

RESPUESTAS DEL OLIVAR TRADICIONAL A DIFERENTES ESTRATEGIAS Y DOSIS DE AGUA DE RIEGO

**M. PASTOR
J. CASTRO
M.J. MARISCAL
V. VEGA**

Dpto. de Olivicultura. CIFA Alameda del Obispo.
Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía

**F. ORGAZ
E. FERERES**

Instituto de Agricultura Sostenible. CSIC. Córdoba

J. HIDALGO

Junta Central de Regantes y Usuarios Alto Guadalquivir. Baeza (Jaén)

RESUMEN

En un olivar tradicional (80 olivos/ha) en Santisteban del Puerto (Jaén) se aplicaron durante seis años consecutivos tres programas de riego, comparándose con un testigo en secano. El tratamiento con mayor dotación de agua (3.200 m³/ha) se programó reponiendo la evapotranspiración (ET) del árbol. Para su cálculo se utilizó la metodología FAO, utilizando los datos medios de ETo y lluvia eficaz del año medio. Se aplicaron también otros dos programas de riego deficitario diseñados para utilizar una parte de la reserva hídrica del suelo. Estos programas aplicaron 1500 m³/ha (80 l/olivo/día en el período marzo-octubre) y 2.000 m³/ha (120 l/olivo/día en el período abril-octubre). El suelo de la parcela experimental es profundo, y de alta capacidad de retención de agua. La precipitación media anual durante el experimento fue de 506 mm.

El riego incrementó espectacularmente la producción media sobre el secano (de 60 kg/olivo en secano a 100 kg/olivo en los tratamientos regados), aumentando igualmente el número de frutos por árbol, el tamaño de fruto y el rendimiento graso de las aceitunas. El aumento de producción en regadío se atribuye a un aumento del volumen de copa de los árboles, así como del índice de área foliar. No se observaron diferencias significativas entre los tres tratamientos de riego para ninguno de los mencionados parámetros.

Para la zona del ensayo y el sistema productivo tradicional, se recomienda programar los riegos con aportaciones diarias y constantes, entre 80 y 120 l/árbol y día, en función de la reserva hídrica del suelo a la salida del invierno, reduciéndose la programación del riego a identificar las fechas de comienzo y final del período de riego.

PALABRAS CLAVE: Olivo
Riego
Producción

Recibido: 29-4-98

Aceptado para su publicación: 16-2-99

INTRODUCCION

El olivo, a pesar de ser un cultivo tradicional de secano, responde espectacularmente al riego incluso a dosis muy reducidas, en especial en zonas y años de baja pluviometría (Solé Riera, 1990). Mediante la aplicación de los métodos del manual nº 24 de la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977), diferentes autores (Dettori, 1987; García Fernández y Berengena, 1993) estimaron que las necesidades de riego netas, complementarias a la lluvia, del olivar intensivo en zonas de clima mediterráneo (otoño-invierno lluvioso y verano muy seco) deben situarse entre 3.000 y 4.000 m³/ha. Goldhamer *et al.* (1994) estimaron las necesidades netas en unos 9.000 m³/ha para un olivar del Valle de S. Joaquin en California (EEUU), donde la pluviometría anual es de unos 150 mm, zona bastante más árida que la zona olivarera de Andalucía. Estas cifras contrastan con los 1.500 m³/ha propuestos por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir para las concesiones de agua en los nuevos regadíos de olivar tradicional en Andalucía, ante una situación de escasez estructural generalizada de agua en la cuenca. Recientes revisiones sobre riego en frutales (Fereris y Goldhamer, 1990; Behbudian, 1997) sugieren que existe la posibilidad de reducir sensiblemente las aportaciones totales de agua de riego en determinados períodos, reduciendo así el consumo hídrico, sin que ello origine pérdidas importantes de producción, facilitando además el manejo de la plantación. A esta práctica se le denomina riego deficitario controlado (RDC) y ha sido experimentada con éxito en cultivos leñosos (Sanchez-Blanco y Torrecillas, 1995) especialmente en melocotoneros (Chalmers *et al.*, 1981; Mitchell y Chalmers, 1982; Girona *et al.*, 1993). Por otra parte, la aplicación de dotaciones de riego por debajo de las necesidades hídricas del olivar no debería, en principio, afectar a la producción si existe suficiente cantidad de agua almacenada en el perfil del suelo, de modo que no se induzca déficit hídrico en el árbol. Esta práctica puede ser muy interesante en suelos profundos y arcillosos en los que la reserva utilizable de agua del suelo puede representar una fracción importante de la ET del cultivo.

La expansión que está teniendo el riego de olivar en Andalucía, y especialmente en la provincia de Jaén (más de 88.000 ha; Junta de Andalucía, 1995), demanda que se genere información sobre la programación de los riegos en este cultivo. En particular, conviene conocer la respuesta de olivares tradicionales de secano a distintos programas de riego, incluidos los que aportan dotaciones inferiores a la ET del cultivo. Ello nos ha llevado a realizar un ensayo para evaluar a largo plazo la respuesta de un olivar tradicional (<100 olivos/ha) a diferentes programas de riego, incluyendo dos tratamientos que aplican dotaciones notablemente inferiores a la ET máxima del cultivo.

MATERIAL Y METODOS

El ensayo está localizado en la Finca "Los Robledos" en Santisteban del Puerto (Jaén), a 500 m de altura en olivos con una densidad de plantación de 80 árboles /ha. El ensayo comenzó en la primavera de 1992, si bien todos los árboles se habían regado en los dos años anteriores por lo que tenían un volumen de copa medio de 126,5 m³/árbol. El suelo es un Regosol calcárico (FAO, 1977) sobre margas, tiene una profundidad algo superior a 1m, es calizo, bastante pedregoso, con textura franco-arcillosa, pH 8,3 y contenido en carbonatos del 27 %. Los contenidos de humedad a capacidad de campo (CC) y a punto de marchitez permanente (PMP) se estimaron en 0,36 cm³/cm³ y 0,14 cm³/cm³ respectivamente.

El agua de riego, que procede de un pozo, tiene una conductividad eléctrica de 0,9 dS/m y un SAR de 0,25. Se utilizó una instalación de riego por goteo con cuatro emisores auto-compensantes de 4 l/hora por olivo en los programas de riego deficitario, y ocho emisores de idénticas características en el programa con mayor aportación de agua, para evitar percolación profunda. Cada tratamiento de riego dispuso de una instalación independiente, permitiendo una adecuada distribución y control del agua aplicada.

Los programas de riego estudiados fueron los siguientes:

- Programa que aplica la ET del cultivo calculada según el manual n° 24 de la FAO (Doorembos y Pruitt, 1977). Para ello, se utilizaron los valores medios de ETo de la estación de Villacarrillo, situada a 6 Km de la finca y los valores medios de precipitación efectiva (Pef). La precipitación efectiva se consideró un 70 % de la precipitación total.
- Riego deficitario aplicando diariamente 120 l/olivo en el periodo abril-octubre (2.000 m³/ha), estando previsto que en el año medio el árbol consuma la reserva hasta el nivel de agotamiento permisible (NAP). El NAP se considero un 70 % del intervalo de humedad disponible (CC - PMP) para una profundidad de suelo de 1 m.
- Riego deficitario aplicando diariamente 80 l/olivo en el periodo marzo-octubre (1.500 m³/ha), estando previsto el agotamiento de la reserva por debajo del NAP.
- Cultivo en secano.

Las aportaciones anuales medias diarias de riego de cada programa aparecen esquematizadas en la Figura 1.

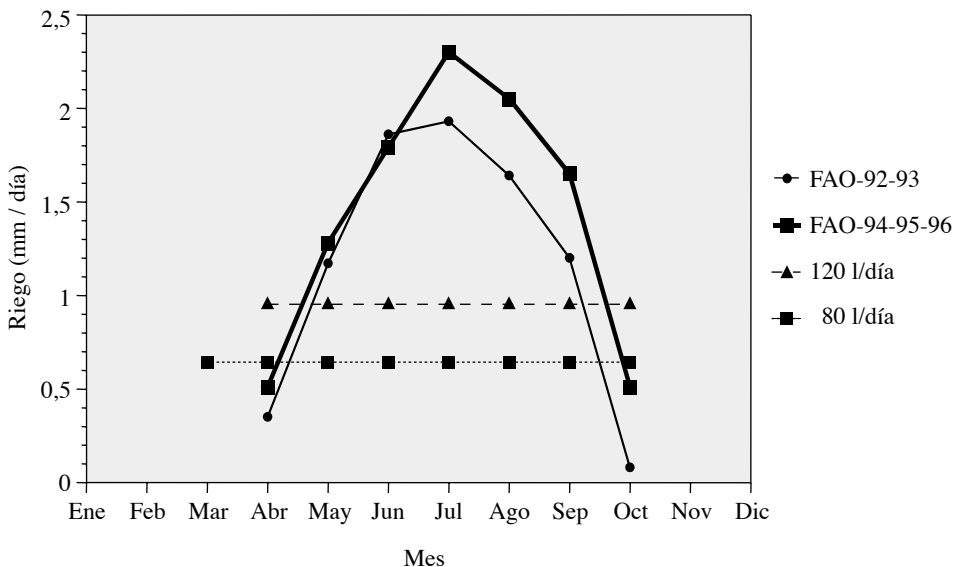


Fig. 1.—Aportaciones diarias de riego en cada uno de los tratamientos de riego del ensayo
Daily water amounts for every irrigation treatment

El objetivo de los dos programas de riego deficitario era el de ensayar recomendaciones simples destinadas a utilizar la reserva media de agua del suelo, acumulada tras el período de lluvias del otoño-invierno (en Andalucía suelen representar más del 70 % de lluvia total anual). La reserva media de agua de este suelo se estimó en 190 mm (NAP = 143 mm). En el programa que denominamos FAO se calculó la ETc usando los valores de Kc que se presentan en la Tabla 1. La evapotranspiración de referencia (ETo) se calculó mediante la fórmula de Hargreaves, calibrada por Mantovani *et al.* (1991) para las condiciones del Valle del Guadalquivir (zonas del interior sin vientos dominantes). En función de la superficie de suelo cubierta por el olivar, los valores de ETc se corrigieron anualmente empleando un coeficiente corrector (Kr) propuesto para el almendro por Fereres y Castel. (1981). En dicha Tabla 1 se muestran los valores de ETo y la pluviometrías medias mensuales que se han utilizado en la programación del riego para los años 1994 a 1997, mostrándose cómo se determinó la dosis de riego diaria aplicada en el programa FAO. La Tabla 2 presenta las pluviometrías reales registradas en los años de duración del ensayo.

TABLA 1

**PROGRAMA DE RIEGO EMPLEADO EN EL TRATAMIENTO FAO
EN LOS AÑOS 1994, 1995, 1996 Y 1997**

*Irrigation scheduling for the FAO treatment during the years 1994, 1995,
1996 and 1997*

Meses	ETo (mm)	Kc	Kr	ETc (1) (mm)	Pef (2) (mm)	ETc - Pef (mm)	Riego (mm)	Riego árbol (l/día)
E	0,9	0,5	0,7	0,3	1,4	-1,1		
F	1,4	0,5	0,7	0,5	1,6	-1,1		
M	2,4	0,65	0,7	1,1	1,5	-0,4		
A	3,5	0,6	0,7	1,5	1	0,5	0,5	63
My	4,9	0,55	0,7	1,9	0,8	1,1	1,1	138
Jn	5,7	0,55	0,7	2,2	0	2,2	2,2	275
Jl	6,6	0,55	0,7	2,5	0	2,5	2,5	313
Ag	5,6	0,55	0,7	2,2	0	2,2	2,2	275
S	3,8	0,55	0,7	1,5	0	1,5	1,5	188
O	2,3	0,6	0,7	1	0,5	0,5	0,5	63
N	1,4	0,65	0,7	0,6	1,2	-0,6		
D	0,8	0,5	0,7	0,3	1,6	-1,3		
TOTAL AÑO	1.200			476	291	(3)	321	

Datos de ETo y Pef del observatorio de Villacarrillo.

(1) $ETc = ETo \cdot Kc \cdot Kr$

(2) Pef media interanual periodo 10 años anterior al comienzo del ensayo.

(3) Reserva media de agua en el suelo a final del mes de marzo = 135 mm. Nivel de agotamiento permisible 145 mm.

(1) $ETc = ETo \cdot Kc \cdot Kr$

(2) Average Pef during 10 years before the beginning of the experience.

(3) Average soil water amount in March 31th = 135 mm. Allowable depletion 145 mm.

TABLA 2
PLUVIOMETRIAS (MM) REGISTRADAS EN LA PARCELA DE ENSAYO
Rainfall (mm) registered in the experimental orchard

Meses	Años						Media
	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	
O	84	96	92	76	0	34	64
N	50	8	37	46	64	107	52
D	25	29	15	14	220	171	79
E	2	0	60	23	130	155	62
F	82	2	49	21	63	5	37
M	37	20	13	21	46	0	22
A	39	80	65	14	56	69	54
My	34	74	53	4	91	47	50
Jn	112	41	0	62	0	30	41
Jl	0	0	0	0	0	0	0
Ag	0	0	0	15	26	55	16
S	13	2	4	5	77	74	29
TOTAL AÑO	478	352	388	301	773	747	506

Durante los años de duración del ensayo se podó dos veces, en 1992 antes de comenzar la aplicación de los tratamientos de riego y en 1994, en ambos casos de una forma muy poco severa en los tratamientos de riego, solo el mínimo para permitir la recolección de las aceitunas y los tratamientos fitosanitarios, mientras que en secano, en el año 1994 se hizo una poda relativamente intensa, reduciendo el volumen de copa a 7.600 m³/ha para que de este modo los árboles pudiesen soportar el largo período de sequía padecido en la zona.

Se midió anualmente el volumen de copa de los olivos (V en m³/ha) experimentales, realizando en campo la estimación del diámetro (D) de copa (mediante la medida de cuatro radios) y su altura (H), aplicando posteriormente la fórmula: $V = \Pi/6 \cdot D^2 \cdot H$; así como la densidad de área foliar (LAI) utilizando la metodología propuesta por Villalobos *et al.* (1994). El potencial hídrico del árbol (ψ_{pd}) se midió al alba en un brote del crecimiento del año por olivo en cada una de las repeticiones. Se usó el procedimiento descrito por Scholander *et al.* (1965).

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. La parcela elemental fue de 12 olivos (tres filas de cuatro olivos), realizándose los controles en los dos olivos centrales, utilizándose una doble línea guarda. El control de la producción se realizó anualmente pesando la cosecha de todos los árboles centrales de cada parcela, y en el laboratorio se determinaron individualmente los parámetros de calidad de los frutos: peso medio de las aceitunas y rendimiento graso total (método RNM). Todos los datos fueron referidos al 50 % de humedad en frutos y posteriormente se evaluaron mediante análisis de la varianza, separando las medias aplicando el test de la mínima diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 3 presenta la producción de aceitunas y aceite obtenidas en cada uno de los años del ensayo, así como las características de las aceitunas (peso medio y rendimiento graso) y el número de frutos producidos por olivo. El riego aumentó la producción media

de aceitunas en un 67 %, en el período de seis años estudiado, no observándose diferencias significativas entre los tres tratamientos regados. Analizados los resultados año a año, solamente en los años 1995 y 1997, debido a la típica alternancia de esta especie, las producciones no siguieron la tendencia interanual media del campo, si bien estos datos tienen una relevancia relativa en el conjunto de años estudiados.

TABLA 3
PRODUCCIONES OBTENIDAS Y CARACTERISTICAS DE LOS FRUTOS
Yields and fruit set of the olive trees

Año	Tratamiento	Producción de aceituna kg/olivo		Rendimiento graso %		Peso fruto g/aceituna		Num. frutos por olivo	
1992	SECANO	114,35	a	19,18	b	2,74	a	41838	a
	80	125,43	a	22,05	a	2,86	a	44796	a
	120	135,40	a	22,25	a	2,75	a	51174	a
	FAO	126,38	a	22,13	a	3,14	a	40669	a
1993	SECANO	19,25	b	20,13	a	2,31	b	8728	a
	80	90,38	a	21,50	a	4,06	a	23969	a
	120	94,93	a	22,25	a	4,15	a	23398	a
	FAO	76,93	a	22,25	a	4,24	a	18436	a
1994	SECANO	17,82	b	17,82	b	1,48	b	11895	b
	80	98,55	a	23,93	a	3,67	a	26801	a
	120	110,76	a	23,35	a	3,91	a	29242	a
	FAO	124,53	a	24,46	a	4,14	a	30698	a
1995	SECANO	1,43	c	15,07	b	4,03	c	1186	b
	80	16,68	ab	17,87	a	5,86	b	2855	ab
	120	22,92	a	18,39	a	6,06	b	3768	a
	FAO	11,22	b	18,55	a	6,54	a	1749	b
1996	SECANO	104,06	b	26,26	a	3,63	a	30004	b
	80	172,37	a	24,66	b	3,07	a	58390	a
	120	190,96	a	23,81	b	2,75	a	71052	a
	FAO	191,47	a	24,21	b	2,88	a	67895	a
1997	SECANO	99,08	a	25,32	b	3,50	b	29679	a
	80	95,36	a	26,86	a	3,66	b	29172	a
	120	49,64	b	25,97	ab	4,56	a	11030	b
	FAO	56,47	b	23,63	c	4,48	a	12572	b
MEDIA 92-97	SECANO	60,25	b	21,10	b	2,82	c	23215	a
	80	99,79	a	22,81	a	3,86	b	30997	a
	120	100,38	a	22,70	a	4,03	ab	31580	a
	FAO	98,07	a	22,37	a	4,23	a	29823	a
MEDIA 93-94-95 Años Secos	SECANO	12,75	b	18,30	b	2,26	b	9262	b
	80	68,53	a	21,10	a	4,53	a	17875	a
	120	75,88	a	21,36	a	4,71	a	18753	a
	FAO	70,96	a	21,74	a	4,97	a	16961	a
MEDIA 92-96-97 Años Húmedos	SECANO	107,75	b	23,53	a	3,27	a	34595	a
	80	131,05	a	24,53	a	3,19	a	44120	a
	120	124,88	a	24,04	a	3,35	a	44407	a
	FAO	125,18	a	23,01	a	3,48	a	42685	a

Los valores de cada columna y año seguidos de letras diferentes, presentan diferencias significativas al nivel $p \leq 0,05$. Values of each column and year followed by different letters represent significant differences at the level $p \leq 0,05$.

En la Tabla 3 se muestran por separado las producciones medias de aceite y aceitunas obtenidas en los años húmedos (1992, 1996 y 1997) y las de los años secos (1993, 1994 y 1995). En los años secos (pluviometría media de 347 mm) la respuesta al riego fue espectacular, pasando la producción media desde 12 kg/olivo en secano hasta 68 kg/olivo en el tratamiento regado con 80 l/día (diferencia significativa). Las diferencias de producción entre los tratamientos regados fueron pequeñas y no significativas. Sin embargo en los años de abundante pluviometría (pluviometría media de 666 mm), el aumento de producción en el olivar de regadío ha sido significativo, aunque relativamente menos importante, pasando de 107 kg/olivo de aceituna en secano a 131 kg/olivo en el tratamiento con 80 l/día, no siendo significativas las diferencias observadas entre los distintos tratamientos regados.

El riego aumentó significativamente el rendimiento graso del fruto con respecto al secano (Tabla 3) en los años secos (1993, 1994 y 1995), mientras que en los años lluviosos (1992-1996-1997) el rendimiento en aceite de los tratamientos regados fue algo más bajo (diferencias no significativas). Para la media de los seis años el rendimiento en aceite fue significativamente mayor en riego (22,6 %) que en secano (21,1 %), no observándose diferencias significativas entre los tres tratamientos regados.

La Tabla 3 muestra igualmente como el riego incrementó tanto el número de frutos por olivo como el peso medio del fruto, lo que debe interpretarse como un claro indicio de la mayor capacidad productiva del olivar regado; solamente en los años 1992 y 1997 las diferencias no fueron claras. En 1992 porque en los dos años anteriores todos los árboles habían sido regados, tenían similar volumen de copa, y existía una importante reserva de agua en el perfil, produciéndose además en el mes de junio unas lluvias muy intensas (Tabla 2) que volvieron a recargar el suelo. En el año 1997, también muy lluvioso, la producción estuvo muy influenciada por la gran cosecha del año anterior, lo que determinó una pequeñísima intensidad de floración en los tratamientos mejor regados (120 l/árbol y FAO), lo que podría explicar los resultados anormales obtenidos en este año. En los restantes años el número de frutos por olivo regado prácticamente se dobló o triplicó con respecto al secano.

La producción media de aceite (Fig. 2), que es el objetivo prioritario del olivarero, también fue significativamente mayor en el olivar de riego que en el de secano, observándose un aumento de producción del 71 % en el olivar regado con la menor dotación de agua respecto del secano para los seis años de duración del experimento. No se observan diferencias significativas entre los tres tratamientos regados. En 1994 (año muy seco y de alta producción) se observó un aumento significativo en la producción de aceite del olivar regado con método FAO con respecto al regado con 1.500 m³/ha, pero en 1997 ocurrió lo contrario.

La ausencia de respuesta al aumento de la dotación de riego por encima de 80 l/d para el conjunto de los seis años de duración del ensayo puede deberse a la incertidumbre en el cálculo de la ET de olivares con cobertura parcial, como es nuestro caso. Parece deseable profundizar en el estudio de la ET de este tipo de huertos para incrementar la precisión en el cálculo de dotaciones de riego. El experimento no aporta pruebas concluyentes del que el tratamiento de 80 l/olivo y día fuese realmente deficitario. Aunque los veranos de años secos mostró un ψ_{pd} inferior a los tratamientos regados con mayor cantidad de agua, su impacto en la producción no fue significativo. Los efectos plurianuales del déficit hídrico en el crecimiento y la producción del olivo, unido a la fuerte alternancia en la producción de este cultivo pueden explicar estos resultados.

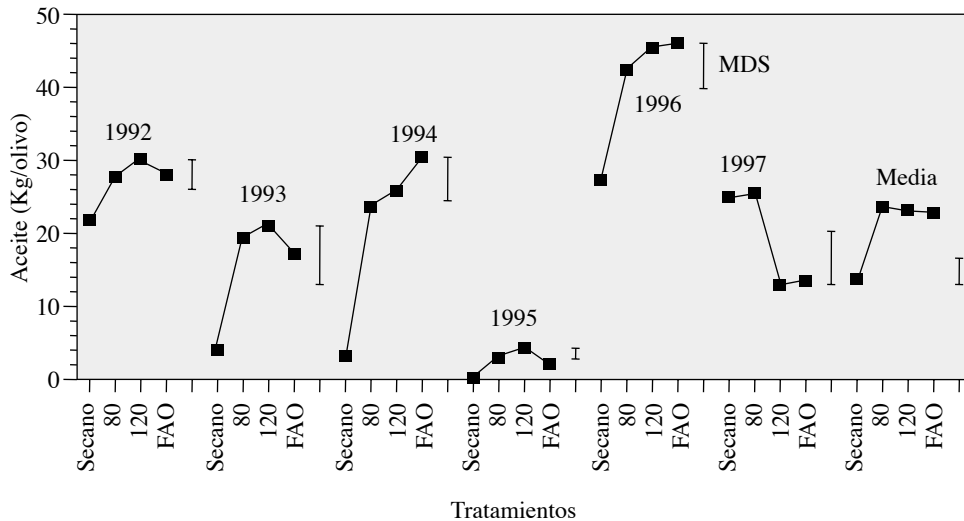


Fig. 2.—Producciones de aceite obtenidas en el ensayo en los diferentes tratamientos de riego.
Oil yield for each irrigation treatment

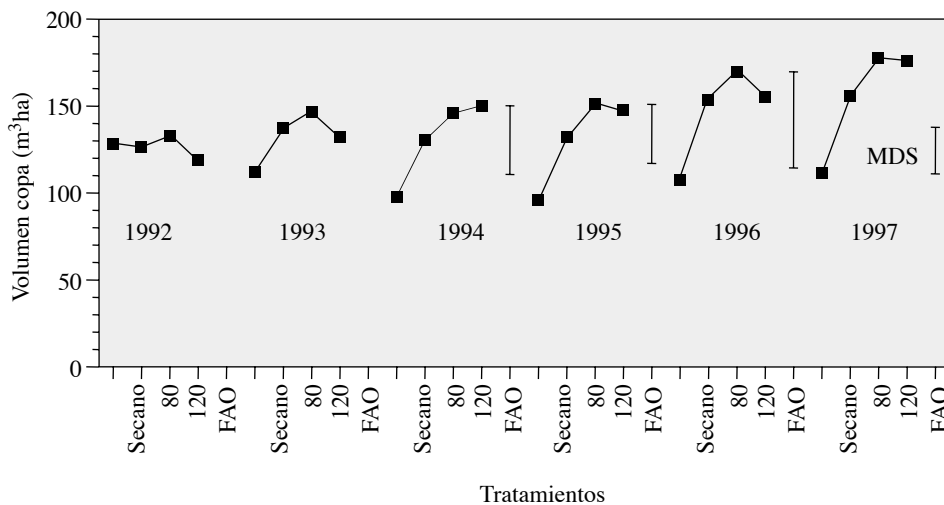


Fig. 3.—Evolución de los volúmenes de copa (m³/olivo) de los árboles en los diferentes tratamientos de riego. Las mediciones realizadas en 1992 son anteriores al comienzo de la aplicación de los tratamientos de riego.
Time development of the crown size (m³/tree) for every irrigation treatment. 1992 values are previous to the beginning of the irrigation treatments.

La Fig. 3 muestra la evolución del volumen de copa de los olivos en los diferentes tratamientos, observándose también diferencias significativas entre los tratamientos de riego y el de secano. Estos datos pueden explicar en gran parte las diferencias de producción obtenidas. Los volúmenes de copa observados presentan los valores característicos de los buenos olivares de riego y secano de la comarca.

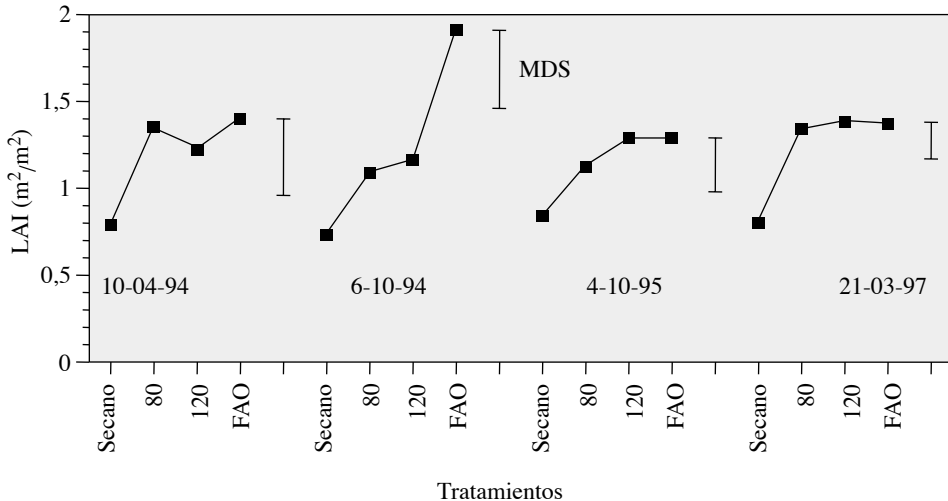
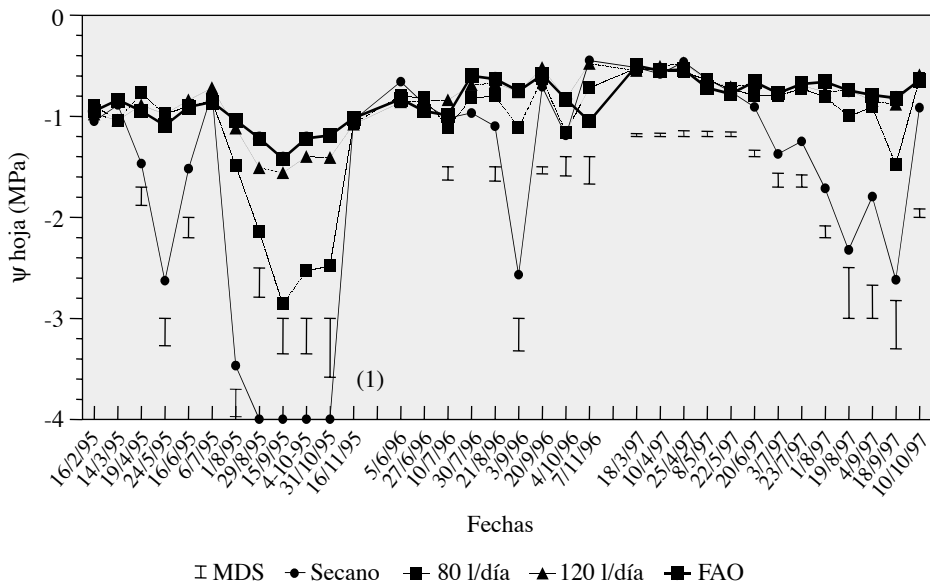


Fig. 4.—Índices de área foliar (LAI m²/m²) de los árboles en los diferentes tratamientos de riego. Poda en febrero 1994

Leaf area index (LAI m²/m²) for each water treatment. Pruning of February 1994

Los valores del índice de área foliar (LAI) se presentan en la Fig. 4. También se observan diferencias significativas entre los olivos de secano y los de riego en todas las mediciones efectuadas en el transcurso del ensayo. Solamente durante el año 1994, con alta producción y baja pluviometría, las diferencias entre el riego FAO y los otros dos sistemas de riego son significativas. En este año se observaron también diferencias significativas de producción de aceite entre el tratamiento FAO y el que recibe el riego más deficitario (Fig. 2). El LAI puede ser un índice a tener muy en cuenta a la hora de modelizar el manejo de las plantaciones y la programación del riego. Sin embargo, deberían realizarse al menos dos observaciones anuales de este parámetro (fin de la primavera y otoño), ya que después de la recolección, y en especial si ésta es abundante, se produce una intensa defoliación que desvirtúa las medidas efectuadas.

En los años 1995, 1996 y 1997 se midió el potencial hídrico en hoja al alba (ψ_{pd}), tratando de esta forma de evaluar indirectamente la reserva de agua en el perfil del suelo, teniendo en cuenta observaciones que sugieren que valores inferiores a -0,7 MPa indican estrés hídrico en el árbol (Dettori, 1987; Goldhamer *et al.*, 1994). No se han descrito, no obstante, los niveles de ψ_{pd} por debajo de los cuales disminuye la producción. De la observación de la Figura 5, en la que mostramos la evolución anual de este parámetro para los diferentes tratamientos de riego, podemos sacar las siguientes conclusiones: En 1995 (año muy seco prece-



(1) Valores inferiores a -4,0 MPa

Fig. 5.-Potencial de agua en hoja antes del amanecer (Ψ_{pd} MPa).
Predawn leaf water potential (Ψ_{pd} MPa).

dido de años igualmente muy secos), y durante todo el período de observación, todos los tratamientos estuvieron por debajo del referido nivel umbral, incluso los mejor regados, observándose recuperación de todos los árboles, en especial los de secano, después de las escasas lluvias abundantes ocurridas, en junio y noviembre de 1995 (Tabla 2), hecho que confirma las observaciones de Fereres *et al.* (1996). No se observaron diferencias significativas en Ψ_{pd} entre los tratamientos de 120 l/día y el FAO, mientras que el tratamiento de 80 l/día mostró un nivel de estrés intermedio entre el secano y los dos anteriores. Al ser 1995 un año de descarga, este nivel de estrés en el tratamiento 80 l/día no afectó a la producción (Tabla 3). En 1996, año de alta pluviometría y producción, los valores de Ψ_{pd} observados fueron más altos que en 1995 a lo largo del período, sin embargo, en determinadas épocas, junio-julio y octubre, todos los tratamientos se sitúan por debajo del nivel umbral del que se recuperaron después de unas lluvias de cierta intensidad. Confrontando las similares producciones obtenidas en riego (Fig. 2) con los valores de Ψ_{pd} (Fig. 5), parece como si las variaciones de este parámetro con respecto al valor umbral tuvieran una escasa relevancia respecto de la producción. Es posible que un estrés moderado en verano no afecte a los rendimientos ya que el árbol se recupera rápidamente cuando se recarga el perfil (Fereres *et al.*, 1996).

CONCLUSIONES

Los resultados observados permiten recomendar el riego como medio de aumentar la producción del olivar en un sistema tradicional de baja densidad con dotaciones mucho

más bajas que las empleadas habitualmente en otros cultivos. El riego aumentó el volumen de copa de los árboles, así como el índice de área foliar, lo que ha permitido, con respecto a la situación de secano, aumentar el número de frutos producidos por olivo y el tamaño del fruto, lo que se tradujo en un espectacular aumento de producción de aceite (71 % en el tratamiento de menor cantidad de agua con respecto al control). La ausencia de respuesta significativa en este ensayo al aumento en las dotaciones de riego, se explica por un lado, por la gran capacidad de retención de agua del suelo. Por otra parte, la baja densidad de árboles limita el tamaño de la cubierta y por tanto la radiación interceptada, la cual a su vez, limita la transpiración del árbol. Por tanto se puede concluir que en el olivar y en las condiciones en las que se ha realizado el ensayo, que representa la situación actual de unas 120.000 ha de riego por goteo en la provincia de Jaén, parece recomendable regar con dosis inferiores a las utilizadas en la mayoría de los cultivos y abastecer de este modo a una superficie de cultivo mucho mayor. Los programas de riego deficitario empleados, cantidades constantes de agua durante un largo periodo de tiempo, además de ser fáciles de aplicar por el agricultor, permiten abaratar las instalaciones de riego, así como aumentar la superficie regada cuando se dispone de pequeños caudales. En nuestro caso (olivar adulto con 80 olivos/ha), con un litro por segundo y sectorizando, podrían regarse 11 ha con el programa de 80 l/día. La utilización de dotaciones fijas diarias como las utilizadas en este ensayo simplifica extraordinariamente la programación de los riegos y el asesoramiento al regante, quién debe saber, en función de la capacidad de retención de su suelo y de la pluviometría media, solo el momento del comienzo y fin del período de riego. En años con pluviometría media de unos 500 mm y en el olivar tradicional de Jaén, una dosis estacional de 1.500 m³/ha parece ser la recomendable. En densidades de plantación superiores, la dosis de agua deberá ser incrementada. Asimismo, tras inviernos de pluviometría anormalmente baja será necesario adelantar la fecha de inicio de los riegos para recargar el perfil. Podas más severas que las practicadas que reduzcan drásticamente el volumen de copa e índice de área foliar reducirían el consumo de agua por los árboles, pero también afectarían negativamente a la producción del olivo.

En ambientes en los que la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, o la pluviometría media anual sean apreciablemente inferiores a la de la zona estudiada, no es aplicable la estrategia de riego propuesta y sería necesario adaptar los programas de riego a las condiciones particulares de cada tipo de suelo y año.

SUMMARY

Low olive orchard density responses to different irrigation amounts

An irrigation experiment was conducted in Santisteban del Puerto (Jaén) during six consecutive years in an olive grove of 80 trees/ha. Three irrigation treatments were compared to the standard rainfed cropping system. One treatment replaced the tree evapotranspiration (ET) estimated using the FAO methodology and average effective rainfall (average seasonal application of 3200 m³/ha. The soil is deep with a high water storage capacity and the average rainfall during the experiment was 506 mm.

Irrigation increased yields dramatically over the rainfed treatment, from 60 kg/tree to 100 kg/tree on the average. Fruit number, fruit size and oil concentration were equally raised by irrigation. The yield improvement was attributed to increased tree size and leaf area. There were no significant differences in average yields among irrigation treatments. For the traditional low tree densities of the region, we recommend an irrigation program that applies a constant amount of 80 to 120 l/tree.day, depending on stored soil water. Irrigation scheduling is then limited to determining the initial and final irrigation dates for each farm and year.

KEY WORDS: Olive tree
Irrigation
Yield.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BEHBOUDIAN M.H., MILLS T.M., 1977. Deficit irrigation in deciduous orchards. En: J. Janick (Ed.). *Horticultural Reviews* 21:105-131.
- CHALMERS D.J., MITCHELL P.D., VAN HECK L., 1981. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply tree density and summer pruning. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106: 307-312.
- DETTORI S., 1987. Estimación con los métodos de la F.A.O. de las necesidades de riego de los cultivos de aceituna de mesa en Cerdeña. *OLIVAE* 17:30-35.
- DOORENBOS J., PRUITT W.O., 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio F.A.O.: Riego y Drenaje n° 24. Roma.
- FAO, 1977. Guía para la descripción de perfiles del suelo. Roma. 70 pp.
- FERERES E., RUZ C., CASTRO J., GOMEZ J.A., PASTORM., 1996. Recuperación del olivo después de una sequía extrema. *Actas XIV Congreso Nacional de Riegos. Aguadulce (Almería)* pp. 89-93.
- FERERES E., CASTELL J.R., 1981. Drip irrigation management. Division of Agricultural Sciences, University of California. Leaflet 21259.
- FERERES E., GOLDHAMER D.A., 1990. Deciduous fruit and nut trees. *Irrigation of Agricultural crops. Agronomy Monograph n° 30.* Madison. USA.
- GARCIA-FERNANDEZ M.D., BERENGENA J., 1993. Respuesta del olivo a diferentes dosis de agua de riego. Estimación de coeficientes de cultivo. Resúmenes de la XI Jornadas Técnicas de Riegos. Valladolid, pp. 107-113.
- GIRONA J., MATA M., GOLDHAMER D.A., JOHNSON R.S., DE JONG T.M., 1993. Patterns of soil and tree water status and leaf functioning during regulated deficit irrigation scheduling in peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 580-586.
- GOLDHAMER D.A., DUNAI J., FERGUSON L., 1994. Irrigation requirements of olive trees and responses to sustained deficit irrigation. *Acta Horticulturae*, 356:172-175.
- JUNTA DE ANDALUCIA, 1995. Manual de Estadísticas Agrarias y Pesqueras. Ed Consejería de Agricultura y Pesca.
- MANTOVANI C.E., BERENGENA J., VILLALOBOS F., ORGAZ F., FERERES E., 1991. Medidas y estimaciones de la evapotranspiración real del trigo de regadío en Córdoba. *Actas de la IX Jornadas Técnicas de Riegos.* Granada.
- MITCHELL D., CHALMERS D.J., 1982. The effect of reduced water supply on peach tree growth and yields. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 853-856.
- SANCHEZ-BLANCO M.J., TORRECILLAS D., 1995. Aspectos relacionados con la utilización de estrategias de riego deficitario controlado en cultivos leñosos. en: M. Zapata y P. Segura eds.: *Riego Deficitario Controlado.* De. Mundi-Prensa. Cuadernos Value. 43-66.
- SCHOLANDER P.F., HAMMEL H.T., BRADSTREET E.D. y HEMMINGSEN E.A., 1965. Sap pressure in vascular plants. *Physiol. Plant.*, 37: 167-174.
- SOLE RIERA M.A., 1990. The influence of auxiliary drip irrigation with low quantities of water in olive trees in Las Garrigas (cv. Arbequina). *Acta Horticulturae* 286:307-310.
- VILLALOBOS F.J., ORGAZ F., MATEOS L., 1994. Non destructive measurement of leaf area in olive (*Olea europaea* L.) trees using a gap inversion method. *Agric. And Forest Meteorology* 73:29-42