

Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno*

Phytohormones and bio-stimulants to flowering, production and quality of Mexican lime in winter

Rafael Ariza Flores^{1§}, Aristeo Barrios Ayala¹, Mariano Herrera García¹, Finlandia Barbosa Moreno², Alejandro Michel Aceves³, Marco A. Otero Sánchez³ e Irán Alia Tejacal⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Iguala-Tuxpan, km 2.5, C. P. 40000. Iguala de la Independencia, Guerrero. (barrios.aristeo@inifap.gob.mx; herreragarciam@gmail.com). ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Melchor Ocampo no. 7, C. P. 68200. Santo Domingo Barrio Bajo, Etla, Oaxaca, México. (barbosa.finlandia@inifap.gob.mx). ³Colegio Superior Agropecuario. Av. Vicente Guerrero no. 81, Col. Centro, C. P. 40000. Iguala de la Independencia, Guerrero. (amichelaceves@yahoo.com.mx; motero_sanchez@yahoo.com.mx). ⁴Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad No. 1001, Col. Chamilpa, C. P. 62209. Cuernavaca, Morelos. (ljac96@yahoo.com.mx). [§]Autor para correspondencia: ariza.rafael@inifap.gob.mx.

Resumen

La producción de lima mexicana *Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle, es baja durante los meses de diciembre a abril y ocasionan mayor demanda y alta rentabilidad del cultivo. El estudio consistió en inducir la floración mediante la aplicación de fitohormonas y bioestimulantes para obtener producción y calidad de lima mexicana en invierno. Los efectos en la inducción a floración ocurrieron a los 30 días después de la aplicación de urea realizada en agosto, mientras tanto presentaron floración a los 45 días con biofol, ácido glutámico, urea y testigo absoluto e inducidas octubre, noviembre y la primera quincena de diciembre en árboles, mientras que fue ligeramente moderada con ácido giberélico y baja en el testigo intacto (sin aplicación). Los rendimientos de la producción fueron de 9 763 kg ha⁻¹ con biofol, decayeron a 80, 70 y 65% con ácido glutámico, testigo absoluto y urea, mismo que fueron moderadamente bajos con ácido giberélico, ácido naftalénacetico, paclobutrazol y thidiazuron y muy bajos con ácido 2-cloroetilfosfónico y el testigo intacto. Los frutos adquirieron una mayor calidad en peso, diámetro, índice de color, porcentaje de jugo, acidez titulable, firmeza e índice de madurez con el biofol, ácido glutámico y urea. El biofol, ácido glutámico y urea como bioestimulantes

Abstract

Mexican lime production *Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle is low during the months of December to April and cause an increased demand and high profitability of the crop. The study consisted to induce flowering through the application of plant hormones and bio-stimulants to obtain production and quality of Mexican lime in winter. The effects in inducing flowering occurred 30 days after the application of urea was made in August, meanwhile presented flowering at 45 days with Biofol, glutamic acid, urea and control and induced October, November and the first half of December in trees, while it was slightly moderate with gibberellic acid and low in the control (without application). Production yields were 9 763 kg ha⁻¹ with Biofol, declining to 80, 70 and 65% with glutamic acid, control and urea, same that were moderately lower with gibberellic acid, naphthalene acetic acid, paclobutrazol and thidiazuron and very low with 2-chloroethylphosphonic acid and control intact. The fruits acquired a higher quality in weight, diameter, color index, percentage of juice, titratable acidity, firmness and maturity index with Biofol, glutamic acid and urea. Biofol, glutamic acid and urea as bio-stimulants timely induce flowering and fruiting of Mexican lime in winter, favoring fruit quality and sustainability of the crop.

* Recibido: marzo de 2015
Aceptado: julio de 2015

inducen oportunamente la floración y fructificación en lima mexicana de invierno y favorecen en la calidad de los frutos y sustentabilidad del cultivo.

Palabras clave: *Citrus aurantifolia*, bioestimulantes, calidad de los frutos, fitohormonas, inducción de floración, lima mexicana, producción de invierno.

Introducción

La lima mexicana *Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle, está considerado botánicamente como una lima ácida, originaria del noreste de la India, que se desarrolla en los climas tropicales y subtropicales (Robles, 1998). Dentro de los principales países productores está México en primer lugar de producción. Su producción está limitada por diversos factores, entre los que destaca la estacionalidad del cultivo, concentrada en los meses de junio a septiembre, lo cual ocasiona una disminución de los precios en los mercados nacional e internacional. La producción es escasa y de baja calidad durante los meses de diciembre a abril, cuando se alcanzan los precios más altos (SIAP, 2013) y mayor rentabilidad del cultivo (Ariza *et al.*, 2004).

El periodo de floración ocurre de manera natural en los meses de marzo a junio y la cosecha de los frutos es a los 105 días (Ariza *et al.*, 2004). El crecimiento vegetativo y los frutos de los cítricos adheridos en el árbol inhiben al proceso de diferenciación floral y fructificación por el exceso de giberelinas (García *et al.*, 1986) y aplicación exógena de ácido giberélico (Carlson y Croveti, 1990). La floración fue estimulada por el estrés hídrico en lima Tahiti (Chaikiattiyos *et al.*, 1994), que se puede ocurrir con uno a dos meses de sequía o un déficit de 50-60 mm de lluvia (Baradas, 1994). Ariza *et al.* (2004) indujeron la floración e incrementaron la producción en lima mexicana de invierno con anillado, estrés hídrico, podas y raleo manual de los frutos. Los productos como son la urea aplicada en lima Tahiti (Ambriz *et al.*, 2013), manzana (Díaz, 1994), el thidiazuron en ciruelo (Campos, 1997) provocó defoliación y aperturas de yemas; así como, el etileno estimuló la floración en piña (Kar y Gupta, 1991) y manzana (Bukovac *et al.*, 2006). También, el paclobutrazol se aplicó en lima ácida en la India y no promovió la floración y producción (Tamilsevi y Baskaran, 2014).

La calidad de los frutos incluye atributos como el tamaño y la cantidad de jugo (Shewfelt, 1999), exentos de daños mecánicos y los causados por patógenos; de igual manera,

Key words: *Citrus aurantifolia*, bio-stimulants, flowering induction, fruit quality, Mexican lime, plant hormones, winter production.

Introduction

Mexican Lime *Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle, is considered botanically as an acid lime, from northeastern India, growing in tropical and subtropical climates (Robles, 1998). Among the major producing countries Mexico has the first place in production. Its production is limited by several factors, among which highlights crop seasonality, concentrated in the months of June to September, causing a decrease in prices in the domestic and international markets. The production is scarce and of poor quality during the months of December to April, reaching higher prices (SIAP, 2013) and higher crop profitability (Ariza *et al.*, 2004).

The flowering period occurs naturally in the months of March to June and fruit harvest is at 105 days (Ariza *et al.*, 2004). Vegetative growth and fruits attached to the tree inhibit the process of floral differentiation and fruiting by excess of gibberellins (Garcia *et al.*, 1986) and exogenous application of gibberellic acid (Carlson and Croveti, 1990). Flowering was stimulated through water stress in Tahiti lime (Chaikiattiyos *et al.*, 1994), which can occur with one to two months of drought or a deficit of 50-60 mm of rain (Baradas, 1994). Ariza *et al.* (2004) induced flowering and increased production of Mexican lime in winter through girdling, water stress, manual pruning and fruit thinning. Products such as urea applied in Tahiti lime (Ambriz *et al.*, 2013), apple (Diaz, 1994), thidiazuron in Plum (Campos, 1997) caused defoliation and bud openings; and ethylene stimulated flowering in pineapple (Kar and Gupta, 1991) and apple (Bukovac *et al.*, 2006). Also, paclobutrazol was applied in acid limes in India and did not promote flowering and production (Tamilsevi and Baskaran, 2014).

Fruit quality includes attributes such as size and juice content (Shewfelt, 1999), free of mechanical damage and those caused by pathogens; likewise, includes sensory properties, nutritional value, chemical constituents and functional properties (Abbott, 1999), some of which are related to poor crop management, harvesting techniques and post-harvest handling. Therefore, the aim of the present study was to induce flowering of Mexican lime through the application of plant hormones and bio-stimulants

incluye propiedades sensoriales, valores nutritivos, constituyentes químicos y propiedades funcionales (Abbott, 1999), algunas de las cuales están relacionados con el mal manejo del cultivo, las técnicas de cosecha y el manejo postcosecha. Por tal motivo, el presente trabajo consistió en inducir la floración de la lima mexicana mediante la aplicación de fitohormonas y bioestimulantes, para obtener un rendimiento alto y calidad de los frutos durante los meses de noviembre a abril, los cuales presentan mayor escasez de la producción y alcanza precios altos. Coadyuvando con esto a la sustentabilidad y sostenibilidad de la producción en los mercados nacional e internacional.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en Valle del Río, Coyuca de Benítez, del estado de Guerrero, México; durante el año 2013 y 2014, en donde se seleccionó un huerto de lima mexicana de 10 años de edad; es de clima Aw_1 (w) cálido subhúmedo con lluvias en verano, a una altitud de 100 msnm, temperatura media de 26°C y una precipitación media anual de 997.3 mm. El suelo es de tipo Cambisol Aluvial y textura franca. Los árboles fueron homogéneos y de 3.5 m de altura promedio y 4.5 m de diámetro de copa, establecidos a 10 m entre hileras y 10 m entre plantas, para tener una densidad de 123 plantas por hectárea. A éstos se les aplicaron los tratamientos y cada árbol consistió en una unidad experimental.

Manejo general del cultivo

Las tecnologías aplicadas para el manejo del cultivo fueron generadas por el INIFAP, por lo que se describen a continuación:

Fertilización. La dosis de fertilización fue de 120-60-60% (N-P-K), aplicada en tres partes durante el año; asimismo, se realizaron tres aplicaciones de fertilizantes foliares de micronutrientes (Poliquel Multi) a tres litros por hectárea, asperjados con un equipo motorizado (marca Aritmitzu) de 25 L.

Control de enfermedades. Se realizó el control de las enfermedades con la aplicación al follaje de: metalaxil + clorotalonil a la dosis de 600 g de productor comercial por ha^{-1} para el control de *Colletotrichum acutatum* y fusetil aluminio a 500 g i.a. ha^{-1} , para el hongo *Phytophthora parasitica*.

to obtain high yield and fruit quality during the months of November to April, which have greater production shortages and reaches high prices; contributing with this, to sustainability and sustainable production in national and international markets.

Material and methods

The research was conducted in Valle del Río, Coyuca de Benítez, Guerrero state, Mexico; during 2013 and 2014, where a Mexican lime orchard of 10 years old was selected; Climate is Aw_1 (w) warm humid with rains in summer, at an altitude of 100 masl, average temperature of 26 °C and an average annual rainfall of 997.3 mm. Soil type is Alluvial Cambisol and loamy. The trees were homogeneous and average height of 3.5 m and 4.5 m in crown diameter, set at 10 m between rows and 10 m between plants, with a density of 123 plants per hectare. To these were applied the treatments and each tree was an experimental unit.

Overall crop management

The technologies applied for crop management were generated by INIFAP, which are described below:

Fertilization: Fertilization dose was 120-60-60% (NPK) applied in three parts during the year; also, three applications of foliar micronutrient fertilizers were carried (Multi Poliquel) at three liters per hectare and sprinkled with a 25 L power sprayer (brand Aritmitzu).

Disease control. Disease control was carried with the application to foliage of: metalaxyl + chlorothalonil at a dose of 600 g of commercial product per ha^{-1} to control *Colletotrichum acutatum* and fusetil aluminum at 500 g AI ha^{-1} , to control *Phytophthora parasitica*.

Weed control. In the summer, the weed grows quickly and is controlled by paraquat at 1 L AI ha^{-1} .

Irrigation. These are essential during flowering and production, so irrigations were made 10 days during the months of November to May.

Pruning. The trees were pruned for fruition and health; same that is being made in July, using motorized equipment and telescopic hedge trimmer (make, Shindaiwa).

Control de malezas. En el verano, la maleza crece rápidamente y se controla con paraquat a 1 L i.a ha⁻¹.

Riegos. Éstos se fundamentales durante la floración y producción, por lo que se realizaron 10 días durante los meses de noviembre a mayo.

Podas. Los árboles fueron podados para su fructificación y sanidad, mismas que se llevaron a cabo en el mes de julio y se usaron los equipos motorizados y cortasetos telescópico (marca, Shindaiwa).

Los tratamientos aplicados consistieron en los siguientes productos y dosis: A. Fitohormonas, éstas son el ácido giberélico (AG₃), a 30 g i.a ha⁻¹; ácido naftalenacético, a 50g i.a ha⁻¹; y, ácido 2-cloroetilfosfónico, a 250 g i.a ha⁻¹; B. Bioestimulantes, éstos son el Biofol, a 1 L ha⁻¹; paclobutrazol, a 1.5 g m⁻²; ácido glutámico, a 0.45 kg ha⁻¹; nitrato de potasio, al 4% por hectárea; urea, al 1% del por hectárea; y thidiazurón, (TDZ) a 1 mg. L⁻¹; C. Otros, el testigo absoluto (poda + raleo de frutos) y el testigo intacto (sin aplicación). Los tratamientos se aplicaron en la cuarta semana de agosto, después de haber realizado las podas de fructificación y sanidad en los árboles; las aplicaciones fueron dirigidas al follaje y con aspersora motorizada de mochila (marca Shindaiwa) con capacidad de 25 L, se adicionó un adherente y disueltos en 600 L de agua por hectárea; solamente, el paclobutrazol se aplicó al suelo.

Variables evaluadas en campo

En cada árbol de lima mexicana se marcaron a cuatro ramas conforme a los cuatro puntos cardinales. Las marcas fueron puestas en ramas de 0.75 m de largo. Las evaluaciones en campo fueron: número el número de flores emitidas y rendimiento (kg ha⁻¹), que fueron cuantificadas durante 2014. La cosecha se realizó cada mes de diciembre a abril de 2014. Para estas variables se hizo lo siguiente:

Número de flores. Se cuantificaron las flores, éstas fueron todas las simples y en racimo, que estuvieran en antesis y el fruto formado. Se determinaron por árbol y en cada repetición.

Rendimiento. Se hizo la cosecha manual, se pesaron con una báscula y se obtuvieron en kilogramos por árbol, para determinar el rendimiento en kilogramos por hectárea (kg ha⁻¹). Los registros fueron por número de árbol y repetición.

The treatments consisted of the following products and doses: A. Phytohormones, these are gibberellic acid (GA₃) at 30 g AI ha⁻¹; naphthalene acetic acid at 50 g AI. ha⁻¹; and 2-chloroethylphosphonic acid at 250 g AI ha⁻¹; B. Bio-stimulants, these are Biofol at 1 L ha⁻¹; paclobutrazol at 1.5 g m⁻²; glutamic acid at 0.45 kg ha⁻¹; potassium nitrate at 4% per hectare; urea at 1% per hectare; and Thidiazuron (TDZ) at 1 mg. L⁻¹; C. other, absolute control (pruning + fruit thinning) and intact control (without application). The treatments were applied at the fourth week of August, after performing fruiting pruning and cleaning in trees; applications were directed to the foliage and applied with 25 L motorized knapsack sprayer (Shindaiwa brand), adding an adherent and dissolved in 600 L of water per hectare; only, paclobutrazol was applied to the soil.

Variables evaluated in field

On each Mexican lime tree were tagged four branches according to the four cardinal points. The marks were placed in branches of 0.75 m long. Field evaluations were: number of flowers and yield (kg ha⁻¹), that were quantified during 2014. The harvest was made every month from December to April 2014. For these variables were made the following:

Number of flowers. Flowers were quantified, these were all simple and cluster, which were in anthesis and fruit set. These were determined by tree and on each replication.

Yield. harvest was carried by hand, weighed with a scale, recording kilograms per tree, to determine yield in kilograms per hectare (kg ha⁻¹). The records were by number of tree and replication.

Variables fruit quality

Fruit quality was obtained from 10 fruits harvested in mature stage of consumption of each tree and the four selected branches. Once harvested the fruits were taken to the fruit quality laboratory from the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP) in Iguala, Guerrero, which were selected for its health and uniformity of size and maturity. Evaluations were performed at each harvest and for the following variables:

Average weight of fruits (g). Consisted in recording the weight of each fruit, which were obtained with a 500 g scale (brand OHAUS).

Variables de calidad de los frutos

La calidad de los frutos fue obtenida de 10 frutos cosechados en la etapa de madurez de consumo de cada árbol y las cuatro ramas seleccionadas. Una vez cosechados los frutos fueron llevados al laboratorio de calidad de los frutos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Iguala, Guerrero, los cuales fueron seleccionados por sanidad y homogeneidad del tamaño y grado de madurez. Las evaluaciones se realizaron en cada cosecha y para las variables siguientes:

Peso promedio de frutos (g). Consistió en registrar el peso de cada uno de los frutos, que se obtuvieron con una balanza granataria de 500 g (marca OHAUS).

Diámetro ecuatorial (mm). Este se obtuvo con un vernier de mano digital (marca Mitutoyo, modelo CD-B-CS), mismo que se determinó a la mitad del fruto.

Determinación de color del epicarpio (flavedo). Este se realizó con un colorímetro Hunter Lab (marca Minolta Cm-2000), las lecturas se hicieron en dos puntos medios. Los valores fueron expresados en función de una escala tridimensional compuesta por valores de luminosidad (L), "a" y "b". Estos valores fueron asociados mediante un índice de color (IC), dado por la relación $(a/Lb) * 1\ 000$ para los cítricos (Jiménez *et al.*, 1981).

Firmeza. Esta se obtuvo de la parte meridional del fruto considerando el mesocarpio, el cual fue obtenido mediante un texturómetro de punta (Penetrometer timer, número de serie BF-02, Precisión Científica); se determinó el ablandamiento del fruto y la información fue expresada en Newton por centímetro cuadrado ($N\ cm^{-2}$).

Contenido de jugo. Éste se obtuvo en cada fruto, por lo que se exprime con un extractor manual y se midió el volumen con una probeta de 100 ml de capacidad, por lo que se expresó en ml de jugo.

Potencial hidrógeno (pH). Este se obtuvo del jugo con el potenciómetro digital (pH-meter, mod. 420A Orion).

Sólidos solubles totales (SST). Se determinó con el refractómetro de mano (marca ATAGO PR-2001), de acuerdo con el método descrito por la AOAC (1990). La lectura de la escala digitalizada fue expresada en °Brix.

Equatorial diameter (mm). This was obtained with a digital hand vernier (Mitutoyo, Model CD-B-CS), same that were determined in half fruit.

Color determination in epicarp (flavedo). This was performed using a Hunter Lab colorimeter (CM-2000 Minolta) readings were taken at two midpoints. The values were expressed in terms of a three-dimensional scale comprising brightness values (L), "a" and "b". These values were associated to color index (IC), given by the ratio $(a/Lb) * 1\ 000$ for citrus (Jiménez *et al.*, 1981).

Firmness. This was obtained from the middle part of the fruit considering the mesocarp, which was obtained by a texturometer (Penetrometer timer, serial number BF-02, Precision Científica.); fruit softening was determined and the data was expressed in Newtons per square centimeter ($N\ cm^{-2}$).

Juice content. This was obtained in each fruit, it is squeezed with a manual extractor and the volume is measured using a 100 ml graduated cylinder, which was expressed in ml of juice.

Potential hydrogen (pH). This was measured from the juice with a digital potentiometer (pH-meter, mod. 420A Orion).

Total soluble solids (SST). It was determined with a hand refractometer (ATAGO, PR-2001) according to the method described by AOAC (1990). Readings were expressed in °Brix.

Titrateable acidity (AT). This was obtained through the application of the AOAC method (1990), to determine the percentage of citric acid. Titrateable acidity was determined to 10 ml aliquots of lemon juice (A), with a solution of NaOH (0.1 N) and neutralized with three drops of phenolphthalein as indicator. Data was expressed as g of citric acid/100 ml of juice.

Maturity index (SST/AT ratio). This ratio is a very reliable indicator in citrus, for Mexican lime is applied as a quality index. Their determination is based on the data of total soluble solids and titrateable acidity. It was obtained from three samples of Mexican lime juice per sample of 10 fruits per treatment.

Acidez titulable (AT). Este se obtuvo mediante la aplicación del método de la AOAC (1990), para determinar el porcentaje de ácido cítrico. Se realizaron titulaciones de alícuotas (A) de jugo de limón de 10 ml, con una solución de NaOH (0.1 N) y neutralizado con la aplicación de tres gotas de fenoftaleína como indicador. Los datos fueron expresados como g de ácido cítrico/100 ml de jugo.

Índice de madurez (relación SST/AT). Esta relación es un indicador muy confiable en cítricos, para lima mexicana se aplica como índice de calidad. Su determinación está en función de los datos de sólidos solubles totales y acidez titulable. Se obtuvo de tres muestras de jugos de frutos de lima mexicana por muestra de 10 frutos por tratamiento.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones en el campo; la unidad experimental consistió de un árbol y cada repetición se conformó de 11 árboles; fueron 11 tratamientos, mismos que se citaron con anterioridad. En el laboratorio, el diseño experimental fue de completamente al azar con 10 repeticiones de frutos, para cada una de las variables evaluadas en la calidad de éstos.

Los resultados obtenidos fueron analizados conforme a la prueba de análisis de la varianza (ANOVA) y de comparación de medias de diferencia mínima significativa (DMS, $\alpha=0.05$); con el software estadístico (SAS, 1998).

Resultados y discusión

Mediante la aplicación de reguladores del desarrollo y bioestimulantes, los resultados obtenidos en el campo y de las pruebas de calidad en lima mexicana para la producción de invierno, se presentan a continuación.

Campo

Los resultados de los análisis de varianza y de comparación de medias de las variables evaluadas, que se registraron a nivel de campo: número de flores y rendimiento (kg ha^{-1}). Se demostró que, en número de flores no hubo diferencias significativas y si presentaron diferencias significativas en el rendimiento; sin embargo, se realizaron las pruebas de comparación múltiple de medias de DMS ($p < 0.05$) y se demostraron diferencias significativas.

Experimental design and statistical analysis

The experimental design was a randomized complete block with three replications in the field; the experimental unit consisted of a tree and each replication was formed of 11 trees; there were 11 treatments, same that were cited before. In the laboratory, the experimental design was completely randomized with 10 replications of fruits for each of the variables evaluated in their quality.

The results were analyzed according to the analysis of variance (ANOVA) and means comparison of least significant difference (LSD, $\alpha=0.05$); with statistical software (SAS, 1998).

Results and discussion

Through the application of growth regulators and bio-stimulants, the results obtained in the field and quality test in Mexican lime for winter production, are presented below.

Field

The results from the analysis of variance and means comparison of variables evaluated, which were recorded at field level: number of flowers and yield (kg ha^{-1}). Number of flowers showed no significant difference but presented significant differences in yield; however, multiple comparison means tests of LSD ($p < 0.05$) were performed and showing significant differences.

Number of flowers: the results showed that absolute control stand out with an average of 51.25 flowers (Figure 1); followed by gibberellic acid, glutamic acid, Biofol, potassium nitrate and paclobutrazol, with 35.27, 24.83, 18.96, 18.44 and 15.67 flowers on average, respectively; and finally with naphthalene acid, 2-chloroethylphosphonic acid, urea, intact control and thidiazuron with averages of 13.81, 7.52, 5.25, 4.1 and 0.81 for the lowest number of flowers, respectively.

Absolute control response was due to health and fruiting pruning and fruit thinning made; these results coincide with those obtained by Ariza *et al.* (2004), demonstrating that with fruiting pruning increases the formation of new shoots, which formed part of flowering and Mexican lime production. For this very reason, Becerra (1993) recommends for the conditions of Colima, to perform

Número de flores. Los resultados demostraron que el testigo absoluto destacó con un promedio de 51.25 flores (Figura 1); le siguieron con el ácido giberélico, ácido glutámico, biofol, nitrato de potasio y paclobutrazol, con 35.27, 24.83, 18.96, 18.44 y 15.67 flores en promedios, respectivamente; y por último fueron con el ácido naftalenacético, ácido 2-cloroetilfosfónico, urea, testigo intacto y thidiazuron con medias de 13.81, 7.52, 5.25, 4.1 y 0.81 por el menor número de flores, respectivamente.

La respuesta del testigo absoluto se debió a la realización de las podas de sanidad y fructificación y el raleo de los frutos; estos resultados coinciden con los obtenidos por Ariza *et al.* (2004), que demostró con la poda de fructificación una mayor formación de brotes nuevos, lo cuales formaron parte de la floración y producción en lima mexicana. Para esto mismo, Becerra (1993) recomienda para las condiciones de Colima, realizar la poda al final del verano, cuando los árboles tienen poca fruta y antes de dar inicio a la floración; Guardiola *et al.* (1982), mencionan que la abscisión de hojas, la aplicación de giberelinas y el rayado de ramas realizados en naranjo dulce y pomelo en diferentes épocas del año, han logrado inducir a la floración a fines del otoño.

En este estudio, el biofol es el único bioestimulante con acción inductora enzimática, con eficacia para generar fitohormonas endógenas e inducir la floración y fructificación más estable, ya que promovió mejor cantidad y calidad en los frutos de tomate Anónimo (2002). Sin embargo, hasta la primera quincena del mes de octubre destacó la inducción de la floración con la urea, la cual fue afectada por fuertes vientos y provocaron la caída de flores y frutos pequeños; por lo que, Nevin y Lovatt (1987) demostraron con la urea en aspersión foliar al aguacate y Lovatt *et al.* (1988) y Albrigo (1999) aplicaron urea biuretica en naranja "Washington Navel", aumentaron los contenidos de amonio en la hoja y favorecieron en la diferenciación floral.

El paclobutrazol indujo floración en lima ácida en la India (Tamilsevi y Baskaran, 2014), por lo que no fue similar en este estudio. La aplicación de nitrato de potasio no indujo a floración en lima mexicana de invierno, por lo que no coincide con Medina *et al.* (1999), ya que en Colima incrementó la floración de otoño en lima mexicana a la dosis de 2 a 4 kg diluido en 100 L de agua.

Rendimiento (kg ha⁻¹). Los resultados demuestran con biofol (9 763.0 kg ha⁻¹) un mayor rendimiento (Figura 2); le siguieron el ácido glutámico, testigo absoluto y urea con

pruning in late summer or when the trees have little fruit and before flowering starts; Guardiola *et al.* (1982) mentioned that leaf abscission, application of gibberellins and branch girdling made in sweet orange and grapefruit in different seasons, have managed to induce flowering in late fall.

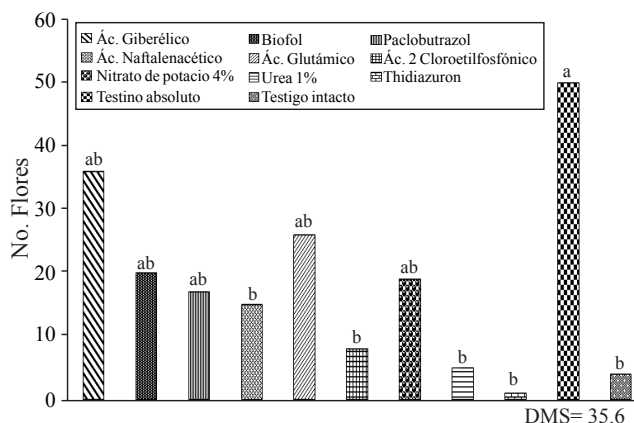


Figura 1. Promedios de número de flores en el lima mexicana para la producción en invierno. Tratamientos con la misma letra sobre las barras indican diferencias estadísticas no significativas, con la prueba de DMS ($\alpha=0.05$).

Figure 1. Average number of flowers in Mexican lime for winter production. Treatments with the same letter on the bars indicate no significant statistical differences, with LSD test ($\alpha=0.05$).

In this study, Biofol is the only bio-stimulant with enzyme-inducing action, effective in generating endogenous plant hormones and inducing a more stable flowering and fruiting, since it promoted better quantity and quality in tomato fruits Anonymous (2002). However, until the first half of October highlighted the induction of flowering with urea, which was affected by strong winds, causing the fall of flowers and small fruits; therefore, Nevin and Lovatt (1987) showed with urea and foliar spray in avocado Lovatt *et al.* (1988) and Albrigo (1999) applied biuret urea on orange "Washington Navel" increased ammonium content in leaf and favored floral differentiation.

Paclobutrazol induced lime flowering in India (Tamilsevi and Baskaran, 2014), so it was not like in this study. The application of potassium nitrate did not induce flowering in Mexican lime of winter, so it does not coincide with Medina *et al.* (1999), since in Colima increased Mexican lime flowering in fall at doses of 2 to 4 kg diluted in 100 L of water.

Yield (kg ha⁻¹). The results demonstrate that with Biofol (9 763.0 kg ha⁻¹) increases yield (Figure 2); followed by glutamic acid, absolute control and urea with less

menos de 30% de los rendimientos. Con ácido giberélico, paclobutrazol ácido naftalenacético, nitrato de potasio, thidiazuron, ácido 2-cloroetilfosfónico y testigo intacto, se obtuvieron menos de 50% de los rendimientos comparados con el biofol.

El biofol y el ácido glutámico son bioestimulantes que no se habían evaluado en lima mexicana, por lo que se demostró una respuesta satisfactoria a estos productos y se obtuvieron altos rendimientos; Anónimo (2002) estableció que el biofol, es el único bioestimulante en la generación de fitohormonas endógenas, al promover mayor cantidad y calidad en los frutos de tomate, por lo que estos resultados son similares en lima mexicana. Con ácido glutámico se demostraron aumentos en rendimientos de los cultivos de cacahuete, papa, tomate, melón, fresa y pepino, también incrementaron en tamaños y calidad de los frutos; asimismo, contribuyó en la aceleración de la maduración de ciertas hortalizas, haciendo más temprana la maduración y amarre de frutos (Gowan, 2002).

Con aplicaciones de paclobutrazol en lima ácida (Tamilsevi y Baskaran, 2014) y mango, ácido naftalenacético en naranja, nitrato de potasio en lima mexicana, thidiazuron en manzana y uva y ácido 2-cloroetilfosfónico en piña demostraron inducción a la floración y altos rendimientos, sin embargo fueron bajos en el lima mexicana; Medina *et al.* (1999), obtuvieron rendimientos altos en lima mexicana con la aplicación de nitrato de potasio en Colima, México, mientras que Curti *et al.* (1990) demostraron bajos rendimientos con paclobutrazol en naranja cv. Valencia en Veracruz.

Calidad de los frutos

Se evaluaron las propiedades físicas y bioquímicas de los frutos. Se determinaron para índice de color y firmeza, que no se obtuvieron diferencias significativas a ($p < 0.05$) a la aplicación de las fitohormonas y bioestimulantes; sin embargo, si demostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre la aplicación de las fitohormonas y bioestimulantes para peso y diámetro, porcentaje de jugo, pH y la relación de SST/AT de los frutos.

Con biofol y ácido glutámico, los frutos presentaron los pesos promedios más altos (Cuadro 1), seguidos de nitrato de potasio, el ácido giberélico y la urea, con el resto de los tratamientos se mostraron los pesos más bajos. En tomate se obtuvo que el biofol es el único bioestimulante del crecimiento con acción inductora a nivel enzimática, que induce a una mayor fructificación y promovió a un mayor peso de los frutos

than 30% of yields. With gibberellic acid, paclobutrazol naphthalene acetic acid, potassium nitrate, Thidiazuron, 2-chloroethylphosphonic acid and intact control, obtained less than 50% of yield compared with Biofol.

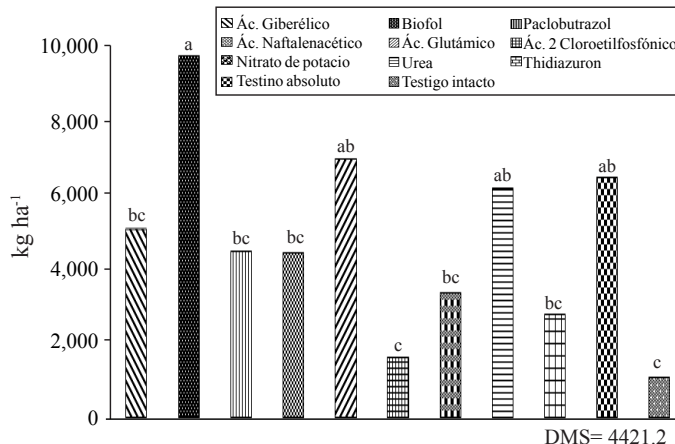


Figura 2. Rendimiento en kg ha⁻¹ en la producción de lima mexicana de invierno. Tratamientos con la misma letra sobre las barras indican diferencias estadísticas no significativas, con la prueba de comparación de medias de DMS ($\alpha = 0.05$).

Figure 2. Yield in kg ha⁻¹ in production of Mexican lime in winter. Treatments with the same letter on the bars indicate not statistically significant differences in means comparison test of LSD ($\alpha = 0.05$).

Biofol and glutamic acid are bio-stimulants that had not been evaluated in Mexican lime, which demonstrated a satisfactory response to these products, obtaining high yields; Anonymous (2002) established that Biofol was the only bio-stimulant that generated endogenous plant hormones by promoting greater quantity and quality of tomato fruits, so these results are similar in Mexican lime. Glutamic acid showed increases of crop yields in peanut, potato, tomato, melon, strawberry and cucumber, also increased size and fruit quality; also contributed to accelerated maturation of certain vegetables, making early ripening and fruit set (Gowan, 2002).

With applications of paclobutrazol on limes (Tamilsevi and Baskaran, 2014) and mango, naphthalene acetic acid in orange, potassium nitrate in Mexican lime, thidiazuron in apple and grape and 2-chloroethylphosphonic acid in pineapple demonstrated induction of flowering and higher yields, however lower in Mexican lime; Medina *et al.* (1999), obtained higher yields in Mexican lime applying potassium nitrate in Colima, Mexico, while Curti *et al.* (1990) had low yields with paclobutrazol in orange cv. Valencia in Veracruz.

(Anónimo, 2002); Gowan (2002), demostró que el ácido glutámico mejora el rendimiento de la cosecha e incrementa el tamaño y calidad de los frutos en limón persa, por lo que mantuvo ese comportamiento similar en el lima mexicana. Gross (1990) demostró en limón persa y otros cítricos, que la aplicación del ácido giberélico prolongó la vida de anaquel y mantuvo la calidad en la conservación de los frutos durante el almacenamiento; en este estudio mejoró el tamaño del fruto en lima mexicana, pero no fue en el rendimiento.

Fruit quality

Physical and biochemical properties of the fruits were evaluated. Determined for color index and firmness, showing no significant differences ($p<0.05$) to the application of plant hormones and bio-stimulants; however, they showed highly significant differences ($p<0.01$) between the application of plant hormones and bio-stimulants for weight and diameter, percentage of juice, pH and SST/AT ratio of the fruits.

Cuadro 1. Resultados de las pruebas físicas en la calidad de los frutos de lima mexicana de invierno.
Table 1. Results of physical test on fruit quality in Mexican lime of winter.

Tratamiento	Peso (g)	Diámetro (mm)	Índice de color	Firmeza (N cm ⁻²)
Biofol	39.5 a*	40.5 a	-7.5 a	15.7 b
Ac. glutámico	38.6 a	39.8 ab	-7.3 ab	16.0 b
KNO3	37.2 ab	39.5 abc	-6.7 ab	15.3 b
Ac. giberélico	35.8 abc	36.0 e	-6.5 ab	15.2 b
Urea	35.3 abc	38.6 abcd	-7.6 a	20.8 a
Thidiazuron	33.9 bc	38.5 abcd	-7.6 a	15.3 b
Ac. naftalenacético	33.4 bc	37.2 cde	-6.1 ab	14.8 b
Ac. 2-cloroetilfosfónico	32.3 c	38.5 abcd	-7.5 a	14.9 b
Testigo absoluto	32.0 c	37.9 bcde	-7.3 ab	15.1 b
Paclobutrazol	31.2 c	36.9 de	-7.5 a	15.5 b
Testigo intacto	29.2 c	35.2 de	-6.1 ab	25.2 b
DMS	4.59	2.24	1.17	4.67
Significancia	**	**	NS	NS

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales ($p<0.05$). **Prueba de ANOVA que significa que es altamente significativo ($p<0.01$). ***Evaluación del promedio de 10 frutos seleccionados al azar y con apariencia física uniforme,

Para el diámetro (mm) del fruto destacan las aplicaciones del biofol y el ácido glutámico (Cuadro1), continúan el nitrato de potasio, seguido de la urea, ácido 2-cloroetilfosfónico, thidiazurón y testigo absoluto. Con el biofol se obtuvo mayor cantidad y calidad en los frutos de tomate (Anónimo, 2002), por lo tanto se mejoró el diámetro de los frutos; el ácido glutámico aumenta tamaño y calidad de los frutos en varios cultivos (Gowan, 2002), como ocurrió de manera similar en lima mexicana. Con el ácido giberélico no se obtuvo este efecto, como ocurrió en limón persa (Dupont, 1999). Las aplicaciones del biofol, ácido glutámico y nitrato de potasio, inducen a un mejor tamaño comercial de clasificación tipo 4, que comprenden los diámetros de 39 a 41 mm (Medina *et al.*, 2001).

El índice de color en los frutos registra los valores negativos e inferiores a -7 (verde) y de entre -6 y -7 (verde-amarillento). La coloración verde-amarillenta de los frutos se presentó con ácido naftalenacético, ácido giberélico, nitrato de

With Biofol and glutamic acid, fruits showed the highest average weight (Table 1), followed by potassium nitrate, gibberellic acid and urea, with the other treatments lower weights were obtained. In Tomato, Biofol was the only bio-stimulant with inducing action at enzyme level, which leads to greater fruiting and promoted greater fruit weight (Anonymous, 2002); Gowan (2002) showed that glutamic acid improves crop yields and increases size and fruit quality in Persian lemon, keeping a similar behavior in Mexican lime. Gross (1990) demonstrated in Persian lime and other citrus, that the application of gibberellic acid extended shelf life and maintained the quality in the conservation of fruit during storage; in this study improved fruit size in Mexican lime, but not yield.

For fruit diameter (mm) Biofol applications and glutamic acid (Table 1) stand out, followed by potassium nitrate, urea, 2-chloroethylphosphonic, Thidiazuron and absolute

potasio, ácido glutámico y testigo absoluto (Cuadro 1), por lo que demuestran una acelerada maduración y senescencia; mientras que, los frutos verdes se obtuvieron con biofol, paclobutrazol, ácido 2-cloroetilfosfónico, thidiazurón y urea. Gross (1999), determinó que el ácido naftalenacético mejoró el color amarillo de los frutos de naranja 'Valencia', por lo que no ocurrió en lima mexicana; Gross (1990), obtuvo limón persa y otros cítricos, que el ácido giberélico estimuló el color amarillo de los frutos, sin embargo fue verde amarillento en lima mexicana. Gowan (2002) y Anónimo (2002), demostraron nuevamente que el biofol y el ácido glutámico mejoran la calidad en el color verde de los frutos; sin embargo, la urea indicó una mayor intensidad del color verde en los frutos de lima mexicana por actuar como una citocinina sintética y al promover mejor calidad y menor clorofila de los frutos (Cosmosel, 2002).

La firmeza del mesocarpio fue evaluada para determinar la deformación del fruto en porción ecuatorial, la cual incrementa en función del grado de madurez. Con la urea y el testigo intacto, demostraron mayor resistencia a la deformación (Cuadro 1); mientras que, el ácido glutámico, biofol, paclobutrazol, thidiazurón, nitrato de potasio, ácido giberélico, testigo absoluto, ácido 2-cloroetilfosfónico y ácido naftalenacético demostraron menores resistencias a la deformación en los frutos. El nitrógeno es un elemento de vital importancia por proporcionar un buen desarrollo, incremento de tamaño y calidad de los frutos y aumenta la vida de anaquel; Scoot y Uriu (1989) reportaron la aplicación foliar de nitrógeno en forma de aminoácidos y urea en frutales y absorbido vía foliar entre 23 y 73%, por lo que mejoró la firmeza de los frutos. Con la aplicación de auxinas y etileno se promovió la senescencia de los frutos, por lo tanto el ácido naftalenacético y ácido 2-cloroetilfosfónico en este estudio indujeron hacia una menor firmeza de los frutos.

Los porcentajes de jugo fueron altos con biofol y ácido glutámico (Cuadro 2), siguieron con ácido giberélico, urea, thidiazurón, nitrato de potasio y testigo absoluto; con el resto de los tratamientos fueron más bajos. El biofol y ácido glutámico inducen a mayor tamaño de los frutos y por ende al contenido de jugo en los frutos tomate (Anónimo, 2002; Gowan 2002). La aplicación de ácido giberélico en limón persa mejoró las condiciones de producción de los frutos, ya que estimula la elongación celular de las vesículas de jugo (Dupont, 1999); sin embargo, no fue similar en lima mexicana. Con las auxinas y el etileno no favorecen al tamaño de las vesículas de jugo.

control. Biofol with greater quantity and quality in tomato fruits (Anonymous, 2002), therefore the diameter of the fruit was improved; glutamic acid increases size and fruit quality in several crops (Gowan, 2002), as happened in Mexican lime. Gibberellic acid did not have this effect, as occurred in Persian lime (Dupont, 1999). Biofol applications, glutamic acid and potassium nitrate, induce a better commercial size classification type 4, comprising diameters from 39 to 41 mm (Medina *et al.*, 2001).

Color index in fruits records negative and less than -7 (green) and between -6 and -7 (green-yellow) values. The green-yellow color of the fruit was present with naphthaleneacetic acid, gibberellic acid, potassium nitrate, glutamic acid and absolute control (Table 1), showing an accelerated ripening and senescence; while green fruits were obtained with Biofol, paclobutrazol, 2-chloroethylphosphonic acid, Thidiazuron and urea. Gross (1999), determined that naphthalene acetic acid improved the yellow color in orange 'Valencia', this did not occur in Mexican lime; Gross (1990), through gibberellic acid stimulated yellow color on Persian lime and other citrus, however in Mexican lime was yellowish green. Gowan (2002) and Anonymous (2002), demonstrated once again that Biofol and glutamic acid improve the quality in the green color of fruit; however, urea indicated a greater intensity of green color in the fruits of Mexican lime by acting as a synthetic cytokinin and promoting better quality and lower chlorophyll in fruits (Cosmosel, 2002).

Mesocarp firmness was evaluated to determine the deformation of fruit in equatorial portion, which increases in function of the maturity. With urea and intact control, showed higher resistance to deformation (Table 1); whereas, glutamic acid, Biofol, paclobutrazol, Thidiazuron, potassium nitrate, gibberellic acid, absolute control, 2-chloroethylphosphonic acid and naphthalene acetic acid showed less resistance to deformation in fruits. Nitrogen is a vital element for providing a good development, increases in size and fruit quality and increases shelf life; Scoot and Uriu (1989) reported foliar application of nitrogen as amino acids and urea in fruit absorbed via foliar between 23 and 73%, which improved firmness of the fruit. With the application of auxins and ethylene fruit senescence is promoted, hence the naphthalene acetic acid and 2-chloroethylphosphonic acid in this study induced lower fruit firmness.

Juice percentages were higher with Biofol and glutamic acid (Table 2), followed by gibberellic acid, urea, Thidiazuron, potassium nitrate and absolute control; while the rest of the

Cuadro 2. Resultados de las pruebas bioquímicas en los frutos de lima mexicana en invierno.**Table 2. Results of biochemical tests on Mexican lime of winter.**

Producto	Jugo (%)	pH	SST	AT	SST/AT
Biofol	54.0 a*	2.20 abc	7.5 bc	1.49 bc	5.1 de
Ac. Glutámico	50.4 ab	2.23 a	7.3 d	1.52 ab	4.9 de
KNO ₃	45.3 bc	2.15 d	8.1 a	1.44 bcd	5.8 b
Ac. Giberélico	42.6 cd	2.19 bcd	7.6 b	1.39 bcde	5.7 b
Urea	42.0 cde	2.23 d	7.3 d	1.66 a	4.8 e
Thidiazuron	41.8 cde	2.15 d	7.4 cd	1.35 cde	5.4 bcd
Ac. Naftalenacético	39.6 def	2.20 abc	7.3 d	1.42 bcde	5.2 cde
Ac. 2-cloroetilfosfónico	38.0 def	2.22 ab	7.5 bcd	1.29 de	5.9 b
Testigo absoluto	37.4 ef	2.23 a	7.6 b	1.28 de	5.9 b
Paclobutrazol	36.7 f	2.16 cd	7.8 a	1.27 e	6.6 a
Testigo intacto	36.0 f	2.20 abc	7.2 d	1.17 de	6.1 a
DMS	5.1	0.04	0.24	0.16	0.57
Significancia	**	**	**	**	**

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales ($p < 0.05$). **Prueba de la ANOVA que significa que es altamente significativo ($p < 0.01$). ***Evaluación del promedio de 10 frutos seleccionados al azar y con apariencia física uniforme.

Los potenciales de hidrógeno (pH) fueron menos destacados con ácido glutámico, testigo absoluto y urea con promedios de 2.33 (Cuadro 2), seguidos del ácido 2-cloroetilfosfónico; fueron más ácidos con el ácido naftalenacético, testigo intacto, biofol, el ácido giberélico, paclobutrazol, thidiazurón y nitrato de potasio. Cosmolcel (2002), mencionó que el nitrógeno favoreció en una mayor acidez de los frutos con el nitrato de potasio; el biofol influyó en la acidez de los frutos de limón persa (Anónimo, 2002), por lo que fue similar para lima mexicana. El etileno no contribuyó en la acidez de los frutos de cítricos (Zacarias *et al.*, 1990).

Los frutos presentaron mayores contenidos de sólidos solubles totales (SST) con nitrato de potasio y paclobutrazol; después, disminuyeron con el testigo absoluto, ácido giberélico, biofol, ácido 2-cloroetilfosfónico, thidiazurón; y, fueron bajos con urea, ácido glutámico, ácido naftalenacético, ácido 2-cloroetilfosfónico y testigo intacto (Cuadro 2). Con nitrato de potasio posiblemente se forman enzimas que metabolizan la sacarosa (Etxeberria *et al.*, 2005) y se invierte en la elongación celular de los frutos cítricos (Iglesias *et al.*, 2007).

La acidez titulable (AT) se obtuvo conforme al porcentaje de ácido cítrico, destacaron con urea, ácido glutámico y biofol (Cuadro 2); continuaron con nitrato de potasio, ácido naftalenacético y ácido giberélico; y, fueron menores con thidiazurón, ácido 2-cloroetilfosfónico, testigo absoluto, paclobutrazol y testigo intacto. Con urea, ácido glutámico

treatments were lower. Biofol and glutamic acid induce greater fruit size and therefore juice content of tomato fruit (Anonymous, 2002; Gowan 2002). The application of gibberellic acid in Persian lime improved production conditions of the fruit, as it stimulates cell elongation from juice vesicles (Dupont, 1999); however, it was not similar in Mexican lime. Auxins and ethylene do not favor the size of juice vesicle.

Potential of hydrogen (pH) were less prominent with glutamic acid, absolute control and urea with averages of 2.33 (Table 2), followed by 2-chloroethylphosphonic acid; were more acids with naphthalene acetic acid, intact control, Biofol, gibberellic acid, paclobutrazol, Thidiazuron and potassium nitrate. Cosmolcel (2002) mentioned that nitrogen favored higher acidity in fruits with potassium nitrate; biofol influenced acidity of the fruits in Persian lime (Anonymous, 2002), which was similar for Mexican lime. Ethylene did not contribute to acidity of citrus fruits (Zacharias *et al.*, 1990).

Fruits had higher content of total soluble solids (SST) with potassium nitrate and paclobutrazol; then declined with absolute control, gibberellic acid, Biofol, 2-chloroethylphosphonic acid, Thidiazuron; and were lower with urea, glutamic acid, naphthalene acetic acid, 2-chloroethylphosphonic acid and intact control (Table 2). Perhaps with potassium nitrate formed enzymes metabolizing sucrose (Etxeberria *et al.*, 2005) inverting cell elongation in citrus fruits (Iglesias *et al.*, 2007).

y biofol, los frutos acumularon mayor acidez y redujeron el contenido de azúcares, por lo tanto influyeron en el mayor porcentaje de ácido cítrico como ácido orgánico en el ciclo de Krebs (Saucedo, 1989). El nitrógeno influyó en la calidad de los frutos de lima mexicana, como lo hizo al incrementar el ácido cítrico en lima persa (Ambriz *et al.*, 2013); el ácido glutámico participó en el proceso de transaminación de los frutos y favoreció en el contenido de ácido cítrico (Gowan, 2002); el biofol influyó en la calidad de los frutos de lima mexicana, sobre todo en el contenido de ácido cítrico (Anónimo, 2002). La mayor acidez se presenta en la elongación celular de los cítricos y hay acumulación de carbohidratos (Cercóz *et al.*, 2006; Iglesias *et al.*, 2007).

El índice de madurez mediante la relación SST/AT fueron bajas con las aplicaciones de biofol, ácido glutámico y urea (Cuadro 2), por lo tanto influyó en una mejor calidad de la lima mexicana; de manera intermedia ocurrió con ácido giberélico, thidiazuron y ácido naftalenacético; estos índices fueron altos con paclobutrazol, testigo absoluto, ácido 2-cloroetilfosfónico, nitrato de potasio y testigo intacto. Zacarías *et al.* (1990), demostraron que el etileno influye en la regulación de la maduración y senescencia de los frutos de varias especies, por lo que la aplicación del ácido 2-cloroetilfosfónico, nitrato de potasio y paclobutrazol se comportaron como inductores de la senescencia en los frutos de lima mexicana, también mostraron mayor índice de madurez; es decir hay acumulación de azúcares y reducción de acidez en función del grado de madurez (Saucedo, 1989). En cambio, las aplicaciones de biofol, ácido glutámico y urea demostraron la relación más baja e indicaron una mejor estabilidad de estos compuestos orgánicos, por lo tanto mejoraron la calidad (Anónimo, 2002; Gowan, 2002; Cosmosel, 2002).

Conclusiones

Con la aplicación de los bioestimulantes tales como el biofol, ácido glutámico y urea se inducen a una mayor floración y producción del lima mexicana en invierno; mientras que, el ácido giberélico se promueve medianamente la inducción de la floración y producción de lima mexicana en invierno. Con el biofol, ácido glutámico y urea se obtienen frutos de mejor calidad en peso, tamaño, firmeza, porcentaje de jugo, pH y porcentaje de ácido cítrico para la producción de lima mexicana en invierno. Con las fitohormonas ácido naftalenacético y ácido giberélico, los frutos adquieren un

Titrateable acidity (TA) was obtained according to the percentage of citric acid, standing out urea, glutamic acid and Biofol (Table 2); continuing with potassium nitrate, gibberellic acid and naphthalene acetic acid; and lower with Thidiazuron, 2-chloroethylphosphonic acid, absolute control, paclobutrazol and intact control. With Urea, glutamic acid and biofol, fruits accumulated higher acidity and reduced sugar content, thereby influencing higher percentage of citric acid as organic acid in the Krebs cycle (Saucedo, 1989). Nitrogen influenced fruit quality of Mexican lime, as did with Persian lime by increasing citric acid (Ambriz *et al.*, 2013.); glutamic acid participated in the transamination process of fruits and favored citric acid content (Gowan, 2002); biofol influenced fruit quality of Mexican lime, especially in citric acid content (Anonymous, 2002). Higher acidity occurs in cell elongation of citrus and there is accumulation of carbohydrates (Cercóz *et al.*, 2006; Iglesias *et al.*, 2007).

Maturity index through the SST/TA ratio were low with biofol, glutamic acid and urea applications (Table 2), thus influenced a better quality of Mexican lime; intermediately it occurred with gibberellic acid, Thidiazuron and naphthalene acetic acid; these indices were higher with paclobutrazol, absolute control, 2-chloroethylphosphonic acid, potassium nitrate and intact control. Zacharias *et al.* (1990) showed that ethylene influences the regulation of ripening and fruit senescence of various species, so that the application of 2-chloroethylphosphonic acid, potassium nitrate and paclobutrazol behaved as senescence inductors Mexican lime fruits, also showed higher maturity rates; i.e. there is accumulation of sugars and acidity reduction in function of maturity level (Saucedo, 1989). Instead, Biofol, glutamic acid and urea applications showed the lowest ratio, indicating better stability of these organic compounds, thus improved quality (Anonymous, 2002; Gowan, 2002; Cosmosel, 2002).

Conclusions

With the application of bio-stimulants such as Biofol, glutamic acid and urea are induced greater flowering and production of Mexican lime in winter; while gibberellic acid promotes intermediately the induction of flowering and production of Mexican lime in winter. With Biofol, glutamic acid and urea obtains better fruit quality in weight, size, firmness, percentage of juice, pH and percentage of

mejor índice de color verde. Con la aplicación del ácido 2-cloroetilfosfónico se obtienen frutos con mayor peso, hay menos producción y se acelera el proceso de maduración en lima mexicana en invierno.

Literatura citada

- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1990. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Washington, D.C.
- Abbott, J. A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 15:207-225.
- Albrigo, L. G. 1999. Effects of foliar applications of urea or nutriphite on flowering and yields of Valencia orange trees. *Proc. Fla. Sta. Hort. Soc.* 112:1-4.
- Ambriz, C. R.; Alia, T. I.; Ariza, F. R.; Lugo, A. A.; Andrade, R. M.; López, M. V.; Villegas, T. O. G. y Guillén, S. D. 2013. Ensayo de inducción de la floración de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en Morelos, México. *Ciencias Agrícolas Informa.* 22(1):4-14.
- Anónimo. 2002. Los reguladores del crecimiento vegetal. Folleto Técnico. Química Sagal S. A. de C. V. Nuevo León México. 1-5 pp.
- Ariza, F. R.; Cruzaley, S. R.; Vázquez, E.; Barrios, A. y Alarcón, N. 2004. Efecto de las labores culturales en la producción y calidad del limón mexicano de invierno. *Rev. Fitotec. Mex.* 27 (1):73-76.
- Baradas, M. W. 1994. Crop requirements of tropical crops. In: Handbook of agricultural meteorology. Griffiths, J. F (Ed.). Oxford Univ. Press. New Cork. 189-202 pp.
- Becerra, M. S. 1993. Sugerencias para la poda del limón en Colima. SARH, INIFAP, Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. Desplegable para productores Núm. 1. Colima, Colima. México. 5 p.
- Bukovac, M. J.; Sabbatini, P. and Schwallier, P. G. 2006. Modifying alternate bearing of spur-type 'Delicious' apple with ethephon. *HortScience.* 41:1606-1611.
- Campos, G. E. 1997. Promoción de la brotación de yemas florales y vegetativas con TDZ, AG₃ y promalina en ciruelo Japonés (*Prunus salicina* Lindl.) "Shiro" en Chapingo, México. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Estado de México. 35-46 pp.
- Carlson, R. and Croveti, A. 1990. Commercial uses of gibberellins and cytokinins and new areas of applied research. In: plant growth substances 1988. Pharis, R. P. and Rood, R. D. (Eds.). Springer-Verlag. 604-611 pp.
- Cercós, M.; Soler, G.; Iglesias, D. J.; Gadea, J.; Forment, J. and Talon, M. 2006. Global analysis of gene expression during development and ripening of citrus fruit flesh. A proposed mechanism for citric acid utilization. *Plant Mol. Biol.* 62:513-527.
- Chapman, K. and Praxton, B. 1983. Guava harvest delay using late defoliation with a 25% urea spray. *Austr. Hort. Res. Newsl.* 55:151-152.
- Chaikiattiyos, S.; Mensel, C. M. and Ramussen, T. S. 1994. Floral induction in tropical fruits trees: effects of temperature and water supply. *J. Hort. Sci.* 69:397-413.
- Cosmolcel. 2002. Diccionario de Especialidades Agroquímicas. N. L. México. División Agrícola.
- citric acid for production of Mexican lime in winter. With plant hormones gibberellic acid and naphthalene acetic acid, the fruits acquire a better index of green color. With the application of 2-chloroethylphosphonic acid fruits obtain greater weight, less production and accelerated maturation of Mexican lime in winter.
- Curti, D. S. A.; Rodríguez, A. J. y Mosqueda, V. R. 1990. Paclobutrazol, anillado y urea para modificar el crecimiento y floración del naranjo "Valencia" (*Citrus sinensis*) en condiciones tropicales. *Agrociencia.* 1(4):53-67.
- Díaz, D. H. 1994. Efectividad de productos químicos para inducir defoliación y apertura de yemas en manzano en clima subtropical. *Agrociencia.* 5(2):35-41.
- Du Pont. 1999. Uso de Pro Gibb en limón persa. Abbot Laboratories, Du Pont. México, D.F. 2 p.
- Gowan. 2002. Diccionario de Especialidades Agroquímicas. División Agrícola. Mexicali, B. C. México.
- Gross, K. C. 1990. Recent developments in tomato fruit softening. *Potsharvest News and Information.* 2:109-112.
- Guardiola, J. L.; Monerri, C. and Agusti, M. 1982. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. *Physiol. Plant.* 55:136-142.
- Iglesias, D. J.; Cercós, M.; Colmenero, F. J. M.; Naranjo, M. A.; Ríos, G.; Carrera, E.; Ruiz, R. O.; Lliso, I.; Morillon, R.; Tadeo, F. R. and Talon, M. 2007. Physiology of citrus fruiting. *Braz. J. Plant Physiol.* 19(4):333-362.
- Jiménez C, M.; Cuquerella, M. and Martínez, J. 1981. Determination of a color index for citrus fruit, for citrus degreening. *Proceeding Int. Soc. Citriculture.* 2:750-753.
- Kar, C. and Gupta, K. 1991. Effect of triazole type plant growth regulator on sunflower and safflower seed viability. *Can. J. Bot.* 69:1344-1348.
- Lovatt, C. J.; Zheng, Y. and Hake, K. 1988. Demonstration of a change in nitrogen metabolism influencing flower initiation in citrus. *Israel J. Bot.* 37:181-188.
- Medina, U. M. V.; Becerra, M. S.; Robles, M.; Orozco, M. y Orozco, R. J. 1993. El cultivo del limón mexicano en Colima. SARH, INIFAP. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. Folleto para productores Núm. 5. Colima, Colima, México. 37 p.
- Medina, U. V M.; Robles, M. M.; Becerra, M. S.; Orozco, R. J.; Orozco, M.; Garza, J. G.; Ovando, C. M. y Chávez, X. 2001. El cultivo del limón mexicano. Libro técnico Núm. 1. INIFAP-Campo Experimental Tecmán. México. 188 p.
- Nevin, J. M. and Lovatt, C. J. 1987. Demonstration of ammonia accumulation and toxicity in avocado leaves during water-deficits stress. S.A. fr. Avocado Grower's Assoc. Yrb. 10:51-54.
- Robles, M. M. 1998. El cultivo del limón mexicano. In: XI Curso Internacional de actualización de fruticultura avanzada, cultivo, manejo y exportación. CICTAMEX, S. C. Coatepec Harinas, Estado de México. 62-69 pp.
- SAS (Statistic Analysis System user's guide). 1998. release 6.10. SAS Institute, Inc. N.C. U.S.A.

End of the English version



- Saucedo, V. C. 1989. Influencia de la conservación en condiciones variables y programadas sobre la fisiología y calidad de la mandarina “Fortune” y aguacate “Hass” y “Fuerte”. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia de España. 243 p.
- Scoot, J.R.;y Uriu, K. 1989. Mineral Nutrition. Peaches, Plum and Nectarines Growing and Headling for Fresh Market. La Rue, J. H. and R. Scoot, J. (Technicals Editors). Publication 3331. University of California. pp: 1-22 .
- Shewfelt, R. 1999. What is quality. Postharvest Biol. Technol. 15:197-200.
- SIAP (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria en México). 2013. La competitividad de la cadena productiva del limón Mexicano. SAGARPA. México, D. F. 104:1-30.
- Tamilselvi, C. and Bascaran, A. 2014. Accesibility of nutrient elements through soli application of paclobutrazol in acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). Int. J. Recent Sci. Res. 5(1):153-155.
- Zacarias, L.; Tudela, D. and Primo, E. 1990. Stimulations of ACC-dependent ethylene production in citrus leafs discs by light. Physiology Plantarum. 80:89-94.