

Agricultura

Núm. 1058 • Febrero 2022

REVISTA AGROPECUARIA • DESARROLLO

Reinventarse ante la crisis

HOY POR HOY
El agua como
motor de desarrollo

DOSIER
Bioestimulantes



HYDROMAAT



FUTURECO
BIOSCIENCE

SOLUCIÓN PARA ESTRÉS HÍDRICO

Programa de bioestimulantes para optimizar los recursos hídricos disponibles minimizando el efecto de las sequías

in f t i y
info@futurecobioscience.com
www.futurecobioscience.com



fitoMaat

06 en portada Reinventarse ante la crisis

Blanca Cortés

DOSIER Bioestimulantes



30 Oligosacarinas para el cultivo de tomate bajo invernadero

V. Hernández, P. Hellín, E. Vicente,
M.A. Botella, E. Molina, I. Garrido,
M.V. Molina, J. Cava, J. Fenoll y P. Flores



36 Marco regulatorio de los bioestimulantes en España

C. García



SANIDAD VEGETAL

40 Optimización de un prototipo de trampa digital para el seguimiento de la mosca del olivo

I. Garrido-Jurado, E. Quesada-Moraga,
M. Yousef-Yousef



INFORME

46 Caracterización del crecimiento y eficiencia en el uso del agua en cuatro variedades de almendro injertadas en Rootpac-20

S. Álvarez, H. Martín, E. Barajas,
J.A. Rubio

05 editorial

Etiquetas crecientes,
conocimientos
menguentes...y el Nutriscore

12 hoy por hoy

El agua como motor
de desarrollo
S. Garrido Sánchez-Cano

18 noticias

22 empresas

24 estuvimos en
BioEficiencia,
un innovador concepto
para una agricultura
sostenible y rentable

Rentabilidad y
sostenibilidad, dos de
los retos de la distribución
multicanal de productos
frescos

26 reportaje
DAYMSA avanza hacia
soluciones naturales para
la agricultura del mañana

28 opinión
Lo que nos falta
Esther Herranz

**44 empresas
de nutrición y
sanidad vegetal**

**52 empresas
de maquinaria**

INFORME



Foto 1

Se emplearon 80 plantas de almendro (*Prunus dulcis* (Mill) D. A. Webb.) cv 'Penta', 'Guara', 'Vialfas' y 'Soleta' de un año de edad, que fueron trasplantadas a macetas de 5 l y trasladadas a un invernadero

Caracterización del crecimiento y eficiencia en el uso del agua en cuatro variedades de almendro injertadas en Rootpac-20

El almendro es un cultivo muy común en el área mediterránea, y además la superficie dedicada a este cultivo en la actualidad está en expansión en algunas zonas, como es el caso de Castilla y León. En los últimos años, el cultivo del almendro está experimentando un proceso de transformación, con cambios importantes, como las plantaciones de alta densidad. En el contexto actual de intensificación del cultivo del almendro, la elección del material vegetal adecuado es un factor esencial.

Sara Álvarez*, Hugo Martín, Enrique Barajas y José Antonio Rubio

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León

*alvmarsa@itacyl.es

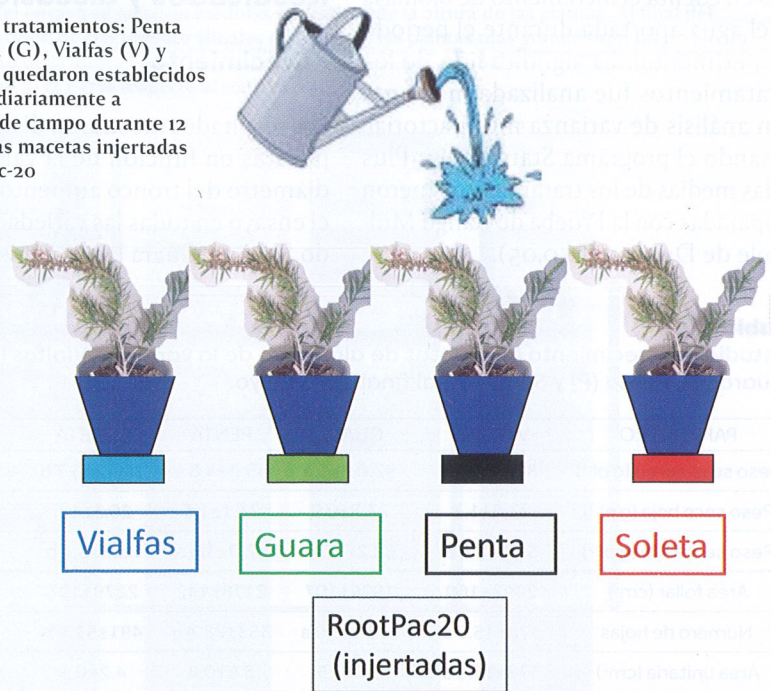
El cultivo del almendro en la zona mediterránea ha experimentado cambios importantes en los últimos años. Una de las tendencias actuales ha sido la intensificación y las plantaciones de alta densidad (Casanova-Gascón et al., 2019). En tal situación, no solo los nuevos cultivares sino también los nuevos patrones son herramientas esenciales para lograr el éxito en estas nuevas plantaciones superintensivas (Gijón et al., 2010). Todo esto ha creado la necesidad de disponer de una amplia gama de variedades y patrones capaces de dar respuesta a los nuevos problemas planteados. Recientemente se han desarrollado en España portainjertos de bajo vigor, como la serie Rootpac®,

que abre la posibilidad del cultivo del almendro en sistemas de alta densidad. El conocimiento sobre la influencia del patrón en la adaptación a este nuevo sistema de plantación de alta densidad es muy escaso. En este contexto de intensificación del cultivo del almendro, la elección del material vegetal adecuado es un factor importante. Por ello, el objetivo de este trabajo ha sido conocer la respuesta morfológica y fisiológica de cuatro variedades de almendro injertadas en Rootpac-20, mediante el estudio de las relaciones hídricas, crecimiento y transpiración.

Condiciones del ensayo

Se emplearon 80 plantas de almendro (*Prunus dulcis* (Mill) D. A. Webb.) cv 'Penta', 'Guara', 'Vialfas' y 'Soleta' de un año de edad, que fueron trasplantadas a macetas de 5 l y trasladadas a un invernadero (**Foto 1**). Todas las plantas estaban injertadas sobre patrón Rootpac-20. Estas macetas se regaron diariamente a capacidad de campo durante 12 semanas. De esta manera quedaron establecidos los cuatro tratamientos: Penta (P), Guara (G), Vialfas (V) y Soleta (S) (**Foto 2**). Periódicamente se midió la altura y el diámetro del tronco y al final del ensayo (septiembre) se determinó el peso seco y el área foliar. Se realizó el seguimiento del estado hídrico de la planta, así como la humedad volumétrica del sustrato y el consumo diario por planta, usando balanzas. El consumo diario por planta se calculó

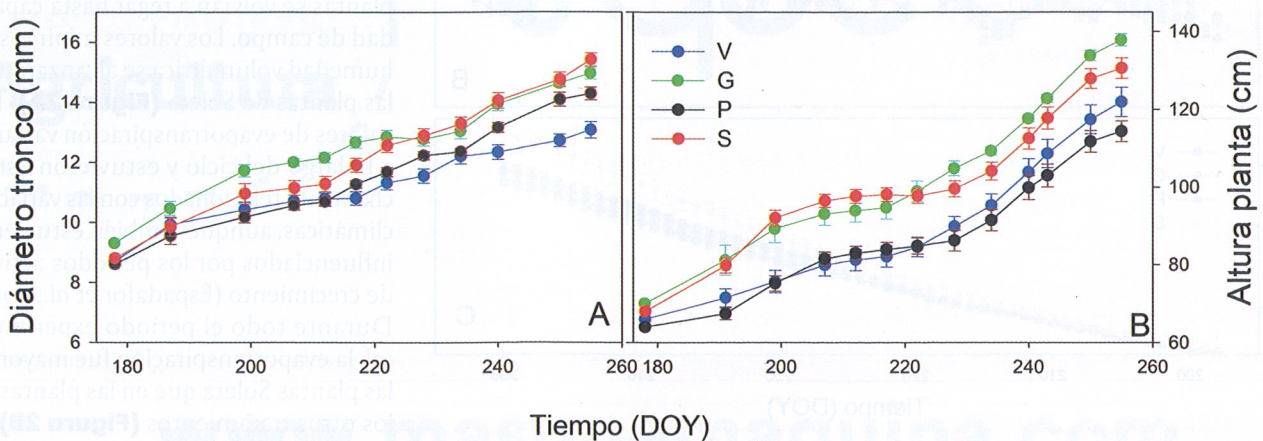
Foto 2
Los cuatro tratamientos: Penta (P), Guara (G), Vialfas (V) y Soleta (S) quedaron establecidos tras regar diariamente a capacidad de campo durante 12 semanas las macetas injertadas en Rootpac-20



en cinco plantas por tratamiento como pérdida de peso entre dos riegos consecutivos (peso después del riego menos peso antes del riego del día siguiente). Durante el experimento, se realizó el seguimiento del estado hídrico de la planta con medidas del potencial de tallo (Ψ_t), contenido relativo de agua (CRA) y parámetros de intercambio gaseoso, así como la humedad volumétrica del sustrato. El potencial de tallo se midió con una cámara de presión tipo Scholander (Mod. 3000, Soil Moisture Equipment Co., Santa Barbara, CA, USA) en hojas que habían estado previamente tapa-

das, mientras que el CRA fue calculado como $[(PF-PS)/(PT-PS)] \times 100$, donde PF, PS y PT son peso fresco, seco y turgente foliar, respectivamente. En la medida de la conductancia estomática (g_s) y la tasa de fotosíntesis neta (P_n) se utilizó un aparato portátil LI-COR 6400 (LI-COR Inc, Lincoln, NE, USA). Estas medidas se realizaron al mediodía solar en seis plantas por tratamiento. La humedad volumétrica del sustrato se calculó pesando la maceta antes y después del riego, en cinco plantas por tratamiento. La eficiencia productiva en el uso del agua (WUE) se calculó teniendo

Figura 1
Evolución del diámetro del tronco (A) y altura de la planta (B) en plantas de almendro de la variedad Vialfas (V), Guara (G), Penta (P) y Soleta (S). Las barras en los puntos muestran el error estándar. Valores son las medias $\pm$ s.e., $n=20$.



do en cuenta el incremento de biomasa y el agua aportada durante el periodo experimental. La significación de los tratamientos fue analizada mediante un análisis de varianza multifactorial, usando el programa Statgraphics Plus y las medias de los tratamientos fueron separadas con la Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($P \leq 0,05$).

Resultados y discusión

- Crecimiento

Los resultados mostraron distintas respuestas en función de la variedad. El diámetro del tronco aumentó durante el ensayo en todas las variedades, siendo Soleta y Guara las que presentaron

mayor diámetro al finalizar el ensayo (**Figura 1A**), y las pequeñas fueron las planas de Vialfas. Se hicieron también medidas periódicas de la altura de las plantas a lo largo del ensayo (**Figura 1B**). Todas las plantas crecen durante el ensayo, pero se observan dos periodos de crecimiento, uno al inicio del ensayo (primero de julio) y otro a finales de agosto. Desde las primeras semanas del ensayo se observan diferencias en este parámetro, siendo las plantas de Vialfas y Penta más pequeñas y las diferencias entre tratamientos en este parámetro se acentúan según avanza el ensayo. Al final del segundo periodo de crecimiento, las plantas más grandes son las de Guara, y el descenso de la altura resultó ser más acusado en Penta. Al final del ensayo las reducciones fueron de un 5, 12 y 17% respecto al control (**Foto 3**). Al finalizar el ensayo, las plantas Soleta injertadas en Rootpac-20 son las que presentaron una mayor acumulación de biomasa área, y esto fue debido a un mayor peso seco de tallo ya que el peso seco foliar fue similar en todas las variedades (**Tabla 1**). De forma similar, las plantas de Soleta fueron las que tuvieron mayor número de hojas, aunque las hojas en esta variedad fueron un poco más pequeñas, con lo que las cuatro variedades alcanzaron un área foliar similar.

Tabla 1

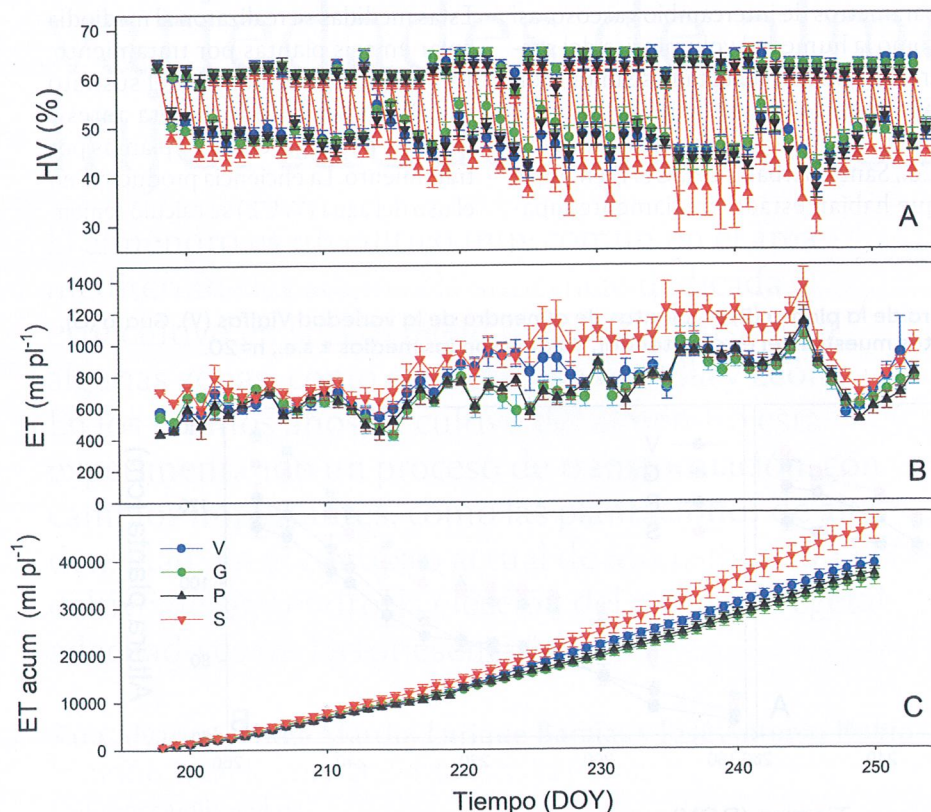
Estudio del crecimiento en plantas de almendro de la variedad Vialfas (V), Guara (G), Penta (P) y Soleta (S) al final del ensayo.

PARÁMETRO	VIALFAS	GUARA	PENTA	SOLETA	
Peso seco aéreo (g pl ⁻¹)	83.4±4.6 a	92.0±5.3 a	85.2±4.8 a	110.2±6.7 b	**
Peso seco hoja (g pl ⁻¹)	23.8±1.3	23.8±0.9	23.1±1.5	26.3±1.6	ns
Peso seco tallo (g pl ⁻¹)	59.6±3.8 a	68.2±4.7 a	62.0±3.5 a	83.9±5.4 b	**
Área foliar (cm ²)	2292±160	1999±107	2178±142	2279±197	ns
Número de hojas	378±15.5 a	373±26.9 a	353±28.4 a	491±51.9 b	*
Área unitaria (cm ²)	378±15.5 a	5.5±0.5	5.1±0.8	4.2±0.3	ns

Distintas letras dentro de una misma fila indican diferencias significativas según el test de Duncan. (P: significación, ns: no significativo, * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$).

Figura 2

Evolución de la humedad volumétrica del sustrato (HV; A), de la evapotranspiración diaria de la planta (ET; B) y de la evapotranspiración acumulada (ETacum; C) en plantas de almendro de la variedad Vialfas (V), Guara (G), Penta (P) y Soleta (S). Las barras en los puntos muestran el error estándar. Valores son las medias $\pm$ s.e., n=5.



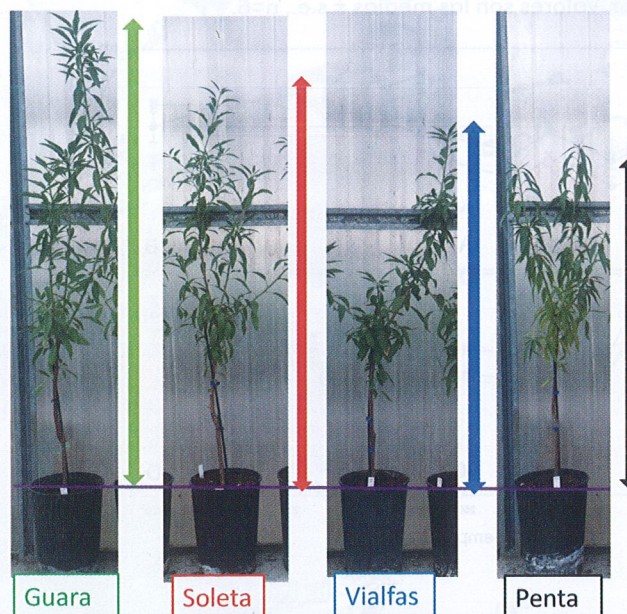
- Humedad volumétrica y evapotranspiración

Midiendo la humedad volumétrica con balanzas a lo largo del ensayo, se comprobó que todas las plantas se mantuvieron cercanas a capacidad de campo después del riego. La humedad volumétrica descendía según avanzaba el día, hasta llegar al día siguiente, momento en el que las plantas se volvían a regar hasta capacidad de campo. Los valores mínimos de humedad volumétrica se alcanzaron en las plantas de Soleta (**Figura 2A**). Los valores de evapotranspiración variaron a lo largo del ciclo y estuvieron estrechamente relacionados con las variables climáticas, aunque también estuvieron influenciados por los periodos activos de crecimiento (Espadafor et al., 2017). Durante todo el periodo experimental, la evapotranspiración fue mayor en las plantas Soleta que en las plantas de los otros tratamientos (**Figura 2B**). El

consumo de agua se redujo desde el inicio en las plantas Penta y Guara con respecto a las plantas Soleta, a pesar de tener similares niveles de agua en el sustrato. Las plantas Soleta tuvieron mayores valores de evapotranspiración acumulada a lo largo del ensayo que los otros tres tratamientos (**Figura 2C**). En concreto, el consumo de agua acumulado en cada planta durante todo el período experimental fue de 44,3 l para plantas Soleta y 33,1, 37,0 y 36,0 l para plantas Vialfas, Penta y Guara, respectivamente (80, 83 y 81% de la cantidad de agua suministrada en Soleta). Esto habrá q tenerlo en cuenta a la hora de seleccionar la variedad antes de la plantación (López-López et al., 2018). Sorprendentemente, muy pocos trabajos han cuantificado los requerimientos de riego de cultivos leñosos con patrones de bajo vigor, a pesar de que ello ofrecería grandes posibilidades para la conservación de los recursos hídricos (Álvarez et al., 2020).

Foto 3

A lo largo del ensayo se hicieron medidas periódicas de la altura de las plantas. Al final del segundo período de crecimiento (finales de agosto), las plantas más grandes son las de Guara, y el descenso de la altura resultó ser más acusado en Penta. Al final del ensayo las reducciones fueron de un 5, 12 y 17% respecto al control



5,7 + de
millones
de visitas

El blog de
maquinaria
de la revista
Agricultura

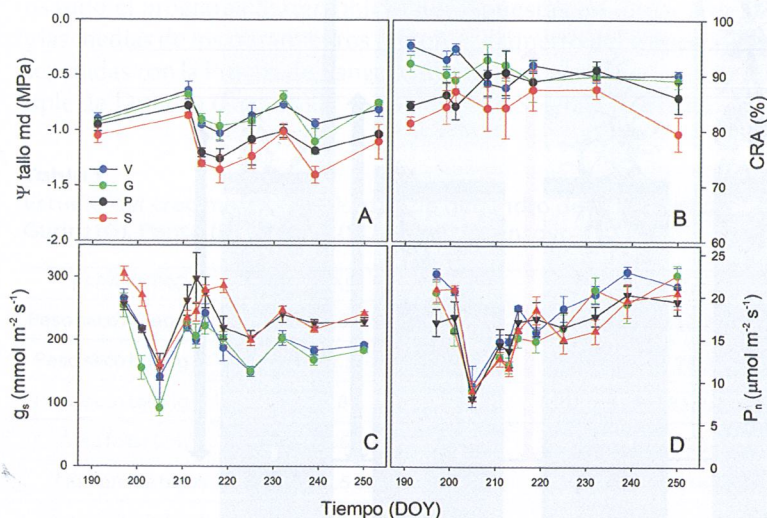
¿que

máquinas
agrícolas

www.masquemaquina.com

Figura 3

Evolución del potencial de tallo (Ψ_t ; A), contenido relativo de agua (CRA; B), conductancia estomática (g_s ; C) y tasa de fotosíntesis neta (P_n ; D) en plantas de almendro de la variedad Vialfas (V), Guara (G), Penta (P) y Soleta (S). Las barras en los puntos muestran el error estándar. Valores son las medias $\pm$ s.e., $n=6$.



- Parámetros hídricos

En cuanto a los parámetros hídricos, las plantas de Penta y Soleta tuvieron valores de potencial de tallo medido al mediodía, algo más bajos, especialmente las plantas de Soleta (**Figura 3A**). En Soleta, los valores llegaron a -1.4 MPa a finales de agosto, coincidiendo con el periodo en que la humedad volumétrica fue menor. El contenido relativo de agua presentó un comportamiento similar al observado en el potencial hídrico, siendo las plantas Soleta las que tuvieron los valores más bajos (**Figura 3B**). Las plantas de Penta y Soleta presentaron mayores valores de conductancia estomática que las plantas de Vialfas y Guara (**Figura 3C**). Sin embargo, en las tasas de fotosíntesis no hubo diferencias significativas entre tratamientos (**Figura 3D**). Estos mayores valores de apertura estomática coinciden con los menores valores de potencial de tallo registrados al mediodía en estas plantas. Si tenemos en cuenta el aumento de biomasa en relación al riego (**Figura 4**), las plantas de Guara y Soleta tuvieron mayor valor de eficiencia en el uso del agua (WUE) que las plantas de Vialfas y Penta bajo las mismas condiciones de riego, sobre todo las plantas de Guara, que obtuvieron más peso seco de cada parte de la planta (aéreo y tallo) por cada litro de agua aportada.

Conclusiones y recomendaciones

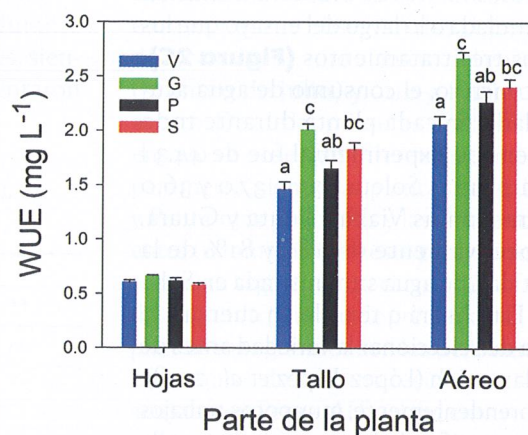
- Las plantas de almendro injertadas en Rootpac-20 presentaron diferencias en el crecimiento, aunque dependió del parámetro utilizado, pero en general, Soleta y Guara fueron más grandes que Vialfas y Penta.
- Las plantas de Guara son las que presentan una mayor eficiencia en el uso del agua.
- La tasa de evapotranspiración estuvo estrechamente relacionada con las variables climáticas y también con los periodos de crecimiento.
- Las plantas Soleta injertadas en Rootpac-20 presentaron mayores valores de evapotranspiración que el resto de variedades, en torno a un 25% más de consumo de agua, lo que será un factor más a tener en cuenta a la hora de elegir la variedad, sobre todo si la disponibilidad de agua es limitada.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto "Adaptación y desarrollo de nuevas especies y variedades de frutos secos: pistacho, almendro y nogal en Castilla y León" con cofinanciación de fondos FEADER y de la Junta de Castilla y León.

Figura 4

Eficiencia productiva en el uso del agua (WUE) al final del ensayo en plantas de almendro de la variedad Vialfas (V), Guara (G), Penta (P) y Soleta (S).



Bibliografía

- Álvarez, S., Martín, H., Barajas, E., Rubio, J.A., Vivaldi, G.A. (2020). Rootstock effects on water relations of young almond trees (Cv. soleta) when subjected to water stress and rehydration. *Water*, 12, 3319.
- Casanova-Gascón, J., Figueras-Panillo, M., Iglesias-Castellarnau, I., Martín-Ramos, P. (2019). Comparison of SHD and Open-Center Training Systems in Almond Tree Orchards cv. 'Soleta'. *Agronomy*, 9, 874.
- Espadador, M., Orgaz, F., Testi, L., Lorite, I.J., González-Dugo, V., Ferreres, E. (2017). Responses of transpiration and transpiration efficiency of almond trees to moderate water deficit. *Scientia Horticulturae*, 225, 6-14.
- Gijón, M.C., Gimenez, C., Pérez-López, D., Guerrero, J., Couceiro, J.F., Moriana, A. (2010). Rootstock influences the response of pistacho (*Pistacia vera* L. cv. Kerman) to water stress and rehydrataion. *Scientia Horticulturae*, 125, 666-671.
- López-López, M., Espadador, M., Testi, L., Lorite, I.J., Orgaz, F., Ferreres, E. (2018). Water use of irrigated almond trees when subjected to water deficits. *Agricultural Water Management*, 195, 84-93.