Interciencia
ISSN: 0378-1844
ISSN: 2244-7776
interciencia@gmail.com
Asociación Interciencia
Venezuela

Aburto-González, Circe Aidín; Castillo-González, Ana María; Alejo-Santiago, Gelacio; López-Bueno, Bertha Alicia; Juárez-López, Porfirio; López-Guzmán, Graciela Guadalupe; Enciso-Arámbula, Rosalva

NUTRICIÓN DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia T*ANAKA) MEDIANTE EL ENFOQUE DEL MÉTODO RACIONAL

Interciencia, vol. 46, núm. 1, 2021, , pp. 37-42
Asociación Interciencia
Venezuela

Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33965751006

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

NUTRICIÓN DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka) MEDIANTE EL ENFOQUE DEL MÉTODO RACIONAL

Circe Aidín Aburto-González, Ana María Castillo-González, Gelacio Alejo-Santiago, Bertha Alicia López-Bueno, Porfirio Juárez-López, Graciela Guadalupe López-Guzmán y Rosalva Enciso-Arámbula

Resumen

*México es el segundo productor mundial de limón persa (*Citrus latifolia *Tanaka). Entre los problemas que presenta su cultivo están el bajo rendimiento y de la calidad del fruto. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la dosis de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, generada con el enfoque del método racional en el rendimiento y calidad del fruto. La investigación se estableció en el ejido de La Labor, municipio de Santa María del Oro, Nayarit, México. El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro tratamientos y siete repeticiones, y la unidad experimental fue un árbol. Se utilizaron árboles de* C. latifolia *Tanaka con una edad de 11 años injertados en* C. volkameriana. *Se evaluaron tres dosis de fertilización (N-P_2O_5 -K_2O) de 46-44-33; 93-86-66 y 139-129-99kg·ha^{-1}. Se evaluó: rendimiento (t·ha^{-1}), tamaño y peso del fruto, color, sólidos solubles totales y volumen de jugo. Se encontró efecto de los tratamientos en rendimiento, peso del fruto, diámetro y longitud del fruto, y volumen de jugo. La dosis de fertilización generada con el método racional permitió lograr la meta de rendimiento que se fijó para este cultivo, sin afectar los parámetros principales de calidad de fruto como son tamaño y color.*

Introducción

El limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) conocido también como limón Tahiti es el cultivar de limón de mayor demanda por Estados Unidos; México es su principal proveedor, con una participación del 98% de las importaciones de ese país (Arias y Suárez, 2016). A nivel mundial destacan en orden descendente siete países que son los mayores productores de limón: India, México, Argentina, China, Brasil, Estado Unidos y Turquía (Fernández *et al*., 2015; FAOSTAT, 2017). Entre los problemas que presenta su cultivo están su baja productividad y la calidad de fruto. FAOSTAT (2017) reporta un rendimiento promedio para México de 14t·ha^{-1}, mientras que los máximos rendimientos son de 30t·ha^{-1} (Salgado-García *et al*., 2016). Dorado *et al*. (2015) indican que estos problemas se relacionan con el manejo inadecuado de los requerimientos hídricos y nutrimentales.

Los parámetros de calidad del fruto más importantes para los productores, empacadores y procesadores son: contenido de jugo, sólidos solubles totales, acidez, tamaño y color, aunque la importancia que se le da a cada uno depende del destino de la fruta, ya sea como producto fresco o procesado (Zekri *et al*., 2003). La nutrición tiene relevancia ya que es un factor controlable e influye en la calidad y el rendimiento de los cultivos. Los estudios de fertilización en *C. latifolia* Tanaka, reportan el efecto de esta práctica en el rendimiento y la calidad de fruta. Quaggio *et al*. (2002) en un estudio que desarrollaron durante siete años, probando diferentes dosis de fertilización, indicaron que existe una respuesta cuadrática del rendimiento por efecto de la fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); lo anterior se atribuye al amplio rango estudiado para N (30, 100, 170 y 240kg·ha^{-1}) P (9, 27, 62 y 79kg·ha^{-1}) y K (24, 91, 158 y 225kg·ha^{-1}), con lo que se abarcó desde los niveles en que los nutrimentos estuvieron en deficiencia hasta estar en exceso, en suelos arenosos de nula fertilidad. En árboles jóvenes, Boughalleb *et al*. (2011) recomiendan la dosis de fertilización 180-90-180 de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente. La información que existe es general y sirve como guía en la recomendación de fertilización, ya que este tipo de estudios tienen el inconveniente de que se requiere de varios años para precisar la dosis de fertilización y, además, solo funcionan para el

PALABRAS CLAVE / Dosis / Fertilización / Nutrición / Productividad / Rendimiento /

Recibido: 17/11/2020. Modificado: 05/02/2021. Aceptado: 08/02/2021.

Circe Aidín Aburto-González. Doctora en Educación y Tecnología Educativa, Instituto Tecnológico de Ciencias y Arte, México. Docente Investigadora, Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), México. Unidad Académica Agricultura. Km. 9.0 Carretera Tepic-Compostela. Xalisco. Nayarit. México. CP. 63780.

Ana María Castillo-González. Doctora en Ciencias en Fisiología Vegetal. Colegio de Posgraduados, Montecillos. México. Profesora Investigadora, Universidad Autónoma Chapingo, México.

Gelacio Alejo-Santiago (Autor de correspondencia). Doctor en Edafología, Colegio de Postgraduados, México. Docente Investigador, Universidad Autónoma de Nayarit, México. Dirección: Unidad Académica Agricultura. Km. 9.0 Carretera Tepic-Compostela. Xalisco. Nayarit. México. CP. 63780. e-mail: gelacio.alejo@uan.edu.mx.

Bertha Alicia López-Bueno. Maestra en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. México.

Porfirio Juárez-López. Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. Maestro en Ciencias en Fisiología Vegetal, COLPOS, México. Doctor en Ciencias en Horticutura, UAChapingo, México. Profesor Investigador, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. Profesor Investigador, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México.

Graciela Guadalupe López-Guzmán. Doctora en Biotecnología, UAN, México. Docente Investigadora, UAN, México.

Rosalva Enciso-Arámbula. Doctora en Educación y Tecnología Educativa, Instituto Tecnológico de Ciencias y Arte, México. Docente Investigador, UAN, México.

NUTRITION OF PERSIAN LEMON (*Citrus latifolia* Tanaka) BY THE RATIONAL METHOD

Circe Aidín Aburto-González, Ana María Castillo-González, Gelacio Alejo-Santiago, Bertha Alicia López-Bueno, Porfirio Juárez-López, Graciela Guadalupe López-Guzmán and Rosalva Enciso-Arámbula

SUMMARY

*Mexico is the world's second largest producer of Persian lemon (*Citrus latifolia *Tanaka). Among the problems that the crop presents are the low yield and the quality of the fruit. The goal of the study was to evaluate the effect of the dose of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium, generated under the approach of rational method in the yield and quality of the fruit. The investigation was established in the ejido of La Labor, in the municipality of Santa María del Oro, Nayarit, Mexico. The experimental design was of randomized blocks with four treatments and seven repetitions, and the experimental unit was a tree.* C. latifolia *Tanaka trees with an age of 11 years grafted onto* C. volkameriana *were used. Three fertilization doses were evaluated (N-P_2O_5-K_2O): 46-44-33, 93-86-66 and 139-129-99kg·ha^{-1}. The following variables were evaluated: yield (t·ha^{-1}), fruit size and weight, color, total soluble solids, and juice volume. Effects of the treatments was found in yield, fruit weight, diameter and length of the fruit, and volume of juice. It is concluded that the fertilization dose generated with the rational method supplies the nutritional needs of the crop. Fruit quality is not affected by the dose generated with this approach to generate fertilization recommendation.*

NUTRIÇÃO DE LIMÃO TAHITI (*Citrus latifolia* Tanaka) ATRAVÉS DA ABORDAGEM DO MÉTODO RACIONAL

Circe Aidín Aburto-González, Ana María Castillo-González, Gelacio Alejo-Santiago, Bertha Alicia López-Bueno, Porfirio Juárez-López, Graciela Guadalupe López-Guzmán e Rosalva Enciso-Arámbula

RESUMO

*O México é o segundo maior produtor mundial de limão tahiti (*Citrus latifolia *Tanaka). Entre os problemas que apresenta seu cultivo estão o da baixa produtividade e o da qualidade do fruto. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da dose de fertilização com nitrogênio, fósforo e potássio, gerada com a abordagem do método racional na produtividade e na qualidade do fruto. A investigação foi estabelecida no assentamento rural de La Labor, município de Santa Maria del Oro, Nayarit, México. O desenho experimental foi em blocos aleatórios com quatro tratamentos e sete repetições, uma árvore foi a unidade experimental. Foram utilizadas árvores de* C. latifolia *Tanaka com idade de 11 anos enxertadas em* C. volkameriana*. Avaliaram-se três doses de fertilização (N-P_2O_5 -K_2O) de 46-44-33; 93-86-66 e 139-129-99kg·ha^{-1}. Verificou-se: produtividade (t·ha^{-1}), tamanho e peso do fruto, cor, sólidos solúveis totais e volume de suco. Foram identificados efeitos dos tratamentos em produtividade, peso do fruto, diâmetro e comprimento do fruto, e volume de suco. A dose de fertilização gerada com o método racional permitiu atingir a meta de produtividade estabelecida para este cultivo, sem afetar os principais parâmetros de qualidade de fruto como tamanho e cor.*

sitio o zona en que se generó la información.

El modelo para la generación de recomendaciones de fertilización propuesto por Rodríguez (1993), denominado 'método racional', puede ayudar a precisar la dosis de fertilización para árboles frutales, de tal forma que la cantidad de nutrimentos que se apliquen impacten positivamente tanto en el rendimiento como en la calidad del fruto y en la disminución de la contaminación ambiental. El enfoque establece que hay que considerar la demanda de nutrimentos por parte de la planta, que le permita cumplir con sus funciones metabólicas y producir fruto y material vegetativo; el aporte de nutrimentos del suelo, en función de un análisis químico; y la eficiencia de recuperación de fertilizantes.

La demanda nutrimental (DEM) es la cantidad de nutrimentos que requiere anualmente el cultivo para la producción de fruto y material vegetativo (material susceptible de poda). El valor se estima conociendo la extracción nutrimental por fruto en función de una meta de producción por árbol y la extracción nutrimental por producción de material vegetativo. El suministro nutrimental (SUM) es la oferta nutrimental del suelo para el árbol, y se estima considerando el resultado del análisis del suelo, el cual indica la cantidad de nutrimentos disponibles para los cultivos, con base en metodologías calibradas para cada elemento; así mismo, se considera la exploración radicular del cultivo, que para el caso de *C. latifolia* Tanaka, según Contreras-Morales *et al.* (2008) se estima que el 80% de las raíces de absorción de nutrimentos se ubica en los 40cm superficiales de suelo, en árboles en etapa de producción comercial (12 años) y de forma lateral se ubican de la mitad de la zona de goteo hacia el tronco.

En la eficiencia de recuperación de fertilizante (ERF), se consideran los valores que recomiendan Silva y Rodríguez (1993) y Martínez-Alcántara *et al*. (2012) para fertilizante nitrogenado (70%) en condiciones de riego; fósforo (30%) y potasio (70%). El método racional ofrece la ventaja de que es aplicable a cualquier sistema de producción y en cualquier zona de producción, ya que la cantidad de nutrimentos que la planta va a requerir durante el ciclo de producción será acotado por la meta de producción y capacidad de producción de material vegetativo de los árboles, lo cual depende de las condiciones edafoclimáticas y del nivel de fertilidad del suelo, así como de la altura y diámetro de la copa en que se maneja el huerto. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la dosis de fertilización con N, P y K generada con el método racional en el rendimiento y calidad del fruto de limón persa.

Materiales y Métodos

La investigación se estableció en el ejido de La Labor, en el municipio de Santa María del Oro, Nayarit, México, en las coordenadas GPS: longitud (dec) -104,71 y latitud (dec)

21,37, y a una altitud de 1060m. El clima según Köppen corresponde a un (A) e (W2) a (i), es decir un clima semicálido (subtropical subhúmedo), el más cálido de los templados (c). Los meses de máxima precipitación son julio y agosto, con precipitación media anual de 833,3mm. Los meses más cálidos son junio, julio y agosto, con temperatura de 25,6 a 26,7°C y el mes más frío es enero con 18,9°C (García, 1981).

Se utilizaron árboles de *Citrus latifolia* Tanaka con una edad de 11 años injertados en *C. volkameriana*. El sistema de plantación de los árboles es en marco real con distancia entre árboles 6,0x6,0m y altura promedio de 4,0m y diámetro de copa de 3,2m. Cuenta con un sistema de riego por microaspersión.

De acuerdo con los resultados del análisis físico y químico del suelo las características fueron: textura arcillosa; pH (6,5); densidad aparente (Dap) 1,2g·cm^{-3}; conductividad eléctrica (0,1dS·m^{-1}); contenido de materia orgánica 2,12%; fósforo Olsen 47,76mg·kg^{-1}; potasio intercambiable 431mg·kg^{-1}; calcio y magnesio intercambiables, 2000mg·kg^{-1} y 450mg·kg^{-1}, respectivamente.

Cálculo de la dosis de fertilización

La dosis de fertilización fue calculada por árbol y luego se realizó una extrapolación por hectárea considerando como densidad de población de 277 árboles. La fórmula para calcular la dosis de fertilización (DF), se resume en la ecuación (Rodríguez, 1993):

DF= (DEM-SUM)/ERF

donde DEM: demanda nutrimental, SUM: suministro nutrimental por el suelo y ERF: eficiencia de recuperación de fertilizantes.

Demanda nutrimental (DEM)

La meta de rendimiento se fijó en 27,7t·ha^{-1}; por lo tanto, la DEM se calculó como la suma de la cantidad de nutrimentos necesarios para producir 100kg de fruto por árbol, acorde a la meta de rendimiento. Se consideró la extracción nutrimental en Kg por tonelada de fruto, mencionados por Mellado-Vázquez *et al*., (2017), los cuales son: N= 1,80; P= 0,25; K= 2,24; Ca= 1,07 y Mg= 0,22. A la cantidad de nutrimento que se obtuvo de la información anterior para 100kg defruto por árbol, se le sumó la cantidad de nutrimentos que se requieren para producir 40kg de materia seca por árbol, con destino a la producción de material de poda. La extracción nutrimental para la producción de material vegetativo de *C. latifolia* reporta las siguientes concentraciones en material de poda: 0,15% N; 0,15% P; 0,66%; Ca 1,64% y Mg 0,11% (Contreras-Morales *et al*., 2007). La demanda nutrimental anual en gramos por árbol quedó de la siguiente manera: 255g de N, 87g de P, 507g de K, 763g de Ca y 44g de Mg.

Suministro nutrimental (SUM)

El SUM se calculó considerando el volumen y cantidad de suelo explorado por el cultivo, que depende directamente del diámetro de copa, y una profundidad de 40 cm, como superficie efectiva de exploración radicular. En árboles de 12 años de edad Contreras-Morales *et al*. (2008) reportaron que el 80% de las raíces de absorción se ubican de la parte media de la zona de goteo hacia el tronco; en este caso el diámetro de copa fue de 3,2m y se consideró la mitad del radio de copa (media zona de goteo), que resultó en 0,8m. El volumen del suelo explorado fue entonces $\pi x r^2 x 0{,}4m = 3{,}1416x(0{,}8m)^2x0{,}4m = 0{,}8m^3$. Este valor convertido a peso de suelo resulta en (0,8xDap(t·m^3))= 0,80x(1,2t·m^3)= 0,96t.

El suministro de nitrógeno se calculó a partir de una tasa de mineralización promedio de 2,0% anual y una concentración de N en materia orgánica mineralizada del 5,0% (Ankerman y Large, 2017). El suelo explorado posee la capacidad de suministrar por lo tanto 20,5g de N al año. Para los demás nutrimentos, según los resultados del análisis de suelo y la cantidad de suelo explorado, el SUM estimado fue: P, 46g; K, 366g; Ca, 1920g y Mg 432g. Se observó que la capacidad de suministro de Ca y Mg son muy superiores a la demanda del cultivo, pero en el caso de N, P y K sí se requirió de la aplicación de fertilizantes. Se utilizó como valor de eficiencia de absorción de P el valor de 1,0 y en el caso de K fue de 0,85.

Eficiencia de recuperación de fertilizantes (ERF)

Para el caso de la ERF del nitrógeno se utilizó el valor de 70% que establecieron Martínez-Alcántara *et al*. (2012), el cual es un dato específico para cítricos; para fósforo se utilizó 30% y 70% para potasio (SAGARPA, 2018). La dosis que se obtuvo fue en g por árbol al año y quedó de la siguiente manera: 335-313-240g de N-P_2O_5-K_2O, respectivamente. En términos de kg·ha^{-1}, quedó en 93-87-66 kg·ha^{-1}, respectivamente.

Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y siete repeticiones, considerando como unidad experimental a un árbol. Los tratamientos, en kg·ha^{-1}, fueron 1) T0: testigo (sin fertilización); 2) T1: 46 N, 43 P_2O_5 y 33 K_2O; 3) T2: 93 N, 86 P_2O_5 y 66 K_2O; y 4) T3: 139 N, 129 P_2O_5 y 99 K_2O. Las fuentes fueron urea, sulfato de potasio, nitrato de potasio y fosfato monoamónico.

Durante el periodo de lluvias (junio a octubre) del año 2016 no fue posible realizar fertirriego por la presencia constante de precipitaciones, por lo que se aplicó el 30% de la dosis de fertilización a cada árbol, en un radio de 80cm, incorporándola al suelo. La aplicación del 70% restante se inició en enero del 2017. La fertilización se realizó con fertirriego de frecuencia semanal y se terminó en el mes de junio, cuando empezó el siguiente periodo de lluvias. La cantidad de agua que se aplicó por árbol en cada riego fue de 50 litros.

Control de plagas y enfermedades

De manera preventiva se realizaron aplicaciones mensuales de fungicida (Benomilo 1,0g·l^{-1}) y de Malathion (1,0g·l^{-1}) para controlar el pulgón que se presenta en los brotes vegetativos nuevos.

Variables

Rendimiento (t·ha^{-1}). La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron su punto de cosecha (textura lisa y coloración verde); se pesaron y se llevó un registro de producción por tratamiento y repetición. Los valores obtenidos se extrapolaron a rendimiento por hectárea considerando una densidad de población de 277 árboles. En total se evaluaron ocho cortes; se inició el 3 de septiembre y se finalizó el 27 de mayo.

Peso y tamaño de fruto. Se seleccionaron 14 frutos al azar de cada tratamiento. El peso se registró con una báscula digital marca Torrey® y con la ayuda de un vernier digital, marca Truper®, se midieron las variables de longitud de fruto y diámetro ecuatorial.

Volumen de jugo. Se exprimieron diez frutos por tratamiento en cada fecha de corte y se midió el volumen con una probeta graduada en ml.

Sólidos solubles totales. Los sólidos solubles totales (SST) se analizaron en 14 frutos seleccionados al azar de cada tratamiento, utilizando un refractrómetro digital marca ATAGO. Los resultados a 20ºC se expresaron en ºBrix.

Color del fruto. A los 14 frutos seleccionados al azar de cada uno de los tratamientos arriba señalados, se les determinó el color con un colorímetro digital (BakingMeter BC-10; Konita Minolta), empleando el sistema CIELab para determinar las coordenadas cromáticas L, a y b.

Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados se realizó análisis de

varianza y prueba de medias de Tukey (α=0,05) utilizando el paquete estadístico SAS versión 9,4 (SAS, 2009).

Resultados y Discusión

Rendimiento

En rendimiento hubo diferencia estadística entre tratamientos (Figura 1). La meta de rendimiento que se fijó en 28t·ha^{-1} se alcanzó con el tratamiento con la dosis más alta de N:P_2O_5:K_2O (139:129:99kg·ha^{-1}). Esa dosis tuvo 50% más fertilizante, con respecto a la dosis calculada con el método racional (93-86-66kg·ha^{-1}).

Un exceso de fertilización con N y K en cítricos afecta el rendimiento (Alva *et al*., 2006, Hammami *et al*., 2010). Este efecto de disminución de rendimiento no se observó en el presente estudio, lo cual indica que no se aplicó en exceso ninguno de los dos nutrimentos. Se observó que conforme se incrementó la dosis de fertilizante, hubo incremento en el rendimiento. El nutrimento que fue subestimado fue el P Olsen; lo que se considera debido al tipo de textura que presenta el suelo, el cual es un suelo arcilloso, y en este tipo de textura se favorece la reactividad del P con Fe y Al, en condiciones de pH moderadamente ácido. En el caso de la generación de la dosis de fertilización se utilizó una EFR de P de 30%. Si se utiliza una EFR de 20%, se puede precisar la dosis de P, ya que con este valor la dosis de P resulta en la cantidad que se aplicó en T4 y con la cual se alcanzó el rendimiento esperado. La producción que se alcanzó en el presente experimento fue similar a los encontrados por Dorado *et al*. (2015), quienes en *C. latifolia* en condiciones de riego y fertilización reportaron 33t·ha^{-1}, lo que representa los mejores rendimientos que se reportan para el estado de Nayarit.

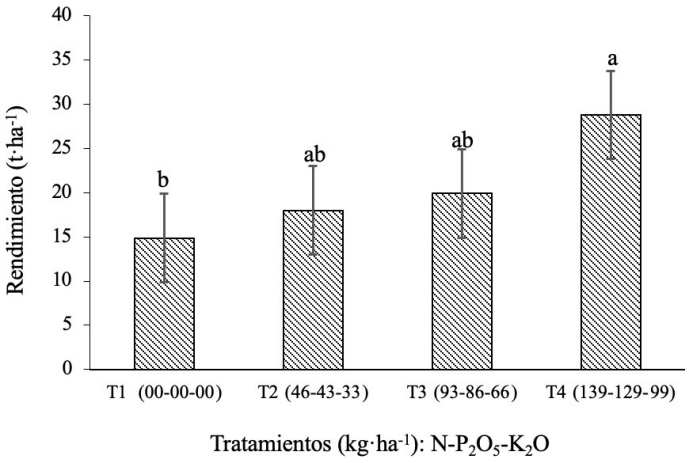

Figura 1. Rendimiento de Citrus latifolia Tanaka en el huerto del ejido La Labor, Nayarit, México, con diferentes dosis de fertilización. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa (P≤0,05).

Peso de fruto

En la Tabla I se observa que de las ocho fechas de corte durante la investigación se presentó diferencia estadística en dos momentos de muestreo (20 de febrero y 7 de marzo), obteniendo los valores más bajos con la dosis T4 (139-129-99). El efecto de disminución de peso de fruto en T4 se puede atribuir a que este tratamiento fue el que tuvo el mayor rendimiento y por lo tanto tuvo mayor número de frutos por árbol. El resultado obtenido es entonces un efecto de relación fuente-demanda, como lo señalan Anuradha *et al*. (2017). El peso del fruto (g) es similar al reportado por Curti-Díaz *et al*. (2012), quienes indican que el peso promedio que alcanza el limón persa injertado sobre *C. volkameriana* es de 79,47g.

Tamaño de fruto

En cuanto a tamaño referido en diámetro y longitud de fruto, las cuales son variables que entran dentro de los parámetros de calidad de fruto, sí existieron diferencias estadísticas por efecto de los tratamientos en las diferentes fechas en las que se evaluaron los frutos (Tablas II y III). En el diámetro ecuatorial los valores en todos los tratamientos alcanzaron tamaño comercial (>38mm) según la Norma Mexicana NMX-FF-0077-1966 que establece el código de tamaño para limón persa, siendo el rango de 47,01 a 90,53mm. Los valores más bajos se obtuvieron en el T1 (Testigo), mientras que, los más altos en el T4 que tuvo la dosis de fertilización de 139-129-99 (N-P_2O_5-K_2O).

Las altas concentraciones de nitrógeno afectan negativamente el tamaño del fruto, según reportó Aboutalebi (2013) en su estudio con lima dulce (*Citrus limmetta*) al evaluar tres diferentes concentraciones de nitrógeno en forma de sulfato de amonio (0, 250 y 500g por planta). Los resultados del presente estudio evidencian que no se sobrestimó el nitrógeno, ya que en la mayoría de las fechas en que se evaluó no hubo diferencia.

Volumen de jugo

En la Tabla IV se observa que la variable cantidad de jugo no presentó diferencias estadísticas. Alva *et al*. (2006) aplicaron tres dosis de potasio (K_2O) (95, 190 y 320kg·ha^{-1}/año) en árboles de limón y el parámetro de jugo no presentó respuesta a las diferentes dosis de este catión. Similarmente, en esta investigación, a pesar de las diferentes cantidades de la fertilización, no se presentó diferencia estadística, con lo que se deduce que el potasio no tuvo efecto en la cantidad de jugo. El nitrógeno no es un nutrimento que influya en esta variable; estudios realizados en Florida con diferentes variedades de naranjas con tres dosis de este nutrimento (168, 224 y 280 kg ha^{-1}/año) mostraron que el contenido de jugo no se vio influenciado por la fertilización (Paramasivam *et al*., 2000). La

TABLA I
PESO PROMEDIO (G) DEL FRUTO DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka) DE LAS COSECHAS DEL HUERTO DEL EJIDO LA LABOR, NAYARIT, MÉXICO, FERTILIZADOS CON EL MÉTODO RACIONAL

Tratamiento	Fechas de cosecha							
(N- P_2O_5- K_2O)	03 set	25 nov	20 dic	03 feb	20 feb	07 mar	27 mar	27 may
T1 (00-00-00)	84,16	107,65	121,60	102,12	87,11 ab	74,86 a	73,73	71,07
T2 (46-43-33)	98,72	120,77	136,8	113,10	89,89 a	72,02 ab	73,15	76,56
T3 (93-86-66)	96,50	104,04	136,85	94,68	78,74 b	67,79 ab	78,93	74,54
T4 (139-129-99)	95,85	85,94	115,19	105,13	64,54 c	58,77 b	73,58	71,05
Pr>F	0,56 ns	0,07 ns	0,027 ns	0,16 ns	0,001 *	0,02 *	35,49 ns	0,16 ns
DMS	26,49	35,49	22,72	21,7	11,13	14,37	10,46	7,84
CV (%)	19,46	22,50	11,778	14,19	9,24	13,9	9,48	7,25

T1: testigo, T2: dosis 50 %, T3: dosis de referencia 100% y T4: dosis 150%, DMS: diferencia mínima significativa (Tukey α≤0,05), CV: coeficiente de variación. Medias con diferente letra en una misma columna son estadísticamente diferentes (P≤0,05), ns: no significativa, * diferencia estadística.

TABLA II
DIÁMETRO ECUATORIAL PROMEDIO, DEL FRUTO DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka)

Tratamiento	Fechas de corte								
(N- P_2O_5- K_2O)	03 set	25 nov	20 dic	03 feb	20 feb	07 mar	27 mar	27 may	27 jun
T1 (00-00-00)	51,78	53,94	58,96 b	52,51	53,18 a	49,9	49,56	50,72	47,01
T2 (46-43-33)	51,66	59,36	61,41 b	57,78	53,52 a	49,9	50,03	50,49	49,66
T3 (93-86-66)	53,91	56,71	61,41 b	55,55	50,84 ab	48,29	50,73	49,87	49,01
T4 (139-129-99)	54,47	68,85	90,53 a	56,87	50,10 b	45,08	49,49	49,87	48,41
Pr>F	0,72 ns	0,23 ns	0,002 *	0,29 ns	0,003 *	0,13 ns	0,50 ns	0,72 ns	0,09 ns
DMS	8,48	20,5	23,75	7,85	2,73	6,24	2,48	2,53	2,88
CV (%)	10,86	22,65	22,99	9,56	3,49	8,57	3,36	3,41	4,03

T1: testigo, T2: dosis 50 %, T3: dosis de referencia 100% y T4: dosis 150%, DMS: diferencia mínima significativa (Tukey α≤0,05), CV: coeficiente de variación. Medias con diferente letra en una misma columna son estadísticamente diferentes (P≤0,05), ns: no significativa, * diferencia estadística.

TABLA III
DIÁMETRO LONGITUDINAL PROMEDIO DEL FRUTO DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka)

Tratamiento	Fechas de corte								
(N- P_2O_5- K_2O)	03 set	25 nov	20 dic	03 feb	20 feb	07 mar	27 mar	27 may	27 jun
T1 (00-00-00)	59,14	63,55	65,76	61,43	59,12	57,03 az	56,44	56,11	52,87
T2 (46-43-33)	58,84	67,74	65,73	63,22	54,45	54,60 ab	54,31	57,24	54,65
T3 (93-86-66)	65,49	63,89	65,73	63,72	63,72	53,87 ab	57,33	57,71	55,88
T4 (139-129-99)	63,38	63,91	64,03	61,70	56,67	48,92 b	56,08	55,38	54,67
Pr>F	0,31 ns	0,70 ns	0,99 ns	0,82 ns	0,07 ns	0,05 *	0,23 ns	0,34 ns	0,17 ns
DMS	11,35	11,35	18,13	8,10	9,70	7,82	4,02	3,85	3,60
CV (%)	12,47	11,60	18,39	8,79	10,99	9,69	4,86	4,61	4,48

T1: testigo, T2: dosis 50 %, T3: dosis de referencia 100% y T4: dosis 150%, DMS: diferencia mínima significativa (Tukey α≤0,05), CV: coeficiente de variación, ns: no significativa, * diferencia estadística.

TABLA IV
CANTIDAD DE JUGO EN FRUTO DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka)

Tratamiento	Fechas de corte							
(N- P_2O_5- K_2O)	03 set	25 nov	03 feb	20 feb	07 mar	27 mar	27 may	27 jun
T1 (00-00-00)	41,07	46,83	48,42	39,16	33,41	31,71	29,71	29,50
T2 (46-43-33)	46,92	55,71	56,85	48,07	32,42	34,35	36,71	29,50
T3 (93-86-66)	46,50	49,64	48,28	38,35	30,78	36,42	34,57	35,00
T4 (139-129-99)	46,50	46,78	52,42	38,28	29,07	32,35	30,64	33,00
Pr>F	0,75 ns	0,46 ns	0,18 ns	0,07 ns	0,36 ns	0,16 ns	0,159 ns	0,33 ns
DMS	17,12	17,68	12,044	10,36	7,01	6,09	9,371	8,22
CV (%)	25,66	23,50	15,86	13,49	14,82	12,24	19,31	17,08

T1: testigo, T2: dosis 50 %, T3: dosis de referencia 100% y T4: dosis 150%, DMS: diferencia mínima significativa (Tukey α≤0,05), CV: coeficiente de variación, ns: no significativa.

acumulación de jugo en el fruto está directamente relacionada con disponibilidad de agua en el sistema de producción.

Sólidos solubles totales

En la Tabla V se observa que la variable SST tampoco presentó diferencia estadística entre tratamientos. Quaggio *et al.* (2006), al evaluar diferentes dosis de fertilización anual ($kg \cdot ha^{-1}$) en naranja dulce: N (30, 100, 170 y 240); P_2O_5 (9, 27, 45 y 63) y K_2O (25, 91, 157 y 223), mencionaron que el aumento de tamaño de los frutos ocasiona una disminución de los SST y del porcentaje de jugo. En esta investigación, al no tener efecto significativo en tamaño del fruto tanto en los diámetros (ecuatorial y longitudinal) (Tabla II y III) y en el peso del fruto (Tabla I), no hubo efecto significativo sobre esta variable. Los valores obtenidos para SST fueron superiores al valor de 7,0 exigido como mínimo por la industria para limón persa (Dorado *et al*., 2015).

Color del fruto

En cuanto a color de fruto (Tabla VI), a través de la medición de luminosidad (L), croma (C) y °*hue* (°h), se apreció diferencia significativa en luminosidad (L) y croma (C); pero no en el valor *hue*, que es el que determina la tonalidad verde. En limón persa no hay registros de efecto de la fertilización en la coloración de los frutos. La ausencia de color verde que se presenta en el fruto de limón se atribuye comúnmente a una deficiencia nutrimental, sobre todo nitrogenada. Nava *et al*. (2007) reportaron el efecto negativo de la fertilización nitrogenada en manzana, ya que inhibe la presencia de color rojo. En el caso del limón persa el color de interés comercial es el verde, el cual no se vió afectado por los tratamientos, confirmando que no se realizó una aplicación excesiva de nutrimentos.

Conclusiones

La dosis de fertilización generada con el método racional permitió lograr la meta de rendimiento que se fijó para este cultivo, sin afectar los principales parámetros de calidad de fruto, como son tamaño y color. Es posible elevar el rendimiento máximo que se ha reportado en la zona si se hace un reajuste

TABLA V
SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (°BRIX) DE LOS FRUTOS DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka)

Tratamiento	Fechas de corte								
(N- P_2O_5- K_2O)	03 set	25 nov	20 dic	03 feb	20 feb	07 mar	27 mar	27 may	27 jun
T1 (00-00-00)	7,05	7,07	7,31	7,03	7,52	7,62	8,35	9,21	9,87
T2 (46-43-33)	7,08	7,43	7,26	7,41	7,54	7,52	7,97	9,10	9,62
T3 (93-86-66)	7,09	7,01	7,26	7,32	7,18	7,50	8,03	8,89	9,67
T4 (139-129-99)	7,14	7,00	7,46	7,47	7,23	7,09	7,87	8,87	9,17
Pr>F	0,80 ns	0,53 ns	0,83 ns	0,09 ns	0,49 ns	0,65 ns	0,25 ns	0,44 ns	0,20ns
DMS	1,32	1,28	0,70	1,11	0,81	1,24	0,63	0,66	0,89
CV (%)	12,91	12,05	6,37	10,53	7,35	11,08	5,36	4,99	6,30

T1: testigo, T2: dosis 50 %, T3: dosis de referencia 100% y T4: dosis 150%, DMS: diferencia mínima significativa (Tukey $\alpha \leq 0,05$), CV: coeficiente de variación, ns: no significativa.

TABLA VI
COLOR DE LOS FRUTOS DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka)

Tratamiento (N- P_2O_5- K_2O)	L	C	°h
T1 (00-00-00)	55,20 a	35,77 a	180,40 a
T2 (46-43-33)	53,28 ab	33,84 b	180,24 a
T3 (93-86-66)	52,81 b	34,25 ab	180,38 a
T4 (139-129-99)	53,39 ab	34,30 ab	180,75 a
Pr>F	0,007 *	0,0001 *	0,058 ns
DMS	2,18	1,52	1,01
CV (%)	8,74	9,48	1,20

T1: testigo, T2: dosis 50 %, T3: dosis de referencia 100% y T4: dosis 150%, DMS: diferencia mínima significativa (Tukey $\alpha \leq 0,05$), CV: coeficiente de variación. Medias con diferente letra en una misma columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0,05$), ns: no significativa, * diferencia estadística.

de la meta de rendimiento y por lo tanto también de la dosis de fertilización.

REFERENCIAS

Aboutalebi A (2013) Effects of nitrogen and iron on sweet lime (*Citrus limmetta*) fruit quantity and quality in calcareous soils. *J. Novel Appl. Sci. 2*: 211-213.

Alva AK, Mattos JrD, Paramasivam S, Patil B, Dou H, Sajwan KS (2006) Potassium management for optimizing citrus production and quality. *Int. J. Fruit Sci. 6*: 3-43.

Ankerman BS, Large R (2017) *Agronomy Handbook*. Midwest Laboratories. Omaha, NE, EEUU. 132 pp. https://midwestlabs.com/wp-content/uploads/2017/01/ agronomy_handbook1.pdf

Anuradha RKG, Bishnoi C (2017) Assimilate partitioning and distribution in fruit crops: A review. *J. Pharmacogn. Phytochem. 6*: 479-484. http://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue3/PartH/6-3-98-219.pdf

Arias F, Suárez E (2016) Comportamiento de las exportaciones de limón persa (*Citrus latifolia* tanaka) al mercado de los Estados Unidos. *J. Agric. Anim. Sci. 5*: 22-32. DOI: 10.22507/jals.v5n2a2

Boughalleb F, Mhamdi M, Hajlaoui H (2011) Response of Young citrus trees to NPK fertilization under greenhouse and field conditions. *Agric. J. 6*(3): 66-73. DOI: 10.3923/aj.2011.66.73

Contreras-Morales E, Almaguer-Vargas G, Espinoza-Espinoza JR, Maldonado-Torres R, Álvarez-Sánchez E (2007) Distribución de materia seca y nutrimentos en árboles de limón 'persa' (*Citrus latifolia* Tan.) en Veracruz, México. *Rev. Chapingo Ser. Horticult. 13*: 75-85. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60913111

Contreras-Morales E, Almaguer-Vargas G, Espinoza-Espinoza JR, Maldonado-Torres R, Álvarez-Sánchez E (2008) Distribución radical de árboles de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.). *Rev. Chapingo Ser. Horticult. 14*: 223-234. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000200017

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. *Rev. Chapingo Ser. Horticult. 18*: 291-305. http://www.redalyc.org/pdf/609/60926213003.pdf

Dorado GD, Grajales LC, Ríos RL (2015) Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití (*Citrus Latifolia* Tanaka (*Rutaceae*). *Cienc. Tecnol. Agropec. 16*: 87-93. http://www.redalyc.org/pdf/4499/449944864007.pdf

FAO (2017) *Faostat. Datos sobre Alimentación y Agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC (Cons. 05/08/2019).

Fernández LG, Aguilar LA, Azzaro-Pantel C, Miranda-Ackerman MA, Purroy VR, Pérez SMR (2015) Behavior patterns related to the agricultural practices in the production of Persian lime (Citrus latifolia Tanaka) in the seasonal orchard. *Comput. Electron. Agric. 116*: 162-172. https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.06.007

Hammami A, Rezgui S, Hellali R (2010) Leaf nitrogen and potassium concentrations for optimum fruit production, quality and biomass tree growth in Clementine mandarin under Mediterranean. *J. Horticult. Forest. 2*(7): 161-170. https://academicjournals.org/journal/JHF/article-full-text-pdf/0534D986044

Martínez-Alcántara B, Quiñones A, Legaz F, Primo-Millo J (2012) Nitrogen-use efficiency of Young trees as influenced by the timing of fertilizer application. *J. Plant Nutr. Soil Sci. 175*: 282-292. https://doi.org/10.1002/jpln.201100223

Mellado-Vázquez A, Salazar-García S, Álvarez-Bravo A, Hernández-Guerra C (2017) Remoción de nutrimentos por cosecha de limón persa en Nayarit y Veracruz, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. 19*: 3939-3952. http://www.redalyc.org/pdf/2631/263153823008.pdf

Nava G, Roque DA, Ribeiro NG (2007) Nitrogen and potassium fertilization affect apple fruit quality in Southern Brazil, *Commun. Soil Sci. Plant Anal. 39*: 96-107. http://dx.doi.org/10.1080/00103620701759038

Paramasivam S, Alva AK, Hostler KH, Easterwood GW, Southwellb JS (2000) Fruit nutrient accumulation of four orange varieties during fruit development. *J. Plant Nutr. 23*: 313-327 https://doi.org/10.1080/01904160009382018

Quaggio JA, Mattos Jr.D, Cantarella H, Almeida ELE, Cardoso SAB (2002) Lemon yield and fruit quality affected by NPK fertilization. *Sci. Horticult. 96*: 151-162. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00121-8

Quaggio J, Mattos Jr D, Cantarella H (2006) Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus and potassium fertilization in tropical soils. *Fruits 61*: 293-302. https://doi.org/10.1051/fruits:2006028

Rodríguez SJ (1990) *La Fertilización de los Cultivos. Un Método Racional*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile. 291 pp.

SAGARPA (2018) *Uso de Fertilizantes*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. México. https://www.slideshare.net/WilsomAldana/uso-de-fertilizantes. (Cons. 05/09/2019).

Salgado-García S, Palma-López DJ, Zavala-Cruz JS, Córdova-Sánchez M, Castelán-Estrada LC, Lagunes-Espinoza CF, Ortiz-García MC, Rivera-Cruz MC, Ventura- Ulloa F, Marín-Aguilar A, Moreno-Caliz E, Rincóm-Ramírez JA (2016) Programa de fertilización sustentable para plantaciones de cítricos en Tabasco, México. *Ecosist. Recursos Agropec. 3*(9): 345-356. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282016000300345&script=sci_arttext&tlng=pt

Silva EH, Rodríguez SJ (1993) *Fertilización de Plantaciones Frutales*. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. 518 pp.

Zekri M, Obreza TA, Koo R, Alferez FM (2003) Irrigation, nutrition and citrus fruit quality. Fla. Coop. Ext. Serv. Doc. SL 207. https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/SS/SS42600.pdf.