

Aplicación de estrategias de riego deficitario controlado en albaricoquero

F. Pérez-Sarmiento, R. Alcobendas, O. Mounzer, E. Nicolás, J.J. Alarcón

Departamento de Riego. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC). Apdo. 164. 30100 Espinardo (Murcia). España.
frapesar@cebas.csic.es

Resumen

Se estudiaron los efectos de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) sobre albaricoqueros de 9 años de edad (*Prunus armeniaca* L. cv. “Búlida”) injertados sobre patrón franco de ‘Real Fino’. Para ello, se establecieron 2 tratamientos de riego, uno de riego control, que se regó satisfaciendo los requerimientos hídricos del cultivo (100% ETC) y un tratamiento de RDC, que consistió en reducir los aportes de agua con respecto a la ETC en los periodos no críticos en este cultivo: a) 40% de la ETC desde floración hasta el final de la primera fase de crecimiento del fruto; b) 60% de la ETC durante la segunda fase de crecimiento del fruto y c) 50% y 25% durante la post-cosecha final (60 días después de recolección), diferenciando 2 periodos de 30 días, el primero al 50% de la ETC, y otro hasta la caída de hojas al 25% de la ETC. Los resultados obtenidos indican que el albaricoquero es una especie adecuada para realizar estrategias de RDC, debido principalmente a la clara separación entre el crecimiento vegetativo y reproductivo y, también al efecto de crecimientos compensatorios que se producen en los frutos que han estado bajo RDC, lo cual hace que finalmente no se produzcan mermas significativas de calibre. Además, ciertas características cualitativas, como el nivel en sólidos solubles, sabor y coloración de la fruta, se ven incrementadas. Estas dos razones, junto con ahorros de agua vía riego, del 39%, conducen a que estrategias de RDC puedan suponer una clara alternativa en zonas con infradotación hídrica, como es el sureste español.

Palabras clave: conductancia estomática; estrés hídrico; fotosíntesis; *Prunus armeniaca* L.; riego deficitario controlado.

1. Introducción y objetivos

La agricultura de regadío utiliza alrededor del 75% del total del agua que se deriva en España para los diferentes usos. Debido al incremento de demandas más prioritarias sobre este recurso como la doméstica o industrial, y a un excesivo desarrollo de regadíos (en relación a los suministros sostenibles), se han intensificado las presiones sobre el sector agrícola para que se reduzca el volumen de agua utilizado en los regadíos. Además, el desequilibrio entre una demanda hídrica en aumento y una oferta de recursos hídricos estable o en declive expresa el grave problema actual de la agricultura de regadío.

Así, en los últimos años están cobrando mucha importancia los estudios que aborden la aplicación de estrategias de riego deficitario controlado, cuyo fundamento es reducir los aportes de agua en los momentos fenológicos del cultivo que no suponen un efecto negativo en la producción e incluso pueden resultar en mejoras de algunos aspectos cualitativos de las cosechas obtenidas [2]

Por otro lado, la importancia socioeconómica del albaricoquero en la Región de Murcia, con 10.000 ha de cultivo, significando el 70% de la producción nacional [4] justifica la necesidad de llevar a cabo estudios encaminados a mejorar el conocimiento de la respuesta de este cultivo a condiciones ambientales adversas, entre las que se incluyen los periodos de sequía, los cuales son característicos de los agrosistemas mediterráneos. El objetivo fue llevar a cabo estos estudios en la variedad de albaricoquero “Búlida” de cara a confeccionar adecuados programas de riego deficitario controlado para esta especie.

2. Materiales y Métodos

El ensayo fue llevado a cabo en una finca comercial situada en Fuente Librilla, Mula (Murcia), en 2008, sobre albaricoqueros de 9 años de edad (*Prunus armeniaca* L. cv. ‘Búlida’) injertados sobre patrón franco de ‘Real Fino’, con un marco de plantación 8 x 6 m. Se aplicó riego por goteo, utilizándose un único lateral de riego por fila de árboles, con cinco goteros por planta, que arrojaban un caudal de 4 l h⁻¹.

La parcela experimental ocupa una superficie aproximada de una hectárea, con 8 filas de 22 árboles cada una, la cual se dividió equitativamente en dos tratamientos de riego: un tratamiento de riego control (C), que se regó satisfaciendo los requerimientos hídricos del cultivo (100% ETc) y un tratamiento de riego deficitario controlado (RDC), que consistió en reducir los aportes de agua con respecto a la ETc, en distintos porcentajes en función del momento fenológico del cultivo. Así, los porcentajes de riego con respecto a la ETc del cultivo fueron: a) 40% desde floración hasta el final de la primera fase de crecimiento del fruto (febrero-marzo); b) 60% durante la segunda fase de crecimiento del fruto (abril); c) 100% desde la tercera fase de crecimiento del fruto hasta el final de la post-cosecha inicial (mayo-inicios de agosto); e) 50% y 25% durante la post-cosecha final, diferenciando 2 períodos, uno hasta mediados de octubre (50% ETc), y otro hasta la caída de hojas (final de noviembre) al 25% de la ETc (Figura 1). El agua de riego utilizada fue clasificada como de buena calidad agronómica.

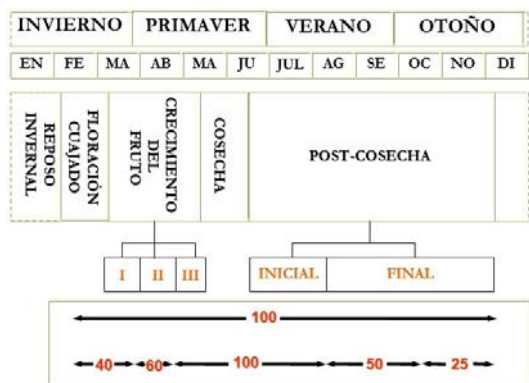


Figura 1. Distribución de los porcentajes de agua respecto de la ETc fijados en el tratamiento control y en el de riego deficitario controlado a lo largo del año 2008.

Durante toda la estación se controló con frecuencia quincenal el contenido volumétrico del agua en el suelo (θ_v) mediante sonda de neutrones, el estado hídrico de la planta y los niveles de intercambio gaseoso. El estado hídrico de la planta fue evaluado a partir de medidas del potencial hídrico foliar (Ψ_{md}) y potencial hídrico de tallo (Ψ_s) utilizando la cámara de presión [6]. La conductancia estomática (g_s) y la fotosíntesis neta (F_n) fueron medidas a mediodía solar, utilizando un aparato de intercambio gaseoso portátil (LICOR Li-6400).

3. Resultados y Discusión

El estado hídrico de la planta y los niveles de intercambio gaseoso se vieron afectados significativamente por el tratamiento de RDC, si bien de los indicadores que fueron medidos, únicamente el Ψ_s reflejó significativamente la imposición del tratamiento de RDC en todos los momentos fenológicos en que fue impuesto (fase I y II del crecimiento del fruto y período post-cosecha final) (Tabla 1). El resto de indicadores (Ψ_{md} , F_n y g_s) sólo mostraron diferencias significativas, entre ambos tratamientos de riego, durante la segunda etapa de la post-cosecha final, cuando las reducciones de agua del tratamiento de RDC eran más importantes (25% de la ETc). (Tabla 1). Esto pone de manifiesto que el Ψ_s representa el mejor indicador en planta de medida discontinua para programar el riego en albaricoquero ya que refleja mejor la falta de agua en el suelo que el Ψ_{md} [8]. En este sentido, los valores de Ψ_{md} , F_n y g_s son muy variables ya que dependen de las condiciones climáticas reinantes en el momento de la medida.

Según bibliografía el período más crítico al déficit hídrico del albaricoquero es la segunda fase de rápido crecimiento del fruto (fase III). Otro período sensible es el de post-cosecha inicial [5], período en el que se registran altos consumos de agua. La supresión del riego durante este período afectaría a la diferenciación floral, lo que provocaría un desarrollo tardío de las yemas florales, disminución del número y alteración de las mismas, además de largos tallos con hojas pequeñas. Bajo estas premisas se fijó el tratamiento de riego deficitario controlado (RDC), el cual supuso ahorros de agua con respecto al tratamiento de riego control (100% ETc) del 40% y 45% durante el período de crecimiento del fruto y período post-cosecha, respectivamente. Así, los aportes de agua vía riego ascendieron a 5740 y 3254 $m^3 ha^{-1}$ para el tratamiento control y RDC, respectivamente. Hay que resaltar que si fueran considerados los episodios de lluvia acontecidos en los distintos momentos del desarrollo del cultivo, la reducción de agua en el tratamiento de RDC ascendería aproximadamente al 30% con respecto del tratamiento control. En la figura 2 se recogen la dosis de agua aplicada vía riego, diferenciando las distintas fases fenológicas del cultivo.

Tabla 1. Niveles medios de potencial hídrico de tallo (Ψ_s , MPa), potencial hídrico foliar (Ψ_{md} , MPa), fotosíntesis neta (F_n , $\mu mol m^{-2} s^{-1}$) y conductancia estomática (g_s , $mmol m^{-2} s^{-1}$),

medidos a mediodía solar para cada período fenológico.

Período	Ψ_s		Ψ_{md}		F_n		g_s	
	C	RDC	C	RDC	C	RDC	C	RDC
Fase I	-0.61	-0.75	-1.26	-1.45	10.2	8.1	144.1	107.3
		*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fase II	-0.64	-0.94	-1.28	-1.48	11.3	9.4	167.6	128.3
		***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fase III	-0.66	-0.70	-1.36	-1.52	12.3	12.7	196.3	193.0
		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Post-cosecha Inicial	-0.91	-1.03	-1.65	-1.66	7.6	7.9	99.9	78.3
		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Post-cosecha Final I	-1.23	-1.55	-2.11	-2.12	6.2	5.8	91.9	72.1
		**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Post-cosecha Final II	-1.25	-1.81	-1.98	-2.34	6.0	1.1	76.6	22.2
		***	*	n.s.	***	n.s.	***	***

Los valores corresponden a la media de 18 medidas (n.s. = no significativo, *P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001).

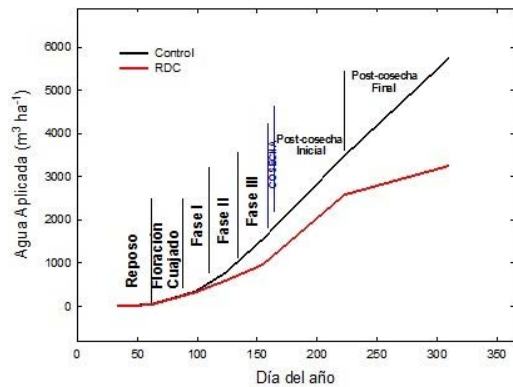


Figura 2. Agua aplicada ($m^3 ha^{-1}$) en el tratamiento control (línea negra) y en el tratamiento de riego deficitario controlado (línea roja) a lo largo del año 2008.

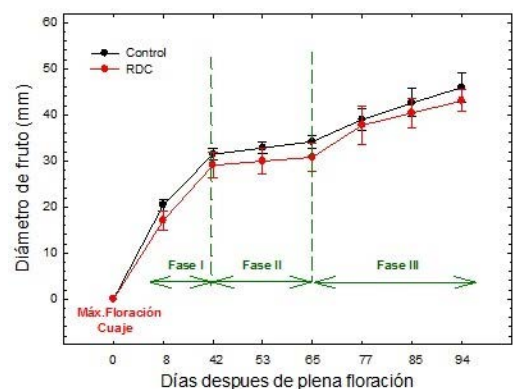


Figura 3. Evolución del diámetro del fruto (mm) en el tratamiento control (línea negra) y en el tratamiento de riego deficitario controlado (línea roja) a lo largo del año 2008. Las barras en cada punto representan el error estándar de la media.

Estos significativos ahorros de agua no tuvieron consecuencias ni en la producción obtenida ni en el tamaño final del fruto. Así, en cuanto a la

producción final obtenida, el tratamiento de riego control presentó una media de 156.7 kg/árbol, significativamente similar a la obtenida en los árboles del tratamiento RDC (153.3 kg/árbol). Por otro lado, el tamaño final del fruto no se vio afectado por el tratamiento de RDC, debido a que en la fase III de rápido crecimiento reproductivo, los frutos de este tratamiento experimentaron crecimientos compensatorios, por lo que alcanzaron un tamaño similar a los del tratamiento control. Así, todos los frutos de ambos tratamientos alcanzaron un diámetro superior a 40 mm, y por tanto, pudieron clasificarse de categoría extra o de primera categoría atendiendo al calibre (Figura 3). En numerosos cultivos arbóreos, existe una clara separación entre los períodos de activo crecimiento vegetativo y del fruto por la demanda de fotoasimilados. Este aspecto favorece la aplicación de estrategias de RDC, ya que permite controlar el crecimiento vegetativo sin reducir el tamaño del fruto [7]. Como ocurrió en nuestro ensayo, algunos frutos al recuperarse de un déficit hídrico temporal experimentan un crecimiento compensatorio, permitiendo alcanzar un tamaño similar al de los frutos que no han sufrido déficit.

Por otro lado, otros parámetros de calidad de fruto sí se vieron afectados por el tratamiento de RDC. En las tablas 2 y 3 se reflejan los principales parámetros físico-químicos de los frutos obtenidos en ambos tratamientos de riego. En general, los frutos del tratamiento de RDC presentaron un mayor índice de madurez como se vio reflejado en los valores significativamente más altos en los parámetros físicos referentes al color (piel y pulpa) y en los menores niveles de firmeza (Tabla 2). Al analizar los parámetros químicos también hay que destacar el mayor contenido en sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) de los frutos obtenidos en el tratamiento de RDC. No se obtuvieron diferencias significativas en los parámetros químicos de pH, acidez total y % en materia seca (Tabla 3). Existen pocos trabajos que aborden el efecto que tienen distintas estrategias de riego sobre la calidad del fruto. En este sentido, algunos enólogos asocian el incremento de la calidad del vino en zonas semiáridas con el déficit hídrico [9]. Los beneficios del RDC en cuanto a la productividad y calidad del vino ha sido claramente demostrada [3]. Por otro lado, existen algunos trabajos en frutales de hueso que asocian el tratamiento de RDC con un incremento en el nivel de sólidos solubles [1].

Tabla 2. Parámetros físicos de firmeza del fruto (N) y color medido como luminosidad, HUE y CHROMA en piel y pulpa de frutos del tratamiento control y tratamiento de riego deficitario controlado en el momento de recolección.

Tratamiento	Firmeza	Luminosidad		HUE		CHROMA	
		Piel	Pulpa	Piel	Pulpa	Piel	Pulpa
CONTROL	52.9	67.1	62.6	78.8	78.6	48.1	44.7
RDC	36.5	69.2	63.9	85.3	82.9	50.6	46.6
Significación	**	n.s.	n.s.	**	**	**	*

(n.s. = no significativo, *P<0.05, **P<0.01).

Tabla 3. Parámetros químicos de pH, sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), acidez total (g 100 ml⁻¹) y materia seca (%) en los frutos del tratamiento control y tratamiento de riego deficitario controlado medidos en el momento de recolección.

Tratamiento	pH	$^{\circ}$ BRIX	Acidez total	materia seca
CONTROL	3.71	9.47	1.19	11.54
RDC	3.75	10.28	1.14	11.60
Significación	n.s.	*	n.s.	n.s.

(n.s. = no significativo, *P<0.05).

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este primer año de experimentación vienen a indicar que el albaricoquero es una especie adecuada para realizar estrategias de riego deficitario controlado debido principalmente a la clara separación entre el crecimiento vegetativo y reproductivo y, también al efecto de crecimientos compensatorios que se producen en los frutos que han estado bajo RDC, lo cual hace que finalmente no se produzcan mermas significativas de calibre. Además, ciertas características cualitativas, como el nivel en sólidos solubles y la coloración de la fruta, se vean incrementadas. Estas dos razones junto con ahorros de agua vía riego, de al menos el 30%, vienen a significar que estrategias de RDC puedan suponer una clara alternativa en zonas con infradotación hídrica, como es el sureste español, al mantener la productividad e incluso mejorar la calidad de la fruta.

5. Agradecimientos

Este estudio fue cofinanciado por tres proyectos: IRRIVAL (EU-FP6-FOOD-CT-2006-023120), CONSOLIDER INGENIO 2010 (MEC CSD2006-

0067) y SÉNECA (05665/PI/07) concedidos a los autores.

6. Referencias bibliográficas

- [1] Buendía, B., Allende, A., Nicolás, E., Alarcón, J.J., Gil, M.I. 2008. Effect of Regulated Deficit Irrigation and Crop Load on the Antioxidant Compounds of Peaches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 3601-3608.
- [2] Fereres, E., Soriano, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany* 58: 147-159.
- [3] Girona, J., Mata, M., del Campo, J., Arbones, A., Bartra, E., Marsal, J. 2006. The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. *Irrigation Science* 24: 115-127.
- [4] MARM. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2009. (www.marm.es).
- [5] Ruiz-Sánchez, M.C., Egea, J., Galego, R., Torrecillas, A. 1999. Floral biology of "Bulida" apricot trees subjected to postharvest drought stress. *Annals of Applied Biology* 135: 523-528.
- [6] Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D., Hemingsen, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148: 339-346.
- [7] Torrecillas, A., Alarcón, J.J., Domingo, R., Planes, J., Sánchez Blanco, M.J. 1996. Strategies for drought resistance in leaves of two almond cultivars. *Plant Science* 118: 135-143.
- [8] Vélez, J.E., Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. 2007. Scheduling deficit irrigation of citrus trees with maximum daily trunk shrinkage. *Agricultural Water Management* 90: 197-204.
- [9] Williams, L.E., Matthews, M.A. 1990. Grapevines. En: Stewart, B.A., Nielsen, D.R., eds. *Irrigation of agricultural crops*. *Agronomy* 30. Madison, W.I.: ASA, CSSA, SSSA. p. 1019-1055.