

Estudio de las relaciones hídricas y productividad en mandarino ‘Fortune’ sometido a riego deficitario controlado

Conesa MR.; de la Rosa JM.; Pagán E.; Corbalán M.; García M.; Domingo R., Pérez-Pastor A.

¹Universidad Politécnica de Cartagena, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica.

Dpto. Producción Vegetal.

Paseo Alfonso XIII, 48. 30203. Cartagena (Murcia).

Teléfono: 968 32 7094

E-mail: charo.conesa@upct.es

Resumen. Con el objetivo de conocer el efecto del riego deficitario controlado sobre la productividad del mandarino ‘Fortune’, se estudiaron las relaciones hídricas en base a medidas continuas mediante sensores (dendrómetros: MCD y TCD) e in situ con cámara de presión (Ψ) y CIRAS II (F_n y g_s) durante la campaña 2009/2010. Los resultados obtenidos demuestran la sensibilidad de estos indicadores para ser utilizados con fines de programación. Por otra parte, el déficit aplicado en el tratamiento deficitario (T_{RDC}) supuso un ahorro de agua del 10% respecto T_{CTL} y un 20% respecto a T_{FINCA} , sin encontrar diferencias significativas entre ellos, ya que los valores más bajos (no significativos) de producción de T_{RDC} se debieron a un mayor aclareo de frutos afectados por *Alternaria* sp. en dicho tratamiento.

1 Introducción

Actualmente los cítricos se cultivan ampliamente en climas semiáridos donde la escasez de los recursos hídricos supone un recurso limitado para la agricultura. En estas condiciones, los cítricos presentan importantes reducciones de su rendimiento por lo que este cultivo sólo es rentable con la aplicación del riego. El empleo de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) consiguen mejorar la eficiencia de uso del agua y optimizar los recursos hídricos (Chalmers *et al.*, 1986). El RDC se fundamenta en reducir los aportes hídricos durante determinados momentos del ciclo de cultivo, en los que dicha reducción no afecte ni a la producción ni a la calidad de la cosecha, cubriendo plenamente las necesidades hídricas durante los denominados “periodos críticos” o estados fenológicos de mayor sensibilidad al déficit hídrico.

La programación del riego en base a indicadores del estado hídrico del cultivo es una práctica cada vez más extendida, debido a su potencial de automatización en la gestión del riego. El objetivo del presente trabajo es evaluar la influencia de cada uno de ellos, desde un punto de vista agronómico, en mandarinos adultos var. ‘Fortune’ sometidos a estrategias de riego deficitario controlado.

2 Material y métodos

2.1 Características de la parcela experimental.

El ensayo se realizó en una explotación comercial de mandarino cv. Fortune (Clementina x mandarina Dancy (*Citrus clementina* Hort. Ex. Tanaka x *Citrus reticulata* Blanco)), injertado sobre Cleopatra (*Citrus reshni* Hort. ex. Tanaka), situada en La Palma (Cartagena), durante el periodo (agosto 2009 - agosto 2010). Los árboles plantados a 6 m x 4

m, se regaron a partir de un sistema de riego por goteo con dos líneas portagoteros por fila de árboles con 4 goteros de 4 L h⁻¹ por árbol y 2 goteros de 2 L h⁻¹. La climatología durante el periodo de estudio se caracterizó por ser especialmente lluviosa (678 mm), presentando una evapotranspiración de referencia (ET_o Penman-Monteith) de 1202 mm. El agua de riego que procedía de una mezcla de agua desalada con agua del trasvase Tajo-Segura presentó una CE_{25°C} de 1,42 dS m⁻¹ y un pH≈8.

2.2 Descripción de los tratamientos de riego ensayados.

Tres tratamientos de riego fueron aplicados: (i) un tratamiento control (T_{CTL}) regado para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo durante todo el ciclo, (ii) un tratamiento de riego deficitario controlado (T_{RDC}) regado al 50% de T_{CTL} desde el inicio del ensayo (1 agosto) hasta finales de octubre (23 octubre) y desde el 1 de febrero hasta la cosecha (1 marzo), y al 70% desde el 1 de julio hasta el final del ensayo y (iii) un tratamiento regado según el criterio del propio agricultor (T_{FINCA}). Las dosis de riego se determinaron semanalmente a partir de la ET_o Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), coeficiente de cultivo (Kc) (Doorenbos y Pruitt, 1986) y factor de corrección (Kr) en función del área sombreada por el cultivo (Feres *et al.*, 1981). Todos los árboles recibieron idénticos cuidados agrícolas.

2.3 Medidas realizadas.

El potencial de tallo al mediodía (Ψ_t) se determinó con cámara de presión (Soil Moisture Equipment Corp, modelo 3000). Los niveles de conductancia estomática y fotosíntesis neta se midieron a partir de las 9.00 h con un medidor (CIRAS-2, PPsystem) en hojas sanas seleccionadas del tercio medio de las ramas y situadas al sol, a concentración ambiente de CO₂ (350 ± 5 mmol mol⁻¹

¹), saturación de luz (radiación fotosintéticamente activa, PAR≈ 1200 mmol m⁻² s⁻¹) y a una temperatura foliar cercana a 30°C.

Las variaciones micrométricas del diámetro de tronco se determinaron en 6 árboles testigo de los tratamientos T_{CTL} y T_{RDC}, usando sensores LVDT (Solartron Metrology, Mod. DF±2.5 mm, Bognor Regis, UK) instalados en el tronco por encima del punto de injerto (30 cm). Los valores de la MCD (máxima contracción diaria de diámetro de tronco) se calcularon por diferencia entre el diámetro máximo diario registrado a primeras horas de la mañana y el diámetro mínimo registrado durante la tarde (Goldhamer y Fereres, 2001). Los valores de TCD (tasa de crecimiento diaria de tronco) se determinaron por diferencia del máximo valor de diámetro de tronco de dos días consecutivos.

El cálculo estadístico se realizó partir del análisis de la varianza (ANOVA) y pruebas de comparación múltiples a un nivel de significación del 95%. El programa utilizado fue (IBM SPSS Statistics v.19.0).

3 Resultados y Discusión

Al inicio del ensayo, la ETo disminuyó (Fig.1A) alcanzando valores mínimos en enero (1,36 mm día⁻¹) y máximos en verano (5,3 mm día⁻¹). Las temperaturas llegaron a superar los 31 °C durante el mes de agosto. El déficit de presión de vapor (DPV) y la radiación neta siguieron una tendencia similar. Las precipitaciones tuvieron lugar principalmente en primavera y otoño, registrando los días 27 y 28 de septiembre valores de 116 y 170 mm, respectivamente.

T_{CTL} mostró valores de Ψ_t próximos a -1,00 MPa (Fig.1C) durante el período de estudio, indicando condiciones no limitantes de agua en el suelo (Vélez *et al.*, 2007). Las máximas diferencias entre T_{RDC} y T_{CTL} se dieron a mediados de julio (≈ 0,5 MPa), coincidiendo con reducciones de riego del 50%. La reanudación del riego al 100% T_{CTL} produjo un rápido incremento de Ψ_t llegando a superar los valores de T_{CTL} (Domingo *et al.*, 1994). La disminución de Ψ_t desde finales de diciembre hasta principios de febrero en todos los tratamientos ensayados está asociado a bajas temperaturas en la zona radicular (Pagán *et al.*, 2006).

Los valores de F_n y g_s describen una tendencia estacional que registra los mayores valores en otoño y primavera y disminuyen en verano e invierno, cuando las variables climáticas registran valores extremos (Fig. 1B, C). La ligera disminución de F_n en T_{RDC} respecto a T_{CTL}, asociada a una disminución de los valores de g_s y Ψ_t, es una característica de adaptación a la sequía en especies sometidas a riego deficitario (Ehleringer y Cook, 1984). Los elevados valores de F_n y g_s los días 15 de septiembre y 26 de enero (≈ 7-9 μmol m⁻² s⁻¹, 150-180 mmol m⁻² s⁻¹, respectivamente) coinciden con días de pluviometría moderada y baja demanda evaporativa

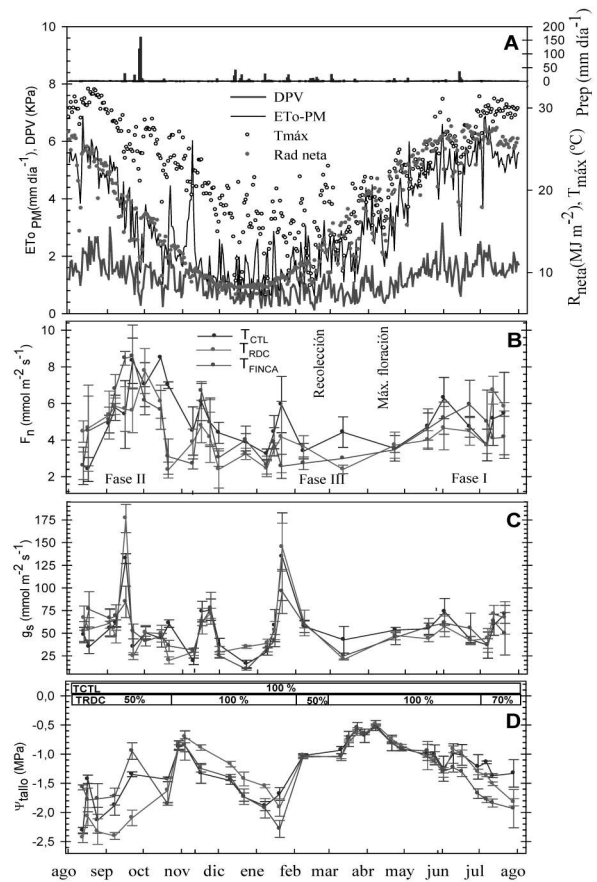


Fig. 1.- Evolución de la ETo Penman-Monteith, déficit de presión de vapor (DPV), radiación neta (MJ m⁻²), T_{máx} (°C) y lluvia (mm) desde 1 de agosto 2009 hasta 1 de agosto de 2010 (A); evolución estacional de la fotosíntesis neta (F_{net}, μmol m⁻² s⁻¹) (B); evolución estacional de la conductancia estomática (g_s, mmol m⁻² s⁻¹) (C); evolución estacional del potencial hídrico de tallo a mediodía (Ψ_t) en los 3 tratamientos de riego. Las barras verticales indican los porcentajes de riego aplicados (A). Cada punto corresponde a la media de 6 hojas por tratamiento. Las barras verticales indican el error estándar. Las líneas discontinuas delimitan los periodos fenológicos.

Los valores diarios de MCD en T_{RDC} fueron ligeramente superiores a los de T_{CTL} antes de la cosecha (1 marzo), y significativamente diferentes al final del ensayo (T_{RDC}-70%) (Fig.2A). Esto es debido a que el déficit hídrico induce un aumento en los valores diarios de MCD ante condiciones de estrés hídrico (Ortuño *et al.*, 2006). Dicha conducta se mantiene hasta que se sobrepasan valores umbrales de potencial (Ψ_t=1,6 MPa, Pagán *et al.*, 2006) ya que a partir de ese nivel los valores de la MCD disminuyen. Este hecho, sumado a que el suelo es altamente retentivo, explica que al inicio del ensayo con T_{RDC}-50% no se observó un aumento en T_{RDC}. TCD disminuye al inicio del ensayo a valores casi nulos en ambos tratamientos (Fig. 2B), lo que indica un exceso de agua en el suelo, debido a las precipitaciones acaecidas durante el periodo de estudio. En verano T_{CTL} crece en menor medida que T_{RDC}. Esto puede deberse a una mayor demanda de azúcares de T_{CTL} que en T_{RDC}, lo que determina una redistribución de los productos de la fotosíntesis inhibiendo el crecimiento vegetativo.

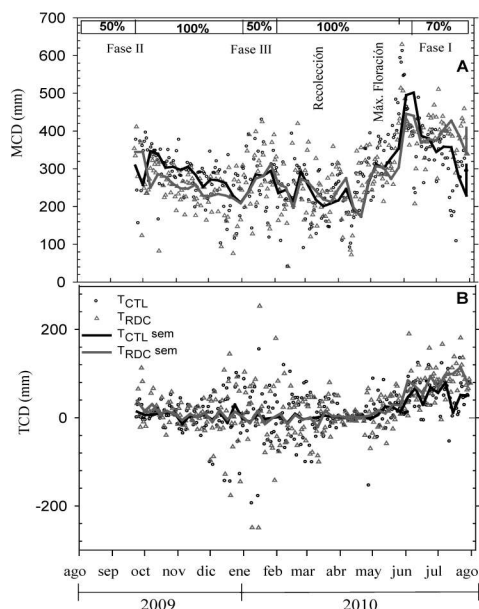


Figura 2.- Evolución de la tasa de crecimiento del tronco (TCD) y de la máxima contracción diaria del tronco (MCD) en los diferentes tratamientos de riego durante el periodo de estudio. Los puntos representan las medias de los valores diarios. Las líneas continuas representan las medias semanales. La barra vertical indica los porcentajes de riego aplicado en T_{RDC} .

Los valores de producción de T_{RDC} fueron más bajos que T_{CTL} y T_{FINCA} , aunque no significativos (Tabla 1).

Tabla 1. Influencia de los tratamientos de riego en la producción, eficiencia productiva y eficiencia del uso del agua en mandarina "Fortune" durante el periodo de estudio.

	T_{CTL}	T_{RDC}	T_{FINCA}
Riego aplicado (m^3/ha)	5716	5107	6410
Ahorro de agua respecto a T_{CTL} (%)		10	-12
Producción (Kg/ha)	29,57 a	18,64 a	25,63 a
1er aclareo: n° frutos elim/árbol (24/11/2009)	67,6 a	27,4 b	45,7 c
2º aclareo: n° frutos elim.árbol (08/02/2009)	55,7 a	89,8 b	0
Nº frutos/árbol	572 a	366 a	455 a
Peso medio fruto (g)	125,3 a	128,6 a	146,6 a
Eficiencia productiva (Producción/SST*) (Kg/cm ²)	0,46 a	0,16 a	0,22 a
E.U.A** (kg/m ³)	5,16	3,65	3,98

*: Sección transversal del tronco. **: Eficiencia de uso del agua. Valores medios por tratamiento seguido de letras minúsculas diferentes en la misma fila, indican diferencias significativas entre tratamientos según el test de rango múltiple de Duncan ($P < 0,05$).

Esto podría deberse a que los árboles de T_{RDC} tuvieron mayor aclareo por la aparición del hongo *Alternaria sp.* Además, aunque sin diferencias significativas se vió reducido el número de frutos por árbol, pero no el peso medio de éstos. La eficiencia productiva y la E.U.A de T_{RDC} y T_{FINCA} fueron menores que T_{CTL} . El hecho de que no se observen diferencias significativas entre tratamientos puede ser debido a la variabilidad entre repeticiones, a las prácticas culturales (anillado) y a la carga productiva del año anterior.

4 Conclusiones

Se confirma la idoneidad de los indicadores de estrés estudiados para uso en programación de riegos. No existieron diferencias importantes entre tratamientos en los parámetros productivos. Sin embargo el ahorro de agua obtenido de T_{RDC} fue del 10% y del 20% respecto T_{CTL} y T_{FINCA} , respectivamente.

Agradecimientos

Agradecer a la finca experimental CEREZUELA (S.A.T) por poner a nuestra disposición los medios necesarios para la realización de este trabajo y a la Consejería de Agricultura y Agua por su financiación.

Referencias

- [1] Allen R., Pereira L., Raes D., Smith M (1998). Crop Evapotranspiration. FAO irrigation and drainage. pp.56
- [2] Chalmers D.J., Burge G., Jerie P.H., Mitchell P.D., (1986). The mechanism of regulation of "Bartlee" pear fruit and vegetative growth by irrigation withholding and regulated deficit irrigation. Plant Physiol. 15: 633-639.
- [3] Doorembos J., Pruitt W.O., (1986). Las necesidades de agua en los cultivos. 24 ed. FAO. Riegos y drenajes. (Roma) pp.194
- [4] Domingo R., Rúaiz-Sánchez M.C., Sánchez-Blanco M.J., Torrecillas A. (1996). Water relations growth and yield of Fino lemon trees under regulated deficit irrigation. Irrig Sci. 16: 115-123
- [5] Goldhamer D.A., Fereres E. (2001). Irrigation scheduling protocols using continuously recorded trunk diameter measurements. Irrig Sci 20: 115-125.
- [6] Pagán E., Pérez-Pastor A., Domingo R., Robles J.M., Nortes P.A., Egea, G., Botía P., García-Oller I., Porras I., Caro M. (2006). Riego deficitario controlado en mandarina 'Fortune'. Efectos sobre el desarrollo vegetativo y la producción. XXIII. Congreso Nacional de Riegos. Lugo (España)
- [7] Vélez, J.E., Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. (2007). Sheduling defiict irrigation of citrus trees with maximum daily trunk shrinkage. Agr. Water Manag. 90: 197-204.
- [8] Ortuño M.F., García-Orellana Y., Conejero W., Ruiz-Sánchez, M.C., Alarcón J.J., Torrecillas A., (2006). Stem and leaf water potentials, gas exchange, sap flow and trunk diameter fluctuations for detecting water stress in lemon trees. Tress 20: 1-8.
- [9] Ehlenringer J.R., Cook C.S., (1984). Photosynthesis in *Encelia farinose* Gray in response to decreasing leaf water potential. Plant Physiol. 75 : 688-693.