

## Prohexadiona de calcio reduce crecimiento vegetativo e incrementa brotación floral en mango ‘Ataulfo’\*

### Prohexadione calcium reduces vegetative growth and increases sprouting floral mango ‘Ataulfo’

María Hilda Pérez Barraza<sup>1</sup>, Tomás Osuna Enciso<sup>2</sup>, Edilberto Avitia García<sup>3</sup>, María Alejandra Gutiérrez Espinosa<sup>4</sup>, María de Jesús Santiago Cruz<sup>5</sup>, Homero Ramírez<sup>6</sup> y Raquel Cano Medrano<sup>4§</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Internacional México-Nogales, km 6, Ent. a Santiago Ixc. Santiago Ixcuintla, Nayarit. C. P. 63300. Tel: 323 2352031. (perez.mariahilda@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Carretera El Dorado, km 5.5, Col. Campo El Diez, Culiacán Sinaloa. C.P. 80129. (tosuna@ciad.edu.mx). <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chapingo. Depto. de Fitotecnia. Carretera Fed. México- Texcoco. Chapingo km 38.5, Estado de México. C. P. 56230. <sup>4</sup>Colegio de Postgraduados- RGP-Fruticultura. Carretera México- Texcoco, km 36.5, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 595 9520200. (alexge@colpos.mx) <sup>5</sup>Colegio de Postgraduados Programa-Economía. Carretera México- Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 595 9520200. (ecomjsc@colpos.mx). <sup>6</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista. Saltillo. Coahuila C.P. 25315. México Teléfono: 844 4110306. (hrr\_homero@hotmail.com). <sup>§</sup>Autora para correspondencia: racm@colpos.mx.

## Resumen

La producción irregular en mango se atribuye a variación en la floración. Prohexadiona de calcio (P-Ca) reduce crecimiento vegetativo y favorece floración en frutales templados como manzano y subtropicales como aguacate. En mango ‘Ataulfo’, no hay información al respecto. El objetivo fue determinar dosis, época y número de aplicación de P-Ca en mango ‘Ataulfo’ con la finalidad de asegurar floración y encontrar un sustituto para paclobutrazol (PBZ). El estudio se realizó de 2012 a 2014 en Tepic y San Blas Nayarit, en ambos años, los árboles fueron podados después de cosecha. Experimento 1 y 2: P-Ca (150, 250 y 500 mg L<sup>-1</sup>) a 0+10+20+30 días después de la poda (ddp) y 30+45+60 ddp, respectivamente. Experimento 3: P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>) una, dos o tres aplicaciones a 0, 0+10 y 0+10+20 ddp y Experimento 4: P-Ca (150 y 500 mg L<sup>-1</sup>) a 30+45+60 ddp y 1 500 mg L<sup>-1</sup> en una sola aplicación (1 x) 30 ddp. En todos los experimentos se incluyó un tratamiento estándar de PBZ (2 500 mg L<sup>-1</sup>) 30 ddp y un testigo (agua más surfactante). El diseño fue completamente al azar, 6 repeticiones, un árbol como unidad experimental. En Experimento 2, se logró reducir un 35% el crecimiento vegetativo con P-Ca

## Abstract

The irregular in mango production is attributed to variation in bloom. Prohexadione calcium (P-Ca) reduces vegetative growth and promotes flowering in temperate and subtropical fruits such as apple and avocado. In mango 'Ataulfo', no information about. The objective was to determine dosage, time and application number P-Ca in mango 'Ataulfo' in order to ensure flowering and find a replacement for paclobutrazol (PBZ). The study was conducted in 2012-2014 in Tepic and San Blas Nayarit, in both years, the trees were pruned after harvest. Experiment 1 and 2: P-Ca (150, 250 and 500 mg L<sup>-1</sup>) 0 + 10 + 20 + 30 days after pruning (ddp) and 30 + 45 + 60 ddp, respectively. Experiment 3: P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>) one, two or three applications to 0, 0 + 10 + 10 + 20 ddp and Experiment 4: P-Ca (150 and 500 mg L<sup>-1</sup>) 30 + 45 + 60 ddp and 1500 mg L<sup>-1</sup> in one application (1 x) 30 ddp. In all experiments a standard treatment of PBZ (2500 mg L<sup>-1</sup>) 30 ddp and control (water plus surfactant) was included. The design was completely randomized, 6 replicates a tree as experimental unit. In Experiment 2, it was reduced by 35% vegetative growth with P-Ca 500 mg L<sup>-1</sup> (3 x) 30-60 ddp. This same dose of P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>) (3

\* Recibido: octubre de 2015  
Aceptado: febrero de 2016

500 mg L<sup>-1</sup> (3 x) entre 30-60 ddp. Esta misma dosis de P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>) (3 x) a 30, 45 y 60 ddp, o una sola aplicación (1 500 mg L<sup>-1</sup>) 30 ddp logró igual el efecto de PBZ en adelanto (20-35 días) y porcentaje de floración. En los dos ciclos, ambos productos mejoraron amarre y producción de fruto. Con base a los resultados obtenidos se considera que P-Ca pudiera ser un sustituto para PBZ en mango 'Ataulfo' para asegurar floración y producciones regulares año con año.

**Palabras clave:** *Mangifera indica* L., bioreguladores del crecimiento, época de floración, floración irregular, inhibidores de giberelinas.

## Introducción

La producción irregular en mango se atribuye a variación en floración y en zonas subtropicales a retención del fruto (Whiley, 1993). La variación en la cantidad de flores puede variar de año a año, entre árboles del mismo año y entre brotes en el mismo árbol. Aunque el factor aceptado para inducir floración es temperatura ( $\approx 15-20/10-15$ ) no garantiza que ocurra iniciación floral debido a las interacciones con el crecimiento vegetativo (Wilkie *et al.*, 2008). El crecimiento vegetativo en mango ocurre por flujos, el número de los cuales aumenta conforme aumenta temperatura (Whiley *et al.*, 1989; Davenport, 2007). La época de desarrollo del flujo es importante pues tanto desarrollo vegetativo como reproductivo ocurren solo en flujos maduros. La época de desarrollo como la sincronización de los mismos se puede lograr con poda en la época adecuada, lo cual intensifica la floración (Yeshitela *et al.*, 2005; Vázquez *et al.*, 2009a).

Para la maduración del flujo se ha dependido fuertemente del reguladores de crecimiento como paclobutrazol (Singh y Bhattacharjee, 2005; Rebolledo *et al.*, 2008; Arzani *et al.*, 2009; Vázquez *et al.*, 2009b; Pérez-Barraza *et al.*, 2011; Martínez-Fuentes *et al.*, 2013; Samani, 2014), inhibidor de las enzimas de biosíntesis de giberelinas (GAs) en la etapa II (Dalziel and Lawrence, 1984; Hedden and Graebe, 1985; Redemacher, 2000) y prohexadione de calcio (P-Ca). P-Ca, tiene una estructura parecida al ácido 2-oxoglutarico, el sustrato de dioxigenasas, que catalizan las reacciones de la etapa III de la formación de Gas.

Específicamente, P-Ca bloquea GA<sub>20</sub> 3 $\beta$ -hidroxilasa inhibiendo la formación de giberelinas biológicamente activas y formando precursores inactivos (Rademacher,

x) at 30, 45 and 60 ddp, or one application (1 500 mg L<sup>-1</sup>) 30 ddp achieved as the effect of PBZ in advance (20 -35 days) and percentage of flowering. In both cycles, both products improved mooring and fruit production. Based on the results obtained it is considered that P-Ca could be a substitute for PBZ in mango 'Ataulfo' to ensure flowering and regular productions each year.

**Keywords:** *Mangifera indica* L., bioregulators of growth, irregular flowering inhibitors gibberellins flowering season.

## Introduction

The irregular in mango production is attributed to variation in flowering and a subtropical areas fruit retention (Whiley, 1993). Variation in the number of flowers may vary from year to year between trees of the same year and between outbreaks in the same tree. Although accepted to induce flowering factor is temperature ( $\approx 15-20/10-15$ ) does not guarantee that floral initiation occurs due to interactions with the vegetative growth (Wilkie *et al.*, 2008). Vegetative growth occurs in mango flows, the number of which increases with increasing temperature (Whiley *et al.*, 1989; Davenport, 2007). The flow development time is important because both vegetative and reproductive growth occur only in mature flows. The era of development as the timing thereof can be achieved with pruning at the right time, which enhances the flowering (Yeshitela *et al.*, 2005; Vázquez *et al.*, 2009a).

For the maturation of the flow has depended heavily on growth regulators as paclobutrazol (Singh and Bhattacharjee, 2005; Rebolledo *et al.*, 2008; Arzani *et al.*, 2009; Vázquez *et al.*, 2009b; Pérez-Barraza *et al.*, 2011; Martínez-Fuentes *et al.*, 2013; Samani, 2014) inhibits biosynthesis enzymes gibberellins (GAs) in stage II (Dalziel and Lawrence, 1984; Hedden and Graebe, 1985; Redemacher, 2000) and prohexadione calcium (Ca-P). P-Ca, has a structure similar to 2-oxoglutaric acid, dioxygenases substrate, which catalyze the reactions of stage III of gas formation.

Specifically, P-Ca blocking GA<sub>20</sub> 3 $\beta$ -hydroxylase inhibiting the formation of biologically active gibberellins and forming inactive precursors (Rademacher, 2000; Rademacher *et al.*, 2006). P-Ca could also act as an inhibitor of ethylene synthesis (Rademacher *et al.*, 2006; Rademacher, 2014),

2000; Rademacher *et al.*, 2006). P-Ca pudiera también actuar como inhibidor de la síntesis de etileno (Rademacher *et al.*, 2006; Rademacher, 2014), lo cual pudiera favorecer amarre de fruto al evitar la abscisión. Interfiere también en el metabolismo de flavonoides (Rademacher, 2014).

En frutales templados caducifolios, P-Ca se ha aplicado en dosis de 50 a 250 mg L<sup>-1</sup> simples o repetidas durante y después de floración (2 y 4 aplicaciones, a intervalos de 14-20 días) con resultados positivos en reducción de la longitud del brote (18-50%) (Costa *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2006; Cline *et al.*, 2008; Kiessling-Davison *et al.*, 2008; Einhorn *et al.*, 2014), incremento en amarre y producción de fruto (21-63, 22%, respectivamente) en manzano 'Golden Delicious/MM106' (Ramírez *et al.*, 2006) y producción en pera 'William' y manzano 'Fuji', 50-40%, respectivamente (Costa *et al.*, 2006). Aunque en pera 'Blanquilla' (Asin *et al.*, 2007) y 'D'Anjou' (Einhorn *et al.*, 2014) no se encontró efecto en intensidad de floración y rendimiento.

En frutales tropicales y subtropicales aparentemente la respuesta a P-Ca varía con la especie y cultivar. En aguacate 'Hass', se obtuvo una disminución en el crecimiento vegetativo de brotes del flujo de primavera con P-Ca 1 y 1.4% (10 - 20%, respectivamente) al aplicarlo en plena floración (90%), pero no hubo efecto en el amarre de frutos (Mandemaker *et al.*, 2005). En limón 'Eureka' con una aplicación de 250 y 500 mg L<sup>-1</sup> de P-Ca un día después de la poda (mediados de mayo), se redujo 30% la longitud de los brotes, mientras que en naranjo 'Washington Navel' no hubo el mismo efecto (Garner *et al.*, 2010). En limón, 500 mg L<sup>-1</sup> de P-Ca redujo la producción total de fruto (kg y núm. de frutos árbol<sup>-1</sup>) así como la producción de frutos de tamaño comercial. En aguacate 'Hass' encontraron un incremento de 26% en amarre de frutos con tres aplicaciones de 250 mg L<sup>-1</sup> de P-Ca durante floración y amarre; mientras que dos aplicaciones de 150 mg L<sup>-1</sup> en floración incrementó la producción acumulada de frutos de tamaño comercial sin reducir la producción total de fruta con relación al testigo.

En mango Kent, la combinación de P-Ca (1.5 g de i.a. · planta<sup>-1</sup>) con PBZ (3.0 g i.a. · planta<sup>-1</sup>) aplicado 40 días después de la poda fue efectiva para reducir crecimiento vegetativo en 67 % pero no tuvo efecto en floración o producción (Do Carmo-Mouco *et al.*, 2011). En mango 'BaladiAbuZaid' y 'BaladiBurai' se adelantó floración 60 días con PBZ y 40 con P-Ca aplicado después de cosecha (18 de julio) (Abdel Rahim *et al.*, 2011).

which might favor fruit set to prevent abscission. Also interferes with the metabolism of flavonoids (Rademacher, 2014).

In temperate deciduous fruits, P-Ca has been applied in doses of 50 to 250 mg L<sup>-1</sup> single or repeated during and after flowering (2 and 4 applications at intervals of 14-20 days) with positive results in reducing shoot length (18-50%) (Costa *et al.*, 2006; Ramirez *et al.*, 2006; Cline *et al.*, 2008; Kiessling-Davison *et al.*, 2008; Einhorn *et al.*, 2014), increased mooring and fruit production (21-63, 22%, respectively) in apple 'Golden Delicious/MM106' (Ramirez *et al.*, 2006) and pear production 'William' and apple 'Fuji', 50-40%, respectively (Costa *et al.*, 2006). Although no effect was found in flowering intensity and performance in pear 'Blanquilla' (Asin *et al.*, 2007) and 'D'Anjou' (Einhorn *et al.*, 2014).

In tropical and subtropical fruit apparently the answer to P-Ca varies with the species and cultivar. Avocado 'Hass', a decrease was obtained in the vegetative growth of shoots spring flow with P-Ca 1 and 1.4% (10 to 20%, respectively) when applied in full bloom (90%), but no effect the fruit set (Mandemaker *et al.*, 2005). In lemon 'Eureka' with an application of 250 and 500 mg L<sup>-1</sup> P-Ca a day after pruning (mid-May), 30% decreased the length of shoots, while orange 'Washington Navel' there was the same effect (Garner *et al.*, 2010). In lemon, 500 mg L<sup>-1</sup> P-Ca reduced the total fruit production (kg and number of fruit tree<sup>-1</sup>) and fruit production of commercial size. Avocado 'Hass' they found a 26% increase in fruit set with three applications of 250 mg L<sup>-1</sup> P-Ca during flowering and mooring; while two applications of 150 mg L<sup>-1</sup> increased the accumulated flowering fruit production of commercial size without reducing the total fruit production relative to the control.

Kent mango, the combination of P-Ca (1.5 g a.i. plant<sup>-1</sup>) with PBZ (3.0 g i.a. plant<sup>-1</sup>) applied 40 days after pruning was effective in reducing vegetative growth by 67% but did not effect on flowering or production (Do Carmo-Mouco *et al.*, 2011). Mango 'BaladiAbuZaid' and 'BaladiBurai' flowering 60 days ahead PBZ and 40 with P-Ca applied after harvest (July 18) (Abdel Rahim *et al.*, 2011).

The P-Ca doses between 75-500 mg L<sup>-1</sup> have different responses in vegetative growth, fruit set, flowering and yield. The answer depends on the species (temperate or

Dosis de P-Ca entre 75 - 500 mgL<sup>-1</sup> tienen respuestas diferentes en crecimiento vegetativo, amarre de frutos, floración y rendimiento. La respuesta depende de la especie (clima templado o tropical), número de aplicaciones y etapa fenológica. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar dosis, número y época de aplicación de P-Ca para reducir el crecimiento del brote, adelantar y/o uniformizar brotación floral y aumentar producción de fruto en mango 'Ataulfo'

## Materiales y métodos

Los estudios se realizaron en los ciclos de producción 2012-2013 y 2013-2014 en huertos comerciales de mango 'Ataulfo' criollo regional, ubicados en los municipios de Tepic y San Blas, Nayarit. Los huertos se manejaron con riego por gravedad (uno cada mes a partir de febrero hasta abril), poda (despunte de aproximadamente 50 cm) y fertilización con 2 kg de Triple 17 por árbol al inicio de la temporada de lluvias (junio) y 4 kg de fertilizante orgánico (gallinaza) por árbol aplicado en septiembre (huertos San Blas). En el huerto de Tepic la fertilización fue con 3 kg de Triple 17 después de cosecha (julio) y 4 kg de fertilizante orgánico en septiembre.

En 2012-2013 (año on), se establecieron tres experimentos para determinar dosis, número y época de aplicaciones. En los tres experimentos los árboles fueron podados después de cosecha (23 de julio de 2012). Experimento 1 (E1), se evaluaron las dosis de 150, 250 y 500 mg L<sup>-1</sup> de P-Ca, cada dosis en cuatro aplicaciones, 4 x, 0+10+20+30 días después de la poda (ddp). Se usaron árboles de 10 años de edad establecidos a 7 x 5 m. Experimento 2 (E2), se evaluaron las dosis anteriores y se redujo el número de aplicaciones a tres. Las aplicaciones iniciaron 30 ddp (brotes de 5-10 cm de longitud) y posteriormente a 45 y 60 días. La edad de los árboles fue de 8 años establecidos a 5 x 5 m. Experimento 3 (E3), se evaluó una sola dosis de P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>) aplicada, 0, 1+10 y 1+10+20 ddp. La edad de los árboles fue de 15 años establecidos a 9 x 9 m.

En 2013-2014 (año off), se estableció el experimento 4 (E4) con base a los resultados del ciclo anterior. Los tratamientos fueron 150, 500 (3 x, 30+45+60 ddp) y 1 500 (1 x, 30 ddp) mg L<sup>-1</sup> de P-Ca. Los árboles fueron de 15 años de edad establecidos a 9 x 9 m y se podaron el 25 julio de 2013.

tropical climate), number of applications and phenological stage. Therefore, the objective of the study was to determine doses, number and time of application of P-Ca to reduce shoot growth, forward and/or standardize floral sprouting and increase fruit production in mango 'Ataulfo'

## Materials and methods

The studies were conducted in production cycles 2012-2013 and 2013-2014 in commercial orchards mango 'Ataulfo' / regional creole, located in the municipalities of Tepic and San Blas, Nayarit. The orchards were handled with gravity irrigation (one every month from february to april), pruning (tipping about 50 cm) and fertilization with 2 kg of Triple 17 per tree at the beginning of the rainy season (june) and 4 kg of organic fertilizer (manure) per tree applied in september (orchards San Blas). In the orchards of Tepic fertilization was 3 kg of Triple 17 after harvest (july) and 4 kg of organic fertilizer in september.

In 2012-2013 (year on), three experiments to determine dose, number and timing of applications were established. In all three experiments the trees were pruned after harvest (july 23, 2012). Experiment 1 (E1), doses of 150, 250 and 500 mg L<sup>-1</sup> P-Ca, each dose were evaluated in four applications, 4 x, 0 + 10 + 20 + 30 days after pruning (ddp). Trees were used in established 10 years old at 7 x 5 m. Experiment 2 (E2), the above doses were evaluated and the number of applications was reduced to three. Initiated applications 30 ddp (outbreaks of 5-10 cm in length) and then at 45 and 60 days. The age of the trees was 8 years established a 5 x 5 m. experiment 3 (E3), a single dose of P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>) applied assessed, 0, 1 + 10 and 1 + 10 + 20 ddp. The age of the trees was established 15 years to 9 x 9 m.

In 2013-2014 (year off), experiment 4 (E4) based on the result of the previous cycle was established. The treatments were 150, 500 (3 x 30 + 45 + 60 ddp) and 1 500 (1 x 30 ddp) mg L<sup>-1</sup> P-Ca. The trees were 15 years old set a 9 x 9 m and pruned the July 25, 2013.

In all experiments the standard treatment of PBZ 2 500 mg L<sup>-1</sup> was included; (1X, 30 ddp) and a witness. The solutions of P-Ca (Apogee®) were prepared with tap water and 1 mL

En todos los experimentos se incluyó el tratamiento estándar de PBZ 2 500 mg L<sup>-1</sup>; (1X, 30 ddp) y un testigo. Las soluciones de P-Ca (Apogee®) se prepararon con agua corriente y se usó 1 ml L<sup>-1</sup> de surfactante Inex®. P-Ca se aplicó al follaje a punto de goteo mediante bomba aspersora motorizadas. PBZ (Austar®) fue aplicado al suelo, bañando el tallo principal a una altura de 30 cm de la base del suelo. Los árboles testigo fueron asperjados con agua + surfactante.

En 2012 las condiciones ambientales de septiembre a diciembre fueron las siguientes: temperatura máxima y mínima mensual de ≈32 y 22 °C, similar en los cuatro meses. La precipitación fue de 355 y 95 mm durante septiembre y primera quincena de octubre, respectivamente, no se presentaron lluvias en los meses de noviembre y diciembre. Para 2013, de septiembre a diciembre, la temperatura máxima promedio fue de 32, 31.6, 33 y 29.7, respectivamente y mínima de 24, 23, 25 y 27 °C. La precipitación fue de 352, 117, 141 y 102 mm mensuales, respectivamente.

**En todos los experimentos se evaluaron las siguientes variables:**

**Longitud de brote.** Se seleccionaron cuatro brotes vegetativos (BV) por árbol emergidos después de la poda y se midió la longitud de cada flujo de crecimiento (dos flujos) mediante un vernier digital (Control Company). El crecimiento total del BV fue la suma de dos flujos.

**Brotación floral.** Se contabilizaron los días transcurridos desde la última aplicación de P-Ca (23 de septiembre 2012; 11 de septiembre 2013) hasta el inicio de la floración (5% de floración en la copa del árbol; entre 3 - 28 de enero 2013; 28 dic 2013 - 31 enero 2014) y plena floración (80% de floración; entre 19 enero - 25 febrero 2013; 24 de enero - 28 febrero 2014). El porcentaje de floración se evaluó registrando semanalmente el porcentaje de inflorescencias que cubrían la copa del árbol, a partir del 5% hasta plena floración.

**Número de frutos.** Para evaluar el número de frutos se seleccionaron cuatro inflorescencias por árbol y se contabilizó el número de frutos polinizados (POL) y partenocárpico (PRT) de 1-2 cm de diámetro (tamaño canica) a los 45 días después de floración (DDF), período en el que pasó la mayor caída de fruto, y el número de frutos inflorescencia<sup>-1</sup> hasta madurez fisiológica (15 días antes de cosecha).

**Producción de fruto.** La producción se evaluó al momento de la cosecha, registrando los kg de fruta árbol<sup>-1</sup>; se utilizó una báscula digital marca Ohaus.

L<sup>-1</sup> Inex® surfactant was used. P-Ca applied to the foliage to drip point with motorized spray pump. PBZ (AuStar®) was applied to the soil, bathing the main stem at a height of 30 cm from the floor base. The control trees were sprayed with water + surfactant.

In 2012 environmental conditions from september to december were as follows: maximum temperature and monthly minimum ≈32 and 22 °C, similar in four months. The precipitation was 355 and 95 mm in september and first half of october, respectively, they showed no rain in the months of november and december. 2013, from september to december, the average maximum temperature was 32, 31.6, 33 and 29.7, respectively and minimum 24, 23, 25 and 27 °C. The precipitation was 352, 117, 141 and 102 mm per month, respectively.

**In all experiments the following variables were evaluated:**

**Bud length.** Were selected four vegetative buds (BV) by emerged tree after pruning and the length of each flow growth (two streams) using a digital vernier (Control Company) was measured. The total growth of BV was the sum of two flows.

**Floral sprouting.** Be counted number of days will from the last application of P-Ca (september 23, 2012; september 11, 2013) until the beginning of flowering (5% bloom on the tree, from 3 - january 28, 2013; 28 december 2013 - january 31, 2014) and full bloom (80% flowering, between january 19 to february 25, 2013, january 24 - february 28, 2014). The percentage of flowering is assessed by recording the percentage of inflorescences weekly covering the tree, from 5% to full bloom.

**Number of fruits.** To evaluate the number of fruits were selected four inflorescences per tree and the number of pollinated fruit (POL) and parthenocarpic (PRT) 1-2 cm in diameter (marble size) at 45 days after flowering (DDF) was recorded, during which spent most fruit drop and the number of fruits inflorescence<sup>-1</sup> to physiological maturity (15 days before harvest).

**Fruit production.** Production was assessed at harvest time, recording the fruit tree kg<sup>-1</sup>; ohaus brand digital scale was used.

The experimental design was completely randomized in all experiments and production cycle. In each experiment 5 treatments with six replicates and tree evaluated as useful

El diseño experimental fue completamente al azar en todos los experimentos y ciclo productivos. En cada experimento se evaluaron 5 tratamientos con seis repeticiones y un árbol como parcela útil. Se efectuó análisis de varianza de los resultados y se usó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para comparación de medias. Se utilizó el programa SAS versión 9.2.

## Resultados

### Ciclo 2012-2013

Se registraron dos flujos de crecimiento en todos los tratamientos incluyendo el testigo. En el primer flujo (del 8 al 30 de agosto) de E1, P-Ca redujo el crecimiento vegetativo entre 18, 22 y 29% con 150, 250 y 500 mg L<sup>-1</sup>, respecto al tratamiento con PBZ y el testigo. En el segundo flujo (del 28 de septiembre al 18 de octubre) no hubo diferencias entre los tratamientos y el testigo, a excepción de 250 mg L<sup>-1</sup> de P-Ca que redujo 13% (Figura 1A).

El crecimiento total fue similar entre los tratamientos con P-Ca (59, 56 y 56 cm) comparado con PBZ (63 cm) pero fue de 12-17% menor respecto al testigo (67 cm). En E2, P-Ca redujo el crecimiento vegetativo entre 18 a 37% en el primer flujo (10-31 agosto) y de 21 a 44% en el segundo (28 sep. - 31 oct.), pero solo P-Ca 500 mg L<sup>-1</sup> redujo un 35% en la longitud total (Figura 1B). En E3, no se encontraron diferencias entre tratamientos y testigo en la longitud total (Figura 1C).

En un año “on”, se encontraron diferencias significativas en los días a plena floración ( $Pr=0.0278$ ) y porcentaje de la misma ( $Pr=<0.0001$ ) en E1, pero en E2 y E3 no hubo diferencia entre tratamientos. En E1, plena floración se presentó de  $\approx 186$  a 213 días después de la poda (ddp), solo los tratamientos 500 mg L<sup>-1</sup> de P-Ca (4 x, 0+10+20+30 ddp) y 2 500 mg L<sup>-1</sup> de PBZ (1 x, 30 ddp) fueron diferentes al testigo (Cuadro 1). En el mismo Cuadro se observa que el porcentaje de floración varío de 39 a 80% en E1, de 81 a 87 en E2 y de 79 a 93 en E3.

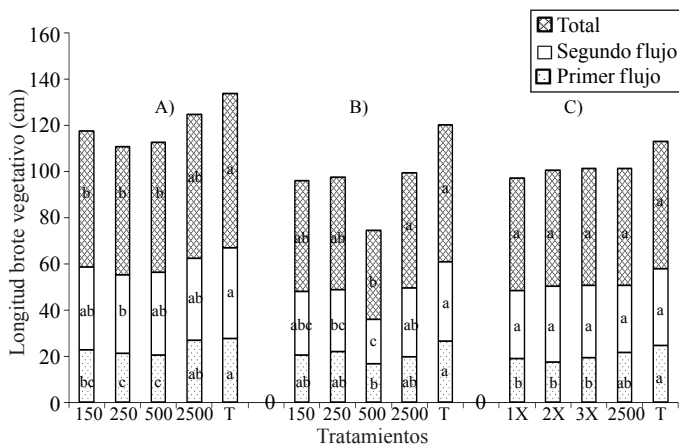
Durante el año “on” solo en E3, se encontraron diferencias significativas en número inicial de frutos polinizados (POL) y partenocárpico (PRT) ( $Pr=<0.0001$ , 0.0171, respectivamente) y número final de frutos POL ( $Pr=<0.0001$ ). El número inicial de frutos POL varió de 1.6 a 2.8 frutos inflorescencia<sup>-1</sup>, mientras que el de frutos PRT de aproximadamente 4 - 6 frutos. En número final de frutos POL fue de 1.6 a 2 frutos inflorescencia<sup>-1</sup> (Cuadro 2).

plot. Variance analysis of the results was performed and Tukey's test was used ( $p \leq 0.05$ ) for comparison of means. SAS version 9.2 software was used.

## Results

### Cycle 2012-2013

Two streams of growth occurred in all treatments including the control. In the first flow (from 8 to 30 august) E1, P-Ca reduced vegetative growth between 18, 22 and 29% with 150, 250 and 500 mg L<sup>-1</sup>, compared to treatment with PBZ and the witness. In the second flow (from 28 september to 18 october) there were no differences between the treatments and the control, except for 250 mg L<sup>-1</sup> P-Ca which reduced 13% (Figure 1A).



**Figura 1. Longitud del brote vegetativo emergido después de poda (23 de julio) en árboles de mango ‘Ataulfo’.** A) P-Ca cuatro aplicaciones (4x) de cada dosis (mg L<sup>-1</sup>) a 0+10+20+30 ddp. B) P-Ca 3 x de cada dosis a 30+45+60 ddp. C) P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>) 1x a 0 ddp, 2x a 0+10 y 3x a 0+10+20 días. PBZ (2500 mg L<sup>-1</sup>), 1x a 30 ddp y testigo. Medias con la misma letra dentro de columnas no son significativamente diferentes. Tukey  $p \leq 0.05$ . Ciclo 2012-2013.

**Figure 1. Length of vegetative shoot emerged after pruning (July 23) in mango trees ‘Ataulfo’.** A) P-Ca four applications (4x) for each dose (mg L<sup>-1</sup>) to 0 + 10 + 20 + 30 ddp. B) P-Ca 3 x each dose to 30 + 45 + 60 ddp. C) P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>) 1 x 0 ddp, 2x 0 and 3 + 10 x 0 + 10 + 20 days. PBZ (2500 mg L<sup>-1</sup>), 1 x 30 ddp and witness. Means with the same letter within columns are not significantly different. Tukey  $p \leq 0.05$ . Cycle 2012-2013.

Total growth was similar between treatments with P-Ca (59, 56 and 56 cm) compared with PBZ (63 cm) but was 12-17% lower compared to the control (67 cm). In E2, P-Ca reduced

**Cuadro 1. Días a plena brotación floral, adelanto y porcentaje de floración en árboles de mango 'Ataulfo' con P-Ca. Ciclo 2012-2013.****Table 1. Days full floral sprouting, advancement and percentage of flowering mango trees 'Ataulfo' with P-Ca. Cycle 2012-2013.**

Tratamiento	Plena brotación floral (ddp) <sup>2</sup>			Porcentaje (%)		
	E1 <sup>y</sup>	E2	E3	E1	E2	E3
P-Ca 150	213 a <sup>x</sup>	183 a	176 a	68 ab	80 a	79 a
P-Ca 250	220 a	185 a	174 a	74 ab	80 a	86 a
P-Ca 500	192 b	180 a	175 a	66 b	83 a	93 a
PBZ 2500	186 b	182 a	170 a	80 a	87 a	91 a
Testigo	213 a	189 a	176 a	39 c	81 a	83 a
CV	8.8	5.7	12.1	12.7	17.4	10.4

<sup>2</sup>Plena brotación floral,  $\geq 80\%$ . Días después de la poda (ddp); <sup>y</sup>P-Ca (mg L<sup>-1</sup>), 4 x a 0+10+20+30 ddp en E1; 3 x a 30+45+60 ddp en E2 y P-Ca 500 mg L<sup>-1</sup>, 1 (0 ddp), 2 (0+10) y 3 x (0+10+20) en E3; PBZ (mg L<sup>-1</sup>), 1 x a 30 ddp; <sup>x</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas no son significativamente diferentes. Tukey  $p \leq 0.05$ .

**Cuadro 2. Número inicial de frutos POL y PRT y amarre final de POL en árboles de mango 'Ataulfo' con P-Ca. Ciclo 2012-2013.****Table 2. Initial number of fruits and PRT POL and POL final fruit trees of mango 'Ataulfo' with P-Ca. Cycle 2012-2013.**

Tratamiento	Frutos·inflorescencia <sup>-1</sup> (Núm.)		
	Inicial <sup>z</sup>		Final <sup>z</sup>
	POL	PRT	POL
P-Ca 500 (1 x) <sup>y</sup>	2.6 ab <sup>x</sup>	6.0 a	2.1 ab
P-Ca 500 (2 x)	2.2 b	6.0 a	1.7 b
P-Ca 500 (3 x)	2.8 a	4.4 ab	2.5 a
PBZ 2500 (1 x)	2.6 ab	3.6 ab	2.5 a
Testigo 2	1.6 c	5.7 b	1.6 b
CV	14.69	25.5	15.6

<sup>z</sup>Inicial, 45 DDF; final, dos semanas antes de cosecha. <sup>y</sup>una aplicación (1 x); dos aplicaciones (2 x); tres aplicación (3 x). <sup>x</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas no son significativamente diferentes. Tukey  $p \leq 0.05$ .

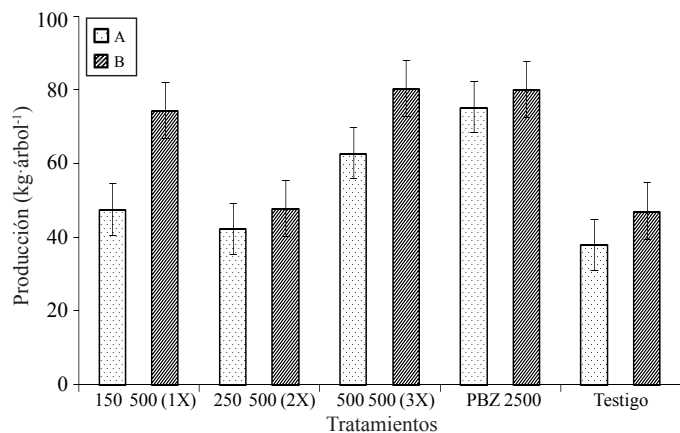
La producción de fruto fue significativa en E1 (Pr= 0.0041) y E3 (Pr= 0.0050). Durante un año "on", en E1 los árboles con P-Ca, 500 mg L<sup>-1</sup> (4 x, 0+10+20+30 ddp) produjeron 63 kg y 75 kg con PBZ, 2 500 mg L<sup>-1</sup> (1 x, 30 ddp), mientras que el testigo produjo 38 kg. En E3, la producción fue de 74 y 80 kg árbol<sup>-1</sup> en tratamientos con 500 mg L<sup>-1</sup> de P-Ca (1 y 3 x entre 1-20 ddp, respectivamente) y un rendimiento similar con PBZ (80 kg), en el testigo los árboles produjeron 47 kg (Figura 2). Se tuvo un aumento en la producción de fruto árbol<sup>-1</sup> de 40 - 50% con P-Ca 500 mg L<sup>-1</sup> (4 x) y PBZ 2500 (1 x), respectivamente con relación al testigo. En E3 se obtuvieron resultados similares a E1 con tres aplicaciones de P-Ca 500 mg L<sup>-1</sup> y PBZ, el incremento logrado fue de 36-40% en los diferentes tratamientos respecto al testigo.

vegetative growth between 18-37% in the first flow (10 to 31 august) and 21-44% in the second (28 sep. - 31 oct.). But only P-Ca 500 mg L<sup>-1</sup> reduced by 35% in the total length (Figure 1B). At E3, no differences between treatments and witness in the total length (Figure 1C) were found.

In a year "on", significant differences in days to full bloom (Pr= 0.0278) and percentage of it (Pr= <0.0001) were found E1, E2 and E3 but there was no difference between treatments. In E1, full bloom appeared to  $\approx 186$  to 213 days after pruning (ddp), only treatments 500 mg L<sup>-1</sup> P-Ca (4 x, 0 + 10 + 20 + 30 ddp) and 2 500 mg PBZ L<sup>-1</sup> (1 x 30 ddp) were different from the control (Table 1). In the same table shows that the percentage of flowering varied from 39-80% in E1, 81 to 87 in E2 and E3 79-93.

During "on" only in E3, significant differences in initial number of pollinated fruit (POL) and parthenocarpic (PRT) (Pr= <0.0001, 0.0171, respectively) and final number of fruits POL (Pr= <0.0001) were found. The initial number of fruits POL ranged from 1.6 to 2.8 inflorescence-1 fruits while the fruits PRT about 4-6 fruits. Final number of fruits POL was 1.6 2 inflorescence fruit<sup>-1</sup> (Table 2).

Fruit production was significant in E1 (Pr= 0.0041) and E3 (Pr= 0.0050). For a year "on" in E1 trees with P-Ca, 500 mg L<sup>-1</sup> (4 x, 0 + 10 + 20 + 30 ddp) produced 63 kg and 75 kg with PBZ, 2 500 mg L<sup>-1</sup> (1 x 30 ddp), whereas the control produced 38 kg. At E3, production was 74 and 80 kg tree<sup>-1</sup> treatment with 500 mg L<sup>-1</sup> P-Ca (1 and 3 x ranging from 1-20 ddp, respectively) and a similar performance with PBZ (80 kg) in the control trees produced 47 kg (Figure 2). It was an increase in the production of fruit tree-1 40-50% with P-Ca 500 mg L<sup>-1</sup> (4 x) and PBZ 2 500 (1 x), respectively compared



**Figura 2. Producción de fruta en árboles de mango ‘Ataulfo’.** A) P-Ca 4x de cada dosis ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) a 0+10+20+30 ddp. B) P-Ca ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ); 1x a 0, 2x a 0+10 y 3x, a 0+10+20 ddp. Las barras en cada punto representan el promedio de 6 árboles por tratamiento  $\pm$  error estándar. Ciclo 2012-2013.

**Figure 2. Production of fruit trees mango ‘Ataulfo’.** A) P-Ca 4 x each dose ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) to 0 + 10 + 20 + 30 ddp. B) P-Ca ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ); 1 x 0, 2 x 0 + 10 3 x, 0 + 10 + 20 ddp. Bars at each point represents the average of 6 trees per treatment  $\pm$  standard error. Cycle 2012-2013.

### Ciclo 2013-2014

El primer flujo vegetativo se presentó del 17 de septiembre al 3 de octubre de 2013, mientras que el segundo inicio el 19 de nov. y terminó el 11 de dic. No hubo diferencias estadísticas entre tratamientos en los dos flujos presentados ni en longitud total (Figura 3).

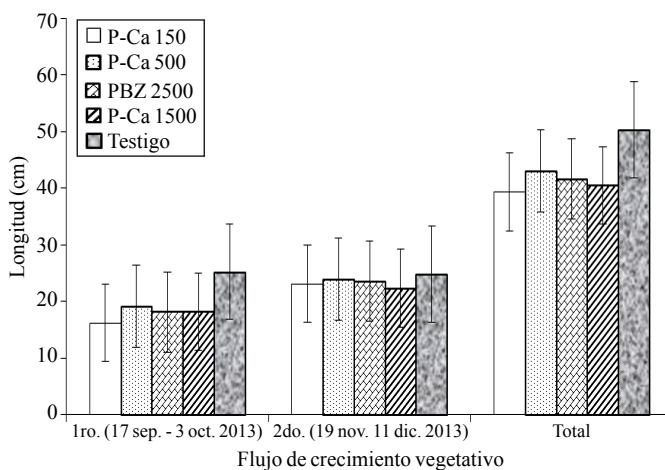
Respecto a brotación floral, en E4, se encontraron diferencias estadísticas en plena floración ( $\text{Pr}=0.0024$ ) y porcentaje ( $\text{Pr}=0.0040$ ). En un año “off”, plena floración se alcanzó entre 135 y 170 días. El porcentaje de floración fue de 55 a 92% (Cuadro 3).

La producción de fruto en un año off fue significativa con  $\text{Pr}=0.0092$ . En E4, la producción varió de 149 a 240  $\text{kg}\cdot\text{árbol}^{-1}$ , los tratamientos con reguladores tuvieron mayor producción de fruta pero solo P-Ca (1 500  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 1 x) y PBZ (2 500  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) fueron estadísticamente diferentes al testigo (Figura 4). En año “off”, la producción obtenida con P-Ca 1 500 (1 x a 30 ddp) y PBZ significó un incremento de aproximadamente 38% en ambos tratamientos respecto al testigo.

to the control. E1 and E3 the similar results were obtained with three applications of P-Ca 500  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  and PBZ, the increase of 36–40% was achieved in the different treatments compared to the control.

### Cycle 2013-2014

The first growing flow arose from september 17 to october 3, 2013, while the second started on 19 november and ended on 11 december. There were no statistical differences between treatments in the two flows presented either in total length (Figure 3).



**Figura 3. Longitud del brote vegetativo emergido después de la poda (24 julio) en árboles de mango ‘Ataulfo’.** P-Ca 150 y 500 ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) 3 x a 30+45+60 ddp y 1 500 1 x a 30 ddp. Las fechas corresponden al inicio y término de cada flujo. Las barras en cada punto representan el promedio de 24 brotes por tratamiento  $\pm$  error estándar. Ciclo 2013-2014.

**Figure 3. Length of vegetative shoot emerged after pruning (July 24) in mango trees ‘Ataulfo’.** P-Ca 150 and 500 ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) 3 x 30 + 45 + 60 ddp and 1500 1 x 30 ddp. The dates for the beginning and end of each flow. Bars at each point represents the average of 24 shoots per treatment  $\pm$  standard error. Cycle 2013-2014.

Regarding floral sprouting in E4, statistical differences in full bloom ( $\text{Pr}=0.0024$ ) and percentage ( $\text{Pr}=0.0040$ ) were found. In a year “off” full bloom was reached between 135 and 170 days. The flowering percentage was 55 to 92% (Table 3).

Fruit production in a year off was significant with  $\text{Pr}=0.0092$ . In E4, production ranged from 149 to 240  $\text{kg}\cdot\text{tree}^{-1}$  regulator treatments had higher fruit production but only P-Ca (1 500



**Cuadro 3. Días a brotación floración, adelanto e intensidad de floración en árboles de mango 'Ataulfo' con P-Ca. Ciclo 2013-2014.**

**Table 3. Days budding bloom, advancement and intensity of flowering in mango trees 'Ataulfo' with P-Ca. Cycle 2013-2014.**

Tratamiento	Plena brotación floral (ddp) <sup>z</sup>	Adelanto <sup>y</sup> (días)	Porcentaje (%)
P-Ca 150 (3 x) <sup>x</sup>	161 a <sup>w</sup>	9	55.0 b
P-Ca 500 (3 x)	150 ab	20	68.3 ab
PBZ 2500 (1 x)	145 b	25	86.7 ab
P-Ca 1500 (1 x)	135 b	35	92.2 a
Testigo	170 a		55.8 b
CV	8.7		26.2

<sup>z</sup>Plena brotación floración,  $\geq 80\%$ . Días después de la poda, ddp. <sup>y</sup>número de días respecto al testigo. <sup>x</sup>Tres aplicaciones= 3 x; una aplicación= 1 x. <sup>w</sup>medias con la misma letra dentro de columnas no son significativamente diferentes. Tukey  $p \leq 0.05$ .

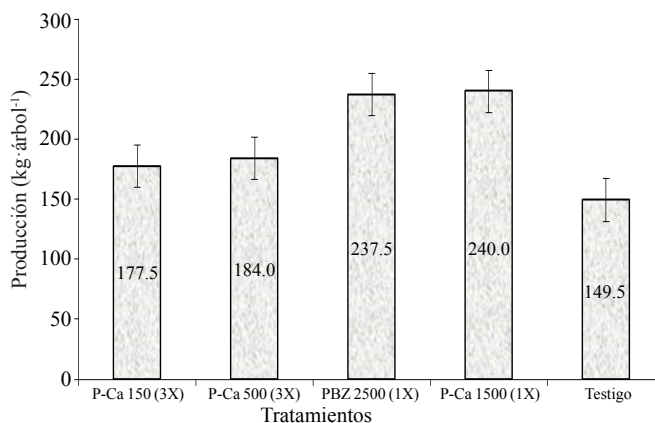
## Discusión

La baja respuesta de P-Ca para disminuir crecimiento vegetativo en el segundo flujo pudo deberse a que el producto tiene una vida media de 14 días en planta (Rademacher *et al.*, 2006) y la última aplicación había sido realizada aproximadamente 35 días antes. En E2, P-Ca probablemente continuaba activo en el segundo flujo ya que la última aplicación se había realizado apenas 10 días antes (22 de septiembre).

En E3 se observó una ligera reducción del brote en el primer flujo, pero en el segundo la longitud total fue similar entre los tratamientos incluyendo el testigo, probablemente influyó las dosis utilizadas (menores a las de E1 y E2) y el periodo (35 días) entre la última aplicación de P-Ca y la aparición del segundo flujo. Aparentemente, por ser un especie tropical podría requerir mayor dosis que en los templados o subtropicales donde con dosis más pequeñas si lograron reducir crecimiento vegetativo (Ramírez *et al.*, 2006; Garner *et al.*, 2010); además, el producto tiene muy poca duración (14 días) en planta (Rademacher *et al.*, 2006).

Los resultados coinciden con los obtenidos en frutales templados como manzana al aplicar P-Ca después de floración (2 y 4 x, a intervalos de 14-20 días) con resultados positivos en reducción de la longitud del brote (18-48 %

mg L<sup>-1</sup>, 1 x) and PBZ (2 500 mg L<sup>-1</sup>) They were statistically different from the control (Figure 4). In year "off", the output obtained with P-Ca 1500 (1 x 30 ddp) and PBZ meant an increase of approximately 38% in both treatments compared to the control.



**Figura 4. Producción de fruta en árboles de mango 'Ataulfo' con P-Ca.** Las barras en cada punto representan el promedio de 6 árboles por tratamiento  $\pm$  error estándar. Ciclo 2013-2014.

**Figure 4. Production of fruit trees mango 'Ataulfo' with P-Ca.** Bars at each point represents the average of 6 trees per treatment  $\pm$  standard error. Cycle 2013-2014.

## Discussion

The low P-Ca response to lower growth rate in the second stream could be because the product has a shelf life of 14 days in the plan (Rademacher *et al.*, 2006) and the last application was made about 35 days earlier. In E2, P-Ca probably still active in the second flow since the last application was made just 10 days before (september 22).

At E3 a slight reduction of the outbreak in the first flow was observed, but in the second the total length was similar between treatments including the control, probably influenced the doses used (under the E1 and E2) and the period (35 days) between the last application of P-Ca and the appearance of the second stream. Apparently, being a tropical species may require higher doses than in smaller doses where temperate and subtropical if they were able to reduce vegetative growth (Ramírez *et al.*, 2006; Garner *et al.*, 2010); In addition, the product has very short duration (14 days) on the ground (Rademacher *et al.*, 2006).

(Ramírez *et al.*, 2006; Cline *et al.*, 2008; Kiessling-Davison *et al.*, 2008) y pera al aplicar P-Ca durante y después floración (4X, a intervalos de 20 días) disminuyendo la longitud del brote de 24-50% (Asin *et al.*, 2007; Einhorn *et al.*, 2014) aunque con dosis más bajas (50 - 250 mg L<sup>-1</sup>) que las utilizadas en mango 'Ataulfo'. Menores crecimientos también se han reportado con PBZ en pera (Asin *et al.*, 2007), en nuestro estudio los mejores resultados se obtuvieron con P-Ca probablemente por el uso de dosis más altas que las utilizadas en pera.

El efecto de P-Ca radica en inhibir la síntesis de GAs activas al bloquear GA<sub>20</sub> 3β-hidroxilasa promoviendo la formación de GAs inactivas (Rademacher, 2000; Rademacher *et al.*, 2006). Manzana con 250 mg L<sup>-1</sup> de P-Ca, identificaron GAs A<sub>9</sub>, A<sub>20</sub>, A<sub>51</sub> y A<sub>53</sub>, mientras que en los brotes sin P-Ca identificaron GAs activas como A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub> y A<sub>7</sub> (Ramírez *et al.*, 2006). Aunque en nuestro estudio no se realizó la identificación de GAs, la reducción en el crecimiento total por la acción del P-Ca fue de 35%. En frutales subtropicales, los resultados fueron efectivos en reducir crecimiento de brotes después de poda en primavera especies como limón 'Eureka' pero no en naranjo 'Washington Navel' (Garner *et al.*, 2010) con 250 y 500 mg L<sup>-1</sup> en aplicaciones simples. En aguacate 'Hass' si hubo efecto con 250 mg L<sup>-1</sup> de P-Ca en tres aplicaciones (Mandemaker *et al.*, 2005; Garner *et al.*, 2010), lo que coincide con los resultados de este estudio al tener mayor reducción en aplicaciones repetidas P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>), lo que indica que en frutales subtropicales y tropicales la dosis debe ser mayor que en templados por el crecimiento vigoroso que presentan estas especies. Por otro lado, en mango Kent, se encontró una disminución del crecimiento vegetativo con P-Ca combinado con PBZ, pero no hubo respuesta al aplicarlo solo (Do Carmo-Mouco *et al.*, 2011).

En un año "off", la longitud de los brotes fue similar en ambos flujos, aunque se en el primero se observó un menor crecimiento con los reguladores, este no fue diferente al testigo. La longitud total en este ciclo fue similar entre los tratamientos. Lo anterior puede atribuirse que la presencia de temperaturas cálidas (>30 °C) y periodos de lluvia que se prolongaron de junio hasta diciembre, favoreciendo el crecimiento de los brotes. En mango el crecimiento vegetativo ocurre por flujos y el número de ellos aumenta conforme aumenta temperatura (Whiley *et al.*, 1989; Davenport, 2007).

Durante un año on, en E2 y E3 no hubo adelantos significativos en días a plena floración respecto al testigo y la floración fue abundante en todos los tratamientos. Para octubre de 2012,

The results agree with those obtained in temperate fruits like apple when P-Ca after flowering (2 and 4 x, at intervals of 14-20 days) with positive results in reducing the length of the outbreak (18-48%) (Ramírez *et al.*, 2006; Cline *et al.*, 2008; Kiessling-Davison *et al.*, 2008) and pear when P-Ca during and after flowering (4 x, every 20 days) by decreasing the length of the outbreak 24 -50% (Asin *et al.*, 2007; Einhorn *et al.*, 2014) but with lower doses (50-250 mg L<sup>-1</sup>) than those used in mango 'Ataulfo'. Lower growth have also been reported with PBZ pear (Asin *et al.*, 2007), in our study the best results were obtained with P-Ca probably use higher than the doses used in pear.

The effect of Ca-P resides in inhibiting the synthesis of active GAs by blocking GA<sub>20</sub> 3β-hydroxylase promoting the formation of inactive gas (Rademacher, 2000; Rademacher *et al.*, 2006). Apple with 250 mg L<sup>-1</sup> P-Ca, GAs identified A<sub>9</sub>, A<sub>20</sub>, A<sub>51</sub> and A<sub>53</sub>, while the shoots without P-Ca active GAs identified as A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub> and A<sub>7</sub> (Ramírez *et al.*, 2006). Although identifying GAs was not performed in our study, the reduction in the total growth by the action of P-Ca was 35%. In subtropical fruit, the results were effective in reducing shoot growth after pruning in spring species such as lemon 'Eureka' but not in orange 'Washington Navel' (Garner *et al.*, 2010) with 250 and 500 mg L<sup>-1</sup> applications simple. Avocado 'Hass' if there was an effect with 250 mg L<sup>-1</sup> P-Ca in three applications (Mandemaker *et al.*, 2005; Garner *et al.*, 2010), which coincides with the results of this study to have greater reduction in repeated applications P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>), indicating that in subtropical and tropical fruit dose must be greater than in temperate by strong growth presented by these species. On the other hand, Kent mango, found a decrease in vegetative growth with P-Ca combined with PBZ, but there was no response when applied alone (Do Carmo-Mouco *et al.*, 2011).

In a year "off", the length of the shoots was similar in both flows, although the first lower growth regulators noted, this was no different from the control. The total length in this cycle was similar between treatments. This can be attributed to the presence of warm temperatures (>30 °C) and periods of rain which lasted from June to December, favoring the growth of shoots. Mango vegetative growth occurs flows and their number increases with increasing temperature (Whiley *et al.*, 1989; Davenport, 2007).

One year on, in E2 and E3 were no significant advances in days to full bloom over the control and flowering was abundant in all treatments. By October 2012, the vegetative shoots in

los brotes vegetativos en todos los tratamientos incluyendo testigo se encontraban con la edad fisiológica requerida para ser inducidos. En mango, la floración está regulada por la edad del flujo vegetativo (Davenport, 2003). En E1, con dosis altas de P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>, 0+10+20+30 ddp) y PBZ (2500 mg L<sup>-1</sup>), se logró un adelanto en la floración con relación al testigo de aproximadamente 21 y 28 días, respectivamente. El porcentaje de floración se incrementó en todos los tratamientos, aunque con PBZ fue mayor (51%) respecto al testigo (39%).

La respuesta obtenida con PBZ coincide con numerosos estudios que avalan su efecto en adelantar y aumentar floración en muchos cultivares de mango incluyendo 'Ataulfo' (Singh y Bhattacharjee, 2005; Rebolledo *et al.*, 2008; Arzani *et al.*, 2009; Vázquez *et al.*, 2009b; Pérez-Barraza *et al.*, 2011; Martínez-Fuentes *et al.*, 2013; Samani, 2014). Aunque hay pocos reportes en mango con relación al uso de P-Ca, nuestros resultados coinciden con los reportados por Abdel Rahim *et al.* (2011) quienes encontraron en mango 'BaladiAbuZaid' y 'BaladiBurai' 40 días de adelantó en floración con P-Ca aplicado después de cosecha (18 de Julio); aunque, en variedades diferentes a 'Ataulfo'; no obstante, Do Carmo-Mouco *et al.* (2011) no encontraron respuesta en floración en mango 'Kent'.

Adil *et al.* (2011) indican que el efecto en floración encontrado en P-Ca estuvo relacionado con un incremento en el contenido de citocinina en yemas y hoja durante el periodo de inducción floral, mientras que los niveles de giberelinas y citocininas disminuyeron en el mismo periodo por efecto tanto de P-Ca como de PBZ favoreciendo floración. En nuestro estudio, el efecto en floración con P-Ca puede estar relacionado con la reducción en crecimiento vegetativo encontrado con 500 mg L<sup>-1</sup> (4 x, 1+10+20+30 ddp), lo que sugiere niveles bajos de giberelinas que favorecieron floración. A pesar de un año "off", se logró un adelanto en la floración en árboles con 500 (3 x, 30+45+60) y 1 500 (1 x) mg L<sup>-1</sup> de P-Ca (30 ddp) de 20 y 35 días, respectivamente con relación al testigo. PBZ (2500 mg L<sup>-1</sup>; 1X) adelantó 25 días.

En un año "off", que resultó en un floración irregular en la mayoría de los cultivares de mango en el Nayarit, incluyendo 'Ataulfo', dosis altas de P-Ca lograron igualar el efecto de PBZ en adelanto y porcentaje de floración. Por el contrario, dosis bajas de P-Ca (150 mg L<sup>-1</sup>, 3 x) no fueron capaces de mejorar floración por lo que árboles con este tratamiento presentaron una floración irregular similar a la obtenida en los testigo.

all treatments including witness were to physiological age to be induced. In mango, flowering is regulated by the age of vegetative flush (Davenport, 2003). In E1, with high doses of P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>, 0 + 10 + 20 + 30 ddp) and PBZ (2 500 mg L<sup>-1</sup>), a breakthrough was achieved in bloom against a control of about 21 and 28 days, respectively. The flowering percentage increased in all treatments, but with PBZ was higher (51%) compared to the control (39%).

The response obtained with PBZ coincides with numerous studies supporting its effect to advance and increase flowering in many mango cultivars including 'Ataulfo' (Singh and Bhattacharjee, 2005; Rebolledo *et al.*, 2008; Arzani *et al.* 2009; Vazquez *et al.*, 2009b; Pérez-Barraza *et al.*, 2011; Martínez-Fuentes *et al.*, 2013; Samani, 2014). Although there are few reports in mango regarding the use of P-Ca, our results agree with those reported by Abdel Rahim *et al.* (2011) who found in mango 'BaladiAbuZaid' and 'BaladiBurai' 40 days of flowering forward with P-Ca applied after harvest (July 18); although in different varieties 'Ataulfo'; However, Do Carmo-Mouco *et al.* (2011) found no response in flowering in mango 'Kent'.

Adil *et al.* (2011) indicate that the effect on flowering found in P-Ca was associated with an increase in the content of cytokinin in buds and leaf during the floral induction, while levels of gibberellins and cytokinins decreased in the same period effect both P-Ca as PBZ favoring flowering. In our study, the effect on bloom with P-Ca may be related to the reduction in vegetative growth found with 500 mg L<sup>-1</sup> (4 x 1 + 10 + 20 + 30 ddp), suggesting that low levels of gibberellins they favored flowering. Despite a year "off", a breakthrough was achieved in the flowering trees 500 (3 x 30 + 45 + 60) and 1 500 (1 x) mg L<sup>-1</sup> P-Ca (30 ddp) of 20 and 35 days respectively compared to the control. PBZ (2 500 mg L<sup>-1</sup>; 1 x) forward 25 days.

In a year "off", resulting in an irregular flowering in most mango cultivars in Nayarit, including 'Ataulfo', high doses of Ca-P equalized the effect of PBZ in advance and flowering percentage. Conversely, low doses of P-Ca (150 mg L<sup>-1</sup>, 3 x) were not able to improve flowering trees so this treatment had an irregular flowering similar to that obtained in the control.

At 45 days after full bloom all inflorescences with fruits POL regulator had more witnesses; which meant an increase from 27 to 43% relative to the control, but only P-Ca 500 mg L<sup>-1</sup> (3 x 30 + 45 + 60 ddp) and PBZ 2500 mg L<sup>-1</sup> (1 x 30 ddp) increased the final number shortly before harvest (15 days),

A los 45 días después de plena floración todas las inflorescencias con regulador tuvieron más frutos POL que los testigos; lo que significó un incremento 27-43% respecto al testigo, pero solo P-Ca 500 mg L<sup>-1</sup> (3 x, 30+45+60 ddp) y PBZ 2 500 mg L<sup>-1</sup> (1 x, 30 ddp) incrementaron el número final poco antes de cosecha (15 días), lo que se flejó en 38%. Respecto a frutos PRT, los árboles con P-Ca 500 mg L<sup>-1</sup> (3 x) y PBZ (1X) produjeron menor número de frutos con relación al testigo. Los resultados obtenidos coinciden en parte con otros autores en especies como manzano (Ramírez *et al.*, 2006) y en tropicales como los obtenidos en aguacate 'Hass' por Garner *et al.* (2010). No obstante, existen opiniones contrastantes al respecto.

Por un lado, en templados como manzano se reporta un incremento en amarre de fruto (Ramírez *et al.*, 2006), mientras que en pera 'Blanquilla' y 'D'Anjou' no encontraron efecto en esta variable (Asin *et al.*, 2007; Einhorn *et al.*, 2014). En subtropicales como aguacate 'Hass' Mandemaker *et al.* (2005) no tuvieron efecto en amarre de fruto; mientras que Garner *et al.* (2010) en el mismo cultivar, lograron un incremento en amarre de frutos cuando se aplicó durante floración y amarre sugiriendo que el aumento pudo haber sido al inhibir la síntesis de etileno, otro efecto inhibitorio de P-Ca según (Rademacher *et al.*, 2006; Rademacher, 2014), aunque este efecto no fue estudiado en aguacate.

En tropicales como mango, 'BaladiAbuZaid', 'BaladiBurai' y 'Kent' no se reporta efecto en amarre de fruto (Abdel Rahim *et al.*, 2011; Do Carmo-Mouco *et al.*, 2011); pero en nuestro estudio si se logró incrementar el amarre final, lo que indica que el efecto depende de la especie, dosis y probablemente la etapa fenológica en que se aplica. Sorpresivamente, en este estudio se observó una tendencia a una menor producción de frutos PRT en árboles con tres aplicaciones de P-CA (500 mg L<sup>-1</sup>) y en aquellos con una sola de PBZ (2500 mg L<sup>-1</sup>), lo que significó una producción de frutos de mayor valor comercial.

La mayor producción obtenida en E1 y E3 estuvo relacionada con el aumento en el porcentaje de floración y el amarre de frutos logrado por los mismos tratamientos, debido al efecto de los reguladores probablemente inhibiendo síntesis de giberelinas y modificando traslocación de asimilados del ápice hacia otros puntos como frutos en desarrollo (Ramírez *et al.*, 2014). Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado en templados como manzano (Costa *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2006) aunque con menor dosis (150 y 250 mg L<sup>-1</sup>, 1 x) que las usada en mango 'Ataulfo' y con lo reportado en aguacate 'Hass' por Garner *et al.* (2010) con dos y tres aplicaciones de 150 y 250 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

which was reflected in 38%. Regarding PRT fruits, trees with P-Ca 500 mg L<sup>-1</sup> (3 x) and PBZ (1X) they produced fewer fruits relative to the control. The results overlap with others in species such as apple (Ramírez *et al.*, 2006) and tropical as obtained in 'Hass' avocado by Garner *et al.* (2010). However, there are contrasting opinions about it.

On one hand, in temperate as apple increased fruit set (Ramírez *et al.*, 2006) it is reported, while in pear 'Blanquilla' and 'D'Anjou' found no effect on this variable (Asin *et al.*, 2007; Einhorn *et al.*, 2014). In subtropical and 'Hass' avocado Mandemaker *et al.* (2005) had no effect on fruit set; while Garner *et al.* (2010) in the same cultivar, they achieved an increase in fruit set when applied during bloom and mooring suggesting that the increase may have been by inhibiting the synthesis of ethylene, another inhibitory effect of P-Ca as (Rademacher *et al.*, 2006, Rademacher, 2014), although this effect was not studied in avocado.

In tropical mango, 'BaladiAbuZaid' 'BaladiBurai' and 'Kent' reported no effect on fruit set (Abdel Rahim *et al.*, 2011; Do Carmo-Mouco *et al.*, 2011); but in our study if it was able to increase final fruit, indicating that the effect depends on the species, dose and probably the phenological stage in which it is applied. Surprisingly, in this study a trend towards lower production of fruits PRT in trees with three applications of P-CA (500 mg L<sup>-1</sup>) and those with one of PBZ (2 500 mg L<sup>-1</sup>) was observed, that meant a production of higher-value fruit.

Most production in E1 and E3 was related to the increase in the percentage of flowering and fruit set managed by the same treatments, due to the effect of regulatory probably by inhibiting synthesis of gibberellins and modifying translocation of assimilates from the apex to other points and developing fruit (Ramírez *et al.*, 2014). The results coincide with those reported in temperate as apple (Costa *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2006) but with lower dose (150 and 250 mg L<sup>-1</sup>, 1 x) that used in mango 'Ataulfo' and those reported in avocado 'Hass' by Garner *et al.* (2010) with two and three applications of 150 and 250 mg L<sup>-1</sup>, respectively. In orange 'Washington Navel' reported a reduction in production and fruit size with an application of 500 mg L<sup>-1</sup>, contrary to what obtained in mango 'Ataulfo' at higher doses, which could be due to an increased requirement for P-Ca for the effect on 'Ataulfo' is revealed to be a tropical species. PBZ results corroborate with the effect obtained and reported in many mango cultivars including 'Ataulfo' as mentioned above.

En naranjo 'Washington Navel' se reporta una reducción en la producción y tamaño de fruto con una aplicación de 500 mg L<sup>-1</sup>, contrario a lo obtenido en mango 'Ataulfo' con dosis más altas, lo cual pudiera deberse a un mayor requerimiento de P-Ca para que se manifieste el efecto en 'Ataulfo' por ser una especie tropical. Los resultados con PBZ corroboran el efecto obtenido y reportado en muchos cultivares de mango incluyendo 'Ataulfo' como se mencionó anteriormente.

## Conclusiones

Tres aplicaciones de P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>, 30+45+60 ddp) reducen el crecimiento vegetativo total (suma de dos flujos) en mango 'Ataulfo'. Esta misma dosis o una sola aplicación (1 500 mg L<sup>-1</sup>, 30 ddp) es suficiente para igualar o incluso superar en algunos casos el efecto de PBZ en intensidad y época de floración, logrando floraciones abundantes y anticipadas. En un año "off", el efecto en floración es mayor con cualquiera de los reguladores.

Existe una tendencia a reducir la producción de frutos partenocárpicos con P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup> (3 x, 30+45+60 ddp), y PBZ 2500 mg L<sup>-1</sup> aplicado al suelo 30 días después de la poda.

En ambos ciclos evaluados, pero sobretodo en un año off, P-Ca se muestra como un posible sustituto de PBZ para reducir crecimiento vegetativo, incrementar y adelantar floración, y producción de fruto.

Aparentemente se requieren mayores dosis de P-Ca en mango, por ser una especie tropical, que en frutales templados para lograr el efecto deseado.

## Literatura citada

- Abdel-Rahim, A. O. S.; Elamin, O. M. and Bangerth, F. K. 2011. Effects of growth retardants, paclobutrazol (PBZ) and prohexadione-Ca on floral induction of regular bearing mango (*Mangifera indica* L.) cultivars during off season. *ARPN J. Agric. Biol. Sci.* 6:1990-6145.
- Arzani, K.; Bahadori, F. and Piri, S. 2009. Paclobutrazol reduces vegetative growth and enhances flowering and fruiting of mature 'J.H. Hale' and 'Red Skin' peach trees. *Hort. Environ. Biotechnol.* 50:84-93.
- Asin, L.; Alegre, S. and Montserrat, R. 2007. Effect of paclobutrazol, prohexadione-Ca, deficit irrigation, summer pruning and root pruning on shoot growth, yield, and return bloom, in 'Blanquilla' pear orchard. *Sci. Hortic.* 113:142-148.

## Conclusions

Three applications of P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup>, 30 + 45 + 60 ddp) reduce the total vegetative growth (sum of two streams) in mango 'Ataulfo'. This same dose or a single application (1 500 mg L<sup>-1</sup>, 30 ddp) is sufficient to meet or even exceed in some cases the effect of PBZ in intensity and flowering season, making abundant and early flowering. In a year "off", the effect is greater flowering with any of the regulators.

There is a tendency to reduce the production of parthenocarpic fruits with P-Ca (500 mg L<sup>-1</sup> (3 x 30 + 45 + 60 ddp) and PBZ 2 500 mg L<sup>-1</sup> applied to the soil 30 days after pruning.

In both cycles evaluated, but especially in a year off, P-Ca is shown as a possible replacement for PBZ to reduce vegetative growth, increase and advance flowering and fruit production.

Apparently higher doses of P-Ca are required in handle, a tropical species, temperate fruit to achieve the desired effect.

*End of the English version*



- Cline, J. A.; Embree, C. G.; Hebb, J. and Nichols, D. S. 2008. Performance of prohexadione-calcium on shoot growth and fruit quality of apple - Effect of spray surfactants. *Can. J. Plant Sci.* 88:165-174.
- Costa, G.; Andreotti, C.; Spinelly, F. and Rademacher, W. 2006. Prohexadione-Ca: More than a growth regulator for pome fruit trees. *Acta horticulturae.* 727:107-116.
- Dalziel, J. and Lawrence, D. K. 1984. Biochemical and biological effects of kaurene oxidase inhibitors, such as paclobutrazol. *BPGRG, Monograph.* 11:43-57.
- Davenport, T. L. 2003. Management of flowering in three tropical and subtropical fruit tree species. *HortSci.* 38:1331-1335.
- Davenport, T. L. 2007. Reproductive physiology of mango. *Braz. J. Plant Physiol.* 19:363-376.
- Do Carmo-Mouco, M. A.; Ono, E. O. e Rodriguez, J. D. 2011. Controle do crescimento vegetativo e floração de mangueiras cv. Kent com reguladores de crescimento vegetal. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal.* 33:1043-1047.
- Einhorn, T. C.; Pasa, M. S. and Turner, J. 2014. 'D'Anju' pears hoot growth and return Bloom, but not fruit size, are reduced by prohexadione-Calcium. *HortSci.* 49:180-187.
- Garner, L. C.; Zheng, Y.; Khuong, T. and Lovatt, C. J. 2010. Prohexadione-Calcium affects shoot growth of evergreen subtropical woody perennials differently than deciduous temperate zone woody perennials - Is it a case of apples and oranges. *Acta Hortic.* 884:249-256.
- Hedden, P. and Graebe, J. E. 1985. Inhibition of gibberellin biosynthesis by paclobutrazol in cell-free homogenates of *Cucurbita maxima* endosperm and *Malus pumila* embryos. *J. Plant. Growth Reg.* 4:111-122.

- Kiessling-Davison, C. M.; Magaña-Magaña, J. E.; Segovia-Lerma, A.; Obando-Rodríguez, A. J. y Villareal-Ramírez, V. H. 2008. Prohexadione de calcio como regulador de crecimiento en el manzano (*Malus domestica* Borkh.) "Golden Delicious", Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. Tecno Ciencia Chihuahua. 1:7-12.
- Mandemaker, A. J.; Cutting, J. G. M.; Smith, D. B. and Dixon, J. 2005. Effect of prohexadione-ca on shoot growth, fruit set and retention in 'Hass' avocado in New Zealand. New Zealand Avocado Grower's Association Annual Research Report. 5:35-42.
- Martínez-Fuentes, M.; Mesejo, C.; Muñoz-Fambuena, N.; Reig, C.; Gonzalez-Mas, M. C.; Iglesias, D. J.; Primo-Millo, E. and Agusti, M. 2013. Fruit load restricts the flowering promotion effect of paclobutrazol in alternate bearing *Citrus* spp. Scientia Hort. 151:122-127.
- Pérez-Barraza, M. H.; Osuna-García, J. A.; Sánchez-Lucio, R. y Vázquez-Valdivia, V. 2011. El paclobutrazol como promotor de la floración en mango 'Manila', aun sin condiciones ambientales inductivas. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 17:47-52.
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51:501-31.
- Rademacher, W.; Spinelli, F. and Costa, G. 2006. Prohexadione-Ca: Modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. Acta Hort. 727:97-106.
- Rademacher, W. 2014. Prohexadione-Ca and trinexapac-ethyl: similarities in structure but differences in biological action. Acta Hort. 1042:33-42.
- Ramírez, H.; Alonso, S. and Benavides, A. 2006. Prohexadione-Ca modifies growth and endogenous hormones in the shoot apex in apple trees. Acta Hort. 727:117-123.
- Ramírez, H.; Sánchez-Canseco, J. C.; Ramírez-Pérez, L. J. and Benavides, A. 2014. Significance of hormones on flower bud initiation and fruit quality in apple: our expertise. Acta Hort. 1042:73-78.
- Rebolledo, M. A.; Del-Angel, P. A. L. and Rey, M. J. 2008. Effect of paclobutrazol and KNO<sub>3</sub> over flowering and fruit quality in two cultivars of mango Manila. Interciencia. 33:518-522.
- Samani, E. B. 2014. Effects of paclobutrazol on vegetative and reproductive characteristics of peach (*Prunus persica* L.) cv. 'Kardi'. Agric. Comm. 2:37-42.
- Singh, V. K. and Bhattacharjee, A. K. 2005. Genotypic response of mango yield to persistence of paclobutrazol in soil. Scientia Hort. 106:53-59.
- Vázquez, V. V.; Pérez, B. M. H.; Osuna, G. J. A. y Urías, L. M. A. 2009a. Intensidad de poda sobre el vigor, producción y peso del fruto, del mango 'Ataulfo'. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 15:127-132.
- Vázquez V. V.; Pérez, B. M. H.; Osuna, G. J. A. y Urias, L. M. A. 2009b. Manejo integral de huertos de mango 'Ataulfo' con altas densidades de plantación. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 15:155-160.
- Whiley, A. W. 1993. Environmental effects on phenology and physiology of mango: a review. Acta Hort. 341:168-176.
- Whiley A. W.; Rasmussen, T. S.; Saranah, J. B. and Wolstenholme, B. N. 1989. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. J. Hort. Sci. 64:753-765.
- Wilkie, J. D.; Sedgley, M. and Olesen, T. 2008. Regulation of initiation in horticultural trees. J. Exp. Bot. 59:3215-3228.
- Yeshitela, T.; Robbertse, P. J. and Stassen, P. J. C. 2005. Effects of pruning on flowering, yield and fruit quality in mango (*Mangifera indica*). Australian Journal of Experimental Agriculture. 45:1325-1330.