

Circadian rhythms of plant water indicators in citrus

Ritmos circadianos de indicadores hídricos de planta en cítricos

A.B. Mira-García^{1*}, W. Conejero¹, J. Vera¹, M.C. Ruiz-Sánchez¹, C. Romero-Trigueros^{1,2}, J.M. Bayona¹, P.A. Nortés¹, J.J. Alarcón¹, E. Nicolás¹

¹Departamento de Riego, CEBAS-CSIC, Campus Universitario de Espinardo, 30100 Murcia. Spain.

²Department of Agricultural & Environmental Sciences, Universidad degli Studi di Bari, Vía Amendola 165A, Bari. Italy.

*abmira@cebas.csic.es

Abstract

The main objective of the work was to evaluate the diurnal courses of plant water status indicators for precision irrigation of: (I) young lime trees (*Citrus latifolia* Tan., cv. Bearss) grown under two growing conditions: open air and shade net, and (II) adult grapefruit trees (*Citrus paradisi* Macf., cv. Star Ruby) irrigated with two different quality water: Tagus-Segura transfer water (EC \approx 1 dS/m) and regenerated saline water (EC \approx 3.5 dS/m). Plant water status indicators showed circadian rhythms in all the studied conditions. Lime plants cultivated under shading net presented higher stomatal conductance and net photosynthesis than plants cultivated in the open air. Slight differences were found in stem water potential and canopy temperature between both cropping conditions. Grapefruit plants irrigated with regenerated saline water showed lower values of gas exchange and stem water potential, and a higher canopy temperature. In conclusion, the shading conditions significantly affected the stem water potential and gas exchange, favouring the absorption of CO₂. Plants irrigated with saline regenerated water showed a worse water status as a result of the high concentration of salts in the soil, which made water absorption by the plant difficult.

Keywords: canopy temperature; leaf water relations; lime trees; grapefruit trees.

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar los ritmos diarios de indicadores del estado hídrico de la planta, para la programación del riego de: (I) limeros (*Citrus latifolia* Tan., cv. Bearss) jóvenes cultivados al aire libre y bajo malla de sombreo, y (II) pomelos (*Citrus paradisi* Macf., cv. Star Ruby) adultos regados con agua de diferente calidad: agua del trasvase (CE \approx 1 dS/m) y agua salina regenerada (CE \approx 3,5 dS/m). Los indicadores mostraron un ritmo circadiano similar en todas las condiciones ensayadas. Los limeros cultivados bajo malla de sombreo presentaron una mayor conductancia estomática y fotosíntesis neta que los cultivados al aire libre. El potencial hídrico de tallo y la temperatura de copa fueron similares en ambas condiciones. Los pomelos regados con agua salina regenerada mostraron valores más bajos de intercambio gaseoso y potencial hídrico de tallo, y una temperatura de copa mayor. En conclusión, las condiciones de sombreo afectaron de forma significativa al intercambio gaseoso, favoreciendo la absorción de CO₂. Las plantas regadas con agua regenerada salina mostraron un peor estado hídrico, resultado de que la alta concentración de sales presente en el suelo dificultó la absorción de agua por la planta.

Palabras clave: temperatura de la copa; relaciones hídricas en hoja; limeros; pomelos.

1. INTRODUCCIÓN

España es el productor de cítricos más importante de la unión europea (6.882,0 Mt) y el primer exportador en el mundo (4,1 Mt) (1). En la Región de Murcia las especies cítricas cultivadas tradicionalmente son: limón (555.760 t), naranja (137.345 t) y mandarina (123.800 t). La producción en la región de otras especies cítricas como la lima y el pomelo, aunque es minoritaria (530 y 28.762 t, respectivamente) (2), permite diversificar y ampliar la oferta cítrica nacional e internacional.

En los próximos años, como consecuencia del cambio climático, se prevé un aumento de la limitación de recursos hídricos. El uso de indicadores fisiológicos del estado hídrico en la programación del riego junto a la aplicación de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) permite aumentar la eficiencia de uso del agua. Estos indicadores permiten conocer el estado hídrico de la planta a través de las variaciones de ciertos parámetros fisiológicos como: potencial hídrico (Ψ), intercambio gaseoso (conductancia estomática, g_s y fotosíntesis neta, F_n) o las fluctuaciones del diámetro del tronco (FDT) entre otros, pudiendo en base a ello ajustar la dosis del riego. El uso de la temperatura de la cubierta vegetal (T_c) como indicador de estado hídrico está en auge en los últimos años resultado del desarrollo de la termografía de infrarrojos. Previo al uso de estos indicadores en la programación del riego se hace necesario evaluar su capacidad para detectar en situaciones de estrés hídrico. Por ello, el objetivo del trabajo es evaluar las variaciones diarias de diferentes indicadores de estado hídrico en: (I) limeros jóvenes cultivados al aire libre y bajo malla de sombreo, y (II) pomelos adultos regados con agua de diferente calidad: del trasvase y salina regenerada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una parcela de 1,2 ha de limeros jóvenes (*Citrus latifolia* Tan., cv. Bearss) en la finca experimental del CEBAS, en Santomera (Murcia), y en una parcela de 1 ha de pomelos adultos (*Citrus paradisi* Macf., cv. Star Ruby), en la finca comercial "Lo Montero" en Molina de Segura (Murcia). Las limas estaban plantadas en mesetas a un marco de 6 m x 5 m y los pomelos sin meseta a un marco de 6 m x 4 m. Ambos cultivos estaban injertados sobre *Citrus macrophylla* L. y el sistema de riego localizado consistió en un doble lateral de riego en limeros y un simple lateral de riego en pomelos con 4 goteros de 4 L h⁻¹ por árbol. En limeros el riego fue automatizado (3) hasta completar sus necesidades hídricas, y se evaluaron 2 condiciones de cultivo: aire libre y bajo malla (coeficiente de sombreo del 24 %) en parcelas de 60 árboles cada una. En pomelos se establecieron 2 tratamientos de riego, ambos regados al 100 % ET_c (ET_c=ET₀*K_c, ET₀ de la ecuación de Penman-Monteith (4) y K_c (5)), con dos fuentes de agua: agua del trasvase Tajo-Segura (AT) conductividad eléctrica (CE≈1 dS m⁻¹) y agua regenerada salina (AR) procedente de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de Molina de Segura (CE≈3,5 dS m⁻¹).

En dos días típicos de verano de 2018 se realizaron medidas discretas (cada 1-2 h) del potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) y del intercambio gaseoso foliar (fotosíntesis neta (F_n) y conductancia estomática (g_s)). El Ψ_{tallo} se midió con una cámara de presión en hojas maduras localizadas en la cara sombreada del árbol, las cuales fueron tapadas al menos dos horas antes de la medida (6). El intercambio gaseoso se determinó con un medidor portátil de fotosíntesis en hojas maduras situadas en la cara soleada del árbol. También se midió de forma continua la temperatura de la copa (T_c) con termo-radiómetros de infrarrojos instalados a una distancia de ≈0,5 m sobre la copa. Las medidas se realizaron en 4 árboles por condición de cultivo o tratamiento de riego. A partir de la medida de T_c se calculó la diferencia entre la temperatura de la copa y la del aire (T_c-T_a). Las condiciones meteorológicas fueron registradas por unas estaciones climáticas situadas en las propias fincas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cultivo del limero se observó que Ψ_{tallo} fue similar en ambas condiciones de cultivo durante la mañana, mientras que por la tarde fue ligeramente diferente, mostrando las plantas cultivadas bajo malla de sombreo valores más negativos de Ψ_{tallo} que las plantas cultivadas al aire libre (Fig. 1B). Esto se debe a que Ψ_{tallo} es muy dependiente de la demanda evaporativa atmosférica y en ese momento del día el déficit de presión de vapor (DPV) fue mayor en condiciones de sombreo (Fig. 1A). García-Orellana et al. (7) también observaron una alta correlación entre Ψ_{tallo} y DPV. En cambio, el intercambio gaseoso fue significativamente diferente, mostrando las plantas cultivadas bajo malla de sombreo un 54 % más de g_s acumulada diaria (Fig. 1C). Los valores medios diarios de F_n también fueron mayores (37 %) en las plantas cultivadas bajo malla de sombreo (Fig. 1E). Este aumento en el intercambio gaseoso podría ser debido a que las plantas estaban expuestas a una menor radiación PAR (Fig. 1A) y estas condiciones no saturantes de PAR ($<1.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ durante todo el día) permitieron que los estomas permanecieran abiertos por más tiempo (Fig. 1C), favoreciendo la absorción de CO_2 . La temperatura de la copa fue similar en ambas condiciones de cultivo a lo largo del día, excepto a mediodía solar cuando T_c fue $2,7 \text{ }^\circ\text{C}$ mayor en las plantas cultivadas bajo malla de sombreo (Fig. 1D). Blakey et al. (8) observaron un incremento del 10 % en la máxima T_c en aguacate en condiciones de sombreo. Sin embargo, la diferencia de temperatura entre la copa y el aire ($T_c - T_a$) fue menor en las plantas cultivadas en condiciones de sombreo (Fig. 1F). Estos valores más bajos de $T_c - T_a$ están relacionados con un mayor grado de refrigeración de la hoja, debido al incremento de g_s en las plantas cultivadas bajo malla de sombreo (Fig. 1C).

En el cultivo del pomelo, Ψ_{tallo} fluctuó entre $-0,5$ y $-1,5$ MPa, con valores más negativos en las plantas regadas con agua salina regenerada (Fig. 2B), consecuencia de la elevada concentración de sales en el suelo, que dificultó la absorción de agua por la planta (9), repercutiendo negativamente en su estado hídrico. El ciclo diario de g_s y F_n fue similar en ambos tratamientos, con valores máximos al inicio y final del día y mínimos a mediodía solar, oscilando g_s entre 20 y $75 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y F_n entre 2 y $8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. En las plantas regadas con AR, g_s también fue menor (Fig. 2C), lo que podría disminuir la absorción de CO_2 y consecuentemente la fotosíntesis, que se redujo a mediodía solar a niveles muy bajos ($2,62 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Fig. 2E). Una reducción, aunque no significativa, del intercambio gaseoso (g_s y F_n) se ha encontrado en mandarinos regados con AR (10). La reducción del intercambio gaseoso en las plantas regadas con AR favoreció el aumento de T_c , especialmente a mediodía solar cuando fue $2,2 \text{ }^\circ\text{C}$ mayor en las plantas regadas con AR (Fig. 2D), mostrando una mayor diferencia de temperatura entre la copa y el aire ($T_c - T_a$) a lo largo de todo el día, con una diferencia máxima diaria de $0,95 \text{ }^\circ\text{C}$.

4. CONCLUSIONES

Los indicadores de estado hídrico resultaron afectados por las condiciones de cultivo y por la calidad del agua de riego. Las condiciones de sombreo afectaron de forma significativa al intercambio gaseoso y la temperatura de la copa, favoreciendo la absorción de CO_2 en limeros. Los pomelos regados con agua regenerada salina mostraron un peor estado hídrico (potencial hídrico, intercambio gaseoso y temperatura de copa) resultado de que la alta concentración de sales presente en el suelo dificultó la absorción de agua por la planta. El registro continuo y automático de la temperatura de la copa, convierte este indicador en una prometedora herramienta para la programación del riego de precisión en cítricos.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con proyectos del Plan Nacional AEI-Fondos FEDER-UE (AGL2016-77282-C03-1R) y de la fundación Séneca de la Región de Murcia (19903/GERM/15).

6. REFERENCIAS

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Citrus Fruit: fresh and processed. Statistical Bulletin 2017 [Internet]. 2017. Available from: <http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/citricos/es>
2. Centro Regional de Estadística de Murcia (CREM). Estadísticas Agricultura, Ganadería, Selvicultura y Pesca. Evolución de la producción agrícola según tipo de cultivo. 2018 [Internet]. 2018. Available from: <http://econet.carm.es/web/crem/inicio/-/crem/sicrem/PU590/sec23.html>
3. Vera J, Conejero W, Conesa MR, Ruiz-Sánchez MC. Irrigation factor approach based on soil water content: a nectarine orchard case study. *Water*. 2019;11(3):589.
4. Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M, Ab W. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements [Internet]. Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO. Rome; 1998. 300 p.
5. Pedrero F, Maestre-Valero JF, Mounzer O, Nortes PA, Alcobendas R, Romero-Trigueros C, et al. Response of young 'Star Ruby' grapefruit trees to regulated deficit irrigation with saline reclaimed water. *Agric Water Manage*. 2015;158:51-60.
6. Hsiao TC. Measurements of plant water status. In: Eds. B A Stewart and D R Nielsen, editor. *Irrigation of Agricultural Crops* (Monograph no 30). Madison: American Society of Agronomy. 1990. p. 243-79.
7. García-Orellana Y, Ortuño MF, Conejero W, Ruiz-Sánchez MC. Diurnal variations in water relations of deficit irrigated lemon trees during fruit growth period. *Spanish J Agric Res*. 2013;11(1):137-45.
8. Blakey, R.J., van Rooyen, Z., Köhne, J.S., Malapana, K.C., Mazhawu, E., Tesfay, S.Z., Savage MJ. Growing avocados under shade netting. Progress Report-Year 2. Grow Assos Year B. 2016;38:80-3.
9. Mounzer O, Pedrero-Salcedo F, Nortes PA, Bayona JM, Nicolás-Nicolás E, Alarcón JJ. Transient soil salinity under the combined effect of reclaimed water and regulated deficit drip irrigation of mandarin trees. *Agric Water Manage*. 2013;120(1):23-9.
10. Nicolás E, Alarcón J, Mounzer O, Pedrero F, Nortes P, Alcobendas R. Long-term physiological and agronomic responses of mandarin trees to irrigation with saline reclaimed water. *Agric Water Manage*. 2016;166:1-8.

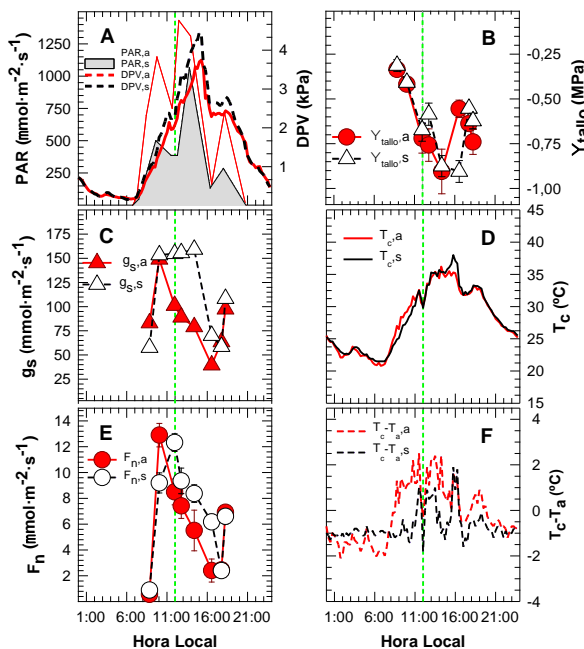


Figura 1. Evolución diaria de: radiación PAR y déficit de presión de vapor (DPV) (A), potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) (B), conductancia estomática (g_s) (C), temperatura de la copa (T_c) (D) fotosíntesis neta (F_n) (E) y diferencia de temperatura entre la copa y el aire (T_c-T_a) (F) en limeros jóvenes cultivados al aire libre (a) y bajo malla de sombreo (s). Agosto 2018.

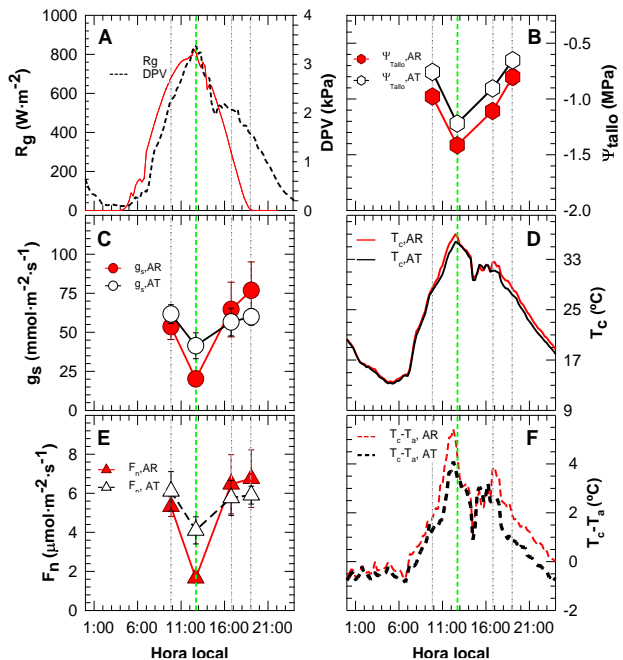


Figura 2. Evolución diaria de: radiación global (R_g), déficit de presión de vapor (DPV) (A), potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) (B), conductancia estomática (g_s) (C), temperatura de la copa (T_c) (D) fotosíntesis neta (F_n) (E) y diferencia de temperatura entre la copa y el aire (T_c-T_a) (F) en pomelos adultos regados con agua del trasvase (AT) y regenerada salina (AR). Agosto 2018.