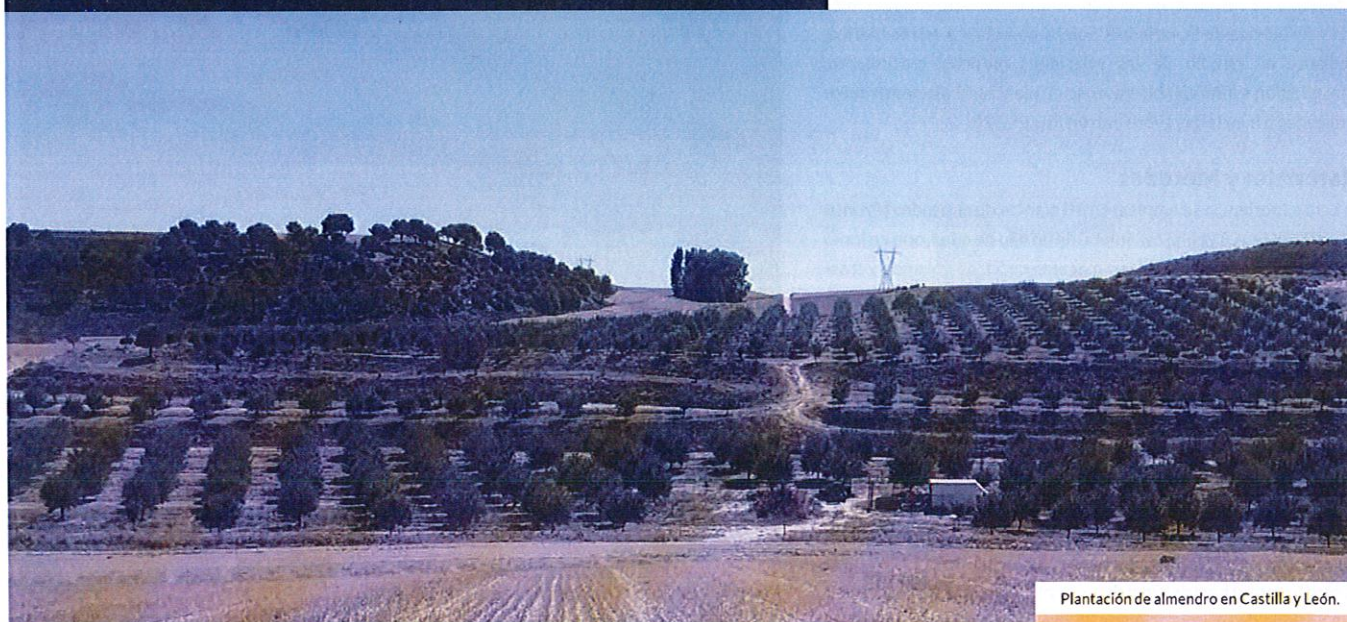


Estudio realizado con la variedad 'Soleta'

Influencia del patrón en la adaptación del almendro frente al estrés hídrico

18

El almendro es una especie muy tolerante a la sequía, pero en regadío su producción aumenta considerablemente. Este trabajo estudia la respuesta fisiológica al déficit hídrico de plantas de almendro (*Prunus dulcis* L. cv. Soleta) autorradicadas o injertadas en Rootpac20. El desarrollo de las plantas se vio afectado por el régimen hídrico y la biomasa foliar se redujo en las plantas en las que el riego fue suprimido. El estrés hídrico redujo el diámetro del tronco en los dos formatos, pero el patrón Rootpac20 marcó de una manera más acusada este comportamiento. El pie franco minimizó la reducción de la fotosíntesis durante la fase de estrés y facilitó la recuperación cuando el riego se restableció, consiguiendo mejor estado hídrico y una rehidratación más rápida que las plantas injertadas sobre patrón Rootpac20.



Plantación de almendro en Castilla y León.

Álvarez, S¹., Martín, H., Barajas, E, Rubio, J.A.

¹ Investigador alvmarσα@itacyl.es Unidad de Cultivos Leñosos y Hortícolas, Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL)

El almendro es una especie muy tolerante a la sequía, pero en regadío su producción aumenta considerablemente (Girona, 1992). El almendro es una especie con mucha facilidad de adaptación a un amplio rango de disponibilidades hídricas. La mayoría de la superficie de almendro a nivel mundial es cultivada bajo condiciones de secano, pero la mayoría de la producción

*Almond is considered a drought tolerant species, but its production increases enormously under full irrigation compared to rainfed conditions. This work studies the physiological response to water stress of one year-old almond plants (*Prunus dulcis* L. cv. Soleta) grafted onto Rootpac20 rootstock and ungrafted. The results show different responses of cv. Soleta depending on the irrigation regime and leaf biomass decreased in plants submitted to water deficit. Water stress reduced trunk diameter, especially in grafted plants. Removing irrigation also affected photosynthesis in grafted and non-grafted plants, with non-grafted being the plants less affected during stress phase and faster recovery when irrigation was re-established, achieving better water status and faster rehydration compared to plants grafted onto Rootpac20*

19

se obtiene bajo riego, ya que la productividad de este cultivo está directamente relacionada con la cantidad de agua aplicada (Espadafor et al. 2017). Sin embargo, 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 (Gijón et al. 2010). En este contexto de escasez de agua, la elección del material vegetal adecuado es un factor importante a tener en cuenta.

Objetivos

El objetivo de este trabajo ha sido conocer la respuesta morfológica y fisiológica de la variedad 'Soleta' sometida a estrés hídrico, mediante el estudio de las relaciones hídricas, crecimiento, transpiración e intercambio gaseoso de plantas de almendro autorradicadas o injertadas sobre patrón Rootpac20.

Materiales y Métodos

En esta experiencia se emplearon 80 plantas de almendro (*Prunus dulcis* (Mill) D. A. Webb.) cv 'Soleta' de un año de edad, que en junio de 2018 fueron trasplantadas a macetas de 5 L de volumen y trasladadas a un invernadero. El sustrato fue una mezcla de fibra de coco, turba negra + turba rubia y vermiculita (8:7:1). La mitad de las plantas eran autorradicadas (A) y la otra mitad estaban injertadas sobre patrón Rootpac20 (Rp). Estas macetas, tanto autorradicadas como injertadas, se regaron diariamente a capacidad de campo durante 3 semanas, y a partir de ahí fueron sometidas a dos tratamientos diferenciales de riego durante 55 días: un tratamiento regado diariamente a capacidad de campo durante todo el ensayo (Regadío, R) y un tratamiento en donde el riego fue suprimido durante 20 días (fase de estrés; Doy 198-217) (Secano, S). Después de este tiempo y hasta el final del ensayo, las plantas se sometieron a un período de recuperación de 35 días, regándose diariamente a capacidad de campo (fase de recuperación, doy 218-255). De esta manera quedaron establecidos los 4 tratamientos (20 plantas/tratamiento): AS (plantas autorradicadas en secano), AR (plantas autorradicadas bien regadas), RpS (injerto sobre Rootpac20 en secano) y RpR (injerto sobre Rootpac20 bien regadas).

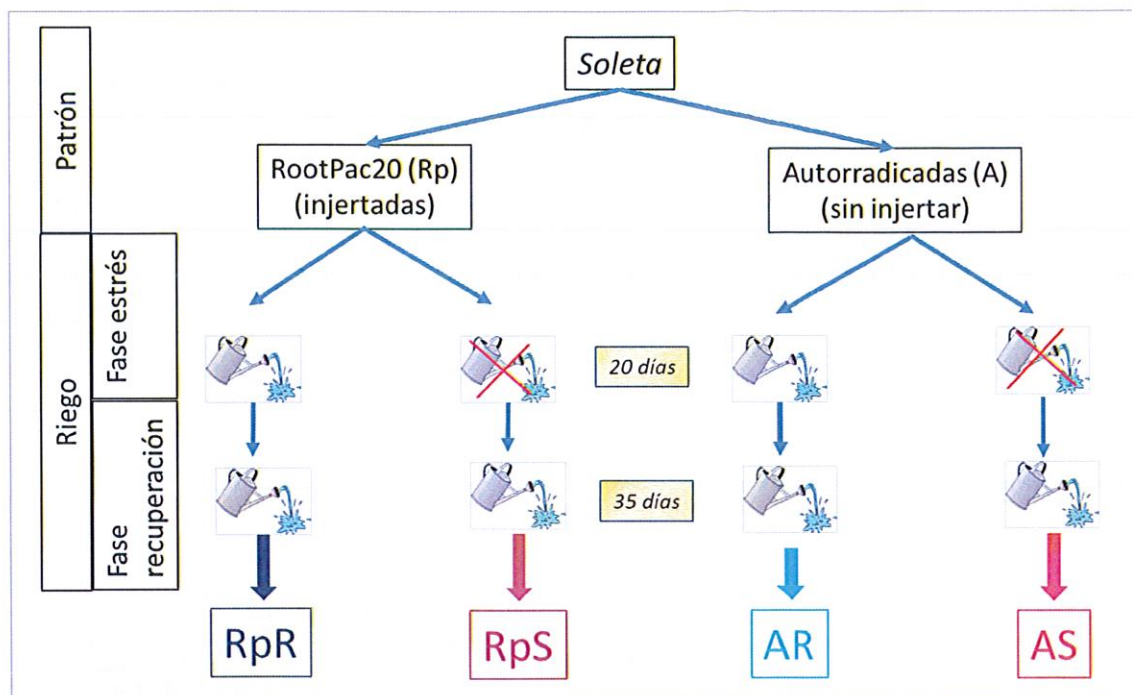
Para la evaluación del crecimiento se realizó un muestreo destructivo en 8 plantas por tratamiento al final de la fase de estrés y recuperación, en el que se determinó el peso seco aéreo y se midió



Plantas en el invernadero al inicio del ensayo.

el área foliar, usando un medidor de área Delta-T (Device Ltd., Cambridge, UK). Periódicamente se midió la altura de la planta y el diámetro de tronco con un calibre en 20 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 (?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 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. En la medida de la conductancia estomática (gs) y la tasa de fotosíntesis



Esquema del diseño experimental.

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 6 plantas por tratamiento. La humedad volumétrica del sustrato se calculó pesando la maceta antes y después del riego, en cinco plantas por tratamiento. La significación de los tratamientos fue analizada mediante un análisis de varianza multifactorial, usando el programa Statgraphics Plus.

Resultados y discusión

El desarrollo de las plantas se vio afectado de forma significativa por el régimen hídrico y la acumulación de biomasa foliar se redujo en las plantas en las que el riego fue suprimido durante 20 días (S) (Tabla 1). Cuando el sustrato estaba bien hidratado, las plantas injertadas en rootpac20 (RpR) fueron las que tuvieron mayor área

foliar. Por el contrario, en las plantas que no recibieron aporte hídrico, el crecimiento foliar se vio más reducido en RpS que en AS, (reducciones del 77% y 68% en RpS y AS, respectivamente). La disminución del área foliar en estas plantas se debe a una reducción del número de hojas y del tamaño foliar y también se produjo caída de hojas en estas plantas como consecuencia del severo estrés hídrico. La producción y pérdida de hojas son parámetros muy sensibles al déficit hídrico y se ven afectados cuando desciende la disponibilidad de agua en el suelo. Si tenemos en cuenta este parámetro, Soleta autorradicada (AS) es más tolerante al déficit hídrico que la planta injertada en Rootpac20 (RpS), ya que las reducciones respecto al regadío son menores. Al final del periodo de recuperación, las plantas AS son las que presentan menor acumulación de biomasa y área foliar, pero las diferencias en el tamaño foliar uni-

Fase	Parámetros	RpR	AR	RpS	AS	R	P	RxP
Fase	Peso seco hojas (g pl ⁻¹)	14.9±0.9	12.6±0.9	3.8±0.7	3.6±0.7	***	ns	ns
	Peso seco tallo (g pl ⁻¹)	25.4±4.5	25.4±2.9	28.5±1.9	16.1±0.8	***	***	ns
	Área foliar total (cm ²)	1306±66	970±57	297±55	316±67	***	*	*
	Número de hojas	405.0±14.0	336.7±19.9	129.2±22.5	129.3±20.7	***	ns	ns
	Área unitaria (cm ²)	3.2±0.2	3.0±0.2	1.9±0.2	2.0±0.3	***	ns	ns
Rec	Peso seco hojas (g pl ⁻¹)	26.3±1.6	14.3±1.4	16.0±16.0	11.6±0.8	***	***	**
	Peso seco tallo (g pl ⁻¹)	83.9±5.4	33.8±2.5	33.8±33.8	24.2±1.4	***	***	***
	Área foliar total (cm ²)	2278±197	1120±146.4	1594±89	917±55	**	***	ns
	Número de hojas	491.3±51.9	345.8±48.3	403.8±21.7	215.0±26.4	*	***	ns
	Área unitaria (cm ²)	4.2±0.3	3.6±0.3	3.9±0.3	4.4±0.3	ns	ns	ns

Tabla 1. Estudio del crecimiento en plantas de almendro en plantas de almendro autorradicadas e injertadas sobre Rootpac20 (P) y sometidas a distintos tratamientos de riego (R) al final de la Est de estrés (Est) y de la fase de recuperación (Rec). Los valores son la media de 8 plantas.

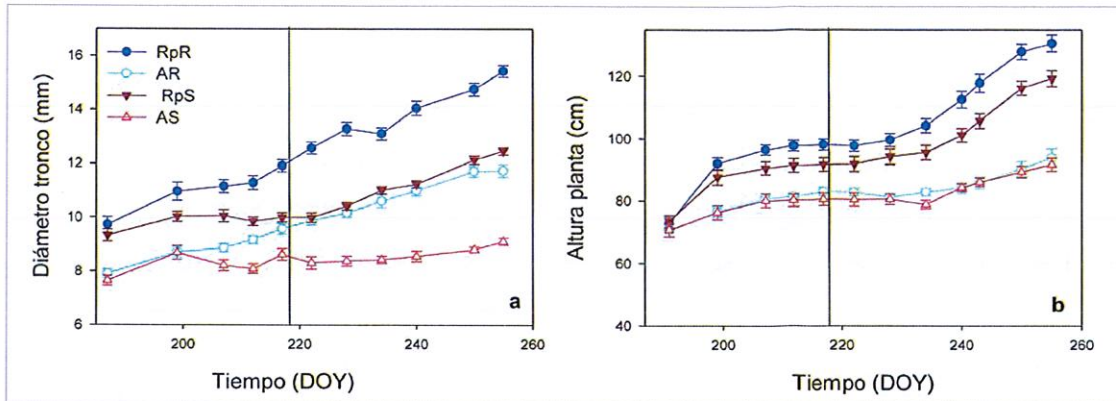


Figura 1. Evolución del diámetro del tronco (a) y de la altura de la planta (b) en plantas de almendro autorradicadas e injertadas sobre Rootpac20 y sometidas a distintos tratamientos de riego. Valores son las medias \pm s.e., $n=20$. Los símbolos representan los diferentes tratamientos: RpR (círculo relleno), AR (círculo vacío), RpS (triángulo relleno) y AS (triángulo vacío). La línea vertical representa el cambio de riego.

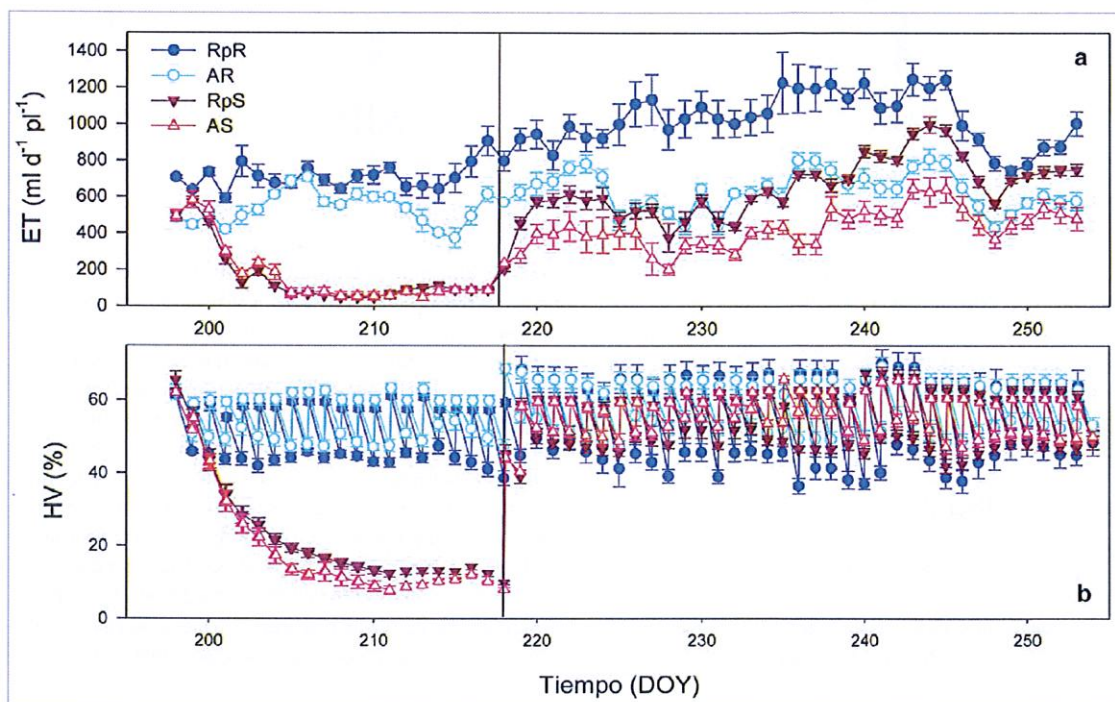


Figura 2. Evolución de la evapotranspiración de la planta (ET; a) y de la humedad volumétrica del sustrato (HV; b) en plantas de almendro autorradicadas e injertadas sobre Rootpac20 y sometidas a distintos tratamientos de riego. Valores son las medias \pm s.e., $n=5$. Los símbolos representan los diferentes tratamientos: RpR (círculo relleno), AR (círculo vacío), RpS (triángulo relleno) y AS (triángulo vacío). La línea vertical representa el cambio de riego.

tario desaparecen al final de esta fase. En este punto, las plantas del tratamiento AS se igualan en tamaño de hojas al resto de tratamientos, pero siguen teniendo menor número de hojas.

El estrés hídrico redujo el diámetro del tronco en los dos formatos, pero el patrón Rp marcó de una manera más acusada este comportamiento (Figura 1a). Estas reducciones del diámetro del tronco en las plantas no regadas permanecen al final de la fase de recuperación. De forma similar, la sequía redujo la altura de las plantas Rp, aunque este parámetro no se vio afectado en las plantas autorradicadas (Figura 1b). El crecimiento de la planta se ve habitualmente limitado cuando la disponibilidad de agua en el sustrato disminuye. En nuestro ensayo, la disminución en el crecimiento vino acompañada con la pérdida en el número de hojas, parámetro muy sensible al estrés hídrico (Anyia y Herzog, 2004) y con la reducción del área

foliar (Egea et al. 2010). Estas modificaciones pueden tener un papel adaptativo, evitando las pérdidas excesivas de agua, mediante la reducción de la superficie transpirante (Espadafor et al. 2017).

Los valores de evapotranspiración (ET) variaron a lo largo del ciclo y estuvieron estrechamente relacionados con las variables climáticas (T, HR, radiación) (Figura 2a). ET fue mayor en las plantas regadas y se redujo en las plantas no regadas según descendió la humedad volumétrica del sustrato y fue similar en los dos tratamientos no regados durante la fase estrés (Figura 2b). En general, los valores más altos de ET correspondieron a las plantas RpR, aunque estas diferencias entre tratamientos fueron más marcadas según avanzaba el ensayo. Cuando el riego se restableció en las plantas del tratamiento S, los valores de ET aumentaron, pero permanecieron más bajos que las plantas regadas durante todo el ensayo.

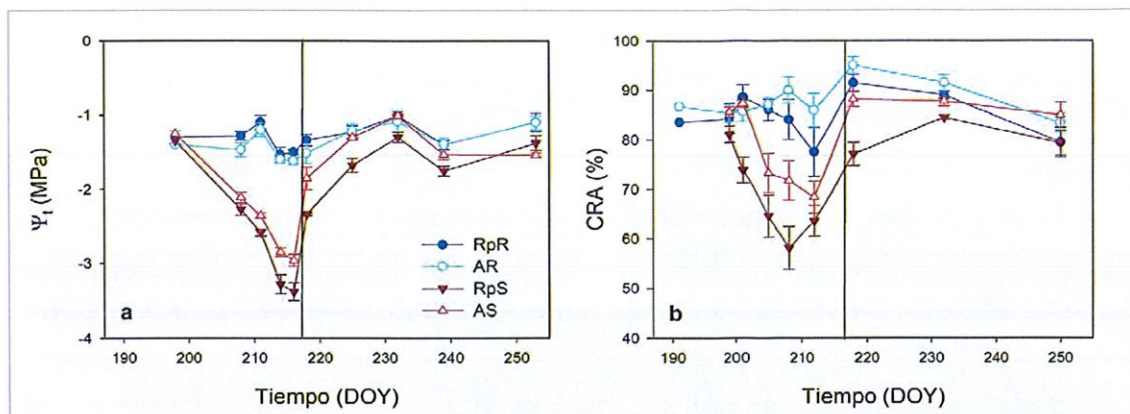


Figura 3. Evolución del potencial de tallo (Ψ_t ; a) y del contenido relativo de agua foliar (CRA; b) en plantas de almendro autorradicadas e injertadas sobre Rootpac20 y sometidas a distintos tratamientos de riego. Valores son las medias \pm s.e., n=6. Los símbolos representan los diferentes tratamientos: RpR (círculo relleno), AR (círculo vacío), RpS (triángulo relleno) y AS (triángulo vacío). La línea vertical representa el cambio de riego.

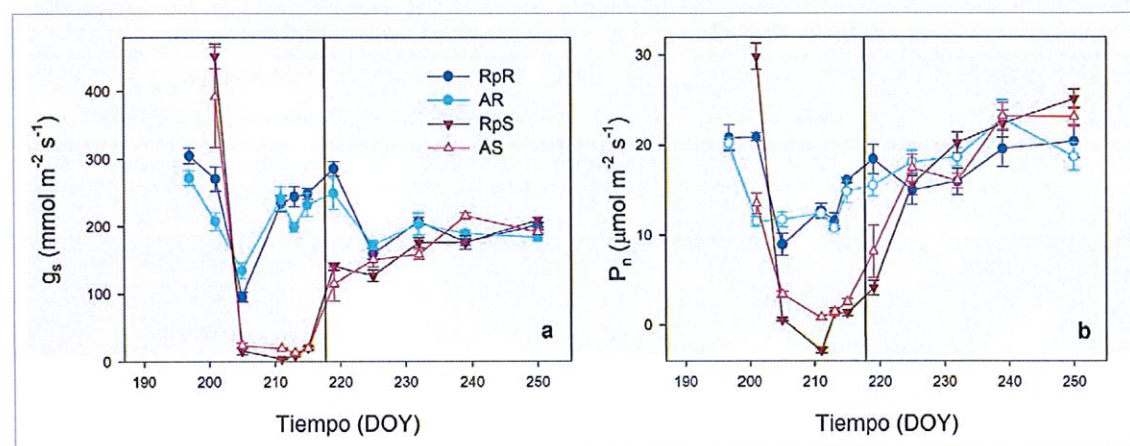


Figura 4. Evolución de la conductancia estomática (g_s ; a) y de la tasa de fotosíntesis neta (P_n ; b) en plantas de almendro autorradicadas e injertadas sobre Rootpac20 y sometidas a distintos tratamientos de riego. Valores son las medias \pm s.e., n=6. Los símbolos representan los diferentes tratamientos: RpR (círculo relleno), AR (círculo vacío), RpS (triángulo relleno) y AS (triángulo vacío). La línea vertical representa el cambio de riego.

Estas diferencias en el consumo de agua por las plantas son atribuibles a una menor superficie transpirante, como consecuencia de una disminución del área foliar y menor apertura estomática como veremos más adelante, ya que durante la fase de recuperación, las condiciones de humedad del sustrato (HV), parámetro estrechamente relacionado con la ET, fue similar en todos los tratamientos.

El potencial de tallo reflejó el agua aportada en los distintos momentos, provocando desde el inicio, una importante caída del potencial de tallo en las plantas del tratamiento seco, alcanzando valores de -3.3 MPa en las plantas del tratamiento RpS, siendo estas plantas las que presentaron los valores más bajos de contenido relativo de agua foliar (CRA) (Figura 3). Este descenso en el potencial de tallo resulta reversible cuando se restaura el riego en las plantas de almendro, pero las plantas injertadas en Rootpac20 necesitan más tiempo que las plantas autorradicadas para alcanzar los valores de las plantas que habían recibido riego durante todo en ensayo (R). Tanto en condiciones de riego como de seco, las plantas autorradicadas presentaron valores de CRA más altos que las plantas injertadas en Rootpac20, y estas diferencias permanecieron hasta el final del ensayo.

La supresión del riego produjo un acentuado descenso de la conductancia estomática al mediodía, alcanzando valores muy bajos durante la fase de estrés, lo que sugiere un eficiente control esto-

mático (Figura 4a). Esta reducción de la conductancia estomática se refleja en un control de la transpiración en esta variedad, limitando así la pérdida de agua. El cierre estomático, junto con la reducción del área foliar es uno de los principales mecanismos más efectivos para controlar las pérdidas de agua (Espadafor et al. 2017). Como resultado de este descenso de conductancia, la tasa de fotosíntesis neta fue inevitablemente reducida tanto en las plantas autorradicadas, como en las injertadas en Rootpac20, debido al descenso de la disponibilidad de CO_2 a nivel del cloroplasto, como ha sido observado en otras variedades de almendro sometidas a condiciones de riego deficitario (Torrecillas et al. 1988; Romero et al. 2004).

El descenso de la fotosíntesis observado en nuestro ensayo fue minimizado en las plantas AS, que presentaron valores de fotosíntesis más elevados que RpS, a pesar de que ambos tratamientos tenían valores similares de apertura estomática, lo que indica una mayor eficiencia intrínseca en el uso del agua (P_n/g_s) (Figura 4b).

Durante la fase de estrés, los parámetros de fotosíntesis disminuyeron más acusadamente en las plantas RpS, las cuales también presentaron los más bajos valores de contenido relativo de agua, provocando una importante disminución de los valores de potencial hídrico foliar. El pie franco minimizó este efecto durante la fase de estrés y facilitó la recuperación cuando el riego se restableció, consiguiendo un mejor estado hídrico y una rehidratación



Vista general del invernadero durante ensayo.

más rápida que las plantas injertadas sobre patrón Rp (Figura 3). El restablecimiento del riego también produjo un incremento de la conductancia y de la fotosíntesis de las plantas previamente estresadas (S) y 7 días después del inicio de la fase de recuperación presentaron valores similares a las plantas bien regadas durante todo el ensayo (R), lo que sugiere que son los factores estomáticos los que están más directamente implicados en la respuesta de la fotosíntesis en los niveles de déficit hídrico estudiados y que no hubo daños permanentes en el aparato fotosintético, a pesar de la drástica reducción del aporte hídrico y humedad del sustrato (Figura 4). Cuando se restablece el riego las plantas de Soleta recuperan los parámetros del estado hídrico e intercambio gaseoso a corto plazo, sin embargo, los parámetros de crecimiento necesitan más tiempo para alcanzar los de las plantas bien regadas.

Conclusiones y Recomendaciones

En conclusión, nuestros resultados indican que, aunque la limitación del riego reduce el crecimiento de 'Soleta' en ambos pies creciendo en maceta (A y Rp), las respuestas fisiológicas y morfológicas son diferentes. En condiciones de riego, los dos tipos de plantas podría usarse de forma satisfactoria ya que mantienen una buena calidad. Si bien, las plantas Rp son las que presentan una mayor tasa de fotosíntesis y crecimiento. Pero en condiciones de secano, las plantas soleta autorradicadas fueron más resistentes al déficit hídrico, como consecuencia de un mecanismo efectivo de control estomático, menor deshidratación y una mayor eficiencia en el uso del agua, lo que le permite una recuperación del estado hídrico más rápida cuando se restablece el riego. •



Agradecimientos

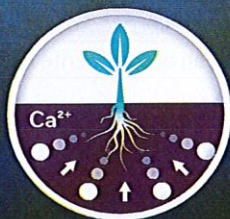
Este trabajo ha sido financiado a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER).

Para consultar los datos bibliográficos del artículo, visite: www.interempresas.net/A255680

codasal premium



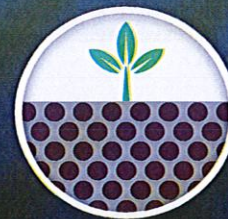
Tecnología pionera en calcio eficiente



Calcio de alta disponibilidad
para los cultivos



Desplazamiento de
sales del bulbo húmedo



Mejores condiciones físico-
químicas-biológicas del suelo

sumario

344

Director: David Pozo
Consejo Editorial: Ignasi Iglesias,
Daniel Valero, Dirk Janssen, Ana María Fita,
Rafael Lozano, Juana Isabel Contreras,
Juan José Alarcón
Coordinación Comercial: Laia Prat

Edita: **Interempresasmedia**

Director: Angel Hernández
Director Adjunto: Àngel Burniol
Director Comercial: Marc Esteves
Director Área Industrial: Ibon Linacisoro
Director Área Agroalimentaria: David Pozo
Director Área Construcción
e Infraestructura: David Muñoz
Directora Área Internacional: Sònia Larrosa

www.interempresas.net/info
comercial@interempresas.net
redaccion_horticultura@interempresas.net

grupo **NOVAÀGORA**

Director General: Albert Esteves
Director de Desarrollo de Negocio: Aleix Torné
Director Técnico: Joan Sánchez Sabé
Director Administrativo: Jaume Rovira
Director Logístico: Ricard Vilà
Directora Agencia Sáviat: Elena Gibert

Amadeu Vives, 20-22
08750 Molins de Rei (Barcelona)
Tel. 93 680 20 27

Delegación Madrid
Av. Sur del Aeropuerto de Barajas, 38 -
Centro de Negocios Eisenhower,
edificio 4, planta 2, local 4
28042 Madrid - Tel. 91 329 14 31

www.novaagora.com

Audiencia/difusión en internet
y en newsletters auditada
y controlada por:



Interempresas Media es miembro de:



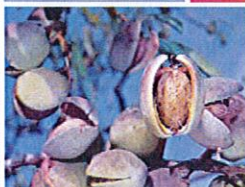
Medio colaborador de:



14 >>



34 >>



68 >>



08 ACTUALIDAD

El almendro, cultivo objeto para grandes compañías e inversores

18 Influencia del patrón en la adaptación del almendro frente al estrés hídrico

24 El almendro en seto autoenraizado: una nueva alternativa productiva para los secanos

Situación y perspectivas del cultivo del almendro en Castilla y León

40 Condicionantes climáticos del cultivo del pistachero en Castilla y León

48 CORRIZ-AM, aumenta las actividades enzimáticas Deshidrogenasa y β -Glucosidasa

50 Entrevista a Raúl Calleja, director de Fruit Attraction

56 Nueva etapa para los fertilizantes en la Unión Europea

60 La Cátedra Corteva pone en valor la agricultura moderna y la tecnología para ayudar al sector

64 Progreso da un paso más para ofrecer soluciones avanzadas a la agricultura

66 iDRONE: drones e inteligencia artificial para mejorar rendimientos en el campo

Agrievolution: los cultivos especiales como punta de lanza

72 Entrevista a Esperanza Orellana, directora general de Producciones y Mercados Agrarios

74 Gran seguimiento de las Jornadas de Citricultura y Futricultura de la SECH

76 Nueva vía para acabar con la alternancia de cosechas en cítricos

78 Almendro y melocotón, dos especies cercanas pero con diferencias

80 Puesta en marcha un proyecto internacional para intentar evitar la entrada en el continente del devastador HLB

82 La agricultura climáticamente inteligente

86 El consumo regular de pistachos puede retrasar el envejecimiento celular

88 Semilleros biodegradables y compostables para el sector agrícola

Revista bimestral

D.L.: B-25.975/2018
ISSN Revista: 2340-2903
ISSN Digital: 2462-6112

«La suscripción a esta publicación autoriza el uso exclusivo y personal de la misma por parte del suscriptor. Cualquier otro reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta publicación sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares. En particular, la Editorial, a los efectos previstos en el art. 32.1 párrafo 2 del vigente TRLPI, se opone expresamente a que cualquier fragmento de esta obra sea utilizado para la realización de resúmenes de prensa, excepto si tienen la autorización específica. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra, o si desea utilizarla para elaborar resúmenes de prensa (www.conlicencia.com; 91 702 19 70/93 272 04 47)»