

B-13-2023

Comunicación científico-técnica

Efecto de distintos grados de estrés hídrico en el tamaño de la aceituna y en la formación de aceite.

Effect of different degrees of water stress on the olive's size and on the formation of oil.

Hidalgo, J.¹, Leyva, A.¹, Hidalgo, J.C.¹, Pérez, D.¹, Vega, V.¹

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

Resumen:

En el olivar de secano la climatología está íntimamente relacionada con el crecimiento de las aceitunas y de forma muy especial la pluviometría. Es sabido que cuando se retrasan las primeras lluvias otoñales, los rendimientos grasos de la campaña se ven afectados negativamente. El presente trabajo ha pretendido evaluar el efecto de distintos grados de estrés hídrico sobre la calidad y tamaño del fruto, así como sobre el rendimiento graso.

Se ha estudiado la influencia del estrés hídrico prolongado durante el año 2016, donde las lluvias de otoño se produjeron de forma tardía en un olivar comercial adulto, homogéneo, cv 'Manzanilla de Sevilla', con una densidad de plantación de 408 árboles/ha y un volumen de copa de 11.000 m³/ha, ubicado en la provincia de Córdoba. Los olivos se han sometido a tres estrategias de riego en función del potencial hídrico en hoja destapada, a mediodía, medido con cámara de presión, y considerando un tratamiento en condiciones de secano.

Los cuatro tratamientos han sido los siguientes:

- ET_{cmax}: Riego con aporte variable según el balance de agua (ET_c -Precipitación efectiva).
- RDC1 (riego deficitario controlado 1), manteniendo unos valores de potencial hídrico a mediodía entre -4 y -5 MPa.
- RDC2: (riego deficitario controlado 2), manteniendo unos valores de potencial hídrico a mediodía superior a -6 MPa.
- Secano.



XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



El diseño experimental ha sido en bloque al azar, con 4 repeticiones por tratamiento y parcelas elementales de 16 olivos, con control en los 4 centrales y doble línea guarda. No existieron diferencias en los volúmenes de copa de partida entre tratamientos.

El crecimiento del fruto se ha visto afectado claramente por el estrés hídrico (potencial hídrico inferior a -4 MPa aprox.), de manera que cuando éste es severo y se mantiene en el tiempo, el crecimiento del fruto llega incluso a detenerse, primero en seco y posteriormente en los tratamientos con riego deficitario RDC1 y RDC2, lo que puede afectar negativamente al tamaño y la calidad final de la aceituna cuando se destina a aderezo. Igualmente, la lipogénesis se ve notablemente afectada, provocando importantes descensos en el rendimiento graso obtenido en recolección.

Palabras clave: Riego deficitario, aceituna, estrés hídrico, lipogénesis.

Abstract:

Rainfall is closely related to the growth of olives fruits, mainly in rainfed conditions. It is known that when the first autumn rains are delayed, the fat yields of olive fruits are negatively affected. The present work sought to evaluate the effect of different degrees of water stress on the quality and size of the fruit, as well as on the fat yield.

The influence of prolonged water stress has been studied during the year 2016, where the autumn rains took place in October, later than a normal year. The trial was carried in a homogeneous commercial olive grove, cv 'Manzanilla de Sevilla', with a density of plantation of 408 trees/ha and a canopy volume of 11,000 m³/ha, located in the province of Córdoba. Three irrigation strategies based on the water potential in uncovered leaves, at midday, measured with a pressure chamber, have been studied, considering an additional treatment in rainfed conditions.

The four treatments are:

- ET_cmax: Irrigation with a dosis according to the water balance (ET_c -Effective Precipitation).
- CDI1 (controlled deficit irrigation 1), maintaining water potential values at midday between -4 and -5 MPa.
- RDC2: (controlled deficit irrigation 2), maintaining water potential values at midday greater than -6 MPa.
- Rainfed.

The experimental design was a randomized block, with 4 repetitions per treatment and elementary plots of 16 olive trees, with control in the 4 central plots and a double guard line. There were no differences in the starting cup volumes between treatments.

Fruit growth has been clearly affected by water stress (water potential less than -4 MPa approx.), When water stress is severe and persists over time, fruit growth even stops, first in rainfed and subsequently in treatments with deficit irrigation CDI1 and CDI2, which can negatively affect the size and final quality of the olive fruit when it is used for table olive. Likewise, lipogenesis is notably affected, causing significant decreases in the fat yield obtained during harvest.

Keywords: Deficient irrigation, table olives, water stress, lipogenesis.

1. Introducción

Andalucía es una región que posee más de 1,68 millones de hectáreas, de las cuales el 38% se encuentran en riego (ESYRCE, 2022). La pluviometría media oscila entre 350 y 550 mm, y aunque los suelos en general son profundos y con alta capacidad de almacenamiento de agua de lluvia, los olivares de secano suelen padecer estrés hídrico en momentos de su ciclo, principalmente en verano y comienzos del otoño. No obstante, es un árbol muy bien adaptado al clima mediterráneo, cuyas características son veranos largos, calurosos y con ausencia de lluvia.

En ensayos previos (Pastor et al, 1999; Hidalgo et al, 2011) se observa que el rendimiento graso se reduce notablemente cuando los olivos están sometidos a un estrés hídrico severo y prolongado en el tiempo. La cuantía de las lluvias y su reparto a lo largo del año tienen una gran repercusión sobre los procesos que ocurren a lo largo del ciclo del olivo, tales como la lipogénesis.

La acumulación de aceite comienza inmediatamente después del endurecimiento del hueso (Beltrán et al, 2017), produciéndose en tres fases diferenciadas. Una vez los frutos están recién formados hasta el endurecimiento del hueso, los lípidos de tipo estructural se forman lentamente (fase de biosíntesis lenta). Tras el endurecimiento del hueso, se inicia una síntesis activa de diglicéridos y triglicéridos que sufre una notable aceleración durante los meses de agosto y septiembre, para alcanzar su máximo a final de septiembre o inicio de octubre (García Martos y Mancha, 1992), coincidiendo con el cambio de pigmentación del fruto (fase de biosíntesis acelerada). Por último, la velocidad de formación de aceite desciende de manera progresiva hasta la semana 28-30 después de plena floración (de primeros a mediados de diciembre). A partir de ahí, la formación de aceite es muy lenta, siendo la pendiente de la curva casi nula (fase estacionaria o de ralentización). El riego es una práctica de cultivo que permite evitar el estrés hídrico y favorece que esos procesos se puedan realizar con éxito.

El estrés hídrico también afecta al crecimiento del fruto, llegando incluso a deshidratarse (arrugado) cuando éste es severo. Esto afecta negativamente a la calidad del fruto cuando se destina a la elaboración para aceituna de mesa.

El objetivo de este trabajo es ver la influencia de diferentes estrategias de riego frente a un secano en el primer año de un ensayo de riego de larga duración, donde el punto de partida corresponde con una situación de tamaño de los olivos y nivel de carga de frutos similar en todos los tratamientos diferenciales. Para ello se estudia la influencia de diferentes grados de estrés hídrico controlado en el tamaño de los frutos y en la formación de aceite.

2. Materiales y métodos (Trabajo de innovación: descripción de la innovación)

El experimento se desarrolló en un olivar adulto de la variedad cv 'Manzanilla de Sevilla', con un marco de plantación de 7 x 3,5 m (408 árboles/ha), ubicado en la finca La Reina de Santa Cruz, perteneciente al término municipal de Córdoba (España). Se trata de un olivar adulto de más de 20 años altamente productivo, de riego desde su plantación. El ensayo se inició en 2016, con un volumen de copa elevado, 11.000 m³/ha, sin diferencias entre tratamientos, que son los siguientes: - ET_{cmax}: Riego con aporte variable según el balance de agua (ET_c - P_{ef}, Precipitación efectiva) sin considerar el agua almacenada en el suelo, con el objetivo de asegurar que no existe estrés hídrico en posibles situaciones puntuales de falta de agua de riego (averías, fallos en la programación, etc).

- RDC1 (riego deficitario controlado 1), manteniendo un potencial hídrico a mediodía entre -4 y -5 MPa.

- RDC2: (riego deficitario controlado 2), manteniendo un potencial hídrico a mediodía superior a -6 MPa.

- Secano.

El dispositivo experimental diseñado fue en bloque al azar, con 4 repeticiones por tratamiento y parcelas elementales de 4 olivos con doble línea guarda (16 olivos por parcela elemental).

El control de potencial hídrico se realizó cada dos semanas desde el inicio del riego. Los resultados obtenidos en cada medida, junto con los cálculos de balance de agua, fueron utilizados para programar el riego de cada tratamiento, acción comandada en campo con un programador Agronic 2000. Cada tratamiento dispone una instalación de riego independiente, incluyendo un contador volumétrico para contrastar el cumplimiento de la programación quincenal del riego. La instalación dispuso de 4 goteros autocompensantes por árbol, con un caudal unitario de 2,3 l/h.

Coincidiendo con las medidas de potencial hídrico y la programación del riego, se tomaron muestras de fruto para estudiar la evolución del peso, así como el rendimiento graso y la humedad, medidos mediante RMN. Cada muestra corresponde a 20 frutos de cada árbol controlado, tomadas de las 4 orientaciones y siempre por los mismos operarios.

En el momento de la recolección, cada olivo fue cosechado de forma independiente, controlando el peso total de la aceituna, derribada sobre mantos con un vibrador de tronco. Se tomó una muestra de unos 2 kg por cada árbol para el posterior análisis de rendimiento graso y humedad individualizado mediante técnica NIR (OliveScan, Foss). Así mismo se controló el tamaño medio de fruto de cada muestra (peso de 100 frutos por árbol).

3. Resultados y discusión

El riego se inició en el mes de junio, dado que las precipitaciones de abril y mayo (Tabla 1) fueron superiores a la evapotranspiración del cultivo (ETc). Las primeras lluvias otoñales fueron tardías (12 de octubre), lo que supone un periodo de 5 meses sin lluvias (13 de mayo a 12 de octubre). La evapotranspiración del cultivo (ETc) en ese intervalo de tiempo fue de 517 mm.

Tabla 1. Balance Hídrico mensual expresado (mm).

Meses	ETc	Pe	(ETc-Pe)
Octubre-15	66	75	-9
Noviembre-15	43	56	-13
Diciembre-15	36	14	22
Enero-16	34	54	-20
Febrero-16	41	40	1
Marzo-16	55	29	24
Abril-16	62	94	-32
Mayo-16	81	82	-1
Junio-16	118	9	109
Julio-16	133	0	133
Agosto-16	121	0	121
Septiembre-16	95	0	95
Octubre-16	71	82	-9
Oct15-Sept16	885	453	432
Jun-Sept16	467	9	458

En el tratamiento ETcmax se aplicaron 514 mm (Tabla 2), cubriendo las necesidades hídricas del cultivo. En todo momento el potencial hídrico a mediodía se mantiene en torno a los -3MPa (Figura 1), lo que confirma que los olivos no sufrieron estrés hídrico en todo el ciclo.

Tabla 2. Cantidades de riego aportadas por tratamiento. Año 2016.

Tratamiento	Riego (mm)
ETcmax	514
RDC1	166
RDC2	108
Secano	0

El aporte de agua de riego en el tratamiento Riego Deficitario 1 (RDC1) fue de 166 mm, el 32% del agua aplicada en el tratamiento control (ET_{cmax}). Con esa dosis de riego se ha cumplido el objetivo de mantener el potencial hídrico a mediodía no superior a los -5MPa (Figura 1), según el protocolo con el que se diseñó el ensayo.

Para mantener el tratamiento deficitario 2 (RDC2) con potencial hídrico a mediodía superior a los -6MPa, se han aplicado 108 mm, el 21% de la aplicada en el control. Por último, el secano ha permanecido durante la mayoría de la campaña en situación de estrés hídrico severo, llegando a superar los -8 MPa.

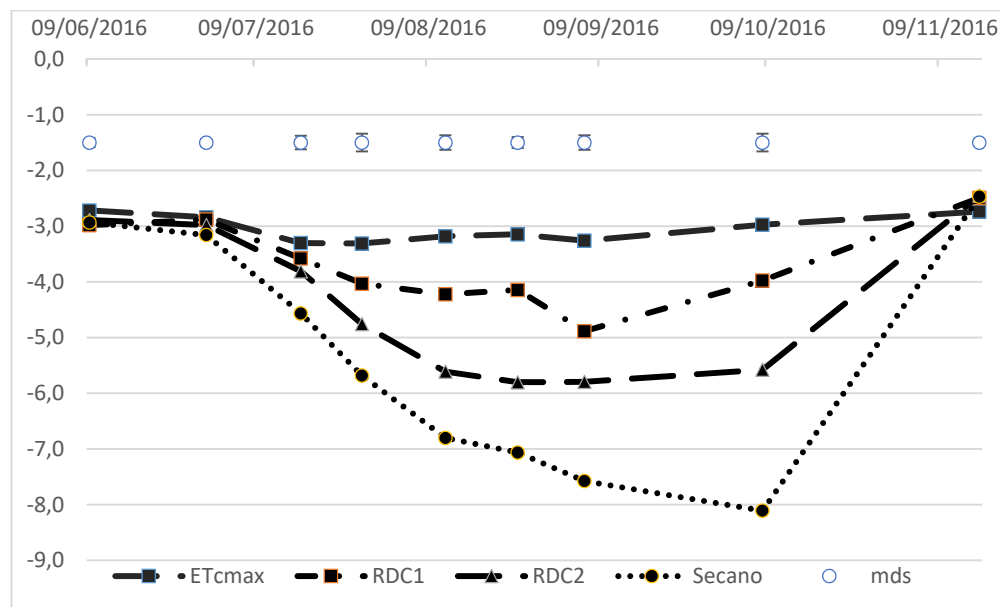


Figura 1. Evolución del potencial hídrico tomado a medio día solar de los diferentes tratamientos.

El número de frutos por árbol en la recolección del año en estudio es similar para todos tratamientos (Tabla 3), favorecido por la homogeneidad existente en la parcela donde se ubicó el ensayo (mismo volumen de copa de partida) y una floración y cuajado de frutos ocurrida con en un estado hídrico óptimo (Figura 1), favorecido por las condiciones climáticas con lluvias importantes en primavera que han servido para mantener la disponibilidad de agua en el suelo.

Tabla 3. Peso medio del fruto, número de frutos por árbol, producción de aceituna y aceite y rendimientos grasos expresados sobre fruto (RGH) y sobre materia seca (RGS) de los diferentes tratamientos. Año 2016.

Tratamiento	Riego (mm)	Peso Fruto (g)	Nº frutos árbol	Prod (kg/ol)	Prod Aceite (kg/ol)	RGH	RGS (%)
ETcmax	514	4,22 a	16105	65,4 a	9,13 a	14,0 a	40,2 a
RDC1	166	3,59 b	15938	54,2 b	7,14 b	13,2 b	38,0 b
RDC2	108	3,06 c	15656	46,5 bc	5,79 c	12,5 c	36,4 c
Secano	0	2,59 d	17010	42,5 c	4,30 d	10,0 d	29,5 d

Las letras corresponden a diferencias significativas en el test mínima diferencia significativa con alfa igual a 0,05.

Los tres tratamientos regados presentan similar peso en la medida de 15 de julio (Figura 2), mientras que el secano, ya en situación de estrés hídrico con un potencial inferior a $-4,5\text{MPa}$, presenta un menor peso. A partir de final de julio, el crecimiento de fruto también se reduce el tratamiento RDC2, con un potencial de $-4,8\text{MPa}$. A mitad de agosto el crecimiento del tratamiento RDC1 sigue los pasos de los anteriores, reduciéndose el peso de sus frutos en relación a los del control bien regado (ETcmax). El crecimiento del fruto llega a ser nulo cuando el déficit hídrico es severo y así se mantiene durante el mes de septiembre para los tratamientos de secano y los de riego deficitario. Con las lluvias de otoño, los frutos estresados incrementan el peso. La pendiente de la curva de crecimiento del fruto tras la recuperación es similar en todos los tratamientos, incluido el control (ETcmax) que no ha estado en situación de estrés hídrico, por lo que el peso final de los frutos de secano, RDC1 y RDC2 es diferente.

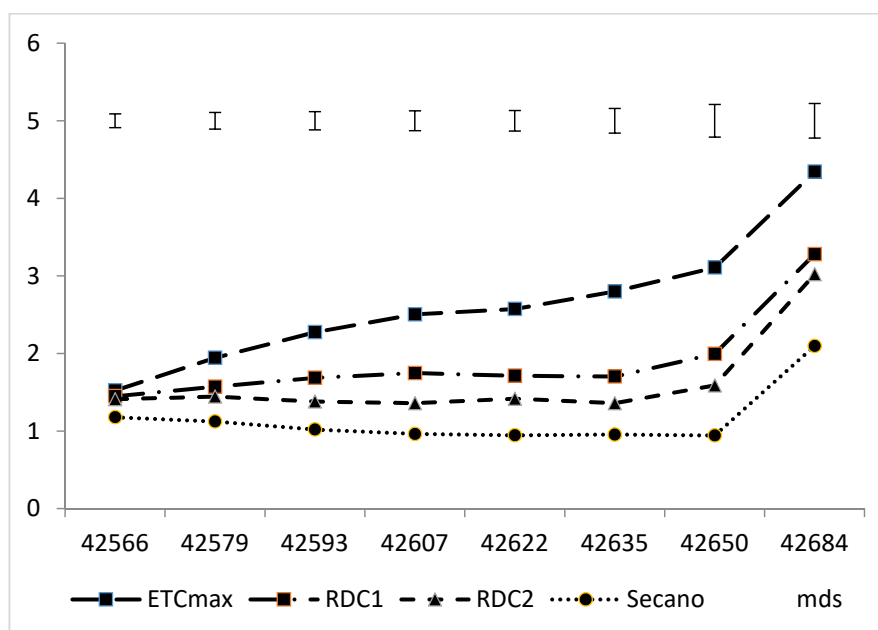


Figura 2. Evolución del peso fresco del fruto de los diferentes tratamientos. Las barras corresponden con la desviación típica.

En el momento de la recolección (21 de noviembre) el tratamiento control tiene un peso medio de fruto de 4,22g frente a 2,59g en el secano. El RDC1 presenta un valor de 3,59g, mientras que en el RDC2 es de 3,06g, existiendo diferencias significativas entre ellos. Teniendo en cuenta, que el número de frutos por árbol es similar, esta diferencia en el peso del fruto explica claramente las diferencias en la producción final de aceituna y de aceite de los tratamientos (Tabla 3).

El retraso en las lluvias junto con un aporte insuficiente de agua de riego son los responsables de un menor tamaño final de los frutos. Además, la lipogénesis también se ha visto afectada, ya que el rendimiento graso, tanto expresado en húmedo (RGH) como sobre materia seca (RGS) de los tratamientos deficitarios y, en mayor medida el secano, es más bajo. Si se considera el rendimiento sobre materia seca (Tabla 3) hay 11 puntos de diferencia entre el secano y control (ETcmax), existiendo diferencias significativas entre todos los tratamientos. Estas se mantienen cuando el rendimiento graso se expresa como porcentaje de aceite sobre el peso fresco del fruto (cuatro puntos de diferencia entre riego máximo y secano).

4. Conclusiones

Tras este primer año de estudio, con unas condiciones de partida muy parecidas para todos los tratamientos, se puede ver que el estrés hídrico influye negativamente sobre los procesos de formación de aceite. Así mismo el crecimiento del fruto se ve afectado claramente por el estrés hídrico, de manera que cuando éste es severo y se mantiene en el tiempo, el crecimiento del fruto llega incluso a detenerse. En líneas generales, un aumento de la dosis de riego se traduce en un incremento de la producción, ya que con el riego se evitan situaciones de estrés hídrico prolongadas. Es muy importante aportar agua de riego suficiente para garantizar la formación de aceite en el otoño. Las lluvias de otoño son imprescindibles para una buena formación de aceite cuando los olivos se encuentran en secano. Pero también son muy importantes para el regadío de olivar, puesto que en la mayoría de los casos el riego no es suficiente para cubrir las necesidades del cultivo. Si estas lluvias de otoño se retrasan demasiado, la formación de aceite y el contenido final del mismo pueden verse afectados negativamente.

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.



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.