

Efecto de la Prohexadiona cálcica, 6-bencilaminopurina y 6-furfuril adenina sobre el crecimiento vegetativo y la calidad de frutos en manzano

Effect of Prohexadione calcium, 6-benzyl amino purine and 6-furfuryladenine on vegetative growth and fruit quality in apple

Ramírez H¹, JC Sánchez-Canseco¹, VM Zamora-Villa², JH Rancaño-Arrijoja³

Resumen. Es una realidad que el cambio climático ocasiona altibajos en la producción frutícola. Esto, como resultado de alteraciones en factores ambientales. Las temperaturas adversas, extremas en la región frutícola del norte de México ocasionan trastornos en la fisiología de los árboles de manzano (*Malus domestica* Borkh.). El crecimiento vegetativo excesivo y la reducción en la formación de yemas florales se destacan entre ellos. En este trabajo se evaluó el efecto de Prohexadiona de calcio (P-Ca) y dos citoquininas: 6-bencilaminopurina (BAP) y N6-furfuriladenina (kinetina) sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo en árboles de manzano cv. Golden Delicious. Además, se determinó su influencia en la concentración de fotoquímicos antioxidantes como carotenoides y vitamina C. El experimento se realizó en Arteaga, Coah., México. Se utilizó un diseño completamente al azar con 12 tratamientos. Estos fueron: Testigo, Prohexadiona de calcio (P-Ca) a dosis de 150, 300 y 450 mg/L y citoquininas (Ck) [6-bencilaminopurina (BAP) + N6-furfuriladenina (kinetina)] a concentraciones de 150 y 300 mg/L, y las combinaciones de estos biorreguladores a las dosis mencionadas. La unidad experimental comprendió dos árboles por tratamiento. Las variables evaluadas fueron crecimiento vegetativo, determinación de peso, concentración de carotenoides y vitamina C en frutos maduros y retorno floral. P-Ca redujo notablemente el exceso de crecimiento vegetativo y estimuló el retorno floral del ciclo siguiente; además, incrementó la concentración de carotenoides y vitamina C en frutos. Las citoquininas aplicadas individualmente o combinadas con P-Ca produjeron frutos de mayor peso, y aumentaron sus concentraciones de carotenoides y vitamina C. Además, se incrementó la inducción de yemas florales.

Palabras clave: *Malus domestica* Borkh.; Bioreguladores; Citoquininas; Prohexadiona de calcio.

Abstract. It is well established that the climatic change is altering yield in fruit trees. This adversity reflects, among others, extreme temperature modifications in northern Mexico. This effect modifies negatively the physiology of apple trees (*Malus domestica* Borkh.), originating excessive shoot growth and a decrease in flower bud formation. In this study, Prohexadione-Ca (P-Ca), 6-benzyl amino purine (BAP) and N6-furfuryladenine (kinetin) were evaluated on shoot and reproductive growth in Golden Delicious apple trees in Arteaga Coah., Mexico. A completely randomized design with 12 treatments was used. These were: Control, Prohexadione calcium (Ca-P) at doses of 150, 300 and 450 mg/L, cytokinins (CK) [6-benzylaminopurine (BAP) + N6-furfuryladenine (kinetin)] at concentrations of 150 and 300 mg/L, and combinations of these bioregulators to the doses mentioned. The experimental unit consisted of two trees per treatment. Variables evaluated were: shoot growth, fresh weight, vitamin C, and carotenoid concentration in fruit and return bloom. P-Ca drastically reduced shoot growth and increased return bloom. Carotenoids and vitamin C concentrations were increased in fruits with this retardant. Cytokinins applied individually or in combination with P-Ca caused increments on flower bud formation, fruit weight, and carotenoid and vitamin C concentrations in harvested fruits.

Keywords: *Malus domestica* Borkh.; Bioregulators; Cytokinins; Prohexadione calcium.

¹Departamento de Horticultura, ²Departamento de Fitomejoramiento, ³Dirección de Investigación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
Address correspondence to: Homero Ramírez, Teléfono 052-844-4110306; e-mail: hrr_homero@hotmail.com
Received 28.V.2014. Accepted 24.I.2016

INTRODUCCIÓN

La estadística de 2014 indica que la superficie de manzano (*Malus domestica* Borkh) en México fue de 60409 ha con una producción de 716864 toneladas. Los principales estados productores son Chihuahua (73%), Durango (11%) y Coahuila (5%). El valor total de la producción en ese año fue de 3122 millones de pesos (SIAP, 2015).

Es de conocimiento general que el cambio climático es una de las principales causas de los altibajos en la producción de alimentos hortícolas. Esta condición se refleja en trastornos fisiológicos en árboles frutales como brotación deficiente, disminución de yemas florales, frutos pequeños, caída de frutos y crecimiento vegetativo excesivo.

El cultivo de manzano requiere de un equilibrio entre las fases vegetativa y reproductiva. Sin embargo, un manejo técnico inadecuado o la influencia en años recientes de alteraciones naturales en temperaturas y radiación solar han contribuido adversamente en las bajas producciones y calidad de la fruta cosechada en diferentes partes del mundo. En base a estas experiencias, es notoria la búsqueda de opciones en la actualidad que permitan mejorar la producción y calidad de manzana. Esto permitiría aprovechar el potencial genético de este frutal y contribuir a cosechar frutas de mejor calidad para el consumidor (Forshey et al., 1992).

Los biorreguladores son un amplio grupo de sustancias orgánicas naturales que influyen distintos procesos fisiológicos a bajas concentraciones. Los procesos influenciados consisten principalmente en el crecimiento, diferenciación y desarrollo (Davies, 2010).

El uso de biorreguladores en el manejo integral del manzano es una alternativa de gran interés (Yuri et al., 2002). La aplicación de dos o más de esos compuestos han mostrado mayor eficacia en diversas especies frutícolas (Costa et al., 2004).

La P-Ca es un retardante del crecimiento que inhibe temporalmente la síntesis de las giberelinas biológicamente activas A_1 , A_4 y A_7 , esto ocasiona una reducción en el crecimiento vegetativo longitudinal de ramas en árboles frutales como peral y manzano. Lo anterior ocurre considerando que la P-Ca tiene una estructura muy similar a la del ácido 2-oxoglutarico que es el co-substrato de las desoxigenasas involucradas en las fases tardías de la biosíntesis de las giberelinas activas. Por lo tanto, una alta concentración de P-Ca en el citoplasma da lugar a una reducción en la tasa de síntesis de las giberelinas señaladas, y por ende a una acumulación de las giberelinas biológicamente inactivas A_{12} , A_{19} y A_{29} (Rademacher, 2000).

La aplicación oportuna de un inhibidor de la síntesis de giberelinas en el momento indicado, con el objetivo de reducir el vigor de la planta, puede ser la diferencia entre un ciclo altamente productivo y uno muy poco productivo. Black y Ehrendfeldt (2007) demostraron que la aplicación de giberelinas a plantas jóvenes de mora azul logró inhibir la inducción de yemas florales casi al 100%.

Las citoquininas forman parte de un grupo de hormonas vegetales que promueven la división y la diferenciación celular. Su nombre proviene del término (citokinesis) que se refiere al proceso de división celular. Son hormonas fundamentales en el proceso de organogénesis en las plantas y en la regulación de diversos procesos fisiológicos como fotosíntesis, regulación del crecimiento (dominancia apical), senescencia, apoptosis vegetal, resistencia a patógenos, y tolerancia y evitación de herbívoros (Sakakibara, 2004; Schäfer et al., 2014).

Las citoquininas como BAP y kinetina se han utilizado para reducir la dominancia apical y estimular brotes laterales en árboles de manzano (Faust, 1989). La aplicación de BAP también estimula el desarrollo de brotes laterales en árboles frutales caducifolios en vivero (Hortko et al., 1997); además, ha mostrado potencial para inducir el desarrollo de yemas florales en árboles de manzano del cultivar Scifresh / M9 (Palmer et al., 2005).

El objetivo de nuestro trabajo fue conocer los efectos de los reguladores de crecimiento: prohexadiona de calcio (P-Ca), 6-bencil amino purina (6-BAP) y 6-furfuril adenina (kinetina) en el crecimiento, retorno floral, peso de fruto, y concentración de carotenoides y vitamina C en manzano cv. Golden Delicious en la región de Jamé, Mpio. Arteaga Coahuila, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante la primavera 2013-2014 en una huerta localizada al sur del municipio de Arteaga en el estado de Coah., México (25° 21' 45,48" N y 100° 38' 36,23" O; altitud: 2170 msnm).

El material vegetal consistió en árboles de manzano de 14 años de edad cv. Golden Delicious / MM111.

Se utilizó un diseño completamente al azar con 12 tratamientos. Estos fueron: Testigo, Prohexadiona de calcio (P-Ca) a dosis de 150, 300 y 450 mg/L, citoquininas (Ck) [6-bencilaminopurina (BAP) + N6-furfuriladenina (kinetina)] a concentraciones de 150 y 300 mg/L, y las combinaciones de estos biorreguladores a las dosis mencionadas. La unidad experimental comprendió dos árboles por tratamiento.

Los tratamientos se aplicaron mediante aspersión iniciando con P-Ca el día 21 de abril, mientras que 7 días después se aplicó el tratamiento con citoquininas. Una segunda aplicación con P-Ca se realizó 15 días después de la primera, utilizando las mismas dosis.

Las variables evaluadas fueron:

Crecimiento vegetativo. Este parámetro se evaluó en 3 ramas orientadas dentro de los cuatro puntos cardinales del primer piso de cada uno de 2 árboles por tratamiento, los cuales fueron considerados como repeticiones. El crecimiento se midió semanalmente con un vernier digital modelo CALDI-6MP escala 0-15 cm (diámetro) y una regla BACO de 50 cm (largo) durante el periodo de desarrollo vegetativo.

Peso de fruto. La determinación del peso en frutos se efectuó al momento de la cosecha en el mes de septiembre. Se pesaron un total de 20 frutos por tratamiento seleccionados al azar los cuales se consideraron como una repetición cada uno, utilizando una balanza digital (Sartorius Electronic Toploader modelo 1006 MP9).

Retorno floral. La formación floral se evaluó el 21 de abril de 2014 al realizar el conteo de la totalidad de inflorescencias formadas en tres ramas principales del primer piso de cada árbol previamente seleccionadas; cada rama fue considerada como una repetición.

Determinación de vitamina C. La concentración de vitamina C en frutos se determinó con la técnica modificada y previamente reportada por Gutiérrez et al. (2007). Se cosecharon 3 frutos tomados al azar para cada tratamiento. Cada fruto se consideró una repetición; de este se extrajeron 5 muestras con un sacabocados que se congelaron a una temperatura de $-82\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un congelador de laboratorio de baja temperatura (KW modelo Premium Line Series 8061) por un periodo de 24 h. Luego, se tomaron 5 g de cada muestra y se liofilizaron con un equipo (Freezone 4.5) a una temperatura de $-84\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una tensión de 3 atm. El tejido liofilizado se maceró en un mortero congelado y 50 mg fueron depositados en un tubo (Eppendorf) de 1,5 mL conteniendo 1 mL de agua: acetona (1:1). Los tubos se sometieron a agitación en un vortex por 30 s y posteriormente se sonicaron por 10 min con un sonicador (Branson modelo 1510). Los tubos nuevamente se sometieron a vortex por 60 s y se centrifugaron a una temperatura de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 12000rpm por 10 min para sedimentar la fase sólida. Se extrajo el sobrenadante con una jeringa de 5 mL adjunta a un filtro de cuatro micras. Dicho sobrenadante se depositó en un tubo (Eppendorf) que posteriormente se desgasificó por 5 min en el sonicador para remover las burbujas de aire. Se tomaron 60 μL de la muestra y se inyectaron en la celdilla de un cromatógrafo líquido (Thermo Scientific modelo Spectra System P4000). La fase móvil utilizada fue agua desionizada y fosfato de ácido de sodio a una concentración de 50 μM y pH 4,5. Se construyó una curva de calibración con ácido ascórbico provisto por la empresa Sigma Aldrich con las dosis de 2, 4, 6, 8 y 10 mg/L para transformar las mediciones obtenidas en miliunidades de absorbancia a mg/L de vitamina C.

Determinación de carotenoides. La metodología para obtener la muestra de fruta utilizada para cuantificar la concentración de carotenoides fue la misma utilizada para la determinación de vitamina C; a las muestras se les aplicó la técnica descrita por Tomas (1975). Se pesaron 10 g de fruta fresca los cuales fueron macerados en un mortero frío; se agregaron 50 mL de acetona y refrigeró a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h. La muestra se filtró en un matraz de separación con ayuda de una gasa. Se agregaron 20 mL de éter de petróleo y 100 mL de agua

destilada. Se agitó por 10 min y después de 15 min de reposo se tomó la fase superior con éter de petróleo + carotenoides con una jeringa y se depositó en un matraz. Se agregaron 10 mL de NaOH al 40% y 20 mL de sulfato de sodio al 10% en agua destilada. La mezcla final se filtró con papel Whatman N°1. Se tomaron 5 mL de la solución y transfirió a una celdilla de cristal para leer su absorbancia en un espectrofotómetro (Thermo Electron Co. modelo Biomate 5) a una longitud de onda de 454 nm. La concentración de carotenoides se determinó con la fórmula:

$$\mu\text{g carotenoides} \div 100 \text{ g de fruto} = \% \text{ Abs} \times 3.857 \times V \times 100 / P$$

Donde:

% Abs = por ciento de absorbancia.

V = volumen medido de la probeta.

P = peso de la muestra en gramos.

El sistema estadístico (SAS 7.0) se utilizó para analizar estadísticamente los datos y efectuar la comparación de medias DMS ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS

Se pudo observar una drástica reducción del crecimiento vegetativo en ramas de los árboles tratados con P-Ca en las dosis ensayadas (Fig. 1). La reducción en el desarrollo de las ramas estuvo presente durante todo el período de evaluación para la dosis de P-Ca de 450 mg/L. Dicha reducción fue de un 39% con respecto a las ramas del tratamiento testigo.

La aplicación de P-Ca no influyó en el peso de los frutos al momento de la cosecha; sin embargo, al combinarse con las citocininas lo incrementó (Fig. 2). En esta sinergia se destaca significativamente P-Ca 450 mg/L + citocininas 300 mg/L. La aspersión de citocininas en forma individual también ocasionó incrementos substanciales en el peso de los frutos, prin-

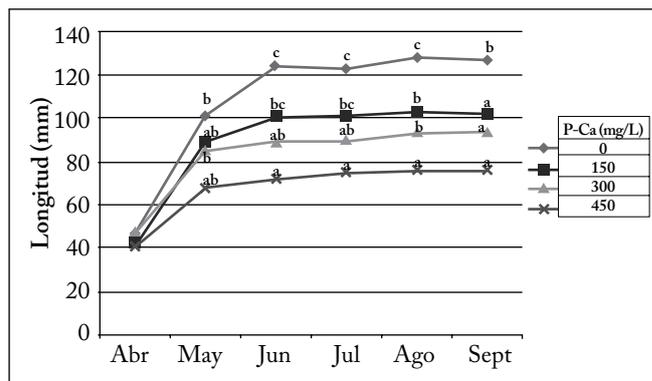


Fig. 1. Efecto de P-Ca sobre el crecimiento de ramas de manzano cv. Golden Delicious. Medias con la misma letra son iguales (DMS, $\alpha=0,05$).

Fig. 1. Effect of P-Ca on shoot growth of Golden Delicious apple trees. Means with the same letter are similar (LSD, $\alpha = 0.05$).

cialmente en los tratamientos con 150 y 300 mg/L. En ellos, el incremento en peso alcanzó hasta 50 g con respecto a los frutos testigo.

Hubó una tendencia de incremento en vitamina C en la mayoría de los tratamientos hormonales cuando se compararon con los frutos testigo, excepto al que se le aplicó citoquininas a 150 mg/L (Fig. 3). Esa diferencia fue estadísticamente significativa en las dosis: P-Ca 450 mg/L y P-Ca 450 mg/L+ citoquininas 150 mg/L. En ellas se observaron incrementos de 28 mg de vitamina C en promedio por cada 100 gramos de materia seca al compararse con los frutos de los árboles testigo.

La concentración de carotenoides en frutos fue positivamente modificada con la presencia de biorreguladores (Fig. 4). En este parámetro, los incrementos fueron estadísticamente muy notables cuando se aplicó cualquier dosis de P-Ca, o cuando este retardante de crecimiento se combinó con las citoquininas con respecto a la concentración de carotenos en los frutos testigo. Lo más destacable se observó en el tratamiento P-Ca 300 mg/L con un 120% de incremento en la concentración de carotenos.

La aplicación de P-Ca y citoquininas influyeron en la formación de yemas florales. Se observó un aumento significativo en el número de inflorescencias cuando se aplicaron 150 mg/L de P-Ca o en combinación con 300 mg/L de citoquininas (Fig. 5).

DISCUSIÓN

La reducción observada sobre el crecimiento vegetativo cuando se aplicó P-Ca (Fig. 1) coincide con los reportes de Ramírez et al. (2003) y Costa et al. (2004). Ellos demostraron en árboles adultos de manzano que la aplicación de P-Ca en el rango de 150-300 mg/L reduce drásticamente el crecimiento de ramas. La inhibición en el desarrollo vegetativo fue evidente y efectiva al aplicarse la P-Ca al inicio de la fase de crecimiento de las ramas. Esta evidencia la sustenta Cline (2006) con su trabajo en manzano al encontrar que el crecimiento se redujo un 30% al aplicar P-Ca cuando los brotes presentaban 5 cm de longitud al final de la temporada. La P-Ca es un retardante que ejerce su acción a través de la inhibición temporal de la síntesis de las giberelinas biológicamente activas A_1 , A_4 y A_7 en el ápice (Brown et al., 1997; Rademacher et al., 2000). Esto origina una modificación en la dirección de la movilización de asimilados desde el ápice hacia otros puntos de la rama ocasionando brotes de yemas laterales y engrosamiento de la rama (Ramírez et al., 2003). La práctica de poda es clave para obtener una buena producción y calidad (Costa et al., 2004) en los árboles frutales. Por lo tanto, la reducción en el crecimiento vegetativo observada en la presente investigación podría contribuir a considerar al P-Ca como una herramienta más para el control del crecimiento en manzano.

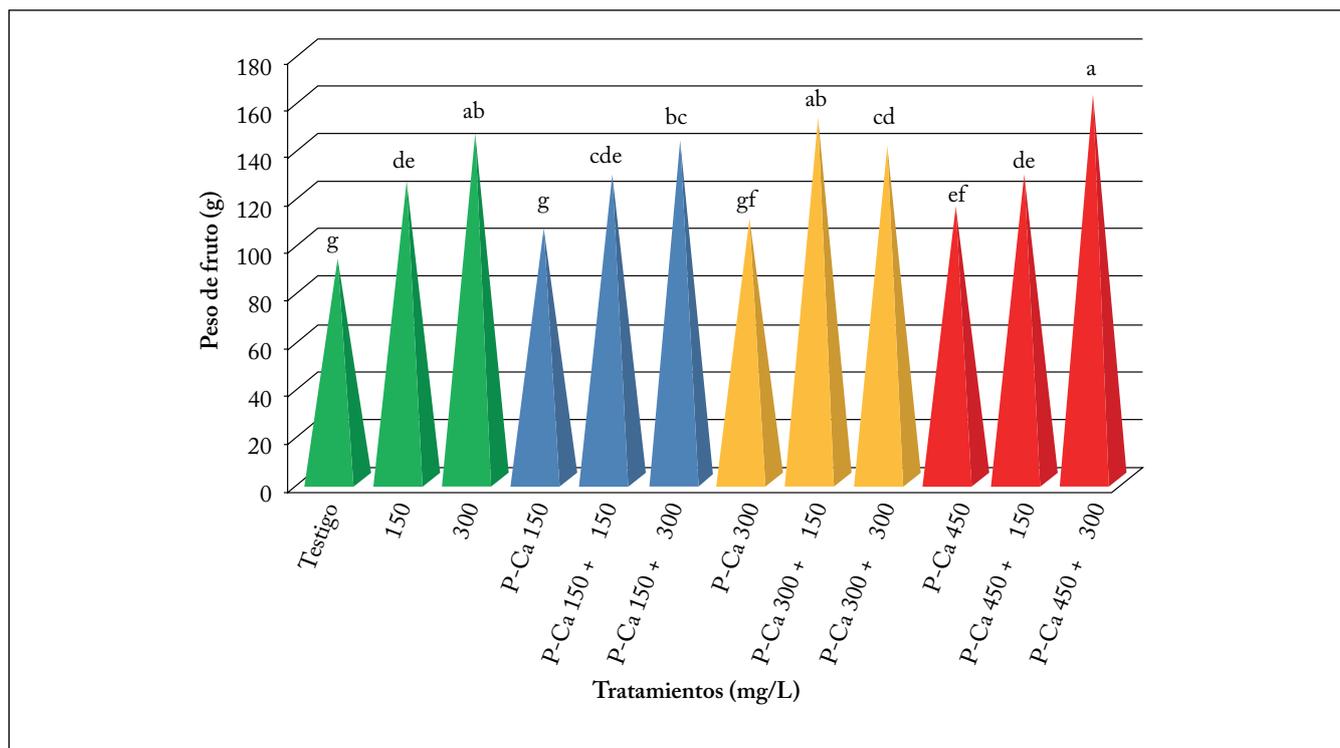


Fig. 2. Efecto de P-Ca y citoquininas sobre el peso del fruto de manzano cv. Golden Delicious. Medias con la misma letra son iguales (DMS, $\alpha=0,05$).

Fig. 2. Effect of P-Ca and cytokinins on fruit weight of Golden Delicious apple. Means with the same letter are similar (LSD, $\alpha = 0.05$).

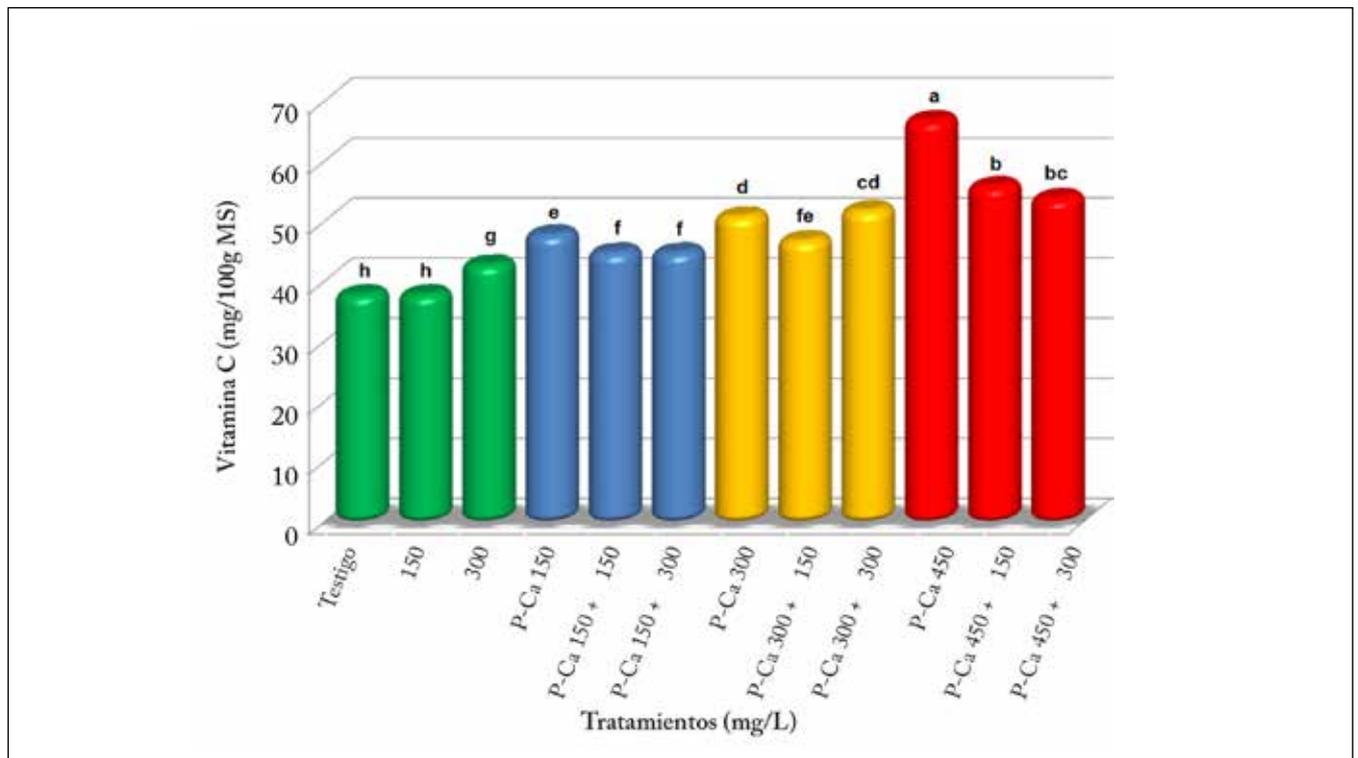


Fig. 3. Efecto de P-Ca y citoquininas en la concentración de vitamina C en frutos de manzano cv. Golden Delicious. Medias con la misma letra son iguales (DMS, $\alpha=0,05$).

Fig. 3. Effect of P-Ca and cytokinins on vitamin C concentration in Golden Delicious apple fruits. Means with the same letter are similar (LSD, $\alpha = 0.05$).

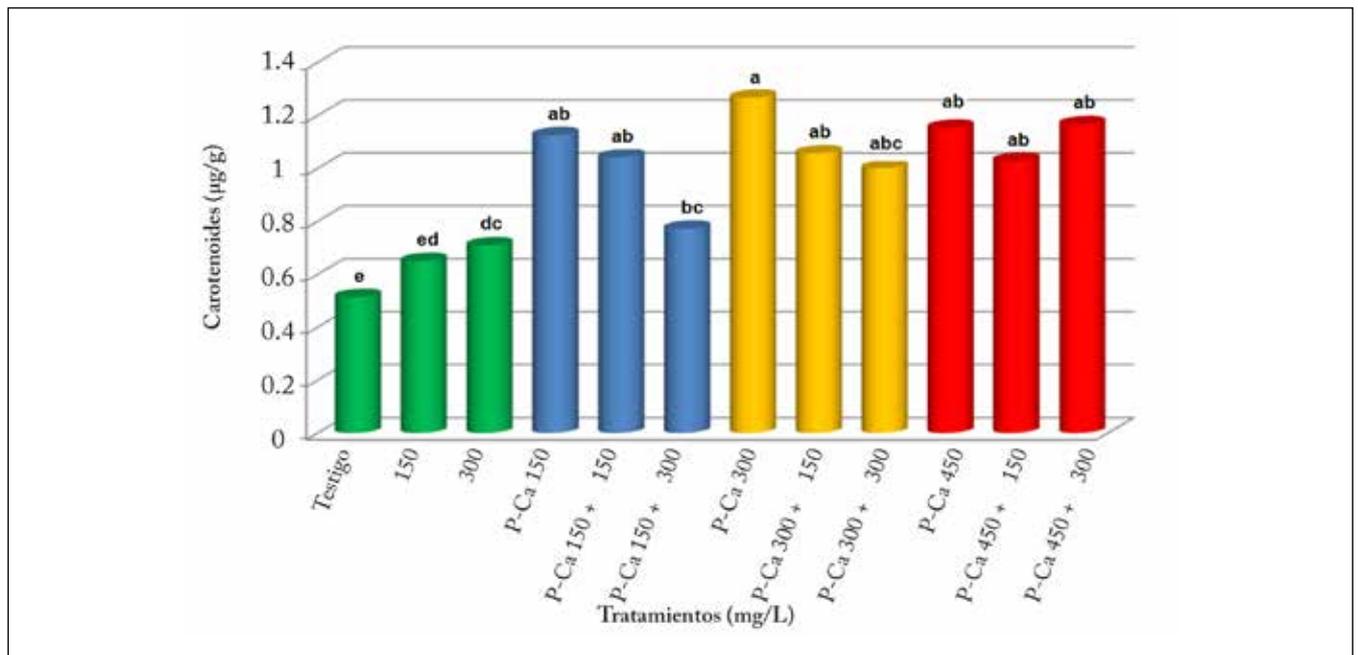


Fig. 4. Efecto de P-Ca y citoquininas en la concentración de carotenoides en fruto de manzano cv. Golden Delicious. Medias con la misma letra son iguales (DMS, $\alpha=0,05$).

Fig. 4. Effect of P-Ca and Cytokinins on carotenoids concentration in Golden Delicious apple fruit. Means with the same letter are similar (LSD, $\alpha = 0.05$).

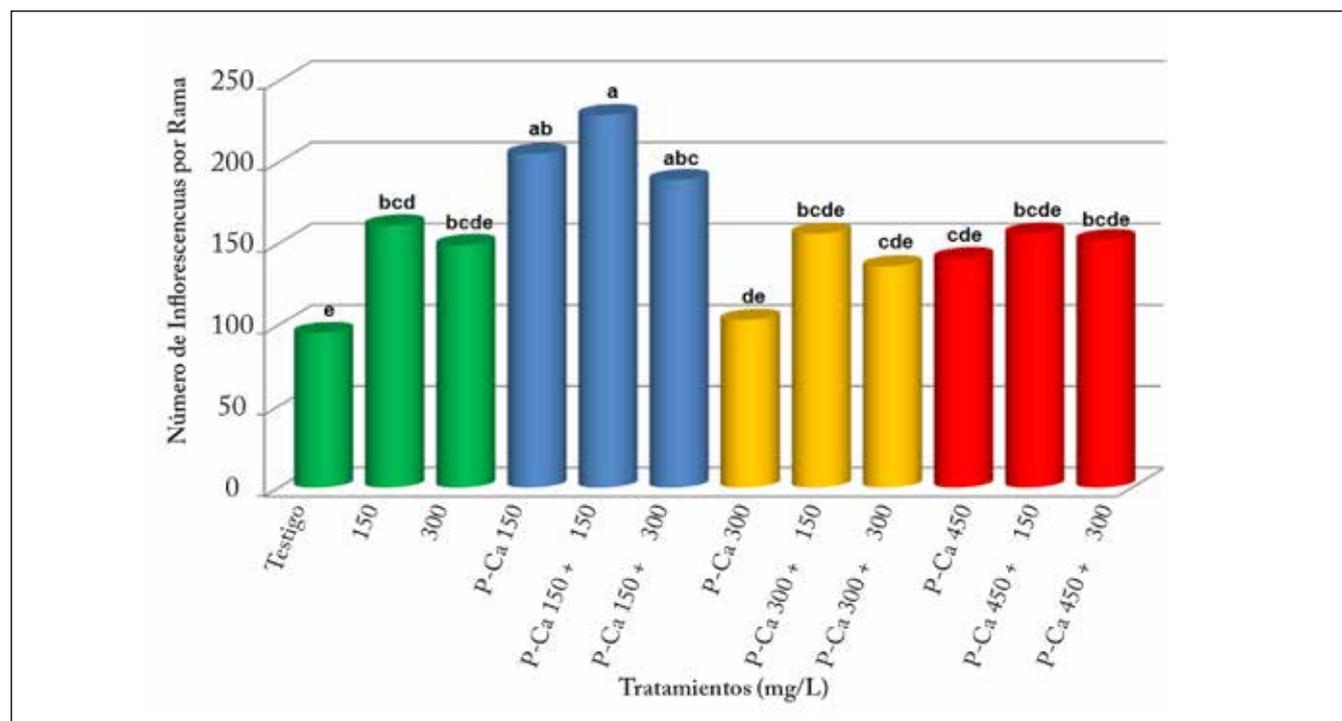


Fig. 5. Efecto de P-Ca y citoquininas sobre la formación de inflorescencias en manzano cv. Golden Delicious. días con la misma letra son iguales (DMS, $\alpha=0,05$).

Fig. 5. Effect of P-Ca and cytokinins on return bloom in Golden Delicious apple trees. Means with the same letter are similar (LSD, $\alpha = 0.05$).

El incremento en el peso de los frutos fue muy evidente en los tratamientos en donde se combinaron la P-Ca más las dos citoquininas (Fig. 2). Esto fue también observado por Costa et al. (2004) en manzano. El aumento en peso del fruto puede reflejar una sinergia fisiológica entre el retardante y las citoquininas. La P-Ca podría estar induciendo un mayor ingreso de asimilados al fruto (Ramírez et al., 2003). Al mismo tiempo, las citoquininas provocarían una mayor división y elongación celular dentro de ese órgano (Buban, 2000). Esta condición resultaría en frutos de mayor peso (Faust, 1989).

Es evidente el estímulo que ejercieron la P-Ca y citoquininas en la producción de vitamina C en frutos maduros (Fig. 3). El aumento en vitamina C observado en el presente estudio es apoyado por reportes previos en pimiento chile (*Capsicum annum* L.) cv. Mirador (Ramírez et al., 2010) y manzano (Ramírez et al., 2010). El mecanismo de acción a través del cual la P-Ca y citoquininas podrían ejercer su estímulo es aún desconocido; sin embargo Jiménez et al. (2002) han propuesto que estos biorreguladores podrían modificar la fase acuosa de antioxidantes en una etapa previa a la maduración del fruto. El incremento en vitamina C en los frutos, es definitivamente una alternativa real como antioxidante para una buena salud en el humano. El consumir frutos de manzano con mayor contenido en vitamina C, además de su valor alimenticio, contribuye a fortalecer el sistema inmunológico contra enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes (Cruz-Pérez et al., 2007).

El aumento observado en la concentración de carotenoides en los frutos tratados con P-Ca y citoquininas (Fig. 4) coinciden con los resultados reportados en manzano por Costa et al. (2004) y Ramírez et al. (2010). El conocimiento de la ruta bioquímica que permite mayor producción de carotenoides en la fruta es muy limitado a la fecha. Rademacher et al. (2000) proponen que los biorreguladores estudiados aquí podrían ejercer su acción al estimular cambios en el perfil de flavonoides ligados a la síntesis de los carotenoides totales y antioxidantes específicos como la vitamina C y licopeno. En base a lo anterior, se requiere más investigación en este tema.

El aumento en el número de inflorescencias observado en la primavera de 2014 en los árboles que recibieron en forma individual o la combinación de P-Ca y citoquininas en 2013 reflejan el estímulo que tuvieron esos biorreguladores en el proceso de inducción floral (Fig. 5). Este efecto lo observaron Bukovac et al. (2006) y Petri et al. (2010) en diferentes cultivares de manzano. La etapa de aplicación de P-Ca y citoquininas durante la primavera del año 2013 fue clave desde que se ha demostrado que un aumento en citoquininas endógenas inducirían las yemas a flor (Ramírez et al., 2010). Dicho estímulo se prolonga o aumenta cuando se aplican P-Ca y citoquininas endógenas en la etapa de inducción floral propiamente dicha (Garner et al., 2010; Kittikorn et al., 2010).

CONCLUSIONES

El incremento en yemas florales y la reducción en el crecimiento vegetativo logrados en el presente estudio proporcionan una buena alternativa para los productores de manzana en regiones como Arteaga Coahuila, México. Esto se debe a que el cambio climático ocasiona un excesivo crecimiento vegetativo y una muy baja formación de yemas florales en los árboles.

Prohexadiona de calcio aplicada en árboles de manzano cv. Golden Delicious a dosis de 150, 300 y 450 mg/L redujeron significativamente el crecimiento vegetativo, aumentaron la concentración de carotenoides y vitamina C en frutas, y estimularon el retorno floral. Las citoquininas (Ck) [6-bencilaminopurina (BAP) + N6-furfuriladenina (kinetina)] aumentaron el peso de los frutos, carotenoides y vitamina C en frutas, y estimularon la formación de yemas florales en árboles de manzano cv. Golden Delicious a concentraciones de 150 y 300 mg/L aplicadas en forma individual o en combinación con P-Ca.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación contó con el financiamiento del proyecto UAAAN 1330-3612-2178. José Clemente Sánchez Canseco agradece al CONACYT por la beca otorgada para sus estudios de maestría en Ciencias en Horticultura.

REFERENCIAS

- Beckheta, M.A., M.T. Abdelhamid y A.A. EL-Morsi (2009). Physiological response of *Vicia faba* to prohexadione-calcium under saline conditions. *Planta Daninha* 27: 769-779.
- Black B.L. y M.K. Ehlenfeldt (2007). Foliar applications of GA reduce flowering in highbush blueberry. *HortScience* 42: 555-558.
- Brown, R.G., H. Kawaide, Y.Y. Yang, W. Rademacher y Y. Kamiya (1997). Daminozide and prohexadione have similar modes of action as inhibitors of the late stages of gibberellin metabolism. *Plant Physiology* 101: 309-313.
- Buban, T. (2000). The use of benzyladenine in orchard fruit growing: a mini review. *Plant Growth Regulators* 32: 381-390.
- Bukovac, M.J., P. Sabbatini y P.G. Schualier (2006). Modifying alternate bearing of spur-type "Delicious" apple with ethephon. *HortScience* 41: 1606-1611.
- Cline, J.A. (2006). Apogee- A new plant bioregulator for apples. Queens printer of Ontario. Toronto, Ontario. Factsheet 06-045.
- Costa, G., E. Sabatini, F. Spinelli, M. Andreotti, C. Bomben y G. Vizzoto (2004). Two years of application of prohexadione-Ca on apple. Effect on vegetative and cropping performance, fruit quality, return bloom and residual effect. *Acta Horticulturae* 653: 35-40.
- Cruz-Pérez, A.B., V.V. González-Hernández, R.M. Soto-Hernández, M.A. Gutiérrez-Espinoza, A.A. Gardea-Bejar y M. Pérez-Grajales (2007). Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. *Agrociencia* 41: 627-635.
- Davies, P.J. (2010) Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action. pp. 1-15.
- Faust, M. (1989) Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley and Sons, New York, N.Y., pp. 53-132.
- Forshey, C.G., D.C. Elfving y R.L. Stebbins (1992). Training and pruning of apple and pear trees. American Society for Horticultural Science. 600 Cameron St., Alexandria VA., pp. 2314-2562.
- Garner, L.C., Y. Zheng, T. Khuongy y C.J. Lovatt (2010). Prohexadione-calcium affects shoot growth of evergreen subtropical woody perennials differently than deciduous temperate zone woody perennials – is it case of apples and oranges. *Acta Horticulturae* 884: 249-256.
- Gutiérrez, T., O. Hoyos y M. Páez (2007). Determinación del contenido de ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana* L.) por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR). *Bioteología en el Sector Agropecuario e Industrial* 5: 70-79.
- Hedden, P y Y. Kamiya (1997). Gibberellin biosynthesis: Enzymes, genes and their regulation. 1997. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48: 431-460.
- Jimenez, A., G. Creissen, B. Kular, J. Firmin, S. Robinson, M. Verhoeyen y P. Mullineaux (2002). Changes in oxidative processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. *Planta* 214: 751-758.
- Kittikorn, M., K. Okawa, H. Ohara, M. Yokoyama, O. Ifuku, S. Yoshida y S. Kondo (2010). 9, 10-Ketol octadecanoic acid (KODA) levels and flower bud formation in apples. *Acta Horticulturae* 884: 133-137.
- Hrotko, K., L. Magyar, C. Yao y Z. Ronay (1997). Effect of repeated BA (benzyladenine) application on feathering of 'Idared' apple nursery trees. *Acta Horticulturae* 463: 169-175.
- Monselise, S.P. y E.E. Goldschmidt (1982). Alternate bearing in fruit trees. En: J. Janik (ed.). *Horticultural Rev.* 4: 128-173.
- Nakayama, I., Y. Kamiya, M. Kobayashi, H. Abe y A. Sakurai (1990). Effects of a plant growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cell-free systems derived from immature seeds. *Plant & Cell Physiology* 31: 1183-1190.
- Palmer, J.W., R. Diack, S. Seymour, D. Dayatilak y D.S. Tustin (2005). New approaches to the alleviation of barewood in young apple trees. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80: 623-627.
- Petri, J.L., G.B. Leite, M. Couto y F.J. Hawerth (2010). Effect of growth regulators on 'Gala' apple fructification. *Acta Horticulturae* 884: 331-336.
- Rademacher, W. (2000). Growth retardants: Effects on gibberellins biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 501-531.
- Ramírez, H., J.C. Gómez, A. Benavides, V. Robledo, L.I. Encina y C.A. Coello (2003). Influencia de Prohexadiona-Ca sobre crecimiento vegetativo, producción y calidad de fruto en manzano. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 9: 279-289.
- Ramírez, H., B. Herrera, A. Benavides, J. Rancaño, V. Álvarez, C. Amado y A. Martínez (2010). Prohexadiona de calcio incrementa la capacidad antioxidante, el contenido de licopeno y la actividad enzimática en frutos de tomate Floradade. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16: 155-160.
- Ramírez, H., P.C. Leza-Hernández, A. Benavides, C. Amado-Ramírez, A. Martínez-Osorio y C.E. Rivera-Cruz (2010). Prohexadione-Ca modifies content of gibberellins and vitamin C, antioxidant capacity and enzymatic activity in apple. *Acta Horticulturae* 884: 139-144.

- Sakakibara, H. (2004). Cytokinin biosynthesis and metabolism. En: Davies P.J. (ed.). *Plant hormones. Biosynthesis, signal transduction and action*, pp. 95-114.
- Schäfer, M., I. D. Meza Canales, A. Navarro-Quezada, C. Brütting, V. Radomira, I. T. Baldwin y S. Meldau (2014). Cytokinin levels and signaling respond to wounding and the perception of herbivore elicitors in *Nicotiana attenuata*. *Journal of Integrative Plant Biology* 57: 198-212.
- Tomas, P. (1975). Effect of post-harvest temperature on quality carotenoids and ascorbic content of Alphonso mangoes on ripening. *Journal of Food Science* 40: 704-706.
- www.siap.gob.mx (2015). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- Yuri, J.A., G. Lobos y V. Lepe (2002). Boletín técnico Pomáceas. 2: 1-2.