

La fertilización química y orgánica al suelo en lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.) mantiene el rendimiento y calidad del fruto

Soil chemical and organic fertilization in Persian lime (*Citrus latifolia* Tan.) maintains fruit yield and quality

Raul Berdeja-Arbeu^{1*}, Gumaro Martínez-Patricio¹, Marcos Medel-Simón¹, José Méndez-Gómez¹, Armando Ibáñez-Martínez¹

RESUMEN

Se evaluó el uso de dos tipos de fertilización: inorgánica (un kilo-árbol⁻¹, 12-12-17) y orgánica (15 kilos-árbol⁻¹ de leguminosa kudzu) en parámetros de calidad de frutos de lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.) cultivado en Martínez de la Torre, Veracruz, México. El porcentaje de frutos de exportación en los dos tratamientos fue similar y superior al 90% en cada una de las fechas de cosecha, no se encontraron diferencias estadísticas en número de fruto por árbol (10 y 16), peso de fruto (85.45 y 84.12 g), grosor de cáscara (2.51 y 2.61 mm) y contenido nutrimental en hoja de nitrógeno (2.35 y 2.32%), fósforo (0.20 y 0.25%), potasio (2.19 y 2.25%), calcio (2.57 y 2.23%) y magnesio (1.24 y 1.28%). La fertilización orgánica con kudzu al suelo en lima Persa logró calidad de exportación y rendimiento de fruto similar a los árboles fertilizados en forma inorgánica.

PALABRAS CLAVE

Kudzu, dosis de fertilización, fruta de exportación

ABSTRACT

Two fertilization modes [inorganic: one kilogram of 12-12-17/tree⁻¹, and organic (15 kilograms of kudzu/tree⁻¹) were evaluated on fruit quality parameters of Persian lime citrus (*Citrus latifolia* Tan.) growing in Martínez de la Torre, Veracruz, Mexico. The percentage of exportation fruits in both treatments were similar (90%), in each harvest date. No statistical differences were found in the number of fruits per tree (10 and 16, respectively), fruit weight (85.45 and 84.12 g, respectively), skin thickness (2.51 and 2.61 mm, respectively), and nutritional content in leaf (2.35 and 2.32% of nitrogen, respectively; 0.20 and 0.25% of phosphorus, respectively); 2.19 and 2.25% of potassium, respectively; 2.57 and 2.23% of calcium, respectively; and 1.24 and 1.28% of magnesium, respectively. Organic fertilization with kudzu in 'Persian' lime yield fruits with export quality and volume similar to trees fertilized with inorganic sources.

KEYWORDS

Kudzu, fertilization dose, fruit export

¹ Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.

* Autor para correspondencia. Av. Universidad s/n, Ciudad San Juan Acateno. 73965 Teziutlán, Puebla.

Correo electrónico: raulberdeja@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

En México, la citricultura es una actividad económica importante, con superficie cosechada de 574,000 ha. Las especies que se cultivan son: naranjas, limas, limones, tangerinas, mandarinas y toronjas. Para lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.), se reportan 90,000 ha con 1'246,219 t cosechadas y un valor de producción de 5,242'834,919.00 pesos mexicanos (SIAP 2016).

Arias y Suarez (2016) mencionan que la producción mundial de limas y limones en 2015 fue de 6.9 millones de toneladas. México fue el principal productor con 2.27 millones de toneladas, de las cuales 1.01 millones son de lima Persa. En 2015, 98% de las importaciones de lima Persa de Estados Unidos fueron de fruto mexicano.

La lima Persa registra los precios menores entre junio y septiembre; por su parte, de octubre a abril se tienen los precios mejores. En el período de enero a mayo de 2016, el precio del kilogramo de lima Persa al productor en México fue de 16.24 pesos mexicanos y, en el mismo periodo, en Estados Unidos el precio fue de 3.86 dólares americanos (Arias y Suarez 2016).

En frutales, la nutrición vegetal se puede realizar al suelo, por fertirriego y por aplicación foliar, con productos químicos y orgánicos. Tradicionalmente, se emplean fertilizantes químicos, pero existen otras alternativas como compostas, lombricompostas, estiércoles y abonos verdes que adicionalmente mejoran las características físicas y químicas del suelo (Lehmann et al. 1999).

En la agricultura orgánica existen diversas fuentes de abonos orgánicos, como fermentados, harina de roca, bocashi, estiércoles, abonos verdes, compostas, lombricompostas, lixiviados, entre otros. Estos productos mejoran la estructura del suelo, retienen humedad, aportan nutrientes y son fuente de carbono para los microorganismos del suelo (Félix-Herrán et al. 2008).

En la familia de las leguminosas existen distintas especies que se pueden utilizar como coberteras y abonos verdes: *Arachis pintoi* Krapov. & W.C.Greg., *Canavalia brasiliensis* Benth., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Clitoria ternatea* L., *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth, entre otras (Peters et al. 2010). Los abonos verdes mejoran la fertilidad del suelo, la aplicación de éstos aporta materia orgánica, liberan nutrientes, aumentan rendimientos, mejoran la estructura del suelo, disminuyen la erosión, aumentan la cantidad de microorganismos, corrigen el pH y controlan plagas y enfermedades (Lehmann et al. 1999).

El kudzu, *P. phaseoloides* (Leguminosae), es una planta herbácea perenne, con crecimiento rastrero, voluble y trepador que se desarrolla en suelos ácidos; en trópico se adapta hasta 1,600 msnm; tolera entre 4 y 5 meses de sequía y soporta la sombra mediana. El uso de esta especie es como cobertera en plantaciones, para pastoreo, incorporación de abonos verdes o banco de proteína (Peters et al. 2010). El contenido mineral en tallo y hoja es 3.68% N, 0.29% P, 2.14% K, 0.41% Ca, 0.41% Mg, 11 ppm Ca, 27 ppm Zn y 155 ppm Mn. En dependencia de la especie, es posible cosechar entre 11 y 65 t·ha⁻¹ de biomasa (Forseth y Innis 2017).

En cítricos se han reportado factores que modifican la calidad y rendimiento de la fruta: el ambiente, cultivar, portainjerto, aplicación de productos, riego y nutrición (Aular et al. 2017). Patel et al. (2012), al estudiar el efecto de estiércoles y fertilizantes químicos en *Citrus aurantifolia* 'Kagzi', determinaron que las aplicaciones al suelo con N-P-K (900-750-500 g·árbol⁻¹) +50 kg de estiércol por árbol registraron rendimiento por hectárea de 7,110 kg·ha⁻¹. Éste fue menor con aplicaciones de N-P-K (400-200-300 g·árbol⁻¹) +50 kg de estiércol por árbol (con 3,915 kg·ha⁻¹).

Pérez-López et al. (2007), estudiando la composición química en el jugo de mandarina 'Clementina' con manejo convencional y orgánico, determinaron que el peso y diámetro de fruto, contenido de vitamina C, concentración de sólidos solubles totales, porcentaje de ácido cítrico e índice de madurez no son afectados por el tipo de manejo. El mayor contenido de minerales (Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn, y Zn) fue en frutos con manejo orgánico. Elhassan et al. (2011) evaluaron fertilización química y orgánica en toronja y mencionan que las características físicas del fruto se modificaron por la utilización de fertilización química, orgánica o química + orgánica. En su estudio, el rendimiento de fruto fue 4.5 t·ha⁻¹ con fertilización foliar y de 13.33 t·ha⁻¹ con fertilización química + orgánica + foliar.

Tapia et al. (2014), en aguacate 'Hass', evaluaron fertilización orgánica con fermento orgánico, derivado de pescado, composta orgánica, microorganismos, lombricomposta y fertilización química con la fórmula 200-100-100. Los autores observaron que el porcentaje de amarre de fruto osciló de 0.9% en composta orgánica a 34% en fermento orgánico; el rendimiento de fruto por árbol fue de 63.2 kg cuando se aplicó composta orgánica y de 160 kg al adicionar el fermento orgánico.

Zhao et al. (2014) aplicaron fertilizante químico y estiércol en árboles de manzana obteniendo rendimiento promedio con fertilización química NPK

+ estiércol de 36.9 t·ha⁻¹ y de 25.9 t·ha⁻¹ con fertilización química de P y K.

Berdeja-Arbeu et al. (2016) realizaron aplicaciones al follaje en lima Persa de nitratos y encontraron que el peso de fruto, diámetros polar y ecuatorial, grosor de cáscara y firmeza no se modifican por el tratamiento utilizado; a su vez, el testigo (sin aplicación) obtuvo los valores menores en grosor de cáscara y firmeza de fruto. Stuchi et al. (2009), evaluando diferentes portainjertos en lima Persa, encontraron que el diámetro polar de fruto pasó de 5.43 a 5.78 cm; el diámetro ecuatorial de 5.08 a 5.37 cm; el grosor de cáscara de 2.62 a 3.05 mm, y el peso de fruta de 81.37 a 96.72 g.

Cantuarias-Avilés et al. (2012), tras evaluar la calidad de fruto de lima Persa de exportación en diferentes portainjertos, indican valores de fruto de exportación 12.1 a 51.1%. Por su parte, Caamal-Cauich et al. (2014), en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz, al evaluar calidad de fruta en lima Persa, mencionan que en la zona se obtienen rendimientos de 17% de frutos de primera, 50% de frutos de empaque, 24% de frutos de segunda y 9% de frutos de tercera.

En la actualidad los mercados de lima Persa en el mundo están buscando frutos sanos en donde se aplique la menor cantidad de fertilizantes químicos y plaguicidas que sean los adecuados y autorizados para la exportación de fruto de lima Persa. Por lo antes mencionado se realizó el presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar rendimiento, calidad de fruto y contenido nutrimental en hoja de lima Persa con fertilización química y orgánica al suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en enero de 2017 en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, en el Rancho 'San Antonio' (20° 05' 41.02" N y 97° 03' 25.01" O, 100 msnm). El sitio presenta clima cálido húmedo A(m)W" (e) con lluvias todo el año, temperatura media anual superior a 26 °C y precipitación media anual de 1,626 mm (García 1987).

El material utilizado fueron árboles de lima Persa de siete años de edad injertados sobre *Citrus volkameriana* Pasq., con distancia de plantación de 6 x 5 m. Al inicio del experimento, el muestreo de suelo mostró: textura franco arenosa, densidad aparente 1.34 g·cm⁻³, pH 5.80, materia orgánica 1.79%, nitrógeno total 0.097%, P asimilable 48.85 mg·kg⁻¹, K 189.15 mg·kg⁻¹, Ca 319.8 mg·kg⁻¹ y CIC 10.52 cmol·kg⁻¹.

El control de plagas y enfermedades se realizó dependiendo de la incidencia de las mismas; los

productos utilizados fueron: Thiaba®, Confidor®, Tega® y Promyl®. Cada mes, se realizaron aplicaciones en dosis de 2% Bayfolan Forte®. La aplicación fue con mochila motorizada de 15 l (Stihl®, USA).

Los árboles utilizados no recibieron fertilización desde un año antes del experimento. En agosto de 2016 y 2017, a cada árbol se le agregó 1 kg de cal dolomítica. Se evaluaron dos tratamientos: 1) a cada árbol se le aplicó el fertilizante en la zona de goteo de la copa un kilo en el mes de enero y un kilo en el mes de septiembre, cuando el suelo presentaba humedad (cuadro 1), y 2) la leguminosa Kudzu se cosechó (con machete se chapeó la leguminosa a ras de suelo y se obtuvo tallo y hojas) y a cada árbol se le colocaron 15 kilos de kudzu alrededor de la zona de goteo de la copa (cuadro 1). La leguminosa se desarrolló de forma libre en el terreno, sin manejo agronómico.

Se realizaron cinco cosechas de fruto entre mayo y septiembre de 2017. Las variables evaluadas fueron:

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización evaluados en lima Persa.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
1	Fertilización química (12-12-17), un kilo por árbol en enero y otro en septiembre.
2	Tres aplicaciones de kudzu, cada una con 15 kilos por árbol en los meses de enero, abril y agosto.

Número de frutos. De cada árbol, se cosechó la fruta y se contó el número de frutos por árbol.

Porcentaje de frutos de exportación por tratamiento. Se tomaron 50 frutos al azar por tratamiento y se cuantificó el porcentaje de frutos de exportación. Los frutos se seleccionaron de acuerdo con las características definidas por Curti-Díaz et al. (2012).

De cada tratamiento se tomaron 20 frutos y se evaluó:

Masa fresca de fruto. Cada fruto fue pesado en báscula digital (Royal®, China). Los resultados se expresaron en gramos.

Relación diámetro polar/diámetro ecuatorial. Con vernier (Pretul®, China), se midió el diámetro polar desde la base hasta el ápice y diámetro ecuatorial en la parte media de cada fruto. Posteriormente, se dividió el diámetro polar entre el diámetro ecuatorial.

Grosor de cáscara. Se seccionó el fruto por la mitad en forma transversal y con vernier (Pretul®, China) se

determinó el grosor de la cáscara. Los resultados se expresaron en mm.

Número de frutos en ápice de rama. Se tomaron al azar cinco ramas por árbol y se contó el número de frutos que desarrollaban en el ápice de la rama.

Área foliar. Se utilizó la metodología de Berdeja-Arbeu et al. (2016), la cual consiste en tomar, de la parte media de la copa de cada árbol, cuatro hojas maduras con buena sanidad y que no presenten frutos; posteriormente, escanear cuatro hojas por árbol; el área foliar se obtuvo con el programa Image J® (USA).

Peso específico de hoja. Las hojas empleadas para el cálculo de área foliar se colocaron en un horno a 70 °C por 72 h y se obtuvo su peso seco; posteriormente, se calculó el peso específico de hoja: peso seco/área foliar; el resultado se expresó en gramos por centímetros cuadrados ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$).

Análisis foliar. Se tomaron tres muestras por tratamiento en lima Persa (9 de agosto de 2017) y una muestra de kudzu con hojas y tallos (26 de julio de 2017), y se analizaron macro y micro elementos en la empresa Fertilizantes y Productos Agroquímicos (FYPA®).

El diseño experimental fue en parcelas apareadas con ocho repeticiones; se empleó la prueba de *t* de Student para comparar medias ($p \leq 0.05$). Se utilizó el paquete de cómputo SAS (SAS Institute, 1999).

En el cuadro 2 se muestran los contenidos nutrimentales de hojas y tallos en planta de kudzu. Lehmann et al. (1999) mencionan que el kudzu aporta 350 kg de nitrógeno por año por ha al suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de fruta de exportación en los árboles con fertilización química al suelo en las distintas fechas se ubicó entre 90 y 94%; por su parte, el de los árboles donde se aplicó kudzu estuvo entre 90 y 93%. Caamal-Cauich et al. (2014) mencionan que, en lima Persa, en la zona Tlapacoyan, Veracruz se obtienen rendimientos de 17% exportación de primera, 50% de exportación de empaque, 24% de segunda y 9% de tercera. Lo anterior indica que, en la zona de experimentación, con los tratamientos aplicados y el manejo agronómico de los árboles, se aumentó la calidad de la fruta.

No se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) en ninguna de las variables evaluadas. El número de frutos por árbol no presentó diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$), aunque los árboles donde se aplicó kudzu tuvieron en promedio seis frutos más que los árboles fertilizados químicamente (cuadro 3). Noriega-Cantú

Cuadro 2. Contenido nutrimental en hojas y tallos de kudzu. México: 26 de julio de 2017.

ELEMENTO	CANTIDAD
N (%)	3.73
P (%)	0.189
K (%)	1.96
Ca (%)	0.78
Mg (%)	0.32
Fe ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	190.62
Cu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	14.63
Zn ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	32.67
Mn ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	361.82
B ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	23.84

Cuadro 3. Promedio de número de frutos por árbol de lima Persa con fertilización química y orgánica en diferentes fechas de evaluación. México: 2017.

TRATAMIENTO	7/05/17	5/08/17	2/09/17	PROMEDIOS
Kudzu	16.62 ^{a*}	14.25 ^a	19.00 ^a	16.62 ^a
Químico	10.00 ^a	7.25 ^a	12.75 ^a	10.00 ^a

* Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de *t*, al nivel de probabilidad de 0.05.

et al. (2012) evaluaron dos sistemas de producción orgánico y convencional en limón mexicano y reportan que no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos en el rendimiento. En manzana, Zhao et al. (2014), al fertilizar químicamente con NPK + estiércol al suelo, lograron incrementar a 36.9 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, en tanto que el resultado fue menor con fertilización química de P y K, donde el rendimiento sólo fue de 25.9 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$; el contenido foliar de nutrientes dependió del tratamiento y la época de muestreo. Es posible que las diferencias se hayan debido a que el periodo de evaluación fue de nueve meses y se requieren más años para encontrar rendimiento distinto.

La masa fresca de fruto no presentó diferencias estadísticas en las fechas de muestreo (cuadro 4). No se encontraron diferencias estadísticas en masa fresca de fruto debido a que el Kudzu es una leguminosa que tiene las cantidades suficientes de elementos nutritivos (cuadro 2) para lograr frutos de pesos

Cuadro 4. Promedio de masa fresca de fruto (g) de lima Persa con fertilización química y orgánica en diferentes fechas de evaluación. México: 2017.

TRATAMIENTO	7/05/17	3/06/17	1/07/17	5/08/17	2/09/17	PROMEDIOS
Kudzu	71.70 ^{a*}	96.59 ^a	79.11 ^a	99.55 ^a	81.64 ^a	85.45 ^a
Químico	82.30 ^a	91.08 ^a	91.53 ^a	81.27 ^a	99.18 ^a	84.12 ^a

* Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de *t*, al nivel de probabilidad de 0.05.

Cuadro 5. Promedio de diámetro polar / diámetro ecuatorial de lima Persa con fertilización química y orgánica en diferentes fechas de evaluación. México: 2017.

TRATAMIENTO	7/05/17	3/06/17	1/07/17	5/08/17	2/09/17	PROMEDIOS
Kudzu	1.04 ^{a*}	1.12 ^a	1.07 ^a	1.11 ^a	1.11 ^a	1.08 ^a
Químico	1.10 ^a	1.10 ^a	1.08 ^a	1.06 ^a	1.09 ^a	1.08 ^a

* Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de *t*, al nivel de probabilidad de 0.05.

Cuadro 6. Promedio de grosor de cascara (mm) de lima Persa con fertilización química y orgánica en diferentes fechas de evaluación. México: 2017.

TRATAMIENTO	7/05/17	3/06/17	1/07/17	5/08/17	2/09/17	PROMEDIOS
Kudzu	2.75 ^{a*}	2.89 ^a	2.41 ^a	2.32 ^a	2.26 ^a	2.51 ^a
Químico	3.01 ^a	2.73 ^a	2.59 ^a	2.13 ^a	2.40 ^a	2.61 ^a

* Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de *t*, al nivel de probabilidad de 0.05.

similares que los que se logran con la utilización de fertilizantes químicos. En frutales existe poca información de abonos verdes como fertilizantes orgánicos; la mayor cantidad de trabajos son con estiércol. Patel et al. (2012), en *Citrus aurantifolia* cv. 'Kagzi', mencionan que las aplicaciones al suelo con N-P-K (900-750-500 g árbol⁻¹ + 50 kg de estiércol lograron mayor rendimiento, con 7,110 kg·ha⁻¹ y menor, con 3,915 kg·ha⁻¹ mediante aplicaciones de N-P-K (400-200-300 g árbol⁻¹ + 50 kg de estiércol).

La relación diámetro polar/equatorial no mostró diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (cuadro 5) en las diferentes fechas de evaluación y en el promedio de cinco fechas. Valores cercanos a 1 indican frutos redondos, mientras que valores mayores a 1, frutos ovalados. Berdeja-Arbeu et al. (2016) mencionan que la aplicación de fertilizantes foliares en lima Persa no incrementa la relación diámetro polar/equatorial de fruto. Es posible que esta variable no se afecte por la fertilización química y orgánica al suelo.

El grosor de cáscara no mostró diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (cuadro 6) en las fechas de evaluación. Al respecto, Stuchi et al. (2009) mencionan que el grosor de cáscara en lima Persa se modifica por el portainjerto, y varía entre 2.62 y 3.05 mm. Es posible que no existieran diferencias en esta variable debido a que sólo se utilizó el portainjerto limón 'Volkameriana'.

El área foliar en las distintas épocas de medición no presentó diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (cuadro 7). Berdeja-Arbeu et al. (2010) en lima Persa en diferentes portainjertos encontraron área foliar de 124.88 a 172.21 cm², lo cual es menor a lo reportado en el presente trabajo debido a que fueron en años diferentes y el manejo del experimento fue distinto en control de plagas, enfermedades y fertilización.

El peso específico de hoja no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos ($p \leq 0.05$) (cuadro 8). En este sentido, Reyes-Santamaría et al. (2000) indican que el peso específico de hoja en cítricos depende

Cuadro 7. Promedio de área foliar (m²) de lima Persa con fertilización química y orgánica en diferentes fechas de evaluación. México: 2017.

TRATAMIENTO	7/05/17	3/06/17	1/07/17	5/08/17	2/09/17	PROMEDIOS
Kudzu	203.5 ^{a*}	244.39 ^a	218.55 ^a	132.24 ^a	207.78	200.41 ^a
Químico	225.3 ^a	191.04 ^b	224.19 ^a	178.02 ^a	221.26	207.76 ^a

* Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de *t*, al nivel de probabilidad de 0.05.

Cuadro 8. Promedio de peso específico (g·cm⁻²) de hoja de lima Persa con fertilización química y orgánica en diferentes fechas de evaluación. México: 2017.

TRATAMIENTO	7/05/17	1/07/17	2/09/17	PROMEDIOS
Kudzu	0.0101 ^{a*}	0.0096 ^a	0.0103 ^a	0.0133 ^a
Químico	0.0101 ^a	0.0106 ^a	0.0105 ^a	0.0104 ^a

* Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de *t*, al nivel de probabilidad de 0.05.

Cuadro 9. Promedio de número de frutos por rama de lima Persa con fertilización química y orgánica en diferentes fechas de evaluación. México: 2017.

TRATAMIENTO	7/05/17	3/06/17	5/08/17	2/09/17	PROMEDIOS
Kudzu	2.2 ^{a*}	2.125 ^a	1.6 ^a	1.725 ^a	1.816 ^a
Químico	2.0 ^a	2.075 ^a	1.5 ^a	1.425 ^a	1.666 ^a

* Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de *t*, al nivel de probabilidad de 0.05.

de la especie y época de muestreo; así, reportan un promedio de 0.011 g·cm⁻² en naranja 'Valencia'; 0.009 g·cm⁻² en naranja 'Marrs' y 0.009 g·cm⁻² en tangerina 'Dancy'. En lima Persa, Berdeja-Abreu et al. (2010), en diferentes portainjertos, reportaron peso específico de hoja de 0.0093 a 0.0123 g·cm⁻².

El número de frutos no mostró diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (cuadro 9). En lima Persa, esta variable no se ha evaluado en trabajos experimentales, pero es importante conocer el dato ya que nos puede ayudar a predecir la calidad de fruto. En observaciones de campo se ha detectado que, a mayor número de frutos por rama, el tamaño de éstos disminuye; el color de cáscara es verde pálido en donde se juntan los frutos debido a que esta condición provoca ausencia de luz y aumenta la cantidad de plagas y enfermedades.

El contenido nutrimental en la hoja de lima Persa en

ambos tratamientos no mostró diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (cuadro 10). Posiblemente, el contenido nutrimental foliar no presentó diferencias debido a que la dosis aplicada de kudzu en las tres fechas de aplicación fueron las adecuadas, además de que los árboles de lima Persa aprovecharon el proceso de mineralización de la leguminosa. Noriega-Cantú et al. (2012), tras evaluar limón mexicano con fertilización química y orgánica, mencionan que los contenidos nutrimentales en hoja dependen de la época de muestreo y el sistema de producción utilizado.

Iqbal et al. (1999), en mandarina Kinnow, mencionan que el contenido foliar depende del portainjerto utilizado y la época de muestreo. Dubey y Sharma (2016), en *Citrus limon* (L) Burm., encontraron que el contenido mineral en hoja se modifica por el portainjerto utilizado, el porcentaje de N osciló de 1.76 a 2.042%; P de 0.17 a 0.20%; K de 0.49 a 1.16%; Ca de 2.04

Cuadro 10. Contenido nutrimental en hojas de lima Persa con fertilización química y orgánica. México: 9 de agosto de 2017.

ELEMENTO	CANTIDAD	KUDZU
N (%)	2.35 ^{a*}	2.32 ^a
P (%)	0.20 ^a	0.25 ^a
K (%)	2.19 ^a	2.25 ^a
Ca (%)	2.57 ^a	2.23 ^a
Mg (%)	1.24 ^a	1.28 ^a

* Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de t, al nivel de probabilidad de 0.05

a 3.01%; Mg de 0.20 a 0.31%; Na de 0.021 a 0.033%; Cu de 11.48 a 29.06 ppm; Zn de 32.55 a 75.15 ppm; Fe de 118.91 a 176.21 ppm, y Mg de 27.57 a 47.98 ppm.

CONCLUSIONES

El porcentaje de fruta de exportación en todas las cosechas en los dos tratamientos fue superior al 89%. El rendimiento de fruto de lima Persa, características físicas de fruto, número de frutos por ápice de rama y contenido nutrimental en hoja no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. La fertilización al suelo con kudzu en lima Persa puede ser una alternativa para suplir la fertilización química al suelo.

LITERATURA CITADA

- Arias F, Suarez E. 2016. Comportamiento de las exportaciones de limón Persa (*Citrus latifolia tanaka*) al mercado de los Estados Unidos. *Journal of Agriculture and Animal Sciences* 5(2): 20-31.
- Aular J, Casares M, Natale W. 2017. Factors affecting citrus fruit quality: emphasis on mineral nutrition. *Científica, Jaboticabal* 45(1): 64-72. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n1p64-72>
- Berdeja-Arbeu R, K. Hernández-Sagayo K, Salazar-Sandoval RI, Vázquez-Cruz F, Méndez-Gómez J, Moreno-Velázquez D. 2016. Aspersiones foliares con nitratos en lima Persa. *Acta Agrícola y Pecuaria* 2: 72-77.
- Berdeja-Arbeu R, Villegas-Monter A, Ruíz-Posadas LM, Sahagún-Castellanos J, Colinas-León MT. 2010. Interacción lima persa-portainjertos. Efecto en características estomáticas de hoja y vigor de árboles. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(2): 91-97.
- Caamal-Cauich I, Jerónimo-Ascencio F, Pat-Fernández VG, Romero-García E, Ramos-García E. 2014. Análisis de los canales de exportación del limón Persa del municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2: 183-191.
- Cantuarias-Avilés T, Mourao FdeAA, Stuchi ES, da Silva SR, Espinoza-Núñez E, Neto HB. 2012. Rootstocks for high fruit yield and quality of 'Tahiti' lime under rain-fed conditions. *Scientia Horticulturae* 142: 105-111. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.05.008>
- Curti-Díaz SA, Hernández-Guerra C, Loredo-Salazar RX. 2012. Productividad del limón Persa injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18: 291-305.
- Dubey AK, Sharma RM. 2016. Effect of rootstocks on tree growth, yield, quality and leaf mineral composition of lemon (*Citrus limon* (L) Burm.). *Scientia Horticulturae* 200: 131-136. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.013>
- Elhassan AAM, El-Tillib AMA, Ibrahim HS, Hashim AA, Awadelkarim AH. 2011. Response of foster grapefruit (*Citrus paradise* Macf.) to organic and inorganic fertilization in central Sudan. *Annals of Agricultural Science* 56(1): 37-41. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2011.05.003>
- Félix-Herrán JA, Sañudo-Torres RR, Rojo-Martínez GE, Martínez-Ruiz R, Olalde-Portugal V. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai* 4(1): 57-67.
- Forseth IN, Innis AF. 2004. Kudzu (*Pueraria montana*): history, physiology, and ecology combine to make a major ecosystem threat. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23(5): 401-413. <https://doi.org/10.1080/07352680490505150>
- García E. 1987. Modificación al sistema de la clasificación de Koppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Iqbal S, Chaudhary MI, Akbar M. 1999. Effects of various rootstocks on leaf mineral composition and productivity of Kinnow mandarin. *International Journal of Agriculture & Biology* 1(3): 91-93.
- Lehmann J, da Silva JP, Trujillo L, Uguen K. 1999. Legume cover crops and nutrient cycling in tropical fruit tree production. *Acta Horticulturae* 531: 65-72. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.531.8>
- Noriega-Cantú DH, González-Mateos R, Garrido-Ramírez VM, Pereyda-Hernández J, Dominguez-Márquez VM, López-Estrada ME. 2012. Evaluación de dos sistemas de producción de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle) en Guerrero, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: 415-425.
- Patel KM, Patel HC, Patel KA, Chauhan VB, Patel JS. 2012. Effect of manures and fertilizers on growth and fruit yield of acid lime cv. Kagzi (*Citrus aurentifolia* Swingle). *The Asian Journal of Horticulture* 7(2): 481-483.
- Pérez-López AJ, López-Nicolás JM, Carbonell-Barrachina AA. 2007. Effects of organic farming on minerals contents and aroma composition of Clemenules mandarin juice. *European Food Research and Technology* 225(2): 255-260. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0412-z>
- Peters M, Franco LH, Schmidt A, Hincapié B. 2010. Especies forrajeras multipropósito opciones para productores del trópico americano. Centro Internacional de Agricultura Tropical-Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung-Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Cali, Colombia.
- Reyes-Santamaría MI, Villegas-Monter Á, Colinas-León MT, Calderón-Zavala G. 2000. Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino. *Agrociencia* 34: 49-55.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT user's guide, version 8. SAS Institute Inc. Cary, USA.
- [SIAP] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [internet]. 2016. Base de datos producción agrícola. [cited 2017 Junio 30]. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/>
- Stuchi ES, Martins ABG, Lemo RR, Cantuarias-Avilés T. 2009. Fruit quality of 'Tahiti' lime (*Citrus latifolia* Tanaka) grafted on twelve different rootstocks. *Revista Brasileira de Fruticultura* 31(2): 454-460. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000200020>
- Tapia LM, Larios A, Hernández A, Guillén H. 2014. Nutrición orgánica del aguacate cv. "Hass" y efecto nutricional y agronómico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(3): 465-472.
- Zhao Z, Sha Y, Fen L, Puhui J, Xiaoying W, Yah'an T. 2014. Effects of chemical fertilizer combined with organic manure on Fuji Apple quality, yield and soil fertility in apple orchard on the Loess Plateau China. *International Journal of Agriculture and Biological Engineering* 7: 45-55.