

Efecto del estrés hídrico en un cultivo en invernadero de pimiento injertado

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.
1297@coitarm.es

RESUMEN

Los vegetales son cultivados frecuentemente en condiciones desfavorables que promueven el estrés, debido a la limitada disponibilidad de zonas de cultivo, las elevadas exigencias de los mismos fuera de temporada, y las intensas prácticas agrícolas que conducen a una limitadísima rotación de cultivos. El uso de injertos se ha convertido en una herramienta rápida alternativa a la metodología convencional, que permite incrementar la tolerancia de los vegetales a diversos estreses ambientales. En este trabajo se estudia la respuesta agronómica y fisiológica de la variedad de pimiento Herminio, injertada y sin injertar, siendo los portainjertos utilizados Creonte, Terrano y Atlante, y los tratamientos de riego empleados: Normal (NS): Testigo (100% ET, sin estrés) y S:(50 % ET, estrés hídrico), así como el efecto de los patrones sobre la calidad de la producción injertada. Creonte es una eficaz elección puesto que soporta bien las condiciones de estrés.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L.; Herminio; portainjerto; técnica agronómica.

1. Introducción

Los estreses medioambientales representan las mayores condiciones limitantes para la producción hortícola y explotación de las plantas en todo el mundo. Entre esos importantes factores están agua, temperatura, nutrición, luz, oxígeno disponible, concentración de iones metálicos, y patógenos.

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 [1]. 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 [2]. De este modo, en la actualidad y con el fin de mejorar la productividad agrícola, es necesaria la obtención de cultivos con altas producciones bajo condiciones de estrés hídrico.

El injerto es una técnica que permite inducir la resistencia o tolerancia de las plantas a determinados patógenos del suelo incrementando el crecimiento y rendimiento de las plantas injertadas con relación a las que no se injertan [3]. El uso de portainjertos posee otras propiedades de interés agronómico como el aumento de la producción de la variedad y la

mejora de la calidad de los frutos, la tolerancia a estreses abióticos, la precocidad [4], así como el aporte de vigor y rusticidad que permite paliar los efectos de la fatiga del suelo durante los dos primeros años [5], ya que al reiterar el cultivo se necesita de la desinfección del suelo [6]. En la producción hortícola, el injerto está siendo usado desde hace más de 50 años en muchas partes del mundo. Injertar no está asociado con los inputs agroquímicos para los cultivos y es por lo tanto considerado como una operación ecológica de sustancial y sostenible relevancia para sistemas de cultivo gestionados bajo producción integrada y orgánica [7]. Injertar es hoy en día considerado como una herramienta alternativa rápida contra la relativa lenta metodología del cultivo que pretende incrementar la tolerancia a estreses medioambientales de frutas y hortalizas [8].

El pimiento, junto con el tomate, es el cultivo que más superficie ocupa dentro de las especies que se realizan en cultivo protegido, habiendo de considerar además, que la casi totalidad de esta superficie cultivada es en invernadero. La alta demanda habida de pimiento fresco por parte de los mercados europeos originó un crecimiento espectacular del cultivo en el sureste español, principalmente en Almería, Murcia y Alicante.

El objetivo de este trabajo es ampliar el conocimiento del efecto del estrés hídrico en plantas de pimiento injertado bajo condiciones de invernadero puesto que se trata de una

técnica agronómica alternativa, rápida, eficaz y de bajo coste muy disponible para la agricultura.

2. Materiales y Métodos

2.1 Material vegetal y condiciones del invernadero

Las plantas se injertaron mediante el método japonés (Suzuki, 1972). La variedad de pimiento Herminio F1 (Syngenta Seeds, USA) de tipo rectangular y recolección en verde, se injertó sobre tres portainjertos comerciales: Atlante (Ramiro Arnedo, España), Creonte (De Ruiters Seeds, Holanda) y Terrano (Syngenta Seeds, USA). Plantas de "Herminio" sin injertar se usaron como control. Las plantas se trasplantaron el 5 de Enero de 2011 en un invernadero con 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 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 comunes usadas por los productores de pimiento de esta zona. El ciclo de cultivo finalizó el 13 Agosto de 2011.

Los tratamientos de riego utilizados fueron: NS: Testigo (100% ET, sin estrés) y S:(50 % ET, estrés hídrico). La radiación PAR y la temperatura del aire en cada unidad se monitorizaron durante el ciclo de crecimiento del cultivo usando un sensor Quantum (LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, USA) y un Hobo U12 Temperature data logger (Onset, Massachusetts, USA), respectivamente.

2.2 Desarrollo vegetativo

15 plantas de cada combinación de injerto y "Herminio" sin injertar se usaron para medir los diferentes parámetros. Altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y área foliar, peso fresco (PFF) y seco (PSF) foliar, peso fresco (PFT) y seco (PST) del tallo, peso fresco (PFR) y peso seco (PSR) de la raíz. 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 60 °C hasta peso constante.

2.3 Intercambio de gases y fluorescencia

El intercambio de gases y fluorescencia se midió en hojas totalmente desarrolladas. La medida se realizó a los 205 DDT, desde las 9:00 am hasta las 11:00 am (GMT). La tasa fotosintética (A_{max}, μmol CO₂/m²s), conductancia estomática (g_s,

mmol H₂O/m²s), transpiración (E, mmol H₂O/m²s) y CO₂ intercelular (C_i, μmol CO₂/mol aire) se midieron en condiciones constantes de saturación de luz (800 mmol /m²s) y 400 ppm de CO₂ con un medidor de fotosíntesis portátil LI-6400 (LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, USA). La fluorescencia de la clorofila se determinó con un fluorímetro de pulsos modulado ADC FIM 1500 (Analytical Development Company Ltd., Hoddesdon, UK). Los valores de fluorescencia mínima en estado de oscuridad adaptada (F_o) se obtuvieron por aplicación de una fuente de luz roja de baja intensidad (630 nm), mientras que los valores máximos de fluorescencia (F_m) se midieron después de aplicar un pulso saturado de luz de 800 mmol /m²s. Así el máximo de eficiencia cuántica del PSII en el estado de oscuridad adaptada (30 minutos) se calculó, F_v/F_m= (F_m-F_o)/F_m. La clorofila (SPAD) se determinó con un clorofilímetro SPAD-502 (Konica Minolta, Spectrum Technologies Inc., Illinois, 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 196 DDT para medir la calidad de la fruta. El contenido en sólidos solubles (°Brix) se determinó usando un refractómetro (Reichert Analytical Instrument, Depew, New York, USA). La acidez titulable se determinó con un valorador automático (Titroline easy, Schott, Mainz, Germany).

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≤0'05 de acuerdo al test LSD.

3. Resultados y Discusión

Como promedio, el tratamiento de estrés disminuyó la altura de la planta en un 6%, el área foliar en un 33%, el número de hojas en un 27%, el peso fresco foliar en un 41%, el peso seco foliar en un 34%, el peso fresco del tallo en un 29%, el peso seco del tallo en un 22%, el peso fresco radicular en un 30% y el peso seco radicular en un

31% (Tabla 1). Las plantas injertadas sobre Atlante registraron mayor altura tanto en condiciones de estrés como de no estrés, que las otras combinaciones injertadas y Herminio sin injertar, siendo en general las plantas injertadas de un tamaño mayor a las no injertadas, a excepción de Terrano en condiciones de estrés y Creonte en condiciones de no estrés (Tabla 1). Esta mayor longitud, se presenta también en otros estudios llevados a cabo por [9,10], los cuales demostraron que las plantas injertadas eran más altas que las plantas control no injertadas. Y esta longitud, se puede deber al hecho que en la mayoría de ocasiones las plantas presentan mayor sistema radicular y esto da lugar a plantas más vigorosas.

Esta mayor vigorosidad también se puede observar en el Área foliar. La respuesta más sensible al estrés hídrico es el crecimiento celular; y es durante esta condición que las células permanecen más pequeñas y las hojas tienen menor desarrollo y, en consecuencia, se reduce el área foliar fotosintéticamente activa [11]. Las plantas en condiciones de riego normal (NS) presentan valores más altos que en el tratamiento de estrés (S), siendo Atlante la que alcanza un mayor valor y no encontrándose diferencias significativas dentro de este tratamiento (NS). Las plantas injertadas sobre Terrano en el tratamiento de S, son las que muestran una menor área foliar (33% menos que el mismo patrón en el tratamiento NS) encontrándose además en este tratamiento una mayor variabilidad, que puede ser debida a que determinados portainjertos pueden ser más o menos tolerantes a la sequía.

Con respecto al número de hojas, se alcanza el mayor valor en las plantas injertadas sobre Creonte en el tratamiento con estrés (S) pero no se encuentran diferencias significativas entre las combinaciones injertadas y el control. En el tratamiento sin estrés (NS) Atlante y Terrano son los que alcanzan mayores valores. Las plantas injertadas sobre Creonte son las que presentan mayor peso fresco foliar en el tratamiento NS. Con relación al peso seco foliar, Atlante en el tratamiento de NS es el que alcanza un mayor valor y presenta un 33% de peso fresco menos que en el tratamiento de NS. El peso fresco del tallo alcanza el mayor valor en Atlante dentro del tratamiento NS. No se encuentran diferencias significativas para el peso seco del tallo, y el peso fresco y seco radicular entre ambos tratamientos y las distintas combinaciones de injerto y el control.

En cuanto a los parámetros fotosintéticos las plantas injertadas sobre Creonte registraron los

valores más altos bajo ambas condiciones de cultivo para la fotosíntesis, conductancia estomática, $[CO_2]$ intercelular y transpiración y los más bajos para el déficit de presión de vapor de la hoja (Tabla 2). La fotosíntesis es uno de los primeros procesos que se ve afectado por la escasez de agua. En referencia al uso eficiente del agua, las plantas injertadas sobre Terrano alcanzaron el mayor valor en S y sobre Atlante en NS, en cambio se obtuvieron los menores valores en las plantas control bajo ambas condiciones de cultivo. En condiciones de S todas los portainjertos y el control presentaron los menores valores en la eficiencia del PSII en hojas respecto al NS.

Bajo condiciones de estrés (S) la producción comercial disminuyó en Creonte un 14% con respecto a las condiciones óptimas (NS). Los frutos provenientes de plantas de pimiento de Herminio sin injertar bajo condiciones de estrés, son los que mayores desórdenes fisiológicos presentan (62%) en comparación con los mismos frutos bajo condiciones de NS. La producción no comercial y la cantidad de frutos soleados fue menor en Creonte y Terrano, bajo condiciones de NS. En cuanto al peso del fruto, los mayores valores se alcanzan en Creonte bajo el tratamiento NS, sin embargo en condiciones de estrés se redujo en un 31%. Los mejores valores en plantas injertadas sobre portainjerto Creonte, también son encontrados en trabajos llevados a cabo, en condiciones de sombreado y no sombreado [12]. En el tratamiento de NS todas las variedades excepto Creonte, presentan una longitud del fruto mayor que en S. Con respecto a la anchura existen diferencias significativas entre S y NS obteniéndose los mayores valores en éste último, aunque existen diferencias significativas, éstas no hay que tenerlas en cuenta, ya que no son valorables las mismas a nivel comercial. Como regla general, las plantas estresadas producen frutos con un mayor contenido en sólidos solubles, obteniéndose el valor mayor en Creonte. En cuanto a la acidez titulable, Creonte alcanza el mayor valor en condiciones de S.

Tablas y Figuras

Tabla 1. Parámetros vegetativos de las plantas de pimiento con cada combinación de injerto y control, en condiciones de estrés (S) y no estrés (NS).

Parám.	T	H	H-A	H-C	H-T
Altura (cm)	S 167,38aA	182,38bA	171,50abA	163,50aA	173,63abA
Á. foliar (cm ²)	S 16977,2abA	14062,80ab	17408,30bA	12821,90a	18146,30aA
Nºe	S 458,75aA	538,75aA	579,50aA	480,50aA	552,00aA
Hojas	S 379,03aA	378,90aA	416,08aA	368,80aA	482,00aA
PFF (g)	S 78,82aA	73,35aA	80,09aA	73,18aA	482,00aA
PSF	S 78,82aA	73,35aA	80,09aA	73,18aA	482,00aA

(g)	N	83,68abA	110,72cB	82,34aA	102,81bcB
PFT	S	960,93aA	903,58aA	973,35aA	843,55aA
(g)	N	1042,15aA	1274,38bB	990,28aA	1076,85abA
PST	S	224,08aA	243,73aA	220,88aA	194,35aA
(g)	N	223,03aA	266,20aA	211,50aA	250,23aA
PFR	S	68,98aA	96,55bA	74,28abA	80,45abA
(g)	N	74,40aA	106,00aA	76,07aA	114,83aA
PSR	S	22,33aA	28,83aA	24,33aA	25,03aA
(g)	N	25,28aA	31,05aA	30,53aA	36,38aA

H: Herminio; H-A: Herminio-Atlante; H-C: Herminio-Creonte; H-T: Herminio-Terrano; Letras diferentes indican diferencias significativas, las minúsculas entre patrones y las mayúsculas entre tratamientos (Test LSD, P<0,05).

Tabla 2. Parámetros fotosintéticos de las plantas con cada combinación de injerto y control, en condiciones de estrés (S) y no estrés (NS).

Parám.	T	H	H-A	H-C	H-T
A (µmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	S	16,12aA	18,72abA	20,23bA	10,86aA
	N	20,68abB	21,12abB	22,40bB	15,80abB
g _s (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	S	0,55aB	0,69abA	0,75bA	0,11aA
	N	0,47aA	0,63abA	0,95bB	0,49abA
Ci (µmol CO ₂ mol ⁻¹)	S	261,60abB	281,02bB	282,45bA	178,64aA
	N	250,40aA	264,10abB	283,80bA	257,13aA
E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	S	11,80aA	12,42aA	14,66bA	4,87aA
	N	13,30abB	13,50bB	13,60bA	10,88abB
VpdL (kPa)	S	2,80bA	2,73bA	2,43aA	4,42bA
	N	2,89bA	2,70aA	2,22aA	3,07abB
WUE	S	1,30aA	1,37aA	1,65bA	2,25cA
	N	1,44abB	1,60bB	1,58bA	1,57abB
Clorofila	S	61,10aA	61,05aA	63,55aA	62,10aA
	N	61,20abB	57,48abB	60,33abB	60,08abB
Fv/Fm	S	0,76aA	0,80aA	0,79aA	0,77bA
	N	0,80abB	0,81aA	0,80aA	0,81aA

H: Herminio; H-A: Herminio-Atlante; H-C: Herminio-Creonte; H-T: Herminio-Terrano. Letras diferentes indican diferencias significativas, las minúsculas entre patrones y las mayúsculas entre tratamientos (Test LSD, P<0,05).

Tabla 3. Producción Total, comercial, no comercial y frutos soleados de las plantas de pimiento con cada combinación de injerto y control, en condiciones de estrés (S) y no estrés (NS).

Parám.	T	H	H-A	H-C	H-T
Prod. total (Kg plant ⁻¹)	S	3,78abB	3,86bA	4,18bA	3,77aA
	NS	3,55aA	3,80bA	4,37cA	3,73bA
Prod.comercial (Kg plant ⁻¹)	S	2,62aA	2,97bA	3,25cA	2,94abA
	NS	2,80abB	3,10bB	3,79cB	3,20bB
Prod. no comercial (Kg plant ⁻¹)	S	1,16cB	0,90bB	0,93bB	0,83abB
	NS	0,75bA	0,71bA	0,58aA	0,53aA
Soleado (Kg plant ⁻¹)	S	0,73bB	0,56abB	0,60abB	0,50abB
	NS	0,45bA	0,46bA	0,38aA	0,33aA
Peso fruto (g)	S	105,16aA	109,36aA	123,7bA	106,94aA
	NS	145,45abB	143,25abB	179,60bB	144,49aA
Longitud (mm)	S	74,24aA	87,24aA	102,42bA	92,40bcB
	NS	96,92abB	96,64abB	96,67abB	102,18aA
Anchura (mm)	S	71,46aA	71,49aA	74,81bA	69,81aA
	NS	74,13abB	79,96abB	89,49bB	72,75abB
Firmeza (Kg/cm ²)	S	2,04aA	2,18bA	2,26bA	1,98aA
	NS	1,96aA	2,26bA	2,36bA	2,16aA
% MS	S	6,81bB	6,60abB	6,88bB	6,77abB
	NS	6,63bA	6,28aA	6,34aA	6,09aA
Acidez titulable (% Ácido cítrico)	S	0,091abA	0,097abB	0,110bA	0,079aA
	NS	0,089aA	0,093aA	0,092aA	0,079aA
°Brix	S	5,38abB	5,44abB	5,58bB	4,97abB
	NS	4,74aA	4,92bA	4,82abA	4,73aA

H: Herminio; H-A: Herminio-Atlante; H-C: Herminio-Creonte; H-T: Herminio-Terrano; Letras diferentes indican diferencias significativas, las minúsculas entre patrones y las mayúsculas entre tratamientos (Test LSD, P<0,05).

4. Conclusiones

La elección del portainjertos Creonte es una eficaz alternativa puesto que soporta bien las condiciones de estrés.

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] Reddy AR., Chaitanya KV., Vivekanandan M. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. of Plant Physiology*. 161: 1189–1202.

[2] Shao HB., Chu L., Jaleel CA., Zhao CX. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies*. 331: 215-225.

[3] López-Marín, J., Gálvez, A., González, A. 2011. Effect of shade on quality of greenhouse peppers. *Acta Horticulturae*. 893: 895-900.

[4] Fernández, E. J., Camacho, F., Díaz, M. 2006. El injerto en el control de enfermedades telúricas en hortalizas. En: Control de patógenos telúricos en cultivos hortícolas. Edcs. Agrotécnicas S.L. 65-75.

[5] Lacasa, A., Guerrero, M. M., Ros, C., Guirao, P., Torres, J., Bielza, P., De Paco, T., Contreras, J., Molina, R., y Torné, M. 2002. Desinfección del suelo en invernaderos de pimiento con dicloropropeno+cloropicrina (Telopic EC). *Agrícola Vergel*. 245: 256-266.

[6] Ros, C., Martínez, M.A, Guerrero, M.M., Torres, J., Lacasa, M.C., Lacasa, A., Bello, A. 2007. Comportamiento de la resistencia a Phytophthora y Meloidogyne de patrones de pimiento. *Actas de Horticultura*. 48: 534-537.

[7] Rivard, C.L. and F.J. Louws. 2008. Grafting to heirloom tomato production. *HortScience*. 43: 2104-2111

[8] Flores FB., Sánchez-Bel P., Estañ MT., Martínez-Rodríguez MM., Moyano E., Morales B., Campos JF., García-Abellán JO., Egea MI., Fernández-García N., Romojano F., Bolarín MC. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae*. 125: 211-217.

[9] 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. Hortic*. 127: 93–105.

[10] Colla, G., Suarez, C.M.C., Cardelli, M., Roupheal, Y., 2010. Improving nitrogen use efficiency in melon by grafting. *HortScience*. 45: 559–565.

[11] Parra Q R A, J L Rodríguez O, V A González H 1999. Transpiración, potencial hídrico y prolina en zarzamora bajo déficit hídrico. *TERRA Latinoam*. 17:125-130.

[12] López et al. Grafting is an efficient alternative to shading screens to alleviate thermal stress in greenhouse-grown sweet pepper. 2013. *Scientia Horticulturae*. 149: 39–46.