 2 cm por encima de la superficie del sustrato. El encharcamiento se mantuvo durante 7 días.

Diámetro del tronco y estado hídrico

Se midió el diámetro del tronco a 10 cm de altura mediante el uso de un calibre electrónico. El contenido relativo de agua (CRA) se determinó mediante la ecuación: $\text{CRA} = 100[(\text{PF} - \text{PS})/(\text{PT} - \text{PS})]$, donde el PF es el peso fresco, el PT es el peso turgente y PS es el peso seco de discos de hoja. Para obtener la plena turgencia de los discos, estos se introdujeron durante 24 h en viales con agua. El PS se determinó después de secar los discos a 65 °C durante 72 h.

Intercambio gaseoso

La tasa de asimilación neta de CO₂ (A_{CO_2}), la tasa de transpiración (E), y la conductancia estomática (gs) se midieron en la segunda hoja más joven de las que estaban totalmente expandidas de cada planta, y para ello se empleó un medidor portátil de fotosíntesis (LI-6400, Li-Cor, Lincoln, NE, EE.UU.) dotado de una pinza provista de una cámara para hoja ancha. Para todas las medidas se tomó como referencia una concentración de 400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ de CO₂, una temperatura de la hoja de 25 °C, 60 % de humedad relativa y una PPFD de 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Toma de datos y análisis estadístico

Para el ensayo se estudiaron 5 plantas de cada patrón. Se tomaron las muestras en condiciones control y después del encharcamiento. La significancia se determinó mediante el análisis de la varianza (ANOVA) con una significancia de ($P < 0.05$) diferencias entre medias calculada mediante el test de Múltiples Rangos de Duncan, utilizando el programa informático Statgraphics Centurion® XVI (StatPoint Technologies, Inc.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos sugieren que el encharcamiento no alteró el diámetro del tronco de ninguno de los patrones (Fig. 1). Sin embargo, tras el experimento el diámetro de Forner Alcaide No. 5 era mayor que en los otros dos patrones, lo que no ocurría en condiciones control. En experimentos previos con plantas de *C. junos* (Wu et al., 2013) el diámetro del tronco no solo se detuvo, sino que se produjo una contracción del mismo tras 37 días de encharcamiento. Esto ocurrió también en plantas de *Carrizo Citrange*, cuyo crecimiento se detuvo tras 12-24 días de encharcamiento, para descender tras 36 (Martínez-Alcántara et al., 2012). Es obvio que cuanto más dure el estrés, peores consecuencias tendrá para la planta. Sin embargo, también es importante ajustar los tiempos de estudio a la realidad, en este caso del arco mediterráneo, que cursa con periodos más cortos de inundaciones (Barriendos et al., 2019) que los que nos encontraríamos en zonas tropicales.

En condiciones de encharcamiento y como consecuencia de mecanismos de defensa, se producen alteraciones en el balance hídrico de la planta como puede verse en este estudio en los resultados obtenidos para el CRA de *C. macrophylla* y Cleopatra (Fig. 1). En ambos genotipos se produjo un proceso de pérdida de agua en las hojas, cambio que no fue detectado en Forner Alcaide No. 5, conocido por su mayor resistencia al encharcamiento (Forner et al., 2003).

Los datos de fotosíntesis obtenidos en nuestro estudio no encontraron diferencias entre la tasa fotosintética en condiciones control y después del periodo de encharcamiento. Lo que si se detectó es que en condiciones control la tasa de fotosíntesis de Cleopatra era mayor a la de los otros dos portainjertos, diferencia no encontrada después del encharcamiento (Tabla 1). En estudios previos en cítricos, solo se encontraron diferencias en la tasa fotosintética a partir del día 12 en Citrumelo (*C. paradisi* L. Macf. *Poncirus trifoliata* L. Raf.), conocido por su resistencia al encharcamiento (Hossain et al., 2009), desde el día 21 en *C. aurantium* (Martínez-Cuenca et al., 2015) y desde el día 5 en *Carrizo citrange* (Martínez-Alcántara et al., 2012), por lo que la respuesta fotosintética parece variar bastante dependiendo del genotipo.

Como veíamos anteriormente con el CRA el estado hídrico de la planta se puede ver alterado por la situación de anegamiento de la raíz. Así como cuando hay sequía, una de las primeras respuestas al exceso de agua es el cierre estomático (Li et al 2006), afectando de forma colateral a la transpiración y al intercambio gaseoso de la planta, (Li et al., 2006; Rodríguez-Gamir et al., 2011). Así, la conductancia estomática se alteró decreciendo en Cleopatra y Forner Alcaide No. 5, mientras la tasa de transpiración bajaba en los tres patrones en condiciones de encharcamiento. Según los datos, el descenso en la transpiración de *C. macrophylla* sería independiente de la conductancia, ya que la transpiración se redujo a la mitad mientras que la conductancia estomática se mantuvo similar a las condiciones control. Este no fue el caso de los otros dos patrones, donde el descenso de la transpiración si parece estar aparejado al cierre estomático provocado por el exceso de agua en la raíz. Sin embargo, el único portainjertos que fue capaz de mantener su CRA mediante estos mecanismos fue Forner Alcaide No. 5. Esto ya se detectó en Citrumelo, que tras 7 días de encharcamiento redujo sus gs y E, pero mantuvo su CRA (Hossain et al., 2009).

Dados los resultados obtenidos en este estudio, Forner Alcaide No. 5 parece tener mejores mecanismos para enfrentar el encharcamiento que *C. macrophylla* y Cleopatra, siendo este último el que más sensibilidad presentaría debido a que presenta un mayor número de parámetros alterados.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por Fondos Europeos de Desarrollo Regional.

Referencias

- Arbona, V. and Gómez-Cadenas, A. (2008) Hormonal modulation of citrus responses to flooding. *J. Plant Growth Regul.* 27, 241-250.
- Arbona, V., Hossain, Z., López-Climent, M.F., Pérez-Clemente, R.M. and Gómez-Cadenas, A. (2008). Antioxidant enzymatic activity is linked to waterlogging stress tolerance in citrus. *Physiol. Plantarum* 132, 452–466.
- Barriendos, M., Gil-Guirado, S., Pino D., Tuset, J., Pérez-Morales, A., Alberola, A., Costa, J. Balasch J.C., Castellort, X., Mazón, J. and Ruiz-Bellet, J.L. (2019). Climatic and social factors behind the Spanish Mediterranean flood event chronologies from documentary sources (14th–20th centuries). *Glob Planet Change* 182, 102997.
- Forner, J.B., Forner-Giner, M.A. and Alcaide, A. (2003). Forner-Alcaide 5 and Forner-Alcaide 13: Two new citrus rootstocks released in Spain. *HortSci.* 38(4), 629-630.
- Hossain, A., López-Climent, M.F., Arbona, V., Pérez-Clemente, R.M. and Gómez-Cadenas, A. (2009). Modulation of the antioxidant system in citrus under waterlogging and subsequent drainage. *J. Plant Physiol.* 166, 1391-1404.
- IPCC Climate change (2013). The physical science basis. Working group I technical support unit. In: Stpcker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-P., Tignor, M.M.B., Allen, A.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Li, H., Syvertsen, J.P., McCoy, C.W., Stuart, R.J. and Schumann, A.W. (2006). Water stress and root injury simulated flooding and diaprepes abbreviates root weevil larval feeding in citrus. *Soil Sci.* 107(2), 138-151.
- Martínez-Alcántara, B., Jover, S., Quiñones, A., Forner-Giner, M.A., Rodríguez-Gamir, J., Legaz, F., Primo-Millo, E. and Iglesias, D.J. (2012) Flooding affects uptake and distribution of carbon and nitrogen in citrus seedlings. *J. Plant Physiol.* 169, 1150-1157.
- Martínez-Cuenca, M.-R., Quiñones, A., Primo-Millo, E. and Forner-Giner, A. (2015). Flooding impairs Fe uptake and distribution in citrus due to the strong down-regulation of genes involved in strategy I responses to Fe deficiency in roots. *Plos One* 10(4), e0123644. doi:10.1371/journal.pone.0123644
- Rodríguez-Gamir, J., Ancillo, G., González-Mas, M.C., Primo-Millo, E., Iglesias, D.J. and Forner-Giner, M.A. (2011). Root signaling and modulation of stomatal closure in flooded citrus seedlings. *Plant Physiol. Biochem.* 49, 636-645.
- Saunt, J. (2000). Citrus varieties of the world: an illustrated guide. Sinclair Intl Business Resources.
- Wu, Q.-S., Zou, Y.-N. and Huang, Y.-M. (2013). The arbuscular mycorrhizal fungus *Diversispora spurca* ameliorates effects of waterlogging on growth, root system architecture and antioxidant enzyme activities of citrus seedlings. *Fungal Ecol.* 6, 37-43.