



Respuesta fisiológica frente al estrés hídrico en 4 variedades de almendro injertadas en Rootpac-20

S. ÁLVAREZ¹, H. MARTÍN¹, L. NÚÑEZ¹, S. VÉLEZ², R. VACAS¹, E. BARAJAS¹

(1) Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, Valladolid.

(2) Wageningen University and Research, Wageningen, The Netherlands.

RESUMEN

En el contexto actual de intensificación del cultivo del almendro con un suministro limitado de agua, la elección del material vegetal adecuado es un factor esencial. El objetivo del trabajo ha sido conocer la respuesta morfológica y fisiológica al déficit hídrico de plantas de almendro injertadas en Rootpac-20. Se emplearon 80 plantas de almendro cv Guara (G), Soleta (S), Vialfas (V) y Penta (P), en las que el riego fue suprimido durante 20 días. Al final del ensayo se midió la altura y el calibre del tronco y se determinó el peso seco. Se midió el estado hídrico de la planta, así como el consumo. El diámetro del tronco aumentó en todas las variedades, siendo S y G las que presentaron mayor crecimiento. Durante la fase de estrés, las plantas mostraron una deshidratación severa, como lo indica el potencial hídrico foliar. El descenso de la conductancia estomática resulta reversible cuando se restaura el riego, pero las plantas S y G necesitaron más tiempo.

Palabras clave: Crecimiento, Déficit hídrico, Patrón, *Prunus dulcis*, Relaciones hídricas.

ABSTRACT

Physiological response to water stress in 4 almond varieties grafted on Rootpac-20.

In the current situation of intensification of almond orchards with limited water supply, the selection of the appropriate plant material is an essential factor. The objective of this work has been to know the morphological and physiological response to water deficit of almond plants grafted on Rootpac-20. 80 one-year-old almond plants cv Guara (G), Soleta (S), Vialfas (V) and Penta (P) were used. In these pots, irrigation was removed for 20 days. The plant height, trunk diameter and biomass accumulation were measured. Also, the stem water potential was measured, as well as the daily evapotranspiration per plant. The trunk diameter increased in all the varieties, being S and G the plants that presented the greatest growth rate. During the water stress phase, the plants showed severe dehydration, as indicated by the lower leaf water potential. Decrease in stomatal conductance was reversible when irrigation was restored, but S and G plants needed more time to recovery.

Key words: Growth, Water deficit, Rootstock, *Prunus dulcis*, Water relations.

El almendro es una especie muy tolerante a la sequía y se adapta con mucha facilidad a un amplio rango de disponibilidades hídricas (GIRONA, 1992). La implantación de un sistema de riego no siempre es posible y en España numerosas plantaciones de almendro continúan realizándose en condiciones de secano. 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. En el contexto actual de intensificación del cultivo del almendro con un suministro limitado de agua, la elección del material vegetal adecuado es un factor esencial (ÁLVAREZ *et al.*, 2020). El objetivo del trabajo ha sido conocer la respuesta morfológica y fisiológica al déficit hídrico de plantas de almendro injertadas en Rootpac-20, mediante el estudio de las relaciones hídricas, crecimiento y transpiración.

Material y métodos

Se emplearon 80 plantas de almendro (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb) cv. Guara, Soleta, Vialfas y Penta de un año de edad, que en junio de 2018 fueron trasplantadas a macetas de 5 L y trasladadas a un invernadero. El sustrato fue una mezcla de fibra de coco, turba negra + turba rubia y vermiculita (8:7:1). Todas las plantas estaban injertadas sobre patrón Rootpac-20. De esta manera quedaron establecidos los 4 tratamientos: Penta (P), Guara (G), Vialfas (V) y Soleta (S). Estas macetas se regaron diariamente a capacidad de campo durante 3 semanas, y a partir de

ahí el riego fue suprimido durante 20 días (fase de estrés: DOY 198–217). Después de este tiempo, las plantas se sometieron a un posterior ciclo de recuperación de 35 días, regándose diariamente a capacidad de campo (fase de recuperación, DOY 218–255) (Foto 1).

Para la evaluación de la biomasa se realizó un muestreo destructivo al término del ensayo en 8 plantas por tratamiento en el que se determinó el peso seco (PS) aéreo y el área foliar total (Device Ltd., Cambridge, UK). También se midió la altura de la planta y el diámetro de tronco con un calibre en 15 plantas por tratamiento. El consumo diario por planta se calculó 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 (Y_s), contenido relativo de agua (CRA) y parámetros de intercambio gaseoso. 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 tapadas, 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. La conductancia estomática (g_s) y la tasa de fotosíntesis neta (P_n) se midieron usando un aparato portátil LI-COR 6400 (LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA). Estas medidas se realizaron al medio día en 6 plantas por tratamiento. La significación de los efectos de los tratamientos fue analizada mediante un análisis de varianza simple, usando Statgraphics Plus y las medias fueron separadas con la Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($P \leq 0.05$).

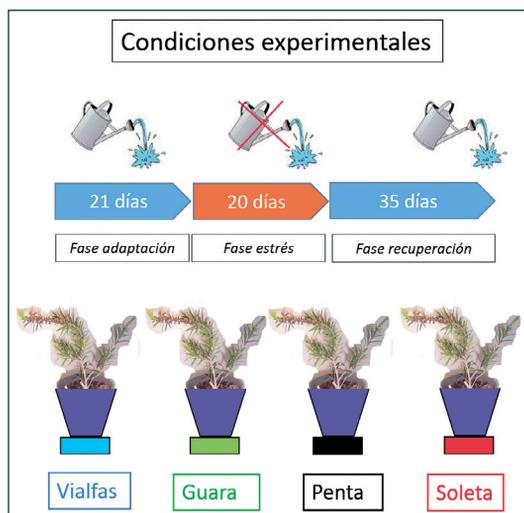


Foto 1. Esquema del diseño experimental.

Resultados y discusión

Los resultados mostraron distintas respuestas en función de la variedad. El diámetro del tronco aumentó durante el ensayo en todas las variedades, siendo las plantas de S y G las que presentaron mayor crecimiento al finalizar el ensayo (Cuadro 1). De forma similar, las plantas más altas fueron las de G, que presentaron altas tasas de crecimiento durante la fase de recuperación. Al finalizar el ensayo, las plantas de S y G son las que presentaron una mayor acumulación de biomasa aérea (hojas más tallo), mientras que el área foliar no se vio afectado (Cuadro 1). Al final del experimento, las reducciones en peso seco aéreo fueron de un 13, 2 y 7% en las plantas de V, G y P respecto a las plantas Soleta.

Los valores de evapotranspiración (ET) variaron a lo largo del ciclo y estuvieron estrechamente relacionados con el régimen hídrico y con

Cuadro 1. Parámetros de crecimiento en plantas de almendro de la variedad 'Vialfas' (V), 'Guara' (G), 'Penta' (P) y 'Soleta' (S) al final del experimento.

Parámetros	V				G				P				S			
Diámetro (mm)	11,3	±	0,2	a	12,6	±	0,1	b	11,5	±	0,1	a	12,5	±	0,1	b
Altura (cm)	104,1	±	2,3	a	138,0	±	1,3	c	98,6	±	2,2	a	119,4	±	2,6	b
PS aéreo (g pl ⁻¹)	50,34	±	2,9	a	64,4	±	1,9	b	54,5	±	2,0	a	65,7	±	2,8	b
Área foliar (cm ²)	1374	±	76		1730	±	137		1739	±	137		1594	±	89	



CURENOX WG y SC

*Nuevas formulaciones más eficaces
y de uso más fácil y seguro*

www.iqvagro.es



Compartiendo la pasión por la tierra



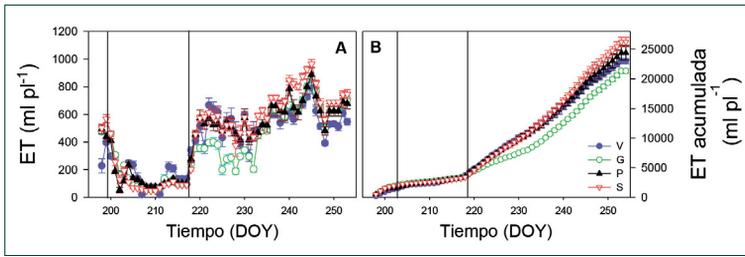


Figura 1. Evolución de la evapotranspiración diaria (A) y acumulada (B) en plantas de almendra de la variedad 'Vialfas' (V), 'Guara' (G), 'Penta' (P) y 'Soleta' (S).

Las líneas verticales indican el inicio y el fin del periodo de supresión del riego.

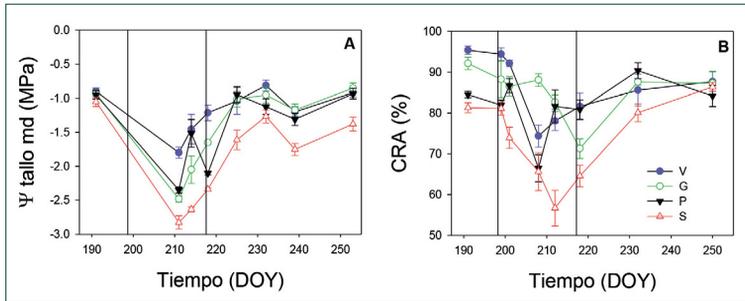


Figura 2. Evolución del potencial de tallo ($\Psi_{\text{tallos md}}$; A) y contenido relativo foliar (CRA; B) en plantas de almendra de la variedad 'Vialfas' (V), 'Guara' (G), 'Penta' (P) y 'Soleta' (S).

Las líneas verticales indican el inicio y el fin del periodo de supresión del riego.

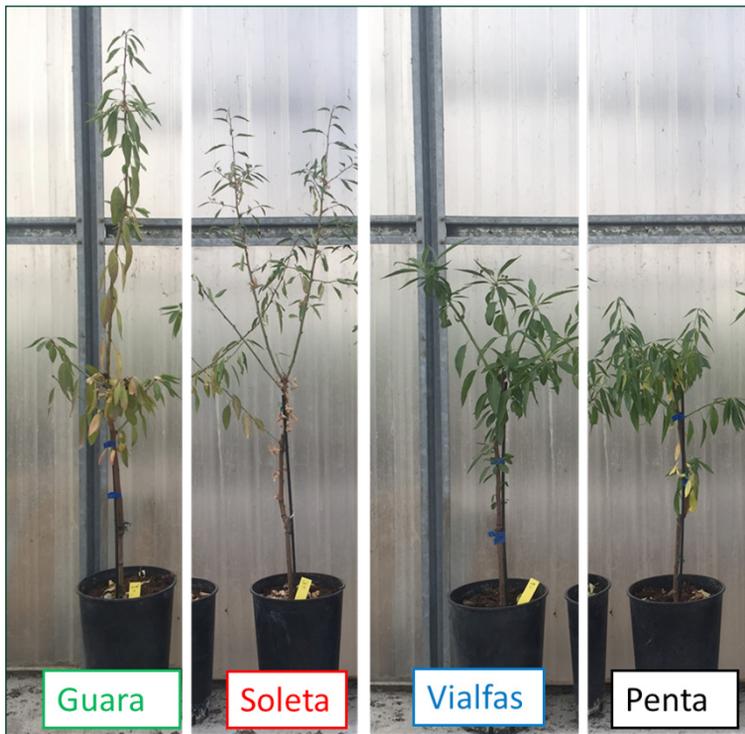


Foto 2. Plantas en el invernadero al final del ensayo.

las variables climáticas, aunque también estuvieron influenciados por los periodos de crecimiento activo (Figura 1). Estos valores oscilaron entre los 19 ml/día durante la fase de supresión

del riego y 960 ml/día, al final del periodo de recuperación, seis semanas más tarde, cuando la humedad en el sustrato fue mayor, las plantas habían alcanzado un tamaño considerable y las

EVOLYA

Evolución y Agricultura, S.L.

EVOLUCIONANDO CONTIGO



MALLA ANTIGRANIZO

COBERTURA ANTILLUVIA - VOEN

**SISTEMA DE RECOLECCION
HIGOS SECOS**

TUTORADOS

COBERTURA ANTIPAJAROS

CIERRE DE FINCAS Y VALLADOS

**COMPOST ORGANICO Y
ECOLOGICO CERTIFICADO**

PROYECTOS LLAVES EN MANO

**(TOPOGRAFIA, CLAVADO,
MONTAJE)**

EVOLYA S.L.

Camí de Trullets, s/n • 25123 Torrefarrera (Lleida) • Tel. 973 75 18 00

www.evolya.com



Foto 3. Vista general del ensayo.



Foto 4. Plantas en el invernadero al inicio del ensayo.

necesidades hídricas fueron mayores. ET se redujo drásticamente en todas las variedades durante la fase de supresión del riego debido a la menor cantidad de agua disponible en el sustrato (ESPADAFOR *et al.*, 2017). En general, la evapotranspiración fue mayor en las plantas S que en las plantas de los otros tratamientos (Figura 1A). El consumo de agua acumulado en cada planta durante todo el período experimental fue de 26,2 l para plantas S y 24,40, 23,0 y 21,3 l para plantas P, V y G, respectivamente (93, 88 y 81% de la cantidad de agua suministrada en S).

Durante la fase de estrés, las plantas mostraron una deshidratación severa, como lo indica el menor potencial hídrico foliar y el contenido relativo de agua, siendo las plantas Soleta las que presentaron los valores más bajos (Figura 2). El potencial de tallo reflejó el agua aportada en los distintos momentos, provocando durante la fase de estrés una importante caída del potencial de tallo en las plantas de todas las variedades, alcanzando valores de $-2,8$ MPa en las plantas del tratamiento S, siendo estas plantas las que presentaron los valores más bajos de contenido re-

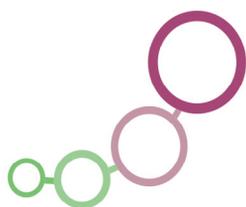
SOLUCIONES

PARA

ENGORDE Y COLOR EN TU FRUTA

NATURCOMPLET-G

Madurel



Cytoplant[®] 400



Naturfruit[®]



www.daymsa.com


Daymsa

Europe's leading producer of Leonardite



Foto 5. Medida del muestreo de biomasa.



Foto 6. Determinación del área foliar.



Foto 7. Detalle de floración en almendro.

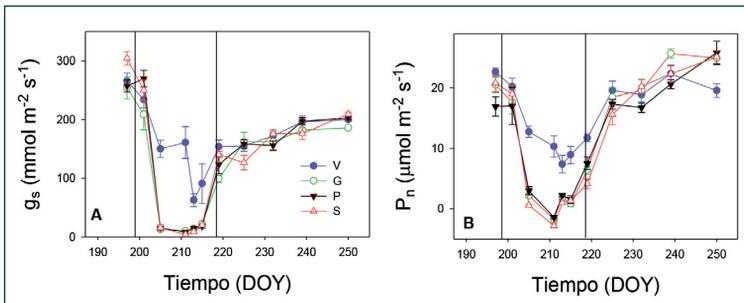


Figura 3. Evolución de la conductancia estomática (g_s ; A) y la fotosíntesis (P_n ; B) al mediodía en plantas de almendro de la variedad 'Vialfas' (V), 'Guara' (G), 'Penta' (P) y 'Soleta' (S). Las líneas verticales indican el inicio y el fin del periodo de supresión del riego.

lativo de agua foliar (CRA; *Figura 2*). Este descenso del potencial de tallo resulta reversible cuando se restaura el riego en las plantas de almendro, pero las plantas de la variedad Soleta necesitan más tiempo que el resto de variedades. El efecto del riego se refleja en los valores

de conductancia estomática (g_s) y de fotosíntesis neta (P_n) en las plantas de almendro. La eliminación del riego redujo drásticamente la conductancia estomática en todas las plantas, lo que sugiere un control estomático eficiente (EGEA *et al.*, 2010). Esta respuesta es un mecanismo efecti-



Foto 8. Plantaciones de almendro.

vo que permite reducir las pérdidas de agua vía transpiración y en la que están basadas ciertas estrategias de riego deficitario (LÓPEZ-LÓPEZ *et al.*, 2018). Como resultado de este descenso de la conductancia, la tasa de fotosíntesis neta también fue inevitablemente reducida, como ha sido observado en otras variedades de almendro sometidas a condiciones de riego deficitario (ROMERO *et al.*, 2004). El descenso de la conductancia estomática resulta reversible cuando se restaura el riego, pero las plantas S y G necesitaron más tiempo (Figura 3). ●

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al proyecto “Estrategias encaminadas a la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo del pistachero y almendro en Castilla y León” con financiación de fondos FEADER y de la Junta de Castilla y León. Esta publicación es parte de la ayuda RYC2021-033890-I, financiada por MCIN/

AEI/10.13039/501100011033/ y por la “Unión Europea NextGenerationEU/PRTR”.

Bibliografía

- ÁLVAREZ, S., MARTÍN, H., BARAJAS, E., RUBIO J.A. and 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.
- EGEA, G., NORTES, P.A., GONZÁLEZ-REAL, M.M., BAILLE, A. and DOMINGO, R. (2010). Agronomic response and water productivity of almond trees under contrasted deficit irrigation regimes. *Agricultural Water Management*. 97: 171–181.
- ESPADAFOR, M., ORGAZ, F., TESTI, L., LORITE, I.J., GONZÁLEZ-DUGO, V. and FERERES, E. (2017). Responses of transpiration and transpiration efficiency of almond trees to moderate water deficits. *Sci. Hortic.* 225: 6–14.
- GIRONA, J. (1992). Estrategias de riego deficitario en el cultivo del almendro. *Fruticultura profesional* 47: 38–45.
- LÓPEZ-LÓPEZ, M., ESPADAFOR, M., TESTI, L., LORITE, I.J., ORGAZ, F. and FERERES, E. (2018). Water use of irrigated almond trees when subjected to water deficits. *Agric. Water Manag.* 195: 84–93.
- ROMERO, P., NAVARRO, J.F., GARCÍA, F. and BOTÍA ORDAZ, P. (2004). Effects of regulated deficit irrigation during the pre-harvest period on gas exchange, leaf development and crop yield of mature almond trees. *Tree physiol.*, 24: 303–312.