

Efecto de inhibidores de la biosíntesis de giberelinas en la viviparidad del nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch.)

Gerardo Martínez Díaz¹

RESUMEN

La viviparidad o germinación prematura de la nuez es uno de los problemas que causa pérdidas hasta en 40% en el cv Wichita y 25% en el cv Western en el Noroeste de México y Arizona. Estudios recientes presentaron que es el balance entre giberelinas y ácido abscísico el que puede regular la viviparidad y la dormancia en semillas de maíz. Si el balance favorece a las giberelinas entonces las semillas no entran a la dormancia y germinan en la planta. Si es el balance de giberelinas/ácido abscísico el que determina la viviparidad en el nogal, entonces las aplicaciones de inhibidores de la biosíntesis de giberelinas podrían reducir ese problema. Con este fin se llevaron a cabo experimentos para determinar si el trinexapac etil y paclobutrazol reducen la viviparidad en el nogal pecanero. Los experimentos se llevaron a cabo durante en los años 2004, 2005, 2006 y 2007 en huertos localizados en la Costa de Hermosillo, Sonora. El trinexapac etil fue evaluado de 125 a 1000 ppm mientras que el paclobutrazol lo fue de 62 a 125 ppm, ambos en aplicaciones foliares. El periodo de las aplicaciones abarcó desde la fase acuosa de la nuez hasta la fase de llenado. Las evaluaciones de nueces germinadas se llevaron a cabo en campo, al momento de la cosecha. Ambos pro-

ductos no redujeron la viviparidad ni modificaron el llenado de la nuez en los años de evaluación. El trinexapac etil tampoco modificó la maduración de las nueces ni la apertura del ruzno.

Palabras clave: trinexapac-etil, paclobutrazol, germinación prematura, llenado de la nuez.

ABSTRACT

Vivipary in pecans is a problem that causes losses up to 40% in cv Wichita and 25% in cv Western in the northwest of México and in Arizona. Recent studies showed that the balance of gibberellins/abscisic acid regulates vivipary and dormancy in corn. If the balance favors gibberellins the seeds germinate and do not enter into dormancy. If the balance of gibberellins/abscisic acid determines vivipary in pecans then applications of inhibitors of the biosynthesis of gibberellins may reduce the problem. The objective of this work was to determine the effect of trinexapac-etil and paclobutrazol, two inhibitors of the biosynthesis of gibberellins, on vivipary of pecans. The experiments were carried out in 2004, 2005, 2006 and 2007 in orchards from La Costa de Hermosillo, Sonora. Trinexapac etil was foliar sprayed from 125 to 1000 ppm and paclobutrazol from 62 to 125

¹ INIFAP. Costa de Hermosillo. geraldmdz@yahoo.com.mx

ppm. The period of applications was from the watery stage to the nut filling stage. At harvest, the number of germinated nuts was compared to the total observed. Both inhibitors of the gibberellins biosynthesis did not reduce vivipary nor affected the filling of the nuts. Neither maturity of the nuts nor suck dehiscence were affected by trinexapac ethyl.

Key words: trinexapac ethyl, paclobutrazol, premature germination, nut filling.

INTRODUCCIÓN

La viviparidad o germinación prematura de la nuez es uno de los problemas en las nogaleras de las regiones cálidas donde las pérdidas derivadas por este problema ascienden hasta en 40 % en el cv Wichita y 25% en el cv Western (Núñez y Martínez, 2001). La viviparidad es la continuación del crecimiento de las semillas aún cuando están unidas a la planta y se conoce que ocurre en poco menos de 100 especies de plantas donde en el 50% de los casos es viviparidad verdadera, esto es donde existe reproducción sexual (Taylorson y Hendricks, 1984).

Estudios conducidos en la Costa de Hermosillo después del inicio de llenado de grano consistentes en aplicaciones ácido giberélico, para determi-

nar el período en que ocurre la inducción de la viviparidad no permitieron determinarlo (Martínez y col., 2003, 2004, 2005). Por otro lado, la iniciación de la viviparidad ocurrió una semana antes de detectarse la presencia de raíces fuera de la cáscara de la nuez. Estos resultados difieren de Zertuche (1991), quien mencionó que la iniciación

de la germinación prematura ocurrió desde antes de la fase de llenado de grano. En el maíz, cultivo que presenta viviparidad se encontró que la inducción ocurrió desde 5 a 7 días después de la polinización (Fong y col., 1983).

La inducción de la viviparidad puede entenderse como un proceso inverso a la inducción de la latencia. Esta última se conoce está influenciada por factores internos de la planta como la condición hormonal o carga energética (Taylorson y Hendricks, 1977). Esto contrasta con la quiescencia que es causada por factores externos como anoxia y sequía.

En el maíz ha sido posible identificar algunos genes relacionados con la viviparidad, algunos de los cuales son sensibles al ácido abscísico (ABA) y otros lo son en baja escala (Robichaud y col., 1980). Normalmente el ABA se concentra en la fase tardía de la embriogénesis en las semillas y después declina al desecarse el

La ausencia de respuesta en la germinación prematura a las aplicaciones de los inhibidores de la biosíntesis de giberelinas podría deberse a la ausencia de traslocación de las sustancias hasta los embriones de la nuez, lo cual necesita investigarse. Información previa indicó que el paclobutrazol no se traslocó basipetalmente en plántulas de manzano (Wang y col., 1986) y que en plantas de chícharo este mismo producto se traslocó por xilema pero no por el floema (Hamid y Williams, 1997).

embrión por lo cual se le asocia con la entrada de las semillas a la latencia. Sin embargo, en el mangle cuyas semillas presentan viviparidad, los mecanismos de la biosíntesis del ABA son funcionales durante el desarrollo del embrión pero las concentraciones de esa hormona no alcanzan su mayor concentración en los tejidos en la fase tardía de la embriogénesis, lo cual sugiere que existen otros mecanismos para la regulación de la viviparidad (Ismail y col., 2004).

Estudios recientes presentaron que es el balance entre giberelinas y ácido abscísico el que puede regular la viviparidad en las semillas de maíz ya que en las semillas deficientes de ABA la reducción de giberelinas trajo consigo una disminución de la viviparidad (White y col., 2000). Si es el balance de giberelinas/ácido abscísico el que determina la viviparidad en el nogal, entonces las aplicaciones de inhibidores de la biosíntesis de giberelinas podrían reducir esa relación por lo tanto reducir la viviparidad de la nuez.

Los inhibidores de la biosíntesis de giberelinas se clasifican en cuatro grupos que son bloqueadores antes de la síntesis del ent-kaurene, inhibidores de los pasos oxidativos desde el ent-kaurene hasta el ent-kaurenoico, inhibidores en los pasos tardíos de la biosíntesis de giberelinas y en inhibidores de dioxigenasas en los últimos pasos de las giberelinas (Rademacher, 2000). Al primer grupo pertenecen el cloromequat y mepiquat, en el segundo están el paclobutrazol, uniconazol y acimidol, del tercer grupo son trinexapac etil prohexadione y daminozida (Rademacher, 2000).

El objetivo de este trabajo fue determinar si aplicaciones de trinexapac etil o paclobutrazol, dos

inhibidores de la biosíntesis de giberelinas, reducen la viviparidad en el nogal pecanero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se llevaron a cabo durante cuatro años en huertos que tienen antecedentes de presentar el problema de germinación prematura. Los huertos están localizados en la región de la Costa de Hermosillo y son el Campo Experimental Costa de Hermosillo, Ejido el Triunfo y La Perseverancia. El huerto del campo experimental así como el de Perseverancia se irrigan por goteo mientras que el del ejido el Triunfo tiene riego rodado. Las huertas tienen a las variedades Western y Wichita pero las pruebas solo se realizaron en la variedad Wichita la cual presenta los mayores porcentajes de germinación prematura. Los inhibidores de la biosíntesis de las giberelinas fueron trinexapac etil (4-cicloproil (hidropxi)metilenoácido-3-5dioxociclohexanocarboxílico, etil ester) y paclobutrazol ((2RS,3RS)-1-(4-croforfenil)-4,4-dimetil-2-(1,2,4-triazol-1-yl)-pentan-3-ol).

En el año 2004 los tratamientos en la huerta del Campo Experimental de la Costa de Hermosillo fueron los siguientes: 1. Una aplicación de trinexapac etil a la dosis de 125 ppm el 27 Agosto, 2. Tres aplicaciones de trinexapac etil a 125 ppm (27 de Agosto, 6 de septiembre y 17 de septiembre) y 3. Una aplicación de trinexapac etil a 125 ppm el 17 de septiembre y 4. Testigo sin aplicar. El experimento se condujo en el cultivar Wichita y se tuvieron seis repeticiones considerándose una rama de un árbol como unidad experimental. Cada árbol se consideró un bloque ya que podría existir variación de la germinación prematura entre árboles.

En el 2005 el experimento se llevó a cabo en una huerta en el ejido el Triunfo, localizado en la Costa de Hermosillo. Los tratamientos fueron: 1. Una aplicación de trinexapac etil a la dosis de 250 ppm, el 25 Agosto, 2. Tres aplicaciones de trinexapac etil 250 ppm (25 de Agosto, 8 de septiembre y 20 de septiembre), 3. Una aplicación de trinexapac etil a 250 ppm el 20 de Septiembre, y 4. Testigo sin aplicar. El experimento se condujo en el cultivar Wichita y se tuvieron cinco repeticiones considerándose una rama de un árbol como unidad experimental. Cada árbol se consideró un bloque ya que podría existir variación de la germinación prematura entre árboles.

En el año 2006 el experimento se llevó a cabo en el campo la Perseverancia, también localizado en la Costa de Hermosillo. Los tratamientos fueron 1. Trinexapac etil a la dosis de 250 ppm (dos aplicaciones, la primera el 12 de julio y la segunda el 18 de agosto del 2006), 2. Paclobutrazol a la dosis de 62 ppm (12 de julio) + 125 ppm 18 de agosto) y 3. Testigo sin aplicar. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño en bloques al azar con tres repeticiones y la unidad experimental fue un árbol. Se utilizaron 20 litros de solución en cada árbol. La cosecha se realizó el 18 de octubre del 2006 evaluándose nueces germinadas y buenas. También se tomó una muestra de un kilogramo de nueces para evaluar su llenado.

En el año 2007 el experimento se llevó a cabo en el campo la Perseverancia. Los tratamientos fueron 1. Trinexapac etil a la dosis de 500 ppm, 2. Trinexapac etil a la dosis de 1000 ppm y 3. Testigo. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño en bloques al azar con tres repeticiones y la

unidad experimental contenía cuatro árboles. Se realizaron cuatro aplicaciones las cuales se realizaron el 27 de agosto, 3 de septiembre, 10 de septiembre y 17 de septiembre del 2007. Durante las aspersiones se utilizaron 20 litros de la solución por árbol. Las evaluaciones de cosecha se realizaron del 11 al 15 de octubre del 2007.

Se realizó el análisis estadístico de los datos utilizando el programa Costat y para las comparaciones de medias se aplicó la prueba de Student-Newman-Keuls al 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los porcentajes de germinación prematura presentaron un comportamiento alternante durante los años de evaluación como se puede observar en la Figura 1. En esa Figura se puede encontrar que en los años 2004 y 2006, los cuales fueron de bajo rendimiento en las huertas donde se llevó a cabo la evaluación, se encontraron los más altos porcentajes de germinación prematura. En contraste, los años 2005 y 2006 fueron de alto rendimiento y los porcentajes de germinación prematura fueron los más bajos. Estos resultados contrastan con lo mencionado por Lagarda (2007), quien indica que una alta carga somete a los árboles a un mayor estrés lo que induce mayores porcentajes de viviparidad. Martínez (2008), en cambio, encontró en un análisis en varios huertos una correlación negativa entre la carga de los árboles y porcentajes de germinación prematura cuando la cosecha se realizó en etapas tempranas. Es posible que las cantidades de nueces germinadas sean mayores cuando existe mayor carga en los árboles simplemente por que existe mayor producción pero en términos

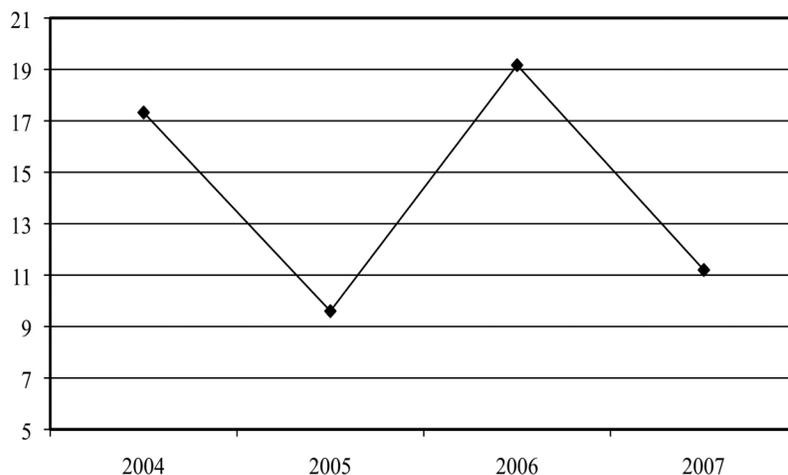


Figura 1. Germinación prematura en los años en que se llevaron a cabo los experimentos. Los años 2004 y 2005 fueron de bajo rendimiento mientras que los años 2006 y 2007 fueron de alto rendimiento.

porcentuales los valores son menores como se ha indicado. Por otro lado, es posible que cuando existe una alta producción la cosecha se retrasa y por lo tanto la germinación prematura se incrementa debido a ese retraso en la cosecha.

Los resultados del 2004, 2005, 2006 y 2007 mostraron que los inhibidores de la biosíntesis de giberelinas no redujeron de la germinación prematura de la nuez al momento de la cosecha (Tablas I, II, III y V). Dosis tan altas como 1000 ppm equivalentes a utilizar ocho litros de producto comercial Moddus (trinexapac etil) en cuatro aplicaciones durante la fase de llenado de la nuez no redujeron la viviparidad. Tampoco se observó un efecto en los porcentajes de nueces con inicio de germinación (Tablas I y IV), la cual consiste en la presencia de necrosis del eje embrional aún cuando está en el interior de la nuez. La ausencia de respuesta en la germinación prematura a las aplicaciones de

los inhibidores de la biosíntesis de giberelinas podría deberse a la ausencia de traslocación de las sustancias hasta los embriones de la nuez, lo cual necesita investigarse. Información previa indicó que el paclobutrazol no se traslocó basipetalmente en plántulas de manzano (Wang y col., 1986) y que en plantas de chícharo este mismo producto se traslocó por xilema pero no por el floema (Hamid y Williams, 1997). Lo anterior indica que el paclobutrazol presenta un escaso movimiento por el floema que es la ruta por donde se mueven los carbohidratos hacia las nueces durante su llenado. Es posible que el trinexapac etil también presente las mismas propiedades que el paclobutrazol en lo referente a su traslocación.

El peso de los cotiledones no fue alterado por las aplicaciones de trinexapac etil ni por el paclobutrazol en los años 2004 y 2005 (Tabla I y II). El porcentaje de almendra, que esta relacionada con

el peso de los cotiledones tampoco fue modificada por los tratamientos en el 2006 y 2007 (Tabla IV y V).

Tabla I. Efecto de varias aplicaciones de trinexapac etil 125 ppm durante la fase de llenado de grano en la germinación de la nuez cv. Wichita. 2004.

Fechas de aplicación	Germinación prematura %	Inicio de germinación %	Peso cotiledones (gr)
Testigo	19.1 a	4.1 a	4.8 a
27 Ago.	17.6 a	2.9 a	4.8 a
27 Ago., 6 Sep., 17 Sep.	17.7 a	9.0 a	5.16 a
17 Sep.	14.9 a	6.0 a	4.7 a

* Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Student-Newman-Keuls al 0.05.

Tabla II. Efecto del trinexapac etil 250 ppm durante la fase de llenado de grano en la germinación de la nuez cv. Wichita. (12 de Octubre del 2005).

Fechas de aplicación	Germinación %	Peso de cotiledones (gr)
25 Ago.	6.5 a	5.4 a
25 Ago., 8 y 20 de Sep.	7.9 a	6.0 a
20 de Sep.	10 a	5.6 a
Testigo	14 a	5.3 a

* Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Student-Newman-Keuls al 0.05.

En el experimento conducido en el 2006, donde los inhibidores de la biosíntesis de giberelinas se aplicaron el 12 de julio y 18 de agosto, no hubo efecto en el crecimiento del brote (Tabla III). Esto contrasta con lo reportado por Quinland y Richardson (1984) y Williams (1984) quienes mencionan que el paclobutrazol redujo el creci-

miento de los brotes de árboles frutales. La ausencia de respuesta en estas evaluaciones puede deberse a que al momento de las aplicaciones de los inhibidores del crecimiento ya se había alcanzado el máximo crecimiento de los botes en los árboles de nogal.

Tabla III. Efecto del trinexapac etil y paclobutrazol aplicado en la fase acuosa y de gel en la germinación de la nuez cv. Wichita. (18 de Octubre del 2006).

Tratamiento	Longitud de brote (cm) (15/08/2006)	Germinación prematura %
Trinexapac etil 250 + 250 ppm	7.47 a	23 a
Paclobutrazol 62 + 125 ppm	5.92 a	18.9 a
Testigo	7.37 a	15.6 a

* Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Student-Newman-Keuls al 0.05.

Las aplicaciones se realizaron el 12 de julio y 18 de agosto del 2006.

Tabla IV. Efecto del trinexapac etil y paclobutrazol aplicado en la fase acuosa y de gel en el crecimiento de la nuez e inicio de la germinación de la nuez en el cv. Wichita. (2006).

Tratamiento	Peso de la almendra %	Inicio de germinación (%)
Trinexapac etil 250 + 250 ppm	52.6 a	5.4 a
Paclobutrazol 62 + 125 ppm	51.8 a	4.5 a
Testigo	50.9 a	6.2 a

* Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Student-Newman-Keuls al 0.05.

Tabla V. Efecto del trinexapac etil aplicado en la fase de gel y llenado de la nuez en la germinación prematura del cv. Wichita. (Fecha cosecha: 11-15 Octubre del 2007).

Tratamiento	Germinación prematura %	Nueces verdes %	Nueces ruezno pegado %	Peso de almendra %
Trinexapac etil 500 ppm	11 a	11.9 a	26.2 a	50.9 a
Trinexapac etil 1000 ppm	10.7 a	10.8 a	17.8 a	50.3 a
Testigo	11.9 a	18.3 a	21.4 a	52.4 a

* Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Student- Newman-Keuls al 0.05.

** Las aplicaciones se realizaron el 27 de agosto, 3 de septiembre, 10 de septiembre y 17 de septiembre del 2007.

Finalmente, el porcentaje de nueces con ruezno pegado y el porcentaje de nueces verdes no fue afectado por el trinexapac etil según la evaluación conducida en el 2007 (Tabla V). Los productos no provocaron cambios en las características del ruezno aún cuando las nueces fueron asperjadas. Esto contrasta con lo esperado ya que Grossman y col., (1989, 1993, 1994), indicaron que el trinexapac etil redujo la biosíntesis de etileno e incrementó la concentración de citocininas; por lo tanto, podría esperarse un retraso en la maduración con las aplicaciones de trinexapac-etil.

CONCLUSIONES

Los porcentajes de germinación prematura fueron más altos en los años de bajo rendimiento que en los de alto rendimiento.

Los inhibidores de la biosíntesis de giberelinas no tuvieron ningún efecto en la germinación prematura, inicio de germinación, peso de almendra, y porcentajes de nueces verdes o con ruezno pegado.

REFERENCIAS

- Fong, F., Smith, J.D. and Koehler, D.E. 1983. Early events in maize seed development. 1-methyl-3-phenyl-5-(3(trifluorometyl)phenyl)-4-(1H)-pyridinone induction of vivipary. *Plant Physiol.* 73:899-901.
- Grossman, K.C., Hauser, Sauerbrey, E., Fritsch, H., and Schmidt, O. 1989. Plant growth retardants as inhibitors of ethylene production. *J. Plant Physiol.* 134:538-543.
- Grossman, K., König-Kranz S. and Kwiat, J. 1994. Phytohormonal changes in intact shoots of wheat and oilseed rape treated with the acylcyclohexanedione growth retardant prohexadione calcium. *Physiol. Plant.* 90:139-43.
- Grossman, K., Siefert F., Kwiatkowski, J., Schraudner, M. and Langebartels, C. 1993. Inhibition of ethylene production in sunflower cell suspensions by the plant growth retardant BAS 111: possible relations to changes in polyamine and cytokinin contents. *J. Plant growth Reg.* 12:5-11.
- Hamid, M.M. and Williams, R.R.. 1997. Translocation of paclobutrazol and giberellic

- acid in Stuards Desert Pea (*Swainsona formosa*). *Plant Growth Regulation* 23:167-171.
- Ismail, F., Nitsch, L., Mariano, C., Derksen, J., Wolters, M. and Vander-Gaag, R. 2004. Synthesis and localization of ABA in viviparous mangrove embryos. 3rd International symposium on plant dormancy. From molecular level to the whole plant. Waneningen International Conference Center. Waneningen. The Netherlands. pp:35.
- Lagarda M., A. 2007. La germinación prematura de la nuez pecanera (viviparidad). Memoria del Seminario de nogal pecanero 2007. Hermosillo, Son. Pp:9-17.
- Martínez D., G. 2008. Germinación prematura de la nuez: efecto de la carga del árbol. In: Reunión técnica internacional de nogal pecanero. CECH-CIRNO-INIFAP. Memoria técnica 27. pp:86-89.
- Martínez D., G. y Núñez M., J.H. 2003. Ontogenia y viviparidad de la nuez en la Costa de Hermosillo, Son. Seminario del Nogal Pecanero. Memoria Técnica No. 10. CECH-CIRNO-INIFAP. pp:69-76.
- Martínez D., G., Núñez M., J.H. y Márquez, A. 2004. Ontogenia de la nuez pecanera en la Costa de Hermosillo, Son. VII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali B.C. pp:492-495.
- Martínez D., G., Núñez M. J.H. y Márquez, A. 2005. El crecimiento de la nuez y de su eje embrional durante la germinación prematura. VIII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali B.C. pp:276-282.
- Núñez M., J. H. y Martínez D., G. 2001. Manejo integrado de plagas, enfermedades y maleza. In: El nogal pecanero en Sonora. CECH-CIRNO-INIFAP. pp: 123-174.
- Quinland, J.D. and Richardon, P.J. 1984. Effect of paclobutrazol (pp333) on apple shoot growth. *Acta Hort.* 146:105-110.
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51:501-531.
- Robichaud, C.S., Wong, J. and Sussex, I. 1980. Control of in vitro growth of viviparous embryo mutants of maize by abscisic acid. *Devel. Genet.* 1:325-330.
- Taylorson, R.B. and Hendricks, S.B. 1984. Dormancy in seeds. *Annu. Rev. Plant Physiol* 28:350-356.
- White, C. N., Proebsting, W.M., Hedden, P. and Rivin, C.J. 2000. Gibberellins and seed development in maize. I. Evidence that gibberellin/abscisic acid balance governs germination versus maturation pathway. *Plant Physiol.* 122:1081-1088.
- Wang, S. Y. and Steffens, G.L. 1985. Effect of paclobutrazol on water stress-induced ethylene biosynthesis and polyamine accumulation in apple seedling leaves. *Phytochemistry* 24:2185-2190.
- Wang, S. Y., Sung T. and Faust M. 1986. Translocation of paclobutrazol, a gibberellin biosynthesis inhibitor, in apple seedlings. *Plant Physiol.* 82:11-14.
- Williams, M. W. 1984. Use of bioregulators to control vegetative growth of fruit trees and improve fruiting efficiency. *Acta Hort.* 146:97-104.
- Zertuche G., M. 1991. Determinación del tiempo de inducción y la influencia de las giberlinas en la viviparidad de semillas de nogal pecanero. IV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de las Ciencias Hortícolas. UAAAN. Saltillo. Coah. p:382.