

Efecto del anillado y bioestimulantes en la floración, producción y calidad de lima Persa (*Citrus Latifolia* Tan.) en invierno

Rafael Ambriz Cervantes¹

Rafael Ariza Flores^{1§}

Irán Alía Tejacal²

Alejandro Casimiro Michel Aceves³

Aristeo Barrios Ayala¹

Marco Antonio Otero Sánchez³

¹Campo Experimental Zacatepec-INIFAP. Morelos y Campo Experimental Iguala-INIFAP. Guerrero.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Autónoma de Estado de Morelos. Col. Chimalistac, Cuernavaca, Morelos. ³Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero.

§Autor para correspondencia: ariza.rafael@inifap.gob.mx.

Resumen

En México se cultivan 61 mil hectáreas de lima 'Persa' (*Citrus Latifolia* Tan.), con un rendimiento promedio de 14 t ha⁻¹ (SIAP, 2013), se produce de mayo a octubre y los precios son bajos en los mercados. Por tal motivo, el estudio consistió en realizar la evaluación de las prácticas culturales y aplicación de bioestimulantes para inducir la floración, producción y calidad de los frutos en invierno. Durante agosto de 2013 y abril de 2014 en un huerto de lima 'Persa' de Tlaltizapán, Morelos, México, se evaluaron en combinación la poda, el anillado y la aplicación de urea y Biofol[®], realizados en agosto, septiembre y octubre y se determinaron los efectos en los árboles, contenido de macro y micronutrientes de hojas y determinación de la calidad física y bioquímica de los frutos. Con la poda + urea + anillado en septiembre se obtuvo la mayor floración y el rendimiento de 20.3 t ha⁻¹, que superó entre 50 y 400% al resto de los tratamientos, mostró el mayor peso específico, contenido de proteína, N, P, Mg y Zn en las hojas; también, los frutos mostraron mayor calidad física y bioquímica. Por lo anterior este tratamiento favorece la brotación, la floración, el cuajado y el rendimiento y calidad de la lima 'Persa' en invierno.

Palabras clave: *Citrus latifolia* Tan., anillado, calidad, floración, producción, urea.

Recibido: febrero de 2018

Aceptado: mayo de 2018

Introducción

La citricultura representa una actividad de gran importancia dentro de la fruticultura nacional. Los principales cítricos producidos en México son: naranja, lima mexicana, lima persa, toronja y mandarina (SIAP, 2013). La lima persa contribuye con 61 822 ha, con rendimiento promedio anual de 14 t ha⁻¹ y un precio medio rural de 2 mil pesos por tonelada de fruta. Es el principal cultivo generador de divisas, dentro de las especies cítricas, dado que se exporta hasta 80% de su producción, principalmente a Estados Unidos de América (Contreras *et al.*, 2008). Japón es un gran importador, en la Unión Económica Europea lo es Francia, Inglaterra y Holanda. Así, México es el mayor productor y exportador de lima 'Persa' en el mundo (Castellanos, 2009).

En el estado de Morelos existe una superficie de 937 ha, de las cuales son 60% de lima 'Persa', 30% naranja 'Valencia' y 10% lima mexicana, mandarina y toronja. En Morelos las plantaciones son recientes, están en producción y expansión, por lo que llegan a representar una alternativa económicamente viable para los productores morelenses dentro del esquema de reconversión productiva y nuevas ventanas de oportunidades para la exportación (Lugo *et al.*, 2009; Alia *et al.*, 2011a).

La producción de lima 'Persa' en México ocurre en los meses de mayo a octubre, que coincide con los precios bajos de los mercados nacional e internacional (Curtí-Díaz *et al.*, 1996; Puente, 2002). La producción es escasa durante los meses de diciembre a abril, alcanza los precios más altos y el cultivo es rentable (Ariza *et al.*, 2004). En este contexto, el uso de prácticas culturales puede controlar la época de floración, siendo una técnica para mejorar la rentabilidad del cultivo (Ruiz, 2001), dentro de éstas están las podas, anillado y aplicación de sustancias químicas (Ariza *et al.*, 2004).

Con las podas en lima 'Persa' se intenta regular el tiempo de floración y obtener una producción más uniforme durante el año, pero los resultados son incipientes y falta mucho por investigar (Curtí *et al.*, 2000). El anillado puede inducir la floración y favorecer la acumulación de carbohidratos arriba del anillo y la detención del crecimiento (Erner, 1986; Ariza *et al.*, 2004) indica que el anillado y estrés hídrico favorece la floración en lima mexicana para la producción de invierno, genera un rendimiento mayor de 500% e incrementó la calidad del fruto entre 20 y 40% de peso, color verde y mejoró la relación sólidos solubles totales/acidez titulable.

La aplicación de algunas sustancias químicas, favorecieron a inducción de floración, es una de las actividades agronómica más prácticas Ruiz (2001). Lugo *et al.* (2009), han observado que aplicaciones de ácido naftalenacético favorecen la floración en Morelos, pero no han cuantificado el efecto de la aplicación de estos productos en diferentes épocas de producción. Ariza *et al.* (2004), menciona que la aplicación de urea al 4% favorece la floración en lima mexicana. Almaguer *et al.* (2011) no encontraron diferencias en la calidad de lima persa al aplicar urea 5%, fertilizante foliar 2%, poda o despunte de ramas productivas para provocar el desfase de la producción en Veracruz, México.

Por tal motivo, se consideró importante evaluar el efecto y combinaciones de las épocas de aplicación de las prácticas de poda, anillado y sustancias químicas en la producción y calidad final del fruto en limón 'Persa' para invierno.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en Ticumán, Tlaltizapán, Morelos en un huerto de lima ‘Persa’ de 4.5 años de edad, de clima es Aw0 cálido seco, a 1 000 m de altura sobre el nivel del mar, con una precipitación de 800 mm y temperatura media anual de 24 °C y suelo Feozem calcárico.

Desarrollo experimental

Durante los meses de febrero a abril se evaluaron los tratamientos y épocas de aplicación siguientes: 1) testigo (sin aplicación de prácticas y sustancias químicas); 2) poda en agosto; 3) poda y anillado en septiembre; 4) poda, urea a 6% y anillado en septiembre; 5) poda aplicación de Biofol® y anillado en septiembre; 6) poda en septiembre; 7) poda y anillado en octubre; 8) poda y anillado en agosto y 9) poda, urea a 6% y anillado en octubre.

En los árboles que se realizó la poda, ésta se realizó eliminando 30 cm de la copa del árbol, para realizar el anillado y aplicación de sustancias químicas. El anillado se realizó con una mini segueta para arco de 152 mm y por encima de la zona del injerto, en dos o tres ramas principales, posteriormente, se selló el corte con pintura acrílica en aerosol. La urea a 6% y el Biofol® a 3 L ha⁻¹ se asperjaron en el follaje, en ambos casos se usó el adherente Inex -A® en dosis de 2 ml por litro de agua.

Manejo agronómico

En la huerta de limón ‘Persa’ se aplicó la fertilización química de 180- 40-75 (N-P-K) y 20 kg de lombricomposta por árbol, al follaje se aplicó Poliquel multi a la dosis de 3 L ha⁻¹. También, se realizaron aplicaciones de Imidacloprid + cyfluthrin (300 ml ha⁻¹), thiametoxam + citrolina (200 ml ha⁻¹) y aceite mineral (2 L ha⁻¹) para el control de insectos plaga como minador de la hoja (*Phyllosnictis citrella* Stainton), pulgones (*Aphis gossypii* y *A. spiraecola*) y diaforina (*Diaphorina citri* Kuwayama). La presencia de gomosis (*Phytophthora* sp.) se controló con phosetyl aluminio (500 g) en 200 L⁻¹ de agua. En el riego se utilizó un sistema de microaspersión, con un gasto de 100 a 120 L d⁻¹.

Variables evaluadas

El efecto de los tratamientos en los árboles de lima ‘Persa’ se determinó a la altura del árbol a 3 m y de 3 m de diámetro de copa, así como el número de flores y frutos cuajados en una rama seleccionada de 75 cm de longitud y 1.6 m de altura desde el nivel del suelo en cada punto cardinal del árbol, estas evaluaciones se realizaron cada quince días, después de la aplicación de los tratamientos, durante el periodo de octubre a diciembre de 2011. El número de brotes se determinó en cuatro ramas por árbol, el cual se obtuvo durante el periodo de septiembre a noviembre de 2011.

La concentración de clorofila se determinó con un SPAD 502 (Minolta®, Japan), así como, los azúcares totales en hojas maduras, se obtuvieron con el método colorimétrico (Witham *et al.*, 1971). El contenido de proteína total se determinó en las hojas mediante el método colorimétrico, para este se usó el negro amido como fuente de tinción (Höfner *et al.*, 1989). De cada unidad

experimental se obtuvieron 12 muestras de hojas de 3.14 cm², las cuales se secaron en estufa por 48 h a 50 °C y se pesaron en una balanza analítica (Scientech[®], USA), con los datos generados se calculó el peso específico, que se obtuvo al dividir el peso seco (mg) entre el área foliar (cm²) (Reyes *et al.*, 1999).

El rendimiento de frutos por árbol se determinó de las cosechas realizadas durante enero y abril. El cual se obtuvo del peso total de la producción de cada árbol en una báscula mecánica con capacidad de 10 kg y sensibilidad de 0.025 kg. Los cuales fueron determinados en kilogramos por hectárea (kg ha⁻¹).

El contenido de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn se determinó de las muestras de brotes terminales con flores, para esto se colectó un brote al azar de cada punto cardinal de un árbol por tratamiento, se determinó de tres repeticiones. Éstos fueron trasladados al laboratorio, donde se lavaron con agua destilada y se eliminó el exceso de agua con sanitas[®] posteriormente, se colocaron en bolsas de papel de estraza y secadas en una estufa de ventilación mecánica a 70 °C por tres días. Para la determinación de N se empleó el método de Semimicro-Kjeldahl, mientras que las concentraciones de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn fueron obtenidas mediante digestión húmeda del material seco con una mezcla de ácidos perclórico y nítrico. La lectura de extractos se determinó por espectroscopía de emisión atómica e inducción de plasma acoplado ICP-AES Varian[™] modelo Liberty II (Gómez *et al.*, 2011a y 2011b).

A una muestra de seis frutos cosechados de cada tratamiento se determinó la masa del fruto con una balanza digital (OHAUS[®], USA), los diámetros polar y ecuatorial del fruto con un vernier digital (Mitutoyo[®], Japón). Los componentes de color luminosidad (L*), cromaticidad (C*) y matiz (h) se determinaron con un espectrofotómetro portátil (X-rite[®], Mod. 3290, USA) (McGuire, 1992).

A cada fruto se extrajo el jugo, se pesó por separado al igual que la cáscara, para determinar el porcentaje de jugo. La acidez titulable se determinó en alícuotas de 5 mL del jugo, mediante la ecuación propuesta por Ladaniya (2008), esta es la siguiente:

$$\text{Acidez titulable} \\ (\% \text{ ácido cítrico}) = \frac{(\text{mL de NaOH gastado}) \times (\text{N de NaOH}) \times (\text{volumen final}) \times (\text{Meq ácido cítrico } 64) \times 100}{(\text{volumen total de titulación}) \times (\text{volumen de jugo}) \times 1000}$$

Los sólidos solubles totales se determinaron al colocar entre una y tres gotas del jugo en un refractómetro (PAL-1, Atago[®], Japón), expresando los valores en °Brix. Con los valores de sólidos solubles totales y acidez titulable se determinó la relación de ambas variables que indica la dulzura o acidez del fruto (Ladaniya, 2008).

Análisis estadístico

Los resultados en cada variable se analizaron mediante análisis de varianza y se aplicaron pruebas de separación de medias mediante la prueba de DMS con una probabilidad de 5%, utilizando el programa SAS V9.2 (Castillo, 2011).

Resultados y discusión

Formación de las plantas, brotes y flores de lima ‘Persa’

La poda en los árboles de lima persa fue muy importante para la producción, ya que se mantuvieron a 3 m en todos los árboles, a excepción de los árboles testigo, donde la altura se mantuvo en 4.1 m (Cuadro 1). Curti *et al.* (2012) al evaluar el comportamiento de lima ‘Persa’ en cuatro portainjertos (Carrizo, Rugoso, Swingle y Volkameriana) cuantificaron una altura promedio entre 2.6 y 3.4 m; sin embargo, con el portainjerto Volkameriana alcanzaron una altura promedio de 2.8 m, que es inferior a lo obtenido en el presente trabajo.

El diámetro de la copa fue entre 3 y 4 m, donde el testigo presentó el mayor diámetro (Cuadro 1). Otros autores indican que el diámetro de la copa de lima persa en diferentes portainjertos es entre 4 y 4.5 m, en árboles de 11 años de edad, en particular en el portainjerto Volkameriana se alcanzó 4.5 m (Curti *et al.*, 2012). Stenzel y Neves (2004), indican un diámetro de copa de 6.6 m con el portainjerto Volkameriana. Las diferencias evaluadas se atribuyen a las características del suelo donde se desarrollan. En este experimento, los árboles con poda, anillado, aplicación de urea y Biofol® en septiembre y octubre mostraron la menor altura y diámetro de copa, comparados con los árboles sin poda o la poda realizada en agosto (Cuadro 1). Se observa que, el desarrollo de la altura y copa del árbol fue superior a lo reportado por Curti *et al.* (2012).

Cuadro 1. Características morfológicas de árboles de lima ‘Persa’ en invierno.

Tratamiento	Altura (m)	Diámetro (m)	Brotes por rama (núm.)	Flores totales (núm.)
Testigo	4.1 a ^z	4 a	0 c	13 bc
Poda en agosto	3 b	3.3 ab	1.6 b	7 c
P + anillado en septiembre	3 b	3 c	1.4 b	10 c
P + U + A en septiembre	3 b	3 c	3.4 a	38 a
P + B + A en septiembre	3 b	3 c	2.2 b	28 ab
P en septiembre	3 b	3 c	1.9 b	14 bc
P + A en octubre	3 b	3 c	1.3 b	14 bc
P + A en agosto	3 b	3 c	2.4 ab	7 c
P + U + A en octubre	3 b	3 c	2.3 b	9 c
DMS	0.1	0.2	1.1	15.5
CV	2.1	4.5	34.9	17
Significancia	***	***	***	*

^z= Promedios con letras diferentes en el sentido de las columnas indican diferencias estadísticas significativas de acuerdo con la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS 0.05); CV= coeficiente de variación; DMS= significativo a <0.05, <0.01, <0.0001 (*, **, ***); P= poda; U= urea; A= anillado; B= Biofol®.

Hay diferencias significativas entre tratamientos para el número de brotes. Se aprecia en los árboles de lima ‘Persa’ con poda + urea (6%) + anillado en septiembre emitieron en promedio más de tres brotes por rama, mientras que los árboles testigo (sin poda) la emisión de brotes fue escasa, el resto de los tratamientos produjo entre uno y dos brotes (Cuadro 1).

La poda en cítricos se realiza para optimizar el tamaño de los árboles, facilitar su manejo, incrementar la producción y extender la vida productiva de las plantaciones (Amorós, 1989). En la poda se debe considerar el balance de carbohidratos y nitrógeno para su realización, ya que estimula el desarrollo de brotes y ocurren en mayor proporción al tener pocos carbohidratos por efecto de la poda y a la vez se realizan aplicaciones de nitrógeno (Medina *et al.*, 2004). Hubo un mayor número de brotes en los tratamientos con aplicación de urea al 6%, esto se puede deber a las relaciones mencionadas.

En árboles con poda + urea + anillado y poda + Biofol[®] + anillado en septiembre se cuantificaron 38 y 28 flores, respectivamente, que presentaron entre 80 y 50% más flores con respecto a los otros tratamientos (Cuadro 1). Se ha reportado que, la aplicación de urea + poda ligera en árboles de lima mexicana y lima 'Persa' favorece significativamente a la formación de flores, mientras que la aplicación de urea y Biofol[®] favorece a mayor producción de flores durante el invierno (Ariza *et al.*, 2004; Almaguer *et al.*, 2011). El incremento en la floración se debe a la conversión de la urea en amonio, la cual reduce el crecimiento por la síntesis de etileno e induce la floración (Lovatt *et al.*, 1988).

Efectos en clorofila, azúcares totales y peso específico de las hojas

No se determinó efecto de los diferentes tratamientos en la concentración relativa de clorofilas (unidades SPAD) y la concentración de azúcares totales en las hojas (Cuadro 2).

Se detectaron diferencias significativas en el peso específico de las hojas por efecto de los tratamientos. Los árboles de lima 'Persa' donde se realizó la poda + urea (6%) + anillado en septiembre y poda + urea + anillado en octubre se obtuvieron los valores más altos de 7 y 7.5 mg cm⁻² (Cuadro 2). El peso específico, es una forma indirecta de estimar la fotosíntesis (Secor *et al.*, 1982), indicando mayor acumulación de carbohidratos por área foliar con los valores altos, por lo que pueden explicar algunas relaciones fisiológicas de los cítricos en el proceso de la fotosíntesis e incrementa el amarre de frutos al bloquear el flujo por el floema (Reyes *et al.*, 1999; Iglesias *et al.*, 2006), el anillado disminuye la fotosíntesis en los brotes vegetativos en desarrollo pero estimula a la formación de brotes de fructificación (Rivas *et al.*, 2007).

Los resultados obtenidos indican que, la aplicación de urea y el anillado favorecen a un mayor peso específico de las hojas de lima 'Persa'; con el anillado se promueve la acumulación de carbohidratos en el dosel y proporciona una rica fuente de energía para la floración, cuajado, desarrollo y maduración del fruto (Goren *et al.*, 2004). Esto se confirma a una concentración de 54 mg g⁻¹ de azúcares totales en hojas de los árboles con poda + urea + anillado en septiembre, con respecto al resto de los tratamientos (Cuadro 2).

El contenido de proteína en hojas de los árboles de lima 'Persa', en los cuales se realizó poda + urea + anillado en septiembre y poda + urea + anillado en octubre tuvieron concentraciones de 3.3 y 2.8 mg g⁻¹ de peso fresco, el resto de los tratamientos mostraron concentraciones entre 1.9 y 2.4 mg g⁻¹ de peso fresco. Se aprecia que, los árboles testigo tuvieron la menor concentración con 1.8 mg g⁻¹ de peso fresco (Cuadro 2). El contenido de nitrógeno alto en las hojas implica una mayor tasa de fotosíntesis (Calderón *et al.*, 1997) y en consecuencia mayor concentración de carbohidratos; por lo tanto, una concentración adecuada de nitrógeno y carbohidratos favorece un crecimiento moderado y alta fructificación en lima mexicana (Medina *et al.*, 2004).

Cuadro 2. Análisis físico, bioquímico y rendimiento de árboles de lima ‘Persa’.

Tratamiento	Clorofilas (unidades SPAD)	Peso específico (mg cm ⁻²)	Azúcares totales (mg g ⁻¹ de peso fresco ⁻¹)	Proteína total (mg g ⁻¹ de peso fresco ⁻¹)	Rendimiento por árbol (kg árbol ⁻¹)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Testigo	56.8	6.3 b-d	44.9	1.8 c	24.6 c	8.8 c
Poda en agosto	53.7	5.6 d	33.5	1.9 bc	9.2 d	3.3 d
P + A en septiembre	54.1	6 cd	46.4	2.1 bc	9.5 d	3.4 d
P + U + A en S	59.9	7.5 a	54.4	3.3 a	57.1 a	20.3 a
P + B + A en S	56.5	5.8 cd	45.7	2.3 bc	40.1 b	14.4 b
P en septiembre	55.3	6.7 a-c	34.5	1.9 c	10.1 d	3.6 d
P + A en octubre	57.9	6 b-d	41.5	2.3 bc	9.7 d	3.5 d
P + A en agosto	59.3	6.2 b-d	26.5	2.4 bc	14.5 cd	5.1 cd
P + U + A en octubre	57.2	7 ab	43.5	2.8 ab	9.1 d	3.3 d
DMS	7.1	1	20.2	0.9	10.4	3.7
CV	7.6	9.2	28.6	21.2	29.7	29.7
Significancia	ns	*	ns	**	***	***

^z= promedios con letras diferentes en el sentido de las columnas indican diferencias estadísticas significativas de acuerdo a la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS 0.05). CV= coeficiente de variación. DMS= significativo a <0.05, <0.01, <0.0001 (*, **, ***); ns= no significativo; P= poda; U= urea; A= anillado; S= septiembre.

Rendimiento

Con respecto al rendimiento se demostró diferencias altamente significativas entre tratamientos. Los rendimientos de frutos por árbol fueron de 57.1 y 40.1 kg en los árboles de lima ‘Persa’ con poda + urea + anillado en septiembre y con poda + Biofol[®] + anillado en septiembre, respectivamente, en el resto de los tratamientos fueron entre 9.1 y 24.4 kg árbol⁻¹ (Cuadro 2). El rendimiento por hectárea mostró el mismo comportamiento, obteniendo entre 20.3 y 14.4 t ha⁻¹, para los árboles de lima ‘Persa’ con poda + urea + anillado en septiembre y con poda + Biofol[®] + anillado en septiembre (Cuadro 2), respectivamente.

En México, el rendimiento promedio nacional es de 14 t ha⁻¹, aunque en algunos estados como Yucatán y Colima indican rendimientos superiores a 20 t ha⁻¹, en este estudio se obtuvieron solo rendimientos similares con la cosecha de enero a abril. Con el anillado y poda se incrementó la producción de lima mexicana (Ariza *et al.*, 2004) y la aplicación de bioestimulantes se induce a la floración y producción de lima mexicana (Ariza *et al.*, 2015). En general, la realización de estas actividades en agosto no tiene efecto benéfico.

Análisis de nutrimentos en brotes

El análisis de nutrimentos en los brotes reproductivos de cada tratamientos evaluados, se presentan en los árboles con poda + urea + anillado un mayor contenido de N y P, éstos no fueron significativamente diferentes los árboles con poda y del testigo (Cuadro 3a); el N (amonio) favorece incrementar la floración, en general altera la brotación y hojas cuando se aplica en

invierno (Lovatt *et al.*, 1988; Menino *et al.*, 2003), por lo que puede estar relacionada su acumulación. También, no se localizaron diferencias en el contenido de K y Ca. Para el contenido de Mg fue alto en árboles con poda + urea + anillado en septiembre (Cuadro 3a).

En micronutrientos de Cu, Fe y Zn evidencian valores altos en los árboles con poda + urea + anillado y se encontraron diferencias significativas para Zn (Cuadro 3b). El mayor contenido de Mg y Zn en los árboles se presentó con prácticas culturales (poda, anillado) y aplicación de urea, que al parecer están asociados con el metabolismo de las clorofilas y carbohidratos en hojas (Lavon *et al.*, 1995; Patil, 2013), aunque los mecanismos no son aun conocidos.

Cuadro 3a. Contenido de macronutrientos en brotes de lima ‘Persa’.

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Testigo	1.7	0.13	0.66	2.6	0.2 b
P + U + A en septiembre	1.78	0.16	0.61	2.35	0.26 a
P en septiembre	1.69	0.13	0.6	2.76	0.18 b
DMS	0.32	0.14	0.39	1.35	0.2
CV	9.53	15.85	31.18	26.3	6.4
Significancia	ns	ns	ns	ns	**

^z= promedios con letras diferentes en el sentido de las columnas indican diferencias estadísticas significativas de acuerdo a la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS 0.05); CV= coeficiente de variación; DMS= significativo a <0.05, <0.01, <0.0001 (*, **, ***) ns= no significativo; P= poda; U= urea; A= anillado.

Cuadro 3b. Contenido de micronutrientos en brotes de lima ‘Persa’.

Tratamiento	Cu (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
Testigo	30.4	54.9	3580	22.7 b
P + urea (U) + A en septiembre	93.8	116.2	4218	94.96 a
P en septiembre	73.1	75.35	3512	88.46 a
DMS ^z	54.58	67.61	1563	48.8
CV	41.52	41.17	20.7	21.2
Significancia	ns	ns	ns	**

^z= promedios con letras diferentes en el sentido de las columnas indican diferencias estadísticas significativas de acuerdo a la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS 0.05); CV= coeficiente de variación; ns= significativo a <0.05, <0.01, <0.0001 (*, **, ***) ns= no significativo; P= poda; U= urea; A= anillado.

Calidad física y bioquímica de los frutos

Los frutos de lima ‘Persa’ mostraron un peso de entre 77.7 y 125.7 g (Cuadro 4) también, se presentan diferencias altamente significativas entre tratamientos. De Souza *et al.* (2003), reportan masa promedio de frutos entre 64 y 82 g, mientras que Stuchi *et al.* (2009) entre 81.3 y 96.7 g. Por lo que, los frutos evaluados del presente estudio mostraron un peso promedio mayor a 97 g, solo los frutos de los árboles con poda + urea + anillado en octubre mostraron un peso menor a

80 g (Cuadro 4). La mayor masa de los frutos se asocia a un mayor tiempo adheridos en el árbol, ya que se observa un gradiente de incremento en masa al realizar las prácticas de los tratamientos en agosto, septiembre y octubre (Cuadro 4).

No se detectaron diferencias significativas en el diámetro polar, pero si expresan diferencias altamente significativas entre tratamientos para el diámetro ecuatorial (Cuadro 4), el cual mostró valores de entre 50.5 y 59.8 mm, que se clasifican como calibre 230 (Curti *et al.*, 2012). No se detectaron diferencias por efecto de los tratamientos evaluados en el contenido de jugo que fueron entre 50.5 y 59.8% (Cuadro 4); por lo tanto, la cosecha de lima ‘Persa’ se recomienda hacer con 45% o más de jugo (Alfía *et al.*, 2011b; Ladaniya, 2008).

En acidez titulable del jugo de los frutos se detectaron diferencias significativas, por lo que presentaron menor acidez de los árboles testigo con 5.9%; mientras tanto, los frutos de los árboles con poda + urea + anillado en octubre presentaron la mayor acidez titulable de 6.9% (Cuadro 4). En diversos estudios se reportan valores entre 5.7 y 6.4% (Stuchi *et al.*, 2003) y de 5.25 y 6.98% (Lye *et al.*, 2003) de acidez titulable. Los resultados sugieren que a pesar de que algún tratamiento afecto la acidez titulable, los valores son similares a los reportados en lima ‘Persa’ por otros autores.

Los sólidos solubles totales, la relación SST/AT y los componentes de color no fueron afectados por los tratamientos evaluados (Cuadro 4). Sin embargo, los sólidos solubles estuvieron en concentraciones entre 7.6 y 8.7 °Brix, los cuales están dentro de valores reportados por otros investigadores de entre 7.3 y 8.9 °Brix (Stuchi *et al.*, 2003; Lye *et al.*, 2003; Stuchi *et al.*, 2009). La relación SST/AT presentó valores entre 1.1 y 1.3, que son similares a los reportados por Stuchi *et al.* (2003).

Cuadro 4. Calidad de frutos de lima ‘Persa’ con prácticas culturales y bioestimulantes.

Tratamiento	Masa del fruto (g) ^z	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Jugo (%)	Acidez titulable (%)
Testigo	109.4 ab	68.2	55.9 b	50.9	5.9 c
P en agosto	111.8 ab	68.3	56.6 ab	50.1	6.3 bc
P + A en septiembre	110.8 ab	68.5	56 b	46.9	6.3 bc
P + U + A en septiembre	107.7 ab	74	56 b	50.5	6 bc
P + B + A en septiembre	110.5 ab	67.7	56.3 b	51.3	6 c
P en septiembre	97.8 b	65.5	53.9 b	53.3	6.1 bc
P + A en octubre	99.5 b	64.9	54.6 b	48.7	6.5 b
P + A en agosto	125.7 a	74.9	59.8 a	50.1	6 bc
P + U + A en octubre	77.7 c	59.2	50.5 c	46.8	6.9 a
DMS ^z	105.6	7.9	3.2	6.1	0.4
CV	19.5	6.9	3.4	7.1	4
Significancia	**	ns	**	ns	**

^z= promedios con letras diferentes en el sentido de las columnas indican diferencias estadísticas significativas de acuerdo a la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS 0.05); CV= coeficiente de variación; DMS= significativo a <0.05, <0.01, <0.0001 (*, **, ***); ns= no significativo.

Cuadro 4. Calidad de frutos de lima ‘Persa’ con prácticas culturales y bioestimulantes (continuación).

Tratamiento	Sólidos soluble totales (°Bx)	Relación SST/AT	L*	C*	h
Testigo	7.6	1.2	52.9	42	106.7
Poda (P) en agosto	7.6	1.2	53.1	42.7	106.6
P + Anillado (A) en septiembre	7.6	1.2	54.5	41.2	104.2
P + urea (U) + A en septiembre	8.1	1.3	54	41.6	106
P + Biofol® + A en septiembre	7.8	1.3	52	39.5	106.6
P en septiembre	7.7	1.2	55.8	41.7	103.2
P + A en octubre	7.6	1.1	51.5	40.2	107.8
P + A en agosto	6.7	1.1	54.5	44.7	106.2
P + U + A en octubre	8.7	1.2	51.6	40.8	106.2
DMS	1	0.16	5.5	5.5	2.4
CV	8.1	7.5	7.7	7.7	1.3
Significancia	ns	ns	ns	ns	ns

ns= no fueron significativos estadísticamente, para los resultados con los valores obtenidos.

Los componentes del color (Cuadro 4) indicaron que, los frutos de lima ‘Persa’ fueron de color tendiente al verde (h= entre 103.2 y 106.7), puro (C* = entre 39.5 y 44.7) y medianamente brillante (L* = entre 51.5 y 55.8); estos valores son menores a los reportados por Lye *et al.* (2003) en frutos de lima ‘Persa’ en Brasil, ya que el color verde indica que fue más opaco (h= 120 y C* = 31.5).

Conclusiones

La realización de la poda, aplicación de urea y anillado en septiembre promueve la brotación de flores y cuajado de frutos en lima ‘Persa’, lo cual favorece la producción en invierno bajo las condiciones ambientales y de suelo del estado Morelos; así como, en la acumulación de N, P, Mg y Zn. La poda, aplicación de urea y anillado favorece en la calidad de la fruta de lima ‘Persa’ producida en invierno.

Literatura citada

- Alía, T. I.; Lugo, A. A.; Ariza F. R.; Valdez, A. L. A.; López, M. V. y Pacheco, H. P. 2011 a. Manual de tecnología de producción en limón ‘Persa’ y naranja ‘Valencia’ en el estado de Morelos. Folleto técnico núm. 57. INIFAP- SAGARPA. 82 p.
- Alía, T. I.; Arios, C. L.; Lugo, A. A. y Ariza, F. R. 2011. Índice de cosecha en limón ‘Persa’ y naranja ‘Valencia’ en Morelos: I. Fenología e índice de cosecha en limón ‘Persa’. Folleto técnico núm. 56. INIFAP-SAGARPA. 38 p.
- Almaguer, G. A.; Espinoza, J. R. y Quiroz, G. J. L. 2011. Desfasamiento de cosecha de limón persa. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 17(3):197-205.
- Amoros, M. 1989. La poda y el injerto. *In*: Agrios. Dilagro, España. <http://es.geocities.com>.
- Ariza, F. R.; Cruzaley, S. R.; Vázquez, G. E.; Barrios, A. A. y Alarcón, C. N. 2004. Efecto de las labores culturales en la producción y calidad del limón mexicano de invernadero. Rev. Fitotec. Mex. 27 (núm. especial 1):73-76.

- Ariza, F. R.; Barrios, A. A.; Herrera, G. M.; Barbosa, M. F.; Michel, A. A. C.; Otero, S. M. A. y Alia, T. I. 2015. Fitohormonas y bioestimulantes para floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(7):1653-1666.
- Castellanos, J. 2009. El limón Persa o Lima de Tahití. Educación agrícola, La agronomía alimenta al mundo. La información rd.net.
- Castillo, M. L. E. 2011. Introducción al SAS® para Windows. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 295 p.
- Calderón, Z. G.; Rodríguez, A. J.; Becerril, R. A. E.; Livera, M. M. y Colinas, M. T. 1997. Fertilización foliar nitrogenada en la fotosíntesis y el desarrollo del durazno en producción forzada. *Agrociencia* 31(3):291-296.
- Contreras, M. E.; Almaguer, V. G.; Espinoza, E. J. R.; Maldonado, T. R. y Álvarez, S. E. 2008. Distribución radical de árboles de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 14:223-234.
- Curtí, D. S. A. 1996. El despunte de brotes y el desarrollo de limón Persa. *Agrociencia.* 30(3):405-409.
- Curtí, D. S. A.; Loredó, S. U. X.; Díaz, Z. J. A.; Sandoval, R. y Hernández, H. J. 2000. Tecnología para producir limón persa. INIFAP-SAGARPA. 145 p.
- Curtí, D. S. A.; Hernández, G. C. H. y Loredó, S. R. X. 2012. Productividad del limón ‘Persa’ injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 18(3):291-305.
- De Souza, M. J. H.; Ramos, M. M.; de Siqueira, D. L.; Costa, L. C.; Lhamas, A. J. M.; Mantovani, E. C.; Cecon, P. R. e Salomão, L. C. C. 2003. Produção e qualida de dos frutos da limeira ácida ‘Tahiti’ submetida a diferentes porcentagens de área molhada. *Rev. Bras. Engenharia Agríc. Amb.* 7(2):245-250.
- Erner, Y. 1986. Girdling effect on yield over four years of citrus fruit. *Hort Sci.* 21(2):127-130.
- Gómez, M. F. C.; Trejo L. I.; Velásquez, M. de los A. L.; García, H. J. C. y Ruiz, B. A. A. 2011 b. Micronutrientes en petunias crecidas con distintas proporciones de compostas en sustrato. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp.* 3:415-430.
- Goren R.; Huberman, M. and Goldschmidt, E. E. 2004. Girdling: physiological and horticultural aspects. *Hortic. Rev.* 30(1):1-36.
- Höfner, R.; Vazquez, M. L.; Abou, M. A. A; Bohnert H. J. and Schmitt, J. M. 1989. Two isoforms of phosphoenolpiruvate carboxylase in the facultative CAM plant *Mesembry anthemum crystallinum*. *Plant Physiol. Biochem.* 27(10):803-810.
- Iglesias, D. J.; Cercós, M.; Colmenero, F. J. M.; Naranjo, M. A.; Ríos, G.; Carrera, E.; Ruiz, R. O.; Llizo, R. I.; Morillon, F.; Tado, R. and Talon, M. 2007. Physiology of citrus fruiting. *Braz. J. Plant Physiol.* 19(4):1-29.
- Ladaniya, M. S. 2008. Citrus fruits, biology, technology and evaluation. Elsevier-Academic Press. USA. 558 p.
- Lavon, R.; Goldschmidt, E. E.; Salomon, R. and Frank. A. 1995. Effect of potassium, magnesium and calcium deficiencies on carbohydrate pools and metabolism in citrus leaves. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 120(1):54-58.
- Lovatt, C.; Zheng, K. and Hake. Y. 1988. Demonstration of a change in nitrogen metabolism influencing flower initiation in citrus”. *Israel J. Bot.* 37(2-4):181-188.
- Lugo, A. A.; Ariza, F. R.; Alia, T. I.; Ambriz, C. R. y López, M. V. 2009. Manejo agronómico para la producción de limón persa en el estado de Morelos. INIFAP-SAGARPA. Folleto para productor núm. 48. 27 p.

- Lye, J. M. L.; Kluge, R. A. and Jacomino, A. P. 2003. Cold storage of 'Tahiti' lime treated with 1-methylcyclopropene. *Sci. Agríc.* 60(4):785-788.
- Medina-Urrutia, V. M.; Robles, G. M. y Orozco, R. J. 2004. Poda de los cítricos; su aplicación en limón Mexicano *Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle. INIFAP Campo Experimental Tecmán. Folleto técnico núm. 2. 80 p.
- McGuire, G. R. 1992. Reporting of objective color measurement. *Hort Sci.* 27(2):1254-1255.
- Órnelas R. F.; Ambriz, C. R. y Bustamante, O. J. D. 1990. Delimitación y definición de Agrohabitats del estado de Morelos. SARH-INIFAP-CIFAP Morelos-CEZACA. Folleto técnico núm. 8. 20 p.
- Patil, V. 2013. Assesment of chemical and biochemical indices for diagnosis Zn deficiency and soil associated factors of citrus (*Citrus sinensis* L. Osbeck) nutrition. *Acta Hortic.* 984(1):297-305.
- Puente, G. A. 2002. La competitividad de la cadena productiva del limón mexicano. *Claridades Agrop.* 104(1):3-33.
- Reyes, M. I.; Villegas, M. Á.; Colinas, L. G. M. T. y Calderón, Z. 1999. Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranja y tangerino. *Agrociencia.* 34(1):49-55.
- Rivas F.; Gravina, A. and Agusti. M. 2007. Girdling effects on fruit set and quantum yield efficiency of PSII in two citrus cultivars. *Tree Physiol.* 27:527-535.
- Ruiz, S. F.; Criztina L. I. e Roberto C. de C. P. 2001. Efeito do ácido giberélico (AG3) nafloracáo e producao da lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.). *Rev. Bras. Frutic.* 23(3):504-509.
- SIAP. 2013. Sistema de Información Agropecuaria. Producción agrícola nacional por entidad federativa. SAGARPA. México. 130 p.
- Secor, J. M. C.; Carty, D. R.; Shibbes, R. and Green, D. E. 1982. Variability and selection for leaf photosynthesis in advanced generation of soybean. *Crop Sci.* 22(2):255-258.
- Stuchi, S. E.; Martins, A. B. G.; Lemo, R. R. and Canturias, A. T. 2009. Fruit quality of 'Tahiti lime' (*Citrus latifolia* Tanaka) grafted on twelve different rootstocks. *Rev. Bras. Frutic.* 31:(2)454-460.
- Stuchi, S. E.; Donadio, L. C. and Sempionato, O. R. 2003. Performance of Tahiti lime on *Poncirus trifoliata* var. *Monstrosa Flying Dragon* in fourden sites. *Fruits.* 58(1):13-17.
- Zaragoza, A. S. y Alonso C. E. 1981. La frecuencia de la poda manual de los agrios. Primeros resultados. *An. INBIA/Ser. Agric.* 15(2):133-142.