

Prohexadiona de calcio como regulador de crecimiento en el manzano (*Malus domestica* Borkh.) “Golden Delicious”, Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México

Prohexadione-calcium as a growth regulator in apple cultivar “Golden Delicious” (*Malus domestica* Borkh.) in Cuauhtemec, Chihuahua, Mexico

CHRISTIAN MAURICIO KIESSLING-DAVISON¹, JOSE EDUARDO MAGAÑA-MAGAÑA^{2,3}, ARMANDO SEGOVIA-LERMA², ARTURO JAVIER OBANDO-RODRIGUEZ², VICTOR HUGO VILLARREAL-RAMÍREZ²

Recibido: Octubre 7, 2007

Aceptado: Enero 9, 2008

Resumen

En Cuauhtemec, Chihuahua, el cultivo de manzano presenta, en ocasiones, un crecimiento de ramas y brotes excesivos, ocasionando competencia por luz y nutrientes. Los reguladores de crecimiento vegetal sintéticos son utilizados para reducir la longitud de brotes sin causar fitotoxicidad y no alterar los patrones de desarrollo. El objetivo del estudio fue evaluar tres tratamientos, dos de Prohexadione-Calcium, Apogee 27.5%, con dosis de 149.9 g y 206.3 g de ingrediente activo, ambas diluidas en 1000 l de agua y un testigo, para medir la respuesta en el crecimiento de ramas y brotes y su efecto colateral sobre *Erwinia amilovora*. El diseño experimental fue Bloques Completos al Azar con ocho repeticiones. Se realizaron tres aplicaciones foliares sobre el cultivar “Golden delicious”, el 22 de abril, 6 y 20 de mayo del 2005. La unidad experimental fue de 3 árboles mayores de 10 años, la parcela útil el del centro. Se hicieron cuatro muestreos, los tres primeros se realizaron previos a las aplicaciones correspondientes. En la primera medición todos los tratamientos se comportaron estadísticamente iguales entre sí, lo que ayudo a reflejar el efecto de los tratamientos en las otras tres mediciones. En la segunda, las dosis de Apogee manifiestan diferencia estadística entre sí y con el testigo. En la tercera y cuarta medición, los dos tratamientos de Apogee tuvieron las mayores diferencias estadísticas entre sí y con el testigo. La dosis alta redujo el crecimiento de los brotes en un 48.5% en relación al testigo. No se observó efecto de fitotoxicidad.

Palabras claves: manzano, regulador de crecimiento, Apogee, Giberelinas, Auxina.

Abstract

Sometimes the apple trees in Cuauhtémoc Chihuahua faces an excessive growth of brushes. It has been caused a competition for light and nutrients. The synthetic vegetal growth regulators are used to reduce brushes length without changing the growing patterns and without causing tree toxicity. The objective of this study was to evaluate effects of Prohexadione-Calcium (Apogee 27.5%) dose on brushes growth and on *Erwinia amilovora* response. Three treatments were compared by using a randomized complete block design with 8 replications. The foliage application was done on the Golden delicious cultivar, in 2005 with three dates: April 22, may 6, and may 20. Two Apogee doses were evaluated, 149.9 and 206.3 g of active ingredient, each of one was mixed in 1000 l of water. Treatment number 3 was represented by the control. The experimental unit consisted of three ten years old trees while the sampling plot was represented by middle tree. In the first application, the Apogee doses were statistically no significant. Fourteen days after the second application, it was observed a significant decrease in brushes growth associated to a high Apogee dose. Apogee dose had not toxicity effect on apple trees. Between the third and fourth sampling period were observed main effects of the Apogee.

Keywords: Apple, growth regulator, Apogee, Giberellin, Auxin

¹Estudiante del programa de Maestría en Ciencias, especialidad Horticultura. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua. Carretera Delicias-Rosales, km. 2.5. Ciudad Delicias, Chihuahua. México. Teléfono/Fax [(639) 472-2351]. E-mail: kkiessl@uach.mx.

²Profesores de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua. Carretera Delicias-Rosales, km. 2.5. Ciudad Delicias, Chihuahua. México. Teléfono/Fax [(639) 472-2351].

³Dirección electrónica del autor de correspondencia: emagana@uach.mx

³Dirección electrónica del autor de correspondencia: esteban@ciad.mx

Introducción

El prohexadiona de calcio se aplica foliarmente y se descompone rápidamente en el suelo cuando se aplica directamente al cuello del tallo de los frutales (Rademacher, 1992). Se absorbe principalmente a través de las hojas y su translocación es principalmente acropétala y en menor grado basipétala con un período de actividad biológica dentro de 10-14 días (Evans, 1997). Los principales efectos del prohexadiona de calcio 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*).

La región manzanera del estado de Chihuahua, por su ecología, los árboles de manzano manifiestan un crecimiento de ramas y brotes, en ocasiones excesivo, trayendo como consecuencia mayor competencia de luz y nutrientes afectando la calidad y desarrollo de los frutos. Lo anterior se refleja en la necesidad de podas con mayor uso de mano de obra por el excesivo crecimiento de las ramas. En algunos casos la poda no se llevan a cabo oportunamente o como debieran de ser lo que se traduce en un desequilibrio entre tamaño y crecimiento de las ramas y el tamaño de los frutos. Por lo que, el problema a estudiar es buscar un equilibrio entre la fase vegetativa y reproductiva para lograr una producción consistente durante la vida productiva del manzano.

Una alternativa de solución a este problema es el uso de prohexadiona de calcio clasificado como regulador de crecimiento vegetal y su nombre comercial es Apogee, a este regulador se le atribuye el reducir el crecimiento vegetativo, mediante la inhibición de la biosíntesis de giberlinas (Fallahi, 1999).

El objetivo del estudio fue evaluar la dosis del prohexadiona de calcio sobre la respuesta del crecimiento vegetal del manzano, así como, el efecto colateral sobre el diámetro del fruto y la presencia del tizón del fuego. Además, se establecieron los objetivos específicos siguientes:

1. Comparar el crecimiento de brotes nuevos tratados con diferentes dosis de Prohexadione-Calcium (27.5%) en el cultivo de manzano.
2. Determinar la asociación entre el porcentaje de brotes de tizón de fuego y dosis de Prohexadione-Calcium.
3. Evaluar la fitotoxicidad del prohexadiona de

calcio sobre el cultivar "Golden Delicious".

En esta investigación se propuso la hipótesis de trabajo siguiente:

El Prohexadiona de calcio (Apogee) reduce el crecimiento de brotes nuevos en manzano y manifiesta un efecto colateral de menor incidencia del tizón de fuego en los árboles donde se aplicó, mejorando la calidad del fruto.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la huerta propiedad del señor Abraham Olfert en la región manzanera de Cuauhtémoc, Chihuahua. Esta población se encuentra ubicada a 2,100 msnm con latitud 28° 25'N y longitud 106° 52'W; el clima ha sido clasificado como una transición entre semiárido a semihumedo extremo.

Cuadro 1. Tratamientos en estudio y dosis. FCAyF-UACH. 2005

Descripción de tratamientos	Ingrediente activo (g/ha) en 1000 l de agua	Producto comercial (g/ha) en 1000 l de agua
T ₁ = Apogee 27.5 %	149.9	545
T ₂ = Apogee 27.5 %	206.3	750
T ₃ = Testigo	0	0

El Prohexadione-Calcium utilizado tiene una presentación granulada con 27.5 gr de ingrediente activo por cada 100 gr de producto comercial, su nombre en el mercado es el de Apogee y es considerado un regulador de crecimiento de plantas.

El Crecimiento de brotes anuales se midió en centímetros. Se hicieron 4 mediciones, la

primera se realizó en el momento de elegir los árboles y sus brotes correspondientes. La segunda se hizo a los 14 días después de la primera aplicación y así sucesivamente en la tercera y cuarta medición.

Se eligió un árbol por repetición dando un total 8 árboles por tratamiento. Se escogieron 4 brotes por árbol entre 2.5 y 5 cm de longitud de la parte media alta de las copas y en los 4 puntos cardinales. Se identificó y se seleccionó los brotes por árbol y se les colocó una cinta naranja para su identificación y así evaluarlo en las 4 mediciones que se llevaron a efecto. Visualmente se evaluó el % de brotes con tizón de fuego.

La fitotoxicidad de los tratamientos químicos al cultivo del manzano se evaluó cada catorce días después de la primera aplicación del producto en estudio y al momento de la cosecha, mediante la escala EWRS.

Cuadro 2. Escala EWRS para evaluar el efecto fitotóxico de cada tratamiento

Valor	Descripción
1	Planta normal
2	Ligera clorosis
3	Clorosis y detención del crecimiento
4	Clorosis y detención del crecimiento y ligera necrosis del follaje.
5	Clorosis, detención del crecimiento y necrosis del follaje
6	Más del 50 % de la planta con fuerte necrosis
7	Muerte de la planta

La evaluación de la efectividad biológica se realizó en el cultivo del manzano en la variedad Golden Delicious durante el período de inicio formación del brote hasta su madurez fisiológica (época de cosecha). La aplicación del producto fue vía foliar utilizando una aspersora mecanizada tipo pavo real con capacidad de 2,000 litros, además se le adicionó un surfactante penetrante Inex-A a razón de 1 cc por 1 litro de agua, para asegurar un buen cubrimiento al follaje. Se hicieron 3 aplicaciones, el primero fue cuando los brotes se encontraban entre 2.5 y 5 cm de longitud (22 de abril), la segunda 14 días después (6 de

mayo), y la tercera 14 días después de la segunda (20 de mayo del 2005).

El diseño experimental fue Bloques Completos al Azar con 8 repeticiones. Se evaluaron tres tratamientos, dos dosis de Apogee y un testigo absoluto sin aplicación (Cuadro 1). La unidad experimental fue de 3 árboles mayores de 10 años. La parcela útil evaluada consideró el árbol del centro.

Se practicó el análisis de varianza empleando el modelo del diseño de bloques completos al azar descrito por (Martínez, 1988). Se utilizó un arreglo factorial de tratamientos 3X4 con tres niveles de aplicación del producto y cuatro muestreos. Después del análisis de varianza y cuando así fue requerido, se aplicó el análisis de medias, empleando la prueba de Tukey (Martínez, 1988). Se utilizó la regresión lineal simple para el ajuste de tratamientos por la variable crecimiento de la rama sobre el número de muestras; además, se compararon los coeficientes de regresión de cada tratamiento mediante la prueba de t de Student (Infante y Zárate de Lara, 2000).

Resultados y discusión

El análisis de varianza para el crecimiento de brotes de manzano observado por tratamiento en las cuatro fechas de evaluación, se presenta en el Cuadro 3. Se detectaron diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) entre tratamientos en las tres fechas posteriores al inicio del ensayo de efectividad biológica. Esto indica que al menos uno de los tratamientos se comportó estadísticamente diferente a los demás. Esto se puede apreciar claramente en la prueba de separación de medias de Tukey (Cuadro 5). Para la fecha de inicio del estudio y previo a la primera aplicación de los tratamientos químicos, se detectaron diferencias numéricas pero no estadísticas. Esto se debe a que en ese momento aun no se aplicaba ningún tratamiento químico.

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable crecimiento de ramas de manzano.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Repeticiones	7	12.118 ns
Tratamiento	2	1010.238 **
Muestras	3	354.691 **
Prats X Muestras	6	88.924 **
Error	77	
CV (%)= 22.2		

ns = no significativo ($\alpha = 0.05$); ** = Significativo al 1%

En el Cuadro 4 se presenta la evaluación realizada el día 22 de abril (al momento de la primera aplicación de los tratamientos químicos), donde se muestra que las dos dosis de Apogee se comportaron estadísticamente iguales entre si, y la misma significancia estadística con el testigo absoluto. Lo que confirma la homogeneidad de los tratamientos al inicio del estudio lo cual es muy importante para que el efecto de los tratamientos se vea reflejado.

A los 14 días después de la primera aplicación de Apogee y previa a la segunda aplicación de los tratamientos químicos (mayo 6) la dosis alta de Apogee fue estadísticamente diferente a la dosis baja de Apogee y testigo absoluto, resultando estas dos últimos similares entre si. La dosis alta de apogee resulto con 2.5 cm menor de crecimiento de brotes anuales o un 29 % menos de crecimiento que la dosis baja de Apogee y el testigo absoluto.

A los 14 días después de la segunda aplicación de Apogee y previa a la tercera aplicación de los tratamientos químicos (mayo 20), la dosis alta y baja de Apogee fueron estadísticamente diferentes entre si y ambos diferentes al testigo absoluto. En esta misma evaluación, se observa que a medida que se incrementa la dosis de Apogee, la reducción del crecimiento es mayor, destacando la dosis alta con una reducción 9.5 cm (47%) en relación al testigo absoluto, mientras que la dosis baja resulto con una reducción de 3.9 cm. (20.4%) en relación al testigo absoluto.

A los 14 días después de la tercera aplicación de Apogee (junio 6), la dosis alta y baja de Apogee fueron estadísticamente diferentes entre si y ambas diferentes al testigo absoluto. En esta misma evaluación, se observa que en las dos dosis de Apogee a medida que se incrementa la dosis, la reducción del crecimiento es mayor, destacando la dosis alta con una reducción 11.3 cm (48.5%) en relación al testigo absoluto, mientras que la dosis baja resulto con una reducción de 4.7 cm. (20.2%) en relación al testigo absoluto. Cabe mencionar que partir de esta fecha ya no se observo crecimiento alguno en los brotes anuales del manzano por lo cual no hay mas datos.

Al observar los cuatro muestreos se puede decir que el producto Apogee en sus dos dosis redujo el crecimiento de los brotes anuales en el cultivo del manzano al compararlos con el testigo absoluto o sin aplicar. Destacando por su reducción la dosis alta de apogee con un 48.5 % seguida por la dosis baja de apogee con un 20.2 %. Apogee si disminuye el crecimiento de los brotes, el cual inicia a finales de abril, teniendo su crecimiento rápido en mayo dejando de crecer la primera semana de junio (Obando, 2003).

El crecimiento de las ramas del manzano, en la presente investigación, queda explicado por el modelo de regresión lineal observado por el testigo sin aplicación, que presentó un ajuste casi perfecto entre los valores observados y los valores predichos (Cuadro 5).

Cuadro 4. Longitud de rama (cm) de tres tratamientos de Apogee evaluados en cuatro muestreos (FCAYF-UACH. 2005).

Tratamientos	Fechas de muestreos (M _i)							
	M ₁ (abril 22) 1ª aplicación		M ₂ (mayo 6) 2ª aplicación		M ₃ (mayo 20) 3ª aplicación		M ₄ (junio 6)	
Testigo	3.69	a	12.07	a	20.36	a	26.32	a
Apogee 545	4.38	a	11.93	a	16.45	b	18.67	b
Apogee 750	4.397	a	8.57	b	10.90	c	12.03	c
DMSH	1.2855		2.0204		3.7141		6.2733	

Cuadro 5. Regresión del crecimiento de ramas sobre periodo de muestreo, significancia estadística y coeficientes de determinación de tres tratamientos (FCAYF-UACH. 2005).

Tratamiento	Ecuaciones de regresión	r ²
Testigo	$\hat{Y}_i = -3.432 + 7.616x$ **	0.99
545 g	$\hat{Y}_i = 1.01 + 4.739x_i$ **	0.94
750 g	$\hat{Y}_i = 2.67 + 2.523x_i$ *	0.93

** , * = Significativo al 1 y 5 % respectivamente.

Se observó un efecto altamente significativo de la interacción tratamiento X muestreo ($p=0.01$), tal como se observa en el cuadro 3. Este efecto puede describirse de modo que el crecimiento natural, observado por las ramas durante el periodo evaluado, estadísticamente si fue detenido por el tratamiento de 545 g y 750 g, si produjo una reducción significativa del crecimiento. Este efecto puede observarse en el cuadro 4 al notarse las tendencias del crecimiento a través de muestreos que para los tratamientos, testigo y 545 g resultaron estadísticamente paralelos hasta el 6 de mayo después de esta fecha se nota que ya no existe esta respuesta, mientras que el crecimiento observado a través de muestreos por el tratamiento de 750 g evidencia una respuesta no paralela al comportamiento respuesta de los dos tratamientos mencionados anteriormente. En el cuadro 6 se muestra el Efecto de Toxicidad que fue evaluado en el transcurso

de los muestreos efectuados durante la investigación.

Cuadro 6. Efectos de toxicidad medida en la aplicación de los tratamientos, según la escala EWRS.

Tratamientos	Nivel de toxicidad/ periodo de muestreo			
	M ₁	M ₁	M ₁	M ₁
Testigo	1	1	1	1
545 g	1	1	1	1
750 g	1	1	1	1

De acuerdo a la escala EWRS (Cuadro 2) el numero 1 significa Planta Normal.

El tizón de fuego no se presento durante el estudio por lo cual esta enfermedad no fue evaluada.

Los resultados obtenidos indicaron que la aplicación del Apogee disminuyó el crecimiento en longitud de las ramas del manzano, lo cual fue observado al aplicar los tratamientos 545 y 750 gr. Esto se debe a la disminución en el proceso de división celular y elongación en el tejido meristemático o ápice, por el efecto de

inhibición causado por el Apogee en la acción de la giberelina y auxinas (Rademacher, 1992), estos resultados coinciden con los obtenidos por (Evans y Regusci, 1999).

Por otro lado, la aplicación del tratamiento inhibidor del crecimiento, no produjo efecto de toxicidad que fue evaluado mediante el empleo de la escala de EWRS (Cuadro 2), al observarse hojas y frutos normales al compararse con el testigo. Este resultado es importante mencionarlo, pues en otros estudios al emplear otros compuestos sintéticos como inhibidores del crecimiento vegetal, se han observado efectos de toxicidad. Tal es el caso de los resultados observados al aplicar clormequat, daminozida y paclobutrazol en el cultivo del manzano (Owens y Stover, 1999).

Conclusiones

1. La aplicación del Apogee redujo significativamente el crecimiento de ramas anuales de manzano, cuando éste fue aplicado en las dosis de 545 y 750 gr de producto comercial. de 20 a un 48 % respectivamente en relación al testigo absoluto.
2. El tizón de fuego no se presentó durante el estudio por lo cual esta enfermedad no fue evaluada.
3. El efecto de supresión del crecimiento se observó en mayor magnitud durante el 3^a y 4^a muestreo. Asimismo, el crecimiento de las ramas en mayor magnitud fue observado durante los muestreos 1^a y 2^a.

4. Apogee en sus dos dosis en estudio no produjo efecto fitotóxico alguno.
5. Se observó una homogeneidad en el tamaño y diámetro del fruto lo que se traduce en un incremento del rendimiento y calidad.

Literatura citada

- EVANS, J. R.; Ishida, C.A.; Regusci, C. L.; Rademacher, W. 1997. Mode of action, metabolism and uptake of BAS-125W, prohexadione-calcium. *HortScience* 32(4): 557-558.
- EVANS, L.; Regusci, C. L. 1999. Mode of action, metabolism and uptake of BAS-125W prohexadione-calcium. *HortScience* 34(7): 1200-1201.
- FALLAHI, E. 1999. Metabolism, action and use of BAS-125W in apples. *HortScience* 34(7): 1192-1193.
- INFANTE G., S. y Zarate de L., G. 2000. Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario. Sexta reimpresión. Ed. Trillas. México.
- MARTINEZ G. A., 1988. Diseños Experimentales tomo no. 1, Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México
- OBANDO, R. A.J. et al. 2003. Estudio para evaluar el efecto biológico de Prohexadione-calcium 27.5% wg como regulador de crecimiento vegetal, en el cultivo de manzano en Cd. Cuauhtémoc, Chih. Informe Técnico. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua. México.
- OWENS, L.; Stover, E. 1999. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. *HortScience* 34(7): 1194-1196.
- RADEMACHER, W.; Temple-Smith, K.E; Greggs, D.L.; Hedden, P. 1992. the mode of action of acylcyclohexanoides: A new type of growth retardant. p.p. 571-577. In Karssen, C.M.; Van Loon L.C.; Vreugdenhil, D. (eds.) progress *In*: plant growth regulation. Kluwer academic, The Netherlands.

Este artículo es citado así:

Kiessling-Davison C. M., J. E. Magaña- Magaña, A. Segovia-Lerma, A. J. Obando-Rodríguez, V. H. Villarreal-Ramírez. 2007. Prohexadiona de calcio como regulador de crecimiento en el manzano (*Malus domestica* Borkh.) "Golden Delicious", Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. 2007 *TECNOCIENCIA Chihuahua* 1(3):7-12

DOI: <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v1i3.53>