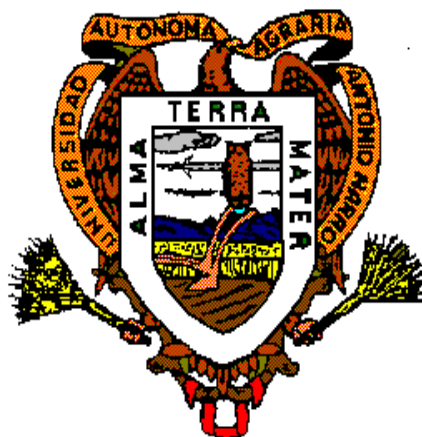


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

*División de Agronomía
Departamento de Horticultura*



**EVALUACIÓN DE PROHEXADIONA DE CALCIO (APOGEE) EN MANZANO
(*Malus sylvestris* Mill) BAJO CONDICIONES DE ARTEAGA, COAHUILA, MÉXICO**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

POR

ROBERTO GÓMEZ PÉREZ

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México Diciembre de 2002

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

EVALUACIÓN DE PROHEXADIONA DE CALCIO (APOGEE) EN MANZANO
(*Malus sylvestris* Mill) BAJO CONDICIONES DE ARTEAGA, COAHUILA, MÉXICO

POR:
ROBERTO GÓMEZ PÉREZ

TESIS
QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

Dr. Homero Ramírez Rodríguez
Presidente

M. C. Humberto Macías Hernández
Vocal

M. C. Reynaldo Alonso Velasco
Vocal

M. C. Leopoldo Arce González
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México Diciembre de 2002

CONTENIDO

Agradecimientos.....	ii
Reconocimientos.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Lista de cuadros.....	v
Lista de figuras.....	vi
Fotografías.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Botánica del manzano.....	3
Requerimientos climáticos.....	3
Producción de manzana en Arteaga, Coahuila.....	4
Reguladores del crecimiento.....	5
Auxinas.....	7
Giberelinas.....	7
Citocininas.....	7
Retardantes del crecimiento.....	7
Prohexadiona de Calcio.....	9
Modo de acción.....	10
Metabolismo.....	10
Propiedades toxicológicas y ecotoxicológicas.....	10
Absorción y translocación.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Localización.....	12
Características del material vegetativo.....	12
Tratamientos y diseño.....	12
Metodología o manejo.....	13
Parámetros a evaluar.....	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
CONCLUSIONES.....	21

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por haberme dado la vida a través de mis Padres y llegar hasta esta etapa, en la que me siento orgulloso de haber concluido mi carrera profesional.

A mis Padres J. Belem y Francisca por su paciencia para conmigo y por darme su apoyo para llegar a concluir mis estudios profesionales.

A mis hermanos Juan, Chino y Migue por su apoyo económico incondicional para concluir mi carrera.

Agradezco a México, mi gran país, por tener esta Universidad que sin sus beneficios no hubiera sido posible estudiar una carrera profesional.

Agradezco a mi esposa Concha por la confianza depositada en mí y permitir venirme tan lejos de casa con el único afán de ser alguien de bien para la sociedad.

Agradezco infinitamente al Dr. Homero Ramírez Rodríguez por haberme invitado a realizar este trabajo, por sus atinadas sugerencias y observaciones al mismo y su excelente dirección técnica. Así mismo al comité de asesores: M. C. Humberto Macías, M. C. Reynaldo Alonso, M. Sc. José Gerardo Ramírez Mezquitic; a todos ellos por ser unos grandes maestros y ejemplo a seguir para mí.

Agradezco a la empresa BASF Mexicana por el financiamiento del presente trabajo.

¿Y por qué no?, agradezco también a quienes no creían en mí... por que me dieron fuerza para demostrarles que si se puede cuando se quiere....

RECONOCIMIENTOS

A todos mis profesores, por transmitirme sus conocimientos cual padre a sus hijos con el afán más noble de generar nuevos profesionistas mejor capacitados. Especialmente a los Profrs. Paty Dorantes, Javier Aguillón, Juan Fco. Martínez Ávalos, Luis Ángel Romero Muños, Carlos Livas Hernández, José Luis Herrera Ayala, Roberto Coronado Niño, Elizabeth Galindo C., Oswaldo García Martínez, Valentín Robledo Torres, Inocente Mata Beltrán, Eliseo González Sandoval, Leobardo Bañuelos, Adalberto Benavides, y al comité de asesores de este trabajo que en conjunto con los antes citados son los mejores profesores de Agronomía, de los cuales tuve el gusto y orgullo de recibir clase.

A todos mis amigos alumnos: Sesar, Paco, El Bronquy, Balón, La Chapis, El Buky, Caba, Narciso, Lupillo, El Oso, Magda. Leonarda, Chayito, Muñeco, Ángel, Chago, Beny, Cande, Samuel, Adrián, Tokes. A todos ellos gracias por su amistad y convivencia en la Narro. Y a mis amigos profesores: Armando Rodríguez, Elizabeth de la Peña, Myrna Julieta, Victor Cantú, Job, María Elena Chaires, Julio Charles, Ing. Mandujano. A kenya por sus sugerencias continuas de que le echara ganas.

Especialmente reconozco su gran apoyo desinteresado hacia mí de los ingenieros: Enrique Navarro Guerrero y Manuel Ángel Burciaga Vera, mil gracias por su apoyo y amistad.

DEDICATORIA

Con todo cariño y respeto a mis Papás: J. Belem Gómez Ramírez y Francisca Pérez de Gómez por darme la oportunidad de estudiar, por sus consejos y regaños ... GRACIAS

A mis hermanos menores, para que esto les sirva de motivación y sigan estudiando: Frank y Bety. A los mayores, para que impulsen a sus hijos a seguir adelante: Saby, Santos y Juan. Y a los solteros Gracias por su apoyo económico: Chino y Migue.

A la memoria de mis abuelitos:

Pomposa Ramírez	y	Eugenio Gómez
Rosalía Medina	y	Gabriel Pérez

Les envío este trabajo hasta el cielo, donde me están observando y guiando por el mejor camino.

Con todo mi amor a mi esposa y mis dos hijos: Kate y Jamie que son la fuerza de mi ser, por los que me aventuré a seguir estudiando y puedo decirles que HE CUMPLIDO.

A mi Alma Mater, la mejor de las Universidades...

LISTA DE CUADROS

No. DE CUADRO	TÍTULO DEL CUADRO	PÁGINA
1	Efecto de Prohexadiona de Calcio sobre parámetros vegetativos de manzana Cv. Royal Gala en 2002	17
2	Efecto de Prohexadiona de Calcio sobre parámetros vegetativos de manzana Cv. Golden Delicious en 2002	17
3	Efectos de Prohexadiona de Calcio sobre parámetros de calidad del fruto en manzana Cv. Royal gala en 2002	20
4	Efectos de Prohexadiona de Calcio sobre parámetros de calidad del fruto en manzana Cv. Golden Delicious en 2002	20

LISTA DE FIGURAS

No. DE FIGURA	TÍTULO DE LA FIGURA	PÁGINA
1	Efecto de Prohexadiona de Calcio (Apogee) sobre el crecimiento de rama de manzano Cv. Royal Gala en 2002. * $P \leq 0.05$.	15
2	Efecto de Prohexadiona de Calcio (Apogee) sobre el crecimiento de rama en manzano Cv. Golden Delicious en 2002 ** $P \leq 0.01$.	15

FOTOGRAFÍAS

No. DE FOTOGRAFÍA	TÍTULO DE LA FOTOGRAFÍA	PÁGINA
1	Efecto de Prohexadiona de Calcio sobre el crecimiento en rama de manzana Cv. Royal Gala.	26
2	Efecto de Prohexadiona de Calcio sobre el crecimiento en rama de manzana Cv. Golden Delicious.	27
3	Árbol testigo de manzano Cv. Royal Gala.	28
4	Efectos de Prohexadiona de Calcio (250 ppm) sobre cuajado de fruto en manzano Cv. Royal Gala.	28
5	Árbol testigo de manzano Cv. Golden Delicious.	29
6	Efectos de Prohexadiona de Calcio (250 ppm) sobre cuajado de fruto en manzano Cv. Golden Dilicious.	29

INTRODUCCIÓN

La manzana es una de las frutas más antiguas del mundo, que gracias a su enorme adaptabilidad, logró dispersarse a diversas regiones, de tal forma que hoy está, entre los principales frutos más comerciales del orbe (ASERCA, 1995).

La producción mundial agrícola equivale a 3, 209, 006 miles de toneladas, repartiéndose tal producción de la siguiente manera: Cereales 59 %, Hortalizas 21 %, Frutas 11 %, y Tubérculos 9%, (BANCOMEXT, 1995).

Del total de la producción mundial de frutas (11 % = 352 990.66 miles de toneladas) corresponden a la manzana 18 580 miles de toneladas (5.6 %).

En nuestro país, la manzana fue introducida con la colonización y actualmente ocupa un lugar importante (sexto lugar en producción con el 4.2 % del volumen total de los productos frutícolas y un consumo per cápita anual de 6.5 Kg). La producción de manzana se realiza en 23 estados de nuestra nación; sin embargo, solamente 5 de ellos concentran el 80 % en la superficie sembrada, cosechada y rendimiento (ASERCA, 1995). Una cosecha temprana en plantaciones nuevas de manzano depende típicamente del manejo en el balance vegetativo y reproductivo en el desarrollo de árboles jóvenes. Idealmente los árboles jóvenes en una huerta deben pasar rápidamente a un estado reproductivo.

Uno de los principales problemas en manzana es el control vegetativo ya que se conoce que los manzanos enanos o semienanos, crecen más despacio que los estándar. Lo ideal sería tener manzanos que podamos controlar su crecimiento además de obtener fruta temprana (Owens, 1999). En manzano las giberelinas se encuentran implicadas en la elongación de tallos y en la inhibición de la floración (Ramírez *et al.*, 2001; Bangerth, 1997). Se han evaluado inhibidores de la biosíntesis de giberelinas para restringir el crecimiento vegetativo y cambiar el balance de crecimiento vegetativo a reproductivo como: Clormequat, daminozida y paclobutrazol. Algunos de estos compuestos inhiben la elongación

del tallo y promueven la floración en manzano. Sin embargo, tienen la desventaja de su persistencia en el árbol y la presencia de propiedades toxicológicas (Owens, 1999).

Prohexadiona de Calcio (Apogee) es un regulador de crecimiento que actúa sobre la inhibición de la biosíntesis de las giberelinas con baja toxicidad y persistencia limitada. Además induce a la formación de yemas más o menos dos semanas después de la aplicación y es totalmente asimilado en 4 o 5 semanas (Evans *et al.*, 1997). Por lo tanto, en base a lo anterior, la presente investigación fue diseñada con el objetivo de evaluar el retardante de crecimiento Prohexadiona de Calcio (Apogee) bajo condiciones de Arteaga, Coahuila, México.

HIPÓTESIS

- **Prohexadiona de Calcio tiene efectos retardantes en el crecimiento, así como en los parámetros de rendimiento y calidad**
- **Al menos un tratamiento tendrá efectos superiores a los demás.**

REVISIÓN DE LITERATURA

Botánica del manzano

El manzano pertenece al género *Malus*, de la familia *Rosaceae*. Apreciado por el fruto que produce, llamado manzana. El manzano es un árbol

caducifolio distribuido sobre todo por las regiones templadas. El fruto es una estructura firme, carnosas, derivada del receptáculo de la flor. Las hojas son anchas, ovales, aterciopeladas por el envés. La flor abierta es globosa, a veces blanca, pero casi siempre teñida o estriada de rosa; unas pocas especies presentan flores de color rojo vivo.

Las características físicas del fruto son muy variables. El color de la piel va desde el verde hasta el rojo muy oscuro, casi negro. También la forma es variada y comprende frutos oblatos y oblongos. El tamaño oscila entre un poco mayor que el de una cereza y casi tan grande como el de una toronja o pomelo mediano (Encarta 2000, Microsoft).

Requerimientos climáticos

Donde mejor prospera el manzano es en zonas de climas templados y fríos en las que la temperatura es igual o inferior a cero grados durante al menos dos meses. Las necesidades de frío exactas dependen de la variedad. El árbol soporta hasta -40 °C de temperatura. Los cultivos típicos no toleran el aire seco ni las altas temperaturas, por lo que las zonas de gran producción están determinadas por estas condiciones climáticas y edáficas (Ramírez y Cepeda, 1993).

Producción de manzana en Arteaga, Coahuila

El cultivo de manzana en México es localizado en la parte norte del país. Esta actividad frutícola empezó durante la colonización española hacia el año de 1579. Se introdujeron cultivares de Rosa Española, Perón y Winter Pearman en el área de Arteaga, Coahuila (localizada en el sureste del estado de Coahuila). Con

apoyo del Gobierno esta área se ha desarrollado en extensión y tecnología, además de orientación y supervisión extranjeras principalmente de Estados Unidos (Ramírez y Cepeda, 1999).

La implementación de técnicas como las de huertos intensivos así como riegos localizados, uso de patrones enanos y control del crecimiento de los árboles se han estado introduciendo a los huertos de manzana en la región de Coahuila y Nuevo León con la finalidad de hacer un mejor uso del agua, tener una óptima producción y fruta de calidad (Cárdenas, 1983).

Actualmente cultivares de Golden Delicious, Red Delicious, Double Red, Rome, Beauty y Jonathan son los que predominan en esta área con alrededor de 10,000 has plantadas, además se han establecido algunos otros cultivares como Granny Smith, Gala, Royal Gala y Fuji principalmente para fines de investigación; estos materiales están injertados sobre patrones como EM9, MM106 y MM111 principalmente; los cuales, han sido producidos en la región o importados de Estados Unidos o Europa . En las huertas se manejan sistemas de fertilización adecuada del suelo, y densidades que varían entre 400-1000 árboles por hectárea según la disponibilidad de agua que se tenga. De éstas huertas sólo el 50% es manejado bajo un sistema de riego tecnificado, el resto se desarrolla bajo condiciones de temporal (Ramírez, 2000).

Reguladores del crecimiento

Los reguladores del crecimiento, son hormonas naturales que la planta genera con el objeto de realizar funciones específicas de la misma y en concentraciones extremadamente bajas.

La expresión genética de cualquier especie, y cultivar de hortalizas o frutales, así como el crecimiento y desarrollo de los mismos están controlados especialmente por las hormonas que se sintetizan en el interior de las plantas.

Las hormonas vegetales son compuestos que son sintetizados por las plantas en concentraciones micro molares o menores, las cuales provocan respuestas fisiológicas específicas ya sea en forma local o bien son translocadas a otras regiones de la planta para modificar su crecimiento y desarrollo.

Los mecanismos exactos que regulan dicha expresión genética son hasta la fecha poco entendidos por su aparente complejidad.

Las hormonas también pueden considerarse esenciales en la fisiología vegetal ya que si estas no son producidas, el balance entre estas y/o utilizadas oportunamente en el sitio de acción correspondiente, hace que la planta se desbalancee en su crecimiento y desarrollo provocando alteraciones en la fenología de los cultivos, así como drásticas alteraciones en la producción, calidad de los mismos, así como en la posibilidad de preservar la especie.

Las hormonas juegan un papel muy importante en la expresión fenotípica de los cultivos ya que estas actúan como mensajeros entre el genotipo y el ambiente, por ejemplo cuando la planta está expuesta a condiciones de sequía o bajos niveles de humedad, se estimula la síntesis del ácido abscísico, el cual actúa sobre la activación de los genes específicos de resistencia a dichas condiciones en el interior de la planta.

Derivado del conocimiento de las hormonas naturales producidas por las plantas y sus efectos sobre el desarrollo y productividad de las mismas, han surgido en el mercado un sinnúmero de productos sintéticos y compuestos que emulan a dichas hormonas química y funcionalmente, así como algunos extractos de origen vegetal y marino que contienen algunas de esas hormonas naturales y los cuales son empleados para aplicaciones exógenas, que compensan o sustituyen las carencias temporales de esos compuestos o bien potencien la expresión genética de las plantas, y/o aceleren o retrasen la ocurrencia de los procesos del desarrollo, con fines de lograr alguna ventaja comercial o competitiva.

Los grupos de compuestos hormonales descubiertos y reportados hasta el momento y que tienen un impacto significativo sobre el desarrollo y manejo de las hortalizas y frutales son los siguientes: Auxinas, Giberelinas, Citocininas, Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Salicilatos, Jasmonatos.

En la actualidad, el desarrollo científico y tecnológico es amplio en estas áreas del conocimiento, tanto de la nutrición como de la regulación del crecimiento y desarrollo vegetal, en forma tal que día con día surgen nuevos productos y tecnologías para el mejor manejo de estos aspectos en frutales y hortalizas, ya que es en este tipo de cultivos donde mas se han empleado diversas prácticas culturales como productos que mejoran su manejo y productividad (Yáñez, 2002).

El proceso de inducción floral es uno de los principales aspectos en que los reguladores de crecimiento pueden influir en los árboles de manzana, tal es el caso de las auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, y retardantes del crecimiento. (Rojas y Ramírez, 1999).

Auxinas

Las auxinas son sustancias del crecimiento que intervienen en la elongación y división celular de diferentes órganos de la planta como son semillas, raíces, tallos , hojas, flor y fruto.

Las auxinas son sintetizadas principalmente en los puntos meristemáticos apicales de las ramas y translocadas en forma descendente; y en las semillas donde son usadas para el desarrollo del fruto presentando translocación por polaridad (Yáñez, 2002).

Giberelinas

Los sitios donde se producen estas hormonas en los árboles frutales son las hojas jóvenes, embriones, raíces y frutos en desarrollo, y los primeros efectos que causa son alargamiento celular y rompimiento del letargo de yemas y semillas.

Citocininas

Las funciones principales de este tipo de hormonas es que intervienen en la división celular y diferenciación de órganos, rompimiento de la dominancia apical y retraso en senescencia de hojas, flores y frutos (Yáñez, 2002).

Retardantes del crecimiento

Los retardantes del crecimiento son sustancias que retardan la división y elongación celular, además, se ha demostrado que en la mayoría de los casos no causan malformaciones e incrementan el color verde en el follaje e inducen con frecuencia la formación de yemas florales. Su acción es en la parte subapical cuando retardan el crecimiento vegetativo. Su acción presumiblemente sea mediante el bloqueo de la síntesis de giberelinas o ácido indolacético, o bien su desplazamiento en la planta.

La función de las auxinas en la formación de flores no está muy clara. Cuando son aplicadas en algunas plantas la respuesta a la floración se modifica, siendo sus efectos ligeros. En árboles de manzano en producción regulan la alternancia por medio del aclareo de frutos, lo cual ocasiona la formación mayor de cantidad de flores en la estación siguiente de árboles no aclareados (Greene, 1991).

En manzano la aplicación de citocininas en forma individual parece no tener resultados en el incremento de la floración (Luckwill, 1970). En experimentos en Arteaga Coahuila, se ha demostrado que con la aplicación de citocininas en combinación con Alar se aumenta la floración en un 30 % aproximadamente (Figueroa, 1983).

Las giberelinas poseen un efecto inductor en la floración en plantas con fotoperiodo definido y en aquellas que necesitan fertilización, pero no se sabe como es su comportamiento (Ramírez *et al.*, 2001). Aspersiones de giberelinas en manzano se sabe que reducen marcadamente la formación de flores (Guttridge, 1982) y esto sólo sucede en árboles con fruta (Buban y Faust , 1982).

En manzano las Giberelinas (GAs) han sido frecuentemente asociadas con la elongación e inhibición floral (Rademaker, 1991). Se han evaluado distintos inhibidores de la biosíntesis de giberelinas usándolos como herramientas del control vegetativo del árbol o cambiando el balance del estado vegetativo del árbol a un estado productivo (Owens, 1999).

Estudios económicos han marcado ventajas en la producción temprana (Peterson y Hinman, 1994), con ello se han implementado una serie de técnicas en las cuales se trata de acelerar la producción en los árboles de manzana. Una

de las técnicas utilizadas es con los retardadores de crecimiento con los cuales se modifica temporalmente la acción de los genes.

Se han evaluado distintos productos con acciones en la inhibición de la biosíntesis de giberelinas. Dentro de ellos el Chlormequat [(2-cloroetil) trimetilamonio cloruro], daminozida (ácido succínico 2,2-dimetilhidracida) y pacobutrazol β -[(4-clorofenil)metil]- α -(1,1-dimetietil)1H-1,2,4-triazole-1-etanol]] (Edgerton, 1986, Quinlan y Richardson, 1984; Steffens *et al.*, 1992; Williams, 1983). Aunque estos productos inhiben la elongación y en algunas ocasiones promueven la floración en manzana, han tenido problemas de una extensa persistencia en el árbol de manzana, propiedades toxicológicas y restricciones de su uso (Owens, 1999).

Prohexadiona de Calcio

Prohexadiona de Calcio experimentalmente conocido como BAS-125W es un regulador de crecimiento en plantas que ha sido registrado comercialmente bajo el nombre de "Apogee" en los Estados Unidos por BASF Corp. y Kumiai Chemical Industry Co. Ltd. BAS-125W. Este material reduce el crecimiento vegetativo por la inhibición de la biosíntesis de giberelinas (Fallai, 1999).

Prohexadiona de Calcio (P-Ca); Bas-125W (3-oxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexeno-carboxilato) es un inhibidor de la biosíntesis de giberelina con baja toxicidad y limitada persistencia. En manzanos induce la yema terminal más o menos dos semanas después de la aplicación y es totalmente metabolizado 4 a 5 semanas después de la formación de la misma (Evans *et al.* 1997).

Modo de Acción de P- Ca

P-Ca inhibe la biosíntesis de giberelinas (GAs) consecuentemente reduciendo el crecimiento longitudinal de meristemas. La estructura de

Prohexadiona es similar a aquellas de ácido 2-oxoglutarico que es un co-substrato de dioxidasas catalizando hidroxilaciones envueltas en pasos tardíos de la biosíntesis de giberelinas. El primer blanco de Prohexadiona de Calcio parece ser 3- β -hidroxilación, como consecuencia esta aplicación reduce los niveles de giberelinas altamente activas y causa la acumulación de su inmediato precursor GA₂₀ inactivo (Evans y Regusci, 1999). En relación a la dioxunasa envuelta en el metabolismo de flavonoides pueden también ser afectados por P-Ca y compuestos relacionados (Rademacher *et al.*, 1992).

Metabolismo de P-Ca

P-Ca en plantas vegetales se degrada con un promedio de vida de pocas semanas. Después de la asimilación y el partimiento de su anillo ocurre naturalmente el ácido propanol,2,3- tricarboxílico (ácido tricarbarílico), el cual es introducido al metabolismo de la planta. En los suelos el P-Ca se descompone, la mayor parte en dióxido de carbono, con una media de vida <7 días. En agua P-Ca se degrada por fotólisis a dióxido de carbono y otros productos naturales. En mamíferos, P- Ca es rápidamente absorbido y después excretado. La acumulación excesiva en mamíferos no ha sido analizada (Evans y Regusci, 1999).

Propiedades toxicológicas y ecotoxicológicas

El material no es mutagénico, carcinogénico o teratogénico. Prohexadiona de Ca no tiene efectos negativos en pájaros, pescados, o en abejas, o en los microorganismos del suelo (Evans y Regusci, 1999).

Absorción y translocación

P-Ca es absorbido en manzanos por el follaje, para una máxima absorción requiere un mínimo de 8 horas, y es transportado acropétalmente a los puntos

individuales de crecimiento (meristemos). Los movimientos basipétalos son mínimos. Típicamente sólo el desarrollo de los meristemos tratados se ven afectados. P-Ca no persiste en el árbol y consecuentemente no afecta a los crecimientos de la siguiente estación (Evans y Regusci, 1999).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo se desarrolló durante el periodo primavera verano del 2002 en la huerta "Guadalupe", ubicada en la carretera federal No. 57 Piedras Negras- México, aproximadamente a la altura del Km. 46, del tramo Saltillo-México cerca del poblado Huachichil , municipio de Arteaga Coahuila localizada entre los 25° 13' de Latitud Norte y de 100° 05' de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, con una altitud de 2060 msnm.

Características del material vegetativo

La elección de la huerta se hizo en base a las características deseadas para realizar el trabajo. Se utilizaron dos cultivares de 10 años de edad: Royal Gala/MM106 y Golden Delicious/MM106 con sistema de Líder Central a una densidad de 500 y 700 árboles por hectárea respectivamente.

Se seleccionaron 16 árboles procurando que el vigor de los mismos fuese uniforme entre ellos, además de que pertenecieran a la misma hilera.

Tratamientos y Diseño

El arreglo fue un Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. Dentro de cada repetición se seleccionaron 4 ramas de cada árbol procurando que apuntasen a los diferentes puntos cardinales, es decir una hacia el norte otra hacia el sur, este y oeste respectivamente. Dichas ramas eran seleccionadas procurando que tuviesen frutos amarrados, además de un crecimiento vegetativo de aproximadamente 2 cm.

Los tratamientos consistieron en aplicar el producto Prohexadiona de Calcio (Apogee) a tres distintas concentraciones:

1. Testigo

2. 125 gr.ha⁻¹ de Apogee
3. 175 gr.ha⁻¹ de Apogee
4. 250 gr.ha⁻¹ de Apogee

Metodología o manejo

Las aplicaciones fueron basadas en 1000 lt.ha⁻¹ agregándoles 1cc.lt⁻¹ de adherente dispersante (Bionex).

Se hicieron aplicaciones con aspersora de mochila haciendo la primera aplicación el 17 de abril del 2002, dos semanas después se realizó la segunda aplicación. Esta práctica se realizó durante la mañana procurando llevar al follaje a punto de rocío.

Parámetros a Evaluar:

1. Crecimiento vegetativo total por rama.
2. Longitud de entrenudos.
3. Número de hojas por rama.
4. Longitud de pedicelo.
5. Cuajado de fruto.
6. Peso promedio de fruto.
7. Calidad del fruto
8. Producción total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos de Prohexadiona – Ca en crecimiento vegetativo.

En la figura 1, se presentan los efectos de Apogee sobre el crecimiento de la rama en el cultivar Royal Gala. Se observa que las concentraciones de este retardante, provocaron una reducción significativa de la misma. El efecto fue mayor en las concentraciones de 175 y 250 ppm. Al comparar estos tratamientos con el testigo, se observa una diferencia de 30 cm de reducción. La reducción en el crecimiento de la rama fue notable en cualquier tratamiento con Apogee a partir del mes de mayo, lo que representa 15 días después de la primera aplicación. El efecto en la reducción del crecimiento se mantuvo con la segunda aplicación del Apogee en cada dosis.

El efecto de Apogee en el Cv. Golden Delicious se presenta en la figura 2. se puede apreciar que nuevamente se observa un patrón de reducción de crecimiento en las diferentes dosis del retardante al compararse con el testigo. En esta ocasión, las diferencias entre el testigo y la máxima reducción con 250 ppm de Apogee fue de aproximadamente 20 cm. la diferencia estadística en este cultivar refleja un nivel del 1% .

El efecto del Apogee en sus diferentes dosis, también estuvo ligado con una notable reducción en la longitud de entrenudos en donde se presentan diferencias estadísticas con cada dosis utilizada de Apogee en el Cv. Royal Gala (Cuadro 1). En el Cv. Golden Delicious la diferencia se presento con mayor intensidad en la dosis de 250 ppm (Cuadro 2). El número de hojas por ramas se redujo en ambas concentraciones con cualquier dosis del retardante. Con referencia a la longitud del pedicelo, aunque hubo una tendencia a reducirse, no se observó un efecto significativo en ninguna de las dos concentraciones (Cuadros 1 y 2).

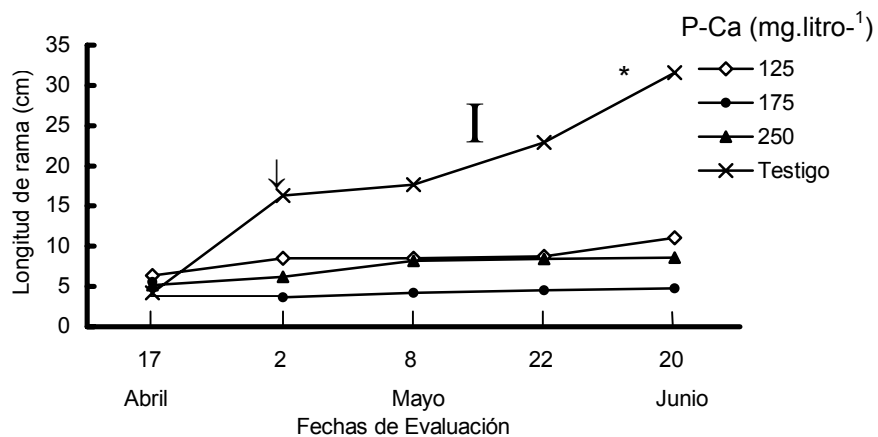


Figura 1. Efecto de Prohexadiona de Calcio (Apogee) sobre el crecimiento de rama de manzano Cv. Royal Gala. * $P \leq 0.05$.

↓ Segunda aplicación.

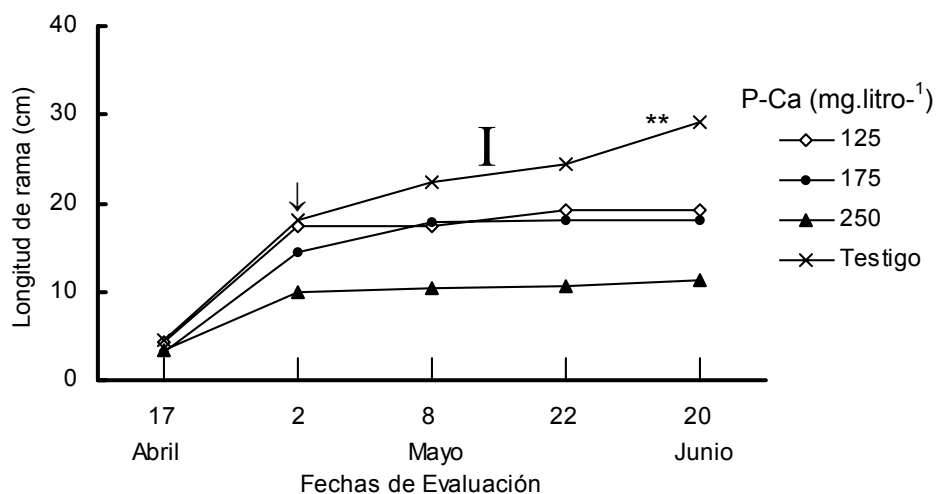


Figura 2. Efecto de Prohexadiona de Calcio (Apogee) sobre el crecimiento de rama de manzano Cv. Golden Delicious. ** $P \leq 0.01$.

↓ Segunda aplicación.

Los efectos de Apogee observados en la reducción del crecimiento vegetativo en los cultivares Royal Gala y Golden Delicious muestran el efecto del

retardante Apogee. Este efecto inhibitorio en el crecimiento vegetativo se observa muy activo en esta especie frutal. Resultados similares que apoyan esta experiencia han sido observados en otras condiciones de clima por Basak y Rademacher (2000), Greene (1996) y Rademacher *et al.*, (1998). En Coahuila, es importante considerar que las poblaciones de manzano que incluyen los cultivares de manzano aquí estudiados están injertados sobre el patrón semienano MM106 y establecidos en un clima seco y con inviernos benignos. Esto de alguna manera contribuyó a que la dosis alta de Prohexadiona – Ca (250 ppm) redujera fuertemente el crecimiento apical de la rama (Figuras 1 y 2) así como el internudo y número de hojas por rama (Cuadro 1 y 2). En base a lo anterior, es conveniente vislumbrar que este efecto de reducción fuerte en el crecimiento pudiera no ser adecuado en el sistema integral del manzano pues provocaría una posible baja en disponibilidad de dardos (Spurs) para la producción futura. Estas experiencias en Coahuila también han sido referidas por Greene (1996) en estados Unidos con el Cv. Mc Intosh.

En base a lo anterior, la dosis intermedia de Prohexadiona – Ca (175ppm) pudiera ser considerada como una buena opción en futuras investigaciones en las condiciones de Coahuila México y continuar evaluando con la concentración de 125 ppm.

Apogee (ppm)

**

Cuadro 1. Efectos de Prohexadiona de Calcio sobre parámetros vegetativos de manzana Cv. Royal Gala en 2002.

Tratamiento Apogee	Long. Entrenudo (mm)	No. Hojas / rama	Long. Pedicelo (mm)
125 ppm x 2	19.6 b	9 a	33.7 a
175 ppm x 2	18.2 b	8 a	33.3 a
250 ppm x 2	14.5 a	9 a	36.0 a
Testigo	27.0 c	12 b	34.2 a

Entre columnas letras diferentes son estadísticamente diferentes al 1 % según Duncan.

Cuadro 2. Efecto de Prohexadiona de Calcio sobre parámetros vegetativos de manzana Cv. Golden Delicious en 2002.

Tratamiento Apogee	Long. Entrenudo (mm)	No. Hojas / rama	Long. Pedicelo (mm)
125 ppm x 2	28.6 b	10 a	32.0 a
175 ppm x 2	27.5 b	10 a	31.9 a
250 ppm x 2	19.7 a	9 a	31.0 a
Testigo	30.9 c	12 b	33.4 a

Entre columnas letras diferentes son estadísticamente diferentes al 1 % según Duncan.

Efecto de Prohexadiona – Ca en producción y calida de fruto.

Las diferentes dosis de Apogee causaron una mayor producción por árbol en Royal Gala (Cuadro 3) y Golden Delicious (Cuadro 4). En ambos cultivares se observó una marcada diferencia significativa con la dosis de 250 ppm. La concentración de 175 ppm también provocó una diferencia substancial de kilogramos de fruta por árbol.

El peso de fruto en los árboles testigos, tuvo una tendencia a ser mayor en ambos cultivares; mientras que el radio del mismo también el testigo tendió a un ligero nivel mayor. Las diferentes concentraciones de Prohexadiona de Calcio siempre provocaron menos contenido de grados Brix y una mayor firmeza en la fruta cosechada tanto de Royal Gala (Cuadro 3) como de Golden Delicious (Cuadro 4).

En el presente trabajo, quedó claramente establecido que Prohexadiona de Calcio (Apogee), aumenta la producción de manzana en los cultivares Royal Gala y Golden Delicious. Lo anterior ha sido reportado en los cultivares de manzana como Lobo y Jonagold (Basak y Rademacher, 2000). En la presente investigación se observó una relación directa entre mayor concentración = a mayor producción (Cuadro 3 y 4). Este efecto de Prohexadiona de Calcio se interpreta como un aumento obvio en el cuajado de fruto y que pudiera resultar de la reducción en competencia del crecimiento vegetativo al bajar notablemente su tasa de crecimiento (Figuras 1 y 2).

El tamaño de la fruta en los tratamientos de Apogee se vio disminuida (Cuadro 3 y 4). Esto se puede interpretar como una reducción en la disponibilidad de alimentos para un mayor número de frutos por

rama. Lo anterior pudiera reflejar un efecto típico de retardante de crecimiento (Rademacher *et al.*, 1998). En este aspecto , es importante dar atención al aclareo de frutos cuando el cuajado es alto como resultado de la aplicación de Prohexadiona de Calcio.

En manzano, el fruticultor busca en el momento de cosecha que su fruta tenga un bajo contenido de grados Brix y una buena firmeza. Lo anterior, en particular, se aplica cuando se tiene un mercado competitivo y que requiere almacenar la fruta por periodos adversos de tiempo. Esas condiciones pomológicas fueron observadas entre los tratamientos con Apogee (Cuadros 3 y 4). Este retraso en “maduración” es ideal en el manejo de fruta de manzana.

Cuadro 3. Efectos de Prohexadiona de Calcio sobre parámetros de calidad del fruto en manzana Cv. Royal Gala en 2002.

Tratamiento Apogee	% cuajado fruto	Prod./ Árbol Kg	Peso / fruto gr.	Radio Fruto	° Brix / Fruto	Firmeza/ Fruto kg/cm²
125 ppm x 2	29 a	61.02 b	147 a	0.87 a	10.46 a	8.16 b
175 ppm x 2	34 b	63.02 b	145 a	0.92 a	9.98 a	7.66 b
250 ppm x 2	40 b	69.70 bc	146 a	0.88 a	9.66 a	8.04 b
Testigo	23 a	54.46 a	150 a	0.93 a	13.24 b	6.28 a

Entre columnas letras diferentes son estadísticamente diferentes al 1 % según Duncan.

Cuadro 4. Efectos de Prohexadiona de Calcio sobre parámetros de calidad del fruto en manzana Cv. Golden Delicious en 2002.

Tratamiento Apogee	% cuajado fruto	Prod./ Árbol Kg	Peso / fruto gr.	Radio Fruto	° Brix / Fruto	Firmeza/ Fruto kg/cm²
125 ppm x 2	26 a	48 b	161 a	0.86 a	10.5 a	9.30 a
175 ppm x 2	28 a	54 b	159 a	0.85 a	10.8 a	9.60 a
250 ppm x 2	40 b	57 bc	157 a	0.86 a	10.0 a	10.50 ab

Testigo	25 a	39 a	163 a	0.87 a	11.2 b	9.00 a
----------------	-------------	-------------	--------------	---------------	---------------	---------------

Entre columnas letras diferentes son estadísticamente diferentes al 1 % según Duncan.

CONCLUSIONES

En base a la experiencia obtenida en este trabajo de investigación y con los resultados logrados en el mismo al evaluar Prohexadiona de calcio en manzana se concluye lo siguiente:

- **Apogee aumenta la producción por árbol.**
- **Tiende a reducir el tamaño y radio del fruto, lo que sugiere realizar un buen aclareo de fruto cuando sea necesario.**
- **Genera frutos con menor grados Brix y mayor firmeza al momento de cosecha.**
- **Apogee a 125 y 175 ppm prometen estar en los niveles que se requieren en Coahuila.**
- **Apogee es un retardante de crecimiento que promete un buen futuro en Coahuila.**

LITERATURA CITADA

- ASERCA, 1995. Revista “Claridades Agropecuarias” No. 27. La manzana. SAGARPA. México. pp 3-7
- BANCOMEXT, 1995. Características de la producción mundial de hortalizas. D. F., México. pp 7
- Basak, A. y Rademacher, W. 2000. Growth regulation of pome and stone fruits trees by use of Prohexadione – Ca. Acta Horticulturae 514: 41 – 50.
- Buban, T. y Faust, M. 1982. Flower bud induction in apple trees: Internal control and differentiation. Horticultural Reviews 4:174-203.
- Cárdenas, C. A. G. 1983. Introducción de precocidad en manzano con Alar. p.1-15, 24-26. Tesis, Buenavista, Saltillo Coahuila.

- Edgerton, L. J. 1986. Some effects of Pacobutrazol of growth and fruiting of apple, peach, and cherry, Acta Hort.179.-467-472.
- Enciclopedia Encarta, 2000. Microsof. "La manzana"
- Evans, J. R., C. A. Ishida, C. L. Regusci, R. R., y W. Rademacher. 1997. Mode of action, metabolism and uptake of BAS-125W, prohexadione-calcium. HortScience 32-557-558 (Abstr).
- Evans, L. Y C.L. Ragusci. 1999. Mode of action, metabolism, and uptake of BAS-125W Prohexadione-calcium. HortScience 34(7):1200-1201.
- Fallai, E. 1999. Metabolism, action, and use of BAS-125W in apples. HortScience 34(7):1193.
- Figueroa, V. 1983. Efecto de biorreguladores en el desarrollo vegetativo y formulación de yemas floral en manzano. Tesis Licenciatura, UAAAN.
- Greene, D. W. 1991. Reduces rates and multipls sprays of paclobutrazol control growth and improve fruit quality of Delicious apples, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116:807-812.
- Greene, D. W. 1996. The use of BAS 125W to control growth of apple trees. Proceedings PGRSA., 24(1-2): 59.
- Guttridge, C.G.1982. Giberellic acid on apples: Report of the Scottish Horticultural Research Institute-(1961-1962)-. 49.
- Luckwill, L. C. 1970. The control of growth and fruit fulness of apple trees. P.237- 254. In:L.C.Luckwiland C.V. Cutting (eds) Physiology of tree crops, Academic, London.

- Owens, L. 1999. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione -calcium. HortScience 34(7):1194-1196.
- Peterson, A. B. y Hinman. 1994. The economics of replanting apple orchards in Washington State. Acta Horticulturae. 363:19-23.
- Quinlan, J.D y P.J. Richardson. 1984. Effect of Pacobutrazol (PP333) on apple shoot growth. Acta Horticulturae 146:105-111.
- Radmacher, W. 1991. Inhibitors of gibberellins biosynthesis. Application in agriculture and horticulture, p.296-310. In: N. Takahashi, B.O. Phinney, and J. MacMillan (eds.) Gibberellins, Springer-Verlag, New York.
- Radmacher, W., K. E. Temple-Smith, D. L. Grggs y P. Hedden 1992. The mode of action of acylcyclohexanoides- A new type of growth retardant, p. 571-577. In: C.M. Karssen, L.C. Van Loon, and D. Vreugdenhil (eds.) progress in plant growth regulation. Kluwer academic, The Netherlands.
- Radmacher, W., Kraus, M., Hoepfner, P., Evans, J. R. y Evans, R. R. 1998. Prohexadione – Ca a new bioregulator for the control of vegetative growth in apple. Data Report APE/HF 19984296RAD, BASF Agricultural Center, 67114 Limburgerhof, Germany.
- **Ramírez, R. H. 2000. Apple growing in northeastern Mexico. Acta Horticulturae 565: 139 – 140.**
- **Ramírez, R. H. y Cepeda, S. M. 1993. El manzano. Segunda Edición. Ed. Trillas. México D. F. 208 p.**

➤ **Ramírez, H. y Cepeda, S. M. 1999. El manzano. Ed. Trillas. México D. F. 208 p.**

- Ramírez, R. H.; Benavides M., A.; Galván E., M.; Rangel L., E. A. 2001. Giberelinas biológicamente activas en tejido floral de manzano (*Malus domestica* Borkh.) Revista Chapingo. Serie Horticultura 3(2): 197 – 201.
- Rojas, G. M. y Ramírez R., H. 1999. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Ed. Limusa. México D. F. 239 p.
- Steffens, G. L., J. LT. Lin, A. E. Stafford, J. D. Metzger, y J. P. Hazebroek. 1992 .Giberellins content of immature apple seeds from Pacobutrazol treated trees over three seasons , J. Plant Growth Regulatations, 11: 165-170.
- Williams, M.W. 1983. Managing flowering fruit set, seed development in apple with chemical growth regulators, p.273-286. In- W.J. Meudt (ed.)Strategies of plant reproduction. Beltsville Symp. No. 6. Granda Publishing, London.
- Yáñez, R. J. N. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. Watts. Saltillo, Coahuila. pp 40-42

FOTOGRAFÍAS



Foto 1. Efecto de Prohexadione de Calcio sobre el crecimiento en rama de manzana Cv. Royal Gala.



Foto 2. Efecto de Prohexadiona de Calcio sobre el crecimiento en rama de manzana Cv. Golden Delicious



Foto 3. Árbol testigo de manzano Cv Royal Gala.



Foto 4. Efectos de Prohexadiona de Calcio (250 ppm) sobre cuajado de fruto en manzano Cv. Royal Gala.



Foto. 5. Árbol testigo de manzano Cv. Golden Delicious.



Foto 6 Efectos de Prohexadiona de Calcio (250 ppm) sobre cuajado de fruto en manzano cv. Golden Delicious.

