

# INFLUENCIA DE PROHEXADIONA-CA Y PROMOTORES DE OXIDACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO, CAPSAICINA Y VITAMINA C EN CHILE JALAPEÑO

H. Ramírez<sup>1</sup>; O. Méndez-Paredes;  
A. Benavides-Mendoza; C. Amado-Ramírez

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

## RESUMEN

En México existe la tendencia a mejorar la calidad y rendimiento de chile jalapeño, ya que proporciona antioxidantes importantes en la dieta humana. En años recientes el uso de biorreguladores y promotores de oxidación en tomate, brócoli y repollo han mostrado ser una alternativa para mejorar su producción y la calidad del producto cosechado. Por lo tanto, con el objetivo de mejorar la calidad y rendimiento en chile jalapeño, se realizó el presente estudio, el cual consistió en evaluar la influencia de prohexadiona de calcio (P-Ca), ácido benzoico (AB) y ácido salicílico (AS) en el rendimiento y en los niveles de capsaicina y de vitamina C en chile jalapeño var. M. El estudio se realizó en invernadero y en laboratorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en 2007. Los tratamientos consistieron en la aplicación a semilla, plántula y planta de P-Ca, AB, AS y agua (testigo). Las variables de estudio fueron cuantificar las concentraciones de capsaicina y vitamina C en frutos maduros y su rendimiento. El nivel de capsaicina y rendimiento por planta mostraron incrementos estadísticos en las tres etapas referidas con aplicación de P-Ca (100, 150 y 200 mg·litro<sup>-1</sup>) en forma individual o en combinación con AB y AS (1x10<sup>-6</sup>M). El contenido de vitamina C aumentó significativamente en semilla con el tratamiento P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup>.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** antioxidantes, hormonas, ácido salicílico, ácido benzoico.

## INFLUENCE OF PROHEXADIONE CALCIUM AND OXIDATION PROMOTERS ON YIELD, CAPSAICIN AND VITAMIN C IN JALAPEÑO PEPPER

### ABSTRACT

Jalapeño pepper can provide important antioxidants for the human diet. In Mexico, there is a tendency to improve its yield and quality. Recently, the use of bioregulators and oxidation promoters in tomato, broccoli and cabbage has been shown to improve harvest yield and quality. The objective of this study was to evaluate the effect of prohexadione calcium (P-Ca), benzoic acid (BA) and salicylic acid (SA) on yield and the levels of capsaicin and vitamin C in jalapeño pepper var. M. The study was conducted under greenhouse and laboratory conditions at the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro in 2007. The treatments were, P-Ca, BA, SA, and water (control) applied in the seed, seedling and plant stages. The variables were concentrations of capsaicin and vitamin C in ripe fruits and total yield per plant. The content of capsaicin and yield were statistically higher in the three stages with applications of P-Ca (100, 150 and 200 mg·liter<sup>-1</sup>) individually or in combination with BA and SA (1x10<sup>-6</sup> M). The level of vitamin C increased when P-Ca at 100 mg·liter<sup>-1</sup> was applied to the seed.

**ADDITION KEY WORDS:** antioxidants, hormones, salicylic acid, benzoic acid

## INTRODUCCIÓN

El consumo de productos hortícolas proporciona al ser humano minerales, fibras, agua y antioxidantes. Estos elementos contribuyen a conservar una buena salud y calidad de vida en las personas. En México existe la tradición de consumir chile fresco o procesado. El chile jalapeño forma parte de la dieta mexicana y hoy en día es una de las especies de mayor demanda en el mercado nacional e internacional (Nuez *et al.*, 1996). Su fruto se caracteriza por la producción de capsaicinoides, de los cuales la capsaicina y la dihidrocapsaicina destacan por su efecto en la pungencia del mismo (López-Riquelme, 2003; Díaz *et al.*, 2004; Vázquez-Flota *et al.*, 2007). Los capsaicinoides son antioxidantes potentes que protegen al ácido linoléico contra el ataque de radicales libres y reducen metales al ser donadores de hidrógeno (Rosa *et al.*, 2002; Díaz *et al.*, 2004).

La vitamina C presente en el fruto de chile jalapeño es un antioxidante que también actúa como un reductor de radicales libres, propiedad que contribuye a minimizar el daño oxidativo en ese producto (Bennet y Kirby, 1968; Padayatt *et al.*, 2001). Estudios en nutrición describen que el consumo de frutas y hortalizas tienen un efecto protector contra enfermedades como el cáncer, diabetes, daños cardiovasculares, artritis, cataratas y desordenes en el sistema nervioso central (Rodríguez *et al.*, 2001; Devasagayam *et al.*, 2004; Mori *et al.*, 2006). La protección a estas enfermedades está asociada a la presencia de antioxidantes en el producto hortícola consumido (Joshi *et al.*, 1999; Johnston, 2003).

El uso de biorreguladores que actúen en armonía con la naturaleza y no causen efectos adversos en la salud humana es una alternativa en la horticultura moderna (Ramírez, 2003). La prohexadiona de calcio es un retardante del crecimiento con esas características que ha demostrado ser un inhibidor de la biosíntesis de giberelinas biológicamente activas (Rademacher, 2000). Este compuesto también modifica el contenido de flavonoides en hojas de manzano (Roemmelt *et al.*, 2003) y aumenta considerablemente el nivel de licopeno en frutos de tomate (Ramírez *et al.*, 2006). Otro derivado fenólico como el ácido salicílico participa de forma importante en la cascada de señalización vegetal, reflejada en una adaptación a ambientes extremos, así como en la inducción de la resistencia sistémica adquirida (Raskin, 1992). Se ha reportado que el ácido salicílico induce tolerancia a bajas temperaturas en plantas de papa (López-Delgado *et al.*, 1998; Mora-Herrera y López-Delgado, 2006). El ácido benzoico es un derivado fenólico que se considera precursor del ácido salicílico y se encuentra en forma natural en las plantas. Este compuesto actúa también como un inductor de resistencia sistémica adquirida en cebolla (Benavides-Mendoza *et al.*, 2004). En años recientes se ha determinado el nivel de antioxidantes en varias especies hortícolas (Prior y Cao, 2000; Tosun *et al.*, 2003). Sin embargo, la experiencia relacionada al impacto de prácticas agrícolas que modifiquen

los niveles de antioxidantes en las plantas es escasa (Asami *et al.*, 2003). Kalt y Kushad (2000) manifiestan que el incremento en los niveles de antioxidantes en frutas y hortalizas es un tema de gran interés y representa una oportunidad en la estrategia actual dirigida al mejoramiento de la calidad de productos hortícolas. En la actualidad es factible manipular en plantas los mecanismos involucrados en la síntesis de antioxidantes específicos y rendimiento del producto por medio de la ingeniería genética y también mediante la aplicación de biorreguladores (Benavides, 2002). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue conocer la influencia de P-Ca, AB y AS en el rendimiento del producto y en los niveles de capsaicina y vitamina C en chile jalapeño.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó durante 2007 en un invernadero con control de temperatura y humedad relativa, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Con el propósito de conocer el efecto de P-Ca, AB y AS aplicados en diferentes fases de crecimiento, se utilizó semilla certificada (Petoseed, 2007) de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) var. M. En las fases: semilla; semilla + plántula + planta y plántula + planta fueron aplicados los siguientes tratamientos: P-Ca 100, 150 y 200 mg·litro<sup>-1</sup>; P-Ca 100, 150 y 200 mg·litro<sup>-1</sup> + ácido benzoico 1x10<sup>-6</sup> M; P-Ca 100, 150 y 200 mg·litro<sup>-1</sup> + ácido salicílico 1x10<sup>-6</sup> M y testigo (agua). Las semillas se establecieron el 14 de junio de 2007 en cajas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss Premier Mix. El tratamiento a las semillas consistió en inhibirlas durante ocho horas en cada solución señalada; mientras que en la etapa de plántula y planta, los tratamientos fueron asperjados una vez a punto de rocío con atomizador manual. Tan pronto las plántulas alcanzaron dos hojas verdaderas, fueron trasplantadas a bolsas de plástico negro de 25 x 30 cm con una mezcla de peat moss, vermiculita y perlita (2:1:2 v/v). Los tratamientos foliares se realizaron con cuatro hojas verdaderas en plántula y 10 hojas verdaderas en planta. Se utilizó un diseño estadístico de parcelas divididas y anidamiento del factor dosis con tres repeticiones por tratamiento. Se utilizó la prueba de Tukey para estimar diferencias estadísticas con el paquete SAS (2000). Las gráficas se construyeron con el software SigmaPlot versión 11.0 (SigmaPlot, 2008).

### Determinación de capsaicina

El método de análisis utilizado para la determinación de capsaicina en frutos de chile fue el reportado por Bennet *et al.* (1968). Cuando el 80 % de los frutos alcanzaron su madurez fisiológica (Ramírez *et al.*, 2003), se cosecharon y conservaron a -20 °C. En el laboratorio, las muestras de chile se descongelaron. Se tomó un gramo de peso fresco de fruto completo en cada tratamiento y se maceró en un mortero, al que se le agregaron 10 ml de etanol absoluto y se agitó la mezcla por 15 minutos. Se filtró con papel

Wathman Núm. 1 y luego se aforó a 25 ml con etanol. La muestra se trasladó a un matraz de separación y se agregaron 2.5 ml de solución amortiguadora a pH de 2.8 más 0.5 ml de etanol, 20.5 ml de agua destilada y 10 ml de solución Adogen-Tolueno. Se agitó vigorosamente la mezcla por 1 minuto. Posteriormente, se determinó la absorbancia de la capsaicina en la fase orgánica en un espectrofotómetro (Geneys 10 uv Thermo Electro Corp) a una longitud de onda de 286 nm. Las lecturas se realizaron por triplicado para cada muestra. Para determinar la concentración de capsaicina en las muestras, se construyó una curva de calibración con este antioxidante (Sigma, Co) en un intervalo de 0-0.40 mg·ml<sup>-1</sup>, disuelta en los disolventes referidos (Bennet *et al.*, 1968).

### Determinación de vitamina C

De las muestras descritas anteriormente, también se analizó el contenido de vitamina C, utilizando el método reportado por Padayatt *et al.* (2001). Se maceró 1 mg con 10 ml de ácido clorhídrico al 2 % (v/v). Se homogeneizó la mezcla en 40 ml de agua destilada. Se filtró a través de gasa y se colectó en un matraz Erlenmeyer. Se tomaron 10 ml del sobrenadante y se titularon con 2,6 – diclorofenolindofenol (1x10<sup>-3</sup>N), cuando la solución alcanzó un color rosa. El contenido de vitamina C se determinó utilizando la siguiente fórmula descrita por los autores del método referido:

$$vita\ min\ a\ C = \frac{(ml\ utilizados\ de\ 2,6\ diclorofenolindofenol \times 0.088 \times volumen\ total \times 100)}{(volumen\ de\ la\ alicuota \times peso\ de\ la\ muestra)}$$

### Rendimiento

El rendimiento de frutos por tratamiento se determinó en cosecha, al pesar todo el producto por planta en una báscula Ohaus modelo 3729 con capacidad máxima de 3000 gramos y resolución de 0.1 gramos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Nivel de capsaicina

Los efectos de los biorreguladores en la concentración de capsaicina en frutos de chile se ilustran en la Figura 1. En los tratamientos a semilla, se observó que la aplicación de P-Ca a 100 mg·litro<sup>-1</sup> individual o combinada con AB o AS 1x10<sup>-6</sup> M produjeron incrementos significativos de este antioxidante ( $P \leq 0.05$ ) al compararse con el resto de tratamientos. En las aplicaciones realizadas en las etapas fenológicas de semilla + plántula + planta, los tratamientos que generaron un aumento significativo ( $P \leq 0.05$ ) en el nivel de capsaicina fueron P-Ca a 200 mg·litro<sup>-1</sup>, individual o cuando se combinó con AB o AS a una concentración de 1x10<sup>-6</sup> M. La respuesta a las aplicaciones foliares de los

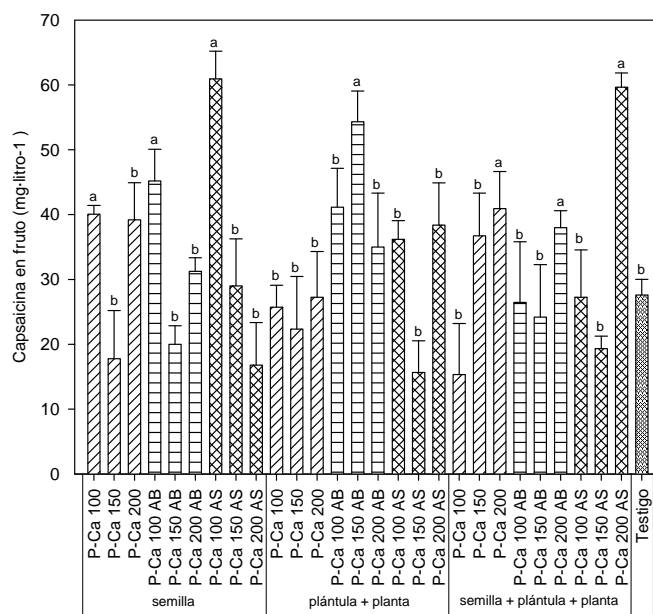


FIGURA 1. Influencia de prohexadiona de calcio (P-Ca) a diferentes dosis, ácido salicílico (AS) y ácido benzoico (AB) a la concentración de 1x10<sup>-6</sup> M en el contenido de capsaicina en frutos de chile jalapeño var. M. Cada barra representa la media de tres repeticiones. Letras iguales significan igualdad de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

tratamientos en las fases de plántula + planta resultó en una mayor concentración de capsaicina solamente en los frutos provenientes de las concentraciones de P-Ca 150 mg·litro<sup>-1</sup> + AB 1x10<sup>-6</sup> M. La información sobre el efecto de P-Ca en la concentración de capsaicina es muy limitada; sin embargo, se conoce que este retardante de crecimiento tiene la capacidad de modificar a nivel enzimático la ruta biosintética de los flavonoides en peral, generando flavonoides modificados ligados a la actividad antioxidante en tejidos jóvenes de esa especie frutal (Roemmelt *et al.*, 2003). El P-Ca ha sido reportado como inductor de otros antioxidantes en varias especies hortícolas. Disegna *et al.* (2006) al aplicar P-Ca en uvas para vino, lograron frutos con mayor contenido de antocianinas. En acelga, col y brócoli se han reportado incrementos en antioxidantes totales cuando las plantas recibieron tratamientos con P-Ca en un intervalo de 100 -150 mg·litro<sup>-1</sup> (Ramírez *et al.*, 2006). El contenido de licopeno en frutos cosechados de tomate se incrementó notablemente cuando se aplicó a las plantas P-Ca a dosis de 175 mg·litro<sup>-1</sup> (Rademacher, 2000; Ramírez *et al.*, 2003). El mecanismo de acción a través del cual P-Ca origina su efecto, no se conoce. De acuerdo a los reportes de Rademacher (2004) es factible que P-Ca estimule cambios en el perfil de los flavonoides. Se conoce que la capsaicina es sintetizada a través de una ruta mixta: a partir del ácido shiquímico y el aminoácido valina y otra parte de la cadena a través de la vía de la síntesis de ácidos grasos (Díaz *et al.*, 2004; Vázquez-Flota *et al.*, 2007). Esta hipótesis es apoyada por Ramírez *et al.* (2006) quienes encontraron que en tomate el incremento en el antioxidante

licopeno causada por P-Ca se relacionó directamente con un aumento en la actividad de las enzimas catalasa y peroxidasa.

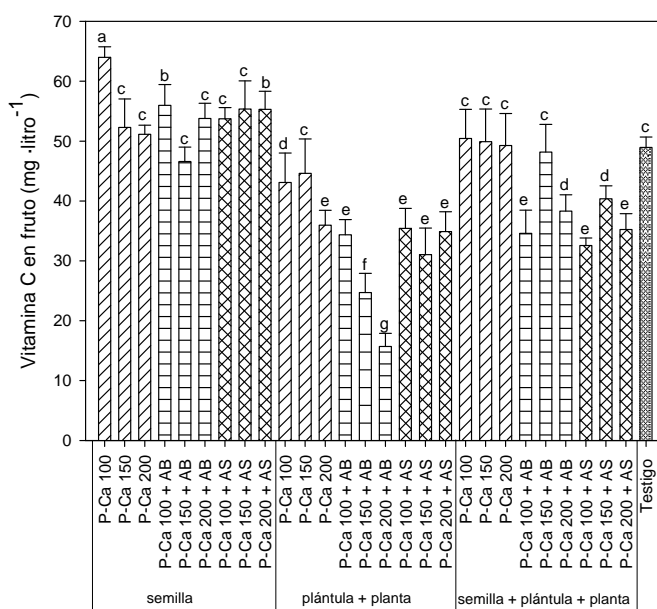
El ácido benzoico y su derivado ácido salicílico son compuestos fenólicos involucrados en el metabolismo secundario de plantas (Benavides, 2002). Esta característica les permite fortalecer la defensa de la planta a condiciones adversas de medio ambiente al aumentar su capacidad antioxidante (Raskin, 1992). La aplicación de estas dos sustancias ha probado aumentar el contenido de antioxidantes totales en diversas hortalizas (Ramírez *et al.*, 2006). El mecanismo de acción de ambos ácidos se ha relacionado con incrementos en la actividad de enzimas como la catalasa (Mora-Herrera y López-Delgado, 2006). Con base en estas experiencias, es posible considerar que el estímulo de AB y AS en la producción de capsaicina (Figura 1) puede ser mediado también a través de un aumento en la actividad enzimática ligada a la síntesis de este antioxidante.

### Nivel de vitamina C

La Figura 2 muestra los efectos de los tratamientos en la variación de la concentración de vitamina C en frutos de chile. Se observó que de los tratamientos en las fases mencionadas solamente tres de los aplicados a la semilla respondieron con aumentos en este antioxidante natural. La aplicación de P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> mostró superioridad estadística ( $P \leq 0.05$ ) al resto de las dosis. En los tratamientos P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + AB 1x10<sup>-6</sup> M y P-Ca 200 mg·litro<sup>-1</sup> + AS 1x10<sup>-6</sup> M, también se observó una tendencia a incrementar la concentración de vitamina C. Se ha demostrado que P-Ca, AB y AS estimulan la producción de antioxidantes en uva, durazno, manzano, brócoli, acelga, repollo y tomate (Rademacher, 2000; Ramírez, 2003). Esas experiencias apoyan lo observado en este estudio con el aumento en vitamina C cuando la semilla fue tratada con esos compuestos (Figura 2). Benavides *et al.* (2007) han señalado que los inductores de los cambios de la concentración de antioxidantes como AB y AS ejercen en plantas su efecto al fortalecer el mecanismo de tolerancia al estrés ambiental. Al respecto, Mora-Herrera y López-Delgado (2006), lo asocian con aumentos en las concentraciones de ciertos antioxidantes. La tolerancia al estrés por temperaturas frías se relaciona con un alto contenido de vitamina C en hojas (Laing *et al.*, 2007) y frutos (Mozafar, 1994). Por lo tanto, P-Ca, AB y AS presentan efectos prometedores como inductores de vitamina C en chiles jalapeños cuando son aplicados a la semilla. Lo observado en esta investigación permite inferir que dependiendo de la etapa de aplicación de P-Ca, AB y AS será la respuesta al contenido de capsaicina (Figura 1) o vitamina C (Figura 2) en el fruto de chile jalapeño.

### Rendimiento

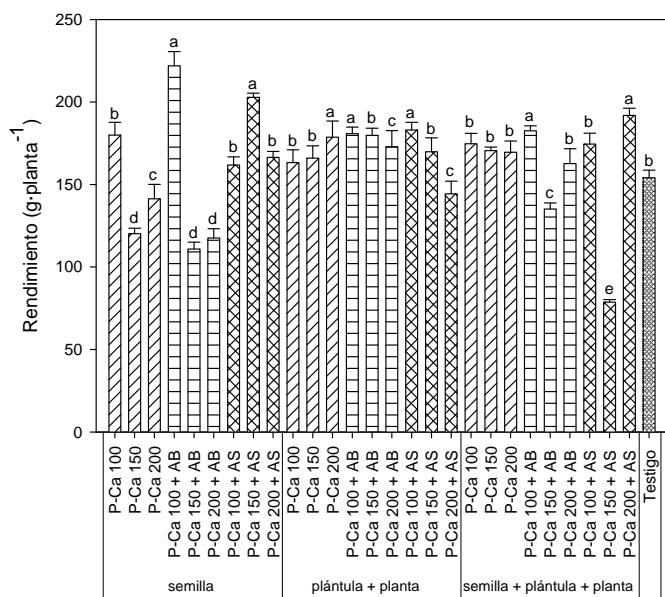
Los efectos de tratamientos en el rendimiento por planta se presentan en la Figura 3. Se observaron aumentos



**FIGURA 2.** Influencia de prohexadiona de calcio (P-Ca) a diferentes dosis, ácido salicílico (AS) y ácido benzoico (AB) a la concentración de 1x10<sup>-6</sup> M en el contenido de vitamina C en frutos de chile jalapeño var. M. Cada barra representa la media de tres repeticiones. Letras iguales significan igualdad de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

significativos ( $P \leq 0.05$ ) en las diferentes fases de aplicación. En semilla, las dosis de P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + AB 1x10<sup>-6</sup> M y P-Ca 150 mg·litro<sup>-1</sup> + AS 1x10<sup>-6</sup> M fueron los más destacados al superar estadísticamente al testigo. Cuando los tratamientos se aplicaron vía semilla + plántula + planta, el rendimiento fue estadísticamente superior con P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + AB 1x10<sup>-6</sup> M y P-Ca 200 mg·litro<sup>-1</sup> + AS 1x10<sup>-6</sup> M. La aplicación foliar en las etapas fenológicas de plántula + planta reflejaron más producción por planta en los tratamientos a dosis de P-Ca 200 mg·litro<sup>-1</sup>, P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + AB 1x10<sup>-6</sup> M y P-Ca 100 mg·litro<sup>-1</sup> + AS 1x10<sup>-6</sup> M. Los incrementos en producción por la influencia de P-Ca obtenidos en este estudio (Figura 3), han sido previamente observados en otros cultivos. En manzana, cerezo, durazno y peral se obtuvieron incrementos de un 20 % en rendimiento cuando se aplicó P-Ca en un intervalo de 100 a 200 mg·litro<sup>-1</sup> (Rademacher, 2004). En tomate se reportó un aumento sustancial en rendimiento por planta cuando se aplicó P-Ca a dosis de 175 mg·litro<sup>-1</sup> (Ramírez *et al.*, 2006). Se ha demostrado que P-Ca es un inhibidor de la síntesis de giberelinas A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub> y A<sub>7</sub>, las cuales son biológicamente activas (Costa *et al.*, 2004). Este efecto resulta en una reducción en el crecimiento vegetativo en la planta, lo que estimula un cambio en la traslocación de asimilados y un aumento en la formación de yemas florales y por lo tanto en más frutos por planta (Basak, 2004; Ramírez *et al.*, 2006). Los aumentos en rendimiento observados en la Figura 3, contribuyen a sustentar esas experiencias. Las aplicaciones de AB y AS en diversas hortalizas como col, brócoli, rabanito, lechuga y coliflor inducen aumentos significativos en los rendimientos de esas





**FIGURA 3.** Influencia de prohexadiona de calcio (P-Ca) a diferentes dosis, ácido benzoico (AB) y ácido salicílico (AS) a la concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M en el rendimiento por planta en chile jalapeño var. M. Cada barra representa la media de tres repeticiones. Letras iguales significan de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

especies (Benavides, 2002). Efectos similares también han sido encontrados en trigo y en soya (López-Tejeda *et al.*, 1998). Los efectos de AB y AS han sido interpretados como promotores de oxidación, los cuales inducen a la planta a un incremento en los niveles de antioxidantes y estímulo en el sistema de formación de órganos florales y vegetativos (Benavides-Mendoza, 2007). Por lo tanto, los incrementos encontrados como resultado de las aplicaciones de P-Ca, AB y AS en capsaicina (Figura 1), vitamina C (Figura 2) y en rendimiento (Figura 3) permiten considerar que estos biorreguladores influyen en las variables referidas dependiendo de la fase de aplicación y concentraciones como la han propuesto Ramírez *et al.*, (2006).

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se concluye lo siguiente: prohexadiona de calcio, ácido benzoico y ácido salicílico aumentan sustancialmente el contenido de capsaicina, vitamina C y rendimiento en chile jalapeño var. M. El nivel de aumento en estas variables, está relacionado con la etapa de aplicación y dosis del retardante del crecimiento y de los promotores de oxidación.

## LITERATURA CITADA

ASAMI, K. D.; HONG, Y. J.; BARRETT, D. M.; MITCHEL, A. E. 2003. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grow using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Food*

Chemistry 51: 1237-1241.

BASAK, A. 2004. Growth and fruiting of "elstar" apple trees in response to prohexadione calcium depending on the rootstock. *Acta Horticulturae* 653: 117-126.

BENAVIDES, M. A. 2002. *Ecofisiología y Bioquímica del Estrés de las Plantas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. 195 p.

BENAVIDES-MENDOZA, A.; SALAZAR-TORRES, A. M.; RAMÍREZ-GODINA, F.; ROBLEDO-TORRES, V.; RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, H.; MAITI, R. 2004. Tratamiento de semilla de chile con ácidos salicílico y sulfosalicílico y respuesta de las plántulas al frío. *Terra Latinoamericana* 22(1): 41-47.

BENAVIDES-MENDOZA, A.; BURGOS-LIMÓN, D.; ORTEGA-ORTIZ, H.; RAMÍREZ, H. 2007. El ácido benzoico y políacido acrílico-quitosán en la calidad y el rendimiento del tomate cultivado en suelo calcáreo. *Terra Latinoamericana* 25(3):123-129.

BENNET, D. J.; KIRBY, G. W. 1968. Constitution and biosynthesis of capsaicin. *Journal of the Chemical Society (C)*: 442-446.

COSTA, G.; SABATINI, E.; SPINELLI, F.; ANDREOTTI, C.; BOMBEN, C.; VIZZOTTO, G. 2004. Two years of application of prohexadione-Ca on apple: Effect on vegetative and cropping performance, fruit quality, return bloom and residual effect. *Acta Horticulturae* 653: 35-40.

DISEGNA, E.; BOIDO, E.; CARRAU, F.; FARIÑA, L.; MEDINA, K.; MÉNDEZ, M.; RODRÍGUEZ, P.; DELLACASSA, E. 2006. Efectos de la aplicación del regulador del crecimiento 3,5-dioxo-4-propionilciclohexancarboxilato de calcio (BAS 125) en la producción de uvas, composición del vino y aroma del cv. "tannat". <http://www.inia.org.uy/eventos/M&E-9.pdf> (21 de agosto de 2008).

DEVASAGAYAM, T. P. A.; TILAK, J. C.; BOLDOOR, K. K.; SANE, K. S.; GHASKADBI, S. S.; LELE, R. D. 2004. Free Radicals and Antioxidants in Human Health: Current Status and Future Prospects. *Journal of the Association of Physicians of India* 52: 794-804.

DÍAZ, J.; POMAR, F.; BERNAL, A.; MERINO, F. 2004. Peroxidases and the metabolism of capsaicin in *Capsicum annuum* L. *Phytochemistry Reviews* 3: 141-157.

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

JOSHUPURA, K. J.; ASCHERIO, A.; MANSON, J. E.; STAMPFER, M. J.; RIMM, E. B.; SPEIZER, F. E.; HENNEKENS, C. H.; SPIEGELMAN, D.; WILLET, W. C. 1999. Fruit and vegetable intake in relation to risk of ischemic stroke. *Journal of the American Medical Association* 282: 1233-1239.

KALT, W.; KUSHAD, M. M. 2000. The role of oxidative stress and antioxidants in plants and human health: introduction to the colloquium. *HortScience* 35: 569-572.

LAING, W. A.; WRIGHT, M. A.; COONEY, J.; BULLEY, S. M. 2007. The missing step of the L-galactose guanylyltransferase, increases leaf ascorbate content. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 9534-9539.

LÓPEZ-RIQUELME, G. O. 2003. Chile "la especie del nuevo mundo". *Ciencia* 69: 66-75.

LÓPEZ-DELGADO, H.; DAT, J. F.; FOYER, C. H.; SCOTT, I. M. 1998. Induction of thermotolerance in potato microplants by acetylsalicylic acid and  $H_2O_2$ . *Journal Experimental Botany* 49(321): 713-720.

LÓPEZ-TEJEDA, R.; CAMACHO-RODRÍGUEZ, V.; GUTIÉRREZ-CORONADO, M. A. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *Terra* 16: 43-48.

- MORA-HERRERA, M. E.; LÓPEZ-DELGADO, H. 2006. Tolerancia a baja temperatura inducida por ácido salicílico y peróxido de hidrógeno en microplantas de papa. *Fitotecnia Mexicana* 29(2): 81-85.
- MORI, A.; LEHMANN, S.; O'KELLY, J.; KUMNGAI, T.; DESMOND, J. C.; PERVAN, M.; McBRIDE, W. H.; KIZAKI, M.; KOEFFLER, H. P. 2006. Capsaicin, a component of red pepper, inhibits the growth of androgen-independent, p 53 mutant prostate cancer cells. *Cancer Research* 66: 3222-3229.
- MOZAFAR, A. 1994. Plant vitamins: agronomic, physiological and nutritional aspects. CRC Press. Boca Raton, Florida. 412 p.
- NUEZ, V. F.; GIL, O. R.; COSTA, G. J. 1996. El Cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ed. Mundi-Prensa, España. 607p.
- PADAYATT, S. J.; DARUWALA, R.; WANG, Y.; ECK, P. K.; SONG, J.; KOH, W. S.; LEVINE, M. 2001. Vitamin C: from molecular actions to optimum intake. *In: Handbook of Antioxidants*. CADENZAS, E.; PACKER, L. (eds) 2nd edition. CRC press. Washington DC, USA. pp 117-145.
- PRIOR, R. L.; CAO, G. 2000. Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: Diet and health implications. *HortScience* 35: 588-591.
- RADEMACHER, W. 2000. Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology Plant Molecular Biology* 51: 501-531.
- RADEMACHER, W. 2004. Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. *Acta Horticulturae* 653: 9-15.
- RAMÍREZ, H. 2003. El uso de hormonas en la producción de cultivos hortícolas para exportación. Memorias del 3er Simposio Nacional de Horticultura, Producción, Comercialización y Exportación de Cultivos Hortícolas. Septiembre 2003, Chapingo, México.
- RAMÍREZ, H.; RANCAÑO-ARRIOJA, J. H.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; MENDOZA-VILLAREAL, R.; PADRÓN-CORRAL, E. 2006. Influencia de promotores de oxidación controlada en hortalizas y su relación con antioxidantes. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 189-195.
- RASKIN, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology* 43: 439-463.
- ROEMMELT, S.; ZIMMERMANN, N.; RADEMACHER, W.; TREUTTER, D. 2003. Formation of novel flavonoides in apple (*Malus x domestica*) treated with the 2-oxoglutarate-dependent dioxygenase inhibitor prohexadione-Ca. *Phytochemistry* 64: 709-716.
- RODRÍGUEZ, P. J. M.; MÉNDEZ, L. J. R.; TRUJILLO, Y. 2001. Radicales libres en la biomedicina y el estrés oxidativo. *Revista Cubana de Medicina Militar* 30: 36-44.
- ROSA, A.; DEIANA, M.; CASU, V.; PACCAGNINI, S.; APPENDINO, G.; BALLERO, M.; ASSUNTA, D. M. 2002. Antioxidant activity of capsinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 7396-7401.
- SAS, Institute. 2000. SAS/STAT. User's Guide. Release 9.1.3 ed. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- SIGMAPLOT, (2008) Sigmaplot 2008 V.11.0. Systat Software Inc., Point Richmond, California.
- TOSUN, I.; USTUN, N. S. 2003. An investigation about antioxidant capacity of fruit nectars. *Pakistan Journal of Nutrition* 2: 167-169.
- VÁZQUEZ-FLOTA, F.; MIRANDA-HAM, M.; MONFORTE-GONZÁLEZ, M.; GUTIÉRREZ-CARBAJAL, G.; VELÁZQUEZ-GARCÍA, C.; NIETO-PELAYO, Y. 2007. Biosíntesis de capsaicinoides, el principio picante del chile. *Fitotecnia Mexicana* 30(4): 353-360.