

RESPUESTAS FISIOLÓGICAS Y REPRODUCTIVAS AL RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO DE POST-COSECHA EN OLIVO EN UNA ZONA ÁRIDA DE ARGENTINA

Agüero Alcaras M., M. Rousseaux, P.S. Searles

CRILAR-CONICET. Entre Ríos y Mendoza S/N. Anillaco (5301). La Rioja, Argentina. Correo electrónico: psearles@crilar-conicet.com.ar

RESUMEN

La producción de olivo en Cuyo y en el noroeste Argentino se ha expandido marcadamente en los últimos veinte años. Muchas de las zonas nuevas de producción reciben entre 100 y 400 mm de precipitación por año y dependen del riego subterráneo para satisfacer los requerimientos de evapotranspiración del cultivo (ETc). Debido a esto, un uso eficiente del riego es importante para mantener una producción sustentable a largo plazo. Evaluamos algunas respuestas fisiológicas de árboles de olivo (*Olea europaea* L.) cv “Manzanilla fina” de 10 años de edad con riego deficitario controlado en post-cosecha entre mediados del verano y mediados del otoño de 2009 (aprox. 75 días) usando los siguientes niveles de riego: 100% ETc (control), 66% ETc, 33% ETc y sin riego. Además, fueron evaluados la floración y el rendimiento en la siguiente temporada. No hubo diferencias significativas entre el control y 66% ETc en el potencial de agua xilemático (ψ_x), la conductancia foliar (g_l) y los parámetros asociados con variaciones en el diámetro del tronco, incluyendo contracción diaria del tronco (CDT) y la tasa del crecimiento del tronco (TCT). Los valores de ψ_x , g_l y TCT resultaron menores en el tratamiento ‘sin riego’ que en el control, 2-3 semanas después de la suspensión del riego, mientras que el 33% ETc solo mostró diferencias con el control en algunas fechas cercanas al final del experimento. La CDT fue la única variable que no respondió al riego deficitario. Los valores de ψ_x , g_l y TCT de los tratamientos ‘sin riego’ y 33% ETc se recuperaron rápidamente, presentando valores similares al control, después del reinicio del riego al final del ensayo. En la siguiente primavera se observó que los árboles ‘sin riego’ mostraron mayor floración que los otros tratamientos, incluyendo el control de 100% ETc. El rendimiento para aceituna de mesa verde fue de 43 kg/árbol en ‘sin riego’ y aproximadamente de 30 kg/árbol en los otros tratamientos. Los resultados indicarían que un estrés hídrico moderado o severo en post-cosecha podría aumentar la floración aunque se desconoce si éste podría inducir una mayor formación de yemas florales o si existiría otro mecanismo involucrado. Los tratamientos de riego deficitario controlado de post-cosecha continuarán por 1-2 años adicionales lo que mejoraría la evaluación de los efectos sobre el rendimiento.

INTRODUCCIÓN

En las provincias argentinas de Catamarca, La Rioja, San Juan y Mendoza, se produjo un aumento de la superficie plantada con olivos de 30 mil a más de 100 mil ha en los últimos 20 años (<http://www.alimentosargentinos.gov.ar>) debido principalmente a la formulación de leyes de promoción agrícola. Las nuevas plantaciones incluyeron variedades aceiteras, de doble propósito y para conserva, siendo la variedad “Manzanilla fina” una de las más frecuentes.

En varias zonas de esta región, las precipitaciones son escasas (100 a 400 mm anuales) y ocurren principalmente en el verano. Por lo tanto, las demandas de evapotranspiración del cultivo (1000 a 1200 mm anuales en fincas maduras) generalmente son cubiertas con agua extraída de acuíferos subterráneos. Indicios preliminares mostraron que el nivel de las napas freáticas estarían descendiendo en algunos lugares debido a que las extracciones son mayores que las recargas (Dr. Claudio Carignano, comunicación personal). En este sentido, las estrategias de riego que reduzcan el agua aplicada podrían eficientizar su uso y mantener la sustentabilidad del sistema en las próximas décadas.

El riego deficitario controlado es una estrategia basada en aplicar volúmenes de agua inferiores al 100% de la evapotranspiración del cultivo en momentos de menor sensibilidad al déficit hídrico (Costa et al. 2007). El riego deficitario aplicado en post-cosecha podría ser una alternativa para disminuir el riego en algunas variedades de aceituna de mesa en el noroeste de Argentina debido a que la demanda evapotranspirativa de la atmósfera en post-cosecha todavía es alta. Naor et al. (2005) sugirieron que con riego deficitario controlado en post-cosecha se pueden ahorrar importantes cantidades de agua en duraznos de cosecha temprana. En otros estudios, los resultados indican que las especies frutales de carozo responden de diferentes maneras al estrés hídrico en este periodo aunque posiblemente la duración e intensidad del estrés deberían estar mejor consideradas en estas interpretaciones. El objetivo de este estudio fue evaluar las respuestas fisiológicas al riego deficitario controlado en post-cosecha (i.e., verano y otoño) y los componentes del rendimiento en la siguiente temporada en olivo (*Olea europaea*) var. “Manzanilla fina”

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio del experimento: En una finca comercial ubicada a 10 km al este de la localidad de Aimogasta, La Rioja, se seleccionaron 20 parcelas en el interior de un lote con árboles de olivo (*Olea europaea* L. cv. “Manzanilla fina”) de 10 años de edad. El suelo era de textura arenoso franco con presencia de grava desde la superficie hasta 1 m de profundidad. Los árboles tenían un marco de plantación de 8 m entre hileras y 4 m entre plantas en la misma hilera.

Tratamientos: Los niveles de riego utilizados fueron un control de 100% (T100) de la evapotranspiración del cultivo (ETc), 66% de ETc (T66), 33% de ETc (T33) y sin riego (T0). Estos fueron aplicados después de la cosecha por un período de 74 días (del 22 de Febrero hasta el 6 de Mayo de 2009), y se regaron con el 100% de la ETc durante el resto del año. Para poder aplicar los tratamientos, se instalaron una manguera a cada lado de la fila con 8 goteros por árbol de 6, 4 y 2 l/h para T100, T66 y T33 respectivamente. Se usaron datos de una estación meteorológica ubicada en la finca en combinación con la

fórmula estándar de FAO56 para determinar la evapotranspiración del cultivo ($ET_c = ETo \times K_c \times K_r$) y programar el riego (Allen et al. 1998). Se utilizó un valor de coeficiente del cultivo (K_c) de 0.7 para el T100 basado en Rousseaux et al. (2009), y un coeficiente de cobertura (K_r) de 0.76.

Durante el período de aplicación de los tratamientos (22 de Febrero 22 al 6 de Mayo), se aplicaron 181 mm para el T100; y 121, 60 y 0 mm para el T66, T33 y T0, respectivamente (Tabla 1). Anualmente, el riego fue 901 mm/año en T100, y 840, 783 y 724 mm/año para T66, T33 y T0.

Tabla 1 – Evapotranspiración potencial y riego de cada tratamiento durante el periodo de riego deficitario controlado en post-cosecha en 2009. T100 = riego con 100% de ET_c ; T66 = 66% ET_c ; T33 = 33% ET_c ; T0 = sin regar

	ETo	T100	T66	T33	T0
Fechas	mm/día	mm	mm	mm	mm
Febrero 22-28	6.6	24.6	16.2	8.1	0.0
Marzo 1-31	5.6	92.4	61.6	30.8	0.0
Abril 1 - 30	3.8	60.1	40.1	20.0	0.0
Mayo 01-06	2.4	4.3	2.8	1.4	0.0

Medidas de humedad gravimétrica del suelo: Se tomaron muestras con barreno en cada una de las parcelas a cinco profundidades: 0-25, 25-50, 50-75, 75-100 y 100-125 cm. Los muestreos se realizaron con una frecuencia de dos semanas, uno antes del inicio de los tratamientos, cuatro muestreos durante el experimento y el último un mes después de retirar los tratamientos. Las muestras fueron pesadas con una balanza analítica en el laboratorio, secadas a 105 °C por 48 horas y pesadas nuevamente.

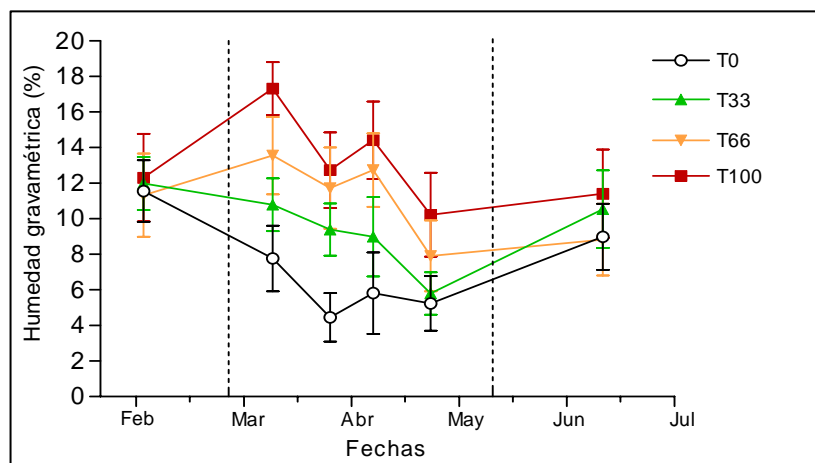
Medidas fisiológicas: se midió la conductancia foliar con un porómetro AP4 (Delta-T Devices Ltd, Cambridge, UK) y el potencial hídrico xilemático con una cámara de presión (Biocontrol, Buenos Aires). Ambas variables se midieron al mediodía cada dos semanas similarmente a la humedad de suelo. Las variaciones en el diámetro del tronco fueron registradas con dendrómetros (Phytech, Israel) una vez por hora a lo largo del ensayo.

Componentes del rendimiento: Se contó el número de inflorescencias y frutos por nudo a fines de Septiembre de 2009 sobre 16 ramas por parcela, las cuales se marcaron la temporada anterior. Adicionalmente, se contó el número de inflorescencias adentro de un cubo con un marco metálico de 20 x 20 x 20 cm en 5 árboles por parcela en todas las parcelas del ensayo. Este cubo se ubicó en cuatro posiciones, dos al este y dos al oeste a 1.5-2 m de altura sobre la superficie del canopeo. La cosecha se realizó el 16 de febrero de 2010 antes del inicio de los tratamientos del segundo año de ensayo.

Diseño experimental y análisis estadístico: Veinte parcelas fueron agrupadas en 5 bloques (i.e., 4 tratamientos x 5 bloques = 20 parcelas). Cada una de las parcelas estaba constituida por 7 árboles consecutivos en una hilera, dos de los cuales fueron tomados como bordura. Los datos fueron analizados a través de análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias entre tratamientos.

RESULTADOS

El tratamiento sin regar (T0) tuvo una marcada disminución en el porcentaje de humedad gravimétrica del suelo durante el primer mes del experimento y luego se mantuvo constante las últimas seis semanas hasta el fin de los tratamientos (Figura 1). En contraste, el tratamiento de 33% de ETc (T33) tuvo una reducción leve a lo largo del experimento. El T66 fue levemente menor que el control (T100). Un mes después de retirar los tratamientos y regarlos al 100% de ETc, no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$).

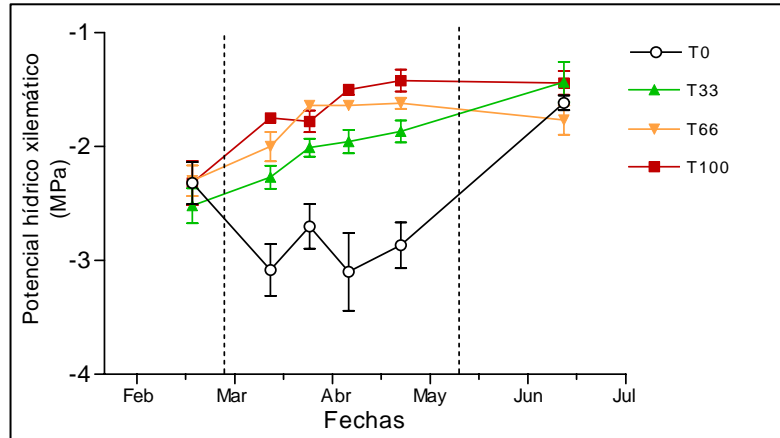


Las líneas verticales indican el inicio y fin de los tratamientos

Figura 1: Humedad gravimétrica (%) del suelo del control (T100) y los tratamientos de RDC (66% ETc, 33% ETc y sin regar). Los datos mostrados representan promedios \pm error estándar por cada tratamiento.

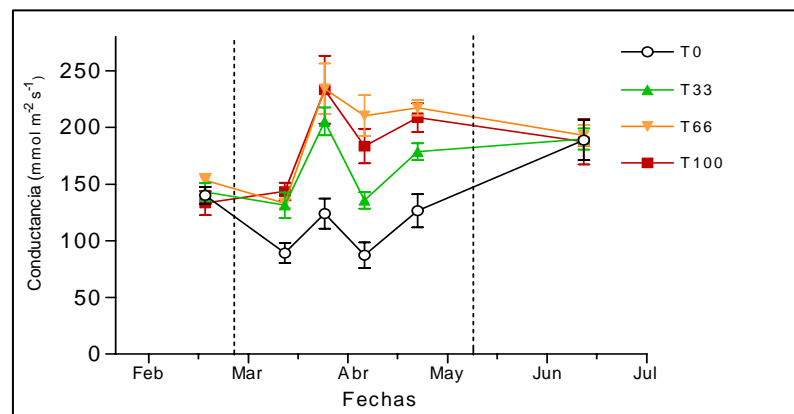
El potencial hídrico xilemático (Figura 2) al mediodía mostró un descenso abrupto en T0 en comparación a los otros tratamientos, y luego se mantuvo relativamente constante a -3 MPa en las fechas siguientes. Cuando se reestableció el riego normal (100% ETc), se observó una notable recuperación del tratamiento con potenciales similares a los otros tratamientos. Los valores de T33 fueron levemente menor que T66 y 100 en algunas fechas.

La conductancia foliar disminuyó en las primeras 2-3 semanas después del inicio de los tratamientos en T0 relativamente a los otros tratamientos (Figura 3). El T33 se separó de T66 y 100 después de 6 semanas, pero no hubo diferencias entre T66 y 100. Los valores de conductancia fueron parecidos después de que el riego fue reestablecido a 100% de ETc en todos los tratamientos.



Las líneas verticales indican el inicio y fin de los tratamientos

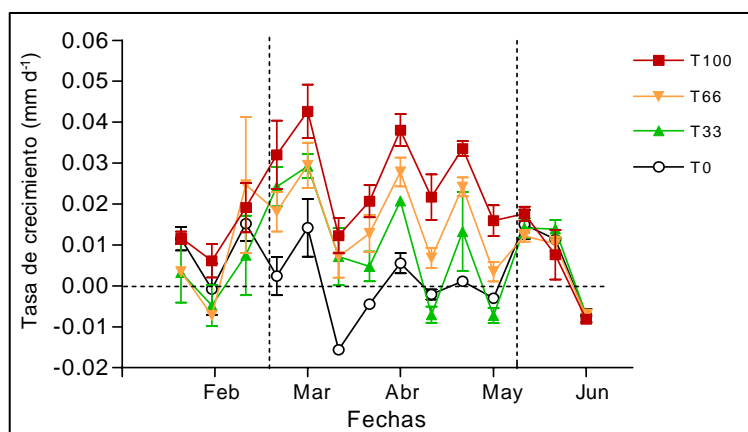
Figura 2: Potencial hídrico xilemático del control (T100) y los tratamientos de RDC (66% ETC, 33% ETC y sin regar). Los datos mostrados representan promedios \pm error estándar por cada tratamiento.



Las líneas verticales indican el inicio y fin de los tratamientos

Figura 3: Conductancia foliar del control (T100) y los tratamientos de RDC (66% ETC, 33% ETC y sin regar). Los datos mostrados representan promedios \pm error estándar por cada tratamiento.

La contracción diaria del tronco no mostró diferencias entre tratamientos con los dendrómetros (datos no mostrados), aunque la tasa de crecimiento calculada como la diferencia entre los valores máximos en el diámetro del tronco de cada día, mostró claras diferencias (Figura 4). Los valores de T0 fueron iguales a los otros tratamientos antes del ensayo, pero fueron menores que los otros tratamientos en el curso del experimento, incluyendo tasas de crecimiento negativas en muchos momentos. El T33 y T66 tuvieron tasas menores que T100 en las últimas semanas de aplicación de los tratamientos.



Las líneas verticales indican el inicio y fin de los tratamientos

Figura 4: La tasa de crecimiento del tronco con los dendrómetros durante 2008-09 del control (T100) y los tratamientos de RDC (66% ETC, 33% ETC y sin regar) Los datos mostrados representan promedios \pm error estándar por cada tratamiento.

En la primavera después de la aplicación de los tratamientos, el número de inflorescencias fue casi el doble en el T0 que los otros tratamientos con un promedio de 6.3 inflorescencias por rama (Figura 5), aunque los errores estándares fueron altos. Los promedios de T33, T66 y T100 fueron parecidos con valores entre 3.3 y 3.8. El largo de las ramas no mostró diferencias entre tratamientos (datos no mostrados).

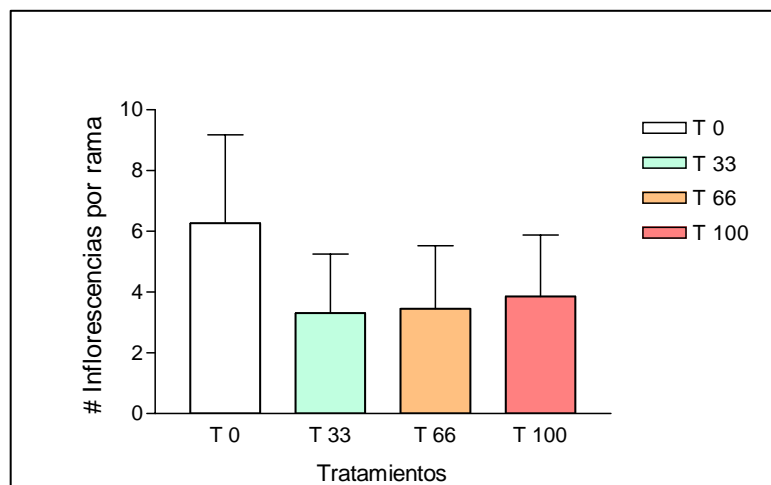


Figura 5: Número de inflorescencias por rama del control (T100) y los tratamientos de RDC (66% ETC, 33% ETC y sin regar). Los datos mostrados representan promedios \pm error estándar por cada tratamiento.

El rendimiento en kg de fruta por árbol la temporada después de la aplicación de los tratamientos fue mayor en el T0, con 43 kg/árbol, mientras que para los demás tratamientos el rendimiento fue menor; con valores de 28, 31 y 32 kg/árbol para los tratamientos T33, T66 y T100, respectivamente. (Figura 6)

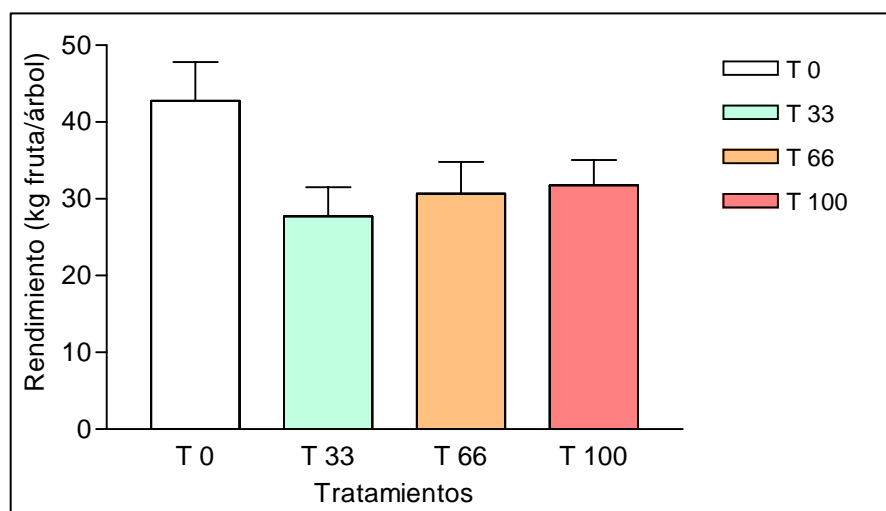


Figura 6: Rendimiento en kg de fruta por árbol del control (T100) y los tratamientos de RDC (66% ETc, 33% ETc y sin regar). Los datos mostrados representan promedios \pm error estándar por cada tratamiento.

DISCUSIÓN

El descenso abrupto de la humedad gravimétrica del suelo observado en el T0 hasta fines de marzo está explicado mayormente por la progresiva disminución de agua en los primeros 75 cm de profundidad. En esta zona se concentran la mayor cantidad de raíces (Searles et al. 2009), que absorbieron el agua luego de 4 semanas de la aplicación de tratamientos sin riego. En los meses de abril y mayo, el % de humedad gravimétrica se mantuvo estable entre 0-75 cm. Sin embargo; entre 75 y 125 cm de profundidad, el suelo se mantuvo húmedo debido a que la absorción de las raíces era menor en esa zona. Una disminución similar se encontró en un trabajo de Johnson et al. (1992) en durazno, aunque en este caso la humedad se conservó a mayor profundidad. El T33 mostró un patrón similar al T0 en la utilización de agua en el perfil, pero la disminución del % de humedad fue más leve debido a que en la zona superior del suelo (0-75 cm) no llegó a secarse, hasta el fin del ensayo.

El potencial hídrico xilemático en el T0 fue claramente menor que para el resto de los tratamientos, esto puede ser atribuido al bajo porcentaje de humedad gravimétrica del suelo alcanzado. El potencial llegó a un valor mínimo, provocando un estrés moderado, aproximadamente cuando no hubo más agua disponible en las capas superiores del suelo. Luego, es probable que la planta pudiera mantener su potencial hídrico por la absorción de algunas raíces presentes en las capas inferiores con contenidos medios de humedad. El potencial hídrico en el T33 originó un estrés leve y en los T66 y 100 no manifestaron estrés. Los valores de potencial hídrico en los T33, 66 y 100 aumentaron levemente durante la aplicación de los tratamientos posiblemente como respuesta a la disminución gradual de la ETo (Tabla 1) y de la déficit de presión de vapor en la atmósfera. Grattan et al. (2006) obtuvieron valores similares de potencial hídrico xilemático en el cv. "Arbequina" luego de 4 meses de riego deficitario controlado (RDC) con valores entre -4.1 y -2 MPa en 7 diferentes tratamientos. En un ensayo de RDC en post-cosecha en durazno, Dichio et al. (2007) encontraron que el potencial hídrico xilemático estuvo entre -

1.5 para un tratamiento de estrés moderado y -1.8 MPa para un estrés severo, aunque este cultivo es más sensible al déficit hídrico que el olivo.

La conductancia foliar mostró un comportamiento altamente relacionado a los valores de humedad gravimétrica del suelo y concuerdan con el potencial hídrico xilemático encontrado, para todos los tratamientos. En la primera medida de marzo, la conductancia en el T0 obtuvo una disminución importante, momento en que el contenido de agua estuvo bajando en los primeros 75 cm del suelo. Luego, podría haberse estabilizado por la permanencia de humedad en el suelo a mayor profundidad. Asimismo las menores conductancias en el T0 se registraron en la primera medición de marzo y abril similarmente con los menores valores de potencial hídrico xilemático. El T0 mostró una disminución de 35% respecto al control en abril, diferente a lo reportado por Moriana et al. (2003) en olivo (cv "Picual") en el tratamiento "seco" (440 mm/año) en el que la conductancia bajó 85% respecto al control, pero para medidas del verano con mayor demanda evapotranspirativas. El T33 se separa del T66 y 100 a partir de la sexta semana de aplicados los tratamientos debido al retraso en la disminución del contenido hídrico del suelo. Sin embargo, los valores de conductancia registrados, mostraron que la planta podría haber presentado estrés leve, solo en algunos momentos del ensayo. Entre los T66 y 100, no existen claras diferencias debido a que la humedad del suelo entre ellos fue similar, sin manifestar estrés en esta variable. Alegre et al. (1999) en un ensayo de RDC en olivo cv. "Arbequina" desde inicios de endurecimiento del carozo, para el control y un tratamiento de 75 % del control, encontró que la conductancia estomática también aumentó (similarmente a nuestros T100 y 66) al disminuir la Eto entrando en el otoño.

El estado hídrico del cultivo se puede determinar con el potencial hídrico o con la conductancia foliar, pero en la actualidad hay interés por determinar el estado hídrico y programar el riego utilizando variables obtenidas a partir de dendrómetros, lo que permitiría un ahorro importante de mano de obra en el registro de los datos (Ortuño et al 2004). Algunas de las variables que se pueden obtener a partir del uso de dendrómetros son la máxima contracción diaria y la tasa de crecimiento del tronco (TCT) (Ortuño et al. 2010). En nuestro ensayo, no obtuvimos diferencias entre tratamientos con la contracción diaria del tronco. Michelakis (1997) consideró que la máxima contracción diaria no sería una variable confiable para programar el riego en olivos cv "Kalamon". Sin embargo, la TCT mostró diferencias entre tratamientos. El T0 tuvo disminuciones en la TGR a partir de mediados de marzo. Luego, se mantuvo negativo o próximo a cero posiblemente a causa de deshidratación de células vivas o contracciones debido a fuertes tensiones internas (Ortuño et al. 2010). Intrigliolo y Castel (2007) en un ensayo de riego en vid registraron valores de TCT negativos o próximos a cero para el tratamiento no regado, próximo a envero. El T33 se separó del T100 con el mismo retraso observado para las otras variables.

En RDC de post-cosecha en frutales de carozo, se observaron retrasos en el retorno de floración en la siguiente primavera para los tratamientos de mayor estrés (Naor et al. 2005). Sin embargo; en el presente ensayo, el momento de floración fue el mismo para todos los tratamientos al final de Septiembre del 2009. El número de inflorescencias por rama casi duplicó en el T0 en comparación a los otros tratamientos y el rendimiento aumentó 34%. Posiblemente, eso ocurrió debido a que el estrés hídrico moderado y su duración (52 días aprox.) tuvieron un efecto inductivo en las yemas de las ramas. Aumentos parecidos en floración y rendimiento la siguiente temporada fueron encontrados en durazno sometidos a RDC en post-cosecha con un estrés hídrico leve (Johnson et al.

1992). En peral, Naor et al. (2006) utilizando RDC en post-cosecha reportó un mayor producción en dos tratamientos mantenidos a -2.5 y -2.8 MPa. Adicionalmente, la floración fue inducida prematuramente en estacas inmaduras de lima “Tahiti” como respuesta a determinadas duraciones de estrés hídrico (Southwick y Davenport 1986). Contrariamente, Naor et al. (2005) en durazno no observó mayor floración, pero sí aumento la cantidad de frutos defectuosos aunque el estrés alcanzado fue mayor en este caso.

CONCLUSIÓN

Los resultados sugieren que el estrés fue moderado en el T0 y leve en el T33 al final del experimento, y que luego de un mes de reiniciar el riego normal las variables medidas (ψ_x , g_l y TCT) se recuperaron. La notable capacidad del olivo de recuperarse rápidamente del estrés hídrico es conocida. Moriana et al. (2003) observaron recuperaciones desde potenciales de -8 MPa en cortos períodos de tiempo. La habilidad de este cultivo a sobrevivir en áreas marginales se basa en su resistencia a salinidad, temperaturas extremas y sequías (Connor, 2005).

El rendimiento en la próxima temporada en los tratamientos de 33% y 66% de ETC fue similar al control regado con 100% de ETC. En contraste, el rendimiento en el tratamiento sin regar (T0) aumentó. Debido a que el crecimiento de ramas y la formación de yemas con potencial reproductivo ocurrieron principalmente en la primavera antes de aplicar los tratamientos de estrés hídrico, la cantidad potencial de puntos reproductivos fue la misma en todos los tratamientos. Sin embargo, es probable que el estrés hídrico moderado de post-cosecha en T0 haya aumentado la cantidad de yemas inducidas, lo que resultó en una mayor floración y un mayor rendimiento la próxima temporada. En olivo, Gómez del Campo y Rapoport (2008) y otros autores han indicado que aunque la inducción de yemas es un proceso que inicia después el endurecimiento del carozo, la inducción puede seguir por varios meses.

Los resultados de un año indican que es posible reducir el riego considerablemente después la cosecha de aceitunas de mesa sin pérdidas en rendimiento la siguiente temporada y con importantes ahorros de agua. Sin embargo, el estudio continuará por uno o dos años evaluando los componentes del rendimiento y variables fisiológicas con el fin de analizar posibles variaciones debidas a la vejería de la especie entre los años. Además, se evaluará la posible salinización del bulbo principalmente en los tratamientos de RDC como un factor que podría afectar el rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Alegre, S., Girona, J., Marsal, J., Arbones, A., Mata, M., Montagut, D., Teixido, F., (1999) Regulated deficit irrigation in olive trees. *Acta Hort.*, 373-376.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., (1998) Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome.
- Connor, D. J., (2005) Adaptation of olive (*Olea europaea* L.) to water-limited environments. *Australian Journal of Agricultural Research* 56, 1181-1189.

- Costa, M.J., Ortuño, M.F., Chaves, M.M. (2007) Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. *Journal of Integrative Plant Biology* 49, 1421-1434.
- Dichio, B., Xiloyannis, C., Sofo, A., Montanaro, G. (2007) Effects of post-harvest regulated deficit irrigation on carbohydrate and nitrogen partitioning, yield quality and vegetative growth of peach trees. *Plant and Soil* 290, 127-137.
- Gómez del Campo, M., Rapoport, H. (2008) Descripción de la iniciación floral, floración, cuajado, caída de frutos y endurecimiento del hueso. *Agricultura (Mayo)*, 400-406.
- Grattan, S.R., Berenguer, M.J., Connell, J.H., Polito, V.S., Vossen, P.M. (2006) Olive oil production as influenced by different quantities of applied water. *Agricultural Water Management* 85, 133-140.
- Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. (2007) Evaluation of grapevine water status from trunk diameter variations. *Irrigation Science* 26, 49-59.
- Johnson, R.S., Handley, D., DeJong, T.M. (1992) Long-term response of early maturing peach trees to postharvest water deficits. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117, 881-886.
- Michelakis, N. (1997) Daily stem radius variations as indicators to optimise olive tree irrigation scheduling. *Acta Horticulturae* 449, 297-304.
- Moriana, A., Orgaz, F., Pastor, M., Fereres, E. (2003) Yield responses of a mature olive orchard to water deficits. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 128, 425-431.
- Naor, A., Stern, R., Peres, M., Greenblat, Y., Gal, Y., Flaishman, M. (2005) Timing and severity of postharvest water stress affect following-year productivity and fruit quality of field-grown 'Snow Queen' nectarine. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 130, 806-812.
- Naor, A., Stern, R., Flaishman, M., Gal, Y., Peres, M. (2006) Effects of post-harvest water stress on autumnal bloom and subsequent-season productivity in mid-season 'Spadona' pear. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 81, 365-370.
- Ortuño, M.F., Alarcón, J.J., Nicolas, E., Torrecillas, A. (2004) Interpreting trunk diameter changes in young lemon tree under deficit irrigation. *Plant Science* 167, 275-280.
- Ortuño, M.F., Conejero, W., Moreno, F., Moriana, A., Intrigliolo, D.S., Biel, C., Mellisho, C.D., Pérez-Pastor, A., Domingo, R., Ruiz-Sanchez, M.C., Casadesus, J., Bonany, J., Torrecillas, A. (2010) Could trunk diameters sensors be used in woody crops for irrigation scheduling? A review of current knowledge and future perspectives. *Agricultural Water Management* 97, 1-11.
- Rousseaux, M.C., Figuerola, P.I., Correa-Tedesco, G., Searles, P.S. (2009) Seasonal variations in sap flow and soil evaporation in an olive (*Olea europaea* L.) grove under two irrigation regimes in an arid region of Argentina. *Agricultural Water Management* 96, 1037-1044.
- Searles, P.S., Saravia, D., Rousseaux, M.C. (2009) Root length density and soil water distribution in drip-irrigated olive orchards in Argentina under arid conditions. *Crop & Pasture Science* 60, 280-288.
- Southwick, S.M., Davenport, T.L. (1986) Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in citrus. *Plant Physiology* 81, 26-29.