

# Improvement of yield and quality fruit in water stressed through selection of pepper rootstocks

## Mejora del rendimiento y calidad en déficit hídrico mediante selección de portainjertos de pimiento

A. Gálvez<sup>1\*</sup>, F. Pérez-Alfocea<sup>2</sup>, F. M. del Amor<sup>1</sup>, J. López-Marín<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hortofruticultura, IMIDA (Instituto Murciano de I+D Agrario y Alimentario). C/ Mayor s/n La Alberca. 30150 -Murcia, Spain.

<sup>2</sup> Nutrición Vegetal, CEBAS-CSIC. Campus de Espinardo, 25. 30100 -Murcia, Spain.

\* 1297@coitarm.es

### Abstract

The reduction of the water available in the southeastern Spanish is forcing to look for alternatives that alleviate these decreases. The effects of three commercial rootstocks (Atlante, Creonte and Terrano) on the agronomical and physiological responses of a commercial sweet pepper variety (cv Herminio) subject to deficit irrigation (50% of field capacity) have been studied. Although the three rootstocks increased total and marketable yield under control and deficit irrigation. Creonte produced the most productive and efficient plants in the use of water, recorded the highest photosynthetic activity and water content in the leaves, and the foliar area and biomass more stable under water stress. Atlante is a vigorous vegetative rootstock and Terrano is rather a dwarfing-reproductive rootstock that produces efficient compact plants without negative effects on fruit quality.

**Keywords:** *Capsicum annuum* L.; grafting; vegetative growth; vigour; drought.

### Resumen

La reducción del agua disponible en el Sureste español está obligando a buscar alternativas que palien dichas disminuciones. En este trabajo se han estudiado los efectos de tres portainjertos comerciales (Atlante, Creonte y Terrano) sobre la respuesta agronómica y fisiológica de una variedad comercial de pimiento (cv Herminio) sometido a riego deficitario (50% de la capacidad de campo). Creonte produjo las plantas más productivas y eficientes en el uso del agua, registró la mayor actividad fotosintética y contenido de agua en las hojas, y el área foliar y la biomasa más estables bajo estrés hídrico. Atlante es un portainjerto vegetativo vigoroso y Terrano es más bien un portainjerto enano-reproductivo que produce plantas compactas eficientes sin efectos negativos en la calidad de la fruta.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum* L.; injerto; desarrollo vegetativo; vigor; sequía.

## 1. INTRODUCCIÓN

En un futuro próximo, la mayor necesidad de alimentos, derivada del esperado aumento de la población mundial y la mejora de su calidad de vida, conducirá a una mayor demanda de agua para regar los cultivos y aumentará más la competencia por éste cada vez más escaso recurso. Los efectos del estrés hídrico pueden ser directos: como la disminución de la disponibilidad de CO<sub>2</sub> causada por las limitaciones de difusión a través de los estomas y/o el mesófilo [1]; o por alteración en las reacciones de fijación de CO<sub>2</sub> [2]. Una solución posible para reducir las pérdidas

de rendimiento y mejorar el crecimiento de los cultivos en condiciones de déficit hídrico, implica el uso de injertos con portainjertos capaces de paliar los efectos de este estrés en el tallo [3,4]. La obtención de conocimientos sobre los rasgos fisiológicos/agronómicos de los portainjertos disponibles ciertamente contribuirá a una mejor selección de los portainjertos adecuados para cada agroambiente.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento de tres portainjertos comerciales de pimiento sobre el equilibrio vegetativo/reproductivo, el intercambio de gases y el rendimiento y calidad de la producción de pimiento injertado cultivado en régimen de riego normal y régimen de riego deficitario.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Material vegetal y condiciones del invernadero

El cultivar 'Herminio' F1 (Syngenta Seeds, EE.UU.) se injertó sobre tres portainjertos comerciales: Atlante (Ramiro Arnedo, Spain), Terrano (Syngenta Seeds, USA) y Creonte (De Ruiters, Monsanto Seeds, Holanda). Se utilizaron plantas de 'Herminio' no injertadas como control. El ciclo de cultivo se inició el 5 enero y finalizó el 16 de agosto. La densidad de plantación fue de 25.000 plantas/ha. El tratamiento control (sin estrés: NS) recibió el 100% de los requerimientos de riego (ETc), mientras que el tratamiento de estrés hídrico (estrés: S) recibió el 50% de la cantidad del tratamiento control. El diseño experimental fue un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones para cada condición de riego. El tratamiento de estrés hídrico se inició a los 181 días después del trasplante (DDT) y se mantuvo durante 30 días.

### 2.2 Desarrollo vegetativo, intercambio gaseoso y producción

Se seleccionaron 15 plantas injertadas y no injertadas para medir diferentes parámetros individualmente. Al final del ciclo de cultivo (211 DDT), se midieron los valores de altura de la planta, área foliar y peso fresco (PF) y seco (PS) de hojas, tallos y raíces. Se midió el área foliar utilizando un medidor de hoja y se extrajo la biomasa de la raíz en un volumen de suelo similar a 40 x 40 x 40 cm<sup>3</sup> en todas las plantas. Para determinar el intercambio gaseoso, se midieron las hojas más cercanas a un fruto recién cuajado y las medidas se efectuaron 20 días después del cuajado del mismo (205 DDT), de 9:00 am a 11:00 am (GMT). La tasa de asimilación neta de CO<sub>2</sub> (A<sub>max</sub>, μmol de CO<sub>2</sub>m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), la conductancia estomática (g<sub>s</sub>, mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), y la tasa de transpiración (E, mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) se midieron en condiciones constantes de saturación de luz (800 mol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) y 400 ppm de CO<sub>2</sub> con un medidor de fotosíntesis portátil LI-6400 (LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, EE.UU.). Se recolectaron los frutos de pimiento de las 15 plantas seleccionadas y se evaluó la producción, diferenciando entre total, comercial y destrío (soleados, blossom-end-rot, etc.).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Creonte fue el mejor portainjerto en cuanto al rendimiento total y comercial (Tabla 1) y algunos parámetros físicos de calidad de los frutos (dimensiones y firmeza del fruto) en ambos tratamientos, control y particularmente deficitario (Tabla 1). Además, este portainjerto incrementa significativamente los parámetros relacionados con la fotosíntesis (Fig.1.A), el índice de cosecha y la eficiencia del uso del agua agronómica (Fig. 1. E,F), en comparación con Herminio sin injertar y los otros portainjertos. Aunque Creonte registró la mayor biomasa de raíz en condiciones control, este patrón fue el más afectado por el estrés hídrico en este parámetro. Sin embargo, Atlante presentó el mayor sistema radicular en ambas condiciones de cultivo, indujo la mayor biomasa de hojas y tallos (Fig. 2.A) y altura de la planta, pero sin un efecto adicional significativo en el rendimiento de la producción. Por lo tanto, Atlante puede ser considerado como

un portainjertos vegetativo, mientras que Creonte es más bien de tipo reproductivo (alta relación reproductiva/vegetativa) (Fig. 2.C). Las plantas injertadas en Terrano fueron más compactas y registraron el mayor WUEi (uso eficiente del agua intrínseco) bajo déficit hídrico, pero produjeron un rendimiento similar a Atlante y mayor que Herminio no injertado a pesar de los bajos valores de Amax y gs (Fig. 1A, B). Estos resultados sugieren requerimientos de agua mucho menores para este portainjertos enano/reproductivo. Creonte proporcionó tolerancia al estrés hídrico, a través del mantenimiento del área foliar y de los parámetros relacionados con la fotosíntesis, como ocurrió en estrés térmico [5].

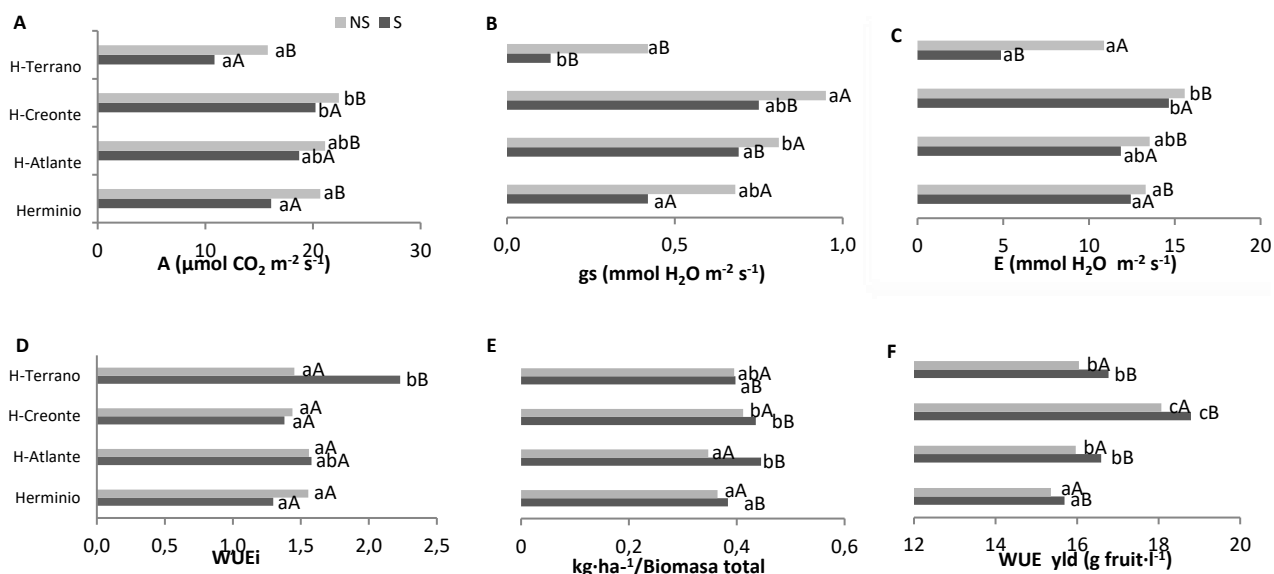
En general, el injerto promueve el crecimiento vegetativo debido al mayor y más vigoroso sistema radicular de los portainjertos [6], sin embargo, no existe interrelación entre la producción y el vigor de las plantas proporcionadas por el portainjertos en pimiento [7], como ocurre en este estudio. Un sistema de raíces más desarrollado ayudaría a explicar plantas más vigorosas, particularmente bajo déficit hídrico, pero no parece ocurrir en este estudio, ya que la biomasa de la raíz en el portainjertos más productivo Creonte fue la que se vio más afectada (Fig. 4d). Creonte es claramente un portainjertos de tipo reproductivo; los rasgos más importantes de este portainjertos están relacionados con la alteración de la fisiología foliar en la variedad, ya que esta combinación de injertos registró los más altos valores y estabilidad de los parámetros relacionados con la fotosíntesis, como se observó previamente bajo estrés térmico [5].

#### 4. CONCLUSIONES

En conclusión, el vigoroso y vegetativo portainjertos Atlante no proporciona ningún beneficio en términos de rendimiento de frutos o resistencia a la sequía. Creonte es un portainjertos reproductivo que proporciona mayor fotosíntesis neta, área foliar estable y mayores rendimientos (tanto por el número de frutos como por el peso) en ambos regímenes de riego sin afectar a la estructura vegetativa de la variedad injertada. Terrano es un portainjertos enano-reproductivo que reduce principalmente la altura de la planta sin afectar a la biomasa de los tallos y aumenta el rendimiento WUE intrínseco y la producción comercial bajo ambos regímenes de riego, conservando las características claves de la calidad del fruto.

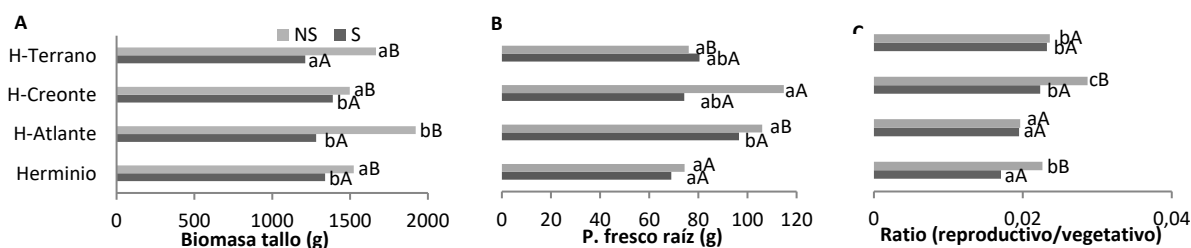
#### 5. REFERENCIAS

- [1] Flexas, J., Díaz-Espejo, A., Galmés, J., Kaldenhoff, R., Medrano, H., Ribas-Carbo, M. 2007. Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO<sub>2</sub> concentration around leaves. *Plant Cell Environ.* 30:1284-1298.
- [2] Lawlor, D.W., Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environ.* 25: 275-294.
- [3] Schwarz, D., Roupael, Y., Colla, G., Venema, J.H. 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. *Sci. Hort.* 127: 162-171.
- [4] Albacete A, Martínez-Andújar C, Martínez-Pérez, A., Thompson, A.J., Dodd, I.C., Pérez-Alfocea, F. 2015. Unravelling rootstock×scion interactions to improve food security. *J. Exp. Bot.*: 66: 2211- 2226.
- [5] López-Marín, J., González, A., Pérez-Alfocea, F., Egea-Gilabert, C., Fernández, J.A., 2013. Grafting is an efficient alternative to shading screens to alleviate thermal stress in greenhouse-grown sweet pepper. *Sci. Hort.* 149: 39-46.
- [6] Lee, J.M., Kubota, C., Tsao, S.J., Bie, Z., Hoyos Echevarria, P., Morra, L., Oda, M. 2010. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. *Sci. Hort.* 127: 93-105.
- [7] Doñas-Uclés, F., Pérez-Madrid, D., Amate-Llobregat, C., Rodríguez-García, E.M., Camacho-Ferre, F. 2015. Production of pepper cultivar palermo grafted onto serrano de morelos 2, jalapeño, and three commercial rootstocks. *HortScience.* 50 (7): 1018-1022.



Las diferentes mayúsculas señalan diferencias significativas entre las condiciones hídricas y las letras minúsculas muestran diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de LSD ( $p < 0.05$ ).

**Figura 1.** A (Fotosíntesis), B (Conductancia estomática), C (Transpiración), D (WUEi), E (Índice de cosecha) y F (WUE) de tres combinaciones variedad/portainjertos (H-Terrano, H-Creonte y H-Atlante) y plantas de pimiento “Herminio” sin injertar bajo condiciones de estrés (S) y no estrés (NS)



Las diferentes mayúsculas señalan diferencias significativas entre las condiciones hídricas y las letras minúsculas muestran diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de LSD ( $p < 0.05$ ).

**Figura 2.** A (Biomasa tallo: PFH+ PFT), B (PFR), C (Ratio vegetativo/reproductivo).

**Tabla 1.** Parámetros físicos y de producción en condiciones de estrés (S) y no estrés (NS).

Parámetros	Condiciones	Herminio	H-Atlante	H-Creonte	H-Terrano
Peso (g)	S	105.16±11.03	109.36±16.13aA	123.70±26.90bA	106.94±7.19aA
	NS	135.45±8.63a	143.25±18.30aB	179.60±21.25bB	144.49±15.62aB
Largo (mm)	S	74.24±5.57aA	87.24±10.16aA	94.67±7.28bA	90.40±15.04bA
	NS	96.92±10.01a	96.64±7.74aB	102.42±12.14bA	102.18±14.06bB
Ancho (mm)	S	71.46±7.27aA	71.49±4.25aA	74.81±7.03bA	69.81±8.15aA
	NS	74.13±9.33aB	79.96±2.79aB	89.49±4.53bB	72.75±8.52aB
Firmeza ( $\text{Kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ )	S	2.04±0.20aA	2.18±0.19bA	2.26±0.30bA	1.98±0.33aA
	NS	1.96±0.58aA	2.26±0.30bA	2.36±0.34bA	2.16±0.25aA
Producción total ( $\text{kg plant}^{-1}$ )	S	3.49±0.16aA	3.69±0.14bA	4.18±0.16cA	3.73±0.11bA
	NS	3.80±0.15aB	3.95±0.12bB	4.47±0.14cB	3.97±0.14bB
Producción comercial ( $\text{kg plant}^{-1}$ )	S	2.62±0.10aA	2.87±0.11bA	3.25±0.12cA	2.90±0.14bA
	NS	2.90±0.13aB	3.19±0.16bB	3.89±0.14cB	3.44±0.15bB
Frutos soleados ( $\text{kg plant}^{-1}$ )	S	0.63±0.08bA	0.56±0.07bB	0.60±0.07bB	0.50±0.07aB
	NS	0.60±0.06bA	0.46±0.05aA	0.38±0.06aA	0.33±0.07aA

Las diferentes mayúsculas señalan diferencias significativas entre las condiciones hídricas y las letras minúsculas muestran diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de LSD ( $p < 0.05$ ).