

Nota técnica

Influencia del portainjerto “Terrano” sobre la acumulación de elementos orgánicos y calidad de pimiento morrón¹

Influence of rootstock “Terrano” on the accumulation of organic elements and the quality of bell pepper

María Antonia Flores-Córdova², Esteban Sánchez-Chávez², Juan Manuel Soto-Parra³

Resumen

El pimiento morrón es muy susceptible a *Phytophthora capsici*, por lo que, el uso de portainjertos puede ayudar a reducir la incidencia de enfermedades que afectan la raíz e incrementar y mejorar la calidad del fruto y su composición química. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del portainjerto comercial “Terrano” sobre la calidad y la acumulación de elementos orgánicos en la hoja, pedúnculo y pulpa de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). El trabajo se estableció en un sistema de malla sombra en Delicias, Chihuahua, México, durante el ciclo de producción 2012, con un diseño experimental factorial 2x2, en un diseño de bloques completos al azar, en donde el factor a) fue la variedad: Fascinato y Janette, mientras que, el factor b) fue el uso del portainjerto “Terrano” (con y sin injerto), dando cuatro tratamientos: Fascinato/Terrano, Fascinato/sin injertar, Janette/Terrano y Janette/sin Injertar. Se evaluó la acumulación de elementos orgánicos: nitrógeno (N), azufre (S), hidrógeno (H), carbono (C), proteínas, así como, la calidad del pimiento morrón (firmeza, color y peso). Se presentaron diferencias estadísticamente significativas por efecto del portainjerto sobre las variedades estudiadas, este incrementó la acumulación de elementos orgánicos: N, S, y proteína en hoja y pulpa de la variedad Janette, además, incrementó el peso del fruto. El uso del portainjerto “Terrano” podría ser una técnica viable para mejorar la acumulación de elementos orgánicos y calidad del pimiento morrón en las variedades Fascinato y Janette.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., portainjerto, pimiento, cultivo de hortalizas.

Abstract

Bell pepper is very susceptible to *Phytophthora capsici*, therefore the use of rootstocks can be useful to reduce the incidence of root diseases and to increase and improve fruit quality and its chemical composition. The objective

¹ Recibido: 6 de junio, 2017. Aceptado: 13 de setiembre, 2017. Este trabajo formó parte de un proyecto denominado “Evaluación de la mar-chites del chile provocada por el hongo *Phytophthora capsici* en portainjertos de la variedad pimiento morrón (*Capsicum annuum*)”, apoyado por Conacyt No. 153648, realizado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Unidad Delicias, Chihuahua, México.

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Unidad Delicias, Av. 4ª Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto, Cd. Delicias, Chihuahua, México, C.P. 33089. Tel/fax 639-4748400 ext. 102. mariflor_556@hotmail.com (autor por correspondencia), esteban@ciad.mx

³ Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Escorza 900. Col. Centro C.P. 31000. Chihuahua, Chihuahua, México. jmsotoparra@gmail.com



of the present study was to evaluate the effect of commercial rootstock “Terrano” on the quality and the accumulation of organic elements in the leaf, peduncle, and pulp of bell pepper (*Capsicum annuum* L.). The work was carried out in a mesh shade system in Delicias, Chihuahua, Mexico during the production cycle of 2012, with an experimental 2x2 factorial design in a randomized complete block design where the a) factor was the cultivar: Fascinato and Janette, while factor b) was the use of rootstock “Terrano” (grafted and ungrafted), giving four treatments: Fascinato/Terrano, Fascinato/ungrafted, Janette/Terrano, and Janette/ungrafted. The accumulation of organic elements: nitrogen (N), sulfur (S), hydrogen (H), carbon (C), proteins, as well as the quality of bell pepper (firmness, color, and weight) were evaluated. The results indicate that there were statistically significant differences due to the effect of the rootstock on the studied cultivars (Fascinato and Janette), where the rootstock “Terrano” increased the accumulation of organic elements: N, S, and protein in leaf and pulp of the cultivar Janette; in addition, the weight of the fruit increased. The use of commercial rootstock “Terrano” could be a viable technique to improve the accumulation of organic elements as well as the quality of bell pepper in cultivars Fascinato and Janette.

Keywords: *Capsicum annuum*, rootstock, bell pepper, vegetable growing.

Introducción

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), es una hortaliza importante a nivel mundial por su alto contenido de vitaminas A, C, minerales, fibra dietética, hidratos de carbono y compuestos antioxidantes como los carotenoides (Paradikovic et al., 2011). La FAO estimó que en el año 2010 se cultivaron 537 815 ha de pimiento en todo el mundo. El cultivo de chile es de gran importancia económica en México, ya que ocupa el octavo lugar en la agricultura con un valor de 712 834,00 dólares y una producción de 2,2 millones de t, en pimiento la producción es de 375 590 t entre invernadero y campo malla sombra con un valor de 175 459,00 dólares (García-Bañuelos et al., 2016), siendo el pimiento morrón un cultivo muy rentable (López-Marín et al., 2016). Sin embargo, este cultivo es muy susceptible a *Phytophthora capsici*, el cual produce la marchitez del chile, provocando la muerte prematura de la planta y dejando el suelo infectado, por lo tanto, deja de ser apto para el cultivo de esta hortaliza (Sanogo y Ji, 2012). Uno de los productos usados para el control de *P. capsici*, en cultivos de pimiento es el bromuro de metilo en fumigaciones al suelo; el cual está prohibido, debido a que, provoca daños a la capa de ozono y alteraciones al ambiente (Saadoun y Allagui, 2013). Con base en lo antes indicado, se buscan nuevas tecnologías, siendo el portainjerto una alternativa para eliminar la aplicación de productos químicos y obtener alimentos sanos y de calidad (Jang et al., 2013).

El injerto promueve el crecimiento vegetativo, debido al vigoroso sistema radical de los portainjertos, el cual presenta una mayor absorción de agua y minerales, que las plantas sin injertar (Martínez-Ballesta et al., 2010). Los principales objetivos del uso de plántulas injertadas son: 1) proporcionar resistencia a enfermedades ocasionadas por patógenos con origen en el suelo, 2) incrementar el rendimiento, calidad y cantidad del fruto, y 3) mejorar la fisiología de las plantas a una mayor adaptación a ambientes desfavorables (Peiró, 2004; Kubota et al., 2008).

Actualmente, las mayores áreas de cultivo con tecnología de injertos y alta rentabilidad, corresponden a cucurbitáceas y solanáceas. Por ejemplo, en el 2008, en Francia se injertaron 1000 ha de melón, en Italia 5 a 6 millones de hectáreas del mismo cultivo y 20 millones de plantas de sandía, mientras que, en España se emplearon 30 millones de plantas de sandía, para una superficie de 12 000 ha, y, en Colima, México, se injertaron 8 ha de melón y 50 ha de sandía (SEMARNAT, 2008). Además, en España se injertaron en 2013 más de 100 millones de plantas hortícolas, sobre todo sandía y tomate, mientras que, en los ciclos 2000 y 2001, en los estados de Sinaloa y Jalisco, México, se llegaron a injertar más de 60 mil plantas de jitomate, pimiento y sandía (Hernández, 2010). A pesar de que los injertos presentan altos costos de producción, su uso se ha incrementado, con el fin de proporcionar resistencia al estrés biótico, abiótico, adaptabilidad al suelo y clima (Joublan y Cordero, 2002; González et al., 2011).

Es necesario que las combinaciones portainjerto-injerto sean seleccionadas cuidadosamente para condiciones climáticas y geográficas específicas. Una selección apropiada puede ayudar a reducir la incidencia de enfermedades que afectan la raíz e incrementar la calidad del fruto y su composición química (Louws et al., 2010).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del portainjerto comercial "Terrano" sobre la calidad y acumulación de elementos orgánicos en la hoja, pedúnculo y pulpa de pimiento morrón.

Materiales y métodos

Manejo del cultivo y diseño experimental

El experimento se realizó en el ciclo de producción agrícola 2012, bajo un sistema de casa sombra comercial, en las instalaciones de la Empresa Agropecuaria "Los Alamos" ubicada en Delicias, Chihuahua, México, a 28° 11' 36" LN, 105° 28' 16" longitud oeste, a una altitud de 1171 msnm, con una temperatura de 32 °C y humedad relativa del 52%. Las variedades comerciales de pimiento morrón empleadas fueron Fascinato (fruto rojo) y Janette (fruto amarillo), las cuales se injertaron sobre el portainjerto comercial Terrano (Syngenta, Co. Houston TX, USA). Las semillas se sembraron en bandejas de 200 cavidades, el 18 de enero del 2012, el portainjerto "Terrano" se sembró el 12 de enero de 2012, el injerto se llevó a cabo 31 días después de la siembra del portainjerto. Las plantas se trasplantaron cinco semanas después del injerto (20 de marzo de 2012), en camas de suelo de 30 cm de ancho y 90 cm entre camas, con una distancia entre plantas de 30 cm. La clase textural del suelo empleado fue franco-arcilloso-arenosa, con 29,84% de arcilla, 12,08% de limo y 57,36% de arena. El suelo contenía 50,17 ppm de N orgánico, 64,14 ppm de P, 32,5 me/100g de capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica de 0,84 dS/m, 1,68% de materia orgánica y un pH de 7,72.

El programa de fertilización suplementado con productos comerciales, para un ciclo de 220 días, se llevó a cabo en las siguientes formas y dosis: NH_4NO_3 (50,4 g/m²), UAN32 (37,7 g/m²), 5-30-00 (56 g/m²), KNO_3 (44,8 g/m²), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (162,3 g/m²), K_2SO_4 (201,3 g/m²) y Mg SO_4 (107,5 g/m²). La fertilización se fraccionó y aplicó cada dos días, por medio de fertirriego con dos pulsos de aplicación de 1 h cada uno.

Durante el ciclo de producción del experimento, se realizó un muestreo de frutos y hojas para cada tratamiento a los 152 días después del trasplante (ddt), para las mediciones de variables nutricionales y de calidad. El invernadero se dividió en cuatro bloques experimentales, que correspondieron a cuatro tratamientos. La superficie de los bloques seleccionados fue de 2565 m² (5130 plantas), correspondientes a 19 filas de 270 plantas. Las plantas fueron espaciadas aproximadamente 30 cm entre sí, en ambas direcciones. Se evaluaron las plantas en un lote de dos surcos de 90 m de largo y 90 cm de separación entre surcos de cada tratamiento. De cada bloque se muestrearon las hojas y los frutos de diez plantas de las filas centrales, para evitar el efecto de la luz mixta; siendo estos lotes considerados como la unidad experimental.

El diseño experimental utilizado fue factorial 2x2 en un diseño de bloques completos al azar, en donde el factor a) fue la variedad: Fascinato y Janette, mientras que, el factor b) fue el uso del portainjerto "Terrano" (con y sin injerto), dando cuatro tratamientos: Fascinato/Terrano, Fascinato/sin injertar, Janette/Terrano y Janette/sin injertar.

Muestra vegetal

El muestreo foliar se realizó cuando las hojas alcanzaron su madurez fisiológica, se seleccionaron cuarenta hojas por tratamiento. Estas fueron colocadas en bolsas de plástico y refrigeradas en hielera con hielo, para su posterior traslado al Laboratorio de Fisiología y Nutrición Vegetal del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.

Los frutos se cosecharon cuando al menos 50% de su epidermis (cáscara) había cambiado de color. Fascinato cambió de color verde hacia una tonalidad café hasta desarrollar pigmento rojo, y se cosechó cuando el 50% de los frutos tuvieron color café y 50% rojo. Janette se cosechó cuando el fruto cambió de color verde a amarillo, cosechándose 75% de frutos amarillos y 25% verdes.

Las muestras se lavaron con agua desionizada y se secaron en un horno de aire forzado a 70 °C por 24 h. Posteriormente, se molieron en una licuadora de vaso pequeño y el material seco se transfirió a bolsas de plástico para su posterior análisis.

Determinación de elementos orgánicos: nitrógeno (N), carbono (C), hidrógeno (H) azufre (S) Pna (proteína total), mediante analizador de elementos Flash 2000

Se utilizó una microbalanza para pesar 0,3 μg de la muestra (hoja, pedúnculo y pulpa), en una cápsula de estaño y 0,11 μg del catalizador pentóxido de vanadio (V_2O_5), después de obtener el peso, se cerró la cápsula para evitar la pérdida de la muestra. Posteriormente, se introdujeron en el equipo Flash 2000 (Thermo Scientific). Para el análisis elemental de C, H, N, S se usó helio y O_2 como gas de arrastre; para calibrar el equipo se utilizaron estándares de composición conocida (valores certificados (% p/p): carbono 41,81, hidrógeno 4,72, nitrógeno 16,24 y azufre 18,68) (Thermo Scientific, Cambridge, UK). Los análisis se realizaron por triplicado y el resultado del ensayo se expresó en porcentaje en peso para cada elemento, comparados con el valor de un estándar conocido, el cual trabaja bajo el método Dumas (Reussi-Calvo et al., 2008).

Análisis de calidad

Se realizó el análisis de diez frutos con cuatro repeticiones para determinar el color, peso y firmeza. El corte se realizó al momento que los frutos presentaron las características deseables y aceptables en color y calibre, de acuerdo con los parámetros de calidad e índices de madurez, que fueron definidos de acuerdo con la Norma de Calidad Suprema de México (SAGARPA, 2005).

Color

Para medir el color se llevaron a cabo dos lecturas en lados opuestos de cada fruto, con el empleo de un colorímetro. Se utilizaron los componentes del color en el sistema CIE $L^* A^* B^*$. El valor de L^* representa la claridad del color, donde el 0 corresponde al negro y el 100 al blanco. Los datos A^* y B^* se transformaron a las funciones del color hue y chroma. Hue es expresado como la distancia angular donde 0 representa al color rojo, 90 al amarillo, 180 al verde y 270 al azul, mientras que, chroma expresa la saturación del color (Domínguez-Soto et al., 2012).

Peso del fruto

El peso del fruto se cuantificó con una balanza digital, con una precisión de hasta 0,1 o 0,01 g, y se expresó en g.

Firmeza de pulpa

La firmeza de la pulpa se midió con un texturómetro universal modelo TA-XT2i para determinar la firmeza de la pulpa. De cada fruto se cortaron dos porciones de pericarpio de aproximadamente 9 cm^2 , en cada porción, del

lado del endocarpio, se determinó la fuerza necesaria para la penetración de un émbolo de 11 mm de diámetro, hasta una profundidad del 50% del grosor del pericarpio. El valor de la firmeza se expresó en N.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias Tukey $p \leq 0,05$. En caso de interacción significativa se analizó la naturaleza de la misma, para atender la respuesta de los efectos simples entre los factores, mediante el programa SAS 9.0. (SAS, 1989).

Resultados y discusión

Determinación de elementos orgánicos N, C, H, S y proteína en hoja

El contenido de N, C, H, S y proteína encontrado en las variedades de Fascinato y Janette en las hojas de pimiento morrón, se observan en el Cuadro 1. Se registraron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). El portainjerto “Terrano”, influyó de manera positiva en la acumulación del nitrógeno y proteína en la hoja en la interacción Janette/Terrano, presentando los valores más altos, en comparación con los demás tratamientos. La variedad Janette injertada presentó el mayor contenido de N, C, H, S y proteína en hoja, por lo que, el uso del portainjerto permitió un incremento en este tejido, lo cual indica que, hay una buena concentración de nitrógeno en esta variable, dando como resultado un cultivo con mayor vigor en condiciones de injerto.

Cuadro 1. Concentración de N, C, H, S y proteína en hoja, con dos variedades de pimiento morrón, con el portainjerto comercial Terrano. Delicias, Chihuahua, México. 2012.

Table 1. Concentration of N, C, H, S, and protein in leaf, in two cultivars of bell pepper, with the commercial rootstock “Terrano”. Delicias, Chihuahua, México. 2012.

Variedad	Hoja				
	N	C	H	S	P
	<0,0001 ^z	0,9722	0,1181	0,0069	<,0001
Janette	3,72 a	37,47 a	4,75 a	0,46 a	23,22 a
Fascinato	3,34 b	37,46 b	4,90 a	0,41 b	20,92 b
	Injerto				
	0,0001	0,0232	0,0230	0,0001	<,0001
Con injerto	3,69 a	37,01 b	4,70 b	0,49 a	23,05 a
Sin injerto	3,37 b	37,92 a	4,95 a	0,39 b	21,09 b
Interacción	0,0175	0,0356	0,1251	0,7485	0,0106

Diferentes letras en las columnas indican diferencia estadística ($p \leq 0,05$ t-Student). Delicias, ^z Probabilidad $p > f$ del análisis de varianza. $p > 0,05$ no significativo, $0,05 \leq p \leq 0,01$ significativo y $p < 0,01$ altamente significativo / Different letters within the columns show statistical difference ($p \leq 0,05$ t-Student). Delicias, ^z Probability $p > f$ of variance analysis. $p \geq 0,05$ not significant, $0,05 \leq p \leq 0,01$ significant and $p < 0,01$ highly significant.

La concentración de nitrógeno en hoja suele variar del 2% al 6% en peso seco, y está correlacionada con la capacidad fotosintética y productividad del cultivo, además, desde el punto de vista metabólico refleja el estado nutricional (Del-Amor et al., 2006). Los valores obtenidos en este trabajo en la variedad Janette/Terrano llegaron

al 4%, presentando un rango de suficiencia de acuerdo con diversos autores (Cuadro 2), lo que puede indicar que, hubo una mayor intensidad de absorción de la molécula de clorofila, ya que el N es el principal componente de esta (Taiz y Zeiger, 1998). El empleo de portainjertos puede mejorar algunas características morfológicas y/o fisiológicas para aumentar la absorción de nutrientes del suelo y su translocación a las hojas (Ruiz et al. 1996). Por otra parte, Ramírez (2000) reportó que el contenido de azufre se encuentra en el rango de 0,3- 0,6, y los obtenidos en este estudio en la variedad Janet mostraron valores de 0,46 y en injerto de 0,49, los cuales se vieron influenciados por el injerto al incrementar el contenido de azufre en hoja. Por lo tanto, el efecto del injerto puede influir de manera positiva en la acumulación de nitrógeno y proteína en los tejidos de hoja, la asimilación del nitrógeno implica procesos interdependientes estrechamente regulados en la planta, que son un requisito básico para el éxito continuo del injerto (Rouphael et al., 2010).

Cuadro 2. Rangos de niveles de nitrógeno en variedades de pimiento Fascinato y Janette, con injerto y sin injerto comercial Terrano. Delicias, Chihuahua, México. 2012.

Table 2. Nitrogen level ranges in cultivars of bell pepper Fascinato and Janette, with and without the commercial grafting Terrano. Delicias, Chihuahua, Mexico. 2012.

Nitrógeno (%)	Rangos	Autores
2,0-6,0	Bajo-alto	Del Amor et al. (2006)
4,0-5,0	Normal	Núñez et al. (1996)
4,0-6,0	Suficiencia	Harry y Benton (1996)

Determinación de elementos orgánicos N, C, H, S y proteína en pedúnculo

En el Cuadro 3, se muestran los datos obtenidos en N, C, H, S y proteína, en pedúnculo, los cuales no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). La variedad Janette fue significativa en el contenido de N en el pedúnculo, y la variedad Fascinato presentó el valor más alto en C, a diferencia del H, S y proteína. En relación con el injerto no hubo diferencias en las variables de C, H, S y proteína. Se menciona que los frutos son los principales órganos sumidero de asimilados, el peso acumulado de los frutos representa entre el 50 y 60% del peso seco total (Peil y Gálvez, 2005), sin embargo, la distribución momentánea del incremento de la materia seca entre los frutos y parte vegetativa puede cambiar de manera cíclica, el cual parece mantener una relación lineal con el peso total de la planta.

Los valores encontrados en este estudio, permiten determinar la importancia de la influencia de las variedades y el injerto y analizar su comportamiento en la acumulación elementos orgánicos como el N, C, H, S y proteína. No se encontraron trabajos publicados con los cuales se pueda comparar los valores de esta variable. Sin embargo, el incremento que presentó la variedad Janette y el injerto en el pedúnculo, podrían reflejar un desarrollo adecuado en la planta.

Determinación de elementos orgánicos N, C, H, S y proteína en pulpa

En el resultado de elementos orgánicos N, C, H, S, y proteína en pulpa, reveló diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los tratamientos (Cuadro 4). La variedad Janette presentó diferencias altamente significativas en la acumulación de elementos orgánicos en pulpa. Ambas variedades dependieron del tipo del injerto (Cuadro 3).

Cuadro 3. Concentración de N, C, H, S y proteína en pedúnculo, con dos variedades de pimiento morrón, con el empleo del portainjerto comercial Terrano. Delicias, Chihuahua, México. 2012.

Table 3. Concentration of N, C, H, S, and protein in peduncle, in two cultivars of bell pepper, using the commercial rootstock Terrano. Delicias, Chihuahua, México. 2012.

Variedad	Pedúnculo				
	N	C	H	S	P
	0,0382 ^z	0,0370	0,3423	0,1993	0,4416
Janette	3,21 a	44,67 b	6,20 a	0,329 a	20,48 a
Fascinato	2,96 b	45,40 a	6,26 a	0,307 a	19,32 a
	Injerto				
	0,5848	0,1622	0,2026	0,0416	0,6118
Con injerto	3,06 a	45,26 a	6,27 a	0,33 a	20,08 a
Sin injerto	3,11 a	44,81 a	6,19 a	0,29 b	19,48 a
Interacción	0,0881	0,4942	0,6705	0,4233	0,1397

Diferentes letras en las columnas indican diferencia estadística ($p \leq 0,05$ t-Student). Delicias, ^z Probabilidad $p > f$ del análisis de varianza. $p > 0,05$ no significativo, $0,05 \leq p \leq 0,01$ significativo y $p < 0,01$ altamente significativo / Different letters within the columns show statistical difference ($p \leq 0,05$ t-Student). Delicias, ^z Probability $p > f$ of variance analysis. $p \geq 0,05$ not significant, $0,05 \leq p \leq 0,01$ significant and $p < 0,01$ highly significant.

Cuadro 4. Concentración de N, C, H, S y proteína en pulpa, con dos variedades de pimiento morrón. Como portainjerto comercial la variedad Terrano. Delicias, Chihuahua, México. 2012.

Table 4. Concentration of N, C, H, S, and protein in pulp, with two cultivars of bell pepper. As commercial rootstock Terrano variety.. Delicias, Chihuahua, México. 2012.

Variedad	Pulpa				
	N	C	H	S	P
	0,2458 ^z	<,0001	<,0001	<,0001	0,2465
Janette	1,98 a	48,20 a	6,01 a	0,19 a	12,43 a
Fascinato	1,88 a	44,95 b	5,75 b	0,17 b	11,77 a
	Injerto				
	0,1448	0,5529	0,0146	0,2399	0,1727
Con Injerto	1,86 a	46,65 a	5,93 a	0,18 a	12,49 a
Sin Injerto	2,00 a	46,50 a	5,82 b	0,17 a	11,70 a
Interacción	0,0056	<,0001	<,0001	<,00010,	0,0060

Diferentes letras en las columnas indican diferencia estadística ($p \leq 0,05$ t-Student). Delicias, ^z Probabilidad $p > f$ del análisis de varianza. $p > 0,05$ no significativo, $0,05 \leq p \leq 0,01$ significativo y $p < 0,01$ altamente significativo / Different letters within the columns show statistical difference ($p \leq 0,05$ t-Student). Delicias, ^z Probability $p > f$ of variance analysis. $p \geq 0,05$ not significant, $0,05 \leq p \leq 0,01$ significant and $p < 0,01$ highly significant.

La variedad Janette presentó un incremento en la acumulación de N, C, H, S y proteína en pulpa, el cual se vio influenciado por el injerto, presentando un incremento en la concentración de pulpa en pimiento morrón, lo cual indica que, presentaron un mayor contenido tanto de N como de S, ya que estos elementos son necesarios para la síntesis de proteína del cloroplasto, que resulta en una mayor actividad fotosintética del cultivo, que a su vez aumenta el contenido de proteína (Sharma et al., 2014).

Los resultados obtenidos en proteína mostraron que, tanto la variedad Janette como el injerto, presentaron un incremento en pulpa. Se ha obtenido 1,20 g de proteína en el fruto de pimiento morrón en condiciones de temperatura de secado de aire (Vega-Gálvez et al., 2009). Cuando se evaluó la aplicación de ácido salicílico y peróxido de hidrógeno en la variedad Fascinato, en la pulpa de pimiento morrón, se obtuvieron valores de 1,6% de proteína (Jiménez, 2015), más bajos a los obtenidos en este trabajo. Valores de 22% de proteína en pimiento fueron obtenidos por Zaki et al. (2013), las diferencias presentadas pudieron deberse a que en dichos trabajos se llevaron a cabo mediante el método Kjendahl para la determinación de proteína, además de usar diferentes aplicaciones y variedades.

Calidad

La calidad de la fruta se puede determinar en términos de apariencia, firmeza, textura, sabor y compuestos relacionados con la salud (Rouphael et al., 2010). En los resultados para calidad, existieron diferencias significativas en las variables evaluadas, sin embargo, los tratamientos que presentaron mayor firmeza fueron Fascinato/Terrano y Fascinato sin injertar (Figura 1). Las variedades Fascinato/Terrano y Janette/Terrano, presentaron incremento en el peso.

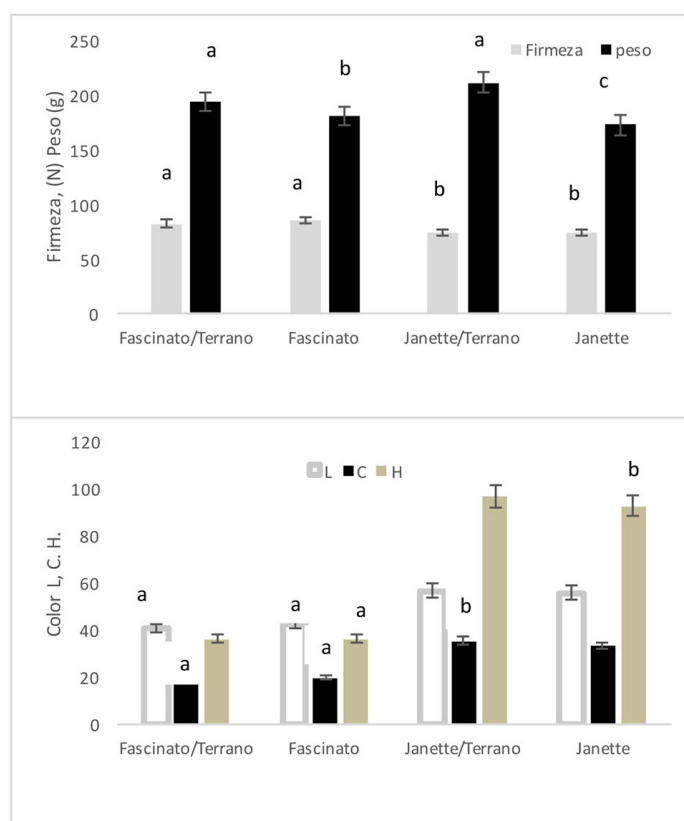


Figura 1. Índices de calidad de la combinación variedad portainjerto del fruto de pimiento morrón variedades Fascinato y Janette, con injerto y sin injerto. Portainjerto comercial Terrano (Syngenta, Co. Houston TX, USA). Delicias, Chihuahua, México. 2012. Diferentes letras indican diferencia estadística ($p \leq 0,05$).

Figure 1. Quality indices of the combination rootstock variety of the bell pepper of the cultivars Fascinato and Janette, grafted and ungrafted. Delicias, Chihuahua, Mexico. 2012. Different letters show statistical difference ($p \leq 0,05$).

Se han obtenido valores de 62,0 y 55,7 N, en pimientos verdes y rojos, respectivamente, tratados en aire seco (Rubio et al., 2009), un poco más bajos a los reportados en este trabajo; sin embargo, las condiciones fueron diferentes, ya que, se cultivaron en condiciones salinas. La firmeza del fruto es uno de los parámetros que más información proporciona sobre el estado de la maduración, por lo que valores altos son deseables (Priya-Sethu et al., 1996) y los valores obtenidos en este trabajo indican que la calidad de la fruta en firmeza fue mayor, lo que quiere decir que, el portainjerto resultó favorable sobre este parámetro en el pimiento.

En relación al color, la variedad Janette/Terrano presentó el valor de L arriba de 56, lo que indica que fue más brillante, la calidad del color se encuentra relacionada con la madurez y la concentración de algunos pigmentos que se relacionan con el sabor, además, la importancia del color radica en la percepción o se relacionan con el grado de aceptación de los consumidores (Priya-Sethu et al., 1996).

En el peso existieron diferencias significativas en todas las variedades evaluadas, siendo Janette/Terrano, la que obtuvo un 18% más de peso en comparación con el testigo. Frutos más grandes fueron reportados por Gisbert et al. (2010) en plantas injertadas con la variedad Coyote. De la misma manera, Colla et al. (2008) obtuvo pesos de 242,90 a 240,6, en las variedades Edo/Tresor y Lux/Snooker. Por su parte, Doñas-Uclés et al. (2014), reportaron valores de 140,83 a 148,89 con el empleo de los portainjertos Oscos, AR40 y Tresor.

La calidad y la propiedad de textura de los frutos de pimiento fueron influenciados por el injerto, así como, del portainjerto (Jang et al., 2013), sin embargo, se debe tener cuidado en la combinación de la variedad para obtener la calidad deseada. En adición, el injerto afecta directamente el rendimiento de la planta (Colla et al., 2008), la cual puede estar influenciada por la interacción de todos o algunos de los procesos como son: incremento de agua, absorción de nutrientes, sistema radicular vigoroso, o una mayor producción de hormonas endógenas. Sin embargo, las diferencias pueden ser atribuibles a la intensidad de la luz, la temperatura del aire, presión de vapor de déficit, riego, fertilización, el tipo de combinaciones de portainjerto y el tiempo de cosecha (Zhao et al., 2011). Por lo que, en este estudio las combinaciones del portainjerto fueron favorables para obtener una mayor calidad en el fruto.

Conclusiones

El uso eficiente del portainjerto “Terrano” proporcionó pruebas positivas para el efecto de patrones injertados, mejorando la acumulación de elementos orgánicos en las hojas, pedúnculo y pulpa de pimiento morrón; esta planta injertada presentó las características adecuadas requeridas para las condiciones del Estado de Chihuahua, región semiárida.

La variedad Janette/Terrano afectó los parámetros de N, C, S y proteína, al presentar un incremento en los valores de hoja, pedúnculo, pulpa y color, y en la variedad Fascinato/Terrano incrementó la firmeza y el peso. Finalmente, la interacción de los factores estudiados influyó en la calidad del fruto.

Literatura citada

- Colla, G., Y. Rouphael, M. Cardarelli, O. Temperini, E. Rea, A. Salerno, and F. Pierandrei. 2008. Influence of grafting on yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under greenhouse conditions. *Acta Hort.* 782:359-364. doi:10.17660/ActaHortic.2008.782.45
- Del-Amor, F.M., M.F. Espinosa, P.V. Molina, J.M. Camara, y A. López. 2006. Métodos para la determinación de N en cultivo de pimiento. *Rev. Indust. Hortíc.* 196:14-20.

- Domínguez-Soto, J.M., R. Gutiérrez, A. Delia, F. Prieto-García, y O. Acevedo-Sandoval. 2012. Sistema de notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3:141-155.
- Doñas-Uclés, F., M.M. Jiménez-Luna, J.A. Góngora-Corral, D. Pérez-Madrid, D. Verde-Fernández, and F. Camacho-Ferre. 2014. Influence of three rootstocks on yield and commercial quality of “Italian Sweet” pepper. *Ciê. Agrotec.* 38:538-545. doi:10.1590/S1413-70542014000600002
- García-Bañuelos, M.L., E. Sánchez-Chávez, A.A. Gardea-Béjar, J.M. Parra, E. Muñoz-Marquez, y M. García Carrillo. 2016. Cultivares injertados de pimiento morrón con uso eficiente de nitrógeno para mejorar la producción. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 17:3491-3507.
- Gisbert, C.P., M.D. Sánchez-Torres, M. Raigón, and F. Nueza. 2010. Phytophthora capsici resistance evaluation in pepper hybrids: Agronomic performance and fruit quality of pepper grafted plants. *J. Food Agr. Environ.* 8:116-121.
- González, F.M., A. Hernández, A. Casanova, T. Depestre, L. Gómez, y M.G. Rodríguez. 2011. El injerto herbáceo: alternativa para el manejo de plagas del suelo. *Rev. Protección Veg.* 23(2):69-74.
- Harry, A.M., and J.J. Benton. 1996. Plant analysis handbook II. Micromacro Publishing, Athens GA, USA.
- Hernández, G.Z. 2010. Efecto de tres patrones en el desarrollo vegetativo y de raíz, producción y calidad de fruto en pepino. Tesis MSc., Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, MEX.
- Jang, Y., J.H. Moon, J.W. Lee, S.G. Lee, S.Y. Kim, and C. Chun. 2013. Effects of different rootstocks on fruit quality of grafted pepper (*Capsicum annuum* L.). *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 31:687-699. doi:10.7235/hort.2013.13047
- Jiménez, S.N. 2015. Producción de compuestos bioactivos en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) con diferentes factores inductores de metabolitos secundarios en condiciones protegidas. Tesis Dr., Universidad Autónoma de Querétaro, MEX.
- Joublan, J.P., y N. Cordero. 2002. Comportamiento de algunos cítricos sobre diferentes portainjertos, en su tercera temporada de crecimiento, Quillón VIII Región, Chile. *Agric. Téc.* 62:469-479. doi:10.4067/S0365-28072002000300012
- Kubota, C., M.A. Mclure, N. Kokalis-burelle, M.G. Bausher, and E.N. Roskopf. 2008. Vegetable grafting: history, use, and current technology status in North America. *HortSci.* 43:1664-1669.
- López-Marín, J., I. Porras, y J.M. Brotons-Martínez. 2016. Estudio de la rentabilidad del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) en invernadero con el uso de sombreo. *ITEA* 112:57-71. doi:10.12706/itea.2016.004
- Louws, F.J., C.L. Rivard, and C. Kubota. 2010. Grafting fruiting vegetables to manage soilborne-pathogens, foliar pathogens, arthropods and weeds. *Sci. Hort.* 127:127-146. doi:10.1016/j.scienta.2010.09.023
- Martínez-Ballesta, M.C., C. Alcaraz-López, B. Muries, C. Mota-Cadenas, and M. Carvajal. 2010. Physiological aspects of rootstock-scion interactions. *Sci. Hort.* 127:112-118. doi:10.1016/j.scienta.2010.08.002
- Núñez, V.F., R.O. Gil, y G.J. Costa. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajies. Mundi Prensa, ESP.
- Paradikovic, N., T. Vinkovic, I. Vinkovic, I. Zuntar, M. Bojic, and M. Medic-Saric. 2011. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *J. Sci. Food Agric.* 91:2146-2152. doi:10.1002/jsfa.4431
- Peil, R.M., y J.L. Gálvez. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción en la hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Agrociencia* 11:05-11. doi:10.18539/CAST.V11I1.1171
- Peiró, A.J. 2004. El injerto en pimiento una solución limpia para los problemas del suelo. *Sanidad Vegetal. Rev. Extra* 2004:68-71. MEX. http://www.horticom.com/revistasonline/extras/2004/068_071.pdf. (consultado 28 mayo 2017).
- Priya-Sethu, K.M., T.N. Prabha, and R.N. Tharanathan. 1996. Postharvest biochemical changes associated with the softening phenomenon in *Capsicum annuum* fruits. *Phytochemistry* 42:961-966. doi:10.1016/0031-9422(96)00057-X

- Ramírez, R. 2000. Manejo nutricional y fertilización balanceada en el cultivo de paprika. Manejo del cultivo de paprika. Editorial Arequipa, PER.
- Reussi-Calvo, N.I., H.E. Echeverría, y H. Sainz-Rozas. 2008. Comparación de métodos de determinación de nitrógeno y azufre en planta: implicancia en el diagnóstico de azufre en trigo. *Cienc. Suelo* 26:161-167.
- Rouphael, Y., D. Schwarz, A. Krumbein, and G. Colla. 2010. Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Sci. Hort.* 127:172-179. doi:10.1016/j.scienta.2010.09.001
- Rubio, J.S., F. García-Sánchez, F. Rubio, and V. Martínez. 2009. Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K⁺ and Ca²⁺ fertilization. *Sci. Hort.* 119:79-87. doi:10.1016/j.scienta.2008.07.009
- Ruiz, J.M., A. Belakbir, and L. Romero. 1996. Foliar level of phosphorus and its bioindicators in *Cucumis melo* grafted plants. A possible effect of rootstocks. *J. Plant Physiol.* 149:400-404. doi:10.1016/S0176-1617(96)80140-4
- Saadoun, M., and B. Allagui. 2013. Management of chili pepper root rot and wilt (caused by *Phytophthora nicotianae*) by grafting onto resistant rootstock. *Phytopathol. Medit* 52:141-147. doi:10.14601/Phytopathol_Mediterr-11358
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca, y Alimentación). 2005. PC-022-2005 Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial, México calidad suprema en pimiento morrón. SAGARPA, MEX. http://www.mexicocalidadsuprema.org/assets/galeria/PC_022_2005_Pimiento.pdf (consultado 28 ago. 2017).
- Sanogo, S., and P. Ji. 2012. Integrated management of *Phytophthora capsici* on solanaceous and cucurbitaceous crops: current status, gaps in knowledge and research needs. *Can. J. Plant Pathol.* 34:479-492. doi: 10.1080/07060661.2012.732117
- SAS.1989. SAS/STATR User's guide. Version 6, 4th ed. Vol. 2. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2008. El injerto en el cultivo de melón y sandía como alternativa al uso de bromuro de metilo. SEMARNAT, MEX. <http://apps2.semarnat.gob.mx:8080/sissao/images/pdf/MELONYSANDIA-CO.pdf> (consultado 6 set. 2017).
- Sharma, A., S. Sharma, and P.S. Gill. 2014. Influence of nitrogen and sulphur application on nutrient uptake, protein content and yield parameters of soybean. *Indian J. Plant Sci.* 3(2):31-34.
- Taiz, L., and E. Zeiger. 1998. *Plant physiology*. 2nd ed. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA, USA.
- Vega-Gálvez, A., S.K. Di-Scala, K. Rodríguez, R. Lemus-Mondaca, M. Miranda, J. López, and M. Pérez-Won. 2009. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, color and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum* L. var. Hungarian). *Food Chem.* 117:647-653. doi:10.1016/j.foodchem.2009.04.066
- Zaki, N., A. Hakmaoui, A. Ouattmane, and J.P. Fernández-Trujillo. 2013. Quality characteristics of Moroccan sweet paprika (*Capsicum annuum* L.) at different sampling times. *Food Sci. Technol. (Campinas)* 33:577-585. doi:10.1590/S0101-20612013005000072
- Zhao, X., Y. Guo, D.J. Huber, and J. Lee. 2011. Grafting effects on postharvest ripening and quality of 1-ethylcyclopropenetreated muskmelon fruit. *Sci. Hort.* 130:581-587. doi:10.1016/j.scienta.2011.08.010