

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Evaluación del Efecto de Prohexadiona de Calcio y Acido Giberelico
en la Fisiología de Chile Mirador.**

Por:

ALEJANDRO AMADO RAMÍREZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Febrero del 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**Evaluación del Efecto de Prohexadiona de Calcio y Acido Giberelico
en la Fisiología de Chile Mirador.**

Realizado por:

ALEJANDRO AMADO RAMÍREZ

TESIS


**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de Ingeniero
Agrónomo en Producción**

Aprobado por:



Dr. Homero Ramírez Rodríguez

PRESIDENTE DEL JURADO



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo



Coordinación
División de Agronomía

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Febrero del 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación del Efecto de Prohexadiona de Calcio y Acido Giberelico
en la Fisiología de Chile Mirador.

Realizado por:

ALEJANDRO AMADO RAMÍREZ

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como

Requisito

Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN


Dr. Homero Ramirez Rodriguez

Presidente del Jurado


Dr. Juan Carlos Zúñiga Enriquez

Sinodal


Dr. Valentin Robledo Torres

Sinodal


M.C. Alfredo Gaytan Fernandez

Sinodal


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Coordinación
División de Agronomía
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Febrero del 2011.

INDICE DE CONTENIDO

	Pagina
INTRODUCCIÓN	iv
OBJETIVO	6
HIPÓTESIS	6
REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
Generalidades del cultivo de chile	7
Requerimientos edafoclimáticos	8
Etapas fenológicas y desarrollo	9
Biorreguladores de crecimiento	11
Giberelinas	11
Retardantes de crecimiento	12
Prohexadiona de Calcio	13
MATERIALES Y MÉTODOS	16
RESULTADOS Y DISCUSION	18
CONCLUSIONES.....	22
LITERATURA CITADA.....	23

Índice de figuras

	Página
Figura 1. Efecto de P-Ca y AG ₃ en la altura final de planta de chile Mirador.....	18
Figura 2. Efecto de P-Ca y AG ₃ en el número de flores por planta de chile Mirador.....	19
Figura 3. Efecto de P-Ca y AG ₃ en el número de frutos por planta de chile Mirador.....	20
Figura 4. Efecto de P-Ca y AG ₃ en el rendimiento por planta de chile Mirador.....	21

DEDICATORIA

A DIOS

Por darme la dicha de vivir, por iluminar mi camino y por darme la oportunidad de avanzar y no permitirme vencer en las pruebas difíciles de la vida, por darme una familia maravillosa y estar con mis padres y hermanos durante mi ausencia, principalmente por permitirme tenerlos en estos momentos más importantes de mi vida profesional y por último, por estar presente en todo momento de mi vida.

A MIS PADRES

Sra. Juana M^a Ramírez Flores

Sr. Alejandro Amado de la Cruz

Especialmente a ustedes padres por haberme dado la dicha de vivir, por depositar su confianza en mí, gracias por darme esta oportunidad por brindarme la mejor herencia que pudiera recibir, como es la educación que como esfuerzo me han ayudado a obtenerla y salir adelante para poder cumplir con uno de mis sueños más anhelados que es el de ser un profesional, por eso pido a Dios que los cuide y bendiga para siempre.

A MIS HERMANOS

Francisco

Santos

Carlos

Cecilia

Por la unión que existe y por el apoyo incondicional que me han brindado en todo momento, por su comprensión, cariño y admiración; principalmente a mí hermano Santos por estar siempre a lado de mis padres en mi ausencia. Gracias hermanos por querer a nuestros padres.

A MIS SOBRINOS

Lizet

Braulio

Alejandro

Lucero

Porque con sus sonrisas llenan nuestro hogar de alegrías y de gratos momentos y por los que vendrán en los próximos años. Pero en especial a ti chimina por los momentos de alegría que me has brindado. Te quiero mucho chimina.

A MI NOVIA

Erika Bautista Hernández

Por darme tu amor, compañía y por la ayuda incondicional que siempre he recibido de ti, pero sobre todo por la paciencia y la confianza que siempre has tenido hacia mí. Te Amo: CHAPARRITA.

A MI PRIMO

Enrique Amado Francisco

Por esa amistad y confianza que siempre me has brindado, por tus consejos y por los momentos que hemos convivido.

A MIS AMIGOS

José (Cachorro), Valentín (Mono), Nicolás (Yemo), Andrés (Marcia), Efraín (pollon), Carlos (Charley), Rodolfo (Opo), Leonel (Cuñao), Franco (pakjao), Faustino (Tino) Por haberme brindado todo su apoyo y amistad cuando más lo necesitaba, además de ser unas grandes personas y amigos.

A MIS AMIGOS DE LA ESPECIALIDAD Y GENERACIÓN C X: Agustín, Antonio, Ángel, Adelmor Adelaido, José modesto, Roberto, Nahúm, Felipe, Erik, Alfredo, Zoyla, Martín, Yaneth, José Antonio, hibrán, Edén, Emanuel, Elier Magdelio, Uriel, Fernando Iván, Raúl, Romeo Alfonso, Margarito, Blas.

Por los momentos agradables que hemos compartido. Gracias por su amistad y comprensión siempre los llevare en mi mente.

A MIS MAESTROS

Por haberme transmitido sus conocimientos, por sus asesorías y dar un momento de su tiempo para compartir.

A los trabajadores de los invernaderos

Manuel y Beto; gracias por su apoyo incondicional en la realización de la tesis en campo.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para que yo pudiera culminar con mis estudios y que inconscientemente no nombre, les pido una disculpa sincera y que Dios los bendiga por toda la vida.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS NUESTRO SEÑOR, Por estar conmigo en todos los momentos más grandes de mi vida y por permitirme llegar a una meta trazada hace cuatro años y medio.

A MI "ALMA MATER" Gracias a la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente al abrirme sus puertas y por todo el apoyo que me brindo durante mi estancia en ella.

Al Dr. Homero Ramírez Rodríguez. Primeramente por su apoyo y tiempo brindado durante el desarrollo de la tesis. También por haber depositado toda su confianza hacia mí persona.

Al Dr. Valentín Robledo Torres. Por su asesoramiento en la realización de este trabajo de investigación.

Al Dr. Juan Carlos Zuñiga Enriquez . Por sus consejos y asesoramiento en la realización de este trabajo de investigación. También por haber depositado toda su confianza hacia mí persona.

Al Ing. Alfredo Gaytan Fernández Por su valiosísimo apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

Al Ing. José Ángel de la Cruz Bretón. Por su asesoramiento, por sus regaños, y por la confianza que deposito hacia mí persona, el cual lo consideré como a un padre. Gracias por todos sus consejos que Dios lo tenga en su Santa Gloria. (+)

INTRODUCCIÓN

El cultivo de Chile (*Capsicum annuum* L.) es considerada 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 una hortaliza de gran importancia económica y social en la región de El Mirador, Chicontepec, Veracruz, México (Martínez, 2008; Amado, 2009). Esta hortaliza se utiliza en fresco, deshidratado, salsas y encurtidos. El fruto tiene una pungencia intermedia que no irrita el estómago de quien lo ingiere (Ramírez *et al.*, 2010), que es su característica principal, además contiene minerales, fibras, agua, carotenoides, vitamina A y C (Nuez *et al.*, 2003; Díaz *et al.*, 2004). Sin embargo, la 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). 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; Ramírez *et al.*, 2010). Prohexadiona de calcio (P-Ca) reduce el crecimiento vegetativo vía bloqueo de la biosíntesis de giberelinas biológicamente activas (Ramírez *et al.*, 2005) y aumenta las citocininas en meristemos apicales, las cuales promueven mayor floración y cuajado de fruto (Ramírez *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2010). 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 tomate y chile (Ramírez *et al.*, 2005; Ramírez *et al.*, 2009; Ramírez *et al.*, 2010). Considerando la aplicación exógena de los biorreguladores se plantea el siguiente objetivo e hipótesis.

Palabras clave: Evaluación de Prohexadiona de Calcio y Acido Giberelico en la Fisiología de Chile Mirador.

OBJETIVO

- Evaluar el efecto de Prohexadiona-Ca y Acido Giberelico en la fisiología de chile Mirador.

HIPÓTESIS

- Los biorreguladores Prohexadiona-Ca y Acido Giberelico modifican positivamente en forma temporal varios indicadores fisiológicos de chile Mirador.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del cultivo de chile

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 cm²; 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).

Clasificación taxonómica

Reino: Vegetal

División: Tracheophyta

Subdivisión: Pterospidae

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledonae

Orden: Solanaceales

Familia: Solanaceae

Género: Capsicum

Especie: annum

Nombre Común: Chile Mirador

(Amado, 2006).

Requerimientos edafoclimáticos

El chile se produce óptimamente en un clima relativamente caluroso y se adapta a condiciones de sequia en comparación al tomate o la berenjena. 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 de 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, 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. 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, son grupos de sustancias que se producen en la planta y que en cantidades muy pequeñas activan, inhiben o modifican los procesos fisiológicos; pueden actuar en su lugar de síntesis y/o translocarse y actuar en otro sitio lejano (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). Se ha reportado que los biorreguladores incrementan floración y cuajado de frutos en chiles y tomates (Ramírez-Luna *et al.*, 2005; Ramírez *et al.*, 2005; Ramírez *et al.*, 2010).

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). Provocan formación de flores en especies sensibles a fotoperíodo, inhiben formación de flores en varias especies, estimula crecimiento, principalmente por medio de alargamiento celular aunque también promueven división celular, promueven

la germinación de semillas e Inhiben formación de raíces (Weaver, 1996; Jankiewicz, 2003).

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). 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 (Ramírez *et al.*, 2005; Ramírez *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2010). 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).

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 meristemos 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 A₁, A₄ y A₇ consecuentemente reduciendo el crecimiento longitudinal de meristemos (Rademacher, 2004; Ramírez *et al.*, 2005). La estructura de P-Ca es similar a la del ácido 2-oxoglutámico 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-β-

hidroxilación, entre la reacción que estimula la formación de AG₁ como consecuencia, esta aplicación reduce los niveles de giberelinas activas y causa la acumulación de su inmediato precursor AG₂₀ 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 tricarbárico), 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.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo durante 2010 en el área de invernaderos del departamento de fitomejoramiento 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 21 de Marzo de 2010 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss Premier Mix. El trasplante se realizó el 05 de Mayo de 2010, a campo abierto, cuando las plántulas presentaron una altura de 15 cm. Lo anterior se realizó en camas con una distancia entre plantas de 30 cm a doble hilera. El tratamiento consistió en una sola aplicación a los 35 días después del trasplante, con un atomizador manual se aplicaron los siguientes tratamientos: Testigo (H₂O); Prohexadiona de Calcio 100 mg·litro⁻¹; Prohexadiona de Calcio 125 mg·litro⁻¹; Prohexadiona de Calcio 175 mg·litro⁻¹; AG₃ 25 mg·litro⁻¹; Prohexadiona de Calcio 100 mg·litro⁻¹ + AG₃ 25 mg·litro⁻¹; Prohexadiona de Calcio 125 mg·litro⁻¹ + AG₃ 25 mg·litro⁻¹ y Prohexadiona de Calcio 175 mg·litro⁻¹ + AG₃ 25 mg·litro⁻¹. La aplicación de cada tratamiento con biorreguladores se combinó con el surfactante líquido nonifenol(10)polioxietilénico (PegoDel) a razón de 1 ml·litro⁻¹ 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, número de flores por planta, cuajado de frutos y rendimiento. Se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar con 12 repeticiones por tratamiento para todas las variables. Los resultados obtenidos fueron analizados con el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1995), para obtener el análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

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 rendimiento por planta se determinó en cosecha, utilizando una bascula Ohaus modelo 3729 con capacidad máxima de 3000 gramos y resolución de 0.1 gramos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Altura de planta

En la figura 1, se muestra los efectos de los tratamientos de P-Ca solos o combinados AG_3 . Los tratamientos con P-Ca mostraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$), en la altura final de planta de chile Mirador al compararse con el testigo. El efecto observado de P-Ca sobre la reducción en la altura de las plantas ha sido reportado por Ramírez *et al.* (2005) en tomate saladette, Ramírez *et al.* (2010) en chile Mirador. Esta reducción en altura está directamente relacionado con un bloqueo por parte de P-Ca en la biosíntesis de giberelinas biológicamente activas A_1 , A_4 y A_7 (Ramírez *et al.*, 2008).

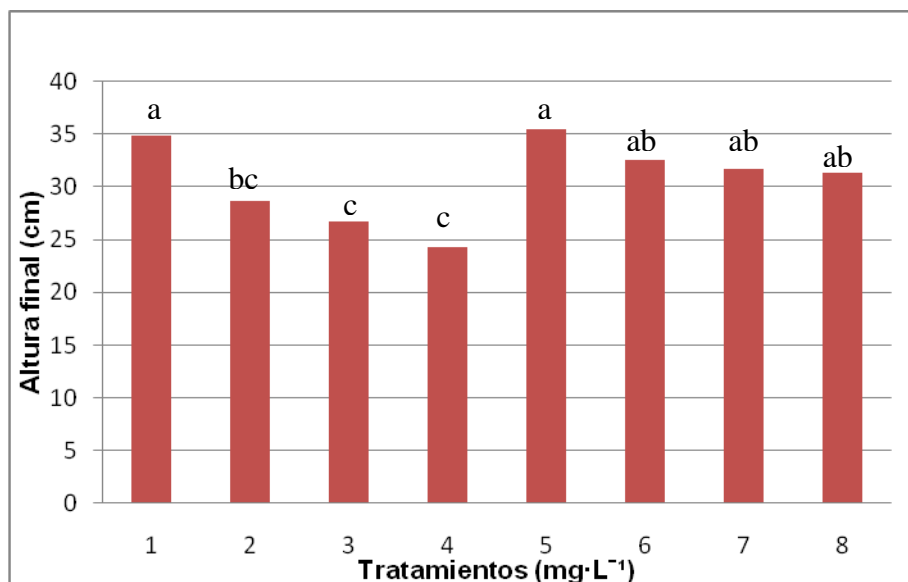


Figura 1. Efecto de P-Ca y AG_3 en altura final de planta de chile Mirador. Medias con misma letra son iguales. (Tukey, $P \leq 0.05$).

Número de flores

La figura 2 muestra el efecto de los tratamientos en el número de flores. Los tratamientos con P-Ca individual o combinados con AG₃ incrementaron significativamente ($P \leq 0.05$) el número de flores por planta. Resultados similares han sido reportados por Dahal *et al.* (2006), Chaudhary *et al.* (2006) y Ramírez *et al.* (2010) en Chile. En base a lo anterior, es probable que exista un sinergismo entre P-Ca y las giberelinas aplicadas que resultan en un mayor número de flores por planta. La influencia de AG₃ en el aumento de flores en Chile ha sido previamente observado por Kamara (2001) cuando estos biorreguladores se aplican en dosis menores a 15 mg·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).

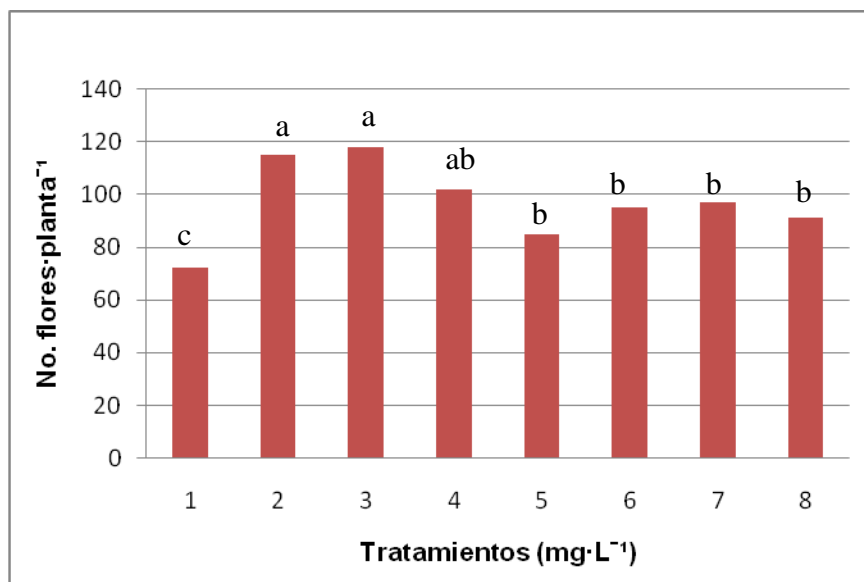


Figura 2. Efecto de P-Ca y AG₃ en el número de flores por planta de Chile Mirador. Medias con misma letra son iguales. (Tukey, $P \leq 0.05$).

Cuajado de fruto

Los efectos de los tratamientos en el cuajado de frutos de chile Mirador se ilustran en la figura 3. Se observó que al aplicar P-Ca individual o combinado con AG₃ aumentaron significativamente ($P \leq 0.05$) el % de cuajado de fruto. Efectos similares reportaron Ramírez-Luna *et al.* (2005), Shidhar *et al.* (2009), Ramírez *et al.* (2010), cuando aplicaron estos biorreguladores en chile habanero, en chile pimiento y chile mirador, 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). 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 chile mirador (Ramírez *et al.*, 2005, Ramírez *et al.*, 2010). 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 AG₃ actúan en sinergia y con ello estimulan el aumento en el cuajado de fruto (Rademacher y Kober, 2003).

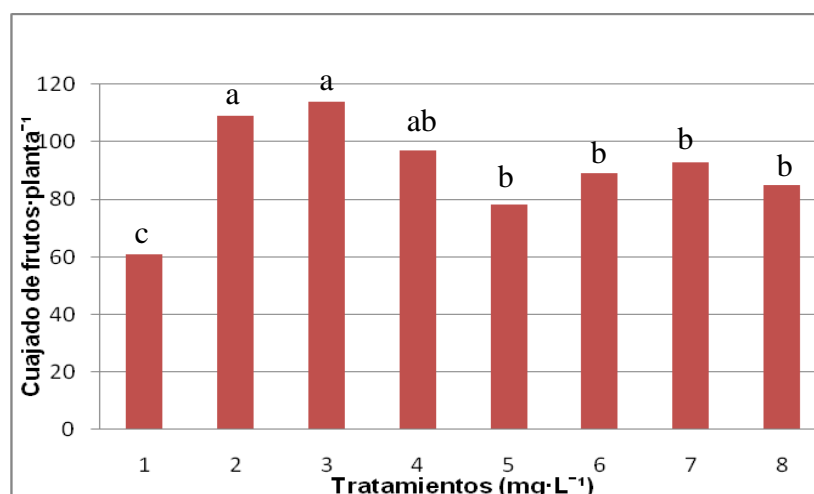


Figura 3. Efecto de P-Ca y AG₃ en el número de frutos por planta de chile Mirador. Medias con misma letra son iguales. (Tukey, $P \leq 0.05$).

Rendimiento por planta

El rendimiento por planta se incrementó en los tratamientos con los biorreguladores (figura 4). P-Ca aplicado individual o en combinación con AG₃ mostraron mayor producción. Lo anterior se respalda con los efectos similares reportados en Chile (Raviraja *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2010). 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 mg·litro⁻¹ (Ramírez *et al.*, 2005). En Chile mirador al aplicarse P-Ca a dosis de 100 mg·litro⁻¹ se obtuvo mayor rendimiento (Ramírez *et al.*, 2010).

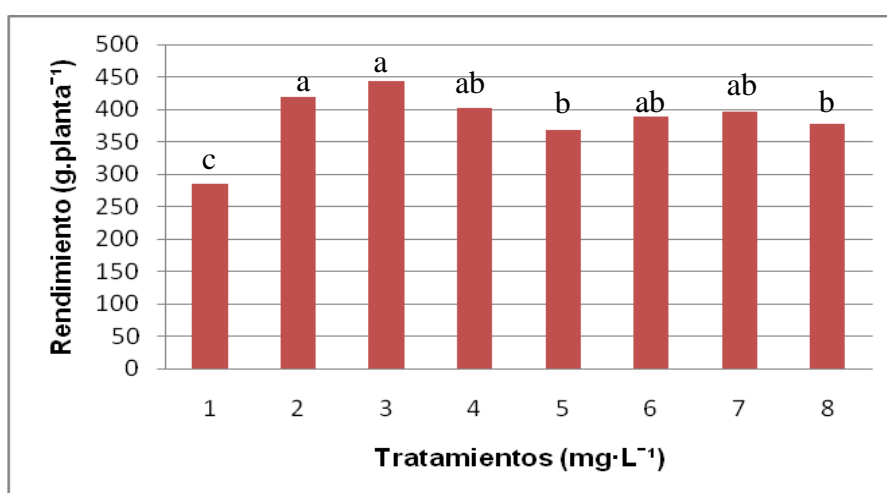


Figura 4. Efecto de P-Ca y AG₃ en el rendimiento por planta de Chile Mirador. Medias con misma letra son iguales. (Tukey, $P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos y bajo en las condiciones en que se realizo la presente investigación, se concluye. Que la aplicación de prohexadiona-Ca en chile mirador reduce la altura final de la planta. La aplicación de P-Ca individual o en combinación con AG₃ aumenta la floración, cuajado de fruto y rendimiento en el cultivo de chile mirador.

LITERATURA CITADA

1. AMADO, R. C. 2006. Evaluación de fertilizantes foliares, fertilizantes al suelos y extractos de algas marinas en el cultivo de chile Mirador criollo (*Capsicum annuum* L.) a campo abierto. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
2. AMADO, R. C. 2009. Prohexadiona-Ca, AG₃, ANOXA y BA modifican indicadores fisiológicos y bioquímicos en chile Mirador. Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
3. 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.
4. 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.
5. 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.

6. DÍAZ, J.; POMAR, F.; BERNAL, A.; MERINO, F. 2004. Peroxidases and the metabolism of capsaicin in *Capsicum annuum* L. *Phytochemistry Reviews* 3: 141-157.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. HEINS, R. D.; LIU, B.; RUNKLE, E. S. 2000. Regulation of crop growth and development based on environmental factors. *Acta Horticulturae* 514: 13-24.
11. JANKIEWICZ, L. 2003. Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Tomo I. Propiedades y acción. Ediciones Mundi-Prensa. México. 487 pp.
12. KAMARA, K. A. 2001. Nutrición, regulación del crecimiento y desarrollo vegetal. Memoria del Primer Simposio Nacional de Horticultura. Saltillo, Coahuila, México. pp. 1-14.
13. 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.

14. 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.
15. LESUR, L. 2006. Manual del cultivo del chile: Una guía paso a paso. México. Trillas. 80 pp.
16. LONG-SOLÍS, J. 1986. Capsicum y Cultura: La Historia del Chilli. Fondo de Cultural Económica. México, DF. 181 pp.
17. 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.
18. Martínez, O. A. 2008. Evaluación de biorreguladores en la fisiología de chile Mirador criollo (*Capsicum annum* L.) en invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
19. NUEZ, F.; ORTEGA, G. R.; COSTA, J. 2003. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-Prensa. México. 606 pp.
20. Olivares, S. E. 1995. Paquete Estadístico Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
21. OWENS, L.; STOVER, E. 1999. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. *HortScience* 34(7): 1194-1196.

22. 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.
23. 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.
24. RADEMACHER, W. 2004. Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. *Acta Horticulturae* 653: 29-32.
25. 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.
26. RADEMACHER, W.; KOBER, L. 2003. Efficient use of prohexadione-ca in pome fruits. *European Journal of Horticultural Science* 68(3): 107-107.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. RAMÍREZ, H.; MÉNDEZ O.; BENAVIDES, A. AMADO, C. 2009. 2009 Influencia de Prohexadiona-Ca y promotores de oxidación sobre el rendimiento, capsaicina y Vitamina C en chile Jalapeño. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(3): 231-236.
31. RAMÍREZ, H.; AMADO, C.; BENAVIDES, A.; ROBLEDO, V.; MARTINEZ, A. 2010. Prohexadiona-Ca, AG3, ANOXA y BA Modifican Indicadores Fisiológicos y Bioquímicos en Chile Mirador. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16 (2): 83-89.
32. RAMIREZ, H.; RIVERA, C.E.; BENAVIDES, A.; ROBLEDO, V.; REYNA, G. 2010. Prohexadiona-Ca, una Alternativa en la producción de tomate de cáscara. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16 (2): 139-146.
33. 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.
34. 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.
35. 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.
36. 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. Mysore Journal Agricultural Science 42(1): 33-37.
37. SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. 1996. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F. 759 pp.
38. 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.
39. WEAVER, R. J. 1996. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Octava reimpresión. Editorial Trillas. México. 622 pp.
40. 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.