

Evaluación del uso de la máxima contracción diaria del tronco para la programación del riego en limonero

Alarcón, J.J.^{1,2} (P), García-Orellana, Y.³, Ruiz-Sánchez, M.C.^{1,2}, Conejero, W.¹, Ortuño, M.F.¹, Nicolás, E.¹, Torrecillas, A.^{1,2}

Resumen

Se estudiaron las respuestas de limonero adulto Fino a la programación del riego basado exclusivamente en medidas de la máxima contracción diaria del tronco (MDS). Las plantas regadas por encima de sus necesidades hídricas de cultivo fueron comparadas con plantas sometidas a riego deficitario. Los resultados mostraron que el riego puede programarse en base a medidas de MDS, excepto en periodos de muy baja demanda evaporativa, cuando deberían ser introducidas algunas modificaciones en el protocolo de riego, utilizando valores umbrales de intensidad de señal de la MDS superiores y/o menor frecuencia de riego.

Abstract

The response of adult Fino lemon trees to an irrigation schedule based exclusively on maximum daily trunk shrinkage (MDS) measurements was studied. Plants irrigated above their crop water requirements were compared with plants under deficit irrigation. The results indicated that MDS measurements are suitable for adjusting the irrigation schedule, except in periods of very low evaporative demand, when some changes in the irrigation protocol should be introduced; using higher MDS signal intensity threshold values and/or lower irrigation frequency.

Palabras clave: Riego deficitario, potencial hídrico del tallo, fluctuaciones del diámetro del tronco, relaciones hídricas. **Key words:** Deficit irrigation; Stem water potential; Trunk diameter fluctuations; Water relations.

1. INTRODUCCIÓN

La grave situación que está sufriendo la agricultura mediterránea española debido a la escasa disponibilidad de agua como consecuencia de la creciente expansión de la actividad industrial, la proliferación de nuevas zonas urbanas y turísticas, y la imprescindible preservación del medioambiente, obliga a intensificar todos los esfuerzos encaminados a racionalizar el uso del agua en agricultura.

Una de las herramientas más adecuadas para contribuir a la mejora de la eficiencia del uso del agua es la relacionada con la programación del agua de riego mediante la información derivada del registro continuo de las variaciones del diámetro del tronco (Huguet et al., 1992; Ginestar y Castel, 1996, Goldhamer y Fereres, 2001; Goldhamer et al., 2003; Remorini y Massai, 2003).

Existen numerosas evidencias sobre la sensibilidad de la máxima contracción diaria del tronco (MDS) para diagnosticar la aparición de una situación de déficit hídrico. Además, constituye una prometedora herramienta para la programación del riego dada su naturaleza dinámica, relacionada con las condiciones edáficas y climáticas (Goldhamer et al., 2003). Aunque existen algunos trabajos en los que se ha utilizado la MDS para programar los aportes de riego (Bussi et al., 1999; Li et al., 1989), sólo existe una evidencia en la que quedó patente que es factible desarrollar un programa de riego exclusivamente en base a medidas de la MDS (Goldhamer and Fereres, 2004).

¹Dpto. Riego. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CSIC). P.O. Box 164, E-30100 Murcia.

²Unidad Asociada al CSIC de Horticultura Sostenible en Zonas Áridas (UPCT-CEBAS). Cartagena.

³Dpto. Ingeniería Agrícola. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto.

El objetivo del ensayo se centró en evaluar la posibilidad de programar riego deficitario en limoneros adultos en base sólo a medidas de la MDS. Para ello, se compararon las respuestas de dos tratamientos de riego deficitario, programados en base a dos niveles umbrales de intensidad de señal de la MDS (MDS actual / MDS referencia) frente a plantas bajo condiciones no limitantes de suministro hídrico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en limoneros adultos (*Citrus limon* (L.) Burm. fil) cv. Fino sobre pie de naranjo amargo (*C. aurantium* L.) plantados a 6 m x 6 m que sombreaban el 65 % del marco de plantación. Desde el 12 de Abril de 2005 (DOY 102) hasta el final del ensayo (15 Enero 2006), las plantas del tratamiento control (T0) se regaron al 140 % de la ETc a fin de obtener condiciones no limitantes de agua en el suelo. Los requerimientos hídricos de la plantación se estimaron a partir de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), calculada usando la ecuación de Penman Monteith (Allen et al., 1998), un coeficiente de cultivo basado en el momento del año (FAO 56, Allen et al., 1998) y el porcentaje de suelo sombreado. Aunque las cantidades de agua de riego utilizadas excedieron claramente las necesidades del cultivo, la ausencia de síntomas y las relaciones agua-planta indicaron que no se produjo un exceso de agua en el suelo.

A partir del 16 de Junio, el riego de las plantas de los tratamientos T1 y T2 se realizó manteniendo la intensidad de señal de la MDS lo más cercano posible a valores umbrales de 1.25 y 1.35, respectivamente. Las programaciones de riego se realizaron cada tres días. Cuando al menos durante dos días, de los tres consecutivos, la intensidad de señal de la MDS no excedió el valor umbral predeterminado, la dosis de riego se disminuyó un 10 %. Cuando al menos dos días la intensidad de señal sobrepasó el valor umbral el riego se aumentó un 10 %. Este protocolo de riego se basó en el propuesto por Goldhamer y Fereres (2001) para árboles maduros bajo riego de alta frecuencia.

Los datos meteorológicos se tomaron en una estación climática automática ubicada a unos 100 m de la parcela experimental. El potencial hídrico del tallo (Ψ_{stem}) al mediodía solar se midió cada 2-3 días en dos hojas maduras, cercanas al tronco, por planta, las cuales se cubrieron previamente con una bolsa de plástico y papel de aluminio. Las variaciones micrométricas del tronco se midieron durante todo el ensayo en cuatro árboles por tratamiento, usando sensores de desplazamiento lineal e inducción diferencial LVDT. Los valores de la MCD se calcularon como la diferencia entre los valores diarios del máximo y el mínimo diámetro del tronco. Para más detalles sobre la evaluación del potencial hídrico del tallo (Ψ_{stem}) y de la MDS ver Ortuño et al. (2006).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores diarios de la ETo y los valores medios diarios del déficit de presión de vapor (DPVm) oscilaron ampliamente durante el periodo experimental (Fig.1), presentando una tendencia ascendente hasta Julio, y descendente con posterioridad. La ETo alcanzó 742.7 mm, las medias de las temperaturas máximas y mínimas diarias fueron 25.8 y 12.5 °C, respectivamente, y la humedad relativa media fue del 69.7 % (datos no mostrados).

Las lluvias acontecieron esencialmente en primavera y otoño, alcanzando una pluviometría total durante el ensayo de 120.9 mm (Fig.1).

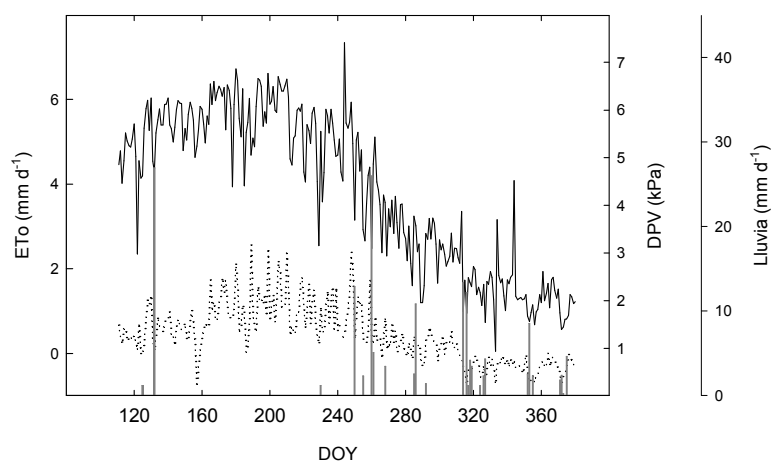


Figura 1. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o , línea continua), déficit de presión de vapor medio diario (DPV_m , línea de puntos) y lluvia (líneas grises) durante el periodo experimental..

Las plantas de los tratamientos T1 y T2 experimentaron una clara situación de déficit hídrico la mayor parte del ensayo, ya que los valores de la MDS y Ψ_{stem} fueron mayores y menores, respectivamente, que los de las plantas T0 (Fig. 2A, B). Situación que indujo frutos de menor volumen en los tratamientos T1 y T2 (Fig. 2C), sin diferencias entre ambos a partir del día 207. Sin embargo, la mayor precocidad de MDS y Ψ_{stem} para detectar la aparición del déficit hídrico respecto a las medidas del volumen de los frutos, indicó que el crecimiento de estos es menos sensible al déficit hídrico que los otros parámetros.

La intensidad de señal de la MDS en los tratamientos T1 y T2 presentó una baja variabilidad (valores medios del coeficiente de variación (CV) de 0.072 (T1), 0.092 (T2)) desde el inicio del ensayo hasta mediados de Noviembre (Fig. 3A, B). Este hecho demuestra que el ajuste de las dosis de riego a aplicar se pudo realizar de forma precisa y que la MDS puede ser usada para programar el riego (Goldhamer y Fereres, 2004). Sin embargo, el hecho de que a partir de mediados de Noviembre la intensidad de señal de la MDS se situase frecuentemente por debajo de los valores umbrales (Fig. 3A, B) indicó una menor precisión en la programación del riego. Por tanto, en periodos de baja demanda evaporativa es necesario modificar el protocolo de riego ensayado, utilizando valores umbrales de intensidad de señal de la MDS superiores y/o menor frecuencia de riego.

El riego aplicado a las plantas T1 y T2 fue inferior a la ET_c (396.3, 220.3 y 536.9 mm, respectivamente) (Fig. 3C). A partir del DOY 252 el agua aplicada al T1 fue bastante similar a la ET_c , mientras que el riego aplicado a las plantas T2 fue claramente inferior a la ET_c durante todo el experimento. Los aumentos o disminuciones cada tres días en las cantidades de agua aplicadas (Fig. 3C) reflejaron el comportamiento de la intensidad de señal de la MDS durante los tres días precedentes (Fig.3A, B).

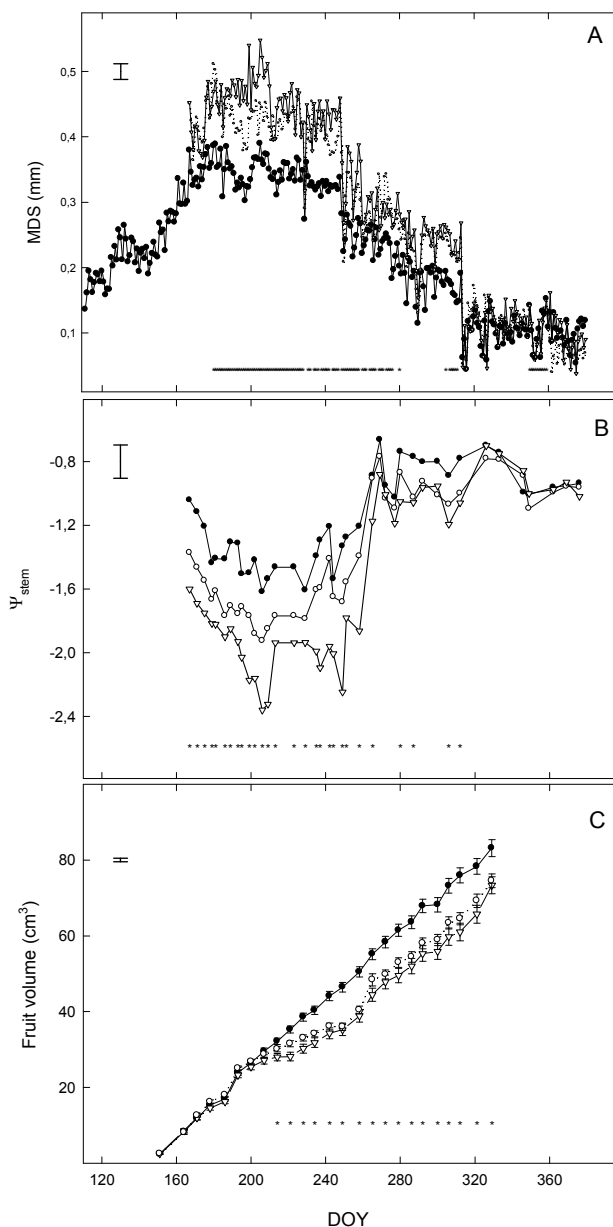


Figura 2. Valores de la MDS (A), Ψ_{stem} (B) y volumen de fruto (C) en T0 (círculos llenos), T1 (círculos vacíos) y T2 (triángulos) durante el periodo experimental. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos.

La producción total de los árboles de los distintos tratamientos de riego no se vio afectada por el efecto del déficit hídrico (datos no mostrados). Sin embargo, en la primera cosecha, en la que sólo se recolectaron frutos de tamaño comercial, los árboles de los tratamientos T1 y T2 presentaron producciones claramente inferiores a las de los árboles del tratamiento control (datos no mostrados), confirmando que el déficit hídrico inducido durante el periodo de rápido crecimiento del fruto causa un retraso en alcanzar el tamaño comercial (Fig. 2C) (Sánchez-Blanco et al., 1989; Domingo et al., 1996).

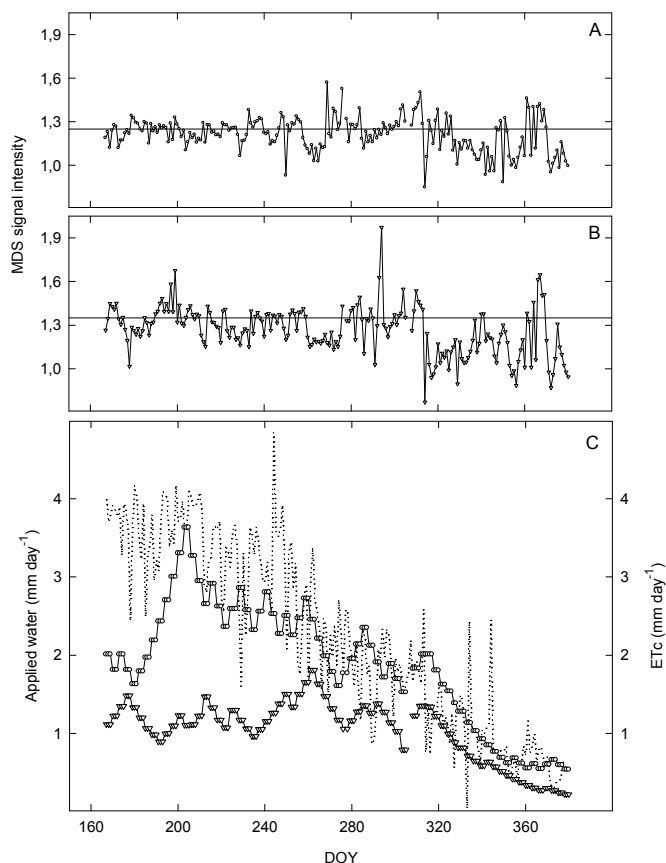


Figura 3. Intensidad de señal de la MDS en las plantas T1 (A) y T2 (B), y dosis de riego (C) en T1 (círculos vacíos) y T2 (triángulos vacíos) comparados con la ETc (línea punteada) durante el periodo experimental. Las líneas horizontales indican los valores umbrales de la intensidad de señal de la MDS.

4. CONCLUSIONES

El ensayo ratificó la posibilidad de programar el riego usando sólo medidas de la MDS. Además, es necesario modificar los protocolos de riego usando superiores valores umbrales de intensidad de señal de la MDS y/o menores frecuencias de riego durante los periodos de muy baja demanda evaporativa.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo estuvo financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC), (CICYT/FEDER AGL2004-0794-C03-02), PETRI (PTR1995-0693-OP-02-01), la Comisión Europea (IRRIQUAL-STREP-FP6-FOOD-CT-2006-023120) y el programa Consolider-Ingenio 2010 (CSD2006-0067).

6. BIBLIOGRAFÍA

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. (1998) *Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. Irr. Drain.*, **56**, FAO, Roma.

- Bussi C., Huguet J.G., Besset J., Girard T. (1999) *Irrigation scheduling of an early maturing peach cultivar using tensiometers and diurnal changes in stem diameter. Fruits*, **54**, 57-66.
- Domingo R., Ruiz-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.
- Ginestar C., Castel J.R. (1996) *Utilización de dendrómetros como indicadores de estrés hídrico en mandarinos jóvenes regados por goteo. Riegos y Drenajes XXI*, **89**, 40-46.
- Goldhamer D.A., Fereres E. (2001) *Irrigation scheduling protocols using continuously recorded trunk diameter measurements. Irrig. Sci.*, **20**, 115-125.
- Goldhamer D.A., Fereres E. (2004) *Irrigation scheduling of almond trees with trunk diameter sensors. Irrig. Sci.*, **23**, 11-19.
- Goldhamer D.A., Fereres E., Salinas M. (2003) *Can almond trees directly dictate their irrigation needs? Calif. Agric.*, **57**, 138-144.
- Huguet J.G., Li S.H., Lorendeau J., Pelloux G. (1992) *Specific micromorphometric reactions of fruit trees to water stress and irrigation scheduling automation. J. Hort. Sci.*, **67**, 631-640.
- Li S.H., Huguet J.G., Bussi C. (1989) *Irrigation scheduling in a mature peach orchard using tensiometers and dendrometers. Irr. Drain. Syst.*, **3**, 1-12.
- 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. Trees*, **20**, 1-8.
- Remorini D., Massai R. (2003) *Comparison of water status indicators for young peach trees. Irrig. Sci.*, **22**, 39-46.
- Sánchez-Blanco M.J., Torrecillas A., León A., Del Amor F. (1989) *The effect of different irrigation treatments on yield and quality of Verna lemon. Plant Soil*, **120**, 299-302.