

# EFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN EL DESARROLLO FINAL DEL FRUTO DE MANDARINA 'FORTUNE'

## Water stress effect on final development of mandarin 'Fortune' fruit

José M. Dell'Amico Rodríguez<sup>✉</sup>, Rafael Domingo Miguel, Alejandro Pérez Pastor, Manuel García, María Peñalver, Francisco Villanueva y Pablo Puerto

**ABSTRACT.** Mandarin plants 18-years-old were subjected to a period of suppression of irrigation during 51 days in phase II of fruit growth until reaching a stem water potential ( $\Psi_{\text{stem}}$ ) at midday of -2,5 MPa. During the period of water stress assessments were performed leaf water potential ( $\Psi_{\text{leaf}}$ ) and stem ( $\Psi_{\text{stem}}$ ), the latter were used to calculate the water stress integral ( $\Psi_{\text{int}}$ ). At 50 days of irrigation restarting, were evaluated different indicators of leaf growth (fresh weight, leaf area, specific leaf area) and the relative chlorophyll content. At harvest were evaluated in 60 fruits per treatment, fresh mass, the equatorial diameter and crust thickness, the thickness and index area of cross-section of the fruit. The results showed that ( $\Psi_{\text{stem}}$ ) was much more sensitive to the decrease of soil water that ( $\Psi_{\text{leaf}}$ ) and in terms of the variables in leaves growth and fruits, we found that the severe water stress effect in both organs applied during 51 days in phase II of fruit growth no limited their growth, and the ending development.

**RESUMEN.** Plantas de mandarina de 18 años fueron sometidas a un período de supresión del riego durante 51 días en la fase II del crecimiento del fruto hasta alcanzar un potencial hídrico de tallo ( $\Psi_{\text{tallos}}$ ) al mediodía de -2,5 MPa. Durante el período de estrés hídrico se realizaron evaluaciones de potencial hídrico foliar ( $\Psi_{\text{foliar}}$ ) y de tallo ( $\Psi_{\text{tallos}}$ ), estas últimas se utilizaron para el cálculo del integral de estrés hídrico ( $\Psi_{\text{int}}$ ). A los 50 días de reiniciado el riego, se evaluaron diferentes indicadores del crecimiento foliar (la masa fresca, el área foliar, el área foliar específica) y el contenido relativo de clorofilas. Se trabajó con una muestra de 60 frutos por tratamiento, a los cuales se les midió la masa fresca, el diámetro ecuatorial, el grosor de la corteza, el índice de grosor y el área de la sección transversal del fruto (ASTF). Los resultados mostraron que el ( $\Psi_{\text{tallos}}$ ) fue mucho más sensible a la disminución del agua en el suelo que el ( $\Psi_{\text{foliar}}$ ) y en cuanto a las variables del crecimiento de las hojas y los frutos, se encontró que en ambos órganos el efecto del estrés hídrico severo aplicado durante 51 días en la fase II del crecimiento del fruto prácticamente no limitó su crecimiento, ni el desarrollo final alcanzado.

*Key words:* *Citrus reticulata*, leaf water potential

*Palabras clave:* *Citrus reticulata*, potencial hídrico foliar

## INTRODUCCIÓN

Los cítricos son extensamente cultivados en el sureste español, en condiciones climáticas semiáridas, caracterizadas por veranos muy calurosos y una demanda evaporativa muy alta. La carestía de recursos hídricos en esta región constituye el factor principal que limita la expansión de la agricultura bajo regadío (1). Una propuesta

común para optimizar los recursos hídricos en áreas con estas características radica en la implementación de estrategias de Riego Deficitario Controlado (RDC) aplicando reducciones moderadas o severas de suministro de agua en una o más fases fenológicas del ciclo de desarrollo de las plantas (2).

Estas estrategias han permitido a los productores ahorrar agua e incrementar considerablemente el uso eficiente de este recurso en cultivos como el olivo (*Olea europaea* L.) (3, 4), en naranjo dulce (*Citrus sinensis* L.) (5), en melocotón (*Prunus persica* L.) (6), entre otros.

Muchos investigadores señalan que las respuestas de los cítricos al estrés hídrico dependen principalmente de la etapa fenológica del cultivo y los efectos diferentes que se han observado están estrechamente relacionados con el momento, duración, el estado fisiológico del cultivo,

Dr.C. José M. Dell'Amico Rodríguez, Investigador Titular del departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32700; Dr.C. Rafael Domingo Miguel, Catedrático; Dr.C. Alejandro Pérez Pastor, Director; Manuel García; María Peñalver; Francisco Villanueva y Pablo Puerto, Ingenieros Agrónomos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Murcia, España.

✉ amico@inca.edu.cu

la calidad del agua de riego, el genotipo y su grado de resistencia al estrés (7).

Es bien conocido que el déficit hídrico tiene efectos tanto a corto, como a largo plazo. Procesos relacionados con la apertura o el cierre estomático y la fotosíntesis pueden verse afectados en minutos, mientras que otros vinculados al crecimiento foliar y otros órganos de la planta pueden ser afectados por un período de meses.

En muchas investigaciones donde se han estudiado las respuestas de las plantas al estrés hídrico se han interesado en la respuesta fisiológica a corto plazo. Sin embargo, estos efectos solamente pueden tener una influencia mínima en el crecimiento en todo el ciclo de vida de la planta (8).

Atendiendo a lo expuesto anteriormente, el objetivo de este trabajo consistió en evaluar el efecto del estrés hídrico acumulado durante la fase II de crecimiento del fruto en diferentes variables del crecimiento foliar y desarrollo final de frutos de mandarina «Fortune».

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una plantación comercial de mandarina «Fortune», injertados sobre mandarina Cleopatra (*Citrus reshni* Hort. ex. Tanaka) situada en Miranda (Cartagena, Murcia, España). Los árboles de 18 años de edad dispuestos a un marco de plantación de 5 x 3 m, se regaron mediante un sistema de riego por goteo a partir de dos laterales por hilera de árboles y seis emisores de 4 L.h<sup>-1</sup>.árbol<sup>-1</sup>.

El clima fue típicamente mediterráneo con una evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) de 1443 mm, 295 mm de lluvia y un rango de temperaturas máximas entre 18 y 34°C durante el período experimental. Los datos climatológicos procedieron de una estación climática situada en las proximidades de la parcela experimental, perteneciente al Servicio de Información Agraria de Murcia.

El suelo muy pedregoso, de textura franco-arcillosa y el nivel medio de materia orgánica, está clasificado como Typic Petrocalcid (9). El agua de riego fue una mezcla de aguas procedentes del trasvase Tajo-Segura y de pozo. Todos los árboles recibieron idénticos cuidados agrícolas.

Se establecieron dos tratamientos de riego distribuidos según un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones de 15 árboles cada una. Cada réplica consistió en tres filas de cinco árboles y se consideraron los cinco de las filas centrales como área de cálculo. Los tratamientos de riego planteados fueron:

- 1- CTL «control» regado al 125 por ciento de la ET<sub>c</sub>. (evapotranspiración estándar del cultivo).
- 2- RDC «riego deficitario controlado» supresión del riego desde el 12 de agosto hasta el 3 de octubre, momento en que se alcanzó el valor de -2,5 MPa del potencial hídrico de tallo ( $\Psi_{\text{tallo}}$ ) a mediodía (estrés severo) posteriormente se regó igual al tratamiento CTL, hasta la cosecha.

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) se calculó utilizando los datos de una estación meteorológica cercana (aproximadamente a dos kilómetros de la plantación) y se empleó el método de FAO Penman-Monteith (10). La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET<sub>c</sub>) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

donde:

ET<sub>c</sub>= evapotranspiración del cultivo (mm.d<sup>-1</sup>)

K<sub>c</sub>= coeficiente del cultivo (adimensional)

ET<sub>o</sub>= evapotranspiración del cultivo de referencia (mm.día<sup>-1</sup>).

El coeficiente de cultivo K<sub>c</sub> empleado fue el informado por algunos autores para cítricos (11).

En el ensayo se consideró aplicar el 125 por ciento de la ET<sub>c</sub> como tratamiento control (CTL) con el objetivo de garantizar que los árboles en este tratamiento estuviesen bien regados y sin ninguna limitación hídrica.

Durante el período de estrés hídrico comprendido entre el 14 de agosto y el 3 de octubre (fase II del crecimiento del fruto) se realizaron nueve evaluaciones, donde se midió el potencial hídrico foliar ( $\Psi_{\text{foliar}}$ ) y el potencial hídrico de tallo ( $\Psi_{\text{tallo}}$ ) en tres plantas por réplica (18 medidas).

El  $\Psi_{\text{foliar}}$  se midió con cámara de presión (modelo 1000, PMS Instrument Co., Corvallis, Oregon, USA) entre las 10:00 y las 11:00 am, las hojas seleccionadas al azar se tomaron del tercio superior de las plantas, bien expuestas al sol y completamente desarrolladas, mientras que el  $\Psi_{\text{tallo}}$  se midió a mediodía solar (aproximadamente a las 13:00 horas). Para la medida de  $\Psi_{\text{tallo}}$  se cubrieron las hojas con una lámina de polietileno negro y posteriormente con papel aluminio, con una antelación mínima de dos horas. Las hojas, sanas y adultas, se seleccionaron de la parte sombreada del árbol y próximas al tronco. Estas medidas se realizaron atendiendo a la metodología descrita para evitar pérdidas de agua durante las medidas (12).

Se determinó la intensidad y duración del estrés hídrico como la integral de estrés hídrico ( $\Psi_{\text{int}}$ ), empleando las medidas de  $\Psi_{\text{tallo}}$  de acuerdo con la ecuación propuesta por (13) y modificada por (5, 14) para cuantificar los efectos del estrés hídrico en el crecimiento foliar y desarrollo final de los frutos (efecto a largo plazo).

$$\Psi_{\text{nt}} = \sum_{i=1}^{i=t} \left| \Psi_{i+1} (n_{i+1} - n_i) + \frac{1}{2} (\Psi_i - \Psi_{i+1}) (n_{i+1} - n_i) \right| \text{ (MPa día}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

donde:

$\Psi_{\text{int}}$  = integral de estrés

$\Psi_i, \Psi_{i+1}$  = valores de  $\Psi_{\text{tallo}}$  medidos en dos días de muestreo diferentes (i, i+1) y  $n_i, n_{i+1}$  los días correspondientes a dos días seriadados de muestreo.

En el cálculo del  $\Psi_{\text{int}}$  se emplearon los valores del  $\Psi_{\text{tallo}}$  en notación negativa, lo cual es correcto termodinámicamente, pero por conveniencia, la sumatoria de estos valores se expresó en valores absolutos.

A los 50 días de reiniciado el riego, se realizó un muestreo foliar, que consistió en coleccionar 90 hojas jóvenes completamente desarrolladas en cada tratamiento (tres

muestras de 30 hojas por repetición). Las hojas de cada muestra se lavaron primero en agua corriente, después en una solución de detergente comercial al 0,1 % v/v pasando los dedos índice y pulgar por toda la superficie de las hojas, se enjuagaron en agua corriente y por último se sumergieron en agua desionizada durante tres minutos y posteriormente se secaron con papel de filtro. A cada muestra se les evaluó la masa fresca (g), el área foliar (cm<sup>2</sup>) mediante un medidor de área foliar Li-Cor Li-3100C Area Meter. Además, se determinó el área foliar específica (cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>) y el contenido relativo de clorofilas (SPAD) mediante un Chlorophyll Meter SPAD-502 Konica Minolta Sensing INC. Japan.

En el momento de la cosecha se seleccionaron al azar 60 frutos por tratamiento, 20 por repetición, cosechados de la parte media de los árboles, en los que se evaluó la masa fresca (gramos), el diámetro ecuatorial (mm) medido en dos posiciones del fruto y el grosor de la corteza (mm) para ello se cortó el fruto por el diámetro ecuatorial y se realizaron medidas de la corteza en tres posiciones.

A partir de los valores del grosor de la corteza (mm) y del diámetro ecuatorial se calculó el índice de grosor mediante la fórmula:

Índice de grosor = grosor de la corteza (mm) \* 200 \* (ancho del fruto)<sup>-1</sup> (1). Además, se calculó el área de la sección transversal del fruto (ASTf) mediante la fórmula:

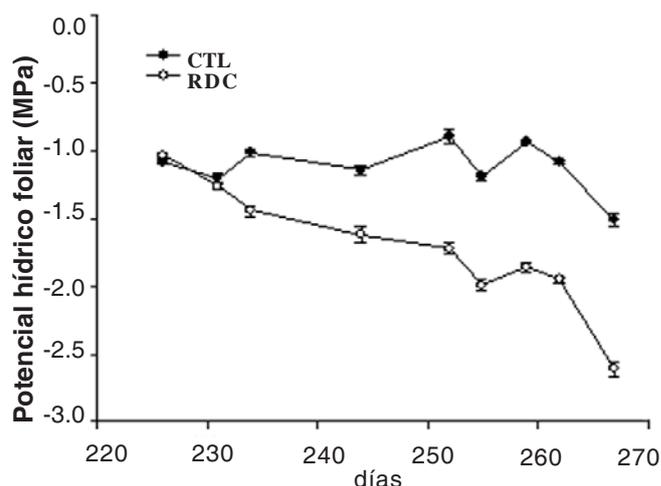
$$A.S.T.f. = \frac{\pi D^2}{4} \text{ (cm}^2\text{)} \rightarrow SI$$

Para el procesamiento de los datos y la comparación de medias, se utilizó el programa estadístico SPSS 10.0 para Windows. La graficación de los resultados se realizó mediante el programa SIGMA PLOT 10.0, y para ello se calculó el intervalo de confianza de las medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

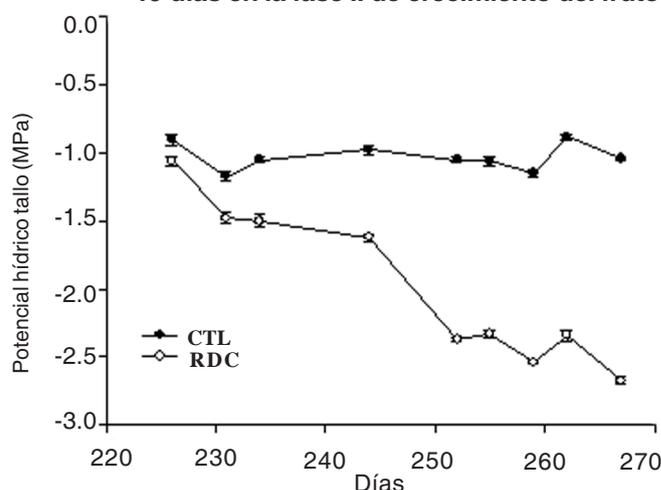
En relación con el estado hídrico de las plantas (Figura 1), se encontró que el  $\Psi_{\text{foliar}}$  de las plantas del tratamiento CTL estuvo alrededor de -1.0 MPa entre los días 225 y 262 (primeros 37 días de ensayo) y el valor más bajo -1.5 MPa se alcanzó a los 267 días, mientras que los valores de este indicador en las plantas del tratamiento RDC comenzaron a diferenciarse de las del CTL a partir de los 234 días (nueve días de suspensión del riego). Hasta el día 244 (primeros 19 días de estrés hídrico), las diferencias entre tratamientos se mantuvieron en el orden de -0.5 MPa a favor de las plantas CTL y a partir de este momento se incrementaron paulatinamente hasta alcanzar valores de -1.1 MPa al final del período de estrés hídrico.

En el caso del  $\Psi_{\text{tallo}}$  (Figura 2) desde el inicio de los tratamientos se presentaron diferencias significativas a favor de las plantas del CTL las que se mantuvieron hasta el día 244 con valores de -0.7 MPa. Posteriormente se produjo un descenso brusco en los valores de este indicador en las plantas del RDC que oscilaron entre -2.3 y -2.4 MPa y se mantuvieron hasta los 42 días, momento en el que se sobrepasan los -2.5 MPa (valor prefijado como culminación del estrés hídrico y reanudación del riego).



Las barras sobre las medias indican el intervalo de confianza

**Figura 1. Variaciones del  $\Psi_{\text{foliar}}$  en plantas de mandarina bien regadas (CTL) y sin riego (RDC) durante 46 días en la fase II de crecimiento del fruto**



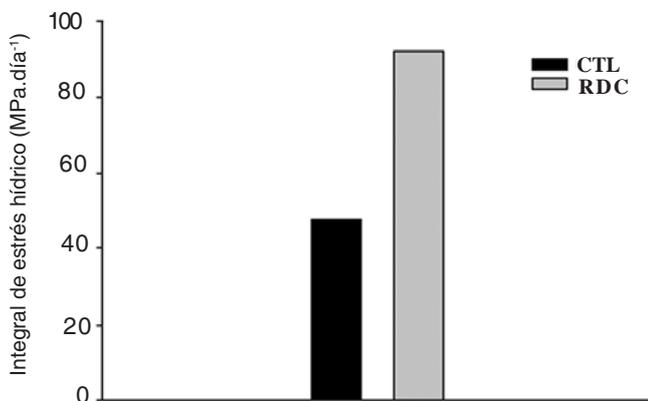
Las barras sobre las medias indican el intervalo de confianza

**Figura 2. Variaciones del  $\Psi_{\text{tallo}}$  plantas de mandarina regadas a 125 % de la ETc (CTL) y sin riego (RDC) durante 46 días de la segunda fase de crecimiento del fruto**

Resulta interesante destacar que a diferencia del  $\Psi_{\text{foliar}}$  en el  $\Psi_{\text{tallo}}$  fue donde primero se detectaron diferencias entre las plantas de ambos tratamientos, lo que demuestra que este indicador refleja mucho mejor la deficiencia de agua en el suelo que el  $\Psi_{\text{foliar}}$ . Entre las ventajas de su utilización se destaca, que su monitoreo en los frutales permite lograr que un estrés hídrico ligero (positivo), no se convierta en un estrés severo perjudicial.

Es por ello, que en un gran número de trabajos de investigación reconocen el  $\Psi_{\text{tallo}}$  como un indicador confiable del estado hídrico de las plantas, incluso ante condiciones ligeras de estrés, y ha sido frecuentemente utilizado como referencia en la programación del riego en diferentes especies frutales (5, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20).

En la Figura 3 se presentan los valores calculados del integral de estrés hídrico ( $\Psi_{\text{int}}$ ), donde se puede apreciar que este índice fue casi el doble en magnitud (aproximadamente 92 % más) en las plantas del RDC en relación con las del CTL, indicando la severidad y duración del estrés aplicado a estas plantas en la fase objeto de estudio.



**Figura 3. Valores del integral de estrés hídrico calculados a partir del  $\Psi_{\text{tallo}}$  en plantas bien regadas (CTL) y sin riego (RDC) durante un período de 46 días en la fase II de crecimiento del fruto**

Al analizar el efecto del tratamiento RDC en las variables del crecimiento foliar y el contenido relativo de clorofila (Tabla I) se encontró, que aunque en todos los indicadores evaluados los valores mayores correspondieron a las plantas del tratamiento CTL, las diferencias encontradas en relación con las plantas del tratamiento RDC fueron pequeñas y solamente se apreciaron diferencias estadísticamente significativas en el área foliar unitaria. Estos resultados evidencian que el estrés hídrico aplicado prácticamente no tuvo efecto a largo plazo en estos indicadores.

En trabajos similares realizados en diferentes especies forestales se encontró que en las plantas de los tratamientos que exhibieron valores más altos de integral de estrés hídrico la reducción del área foliar fue principalmente atribuida a una disminución de la tasa de emergencia de las hojas y no a reducciones en el tamaño promedio foliar (13, 21). Además, señalaron que un estrés hídrico moderado, mantenido durante un período largo de tiempo tuvo un efecto más negativo en el crecimiento de plántulas de *Eucalyptus maculata* y *E. brockwayi* que uno severo aplicado en un período corto de tiempo.

El efecto del tratamiento RDC en las variables del crecimiento de los frutos se presenta en la Figura 4, donde solamente se encontraron diferencias estadísticamente

significativas en la masa promedio (Figura 4A) a favor de las plantas del tratamiento CTL y en el índice de grosor (Figura 4D) a favor de las plantas del RDC, en otros indicadores como el diámetro ecuatorial (Figura 4B) y en el ASTf (Figura 4E) los valores más altos correspondieron a los frutos del CTL sin diferencias significativas en relación con los del RDC y; por otra parte, el mayor grosor de la corteza (Figura 4C) correspondió a los frutos del RDC.

En general, los resultados alcanzados en cuanto a las variables del crecimiento de los frutos, fueron muy similares a los obtenidos en las del crecimiento foliar, ya que en ambos órganos el efecto del estrés hídrico severo aplicado durante 51 días en la fase II del crecimiento del fruto ( $\Psi_{\text{int}} = 91.93 \text{ MPa}\cdot\text{día}^{-1}$ ) prácticamente no limitó el crecimiento foliar, ni el desarrollo final alcanzado por los frutos.

Resulta importante señalar, que en este experimento las plantas del RDC produjeron 10.7 % más gramos por planta y 21.35 % más frutos por planta que las del CTL (datos no mostrados).

En los cítricos las condiciones limitadas de riego son responsables de un número mayor de frutos pequeños debido al menor peso promedio de estos y de menor diámetro final (22). Por el contrario, trabajando con árboles de mandarina «Satsuma» se ha señalado que el tamaño del fruto no se afectó por la restricción de agua y que cualquier variación en el peso fresco y el diámetro de los frutos en los estados de desarrollo puede ser dependiente de la especie y varía considerablemente con el tiempo y severidad de los tratamientos de riego (23). Por otra parte, trabajando con plantas de mandarina «Clemenules» injertadas sobre dos patrones diferentes (Cleopatra y Carrizo), se encontró que las plantas sobre el patrón Cleopatra (el mismo que se utilizó en este trabajo) fueron mucho más eficientes en cuanto a la extracción de agua del suelo en condiciones de riego restringido (1). Además, estos árboles mantuvieron un *status* hídrico mejor y un intercambio gaseoso mucho más rápido durante el estrés hídrico y mayor recuperación posterior. Señalan también, que un estrés hídrico ligero en estas plantas estimuló el crecimiento vegetativo y un rendimiento mayor.

Al estudiar el impacto positivo de los tratamientos de RDC en el rendimiento y la calidad de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, «Salustiano», se propuso el valor 91,3 MPa como valor umbral de  $\Psi_{\text{int}}$  para esta especie, al no encontrar diferencias estadísticamente significativas en los valores de  $\Psi_{\text{tallo}}$  entre las plantas del tratamiento bien regado en el que se aplicó un estrés hídrico ligero (5).

**Tabla I. Efecto de los tratamientos en el crecimiento de las hojas y el contenido relativo de clorofila**

Tratamiento	Masa fresca foliar (g)		Área foliar (cm <sup>2</sup> )		Área foliar específica (cm <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> )	Contenido relativo de clorofila (Spad)
	Muestra	Unitaria	Muestra	Unitaria		
CTL	19.232	0.641	601.474	16.410	25.713	69.11
RDC	18.408	0.613	598.120	15.238	25.226	67.41
ESx	0.8576 ns	0.0029 ns	16.792 ns	0.3382*	1.2018 ns	0.8218 ns

\*Indican diferencias estadísticas significativas ( $\alpha \leq 0.05$ )

ns= no diferencias estadísticas significativas

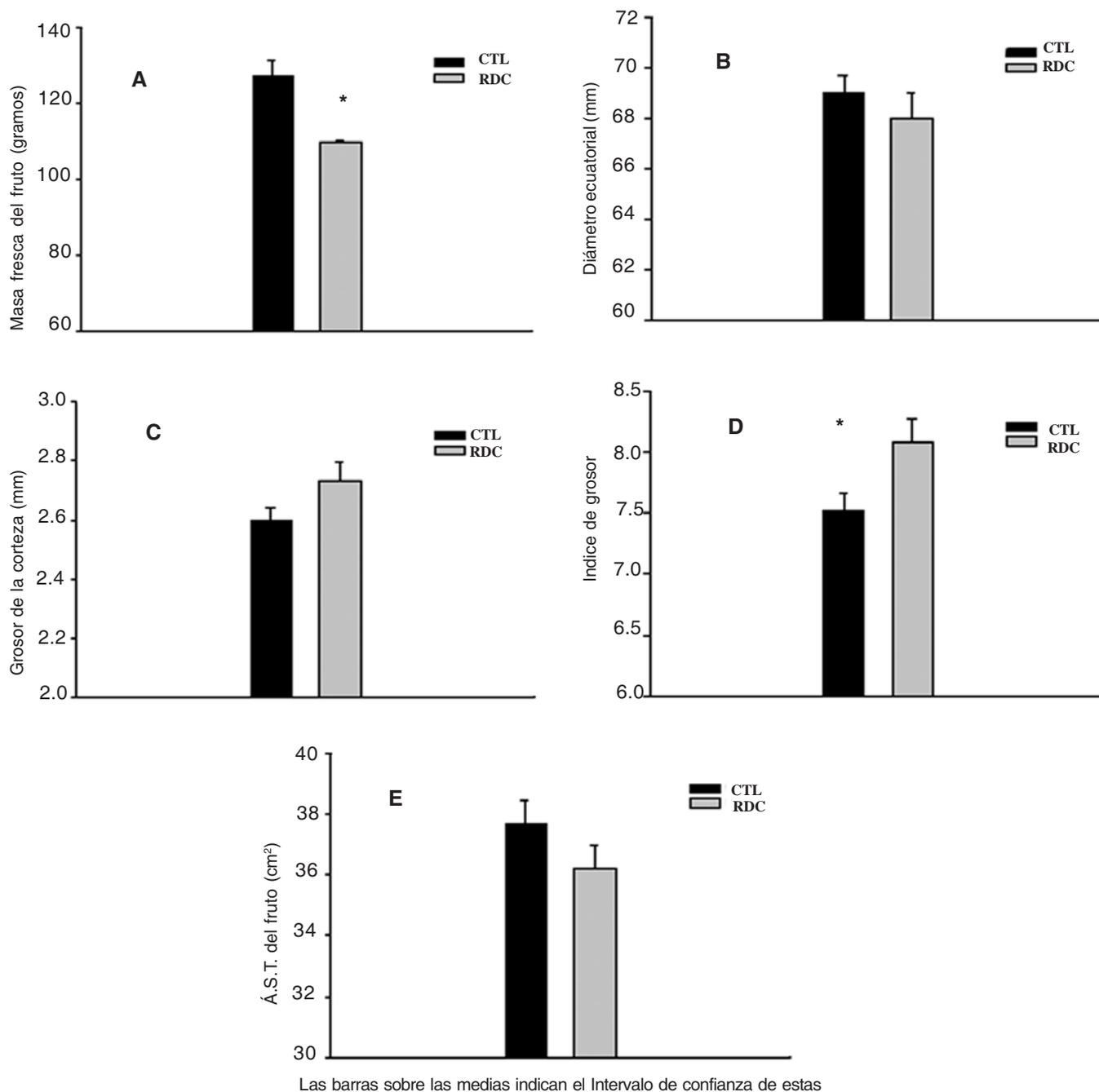


Figura 4. Impacto de la supresión del riego en la masa fresca (A), el diámetro ecuatorial (B), el grosor de la corteza (C), el índice de grosor (D) y el área de la sección transversal (E) de frutos de mandarina cv. Fortune

## CONCLUSIONES

Se puede señalar que el estrés hídrico severo aplicado durante 51 días en la fase II del crecimiento del fruto de mandarina «Fortune» no produjo ningún efecto negativo en las variables del crecimiento foliar y en los frutos evaluados, así como tampoco limitó el desarrollo final alcanzado por estos órganos.

## REFERENCIAS

- Romero, P.; Navarro, J. M.; Pérez-Pérez, J.; García-Sánchez, F.; Gómez-Gómez, A.; Porras, I.; Martínez, V. y Botía, P. Deficit irrigation and rootstock: their effects on water relations, vegetative development, yield, fruit quality and mineral nutrition of *Clemenules mandarin*. *Tree Physiology*, 2006, vol. 26, p. 1537-1548.
- Ali, M. H. y Talukder, M. S. U. Increasing water productivity in crop production-a synthesis. *Agricultural Water Management*, 2008, vol. 95, p. 1201-1213.

3. Selles, G.; Ferreyra, R.; Selles, I. y Lemus, G. Efecto de diferentes regímenes de riego sobre la carga frutal, tamaño de fruta y rendimiento del olivo cv. Sevillana. *Agricultura Técnica*, 2006 (enero-marzo), vol. 66, no. 1, p. 48-56.
4. Correa-Tedesco, G.; Rousseaux, M. C. y Searles, P. S. Plant growth and yield responses in olive (*Olea europaea*) to different irrigation levels in an arid region of Argentina. *Agricultural Water Management*, 2010, vol. 97, p. 1829-1837.
5. García-Tejero, I.; Jiménez-Bocanegra, J. A.; Martínez, G.; Romero, R.; Durán-Zuazo, V. H. y Muriel-Fernández, J. L. Positive impact of regulated deficit irrigation on yield and fruit quality in a commercial citrus orchard (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck, cv. salustiano). *Agricultural Water Management*, 2010, vol. 97, p. 614-622.
6. Conejero, W.; Ortuño, M. F.; Mellisho, C. D. y Torrecillas, A. Influence of crop load on maximum daily trunk shrinkage reference equations for irrigation scheduling of early maturing peach trees. *Agricultural Water Management*, 2010, vol. 97, p. 333-338.
7. García-Tejero, I.; Jiménez, J. A.; Reyes, M. C.; Carmona, A.; Pérez, R. y Muriel, J. L. Aplicación de caudales limitados de agua en plantaciones de cítricos del valle del Guadalquivir. *Fruticultura Profesional*, 2008, vol. 173, p. 5-16.
8. Passioura, J. B. Resistance to drought and salinity: avenues for improvement. *Aust. J. Plant. Physiol.*, 1986, vol. 13, p. 191-201.
9. Soil Survey Staff. Claves para la taxonomía de suelos. Dpto. de Agricultura de los Estados Unidos. Décima Edición. Versión al español, 2006, 331 p.
10. Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D. y Smith, M. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 1998, vol. 56, p. 299.
11. Castel, J. R. y Buj, A. Response of *Salustiana* oranges to high frequency deficit irrigation. *Irrig. Sci.*, 1990, vol. 11, p. 121-127.
12. Turner, N. C. Measurement of plant water status by the pressure chamber technique. *Irrigation Science*, 1988, vol. 9, p. 289-308.
13. Myers, B. J. Water stress integral –a link between short-term stress and long-term growth. *Tree Physiology*, 1988, vol. 4, p. 315-323.
14. García-Tejero, I.; Romero-Vicente, R.; Jiménez-Bocanegra, J. A.; Martínez-García, G.; Durán-Zuazo, V. H. y Muriel-Fernández, J. L. Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield, fruit quality, and water productivity. *Agricultural Water Management*, 2010, vol. 97, p. 689-699.
15. Marsal, J.; López, G.; Mata, M. y Girona, J. Branch removal and defruiting for the amelioration of water stress effects on fruit growth during Stage III of peach fruit development. *Scientia Horticulturae*, 2006, vol. 108, p. 55-60.
16. Intrigliolo, D. S. y Castel, J. R. Performance of various water stress indicators for prediction of fruit size response to deficit irrigation in plum. *Agricultural Water Management*, 2006, vol. 83, no. 1-2, p. 173-180.
17. Conejero, W.; Alarcón, J. J.; García-Orellana, Y.; Abrisqueta, J. M. y Torrecillas, A. Daily sap flow and maximum daily trunk shrinkage measurements for diagnosing water stress in early maturing peach trees during the post-harvest period. *Tree Physiology*, 2007, vol. 27, no. 1, p. 81-88.
18. Ortuño, M. F.; García-Orellana, Y.; Conejero, W.; Pérez-Sarmiento, F. y Torrecillas, A. Assessment of maximum daily trunk shrinkage signal intensity threshold values for deficit irrigation in lemon trees. *Agric. Water Manage*, 2008, doi:10.1016/j.agwat.2008.07.001.
19. Badal, E.; Buesa, I.; Guerra, D.; Bonet, L.; Ferrer, P. y Intrigliolo, D. S. Maximum diurnal trunk shrinkage is a sensitive indicator of plant water stress in Diospyros kaki (Persimmon) trees. *Agricultural Water Management*, 2010, doi:10.1016/j.agwat.2010.08.007.
20. Intrigliolo, D. S.; Nicolás, E.; Bonet, L.; Ferrer, P.; Alarcón, J. J. y Bartual, J. Water relations of field grown Pomegranate trees (*Punica granatum*) under different drip irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 2011, vol. 98, p. 691-696.
21. Myers, B. J. y Landsberg, J. J. Water stress and seedling growth of two eucalypt species from contrasting habitats. *Tree Physiology*, 1989, vol. 5, p. 207-218.
22. Treeby, M. T.; Henriod, R. E.; Bevington, K. B.; Milne, D. J. y Storey, R. Irrigation management and rootstock effects on navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit quality. *Agricultural Water Management*, 2007, vol. 91, p. 24-32.
23. Peng, Y. H. y Rabe, E. Effect of differing irrigation regimes on fruit quality, yield, fruit size and net CO<sub>2</sub> assimilation of «Mihowase» Satsuma. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 1998, vol. 73, p. 229-234.

Recibido: 8 de noviembre de 2011

Aceptado: 5 de junio de 2012

### ¿Cómo citar?

Dell' Amico Rodríguez, José M.; Domingo Miguel, Rafael; Pérez Pastor, Alejandro; García, Manuel; Peñalver, María; Villanueva, Francisco y Puerto, Pablo . Efecto del estrés hídrico en el desarrollo final del fruto de mandarina 'Fortune'. *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 3, p. 63-68. ISSN 1819-4087