

PB-01-2023

Comunicación científico-técnica

Validación de un DSS basado en sensores de humedad del suelo para mejorar la eficiencia en el uso del agua en el cultivo de granado

Validation of a DSS based on soil moisture sensors to improve water use efficiency in pomegranate cultivation

Gómez-Bellot, María José¹; Parra, Andrés¹; Alarcón, Juan José¹; Ortuño, María Fernanda¹

¹ Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC), Apdo. 164, 30100 Murcia, España. migb@cebas.csic.es

Resumen: En los últimos años, el aumento de la población, la creciente competencia por los recursos hídricos y la contaminación ha acentuado el problema de la escasez de agua para la agricultura, problema que se agravará en el futuro por el cambio climático. Por ello, en los países mediterráneos, existe la necesidad de buscar tecnologías sostenibles que aumenten la eficiencia en el uso del agua y así reducir la presión sobre los recursos hídricos. Uno de los principales cultivos de la Región de Murcia es el granado, un cultivo que se ha considerado tolerante a la sequía pero que puede verse afectado por la escasez de agua si no se aplica una correcta estrategia de riego. En este trabajo, el objetivo principal fue validar un sistema de ayuda a la decisión (DSS) para gestionar el riego en el cultivo del granado, basado en la interpretación del contenido de agua del suelo a diferentes profundidades, proporcionada por sensores de suelo y compararlo con un riego tradicional basado en la ET_c del cultivo. También se compararon dos tipos de riego deficitario con ambos protocolos de riego con el fin de estudiar la respuesta fisiológica y agronómica del granado a los diferentes tratamientos de riego. El experimento se llevó a cabo en la finca experimental del CEBAS (Santomera, Murcia) en árboles de granado (*Punica granatum* L. cv Mollar de Elche) de 15 años de edad. Desde abril a octubre del 2022, los tratamientos fueron los siguientes: ET_c , en el cual se programó el riego para reponer el 100% de la ET_c ; ET_c -RD, en el que se aplicó un riego al 50% del tratamiento ET_c a partir del 1 de junio; DSS, en el cual las plantas se regaron según el protocolo integrado en la plataforma de decisión; DSS-RD, en el que se aplicó un riego al 50% del tratamiento DSS a partir del 1 de junio. La cantidad de agua aplicada en los tratamientos ET_c , ET_c -RD, DSS y DSS-RD fue de 4249 m³ ha⁻¹, 2365 m³ ha⁻¹, 4991 m³ ha⁻¹ y 3082 m³ ha⁻¹, respectivamente. Durante el experimento, el estado hídrico del cultivo respondió estrechamente a los cambios en el contenido volumétrico de agua en el suelo. Los valores más negativos de potencial hídrico de



XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



tallos se encontraron en las plantas del tratamiento ET_c-RD y DSS-RD, especialmente este último en la fase de maduración del fruto. Los mayores valores de intercambio gaseoso se encontraron en aquellos árboles regados con el tratamiento DSS. Este parámetro se vio disminuido por los tratamientos deficitarios, con un ligero aumento de la eficiencia intrínseca en el uso del agua. No hubo diferencias en producción, aunque los árboles del tratamiento DSS-RD tuvieron un mayor número de frutos por árbol de menor peso promedio y la calidad de fruto mejoró en cuanto a los resultados de sólidos solubles totales, azúcares y ácidos orgánicos, mientras que los frutos del tratamiento DSS mostraron el mayor contenido de compuestos fenólicos. Estos resultados ponen de manifiesto que el protocolo de riego propuesto podría ser de gran utilidad en combinación con un riego deficitario controlado en etapas no sensibles, para reducir el aporte de agua respecto al riego basado en la ET_c (hasta un 27%) y mejorar la calidad del fruto sin mermar la producción.

Palabras clave: *Punica granatum*; contenido de agua en suelo; relaciones hídricas; rendimiento, calidad del fruto.

Abstract: In recent years, population growth, growing competition for water resources and pollution have accentuated the problem of water scarcity for agriculture, a problem that will be aggravated in the future by climate change. Therefore, in Mediterranean countries, there is a need to look for sustainable technologies that increase efficiency in water use and thus reduce pressure on water resources. One of the main crops in the Region of Murcia is the pomegranate, a crop that has been considered drought tolerant but can be affected by water scarcity if a correct irrigation strategy is not applied. In this work, the main objective was to validate a decision support system (DSS) to manage irrigation in pomegranate cultivation, based on the interpretation of soil water content at different depths, provided by soil sensors, and compare it with traditional irrigation based on the ET_c of the crop. Two types of deficit irrigation were also compared with both irrigation protocols in order to study the physiological and agronomic response of the pomegranate tree to the different irrigation treatments. The experiment was carried out at the CEBAS experimental farm (Santomera, Murcia) on 15-year-old pomegranate trees (*Punica granatum* L. cv Mollar de Elche). From April to October 2022, the treatments were as follows: ET_c , in which irrigation was scheduled to replace 100% of the ET_c ; ET_c -RD, in which irrigation was applied to 50% of the ET_c treatment starting June 1; DSS, in which plants were watered according to the decision platform protocol; DSS-RD, in which irrigation was applied at 50% of the DSS treatment starting June 1. The amount of water applied in the ET_c , ET_c -RD, DSS and DSS-RD treatments was $4249 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $2365 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $4991 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ and $3082 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectively. During the experiment, crop water status responded closely to changes in soil volumetric water content. The most negative values of stem water potential were found in the plants of the ET_c -RD and DSS-RD treatment, especially the latter in the fruit ripening phase. The highest gas exchange values were found in those trees irrigated with the DSS treatment. This parameter was decreased by the deficit treatments, with a slight increase in intrinsic efficiency in water use. There were no differences in production, although the DSS-RD treatment trees had a greater number of fruits per tree, of lower average weight and the fruit quality improved in terms of the results of total soluble solids, sugars and organic acids, while the fruits of the DSS treatment showed the highest content of phenolic compounds. These results show that the proposed irrigation protocol could be very useful in combination with controlled deficit irrigation in non-sensitive stages, to reduce the water contribution compared to irrigation based on ET_c (up to 27%) and improve the quality of the fruit without reducing production.

Keywords: *Punica granatum*; soil water content; water relations; yield, fruit quality.

1. Introducción

En los últimos años, el aumento de la población, la creciente competencia por los recursos hídricos y la contaminación ha acentuado el problema de la escasez de agua para la agricultura. Por ello, los países mediterráneos buscan cada vez más enfoques de riego innovadores para hacer frente a la escasez de agua y satisfacer las necesidades de los agricultores y las demandas de los consumidores. Uno de los principales cultivos de la Región de Murcia es el granado, un cultivo que se ha considerado tolerante a la sequía pero que, cuando se produce con fines comerciales, puede verse afectado por la escasez de agua si no se aplica una correcta estrategia de riego. Las estrategias de riego deficitario podrían desempeñar un papel importante para la producción de granada, ya que aumentan la eficiencia del uso del agua a nivel de explotación y reduciendo de forma complementaria la pérdida de nutrientes de la zona radicular (Galindo et al., 2017). Sin embargo, algunas situaciones pueden dificultar la tarea de mantener el estado hídrico de la planta, lo que resulta en pérdidas de rendimiento o disminución de la calidad de la fruta. La programación de riego convencional basada en mediciones del agua del suelo tiene algunas debilidades. Requiere un buen conocimiento de la distribución de raíces y la densidad relativa; para los procedimientos de programación de riego que involucran sistemas de riego de alta frecuencia se requiere también información sobre la evapotranspiración del cultivo (ET_c). El uso de sensores que miden el estado hídrico del suelo es un complemento clave para modular los requerimientos hídricos de los cultivos (Cárdenas-Lailhacar y Dukes, 2010; Soulis et al., 2015), aunque para ello es necesario una gran cantidad de sensores y la información adquirida no ofrece una comprensión objetiva del equilibrio de agua y nutrientes dentro del sistema agua-suelo-planta. Por estas razones, en este trabajo se pretende validar un sistema de ayuda a la decisión (DSS) para gestionar el riego en el cultivo del granado, basado en la interpretación del contenido de agua del suelo a diferentes profundidades, proporcionada por sensores de suelo y compararlo con un riego basado en la ET_c del cultivo. También se realiza una comparación de dos tipos de riego deficitario con ambos protocolos de riego, con el fin de estudiar la respuesta fisiológica y agronómica del granado a los diferentes tratamientos de riego.

2. Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo durante la temporada de 2022 en la finca experimental del CEBAS-CSIC (Murcia, España) con árboles de granado (*Punica granatum* (L.) cv. Mollar de Elche) de 15 años y una densidad de 3m × 5m. El suelo franco arcillo arenoso del sitio experimental se caracterizó por un alto contenido de piedra (39% en peso) y una densidad aparente de 1,37 g/cc. El riego se realizó diariamente al amanecer y al atardecer, mediante un sistema de riego por goteo, con una línea de riego lateral por hilera de árboles y seis goteros por árbol espaciados 50 cm entre goteros, fijados a una tasa de 2,2 l h⁻¹.

A partir de junio, se aplicaron cuatro tratamientos de riego:

- ET_c , donde el riego estaba programado para reemplazar el 100% de la ET_c .
- ET_c -RD, donde el riego se aplicó al 50% del tratamiento ET_c .
- DSS, donde las plantas se regaron según el sistema de ayuda a la decisión.
- DSS-RD, donde se aplicó el riego al 50% del tratamiento DSS.

El protocolo DSS se basó en la información registrada de las sondas de suelo Drill and Drop que registraban el contenido volumétrico de agua del suelo (θ_v) a diferentes profundidades (10, 20, 30, 40, 50 y 60 cm). Para programar el riego, nos enfocamos en dos profundidades específicas (40 y 60 cm, nivel 4 y 6, respectivamente), basados en la evidencia de que, para cultivos leñosos regados por goteo, las raíces más activas se ubican en los primeros 50 cm de el perfil del suelo (Intrigliolo et al. 2013). La información obtenida de las sondas de suelo se utilizó para garantizar que el contenido de agua del suelo se mantuviera en un rango óptimo entre estos dos niveles, evitando el drenaje en el nivel 6 y asegurando una humedad adecuada y constante del suelo en el nivel 4 con cada riego diario. Para ello, se siguió la dinámica de la humedad del suelo en estos niveles después de cada evento de riego. En resumen, el DSS necesita verificar si la humedad del suelo una hora después de finalizar el riego (B) es mayor que antes de iniciar el riego (A) en el nivel 4 y nivel 6 y según los resultados, el sistema debe ejecutar los siguientes comandos:

En el nivel 4 (40 cm de profundidad):

- $B_{40} - A_{40} > 1 \rightarrow$ Se mantiene el riego.
- $B_{40} - A_{40} < 1 \rightarrow$ Se aumenta el tiempo de riego en un 15%* el día siguiente.

En el nivel 6 (60 cm de profundidad):

- $B_{60} - A_{60} > 0,3 \rightarrow$ Se reduce el riego el siguiente día en un 15%*.
- $B_{60} - A_{60} < 0 \rightarrow$ Se mantiene el riego.

*Los valores de las diferencias de riego y porcentajes de aumento y disminución del riego (15%) fueron establecidos según estudios previos.

El agua aplicada a lo largo del ensayo en los tratamientos ET_c, ET_c-RD, DSS y DSS-RD fue de 4249 m³ ha⁻¹, 2365 m³ ha⁻¹, 4991 m³ ha⁻¹ y 3082 m³ ha⁻¹, respectivamente.

Las medidas que se realizaron fueron las siguientes: periódicamente y al mediodía, el potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) se midió en ocho plantas por tratamiento, de acuerdo con Scholander et al. (1965), usando una cámara de presión (Modelo 3000; Soil Moisture Equipment Co., Santa Bárbara, CA, EE. UU.) en la que las hojas, previamente tapadas durante al menos una hora con papel de aluminio, se colocaron en la cámara dentro de los 20 s posteriores a la recolección y se presurizaron a una velocidad de 0.02 MPa s⁻¹ (Turner, 1988). La fotosíntesis neta (P_n) y la conductancia estomática (g_s) se midieron los mismos días y árboles que el Ψ_{tallo} , utilizando un LICOR LI-6400 (LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA). La producción (Kg árbol⁻¹), el número de frutos por árbol y el peso promedio del fruto fue obtenido al final del ensayo. El contenido en sólidos solubles (^oBrix) y la acidez del fruto se determinaron con el medidor ATAGO PAL-BX|ACID F5 Master Kit. El contenido de azúcares, ácidos grasos y aminoácidos del zumo se determinó en el servicio de metabolómica del CEBAS por Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear 1H (Choi et al., 2004, 2006).

El diseño de este experimento fue completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Se usaron tres filas de once árboles adyacentes por cada repetición. Los datos se analizaron mediante ANOVA unidireccional utilizando el programa IBM SPSS Statistics 26

para Windows. Las medias de los tratamientos se separaron con la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($P \leq 0.05$).

3. Resultados y discusión

A partir de junio, momento en que se impusieron los 4 tratamientos de riego, el tratamiento DSS mostró el mayor porcentaje de contenido volumétrico de agua en el suelo, seguido del tratamiento ET_c , con valores que oscilaron entre 28 y 35% de humedad. Los tratamientos deficitarios, mostraron una disminución paulatina de la humedad del suelo, oscilando estos valores entre 17 y 20% aproximadamente, y siendo este descenso más acusado en el tratamiento ET_c -RD a partir de agosto (Fig.1 A). Durante casi toda la temporada 2022 se observaron valores similares de potencial hídrico entre las plantas regadas con el tratamiento ET_c y DSS, así como entre las plantas ET_c -RD y DSS-RD durante las primeras semanas, lo que indica un protocolo de riego adecuado. Sin embargo, en las últimas semanas, las plantas del ET_c -RD mostraron los valores más bajos de potencial (Fig.1 B). Por otro lado, las diferencias entre los tratamientos bien regados y los deficitarios fueron más evidentes en los resultados de humedad del suelo que en los potenciales hídricos de tallo, lo que sugiere el amplio rango de respuesta del granado a la baja disponibilidad de agua.

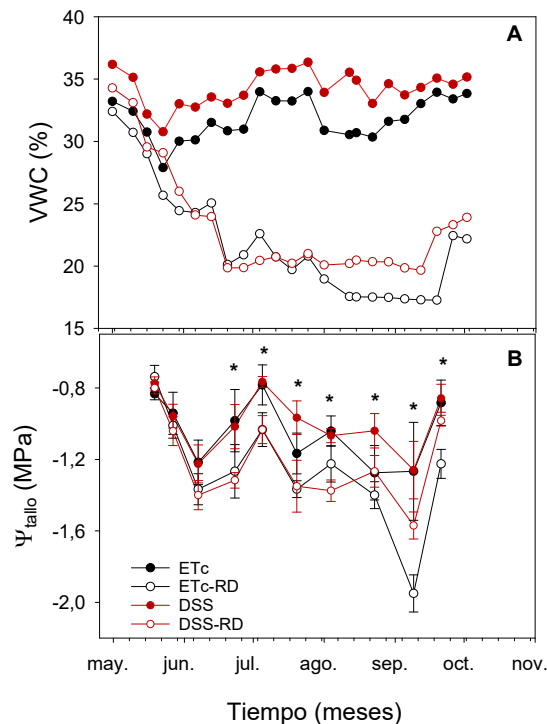


Figura 1. Contenido volumétrico del agua en el suelo (VWC) (A) y potencial hídrico del tallo (Ψ_{tallos}) (media \pm SE) (B) en árboles de granado regados bajo distintos protocolos de riego durante el periodo experimental 2022. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con el test de Duncan 0.05.

Los valores más altos de conductancia estomática y fotosíntesis correspondieron a los árboles regados con el tratamiento DSS, mientras que los más bajos correspondieron con los regados con los tratamientos deficitarios (DSS-RD y ET_c -RD) (Fig.2 A,B). Los tratamientos deficitarios mostraron una tendencia a aumentar la eficiencia intrínseca en el uso del agua,

aunque este aumento no fue significativo (Fig.2 C). En general, el intercambio gaseoso fue un indicador más sensible a la cantidad de agua disponible que el potencial de tallo, puesto que una mayor cantidad de agua aplicada en el tratamiento DSS respecto del ET_c no mostró diferencias en el potencial de tallo de estos árboles, pero sí en el intercambio gaseoso, especialmente en la fotosíntesis. Así mismo, se observaron mayores diferencias en el intercambio gaseoso que en el potencial de tallo entre los árboles de los tratamientos deficitarios. Estos resultados están en concordancia con otros autores, que observaron que el intercambio gaseoso es el mejor indicador del estado hídrico del granado, puesto que la regulación estomática para evitar pérdidas de agua estaba controlada directamente por un mecanismo hidroactivo (Galindo et al., 2014; Martínez-Nicolás et al., 2019).

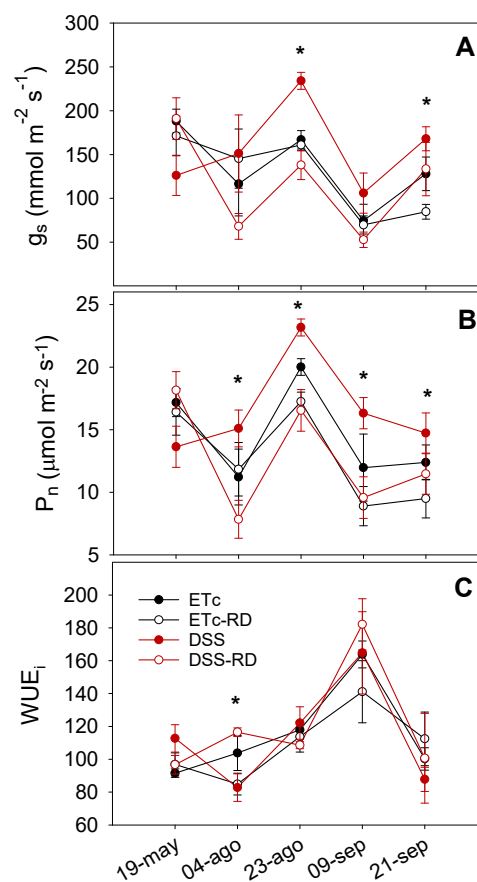


Figura 2. Conductancia estomática foliar (g_s) (A), tasa fotosintética, (P_n) (B) y eficiencia intrínseca en el uso del agua, WUE_i (C) (media \pm SE) en árboles de granado regados bajo distintos protocolos de riego durante el periodo experimental 2022. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con el test de Duncan0.05.

La producción (expresada en kg árbol⁻¹) no mostró diferencias significativas entre los tratamientos, aunque numéricamente, la mayor producción fue observada en los árboles regados con los tratamientos DSS y DSS-RD (Tabla 1). El tratamiento ET_c-RD, que fue el tratamiento con menos cantidad de agua aplicada, mostró los valores más bajos de producción y el número más bajo

de frutos por árbol, siendo estos frutos los que alcanzaron un mayor peso promedio (Tabla 1). Algunos estudios han mostrado que aplicar un riego deficitario sostenido al 50% de la ET_c en granado no reduce la producción, aunque otros aspectos como el tamaño o el peso del fruto pueden verse afectados (Laribi et al., 2013; Intringliolo et al 2013). En cambio, otros autores sí han observado reducciones de la producción cuando los árboles son regados al 50% de la ET_c (Fialho et al 2021; Tarantino et al., 2021). En nuestro caso, el riego deficitario fue impuesto a partir de la primera fase de crecimiento del fruto, lo que pudo inducir un descenso de la producción sin ser significativo. Sin embargo, el tratamiento DSS, que fue el tratamiento que más cantidad de agua recibió, y el tratamiento DSS-RD, que recibió aproximadamente un 70% de la ET_c del cultivo, obtuvieron la mayor producción.

Tabla 1. Peso comercial y no comercial de los frutos, número comercial y no comercial de frutos y peso promedio del fruto en árboles de granado regados bajo distintos protocolos de riego durante el periodo experimental 2022. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con el test de Duncan0.05.

Producción	Tratamientos				P
	ET_c	ET_c -RD	DSS	DSS-RD	
P. fruto c (Kg árbol⁻¹)	17,4 ± 3,9	11,3 ± 0,92	20,0 ± 2,6	19,5 ± 1,9	ns
P. fruto nc (Kg árbol⁻¹)	6,00 ± 0,81	5,10 ± 0,95	6,46 ± 0,84	6,78 ± 0,80	ns
Nº frutos c árbol⁻¹	38,0 ± 7,7 ab	26,2 ± 2,93 b	44,0 ± 5,9 ab	49,2 ± 5,6 a *	*
Nº frutos nc árbol⁻¹	27,5 ± 5,6	20,5 ± 3,9	23,4 ± 2,8	24,3 ± 3,8	ns
PM fruto (g fruto⁻¹)	346,1 ± 29,7 bc	445,7 ± 30,9 a	393,1 ± 16,5 ab	310,3 ± 23,7 c **	**

*, ** y ns indican el nivel de significancia a $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y la ausencia de significancia, respectivamente.

Diversos estudios han encontrado que la aplicación de un riego deficitario sostenido, cuando es moderado, puede mejorar la calidad del fruto del granado, aumentando los niveles de sólidos solubles totales y el contenido de compuestos bioactivos. Sin embargo, si el riego deficitario es severo, puede tener el efecto contrario (Mena et al., 2013; Peña-Estévez et al., 2015; Cano-Lamadrid et al., 2018). En nuestro caso, los sólidos solubles totales del fruto aumentaron en los árboles regados con los tratamientos ET_c -RD, DSS y especialmente con el tratamiento DSS-RD, respecto a aquellos regados según la ET_c (Tabla 2). La acidez, el contenido en aminoácidos, ácidos orgánicos y azúcares en el fruto también aumentó en los tratamientos deficitarios, especialmente en aquellos árboles del tratamiento DSS-RD. Por tanto, en nuestro ensayo, ningún tratamiento deficitario fue lo suficientemente severo como para afectar negativamente a la calidad del fruto. La aplicación del tratamiento DSS-RD fue el que mejor resultados obtuvo en cuanto a calidad del fruto.

Tabla 2. Diámetro y altura del fruto, sólidos solubles totales y firmeza del fruto, metabolitos primarios y secundarios del zumo en árboles de granado regados bajo distintos protocolos de riego durante el periodo experimental 2022. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con el test de Duncan0.05.

Calidad del fruto	Tratamientos	P
-------------------	--------------	---

	ET _c		ET _c -RD		DSS		DSS-RD						
Diámetro fruto (mm)	89,5	± 3,5	94,9	± 1,3	94,02	± 0,84	93,01	± 1,29	ns				
Altura fruto (mm)	83,6	± 1,0	82,9	± 2,9	85,23	± 1,35	80,77	± 1,04	ns				
SST (° Brix)	15,7	± 0,1	c	17,2	± 0,2	b	16,81	± 0,32	b	18,06	± 0,21	a	***
Acidez	0,43	± 0,01	b	0,46	± 0,01	ab	0,43	± 0,01	b	0,50	± 0,02	a	***
Firmeza	97,3	± 0,4		96,8	± 0,5		97,60	± 0,45		97,57	± 0,47		ns
Aminoácidos	3,05	± 0,31	b	5,44	± 0,25	a	4,20	± 0,26	ab	4,89	± 1,04	a	*
Á. orgánicos	5,19	± 0,44	b	6,17	± 0,22	ab	4,07	± 0,24	b	11,38	± 3,98	a	*
Azucares	637,9	± 68,2	b	733,4	± 12,5	ab	735,6	± 27,1	ab	800,1	± 19,9	a	*

*, *** y ns indican el nivel de significancia a $P \leq 0,05$, $0,001$ y la ausencia de significancia, respectivamente

4. Conclusiones

Estos resultados ponen de manifiesto que el protocolo de riego propuesto basado en la humedad del suelo podría ser de gran utilidad en combinación con un riego deficitario en etapas no sensibles para reducir el aporte de agua respecto al riego basado en la ET_c (hasta un 27%) y mejorar la calidad del fruto sin mermar la producción.

5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la AEI (PCI 2019-103608), en el marco del proyecto PRECIMED del programa PRIMA y AGROALNEXT, programa financiado MCI-NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y Fundación Séneca-Región Murcia.

Referencias

- Galindo, A., Calín-Sánchez, Á., Griñán, I., Rodríguez, P., Cruz, Z. N., Girón, I. F., ... & Hernández, F. (2017). Water stress at the end of the pomegranate fruit ripening stage produces earlier harvest and improves fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 226, 68-74.
- Cárdenas-Lailhacar, B., & Dukes, M. D. (2010). Precision of soil moisture sensor irrigation controllers under field conditions. *Agricultural Water Management*, 97(5), 666-672.
- Soulis, K. X., Elmaloglou, S., & Dercas, N. (2015). Investigating the effects of soil moisture sensors positioning and accuracy on soil moisture based drip irrigation scheduling systems. *Agricultural Water Management*, 148, 258-268.
- Intrigliolo, D.S., Bonet, L., Nortes, P.A., Puerto, H., Nicolás, E., & Bartual, J. 2013. Pomegranate trees performance under sustained and regulated deficit irrigation. *Irrigation Science*, 31, 959-970.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D., & Hemmingsen, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148, 339-346.
- Turner, N.C. 1988. Measurement of plant water status by the pressure chamber technique. *Irrigation Science*, 9, 289-301.
- Choi, H.K., Choi, Y. H., Verberne, M., Lefeber, A. W., Erkelens, C., and Verpoorte, R. 2004. Metabolic fingerprinting of wild type and transgenic tobacco plants by 1H NMR and multivariate analysis technique. *Phytochemistry* 65, 857-864. Choi, Y.H., Kim, H.K., Linthorst, H.J.M., Hollander, J.G., Lefeber, A. W.M., Erkelens, C. 2006. NMR metabolomics to revisit the tobacco mosaic virus infection in *Nicotiana tabacum* leaves. *Journal of Natural Production*, 69, 742-748.
- Galindo, A., Rodríguez, P., Collado-González, J., Cruz, Z. N., Torrecillas, E., Ondoño, S., ... & Torrecillas, A. (2014). Rainfall intensifies fruit peel cracking in water stressed pomegranate trees. *Agricultural and Forest Meteorology*, 194, 29-35.
- Martínez-Nicolás, J.I., Galindo, A., Griñán, I., Rodríguez, P., Cruz, Z.N., Martínez-Font, R., ... & Melgarejo, P. 2019. Irrigation water saving during pomegranate flowering and fruit set period do not affect Wonderful and Mollar de Elche cultivars yield and fruit composition. *Agricultural water management*, 226, 105781.



XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



10. [Laribi, A.I., Palou, L., Intrigliolo, D.S., Nortes, P.A., Rojas-Argudo, C., Taberner, V., ... & Pérez-Gago, M.B. 2013. Effect of sustained and regulated deficit irrigation on fruit quality of pomegranate cv. 'Mollar de Elche' at harvest and during cold storage. *Agricultural Water Management*, 125, 61-70.](#)
11. [Fialho, L., Ramôa, S., Parenzan, S., Guerreiro, I., Catronga, H., Soldado, D., ... & Jerónimo, E. \(2021\). Effect of regulated deficit irrigation on pomegranate fruit quality at harvest and during cold storage. *Agricultural Water Management*, 251, 106869.](#)
12. [Tarantino, A., Frabboni, L., & Disciglio, G. \(2021\). Water-yield relationship and vegetative growth of wonderful young pomegranate trees under deficit irrigation conditions in southeastern Italy. *Horticulturae*, 7\(4\), 79.](#)
13. [Mena, P., Galindo, A., Collado-González, J., Ondono, S., García-Viguera, C., Ferreres, F., ... & Gil-Izquierdo, A. \(2013\). Sustained deficit irrigation affects the colour and phytochemical characteristics of pomegranate juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93\(8\), 1922-1927.](#)
14. [Peña-Estévez, M. E., Gómez, P. A., Artés, F., Aguayo, E., Martínez-Hernández, G. B., Otón, M., ... & Artés-Hernández, F. \(2015\). Quality changes of fresh-cut pomegranate arils during shelf life as affected by deficit irrigation and postharvest vapour treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95\(11\), 2325-2336.](#)
15. [Cano-Lamadrid, M., Galindo, A., Collado-González, J., Rodríguez, P., Cruz, Z. N., Legua, P., ... & Hernández, F. \(2018\). Influence of deficit irrigation and crop load on the yield and fruit quality in Wonderful and Mollar de Elche pomegranates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98\(8\), 3098-3108.](#)