

Riego por goteo subterráneo y su aplicación al cultivo del olivar

Los ensayos muestran que los sistemas de riego por goteo subterráneo pueden ser más eficientes que los de goteo en superficie

Se presentan los resultados de varios años de un ensayo de campo en los que, en un olivar adulto de la variedad Picual, se comparan dos sistemas de riego localizado de alta frecuencia, superficial y subterráneo, y dos dosis anuales de agua de riego, 1.500 y 2.500 m³/ha, dosis que otorga la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en sus concesiones administrativas para plantaciones tradicionales e intensivas. Se presentan datos correspondientes a las producciones de aceitunas y aceite, así como de las características de los frutos producidos.

M. Pastor¹, J. Hidalgo², J.C. Hidalgo¹ y V. Vega¹.

¹Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales. CIFA Alameda del Obispo. IFAPA. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa.

²Servicio de Asesoramiento Agrícola. Caja Rural de Jaén. Polígono Industrial. Mancha Real (Jaén).

En Andalucía se riegan en la actualidad 320.000 ha de olivar, siendo ya en estos momentos el primer cultivo de regadío en esta Comunidad, lo que tiene una gran importancia económica y social en muchas de las comarcas olivareras. La región sufre un déficit hídrico estructural que en la actualidad la CHG evalúa en más de 500 hm³, lo que hace que en las concesiones administrativas al olivar se le hayan asignado unas dotaciones de agua de riego de 1.500 m³/ha, cifra realmente insuficiente en la mayoría de las situaciones (Pastor *et al.*, 2002).

Debido a la topografía de las zonas olivareras y a la situación de los ríos, el agua debe bombearse salvando grandes desniveles (son frecuentes alturas manométricas superiores a 150 m), por lo que el olivarero debe soportar unos altos costes por el metro cúbico de agua utilizado. Similar problemática se plantea cuando se explotan aguas subterráneas donde son frecuentes bombeos desde niveles dinámicos supe-

riores a los 200 m de profundidad. En esta situación el ahorro de agua y el aumento de su eficiencia mediante la optimización de los diseños hidráulicos de los sistemas de riego nos parece fundamental. Tengamos en cuenta que, en olivar, pequeños aumentos en las aportaciones de agua se traducen en grandes incrementos de la producción del cultivo (Pastor *et al.*, 2002; Moriana *et al.*, 2003). Hay que destacar, finalmente, que en más del 95% de la superficie regada de olivar se emplean sistemas de riego localizado, fundamentalmente el goteo; a pesar de ello, en los próximos años asistiremos a la modernización de las instalaciones para optimizar la eficiencia de los escasos recursos de agua disponibles.

En los últimos años surgen en el mercado empresas que tratan de introducir nuevas tecnologías de riego por goteo, entre ellos los sistemas de riego subterráneo. Siempre que la instalación esté bien diseñada y si el manejo de la misma es el correcto, los sistemas enterrados pueden proporcionar ciertas ventajas sobre los clásicos de riego por goteo en superficie: reducción de las pérdidas de agua por evaporación desde los bulbos, que no son despreciables en este tipo de riegos (Pastor, 2005); aumento del volumen de suelo mojado; aumento de la disponibilidad de nutrientes (Montaña y col., 2005); disminución de costes

de mantenimiento de la instalación; menor incidencia de las malas hierbas (Pastor, 2005), etc.

Como inconveniente se ha apuntado la posible obturación (química o biológica) de los emisores a medio o largo plazo. En muchos cultivos es frecuente la intrusión de raíces en el sistema y/o el aplastamiento de tuberías por el sistema radical del cultivo o las malas hierbas, pudiendo llegar a reducir el volumen de agua que circula por ellas. A este respecto, debemos decir que existen en el mercado materiales con barreras ante la intrusión radicular (sistema geodrip® o uniram, por ejemplo) o la posibilidad de emplear prácticas mediante aplicaciones de herbicidas (trifluralina, por ejemplo) que garantizan la no penetración de raíces dentro de los goteros. Determinado tipo de aguas (las sulfurosas, por ejemplo) pueden causar problemas de obturación en este tipo



Vista de la parcela en la que se ha realizado el ensayo. Olivar de la variedad Picual plantado a un marco de 8 x 8 m, poda en vaso libre y cultivo en no-laboreo.

de mantenimiento de la instalación; menor incidencia de las malas hierbas (Pastor, 2005), etc.

de instalaciones, cuya corrección es complicada en la mayoría de las situaciones (Pastor, 2005).

En este artículo presentamos resultados de un ensayo de larga duración en el que en condiciones de campo se comparan dos sistemas de riego localizado de alta frecuencia, superficial y subterráneo, aplicando dos dosis anuales de agua de riego, una de ellas claramente deficitaria. Los resultados permiten ser bastante optimistas con respecto a la utilidad de los sistemas de riego por goteo subterráneo en el olivar, que pueden ser especialmente ventajosos cuando se emplean dotaciones deficitarias de agua de riego, situación que se da en la gran mayoría de las explotaciones olivareras andaluzas.

Material y métodos

En la finca Valdecastro, en la localidad de Linares (Jaén), en el año 2001 se planteó un experimento en campo: en un olivar adulto (25 años) de regadío de la variedad Picual, con marco de plantación 8 x 8 m y un gran volumen de copa (11.000 m³/ha), se aplicaron dos sistemas de riego, goteo superficial (S) y goteo subterráneo (E), y dos dosis de agua de riego, 1.500 y 2.500 m³/ha. Se empleó un diseño experimental en bloques al azar, con tres repeticiones por cada uno de los cuatro tratamientos. Las parcelas elementales son de 16 olivos (cuadrado de 4 x 4).

Los materiales de riego empleados en el ensayo son los que se especifican en el **cuadro I**.

En los tratamientos de riego subterráneo (E), la tubería emisora se enterró a 30-40 cm de profundidad y en el centro de la calle, mientras que en el tratamiento de riego superficial (S), la tubería se dejó en superficie a lo largo de la línea de los árboles de la plantación.

El olivar de Valdecastro vegeta sobre un suelo profundo (> 140 cm) de textura arcillo-limosa, que en la clasificación FAO / UNESCO (1999) corresponde al tipo cambisol calcárico, con pH comprendido entre 7,8 y 8,2 y un contenido en CaCO₃ del 19 %. Los niveles en nutrientes y materia orgánica pueden considerarse como normales. Los parámetros químicos de agua de riego se muestran en el **cuadro II**.

El agua se aplicó de forma independiente en cada tratamiento de riego, con control de su volumen mediante contadores Woltman. La aplicación del agua se realiza de forma automática y conjuntamente para cada dosis de agua empleando un programador de riegos. Teniendo en cuenta la información disponible (Pastor *et al.*, 1999; Pastor *et al.*, 2002), la pluviometría media de la zona, el tipo de suelo (buena capacidad de retención y gran profundidad), hemos simplificado la programación de riegos en el ensayo aplicando cantidades semanales de agua idénticas constantes a lo largo de la campaña abril-octubre (210 días).



Apero con el que se enterró la tubería en el tratamiento con riego subterráneo. El subsolador localizó la tubería con el gotero integrado a 30 cm de profundidad en el centro de la calle de plantación.

CUADRO I. MATERIALES DE RIEGO EMPLEADOS EN EL ENSAYO.

Empresa	Distancia entre goteros (m)	Modelo de gotero	Caudal del gotero l/h	Diámetro de la tubería PE portagoteros
Regaber - Netafin	1,0 m	Uniram	2,3	17 mm

CUADRO II. PARÁMETROS QUÍMICOS MEDIOS DEL AGUA DE RIEGO UTILIZADA EN LOS ENSAYOS DE VALDECASTRO (LINARES - JAÉN).

pH	CE dS/m	meq / l							NO ₃ ⁻ ppm
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	
7,40	0,54	2,23	1,74	0,09	1,31	3,05	1,18	1,15	2,55

CUADRO III. DOSIS ANUALES, PERÍODO ANUAL DE APLICACIÓN DEL AGUA Y DOTACIONES DE RIEGO UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS DE VALDECASTRO (LINARES - JAÉN).

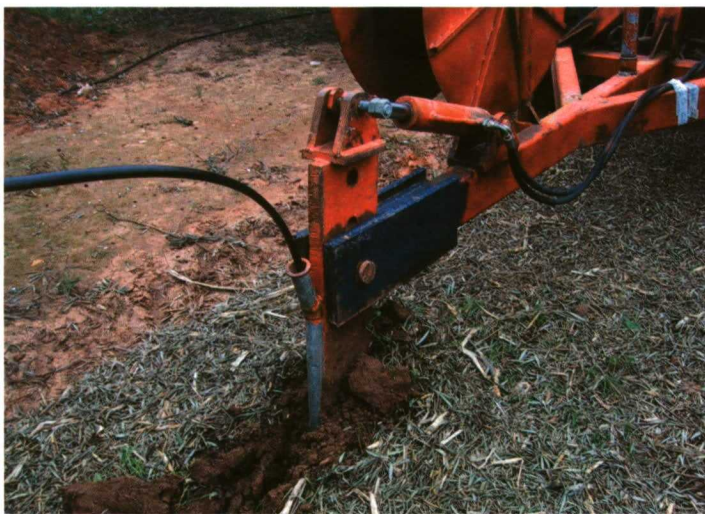
Dosis de riego m ³ /ha	Densidad de plantación olivos/ha	Período de riego	Nº de días de riego a la semana	Dotación de riego	
				l/olivo-día	l/olivo-día
2.500	156	Abril a octubre	5	75	105
1.500	8 x 8 m		3	45	105

Tanto en riego por goteo superficial como en el subterráneo, las dosis anuales, período de aplicación del agua y dotaciones de riego se muestran en el **cuadro III**. La dosis de 1.500 m³/ha es la autorizada para olivar en Andalucía por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en las concesiones administrativas para olivares con esta densidad de plantación.

Para evitar que las raíces del olivar afectaran a los emisores en el riego subterráneo en la finca Valdecastro, se hicieron tres

CUADRO IV. VALORES DE ETo Y PRECIPITACIONES MENSUALES OBSERVADAS EN LA FINCA VALDECASTRO (LINARES - JAÉN)

Mes	2000-2001		2001-2002		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	ETo mm/mes	P mm/mes	ETo mm/mes	P mm/mes	ETo mm/mes	P mm/mes	ETo mm/mes	P mm/mes	ETo mm/mes	P mm/mes
Oct	90	45	89	111	82	30	70	117	83	48
Nov	46	91	46	33	45	95	41	55	46	2
Dic	36	131	40	61	32	65	32	36	35	47
Ene	35	118	48	34	36	79	33	35	46	0
Feb	54	56	64	13	41	98	51	73	51	34
Mar	85	138	94	69	92	57	76	72	86	28
Abr	132	4	123	84	115	31	113	51	137	15
My	185	40	160	30	172	5	126	107	179	20
Jun	230	2	213	11	218	0	198	6	225	4
Jul	219	0	232	0	245	0	235	0	256	0
Ago	206	7	191	1	209	0	218	0	212	0
Sep	132	55	129	18	156	17	139	10	146	27
Total	1.413	685	1.456	464	1.444	476	1.333	562	1.503	225



Detalle del trabajo de enterrado de la tubería de riego.

aplicaciones anuales de trifluralina a una dosis de 0,125 g i.a. / emisor en cada una de las aplicaciones, dejando tres días sin regar después de realizar cada aplicación.

En la finca en la que está ubicada la parcela de ensayo se dispone de una estación agrometeorológica termopluviométrica automática que permite el cálculo de la ETo empleando la expresión propuesta por Hargreaves, que en el Valle del Guadalquivir permite estimaciones muy aceptables para períodos quincenales una vez calibrada a nivel local (Mantovani *et al.*, 1991). Las precipitaciones y valores mensuales de ETo observados durante los años de duración de los ensayos se presentan en el **cuadro IV**.

Se han realizado diferentes controles, como la producción de aceitunas y aceite árbol por árbol, con evaluación de las características de las aceitunas: rendimiento graso (método RMN) y peso medio del fruto. El potencial de agua en hoja de los olivos se ha evaluado utilizando una cámara de presión en mediciones realizadas antes del amanecer.

Resultados

Evapotranspiración de referencia y pluviometría

Los valores de ETo observados en la parcela de Valdecastro (**cuadro IV**) son relativamente altos, con una media anual de

CUADRO V. VALORES ANUALES DE ETo, PLUVIOMETRÍA (P), PRECIPITACIÓN EFECTIVA (PE), EVAPOTRANSPIRACIÓN PARA MÁXIMA PRODUCCIÓN (ETc), VOLUMEN DE RIEGO NECESARIO PARA LA SATISFACER LA ET MÁXIMA DEL CULTIVO Y EL VALOR TEÓRICO DE LA RESERVA DE AGUA EN EL SUELO A FINAL DEL MES DE MARZO, PARA CADA UNO DE LOS AÑOS EN LA FINCA VALDECASTRO (LINARES).

Año	ETo mm	P mm	PE mm	ETc mm	Riego (ETmax) mm	Reserva de agua en suelo 31 marzo (mm)
2000-01	1.413	685	564	846	282	191
2001-02	1.456	464	372	786	414	44
2002-03	1.444	476	400	858	458	91
2003-04	1.333	562	476	830	354	83
2004-05	1.503	225	186	815	656	0



1.430 mm y valores extremos comprendidos entre 1.333 y 1.503 mm. La pluviometría media anual del período noviembre-octubre fue de 482 mm, con valores extremos de 225 mm en el año 2005 y 685 mm en 2001.

Evapotranspiración del cultivo y disponibilidad de agua

En el **cuadro V** hemos realizado un cálculo teórico para cada una de las parcelas de ensayo y para cada año de duración de los ensayos, utilizando los datos climáticos reales (ET_o, P y PE) y de la plantación (densidad, volumen de copa y superficie cubierta por la copa de los árboles), aplicados al modelo contrastado propuesto por Orgaz *et al.* (2005) para la programación de riegos en olivar, partiendo de perfil vacío a 30 de septiembre de la campaña anterior.

En el **cuadro V** vemos que las cantidades de riego que habría que aportar para cubrir las necesidades óptimas del cultivo (ET_{max}) estarían comprendidas, según años, entre 282 y 656 mm (media = 433 mm), dependiendo en gran medida de la pluviometría registrada en la campaña (octubre-septiembre), por lo que podemos afirmar que en todos los años las dotaciones de riego aplicadas han sido deficitarias, tanto en las dosis de 1.500 como en la de 2.500 m³/ha, especialmente en el año 2005, el más seco de la serie.

Otra cuestión a tener en cuenta es la evaporación anual que se produce en el riego localizado con aplicación del agua en superficie desde el suelo mojado por los goteros (Eg). Utilizando el modelo propuesto por Orgaz *et al.* (2005), para cada año hemos calculado dichas pérdidas utilizando los datos de ET_o, diseño de la instalación de riego, diámetro de la superficie de los bulbos, fracción de suelo cubierto por la copa de los árboles e intervalo entre riegos, habiéndose obtenido valores medios anuales de Eg (**figura 1**) de 37 mm/año. Tal como se han instalado las tuberías y según el manejo que se ha hecho del riego y de la instalación (nunca se han observado manchas húmedas en la superficie del terreno), en riego localizado subterráneo la evaporación ha sido nula, por lo que en este sistema hay una mayor disponibilidad de agua para los árboles que en riego localizado en superficie para idéntica cantidad de agua aportada.

En el **cuadro VI** hemos calculado las disponibilidades anuales de agua (precipitación efectiva + riego) para cada sistema de riego localizado y dosis de agua. Con la aplicación de agua en superficie, el riego con 1.500 m³/ha ha cubierto, según años, entre el 64 y 84% de ET_{max} (media = 72%); mientras que cuando se ha regado con 2.500 m³/ha, se ha cubierto entre el 76 y 96% ET_{max} (media = 86%). Cuando se emplean instalaciones de riego localizado subterráneo, al eliminarse las pérdidas por evaporación desde los goteros, los valores de ET_{max} son sensiblemente inferiores (**cuadro VI**), por lo que los porcentajes de necesidades cubiertas por la precipitación efectiva + riego son sensiblemente mayores, entre el 76 y 88% para las dosis de 1.500 y 2.500 m³/ha. En estos cálculos no hemos tenido en cuenta, por excesivamente seco, el año 2005.

Vista del olivar una vez enterrada la tubería en el centro de la calle de plantación.



GAMA DE OLIVAR

TECNOLOGÍA LÍDER

MAQUINARIA AGRÍCOLA



RECOGEDORA DE ACEITUNAS

MODELO CIMA 500 TURBO CON VIBRADOR



RECOGEDORA DE ACEITUNAS

MODELO CIMA

LIMPIADORA DE ACEITUNAS

MODELO ML-4000 A



DESBROZADORA PLEGABLE

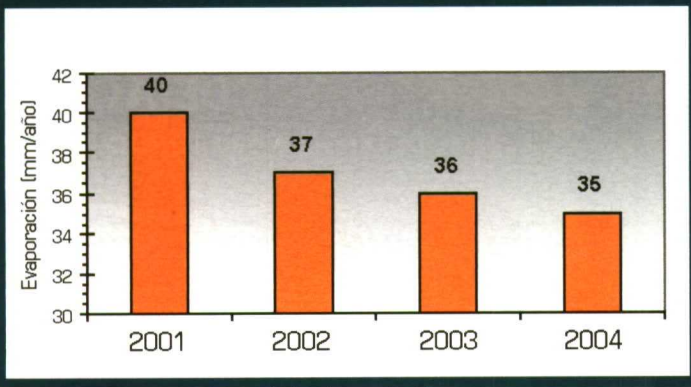
MODELO MP-3



Ctra. Córdoba-Palma del Río, s/n
14730 Posadas-Córdoba-ESPAÑA
Tel. (+34) 957 630 243 (5 líneas) · Fax (+34) 957 631 477
e-mail: moresil@moresil.com · web: www.moresil.com

FIGURA 1.

Valores anuales calculados de evaporación de agua desde la superficie del suelo mojada por los goteros en una instalación de riego localizado utilizando tubería emisora con goteros autocompensantes de 2,3 l/h a 1 m de distancia entre emisores. Finca Valdecastro (Linares).



Evaluación de las disponibilidades de agua en el suelo a lo largo de la estación

No habiéndose podido realizar medidas directas del contenido de agua en el suelo, hemos tratado de evaluar de forma indirecta la evolución estacional de las disponibilidades de agua en los diferentes tratamientos de riego (dosis-sistema). Para ello, hemos utilizado una cámara de presión que nos ha permitido conocer la evolución del potencial de agua en hoja antes del amanecer (Ψ_{pd}) a lo largo de la campaña. Antes del amanecer, momento en el que no existe transpiración del cultivo, el potencial de agua en hoja es similar a aquél con que el agua está retenida en el suelo y, en definitiva, es una evaluación indirecta de las disponibilidades reales de agua por el cultivo. La evolución estacio-

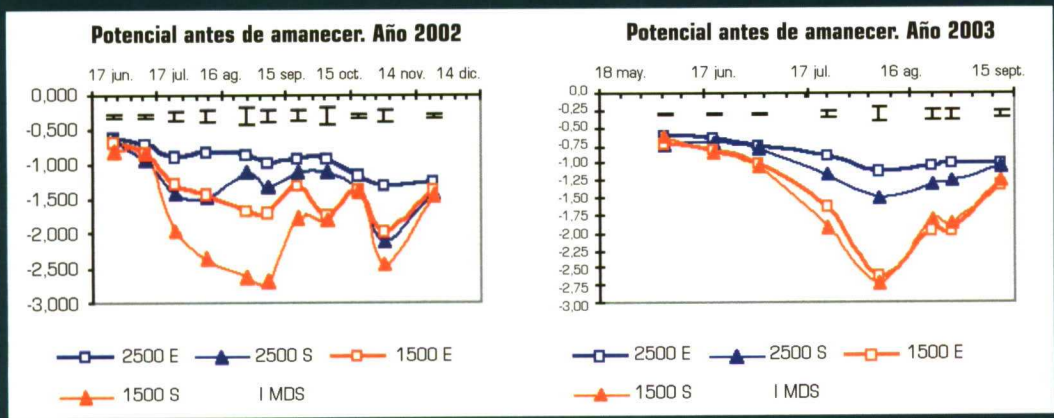
nal del Ψ_{pd} ha explicado bastante bien, en otros experimentos, la respuesta productiva del olivo a las diferentes estrategias de riego aplicadas (por ejemplo Pastor *et al.*, 1999; Pastor *et al.*, 2002). Valores comprendidos entre -0,6 y -0,8 MPa evidenciarían una suficiente disponibilidad de agua en el suelo (Dettori, 1987; Goldhamer *et al.*, 1994), sin que los árboles estén padeciendo estrés hídrico en ese momento. Valores más negativos de Ψ_{pd} evidencian una menor cantidad global de agua disponible, y cuanto más negativo sea ese valor, mayor es el grado de estrés hídrico al que estamos sometiendo a los árboles.

Tratando de no ser reiterativos, solamente vamos a presentar en este artículo (**figura 2**) los datos relativos a los años 2002 y 2003, comparándose las cuatro combinaciones (dos dosis de riego y dos sistemas de aplicación). Para todos los tratamientos se observa una evolución estacional similar; partiendo de valores poco negativos durante la primavera y principio de verano, lo que nos indica una suficiente disponibilidad de agua en el suelo, y sin que los árboles hayan padecido hasta este momento estrés hídrico, se llega después, lenta y progresivamente, a alcanzar valores cada vez más negativos de Ψ_{pd} , lo que evidencia que el perfil se va vaciando progresivamente a un ritmo que depende de la dosis de agua de riego aplicada y también, en menor medida, del sistema de aplicación utilizado. En árboles bien regados el valor de Ψ_{pd} debe mantenerse toda la estación en valores en torno a los de referencia (-0,6 a -1,0 MPa), lo que indicaría ausencia de estrés hídrico en el árbol a lo largo de la campaña. Durante el otoño se observan subidas y bajadas de los valores de Ψ_{pd} correspondientes a los eventos de lluvia/sequía que caracterizan los otoños en clima mediterráneo, no volviéndose a recuperar los potenciales al nivel primaveral hasta que se producen lluvias otoñales abundantes capaces de humedecer el perfil hasta una suficiente profundidad. La **figura 2** muestra también que en ambos años todos los tratamientos de riego ensayados estuvieron sometidos a estrés hídrico en determinados momentos (verano), lo que se hace especialmente evidente en los tratamientos en los que se regó con la menor dotación de agua (1.500 m³/ha). Hay que destacar igualmente que, para cada dosis de riego, la aplicación subterránea del agua proporcionó valores de Ψ_{pd} menos

negativos, lo que evidencia que el cultivo con riego enterrado dispuso de mayor cantidad de agua que aquél con riego en superficie, lo que está en consonancia con las pérdidas de agua por evaporación directa a la atmósfera desde la fracción de suelo mojada por los goteros (**figura 1**). Resultados parecidos fueron observados en cítricos por Montaña y col. (2005).

FIGURA 2.

Evolución durante el período verano-otoño de los años 2002 y 2003 de los potenciales de agua en hoja medidos antes del amanecer para las dos dosis de agua aplicadas (1.500 y 2.500 m³/ha) y para los dos sistemas de aplicación del agua: E = riego enterrado y S = riego en superficie. Para cada fecha las barras muestran las mínimas diferencias significativas entre tratamientos.



Respuesta productiva del olivar a las dosis y sistemas de riego empleados

El **cuadro VII** nos muestra las producciones obtenidas en el período 2001-2005, así como las características de los frutos recolectados. El **cuadro VIII** muestra los resultados del análisis de varianza realizado. En los años en que se

CUADRO VI. EVAPOTRANSPIRACIÓN MÁXIMA DEL OLIVO, PRECIPITACIÓN EFECTIVA + RIEGO (PE+R) Y PORCENTAJE DE LA ET_{max} CUBIERTA POR PE+R EN CADA UNO DE LOS AÑOS Y PARA CADA DOSIS DE RIEGO UTILIZADA EN EL ENSAYO DE VALDECASTRO (LINARES) PARA LOS DOS SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO UTILIZADOS: RIEGO GOTEO SUPERFICIE Y RIEGO GOTEO SUBTERRÁNEO.

Año	Volumen de riego aplicado (m ³ /ha)	R. localizado aplicación en superficie			R. localizado aplicación subterránea		
		ET _{max} mm	PE + Riego mm	PE + Riego % ET _{max}	ET _{max} mm	PE + Riego mm	PE + Riego % ET _{max}
2000-01	1.500	846	714	84	806	714	89
	2.500		814	96		814	100
2001-02	1.500	786	522	66	749	522	70
	2.500		622	83		622	83
2002-03	1.500	858	550	64	822	550	67
	2.500		650	76		650	79
2003-04	1.500	830	626	75	795	626	79
	2.500		726	87		726	91



Detalle del enterrado de la tubería cinco meses después de realizada la instalación. Vemos como el agua de riego no llega a mojar la superficie del terreno, lo cual es fundamental en este sistema de riego.

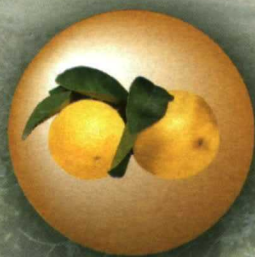
ha desarrollado este ensayo (2002 a 2005) los resultados se han visto afectados por el azar, debido al diferente estado de carga de partida de los árboles del tratamiento superficie-2.500 con respecto a los restantes tratamientos, lo que se descubrió después de realizarse la recolección de la primera cosecha, a pesar

de que previamente al establecimiento de los tratamientos de riego se comprobó la homogeneidad de la parcela con relación al volumen de copa de los olivos. Solamente la consideración a largo plazo de los resultados puede permitir sacar conclusiones agrónomicamente correctas. Por esta razón es fácil comprender que

El riego por goteo es el mejor sistema para ahorrar agua

UNIRAM es el nuevo gotero integrado de Regaber y Netafim, fruto de la experiencia adquirida con más de 5.000 millones de metros de RAM instalados.

Recomendado para riego en superficie y subterráneo con la máxima fiabilidad.



Consulte a su distribuidor Regaber más cercano

Area de filtración 15 veces superior a la del Ram

Barrera física antirraíces

¡NUEVO!

UNIRAM

Doble laberinto

Antisucción



CUADRO VII. PRODUCCIONES DE ACEITUNAS Y ACEITE OBTENIDAS EN VALDECASTRO (LINARES) EN LOS AÑOS 2001 A 2005 EN LOS DIFERENTES SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO COMPARADOS (SUBTERRÁNEO Y SUPERFICIAL) Y DOSIS ANUAL DE AGUA DE RIEGO APLICADA (1.500 Y 2.500 m³/ha).

Año	Sistema de riego	Dosis de riego m ³ /ha	Producciones (kg/olivo)		Rendimiento graso (%)	Nº frutos por olivo	Peso medio del fruto (g)
			aceitunas	aceite			
2001	Subterráneo	2.500	57,4	13,9	24,1	18.057	3,21
	Superficie	2.500	34,1	7,3	21,5	10.532	3,21
	Subterráneo	1.500	52,9	13,3	25,0	17.610	3,00
	Superficie	1.500	48,0	12,0	24,9	14.538	3,35
2002	Subterráneo	2.500	100,8	20,5	20,4	37.866	2,69
	Superficie	2.500	104,3	20,6	19,7	54.517	1,91
	Subterráneo	1.500	90,5	19,7	21,8	36.564	2,50
	Superficie	1.500	84,9	17,6	20,7	45.046	1,89
2003	Subterráneo	2.500	102,2	17,2	16,8	29.767	3,45
	Superficie	2.500	82,6	13,9	16,7	19.739	4,24
	Subterráneo	1.500	88,9	16,7	18,7	31.160	2,88
	Superficie	1.500	85,2	16,6	19,5	30.598	2,79
2004	Subterráneo	2.500	70,3	13,3	18,9	22.000	3,24
	Superficie	2.500	85,5	16,5	19,4	32.615	2,71
	Subterráneo	1.500	58,9	12,8	21,7	19.204	3,07
	Superficie	1.500	60,3	13,1	21,7	20.496	3,07
2005	Subterráneo	2.500	61,8	14,0	22,7	23.882	2,74
	Superficie	2.500	51,6	12,1	23,3	17.431	3,38
	Subterráneo	1.500	49,2	12,6	25,5	20.794	2,41
	Superficie	1.500	43,9	11,3	25,9	19.167	2,41
Media	Subterráneo	2.500	78,5	15,8	20,6	26.315	3,07
	Superficie	2.500	71,6	14,1	20,1	26.967	3,09
	Subterráneo	1.500	68,1	15,0	22,6	25.063	2,77
	Superficie	1.500	64,5	14,1	22,6	25.969	2,70

para todos los parámetros considerados el efecto años sea muy significativo (**cuadro VIII**).

Si nos referimos a la producción de aceitunas (**cuadro IX**), en el conjunto de los años la dosis de riego influyó significativamente sobre la producción media del quinquenio, habiéndose obtenido una media de 75,1 kg/árbol cuando se regó con 2.500 m³/ha, y solamente 66,3 cuando se aplicaron 1.500 m³. Con respecto al sistema de riego utilizado, en riego localizado subterráneo la producción (73,3 kg/árbol) fue mayor que en riego localizado en superficie (68,0 kg), siendo también en este caso las diferencias significativas. Con relación a la producción de aceite (**cuadro IX**), que es lo que en realidad importa al olivareo, no se observan diferencias significativas entre dosis de rie-



Cabezal de riego que permite aplicar el agua a las diferentes tesis que se comparan en este ensayo. Un programador de riego acciona las electroválvulas, lo que permite aplicar los turnos y el número de horas de riego de cada tratamiento. Los contadores certifican el volumen de agua aplicado. Además es posible aplicar los fertilizantes líquidos en función de un programa preestablecido.

go aplicadas con valores medios de 14,9 y 14,6 kg/olivo para las dosis de 2.500 y 1.500 m³/ha respectivamente, mientras que si nos referimos a las producciones en los diferentes sistemas de aplicación, en riego subterráneo la producción media (15,4 kg/olivo) fue significativamente mayor que en el de superficie (14,1 kg/olivo). Aunque los resultados de producción referidos a aceitunas y aceite pueden resultar algo discrepantes, nada más lejos de la realidad si tenemos en cuenta el rendimiento graso de la aceituna (**cuadro IX**). Vemos que los frutos producidos cuando se ha regado con 2.500 m³/ha tienen un rendimiento graso medio total del 20,3%, mientras que cuando se regó con 1.500 m³/ha el rendimiento fue del 22,5% (diferencias significativas), lo que explica la igualdad observada entre ambas dosis de riego para la producción de aceite. Si comparamos los sistemas de riego, los rendimientos grasos medios obtenidos en riego subterráneo y superficie fueron del 21,6 y 21,3% respectivamente (diferencias no significativas). Las diferencias anuales observadas entre dosis de agua en los porcentajes de aceite en el fruto son debidas exclusivamente a los mayores contenidos de agua en los frutos de los olivos regados con mayor dosis de agua (datos disponibles no presentados), igualándose el porcentaje de aceite cuando referimos los datos a la muestra desecada.

CUADRO VIII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITE Y ACEITUNA, ASÍ COMO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO Y COMPONENTES DEL CRECIMIENTO EN LA FINCA VALDECASTRO (LINARES - JAÉN).

Parámetros	Sistemas de riego (SR)	Dosis de riego (DR)	SR x DR	Años (A)	A x SR	A x DR	A x SR x DR
Producción aceituna (kg/olivo)	Sign. p≤0,05	Signif. p≤0,05	No sign	Sign. p≤0,01	Sign. p≤0,05	Sign. p≤0,05	No sign
Producción aceite (kg/olivo)	Signif. p≤0,05	No sign	No sign	Sign. p≤0,01	Sign. p≤0,05	No sign	No sign
Rendimiento graso (%)	No sign	Sign. p≤0,01	No sign	Sign. p≤0,01	Sign. p≤0,05	Sign. p≤0,05	Sign. p≤0,05
Peso del fruto (g)	No sign	Sign. p≤0,05	No sign	Sign. p≤0,05	Sign. p≤0,05	Sign. p≤0,05	No sign
Nº frutos / olivo	No sign	No sign	No sign	Sign. p≤0,01	Sign. p≤0,05	Sign. p≤0,05	No sign

Sign p ≤ 0,05 = diferencias significativas entre medias al nivel 5%; Sign p ≤ 0,01 = diferencias significativas entre medias al nivel 1%; No sign = no existen diferencias significativas entre medias.

TRADECORP

DIVISION ESPAÑA

EP-150806-V1



FUNGICIDAS CÚPRICOS DE MÁXIMA CALIDAD PARA SU OLIVAR

CUPER[®]-70 Flow

Cobre 70% p/v (700 g/L)



CUPRITAL[®] SUPER

Cobre 30% p/p + Mancozeb 20% p/p
6% p/p de Complejo de Acción Biológica



DROXICUPER[®]-50

Hidróxido cúprico
Cobre 50% p/p

CUPROTEC[®] 50

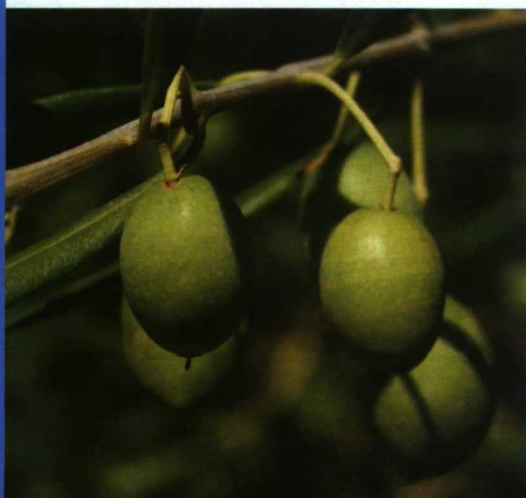
Oxicloruro de Cobre
Cobre 50% p/p

CUPROTEC[®] Bordelés

Sulfato cuprocálcico 80% p/p
Cobre 20% p/p

Cuper Rojo-50

Óxido cuproso
Cobre 50% p/p



- EXCELENTE MICRONIZACIÓN Y FINURA
- GRAN PODER DE RECUBRIMIENTO
- FUERTE ADHERENCIA VEGETAL
- RESISTENCIA AL LAVADO POR LAS LLUVIAS
- GRAN EFICACIA Y PERSISTENCIA DE PROTECCIÓN

CUADRO IX. PRODUCCIONES DE ACEITE POR OLIVO PARA LAS DIFERENTES DOSIS DE AGUA DE RIEGO APLICADAS Y PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO. PARA CADA SISTEMA DE RIEGO O DOSIS DE AGUA, LOS VALORES DE CADA PARÁMETRO SEGUIDOS POR LETRAS DIFERENTES DIFIEREN SIGNIFICATIVAMENTE AL NIVEL $P \leq 0,05$ SEGÚN LA PRUEBA F.

Sistema de riego	Producción (kg/olivo) Aceitunas	Aceite	Rto. graso (%)	Nº frutos por olivo	Peso medio del fruto (g)
Subterráneo	73,3 a	15,4 a	21,6 a	25.689 a	2,92 a
Superficie	68,0 b	14,1 b	21,3 a	26.468 a	2,90 a
Dosis de riego m ³ /ha	Producción (kg/olivo) Aceitunas	Aceite	Rto. graso (%)	Nº frutos por olivo	Peso medio del fruto (g)
2.500	75, 1 a	14,9 a	20,3 a	26.641 a	3,08 a
1.500	66,3 b	14,6 a	22,5 b	25.516 a	2,74 b

Pasaremos a continuación a analizar los componentes del rendimiento del cultivo, teniendo en cuenta que:

$$\text{Producción (kg/árbol)} = \frac{\text{Nº frutos/olivo} \times \text{peso medio de la aceituna (g)}}{1.000}$$

El número medio de frutos por árbol (**cuadro IX**) ha sido bastante similar en las dos dosis de agua de riego: 26.641 de aceitunas en los olivos regados con 2.500 m³ y 25.516 en los regados con 1.500 m³ (diferencias no significativas). En riego subterráneo el número medio de frutos fue de 25.689, y de 26.468 en riego en superficie (diferencias no significativas). Si nos referimos al peso medio del fruto (**cuadro IX**), se observan diferencias significativas debidas a la dosis de agua aplicada, observándose que en 2.500 m³/ha se obtuvo mayor número de frutos por olivo y que éstos tuvieron un peso medio significativamente mayor, lo que justifica una significativa mayor producción de aceitunas que en la dosis 1.500 m³/ha. Con relación a los sistemas de riego empleados, no existen diferencias significativas en el tamaño del fruto entre riego subterráneo y riego en superficie.

Como es habitual en olivar (Psyllakis, 1975; Pastor y Humanes, 2000), en este caso también se observa una correlación negativa entre el número de frutos producidos por olivo y el contenido en aceite en un fruto, de modo que cuando aumenta el número de frutos por árbol, disminuye el peso del aceite contenido en una aceituna. A este respecto, algunos autores (por ejemplo, Veihmeyer, 1975) han sugerido que un desplazamiento hacia arriba de dicha relación (para el mismo número de frutos por árbol se obtienen frutos de mayor peso) es indicativo de un aumento de la productividad global de una plantación sometida a tratamientos que ocasionan diferencias en el contenido de agua en el suelo. Hemos calculado dichas relaciones para el conjunto de datos del ensayo (años y tratamientos), cuya representación gráfica mostramos en la **figura 3**. Aunque las diferencias observadas no son excesivas, en ambas dosis de riego se observa que con aplicación subterránea del agua el contenido en aceite en el fruto es mayor que en el riego en superficie, lo que sugiere que en el sistema con riego enterrado los olivos disponen de mayor cantidad de agua, lo que está en consonancia con los datos de la **figura 1**, que muestra que en riego enterrado se logra evitar las pérdidas de agua por evaporación desde el suelo humedecido por los goteros, pérdidas anuales que en riego localizado en superficie se han evaluado en este caso entre 35 y 40 mm/año, economía de agua que permite reducir el déficit hídrico cuando, como en este caso, se aplican dotaciones deficitarias de agua, y una primera evidencia experimental de estos resultados es la mayor acumulación de aceite en el fruto cuando se utilizan sistemas de riego enterrado.

Discusión de los resultados

Tras el estudio de los datos correspondientes a las producciones de aceite (**cuadro IX**) así como a la evaluación de la disponibilidad de agua en el suelo (**cuadros V y VI y figura 2**), podríamos decir que excepto en el año 2005 (muy seco), posiblemente ninguna de las dosis de riego aplicadas ha ocasionado suficiente grado de estrés hídrico como para causar grandes diferencias de producción en el olivar, más aún si tenemos en cuenta que el período en el que realmente se ha aplicado dicho

estrés ha sido desde comienzos de julio (endurecimiento del hueso) hasta la segunda quincena de septiembre (comienzo de la maduración del fruto), período en el que el cultivo es menos sensible al déficit hídrico (Girona *et al.*, 2005; Orgaz y Fereres, 2004). En otoño, y debido a las lluvias otoñales y al propio riego, se recuperan los potenciales en hoja, situándose en valores que permiten un adecuado crecimiento del fruto hasta su recolección. Estos resultados solamente son explicables cuando el olivar se cultiva en zonas/años con buena pluviometría y en suelos profundos y con adecuada capacidad de retención, en los que puede almacenarse gran cantidad del agua de lluvia invernal, circunstancias

FIGURA 3.

Relaciones entre el número de frutos producidos por olivo y el aceite contenido en una aceituna para el conjunto de los años de duración del ensayo y para los diferentes volúmenes de agua aplicados (2.500 y 1.500 m³/ha) y para cada uno de los dos sistemas de riego (subterráneo y en superficie).

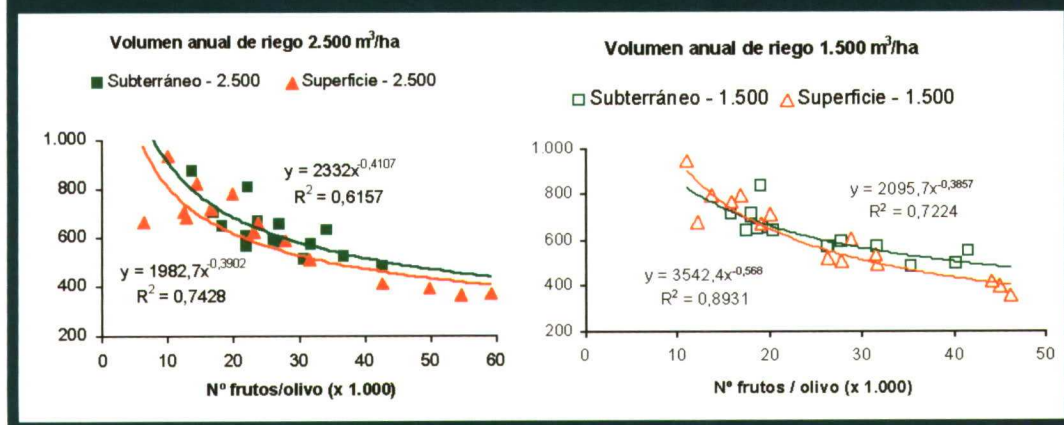




Foto izda. Vista de una de las parcelas con riego por goteo en superficie. Obsérvense los puntos humedecidos por el agua de riego un día después de la aplicación del agua.

Foto dcha. Medida del potencial de agua en hoja utilizando una cámara de presión. Este tipo de medidas permite evaluar el grado de estrés hídrico al que estamos sometiendo a los árboles de cada tratamiento. La medida nocturna antes del amanecer nos permitiría evaluar el contenido de agua en el suelo disponible para la planta.

ambas que se dan simultáneamente en la finca en la que se ha realizado el ensayo. Las diferencias de producción entre las dosis 1.500 y 2.500 m³/ha han resultado ser significativas para la producción de aceitunas y no para la producción de aceite.

Con relación al sistema de riego utilizado, se deduce que en riego subterráneo las disponibilidades de agua pueden haber sido mayores que en riego en superficie (**cuadro IX** y **figura 1**), resultados concordantes con los de experimentos similares realizados en cítricos (Montaña y Legaz, 2003) y almendro (Botia *et al.*, 2002, citado por Montaña y Legaz, 2003). Este aumento de disponibilidades anuales (35-40 mm) ha sido trascendente productivamente hablando, ya que en riego subterráneo se ha obtenido un aumento significativo de la producción de aceite.

Conclusiones

Creemos que los resultados presentados son únicamente extrapolables a zonas con adecuada pluviometría y a suelos con

alta capacidad de almacenamiento de agua. En este contexto podríamos afirmar que, refiriéndonos a riego localizado de alta frecuencia, los sistemas de riego subterráneo parecen más eficientes productivamente hablando que aquéllos en los que se aplica el agua en la superficie, aunque habrá que evaluar a largo plazo la problemática que plantean las instalaciones en diferentes situaciones después de varios años de servicio. A corto plazo los árboles se han adaptado muy pronto al riego enterrado (Pastor y col., 2003) después de haber sido regados durante los años anteriores empleando un

sistema de riego localizado convencional (aplicación del agua en superficie y dos emisores por olivo). Pensamos que en situaciones de suelos poco profundos y menor pluviometría, los resultados deben inclinar la balanza aún más a favor del riego subterráneo, como ha ocurrido en 2005, ya que en riego localizado en superficie las pérdidas por evaporación desde los bulbos (350-400 m³/ha-año) podrían suponer una gran reducción del volumen anual de agua disponible por el cultivo (23% sobre una dosis anual de 1.500 m³/ha), lo cual puede ser de vital importancia cuando se aplican riegos muy deficitarios, situación habitual en la mayoría de los casos en Andalucía; pero creemos que en un futuro deberían realizarse nuevos trabajos de investigación que valoren suficientemente estos aspectos. ■

Agradecimientos

A las señoras Sanz Torres, propietarias de la finca Valdecastro, que han permitido la realización del ensayo en su explotación. El presente trabajo se ha realizado en el marco de un convenio de colaboración entre el IFAPA (Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía) y la empresa Riegos Iberia Regaber, SA. El proyecto ha sido igualmente cofinanciado por el IFAPA a través del Proyecto PIA 03-054.

Bibliografía

Existe una amplia bibliografía en nuestra redacción a disposición de los lectores: redacción@eumedia.es

PARA SU NUEVO

TRACTOR

FERRARI

con financiación a 1 año

DESDE EL 1 DE SEPTIEMBRE DE 2006 HASTA EL 15 DE ENERO DE 2007

INTERÉS

TAE*

0%

0%



Financiado por BBVA (*) Financiación ofrecida por BBVA para todos los tractores FERRARI en operaciones a 12 meses, con intereses y comisiones de apertura y estudio subvencionados por BCS IBÉRICA, S.A.U. BCS IBÉRICA, S.A.U. POL. IND. S^{TA} MARGARITA. CALLOBREGAT, 15. 08223 TERRASSA (BARCELONA) TEL. 93 783 05 44 FAX 93 786 12 03 EMAIL: correo@bcsiberica.es