

La prohexadiona de calcio (P-CA): una alternativa hormonal viable en chile habanero*

Prohexadione calcium (P-CA): a viable alternative hormonal habanero hot pepper

Homero Ramírez^{1§}, Joaquín Mendoza-Castellanos¹, Mario Ernesto Vázquez-Badillo¹ y Alejandro Zermeño-González¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista. Saltillo. Coahuila C. P. 25315. México. (joakinmzcs@gmail.com; marioe.vazquez@hotmail.com; azermenog@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: hrr_homero@hotmail.com.

Resumen

La siembra de chile habanero en México aumentó en años recientes. La demanda de esta hortaliza a nivel mundial exige la aplicación de nuevas técnicas que permitan mejorar su rendimiento y calidad. Una opción es el uso de bioreguladores. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del retardante prohexadiona de calcio (P-Ca) sobre el desarrollo vegetativo, rendimiento y niveles de antioxidantes en chile habanero variedad Jaguar. El experimento se estableció con un diseño completamente al azar con 3 repeticiones por tratamiento durante el año 2014 en la UAAAN en Saltillo, Coahuila, en condiciones de invernadero. Las concentraciones de P-Ca fueron: 0 (testigo agua), 50, 100 y 150 mg L⁻¹ en 1 y 2 aplicaciones. La primera se realizó cuando las plantas mostraron el primer primordio floral y 15 días después se realizó la segunda. Los resultados indican que P-Ca redujo hasta un 52% y 30.5% en la altura y diámetro del tallo respectivamente. La mayoría de los tratamientos con P-Ca aumentaron el número de flores, frutos por planta y rendimiento; el contenido de antioxidantes en frutos maduros. P-Ca a 150 mg L⁻¹ fue el tratamiento que provocó el mayor contenido de capsaicina, carotenos totales y vitamina C en los frutos. Se considera que P-Ca tiene potencial para utilizarse como alternativa para mejorar el rendimiento y calidad del chile habanero.

Abstract

The habanero hot pepper planting in Mexico increased in recent years. The demand for this vegetable worldwide requires the application of new techniques to improve their performance and quality. One option is the use of bioregulators. The aim of this study was to determine the effect of retardant prohexadione calcium (P-Ca) on vegetative growth, yield and antioxidant levels in habanero hot pepper variety Jaguar. The experiment was a completely randomized design with 3 replicates per treatment during 2014 in UAAAN in Saltillo, Coahuila, under greenhouse conditions. Concentrations of P-Ca were: 0 (water control), 50, 100 and 150 mg L⁻¹ in 1 and 2 applications. The first took place when the plants showed the first floral primordia and 15 days after the second was performed. The results indicate that P-Ca decreased to 52% and 30.5% in height and stem diameter respectively. Most P-Ca treatments increased the number of flowers, fruits per plant and yield; the content of antioxidants in ripe fruits. P-Ca 150 mg L⁻¹ was the treatment that caused the highest content of capsaicin, total carotenoids and vitamin C in fruits. It is considered that P-Ca has potential for use as an alternative to improve performance and quality of habanero hot pepper.

Keywords: *Capsicum chinense* Jacq., capsaicin, performance, total carotenoids, vitamin C.

Palabras claves: *Capsicum chinense* Jacq., capsaicina, carotenoides totales, rendimiento, vitamina C.

Introducción

Los chiles son conocidos por su riqueza en micronutrientes y compuestos bioactivos (compuestos fenólicos), por lo que su consumo ha sido claramente reconocido como factor importante para la buena salud (Rodríguez *et al.*, 2012). Los antioxidantes en chiles son numerosas y destacan, el ácido ascórbico, flavonoides, capsaicinoides, y una amplia variedad de ácidos fenólicos (Howard *et al.*, 2000). Su sabor picante está relacionado con la concentración de cinco compuestos: capsaicina, nordihidrocapsaicina, dihidrocapsaicina, homocapsaicina y homodihidrocapsaicina, los cuales se clasifican como capsaicinoides (Karjewska, 1988; Antonious *et al.*, 2006, 2009). Vázquez-Flota *et al.* (2007) mencionan que existen 20 diferentes tipos de estos compuestos en chiles. La capsaicina y la dihidrocapsaicina son los capsaicinoides dominantes detectados en diferentes tipos de chile picante (Antonious *et al.*, 2006).

Los colores amarillo, naranja y rojo en frutos de *capsicum* son originados por los carotenoides producidos durante la maduración, los cuales tienen un inmenso valor nutricional como provitamina A y antioxidantes. Los β -carotenos son precursores de los pigmentos naranja y rojo en chiles. Los chiles con altas concentración de β -carotenos demostraron ser ricos en carotenoides totales (Wall *et al.*, 2001). Los chiles frescos son excelente fuente de ácido ascórbico, que participa en varios procesos antioxidantes de las plantas además de actuar en la prevención de enfermedades crónicas humanas, incluyendo ciertos tipos de cáncer, enfermedad coronaria, arteriosclerosis y cataratas (Howard *et al.*, 2000), por lo que resulta una buena alternativa el uso de bioreguladores como estimulantes de aumentar el contenido de antioxidantes en plantas, que a su vez, contribuyen a disminuir estrés fisiológico y mejorar la calidad nutracéutica en el fruto.

En años recientes el uso de biorreguladores y promotores de oxidación en tomate, brócoli y repollo han mostrado ser una alternativa para mejorar su producción y la calidad del producto cosechado (Ramírez *et al.*, 2009). El uso de estas sustancias tiene la ventaja de producir efectos que no son permanentes y por lo tanto, de ser modificados de acuerdo a las necesidades del horticultor (Ramírez, 2003). P-Ca es un retardante de crecimiento que se usa actualmente

Introduction

Chilies are known for their rich in micronutrients and bioactive compounds (phenolic compounds), so its consumption has been clearly recognized as an important factor for good health (Rodríguez *et al.*, 2012). Antioxidants in peppers are numerous and include, ascorbic acid, flavonoids, capsaicinoids, and a wide variety of phenolic acids (Howard *et al.*, 2000). Its pungency is related to the concentration of five compounds: capsaicin, nordihydrocapsaicin, dehydrocapsaicin, homocapsaicin and homodihydrocapsaicin, which are classified as capsaicinoids (Karjewska, 1988; Antonious *et al.*, 2006, 2009). Vázquez-Fleet *et al.* (2007) mention that there are 20 different types of these compounds in chiles. Dehydrocapsaicin capsaicin and capsaicinoids are the dominant detected in different types of hot peppers (Antonius *et al.*, 2006).

The colors yellow, orange and red capsicum fruits are caused by carotenoids produced during ripening, which have immense nutritional value as provitamin A and antioxidants. The β -carotene are precursors of orange and red pigments in chili peppers. Chilies with high concentration of β -carotene proved to be rich in total carotenoids (Wall *et al.*, 2001). Fresh chillies are excellent source of ascorbic acid, which is involved in various antioxidant processes of plants besides acting in the prevention of human chronic diseases, including certain cancers, coronary heart disease, arteriosclerosis and cataracts (Howard *et al.*, 2000), making it a good alternative bioregulators use as stimulants to increase the antioxidant content in plants, which in turn, help reduce physiological stress and improve quality nutraceutical fruit.

In recent years the use of bio-oxidation promoters and tomato, broccoli and cabbage have proved to be an alternative to improve production and quality of the harvested product (Ramírez *et al.*, 2009). The use of these substances has the advantage of producing effects are not permanent and therefore be modified according to the needs Horticulturist (Ramírez, 2003). P-Ca is a growth retardant currently used in fruit growing and is regarded as a promising alternative in modern horticulture (Ramírez *et al.*, 2010c). P-Ca (3-oxo-4-propionyl-5-oxo-3-cyclohexane-carboxylate) inhibits the biosynthesis of active gibberellins growth, reducing the longitudinal growth of shoots.

It has an effect in reducing vegetative growth in the plant, which stimulates a change in the translocation of assimilates and increased flower bud formation and therefore more

en la fruticultura y es considerado como una alternativa prometedora en la horticultura moderna (Ramírez *et al.*, 2010c). P-Ca (3-óxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexano-carboxilato) inhibe la biosíntesis de giberelinas activas de crecimiento, lo que reduce el desarrollo longitudinal de brotes.

Tiene un efecto en la reducción de crecimiento vegetativo en la planta, lo que estimula un cambio en la translocación de asimilados y un aumento en la formación de yemas florales y por lo tanto en más frutos por planta (Ramírez *et al.*, 2009). El uso de P-Ca en frutales incrementa los niveles de sólidos solubles, antocianinas y aromas en el producto cosechado y aumenta sustancialmente la capacidad antioxidante total y la concentración de licopeno en los grados de madurez; además, reduce los niveles de giberelinas biológicamente activas y aumenta los de citocininas en meristemos apicales en frutos de tomate (Ramírez *et al.*, 2010b; Ramírez *et al.*, 2005). En chile jalapeño incremento niveles de capsaicina y rendimiento por planta (Ramírez *et al.*, 2009).

Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de P-Ca sobre el fenotipo, rendimiento y calidad antioxidante del fruto en chile habanero cultivar Jaguar y generar una tecnología para el potencial uso de Prohexadiona de Ca en la producción de chile habanero. La hipótesis planteada fué que P-Ca modifica el fenotipo de la planta y calidad de fruto en chile habanero variedad Jaguar.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México, en condiciones de invernadero, localizado a 25° 23' latitud norte y 101° 01' latitud oriente, con una altitud de 1 743 msnm. Se utilizó semilla de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) variedad Jaguar. Las semillas fueron sembradas el día 30 de mayo de 2014 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando peat moss premier mix como sustrato. El trasplante se realizó el 11 de julio de 2014, cuando las plantas presentaron una altura de 10 cm dentro de un invernadero tipo cenital de estructura metálica con láminas laterales de policarbonato y plástico blanco lechoso (calibre 720) en el techo.

Lo anterior se realizó en bolsas de plástico negro de 20 litros, se utilizó sustrato peat moss y perlita (70:30 v/v). Las bolsas con el material vegetativo fueron ordenadas a una distancia de 40 cm entre plantas y 70 cm entre hileras.

fruit per plant (Ramírez *et al.*, 2009). The use of P-Ca in fruit increases the levels of soluble solids, anthocyanins and aromas in the harvested product and substantially increases the total antioxidant capacity and concentration of lycopene in degrees of maturity; also it reduces levels of biologically active gibberellins and cytokinins increases in apical meristems in tomato fruit (Ramírez *et al.*, 2010b; Ramírez *et al.*, 2005). In jalapeno pepper capsaicin levels and increase yield per plant (Ramírez *et al.*, 2009).

Therefore the aim of this research was to evaluate the effects of P-Ca on the phenotype, performance and antioxidant fruit quality of habanero hot pepper grow Jaguar and generate a technology for potential use prohexadione of Ca in the production of habanero hot pepper. The hypothesis was that P-Ca changes the phenotype of the plant and fruit quality in habanero hot pepper variety Jaguar.

Materials and methods

The experiment was established at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro in Saltillo, Coahuila, Mexico, under greenhouse conditions, located at 25° 23' north latitude and 101° 01' latitude east, at an altitude of 1 743 meters. The habanero hot pepper seeds (*Capsicum chinense* Jacq.) Jaguar variety was used. The seeds were sown on May 30, 2014 in polystyrene trays of 200 cavities, using peat moss as a substrate mix premier. The transplant took place on July 11, 2014, when the plants had a height of 10 cm inside a greenhouse overhead type of metallic structure with side polycarbonate sheets and milky white plastic gauge (caliber 720) on the roof.

This was done in black plastic bags 20 L, substrate was used peat moss and perlite (70:30 v/v). The bags with vegetative material were arranged at a distance of 40 cm between plants and 70 cm between rows. When the plants had flower primordia foliar application with P-Ca at doses of 0 (control-water), 50, 100 and 150 mg L⁻¹ was performed. A second spray with P-Ca was carried out with the same concentrations 15 days after the first application. The variables evaluated were high growth rate and stem diameter, number of fruits, fruit length and yield per plant; capsaicin content, total carotenoids, vitamin C in ripe fruits. A completely randomized statistical design with 3 replicates per treatment was used. The results were analyzed with SAS statistical software version 9.1, for the analysis of variance and mean comparison by LSD ($p \leq 0.05$).

Cuando las plantas presentaron primordios florales se realizó la aplicación foliar con P-Ca a las dosis de 0 (control-agua), 50, 100 y 150 mg L⁻¹. Se realizó una segunda aspersión con P-Ca con las mismas concentraciones 15 días después de la primera aplicación. Las variables evaluadas fueron tasa de crecimiento de altura y diámetro de tallo, número de frutos, longitud de fruto y rendimiento por planta; contenido de capsaicina, carotenoides totales, vitamina C en frutos maduros. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con 3 repeticiones por tratamiento. Los resultados obtenidos fueron analizados con el programa estadístico SAS versión 9.1, para obtener el análisis de varianza y comparación de medias mediante LSD ($p \leq 0.05$).

Evaluación hortícola. La tasa de crecimiento de la planta en altura y diámetro de tallo se obtuvo al medirse semanalmente durante su ciclo biológico. Para medir la altura, se utilizó una cinta métrica con escala 0 a 2 m, midiendo desde la base del tallo hasta el ápice de la planta. El diámetro de tallo se midió en su parte media con un vernier a una escala de 0 a 10 cm. El número de flores por planta se registró en cada floración. La longitud y número de frutos, así como el rendimiento se determinaron en cada uno de los cuatro cortes y se sumaron al final. Para el pesado de los frutos se utilizó una báscula Ohaus modelo SP602, capacidad máxima 600 gramos con aproximación de 0.1 gramos.

Determinación de antioxidantes. El contenido de capsaicina en frutos se determinó con el método de Bennet y Kirby (1968). Se tomaron 5 frutos maduros por repetición por tratamiento, se liofilizaron y maceraron en mortero. Se pesó 1 g de muestra y se le agregaron 10 ml de etanol absoluto y se agitó la mezcla por 15 min. Se filtró en papel Whatman No. 1 y se aforó a 25 ml con etanol. La muestra se trasladó a un embudo de separación y se agregaron 2.5 ml de solución amortiguadora a pH de 2.8 más 0.5 ml de etanol, 20.5 ml de agua destilada y 10 ml de solución Adogen-Tolueno. Se agitó vigorosamente la mezcla por 1 min. Posteriormente, se determinó la absorbancia de la capsaicina en la fase orgánica en un espectrofotómetro (Thermo Electron Corporation Biomate 5) a una longitud de onda de 286 nm. Se realizó una lectura por repetición. Para determinar la concentración de capsaicina en las muestras, se construyó una curva de calibración con este antioxidante (Sigma, Co) en un intervalo de 0-0.40 mg ml⁻¹, disuelta en los disolventes mencionados.

La determinación del contenido de carotenoides totales en los tejidos se realizó utilizando la técnica descrita por Tomas (1975), con algunas modificaciones. Se pesaron 10 g de

Horticultural assessment. The growth rate of the plant height and stem diameter was obtained when measured weekly during their life cycle. To measure the height, a tape was used with scale from 0 to 2 m, measuring from the stem base to the apex of the plant. The stem diameter was measured in its middle part with a vernier on a scale of 0 to 10 cm. The number of flowers per plant was recorded in each bloom. The length and number of fruits and yield were determined in each of the four cuts and joined at the end. For heavy fruit Ohaus a scale model SP602, maximum capacity 600 grams with 0.1 grams approach was used.

Determination of antioxidants. The capsaicin content in fruits was determined by the method of Bennet and Kirby (1968). The 5 ripe fruits per repetition per treatment were made, lyophilized and macerated in mortar. A 1 g of sample was weighed and were added 10 ml of absolute ethanol and the mixture was stirred for 15 min. It was filtered on Whatman No. 1 and is gauged at 25 ml ethanol. The sample was transferred to a separatory funnel and 2.5 ml of buffer at pH 2.8 plus 0.5 ml of ethanol, 20.5 ml distilled water and 10 ml of solution adogen-toluene added. To 1 min the mixture was vigorously stirred. Subsequently, the absorbance of capsaicin was determined in the organic phase in a spectrophotometer (Thermo Electron Corporation Biomate 5) at a wavelength of 286 nm. A reading repetition was performed. To determine the concentration of capsaicin in the samples, a calibration curve was constructed with this antioxidant (Sigma, Co) in a range of 0 to 0.40 mg ml⁻¹, dissolved in the solvents mentioned.

Determination of total carotenoid content in tissues was performed using the technique described by Thomas (1975), with some modifications. A 10 g of fresh fruit were weighed and 50 ml of acetone was added and 24 h was left cooling. In a mortar and triturated liquid was filtered in gauze through a separatory funnel, the sample through a cheesecloth with 20 ml acetone washed four times. Was added 20 ml of petroleum ether and 100 ml of distilled water and mixed gently by separating the upper container layer carotenoid turned add 20 ml of petroleum ether and 100 ml of distilled water eight to nine times and It was added 10 ml of 40% NaOH. Subsequently the sample with 50 ml of distilled water was washed to remove 40% NaOH used as indicator phenolphthalein and 20 ml of sodium sulfate was added to 10%. The mixture was filtered through cheesecloth containing

fruto fresco y se agregó 50 ml de acetona y se dejó 24 h en refrigeración. En un mortero se trituró y el líquido se filtró en una gasa a través de un embudo de separación, se lavó la muestra a través de una gasa con 20 ml de acetona cuatro veces. Se le agregó 20 ml de éter de petróleo y 100 ml de agua destilada y se mezcló suavemente, al separar la capa superior contenedora de los carotenoides se volvió a agregar 20 ml de éter de petróleo y 100 ml de agua destilada de ocho a nueve veces y se le adicionó 10 ml de NaOH al 40%. Posteriormente se lavó la muestra con 50 ml de agua destilada para eliminar NaOH al 40% utilizado como indicador fenolftaleína y se agregó 20 ml de sulfato de sodio al 10%. La mezcla se filtró a través de una gasa que contenía sulfato de sodio anhidro y se tomó el volumen final de la solución. Se determinó la absorbancia de carotenoides en un espectrofotómetro (Thermo Electron Corporation Biomate 5) a una longitud de onda de 454 nm utilizando como blanco el éter de petróleo. El contenido de carotenoides totales se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\mu \text{ g carotenoides} / 100 \text{ g fruto} = (\%) \text{ ABS} \times 3857 \times V \times 100 / P$$

Donde: (%) ABS= por ciento de absorbancia; 3857= factor establecido; V= volumen medido de la probeta, y P= peso de la muestra en gramos.

El contenido de vitamina C en los frutos se determinó con la metodología reportada por Padayatt *et al.* (2001). Se pesaron 10 g de peso fresco de fruto y se colocaron en un mortero, se trituró con 10 ml de ácido clorhídrico al 2% (v/v). Se homogeneizó la mezcla en 40 ml de agua destilada. Se filtró a través de gasa y se colectó en un matraz Erlenmeyer. Se tomaron 10 ml del sobrenadante y se titularon con 2,6-diclorofenolindofenol (1 X 10⁻³ N), cuando la solución alcanzó un color rosa. El contenido de vitamina C se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Vitamina C (mg 100 g PF)} = (\text{ml utilizados de 2,6 diclorofenolindofenol} \times 0.088 \times \text{volumen total} \times 100) / (\text{volumen de la alícuota} \times \text{peso de la muestra}).$$

Resultados y discusión

Crecimiento de tallo

La altura de las plantas y el diámetro de tallo de chile habanero se redujeron significativamente ($p \leq 0.5$) a partir de la novena y cuarta semana respectivamente con las dosis

anhydrous sodium sulfate and the final volume of the solution was taken. The carotenoid absorbance was determined in a spectrophotometer (Thermo Electron Corporation Biomate 5) at a wavelength of 454 nm using as blank petroleum ether. The total carotenoid content was determined by the following formula:

$$\mu \text{ g carotenoides} / 100 \text{ g fruit} = (\%) \text{ ABS} \times 3857 \times V \times 100 / P$$

Where: (%) ABS= percent absorbance; 3857= factor established; V= measured volume of the specimen, and P= sample weight in grams.

The vitamin C content in the fruits was determined with the methodology reported by Padayatt *et al.* (2001). A 10 g fresh weight of fruit were weighed and placed in a mortar, triturated with 10 ml of hydrochloric acid 2% (v/v). The mixture in 40 ml of distilled water was homogenised. It was filtered through cheesecloth and collected in an Erlenmeyer flask. The 10 ml of the supernatant were taken and titrated with 2,6-dichlorophenol (1 X 10⁻³ N), when the solution reached pink. The vitamin C content was determined using the following formula:

$$\text{Vitamin C (mg 100 g PF)} = (\text{ml used 2.6 dichlorophenol} \times 0.088 \times \text{total volume} \times 100) / (\text{volume of the aliquot} \times \text{weight of sample}).$$

Results and discussion

Growth of stem

The plant height and stem diameter of habanero hot pepper were significantly reduced ($p \leq 0.5$) from the ninth and fourth week respectively with increasing doses of P-Ca when compared with the (Figures 1 and 2) control. This behavior was maintained in both tissues during the growth cycle. The maximum values observed reduction in growth were 52% in stem height and 30.5% in the diameter of that body when compared to the control. The prohexadione calcium is a growth retardant which inhibits the synthesis of biologically active gibberellins A₁, A₄, and A₇ (Brown *et al.*, 1997; Evans *et al.*, 1999). This effect is directly related to the reduction in vegetative growth observed in Figures 1 and 2, which reflects a decrease in cell elongation (Evans *et al.*, 1999; Rademacher y Kober *et al.*, 2003).

crecientes de P-Ca al compararse con el control (Figuras 1 y 2). Este comportamiento se mantuvo en ambos tejidos durante el ciclo de crecimiento. Los valores máximos observados en la reducción de crecimiento fueron de 52% en la altura del tallo y de 30.5% en el diámetro de ese órgano al compararse con el control. Prohexadiona de Calcio es un retardante de crecimiento que inhibe la síntesis de las giberelinas biológicamente activas GA_1 , GA_4 , y GA_7 (Brown *et al.*, 1997; Evans *et al.*, 1999). Este efecto se relaciona directamente con la reducción en el crecimiento vegetativo observado en las Figuras 1 y 2, el cual refleja una disminución en la elongación celular (Evans *et al.*, 1999; Rademacher y Kober *et al.*, 2003).

Ramírez *et al.* (2008) identificaron en ápices de tomate saladette y chile pimiento tratados con P-Ca las giberelinas biológicamente inactivas GA_{20} y GA_{53} , y demostraron el bloqueo de la síntesis de GA_1 , GA_4 y GA_7 las cuáles son responsables del crecimiento de tallo y diámetro en ambas especies. Este efecto de disminución de crecimiento se ha observado en chile mirador (Ramírez *et al.*, 2010a), tomate de cascara (Ramírez *et al.*, 2010c), chile jalapeño (Ramírez *et al.*, 2015) y frutales como manzano (Unrath 1999; Miller 2002; Basak 2007); y en ornamentales como petunia (Ilias y Rajapakse *et al.*, 2005). El efecto de P-Ca en el diámetro de tallo también se ha observado previamente en chile jalapeño (Ramírez *et al.*, 2015).

Al final del ciclo vegetativo, se observó en la mayoría de los tratamientos con P-Ca una tendencia a restaurar el crecimiento, aunque sin alcanzar al desarrollo de las plantas del control (Figuras 1 y 2). La restauración en el crecimiento del tallo principal y diámetro en la última etapa de desarrollo se ha observado en otras especies hortícolas tratadas con P-Ca, y se relaciona con el retorno de la síntesis de las giberelinas biológicamente activas en el ápice de esas plantas (Rademacher, 2004).

Floración, frutos y rendimiento

Se observó una tendencia a mayor número de flores por planta conforme se incrementó la concentración de P-Ca (Figura 3). La dosis del bioregulador a $50 \text{ mg L}^{-1} \times 2$ mostró la mayor floración y superó significativamente al control en 50%. Ramírez *et al.* (2009) mencionan que es probable que exista un sinergismo entre P-Ca y el aumento de citocininas en la yema estimulada a ser floral, condición que resulta en un mayor número de flores por planta. Ramírez *et al.* (2005) realizaron aplicación de diferentes concentraciones de P-Ca en híbridos de tomate y observaron que el retardante de crecimiento indujo

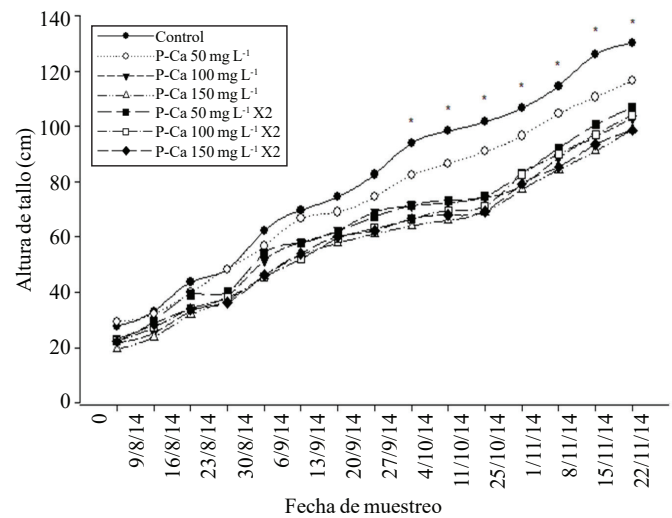


Figura 1. Efecto de prohexadiona de calcio sobre la tasa de crecimiento en altura del tallo en chile habanero var. Jaguar. Cada punto representa el promedio de nueve plantas. *indica diferencia estadísticamente significativa de acuerdo con la prueba de LSD ($p \leq 0.05$).

Figure 1. Effect of prohexadione calcium on the growth rate in stem height in habanero hot pepper var. Jaguar. Each point represents the average of nine plants. *indicates statistically significant difference according to the LSD test ($p \leq 0.05$).

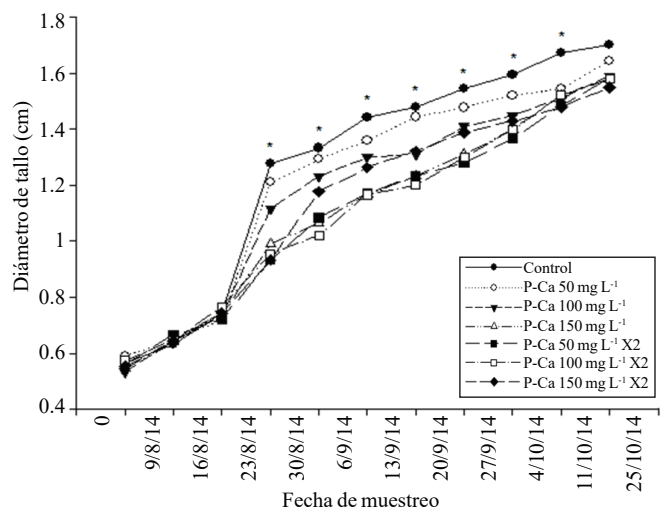


Figura 2. Efecto de prohexadiona de calcio sobre la tasa de crecimiento del diámetro del tallo en chile habanero var. Jaguar. Cada punto representa el promedio de nueve plantas. *indica diferencia estadísticamente significativa de acuerdo con la prueba de LSD ($p \leq 0.05$).

Figure 2. Effect of prohexadione calcium on the growth rate of stem diameter in habanero hot pepper var. Jaguar. Each point represents the average of nine plants. *indicates statistically significant difference according to the LSD test ($p \leq 0.05$).

un incremento significativo en el contenido de citocininas. Este efecto también se ha reportado en chile mirador en donde hubo un aumento en el número de flores (Ramírez *et al.*, 2010a); y en frutales como cereza (Elfving *et al.*, 2003), manzana, pera y ciruelo (Basak y Rademacher *et al.*, 1998).

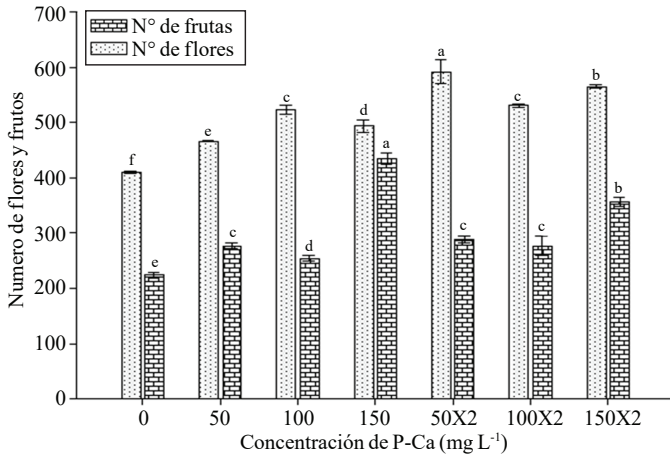


Figura 3. Efecto de prohexadiona de calcio sobre número de flores y frutos en chile habanero var. Jaguar. Barras con la misma letra son iguales (LSD $p \leq 0.05$).

Figure 3. Effect of prohexadione calcium on number of flowers and fruits habanero hot pepper var. Jaguar. Bars with the same letter are the same (LSD $p \leq 0.05$).

Al sumar el número de frutos en los cuatro cortes por planta efectuados, se observó que cualquier tratamiento con P-Ca superó significativamente al control (Figura 3). El tratamiento con P-Ca a 150 mg L⁻¹ causó el incremento más sobresaliente al duplicar prácticamente el número total de frutos del producido en el control. Cuando se aplicó la misma dosis de P-Ca en dos ocasiones, se alcanzó un incremento de 60% contra el control. El rendimiento por planta reflejó también el efecto anterior. La producción aumentó significativamente en todos los tratamientos con prohexadiona de calcio (Cuadro 1); sobresaliendo nuevamente los tratamientos con P-Ca a 150 mg L⁻¹ en una o dos aplicaciones en donde se observaron incrementos de 43% y 36% respectivamente al compararse con el control. El tamaño del fruto se redujo con la mayoría de las dosis con P-Ca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de P-Ca sobre la longitud de fruto y rendimiento en chile habanero var. Jaguar.
Table 1. Effect of P-Ca on fruit length and yield habanero hot pepper var. Jaguar.

Factor	P-Ca mg L ⁻¹							CV %
	Control	50	100	150	50X2	100X2	150X2	
Longitud de fruto	4.263 ^{ax}	4.049 ^{abc}	4.081 ^{ab}	4.136 ^a	4.068 ^{ab}	3.704 ^{bc}	3.632 ^c	6.151*
Rendimiento (g)	991.788 ^d	1225.908 ^{bx}	1117.587 ^c	1628.872 ^a	1211.368 ^b	1123.032 ^c	1232.713 ^b	1.631*

*, significativo a una $p \leq (0.05)$; C.V. : coeficiente de variación, ^a Valores con la misma letra en cada factor son iguales (LSD $p \leq 0.05$), cada factor representa el promedio de 9 plantas. X2= P-Ca aplicado dos veces.

Ramírez *et al.* (2008) identified in apexes of saladette tomato and chile pepper treated with P-Ca biologically inactive gibberellin GA₂₀ and GA₅₃, and demonstrated blocking the synthesis of GA₁, GA₄ and GA₇ which are responsible for the growth of stem and diameter in both species. This effect of decreased growth has been observed in mirador chilli (Ramírez *et al.*, 2010a), tomato peel (Ramírez *et al.*, 2010c), jalapeno pepper (Ramírez *et al.*, 2015) and fruits such as apple (Unrath 1999; Miller 2002; Basak 2007); and ornamental as petunia (Ilias and Rajapakse *et al.*, 2005). The effect of P-Ca in stem diameter also previously observed in jalapeno (Ramírez *et al.*, 2015).

At the end of the growth cycle, it was observed in most treatments P-Ca a tendency to restore growth, although not to the development of the control plants (Figures 1 and 2). Restoring growth of the main stem and diameter at the last stage of development has been observed in other horticultural species treated with P-Ca, and is related to the return of the synthesis of biologically active gibberellins at the apex of these plants (Rademacher, 2004).

Bloom, fruits and performance

A trend to greater number of flowers per plant was observed as the concentration of P-Ca (Figure 3) increased. Bioregulator dose to 50 mg L⁻¹ X 2 showed the highest flowering and significantly outperformed the control by 50%. Ramírez *et al.* (2009) state that is likely to be a synergism between P-Ca and increased bud cytokinins be stimulated floral, condition resulting in an increased number of flowers per plant. Ramírez *et al.* (2005) performed applying different concentrations of P-Ca in tomato hybrids and found that the growth retardant induced a significant increase in the content of cytokinins. This effect has also been reported in mirador chilli where there was an increase in the number of flowers (Ramírez *et al.*, 2010a); and fruits such as cherry (Elfving *et al.*, 2003), apple, pear and plum (Basak and Rademacher *et al.*, 1998).

Deka y Shadeque *et al.* (1996) mencionan que el rendimiento depende de la acumulación de fotoasimilados y particiones en diferentes partes de la planta. P-Ca es un retardante del crecimiento capaz de modificar la translocación de asimilados y la redistribución de la materia seca ocasionando con ello una mejora en el rendimiento (Chetti, 1991); además, estimula la inducción floral y cuajado de frutos (Ramírez *et al.*, 2010c; Ramírez *et al.*, 2005). El incremento en número de flores y frutos observados en la Figura 1 y el aumento en el rendimiento reportado en el Cuadro 1, sustentan lo anterior. La inhibición del crecimiento vegetativo posiblemente hizo disponibles mayores reservas de alimentos para el cuajado y desarrollo de frutos (Ma y Smith, 1992). Se han reportado trabajos con resultados similares en chile jalapeño con P-Ca en donde se observó un aumento en el rendimiento (Ramírez *et al.*, 2009; Ramírez *et al.*, 2010a; Ramírez *et al.*, 2015) y en tomate de cascara y saladette (Ramírez *et al.*, 2005; Ramírez *et al.*, 2010c). La reducción en la longitud del fruto causado por P-Ca podría estar ligada al notable incremento en el cuajado de fruto que se observó entre los tratamientos con el retardante de crecimiento; sin embargo, este fenotipo puede ser compensado con el enriquecimiento cualitativo del fruto cosechado como ya ha sido demostrado en cereza y otros frutales (Rademacher y Kober, 2003).

Antioxidantes

Capsaicina

La prohexadiona de Ca incrementó el contenido de capsaicina en frutos a cualquier dosis evaluada (Figura 4). El tratamiento con P-Ca a 150 mg L⁻¹ provocó el mayor contenido de capsaicina. La dosis a 50 mg L⁻¹ aplicados en una o dos ocasiones también ocasionaron incrementos substanciales en este antioxidante.

La información sobre los efectos de P-Ca en chile habanero es muy escasa; sin embargo, existen reportes de incrementos en el nivel de capsaicina en frutos de chile jalapeño tratado con P-Ca (Ramírez *et al.*, 2009; Ramírez *et al.*, 2010a). Es posible que prohexadiona de calcio modifique a nivel enzimático la ruta biosintética de los flavonoides, generando flavonoides modificados ligados a la actividad antioxidante en tejidos jóvenes (Rademacher, 2004; Ramírez *et al.*, 2010a). Se conoce la síntesis de capsaicina donde su estructura química consiste en un núcleo fenólico unido mediante un enlace amida a un ácido graso; en donde la porción fenólica es la vainillilamina, que se forma a partir de la fenilalanina por medio de la ruta de los fenilpropanoides y el ácido graso se

By adding the number of fruits per plant the four cuts made, it was observed that any treatment with P-Ca was significantly higher control (Figure 3). Treatment with P-Ca 150 mg L⁻¹ caused the most outstanding to practically double the total number of fruits produced in the control increase. When the same dose of P-Ca was applied twice, an increase of 60% was achieved against control. The yield per plant also reflected the above effect. Production increased significantly in all treatments with prohexadione calcium (Table 1); treatments with P-Ca 150 mg L⁻¹ in one or two applications where increases of 43% and 36% respectively were observed when compared with the control again. The fruit size was reduced with most doses with P-Ca (Table 1).

Deka and Shadeque *et al.* (1996) mention that the performance depends on the accumulation of photoassimilates and partitions in different parts of the plant. The P-Ca is a growth retardant capable of modifying the translocation of assimilates and redistribution of dry matter thereby causing an improvement in performance (Chetti, 1991); also stimulates flower induction and fruit set (Ramírez *et al.*, 2005; Ramírez *et al.*, 2010c). The increased number of flowers and observed in Figure 1 and the increase in reported in Table 1 yield fruits, the above support. Inhibition of vegetative growth possibly made available largest reserves of food for fruit set and fruit development (Ma and Smith, 1992). Have been reported jobs with similar results in jalapeno with P-Ca wherein an increase in performance was observed (Ramírez *et al.*, 2009; Ramírez *et al.*, 2010a; Ramírez *et al.*, 2015) and tomato peel and saladette (Ramírez *et al.*, 2005; Ramírez *et al.*, 2010c). The reduction in fruit length caused by P-Ca may be linked to the significant increase in fruit set observed between treatments with growth retardant; however, this phenotype can be offset by the qualitative enrichment harvested fruit as has already been demonstrated in cherry and other fruit (Rademacher and Kober, 2003).

Antioxidants

Capsaicin

The Prohexadione increased Ca content in fruits capsaicin any dose tested (Figure 4). Treatment with P-Ca 150 mg L⁻¹ caused the highest content of capsaicin. The dose 50 mg L⁻¹ applied in one or two occasions also caused substantial increases in this antioxidant.

forma a partir aminoácidos de cadena lateral ramificada, ya sea valina o leucina (Vázquez *et al.*, 2007). Se sugiere entonces que P-Ca podría prolongar este proceso resultando en mayor producción de capsaicina (Evans *et al.*, 1999).

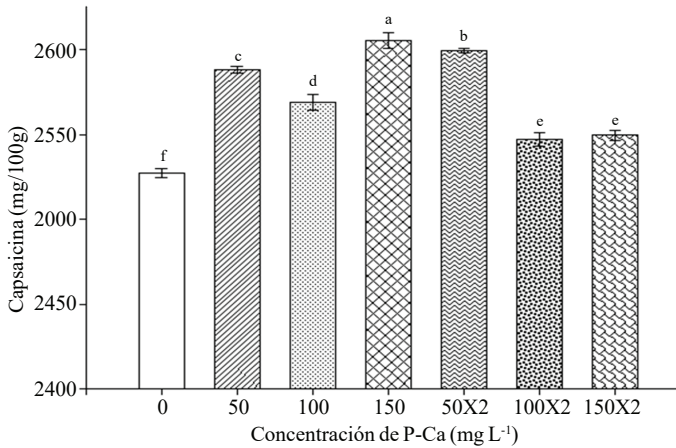


Figura 4. Efecto de prohexadiona de calcio sobre los niveles de capsaicina en frutos de chile habanero var. Jaguar. Cada barra representa la media de tres repeticiones. Barras con la misma letra son iguales (LSD $p \leq 0.05$).

Figure 4. Effect of prohexadione calcium on levels of capsaicin in fruits habanero hot pepper var. Jaguar. Each bar represents the mean of three replicates. Bars with the same letter are the same (LSD $p \leq 0.05$).

Carotenoides totales

La mayoría de los tratamientos con P-Ca modificaron el contenido de carotenoides totales en frutos de chile habanero (Figura 5). Este efecto fué mayor cuando se aplicó el P-Ca a las dosis de 50 mg L⁻¹ en una o dos aplicaciones causando un incremento de carotenoides totales de 22% y 38% respectivamente al compararse con el control.

La información sobre los posibles efectos y de prohexadiona de calcio sobre el metabolismo y síntesis de carotenos en frutos de chile habanero es muy limitada. En chile jalapeño se ha reportado evidencia de un incremento en carotenos con la aplicación de P-Ca. Este efecto es muy contundente con aumento en los niveles de luteolina en frutos maduros (Ramírez *et al.*, 2015). En tomate floradade P-Ca aumentó el contenido de licopeno en frutos maduros (Ramírez *et al.*, 2010b). El retardante de crecimiento provocó incrementos en el contenido de carotenoides, mejorando con ello el color de la cáscara de mandarina y naranja (Barry y Roux, 2010). Por lo tanto, es conveniente investigar más sobre la influencia de P-Ca en el metabolismo de maduración de frutos.

Information on the effects of P-Ca in habanero hot pepper is very low; however, there are reports of increases in the level of capsaicin in jalapeno fruits treated with P-Ca (Ramírez *et al.*, 2009; Ramírez *et al.*, 2010a.). May prohexadione calcium enzyme level modify the biosynthetic pathway of flavonoids, generating modified flavonoid linked to antioxidant activity in young tissues (Rademacher, 2004; Ramírez *et al.*, 2010a). Capsaicin synthesis where its chemical structure a phenolic nucleus is linked via an amide linkage to a fatty acid is known; wherein the phenolic portion is vainillilamina, which is formed from phenylalanine via the route fenilporpanoides and fatty acid is formed from amino acids branched side chain, either valine or leucine (Vazquez *et al.*, 2007). It suggested that P-Ca then could prolong this process resulting in increased production of capsaicina (Evans *et al.*, 1999).

Total carotenoid

Most P-Ca treatments modified the content of total carotenoids in fruits habanero hot pepper (Figure 5). This effect was greater when the P-Ca was applied to 50 mg L⁻¹ in one or two applications causing increased total carotenoid 22% and 38% respectively when compared with control.

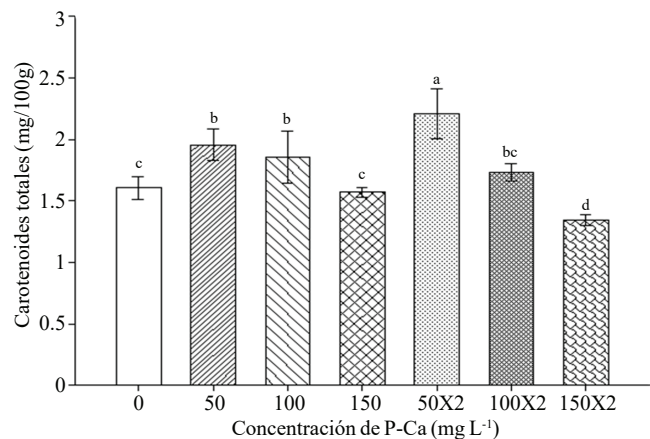


Figura 5. Efecto de prohexadiona de calcio sobre el contenido de carotenoides totales en frutos de chile habanero var. Jaguar. Cada barra representa la media de tres repeticiones. Barras con la misma letra son iguales (LSD $p \leq 0.05$).

Figure 5. Effect of prohexadione calcium on the content of total carotenoids in fruits habanero hot pepper var. Jaguar. Each bar represents the mean of three replicates. Bars with the same letter are the same (LSD $p \leq 0.05$).

Information on the possible effects and prohexadione calcium metabolism and synthesis of carotenoids in fruits of habanero hot pepper is very limited. In jalapeno it has

Vitamina C

La prohexadiona de calcio estimuló un aumento en el contenido de vitamina C en frutos maduros de chile habanero var. Jaguar (Figura 6). Los tratamientos con el bioregulador aplicados en las concentraciones de 100 y 150 mg L⁻¹ en una o dos asperciones causaron en promedio un aumento de 148% en el contenido de vitamina C al compararse con los frutos del control. Este efecto se observó previamente en chile jalapeño (Ramírez *et al.*, 2009; Ramírez *et al.*, 2010a) y en tomate de cascara (Ramírez *et al.*, 2010c). Rademacher y Kober (2003) mencionan que el etileno se genera a partir de ácido aminociclopropanocarboxílico (ACC) en una reacción catalizada por la ACC oxidasa. Esta es una dioxigenasa que requiere ácido ascórbico como un co-sustrato y P-Ca también es inhibidora para esta enzima. Por lo anterior, se plantea la hipótesis que P-Ca al inhibir la síntesis de etileno provoca una acumulación de ácido ascórbico ya que P-Ca compite por el sitio activo en la síntesis de etileno.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó esta investigación se concluye que P-Ca reduce el crecimiento de altura y diámetro de tallo; aumenta floración, número de frutos y rendimiento por planta y provoca un incremento en el contenido de capsaicina, carotenoides totales y vitamina C en frutos maduros de chile habanero var. Jaguar.

Literatura citada

- Antonious, G. F. and Jarret, R. L. 2006. Screening *Capsicum* accessions for capsaicinoids content. *J. Environ. Sci. Health Part B.* 41(5):717-729.
- Antonious, G. F.; Kochhar, T. S. and Jarret R. L. 2009. Pungency in *Capsicum chinense*: variation among countries of origin. *J. Environ. Sci. Health Part B.* 44(2):179-184.
- Barry, G. H. and Le Roux, S. 2010. Preharvest foliar sprays of prohexadione -calcium, a gibberellin-biosynthesis inhibitor, induce chlorophyll degradation and carotenoid synthesis in citrus rinds. *HortSci.* 45(2):242-247.
- Basak, A. 2007. The effect of prohexadione-Ca on shoot growth and cropping of young apple trees of Jonagold cv. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Ogrodnictwo.* 41: 261-268.
- Basak, A. and Rademacher, W. 1998. Growth regulation of pome and stone fruit trees by use of prohexadione-Ca. *In: XXV International Horticultural Congress, Part 4: Culture Techniques with Special Emphasis on Environmental Implications.* 514:41-50.

reported evidence of an increase in carotenenes with the application of P-Ca. This effect is very strong with increased levels of luteolin in ripe fruit (Ramírez *et al.*, 2015). Tomato Floradade P-Ca increased lycopene content in ripe fruit (Ramírez *et al.*, 2010b). The growth retardant caused increases in carotenoid content, thereby improving the color of tangerine peel and orange (Barry and Roux, 2010). Therefore, it should further investigate the influence of P-Ca metabolism fruit ripening.

Vitamin C

The prohexadione calcium stimulated an increase in the content of vitamin C in fruits ripe habanero hot pepper var. Jaguar (Figure 6). The bioregulator treatments applied in concentrations of 100 and 150 mg L⁻¹ in one or two asperciones caused on average 148% increase in vitamin C content when compared with control fruits. This effect was previously observed in jalapeno (Ramírez *et al.*, 2009; Ramírez *et al.*, 2010a) and tomato peel (Ramírez *et al.*, 2010c). Rademacher and Kober (2003) report that ethylene is generated from aminocyclopropanecarboxylic acid (ACC) in a reaction catalyzed by ACC oxidase. This is a dioxigenase which requires ascorbic acid as a co-substrate and P-Ca is also inhibitory for this enzyme. Therefore, the hypothesis that P-Ca by inhibiting the synthesis of ethylene causes an accumulation of ascorbic acid as P-Ca compete for the active site in the ethylene synthesis.

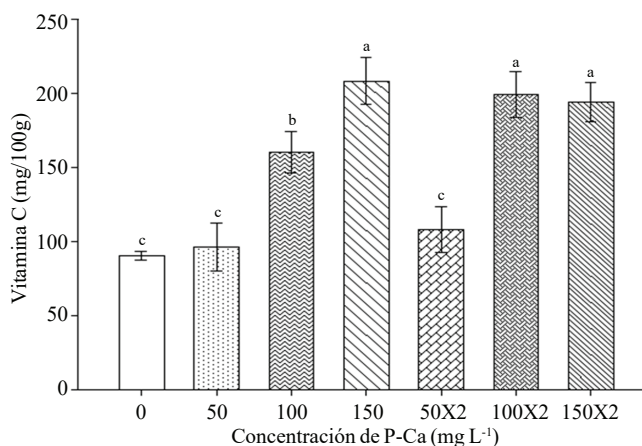


Figura 6. Efecto de prohexadiona de calcio sobre el contenido de vitamina C en frutos de chile habanero cv. Jaguar. Cada barra representa la media de tres repeticiones. Barras con la misma letra son iguales (LSD $p \leq 0.05$).

Figure 6. Effect of prohexadione calcium on the content of vitamin C in fruits of habanero hot pepper cv. Jaguar. Each bar represents the mean of three replicates. Bars with the same letter are the same (LSD $p \leq 0.05$).

- Bennett, D. J. and Kirby, G. W. 1968. Constitution and biosynthesis of capsaicin. *J. Chem. Soc. C: Organic*. 442-446 pp.
- Brown, R. G.; Kawaide, H.; Yang, Y. Y.; Rademacher, W. and Kamiya, Y. 1997. Daminozide and prohexadione have similar modes of action as inhibitors of the late stages of gibberellin metabolism. *Physiol. Plantarum*. 101(2):309-313.
- Chetti, M. B. 1991. Evaluation of Chamatkar on groundnut. *Pestology*. 15:43-50.
- Deka, P. C. and Shadeque, A. 1996. Effect of foliar sprays of cycocel (CCC) on the growth and yield of bell pepper. *Hort. J.* 9(2):144-147.
- Elfving, D. C.; Lang, G. A. and Visser, D. B. 2003. Prohexadione-Ca and ethephon reduce shoot growth and increase flowering in young, vigorous sweet cherry trees. *HortSci*. 38(2):293-298.
- Evans, J. R.; Ishida, C. A.; Regusci, C. L. and Rademacher, W. 1999. Mode of action, metabolism and uptake of BAS-125W, Prohexadione-calcium. *HortSci*. 34(7):1200-1201.
- Howard, L. R.; Talcott, S. T.; Brenes, C. H. and Villalon, B. 2000. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *J. Agric. Food Chem.* 48(5):1713-1720.
- Ilias, I. F. and Rajapakse, N. 2005. Prohexadione-calcium affects growth and flowering of petunia and impatiens grown under photoselective films. *Sci. Hortic.* 106(2):90-202.
- Krajewska, A. M. and Powers, J. J. 1988. Sensory properties of naturally occurring capsaicinoids. *J. Food Sci.* 53(3):902-905.
- Ma, B. L. and Smith, D. L. 1992. Growth regulator effects on aboveground dry matter partitioning during grain fill of spring barley. *Crop Sci.* 32(3):741-746.
- Miller, S. S. 2002. Prohexadione-calcium controls vegetative shoot growth in apple. *Journal of tree fruit production*. 3(1):11-28.
- Padayatt, S. J.; Daruwala, R.; Wang, Y.; Eck, P. K.; Song, J.; Koh, W. S. and Levine, M. 2001. Vitamin C: from molecular actions to optimum intake. *In: handbook of antioxidants*. Cadenzas, E.; Packer, I. (Eds). Second edition. CRC press. Washington DC, USA. 117-145 pp.
- Rademacher, W. 2004. Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. *Acta Hortic.* 653: 9-15.
- Rademacher, W. and Kober, R. 2003. Efficient use of prohexadione-Ca in pome fruits. *Eur. J. Horticultural Sci.* 68(3):101-107.
- Ramírez, H. 2003. El uso de hormonas en la producción de cultivos hortícolas para exportación. *In: Memoria del Tercer Simposio Nacional de Horticultura*. Saltillo, Coahuila, México. 1-22 pp.
- Ramírez, H.; Amado-Ramírez, C.; Benavides-Mendoza, A.; Robledo-Torres, V. y Martínez-Osorio, A. 2010a. Prohexadione-Ca, AG3, ANOXA y BA modifican indicadores fisiológicos y bioquímicos en chile Mirador. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16(2):83-89.
- Ramírez, H.; Camacho-Chávez, V. M.; Ramírez-Pérez, L. J.; Rancaño-Arrijoa, J. H.; Sepúlveda-Torre, L. y Robledo-Torres, V. 2015. La prohexadione-Ca provoca cambios en el crecimiento vegetativo, giberelinas, rendimiento y luteolina en chile jalapeño. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2(4):13-22.
- Ramírez, H.; Herrera-Gómez, B.; Benavides-Mendoza, A.; Rancaño-Arrijoa, J. H.; Álvarez-Mares, V.; Amado-Ramírez, C. y Martínez-Osorio, A. 2010b. Prohexadione de Calcio incrementa la capacidad antioxidante, el contenido de licopeno y la actividad enzimática en frutos de tomate Floradade. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16(3):155-160.

Conclusions

With the results obtained and the conditions under which it was conducted this investigation is concluded that P-Ca reduces the growth of stem height and diameter; increases flowering, fruit number and yield per plant; and it causes an increase in the capsaicin content, total carotenoids and vitamin C in ripe fruits habanero hot pepper of var. Jaguar.

End of the English version



- Ramírez, H.; Herrera-Gómez, B.; Méndez-Quiroa, Y. H.; Benavides-Mendoza, A.; Álvarez-Mares, V.; Rancaño-Arrijoa, J. H. y Villareal-Quintanilla, J. A. 2008. Prohexadione de calcio disminuye el contenido de giberelinas endógenas en ápices de tomate saladette y chile pimiento. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 14(2):193-198.
- Ramírez, H.; Méndez-Paredes, O.; Benavides-Mendoza, A. y Amado-Ramírez, C. 2009. Influencia de prohexadione-Ca y promotores de oxidación sobre el rendimiento, capsaicina y vitamina C en chile jalapeño. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 15(3):231-236.
- Ramírez, H.; Peralta-Manjarrez, R. M.; Benavides-Mendoza, A.; Sánchez-López, A.; Robledo-Torres, V. y Hernández-Dávila, J. 2005. Efecto de prohexadione-Ca en tomate y su relación con la variación de la concentración de giberelinas y citocininas. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 11(2):283-290.
- Ramírez, H.; Rivera-Cruz, C. E.; Benavides-Mendoza, A.; Robledo-Torres, V. y Reyna-Sustaita, G. 2010c. Prohexadione-Ca, una alternativa en la producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16(2):139-146.
- Rodríguez-Maturino, A.; Valenzuela-Solorio, A.; Troncoso-Rojas, R.; González-Mendoza, D.; Grimaldo-Juarez, O.; Aviles-Marin, M. and Cervantes-Diaz, L. 2012. Antioxidant activity and bioactive compounds of Chiltepin (*Capsicum annum* var. glabriusculum) and Habanero (*Capsicum chinense*): a comparative study. *J. Med. Plants Res.* 6(9):1758-1763.
- Tomas, P. 1975. Effect of post-harvest temperature on quality carotenoids and ascorbic content of Alphonso mangoes on ripening. *J. Food Sci.* 40(4):704-706.
- Unrath, C. R. 1999. Prohexadione-Ca: a promising chemical for controlling vegetative growth of apples. *HortSci*. 34(7):1197-1200.
- Vázquez-Flota, F.; Miranda-Ham, M. L.; Monforte-González, M.; Gutiérrez-Carbajal, G.; Velázquez-García, C. y Nieto-Pelayo, Y. 2007. La biosíntesis de capsaicinoides, el principio picante del chile. *Rev. Fitotec. Mex.* 30(4): 353-360.
- Wall, M. M.; Waddell, C. A. and Bosland, P. W. 2001. Variation in β -carotene and total carotenoid content in fruits of *Capsicum*. *HortSci*. 36(4):746-749.