

Dosis de riego aplicadas en cada experimento y resultados obtenidos en distintas fases de desarrollo del fruto

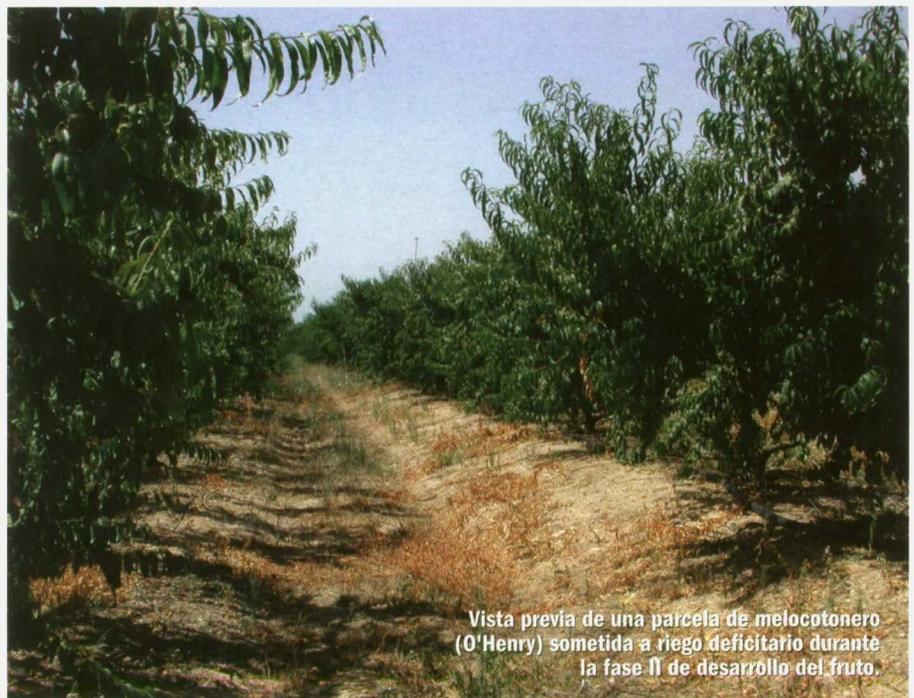
Efectos del riego deficitario en la productividad y calidad del fruto en melocotonero

El riego deficitario en melocotonero permite ahorrar agua y reducir el vigor excesivo del árbol. Sin embargo, éste no debe comprometer la producción comercial ni la calidad del fruto. En este artículo, se presenta una revisión de las ventajas y desventajas del uso del riego deficitario en melocotonero en función de las fases de desarrollo del fruto, analizando aspectos tanto cuantitativos como cualitativos.

Gerardo Lopez, Jordi Marsal y Joan Girona.

Tecnologia del Riego, Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, Lleida.

Los recursos hídricos son limitados y las previsiones de futuro indican que no se podrá satisfacer la creciente demanda del uso del agua. Como la agricultura consume el 80% del agua utilizada, la reducción de las dosis de riego (riego deficitario: RD) permitirá disponer de una mayor cantidad de agua para otros usos. Sin embargo, el RD no debe comprometer la producción comercial ni



Vista previa de una parcela de melocotonero (O'Henry) sometida a riego deficitario durante la fase II de desarrollo del fruto.

la calidad del fruto. En el presente artículo se ha revisado la información existente en este aspecto, extrayendo conclusiones sobre las ventajas y desventajas del uso del RD. Un mayor entendimiento del comportamiento del melocotonero al RD favorecerá su implantación en plantaciones comerciales que, en el futuro, más que una opción podría ser una obligación.

Riego deficitario

La revisión se ha dividido en varias secciones. Cada sección explica los efectos del RD durante fases específicas del desarrollo del fru-

to (fase I, II y III) o durante la poscosecha (**figura 1**). Otras secciones explican los efectos de estrategias de RD combinado en más de una fase. En el **cuadro I** aparecen las dosis de riego aplicadas en los distintos experimentos.

Durante la fase I

El estrés hídrico durante la floración puede inhibir su fecundación, reducir el cuajado de frutos y promover su caída. Sin embargo, si el RD se aplica cuando el fruto ha cuajado con éxito, los árboles bajo condiciones de estrés hídrico podrían no manifestar efectos negativos. Li *et al.* (1989) aplicaron riego deficitario durante la

fase I (RD-I) en la variedad Merrill Sundance bajo condiciones climáticas semi-húmedas en Valence (Valle del Ródano, Francia). El RD-I aplicado no redujo la productividad de los árboles y consiguió ahorros de agua de 553 m³/ha. Además, el RD-I provocó una reducción en el crecimiento vegetativo, aspecto deseable en plantaciones de alta densidad. Sin embargo, en otro estudio se observaron efectos negativos del RD-I en el crecimiento del fruto (Girona *et al.*, 2004). El RD-I se aplicó en una variedad local semi-tardía bajo el clima semi-árido de Lleida (Cataluña). La controversia entre ambos estudios podría indicar que el RD-I es una estrategia adecuada en climas semi-húmedos, con bajas demandas evaporimétricas durante la fase I. Con respecto a la calidad del fruto, no se han descrito efectos negativos del RD-I en parámetros como la concentración de sólidos solubles del fruto (Li *et al.*, 1989).

Durante la fase II

El riego deficitario durante la fase II (RD-II) se estudió originalmente en Australia como estrategia de gestión del vigor en plantaciones de alta densidad Golden Queen (Chalmers *et al.*, 1981). El RD-II evitó crecimientos vegetativos innecesarios. Además, el RD-II aumentó la productividad del árbol y el tamaño final del fruto. El beneficio anterior se explicó por una mayor tasa de crecimiento del fruto una vez que se restituye el riego. Se ha especulado que este crecimiento compensatorio podría deberse al ajuste osmótico del fruto, proceso que consiste en la acumulación activa de sólidos solubles en respuesta a una disminución de la disponibilidad de agua. El proceso anterior disminuiría el potencial de solutos y el potencial hídrico total del fruto, permitiéndole absorber una mayor cantidad de agua una vez aplicadas las dosis de riego normales.

El RD-I puede ser una estrategia adecuada en climas semi-húmedos, pero arriesgada en climas áridos

Sin embargo, dicho proceso en melocotonero tan solo se ha observado durante la recuperación hídrica del fruto, y una vez esto ha sucedido, los crecimientos del fruto entre condiciones diferentes se igualan.

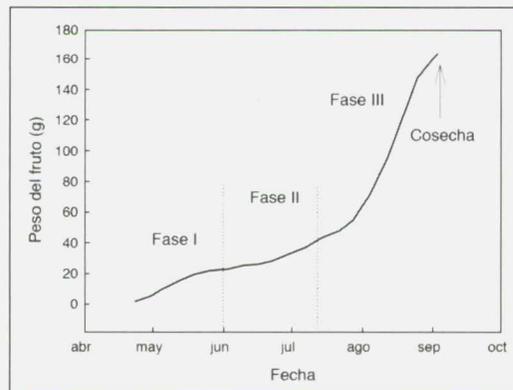
El RD-II también ha sido estudiado en climas semi-áridos y áridos con el objetivo de ahorrar agua. Su aplicación no provocó efectos negativos en la productividad de los árboles (William-

son y Coston, 1990; Boland *et al.*, 1993, 2000; Girona *et al.*, 2003, 2005). Pero no se encontraron los beneficios en el crecimiento del fruto descritos por el estudio original. La discrepancia en los resultados puede estar asociada con la duración y el grado de estrés hídrico aplicado en los distintos estudios. Las respuestas al RD-II también podrían ser diferentes en función de cómo se impone el estrés hídrico. Con el fin de obtener un beneficio en el crecimiento del fruto, el RD-II debería aplicarse con anterioridad al inicio de la fase II (Mitchell y Chalmers, 1982). Esto garantizaría que los árboles están bajo condiciones de estrés hídrico en el momento que comienza la fase II, maximizando los efectos positivos del RD.

También es muy importante obtener una recuperación eficaz del estrés hídrico al inicio de la fase III, extremadamente sensible al déficit hídrico (Berman y DeJong, 1996). Una recuperación eficaz podría conseguirse en suelos superficiales (Chalmers *et al.*, 1981), mientras que sería más complicada en suelos profundos, requiriéndose más tiempo para rellenar el perfil del suelo con agua antes de que comience la fase III (Girona *et al.*, 1993). La carga de frutos del árbol también puede influir en la recuperación del estado hídrico del árbol tras el periodo de RD-II. La recu-

FIGURA 1

Fases de desarrollo del fruto del melocotonero.



Fase I: de división celular y crecimiento inicial (el fruto desarrolla las células que lo componen, aumentando muy poco su tamaño). **Fase II:** el crecimiento del fruto se ralentiza y se produce el endurecimiento del hueso. **Fase III:** las células acumulan la mayor parte de sus carbohidratos y agua. El fruto desarrolla la mayor parte de su peso final. La mayor parte del crecimiento vegetativo se produce coincidiendo con la fase I y II. Durante la fase de poscosecha se produce un segundo flujo de crecimiento vegetativo, normalmente de menor intensidad que el primero.



Enganches regulables a diferentes alturas, con corredera, de bola, barra de tiro...

Para todo tipo de marcas y modelos de tractor!

ENGANCHES TRASEROS, DELANTEROS, ENGANCHES TRIÁNGULO TRES PUNTOS, PESAS, GUARDABARROS...



peración sería más paulatina en árboles con un elevado número de frutos, e incluso incompleta (Lopez *et al.*, 2008; Marsal *et al.*, 2008). Diversos estudios han demostrado una mayor sensibilidad al estrés hídrico en árboles con niveles altos de carga de frutos (Berman y DeJong, 1996; Naor *et al.*, 1999, 2001; Lopez *et al.*, 2008). Lo contrario ocurriría en árboles con un número reducido de frutos. Los niveles bajos de carga facilitarían la recuperación del estrés hídrico una vez que se aplican las dosis de riego normales.

Otra justificación para la aplicación del RD-II es la mejora potencial en la calidad de la fruta. En la variedad Andross, cultivada en un clima semi-árido y suelos profundos en Lleida (Cataluña), los frutos que recibieron RD-II aumentaron la concentración de sólidos solubles totales (SST) (Gelly *et al.*, 2003, 2004). El aumento en SST fue de 1° Brix. La acidez del fruto no se vio alterada. Por ello, se produjo un aumento del ratio SST/acidez. Un aumento de la relación azúcares/acidez es percibido positivamente por los consumidores (Crisosto y Crisosto, 2005). Es difícil extraer conclusiones sobre los efectos del

En climas semi-áridos y áridos, la aplicación del RD-II no provocó efectos negativos

en la productividad de los árboles, aunque es necesario evitar una prolongación del estrés hídrico durante la fase III

RD-II en la acidez de los frutos. En algunos estudios el RD-II la redujo y en otros no la alteró. Pero nunca se ha aumentado. Ello podría indicar un avance en maduración en respuesta al RD. Dicha teoría ha sido confirmada con aumentos en la producción de etileno en frutos regados deficitariamente (Gelly *et al.*, 2003).

Durante la fase III

El melocotón acumula un alto porcentaje de su peso final durante la fase III. Por ello, el estrés hídrico durante la fase III afecta negativamente al tamaño final del fruto (Mercier *et al.*, 2009). Sin embargo, parte de las pérdidas en el calibre del

fruto podrían ser compensadas si se consigue una mejora sustancial en la calidad del fruto. Ése ha sido el objetivo por el que se han evaluado estrategias de riego deficitario en la fase III (RD-III). Las mejoras en la calidad en respuesta al RD-III se han basado en un aumento de la concentración de SST. Li *et al.*, (1989) concluyó que el RD-III aumentaría la aceptación del producto en el mercado, especialmente en aquéllos en los que se demanda un tamaño de fruto medio. El RD-III también podría ser de interés en variedades de melocotón con calibres extra-grandes, ya que una pequeña reducción en el tamaño final del fruto no impediría su comercialización ni disminuiría su valor de mercado. Otros efectos positivos del RD-III en la calidad del fruto estarían relacionados con un adelanto en la madurez y una reducción de la pérdida de peso durante periodos de almacenamiento en frío (Mercier *et al.*, 2009). Todas estas ventajas se manifestaron bajo condiciones de estrés hídrico moderadas. Por ejemplo, en el experimento de Mercier *et al.*, (2009), los valores de potencial hídrico al mediodía solar durante la fase III fueron de -1,5 MPa. Sin embargo, cuando el nivel de estrés es más severo, los efectos beneficiosos en la calidad del fruto no se manifiestan (Lopez *et al.*, 2010). En un estudio en el que se reprodujo una situación de sequía extrema, el crecimiento del fruto se detuvo, estos tenían un sabor astringente y la piel careció de la coloración rojiza característica de la variedad Elberta (Proebsting y Middleton, 1980). En este estudio, los valores de potencial de hoja al mediodía solar oscilaron entre -3 y -4 MPa, indicadores de un nivel de estrés severo. En cuanto al tamaño del fruto, son muchos los estudios que han determinado que el crecimiento final del fruto se ve afectado negativamente por un estrés hídrico severo durante la fase III (por ejemplo, Lopez *et al.*, 2006). Por todo ello, sería importante evitar cualquier situación de estrés hídrico severo durante la fase III, aunque podría ser inevitable en años con restricciones de riego.



Frutos cosechados en árboles bajo condiciones de riego óptimas (izquierda) y de riego deficitario severo durante la fase III (derecha).

Las mejoras en la calidad en respuesta al RD-III

se han basado en un aumento de la concentración de sólidos solubles. El RD-III aumentaría la aceptación del producto en el mercado, especialmente en aquéllos en los que se demanda un tamaño de fruto medio

Durante la poscosecha

La poscosecha es un periodo de tiempo largo dentro del ciclo anual del melocotonero en el que el fruto no está presente. Se intuye como un periodo ideal para aplicar RD, ahorrar agua y disminuir el crecimiento vegetativo excesivo. La estrategia se adapta especialmente a variedades de maduración temprana, ya que su fase de poscosecha es extensa, y durante ésta, se produce la mayor parte del crecimiento vegetativo. En algunos estudios, el RD-PC no mostró ningún efecto negativo en la productividad de los árboles al año siguiente (Johnson *et al.*, 1992; Gelly *et al.*, 2003, 2004; Dichio *et al.*, 2007). En otros, la disminuyó, debido a un efecto negativo del estrés hídrico en la floración y el cuajado de frutos (Larson *et al.*, 1988; Girona *et al.*, 2003; Naor *et al.*, 2005; Marsal *et al.*, 2008). Los efectos negativos se manifiestan cuando se supera un umbral de estrés hídrico, por ejemplo, si el potencial hídrico del tallo al mediodía solar durante la fase final de la poscosecha es superior a -2 MPa (Naor, 2006a). La reducción en el cuajado del fruto en respuesta al estrés hídrico aplicado en la campaña anterior se ha asociado con una limitación en la acumulación de reservas del árbol (Lopez *et al.*, 2007b). Otro efecto negativo que puede ocasionar el RD-PC es el aumento de frutos dobles (Johnson *et al.*, 1992; Naor *et al.*, 2005). Para evitarlo, se recomienda aplicar las estrategias de RD durante la primera fase de poscosecha y restituir el riego por completo en la fase final de la poscosecha.

En cuanto a la calidad del fruto, se han descrito efectos positivos a largo plazo del RD-PC. En la variedad Andross, árboles regados deficitariamente durante la poscosecha aumentaron la concentración de SST (Gelly *et al.*, 2003, 2004). El efecto beneficio podría ser explicado por una reducción en la carga inicial de los árboles (menor floración y cuajado) sometidos a estrategias de RD-PC en la campaña anterior. Una reducción en el nivel de carga en las fases iniciales de crecimiento del fruto se ha relacionado con un aumento en la concentración de SST en la cosecha (Crisosto *et al.*, 1997).

Riego deficitario combinado

El RD combinado durante varias fases de desarrollo del fruto ha sido explorado por diversos autores. Por ejemplo, durante la fase I y II (RD I+II) (Li *et al.*, 1989; Mechlija *et al.*, 2002; Buendía *et al.*, 2008) o durante la fase II y poscosecha (RD-II+PC) (Gelly *et al.*, 2003, 2004). En general, el RD combinado no produjo ningún efecto adicional que la propia suma de los efectos obtenidos por las estrategias aplicadas individualmente. Por lo tanto, el RD combinado podría considerarse cuando se quiere conseguir un importante ahorro de agua o una mayor reducción en el crecimiento vegetativo del árbol.

Riego deficitario sostenido

El riego deficitario sostenido (RDS) es una técnica en la que se imponen predeterminados niveles de estrés hídrico durante la mayor parte de la fase de desarrollo del fruto. El déficit impuesto puede ser constante durante toda la fase de desarrollo del fruto (Mechlija *et al.*, 2002; O'Connell *et al.*, 2006) o variar en función de su estado fenológico (Li *et al.*, 1989; Crisosto *et al.*, 1994) (**cuadro I**). El objetivo del RDS es obtener una combinación de los beneficios obtenidos de la aplicación del RD de forma individual en cada una de las fases de desarrollo del fruto, pero especialmente cuando se quieren conseguir mejoras en la ca-

Una vez más y avalados por los resultados de los 11 últimos años, te sugerimos que siembres tu cereal y abones posteriormente a la llegada del ahijado.

Te lo recomienda Yara: **Primer Fabricante Mundial de Fertilizantes.**

YaraMila™ Actyva, fabricado por el método de Nitrofosforación, patente de Yara. Nutrientes 100% asimilables, conteniendo Polifosfatos.

Contacta con nuestro Dpto. Agronómico para consultas relacionadas:

www.yara.es
info.iberian@yara.com



Knowledge grows

CUADRO I.

Resumen de las dosis de riego aplicadas en experimentos de riego deficitario (RD).

Estrategia	Riego aplicado	Estrategia	Riego aplicado
RD, Fase I		RD, Fase I+II	
Li <i>et al.</i> 1989	0%	Li <i>et al.</i> 1989	0% + 40%
Li <i>et al.</i> 1989	0%	Li <i>et al.</i> 1989	0% + 34%
RD, Fase II		Mechlia <i>et al.</i> 2002	90%
Li <i>et al.</i> 1989	40%	Buendía <i>et al.</i> 2008	25% + 25%
Li <i>et al.</i> 1989	34%	RD Fase I + II + III	
Gelly <i>et al.</i> 2003	35%	Li <i>et al.</i> 1989	0% + 40% + 43%
Gelly <i>et al.</i> 2004	35%	Li <i>et al.</i> 1989	0% + 34% + 34%
Domingo <i>et al.</i> 2007	32%	Crisosto <i>et al.</i> 1994	50%+ 75% + 50%
Lopez <i>et al.</i> 2008	0%	Mechlia <i>et al.</i> 2002	77% + 77% + 77%
RD, Fase III		O'Connell <i>et al.</i> 2006	50% + 50% + 50%
Li <i>et al.</i> 1989	43%	RD, Fase II + poscosecha	
Li <i>et al.</i> 1989	34%	Gelly <i>et al.</i> 2003	35% + 35%
Bessey <i>et al.</i> 2001	64%	Gelly <i>et al.</i> 2004	35% + 35%
Bessey <i>et al.</i> 2001	23%	RD, poscosecha	
Mechlia <i>et al.</i> 2002	88%	Gelly <i>et al.</i> 2003	35%
Domingo <i>et al.</i> 2007	73%	Gelly <i>et al.</i> 2004	35%
Mercier <i>et al.</i> 2009	60%		
Mercier <i>et al.</i> 2009	40%		
Lopez <i>et al.</i> 2010	20%		

lidad de la fruta (por ejemplo, aumentos en la concentración de SST). Crisosto *et al.*, (1994) aplicaron una estrategia de RDS en la variedad O'Henry. Los árboles se regaron al 50% de la dosis óptima durante las fases iniciales del crecimiento del fruto y se aumentó al 75% durante las fases finales. La estrategia de RDS no tuvo ningún efecto sobre la firmeza y coloración del fruto y el pH del jugo extraído. Se redujo el tamaño promedio del fruto y se aumentó la concentración de SST. El aumento observado en SST se cuantificó en 1,6 y 0,5° Brix en el primer y segundo año del experimento, respectivamente. Los autores concluyeron que los frutos con un mayor contenido en SST tendrían una mayor aceptación por los consumidores a pesar de la reducción en el tamaño del fruto. Dicha conclusión se basaba en un estudio anterior que indicaba que frutos con un alto contenido de SST tenían un mayor valor en el mercado californiano (Parker *et al.*, 1991).

El efecto positivo del RDS en la calidad del fruto también se ha observado en otros estudios, como por ejemplo en los realizados por Mechlia *et al.*, (2002) en la variedad Carnival. El aumento de la concentración de SST en respuesta al RDS fue de 1° Brix. Los autores sugirieron que dicho aumento en SST podría compensar las pérdidas de producción (cuantificadas en un 10%) debidas a una reducción del calibre del fruto.



Fruto doble en una variedad de nectarina (R-28) sometida a riego deficitario en poscosecha el año anterior.

Conclusiones y perspectivas de futuro

La presente revisión sobre los efectos del RD en la productividad y calidad del melocotonero permite llegar a las siguientes conclusiones.

Un efecto negativo que podría asociarse al RD es la reducción en el tamaño final del fruto. Sin embargo, éste solamente se observaría cuando el nivel de estrés es demasiado severo o prolongado, y especialmente si coincide con la fase III. Tal efecto negativo podría no ser tal en mercados en los que se prefieren frutos con calibres de tamaño medio, en cultivos con potencial de producción de calibres extra, o en frutos destinados a la industria de transformación. Para justificar su aplicación, la mejora en la calidad del fruto debería com-

pensar la limitación en el tamaño del fruto.

Parece seguro aplicar técnicas de RD-II y se adapta especialmente a variedades de maduración tardía. En raras ocasiones la producción se ve afectada negativamente y los beneficios en la calidad del fruto son consistentes entre los distintos estudios realizados. Además, se consiguen reducciones importantes en el crecimiento vegetativo, mecanismo importante en plantaciones de melocotonero que carecen de plantones enanizantes.

Los ahorros en agua justificarían su aplicación en años en los que los recursos hídricos sean limitados. El riego deficitario en poscosecha es especialmente indicado en variedades de recolección temprana. Pero debe aplicarse con cautela para evitar problemas a largo plazo, como la producción de frutos dobles.

En cuanto a la calidad del fruto, el parámetro más evaluado ha sido la concentración de sólidos solubles. La mayor parte de estudios indicaron aumentos en la concentración de sólidos solubles en respuesta al RD. Las mejoras en calidad en respuesta al RD se han asociado con el aumento de dicho parámetro. Otros parámetros han recibido menor atención y los resultados son menos concluyentes.

La tendencia observada es a disminuir la firmeza y la acidez, y aumentar la coloración del fruto. Junto con aumentos en la producción de etileno se podría deducir que el RD avanza la maduración del fruto.

Pero la calidad no se determina únicamente por los parámetros físico-químicos anteriores, sino que es necesaria más información en otros ámbitos. Por ejemplo, se necesita información acerca de cómo el RD afecta a la producción de aromas volátiles y cómo el fruto se comporta durante el periodo de poscosecha.

Un área de investigación requiere una especial atención en el futuro: el análisis sensorial de los frutos, que es de primordial importancia en la comercialización, por lo que las futuras investigaciones deberían avanzar en este sentido. ●

Agradecimientos

Se agradece la ayuda recibida por el proyecto Consolider-Ingenio 2010 (CSD2006-00067) para realizar estudios de riego deficitario.

Bibliografía

Existe una amplia bibliografía a disposición de los lectores contactando con gerardo.lopez@irta.es.