

**PROHEXADIONA-CA, AG<sub>3</sub>, ANOXA Y BA MODIFICAN  
INDICADORES FISIOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS EN CHILE  
MIRADOR**

**CARLOS AMADO RAMÍREZ**

**TESIS**

*Presentada como Requisito Parcial para*

*Obtener el Grado de:*

**Maestro en Ciencias  
en Horticultura**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
PROGRAMA DE GRADUADOS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Septiembre de 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

**PROHEXADIONA-CA, AG<sub>3</sub>, ANOXA Y BA MODIFICAN INDICADORES  
FISIOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS EN CHILE MIRADOR**

TESIS POR

**CARLOS AMADO RAMÍREZ**

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada  
como requisito parcial, para optar al grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN HORTICULTURA**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:

\_\_\_\_\_

Dr. Homero Ramírez Rodríguez

Asesor:

\_\_\_\_\_

Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Asesor:

\_\_\_\_\_

Dr. Valentín Robledo Torres

\_\_\_\_\_

Dr. Jerónimo Landeros Flores

Director de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Septiembre de 2009

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, infinitamente a usted Señor Padre por darme la dicha de existir y por darme la capacidad intelectual para seguir estudiando.

A mi **Alma Terra Mater**, por darme la oportunidad de estudiar una Maestría en sus instalaciones, por sus servicios y por ser una Institución entregada al campo mexicano.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**), Gracias.

Con todo respeto al Dr. **Homero Ramírez Rodríguez**, primeramente por su apoyo y tiempo brindado durante el desarrollo de la investigación y durante la escritura del artículo científico y tesis. Pero sobre todo mi sincero agradecimiento por la confianza, por sus sugerencias y consejos brindados.

Al Dr. **Adalberto Benavides Mendoza**, Gracias, por su apoyo.

Al Dr. **Valentín Robledo Torres**, Gracias, por su apoyo.

Al Dr. **Juan Carlos Zúñiga Enríquez**, Gracias, por su apoyo y amistad.

Al Ing. **José Ángel de la Cruz Bretón**, Gracias, por apoyo y amistad.

A la Sra. **María Alicia de la Rosa Martínez**, Gracias, por apoyo y amistad.

A la T.L.Q. **Guillermina Reyna Sustaita**, Gracias, por su apoyo en el análisis de laboratorio.

A la Lic. **Sandra Roxana López Betancourt**, Gracias, por su apoyo en la estructuración de la tesis.

## DEDICATORIA

A mis Padres: **Sr. Alejandro Amado y Sra. Juana Ma. Ramírez** con todo amor, respeto y admiración a ustedes por haberme dado la vida, por sus consejos, desvelos, apoyos y porque siempre han estado conmigo fielmente.

A mi esposa: **Ana Martínez** por darme tu amor y compañía, por ser el motivo por el cual siempre he luchado y por la ayuda incondicional que siempre he recibido de ti, pero sobre todo por la paciencia que siempre has tenido hacia mí. Te Amo: Flaca.

A mi Hija: **Lucero Amado** por ser el motivo de mi vida y por brindarme los momentos mágicos de tu crecimiento y por ser mi inspiración para seguir adelante. Te Quiero Mucho Lulú.

A mis hermanos: **Francisco, Santos, Cecilia y Alejandro** por estar siempre unidos, por su comprensión y por el amor que siempre me han dado en las etapas más difíciles de mi vida. En especial a ti Alejandro por apoyarme en todo momento y por la confianza y unión que tenemos.

A mis sobrinos: **Lizet, Braulio y Alejandro** por el cariño que siempre me han manifestado y por ser parte de la alegría de la familia.

A mis amigos: Ing. Emilio Bautista, Ing. José Bemfor Santiago, Ing. Ubaldo Marcos, MVZ. Leonardo Marcos, MVZ. Pedro Martínez, MVZ. Javier Marcos, CP. Carlos Amado, Ing. Roberto Arteaga, Ing. Carlos Enrique Rivera, Ing. Juan Luis Cabello, Ing. J. Jesús Reynaga, Ing. José González, Ing. Daniela Martínez, Ing. Roxana Ruíz, Ing. Guillermo Pacheco, Leonardo Acosta, Manuel Treviño, Roberto Treviño. Gracias por su apoyo y amistad.

**COMPENDIO**

**PROHEXADIONA-CA, AG<sub>3</sub>, ANOXA Y BA MODIFICAN INDICADORES  
FISIOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS EN CHILE MIRADOR**

**POR**

**CARLOS AMADO RAMÍREZ**

**MAESTRIA EN CIENCIAS  
HORTICULTURA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila. Septiembre 2009**

**Dr. Homero Ramírez Rodríguez. -Asesor-**

**Palabras clave:** *Capsicum annuum* L., biorreguladores, vitamina C, capsaicina.

La investigación se desarrolló en campo durante el 2008 para evaluar los efectos de biorreguladores en la fisiología y bioquímica de chile Mirador. Cuando las plantas alcanzaron el 50 % de floración, con un atomizador manual se aplicaron los siguientes tratamientos: P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup>; ácido giberelico (AG<sub>3</sub>) 10 mg·litro<sup>-1</sup>; ácido naftoxiacético (ANOXA) 10 mg·litro<sup>-1</sup>; benciladenina (BA) 10 mg·litro<sup>-1</sup>; P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + AG<sub>3</sub> 10 mg·litro<sup>-1</sup>; P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + ANOXA 10 mg·litro<sup>-1</sup>; P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + BA 10 mg·litro<sup>-1</sup>; AG<sub>3</sub> 5 mg·litro<sup>-1</sup> + ANOXA 5 mg·litro<sup>-1</sup> + BA 5 mg·litro<sup>-1</sup> y testigo (agua). Las variables evaluadas fueron: altura final de planta, flores por planta, cuajado de frutos, número de semillas por fruto, rendimiento, contenido de vitamina C y capsaicina en fruto.

La aplicación individual de P-Ca reduce la altura final de la planta. La combinación de P-Ca con AG<sub>3</sub>, ANOXA y BA incrementa el número total de flores, % de cuajado de fruto, número de semillas por fruto, rendimiento, concentración de vitamina C y capsaicina en frutos.

**ABSTRACT**

**PROHEXADIONE-CA, GA<sub>3</sub>, ANOXA Y BA MODIFIED PHYSIOLOGICAL AND  
BIOCHEMICAL INDICATORS IN CHILLI MIRADOR**

**BY**

**CARLOS AMADO RAMÍREZ**

**MASTER IN SCIENCE  
HORTICULTURE**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila. September 2009**

**Dr. Homero Ramírez Rodríguez. -Adviser-**

**Key words:** *Capsicum annuum* L., bioregulators, vitamin C, capsaicin.

The study was conducted in the field during 2008, to assess the effects of bioregulators on the physiology and biochemistry of chilli Mirador. When chilli Mirador open field plants reached 50% flowering, the following treatments were applied with a hand sprayer: P-Ca 100 mg·liter<sup>-1</sup>; GA<sub>3</sub> 10 mg·liter<sup>-1</sup>; ANOXA 10 mg·liter<sup>-1</sup>; BA 10 mg·liter<sup>-1</sup>; P-Ca 100 + GA<sub>3</sub> 10 mg·liter<sup>-1</sup>; P-Ca 100 + ANOXA 10 mg·liter<sup>-1</sup>; P-Ca 100 + BA 10 mg·liter<sup>-1</sup>; GA<sub>3</sub> 5 + ANOXA 5 + BA 5 mg·liter<sup>-1</sup> and control (H<sub>2</sub>O). Plant height, flowers per plant, fruit set, seed number per fruit, yield, vitamin C and capsaicin in fruits were evaluated.

P-Ca reduced plant height. When P-Ca was combined with GA<sub>3</sub>, ANOXA or BA it was observed increments on total number of flowers, fruit set, seed number per fruit, yield and concentration of vitamin C and capsaicin in fruits.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Objetivos.....	4
Hipótesis.....	4
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
Generalidades del cultivo chile Mirador.....	5
Requerimientos edafoclimáticos.....	6
Etapas fenológicas y desarrollo.....	6
Biorreguladores de crecimiento.....	8
Auxinas.....	9
Giberelinas.....	9
Citocininas.....	10
Retardantes de crecimiento.....	10
Prohexadiona de Calcio.....	11
Antioxidantes.....	14
Vitamina C.....	15
Capsaicina.....	17
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	23
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	26

**CONCLUSIONES..... 43**

**LITERATURA CITADA..... 44**

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>FIGURA 1.</b> Efecto de biorreguladores en la altura de planta de chile Mirador.....	27
<b>FIGURA 2.</b> Efecto de biorreguladores en el número de flores en plantas de chile Mirador.....	28
<b>FIGURA 3.</b> Efecto de biorreguladores en el cuajado de fruto de chile Mirador.....	29
<b>FIGURA 4.</b> Efecto de biorreguladores sobre el número de semillas de fruto de chile Mirador.....	31
<b>FIGURA 5.</b> Efecto de biorreguladores en el rendimiento por planta de chile Mirador.....	32
<b>FIGURA 6.</b> Efecto de biorreguladores en el contenido de vitamina C en frutos de chile Mirador.....	33
<b>FIGURA 7.</b> Efecto de biorreguladores en el contenido de capsaicina en frutos de chile Mirador.....	35

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de Chile (*Capsicum annuum* L.) pertenece a la familia de las Solanáceas. Se considera una de las hortalizas de mayor importancia económica y social del país, el cual es su centro de origen. Esta especie representa una gran tradición cultural en la población de México, en donde comúnmente se le conoce como *chile* con diferentes calificativos locales de acuerdo con la etnia, región de cultivo, formas, color o posición del fruto (Long-Solís, 1986).

El chile Mirador es un cultivo de gran importancia económica y social en la región de El Mirador, Chicontepec, Veracruz, México. Esta hortaliza se utiliza en fresco, salsas y encurtidos. El fruto, además de la pungencia que es su característica principal, contiene minerales, fibras, agua, carotenoides, vitamina A y C (Nuez *et al.*, 2003; Díaz *et al.*, 2004). La vitamina C o ácido ascórbico en el ser humano, actúa como neutralizador de radicales libres inhibiendo la formación de nitrosamina carcinogénica y estimulando el sistema inmunológico, al promover la absorción de hierro, calcio y aminoácidos (Jiménez *et al.*, 2002; Johnston, 2003). Los compuestos responsables de la pungencia son los capsaicinoides. De estos, los que más se destacan son la capsaicina,

dihidrocapsaicina y la norhidrocapsaicina que constituyen entre 80-90 % de los capsaicinoides (Díaz *et al.*, 2004). Se ha reportado que los capsaicinoides son potentes antioxidantes que protegen al ácido linoléico contra el ataque de radicales libres; además, reducen los metales como donadores de hidrógenos (Díaz *et al.*, 2004; Mori *et al.*, 2006). Sin embargo, la producción en este material se ve limitada debido a que en la etapa fenológica de floración tiene un considerable porcentaje de caída de flor. Debido a la importancia de esta hortaliza es necesario generar nuevas formas de manejo, para mejorar su rendimiento y ofrecer calidad en el producto (Ramírez, 2003).

Existen diversos factores que pueden modificar e incluso nulificar el cuajado de flor y desarrollo del fruto. Entre ellos destacan: la temperatura, la luz, la humedad y las condiciones apropiadas del suelo integradas a los factores genéticos y fisiológicos, los cuales, son determinantes para un buen desarrollo óptimo de flor y fruto cuyo reflejo se verá en la producción (Khanizadeh *et al.*, 1994; Heins *et al.*, 2000). El uso de biorreguladores que actúen en armonía con la naturaleza y no causen efectos adversos en la salud humana abren la posibilidad de ser utilizados en la horticultura moderna. En la actualidad, estas sustancias ofrecen una magnífica oportunidad para mejorar los sistemas de producción hortícola. Además, tienen la ventaja de producir efectos temporales y por lo tanto de modificar el fenotipo del producto de acuerdo a las necesidades del mercado (Ramírez, 2003). La aplicación de auxinas, giberelinas y citocininas reducen la caída de flores y por lo tanto, incrementan el cuajado y la calidad de fruto de chile (Hasanuzzaman *et al.*, 2007; Batlang,

2008). Prohexadiona de calcio (P-Ca) reduce el crecimiento vegetativo vía bloqueo de la biosíntesis de giberelinas biológicamente activas en tomate y chile pimiento (Ramírez *et al.*, 2005) y aumenta las citocininas en meristemas apicales, las cuales promueven mayor floración y cuajado de fruto (Ramírez *et al.*, 2008). El conocimiento sobre la influencia de P-Ca en la fisiología vegetal de varios cultivos hortícolas permite considerar a este retardante de crecimiento como un biorregulador que puede contribuir a controlar el crecimiento vegetativo-reproductivo de especies como jitomate y chile pimiento (Costa *et al.*, 2004; Ramírez *et al.*, 2005). Considerando la aplicación exógena de los biorreguladores se plantea el siguiente objetivo e hipótesis.

## **OBJETIVO**

- Evaluar el efecto de prohexadiona-Ca, AG<sub>3</sub>, ANOXA y BA en la fisiología y bioquímica de Chile Mirador.

## **HIPÓTESIS**

- Los biorreguladores prohexadiona-Ca, AG<sub>3</sub>, ANOXA y BA modifican positivamente en forma temporal varios indicadores fisiológicos y bioquímicos de Chile Mirador.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades del cultivo de chile Mirador

El chile Mirador es un tipo de chile característico de la zona Huasteca Media Veracruzana que se encuentra en siembras pequeñas como cultivo único o intercalado con maíz. Las siembras se localizan en altitudes con un rango entre 15 (Álamo, Ver.) y 550 msnm (Chicontepec, Ver.). La planta es de porte compacto de 40 a 60 cm de altura y cobertura de follaje de 45 a 50 cm<sup>2</sup>; sus hojas presentan pubescencia moderada a intensa. Sus frutos pueden ser en posición colgante y son de forma cónica a cónica alargada; tienen una longitud de 2.5 a 6.0 cm y un diámetro de 0.6 a 2.0 cm. El color de este, es verde claro a verde esmeralda en estado sazón que cambia a rojo naranja en madurez total. La comercialización se realiza en un 80 % a la venta en pequeña escala, tanto en verde sazón, maduro fresco o maduro deshidratado y 20 % se destina para el autoconsumo ya que presenta una pungencia intermedia (Ramírez *et al.*, 2006).



## **Requerimientos edafoclimáticos**

El chile se produce óptimamente en un clima relativamente caluroso y se adapta a condiciones de sequía en comparación al tomate o la berenjena; sin embargo, los mejores rendimientos están relacionados con la cantidad de lluvias bien distribuidas. El rango de temperatura para germinación es de 24-29 °C; mientras que los días a emergencia son de 8 a 10. Las temperaturas para el desarrollo son de 18 a 26 °C. Las altas temperaturas provocan la caída de flores y frutos recién cuajados. La humedad óptima para su desarrollo es de 50-70 %. La planta crece en diferentes tipos de suelos desde ligeros hasta pesados siendo los más ideales los limo arenosos, profundos, fértiles, con adecuada capacidad de retención de agua y con buen drenaje. El pH debe oscilar entre 5.5 y 7.0 (Nuez *et al.*, 2003; Lesur, 2006).

## **Etapas fenológicas y desarrollo**

**Germinación y emergencia.** El período de preemergencia varía entre 8 y 10 días y es más rápido cuando la temperatura es superior a 23 °C. Condiciones extremas de temperatura durante este período tienen consecuencias letales ya que es una fase muy susceptible (Nuez *et al.*, 2003).

**Crecimiento de la plántula.** Posterior al desarrollo de las hojas cotiledonales, inicia el crecimiento de las hojas verdaderas, que son alternas y más pequeñas que las hojas de una planta adulta (Nuez *et al.*, 2003). En adelante, se observa

un crecimiento lento de la parte aérea, mientras la planta continua desarrollando el sistema radicular, es decir, alargando y profundizando la raíz y empezando a producir algunas raíces secundarias laterales (Lesur, 2006).

**Crecimiento vegetativo.** A partir de la producción de la sexta a la octava hoja, la tasa de crecimiento del sistema radicular se reduce gradualmente; en cambio la del follaje y de los tallos se incrementa. Las hojas alcanzan el máximo tamaño, el tallo principal se bifurca y a medida que la planta crece, ambos tallos se ramifican (Nuez *et al.*, 2003). La tasa máxima de crecimiento se alcanza durante tal período y luego disminuye gradualmente a medida que la planta entra en etapa de floración y fructificación y los frutos en desarrollo inician la acumulación de productos de la fotosíntesis (Marcelis *et al.*, 2004; Yun-Im *et al.*, 2008).

**Floración y fructificación.** Al iniciar la etapa de floración, la planta produce abundantes flores en todas las ramas. El período de floración se prolonga hasta que la carga de frutos cuajados corresponde a la capacidad de desarrollarlos y madurarlos (Nuez *et al.*, 2003). Bajo condiciones óptimas, la mayoría de las primeras flores produce fruto, luego ocurre un período durante el cual la mayoría de las flores aborta (Marcelis *et al.*, 2004). A medida que los frutos crecen, se inhibe el crecimiento vegetativo y la producción de nuevas flores. Cuando los primeros frutos empiezan a madurar, se inicia una nueva fase de crecimiento vegetativo y de producción de flores. De esta manera, el cultivo de chile tiene ciclos de producción de frutos que se traslapan con los siguientes

ciclos de floración y crecimiento vegetativo (Blanusa *et al.*, 2006). Este patrón de fructificación da origen a frutos con distintos grados de madurez en las plantas, lo que usualmente permite cosechas semanales o bisemanales durante un período que oscila entre 6 y 10 semanas, dependiendo del manejo que se dé al cultivo (Ozlem y Benian, 2007). El mayor número de frutos y los frutos de mayor tamaño se producen durante los primeros ciclos de fructificación, aproximadamente entre los 80 y 90 días. Los ciclos posteriores tienden a producir progresivamente menos frutos o frutos de menor tamaño, como resultado del deterioro y agotamiento de la planta (Nuez *et al.*, 2003).

### **Biorreguladores de crecimiento**

Los biorreguladores, en general, actúan modificando el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de su acción sobre vías y procesos fisiológicos y bioquímicos específicos (Weaver, 1996; Jankiewicz, 2003). En la actualidad, las hormonas vegetales o biorreguladores ofrecen una magnífica oportunidad para mejorar los sistemas de producción hortícola. Estas sustancias son únicas en su característica de ser absorbidas por el tejido vegetal y transportadas a un sitio de reacción antes de inducir un efecto deseado (Ramírez, 2003). El medio ambiente juega también un papel muy importante ya que puede modificar el desarrollo de las mismas. Normalmente sus efectos están regulados por los mecanismos internos que tienen las plantas. Estas hormonas son sintetizadas en muy bajas concentraciones en los

cloroplastos y se translocan a otras regiones de la planta en donde modifican su crecimiento y desarrollo (Yáñez, 2002).

### **Auxinas**

Las auxinas, incrementan la tasa y velocidad de reposición del RNA de transferencia en los primordios generados por la baja o la alta temperatura así como la hidratación de los mismos lo que se traduce por una mayor plasticidad en las células permitiendo así un crecimiento y desarrollo más compacto y sostenido de los brotes, flores y el prendimiento de frutos bajo condiciones de baja o alta temperatura (Kamara, 2001).

### **Giberelinas**

Las giberelinas, bajo condiciones de baja y alta temperatura incrementan la síntesis de enzimas de hidrólisis (beta y alfa amilasa, proteasas, lipasas entre otros), las cuales a su vez inducen la conversión de las reservas energéticas en reservas metabólicas para producir mayor energía en corto tiempo lo que se traduce en una rápida brotación, floración, crecimiento y desarrollo de la planta (Kamara, 2001).

## **Citocininas**

Las citocininas, incrementan la tasa y la velocidad de acumulación de los ácidos nucleicos en el primordio de la yema lo cual activa el DNA; influye en su división en fragmentos y en el crecimiento de estos así como en la división celular. Esto se traduce en la velocidad, porcentaje de brotación así como el vigor de los brotes lo cual favorece el flujo de las reservas de los tejidos hacia los brotes (Kamara, 2001).

## **Retardantes de crecimiento**

Los retardantes de crecimiento actúan inhibiendo o promoviendo ciertos procesos en biosíntesis, transporte, percepción o transducción de señales relacionados con hormonas vegetales (Weaver, 1996; Jankiewicz, 2003). Estas sustancias reducen la división y elongación celular de los ápices, regulando de esta forma la altura de las plantas de manera fisiológica, sin provocar malformaciones en las hojas o los tallos (Weaver, 1996; Rademacher, 2000). Existen productos que inhiben la biosíntesis de giberelinas, tales como daminozida, clormequat y paclobutrazol (Rademacher *et al.*, 1998). Con el uso de esas sustancias, se ha demostrado que reducen la elongación del tallo y promueven la floración en manzano (Rademacher, 2000). Sin embargo, Owens y Stover (1999), refieren que estos compuestos tienen la desventaja de su persistencia en el árbol y de producir efectos tóxicos en humanos,

características que prohíben en la actualidad su uso en frutales y otros cultivos hortícolas. La utilización de retardantes de crecimiento favorece el cuajado de frutos, debido a que inhiben la biosíntesis de giberelinas. Los retardantes se deben aplicar a las hojas cuando se busca un retraso en el crecimiento de otras partes de la planta y de esta forma quedan asimilados para ser utilizados por las flores (Rademacher, 2004). Recientemente, se ha reportado a la Prohexadiona-Ca (P-Ca) como un retardante de crecimiento (Evans *et al.*, 1997). Su mecanismo de acción aún no es definido totalmente desde el punto de vista hormonal endógeno (Costa *et al.*, 2004).

### **Prohexadiona de Calcio**

Prohexadiona-Ca (P-Ca); Ca-(3-oxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexano-carboxilato) es un inhibidor de la biosíntesis de giberelinas biológicamente activas con baja toxicidad y limitada persistencia en el tejido vegetal (Evans *et al.*, 1997; Rademacher, 2004). Se ha reportado que P-Ca tiende a aumentar los niveles de citocininas en tejidos como meristemas apicales y semillas inmaduras (Evans *et al.*, 1999). Este efecto ha sido relacionado con el estímulo en la formación de flores y consecuentemente el rendimiento en diversas especies hortícolas (Evans *et al.*, 1999; Ramírez *et al.*, 2005; Ramírez *et al.*, 2008). Los principales efectos de P-Ca son: a) reducción en la tasa de crecimiento de los brotes tiernos; b) retraso en las etapas de senescencia y maduración del fruto; c) incremento en el porcentaje de amarre del fruto y d) reducción en la incidencia de la mancha del fuego (*Erwinia amylovora*) en

manzano (Kiessling-Davison *et al.*, 2007). El conocimiento sobre la influencia de P-Ca en la fisiología vegetal de varios cultivos hortícolas, permite considerar a este retardante de crecimiento como un biorregulador que puede contribuir a controlar el crecimiento vegetativo-reproductivo de varias especies hortícolas (Ramírez *et al.*, 2005).

**Modo de Acción.** P-Ca inhibe la biosíntesis de giberelinas  $A_1$ ,  $A_4$  y  $A_7$  consecuentemente reduciendo el crecimiento longitudinal de meristemas (Rademacher, 2004; Ramírez *et al.*, 2005). La estructura de P-Ca es similar a la del ácido 2-oxoglutárico que es un co-substrato de dioxidasas catalizando hidroxilaciones involucradas en reacciones químicas de la biosíntesis de giberelinas. El primer blanco de P-Ca parece ser la 3- $\beta$ -hidroxilación, entre la reacción que estimula la formación de  $AG_1$  como consecuencia, esta aplicación reduce los niveles de giberelinas activas y causa la acumulación de su inmediato precursor  $AG_{20}$  inactivo (Evans *et al.*, 1999). Con relación a la dioxigenasa involucrada en el metabolismo de flavonoides puede también ser afectado por P-Ca y compuestos relacionados (Rademacher *et al.*, 1998).

**Metabolismo.** P-Ca en las plantas se degrada en pocas semanas. Después de la asimilación y del partimiento de su anillo, ocurre naturalmente el ácido propano 1, 2, 3-tricarboxílico (ácido tricarbarílico), el cual es introducido al metabolismo de la planta (Evans *et al.*, 1999). En los suelos, el P-Ca se descompone principalmente en dióxido de carbono, con una media de vida de 7 días. En agua, el P-Ca se degrada por fotólisis a dióxido de carbono y otros

productos naturales. En mamíferos, P-Ca es rápidamente absorbido y después excretado (Evans *et al.*, 1999).

**Propiedades toxicológicas y ecotoxicológicas.** El material no es mutagénico, carcinogénico o teratogénico. P-Ca no tiene efectos negativos en pájaros, peces, abejas o en los microorganismos del suelo (Evans *et al.*, 1999).

**Absorción y translocación.** P-Ca es absorbido por el follaje. Para una máxima absorción requiere un mínimo de 8 horas, y es transportado acropétalmente a los puntos individuales de crecimiento (meristemas). Los movimientos basipétalos son mínimos. P-Ca no persiste en la planta (Evans *et al.*, 1999). Las propiedades conocidas actualmente de P-Ca, la ubican como un nuevo biorregulador de uso prometedor en la producción hortícola, por lo tanto, es necesario continuar evaluándolo y en forma simultánea investigar sobre su posible mecanismo de acción.



## Antioxidantes

Actualmente, varios alimentos consumidos por el hombre mayoritariamente contienen antioxidantes sintéticos. Esto demanda buscar alternativas de antioxidantes naturales (Monroy-Vázquez *et al.*, 2007). Para ello, una de las cualidades beneficiosas cada vez más valorada en las frutas y las hortalizas por los consumidores es su actividad o propiedades antioxidantes. Generalmente, un antioxidante se puede definir como aquella sustancia natural o artificial con capacidad para neutralizar y proteger a un sistemas biológico frente a radicales libres, tales como los radicales de oxígeno, los de nitrógeno y los radicales lipídicos (Prior y Cao, 2000; Rosa *et al.*, 2002; Arnao y Cano, 2004). Los antioxidantes consisten de una cadena de proteínas. Los frutos de chiles son una buena fuente de antioxidantes (flavonoides, ácidos fenólicos, carotenoides, vitamina A, ácido ascórbico, los tocoferoles) y de otros componentes específicos como capsaicinoides (capsaicina, dihydrocapsaicina, y análogos) (Rosa *et al.*, 2002). Los antioxidantes pueden actuar en los alimentos por diferentes mecanismos: Atrapan a radicales libres que inducen reacciones de iniciación de oxidación; inactivan iones metálicos; eliminan las especies reactivas de oxígeno como radicales libres; rompen la cadena de reacciones de iniciación y reducen los peróxidos para prevenir la formación de radicales libres (Eskin y Robinson, 2001).

## Vitamina C

El ácido L-ascórbico es un compuesto abundante en los tejidos verdes, el cual depura al peróxido de hidrógeno en los cloroplastos y favorece la eficiencia fotosintética. Es esencial en los procesos metabólicos en el crecimiento y en la diferenciación floral (Foyer, 1993). Los chiles tienen mayor contenido de vitamina C que otras hortalizas y frutas reconocidas como fuentes de esta vitamina (Padayatt *et al.*, 2001). Además, contiene cantidades significativas de sales minerales, Ca, P, Fe, Na, K, Mg, y sustancias proteicas (Eugen *et al.*, 2008). En años recientes, ha sido considerado indispensable para el humano por su característica de protección en aspectos clínicos como la prevención de cáncer y otras enfermedades (Cruz-Pérez *et al.*, 2007). Lo anterior es interesante debido a que la vitamina C sería un factor preventivo del cáncer por su capacidad de inhibir la síntesis de compuestos N-nitrosos en el estomago y estimular el sistema inmune (Byers y Perry, 1992). Las variaciones en los niveles de vitaminas se han atribuido a diferencias en cultivares, madurez del fruto, manejo agronómico de la planta y factores climáticos; incluso hay diferencias debidas al método analítico utilizado (Mozafar, 1994; Padayatt *et al.*, 2001).

## **Biosíntesis de los Capsaicinoides**

La capsaicina es una amida derivada de vanillilamina y de ácido 8-metilnon-trans-6-enoico (Benett y Kirby, 1968). La ruta de la biosíntesis de la capsaicina está bien caracterizada. La mitad de vanillilamina es obtenida de la fenilalanina por la ruta de shikimate/arogenate. La otra mitad es derivada de valina. La primera se inicia con la síntesis de la fenilalanina la cual pasa luego a ácido cinámico, ácido *p*-cumárico, ácido cafeico, ácido ferúlico, vainillina y vanillilamina. Lo anterior, por acción de las enzimas fenilalanina amino liasa, cinamato 4-hidroxilasa, cumarato 3-hidroxilasa y ácido cafeico metiltransferasa. La otra mitad se inicia con la valina la cual pasa a  $\alpha$ -Ceto-isovalerato, isobutil CoA, 3x malonil CoA, a 8 metil nonanoil CoA, a 8-metil-6-nonoil CoA y a capsaicina por acción de las enzimas: aminotransferasa deshidrogenasa, Kas  $\beta$ -cetoacil sintasa, tioesterasa, desaturasa y CS capsaicinoide sintasa (Estrada *et al.*, 2001). La vainillina es un intermediario tardío que es aminado por acción de una transaminasa dando lugar a la vanillilamina la cual, por acción de una aciltransferasa llamada capsaicinoide sintasa, condensa con el derivado acilgraso para a su vez dar lugar a los capsaicinoides. Una vez formada se almacena en la vesícula derivada de las células epidermales de la placenta (Díaz *et al.*, 2004; Vázquez-Flota *et al.*, 2007).

## Capsaicina

La capsaicina ácido (Vanillilamida de 8-metil-trans-6-enoico) es el compuesto más abundante en el fruto de chile con un rango de 50 a 70% del total de los capsaicinoides presentes. Es además el principal responsable de la pungencia de este (Vázquez-Flota *et al.*, 2007; Wangcharoen y Morasuk, 2009). Es una sustancia de naturaleza alcaloide, más concretamente se trata de un protoalcaloide (Alvarado *et al.*, 2006; Prasad *et al.*, 2006). Se sabe que la capsaicina no es un compuesto simple, sino que se trata de una mezcla de varias amidas, llamados capsaicinoides, siendo la capsaicina el más importante entre ellas. Se conoce que la capsaicina es sintetizada a través de una ruta mixta: a partir del ácido shiquímico y el aminoácido valina y otra parte de la cadena a través de la vía de la síntesis de ácidos grasos (Díaz *et al.*, 2004; Vázquez-Flota *et al.*, 2007). El contenido de capsaicina es mayor en la placenta y en el septo, en donde representa un 2.5 % de la materia seca, mientras que el contenido medio en el fruto es de 0.6 %, en las semillas 0.7 % y en el pericarpio 0.03 % (Estrada *et al.*, 2001). Tiene amplias aplicaciones en los alimentos, medicinas y productos farmacéuticos. La aplicación de capsaicinoides en la medicina humana atribuye a su función antioxidante, anticancerígeno, antiartrítico, y propiedades analgésicos (Prasad *et al.*, 2006). El contenido de capsaicina depende de la variedad de chile, la edad del fruto y de factores ambientales (Cázares-Sánchez *et al.*, 2005; Sanatombi y Sharma, 2008; Morán-Bañuelos *et al.*, 2008). La formación de capsaicina es mayor a temperaturas de 30 °C (Díaz *et al.*, 2004; Vázquez-Flota *et al.*, 2007).

**PROHEXADIONA-CA, AG<sub>3</sub>, ANOXA Y BA MODIFICAN INDICADORES  
FISIOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS EN CHILE MIRADOR**

H. Ramírez<sup>1¶</sup>; C. Amado-Ramírez<sup>1</sup>; A. Benavides-Mendoza<sup>1</sup>; V. Robledo-Torres<sup>1</sup>; A. Martínez-Osorio<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Correo-e: homeror@terra.com.mx  
(<sup>¶</sup>Autor responsable).

**RESUMEN**

El chile Mirador, es un cultivo de gran importancia económica y social en la región de El Mirador, Chicontepec, Veracruz, México. Sin embargo, su producción se ve limitada debido a que en la etapa fenológica de floración se presenta un alto porcentaje de caída de flor. Esta situación altera adversamente el rendimiento y calidad de frutos. En base a lo anterior, se estudió el efecto de biorreguladores en su fisiología y bioquímica. Cuando las plantas alcanzaron el 50 % de floración, con un atomizador manual se aplicaron los siguientes tratamientos: P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup>; ácido giberelico (AG<sub>3</sub>) 10 mg·litro<sup>-1</sup>; ácido

naftoxiacético (ANOXA) 10 mg·litro<sup>-1</sup>; benciladenina (BA) 10 mg·litro<sup>-1</sup>; P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + AG<sub>3</sub> 10 mg·litro<sup>-1</sup>; P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + ANOXA 10 mg·litro<sup>-1</sup>; P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + BA 10 mg·litro<sup>-1</sup>; AG<sub>3</sub> 5 mg·litro<sup>-1</sup> + ANOXA 5 mg·litro<sup>-1</sup> + BA 5 mg·litro<sup>-1</sup> y testigo (agua). Las variables evaluadas fueron: altura final de planta, flores por planta, cuajado de frutos, número de semillas por fruto, rendimiento, contenido de vitamina C y capsaicina en fruto. La aplicación individual de P-Ca redujo la altura final de la planta. La combinación de P-Ca con AG<sub>3</sub>, ANOXA y BA incrementó el número total de flores, % de cuajado de fruto, número de semillas por fruto, rendimiento, contenido de vitamina C y capsaicina en frutos.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Capsicum annuum* L., hormonas, vitamina C, capsaicina.

**PROHEXADIONE-CA, GA<sub>3</sub>, ANOXA AND BA MODIFY PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS IN CHILLI MIRADOR**

**ABSTRACT**

Chilli Mirador is a vegetable crop of economic and social consideration in the Mirador, Chicontepic region in Veracruz, México. However its yield is often reduced as a result of a high percentage of flower drop. This condition, adversely alters yield and fruit quality. On these basis it was evaluated the effect

of bioregulators on its physiology and biochemistry. When chilli Mirador open field plants reached 50% flowering, the following treatments were applied with a hand sprayer: P-Ca 100 mg·liter<sup>-1</sup>; GA<sub>3</sub> 10 mg·liter<sup>-1</sup>; ANOXA 10 mg·liter<sup>-1</sup>; BA 10 mg·liter<sup>-1</sup>; P-Ca 100 + GA<sub>3</sub> 10 mg·liter<sup>-1</sup>; P-Ca 100 + ANOXA 10 mg·liter<sup>-1</sup>; P-Ca 100 + BA 10 mg·liter<sup>-1</sup>; GA<sub>3</sub> 5 + ANOXA 5 + BA 5 mg·liter<sup>-1</sup> and control (H<sub>2</sub>O). Plant height, flowers per plant, fruit set, seed number per fruit, yield, vitamin C and capsaicin in fruits were evaluated. P-Ca reduced final plant height. When P-Ca was combined with GA<sub>3</sub>, ANOXA or BA it was observed increments on total number of flowers, fruit set, seed number per fruit, yield and content of vitamin C and capsaicin in fruits.

**ADDITION KEY WORDS:** *Capsicum annuum* L., hormones, vitamin C, capsaicin.

## INTRODUCCION

El chile Mirador (*Capsicum annum* L.), es un cultivo de gran importancia económica y social en la región de El Mirador, Chicontepec, Veracruz, México. Además de sus atributos hortícolas, su principal característica es que no irrita el estómago, ya que presenta una pungencia intermedia. Sin embargo, su producción se ve limitada debido a que en la etapa fenológica de floración tiene un considerable porcentaje de caída de flor. Debido a la importancia de esta hortaliza es necesario generar nuevas formas de manejo, para mejorar su rendimiento y ofrecer calidad en el producto (Ramírez, 2003).

La temperatura, luz, humedad y condiciones apropiadas del suelo integradas a los factores genéticos y fisiológicos, son determinantes, para un buen desarrollo óptimo de flor y fruto cuyo reflejo se verá en la producción (Khanizadeh *et al.*, 1994; Heins *et al.*, 2000). La competencia entre órganos de la planta por fotoasimilados y hormonas pueden provocar aborto de flores y frutos (Blanusa *et al.*, 2006). Se ha sugerido que el aborto de flores y frutos recién cuajados, están relacionados con desequilibrios hormonales y fisiológicas en las plantas, en particular bajo condiciones ambientales adversas, como temperatura (Yun-Im *et al.*, 2008), luz (Marcelis *et al.*, 2004), humedad (Marlow, 2009) y un desbalance hormonal (Blanusa *et al.*, 2006).

Las hormonas tienen una función importante en la fisiología de plantas. En la actualidad, estas sustancias conocidas también como biorreguladores ofrecen una magnífica oportunidad para mejorar los sistemas de producción hortícola.



El uso de hormonas tiene la ventaja de producir efectos temporales y por lo tanto de modificar el fenotipo del producto de acuerdo a las necesidades del mercado (Ramírez, 2003). La aplicación de auxinas, giberelinas y citocininas reducen la caída de flores y por lo tanto, incrementan el cuajado de frutos y la calidad de fruto de chile (Panajotov, 1997; Hasanuzzaman *et al.*, 2007; Batlang, 2008; Raviraja *et al.*, 2008; Sridhar *et al.*, 2009).

Los retardantes de crecimiento de las plantas reducen la división y elongación celular en tejidos de brotes vegetales. Lo anterior permite controlar la altura de las plantas sin provocar malformaciones en las hojas o los tallos (Weaver, 1996; Rademacher, 2000). Prohexadiona de calcio (P-Ca) reduce el crecimiento vegetativo vía bloqueo de la biosíntesis de giberelinas biológicamente activas en tomate y chile pimiento (Rademacher, 2000) y aumenta las citocininas en meristemas apicales, las cuales promueven mayor floración y cuajado de fruto (Ramírez *et al.*, 2008). El conocimiento sobre la influencia del Prohexadiona-Ca en la fisiología vegetal de varios cultivos hortícolas permite considerar a este retardante de crecimiento como un biorregulador que puede contribuir a controlar el crecimiento vegetativo-reproductivo de especies como jitomate y chile pimiento (Costa *et al.*, 2004; Ramírez *et al.*, 2005). Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar los efectos de biorreguladores sobre la floración y cuajado de fruto, producción y calidad de fruto en chile Mirador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo durante 2008 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, a 25° 23' latitud norte y 101° 01' longitud oeste, con una altitud de 1743 msnm. Se utilizó semilla criolla de chile Mirador originaria de la Huasteca Media Veracruzana. Las semillas fueron sembradas el 15 de Junio de 2008 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss Premier Mix. El trasplante se realizó el 20 de Julio de 2008, a campo abierto, cuando las plántulas presentaron una altura de 15 cm. Lo anterior se realizó en camas meloneras con una distancia entre plantas de 30 cm a doble hilera. Cuando las plantas alcanzaron el 50 % de floración, con un atomizador manual se aplicaron los siguientes tratamientos: P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup>; ácido giberelico (AG<sub>3</sub>) 10 mg·litro<sup>-1</sup>; ácido naftoxiacético (ANOXa) 10 mg·litro<sup>-1</sup>; benciladenina (BA) 10 mg·litro<sup>-1</sup>; P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + AG<sub>3</sub> 10 mg·litro<sup>-1</sup>; P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + ANOXa 10 mg·litro<sup>-1</sup>; P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + BA 10 mg·litro<sup>-1</sup>; AG<sub>3</sub> 5 mg·litro<sup>-1</sup> + ANOXa 5 mg·litro<sup>-1</sup> + BA 5 mg·litro<sup>-1</sup> y testigo (agua). La aplicación de cada tratamiento con biorreguladores se combinó con el surfactante líquido nonifenol(10)polioxietilénico (PegoDel) a razón de 1 ml·litro<sup>-1</sup> de agua. La aplicación se hizo temprano por la mañana (8 a 9 a.m.) sobre el follaje de las plantas a punto de goteo. Las variables evaluadas fueron: altura final de planta, flores por planta, % de cuajado de frutos, número de semillas por fruto, rendimiento por planta, contenido de vitamina C y capsaicina en fruto. Se utilizó

un diseño estadístico de parcelas divididas con cinco repeticiones por tratamiento para las variables de rendimiento y para las variables de calidad de fruto se utilizaron tres repeticiones por tratamiento. Los resultados obtenidos fueron analizados con el programa estadístico SAS (2002), para Windows versión 9.0 para obtener el análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $P=0.05$ ).

### **Parámetros Hortícolas**

La altura final de planta se determinó al final del ciclo midiendo con una cinta métrica escala 0 a 2 m desde la base del tallo hasta el ápice de la planta. El número total de flores y % de cuajado de fruto por planta, se realizó en 10 plantas por tratamiento (Dahal *et al.*, 2006). El número de semillas por fruto se realizó mediante la extracción y conteo de semillas de 5 frutos por planta. El rendimiento por planta se determinó en cosecha, utilizando una balanza Ohaus modelo 3729 con capacidad máxima de 3000 gramos y resolución de 0.1 gramos.

### **Antioxidantes**

El contenido de vitamina C en frutos se determinó con el método reportado por Padayatt *et al.* (2001). Se pesó 20 gramos de peso fresco de fruto de cada tratamiento 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 ( $1 \times 10^{-3}$  N),

cuando la solución alcanzó un color rosa. El contenido de vitamina C se determinó utilizando la siguiente fórmula descrita por los autores del método referido:

$$\text{Vitamina C (mg}\cdot\text{100 g PF)} = \frac{(\text{ml utilizados de 2,6 diclorofenolindo fenol} \times 0.088 \times \text{volumen total} \times 100)}{(\text{Volumen de la alícuota} \times \text{peso de la muestra})}$$

La determinación del contenido de capsaicina en frutos se realizó con el método reportado por Bennet y Kirby, (1968). Se pesó 1 gramo de peso fresco de fruto de cada tratamiento y se maceró en un mortero, al que se le agregaron 10 ml de etanol absoluto y se agitó la mezcla por 15 minutos. Se filtró con papel Wathman no. 1 y luego se aforó a 25 ml con etanol. La muestra se trasladó a un matraz 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 minuto. Posteriormente, se determinó la absorbancia de la capsaicina en la fase orgánica en un espectrofotómetro (Geneys 10 uv Thermo Electro Corp) a una longitud de onda de 286 nm. Las lecturas se realizaron por triplicado para cada muestra. 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<sup>-1</sup>, disuelta en los disolventes referidos (Bennet y Kirby, 1968).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura de planta

El efecto de los biorreguladores en la altura de la planta de chile Mirador se ilustra en la figura 1. El tratamiento P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> redujo significativamente ( $P=0.05$ ) la altura de las plantas al compararse con el resto de los tratamientos. El efecto observado de P-Ca sobre la reducción en la altura de las plantas de chile Mirador concuerda con lo reportado por Ramírez *et al.* (2005) en tomate saladette. Esta reducción en altura, pudo estar directamente relacionado con un bloqueo por parte de P-Ca en la biosíntesis de giberelinas biológicamente activas como ha sido reportado por Rademacher (2004) y Ramírez *et al.* (2008). El resto de los tratamientos mostraron similitud al testigo. La concentración de AG<sub>3</sub>, ANOXA y BA utilizados no fueron suficientes para alterar ese fenotipo. Dosis superiores a 50 mg·litro<sup>-1</sup> de estas hormonas se requieren para aumentar la altura de planta de tomate (Ramírez, 2003). Cuando P-Ca se combinó con AG<sub>3</sub>, ANOXA o BA no se observó reducción en altura. Es posible que estos biorreguladores evitaron la acción retardante del primero. Esto ha sido observado en manzano, cerezo y durazno cuando P-Ca se mezcló con estimulantes de crecimiento en dosis menores a 50 mg·litro<sup>-1</sup> (Rademacher, 2004).

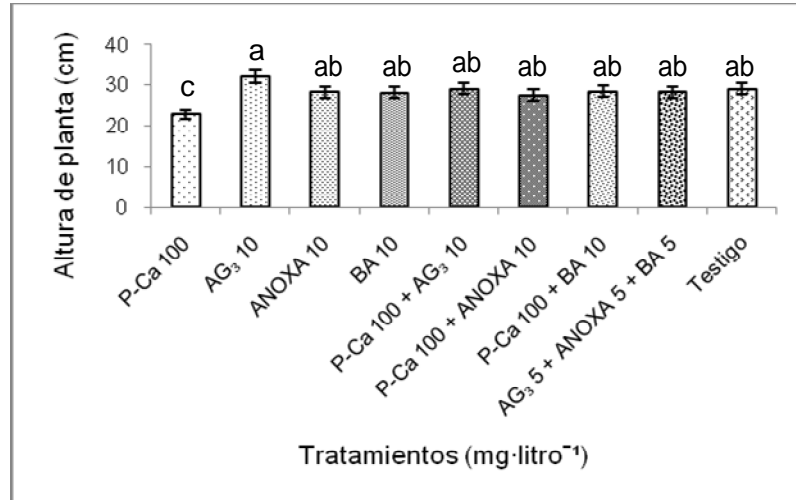


FIGURA 1. Efecto de biorreguladores en la altura de planta de chile Mirador. Cada barra representa la media de 5 repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con la misma letra son iguales (Tukey,  $P=0.05$ ).

### Número de flores

La figura 2 muestra el efecto de los biorreguladores en el número total de flores. Los tratamientos P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup>, ANOXA 10 mg·litro<sup>-1</sup> y BA 10 mg·litro<sup>-1</sup> individual o combinados incrementaron significativamente ( $P=0.05$ ) el número de flores por planta. Resultados similares han sido reportados por Dahal *et al.* (2006) y Chaudhary *et al.* (2006) en chile. Ramírez *et al.* (2003) demostraron en manzano que P-Ca aumenta el contenido de citocininas en yemas meristemáticas las cuales posteriormente se transforman en florales. Rademacher (2000) logró aumentar el número de flores en cerezo cuando aplicó P-Ca a dosis de 175 mg·litro<sup>-1</sup>; mientras que Costa *et al.* (2004) observaron efectos similares en peral. En base a lo anterior, es probable que exista un sinergismo entre P-Ca y las citocininas aplicadas que resultan en un mayor número de flores por planta. La influencia de ANOXA y AG<sub>3</sub> en el

aumento de flores en chile ha sido previamente observado por Kamara (2001) cuando estos biorreguladores se aplican en dosis menores a  $15 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ . A pesar que este efecto es consistente (Evans *et al.*, 1999), su mecanismo de acción en chile y otras especies hortícolas es aún desconocido (Owens y Stover, 1999).

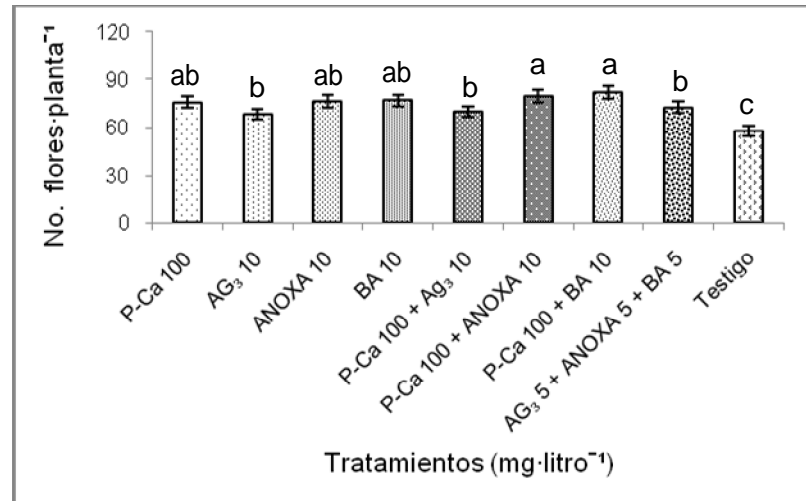


FIGURA 2. Efecto de biorreguladores en el número de flores en plantas de chile Mirador. Cada barra representa la media de 5 repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con la misma letra son iguales (Tukey,  $P=0.05$ ).

### Cuajado de fruto

Los efectos de los biorreguladores en el cuajado de frutos de chile Mirador se ilustran en la figura 3. Se observó que al aplicar P-Ca  $100 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ , ANOXA  $10 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$  y BA  $10 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$  individual o combinados aumentaron significativamente ( $P=0.05$ ) el % de cuajado de fruto. Efectos similares reportaron Ramírez-Luna *et al.* (2005) y Shidhar *et al.* (2009) cuando aplicaron estos biorreguladores en chile habanero y en chile pimiento, respectivamente. El aumento en el cuajado de fruto en varios cultivos hortícolas, se liga a un

equilibrio entre auxinas, giberelinas y citocininas endógenas en ese órgano (Ramírez, 2003). La aplicación exógena de AG<sub>3</sub>, ANOXA y BA contribuye substancialmente a aumentar el % en el cuajado de fruto en manzano, cerezo, pera y durazno (Rademacher, 2000). Por otro lado, P-Ca retarda el crecimiento vegetativo y modifica la traslocación de asimilados hacia frutos en desarrollo originando con esto mayor cuajado de frutos en tomate y manzano (Costa *et al.*, 2004; Ramírez *et al.*, 2005). P-Ca induce aumento de citocininas y auxinas en ápices, las cuales posteriormente son traslocados a tejidos en desarrollo como frutos (Ramírez *et al.*, 2003). En base a esos reportes y lo observado en este trabajo, es probable que P-Ca y el resto de biorreguladores actúan en sinergia y con ello estimulan el aumento en el cuajado de fruto (Rademacher y Kober, 2003).

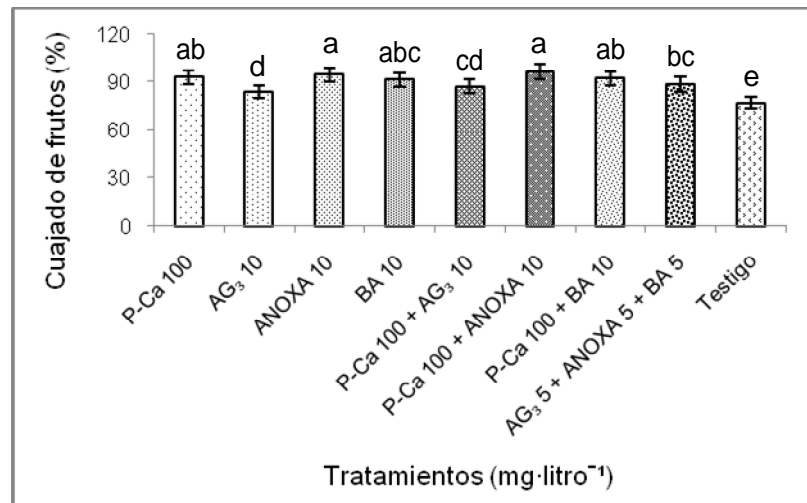


FIGURA 3. Efecto de biorreguladores en el cuajado de fruto de chile Mirador. Cada barra representa la media de 5 repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con la misma letra son iguales (Tukey,  $P=0.05$ ).



### **Número de semillas**

La figura 4 muestra los efectos de los biorreguladores en el número de semillas en frutos. Los tratamientos P-Ca 100 + AG<sub>3</sub> 10 mg·litro<sup>-1</sup> y la combinación de AG<sub>3</sub> 5 mg·litro<sup>-1</sup> + ANOXA 5 mg·litro<sup>-1</sup> + BA 5 mg·litro<sup>-1</sup> incrementaron significativamente ( $P=0.05$ ) el número de semillas en frutos. P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup>, ANOXA 10 mg·litro<sup>-1</sup>, BA 10 mg·litro<sup>-1</sup> individual o combinados también causaron el mismo efecto. Se ha demostrado que la aplicación de diversos biorreguladores incrementa el número de semilla en frutos de chile (Sultana *et al.*, 2006). De igual manera, se ha demostrado que auxinas, giberelinas y citocininas asperjadas en manzano, se traslocan en mayores proporciones al saco embrionario de flores, ocasionando con esto un aumento en la fertilización de óvulos y por ende en mayor formación de semillas en fruto (Ramírez *et al.*, 1983). Por otro lado, conocido el estímulo de P-Ca en la síntesis de auxinas y citocininas, se puede suponer que los tratamientos aplicados, fortalecieron las condiciones fisiológicas de las flores y frutos, lo que pudo indicar mayor formación de semillas. Lo anterior ha sido recientemente demostrado en chile por Ozlem y Benian (2007).

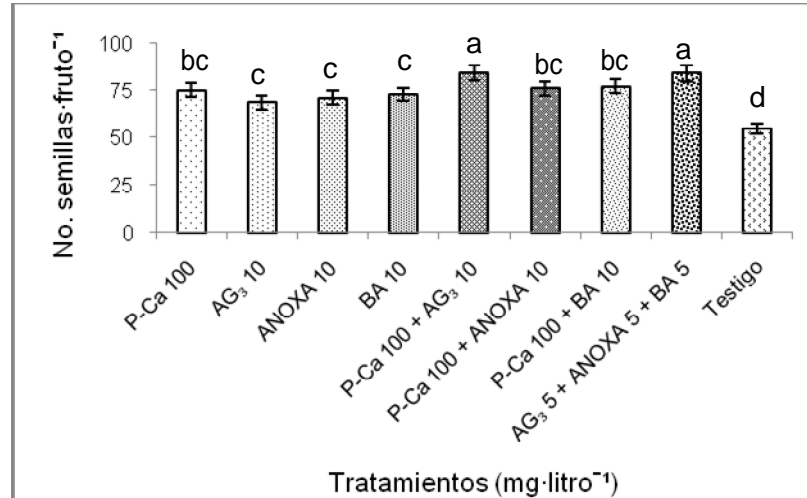


FIGURA 4. Efecto de biorreguladores sobre el número de semillas de fruto de chile Mirador. Cada barra representa la media de 5 repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con la misma letra son iguales (Tukey,  $P=0.05$ ).

### Rendimiento por planta

El rendimiento por planta se incrementó en todos los tratamientos con los biorreguladores (figura 5). P-Ca aplicado individual o en combinación con ANOXA o BA mostraron mayor producción. Lo mismo ocurrió con BA 10 mg·litro<sup>-1</sup>. Estos resultados reflejan el aumento en el cuajado de fruto (figura 3) causado por las hormonas referidas. Lo anterior se respalda con los efectos similares reportados en chile (Raviraja *et al.*, 2008; Sridhar *et al.*, 2009) y en tomate (Gemici *et al.*, 2006). La producción de frutos depende de la competencia por la acumulación de fotoasimilados y su distribución en las diferentes partes de la planta (Sirdhar *et al.*, 2009). La respuesta de la planta a la aplicación de biorreguladores respecto a su producción de fruto, puede referirse en primera instancia a su contenido de auxinas, giberelinas y citocininas, las primeras por la disminución de las zonas de abscisión de los

frutos, las segundas provocan un alargamiento celular y las terceras un aumento en la división celular (Salisbury y Ross, 1996; Ramírez-Luna *et al.*, 2005). En tomate se ha reportado un aumento sustancial en el rendimiento por planta cuando se aplicó P-Ca a dosis de  $175 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$  (Ramírez *et al.*, 2005).

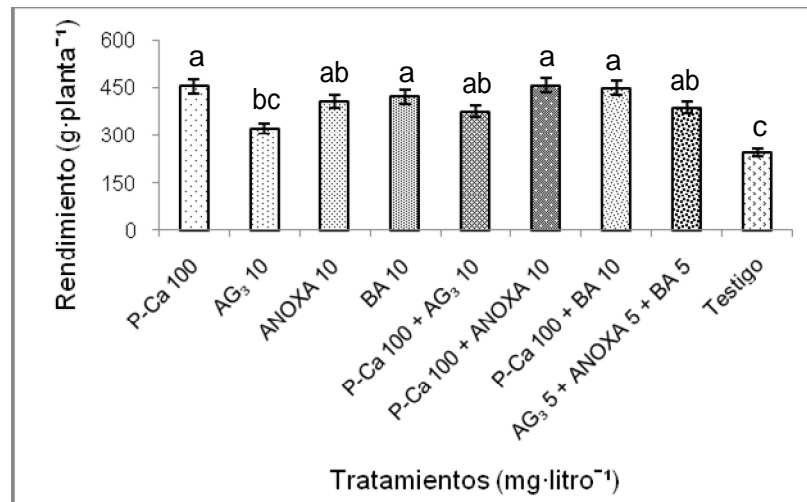


FIGURA 5. Efecto de biorreguladores en el rendimiento por planta de chile Mirador. Cada barra representa la media de 5 repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con la misma letra son iguales (Tukey,  $P=0.05$ ).

## Antioxidantes

### Vitamina C

Con relación al efecto de los biorreguladores en el contenido de vitamina C en frutos (figura 6), se observó que  $\text{AG}_3$   $10 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$  y la combinación de  $\text{AG}_3$   $5 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$  +  $\text{ANOXA}$   $5 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$  +  $\text{BA}$   $5 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$  incrementaron significativamente ( $P=0.05$ ) el contenido de este antioxidante. Los tratamientos P-Ca  $100 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ ,  $\text{ANOXA}$   $10 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ ,  $\text{BA}$   $10 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$  individual o combinado también aumentaron significativamente ( $P=0.05$ ) el contenido de vitamina C. La vitamina C es un antioxidante que contribuye a una buena salud

en el humano y también fortalece el sistema de protección contra enfermedades como el cáncer, diabetes y presión arterial (Cruz-Pérez *et al.*, 2007). Por lo tanto, aumentos de vitamina C en frutos de especies hortícolas se considera una alternativa importante en la tecnología moderna (Ramírez, 2003). El aumento de el ácido ascórbico observado en este estudio con los tratamientos hormonales se fortalece con previos reportes de efectos similares encontrados en Chile y tomate con aplicaciones de AG<sub>3</sub>, ANOXA, BA y P-Ca (Gil *et al.*, 2004; Dahal *et al.*, 2006; Sirdhar *et al.*, 2009). El mecanismo de acción de estos biorreguladores en el proceso referido es limitado; sin embargo, se ha propuesto que los biorreguladores empleados podrían estar estimulando una mayor intensidad en la oxidación de la enzima ácido ascórbico oxidasa y por ende mayor síntesis de vitamina C (Chaudhary *et al.*, 2006). En base a lo anterior, más investigación en esta línea es requerida.

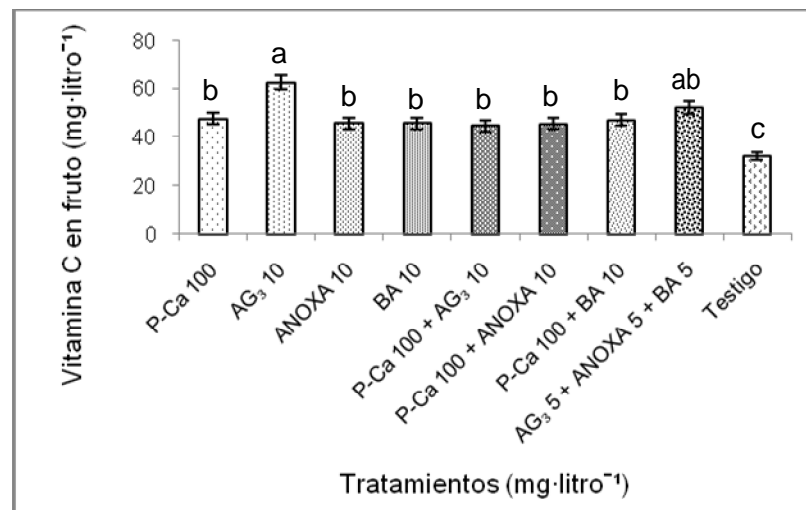


FIGURA 6. Efecto de biorreguladores en el contenido de vitamina C en frutos de Chile Mirador. Cada barra representa la media de 3 repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con la misma letra son iguales (Tukey,  $P=0.05$ ).

## Capsaicina

Los biorreguladores aplicados aumentaron el contenido de capsaicina en frutos de chile Mirador (figura 7). El tratamiento con AG<sub>3</sub> 10 mg·litro<sup>-1</sup> produjo el mayor incremento en este antioxidante ( $P=0.05$ ), seguidos de las aplicaciones con P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup>, ANOXA 10 mg·litro<sup>-1</sup>, P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + AG<sub>3</sub> 10 mg·litro<sup>-1</sup> y AG<sub>3</sub> 5 mg·litro<sup>-1</sup> + ANOXA 5 mg·litro<sup>-1</sup> + BA 5 mg·litro<sup>-1</sup>. En chile picante la concentración de capsaicinoides principalmente capsaicina y dihidrocapsaicina se incrementan continuamente desde el cuajado de fruto hasta su madurez fisiológica. Este proceso puede ser modificado como lo demostraron Ramírez *et al.* (2006) al estimular mayor contenido de capsaicina en chile jalapeño con la aplicación de P-Ca a 175 mg·litro<sup>-1</sup>. Aunque el conocimiento sobre su mecanismo de acción en este proceso no ha sido definido, ellos hipotetizaron que P-Ca ejerce su efecto al modificar a nivel enzimático la ruta biosintética de los flavonoides, generando flavonoides modificados ligados a la actividad antioxidante en tejidos jóvenes. Esta declaración también es sustentada con las experiencias de aplicaciones de P-Ca, en acelga, col, brócoli y tomate (Ramírez *et al.*, 2007; Vázquez-Flota *et al.*, 2007). El efecto de AG<sub>3</sub>, ANOXA y BA sobre el contenido de capsaicina en chile está poco documentada (Rademacher, 2004). En frutales como arándano, uva, manzano, cerezo y granada, se ha reportado incrementos substanciales en la concentración de antioxidantes como antocianinas y vitamina C, cuando se aplicaron estas hormonas en niveles de 5-25 mg·litro<sup>-1</sup> (Rademacher, 2004). Rademacher y Kober (2003) propusieron que los biorreguladores estudiados pudieron ejercer su acción al estimular cambios en el perfil de flavonoides ligados a la síntesis de los antioxidantes

mencionados. Considerando esta experiencia con los resultados de este trabajo, es probable que el aumento en capsaicina ocasionado con los tratamientos con biorreguladores (figura 7) pudiera haber tenido una ruta de acción similar. Por lo tanto se requiere investigar más este tema.

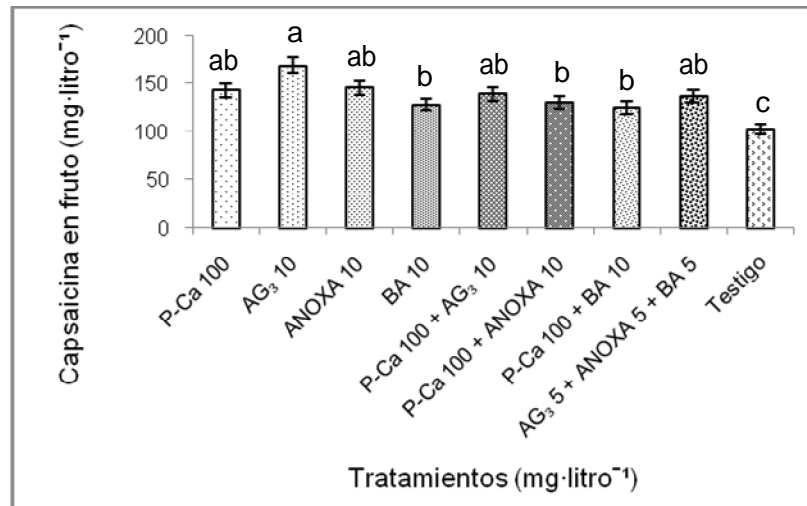


FIGURA 7. Efecto de biorreguladores en el contenido de capsaicina en frutos de chile Mirador. Cada barra representa la media de 3 repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con la misma letra son iguales (Tukey,  $P=0.05$ ).

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó esta investigación, se concluye lo siguiente: La aplicación de Prohexadiona-Ca en chile Mirador reduce la altura final de la planta. Prohexadiona-Ca aplicado en forma individual o combinado con AG<sub>3</sub>, ANOXA o BA incrementan el número total de flores, cuajado de fruto, número de semillas por fruto, rendimiento y contenido de vitamina C y capsaicina en frutos.

## LITERATURA CITADA

- BATLANG, U. 2008. Benzyladenine plus gibberellins (GA<sub>4+7</sub>) increase fruit size and yield in greenhouse-grown hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Biological Sciences* 8(3): 659-662.
- BENNET, D. J.; KIRBY, G. W. 1968. Constitution and biosynthesis of capsaicin. *Journal of the Chemical Society (C)*: 442-446.
- BLANUSA, T.; ELSE, M. A.; DAVIES, W. J.; ATKINSON, C. J. 2006. Regulation of sweet cherry fruit abscission: The role of photo-assimilation, sugars and abscisic acid. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 81(4): 613-620.
- CHAUDHARY, B. R.; SHARMA, M. D.; SHAKYA, S. M.; GAUTAM, D. M. 2006. Effect of plant growth regulators on growth, yield and quality of chilli (*Capsicum annuum* L.) at Rampur, Chitwan. *Journal of the Institute of Agriculture Animal Science* 27: 65-68.
- COSTA, G.; SABATINI, E.; SPINELLI, F.; ANDREOTTI, C.; BOMBEN, C.; VIZZOTTO, G. 2004. Two years of application of prohexadione-Ca on apple: Effect on vegetative and cropping performance, fruit quality, return bloom and residual effect. *Acta Horticulturae* 653: 35-40.
- CRUZ-PÉREZ, A. B.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, V. A.; SOTO-HERNÁNDEZ, R. M.; GUTIÉRREZ-ESPINOSA, M. A.; GARDEA-BÉJAR, A. A.; PÉREZ-GRAJALEZ, M. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. *Agrociencia* 41: 627-635.



- DAHAL, K. C.; SHARMA, M. D.; DHAKAL, D. D.; SHAKYA, S. M. 2006. Evaluation of heat tolerant chilli (*Capsicum annuum* L.) genotypes in Western Terai of Nepal. Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science 27: 59-64.
- EVANS, J. R.; EVANS, R. R.; REGUSCI, C. L.; RADEMACHER, W. 1999. Mode of action, metabolism and uptake of BAS 125 W, prohexadione-calcium. HortScience 34(7): 1200-1201.
- GEMICI, M.; BENGÜ, T.; KIT, T. 2006. Effects of 2,4-D and 4-CPA on yield and quality of the tomato, *Lycopersicon esculentum* Miller. Journal of the Faculty of Science 29: 24-32.
- GIL, M. I.; MARÍN, A.; FERRERES, F.; TOMÁS-BARBERAN, F. A. 2004. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 52(12): 3861-3869.
- HASANUZZAMAN, S. M.; HOSSAIN S. M. M.; ALI, M. O.; HOSSAIN, M. A.; HANNAN, A. 2007. Performance of different bell pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes in response to sythetic hormones. International Journal of Sustainable Crop Production 2(5): 78-84.
- HEINS, R. D.; LIU, B.; RUNKLE, E. S. 2000. Regulation of crop growth and development based on environmental factors. Acta Horticulturae 514: 13-24.
- KAMARA, K. A. 2001. Nutrición, regulación del crecimiento y desarrollo vegetal. Memoria del Primer Simposio Nacional de Horticultura. Saltillo, Coahuila, México. pp. 1-14.

- KHANIZADEH, S.; BUSZARD, D.; ZARCADAS, C. G. 1994. Effect of crop load on seasonal variation in chemical composition and spring frost hardiness of apple flower buds. *Canadian Journal of Plant Science* 69: 1277-1284.
- MARCELIS, L. F. M.; HEUVELINK, E.; BAAN HOFMAN-EIJER, L.R.; DEN BAKKER, J.; XUE, L. B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55(406): 2261-2268.
- MARLOW, D. 2009. Flores y frutos: Consejos para su prevención en chiles y tomates cultivados a campo abierto o en estructuras pasivas. *Revista Productores de Hortalizas*. Disponible en <http://www.hortalizas.com/pdhca/?storyid=1601> (Consultado el 21 de Junio, 2009).
- OWENS, L.; STOVER, E. 1999. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. *HortScience* 34(7): 1194-1196.
- OZLEM, A.; BENIAN, E. 2007. Pepper seed yield and quality in relation to fruit position on the mother plant. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(23): 4251-4255.
- PADAYATT, S. J.; DARUWALA, R.; WANG, Y.; ECK, P. K.; SONG, J.; KOH, W. S.; LEVINE, M. 2001. Vitamin C: from molecular actions to optimum intake. *In: Handbook of Antioxidants*. CADENZAS, E.; PACKER, I. (eds) 2nd edition. CRC Press. Washington DC, USA. pp 117-145.

- PANAJOTOV, N. D. 1997. Sweet pepper response to the application of the plant growth regulator atonic. *Acta Horticulturae* 462: 197-202.
- RADEMACHER, W. 2000. Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 501-531.
- RADEMACHER, W. 2004. Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. *Acta Horticulturae* 653: 29-32.
- RADEMACHER, W.; KOBER, L. 2003. Efficient use of prohexadione-ca in pome fruits. *European Journal of Horticultural Science* 68(3): 107-107.
- RAMÍREZ, H. 2003. El uso de hormonas en la producción de cultivos hortícolas para exportación. Memoria del Tercer Simposio Nacional de Horticultura. Saltillo, Coahuila, México. pp. 1-22.
- RAMÍREZ, H.; GÓMEZ-CASTAÑEDA, J. C.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; ROBLEDO-TORRES, V.; ENCINA-RODRÍGUEZ, L. I.; COELLO-COUTIÑO, C. A. 2003. Influencia de prohexadiona-Ca sobre crecimiento vegetativo, producción y calidad de fruto en manzano (*Malus domestica* Borkh). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 9(2): 285-289.
- RAMÍREZ, H.; HERRERA-GÁMEZ, B.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; MENDOZA-VILLARREAL, R.; RANCAÑO-ARRIOJA, J. H.; VILLAREAL-QUITANILLA, J. A. 2007. Prohexadione-Ca increases lycopene content and enzymatic activity during fruit ripening in tomato. *International Plant Growth Substances Association. 19<sup>th</sup> Annual Meeting. Puerto Vallarta, México. p. 60.*

- RAMÍREZ, H.; HERRERA-GÁMEZ, B.; MENDEZ-QUIROA, Y. H.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; DE LA CRUZ-BRETÓN, J. A.; ÁLVAREZ-MARES, V.; RANCAÑO-ARRIOJA, J. H.; VILLAREAL-QUINTANILLA, J. A. 2008. Prohexadiona de calcio disminuye el contenido de giberelinas endógenas en ápices de tomate saladette y chile pimiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(2): 193-198.
- RAMÍREZ, H.; PERALTA-MANJARREZ, R. M.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; SANCHEZ-LÓPEZ, A.; ROBLEDO-TORRES, V.; HERNÁNDEZ-DAVILA, J. 2005. Efecto de prohexadiona-Ca en tomate y su relación con la variación de la concentración de giberelinas y citocininas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(2): 283-290.
- RAMÍREZ, H.; RANCAÑO-ARRIOJA, J. H.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; MENDOZA-VILLAREAL, R.; PADRON-CORRAL, E. 2006. Influencia de promotores de oxidación controlada en hortalizas y su relación con antioxidantes. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 189-195.
- RAMÍREZ, H.; RUMAYOR, A.; IÑIGUEZ, G.; VALADEZ, A. 1983. The effect of growth substances on fruit set in sweet cherry. *Acta Horticulturae* 137: 293-296.
- RAMÍREZ-LUNA, E.; CASTILLO-AGUILAR, C. DE LA C.; ACEVES-NAVARRO, E.; CARRILLO-AVILA, E. 2005. Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile "Habanero". *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(1): 93-98.
- RAVIRAJA, S. G.; KRISHNA, M. R.; VISHWANATH, A. P.; KEMPEGOWDA, K.; RAGHAVENDRA. 2008. Influence of pruning and growth regulators on

- the shelf life of coloured capsicum (*Capsicum annuum* L.) CV. Bombi under greenhouse. Mysure Journal Agricultural Science 42(1): 33-37.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. 1996. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F. 759 pp.
- SAS, Institute. 2002. SAS/STAT. User's Guide. Release 9.00 ed. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- SRIDHAR, G.; KOTI, R. V.; CHETTI, M. B.; HIREMATH, S. M. 2009. Effect of naphthalene acetic acid and mepiquat chloride on physiological components of yield in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal Agriculture Research 47(1): 53-62.
- SULTANA, W.; FATTAH, Q. A.; ISLAM, M. S. 2006. Yield and seed quality of chilli (*Capsicum annuum* L.) as affected by different growth regulators. Bangladesh Journal Botany 35(2): 195-197.
- VÁZQUEZ-FLOTA, F.; MIRANDA-HAM, M. L.; MONFORTE-GONZÁLEZ, M.; GUTIÉRREZ-CARBAJAL, G.; VELÁZQUEZ-GARCÍA, C.; NIETO-PELAYO, Y. 2007. La biosíntesis de capsaicinoides, el principio picante del chile. Revista Fitotecnia Mexicana 30(4): 353-360.
- WEAVER, R. J. 1996. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Octava reimpresión. Editorial Trillas. México. 622 pp.
- YUN-IM, K.; HARK-JOO, K.; SI-YOUNG, L.; HEE, C.; NAM-JUN, K.; BYOUNG-RYONG, J.; 2008. Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) leaves and flowers under different irradiance and night temperature regimes. Horticulture Environment and Biotechnology 49(6): 397-402.

## **CONCLUSIONES**

Con base en los resultados obtenidos en esta investigación, se concluye que la aplicación de Prohexadiona-Ca reduce la altura final de la planta de chile Mirador. Prohexadiona-Ca aplicado en forma individual o combinado con AG<sub>3</sub>, ANOXA o BA incrementan el número total de flores, cuajado de fruto, número de semillas por fruto, rendimiento y contenido de vitamina C y capsaicina en frutos.

## LITERATURA CITADA

- ALVARADO, N. M. D.; VELÁSQUEZ, V. R.; MENA, C. J. 2006. Cosecha, postcosecha y productos agroindustriales de chile seco. INIFAP. Libro Técnico N° 5. 195-221.
- ARNAO, M. B.; CANO, A. 2004. Actividad antioxidante hidrofílica y lipofílica y contenido de vitamina C de zumos de naranja comerciales: Relación con sus características organolépticas. Ciencia y Tecnología Alimentaria 4(3): 185-189.
- BATLANG, U. 2008. Benzyladenine plus gibberellins (GA<sub>4+7</sub>) increase fruit size and yield in greenhouse-grown hot pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Biological Sciences 8(3): 659-662.
- BENNET, D. J.; KIRBY, G. W. 1968. Constitution and biosynthesis of capsaicin. Journal of the Chemical Society (C): 442-446.
- BLANUSA, T.; ELSE, M. A.; DAVIES, W. J.; ATKINSON, C. J. 2006. Regulation of sweet cherry fruit abscission: The role of photo-assimilation, sugars and abscisic acid. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 81(4): 613-620.
- BYERS, T.; PERRY, G. 1992. Dietary carotenoids, vitamin C and vitamin E, as proactive antioxidants in human cancers. Annual Review of Nutrition 12: 139-159.

- CÁZARES-SANCHEZ, E.; RAMIREZ-VALLEJO, P.; CASTILLO-GONZALEZ, F.; SOTO-HERNANDEZ, R. M.; RODRIGUEZ-GONZALEZ, M. T.; CHAVEZ-SERVIA, J. L. 2005. Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) del centro-oriente de Yucatán. *Agrociencia*. 39(6): 627-638.
- COSTA, G.; SABATINI, E.; SPINELLI, F.; ANDREOTTI, C.; BOMBEN, C.; VIZZOTTO, G. 2004. Two years of application of prohexadione-Ca on apple: Effect on vegetative and cropping performance, fruit quality, return bloom and residual effect. *Acta Horticulturae* 653: 35-40.
- CRUZ-PÉREZ, A. B.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, V. A.; SOTO-HERNÁNDEZ, R. M.; GUTIÉRREZ-ESPINOSA, M. A.; GARDEA-BÉJAR, A. A.; PÉREZ-GRAJALEZ, M. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. *Agrociencia* 41: 627-635.
- DÍAZ, J.; POMAR, F.; BERNAL, A.; MERINO, F. 2004. Peroxidases and the metabolism of capsaicin in *Capsicum annuum* L. *Phytochemistry Reviews* 3: 141-157.
- ESKIN, N. A. M.; ROBINSON, D. S. 2001. Food shelf life stability: Chemical, biochemical and microbiological changes. CRC series in contemporary food science. Boca Raton: CRC Press. 370 p.
- ESTRADA, B.; BERNAL, M.A.; POMAR, F.; MERINO, F. 2001. Identification and quantification of some capsaicinoids in pordon pepper (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) fruits. *Acta Alimentaria* 30(4): 373-380.



- EUGEN, J.; BEI, M.; DALEA, A. 2008. *Capsicumm annuum's* vitamin C biosynthesis. *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula: Protectia Mediului* 8: 177-180.
- EVANS, J. R.; ISHIDA, C.A.; REGUSCI, C. L.; RADEMACHER, W. 1997. Mode of action, metabolism and uptake of BAS-125W, prohexadione-calcium. *HortScience* 324: 557-558.
- EVANS, L.; REGUSCI, C. L. 1999. Mode of action, metabolism and uptake of BAS-125W prohexadione-calcium. *HortScience* 34(7): 1200-1201.
- FOYER, C. 1993. Ascorbic acid. *In: Antioxidants in higher plants*. ALSCHER, R. G.; HESS, J. L. (Eds.). Ed. CRC Press, Inc. Boca Raton. USA. pp. 31-58.
- HASANUZZAMAN, S. M.; HOSSAIN S. M. M.; ALI, M. O.; HOSSAIN, M. A.; HANNAN, A. 2007. Performance of different bell pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes in response to sythetic hormones. *International Journal of Sustainable Crop Production* 2(5): 78-84.
- HEINS, R. D.; LIU, B.; RUNKLE, E. S. 2000. Regulation of crop growth and development based on environmental factors. *Acta Horticulturae* 514: 13-24.
- JANKIEWICZ, L. 2003. Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Tomo I. Propiedades y acción. Ediciones Mundi-Prensa. México. 487 pp.
- JIMÉNEZ, A.; CREISSEN, G.; KULAR, B.; FIRMIN, J.; ROBINSON, S.; VERHOEYEN, M.; MULLINEAUX, P. 2002. Changes in oxidative

processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. *Planta* 214: 751-718.

JOHNSTON, C. S. 2003. Vitamina C. *In: Conocimientos Actuales Sobre Nutrición*. BOWMAN, B. A.; RUSSELL, R. M. (Eds). Editor. OPS. Octava edición. Washington, DC. USA. pp 191-200.

KAMARA, K. A. 2001. Nutrición, regulación del crecimiento y desarrollo vegetal. Memoria del Primer Simposio Nacional de Horticultura. Saltillo, Coahuila, México. pp. 1-14.

KHANIZADEH, S.; BUSZARD, D.; ZARCADAS, C. G. 1994. Effect of crop load on seasonal variation in chemical composition and spring frost hardiness of apple flower buds. *Canadian Journal of Plant Science* 69: 1277-1284.

KIESSLING-DAVISON, C. M.; J. E. MAGAÑA-MAGAÑA, A.; SEGOVIA-LERMA, A. J.; OBANDO-RODRÍGUEZ, V.; VILLARREAL-RAMÍREZ, H. 2007. Prohexadiona de calcio como regulador de crecimiento en el manzano (*Malus domestica* Borkh.) "Golden Delicious", Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua* 1(3):7-12.

LESUR, L. 2006. Manual del cultivo del chile: Una guía paso a paso. México. Trillas. 80 pp.

LONG-SOLÍS, J. 1986. Capsicum y Cultura: La Historia del Chilli. Fondo de Cultural Económica. México, DF. 181 pp.

MARCELIS, L. F. M.; HEUVELINK, E.; BAAN HOFMAN-EIJER, L. R.; DEN BAKKER, J.; XUE, L. B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper

in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55(406): 2261-2268.

MONROY-VÁZQUEZ, A.; TOTOSAUS, A.; GONZALEZ, G. L. R.; DE LA FUENTE, S. K. A.; GARCIA-MARTINEZ, I. 2007. Antioxidantes I: Chile ancho (*Capsicum annum* L. *grossum* sendt.) y romero (*Rosmarinus officinalis* L.) como fuentes naturales de antioxidantes. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria* 9: 112-116.

MORÁN-BAÑUELOS, S. H.; AGUILAR-RINCÓN, V. H.; CORONA-TORRES, T.; CASTILLO-GONZÁLEZ, F.; SOTO-HERNÁNDEZ, R. M.; SAN MIGUEL-CHÁVEZ, R. 2008. Capsaicinoides en chiles nativos de Puebla, México. *Agrociencia* 42: 807-816.

MORI, A.; LEHMANN, S.; O'KELLY, J.; KUMNGAI, T.; DESMOND, J.C.; PERVAN, M.; McBRIDE W. H.; KIZAKI, M.; KOEFFLER, H. P.; 2006. Capsaicin, a component of red pepper, inhibits the growth of androgen-independent, mutant prostate cancer cells. *Cancer research* 66: 3222-3229.

MOZAFAR, A. 1994. *Plant vitamins: Agronomic, physiological and nutritional aspects*. CRC Press. Boca Raton, Florida. 412 pp.

NUEZ, F.; ORTEGA, G. R.; COSTA, J. 2003. *El cultivo de pimientos, chiles y ajíes*. Ediciones Mundi-Prensa. México. 606 pp.

OWENS, L.; STOVER, E. 1999. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. *HortScience* 34(7): 1194-1196.

- OZLEM, A.; BENIAN, E. 2007. Pepper seed yield and quality in relation to fruit position on the mother plant. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(23): 4251-4255.
- PADAYATT, S. J.; DARUWALA, R.; WANG, Y.; ECK, P. K.; SONG, J.; KOH, W. S.; LEVINE, M. 2001. Vitamin C: from molecular actions to optimum intake. *In: Handbook of Antioxidants*. CADENZAS, E.; PACKER, I. (eds) 2nd edition. CRC Press. Washington DC, USA. pp 117-145.
- PRASAD, N. B. C.; KUMAR, V.; GURURAJ, H. B.; PARIMALAN, R.; GIRIDHAR, P.; RAVISHANKAR, G. A. 2006. Characterization of capsaicin synthase and identification of its gene (*csy1*) for pungency factor capsaicin in pepper (*Capsicum sp.*). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103(36): 13315-13320.
- PRIOR, R. L.; CAO, G. 2000. Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: Diet and health implications. *HortScience* 35: 588-591.
- RADEMACHER, W. 2000. Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 501-531.
- RADEMACHER, W. 2004. Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. *Acta Horticulturae* 653: 29-32.
- RADEMACHER, W.; KRAUS, M.; HOEPPNER, P.; EVANS, J. R.; EVANS, R. R. 1998. Prohexadione-Ca. A new biorregulator for the control of vegetative growth in Apple. Data Report APE/HF 19984296RAD, BASF Agricultural Center, 67114 Limburgerhof, Germany.

- RAMÍREZ, H. 2003. El uso de hormonas en la producción de cultivos hortícolas para exportación. Memoria del Tercer Simposio Nacional de Horticultura. Saltillo, Coahuila, México. pp. 1-22.
- RAMÍREZ, H.; PERALTA-MANJARREZ, R. M.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; SANCHEZ-LÓPEZ, A.; ROBLEDO-TORRES, V.; HERNÁNDEZ-DAVILA, J. 2005. Efecto de prohexadiona-Ca en tomate y su relación con la variación de la concentración de giberelinas y citocininas. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(2): 283-290.
- RAMÍREZ, H.; HERRERA-GÁMEZ, B.; MENDEZ-QUIROA, Y. H.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; DE LA CRUZ-BRETÓN, J. A.; ÁLVAREZ-MARES, V.; RANCAÑO-ARRIOJA, J. H.; VILLAREAL-QUINTANILLA, J. A. 2008. Prohexadiona de calcio disminuye el contenido de giberelinas endógenas en ápices de tomate saladette y chile pimiento. Revista Chapingo Serie Horticultura 14(2): 193-198.
- RAMÍREZ, M. M.; MONTES, H. S.; VILLALÓN, M. H.; MEDINA, M. T. 2006. Colecta y caracterización de germoplasma de chiles semidomesticados y silvestres de la región huasteca. Tercera Convención Mundial del Chile. Chihuahua, Chihuahua, México. pp. 45-49.
- ROSA, A.; DEIANA, M.; CASU, V.; PACCAGNINI, S.; APPENDINO, G.; BALLERO, M.; DESSÍ, M. A. 2002. Antioxidant activity of capsinoids. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50(25): 7396-7401.
- SANATOMBI, K.; SHARMA, G. J. 2008. Capsaicin content and pungency of different *Capsicum spp.* cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 36(2): 89-90.

- VÁZQUEZ-FLOTA, F.; MIRANDA-HAM, M. L.; MONFORTE-GONZÁLEZ, M.; GUTIÉRREZ-CARBAJAL, G.; VELÁZQUEZ-GARCÍA, C.; NIETO-PELAYO, Y. 2007. La biosíntesis de capsaicinoides, el principio picante del chile. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30(4): 353-360.
- WANGCHAROEN, W.; MORASUK, W. 2009. Antioxidant capacity changes of bird chili (*Capsicum frutescens* Linn.) during hot air drying. *Kasetsart Journal Natural Science* 43: 12-20.
- WEAVER, R. J. 1996. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Octava reimpresión. Editorial Trillas. México. 622 pp.
- YÁNEZ, R. J. N. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. Memoria del Segundo Simposio Nacional de Horticultura, Nutrición de Cultivos Hortícolas. Saltillo, Coahuila. México. pp. 1-22.
- YUN-IM, K.; HARK-JOO, K.; SI-YOUNG, L.; HEE, C.; NAM-JUN, K.; BYOUNG-RYONG, J.; 2008. Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) leaves and flowers under different irradiance and night temperature regimes. *Horticulture Environment and Biotechnology* 49(6): 397-402.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.