

B-14-2023

Comunicación científico-técnica

Respuesta a largo plazo del olivo a diferentes estrategias de riego deficitario.

Long-term response of olive trees to different deficit irrigation strategies.

Vega, V.¹; Hidalgo, J.¹; Holgado, A.¹; Escudier, J.G.²; Leyva, A.¹; Pérez, D.¹; Hidalgo, J.C.¹

¹ IFAPA Alameda del Obispo, Córdoba. jcarlos.hidalgo@juntadeandalucia.es

² Técnico AGROSAN S. L.

Resumen:

La escasez de agua, las limitaciones administrativas y/o condicionantes económicos (energéticos principalmente) conllevan a la adopción por parte del olivarero a la aplicación de dotaciones de agua inferiores a las requeridas por el cultivo, apareciendo un estrés hídrico en determinados periodos de su ciclo anual (generalmente en verano e inicios de otoño), y que dependiendo de su duración, intensidad y momento de aparición tendrá mayor o menor incidencia sobre la producción, dada la diferente sensibilidad estacional del cultivo al mismo.

Durante el periodo 2006-2017, tres estrategias de riego frente a un control no regado fueron comparadas en un olivar adulto de la variedad 'Picual', situado en Espejo (Córdoba): RDS1500, riego deficitario con aplicación continua de 1500 m³/ha de agua durante el periodo 15 de marzo a 15 de octubre; RDS750, riego deficitario con aplicación continua de 750 m³/ha de agua durante el periodo 15 de marzo a 15 de octubre; y RDC750, riego deficitario con aplicación de 750 m³/ha de agua en periodos de mayor sensibilidad al estrés hídrico del cultivo, repartida de la siguiente manera: floración y cuajado 40%, verano 13,3% y maduración del fruto 46,7% del total.

Para los doce años estudiados, los tratamientos de riego mejoraron la producción tanto de aceituna como de aceite con relación al control, siendo RDS1500 y RDC750, los que mostraron mejores producciones (incrementos del 33,4 % y 20,6 % de aceituna, y del 41,5 % y 30,3 % de aceite, respectivamente) debido a un mayor número, tamaño y contenido de aceite de los frutos. RDC750 se mostró como el de mayor eficiencia productiva en comparación con los otros dos tratamientos de riego con valores de 1,573 kg fruto y 0,470 kg aceite por unidad (m³) de agua aplicada.



XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



La aplicación de riegos deficitarios en olivar con dotaciones muy pequeñas de agua aportadas en los momentos de mayor sensibilidad al estrés hídrico para el cultivo es una práctica de gran valor para maximizar la rentabilidad del agua por parte del olivarero.

Palabras clave: olivo, riego deficitario, producción, aceite, productividad del agua.

Abstract:

The scarcity of water, administrative limitations and/or economic conditions (mainly energy) lead to the adoption by the olive grower of water applications lower than those required by the crop, causing water stress to appear in certain periods of its annual cycle (generally in summer and early autumn), and depending on its duration, intensity and time of appearance, it will have a greater or lesser impact on production due to the different seasonal sensitivity of the crop to it.

During the period 2006-2017, three irrigation strategies versus a non-irrigated control were compared in an adult olive grove of the 'Picual' variety located in Espejo (Córdoba): RDS1500, deficit irrigation with continuous application of 1500 m³/ha of water during the period March 15 to October 15; RDS750, deficit irrigation with continuous application of 750 m³/ha of water during the period March 15 to October 15; and RDC750, deficit irrigation with application of 750 m³/ha of water in periods of greater sensitivity to water stress of the crop, distributed as follows: flowering and fruit setting 40%, summer 13.3% and fruit ripening 46.7% of the total.

For the twelve years studied, the irrigation treatments improved the production of both olive and oil in relation to the control, with RDS1500 and RDC750 being the ones that showed the best production (increases of 33.4% and 20.6% of olives, and of 41.5% and 30.3% oil, respectively) due to a greater number, size and oil content of the fruits. RDC750 was shown to have the highest productive efficiency, 1.573 kg fruit and 0.470 kg oil per unit (m³) of water applied, compared to the other irrigation treatments.

Deficit irrigation with very small water supplies applied to the olive trees during the greatest sensitivity period to water stress leads to maximize the profitability of water by the farmer.

Keywords: deficit irrigation, production, oil, water productivity.

1. Introducción.

El olivo es el cultivo leñoso con mayor extensión en la cuenca mediterránea, y ha sido, dada su tolerancia a la sequía, tradicionalmente manejado en condiciones de secano. Andalucía cuenta con algo más de 1,64 millones de hectáreas (63% s/nacional, 13% s/mundial), representando el olivar regado el 38,9% (ESYRCE, 2022). La expansión del riego de olivar, motivada fundamentalmente por la introducción del riego por goteo con emisores de tipo autocompensante de bajo caudal y la excelente respuesta del cultivo al riego, han transformado la olivicultura en las últimas cuatro décadas. El agua es un recurso limitado, por lo que es necesaria una programación de las aplicaciones que tiendan a optimizar el uso de la misma.

La escasez de agua, las limitaciones administrativas y/o condicionantes económicos (energéticos principalmente) llevan al olivarero, en muchas ocasiones, a la aplicación de dotaciones de agua inferiores a las requeridas por el cultivo. Esto conlleva que, en determinados periodos de su ciclo anual (generalmente en verano e inicio de otoño), se produzca un estrés hídrico. Dependiendo de su duración, intensidad y momento de aparición tendrá mayor o menor incidencia sobre la producción.

El presente trabajo muestra los resultados de un ensayo de larga duración (2006-2017) en el que se evaluó la respuesta de un olivar a la aplicación de tres estrategias de riego deficitario con relación a uno no regado.

2. Materiales y métodos.

La parcela experimental se encuentra ubicada en la localidad de Espejo (Córdoba) (37.67° N, -4.62° O, 193m de altitud). Se trata de un olivar adulto (40-50 años) de la variedad 'Picual', con una densidad de plantación de 152 árboles/ha y un marco de 8,1 x 8,1 m, situado en un suelo de 1m de profundidad media, con buena capacidad de retención de agua. En el ensayo se utilizó un diseño experimental en cuadrado latino, dadas las características topográficas de la parcela. La parcela elemental, de 16 árboles, contó con doble línea guarda entre tratamientos controlándose los 4 olivos centrales. La pluviometría media en el periodo considerado ha sido de 573 mm y la ETo de 1.266 mm (**Tablas 1 y 2**). La **Tabla 3** recoge las necesidades máximas de riego en función del volumen de copa de la plantación, según la metodología propuesta por Orgaz y col. (2006), para los años 2010 y 2015 (más lluvioso y más seco, respectivamente) y para el año medio del periodo de estudio.

Tabla 1: Valores medios mensuales de Precipitación (mm).

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
enero		72	18	49	84	142	43	20	66	96	45	79	18
febrero		57	69	37	75	231	65	6	65	63	25	50	47
marzo		57	14	17	86	105	40	4	234	11	34	29	80
abril		40	67	177	37	46	106	54	50	40	77	87	45
mayo		25	112	45	15	21	24	64	36	10	11	109	40
junio		0	4	0	8	48	27	0	0	0	3	0	3
julio		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
agosto		35	0	0	0	59	7	0	35	0	1	4	29
septiembre	18	19	34	58	16	7	0	77	4	26	8	4	0
octubre	82	93	25	94	31	89	49	99	34	62	62	79	26
noviembre	20	59	144	42	22	92	94	232	11	141	47	110	49
diciembre	49	35	13	43	354	314	9	40	83	18	2	52	36
		492	500	562	728	1154	464	596	618	467	315	606	373

Tabla 2: Valores medios mensuales de Evapotranspiración de referencia (mm).

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
enero		29,8	32,4	34,5	26,3	28,4	28,0	39,6	31,0	33,3	38,9	32,2	45,0
febrero		38,1	34,4	48,9	46,2	33,8	77,0	65,6	46,9	37,6	49,5	46,6	45,3
marzo		71,6	84,7	90,0	76,0	68,1	76,8	96,7	52,6	86,2	83,4	81,3	86,9
abril		102,9	94,0	114,0	117,0	116,3	106,1	99,7	102,6	111,3	100,9	94,2	121,0
mayo		140,3	128,8	114,6	155,0	151,2	141,3	148,6	139,6	167,7	164,0	124,5	152,0
junio		161,7	176,0	198,7	189,9	172,1	182,8	192,4	172,2	177,7	183,0	185,0	187,9
julio		186,9	209,0	204,5	208,5	203,6	199,0	213,2	201,5	206,2	218,2	202,3	201,5
agosto		161,2	179,6	191,7	184,6	176,0	185,2	193,2	182,1	191,6	179,9	188,8	178,4
septiembre	145,3	116,6	123,9	119,0	123,2	134,4	134,2	122,0	126,3	118,7	132,1	143,2	143,5
octubre	81,8	63,1	86,4	77,9	90,2	63,9	96,4	77,7	84,3	89,0	72,7	80,8	98,8
noviembre	49,5	38,9	46,1	46,1	52,6	34,8	39,3	35,8	53,5	42,7	59,0	40,6	51,6
diciembre	35,8	30,7	30,1	25,4	24,5	27,4	33,2	25,7	37,3	31,6	40,4	35,5	31,4
		1142	1225	1265	1294	1210	1299	1310	1230	1294	1322	1255	1343

Tabla 3: Riego para máximas necesidades considerando la reserva de agua acumulada durante otoño-invierno para el año medio, más seco y más lluvioso (Orgaz y col. 2006).

	Año más lluvioso	Año pluviometría media	Año más seco
Riego máximas necesidades (mm)	137	155	258
Pluviometría (mm)	1154	583	315

Las estrategias de riego consideradas fueron:

A – Control no regado (Secano).

B – Riego deficitario controlado (RDC750). Aportación anual de agua de 750 m³/ha. aplicada una vez por semana en los momentos de mayor sensibilidad al estrés hídrico del cultivo del olivo: los dos meses posteriores a la floración y cuajado del fruto (40%), pleno verano (13,3%) y

maduración del fruto (46,7%). El 13,3% restante se aplicó en pleno verano (segunda quincena julio-primera quincena agosto).

C – Riego deficitario sostenido I (RDS750). Aportación anual de agua de 750 m³/ha durante el período comprendido entre el 15 de marzo y el 31 de octubre. El agua se aplicó una vez por semana con idénticas cantidades durante todo el período anteriormente indicado.

D – Riego deficitario sostenido II (RDS1500). Aportación anual de agua de 1.500 m³/ha durante el período comprendido entre el 15 de marzo y el 31 de octubre. El agua se ha aplicado una vez por semana con idénticas cantidades durante todo el período anteriormente indicado. (**Figura 1**).

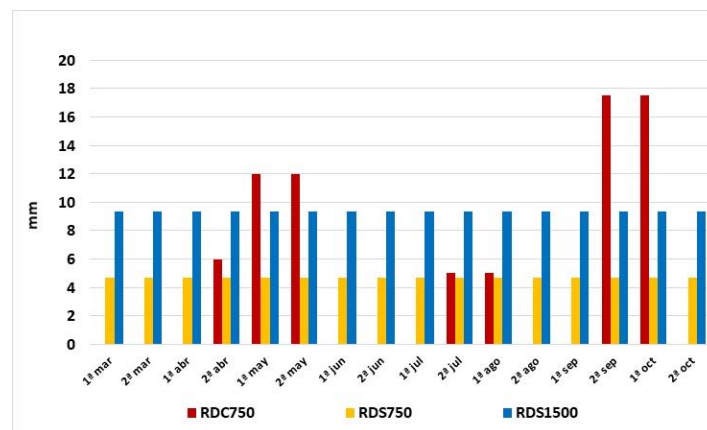


Figura 1: Distribución quincenal de las dosis de riego (mm) aplicadas en cada tratamiento.

El riego RDS1500 ha cubierto prácticamente las necesidades hídricas para máxima producción para los valores medios de ETo y P del periodo estudiado (**Tabla 3**).

Se empleó una instalación de riego con ramales portagoteros con gotero integrado de tipo autocompensante de 2,3 l/h de caudal nominal distanciados 1 m colocados a 30-40 cm de profundidad (riego subterráneo).

En cada campaña de riego se realizaron, entre otras, las siguientes determinaciones:

- medida de diámetros y altura de copa para determinación de volúmenes de copa en parada invernal una vez realizadas las intervenciones de poda, según la expresión: $V_{\text{copa}} = \pi \cdot D \cdot D' \cdot H / 6$, siendo D y D' dos diámetros perpendiculares y H la altura de la copa del olivo.
- medida de potenciales hídricos en hoja a mediodía y antes del amanecer, mediante la cámara de Schölander, considerado como una buena medida del grado de estrés de la planta y un estimador indirecto del contenido de agua en el suelo (Hsiao, 1990).
- seguimiento de la evolución del peso fresco, peso seco y rendimiento graso de los frutos para los distintos tratamientos, mediante pesado de 20 frutos/olivo antes y después de

secado en estufa de aire forzado hasta peso constante y posterior medida en equipo RNM para contenido de aceite.

- en recolección, control de la producción de aceituna y de aceite mediante pesada de la cosecha de cada olivo y rendimiento graso mediante equipo NIR Olivescan.

3. Resultados.

La **Figura 2** muestra el volumen de copa para cada tratamiento durante el tiempo de ejecución del ensayo. Al inicio del ensayo, el estado de envejecimiento en el que se encontraban los olivos hizo necesaria una poda de renovación, lo que supuso una disminución en los volúmenes de copa medidos en 2007 y 2008. Los tratamientos de Secano y RDS1500 fueron los que presentaron los valores extremos al final del ensayo, presentando diferencias significativas entre ellos. Igualmente se observa que el tratamiento de secano presenta sistemáticamente los valores más bajos tras un periodo de adaptación por parte de los tratamientos de riego, lo que confirma que el tamaño de los árboles se ha de adaptar a las disponibilidades de agua mediante la poda para conseguir el máximo potencial productivo y optimizar la inversión en riego (Pastor y col., 2006).

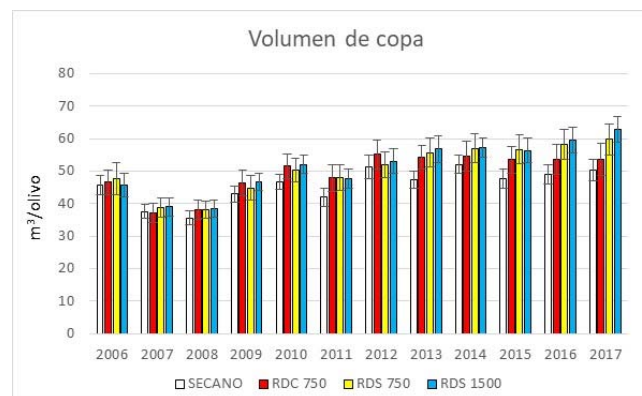


Figura 2. Volúmenes de copa (m^3/ha) para los distintos tratamientos de riego. Las barras verticales superiores indican el error estándar de la media para cada tratamiento y fecha.

La producción de aceituna se muestra en la **Figura 3**. Los tratamientos de riego obtuvieron mayores producciones, para la mayoría de los años, que el Secano. Estas diferencias fueron significativas tanto para la producción media como para la acumulada en el periodo de estudiado (**Tabla 4**).

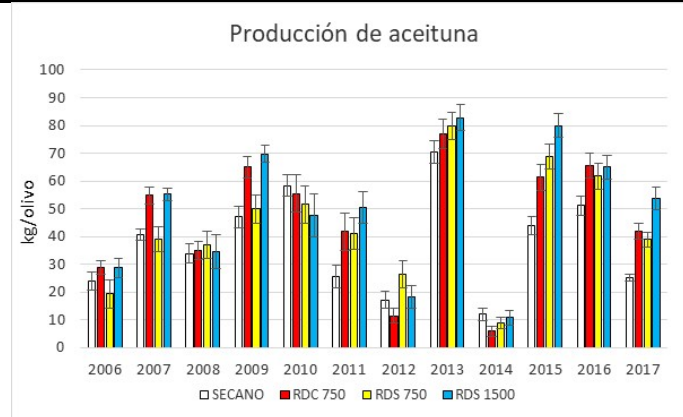


Figura 3. Producción de aceituna (kg/olivo). Las barras verticales superiores indican el error estándar de la media para cada tratamiento y fecha.

Tabla 4: Valores medios 2006-2017. Para cada columna, valores con diferentes letras (a,b y c) indican diferencias significativas ($p < 0.05$) según Test LSD.

Trat.	Prod. aceituna kg/ol	Prod. aceite kg/ol	Humedad %	Rto grasa s/sh %	Rto grasa s/ss %	Peso fresco 1 fruto g	Número frutos olivo uds
Secano	37,4 c	7,61 c	50,35 c	20,62 b	41,81 b	2,20 c	22.006
RDC750	45,3 ab	9,96 ab	51,00 b	22,26 a	45,71 a	2,64 b	23.138
RDS750	43,5 b	9,20 b	51,05 b	21,88 a	45,02 a	2,64 b	22.642
RDS1500	49,7 a	10,74 a	51,98 a	21,81 a	45,81 a	2,86 a	24.082

Las **Figuras 4 y 5** presentan los valores de rendimientos grasos del fruto, expresados sobre materia fresca y seca, respectivamente, en la fecha de recolección. Para la mayoría de años, los tratamientos de riego presentaron mayores valores de rendimiento graso que el Secano.

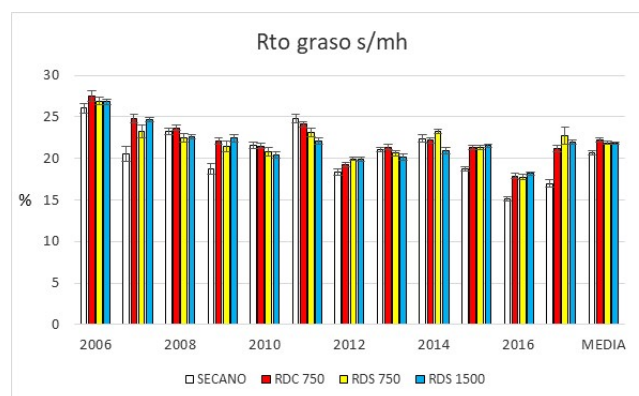


Figura 4. Rendimiento graso sobre materia húmeda (%). Las barras verticales superiores indican el error estándar de la media para cada tratamiento y fecha.

Si se consideran los valores medios para el tiempo de duración del ensayo, todos los tratamientos de riego presentaron significativamente mayores valores de rendimiento graso que

el Secano (Tabla 4). Estos resultados coinciden con los observados por otros autores (Pastor y col., 1999; Girona y col., 2005).

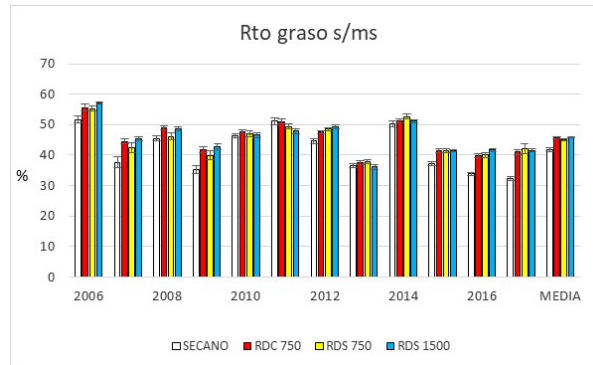


Figura 5. Rendimiento grasa sobre materia seca (%). Las barras verticales superiores indican el error estándar de la media para cada tratamiento y fecha.

En la **Figura 6** se representa la evolución anual del rendimiento grasa expresado sobre materia seca así como el potencial hídrico (Ψ_h) medido al mediodía, a modo de ejemplo, para dos de los doce años estudiados. Puede observarse el diferente grado de estrés que presentan los árboles de los distintos tratamientos de riego en la fase de inicio de maduración del fruto y la recuperación que se produce en determinados momentos con el aporte de agua de riego o de lluvia. RDC750, tras el inicio de aporte de agua a mediados de septiembre, mejora su estado hídrico, incluso supera el que presenta RDS1500, intensificando su ritmo de formación de aceite, pudiéndose constatar que un estrés hídrico severo prolongado en la época de maduración del fruto afecta muy negativamente a la formación de aceite.

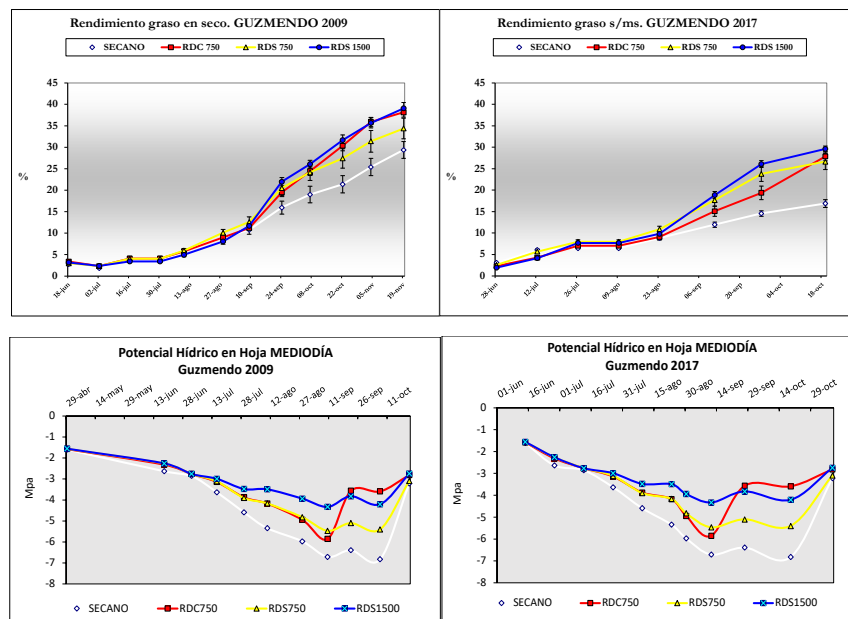


Figura 6. Evolución del rendimiento grasa sobre materia seca y potencial hídrico (Ψ_h) medido en hoja a mediodía durante los años 2009 y 2017.

Tras la aparición de las lluvias otoñales todos los tratamientos se recuperan hídricamente igualando sus potenciales. Esta pauta ya fue observada por otros autores anteriormente (Moriana et al, 2003).

Las producciones anuales y las acumuladas de aceite han seguido el mismo patrón que las de aceituna, mostrando los tratamientos de riego mayores valores que el Secano (**Figura 7**). La producción media de aceite ha sido significativamente mayor en los tratamientos de riego que en Secano (**Tabla 4**). RDC750 mostró valores intermedios entre RDS750 y RDS1500 no presentando diferencias significativas con ellos. RDS1500 presentó una producción significativamente mayor que RDS750 (**Tabla 4**).

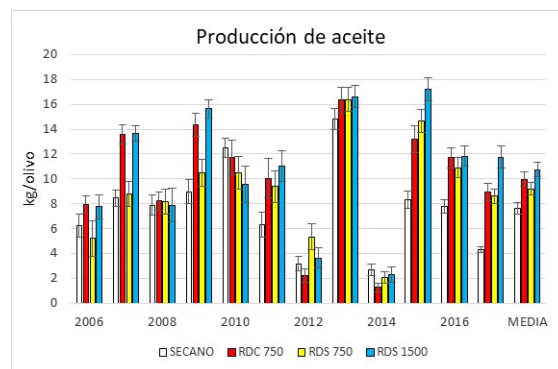


Figura 7. Producción de aceite (kg/olivo). Las barras verticales superiores indican el error estándar de la media para cada tratamiento y fecha.

En la **Figura 8** se representa para cada uno de los tratamientos y árboles durante los años de ensayo, la relación existente entre el número y el peso fresco de los frutos en recolección. Los tratamientos de riego presentan un mayor peso fresco que los del Secano, lo que está en consonancia con lo expresado en el párrafo anterior.

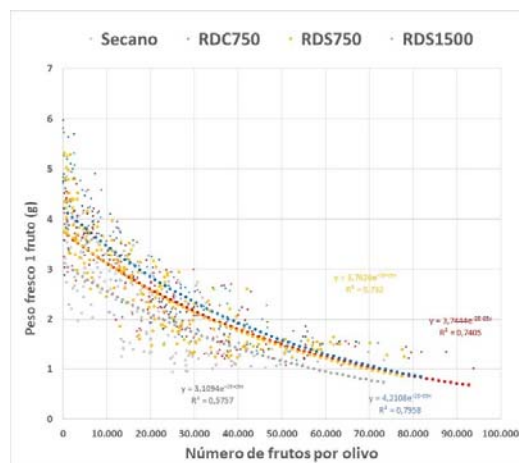


Figura 8. Relación entre el número de frutos por olivo y el peso fresco de un fruto para los distintos tratamientos.

La **Tabla 5** muestra los valores de productividad del agua de riego. RDC750 presenta los mejores resultados con 475 g/m³ de agua aplicado con relación a RDS750 con 322 g/m³ y RDS1500 con 316 g/m³ lo que supone un aumento del 50% sobre RDS1500.

Tabla 5. Productividad del agua de riego en los tratamientos estudiados.

Trat.	g aceite / m ³ agua aplicada	Índice %
RDC750	475	150
RDS750	322	102
RDS1500	316	100

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que la aplicación de riegos deficitarios en olivar con dotaciones muy pequeñas de agua aportadas en los momentos de mayor sensibilidad al estrés hídrico para el cultivo es una práctica de gran valor para maximizar la rentabilidad del agua por parte del olivarero. El aumento de producción conseguido con relación al olivar de secano y el aumento de productividad del agua con relación a los tratamientos en los que se aplica de forma continua durante todo el periodo de riego, hace que la eficiencia económica del agua con este tipo de estrategia sea muy elevada.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación a través de los Proyectos: “Experimentación, Cooperación y Transferencia de Tecnología en Olivar” (PR.TRA.TRA2019.10), cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020 y “Experimentación y Transferencia en el Olivar @IfapaOlivar” (PR.TRA.TRA2023.03) cofinanciado al 85% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER, dentro del Programa Operativo de Andalucía 2021-2027. Asimismo, agradecemos a los Hnos. Ortega Ruiz su colaboración durante tantos años cediendo la parcela de ensayo.



XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



Referencias

1. Beltrán, G.; Uceda, M.; Hermoso, M.; Frías, L, 2017. Capítulo 6, Maduración. Pg: 187-210. En D.Barranco, R. Fernández Escobar y L.Rallo (eds). El Cultivo del olivo. 7ª Edición. Mundiprensa, Madrid.
2. ESYRCE. Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos. Análisis de los Regadíos en España, 2022. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España.
3. García Martos, J.M.; Mancha, M., 1992. Evolución de la biosíntesis de lípidos durante la maduración de las variedades de aceituna "Picual" y "Gordal". Grasas y aceites, 43 (5): 277-280.
4. Hidalgo, J.; Hidalgo, J.C.; Pastor, M. 2011. Capítulo 5. Riego de olivar: Capítulo 5. Riego de olivar. Cálculo de necesidades, riego deficitario e influencia del riego en la calidad del aceite, pg:101-124. En: AD OLEUM HABENDUM. 2011. I.S.B.N.: 978-84-6150549-4,
5. Pastor M.; Castro J.; Mariscal M.J.; Vega V.; Orgaz F.; Fereres E.; Hidalgo J. 1999. Respuesta del olivar tradicional a diferentes estrategias y dosis de agua de riego. Investigación Agraria, nº 3, Vol 14, 1999, pp 393-404. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria.