

Ensayos realizados en Andalucía occidental con dos tratamientos de riego deficitario y un tratamiento central

Uso de dendrómetros para una gestión sostenible del riego deficitario en cítricos

El presente trabajo muestra un estudio relacionado con las posibilidades que ofrece el uso de la dendrometría para la monitorización del estado fisiológico de un cultivo de cítricos sometido a diferentes estrategias de riego deficitario. Además se han querido establecer diferentes relaciones en torno a las lecturas obtenidas a través de dendrómetros instalados en frutos con respecto a la evolución temporal del diámetro del tronco, con objeto de integrar dicha información con la respuesta al déficit hídrico medida a nivel de la planta.

I. García-Tejero, V. H. Durán-Zuazo,
J. García-Baquero, M.A. Fernández-Ayala,
J.A. Jiménez-Bocanegra,
y J. L. Muriel-Fernández.

IFAPA Centro Las Torres-Tomejil. Alcalá del Río (Sevilla).



El cultivo de los cítricos en Andalucía ocupa en la actualidad un total de 74.000 ha repartidas principalmente por el litoral de las provincias de Huelva, Málaga y Almería y la zona de la vega del Guadalquivir, en las provincias de Sevilla y Córdoba respectivamente. Este cultivo representa aproximadamente un 10% de la superficie total del regadío andaluz, con unos consumos hídricos anuales que rondan los 475 hm³ aproximadamente (García-Tejero *et al.*, 2008).

En este contexto, el agua es, sin duda alguna, el recurso natural más limitante en el desarrollo de los ecosistemas agrarios de regadío, especialmente en zonas áridas y semiáridas como es el caso de Andalucía occidental. Por ello, la aplicación de diferentes estrategias de riego destinadas a incrementar la eficiencia del uso del agua en la agricultura es uno de los principales objetivos a tener en cuenta, algo necesario para garantizar el desarrollo de los regadíos en el marco de una agricultura sostenible. Dentro del conjunto de prácticas destinadas a mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura, el riego deficitario permite aumentar sustancialmente los valores de la productividad del agua, provocando incluso mejoras sustanciales en algunas propiedades organolépticas de los frutos y manteniendo unos niveles de produc-

ción aceptables para el agricultor (García-Tejero y col., 2010).

Sin embargo, una cuestión a tener muy en cuenta a la hora de diseñar cualquier estrategia de riego deficitario está relacionada con la distribución temporal del estrés hídrico del cultivo, y la evolución fisiológica del mismo. En este sentido, es necesario conocer los diferentes umbrales de estrés permisibles para el cultivo, evitando en todo momento situaciones irreversibles que provoquen daños significativos en los valores finales de producción. Uno de los parámetros determinantes en el valor final del producto para los cítricos está relacionado con el calibre final del fruto cosechado. Así, en ocasiones es preferible obtener frutos de mayor tamaño, aunque ello esté acompañado de descensos moderados en los niveles de producción.

Este trabajo presenta los resultados más relevantes relacionados con las ventajas que conlleva el uso de dendrómetros (de tronco y fruto) en la gestión de diferentes estrategias de riego deficitario en el cultivo de cítricos en el valle del Guadalquivir. Los resultados obtenidos demuestran que el uso de este tipo de herramientas permite establecer un seguimiento diario del estado hídrico del cultivo cuando éste está sometido a una situación de restricción hídrica. Adicionalmente, los dendrómetros de tronco permiten integrar en gran medida la evolución diaria del diámetro de los frutos en los distintos sistemas de riego deficitario ensayados y posibilitan de esta forma establecer un seguimiento en continuo del tamaño del fruto bajo diferentes situaciones de aporte limitado de agua.

Material y métodos

El presente trabajo se ha desarrollado durante la campaña agrícola 2008-2009, en una finca comercial de naranjos (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Navelina) sobre patrón Citrange Carizo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) situada en la vega del Guadalquivir, en el término municipal de Brepes, provincia de Sevilla ($37^{\circ}29'18,85^{\circ}\text{N}$ $5^{\circ}50'42,67^{\circ}\text{W}$).



Arriba, vista general de un dendrómetro de tronco. En la foto inferior, vista general de un dendrómetro de fruto.

W). La parcela cuenta con árboles adultos, de trece años de edad, en plena producción, con un marco de plantación de 6×4 m y riego localizado mediante dos ramales por fila de árboles con goteros insertados autocompensantes separados a 1 m de distancia.

El suelo de la parcela, de textura franco arenosa (69% arena, 17% limos, y 14% arcilla), cuenta con bajos contenidos de materia orgánica (< 1%) y una capacidad de retención de agua disponible de $0,14 \text{ m}^3/\text{m}^3$. La climatología local es típicamente mediterránea-seca con una evapotranspiración potencial de 1.400 mm anuales y unas precipitaciones medias de 475 mm, distribuidas principalmente entre los meses de otoño y primavera.

Se establecieron dos tratamientos de riego deficitario en los cuales el recorte hídrico acumulado fue similar aunque la estrategia de riegos fue muy diferente. Para poder establecer

comparaciones en torno a la respuesta fisiológica del cultivo al déficit hídrico se estableció un tratamiento control, regado con el 100% de la demanda evapotranspirativa. De esta forma, los tratamientos definidos fueron los siguientes:

- Tratamiento A (control). Se aplicó la demanda hídrica exigida en función de los valores de evapotranspiración del cultivo (ET_c).

- Tratamiento B (riego deficitario sostenido -RDS-). Se aplicó el 60% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) durante todo el periodo de riego excepto en determinados momentos puntuales del periodo de riego en los que se aplicó el 100% de la demanda evapotranspirativa para la recuperación de la planta.

- Tratamiento C (riego deficitario de baja frecuencia -RDBF-). Se aplicó una dinámica de riegos alternando episodios de supresión del riego, con aplicaciones cubriendo la demanda hídrica del cultivo. Los periodos de riego-restricción se definieron en función de la evolución micrométrica del diámetro del tronco. Así, cuando éste se sometía a un periodo de restricción, las contracciones diarias del tronco se hacían paulatinamente crecientes, alcanzándose un punto a partir del cual dichas contracciones comenzaban a descender. Pasadas 48 h tras este punto, se aplicaba el 100% de la ET_c hasta que la dinámica de las contracciones diarias se hacía similar a las observadas en el tratamiento control.

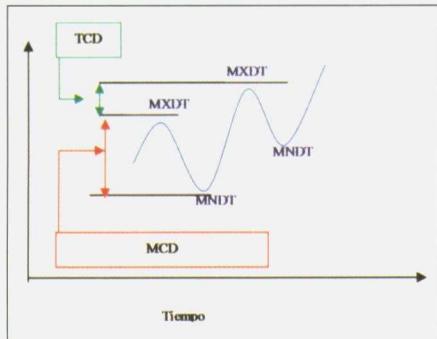
Para establecer el volumen de agua aportada en cada tratamiento se siguió la metodología propuesta por la FAO (Allen y col. 1998) que relaciona la evapotranspiración de referencia (ET_0) con la evapotranspiración real de cultivo (ET_c) a través de un coeficiente de cultivo (k_c) medio de 0,6 y un coeficiente de reducción (k_r) de 0,6.

Se realizó un seguimiento en continuo de las fluctuaciones micrométricas del diámetro del tronco (FDT) de tres árboles por cada uno de los tratamientos ensayados (foto 1).

Tal y como se puede observar en la figura 1, estas fluctuaciones del diámetro del tronco están constituidas por una reducción de diámetro durante una primera parte del día (contrac-

FIGURA 1

Esquema general de un ciclo de contracción/dilatación del tronco a lo largo del día.



ción) alcanzando un valor mínimo (MNDT, mínimo diámetro del tronco), seguido de una recuperación y expansión durante la segunda parte del día, cuando la demanda evaporativa disminuye y durante la noche (crecimiento) llegando al diámetro máximo del órgano medido (MXDT). La diferencia entre el valor máximo y mínimo registrado a lo largo de un día se denomina máxima contracción diaria (MCD), destacando por ser un índice muy usado en el seguimiento del estado fisiológico de la planta y la respuesta de ésta al déficit hídrico.

La diferencia entre los valores máximos medidos entre dos días consecutivos se denomina tasa de crecimiento diario del tronco (TCD). El crecimiento diario así definido podrá ser positivo o negativo. Un crecimiento diario positivo implica la existencia de una rehidratación total de los te-

jidos, más un proceso de expansión celular. El crecimiento negativo, en cambio, representa una rehidratación parcial de los tejidos, reflejando la existencia de un déficit hídrico de carácter más permanente en la planta, puesto que éste se mantiene, aun cuando la demanda evaporativa de la atmósfera es prácticamente nula.

Por otra parte, se realizó un seguimiento de la evolución micrométrica del diámetro de tres frutos por tratamiento ensayado (**foto 2**), observando la dinámica de los mismos durante la última fase del periodo de engorde y primeros estadíos del proceso de maduración.

Resultados y discusión

Las dotaciones hídricas aplicadas a cada uno de los tratamientos de riego establecidos estuvieron acordes con las condiciones climáticas registradas y el diseño experimental inicialmente planteado. Durante el periodo de riego (169-259 día del año, DDA) se registraron valores de ET_c y precipitaciones de 191 y 9 mm, respectivamente. Las aplicaciones realizadas a cada uno de los tratamientos ensayados fueron de 190, 103 y 98 mm en los tratamientos control, RDBF y RDS, respectivamente. Esto generó ahorros superiores al 45% en el tratamiento sometido a ciclos de riego-restricción y cercanos al 50% en el tratamiento RDS.

Variaciones en el diámetro del tronco

Los recortes hídricos aplicados en cada uno de los tratamientos deficitarios, provocaron dife-

rentes tendencias en las variaciones del diámetro del tronco en cada uno de los tratamientos ensayados. Así, aunque las aplicaciones acumuladas en ambos tratamientos deficitarios fueron similares, la evolución temporal del estrés hídrico definida en función de las fluctuaciones diarias del tronco fue muy dispar (**figura 2**). Se pudo comprobar que, el tratamiento de RDBF reflejó claramente los períodos de riego (con tendencias ascendentes) seguidos de descensos progresivos del diámetro del tronco que se correspondían con los períodos de restricción hídrica. Por otra parte, el tratamiento control mantuvo una tendencia bastante homogénea durante el periodo de estudio, con una pendiente de crecimiento relativamente constante, con un ligero estancamiento durante el periodo de crecimiento del fruto, y un pequeño repunte al final del mismo (245-260 DDA). Finalmente, el tratamiento de RDS mostró un crecimiento neto cercano a cero, con una estabilización significativa del valor absoluto del diámetro del tronco. Este hecho refleja que, dos tratamientos de riego con aportaciones similares de agua pero diferente estrategia, pueden provocar una respuesta muy dispar en el crecimiento vegetativo del árbol.

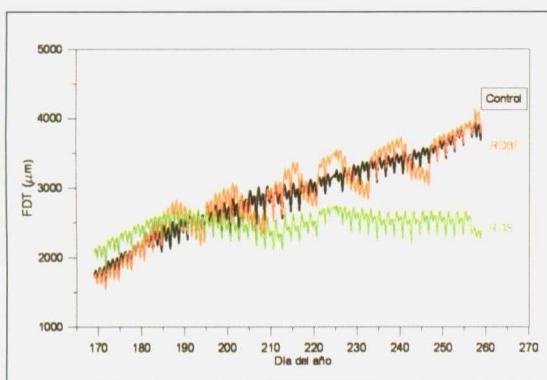
Evolución del diámetro del fruto

Con respecto a la evolución micrométrica del diámetro de los frutos, la dinámica observada fue muy similar a la registrada por los dendrómetros de tronco (**figura 3**). Como se puede observar, con respecto al tratamiento RDBF,

durante el periodo de riego el fruto mantenía una dinámica de crecimiento similar a la registrada en los frutos del tratamiento control; mientras que, en los períodos de restricción hídrica, estos frutos mostraban un descenso continuado en el diámetro de los mismos. Por otra parte, la tendencia observada en los frutos del tratamiento RDS fue mucho más constante, registrándose una cierta recuperación el día 262 cuando dicho tratamiento fue regado al 100% de la ET_c , ya que el crecimiento acumulado hasta ese momento en los frutos de este tratamiento fue excesivamente bajo.

FIGURA 2

Fluctuación del diámetro del tronco (FDT) durante el periodo de estudio en cada uno de los tratamientos ensayados: control, riego deficitario de baja frecuencia (RDBF) y riego deficitario sostenido (RDS).

**FIGURA 3**

Fluctuación del diámetro del fruto (FDF) durante el periodo de estudio en cada uno de los tratamientos ensayados: control, riego deficitario de baja frecuencia (RDBF) y riego deficitario sostenido (RDS).

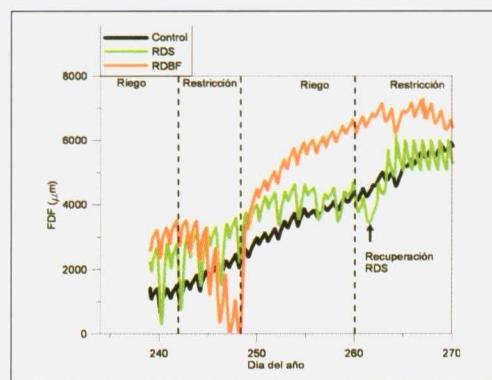


FIGURA 4

Relación entre la MCD del tronco y del fruto para cada uno de los tratamientos ensayados: control, riego deficitario de baja frecuencia (RDBF) y riego deficitario sostenido (RDS).

