

PRODUCTIVIDAD DEL LIMÓN ‘PERSA’ INJERTADO EN CUATRO PORTAINJERTOS EN UNA HUERTA COMERCIAL DE VERACRUZ, MÉXICO

Sergio Alberto Curti-Díaz*; Carlos Hernández-Guerra; Reyna Xochitl Loredó-Salazar.

Campo Experimental Ixtacuaco-Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias.
km 4.5 Carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan. Col. Rojo Gómez
Tlapacoyan, Veracruz, C. P. 93600. MÉXICO.

Correo-e: curtis.ergio@inifap.gob.mx (* Autor para correspondencia)

RESUMEN

Veracruz, México, contaba con 36,166.36 ha plantadas con limón ‘Persa’ (*Citrus latifolia* Tan.) en 2010, que produjeron 437,460.80 toneladas de fruta con un valor de 1,196.9 millones de pesos. Dado que los portainjertos influyen en el desarrollo vegetativo, producción y calidad de los frutos cítricos, en función de la especie de portainjerto, tipo de suelo y clima donde se cultiven, se comparó el comportamiento agronómico del limón ‘Persa’ de 11 años de edad, injertado en citrange Carrizo, citrumelo Swingle y en los limones Volkameriana y Rugoso, plantado a 4 x 6 m, en un suelo arcilloso, delgado y fuertemente ácido (pH 4.5). Se registraron las dimensiones del árbol, producción, eficiencia productiva y calidad de fruta de ocho cosechas, durante junio de 2008 a julio de 2009. Se obtuvieron los siguientes resultados relevantes: a) Carrizo, Swingle y Volkameriana indujeron menor altura y volumen de copa que Rugoso, pero la conformación de copa del limón ‘Persa’ fue más ancha que alta, con todos ellos, b) El rendimiento de fruta por árbol fue mayor con Rugoso, pero su eficiencia productiva igualó a la obtenida con Carrizo y Swingle, c) Carrizo, Rugoso y Swingle indujeron mayor volumen de fruta con calidad de exportación (Estados Unidos), sin presentar diferencias entre ellos en cuanto a los calibres comerciales de la fruta producida, y d) El comportamiento agronómico de Carrizo y Swingle, en cuanto a vigor, porte, eficiencia productiva, calidad de fruta y tolerancia a las termitas, ofrece mayores ventajas para cultivar limón ‘Persa’ en suelos de sabana.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Citrus latifolia*, eficiencia productiva, calidad, porte, acidez.

PRODUCTIVITY OF ‘TAHITI’ LIME GRAFTED ONTO FOUR ROOSTOCKS IN A COMMERCIAL ORCHARD IN VERACRUZ, MEXICO

ABSTRACT

There were 36,166.36 ha planted with ‘Tahiti’ lime (*Citrus latifolia* Tan.) in Veracruz, Mexico in 2010, which produced 437,460.80 tons of fruit valued at 88.07 million dollars. Because rootstocks influence vegetative growth, citrus fruit yield and quality, depending on the species of rootstock, soil type and climate where they are cultivated, we compared the agronomic performance of 11-year-old ‘Tahiti’ lime trees grafted onto Carrizo citrange, Swingle citrumelo and Volkamerian and Rough lemons, planted with 4 x 6 m spacing, in a thin, strongly acidic (pH 4.5) clay soil. Tree dimensions, yield, production efficiency and fruit quality of eight harvests, from June 2008 to July 2009, were recorded. The most important results were: Carrizo, Swingle and Volkamerian induced lower height and canopy volume than Rough lemon, but the canopy formation of ‘Tahiti’ lime was wider than high, with all of them, b) fruit yield per tree was higher with Rough, but its production efficiency equaled that obtained with Carrizo and Swingle, c) Carrizo, Rough and Swingle induced a higher volume of export-grade (United States) ‘Tahiti’ lime fruit, with no differences among them in terms of the commercial sizes of the fruit produced, and d) the agronomic performance of Carrizo and Swingle, in terms of vigor, tree size, production efficiency, fruit quality and tolerance to termites, offers greater advantages for growing ‘Tahiti’ lime in savanna soils.

ADDITIONAL KEYWORDS: *Citrus latifolia*, production efficiency, quality, tree size, acidity.

INTRODUCCIÓN

La industria del limón 'Persa' en Veracruz, México, contaba en 2010 con 36,166.36 ha plantadas con este frutal, que produjeron 437,460.80 toneladas de fruta con un valor de 1,196.9 millones de pesos (Anónimo, 2012a). Esta importante actividad agrícola prácticamente tenía como único portainjerto al naranjo Agrio, hasta antes de los años noventa, el cual es muy sensible al virus de la tristeza (VT). A raíz de la posible presencia de este virus en la región, los citricultores han optado por diferentes portainjertos en sus propias huertas para reemplazar al naranjo 'Agrio'. Sin embargo, se desconocen las ventajas y desventajas que tienen dichos portainjertos injertados con limón 'Persa', cuando se desarrollan en las diferentes condiciones edafoclimáticas de la región (alcalinidad, acidez, suelos delgados con poca retención de humedad, anegación, enfermedades).

Existen evidencias de la diversidad que los portainjertos inducen al limón 'Persa' en cuanto al desarrollo vegetativo, rendimiento y calidad de la fruta se refiere (Castle *et al.*, 1993; Stenzel y Neves, 2004; Milla *et al.*, 2009; Espinoza-Núñez *et al.*, 2011). Dichas diferencias pueden ir desde un pobre desarrollo y muerte de la planta, cuando se hace una mala selección del portainjerto para una condición específica y limitante del suelo, donde se pierde producción, planta y los recursos empleados, hasta un rendimiento y calidad de fruta aceptable. Se llega a perder la oportunidad de lograr una mayor productividad por no seleccionar un mejor portainjerto, apropiado para las condiciones específicas del sitio a utilizar. Por citar sólo un ejemplo, el limón 'Persa' injertado en naranjo 'Agrio Smooth Flat Seville' produjo al sexto año de edad 51.5 kg de fruta, el cual es un rendimiento aceptable, pero con citrange Morton fue 230 % mayor (Espinoza-Núñez *et al.*, 2011). Por ello, en el presente estudio se consideró importante evaluar y comparar el comportamiento agronómico del limón 'Persa' injertado en cuatro portainjertos, en una huerta comercial establecida en un suelo tipo sabana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área y período de estudio

El ensayo se realizó de junio de 2008 a julio de 2009, en el rancho San Rafael, ejido Paso Largo, de Martínez de la Torre, Veracruz, en una huerta de limón 'Persa' plantada en 1997 a 4 x 6 m (417 árboles·ha⁻¹). El suelo es tipo sabana de textura arcillosa, el cual se agrieta en tiempo de sequía y se anega durante el período de lluvias, muy delgado, con tepetate a 30 cm de profundidad, motivo por el cual los árboles fueron plantados en un bancal de suelo de 40 cm de altura; de reacción fuertemente ácida (pH 4.5), con fertilidad baja en fósforo y azufre, media en nitrógeno, calcio y zinc y alta en potasio, magnesio, hierro y manganeso.

INTRODUCTION

The 'Tahiti' lime industry in Veracruz, Mexico, had 36,166.36 ha planted with this fruit in 2010, which produced 437,460.80 tons of fruit valued at 88.07 million dollars (Anonymous, 2012a). Until the 1990s, this major agricultural activity practically used only the sour orange rootstock, which is very susceptible to the citrus tristeza virus (CTV). As a result of the possible presence of this virus in the region, citrus growers have opted for different rootstocks in their orchards to replace the sour orange. However, the advantages and disadvantages of these rootstocks grafted with 'Tahiti' lime, when grown in the different edaphoclimatic conditions of the region (alkalinity, acidity, thin soils with low moisture retention, flooding, diseases), are unknown.

There is evidence of the diversity that rootstocks induce in 'Tahiti' lime in terms of vegetative growth, yield and fruit quality (Castle *et al.*, 1993; Stenzel and Neves, 2004; Milla *et al.*, 2009; Espinoza -Núñez *et al.*, 2011). These differences can range from poor plant development and death, when an inappropriate rootstock selection is made for a specific and limiting soil condition, resulting in yield, plant and resource losses, to acceptable yield and fruit quality. The opportunity to achieve a higher yield is missed by not selecting a better rootstock suitable for site-specific conditions. To cite just one example, 'Tahiti' lime grafted onto 'Smooth Flat Seville' sour orange produced in its sixth year 51.5 kg of fruit, which is an acceptable yield, but with Morton citrange it was 230 % higher (Espinoza-Núñez *et al.*, 2011). Therefore, in this study it was considered important to evaluate and compare the agronomic performance of 'Tahiti' lime tree grafted onto four rootstocks in a commercial orchard established in a savanna soil.

MATERIALS AND METHODS

Description of the study area and period

The study was conducted from June 2008 to July 2009, at Rancho San Rafael, ejido Paso Largo, in Martínez de la Torre, Veracruz, in a 'Tahiti' lime orchard planted in 1997 with 4 x 6 m spacing (417 trees·ha⁻¹). The soil is a clayey savanna, which cracks in time of drought and remains flooded for several days, and is very thin, with tepetate at 30 cm deep, which is why the trees were planted in a ridge of ground 40 cm tall. The soil is strongly acidic media (pH 4.5), with low fertility in phosphorus and sulfur, medium in nitrogen, calcium and zinc and high in potassium, magnesium, iron and manganese.

Materials evaluated

The performance of 'Tahiti' lime grafted onto the following four rootstocks was assessed 1) Swingle citrumelo (*Citrus paradisi* x *Poncirus trifoliata*), 2) Carrizo citrange (*C. sinensis* x *P. trifoliata*), 3) Volkamerian lemon (*C. limonia*, Sin. *C. volkameriana*) and 4) Rough lemon (*C. jambhiri*).

Materiales evaluados

Se evaluó el comportamiento del limón 'Persa' injertado en cuatro portainjertos: 1) Citrumelo Swingle (*Citrus paradisi* x *Poncirus trifoliata*), 2) Citrange Carrizo (*C. sinensis* x *P. trifoliata*), 3) Limón Volkameriana (*C. limonia*, Sin. *C. volkameriana*) y 4) Limón Rugoso (*C. jambhiri*). De cada tratamiento se seleccionaron 20 árboles con copas de apariencia sana y con el porte y vigor característicos de cada tratamiento, con excepción del limón 'Persa' en limón Rugoso, del que sólo se tuvieron 11, debido a que la mayoría de los árboles tenían daño o habían muerto por ataque de termita, durante el periodo de 1997 a 2007, pero ninguno durante el periodo de estudio.

Manejo de la huerta

El manejo agronómico de la huerta lo realizó el productor cooperante de manera uniforme para todos los portainjertos, como se describe: a) Manejo de la maleza en los meses de junio, agosto y noviembre de 2008 y enero, marzo y junio de 2009, con glifosato y sulfato de amonio, al 1 %, en ambos casos; b) Fertilización al suelo. Se aplicaron 565-80-50 gramos por árbol de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, repartidos en septiembre, octubre y diciembre de 2008 y enero y febrero de 2009. En septiembre y octubre de 2008 se aplicaron 1.5 kg de cal industrial, 10 días antes de la fertilización al suelo, para aumentar la disponibilidad de los nutrimentos del suelo; c) Fertilización al follaje. Se realizaron trece aspersiones al follaje durante todo el año, principalmente con nitratos (amonio, potasio, magnesio y calcio), urea, fosfato monoamónico y triple 18, que en conjunto aportaron a cada árbol 200, 67, 51, 26, y 22 gramos de N, P₂O₅, K₂O, MgO y CaO, respectivamente; también se aplicaron elementos menores; d) Poda. Eliminación de "chupones", ramas secas o enfermas, durante todo el año, y aclareo de ramas desde su base y eliminación de ramas largas en octubre de 2008; e) Manejo de plagas: control de escama nieve, caracolillo y hormiga en el tronco y ramas principales, en junio y agosto de 2008 y abril de 2009, con citrolina, emulsificante y dietil (dimetoxitiofosforilto) succinato o S-1,2-bis (etoxycarbonil) etil O,O-dimetil fosforoditioato al 1, 0.1 y 0.2 %, respectivamente. Las plagas del follaje como diaforina, pulgón y minador se controlaron con O, O-dietil O-3, 5,6-trichloropyridin-2-il fosforotioato, (1RS)-cis,trans-3-(2,2-diclorovinil)-2,2-dimetilciclopropano carboxilato de (RS)-ciano-3-Fenoxibencilo y O,O-dimetil S-metilcarbamoilmetil fosforoditioato, entre otros, a dosis menores del 1 %, para los tres productos. f) Riegos. La huerta se mantuvo con la humedad de las lluvias ocurridas durante el periodo de estudio (no registradas). g) Cosecha. Se realizó cuando los frutos alcanzaron un diámetro ecuatorial mínimo de 50 mm (calibre 250).

Variables de respuesta

Dimensiones del tronco. a) Diámetro del tronco del portainjerto y del limón 'Persa'. Se dividió la circunferencia

From each treatment, 20 trees with healthy-looking canopies and with size and vigor characteristic of each treatment were selected, except for the 'Tahiti' lime grafted onto Rough lemon, which only had 11, because most of the trees had damage or had died from termite attack, during the period from 1997 to 2007, but none during the study period.

Orchard management

Agronomic management of the orchard was carried out by the cooperating producer in a uniform manner for all rootstocks, as described below: a) Weed management in the months of June, August and November 2008 and January, March and June 2009, with glyphosate and ammonium sulphate, at 1% in both cases, b) Soil fertilization. 565-80-50 grams of N, P₂O₅ and K₂O, respectively, were applied per tree in September, October and December 2008 and January and February 2009. In September and October 2008, 1.5 kg of industrial lime were applied 10 days prior to soil fertilization in order to increase the availability of soil nutrients; c) Foliar fertilization. There were thirteen foliar sprayings throughout the year, mainly with nitrates (ammonium, potassium, magnesium and calcium), urea, monoammonium phosphate and triple 18, which together contributed to each tree 200, 67, 51, 26, and 22 grams of N, P₂O₅, K₂O, MgO and CaO, respectively; minor elements were also applied; d) Pruning. "Suckers" and dry and diseased branches were removed throughout the year, whereas to thin the canopy some branches were removed from their base and large branches were trimmed in October 2008; e) Pest management: control of citrus snow scale, snail and ant on the trunk and main branches was conducted in June and August 2008 and April 2009, with citroline, emulsifier and diethyl (dimetoxitiofosforilto) succinate or S-1,2-bis (ethoxycarbonil) ethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate at 1, 0.1 and 0.2 %, respectively. Foliage pests such as diaforina, aphid and leafminer were controlled with O, O-diethyl O-3, 5,6-trichloropyridin-2-yl phosphorothioate (1RS)-cis, trans-3-(2,2-dichlorovinyl) -2,2-dimethylcyclopropane carboxylate of (RS)-cyano-3-phenoxybenzyl and O, O-dimethyl S-methylcarbamoilmetil phosphorodithioate, among others, at a dose of less than 1 % for all three products; f) Irrigation. The orchard was kept moist by the rains that occurred during the study period (not recorded). g) Harvest. It was performed when the fruits reached a minimum equatorial diameter of 50 mm (size 250).

Response variables

Trunk dimensions. a) Rootstock and 'Tahiti' lime trunk diameter. The circumference of each tree, measured at 10 cm from the rootstock/graft union (cm), was divided by the value of Pi (3.1416) and expressed in cm; b) Rootstock trunk-'Tahiti' lime trunk relationship. To determine the development relationship between the two trunks, the diameter of the first was divided by that of the second.

Canopy dimensions. These variables, as well as the trunk dimensions, were recorded in December 2008:

de cada uno de los troncos, medida a 10 cm de distancia de la unión portainjerto/injerto (m), entre el valor de π (3.1416), y se expresó en cm; b) Relación tronco portainjerto/tronco limón 'Persa'. Para conocer la relación del desarrollo de ambos troncos, se dividió el diámetro del primero entre el del segundo.

Dimensiones de la copa. Estas variables, así como las dimensiones del tronco, se registraron en diciembre de 2008: a) Altura inferior y total de copa. Se registró la altura total del árbol y la altura (m) donde iniciaban las primeras ramas (altura inferior), partiendo en ambos casos desde el suelo; b) Diámetro. Se obtuvo promediando el diámetro del árbol (m) registrado en dos direcciones (E-O y N-S), medidos a 1 m de altura y siguiendo la forma normal de la copa; es decir, sin considerar las ramas largas que sobresalieron de la misma; c) Índice de conformación de la copa (ICC). Se determinó dividiendo la altura total del árbol entre su diámetro (Ledo *et al.*, 2008); d) Volumen de copa total (VCT). Se usó la fórmula propuesta por Mendel (1956, citada por Stenzel *et al.*, 2005): $V = \frac{2}{3}\pi R^2 H$, donde V representa el volumen (m^3), π es el valor de π (3.1416), R es el radio de la copa (m) y H es la altura del árbol (m). Para este estudio H correspondió a la altura real de la copa; es decir, aquella donde el árbol tenía follaje, para lo cual se restó a la altura total del árbol la altura inferior de la copa. Se expresó en metros cúbicos de VCT; e) Volumen de copa improductivo (VCI). Dado que la mayoría de los frutos cítricos se producen en los primeros 90 cm exteriores de la copa, donde la luz que recibe es adecuada para formar las yemas florales, mientras que la parte interna es ocupada por estructura de soporte, espacio desperdiciado para la fructificación (Shertz y Brown, 1966, citados por Phillips, 1978). Se calculó el VCI usando la fórmula de Mendel, restando previamente 90 cm al radio y a la altura de la copa, de la manera siguiente: $VCE = \frac{2}{3}\pi (R-0.9 m)^2 (H-0.9 m)$. Se expresó en metros cúbicos de VCI; f) Volumen de copa efectiva (VCE). Se obtuvo restando el VCI al VCT y se expresó en metros cúbicos de VCE.

Rendimiento. Se registró el número y peso de frutos por árbol, en cada una de las ocho cosechas que se realizaron durante un año. El peso se determinó con una báscula de plataforma marca Oken, con capacidad de 120 kg. Para determinar el peso del fruto, se dividió el rendimiento del árbol entre el número de frutos que produjo.

Calidad de la fruta. Se determinó la calidad comercial y calibres de los frutos. a) Calidad comercial. En campo se clasificó visualmente la fruta cosechada de cada árbol en tres calidades comerciales, llamadas regionalmente "Estados Unidos", "Segunda" y "Tercera". Dado que no se encontró alguna norma cuyas especificaciones se adecuaron a estas calidades, se clasificó la fruta usando arbitrariamente la siguiente descripción, con base en los criterios usados por los productores: 1) EEUU, con 70 % o más de superficie de color verde (Anónimo, 2004), menos de 10 % de daños y no sobremadurados (turgencia y

a) Lower and total canopy height. Total tree height and the height (m) where the first branches (lower height) begin, starting in both cases from the ground, were recorded; b) Diameter. It was obtained by averaging the tree diameter (cm) recorded in two directions (E-W and N-S), measured at 1 m in height and following the normal shape of the canopy, that is, without considering the long branches that extended out from it; c) Canopy formation index (CFI). It was determined by dividing the total height of the tree by its diameter (Ledo *et al.*, 2008), d) Total canopy volume (TCV). The formula proposed by Mendel (1956, cited by Stenzel *et al.*, 2005) was used: $V = \frac{2}{3}\pi R^2 H$, where V represents volume (m^3), π is the value of π (3.1416), R is the canopy radius (m) and H is tree height (m). For this study, H corresponded to the actual height of the canopy, that is, where the tree had foliage, for which the lower canopy height was subtracted from total tree height. It was expressed in cubic meters of TCV; e) Unproductive canopy volume (UCV). Given that most citrus fruits are produced in the first 90 cm outside of the canopy, where the light received is suitable to form floral buds, while the inner part is occupied by support structure and is wasted space as far as fruit production is concerned (Shertz and Brown, 1966, cited by Phillips, 1978). UCV was calculated using the Mendel formula, by previously subtracting 90 cm from canopy radius and height, as follows: $VCE = \frac{2}{3}\pi (R-0.9 m)^2 (H-0.9 m)$. It was expressed in cubic meters of UCV; f) Effective canopy volume (ECV). It was obtained by subtracting UCV from TCV and it was expressed in cubic meters of ECV.

Yield. The number and weight of fruits per tree, in each of the eight harvests performed in one year, were determined. Weight was determined with an Oken platform scale, with a 120-kg capacity. To determine fruit weight, the yield of the tree was divided by the number of fruits it produced.

Fruit quality. The commercial grade and size of the fruits were determined as follows: a) Commercial grade. Fruit harvested from each tree were visually classified in the field into three commercial grades, regionally called "United States," "Second" and "Third." Since no standard whose specifications conform to these grades was found, the fruit was arbitrarily classified using the following description, based on the criteria used by producers: 1) U.S., with 70 % or more green surface (Anonymous, 2004), less than 10 % damage and not overripe (visible turgidity and rugosity); 2) Second, with 50 % or more green color, less than 20 % damage and not overripe and 3) Third, generally yellowish green fruit, or with more than 20 % damage, and overripe (without turgidity, smooth); b) Average fruit weight. It was determined by dividing the total weight of fruit per tree by the number of harvested fruits, and expressed in grams; c) Fruit size. This variable was determined on the fruit conveyor belt in the "Villanueva" 'Tahiti' lime packinghouse in Martínez de la Torre, Veracruz. Since classifying the fruit of each tree proved impractical, it was done for total fruit

rugosidad visibles); 2) Segunda, con 50 % o más de color verde, menos de 20 % de daños y no sobremadurados; y 3) Tercera, generalmente frutos verde amarillentos, o con daños mayores al 20 %, sobremadurados (sin turgencia, lisos); b) Peso promedio del fruto. Se determinó dividiendo el peso total de frutos por árbol entre el número de frutos cosechados y se expresó en gramos; c) Tamaño del fruto. Esta variable se determinó en la corredora de fruta de la empacadora de limón 'Persa' "Villanueva", de Martínez de la Torre, Ver. Dado que resultó impráctico clasificar la fruta de cada árbol, se hizo para el total de fruta cosechada por portainjerto, separando las calidades de la fruta en dos "corridas": la primera con las calidades "EEUU" y "Segunda", y la segunda con la calidad "Tercera". Los calibres comerciales que se determinaron, así como su diámetro ecuatorial correspondiente, fueron: 250 (50-51 mm), 230 (52-53 mm), 200 (54-55 mm), 175 (56-59 mm), 150 (59-61 mm) y 110 (61-63 mm) (Anónimo, 2004). Cada calibre indica el número de frutos del diámetro indicado, que caben en una caja con capacidad para 40 libras (Curti-Díaz *et al.*, 2000).

Eficiencia productiva. La eficiencia productiva o rendimiento por unidad de producción se determinó mediante cuatro índices (Wheaton *et al.*, 1978; Westwood y Roberts, 1970), dividiendo los kilogramos de fruta del árbol entre: a) el volumen de copa efectiva ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), b) la superficie de suelo ocupada por la copa, se estimó multiplicando el valor de π (3.1416) por el radio al cuadrado de la copa; se expresó en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ de suelo, c) el área transversal del portainjerto (ATP), a 10 cm debajo de su unión con el limón 'Persa', estimada multiplicando el valor de π por el radio al cuadrado del tronco; se expresó en $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$, y d) el área transversal del tallo del limón 'Persa' (ATTLP), a 10 cm arriba de su unión con el portainjerto, estimada multiplicando el valor de π por el radio al cuadrado del tronco; se expresó en $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$.

Diseño experimental y análisis de varianza

Se usó un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos (portainjertos) y 20 repeticiones, con excepción de tratamiento con limón Rugoso en que fueron 11, y se usó un árbol como parcela experimental. Los datos registrados se analizaron con el programa Statistical Analysis System (Anónimo, 2010), versión 9.2, y para la separación de medias se usó la Prueba de Tukey a una probabilidad de error del 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensiones del tronco

El citrumelo Swingle desarrolló el tronco de mayor diámetro (19.23 cm), y superó al resto de los portainjertos evaluados (Cuadro 1), lo cual coincide con los resultados de Del Valle *et al.* (1989) y Girardi y Mourao-Filho (2006), mientras que Carrizo presentó un tronco de grosor intermedio (16.10 cm), y los limones Rugoso y Volkameriana, especies unifoliadas, tuvieron los valores más bajos.

harvested per rootstock, separating the fruit grades into two "runs:" the first with the "U.S." and "Second" grades, and the second with the "Third" grade. The commercial sizes determined, as well as their corresponding equatorial diameter, were: 250 (50-51 mm), 230 (52-53 mm), 200 (54-55 mm), 175 (56-59 mm), 150 (59-61 mm) and 110 (61-63 mm) (Anonymous, 2004). Each size indicates the number of fruits of the diameter indicated, which fit into a 40-pound box (Curti-Díaz *et al.*, 2000).

Production efficiency. Production efficiency or yield per unit of production was determined by four indices (Wheaton *et al.*, 1978; Westwood and Roberts, 1970), by dividing the kilograms of fruit from the tree by: a) the effective canopy volume ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), b) the ground area covered by the canopy, which was estimated by multiplying the value of π (3.1416) times the square radius of the canopy; it was expressed in $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ of ground, c) the rootstock cross-sectional area (RCSA), at 10 cm below its union with the 'Tahiti' lime, was estimated by multiplying the value of π times the square radius of the trunk; it was expressed in $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$, d) the 'Tahiti' lime trunk cross-sectional area (TLTCSA), at 10 cm above its union with the rootstock, was estimated by multiplying the value of π times the square radius of the trunk; it was expressed in $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$.

Experimental design and analysis of variance

A randomized block design, with four treatments (rootstocks) and 20 replications, except in the treatment with Rough lemon which had 11, was used. A tree was used as the experimental plot. The recorded data were analyzed using the Statistical Analysis System program (Anonymous, 2012), version 9.2, and the separation of means was performing using Tukey's test at a 5 % probability of error.

RESULTS AND DISCUSSION

Trunk dimensions

The Swingle citrumelo developed the largest trunk diameter (19.23 cm), outperforming all the other rootstocks evaluated (Table 1), which coincides with the results reported by Del Valle *et al.* (1989) and Girardi and Mourao-Filho (2006), while Carrizo presented a trunk of intermediate thickness (16.10 cm), and the Rough and Volkamerian lemons, unifoliate species, had the lowest values.

The stem diameter of 'Tahiti' lime with Rough lemon (15.87 cm) was greater than with Swingle (13.14 cm) (Table 1), a difference that can be attributed to the influence that the rootstock had on this cultivar (Girardi and Mourao-Filho, 2006), as the cultivar shoot came from the same nursery.

By dividing the Volkamerian stem diameter by the 'Tahiti' lime one, the nearest value to 1 was obtained, a characteristic that is associated with good compatibility between the two (Schäffer *et al.*, 2001; Milla *et al.*, 2009). However, with Swingle, there is a relationship of 1.49, a result com-

El diámetro del tallo del limón 'Persa' con Rugoso (15.87 cm) fue mayor que con Swingle (13.14 cm) (Cuadro 1), diferencia que puede atribuirse a la influencia que tuvo el portainjerto en dicho cultivar (Girardi y Mourao-Filho (2006), ya que la yema del cultivar provino de un mismo vivero.

Al dividir el diámetro del tallo de Volkameriana entre el correspondiente al de limón 'Persa', se obtuvo el valor más cercano a uno, característica que se asocia a una buena compatibilidad entre ambos (Schâffer *et al.*, 2001; Milla *et al.*, 2009). Sin embargo, con Swingle, existe una relación de 1.49, resultado comparable con *Poncirus trifoliata* y citrange 'C-13' cuya relación con el tronco del naranjo 'Folha Murcha' es de 1.65 y 1.46, respectivamente (Stenzel

parable with *Poncirus trifoliata* and citrange 'C-13' whose relationship to the trunk of the orange 'Folha Murcha' is 1.65 and 1.46, respectively (Stenzel *et al.*, 2005), without indicating any incompatibility between the two species, as Schâffer *et al.* (2002) indicate that the trunks of *Poncirus trifoliata* and its hybrids generally have a diameter greater than that of their canopies, and which are compatible with a large number of citrus species.

Canopy dimensions

The greatest 'Tahiti' lime tree height was induced by Rough (3.44 m), which exceeded the canopy size achieved with Carrizo, Swingle and Volkamerian (Table 2), a find-

CUADRO 1. Dimensiones del tronco de limón 'Persa' injertado en cuatro patrones y desarrollado en un suelo tipo sabana. Martínez de la Torre, Ver. INIFAP.

TABLE 1. Trunk dimensions of 'Tahiti' lime grafted onto four rootstocks and grown in a savanna soil. Martínez de la Torre, Veracruz. INIFAP.

Patrón / Rootstock	Diámetro / Diameter (cm)		DTP/DTLP RTD / TLTD
	Patrón / Rootstock	Limón 'Persa' 'Tahiti' Lime	
Carrizo	16.10 b	14.51 ab	1.18 b
Rugoso/ Rough	13.99 c	15.87 a	0.89 c
Swingle	19.23 a	13.34 b	1.49 a
Volkameriana / Volkamerian	13.74 c	15.10 ab	0.93 bc
MEDIA / Mean	15.992	14.557	1.154
DMS / LSD	1.560	2.344	0.289
CV	10.562	17.434	27.173

² Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

DTP: diámetro del tronco del portainjerto; DTLP: diámetro del tronco de limón 'Persa'

² Means with the same letter within a column are equal according to Tukey's test at $P \leq 0.05$. LSD: least significant difference, CV: coefficient of variation. RTD: rootstock trunk diameter; TLTD: 'Tahiti' lime trunk diameter

CUADRO 2. Dimensiones de la copa de limón 'Persa' injertado en cuatro patrones y desarrollado en un suelo tipo sabana. Martínez de la Torre, Ver. INIFAP.

TABLE 2. Canopy dimensions of 'Tahiti' lime grafted onto four rootstocks and grown in a savanna soil. Martínez de la Torre, Veracruz. INIFAP.

Patrón / Rootstock	Dimensiones del árbol (m) / Tree dimensions (m)		ICC / CFI
	Altura / Height	Diámetro / Diameter	
Carrizo	2.65 b	4.16 ab	0.64 b
Rugoso / Rough	3.44 a	4.48 a	0.77 a
Swingle	2.95 b	4.01 b	0.74 a
Volkameriana / Volkamerian	2.85 b	4.51 a	0.63 b
MEDIA / Mean	2.910	4.267	0.686
DMS / LSD	0.361	0.368	0.098
CV	13.447	9.345	15.419

² Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

ICC: índice de conformación de la copa = altura del árbol/diámetro de copa.

² Means with the same letter within a column are equal according to Tukey's test at $P \leq 0.05$. LSD: least significant difference, CV: coefficient of variation. CFI: canopy formation index = tree height/canopy diameter

et al., 2005), sin que ello indique algún tipo de incompatibilidad entre ambas especies, pues Schäffer *et al.* (2001) indican que los troncos de *Poncirus trifoliata* y sus híbridos generalmente presentan un diámetro mayor que el de sus copas, y que son compatibles con un gran número de especies cítricas.

Dimensiones de la copa

La mayor altura del árbol de limón 'Persa' la indujo Rugoso (3.44 m), que superó el tamaño de copa logrado con Carrizo, Swingle y Volkameriana (Cuadro 2); resultado que concuerda con lo señalado por varios investigadores sobre la capacidad que tiene este portainjerto para inducir un gran porte al limón 'Persa' (Stenzel y Neves, 2004) y a otros cultivares cítricos (Weathon *et al.*, 1995; Louzada *et al.*, 1992; Stenzel *et al.*, 2005).

El diámetro de la copa con Rugoso (4.48 m) superó al logrado con Swingle (4.01 m) y fue igual al conseguido con Carrizo y Volkameriana. Al respecto, Stenzel y Neves (2004) indican que el diámetro de copa del limón 'Persa' de cinco años de edad, injertado con Rugoso fue de 7.0 m, igual al logrado con Volkameriana (6.6 m) y mayor al conseguido con otros portainjertos (naranja trifoliado y mandarinos Sunki y Cleopatra), que no rebasaron 6.3 m de diámetro. Estos valores superan a los obtenidos en el presente estudio, a pesar de que los árboles tienen 11 años de edad, lo que sugiere que el suelo donde se cultivan (sabana, muy delgado, con tepetate a 30 cm de profundidad) está limitando su crecimiento.

Los cuatro portainjertos indujeron copas con mayor diámetro que altura, por lo que sus índices de conformación fueron menores de 1.0 del árbol. Resultados similares fueron encontrados por Ledo *et al.* (2008) con limón 'Persa' injertado en Carrizo (0.85) y por Figueiredo *et al.* (2002) con lima 'Tahiti' IAC.5 injertado en Volkameriana (0.60), Swingle (0.69) y nueve portainjertos más (índices menores de 1.0). El promedio de altura y diámetro de los árboles (12 años de edad) con estos 11 portainjertos fue 4.0 m y 6.1 m, respectivamente, que superan a los del presente estudio (Cuadro 2). Sin embargo, Ledo *et al.* (2008) señalan que los portainjertos deben formar copas pequeñas, con alta eficiencia productiva con relación al volumen de la misma, para aumentar la densidad de plantación y la producción de la huerta; idea que es compartida por Phillips (1978), Whitney y Wheaton (1984), Castle *et al.* (1986), Wheaton *et al.* (1995) y Stover *et al.* (2008). De tal manera que esa aparente desventaja es una oportunidad para establecer huertas con altas densidades de población en suelos de sabana, u otros que tengan algún factor que limite moderadamente el desarrollo del árbol.

Con relación al volumen de follaje del limón 'Persa', fue Rugoso quien indujo el mayor volumen de copa total (33.05 m³) y efectiva (24.56 m³), y superó estadísticamente al volumen logrado por los otros portainjertos (Cuadro 3). Estos resultados son inferiores a los señalados para

ing consistent with results reported by several researchers on the ability of this rootstock to induce large-sized 'Tahiti' lime canopy (Stenzel and Neves, 2004) and other citrus cultivars (Wheaton *et al.*, 1995; Louzada *et al.*, 1992, Stenzel *et al.*, 2005).

The canopy diameter with Rough (4.48 m) exceeded that achieved with Swingle (4.01 m) and equaled that obtained with Carrizo and Volkamerian. In this regard, Stenzel and Neves (2004) indicate that the canopy diameter of five-year-old 'Tahiti' lime, grafted with Rough, was equal to that achieved with Volkamerian (6.6 m) and greater than that obtained with other rootstocks (trifoliolate orange and Sunki and Cleopatra mandarin), which did not exceed 6.3 m in diameter. These values exceed those obtained in this study, despite the trees being 11 years old, which suggests that the soil where they grow (savanna, very thin, with tepetate at 30 cm deep) is limiting their growth.

The four rootstocks induced canopies with greater diameter than height, so that their formation indices were lower than the 1.0 of the tree. Similar results were found by Ledo *et al.* (2008) with 'Tahiti' lime grafted onto Carrizo (0.85) and by Figueiredo *et al.* (2002) with IAC.5 'Tahiti' lime grafted onto Volkamerian (0.60), Swingle (0.69) and nine other rootstocks (indices under 1.0). The average height and diameter of the trees (12 years old) with these 11 rootstocks was 4.0 m and 6.1 m, respectively, which exceed those of this study (Table 2). However, Ledo *et al.* (2008) note that the rootstocks should form small canopies, with high production efficiency relative to their volume, to increase the orchard's planting density and yield, an idea which is shared by Phillips (1978), Whitney and Wheaton (1984), Castle *et al.* (1986), Wheaton *et al.* (1995), and Stover *et al.* (2008). As a result, this apparent disadvantage is an opportunity to establish orchards with high population densities in savanna soils, or others with some factor that moderately limits tree development.

Regarding the volume of 'Tahiti' lime foliage, Rough induced the greatest total and effective canopy volumes, 33.05 m³ and 24.56 m³, respectively, and it statistically exceeded the volume achieved by the other rootstocks (Table 3). These results are lower than those reported for 'Tahiti' lime in production, by Figueiredo *et al.* (2002) with Swingle (70.09 m³) and 'Catania 2' Volkamerian (128.83 m³), Stenzel and Neves (2004) with Volkamerian (117.3 m³) and 'African' Rough (134.0 m³) and Ledo *et al.* (2008) with Carrizo (85.26 m³). Quijada *et al.* (2002) mention 'Tahiti' lime with Volkamerian (15.07 m³), Swingle (7.75 m³) and Rough (6.85 m³), but at two years of age.

Unproductive canopy volume was also higher with Rough (25.12 %), which statistically matched that of Volkamerian (21.75 %), and exceeded that of the two trifoliolate hybrids (Table 3). Furthermore, the canopy development of 'Tahiti' lime with Rough and Volkamerian has limited the free ground between rows to 1.5 m, and its height is 3.44 m and 2.85 m (Table 2). In this regard, Tucker *et al.* (1994)

limón 'Persa' en producción, por Figueiredo *et al.* (2002) con Swingle (70.09 m³) y Volkameriana 'Catania 2' (128.83 m³); Stenzel y Neves (2004) con Volkameriana (117.3 m³) y Rugoso 'Africano' (134.0 m³) y Ledo *et al.* (2008) con Carrizo (85.26 m³). Quijada *et al.* (2002) mencionan al limón 'Persa' con Volkameriana (15.07 m³), Swingle (7.75 m³) y Rugoso (6.85 m³), pero de dos años de edad.

El volumen de copa improductiva fue también mayor con Rugoso (25.12 %), que igualó estadísticamente al de Volkameriana (21.75 %), y superó al de los dos híbridos trifoliados (Cuadro 3). Además, el desarrollo de la copa del limón 'Persa' con Rugoso y Volkameriana ha limitado la calle libre a 1.5 m, y su altura es de 3.44 m y 2.85 m (Cuadro

report that tree height should not exceed twice the width of the free alley, suggesting that it is appropriate to start controlling tree size by lateral pruning and topping (Wheaton *et al.*, 1995), in 'Tahiti' lime with Rough, to avoid shading the lower part of the canopies between neighboring trees. This pruning is a required practice in orchard design, particularly with high population densities, to improve light interception (Wheaton *et al.*, 1978).

Fruit yield

The number of fruits per tree was higher with Carrizo, Rough and Swingle than with Volkamerian (Table 4). The highest fruit yield per tree was induced by Rough (214.95

CUADRO 3. Volumen de copa de limón 'Persa' injertado en cuatro patrones y desarrollado en un suelo tipo sabana. Martínez de la Torre, Ver. INIFAP.

TABLE 3. Canopy volume of 'Tahiti' lime grafted onto four rootstocks and grown in a savanna soil. Martínez de la Torre, Veracruz. INIFAP.

Patrón / Rootstock	Volumen de copa (m ³) / Canopy volume (m ³)		Volumen de copa improductivo (%) Unproductive canopy volume (%)
	Total	Efectiva Effective	
Carrizo	22.00 b	17.47 b	19.87 b
Rugoso / Rough	33.05 a	24.56 a	25.12 a
Swingle	22.40 b	17.77 b	19.41 b
Volkameriana / Volkamerian	24.73 b	19.21 b	21.75 ab
MEDIA / Mean	24.592	19.141	21.083
DMS / LSD	5.905	3.788	3.596
CV	25.997	21.423	18.466

² Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

² Means with the same letter within a column are equal according to Tukey's test at $P \leq 0.05$.

LSD: least significant difference, CV: coefficient of variation.

CUADRO 4. Rendimiento total y peso promedio de fruto del Limón 'Persa' injertado en cuatro patrones. Martínez de la Torre. Ver. INIFAP. 2010.

TABLE 4. Total yield and average fruit weight of 'Tahiti' lime grafted onto four rootstocks. Martínez de la Torre, Veracruz. INIFAP, 2010.

Patrón / Rootstock	Producción total por árbol / Total yield per tree		Peso promedio del fruto (g) / Average fruit weight (g)
	Núm. de Frutos / No. of Fruits	Peso (kg-árbol ⁻¹) / Weight (kg tree ⁻¹)	
Carrizo	2,324.10 a	214.65 b	92.63 a
Rugoso / Rough	2,665.50 a	252.53 a	93.20 a
Swingle	2,335.50 a	204.23 b	88.88 a
Volkameriana / Volkamerian	1,647.50 b	140.16 c	79.47 b
MEDIA / Mean	2,189.606	196.597	87.674
DMS / LSD	385.920	37.743	8.651
CV	19.081	20.785	10.682

² Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

² Means with the same letter within a column are equal according to Tukey's test at $P \leq 0.05$.

LSD: least significant difference, CV: coefficient of variation.

2). Al respecto, Tucker *et al.* (1994), refieren que la altura del árbol no debe exceder el doble del ancho de la calle libre, lo que sugiere que es oportuno empezar a controlar el tamaño del árbol mediante la poda lateral y descopete (Wheaton *et al.*, 1995), y así evitar el sombreado de la parte baja de las copas entre árboles vecinos. Esta poda es una práctica obligada en el diseño de huertas, sobre todo con altas densidades de población, para mejorar la intercepción de luz (Wheaton *et al.*, 1978).

Rendimiento de fruta

El número de frutos por árbol fue mayor con Carrizo, Rugoso y Swingle que con Volkameriana (Cuadro 4). El mayor rendimiento de fruta por árbol fue inducido por Rugoso (214.95 kg), que superó la producción lograda con el resto de patrones. El menor rendimiento fue obtenido con Volkameriana (140.16 kg), mientras que con Swingle y Carrizo la producción fue intermedia. Estos rendimientos se consideran altos, si se comparan con los obtenidos y señalados en otras investigaciones, cuyos rendimientos por árbol fueron 39.7 kg (Swingle) y 36.5 kg (Volkameriana Catania), promedio de ocho cosechas (Figueiredo *et al.* (2002); 102.3 kg (Volkameriana) y 106.0 kg (Rugoso) (Stenzel y Neves, 2004) y 116.5 kg (Swingle), 121.7 kg (Volkameriana) y 73.7 kg (Carrizo) (Espinoza-Núñez *et al.*, 2011). Las tres investigaciones se condujeron sin riego y la edad de los árboles fue de 10, 11 y 6 años, respectivamente.

El peso del fruto inducido con Volkameriana fue menor al obtenido con los otros tres portainjertos (Cuadro 4). Al respecto, Valbuena (1996) indica que los frutos de limón 'Persa' inducidos con Volkameriana y Cleopatra pesaron 122 y 111 g, respectivamente; mientras que Stenzel y Neves (2004) mencionan frutos de 111.5 y 113.5 g, para Rugoso y Volkameriana, en el mismo orden. Es muy probable

kg), which exceeded the production achieved with the other rootstocks. The lowest yield was obtained with Volkamerian (140.16 kg), while production with Swingle and Carrizo was intermediate. These yields are considered high when compared with those obtained and reported in other studies, whose yields per tree were: 39.7 kg (Swingle) and 36.5 kg (Volkamerian Catania), based on the average of eight harvests (Figueiredo *et al.* (2002); 102.3 kg (Volkamerian) and 106.0 kg (Rough) (Stenzel and Neves, 2004); and 116.5 kg (Swingle), 121.7 kg (Volkamerian) and 73.7 kg (Carrizo) (Espinoza-Núñez *et al.*, 2011). The three investigations were conducted without irrigation and tree age was 10, 11 and 6, respectively.

Fruit weight induced with Volkamerian was less than that obtained with the other three rootstocks (Table 4). In this regard, Valbuena (1996) indicates that the fruits of 'Tahiti' lime induced with Volkamerian and Cleopatra weighed 122 and 111 g, respectively, while Stenzel and Neves (2004) mention fruits weighing 111.5 and 113.5 g, for Rough and Volkamerian, respectively. The lower fruit weight obtained is likely due to the competition for water and assimilates, since the higher the number of fruits per tree, the smaller their size and weight (Wheaton *et al.*, 1991; Joublan and Lamb, 2002; Mattos *et al.*, 2005). The average number of fruits per tree obtained in this study (2,190) was high compared with those reported by Valbuena (1996), which were 897.8 (Volkamerian) and 304.2 (Cleopatra), and Ledo *et al.* (2008), produced with Carrizo (233.2 fruits).

'Tahiti' lime yield pattern

The performance of 'Tahiti' lime, relative to the distribution of fruit yield during the year, was very similar with the four rootstocks studied, although there are statistical differences for each of the eight harvests (Table 5). There

CUADRO 5. Comportamiento de limón 'Persa' injertado en cuatro patrones, con relación a su producción por árbol durante el periodo de estudio.

TABLE 5. Performance of 'Tahiti' lime grafted onto four rootstocks, relative to its yield per tree during the study period.

Patrón Rootstock	Rendimiento por fecha de cosecha (kg·árbol ⁻¹), de junio de 2008 a julio de 2009 Yield per harvest date (kg·tree ⁻¹), from June 2008 to July 2009							
	20 Jun.	28 Jul.	2 Oct.	4 Nov.	8 Dic.	17 Feb.	24 Mar.	16 Jul.
Carrizo	23.8a	47.3a	27.6ab	11.4ab	11.1a	38.8a	25.0b	30.3a
Rugoso / Rough	20.2ab	51.3a	36.5a	8.6ab	3.3b	41.4a	57.6a	33.9a
Swingle	13.0bc	53.3a	23.6b	6.7b	6.4b	36.8ab	52.3a	12.6b
Volkameriana / Volkamerian	6.2c	30.6b	29.6ab	13.5a	5.2b	26.3b	19.8b	9.2b
MEDIA / Mean	15.24	44.86	28.38	10.23	6.87	35.10	36.25	19.92
DMS / LSD	8.20	14.44	11.47	5.77	3.25	11.75	16.13	14.06
CV	58.28	34.84	43.75	61.10	51.14	36.24	48.18	76.43

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

^z Means with the same letter within a column are equal according to Tukey's test at $P \leq 0.05$.

LSD: least significant difference, CV: coefficient of variation.

que el menor peso del fruto obtenido se deba a la competencia que hubo por agua y asimilados, ya que a mayor cantidad de frutos por árbol, menor es el tamaño y peso de los mismos (Wheaton *et al.*, 1991; Joublan y Cordero, 2002; Mattos *et al.*, 2005). La cantidad media de frutos por árbol obtenida en este estudio (2,190) fue alta, comparada con los señalados por Valbuena (1996), que fueron 897.8 (Volkameriana) y 304.2 (Cleopatra), y por Ledo *et al.* (2008), producidos con Carrizo (233.2 frutos).

Patrón de producción del limón 'Persa'

El comportamiento de limón 'Persa', con relación a la distribución de la producción de fruta durante del año, fue muy similar con los cuatro portainjertos estudiados, aunque existen diferencias estadísticas para cada una de las ocho cosechas realizadas (Cuadro 5). Hubo cuatro cosechas importantes en los meses de julio y octubre de 2008 y febrero y marzo de 2009, que correspondieron a las floraciones de marzo-abril, junio-julio, octubre-noviembre y noviembre-diciembre de 2008, respectivamente, las cuales parecen ser iniciadas por las temperaturas bajas (Southwick y Davenport, 1986; García-Luis *et al.*, 1992) del invierno y por los períodos de estrés hídricos (Southwick y Davenport, 1986; Koshita and Takahara, 2004) que ocurren normalmente en Veracruz durante el año.

Estas cuatro producciones aportaron 64, 74, 76 y 81 % de la producción anual obtenida con Carrizo, Rugoso, Volkameriana y Swingle, respectivamente. Generalmente la cosecha de julio es la más abundante y la llamada de "invierno" (enero-marzo) es la más escasa, pero obtiene los mejores precios. Sin embargo, durante este estudio las producciones de febrero y marzo también fueron importantes. En la primera de ellas se obtuvo mayor producción con Carrizo y Rugoso que con Volkameriana, mientras que en marzo Rugoso y Swingle indujeron una mayor fructificación que Carrizo y Volkameriana. La suma de ambas producciones, que corresponden al período llamado "invierno", representan 30, 33, 39 y 40 % del rendimiento anual conseguido con Carrizo, Volkameriana, Rugoso y Swingle, respectivamente. Estos rendimientos se consideran altos si se comparan con lo que los citricultores señalan que obtienen normalmente (15 - 20 %).

Aparentemente las altas producciones de invierno fueron una respuesta al manejo agronómico que se le dio a la huerta. Hay evidencias de algunos estudios realizados en otras especies cítricas que apoyan este supuesto. Según García-Luis *et al.* (1986) y Martínez-Fuentes *et al.* (2010), la presencia de frutos inhibe la floración en mandarina 'Satsuma' y naranjo 'Valencia', respectivamente, por lo que la cosecha realizada el 2 de octubre pudo favorecer las floraciones desde finales de octubre a diciembre, considerando además que las producciones de noviembre y diciembre fueron bajas. Está bien documentado el papel del nitrógeno aplicado al suelo o al follaje (Embleton y Jones, 1974; Ali y Lovatt, 1994; Lovatt, 1999; Saleem *et al.*,

were four major harvests in the months of July and October 2008 and February and March 2009, which corresponded to the blooms in March-April, June-July, October-November and November-December 2008, respectively, which appear to be initiated by the low temperatures (Southwick and Davenport, 1986; García-Luis *et al.*, 1992) of winter and by periods of water stress (Southwick and Davenport, 1986; Koshita and Takahara, 2004) that normally occur in Veracruz during the year.

These four yields contributed 64, 74, 76 and 81 % of the annual production obtained with Carrizo, Rough, Volkamerian and Swingle, respectively. Generally the July harvest is the most abundant and the so-called "Winter" one (January-March) is the most scarce, but gets the best prices. However, during this study the February and March yields were also important. The former obtained higher production with Carrizo and Rough than with Volkamerian, while in March, Rough and Swingle induced greater fructification than Carrizo and Volkamerian. The sum of both productions, corresponding to the so-called winter period, represents 30, 33, 39 and 40 % of the annual yield achieved with Carrizo, Volkamerian, Rough and Swingle, respectively. These yields are considered high compared with what growers say are normally obtained (15-20 %).

Apparently the high winter yields were a response to the agricultural management given to the orchard. There is evidence from some studies on other citrus species that support this assumption. According to García-Luis *et al.* (1986) and Martínez-Fuentes *et al.* (2010), the presence of fruits inhibits flowering in 'Satsuma' mandarin and 'Valencia' orange, so that the harvest performed on October 2 could stimulate blooms from late October to December, considering also that the November and December yields were low. The role of nitrogen applied to the soil or foliage (Embleton and Jones, 1974; Ali and Lovatt, 1994; Lovatt, 1999; Saleem *et al.*, 2008), as urea or other nitrogenous compounds, in flowering, fruit set and citrus yield is well documented. During the study, a total of 764.8 g N·tree⁻¹ were applied to the soil (five times) and to the foliage (13 times), exceeding the 0.45 to 0.65 kg N⁻¹ tree suggested by Embleton and Jones (1974), regardless of the application method. Removing apical leaves or tip pruning mature shoots stimulates initiation of bud break, and if the shoot, prior to tip pruning, has been exposed to cold temperatures, it produces generative shoots (Davenport, 2000). 'Tahiti' lime trees subjected to two weeks of water stress (-0.90 MPa before sunrise) produced 16 % floral induction (Southwick and Davenport, 1986). Tip pruning in 'Tahiti' lime, performed after six weeks of water stress, favored greater flowering (44 flowers·m⁻² of canopy area) than that obtained in trees that were not tip pruned (7 flowers in the same canopy area) (Curti-Díaz, 1996). In this study, pruning took place after the October 2 harvest, but the dry periods were not registered.

2008), como urea u otros compuestos nitrogenados en la floración, amarre y rendimiento de los cítricos. Durante el estudio se aplicaron, al suelo (cinco veces) y al follaje (13 veces), un total de 764.8 g N-árbol⁻¹, cantidad superior a los 0.45 a 0.65 kg N-árbol⁻¹ sugerida por Embleton y Jones (1974), sin importar el método de aplicación. La remoción de hojas apicales o un despunte de brotes maduros estimula la apertura de yemas laterales y si el brote, antes de despuntarlo, se ha expuesto a bajas temperaturas produce brotes generativos (Davenport, 2000). El limón 'Persa' sometido a dos semanas de sequía (-0.90 MPa, antes del amanecer) produjo 16 % de brotes florales (Southwick y Davenport, 1986). El despunte de brotes en limón 'Persa', realizado después de seis semanas de sequía, favoreció una mayor floración (44 flores·m⁻² de superficie de copa)

Fruit quality

The amount of U.S.-grade fruit produced, which is the most important, was higher with Rough, Carrizo and Swingle than with Volkamerian (Table 6). Second-grade fruit was induced to the greatest degree with Rough, intermediately with Carrizo and Swingle, and to the least degree with Volkamerian. For Third grade, there were only differences with Rough, with which yield was greater than with the other rootstocks. According to data provided by the *Consejo de Productores y Exportadores de Limón 'Persa', A.C.* (Council of 'Tahiti' Lime Producers and Exporters) of Martínez de la Torre, Veracruz, average regional prices during the study period were 3.93, 1.89 and 1.30 pesos per kilogram of fruit for the U.S., Second and Third grades, respectively.

CUADRO 6. Rendimiento del limón 'Persa' injertado con cuatro patrones, según las calidades comerciales de la fruta. Martínez de la Torre, Ver. INIFAP.

TABLE 6. Yield of 'Tahiti' lime grafted with four rootstocks, according to the commercial grades of the fruit. Martínez de la Torre, Veracruz. INIFAP.

Portainjerto / Rootstock	Rendimiento promedio (kg-árbol ⁻¹) / Average yield (kg tree ⁻¹)		
	EE.UU / U.S.	Segunda / Second	Tercera / Third
Carrizo	133.82 a	53.89 b	26.94 b
Rugoso / Rough	134.46 a	80.08 a	37.99 a
Swingle	116.05 a	61.64 b	26.55 b
Volkameriana / Volkamerian	80.12 b	32.87 b	27.17 b
MEDIA / Mean	113.786	54.207	28.604
DMS / LSD	20.916	18.004	8.163
CV	19.901	35.958	30.896

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

^z Means with the same letter within a column are equal according to Tukey's test at $P \leq 0.05$.

LSD: least significant difference, CV: coefficient of variation.

CUADRO 7. Calibres comerciales de la fruta de limón 'Persa' producida con cuatro portainjertos en Martínez de la Torre, Ver.

TABLE 7. Commercial sizes of 'Tahiti' lime fruit produced with four rootstocks in Martínez de la Torre, Veracruz.

Portainjerto Rootstock	Calibres comerciales por patrón durante las ocho cosechas (kg-árbol ⁻¹) Commercial sizes by rootstock during the eight harvests (kg tree ⁻¹)						
	110	130	150	175	200	230	250
Carrizo	2.38 a ^z	4.78 a	24.46 a	101.01a	145.60a	141.40a	39.11a
Rugoso / Rough	3.53 a	7.94 a	26.61 a	68.66ab	98.20a	80.56a	31.20a
Swingle	0.84 a	3.06 a	19.48 a	81.16ab	143.74a	131.15a	36.26a
Volkameriana / Volkamerian	2.11 a	3.10 a	24.23 a	55.81b	91.41a	70.87a	25.40a
MEDIA / Mean	2.213	4.719	23.694	76.663	119.738	105.997	32.994
DMS / LSD	3.896	8.146	15.148	39.007	54.671	84.514	37.363
CV	126.355	123.871	45.874	36.510	32.762	57.211	81.255

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

^z Means with the same letter within a column are equal according to Tukey's test at $P \leq 0.05$.

LSD: least significant difference, CV: coefficient of variation.

que la obtenida en los árboles no despuntados (7 flores en la misma área de copa) (Curti-Díaz, 1996). En el presente estudio se pudo después de la cosecha del 2 de octubre, pero no se registraron los periodos secos.

Calidad de la fruta

La cantidad de fruta producida con calidad “Estados Unidos”, que es la más importante, fue mayor con Rugoso, Carrizo y Swingle que con Volkameriana (Cuadro 6). La “Segunda” fue inducida en mayor cantidad con Rugoso, de manera intermedia con Carrizo y Swingle, y en menor grado con Volkameriana. Para la calidad “Tercera” sólo existieron diferencias con Rugoso, con el cual la producción fue mayor que con el resto de los portainjertos. Según datos proporcionados por el Consejo de Productores y Exportadores de Limón ‘Persa’, A. C., de Martínez de la Torre, Ver., los precios regionales promedio durante la temporada de estudio fueron de 3.93, 1.89 y 1.30 pesos por kilogramo de fruta para las calidades Estados Unidos, Segunda y Tercera, respectivamente.

No existieron diferencias estadísticas entre los cuatro tratamientos con relación al volumen de fruta producida con los diferentes calibres comerciales, con excepción del tamaño 175, en el cual Carrizo indujo la producción de prácticamente el doble de frutos que lo obtenido con Volkameriana (Cuadro 7). Los calibres dominantes fueron 230, 200 y 175, cuyas frutas tienen desde 52 mm hasta 59 mm de diámetro ecuatorial y que en conjunto representan el 82.6 % de la producción total de la parcela experimental. Los precios promedio de la fruta en Dallas, Texas, durante la temporada de estudio fueron 1.17, 1.00, 0.90, 0.92, 0.79 y 0.71 dólares por kilogramo para los calibres 110, 150, 175, 200, 230 y 250, respectivamente (Anónimo, 2012b).

There were no statistical differences between the four treatments in relation to the volume of fruit produced with the different commercial sizes, except size 175, in which Carrizo induced the production of almost double the fruits obtained with Volkamerian (Table 7). The dominant sizes were 230, 200 and 175, whose fruits are from 52 mm to 59 mm in equatorial diameter and together account for 82.6% of the total production of the experimental plot. Average prices of the fruit in Dallas, Texas, during the study period were 1.17, 1.00, 0.90, 0.92, 0.79 and 0.71 dollars per kilogram for sizes 110, 150, 175, 200, 230 and 250, respectively (Anonymous, 2012b).

Tree production efficiency

Estimated production efficiency based on ground area covered by the canopy (GACC) and effective canopy volume (ECV) coincide in that Carrizo, Rough and Swingle are more efficient to induce ‘Tahiti’ lime production than Volkamerian (Table 8), while the production index (PI) based on ‘Tahiti’ lime trunk cross-sectional area (TLTCSA) coincides with the first two in that Carrizo, Rough and Swingle are equally efficient, but Volkamerian is only surpassed by Carrizo and Swingle.

On the other hand, the production efficiency obtained using rootstock cross-sectional area (RCSA) differs from that obtained with the other three criteria. This was because there is greater variation in the trunk diameter of the rootstocks, due to the fact they are different species, than in the trunk of the grafted ‘Tahiti’ lime, which corresponds to a single cultivar, and although its diameter varies due to the effect of the rootstocks, it does so to a lesser degree than the latter. The fact that the Swingle trunk is 49 % thicker than the ‘Tahiti’ lime trunk, while the Rough trunk is

CUADRO 8. Eficiencia productiva del limón ‘Persa’ injertado en cuatro patrones, desarrollando en un suelo tipo sabana. Martínez de la Torre, Ver. INIFAP.

TABLE 8. Production efficiency of ‘Tahiti’ lime grafted onto four rootstocks, grown in a savanna soil. Martínez de la Torre, Veracruz. INIFAP.

Patrón / Rootstock	SSOC / GACC (kg·m ⁻²)	VCE / ECV (kg·m ⁻³)	ATTP / RTCSA (kg·cm ⁻²)	ATTLP / TLTCSA (kg·cm ⁻²)
Carrizo	16.10 a	12.59 a	1.11 b	1.52 a
Rugoso / Rough	16.10 a	10.56 a	1.68 a	1.30 ab
Swingle	16.60 a	12.19 a	0.71 c	1.61 a
Volkameriana / Volkamerian	8.87 b	7.48 b	0.95 bc	0.86 b
MEDIA / Mean	14.204	10.724	1.040	1.323
DMS / LSD	3.407	2.971	0.256	0.570
CV	25.970	29.992	26.591	46.585

² Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

SSOC: superficie de suelo ocupada por la copa; VCE: volumen de copa efectiva; ATTP: área transversal del tronco del portainjerto; ATTLP: área transversal del tronco del limón ‘Persa’.

² Means with the same letter within a column are equal according to Tukey's test at $P \leq 0.05$. LSD: least significant difference, CV: coefficient of variation.

GACC: ground area covered by the canopy; ECV: effective canopy volume; RTCSA: rootstock trunk cross-sectional area; TLTCSA: ‘Tahiti’ lime trunk cross-sectional area.

Eficiencia productiva del árbol

La eficiencia de producción estimada con base en la superficie de suelo ocupado por la copa (SSOC) y el volumen de copa efectiva (VCE), coinciden en que Carrizo, Rugoso y Swingle son más eficientes para inducir la producción del limón 'Persa', que Volkameriana (Cuadro 8), mientras que el índice productivo (IP) con base en el área transversal del tronco del limón 'Persa' (ATTLP), coincide con los dos primeros en señalar que Carrizo, Rugoso y Swingle son igualmente eficientes, pero que Volkameriana sólo es superado por Carrizo y Swingle.

En cambio, la estimación obtenida usando el área transversal del tronco del patrón (ATTP) difiere de la obtenida con los otros tres criterios. Ello se debió a que existe una mayor variación en el diámetro del tronco de los portainjertos, por ser especies diferentes, que en el tronco del limón 'Persa' injertado, que corresponde a un solo cultivar, y que aunque su diámetro varía por efecto de los portainjertos, no lo hace tanto como estos últimos. El hecho de que el tronco del Swingle sea 49 % más grueso que el limón 'Persa', mientras que Rugoso es 11 % más delgado, explica por qué el rendimiento por árbol se diluye en una mayor ATT de Swingle, por lo que su IP es más bajo que con Rugoso. Este resultado no es modificado por el rendimiento por árbol, a pesar de que con Rugoso fue, numéricamente, 23.6 % mayor que con Swingle, pues esa diferencia carece de importancia si se considera que el ATTP de Swingle (293.16 cm²) es 95.4 % mayor que el de Rugoso.

Varios investigadores han estimado el IP usando el ATT del cultivar injertado (Miranda y Royo, 2004; Piña-Dumoulin *et al.*, 2006), pero no el ATT del portainjerto. Wheaton *et al.* (1978), al comparar los IP estimados con la superficie del suelo y de la copa, así como el volumen total y productivo (VCE) de la copa mediante una regresión lineal simple, concluyeron que la menor variación del IP durante 30 años de producción de árboles de naranjo correspondió a lo calculado con base en el volumen productivo (VCE). En el presente estudio, basado en la información de producción de un año y la agrupación estadística de los tratamientos para cada índice, se considera que los criterios de SSOC, VCE y ATTLP son aceptables, dado que coinciden o tienen resultados estadísticos similares, pero no así el criterio de ATTP, el cual no parece apropiado, al menos cuando hay una diferencia grande entre las ATT de los patrones.

Vigor del árbol e incidencia de termitas

Acorde al testimonio del productor, Rugoso y Volkameriana son susceptibles a las termitas, sobre todo cuando la planta se establece en bancales en este tipo de suelo. Debido a ello, durante los cinco años anteriores al estudio habían muerto más del 50 y 70 % de los árboles plantados con estos patrones, respectivamente, mientras que con Carrizo y Swingle el daño fue prácticamente nulo. En diciembre, durante el período en que se desarrolló el presente estudio, hubo un pequeño brote de termitas

11 % thinner, explains why the yield per tree is diluted in the larger Swingle trunk cross-sectional area, which is why its PI is lower than that obtained with Rough. This result is not modified by the yield per tree, although with Rough it was, numerically, 23.6 % greater than with Swingle, because that difference is irrelevant when one considers that the RCSA of Swingle (293.16 cm²) is 95.4 % greater than that of Rough.

Several researchers have estimated the PI using the trunk cross-sectional area (TCSA) of the grafted cultivar (Miranda and Royo, 2004; Piña-Dumoulin *et al.*, 2006), but not the rootstock TCSA. Wheaton *et al.* (1978), by comparing the estimated PIs with the ground and canopy area, as well as the total and productive canopy volumes, using a simple linear regression, concluded that the least variation in PI during 30 years of orange tree production corresponded to that calculated based on productive volume (ECV). In this study, based on one-year production data and statistical grouping of the treatments for each index, the criteria of GACC, ECV and TLTCSA are considered acceptable, since they coincide or have similar statistical results, but not the criterion of RTCSA, which does not seem appropriate, at least when there is a big difference between the TCSAs of the rootstocks.

Tree vigor and incidence of termites

According to producer comments, Rough and Volkamerian are susceptible to termites, particularly when the plant is established in ridges in this type of soil. In fact, during the five years preceding the study, over 50 and 70 % of the trees planted with these rootstocks were killed by termites, respectively, while damage was negligible with Carrizo and Swingle. In December, during the period in which this study took place, there was a small outbreak of termites in some trees with Rough, but it caused no apparent harm, as they remained in good condition, as did Carrizo and Swingle. By contrast, the vigor of the 'Tahiti' lime with Volkamerian decreased by the end of the experiment, probably due to damage by this pest before the study, or another cause. This suggests that to grow 'Tahiti' lime grafted with Rough or Volkamerian in this type of soil requires developing an integrated termite management plan and assessing its cost, and that it is important to evaluate the agronomic performance of Rough with 'Tahiti' lime in other soils.

CONCLUSIONS

Carrizo, Swingle and Volkamerian induced lower height and canopy volume in 'Tahiti'lime than Rough, but they all formed a canopy that was wider than high.

Fruit yield per tree was greater with Rough, but its production efficiency equaled that obtained with Carrizo and Swingle.

Carrizo, Rough and Swingle induced a higher volume of export-grade (U.S.) 'Tahiti' lime fruit than Volkamerian, with no differences among them in terms of the commercial sizes of the fruit produced.

en algunos árboles con Rugoso, pero sin causar daño aparente, pues siempre mantuvieron un buen vigor, al igual que con Carrizo y Swingle. En cambio, el vigor del limón 'Persa' con Volkameriana disminuyó al final del experimento, probablemente por daño de dicha plaga, previo al estudio, u otra causa. Lo anterior sugiere que para cultivar limón 'Persa' injertado con Rugoso o Volkameriana en este tipo de suelos se requiere determinar un manejo integrado de las termitas y evaluar su costo, y que es importante evaluar el comportamiento agronómico de Rugoso con limón 'Persa' en otro tipo de suelos.

CONCLUSIONES

Carrizo, Swingle y Volkameriana indujeron menor altura y volumen de copa del limón 'Persa' que Rugoso, pero todos ellos conformaron una copa más ancha que alta.

El rendimiento de fruta por árbol fue mayor con Rugoso, pero su eficiencia productiva fue igual a la obtenida con Carrizo y Swingle.

Carrizo, Rugoso y Swingle indujeron mayor volumen de fruta de limón 'Persa' con calidad de exportación (Estados Unidos) que Volkameriana, sin presentar diferencias entre ellos en cuanto a los calibres comerciales de la fruta producida.

El comportamiento agronómico de Carrizo y Swingle, en cuanto a vigor, porte, eficiencia productiva, calidad de fruta y tolerancia a las termitas, ofrece mayores ventajas para cultivar limón 'Persa' en suelos de sabana.

AGRADECIMIENTOS

Se reconoce el financiamiento otorgado por el Fondo Mixto del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del estado de Veracruz. Se agradece al Ingeniero Rafael Barradas Muñoz por facilitar su huerta y su gran apoyo para realizar el estudio y al Ingeniero Guillermo Rodiles Justo, por permitarnos clasificar los tamaños de la fruta en su empacadora.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 2004. Pliego de condiciones para el uso de la Marca Oficial México Calidad Suprema en Limón 'Persa'. PC-012-2004. SAGARPA-BANCOMEXT-Secretaría de Economía. México. D. F. 17 p.
- ANÓNIMO. 2010. Statistical Analysis System. Versión 8.2 para Windows (español). SAS Institute Inc. Cary, NC. Estados Unidos.
- ANÓNIMO. 2012a. Anuarios estadísticos de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. (Fecha de consulta: marzo 4, 2012).
- ANÓNIMO. 2012b. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM). Secretaría de Economía. <http://>

The agronomic performance of Carrizo and Swingle, in terms of vigor, size, production efficiency, fruit quality and tolerance to termites, offers major advantages for growing 'Tahiti' lime in savanna soils.

ACKNOWLEDGEMENTS

We gratefully acknowledge the funding provided by the state of Veracruz *Fondo Mixto del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* (National Science and Technology Council's Mixed Fund). We also thank Rafael Barradas Muñoz for making his orchard available to us and for his strong support for carrying out this study, and Guillermo Rodiles Justo for allowing us to sort fruit sizes in his packinghouse.

End of English Version

www.economia-sniim.gob.mx. (Fecha de consulta: marzo 4, 2012).

- ALI, A. G.; LOVATT, C. J. 1994. Winter application of low-biuret urea to the foliage of 'Washington' navel orange increase yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(6):1144-1150.
- CURTI-DÍAZ, S. A. 1996. El despunte de brotes y el desarrollo del limón Persa. Agrociencia 30(3): 405-409.
- CURTI-DÍAZ, S. A.; LOREDO-SALAZAR, R. X.; DÍAZ-ZORRILLA U.; SANDOVAL-RINCÓN J. A.; HERNÁNDEZ, H. J. 2000. Tecnología para producir limón 'Persa'. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Ixtacuaco. Libro Técnico Núm. 8. Veracruz, México. 144 p.
- CASTLE, W. S.; YOUTSEY, C. O.; HUTCHISON, D. J. 1986. Rangpur lime x Troyer citrange, a hybrid citrus rootstock for closely spaced trees. Proc. Fla. State Hort. Soc. 99: 33-35.
- CASTLE, W. S.; TUCKER, D. P. H.; KREZDORN, A. H.; YOUTSEY, C. O. 1993. Rootstocks for Florida citrus. 2nd. Ed. Univ. Fla. Coop. Ext. Ser. Publ. SP 42.
- DAVENPORT, T. L. 2000. Processes influencing floral initiation and bloom: The role of phytohormones in a conceptual flowering model. HortTechnology 10(4): 733-739.
- DEL VALLE, N.; CAMPOS, A.; MAS, O.; RÍOS, A. 1989. Influencia del patrón en el comportamiento del pomelo 'Marsh'. Levante Agrícola (295-296): 240-243.
- EMBLETON, T. W.; JONES, W. W. 1974. Foliar-applied nitrogen for citrus fertilization. J. Environ. Qual. 3: 338-392.
- ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; MOURAO-FILHO, F. A. A.; STUCHI, E. S.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; SANTOS-DÍAS, C. T. 2011. Performance of 'Tahiti' lime on twelve rootstocks under irrigated and non-irrigated conditions. Scientia Horticulturae, 129(2): 227-231.
- FIGUEIREDO, J. O. DE; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; SOBRINHO, J. T.; LARANJEIRA, F. F.; PIO, R. M.; SEMPIONATO, O. R. 2002. Porta-enxertos para a lima ácida 'Tahiti' na região de Bebedouro, SP. Rev. Bras. Frutic. 24(1): 155-159.

- GARCÍA-LUIS, A.; ALMELA, V.; MONERRI M., C. 1986. Inhibition of flowering *in vivo* by existing fruits and applied growth regulators in *Citrus unshiu*. *Physiologia Plantarum* 66(3): 515-520.
- GARCÍA-LUIS, A.; KANDUSER, M.; SANTAMARINA, P.; GUARDIOLA, J. L. 1992. Low temperature influence on flowering in *Citrus*. The separation of inductive and bud dormancy releasing effects. *Physiologia Plantarum* 86(4): 648-652.
- GIRARDI, E. A.; MOURAO-FILHO, F. A. A. 2006. Production of interstocked 'Pera' sweet orange nursery trees on 'Volkamerian' lemon and 'Swingle' citrumelo rootstocks. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 63 (1): 5-10.
- JOUBLAN, J. P.; CORDERO, N. 2002. Comportamiento de algunos cítricos sobre diferentes portainjertos, en su tercera temporada de crecimiento, Quillón VIII Región, Chile. *Agric. Téc.* 2002. 62 (3): 469-479.
- KOSHITA, K.; TAKAHARA, T. 2004. Effect of water stress on flower-bud formation and plant hormone content of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Scientia Horticulturae* 99(3-4): 301-307.
- LEDO, A. D. A.; OLIVEIRA, T. K. DE; RITZINGER, R.; AZEVEDO, F. F. 2008. Acid limes, mandarin and hybrids production in different rootstocks in Acre State, Brazil. *Revista Ciencia Agronómica* 39(2): 263-268.
- LOUZADA E. S.; GROSSER J. W.; GMITTER JR. F. G.; NIELSEN B.; CHANDLER J. L.; DENG, X. X.; TUSA N. 1992. Eight new somatic hybrid citrus rootstocks with potential for improved disease resistance. *HortScience* 27(9): 1033-1036.
- LOVATT, C. J. 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. *HortTechnology* 9(4): 607-612.
- MARTÍNEZ-FUENTES, A.; MESEJO, C.; REIG, C.; AGUSTÍ, M. 2010. Timing of the inhibitory effect of fruit on return bloom of 'Valencia' sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90(11): 1936-1943.
- MATTOS, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. 2005. Nitrogen and potassium fertilization impacts fruit yield and quality of citrus. *Better Crops with Plant Food* 89 (2): 17-19.
- MILLA, D.; ARIZALETA, M.; DÍAZ, L. 2009. Crecimiento del limero 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) y desarrollo del fruto sobre cuatro portainjertos en un huerto frutal ubicado en el Municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 9 (1): 85-95.
- MIRANDA J., C.; ROYO D., J. B. 2004. Statistical model estimates potential yields in 'Golden Delicuos' and 'Royal Gala' apples before bloom. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129(1): 20-25.
- PIÑA-DUMOULIN, G. J.; GASTÓN L., E.; MONTEVERDE, E. E.; MAGANA-LEMUS; ESPINOZA, M.; RANGEL, L. A. 2006. Growth, production and fruit quality of Persian lime on 11 rootstocks. *Agronomía Tropical* 56(3): 433-448.
- PHILLIPS, R. L. 1978. Tree size control: Hedging and topping citrus in high-density plantings. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 91: 43-46.
- QUIJADA, O.; JIMÉNEZ, O.; MATHEUS, M.; MONTEVERDE, E. 2002. Evaluación del limero Tahití sobre 10 portainjertos en la planicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 19(3): 173-184.
- SCHÄFFER, G.; BASTIANEL, M.; CUNHA DORNELLES. 2001. Porta-enxertos utilizados na citricultura. *Ciencia Rural, Santa Maria* 31(4): 723-733.
- SALEEM, B. A.; MALIK, A. U.; MAQBOOL, M.; DIN, I. U.; FAROOQ, M.; RAJWANA, I. A. 2008. Early winter spray of low biuret urea improves marketable and fruit quality of sweet oranges. *Pak. J. Bot.* 40(4): 1455-1465.
- SOUTHWICK, S. M.; DAVENPORT, T. L. 1986. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in citrus. *Plant Physiol.* 81: 26-29.
- STENZEL, N. M. C.; NEVES, C. S. V. J. 2004. Porta-enxertos para a limeira ácida 'Tahiti'. *Scientia Agrícola* 61(2): 151-155.
- STENZEL, N. M. C.; NEVES, C. S. V. J.; SCHOLZ, M. B. D. S.; GOMES, J. C. 2005. Comportamento da laranjeira 'Folha Murcha' em sete porta-enxertos no Noroeste do Paraná. *Rev. Bras. Frutic.* 27(3): 408-411.
- STOVER, E.; CASTLE, W. S.; SPYKE, P. 2008. The citrus grove of the future and its implications for Huanglongbing management. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 121: 155-159.
- TUCKER D. P. H.; WHEATON, T. A.; MURARO, R. P. 1994. Citrus tree spacing. *Univ. Fla. Fact Sheet* HS-143.
- VALBUENA, M. 1996. Evaluación del limón Volkameriano (*Citrus volkameriana* Pasq.) y mandarina Cleopatra (*Citrus reshni* Hort.) como patrones de la lima 'Persa' (*Citrus latifolia* Tam.) en la cuenca media del río Guasare, Sierra de Perijá. Estado Zulia. Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 13: 139-151.
- WESTWOOD, M. N.; ROBERTS, A. N. 1970. The relationship between trunk cross-sectional area and weight of apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95:28-30.
- WHEATON, T. A.; CASTLE, W. S.; TUCKER, D. P. H.; WHITNEY, J. D. 1978. Higher density plantings for Florida citrus. *Concepts. Proc. Fla. State Hort. Soc.* 91: 27-33.
- WHEATON, T. A.; CASTLE, W. S.; WHITNEY, J. D.; TUCKER, D. P. H. 1991. Performance of citrus scion cultivars and rootstock in a high-density planting. *HortScience* 26(7): 837-840.
- WHEATON, T. A.; WHITNEY, J. D.; CASTLE, W. S.; MURARO, R. P.; BROWNING H. W.; TUCKER, D. P. H. 1995. Citrus scion and rootstock, topping height, and tree spacing affect tree size, yield, fruit quality, and economic return. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(5): 861-870.
- WHITNEY, J. D.; WHEATON, T. A. 1984. Tree spacing affects citrus fruit distribution and yield. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 97: 44-47.