

# Estrategias de riego deficitario en melocotonero temprano

De todos los métodos ensayados, el riego deficitario controlado ha resultado el más eficiente

El objetivo fundamental de este artículo es la caracterización de la respuesta fisiológica y agronómica del melocotonero temprano al riego deficitario controlado (RDC) y la desecación parcial del sistema radical (DPR). Dichas estrategias también han sido comparadas con un riego deficitario sostenido a lo largo de todo el ciclo de cultivo (RDS), y un tratamiento control (C) en el que la evapotranspiración del cultivo (ETc), estimada a partir de la ecuación de Penman-Monteith, fue completamente repuesta por el riego.

**J. J. Alarcón, A. Torrecillas, M. J. Sánchez-Blanco, J. M. Abrisqueta, J. Vera, F. Pedrero, I. Magaña, Y. García-Orellana, M. F. Ortuño, E. Nicolás, W. Conejero, O. Mounzer, M. C. Ruiz-Sánchez.**

Departamento de Riego. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia, España.

La repercusión productiva que el agua tiene sobre el sector frutícola español es muy importante. Esta realidad, unida al hecho de que la mayor parte de las plantaciones se localizan bajo un clima caracterizado por la irregularidad de las precipitaciones y el desarrollo de fuertes déficit hídricos, ha dado lugar a diversas actuaciones tendentes a optimizar el manejo del riego para incrementar la eficiencia del uso del agua.

La automatización del riego, teniendo en cuenta los requerimientos hídricos de las plantas en tiempo real, es un aspecto de actualidad que permite ahorrar agua (Alarcón *et al.*, 2000; Goldhamer y Fereres, 2004; Fernández y Moreno, 1999; Nortes *et al.*, 2005; Nicolás *et al.*, 2005; Ortuño *et al.*, 2006 a, b), pero otra aproximación para mejorar la eficiencia del uso del agua en las plantaciones frutales es la aplicación de riegos deficitarios.

En este sentido, se han desarrollado numerosos proyectos de investigación dedicados específicamente al riego deficitario controlado (RDC), estrategia de riego basada en la idea de reducir los aportes hídricos en períodos fenológicos en los que el déficit hídrico no afecta sensiblemente a la producción y calidad de la cosecha, cubriendo plenamente la demanda evapotranspirativa durante el resto del ciclo de cultivo (Chalmers *et al.*, 1981; Goldhamer, 1989; Sánchez-Blanco y Torrecillas, 1985). Los estudios relacionados con la respuesta de cítricos y frutales al RDC han permitido ahorros de agua próximos al 30% en limonero y albaricoquero (Domingo *et al.*, 1996, 2001; Torrecillas *et al.*, 2000; Ruiz-Sánchez *et al.*, 2000 b). Las estrategias de RDC para el almendro propuestas por Goldhamer y Shackel (1989) y

Girona y Marsal (1995) han dado lugar a producciones prácticamente similares al control y ahorros de agua de hasta el 50%. Igualmente, González-Altozano y Castel (1999, 2000) han demostrado la utilidad del RDC en mandarino, al conseguir ahorros de agua del 15% sin efectos negativos sobre la producción y calidad del fruto.

Otra estrategia de riego deficitario es la denominada "desecación parcial del sistema radical" (DPR). Esta metodología ha sido utilizada con éxito especialmente en uva de mesa, donde se han descrito mejoras en la eficiencia del uso del agua entre un 29 y un 86% dependiendo de la variedad seleccionada (Dry y Loveys 1998, 1999; Dry *et al.*, 2000 a, b). También se han obtenido importantes ahorros de agua en manzano con la utilización de DPR (Caspari *et al.*, 2004). Se trata de una técnica de riego deficitario en donde una parte del siste-

Foto 1. Vista general de la parcela de melocotonero temprano Flordastar en la finca experimental del CEBAS-CSIC.





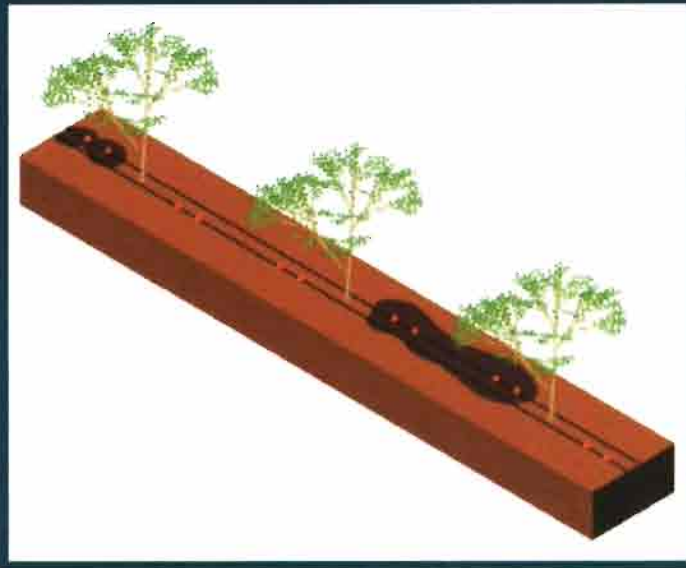
ma radical permanece húmedo, con lo que se asegura un aporte hídrico suficiente para mantener el vigor de la parte aérea, mientras que otra zona del sistema radical permanece seca, con lo que se liberan señales bioquímicas que son transportadas vía xilema a las hojas, que una vez en la parte aérea regulan la apertura de estomas y limitan las pérdidas de agua vía transpiración (Zhang y Davies, 1991; Davies *et al.*, 1994). Para mantener la reducción en la apertura de los estomas se necesita una señal continua desde el sistema radical que se obtiene por medio de la alternancia en las zonas "seca" y "húmeda" de las raíces (Stoll *et al.*, 2000), por lo que es preciso disponer de un doble lateral de goteros. Recientemente algunos autores han explicado los efectos positivos del DPR en función del crecimiento radical que la alternancia de riego produce, incrementándose rápidamente el desarrollo radical y con ello la capacidad para absorber agua y nutrientes (Mingo *et al.*, 2004).

Teniendo en cuenta la importancia agronómica de este tipo de estrategias de riego, el objetivo fundamental de este artículo es la caracterización de la respuesta fisiológica y agronómica del melocotonero temprano al riego deficitario controlado (RDC) y la desecación parcial del sistema radical (DPR). Dichas estrategias también han sido comparadas con un riego deficitario sostenido a lo largo de todo el ciclo de cultivo (RDS), y un tratamiento control (C) en el que la evapotranspiración del cultivo (ETc), estimada a partir de la ecuación de Penman-Monteith, fue completamente repuesta por el riego.



**FIGURA 1.**

Diseño del tratamiento deficitario por desecación parcial de raíces (DPR). Instalación de doble lateral portagoteros para el humedecimiento de sólo una parte del sistema radical de forma alternante.



## Material y métodos

### Material vegetal y condiciones experimentales

El ensayo se llevó a cabo durante los años 2004-2005 en una parcela de 0,8 ha de la finca experimental del CEBAS (38° 06' N, 1° 02' O), con melocotoneros (*Prunus persica* L. Batsch) cv. Flordastar, injertados sobre patrón GF-677, de 3-4 años de edad, a un marco de 5 x 5 m (foto 1). El suelo tiene una textura franco arcillosa (arena: 25%, limo: 45%, arcilla: 30%) y una densidad aparente media de 1,42 g cm<sup>-3</sup>.

### Tratamientos de riego

Se utilizó un sistema de riego localizado independiente, con un único lateral por hilera de árboles y cuatro goteros autocompensantes por árbol, con un caudal nominal de 2 l h<sup>-1</sup>, ubicados a 1 y 1,5 m de cada lado del tronco. El riego fue programado semanalmente a partir de la ecuación de Penman-Monteith, según datos climáticos registrados en la propia finca. Se aplicaron cuatro tratamientos de riego, un tratamiento control (C) y tres tratamientos deficitarios (RDS, DPR, RDC), distribuidos siguiendo un diseño de bloques al azar con cuatro bloques:

- Tratamiento control (C), que consistió en reponer en su totalidad la evapotranspiración del cultivo (100% de la ETc). Consumo anual de agua (año 2005): 4.000 m<sup>3</sup>/ha.
- Tratamiento de riego deficitario sostenido (RDS), regado alrededor del 50% de la ETc durante todo el ciclo vegetativo. Consumo anual de agua (año 2005): 1.800 m<sup>3</sup>/ha.
- Tratamiento de riego deficitario por desecación parcial de las raíces (DPR), en donde un doble lateral permitía alternar las aplicaciones de riego entre la parte izquierda y la parte derecha del sistema radical cada vez que el potencial matricial del agua en el suelo de la zona seca alcanzaba valores inferiores a -50 kPa durante un período de una semana (figura 1). Consumo anual de agua (año 2005): 2.400 m<sup>3</sup>/ha.





Foto 2. Equipamiento para la medida de agua en el suelo.



Foto 3. Estados fenológicos de las yemas de flor en melocotonero Flordastar, según Baggiolini, 1952. Fotos tomadas de los árboles de la parcela experimental.

• Tratamiento de riego deficitario controlado (RDC), basado en la restricción del riego al 25% de la ETC salvo en los periodos fenológicos críticos (fase segunda de rápido crecimiento del fruto, que incluye la recolección), donde se regó al 100% de la ETC. Este periodo crítico abarcó en el año 2004 desde el 15 de abril al 24 de mayo, y en el año 2005 desde el 21 abril al 4 junio. Consumo anual de agua (año 2005): 1.500 m<sup>3</sup>/ha.

**Humedad en el suelo**

Las variaciones del contenido volumétrico de agua en el suelo se registraron en continuo con sondas capacitivas, tipo FDR, instaladas a 10 cm del segundo gotero de cada tratamiento. Cada sonda consta de cuatro sensores dispuestos dentro de un tubo de acceso a 10, 20, 30 y 50 cm de profundidad. Todos los sensores estaban conectados a un sistema de almacenamiento de datos, dotado de un control telemático que toma medidas cada cinco minutos y registra el promedio cada quince minutos. Además, junto al gotero se instalaron dos tensiómetros (Water-Mark) conectados a la plataforma Microsis, a 20 y 40 cm de profundidad (foto 2).

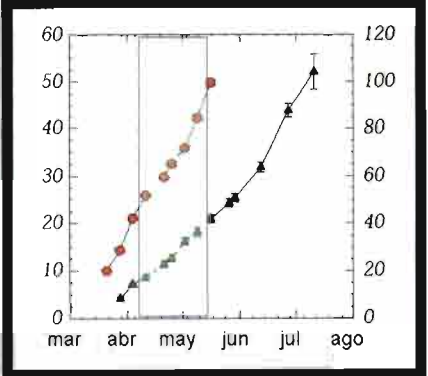
**Relaciones hídricas en planta**

De forma periódica se realizaron medidas de potencial hídrico foliar ( $\Psi_h$ ) y de tallo ( $\Psi_x$ ), conductancia foliar (gl) y tasas de fotosíntesis neta (Fn) a mediodía y en evoluciones diarias realizadas cada dos horas (desde el alba hasta la puesta del sol). Las medidas de  $\Psi_h$  y  $\Psi_x$  fueron realizadas en hojas plenamente desarrolladas de cuatro árboles por tratamiento (una hoja por árbol), con una cámara de presión (Soil Moisture, mod. 3000). La conductancia foliar y las tasas de fotosíntesis neta se determinaron con un medidor portátil LICOR, LI-6400.

**Estudio fenológico, crecimiento y producción**

Durante los dos años de estudio se realizó la caracterización fenológica del melocotonero en las condiciones de clima mediterráneo, con la definición de los estados fenológicos y reproductivos (foto 3). El crecimiento vegetativo se controló con la medida del crecimiento de ramos (longitud), tronco (diámetro) y copa (altura, anchura, superficie sombreada) y el peso de la poda retirada cada año. La dinámica radical se estudió con la medida de longitud realizada con minirrizotrones en el último año. La producción se determinó pesando el total de frutos en cada recolección en cinco árboles de cada tratamiento y repetición.

**FIGURA 2.** Crecimiento vegetativo de los brotes (triángulos) y del fruto (círculos) en melocotonero Flordastar.



**Resultados**

**Fenología**

Se comprobó que el periodo desde la ruptura de yemas hasta la recolección es próximo a unos 100 días. Los periodos de



crecimiento vegetativo coincidieron para tronco y ramos, pero estuvieron separados del crecimiento del fruto, finalizando éste cuando sólo se había completado un 30% del crecimiento vegetativo anual (**figura 2**). Esta separación de los períodos de crecimiento vegetativo y del fruto es una característica ventajosa en la aplicación de riego deficitario controlado.

### El agua en el suelo

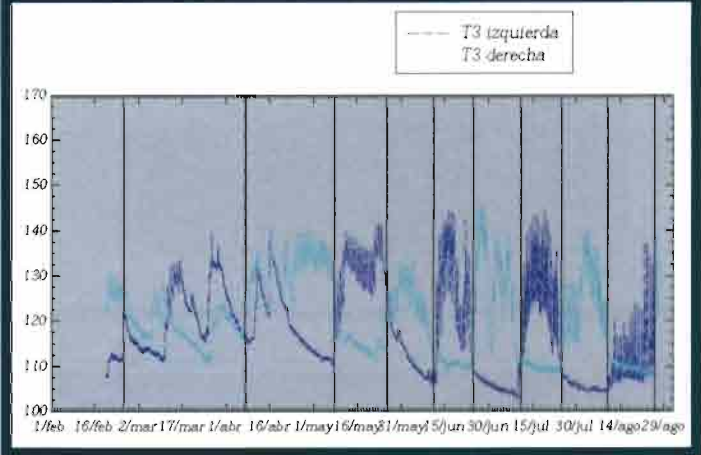
Las sondas capacitivas tipo FDR han resultado ser una herramienta útil para el control de la humedad del suelo, ya que permiten una gran resolución y alta frecuencia de adquisición de datos. Se pudieron observar significativas diferencias en el stock de agua acumulado en el perfil 0-50 cm entre el tratamiento control y los deficitarios. En el tratamiento DPR, la alternancia de los riegos en la parte izquierda y derecha tuvo su efecto sobre los niveles ascendentes y descendentes del stock en cada lado (**figura 2**).

### El agua en la planta

La evolución diaria del potencial hídrico foliar ( $\Psi_h$ ) y de tallo ( $\Psi_x$ ) mostró un ritmo circadiano característico en todos los tratamientos estudiados, con valores máximos antes del alba y mínimos cerca del mediodía, lo que demuestra la estrecha dependencia de estos parámetros de las condiciones de demanda evaporativa del ambiente. Los valores máximos de conductancia foliar ( $g_l$ ) y fotosíntesis neta ( $F_n$ ) se produjeron a primeras horas de la mañana, momento a partir del cual disminuyeron drás-

**FIGURA 3.**

Contenido de agua en el perfil de suelo (0-50 cm) en melocotoneros Flordastar en riego deficitario por desecación parcial de raíces (DPR). Oscilaciones generadas por la alternancia de riego en ambas zonas del sistema radical.



ticamente, limitando al máximo la pérdida de agua en las horas centrales del día. Las diferencias en los valores de intercambio gaseoso a nivel foliar entre tratamientos fueron ligeras en la primavera y mayores en los meses de verano.

Saleplas COVERLINE

Tecnología



Servicio

Calidad



Innovación



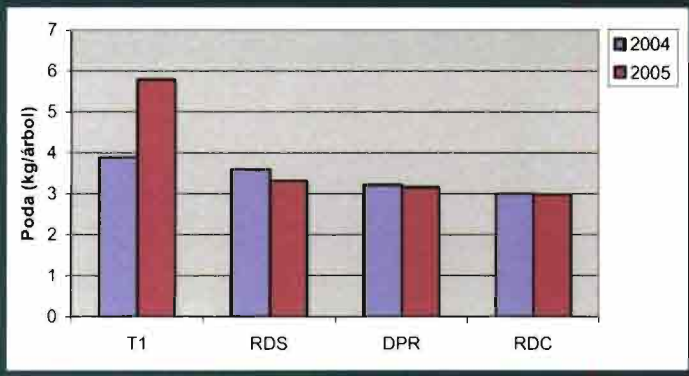
Saleplas  
sistemas de riego irrigation systems

diseñamos soluciones



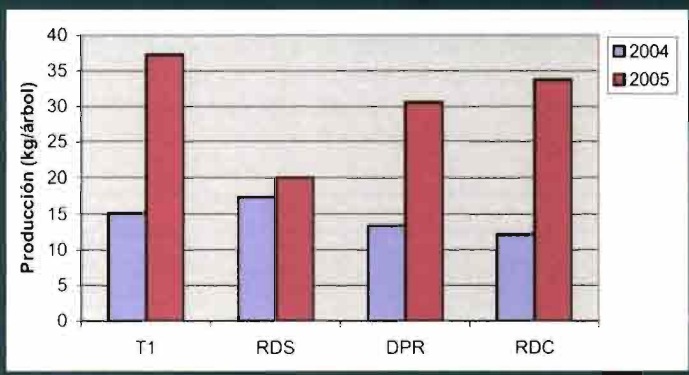
**FIGURA 4.**

Peso de poda de otoño de melocotoneros Flordastar en distintas condiciones de riego deficitario (2004-2005).



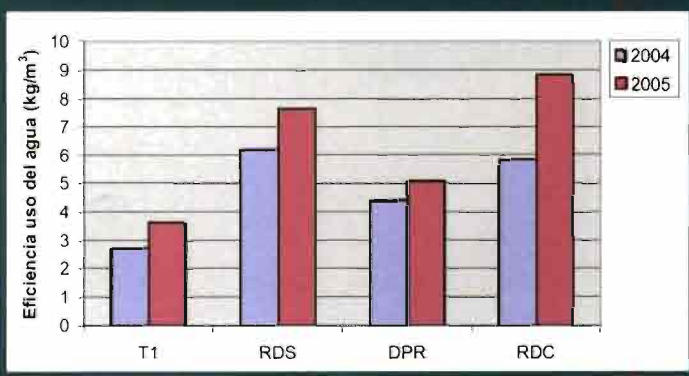
**FIGURA 5.**

Producción total de melocotón Flordastar en distintas condiciones de riego deficitario (2004-2005).



**FIGURA 6.**

Eficiencia del uso del agua en melocotonero Flordastar en distintas condiciones de riego deficitario (2004-2005).



**Crecimiento vegetativo**

El crecimiento longitudinal de los ramos en el año 2004 no se vio afectado por el régimen de riego impuesto. Sin embargo, en 2005 el crecimiento total de nuevos brotes fue de 4,95 m en el tratamiento control y de 3,13; 3,90 y 3,54 en los tratamientos deficitarios RDS, DPR y RDC, respectivamente. El creci-

miento en diámetro del tronco también resultó ligeramente afectado por el déficit hídrico. La medida de superficie sombreada realizada a mediodía en verano corroboró estos datos, con valores de 12,36 m<sup>2</sup> (casi un 50% del marco de plantación) en el tratamiento control y de 9,95; 8,12 y 9,92 m<sup>2</sup> en RDS, DPR y RDC, respectivamente. Los pesos de poda retirada en otoño de 2005 fueron estadísticamente menores en los tratamientos deficitarios (figura 4).

**Producción**

En 2004 la producción (segunda de la plantación) fue similar en todos los tratamientos de riego ensayados, con valores en torno a los 15 kg árbol<sup>-1</sup>. En 2005 la producción fue de 37 kg árbol<sup>-1</sup> en el tratamiento C, de 34 kg árbol<sup>-1</sup> en los tratamientos RDS y RDC y la más baja en el DPR con 30 kg árbol<sup>-1</sup>, si bien las diferencias no fueron estadísticamente significativas (figura 5).

**Conclusiones**

Tras dos años de experimentación en árboles jóvenes de melocotonero temprano, se puede concluir que:

1. Los diferentes tratamientos deficitarios no tuvieron efectos significativos sobre la producción total obtenida (figura 5). Aunque no se pueden descartar algunos efectos sobre la calidad de la cosecha (datos no analizados).
2. Los diferentes tratamientos deficitarios redujeron de forma significativa el crecimiento vegetativo. Dichos efectos fueron similares en todos los tratamientos deficitarios considerados (figura 4).
3. Todos los tratamientos deficitarios supusieron una mejora en la eficiencia en el uso del agua, siendo el riego deficitario controlado (RDC) el que ofreció unos valores de eficiencia más elevados, seguido a continuación por el riego controlado sostenido (RDS) y por último por el riego deficitario por desecación parcial del sistema radical (DPR) (figura 6).
4. Con los datos disponibles hasta el momento no se puede asumir que el DPR aporte al melocotonero temprano, desde un punto de vista agronómico, ninguna ventaja adicional respecto a otros tipos de riego deficitario.
5. Ante la escasez actual de recursos hídricos, los riegos deficitarios para el cultivo del melocotonero temprano son altamente recomendables, y muy especialmente el riego deficitario controlado (RDC), que permite ahorros de agua cercanos al 60% sin reducciones significativas de la producción. ■

**AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo se ha desarrollado en el marco de cuatro proyectos diferentes: "Estrategias de riego deficitario basadas en el humedecimiento parcial del sistema radical como vía para aumentar la eficiencia del uso del agua" (AGR/1/FS/02); "Sustainable Orchard Irrigation for Improving Fruit Quality and Safety" (IRRIQUAL-FP6-FOOD-023120); "Utilización de variaciones microméticas del tronco y tasas de flujo de savia para la programación del riego en olivo, limonero y melocotonero" (AGL2004-07940-C03-02); "Nuevos enfoques del riego deficitario en melocotonero. Desecación parcial del sistema radical" (AGL2002-04048-C03-03).

**BIBLIOGRAFÍA**

Existe una amplia bibliografía a disposición de los lectores en nuestra redacción. E-mail: redacción@eumedia.es