



XVI

SPANISH-PORTUGUESE SYMPOSIUM ON PLANT WATER RELATIONS

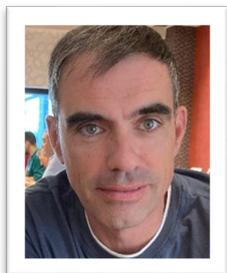
NEW SOLUTIONS FOR ANCIENT CHALLENGES

Zaragoza 14-16 FEB 2024

PROCEEDINGS BOOK

water use efficiency
irrigation
water stress
aquaporins
gas exchange
climate change
crops
abscisic acid
drought
vapor pressure deficit
water deficit
berry
photosynthesis
water potential
rootstock
drought stress
water relations

Organizing Committee



José Javier Peguero Pina
*Centro de Investigación y Tecnología
Agroalimentaria de Aragón*



Domingo Sancho Knapik
*Centro de Investigación y Tecnología
Agroalimentaria de Aragón*



Eustaquio Gil Pelegrín
Estación Experimental de Aula Dei, CSIC



Mª Henar Prieto Losada
CICYTEX. Junta de Extremadura



Jorge Marques da Silva
Universidade de Lisboa



Maria da Conceição Caldeira
Universidade de Lisboa



Raquel Lobo do Vale
Universidade de Lisboa



**XVI SPANISH-PORTUGUESE SYMPOSIUM
ON PLANT WATER RELATIONS
NEW SOLUTIONS FOR ANCIENT CHALLENGES**
Zaragoza 14-16 FEB 2024

Relación entre la conductancia estomática y el potencial de tallo en tres variedades de pistacho

Lidia Núñez¹, Gaetano Alessandro Vivaldi², Hugo Martín¹, José Manuel Mirás-Avalos³ y Sara Álvarez^{1,*}

*Autor para correspondencia: alvmarsa@itacyl.es

¹Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, Ctra. Burgos, 119, 47071, Valladolid, Spain;

²Department of Soil, Plant and Food Sciences-DISSPA. University of Bari "Aldo Moro", Via Giovanni Amendola 165/A, 70126 Bari, Italy

³Departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza, Spain

Resumen: La superficie de cultivo de pistachero en España, y especialmente en Castilla y León, ha crecido notablemente en los últimos años debido a sus elevados rendimientos económicos; sin embargo, es esencial la selección del material vegetal más adecuado a las condiciones locales para garantizar la viabilidad de las explotaciones. Para ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar las diferencias en el comportamiento estomático y la eficiencia intrínseca en el uso del agua (WUE_i) en tres variedades de pistacho (*Pistacia vera* L. cvs. Golden, Lost y Kerman) bajo la misma estrategia de riego. Periódicamente, se midió el potencial hídrico de tallo (Ψ_s), la conductancia estomática (g_s) y la tasa de fotosíntesis neta (P_n) al mediodía en 12 árboles por variedad. Los valores más bajos de P_n y g_s se encontraron en Kerman, siendo este efecto más pronunciado en agosto, cuando los árboles alcanzaron los valores más negativos de Ψ_s (-1,3 MPa). En general, Kerman también mostró WUE_i más altos que Golden y Lost durante todo el período experimental. Las tres variedades mostraron correlaciones significativas entre g_s y Ψ_s . Las pendientes de estas relaciones fueron más elevadas para Kerman y Golden que para Lost, lo que refleja la diferente capacidad de respuesta estomática de las tres variedades y que Kerman y Golden tienen un control estomático más estricto que Lost.

Palabras clave: *Pistacia vera* L., estado hídrico, intercambio gaseoso, eficiencia en el uso del agua

1. Introducción

En los últimos años, la superficie de cultivo de pistachero en España, y especialmente en Castilla y León, ha crecido notablemente debido a sus elevados rendimientos económicos; sin embargo, es esencial la selección del material vegetal más adecuado a las condiciones locales para garantizar la viabilidad de las explotaciones (Memmi et al. 2016; Álvarez et al. 2020). La regulación estomática es un mecanismo clave para modular y optimizar la fotosíntesis en relación con la pérdida de agua. Cuando el agua disponible es limitada o en condiciones de alta demanda evaporativa, el cierre estomático actúa como una respuesta efectiva, amortiguando la caída del potencial hídrico, lo que minimiza el riesgo de cavitación y fallo hidráulico (Tombesi et al. 2015), que podría llevar a la muerte de tejidos e, incluso, del propio árbol. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar, en condiciones de campo, la respuesta estomática y la eficiencia intrínseca en el uso del agua de tres variedades de pistacho de interés agronómico y sometidas a la misma estrategia de riego.

2. Material y Métodos

El estudio se llevó a cabo en condiciones de campo durante 2023. La parcela experimental está situada en Carpio, Valladolid (41°12' N 5°5' O, 759 m). El material vegetal utilizado fue árboles de pistacho (*Pistacia vera* L.) plantados en 2012 de las variedades 'Golden', 'Lost' y 'Kerman' con un marco de plantación de 5x6 m. Los árboles están injertados sobre patrón UCB1 y recibieron el mismo volumen de riego (130 mm), tanto en dosis como en frecuencia de eventos. Por tanto, se establecieron las tres variedades como tratamientos a comparar: Golden, Lost, y Kerman. Las variables meteorológicas (temperatura, precipitación y evapotranspiración) fueron registradas empleando una estación automática situada en Torrecilla de la Orden, a 9 km de la parcela experimental. De marzo a octubre de 2023, la temperatura media fue de 17,1 °C, con mínima de -6,0 °C y máxima de 39,6 °C. La precipitación total acumulada fue de 254 mm y la evapotranspiración potencial fue de 1073 mm.

De mayo a octubre, cada dos semanas, se realizó el seguimiento del estado hídrico de los árboles con medidas del potencial hídrico de tallo (Ψ_s) y parámetros de intercambio gaseoso. El Ψ_s 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 2 h antes de la medición. Se utilizaron hojas sombreadas en el interior del dosel, cerca del tronco o los brazos principales. Para la medida de la conductancia estomática (g_s) y la tasa de fotosíntesis neta (P_n) se utilizó un aparato portátil LI-COR 6800 (LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA). Todas estas medidas se realizaron al mediodía solar en una hoja por árbol y en 12 árboles por tratamiento. La ratio P_n/g_s se usó como una estimación de la eficiencia intrínseca del uso del agua (WUE_i). La significación de los efectos de la variedad de pistacho fue evaluada mediante un análisis de varianza, usando Statgraphics Plus y las medias se separaron con la Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($P \leq 0.05$).

3. Resultados y Discusión

El Ψ_s decreció progresivamente durante la campaña, mostrando una tendencia similar entre variedades y alcanzando los valores más negativos a finales de agosto (-1.3 MPa) (Fig. 1). A partir de ese momento, los valores de Ψ_s se recuperan parcialmente debido a varios eventos de lluvia registrados en septiembre. Al final del ensayo, Kerman mostró valores de potencial más negativos que Golden y Lost.

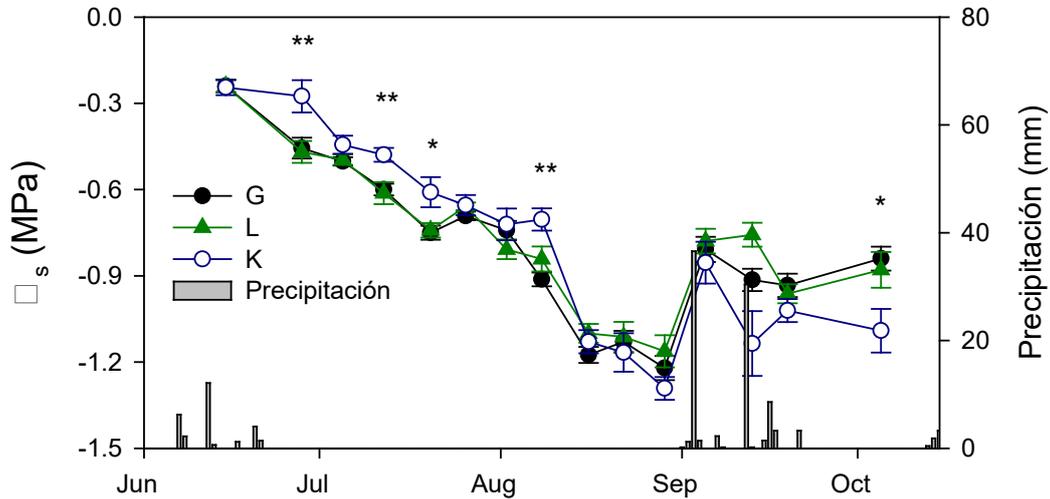


Fig. 1 Evolución del potencial hídrico de tallo (Ψ_s) en tres variedades de pistacho y de la precipitación durante 2023. Asteriscos indican diferencias significativas entre variedades. G = Golden, L = Lost, K = Kerman.

Los valores de g_s mostraron una tendencia similar entre variedades durante el ensayo (Fig. 2a). La disminución del contenido de agua en el suelo durante los meses de julio y agosto (datos no mostrados) produjo una reducción de los valores de g_s en las tres variedades, especialmente en Kerman. El descenso de conductancia observado en nuestro ensayo durante el verano sugiere un control eficiente de la transpiración en esta especie, limitando así la pérdida de agua (Moriani et al. 2018). En general, Kerman presentó valores de g_s menores que Golden y Lost durante todo el ensayo. A diferencia del Ψ_s , las diferencias entre variedades fueron significativas desde las primeras semanas del ensayo. Esta reducción fue más acusada en Kerman y se mantuvo hasta el final del ensayo. Las reducciones de Kerman con respecto a Golden y Lost fueron más marcadas en g_s que en Ψ_s . Como resultado de este descenso de g_s , P_n se vio inevitablemente reducida en Kerman respecto a Golden y Lost (Fig. 2b), aunque este efecto es menos evidente en P_n que en g_s .

En cuanto a la evolución de WUE_i , Kerman mostró mayores ratios P_n/g_s que Golden y Lost durante el periodo experimental (Fig. 2c). Los árboles de pistacho presentan una mayor eficiencia cuando los valores de g_s se sitúan en torno a 75-100 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y según aumenta el grado de apertura estomática, WUE_i disminuye progresivamente (Fig. 3a). Golden y Lost presentaron valores superiores a estos umbrales, por encima de 200 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Kerman osciló entre valores de g_s que sugieren mayor eficiencia intrínseca en el uso del agua (P_n/g_s). Este comportamiento ha sido observado en almendro por Vivaldi et al. (2020).

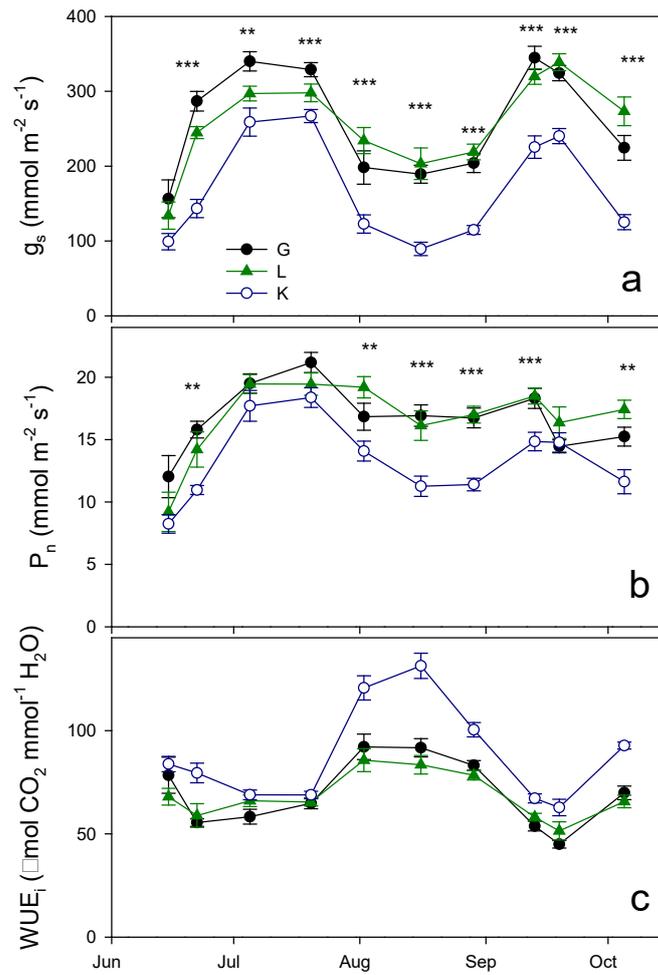


Fig. 2 Evolución de la conductancia estomática (g_s ; a), tasa de fotosíntesis neta (P_n ; b) y eficiencia intrínseca en el uso del agua (WUE_i ; c) en tres variedades de pistacho durante 2023. Asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos. G = Golden, L = Lost, K = Kerman.

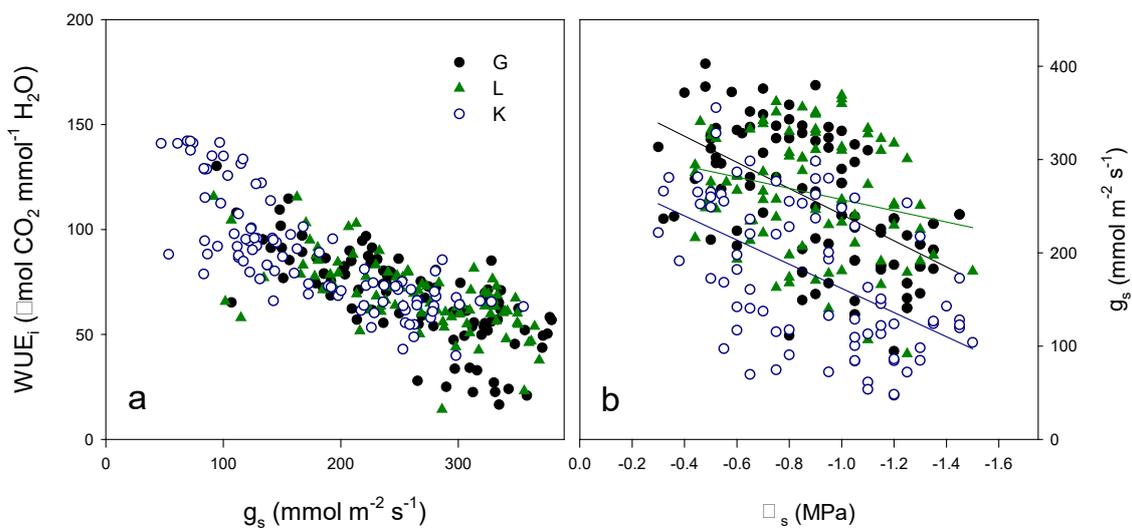


Figura 3. Relación entre la conductancia estomática (g_s) y la eficiencia intrínseca en el uso del agua (WUE_i) (a) y relación entre el potencial hídrico de tallo (Ψ_s) y la g_s (b) en tres variedades de pistacho: G - Golden, L - Lost y K - Kerman.

La Fig. 3b muestra la respuesta de g_s en las tres variedades al descenso de Ψ_s . En general, g_s se mantuvo relativamente alta ($>200 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) hasta que Ψ_s alcanzó valores en torno a -0.8 MPa . En general, g_s decreció gradualmente en todas las variedades, aunque con diferencias. En Kerman, cuando Ψ_s estaba por debajo de -0.8 MPa , g_s fue menor de $200 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Mientras que, en Golden, este umbral fue cercano a -1.3 MPa . Lost prácticamente no presentó valores de g_s por debajo de este umbral.

Tabla 1. Componentes (pendiente e intercepto) de las rectas de regresión entre la conductancia estomática (g_s) y el potencial hídrico de tallo (Ψ_s) para tres variedades de pistacho durante 2023. Se indica el número de datos para cada variedad y los coeficientes de regresión y correlación con su significancia estadística.

Variedad	n	Componentes recta regresión		Coeficientes de regresión y correlación		
		Pendiente	Intercepto	R^2 ajustado	r	p-valor
		$\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$			
Golden	100	140.05	380.95	0.3206	0.572	< 0.0001
Kerman	82	129.63	291.44	0.2770	0.535	< 0.0001
Lost	88	60.33	317.45	0.0473	0.241	0.024
Todos	270	118.53	339.19	0.1776	0.425	< 0.0001

Las pendientes de la relación entre g_s y Ψ_s reflejan la diferente capacidad de respuesta de g_s al estado hídrico de los árboles (Tabla 1). Las tres variedades mostraron correlaciones significativas entre estos dos parámetros. Las relaciones para Kerman y Golden presentaron una pendiente más marcada que para Lost, lo que refleja que las variedades de pistacho Kerman y Golden tienen un control estomático más estricto que Lost, algo previamente observado en variedades de vid (Bota et al. 2016).

4. Conclusión

Bajo las condiciones de este estudio, la variedad Kerman presentó valores más bajos de g_s que Golden y Lost para valores similares de Ψ_s . Además, la eficiencia intrínseca en el uso del agua fue superior en Kerman que en las otras dos variedades. Según los resultados obtenidos, Kerman y Golden poseen un control estomático más estricto que Lost. Teniendo en cuenta que los datos proceden de una sola campaña, se espera confirmar estos hallazgos en el futuro.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al proyecto “Estrategias encaminadas a la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo del pistachero y del almendro en Castilla y León” con financiación del programa FEADER y la ayuda RYC2021-033890-I, financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y la Unión Europea “NextGenerationEU”/PRTR.

Referencias

Álvarez S, Martín H, Barajas E, Rubio JA, Vivaldi GA (2020) Rootstock effects on water relations of young almond trees (cv. Soleta) when subjected to water stress and rehydration, *Water*, 12, 3319.

Bota J, Tomás M, Flexas J, Medrano H, Escalona JM (2016) Differences among grapevine cultivars in their stomatal behaviour and water use efficiency under progressive water stress, *Agricultural Water Management*, 164, 91-99.

Memmi H, Gijón MC, Couceiro JF, Pérez-López D (2016) Water stress thresholds for regulated deficit irrigation in pistachio trees: Rootstock influence and effects on yield quality, *Agricultural Water Management*, 164, 58-72.

Moriana A, Memmi H, Centeno A, Martín-Palomo MJ, Corell M, Torrecillas A, Pérez-López D (2018) Influence of rootstock on pistachio (*Pistacia vera* L. cv Kerman) water relations, *Agricultural Water Management*, 202, 263-270.

Tombesi S, Nardini A, Frioni T, Soccolini M, Zadra C, Farinelli D, Poni S, Pallioti A (2015) Stomatal closure is induced by hydraulic signals and maintained by ABA in drought-stressed grapevine, *Scientific Reports*, 5, 12449.

Vivaldi GA, Camposeo S, Romero-Trigueros C, Pedrero F, Caponio G, Lopriore G, Álvarez S (2021) Physiological responses of almond trees under regulated deficit irrigation using saline and desalinated reclaimed water, *Agricultural Water Management*, 258, 107172.