

Preliminary study of the palliative effect that offers grafting in plants of sweet pepper against to water stress

A. Gálvez López, J. López-Marín

Hortofruticultura, IMIDA (Instituto Murciano de I+D Agrario y Alimentario). C/ Mayor s/n La Alberca.30150 (Murcia), España. (www.imida.es). E-mail: 1297@coitarm.es

Resumen

En la zona del campo de Cartagena y sur de Alicante, el cultivo se realiza desde diciembre hasta agosto, centrándose la producción en los meses donde se dan altas temperaturas y radiaciones en el interior de los invernaderos, por lo que el cultivo tiene una gran demanda de agua. El objetivo de este estudio fue estudiar el efecto paliativo que ejerce el injerto sobre el estrés hídrico. Se utilizaron plantas de la variedad Gacela y Gacela injertada sobre sí misma. En general, el uso del injerto mejoró los parámetros vegetativos y los fotosintéticos e incrementó el rendimiento de las plantas injertadas en relación a las que no se injertaron. Estos resultados sugieren que las plantas injertadas han mostrado un incremento en la absorción de agua y nutrientes y tolerancia a este estrés abiótico, por lo que podemos concluir que el injerto es una eficaz herramienta agrícola que mejora los parámetros vegetativos y de producción frente a un estrés hídrico.

Palabras clave: Invernadero; temperatura; riego; estrés abiótico.

Abstract

In the area of the Campo de Cartagena and South of Alicante, the crop is done from December until August, focusing production in the months where high temperatures and radiation are given inside the greenhouses, so the crop has a high demand for water. The aim of this study was to study the palliative effect that exercises the graft on the water stress. Plants of the variety were in use Gacela and Gacela grafted on itself. In general, the use of the graft improved the vegetative parameters and the photosynthetic ones and increased the yield of the plants grafted on relation to which they are not grafted. These results suggest that the grafted plants have showed an increase in the absorption of water and nutrients and tolerance to this abiotic stress, for what we can conclude that grafting is an effective agricultural implement that improves the vegetative parameters and of production against to a water stress.

Keywords: Greenhouse; temperature; irrigation; abiotic stress.

1. Introducción

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos más importantes en el mundo y se encuentra entre los más susceptibles a estrés hídrico debido a que tiene una gran superficie foliar de transpiración, una alta conductancia estomática y un sistema radicular poco profundo [1]. El área mediterránea es una importante región para la producción de pimientos frescos. Sin embargo, este área tiene un serio problema de sequía, el cual no solo limita la posibilidad de cultivar nuevas tierras sino también del mantenimiento de una alta producción en las existentes. La baja disponibilidad de agua en el suelo provoca el estrés abiótico de mayor incidencia en el crecimiento vegetal, que, en los sistemas agrícolas representan grandes pérdidas económicas. Las pérdidas de cosecha debidas al estrés hídrico probablemente exceden a las provocadas por la combinación del resto de estreses [2]. Las plantas experimentan estrés

hídrico cuando el suministro de agua a las raíces es limitado o cuando la tasa de transpiración es muy alta. Estas dos condiciones coinciden bajo climas áridos y semiáridos [3]. Por todo ello, la sequía tiene un profundo impacto en la agricultura y en los sistemas ecológicos, de ahí que la capacidad de las plantas para soportar este estrés sea de gran importancia desde el punto de vista económico [4]. Por lo tanto, la necesidad de nuevas alternativas para una agricultura sostenible, como plantas más tolerantes a la sequía, proporcionaría una solución práctica para aliviar el problema de la limitación de agua [5]. La gestión del agua en el cultivo de pimiento es extremadamente importante en todas las etapas del desarrollo de la planta, debido a su influencia en el establecimiento de soporte, problemas fúngicos, cuajado y calidad [6]. El injerto puede ser una estrategia de adaptación en sistemas agrícolas de producción orgánica o integrada que permite a las plantas inducir la resistencia o

tolerancia a enfermedades transmitidas por patógenos del suelo y estreses ambientales [7]. El cultivo de plantas injertadas se ha extendido ampliamente (principalmente en tomate, melón y sandía), pero esta práctica está aún limitada en pimiento [8] y en lo que respecta a la información existente sobre patrones de pimiento tolerantes a estrés hídrico. El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto paliativo que ejerce el injerto sobre el estrés hídrico.

2. Materiales y Métodos

2.1 Material vegetal y condiciones del invernadero

Se utilizaron plantas de la variedad de pimiento Gacela F1 (Syngenta Seeds, Holanda) y Gacela injertada sobre sí misma. Las plantas se injertaron mediante el método japonés [9]. Se trasplantaron el 11 de diciembre de 2013 en un invernadero de 240 m² de superficie, localizado en la finca experimental "Torreblanca" del IMIDA en Murcia, SE España (lat. 37° 45' N, long. 0°59' W). El suelo se biosolarizó durante 90 días en verano de 2012, añadiendo una mezcla de 5 Kg/m² de estiércol de oveja y gallina (2:1, w/w). La densidad de plantación fue de 2,5 plantas/m². El ensayo en campo se llevó a cabo siguiendo las prácticas culturales habituales usadas por los productores de pimiento de esta zona. El ciclo de cultivo finalizó el 12 Agosto de 2014.

Los tratamientos de riego utilizados fueron: T1: (100% ETC, Control), T2: (75 % Control) y T3: (50% Control). La temperatura ambiente ambiente se midió mediante un Hobo U12 Temperature data logger (Onset, Massachusetts, USA).

2.2 Desarrollo vegetativo

Se utilizaron 15 plantas injertadas y sin injertar de cada tratamiento hídrico para medir los diferentes parámetros. Altura de la planta, número de hojas, área foliar, y biomasa foliar. El área foliar se midió usando un medidor de área foliar (LICOR-3100C; LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, USA). El peso seco se determinó por secado en estufa a 65 °C hasta peso constante.

2.3 Intercambio de gases

El intercambio de gases se midió en hojas totalmente desarrolladas. La medida se realizó a los 197 DDT (días después del trasplante), desde las 9:00 am hasta las 11:00 am (GMT). La tasa fotosintética (Amax, $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$), conductancia estomática (gs, $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$), transpiración (E, $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$), CO_2

intercelular (Ci, $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol aire}$) y uso eficiente del agua (WUE, $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$) se midieron en condiciones constantes de saturación de luz (800 $\text{mmol}/\text{m}^2\text{s}$) y 400 ppm de CO_2 con un medidor de fotosíntesis portátil LI-6400 (LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, USA).

2.4 Producción y calidad

Se recolectaron los frutos de las 15 plantas controladas. La calidad de la producción comercial se evaluó de acuerdo a las prácticas comerciales, descartándose los frutos con desordenes fisiológicos (soleados, blossom-end-rot, etc.) que no eran comerciales. 20 frutos aleatoriamente (4 por réplica del material vegetal) se seleccionaron a los 230 DDT para medir la calidad de la fruta. Los fenoles totales se determinaron mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu usando el ácido gálico como material de referencia según metodología [10]. Los contenidos en licopeno y β -caroteno se determinaron según Nagata y Yamashita 1992 [11]. El contenido en sólidos solubles ($^\circ\text{Brix}$) se determinó usando un refractómetro (Reichert Analytical Instrument, Depew, New York, USA).

2.5 Diseño del experimento y análisis estadístico

Plantas injertadas y sin injertar crecieron en una unidad modular de invernadero. El diseño experimental fue en bloques al azar. Cada tratamiento (material vegetal) tenía tres bloques y 5 plantas cada uno. El programa estadístico utilizado fue Statgraphics calculando las diferencias significativas por ANOVA y los resultados fueron comparados con una probabilidad de $P \leq 0.05$ de acuerdo al test LSD.

3. Resultados y Discusión

Las plantas injertadas son las que presentaron mayores valores de área foliar en todos los tratamientos de riego. En relación con el número de hojas, en el tratamiento de estrés hídrico (T3) es donde se obtuvieron menores valores y se observa que en este tratamiento las plantas injertadas redujeron el número de hojas solo un 33% como promedio frente a un 38% en el caso de las plantas sin injertar. El índice de área foliar también presentó valores más altos en las plantas injertadas con respecto a las que no se injertan en todos los tratamientos de riego, y se alcanzó el valor mayor en T2. Con respecto a la biomasa foliar, las plantas injertadas presentaron mayores valores que las sin injertar, excepto en el tratamiento de riego (T2) y se observó que en

el tratamiento más estresado las plantas injertadas disminuyeron la biomasa foliar solo un 12% como promedio frente a un 16% en las sin injertar.

Se registraron los mayores valores para la mayoría de los parámetros fotosintéticos en las plantas injertadas para todos los tratamientos de riego en la relación con las no injertadas, lo que indicó un mejor comportamiento de las mismas frente a la escasez de agua. Con relación a la fotosíntesis, en las plantas injertadas se obtuvieron los valores más altos. Las plantas no injertadas la redujeron en el tratamiento de estrés más severo un 56% con respecto al riego control, frente a un 35% solamente en el caso de las injertadas. Para la conductancia estomática también se obtuvieron los mayores valores en las plantas injertadas aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de riego y las plantas injertadas y no injertadas. En cuanto a la [CO₂] intercelular, no se encontraron diferencias entre las plantas injertadas y las sin injertar. Los mayores valores de transpiración se encontraron en las plantas injertadas, excepto para el tratamiento de estrés (T2) y obteniéndose como promedio en el tratamiento más estresado (T3) un 57% más de transpiración que en las plantas no injertadas. En referencia al uso eficiente del agua, no se encontraron diferencias significativas entre las plantas sin injertar y las injertadas aunque en estas últimas se obtuvieron los mayores valores, lo cual indica que las plantas injertadas tienen una mejor adaptación a las condiciones de estrés. Entre los distintos tratamientos de riego se encontraron diferencias significativas, siendo en el tratamiento más estresado (T3) donde se realizó un uso más eficiente del agua.

Con relación a la producción, tanto para la total como para la comercial, se obtuvieron los mayores valores en las plantas injertadas y se redujeron en un 37% y un 56% como promedio ambas producciones en el tratamiento de estrés hídrico (T3) con respecto al tratamiento control (T1). En las plantas no injertadas, las reducciones en este tratamiento de estrés hídrico (T3) fueron como promedio del 41% y del 53% con respecto al control (T1). Estos resultados fueron confirmados por [12] en sandías mini injertadas sobre un patrón comercial, en las cuales se obtuvo un 60% más de la producción comercial cuando crecían bajo condiciones de déficit hídrico comparadas con sandías no injertadas.

En cuanto a los parámetros de calidad, no se encontraron diferencias para los fenoles totales entre las plantas injertadas y las no injertadas, ni entre los distintos tratamientos de riego excepto

para el tratamiento de riego control en el que el valor es mayor en las no injertadas. Con respecto al licopeno, no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos de riego ni para las plantas no injertadas ni para las injertadas. En relación al β -caroteno, los mayores valores se obtuvieron en las plantas sin injertar. Con relación a los °Brix, no se encontraron diferencias significativas entre las plantas injertadas y las control, pero sí en cambio entre los distintos tratamientos de riego, obteniéndose en el tratamiento más estresado (T3) los mayores contenidos.

4. Conclusiones

En general, el uso del injerto, mejoró los parámetros vegetativos y fotosintéticos e incrementó el rendimiento de las plantas injertadas en relación a las que no se injertaron, por lo que podemos concluir, que el injerto es una eficaz herramienta agrícola que mejora los parámetros vegetativos y de producción frente a un estrés hídrico.

5. Agradecimientos

A los proyectos PO 07-4 y PO 07-41 de la Unión Europea-Feder 80% PO Región de Murcia.

6. Referencias bibliográficas

- [1] Delfine S., Tognetti R., Loreto F., Alvino A. 2002. Physiological and growth responses to water stress in field-grown bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *J Hort Sci Biotech.* 77: 697–704.
- [2] Reddy AR., Chaitanya KV., Vivekanandan M. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J Plant Physiol.* 161: 1189–1202.
- [3] Chaves M.M., Maroco, J.P., Pereira J.S. 2003. Understanding plant response to drought from genes to the whole plant. *Funct Plant Biol.* 30: 239-264.
- [4] Shao HB., Chu L., Jaleel CA., Zhao CX. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *C R Biol.* 331: 215-225.
- [5] Xoconostle-Cázares, B., Ramírez-Ortega, F.A., Flores-Elenes, L., Ruiz-Medrano, R. 2010. Drought tolerance in crop plants. *Am J Plant Physiol.* 5:241-256.
- [6] Sezen S.M., Yazar A., Eker S. 2006. Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper. *Agr Water Manage.* 81:115–131.
- [7] San Bautista A., Calatayud A., Nebauer S.G., Pascual B., Maroto J.V., López-Galarza S. 2011. Effects of simple and double grafting melon

plants on mineral absorption, photosynthesis, biomass and yield. *Sci Hort.* 130: 575–580.

[8] Miguel A., De la Torre F., Baixauli C., Maroto J.V., Jordá M.C., López M.M., García-Jiménez J. 2007. Injerto en hortalizas. [Graft in vegetables.] Valencia, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación and Fundación Ruralcaja.

[9] Suzuki, E. 1972. "Sandía de Yamato".

[10] Kähkönen, M.P., Hopia, A.I.; Vucrela, H.J.; Rauha, J.P.; Pihlaja, T.S.; Heinonen, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J Agr Food Chem.* 1999. 47: 3954–3962.

[11] Nagata, M. and Yamashita, I.: 1992: Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit: *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaish:* 39(10): 925–928.

[12] Rouphael, Y., Cardarelli, M., Colla, G., Rea, E. 2008. Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *Hortscience.* 43 (3): 730–736.

Tablas y Figuras

Tabla 1. Parámetros vegetativos.

Parámetros	T	T1	T2	T3
Altura (cm)	G	142,00 aA	140,33 aA	126,33 aA
	G-G	140,67 aA	142,67 aA	133,33 aA
Á. Foliar (cm ²)	G	22361,52 aA	22276,19 aA	15831,14 aA
	G-G	23731,97 aB	24853,66 aB	158959,09
Nº Hojas	G	677,77 aB	620,67 aB	433,33 aA
	G-G	620,33 aB	588,00 aAB	415,00 aB
Índice de área foliar	G	55903,81 aA	55690,48 aA	39577,84 aA
	G-G	59329,93 aB	62134,14 aB	39897,73 aA
Biomasa foliar (g)	G	7,48 aA	8,19 aA	6,29 aA
	G-G	7,89 aB	7,51 aAB	6,91 aA

G: Gacela; G-G: Gacela-Gacela; Letras diferentes indican diferencias significativas, las minúsculas entre plantas injertadas y sin injertadas y las mayúsculas entre tratamientos riego (Test LSD, P<0,05).

Tabla 2. Parámetros fotosintéticos.

Parámetros	T	T1	T2	T3
A (µmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	G	18,71 aC	14,92 aB	8,47 aA
	G-G	21,49 aC	16,94 bB	13,97 bA
g _s (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	G	0,61 aC	0,28 aB	0,09 aA
	G-G	0,74 bC	0,37 aB	0,18 bA
Ci (µmol CO ₂ mol ⁻¹)	G	281,11 aB	246,77 aB	188,26 aA
	G-G	278,72 aB	258,96 aB	208,40 aA
E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	G	13,15 aC	8,99 aB	3,93 aA
	G-G	14,23 bC	8,93 aB	6,13 bA
Uso eficiente del agua (WUE)	G	1,42 aA	1,69 aA	2,14 aB
	G-G	1,51 aA	1,96 aB	2,28 aB

G: Gacela; G-G: Gacela-Gacela; Letras diferentes indican diferencias significativas, las minúsculas entre plantas injertadas y sin injertadas y las mayúsculas entre tratamientos riego (Test LSD, P<0,05).

Tabla 3. Producción y calidad.

Parámetros	T	T1	T2	T3
Prod. total (Kg plant ⁻¹)	G	4,73 aC	3,71 aB	2,77 aA
	G-G	4,88 bC	4,11 bB	3,04 bA
Prod. comercial (Kg plant ⁻¹)	G	3,53 aC	2,49 aB	1,65 aA
	G-G	4,12 bC	3,21 bB	1,81 bA
Fenoles totales (mg/ g PF)	G	0,91 bA	1,06 aAB	1,21 aB
	G-G	0,77 aA	1,15 aB	1,21 aB
Licopeno (mg/ g PF)	G	0,32 aA	0,31 aA	0,31 aA
	G-G	0,19 aA	0,23 aA	0,28 aA
β-caroteno (mg/ g PF)	G	0,44 bA	0,49 aA	0,48 aA
	G-G	0,34 aA	0,41 aA	0,44 aA
*Brix	G	7,40 aA	8,17 aAB	8,50 aB
	G-G	7,27 aA	7,37 aA	9,07 aB

G: Gacela; G-G: Gacela-Gacela; Letras diferentes indican diferencias significativas, las minúsculas entre plantas injertadas y sin injertadas y las mayúsculas entre tratamientos riego (Test LSD, P<0,05).