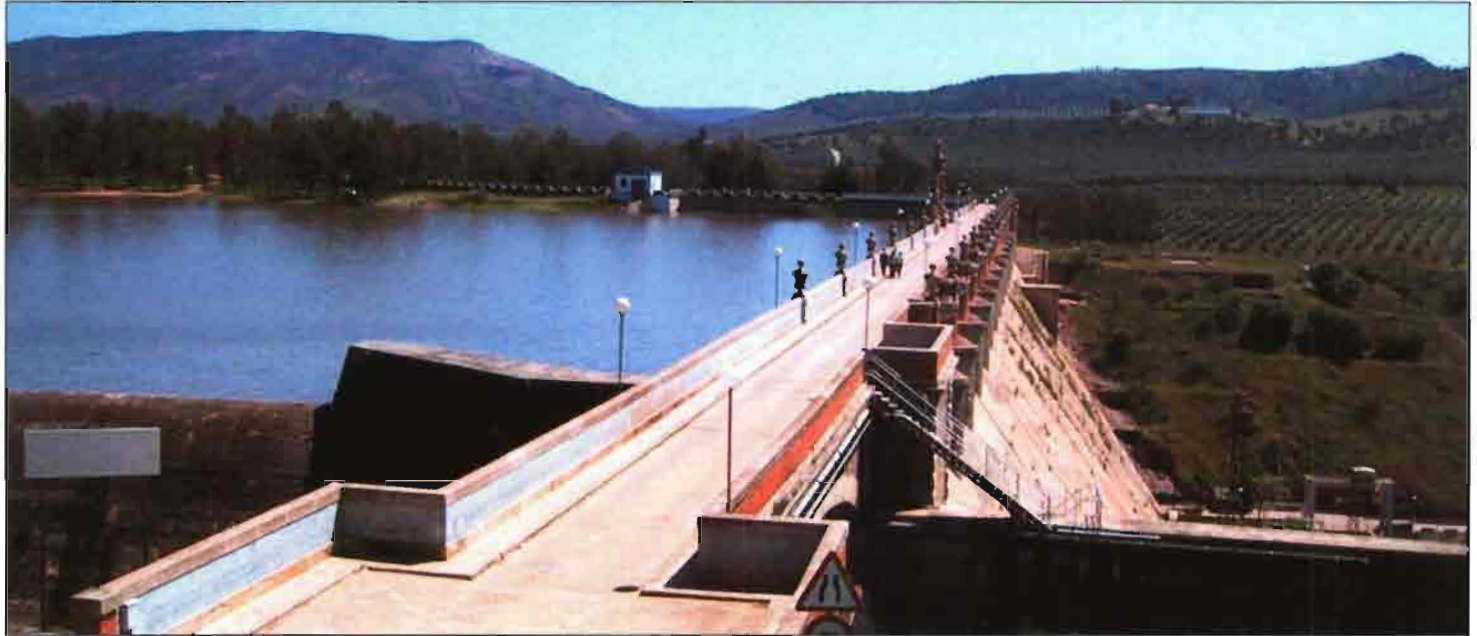


Programación del riego en olivar con cantidades deficitarias de agua

En caso de necesidad, en los meses de julio y agosto podría restringirse el suministro de agua



Debido a una situación de déficit hídrico, se han restringido las dotaciones de agua anuales para riego de los olivares andaluces, situación que ha llevado a los investigadores a realizar estudios sobre cuál es la mejor época del ciclo vegetativo para disminuir la cantidad de agua aportada sin que con ello se disminuya la producción de aceite. En éste artículo se resumen las conclusiones de ocho años de ensayos aplicando técnicas de riego deficitario controlado.

Miguel Pastor¹ y Javier Hidalgo².

¹ CIFA de Córdoba. IFAPA. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Junta de Andalucía.

² Giagua. Córdoba.

En España solamente es posible regar una escasa superficie de olivar cubriendo las necesidades óptimas del cultivo, debido fundamentalmente a la escasa disponibilidad de agua para riego en la mayoría de las zonas olivareras. En estudios realizados en Andalucía en plantaciones adultas tradicionales, las necesidades de agua de riego para satisfacer la evapotranspiración máxima del cultivo (ET_{max}), y en función de su volumen de copa por hectárea, se sitúan en el rango de 2.500 a 3.000 m³/ha, además del agua de lluvia (450-550 mm). En las plantaciones intensivas, con un mayor número de olivos por hectárea y un volumen de copa superior al de las plantaciones tradi-

Andalucía sufre en la actualidad un déficit hídrico estructural evaluado en 700 hm³, déficit que hace difícil la implantación de nuevos regadíos en las cuencas hidrográficas de la región. La expansión de la superficie de olivar regado pasaría por la aplicación de técnicas de riego deficitario. Presa del pantano de Guadalén en Arquillos, en la provincia de Jaén.

cionales, estas necesidades de riego pueden incrementarse considerablemente, llegándose a demandar en los años secos dotaciones anuales de riego superiores a los 5.000 m³/ha. En un trabajo de cuatro años de duración realizado en Córdoba, Moriana y col. (2003) establecieron una correlación entre la producción del olivar (P), expresada en kilogramos de aceite por hectárea, y la evapotranspiración estacional del olivar (ETc), expresada en mm/año:

$$P = -2.780 + 11 \times ETc - 0,006 \times ETc^2$$

La pendiente de esta relación, o eficiencia en el uso de agua para la producción de aceite, osciló entre 0,6 kg/m³ para valores bajos de ETc (aportaciones reducidas de agua de riego) y 0,15 kg/m³ para aportaciones próximas a las necesidades para obtener la máxima producción, lo que significa que en situaciones en las que no se dispone de agua suficiente como para regar la totalidad de la superficie aportando la ET máxima del cultivo, es preferible regar una superficie mucho mayor aplicando cantidades deficitarias de agua.

En una situación de déficit hídrico, en sus concesiones administrativas las Confederaciones Hidrográficas de Andalucía, y de acuerdo con el espíritu de lo expresado en el párrafo anterior, han

restringido las dotaciones anuales de riego a 1.500 m³/ha en el olivar tradicional y 2.500 m³/ha en el intensivo (no siempre), autorizaciones que en ocasiones son incluso mucho más deficitarias (500 a 700 m³/ha), existiendo modalidades de concesión en las que solamente se permite el riego en momentos en los que el agua no se demanda para otros cultivos (por ejemplo, riegos en el período septiembre-abril).

En diversos cultivos leñosos (almendro, melocotonero y cítricos) se ha observado que la aplicación de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) puede mejorar la producción, permitiendo, además, la aplicación de cantidades de agua de riego inferiores a la teórica demanda máxima del cultivo.

En el término riego deficitario controlado (RDC), deficitario significa que se aplican menores cantidades totales de agua que las que teóricamente podría utilizar la planta, y controlado, que las reducciones de agua se realizan teniendo en cuenta la sensibilidad estacional del cultivo al estrés hídrico, aplicando el recorte en las épocas de menor sensibilidad al déficit hídrico.

► Ciclo anual del olivo

Antes de plantear cualquier estrategia de RDC en olivar, es imprescindible tener en cuenta el ciclo anual del olivo, además de conocer su sensibilidad estacional al déficit hídrico basándonos en los procesos que puedan acaecer en cada momento.

En invierno-principio de la primavera, desde el **inicio de la brotación** (tanto de las yemas de madera como de las yemas de flor) y hasta **la floración**, el olivo es muy sensible al déficit hídrico. Por esta razón es muy importante adelantar el comienzo de los riegos en los inviernos secos para evitar que se produzca estrés hídrico en este momento del ciclo, porque éste afectaría a la cantidad y calidad de las flores producidas (aborto del ovario y primordios seminales poco viables en el caso de flores aparentemente perfectas), y en consecuencia al número de frutos cuajados, de lo que depende la futura cosecha de aceituna; y porque además en este período, y simultáneamente con el ciclo reproductor, tiene lugar el crecimiento vegetativo, cuya importancia es doble: mantener un adecuado número de hojas que permita producir la suficiente cantidad de asimilados como para mantener una buena cosecha en el presente año y ser portadores de los órganos florales y fructíferos en los que se obtendrá la cosecha del año siguiente.



Las balsas de regulación de grandes dimensiones forman parte en la actualidad el paisaje olivarero de las zonas regables. Balsas en una comunidad de regantes de Baena (Córdoba) donde se decanta y almacena agua del río Guadajoz para riego deficitario de olivar.

*Estamos trabajando
para recoger los
mejores frutos.*



AGROMAQ 2005

22ª FERIA INTERNACIONAL AGROPECUARIA
DE CASTILLA Y LEÓN

17ª EXPOSICIÓN INTERNACIONAL
DE GANADO PURO

SALAMANCA

8 AL 13 DE SEPTIEMBRE DE 2005

Reserva de espacios:

Institución Ferial de Salamanca • Recinto Ferial
Ctra. N-620 Km. 246 • 37000 Salamanca
Tel. 923 278 323 • Fax. 923 278 324
e-mail: ifesa@lasalina.es

RIEGO

Desde el **inicio del crecimiento del fruto**, tras el cuajado, y hasta el **endurecimiento del hueso**, se produce una importante caída fisiológica de frutos. Para reducir porcentualmente esta caída, especialmente la relacionada con un bajo nivel de reservas del árbol, es importante que el olivo mantenga durante este período del ciclo el mejor estado hídrico y nutricional posible.

Durante la **maduración del fruto** y hasta la **recolección** (meses de septiembre a diciembre), un árbol de regadío no debe sufrir déficit hídrico. Este período, que comienza con el cambio de color de la aceituna (verde intenso al verde amarillento), es una época muy crítica para el olivar, en la que se produce una importante acumulación de aceite en la pulpa de la aceituna, período que resulta más crítico aún si durante el verano ha habido una restricción en el suministro de agua. Cuando durante el período de maduración existe una suficiente cantidad de agua en el suelo, los árboles se mantendrán en un estado hídrico adecuado, lo que permitirá un correcto llenado de los frutos y que en el árbol se puedan acumular las reservas necesarias para asegurar un buen desarrollo y producción al año siguiente, siendo importantísimo que la aportación de agua se produzca con suficiente antelación a la llegada de los fríos otoñales.

En el período que va desde el **endurecimiento del hueso** has-



Olivar tradicional adulto de la variedad Picual, con densidad de plantación de 65 árboles/ha en la finca La Loma en el t.m. de Jódar (Jaén), en la que durante ocho años se han aplicado diversas estrategias de riego deficitario.

ta el **comienzo de la maduración** parece que es en el que la sensibilidad del cultivo al déficit hídrico es menor. En este período una restricción porcentual en el valor de la ET_c aplicada se puede traducir en un importante ahorro en el consumo final anual de agua, sin que se produzca un drástico descenso de la producción. Más adelante analizaremos con detenimiento esta afirmación.

En cualquier momento del ciclo anual se debería evitar que se produzca un déficit hídrico severo durante largos períodos de tiempo, ya que para que el fruto crezca, se precisa de importantes cantidades de asimilados. Para satisfacer esta demanda, no suelen ser suficientes las reservas del árbol, y es necesario mantener las hojas con un mínimo de funcionalidad, para que de este modo no se vea afectada de forma drástica la fotosíntesis, de lo contrario podría resentirse de forma irreversible el crecimiento del fruto.

► **Ensayos sobre aplicación de riegos deficitarios en olivar**

En Cataluña (Alegre y col., 2001) y en el estado de California (EE.UU.) (Goldhamer, 1999) se han desarrollado trabajos de investigación en olivar basados en la aplicación de técnicas de RDC, en los que los recortes de agua se han planteado fundamentalmente en el período transcurrido entre el endurecimiento del hueso (principio de julio) y el comienzo de la maduración (mitad de septiembre). Los investigadores catalanes plantearon durante cuatro años un ensayo en el que se comparó la producción obtenida en olivos a los que se aplicó la $ET_{máx}$ del cultivo con árboles a los que en el mencionado período se aplicó el 25, 50 y 75% de dicha $ET_{máx}$. El **cuadro I** muestra un resumen de los resultados obtenidos, observándose que restricciones en el aporte de agua de hasta 500 m³/ha (50% $ET_{máx}$ en verano) no redujeron la producción media del cultivo, lo que confirma el interés de las prácticas de RDC cuando se dispone de bajas dotaciones anuales de agua para riego. Según los mencionados autores, estos recortes se han traducido en una mejora de las características organolépticas de los aceites producidos y en un mejor comporta-



En la actualidad el sistema de riego más empleado en olivar es el gota a gota debido a las grandes ventajas que proporciona.

CUADRO I. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO (RECORTE DE AGUA EN EL PERÍODO ENDURECIMIENTO DEL HUESO-INICIO DE LA MADURACIÓN DEL FRUTO) SOBRE LA PRODUCCIÓN DE OLIVOS DE LA VARIEDAD ARBEQUINA EN CATALUÑA (AÑOS 1996 A 1999). FUENTE: ALEGRE Y COL. (2001).

Tratamiento	Riego (m ³ /año)	Producción Aceituna (kg/ha)	Rto. graso (%)	Producción de aceite	
				kg/ha	% s/control
$ET_{máx}$	1.520	7.612	15.3	1.163	100
RDC-75% $ET_{máx}$	1.160	7.900	16.0	1.263	109
RDC-50% $ET_{máx}$	990	8.055	16.2	1.307	112
RDC-25% $ET_{máx}$	800	6.736	16.6	1.119	96

miento de los frutos en la almazara durante el proceso industrial de extracción del aceite.

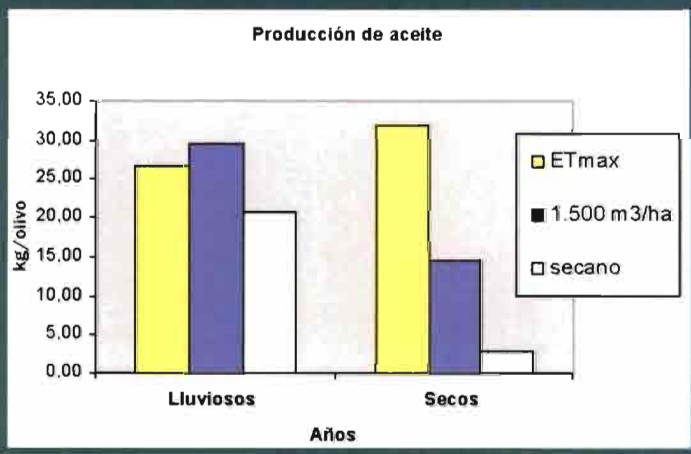
En Andalucía las estrategias de riego deficitario también han proporcionado excelentes resultados (Pastor y col., 1999). En esta región se han utilizado estrategias adaptadas a la pluviometría media anual de la región (500 mm), a la tipología de suelos en los que vegetan la mayoría de los olivares regados (profundos y con una buena capacidad de retención) y a las limitaciones que impone el propio diseño de las instalaciones de riego existentes, así como al manejo que de ellas se hace en las comunidades de regantes (en la práctica es imposible plantear



El riego permite un gran crecimiento vegetativo de los árboles, lo que se traduce en un mayor número de posiciones fructíferas y en el consiguiente aumento del número de frutos cuajados. Este mayor número de frutos es el principal responsable de los aumentos de producción observados en regadío. Olivar tradicional adulto de regadío en el t.m. de Úbeda (Jaén).

FIGURA 1.

Producciones de aceite obtenidas en un ensayo de dosis de agua de riego realizado en un olivar adulto tradicional con densidad de plantación 65 árboles/ha en la localidad de Jódar (Jaén), en el que durante ocho años se aplicaron dos estrategias de riego (ET_{máx} y 1.500 m³/ha) comparándolas con el secano. La pluviometría media de los años lluviosos, 96-97-98-01 y 03, fue de 537, mientras que los años 99-00 y 02, considerados como secos, la precipitación fue de 273 mm. Los 1.500 m³/ha se aplicaron durante los meses de marzo a octubre en cantidades idénticas semanales.



estrategias en las que varíen mucho las cantidades de riego que es posible aportar a lo largo de los meses que dura la campaña de riegos). Con estos condicionantes, las estrategias de riego deficitario ensayadas se han planteado de forma diferente a como lo han hecho otros autores, utilizando cantidades mensuales de agua de riego similares a lo largo del ciclo, aunque en este caso la propia naturaleza del suelo ha aplicado a lo largo del verano un cierto grado de estrés hídrico tras el gradual consumo de la reserva durante la primavera y principio del verano, regímenes de estrés que en la práctica son muy similares a los planteados en sus ensayos por los investigadores catalanes anteriormente mencionados.

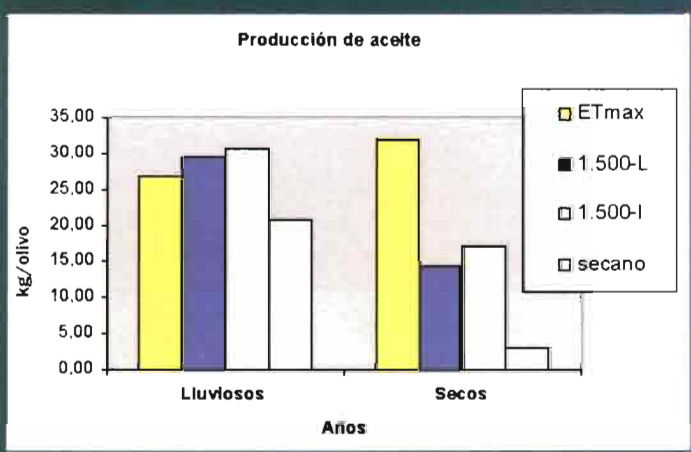
Riego durante los meses de marzo a octubre

La figura 1 muestra los resultados de un ensayo de ocho años de duración realizado en un olivar tradicional adulto de la provincia de Jaén en donde se comparan las producciones obtenidas en períodos secos y lluviosos cuando se riega con 1.500 m³/ha utilizando dicha estrategia, comparando con olivares de secano o regados cubriendo la ET_{máx} del cultivo. Vemos que en los años lluviosos ambas estrategias de riego proporcionaron similares producciones de aceite, superiores a las obtenidas en secano, mientras que en los años secos el riego con 1.500 m³/ha se observaron importantes pérdidas de producción con respecto a ET_{máx}, aunque la producción fue muy superior a la de secano.

Teniendo en cuenta las dotaciones de riego propuestas por el organismo regulador de la cuenca para las concesiones de agua (1.500 m³/ha), éstas parecen adecuadas para el olivar tradicional (< 100 olivos/ha) con volúmenes de copa en el rango de los 7.000 a 8.000 m³/ha y en años con una pluviometría media de unos 500 mm. No obstante, estas dotaciones parecen totalmente insuficientes para los años secos, en los que se afectará negativamente la producción con respecto a la obtenida en olivares regados con una dotación óptima de agua (ET_{máx}), tal como vimos en la figura 1. Estos efectos se manifiestan con especial intensidad en el caso de los olivares tradicionales con gran volumen de copa (superiores a 9.000 m³/ha) y en las plantaciones intensivas (> 200 olivos/ha), en las que

FIGURA 2.

Producciones obtenidas en un ensayo de dosis de agua de riego realizado en un olivar adulto tradicional con densidad de plantación 65 árboles/ha en la localidad de Jódar (Jaén), en el que durante ocho años se aplicaron diferentes estrategias de riego. La pluviometría media de los años lluviosos, 96-97-98-01 y 03 fue de 537, mientras que en los años 99-00 y 02, considerados como secos, la precipitación fue de 273 mm. La dotación anual de 1.500 m³/ha se aplicó durante los meses de marzo a octubre en cantidades idénticas semanales (1.500 l) o durante el periodo septiembre-abril, en este caso con un riego de apoyo en verano de 2.000 litros por árbol (1.500 l).



1.500 m³/ha resulta una cantidad muy deficitaria incluso en años húmedos. De cualquier modo, las producciones obtenidas con la aplicación de riego deficitario, por mucho que éste lo sea, son siempre muy superiores a las de secano.

Riego durante el periodo septiembre - abril

En la cuenca del Guadalquivir existen en otoño-invierno excedentes de agua no regulados. Considerando la buena capacidad de almacenamiento de agua de los suelos en los que se cultivan la mayoría de los olivares de regadío en Andalucía, existe la posibilidad de aplicar una parte importante de la dotación anual de riego en esta época del año (septiembre a abril), tal como propone la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en muchas de las autorizaciones. En la práctica, esta alternativa de riego (riego de otoño-invierno) no parece peor en los mencionados suelos que el riego con similar dotación anual de agua con aportaciones mensuales constantes a lo largo del periodo marzo-octubre (**figura 2**). La propuesta de riego en otoño-invierno probablemente se mejoraría empleando sistemas de riego localizado de más adecuada cobertura del suelo que los utilizados en la actualidad, en los que en la mayoría de los casos se instala un número de emisores por olivo totalmente insuficiente.

En suelos con reducida capacidad de retención (textura gruesa y/o limitada profundidad), probablemente la estrategia de riego de otoño-invierno no sería efectiva. Tampoco parece una estrategia adecuada en aquellos inviernos donde la lluvia es muy abundante, ya que el riego será muy poco eficaz al quedar el suelo recargado de forma natural por el agua de lluvia.

Consideraciones finales

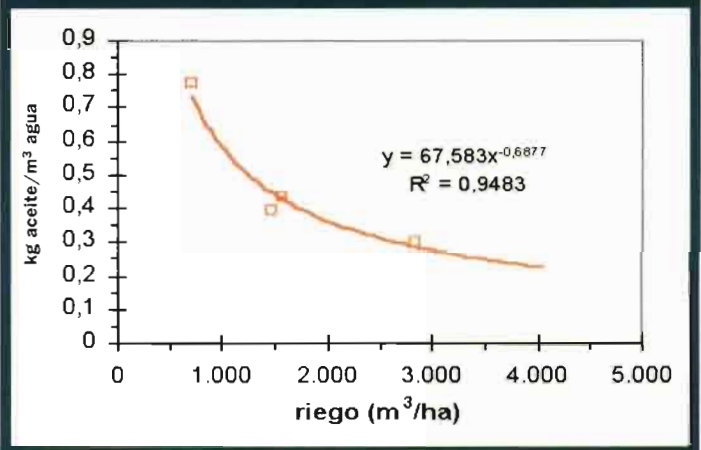
No parece arriesgado volver a afirmar que en situaciones de baja disponibilidad de agua, lo normal en las zonas olivareras, parece más eficaz regar una mayor superficie aplicando programas de riego deficitario que regar una limitada superficie aplicando dotaciones para cubrir la ET_{max} del cultivo (**figura 3**),



Además del mayor número de frutos por árbol, el riego permite un mayor crecimiento de las aceitunas. Fotografía realizada a principios de septiembre en la que se observa, a la izquierda, frutos de gran tamaño tomados de un árbol regado y, a la derecha, aceitunas arrugadas como consecuencia del estrés hídrico, procedentes de un árbol de secano.

FIGURA 3.

Eficiencia del agua de riego (kg aceite/m³ agua de riego aplicada) observada en un ensayo de dosis de agua de riego realizado en un olivar adulto tradicional con densidad de plantación 65 árboles/ha en la localidad de Jódar (Jaén), en el que durante ocho años se aplicaron diferentes estrategias de riego. La pluviometría media del periodo considerado fue de 438 mm.



como lo demuestra el hecho de que los programas de riego con las pequeñas dotaciones anuales de agua permiten obtener una mayor cantidad de aceite por cada metro cúbico de agua de riego aplicado, lo que equivale a decir que en estas situaciones estos programas deficitarios resultan más eficientes en la producción de aceite. Se desconoce en la actualidad el límite inferior en la dotación de agua aplicada que puede hacer rentable la transformación en regadío de un olivar, pero en el ensayo cuyos datos se muestran en la **figura 3**, con la aplicación de 750 m³/ha de riego se obtuvieron en olivar tradicional 727 gramos de aceite por cada metro cúbico de agua aplicada, mientras que, cuando se regó para cubrir la ET máxima del cultivo (2.850 m³/ha), solamente se obtuvieron 303 gramos por metro cúbico.

Cuando debemos regar con cantidades muy deficitarias de agua, parece que es preferible aplicar los riegos en los períodos más críticos para el cultivo, procurando que la floración, crecimiento del fruto hasta el endurecimiento del hueso y maduración se desarrollen sin un excesivo déficit hídrico. Durante los meses de julio-agosto podría aplicarse una restricción en el suministro de agua. ■

Bibliografía

Alegre, S., Marsal, J., Tovar, M.J., Mata, M., Arbonés, A., Girona, J., 2001. Regulated deficit irrigation in olive trees (*Olea europaea*, L. cv Arbequina) for oil production. Proceedings of the Fourth International Symposium on Olive Growing, Bari (Italy), 2000. Acta Horticulturae.

Goldhamer, D.A., 1999. Regulated deficit irrigation for California canning olives. Acta Horticulturae, 474 Vol.(1):369-372.

Moriana, A., Orgaz, F., Pastor, M., Fereres, E. 2003. Yield responses of a mature olive orchard to water deficits. J. Amer. Soc. Hort. Sci.128(3), 425- 431.

Pastor, M.; Castro, J.; Mariscal, M.J.; Vega, V.; Orgaz, F.; Fereres, E.; Hidalgo, J., 1999. Respuestas del olivar tradicional a diferentes estrategias y dosis de agua de riego. Investigación Agraria: Producción Vegetal 14(3):393-404.