

EFFECTO DE DIFERENTES REGÍMENES DE RIEGO SOBRE LA CARGA FRUTAL, TAMAÑO DE FRUTA Y RENDIMIENTO DEL OLIVO cv. SEVILLANA

Effect of different irrigation treatments on the fruit load, fruit size and yield of olive trees cv. Sevillana

Gabriel Selles van Sch.¹*, Raúl Ferreyra E.¹, Iván Selles M.² y Gamalier Lemus S.¹

ABSTRACT

In order to determine the effects of different regulated deficit irrigation (RDC) strategies in olives (*Olea europaea* L.), four irrigation treatments were applied, for three seasons, in an eight-year-old orchard of cv. 'Sevillana', growing in the locality of Tierras Blancas, San Felipe, V Region, Chile (32°47' S; 70°42' W; 800 m above sea level). Treatments were: T1, irrigated at 100% of crop evapotranspiration (ETc) for the entire season; T2, 100% ETc from beginning of shoot growth until the end of fruit growth stage II and 40% ETc during stage III; T3, 100% ETc from beginning of shoot growth until the end of fruit growth stage II and 25% ETc during stage III; and T4, 60% ETc throughout the entire season. Both stem water potential and stomatal conductance were affected by RDC, especially when 40 and 25% ETc were applied. During fruit stage III, water stress did not affect the fruit-bearing load, however during this stage severe water stress affected the final fruit weight. Water stress during the whole season (60% ETc), produced a strong reduction on the fruit-bearing load of the season of high production, which seems to have its origin in the previous season. According to the results, the best strategy for RDC in olives seems to be moderate stress (application of 40% ETc) in phase III of fruit growth.

Keywords: stem water potential, stomatal conductance, regulated deficit irrigation, *Olea europaea* L.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de diferentes estrategias de riego deficitario controlado (RDC) en olivos (*Olea europaea* L.), se aplicaron cuatro tratamientos de riego, en tres temporadas, a un huerto de ocho años de edad, del cv. Sevillana, ubicado en la localidad de Tierras Blancas, San Felipe, V Región (32°47' lat. Sur, 70°42' long. Oeste, 800 m.s.n.m). Los tratamientos fueron: T1, regado con el equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada; T2, 100% de la ETc desde brotación hasta el término de la fase II de crecimiento del fruto y 40% durante la fase III; T3, 100% de la ETc desde brotación hasta el término de la fase II de crecimiento del fruto y 25% durante la fase III; y T4, 60% de la ETc durante toda la temporada. Tanto el potencial hídrico xilemático como la conductancia estomática se vieron afectados por la aplicación de riego restringido, especialmente cuando se aplicaron 40 y 25% de la ETc. Déficit hídricos durante la fase III de crecimiento de frutos no afectaron la carga frutal, sin embargo restricciones hídricas severas durante esta fase tuvieron incidencia en el peso final del fruto. Déficit hídricos durante toda la temporada (60% ETc), produjeron una fuerte reducción en la carga frutal de la temporada de alta producción, la que parece tener su origen en el año anterior. De acuerdo a los resultados, la mejor estrategia RDC en olivo parece ser un estrés moderado (aplicación del 40% de la ETc) en la fase III de crecimiento del fruto.

Palabras clave: potencial hídrico xilemático, conductancia estomática, riego deficitario controlado, *Olea europaea* L.

Estudio financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), Ministerio de Agricultura, Chile. Proyecto realizado en el marco del proyecto FIA, Riego Deficitario Controlado en Frutales.

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

E-mail: gselles@inia.cl *Autor para correspondencia

² Aguas Andinas S.A, Balmaceda 1398, Santiago, Chile

Recibido: 24 de febrero de 2004. Aceptado: 3 de junio de 2004.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente el olivo (*Olea europaea* L.) se cultiva como especie de secano, en áreas con precipitaciones anuales que bordean los 400 a 500 mm, aunque en Chile en algunas zonas se cultiva bajo precipitaciones menores, del orden de 200 mm anuales. Varios autores han demostrado el efecto positivo del riego sobre la producción, la nutrición y el crecimiento del árbol (Proietti y Antognozzi, 1996; Nuzzo *et al.*, 1997; Androulakis *et al.*, 1997). Investigaciones en las que se comparó la producción de secano y de riego en el olivo, demuestran que el crecimiento del fruto es fuertemente influido por la disponibilidad de agua en el suelo (Nuzzo *et al.*, 1997; Androulakis *et al.*, 1997; Patumi *et al.*, 1999). Proietti y Antognozzi (1996) encontraron que la aplicación de agua de riego aumenta el valor comercial del fruto, al obtener un incremento en su tamaño y una mejor relación pulpa/hueso.

El crecimiento del fruto del olivo, como el de cualquier otra drupa, está caracterizado por una curva de crecimiento de tipo doble sigmoídea (Rallo *et al.*, 1994), en donde se distinguen tres fases de crecimiento, que pueden ser afectadas de diferente forma por un déficit hídrico (Tombesi, 1994). La fase I de división y expansión celular, y la fase II de endurecimiento del carozo ocurren entre fines de primavera y comienzo de verano, y coinciden con el inicio de la inducción floral. La fase III ocurre durante el período de verano y corresponde básicamente a elongación celular. En la primera fase de crecimiento, ocurre un notable aumento de tamaño, debido principalmente a división celular (Tombesi, 1994). Proietti y Antognozzi (1996), comparando árboles con riego y de secano, encontraron que el mayor efecto del aporte hídrico sobre los frutos, durante la fase I, fue sobre la división más que en la expansión celular, manifestando así la importancia de este primer estado de crecimiento del fruto. Inglese *et al.* (1996) trabajando con el cv. Carolea, encontraron que aplicaciones de riego en la fase III también producen aumentos en el tamaño del fruto dada la elongación que se produce en la fruta en esta fase.

El crecimiento vegetativo, por su parte, se caracteriza por presentar principalmente dos períodos de crecimiento, uno a principios de primavera y otro a finales de verano y principios de otoño. El primer período de crecimiento se inicia mucho antes que

comience la fase I del fruto, y es simultáneo con el proceso de crecimiento de la inflorescencia y floración-cuaja. La simultaneidad de los procesos de desarrollo vegetativo y reproductivo a inicios de la primavera, significan una fuerte competencia por asimilados y nutrientes minerales entre ambos tipos de centros de crecimiento, y favorece la manifestación de una de las características productivas más importantes del olivo: el añerismo o vecería, la que consiste básicamente en la alternancia de años de alta producción (años de carga) con años de baja producción (años de descarga). Esta alternancia es debida en gran medida a una inhibición de la inducción floral (Lavee y Avidan, 1994; Rallo *et al.*, 1994).

Por lo indicado anteriormente, en todas las fases de crecimiento del fruto hay sensibilidad a un déficit hídrico. Sin embargo, los procesos de cuaja y división celular han sido descritos por varios autores como fases extremadamente sensibles al déficit hídrico en la mayoría de los cultivos, al producir una menor cuaja y frutos más pequeños. La aplicación de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) durante estos períodos podría ser perjudicial, además de suponer pequeños ahorros de agua por la baja demanda evapotranspirativa durante estos meses. Por otra parte, el endurecimiento del carozo se caracteriza por la masiva esclerificación del endocarpo del fruto. Durante esta fase, algunos autores han observado una reducción en la velocidad del crecimiento del fruto del olivo y una elevada sensibilidad al déficit hídrico, que se manifiesta en una menor producción (Alegre *et al.*, 2000).

En la presente investigación se busca determinar el efecto de diferentes regímenes de riego deficitario controlado (RDC), aplicados durante la fase III de crecimiento del fruto, sobre la carga frutal, el tamaño del fruto a la cosecha y la producción final, en el olivo cv. Sevillana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó entre octubre de 1998 y mayo de 2001 (tres temporadas), en la localidad de Tierras Blancas (32°47' lat. Sur, 70°42' long. Oeste, 800 m.s.n.m), comuna de San Felipe, V Región, Chile. La superficie utilizada fue de 1,1 ha, de un huerto de olivos cv. Sevillana de 8 años de edad, plantados en curvas de nivel, en un marco promedio de 5 x 5 m, con los cvs. Empeltre y Ascolana

Ternera como polinizantes (15% de las plantas). La primera temporada (1998-1999) y la última temporada de evaluaciones (2000-2001), correspondieron a años de baja carga frutal (año de descarga) en tanto que la segunda temporada (1999-2000) correspondió a un año de alta carga (año de carga).

El clima de la zona es de tipo mediterráneo, con marcada concentración invernal de las precipitaciones y un verano prolongado y seco. El período de lluvias está concentrado entre los meses de mayo y agosto, con magnitudes entre los 250 y 450 mm anuales. La temperatura media anual de la zona alcanza los 16°C, con máximas superiores a los 32°C en verano y mínimas cercanas a los 2,5°C (Santibañez y Uribe, 1990). El suelo donde se ubicó el ensayo es un Mollisol, Entic Haploxeroll (CI-REN, 1984), con presencia de clastos angulosos (52,8%, granito fundamentalmente), de clase textural franca muy gravosa, con un 7% de pendiente. El suelo presenta una capacidad de retención de agua de 105 mm, en los 90 cm de profundidad de perfil.

El sistema de riego utilizado fue microaspersión, con un emisor autocompensado por planta de 45 L h⁻¹. Los riegos se aplicaron cuando se agotaba entre el 20 a 30% el agua retenida en el suelo, en el tratamiento testigo. Por lo cual la frecuencia de riego fue de aproximadamente dos días en los meses de máxima evapotranspiración, y entre cuatro a siete días en los meses de menor demanda hídrica. El ensayo se dispuso en un sistema de bloques al azar, con tres bloques y cuatro tratamientos de riego. Los tratamientos de RDC se comenzaron a aplicar en la temporada 1998-1999.

Los tratamientos correspondieron a cuatro regímenes de riego. Un testigo (T1) que consistió en reponer en su totalidad (100%) la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada. Dos regímenes deficitarios (T2 y T3) basados en la restricción del volumen de agua aplicada durante la fase III de crecimiento del fruto (principio de febrero a mediados de abril). En T2 se aplicó un 40% de la ETc durante este período y en T3 un 25% de la ETc. El cuarto tratamiento (T4) consistió en aplicar un 60% de la ETc durante toda la temporada.

La ETc se estimó por el método del evaporímetro de bandeja clase A (Allen *et al.*, 1998), utilizando un coeficiente de bandeja entre 0,7 y 0,8 dependiendo de las condiciones ambientales de la zona. El coefi-

ciente de cultivo utilizado fue el propuesto por Goldhamer *et al.* (1994), equivalente a 0,7 para toda la temporada. Las cargas de agua que se aplicaron considerando una eficiencia de aplicación del método de riego por microaspersión de 85%.

En forma quincenal se evaluó el potencial hídrico xilemático (PHx) por el método de cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965), de acuerdo con la metodología descrita por Meyer y Reicosky (1985). Las mediciones se realizaron a mediodía (13:00 h), en ramillas de un año, ubicadas en el tercio medio del árbol, momento en el cual se considera que las plantas presentan su potencial diurno más bajo. Se midió una ramilla por árbol, en nueve árboles por tratamiento, a lo largo de la temporada de crecimiento. Durante la temporada 1999-2000 se evaluó la conductancia estomática (gs), a partir de mediciones de resistencia estomática (rs, gs = 1/rs) realizadas con un porómetro de flujo estable (Li 1600, LI-COR Inc, Lincoln, Nebraska, USA). Las mediciones se realizaron a las 10:00 h, momento en que los estomas se encuentran completamente abiertos (Fernández *et al.*, 1997). La conductancia se midió en una hoja por planta, con características de hoja adulta, ubicada en el tercio medio del árbol y expuesta al sol, en 21 plantas por tratamiento.

En forma quincenal se midió el largo de brotes apicales en 12 plantas por tratamiento, desde el inicio de la brotación hasta que no se detectó crecimiento, los que se marcaron en la última yema formada, diferenciándolos del crecimiento del ciclo anterior. En cada temporada se cosecharon individualmente seis árboles por tratamiento, de los cuales se pesó la producción total. De cada árbol se extrajo una muestra de 150 frutos, los que se pesaron individualmente para la medición de peso de frutos a la cosecha.

Los resultados se sometieron a análisis de varianza (prueba F, p ≤ 0,05), la separación de medias se realizó de acuerdo al test de diferencias mínimas significativas (DMS) y prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los volúmenes de agua de riego que recibieron los tratamientos en cada temporada de investigación, se presentan en el Cuadro 1. En el mismo cuadro se incluyó la pluviometría del período, que significó un aporte adicional de agua. Las precipitaciones se

Cuadro 1. Aporte de agua de riego en cada tratamiento y precipitaciones totales (mm) para cada temporada (meses de junio a mayo).**Table 1. Amount of irrigation water for each treatment and total rain (mm) for each season (months from June to May).**

Tratamiento	Temporada 1998-1999		Temporada 1999-2000		Temporada 2000-2001	
	Riego	Precipitación	Riego	Precipitación	Riego	Precipitación
T1	621,9	27,9	767,5	222,4	599,4	333,1
T2	480,2	27,9	561,2	222,4	502,4	333,1
T3	444,8	27,9	509,7	222,4	408,4	333,1
T4	373,1	27,9	460,5	222,4	359,4	333,1

T1: regado con el equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II de crecimiento del fruto y 40% durante la fase III.

T3: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II del fruto y 25% durante la fase III.

T4: regado con el equivalente al 60% de la ETc durante toda la temporada.

concentraron fundamentalmente entre los meses de junio a septiembre y fueron de 27,9 mm en la temporada 1998-1999 y 222,4 y 333,1 mm en las temporadas 1999-2000 y 2000-2001, respectivamente. Las precipitaciones normales en el sector del ensayo son de 350 mm, por lo que la temporada 1998-1999 correspondió a un año seco.

La evolución del potencial hídrico xilemático medido al mediodía (PHx), en las tres temporadas de ensayo se presenta en las Figuras 1, 2 y 3. Durante la fase I y II de crecimiento del fruto, los tratamientos T1, T2 y T3, presentaron valores similares de PHx en los diferentes años para los diferentes tratamientos, ya que durante este período los tres tratamientos recibieron 100% de ETc. Los valores medidos fluctuaron entre -1,63 y -1,06 MPa. Durante este mismo período (fase I y II), el tratamiento T4 (60% de ETc), presentó valores de PHx ligeramente menores, los que fluctuaron entre -2 y -1,26 MPa, en respuesta a la menor carga de agua aplicada desde inicios de temporada. Durante el período de aplicación de la restricción hídrica (fase III de crecimiento de fruto), el valor mínimo de PHx en el tratamiento T2 alcanzó -2 MPa, en tanto en T3 el PHx llegó a valores entre -2,1 a -3,4 MPa. Por su parte en este mismo período el tratamiento T4 (60% de ETc durante toda la temporada), presentó valores similares a T2 y claramente superiores a T3. Los valores medidos de PHx están en el rango señalado por otros autores, como Moreno *et al.* (1996), Fernández *et al.* (1997) y Alegre *et al.* (2000), quienes reportan valores de entre -1 y -2 MPa en árboles regados y entre -1 y -3 MPa en plantas no regadas. Por otra parte, Fernández *et al.* (1997), encontraron que olivos regados con un tercio del agua presentaron potenciales hídricos similares que plantas bien regadas, lo que podría atribuirse a un adecuado control estomático de las pérdidas de agua en esta especie.

Los tratamientos de riego también afectaron el comportamiento de la conductancia estomática (gs), como indican las mediciones realizadas en la temporada 1999-2000 (Figura 4), donde se observa que en el transcurso de la temporada la gs sigue un comportamiento similar al presentado por el PHx (Figura 2). Una vez iniciadas las restricciones hídricas de los tratamientos T2 y T3 en la fase III, la gs de las plantas en ambos tratamientos disminuyó respecto del testigo bien regado. El tratamiento regado con el 60% de la ETc durante toda la temporada, tendió a presentar una gs inferior a los otros tratamientos durante las fases I y II de crecimiento del fruto (mediciones de 15/12 y 05/01), siendo ligeramente superior a T2 y T3, cuando estos tratamientos entraron al período de restricción hídrica en la fase III (mediciones del 12/02 al 16/03). El tratamiento bien regado (T1) presentó gs que fluctuaron entre 0,8 y 0,4 cm s⁻¹. En las plantas bajo situaciones de estrés, la gs llegó a valores de 0,25 cm s⁻¹. Valores similares a los medidos en el tratamiento T1 fueron encontrados por Fernández *et al.* (1997) en olivos cv. Manzanillo bajo condiciones de riego, en tanto que en árboles no regados los valores fluctuaron entre 0,6 y 0,3 cm s⁻¹, en condiciones de máximo estrés (-3,5 MPa).

No se encontraron diferencias en el largo final de los brotes para las diferentes temporadas, entre los tratamientos (Cuadro 2). Esto se podría atribuir a que el mayor crecimiento de brotes se produce durante la primavera y mediados de verano, antes de que se inicie la fase III de crecimiento del fruto, por lo que es esperable que no existan diferencias entre los tratamientos que en este período recibieron 100% de ETc (T1, T2 y T3). Por otra parte, las lluvias invernales de las dos últimas temporadas superaron los 200 mm, recargando de humedad al suelo, lo que habría permitido que el tratamiento

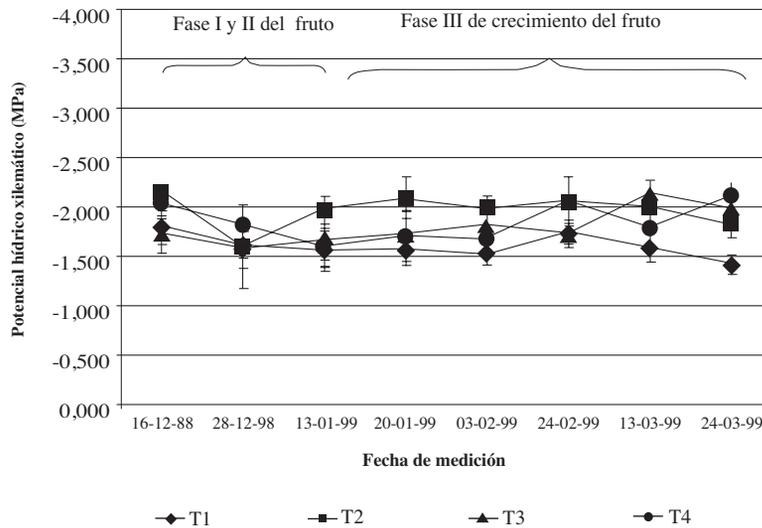


Figura 1. Efecto de los tratamientos de riego sobre el potencial hídrico xilemático medido a mediodía (MPa) en la temporada 1998-1999.

Figure 1. Effect of irrigation treatments on stem water potential measured at midday (MPa) in the season 1998-1999.

Las barras verticales representan la desviación estándar

T1: regado con el equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II de crecimiento del fruto y 40% durante la fase III.

T3: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II del fruto y 25% durante la fase III.

T4: regado con el equivalente al 60% de la ETc durante toda la temporada.

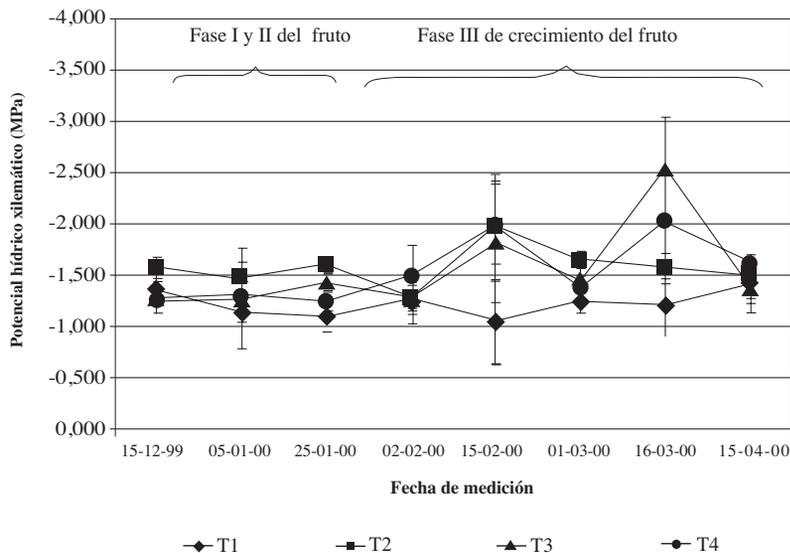


Figura 2. Efecto de los tratamientos de riego sobre el potencial hídrico xilemático medido a mediodía (MPa) en la temporada 1999-2000.

Figure 2. Effect of irrigation treatments on stem water potential measured at midday (MPa) in the season 1999-2000.

Las barras verticales representan la desviación estándar

T1: regado con el equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II de crecimiento del fruto y 40% durante la fase III.

T3: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II del fruto y 25% durante la fase III.

T4: regado con el equivalente al 60% de la ETc durante toda la temporada.

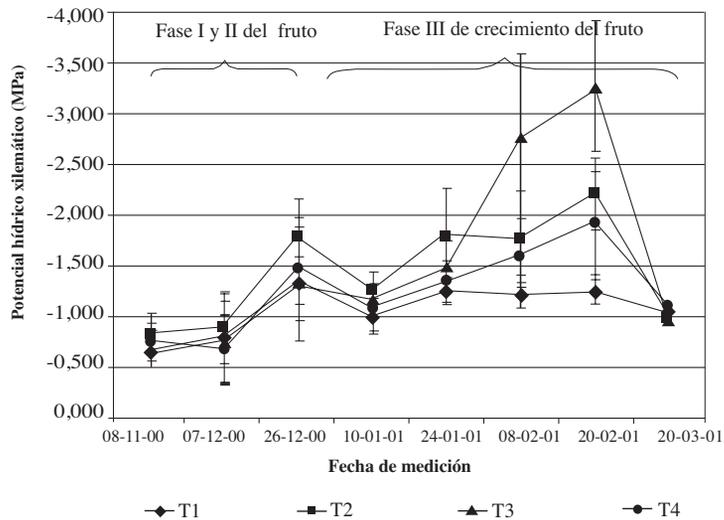


Figura 3. Efecto de los tratamientos de riego sobre el potencial hídrico xilemático (MPa) medido a mediodía en la temporada 2000-2001.

Figure 3. Effect of irrigation treatments on stem water potential (MPa) measured at midday in the season 2000-2001.

Las barras verticales representan la desviación estándar.

T1: regado con el equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II de crecimiento del fruto y 40% durante la fase III.

T3: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II del fruto y 25% durante la fase III.

T4: regado con el equivalente al 60% de la ETc durante toda la temporada.

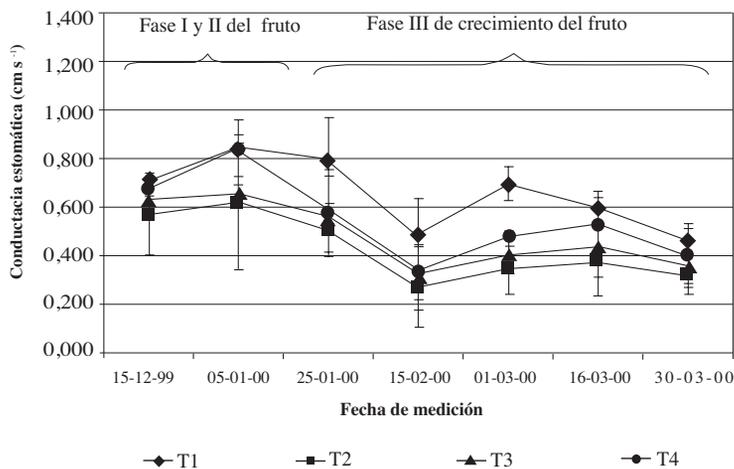


Figura 4. Efecto del riego deficitario controlado durante la fase III de crecimiento del fruto sobre la conductancia estomática (cm s^{-1}) medida a las 10:00 h en la temporada 1999-2000.

Figure 4. Effect of regulated deficit irrigation during the phase III of fruit growth on the stomatal conductance (cm s^{-1}) measured at 10:00 h in the season 1999-2000.

Las barras verticales representan la desviación estándar.

T1: regado con el equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II de crecimiento del fruto y 40% durante la fase III.

T3: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II del fruto y 25% durante la fase III.

T4: regado con el equivalente al 60% de la ETc durante toda la temporada.

T4, regado con el 60% de la ETc, no sufriera un estrés importante durante la primavera e inicios del verano, tal como se refleja en los PHx (Figuras 2 y 3).

El olivo es un árbol que se caracteriza por su alternancia en la producción, existiendo años de baja producción (año de descarga) seguidos de años de alta producción (año de carga). En este ensayo la temporada 1999-2000 correspondió a un año de carga y las temporadas 1998-1999 y 2000-2001 a un año de descarga. En el Cuadro 3 se presenta la carga frutal a la cosecha, en los diferentes tratamientos durante las tres temporadas. En las temporadas de baja producción (descarga) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, en la temporada de carga (1999-2000), T4 presentó un menor número de frutos por árbol a la cosecha que los otros tres tratamientos (Cuadro 3). Estos resultados indican que un déficit

hídrico durante la fase III de crecimiento del fruto no afecta la carga frutal, lo cual concuerda con resultados reportados por Alegre *et al.* (2000), quienes señalan que déficit hídricos en la fase II y III no afectan el número de frutos por árbol, sin embargo, un déficit hídrico durante toda la temporada disminuyó la carga frutal (T4). Lo anterior se podría atribuir a que un déficit hídrico durante la primavera e inicio de verano afecta la inducción y diferenciación floral, lo que disminuye el número de frutos de la temporada siguiente. Estos resultados concuerdan con Goldhamer (1999), quien mostró que una reducción de la aplicación de agua en las tres fases de crecimiento del fruto afecta el valor económico de la producción, y con Michalakakis *et al.* (1994), quienes encontraron que en años de alta carga se caían menos frutos en árboles bien regados que en árboles sin riego, cosa que no sucedía en años de baja carga.

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos de riego sobre el largo final (cm) del brote apical del olivo.

Table 2. Irrigation treatment effects on final length (cm) of the apical branch of olive trees.

Temporada		T1	T2	T3	T4
1998-1999	Año de descarga	12,50 a	14,69 a	8,40 a	14,21 a
1999-2000	Año de carga	17,01 a	17,88 a	18,31 a	19,69 a
2000-2001	Año de descarga	13,91 a	8,49 a	12,41 a	10,35 a

Letras distintas en cada fila indican diferencia significativa según test DMS ($P \leq 0,05$).

T1: regado con el equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II de crecimiento del fruto y 40% durante la fase III.

T3: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II del fruto y 25% durante la fase III.

T4: regado con el equivalente al 60% de la ETc durante toda la temporada.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos de riego sobre la carga frutal, peso de fruto y producción total del olivo.

Table 3. Irrigation treatment effects on fruit load, fruit weight and total yield of the olive tree.

Tratamiento	Carga frutal ⁽¹⁾ frutos árbol ⁻¹			Peso de fruto ⁽²⁾ g fruto ⁻¹			Rendimiento ⁽¹⁾ kg ha ⁻¹		
	1998-1999	1999-2000	2000-2001	1998-1999**	1999-2000*	2000-2001**	1998-1999	1999-2000	2000-2001
	Descarga	Carga	Descarga	Descarga	Carga	Descarga	Descarga	Carga	Descarga
T1	930,0 a	19.370,0 a	1.130,0 a	8,98 a	3,70 a	7,75 a	3.320 a	28.720 a	2.920 a
T2	560,0 a	18.060,0 a	1.000,0 a	7,60 b	3,84 a	7,08 b	1.720 a	27.720 a	2.920 a
T3	660,0 a	19.730,0 a	1.120,0 a	7,16 c	3,35 b	6,72 c	1.880 a	26.440 a	2.520 a
T4	1170,0 a	15.920,0 b	1.130,0 a	6,93 c	3,82 a	6,98 bc	3.240 a	24.320 a	3.080 a

¹ Letras distintas en cada columna indican diferencia significativa según test DMS ($P \leq 0,05$).

² Letras distintas en cada columna indican diferencia significativa según test Duncan ($P \leq 0,02$ (*)) y DMS ($P \leq 0,05$ (**)).

T1: regado con el equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II de crecimiento del fruto y 40% durante la fase III.

T3: regado con el equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta completar la fase II del fruto y 25% durante la fase III.

T4: regado con el equivalente al 60% de la ETc durante toda la temporada.

Déficit hídricos severos en la fase III de crecimiento del fruto (T3), afectan el peso final de los frutos a la cosecha, tanto en años de alta como baja carga (Cuadro 3). Esto concuerda con la información reportada por Alegre *et al.* (2000) que indica que un déficit hídrico del 75% de la ETc entre mediados de enero y fines de marzo (fase III) afectan significativamente el peso del fruto, y por Baratta *et al.* (1985) e Inglese *et al.* (1996), quienes señalan que la fase III es sensible al déficit hídrico. La aplicación de un 25% de la ETc (T3) durante la fase III del crecimiento de fruto significó que las plantas alcanzaran PHx mínimos de entre -2,5 a -3,3 MPa, en los meses de febrero y marzo (Figuras 1 y 2). Restricciones de agua más moderadas en esta fase (60% ETc, T2) o durante todas las etapas de desarrollo del fruto (40% de la ETc, T4) sólo afectaron el peso final de los frutos en los años de descarga (Cuadro 3), lo que concuerda con resultados obtenidos en otros frutales de carozo (Ferreira *et al.*, 2002). El hecho que no se afecte el peso del fruto al disminuir el agua en forma moderada durante la fase III en años de carga, se podría explicar por el menor tamaño general de los frutos en todos los tratamientos, ya que el peso de frutos está estrechamente relacionado con el número de frutos por árbol (Figura 5), en consecuencia, durante los años de carga, el tamaño de los frutos respondería más a la alta competencia que se genera entre los frutos, tanto por agua

como por nutrientes, más que a los efectos de un déficit hídrico moderado. (Michelakis *et al.*, 1994).

La producción de olivas en las tres temporadas evaluadas (Cuadro 3), refleja el añerismo que caracteriza a esta especie. Los resultados de producción no muestran diferencias significativas, probablemente debido a la variabilidad de los árboles producto del añerismo. Sin embargo, el rendimiento sigue la tendencia observada por la carga frutal y peso de frutos, las que fueron afectadas por los tratamientos T4 y T3, respectivamente. Los resultados obtenidos por otros investigadores muestran resultados claros del efecto del riego cuando se comparan situaciones con y sin riego, sin embargo, cuando se comparan distintos regímenes de riego los resultados no son tan evidentes (Michelakis *et al.*, 1994; Nuzzo *et al.*, 1997, en el cv. Coratina).

CONCLUSIONES

Déficit hídricos durante la fase III de crecimiento de frutos no afectan la carga frutal. Sin embargo, restricciones hídricas severas durante esta fase (aplicación del 25% de la ETc) afectan el peso final del fruto, tanto en años de baja como de alta carga. Por otra parte, restricciones moderadas (aplicación del 40% de la ETc), sólo afectan el peso en años de baja carga.

Déficit hídricos (reducción del riego al 60% de la ETc) durante toda la temporada, producen una fuerte disminución del número de frutos en los años de alta carga, la que parece tener su origen en el déficit hídrico producido en primavera y principio de verano de la temporada anterior. Futuras investigaciones en este sentido son necesarias para determinar su origen.

De los tratamientos evaluados se desprende que la mejor estrategia de riego deficitario controlado parece ser la reducción moderada (aplicación del 40% de la ETc) del riego en la fase III de crecimiento del fruto.

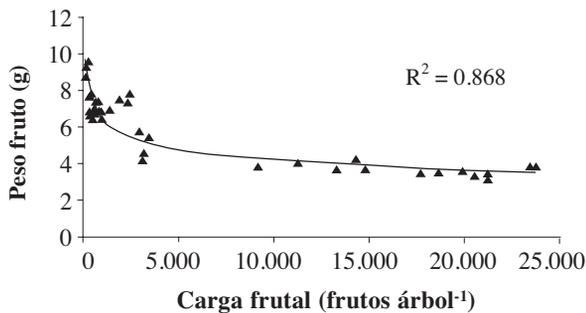


Figura 5. Relación entre el número de frutos por árbol y el peso final de los frutos a la cosecha.

Figure 5. Relation between fruit number per tree and fruit weight at harvest time.

LITERATURA CITADA

- Alegre, S., J. Marsal, M. Mata, A. Arbones, J. Girona, and M. Tovar. 2000. Regulated deficit irrigation in olive trees (*Olea europaea* L. cv 'Arberquina') for oil production. *Acta Hortic.* 586:259-262.
- Allen, R.G., D. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing water requirements. Irrigation and Drainage Paper 56. 300 p. FAO, Rome, Italy.
- Androulakis, I., M. Loupassaki, and W. Schwabe. 1997. The content of mineral elements in the leaves of the olive cv. Koroneiki in relation to irrigation and the time of sampling. *Acta Hortic.* 449:401-409.
- Baratta, B., T. Caruso, L. Di Marco, and P. Inglese. 1985. Effetti dell'irrigazione sulle caratteristiche delle olive nella cv. 'Nocellara del Belice'. *Frutticoltura* 3(4):61-66.
- CIREN. 1984. Estudio agrológico de los valles de Aconcagua, Putaendo, La Ligua y Petorca, Quinta Región. Descripciónes de suelo. 317 p. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Santiago, Chile.
- Fernández, J., F. Moreno, I. Girón, and O. Blazquez. 1997. Stomatal control of water use in olives trees leaves. *Plant Soil* 190:179-192.
- Ferreira, R., G. Selles, y G. Lemus. 2002. Efecto del estrés hídrico durante la fase II del crecimiento del fruto del duraznero cv. Kakamas en el rendimiento y estado hídrico de las plantas. *Agric. Téc. (Chile)* 62:565-573.
- Goldhamer, D. 1999. Regulated deficit irrigation for California canning olives. *Acta Hortic.* 474:369-372.
- Goldhamer, D., J. Dunai, L. Ferguson, S. Lavee, and I. Klein. 1994. Irrigation requirements of olive trees and responses to sustained deficit irrigation. *Acta Hortic.* 356:172-175.
- Inglese, P., P. Barone, and G. Gullo. 1996. The effect of complementary irrigation on fruit growth, ripening pattern and oil characteristics of olive (*Olea europea* L.) cv. Carolea. *J. Hortic. Sci.* 71:257-263.
- Lavee, S., and N. Avidan. 1994. Protein content and composition of leaves and shoot bark in relation to alternate bearing of olive trees (*Olea europaea* L.). *Acta Hortic.* 356:143-147.
- Michelakis, N., E. Vouyoucalou, and G. Clapaki. 1994. Plant growth and yield of olive tree cv. Kalamon, to different levels of soil water potential and methods of irrigation. *Acta Hortic.* 356:205-214.
- Meyer, W.S., and D.C. Reicosky. 1985. Enclosing leaves for water potential measurements and its effect on interpreting soil-induced water stress. *Agric. For. Meteorol.* 35:187-192.
- Moreno, F., E. Fernandez, B. Clothier, and S. Green. 1996. Transpiration and root water uptake by olive trees. *Plant Soil* 184:85-96.
- Nuzzo, V., C. Xiloyannis, G. Dichio, G. Montanaro, and G. Celano. 1997. Growth and yield in irrigated and non-irrigated olive trees cultivar Corantina over four years after planting. *Acta Hortic.* 449:75-82.
- Patumi, M., R. D'Andria, G. Fontanazza, G. Morelli, P. Giorio, and G. Sorrentino. 1999. Yield and oil quality of intensively trained trees of three cultivars of olives (*Olea europaea* L.) under different irrigation regimes. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 74:729-737.
- Proietti, P., and E. Antognozzi. 1996. Effect of irrigation on fruit quality of table olives (*Olea europaea*) cultivar Ascolana Ternerana. *N.Z.J. Crop Hortic. Sci.* 24:175-181.
- Rallo, L., P. Torreño, A. Vargas, and J. Alvarado. 1994. Dormancy and alternate bearing in olive. *Acta Hortic.* 356:127-136.
- Santibáñez, F., y J.M. Uribe. 1990. Atlas agroclimático de Chile. Regiones Quinta y Metropolitana. 65 p. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile.
- Scholander, P. F., H.T. Hamel, E.A. Hemmingsen, and E.D. Bradstreet. 1965. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of Mangrove and some others plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 51:119-225.
- Tombesi, A. 1994. Olive fruit growth and metabolism. *Acta Hortic.* 356:225-232.