

DETECCIÓN TEMPRANA DE COMPATIBILIDAD DE INJERTOS DE GUAYABO (*Psidium guajava* L.) MEDIANTE ANÁLISIS BIOQUÍMICO

EARLY DETECTION OF COMPATIBILITY OF GRAFTS OF GUAVA (*Psidium guajava* L.) THROUGH BIOCHEMICAL ANALYSIS

Flores-Espinosa, B.B.¹; Delgado-Alvarado, A.^{2*}; Domínguez-Álvarez, J.L.³; Arellano-Ostoa, G.¹; García-Villanueva, E.¹; Gutiérrez-Espinosa M.A.¹; Domínguez-Perales L.A.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. ³Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia: adah@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the compatibility of different guava selections grafted on Cass and Nayarit through the concentration of total soluble sugars (TSS) and total phenolic compounds (TPC).

Design/methodology/approach: Three guava genotypes were used and grafted onto two rootstocks: Nayarit and Cass. Two types of grafts were evaluated: approach and inverted thorn. After six months of grafting, samples were taken from different sections of the stem above and below, and at the graft union. TSS concentration was carried out spectrophotometrically using Anthrone method; glucose, fructose and sucrose were determined enzymatically by the sequential addition of hexokinase, phosphoglucose isomerase and invertase. TPC determination was made by the redox reaction of Folin-Ciocalteu.

Results: The highest concentration of TSS was observed in the combination of Roja Exterior Redonda (RER)/Nayarit and the lowest concentration in the RER/Cass combination, sucrose was the sugar found in highest concentration. The concentration of TPC was higher in Enana Roja Cubana/Nayarit, while in the combinations grafted on Cass were lower. The inverted thorn graft showed the highest concentration of TSS, but in the approach grafting, it had a higher concentration of TPC.

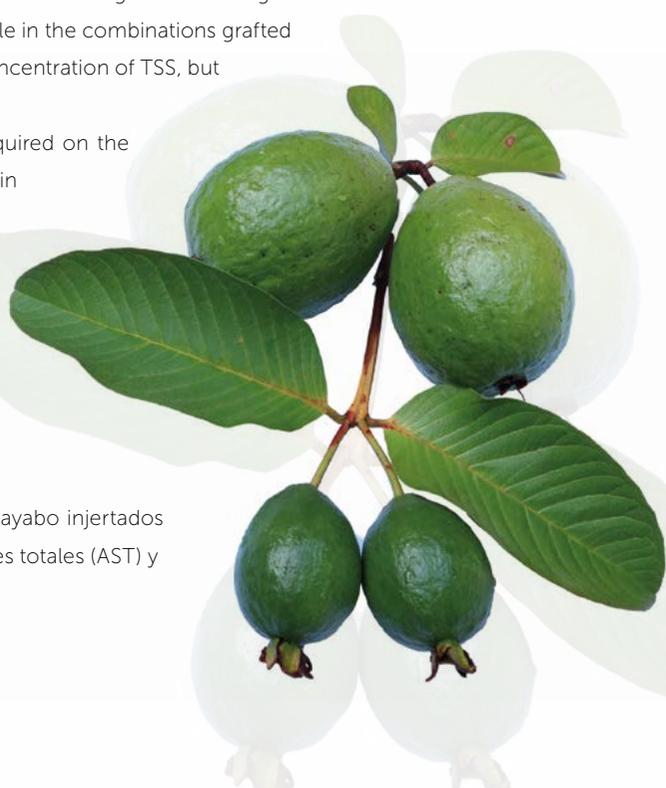
Limitations of the study/implications: A more detailed study is required on the type and content of phenolic compounds that may affect the graft in the future.

Findings/conclusions: These analyzes allow establishing the affinity of grafted plants at an early age.

Keywords: soluble sugars, phenolic compounds, approach grafting, inverted thorn grafting, rootstock.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la compatibilidad de diferentes selecciones de guayabo injertados sobre Cass y Nayarit, mediante la concentración de azúcares solubles totales (AST) y compuestos fenólicos totales (CFT).



Diseño/metodología/aproximación: Se usaron tres genotipos de guayabo que se injertaron sobre dos portainjertos: Nayarit y Cass. Se evaluaron dos tipos de injertos: aproximación y púa invertida. Después de seis meses de injertados se tomaron muestras de diferentes secciones del tallo por arriba y debajo, y en el punto de unión de los injertos. La concentración de AST se realizó por espectrofotometría mediante el método de Antrona; la glucosa, fructosa y sacarosa se determinaron enzimáticamente por la adición secuencial de hexocinasa, fosfoglucosa-isomerasa e invertasa. La determinación de CFT se hizo por medio de la reacción oxido-reducción de Folin-Ciocalteu.

Resultados: La concentración mayor de AST se observó en la combinación de Roja Exterior Redonda (RER)/Nayarit y la concentración más baja en la combinación RER/Cass, la sacarosa fue el azúcar que se encontró en más alta concentración. La concentración de CFT fue mayor en Enana Roja Cubana/Nayarit, mientras que en las combinaciones injertadas sobre Cass fueron menores. El injerto de púa invertida mostró la concentración más alta de AST, mientras que en el injerto de aproximación tuvo una concentración mayor de CFT.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Se requiere realizar un estudio más detallado sobre el tipo y contenido de compuestos fenólicos que en un futuro puedan afectar al injerto.

Hallazgos/conclusiones: Estos análisis permiten establecer la afinidad de las plantas injertadas a temprana edad.

Palabras clave: azúcares solubles, compuestos fenólicos, injerto de aproximación, injerto de púa invertida, portainjerto.

et al., 1994); factores bioquímicos como la translocación de azúcares solubles (Ciobotari *et al.*, 2010); y los relacionados con altas concentraciones de compuestos fenólicos acumulados cerca de la unión del injerto que causan incompatibilidad (Mng'omba *et al.*, 2008).

Con base en lo anterior y considerando que la elección del mejor portainjerto representa uno de los factores más determinantes para el éxito de plantaciones frutícolas, la presente investigación tuvo como objetivo analizar los cambios en concentración de azúcares solubles y de compuestos fenólicos totales asociados a la compatibilidad o incompatibilidad de diferentes genotipos de guayabo injertados sobre Cass y guayaba Nayarit.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron dos genotipos como portainjertos, la selección Nayarit (*P. guajava* L.) que es resistente a la peca de la guayaba, causada por deficiencia nutrimental, y Cass (*P. friedrichsthalianum* (Berg.) Nied) que posee la característica de ser resistente al ataque por nematodos. Se utilizaron tres materiales vegetales para ser injertados: la variedad Enana Roja Cubana, el genotipo Pm12 y la Roja Exterior Redonda (RER).

Injertación

El material utilizado para injertar fue propagado *in vitro*; tanto los portainjertos como los genotipos a injertar, fueron aclimatados en un invernadero. Los injertos se hicieron en el invernadero una vez que las plantas del patrón y del injerto alcanzaron un diámetro de aproximadamente 1 cm. Se realizaron dos tipos de injertos: aproximación y púa invertida. Después de seis meses de injertar se

INTRODUCCIÓN

El guayabo (*Psidium guajava* L.) es uno de los cultivos más importantes del género *Psidium* y de la familia Myrtaceae, que se desarrolla en las zonas tropicales y subtropicales del mundo (Joseph y Priya, 2011). México es considerado uno de los centros de origen, y existe una gran variabilidad del género *Psidium*, con la especie *P. guajava* L. como la más distribuida, seguida de *P. sartorianum*, *P. guineense* Swartz, *P. friedrichsthalianum* (Berg.) Nied., *P. salutare*, *P. hypoglaucum*, *P. galapageium*, *P. cattleianum* Sabine, y *P. cattleianum* Lucidum. La mayoría de estas especies poseen una excelente adaptación a diferentes tipos de suelos y climas, pueden comportarse como árbol caducifolio y perennifolio a la vez, según la disponibilidad de humedad. En México la producción de guayaba, está basada principalmente en el cultivar 'Media China', tanto para consumo en fresco, como para la industria, por lo que es importante la diversificación de variedades y selecciones (Padilla *et al.*, 2002). Sin embargo, en guayabo existen problemas importantes con el ataque de nematodos, ya que pueden acabar con plantaciones completas (Avelar *et al.*, 2001), y problemas de fertilidad en los suelos (Manica, 2000), lo que conlleva a requerir de portainjertos que solucionen todos o algunos de estos problemas. Existen diferentes factores involucrados en la compatibilidad o incompatibilidad del injerto por ejemplo: anatómicos, cuando la conexión vascular no se logra o existe incompatibilidad celular (Pina y Errea, 2005), o con conexión débil (Errea

llevó a cabo el análisis de compuestos químicos. Se tomaron fragmentos de 0.5 cm de tallo, a una distancia de 1 cm por arriba y por debajo del punto de unión de los injertos y fragmentos de 0.5 cm en el punto de unión de los injertos (Figura 1). Como testigo se evaluaron árboles de cada uno de los genotipos y portainjertos sin injertar, en los que se tomaron muestras en las mismas posiciones como en los materiales injertados. Se tomaron muestras de tres injertos de aproximación, tres injertos de púa invertida, y un árbol testigo. Por cada planta de cada sección descrita en Figura 1 se colectaron cinco muestras de aproximadamente 0.5 cm cada una, para hacer un total de 15 muestras por planta.

Cuantificación de azúcares solubles totales (AST)

Se determinaron de acuerdo al método de Antrona (Montreuil et al., 1997). Para los extractos de los tejidos se hicieron cuatro extracciones sucesivas con 3 mL de etanol al 80% en baño María con temperatura de 80°C; los extractos obtenidos se llevaron a sequedad en una estufa a 60°C, y se re-suspendieron en 1 mL de agua destilada. Para el ensayo se agregaron 3 mL de reactivo de antrona, adicionando 300 μ L de extracto y 300 μ L de agua destilada; la mezcla se colocó en hielo en un agitador orbital constante a 180 rpm durante 5 minutos, para después transferir los tubos a baño María por 10 minutos. Antes de la lectura, los extractos se colocaron nuevamente en hielo por 5 minutos. Las lecturas de absorbancia a 625 nm se realizaron en un espectrofotómetro UV-visible (Evolution 300, Thermo). El contenido de azúcares se expresó en g 100 g⁻¹ de materia seca (MS).

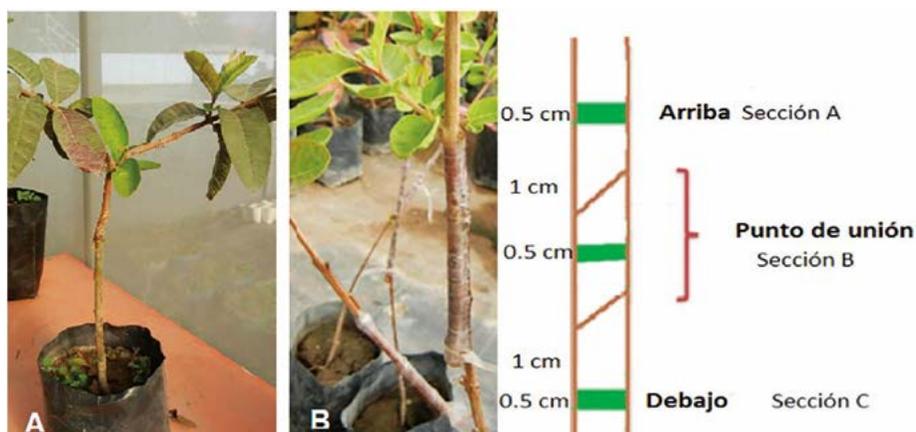


Figura 1. Esquema de las zonas de toma de muestra en los injertos. A=Injerto de púa invertida, B=Injerto de aproximación de 'Enana roja cubana' sobre Cass.

Glucosa, fructosa y sacarosa

La cuantificación de glucosa, fructosa y sacarosa se realizó a partir de los extractos usados en la cuantificación de azúcares solubles totales, y se realizó enzimáticamente por la adición secuencial de hexocinasa, fosfoglucosa-isomerasa e invertasa de acuerdo al método de Scholes et al. (1994). Las lecturas de absorbancia se realizaron a 340 nm en un espectrofotómetro lector de microplacas (Varioskan Flash, Thermo Scientific). Los cálculos se realizaron mediante curvas estándares de calibración preparadas previamente para cada uno de los azúcares y se expresaron en g 100 g⁻¹ de materia seca.

Compuestos fenólicos totales (CFT)

La determinación se hizo por medio de la reacción oxido-reducción de Folin-Ciocalteu (Nielsen, 1988). La colecta de las muestras se hizo de la misma forma que para el análisis de cuantificación de azúcares. Por cada extracto se realizaron dos replicas, y la reacción se hizo en oscuridad. Las lecturas se realizaron a una absorbancia de 725 nm en un espectrofotómetro UV-Visible (Evolution 300, Thermo Scientific). Los

resultados se expresaron en g 100 g⁻¹ de materia seca.

Descripción de los tratamientos

Se usaron tres genotipos: Pm12, Enana Roja Cubana y RER que se injertaron sobre dos portainjertos: Nayarit y Cass, resultaron 6 combinaciones, que se probaron con injerto de púa invertida y de aproximación, en total fueron 12 tratamientos, y como testigos se evaluaron plantas sin injertar.

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey, con un valor de alfa igual a 0.05. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), versión 9.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la prueba de medias y en el análisis de varianza de cada una de las combinaciones de injertos (vareta/portainjerto), y en cada variable evaluada, se encontraron diferencias significativas (Cuadro 1). La mayor concentración de AST se obtuvo en la combinación RER/Nayarit y la concentración más baja en la combinación RER/Cass, en comparación

Cuadro 1. Comparación de medias de la concentración de azúcares y compuestos fenólicos totales en las diferentes combinaciones de injertos.

Tratamientos	AST (g 100g ⁻¹)	Glucosa (g 100g ⁻¹)	Fructosa (g 100g ⁻¹)	Sacarosa (g 100g ⁻¹)	CFT (g 100g ⁻¹)
Pm12/ Nayarit	1.55 ef	0.035 ab	0.25 ab	0.36 bcde	0.96 cde
Enana Roja Cubana/Nayarit	2.11 bcde	0.033 abc	0.24 ab	0.48 abc	1.03 cd
RER/Nayarit	2.67 bc	0.038 ab	0.26 a	0.34 cde	0.69 f
Pm12 /Cass	1.47 ef	0.017 de	0.10 de	0.11 g	0.66 f
Enana Roja Cubana/Cass	2.21 bcd	0.028 bcd	0.19 bc	0.45 abcd	0.81 def
RER/Cass	1.29 f	0.037 ab	0.29 a	0.52 ab	0.74 ef
Testigos					
Nayarit	1.54 ef	0.030 abc	0.19 bc	0.17 gf	1.39 b
Cass	3.98 a	0.047 a	0.16 cd	0.55 a	2.19 a
Pm12	2.04 cde	0.01 de	0.13 cde	0.29 def	0.83 def
Enana Roja Cubana	2.73 b	0.011 e	0.08 e	0.27efg	1.14 c
RER	1.66 def	0.019 cde	0.14 cde	0.32 cde	0.39 g
DSH	0.66	0.01	0.06	0.16	0.23

Valores con la misma letra dentro de la misma columna entre tratamientos no presentan diferencias significativas (Tukey; $\alpha=0.05$); DSH=Diferencia Significativa Honesta. AST=azúcares solubles totales; CFT=compuestos fenólicos totales.

con los testigos. El portainjerto Cass fue el que registró una concentración mayor de azúcares solubles (3.98 g 100 g⁻¹). Sin embargo, cuando se realizó el injerto se presentó una concentración menor de azúcares (2.21-1.29 g 100 g⁻¹), lo que sugirió que hubo un movimiento escaso de los azúcares (translocación) de la varetta al patrón. En los azúcares analizados, la sacarosa fue la que mostró las concentraciones más altas, tanto en las diferentes combinaciones como en los testigos. La sacarosa desempeña un papel importante como fuente de carbono y energía para los tejidos no fotosintéticos, además, se considera fundamental para el metabolismo de la planta (Park *et al.*, 2009), y se metaboliza para formar azúcares simples como glucosa y fructosa (Martínez-Barajas, 2003).

Los CFT presentaron una concentración mayor en los testigos Cass y Nayarit (portainjertos), y en las combinaciones de injertos la concentración mayor se observó en Enana Roja Cubana/Nayarit (1.03 g 100 g⁻¹). Mientras que en las combinaciones injertadas sobre Cass, las concentraciones fueron bajas (0.69-0.81 g 100 g⁻¹). La presencia de CFT es una característica de todos los

tejidos vegetales, producto del metabolismo secundario de las plantas (Piñol *et al.*, 2008).

En el análisis de los compuestos químicos por tipo de injerto y sin injertar se observaron diferencias significativas para todas las variables (Figura 2). La mayor acumulación de AST se obtuvo en las plantas sin injertar, seguido del injerto de púa invertida, lo que se reflejó en el crecimiento, ya que los injertos de púa invertida fueron plantas vigorosas, con abundantes hojas en el dosel, y tallos gruesos. Estos indicadores representan una buena característica, ya que árboles con doseles más pequeños tienden a producir menos madera y menor cantidad de carbohidratos en comparación con los doseles más grandes (Canham *et al.*, 1999). El azúcar que acumuló concentración mayor fue la sacarosa, tanto en el injerto de púa invertida como en el de aproximación.

Los CFT presentaron una acumulación mayor en los testigos, seguido

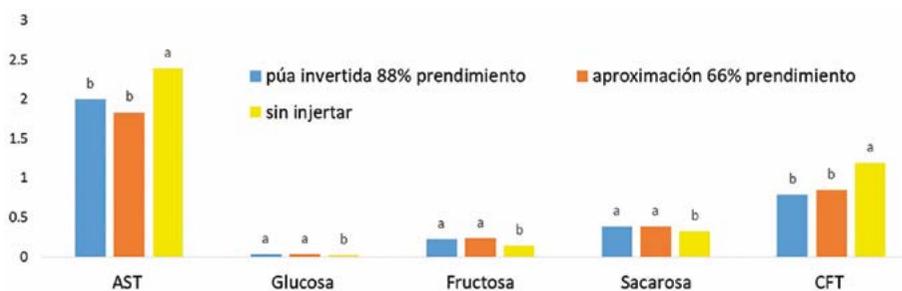


Figura 2. Porcentaje de azúcares solubles totales (AST) y compuestos fenólicos totales (CFT) en los dos tipos de injertos. Valores con la misma letra dentro del mismo grupo de compuestos no presenta diferencias significativas (Tukey; $\alpha=0.05$).

del injerto de aproximación. Esto se debió a que fue mayor la herida que se hizo al momento de realizar el injerto, en comparación con el injerto de púa invertida, lo cual es una reacción normal debido a que este tipo de compuestos, desempeñan un papel importante en la protección de la planta frente a los depredadores, además de ayudar a curar heridas en las plantas (Piñol et al., 2008). Aunque ambos tipos de injertos fueron compatibles, los mejores resultados se observaron en el injerto de púa invertida, tal como ocurre en otras especies como pistacho (*Pistacia vera*) en donde el tipo de injerto influye en la compatibilidad de los injertos (Canessa y Castro, 2008).

En las secciones evaluadas (debajo del punto de unión, punto de unión y arriba del punto de unión), donde se incluyeron todas las combinaciones de injertos y los tipos de injertos, se obtuvieron diferencias significativas en cada una de las variables analizadas. La concentración mayor de AST se registró en el punto de unión, y la sacarosa se acumuló en concentración mayor (Figura 3). En injertos de pera de diferentes cultivares, la acumulación de azúcares solubles fue mayor en el punto de unión ($0.052 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), y tuvo concentraciones menores por debajo del punto unión ($0.041 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), y por arriba del punto de unión ($0.032 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) (Ciobotari et al., 2010). Mientras que en injertos de cerezo (*Prunus serenata*), la concentración mayor de azúcares solubles se acumuló en el punto de unión y por arriba de este (Olmstead et al., 2010), lo cual podría ser una característica entre injertos compatibles e incompatibles, ya que una demanda menor de carbohidratos por el portainjerto, contribuye a niveles más altos por arriba del punto de unión, que podría reflejarse en el crecimiento vegetativo y reproductivo.

Los CFT mostraron concentración mayor por arriba del punto de unión (Figura 3). En chabacano (*Prunus armeniaca* L.) se presenta acumulación de compuestos polifenólicos (catequinas), por encima de la unión del injerto que resulta en incompatibilidad (Usenik et al., 2006). Lo cual está relacionado con la actividad de las peroxidasas (Feucht, 1998) y de la auxina AIA (Feucht y Treutter, 1995), que están involucradas en procesos de diferenciación vascular. En pera (*Pyrus communis*) injertado

sobre membrillo (*Cydonia oblonga*) se sabe que diferentes compuestos (catequina, procianidina B1, arbutina y varios flavonoles) fueron los causantes de incompatibilidad (Hudina et al., 2014). En este estudio, en el punto de unión se detectaron concentraciones bajas de CFT en comparación con las manifestadas en *Prunus armeniaca*, en donde la acumulación de algunos compuestos fenólicos estuvo relacionada con problemas en la diferenciación del callo y con la desorganización a nivel celular en el punto de unión, que se ha asociado generalmente con incompatibilidad (Errea et al., 1994, 2001). Dado que en nuestra investigación solo se cuantificaron los CFT, no es posible asegurar algún tipo de incompatibilidad en cualquiera de las combinaciones de injertos, sino solo las respuestas fisiológicas que tuvieron los tratamientos. La detección oportuna de compatibilidad o incompatibilidad de los injertos, es considerado un proceso complejo, que involucra uno o diferentes aspectos anatómicos, bioquímicos y fisiológicos, en algunas especies ya se tiene descrito el factor o factores que están involucrados en la compatibilidad o incompatibilidad (Pina y Errea, 2005). Algunos de estos factores se asocian con la diferenciación del callo formado en el punto de unión, o interacciones metabólicas, y una formación de una zona necrótica en la unión del injerto. Sin embargo, es importante realizar más estudios que permitan una selección temprana de portainjertos, antes de que se observe algún síntoma de incompatibilidad externo. Es importante señalar que en guayabo no existen estudios previos de compatibilidad por lo que este estudio puede servir como base para futuras investigaciones, ya que el uso de portainjertos ayudaría a resolver algunos de los problemas que existen en el cultivo, como son el ataque causado por nematodos y la fertilidad de suelos.



Figura 3. Porcentaje de azúcares solubles totales (AST) y compuestos fenólicos totales (CFT) en cada una de las secciones evaluadas en las combinaciones de los injertos y sus testigos. Valores con la misma letra dentro del mismo grupo de compuestos no presenta diferencias significativas (Tukey; $\alpha=0.05$).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos la concentración mayor de AST fue en la combinación RER/Nayarit, donde la sacarosa fue el azúcar que más se acumuló. La concentración de CFT fue mayor en la combinación Enana Roja Cubana/Nayarit. El injerto de púa invertida mostró la concentración más alta de AST, mientras que en el injerto de aproximación tuvo una concentración más alta de CFT, en comparación con al injerto de púa invertida. El punto de unión presentó la cantidad mayor de AST, mientras que los CFT se acumularon principalmente en la sección por arriba del punto de unión.

Las diferencias encontradas en los niveles de concentración de azúcares solubles y compuestos fenólicos totales pueden ser asociadas a incompatibilidad y provén información importante para determinar la afinidad de plántulas injertadas en una etapa temprana. Sin embargo, es necesario realizar un estudio más detallado sobre el tipo y contenido de compuestos fenólicos que en un futuro puedan afectar al injerto.

LITERATURA CITADA

- Avelar M. J., Téliz O. D., Zavaleta M. E. 2001. Patógenos asociados con el "declinamiento del guayabo". Revista mexicana de Fitopatología 19(2): 223-229.
- Canessa F. D., Castro V. M. 2008. Evaluación de diferentes tipos de injertos en pistacho (*Pistacia vera* L.), utilizando las variedades Peters, Kerman y Aegina sobre *Pistacia terebinthus* en tres épocas del año. Simiente 78: 1-8.
- Canham C. D., Kobe R. K., Latty E. F., Chazdon R. L. 1999. Interspecific and intraspecific variation in tree seedling survival, effects of allocation to roots versus carbohydrate reserves. Oecologia (Heidelberg) 121:1-11.
- Ciobotari G., Brianza M., Morariu A., Gradinariu G. 2010. Graft incompatibility influence on assimilating pigments and soluble sugars amount of some pear (*Pyrus sativa*) Cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanic Cluj 38(1):187-192.
- Errea P., Felipe A., Herrero M. 1994. Graft establishment between compatible and incompatible *Prunus* spp. Journal of Experimental Botany 45: 393-401.
- Errea P., Garay L., Marin J. A. 2001. Early detection of graft incompatibility in apricot (*Prunus armeniaca*) using *in vitro* techniques. Physiology Plant 112:135-141.
- Feucht W. (1988) Graft incompatibility of tree crops: an overview of the present scientific status. Acta Horticulturae 227: 33-41.
- Feucht W., Treutter D. 1995. Catechin effects on growth related processes in cultivated calli of *Prunus avium*. Gartenbauwissenschaft 60 (1): 7-11.
- Hudina M., Orazem P., Jakopic J., Stampar F. 2014. The phenolic content and its involvement in the graft incompatibility process of various pear rootstocks (*Pyrus communis* L.). Journal Plant Physiology 171: 76-84.
- Joseph B., Priya R. 2011. Review on nutritional, medicinal and pharmacological properties of Guava (*Psidium guajava* Linn). International Journal of Pharma Bio Science 2(1): 53-69.
- Manica I. 2000. Taxonomía a goiabeira. In: Manica I (ed) Fruticultura y tropical, goiaba. Porto Alegre, Brazil: Pp 23-36.
- Martínez-Barajas F. 2003. Análisis de la acumulación de azúcares en pericarpios de dos genotipos silvestres de jitomate (*Lycopersicon esculentum*). Agrociencia 37:363-370.
- Mng'omba S., du Toit E., Akinnesi F. 2008. The relationship between graft incompatibility and phenols in Uapaca kirkiana Müell Arg. Science Horticulturae 117: 212-218.
- Montreuil J., Spik G., Fournet B., Toillier T. 1997. Nonenzymatic determinations of carbohydrates. In: Multon L (Ed) Analysis of Food Constituents. Wiley-VCH. USA: Pp. 112-114.
- Nielsen S. 1998. Food Analysis. Purdue University. Indiana. USA, 556p.
- Olmstead M. A., Lang S. N., Lang G. A. 2010. Carbohydrate profiles in the graft union of young sweet cherry trees grown on dwarfing and vigorous rootstocks. Science Horticulturae 124:78-82.
- Padilla R. J. S., González G. E., Esquivel V. F., Mercado S. E., Hernández D. S., Mayer P. N. 2002. Caracterización del germoplasma sobresaliente de guayabo de la región Calvillo-Cañones, México. Revista Fitotecnia Mexicana 25(4): 393-399.
- Park J. Y., Canam T., Kang K. Y., Unda F., Mansfield S. 2009. Sucrose phosphate synthase expression influences poplar phenology. Tree Physiology 29:937-946.
- Pina A., Errea P. 2005. A review of new advances in mechanism of graft compatibility-incompatibility. Science Horticulturae 106:1-11.
- Piñol M. T., Palazón J., Cusidó R. M. 2008. Introducción al metabolismo secundario. In: Azcón-Bieto J., Talón M. (eds) Fundamentos de Fisiología Vegetal, Segunda edición. España: Pp 323-348.
- Scholes J. D., Lee P. J., Horton P., Lewis D.H. 1994. Invertase: understanding changes in the photosynthetic and carbohydrate metabolism of barley leaves infected with powdery mildew. New Phytol 126: 213-222.
- Usenik V., Krška B., Vican M., Stampar F. 2006. Early detection of graft incompatibility in apricot (*Prunus armeniaca* L.) using phenol analyses. Scientia Horticulturae 109: 332-338.