

El ácido giberélico incrementa la germinación prematura en el nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch.)

Gibberellic acid increases premature germination in pecan (*Carya illinoensis* Koch.)

GERARDO MARTÍNEZ-DÍAZ^{1,2}

Recibido: Junio 8, 2011

Aceptado: Octubre 22, 2011

Resumen

La viviparidad o pregerminación en el nogal pecanero causa pérdidas de 40% en el cv Wichita y 25% en el cv Western en el noroeste de México y Arizona. Una hipótesis sugiere que las giberelinas y ácido abscísico regulan la viviparidad y la entrada a la dormancia en semillas de maíz, y que si el balance favorece a las giberelinas, entonces las semillas germinan en la planta. Los experimentos se llevaron a cabo en los años 2004, 2005, 2009 y 2010, en huertos de la Costa de Hermosillo, Sonora. El ácido giberélico se aplicó foliarmente en concentraciones de 360 y 720 ppm entre el estado de gel y llenado de la almendra. El porcentaje de germinación prematura varió de 3.7 a 46%, dependiendo del tratamiento y fecha de cosecha, donde este último factor fue el más importante. En tres de los cuatro años de evaluación hubo un incremento significativo de la germinación prematura con el tratamiento de GA₃, especialmente en las cosechas tardías (p<0.05), mientras que los cuatro años hubo un retraso de la apertura del ruezno en este tratamiento. La concentración de GA₃ en el eje embrional de las nueces al momento de la cosecha fue de 14 a 19 ppm, siendo similar entre los tratamientos, lo que indicó que la viviparidad no fue inducida por un incremento de esta hormona en estos órganos, sino por el retraso en la apertura del ruezno, lo cual podría a su vez retrasar la deshidratación de las nueces, un proceso que se necesita para que éstas entren a la dormancia.

Palabras clave: viviparidad, Desierto de Sonora, apertura del ruezno, dormancia.

Abstract

Vivipary or pregermination in pecan causes the loss of up to 40% in cv Wichita and 25% in cv Western in Northwestern Mexico and Arizona. An hypothesis suggests that gibberellins and abscisic acid regulate vivipary and entry into dormancy in seeds of corn and if the balance favors the gibberellins, then the seeds germinate on the plant. The experiments were carried out in the years 2004, 2005, 2009 and 2010 in orchards from La Costa de Hermosillo, Sonora. Gibberellic acid was foliar sprayed at concentrations of 360 and 720 ppm between the state of gel and nut filling. Premature germination ranged from from 3.7 to 46%, depending on the treatment and harvest date, where the latter was the most important factor. In three of the four years of evaluation, there was a significant increase in premature germination with GA₃ treatment, especially in late harvests (p<0.05), while in the four years there was a delay in opening of husk. GA₃ concentration in the embryo axis of the nuts at the time of harvest varied from 14 to 19 ppm and was similar among the treatments, indicating that vivipary was not induced by an increase of this hormone in these organs, but by the delay in opening of the husk, which might delay the dehydration of nuts, a process that is needed by this fruit to enter into dormancy.

Keywords: vivipary, Sonora Desert, opening of the husk, dormancy.

Introducción

La viviparidad o germinación prematura de la nuez es uno de los problemas en las huertas nogaleras de las regiones cálidas, donde las pérdidas derivadas ascienden hasta en 40% en el cv Wichita y 25% en el cv Western (Núñez y Martínez, 2001; Lagarda-Murrieta, 2007). La viviparidad es la continuación del crecimiento de las semillas aún cuando están unidas a la planta; se conoce que ocurre en 78 familias de plantas que incluyen 143 géneros y 195 especies donde en el 50% de los casos es viviparidad verdadera, esto es, donde existe reproducción sexual (Farnsworth, 2000).

¹ Campo Experimental Costa de Hermosillo. Carr. a Bahía de Kino km. 12.6. Hermosillo, Son. Tel 662-261-0072.

² Dirección electrónica del autor de correspondencia: geraldmdz@yahoo.com.

Estudios conducidos en la Costa de Hermosillo indican que la capacidad de germinar prematuramente existe en la mayoría de las nueces del cv Wichita y en menor capacidad en las del cv Western, y que la iniciación de la viviparidad ocurrió una semana antes de detectarse la presencia de raíces fuera de la cáscara de la nuez, pero no se encontró cuándo ocurre la inducción de este proceso (Martínez-Díaz *et al.*, 2003, 2004, 2005). En el maíz, cultivo que presenta viviparidad, se encontró que la inducción ocurrió desde cinco a siete días después de la polinización (Fong *et al.*, 1983).

La inducción de la viviparidad puede entenderse como un proceso inverso a la inducción de la latencia. Se conoce que ésta última está influenciada por factores internos de la planta, como la condición hormonal o carga energética (Taylorson y Hendricks, 1984). Esto contrasta con la quiescencia, que es causada por factores externos como anoxia y sequía.

En el maíz se ha encontrado que mutantes deficientes en la biosíntesis de ABA o insensibles al ABA presentan viviparidad (Robichaud *et al.*, 1980; Durantini *et al.*, 2008). Normalmente, el ABA se concentra en la fase tardía de la embriogénesis en las semillas y después declina al desecarse el embrión, por lo cual se le asocia con la entrada de las semillas a la latencia. Sin embargo, en el mangle (*Rhizophora 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 *et al.*, 2004).

Estudios recientes demostraron 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 resultó en una disminución de la viviparidad (White *et al.*, 2000). No obstante, la aplicación foliar de

trinexapac-etil (125 a 1000 ppm) y paclobutrazol (62 a 125 ppm), inhibidores de la biosíntesis de giberelinas, en dosis de 12 a 250 ppm no redujeron la viviparidad del nogal pecanero (Martínez-Díaz, 2008).

La interacción de diferentes genes que regulan a la entrada de la dormancia en las semillas, según los resultados de estudios en genética molecular en *Arabidopsis*, sugiere que se requiere de una red de información hormonal en la regulación de ese proceso (Brady y McCourt, 2003). Si es el balance de giberelinas/ácido abscísico el que determina la viviparidad en el nogal, entonces las aplicaciones de ácido giberélico podrían aumentar esa relación y por lo tanto incrementar la viviparidad de la nuez. El objetivo de este trabajo fue determinar si aplicaciones de ácido giberélico incrementan la viviparidad en el nogal pecanero.

Materiales y métodos

Los experimentos se llevaron a cabo en un huerto de nogal del Campo Experimental de la Costa de Hermosillo en el año 2004, en un huerto del ejido El Triunfo en el 2005 y en el Campo La Perseverancia en los años 2009 y 2010. Los huertos del Campo Experimental y de La Perseverancia tuvieron irrigación por goteo con manguera enterrada, mientras que en el ejido El Triunfo se practicó riego rodado. Las tres huertas tienen a las variedades Western y Wichita, pero las evaluaciones solo se realizaron en la variedad Wichita, la cual presenta los mayores porcentajes de germinación prematura. Los cambios en los huertos a través de los años de estudio se realizaron debido a que en los años de baja carga se seleccionaron los sitios con árboles que tenían nueces para realizar la evaluación.

En el 2004 los tratamientos fueron: 1) Tres aplicaciones de ácido giberélico en dosis de 360 ppm y 2) Testigo sin aplicación. La dosis de ácido giberélico utilizada es superior a la requerida para detectar respuesta arbustos y nogal, la cual es de 100 ppm (Thompson, 1992) a 346 ppm (Zertuche, 1991). Las aplicaciones

se realizaron el 27 de agosto, el 6 de septiembre y el 17 de septiembre del 2004. El diseño experimental fue de parcelas apareadas, la unidad experimental fue una sección de un árbol localizada en la parte norte o en la parte sur y se tuvieron siete repeticiones por tratamiento. En el 2005 se tuvieron tres tratamientos: 1) Una aplicación de GA₃ al inicio de la etapa de llenado de almendra en dosis de 360 ppm, 2) Tres aplicaciones de GA₃, en dosis de 360 ppm, una al inicio de la etapa de llenado de almendra, otra en la fase intermedia y otra al final de la etapa de llenado de almendra, y 3) Testigo sin aplicación. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño totalmente al azar, la unidad experimental fue la rama de un árbol y se tuvieron cuatro repeticiones. Las fechas de aplicación fueron, para el inicio de la etapa de llenado de almendra, el 25 de agosto del 2005, para la fase intermedia el 9 de septiembre y para la etapa final de llenado de almendra, el 20 de septiembre del 2005. En el 2004 y 2005 las aplicaciones se realizaron con una aspersora manual equipada con boquillas de abanico mojando el follaje y racimos de nuez hasta escurrimiento. En el 2004 se dieron cuatro cosechas, del 12 de octubre al 2 de noviembre; en estas se cosecharon solo las nueces con ruezno suelto de la cáscara, en las cuales se determinó la cantidad de nueces germinadas y las nueces con ruezno adherido a la cáscara no fueron consideradas. En el año 2005 la cosecha se realizó el 14 de octubre, donde se evaluaron las nueces totales, nueces con el ruezno separado de la cáscara y nueces germinadas en cada una de las ramas. En el año 2009 los tratamientos fueron: 1) Una aplicación de GA₃ en dosis de 360 ppm y 2) Testigo sin aplicación. Se realizó solo una aplicación el 17 de septiembre con una aspersora de alta presión para asperjar todo el árbol con 20 litros de la solución. La unidad experimental fue un árbol y se tuvieron cinco repeticiones. El diseño experimental fue de parcelas apareadas. Se realizaron tres cosechas, en cada una de las cuales los árboles se cosecharon mecánicamente utilizando una

máquina vibradora durante dos minutos, y la evaluación se realizó en ocho segmentos tipo rebanada de pastel en cada árbol que en total suman 1/12.5 del área total donde cae la nuez cosechada. Las cosechas se realizaron el 5, 19 y 30 de octubre. Las nueces con ruezno suelto de la cáscara se separaron en germinadas y no germinadas, donde de estas últimas se tomó un kilogramo para cuantificar variables de calidad de la nuez. Al mismo tiempo se realizó un recuento de nueces con ruezno verde pegado a la cáscara y nueces con ruezno necrótico. Del grupo de nueces no germinadas con el ruezno separado de la cáscara se tomó la muestra de un kilogramo para medir variables de calidad de la nuez.

En el año 2010 los tratamientos fueron: 1) Una aplicación de GA₃ en dosis de 320 ppm, 2) Una aplicación de GA₃ en dosis de 720 ppm y 3) Testigo sin aplicación. Las aplicaciones se realizaron el 9 de septiembre del 2010. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar, la unidad experimental fue un árbol y se tuvieron seis repeticiones. Se realizaron dos cosechas, la primera el 22 de octubre y la segunda el 22 de noviembre, durante las cuales los árboles se vibraron y la evaluación se realizó en ocho segmentos tipo rebanada de pastel en cada árbol. Las nueces con ruezno suelto de la cáscara se separaron en germinadas y no germinadas, donde de estas últimas se tomó un kilogramo para medir variables de calidad de la nuez. Al mismo tiempo, se realizó un recuento de nueces con ruezno verde adherido a la cáscara y nueces con ruezno necrótico. Del grupo de nueces no germinadas con el ruezno separado de la cáscara se tomó la muestra de un kilogramo para medir variables de calidad de la nuez. También se tomó una muestra de nueces con ruezno verde adherido a la cáscara con el fin de evaluar la cantidad de nueces germinadas y su llenado. Adicionalmente, el 22 de noviembre se colectaron tres muestras de nueces no germinadas con ruezno suelto en cada tratamiento, de donde se obtuvo el eje embrional

para analizar la concentración de GA₃ en sus tejidos utilizando la técnica de cromatografía líquida de alta presión. El análisis se realizó en laboratorios del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Hermosillo, Sonora, utilizando 10 g de tejido vegetal liofilizado y molido siguiendo la técnica descrita por Kelen *et al.* (2004), utilizando un equipo HPLC VARIAN LC Polaris acoplado a un detector UV-VIS Prostar, una columna C18 (Supelcosil) y una fase móvil de metanol acidificado.

Los datos de los experimentos se sometieron a un análisis de varianza y se realizó una comparación de medias mediante la Prueba de Duncan al 0.05% en los experimentos con el diseño completamente al azar y una prueba DMS al 0.05 en los experimentos donde se utilizó el diseño de parcelas apareadas (Steel and Torrie, 1980).

Resultados y discusión

En el 2004 se encontró que el porcentaje de nueces germinadas en las nueces con ruezno separado de la cáscara fue similar bajo los dos tratamientos, e indicaron una ausencia de respuesta al GA₃, ya que la germinación fue de 35% en el testigo y 34% en bajo el tratamiento con GA₃ (Cuadro 1). Tampoco se encontró diferencia en el porcentaje de nueces con inicio de germinación (pregerminadas) ni en el peso de los cotiledones de las nueces remanentes. El ácido giberélico retardó la apertura del ruezno, ya que las primeras nueces con el ruezno separado de la cáscara se observaron el 26 de octubre, mientras que en el testigo se observaron desde el 12 de octubre del 2004. (Datos no presentados).

Cuadro 1. Efecto del ácido giberélico en dosis de 360 ppm en la germinación de la nuez cv Wichita. 2004.

Fechas de aplicación	Nueces con ruezno separado de la cáscara		Peso cotiledones (g)*
	Germinadas (%)*	Pregerminadas (%)*	
Testigo	35.7 a	2.3 a	5.11 a
27 Ago, 6 Sep, 17 Sep	34.1 a	0 a	5.11 a

*Medias con la misma letra no significativamente diferentes (DMS=0.05).

En la evaluación conducida en el 2005, se encontró un incremento de la germinación prematura al aplicar durante tres ocasiones el GA₃ no así al aplicar solo una vez, al inicio del llenado de la nuez (Cuadro 2). En el 2005 se detectó que el ruezno permaneció adherido por más tiempo al aplicar esta hormona, como se puede notar en el porcentaje de nueces con ruezno adherido a la cáscara. Esta característica también se observó en el 2004, aunque no se midió su intensidad. En el 2005 tampoco se observó efecto alguno en el peso de los cotiledones al aplicar el GA₃.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación ácido giberélico en dosis de 360 ppm en la nuez cv Wichita (14 de octubre del 2005).

Tratamientos	Nueces con ruezno separado de la cáscara germinadas %	Nueces con ruezno verde adherido a la cáscara %	Peso cotiledones (g)*
Una aplicación	25 ab	12 ab	5.7 a
Tres aplicaciones	35 a	16 a	5.9 a
Testigo	19 b	6.3 b	5.8 a

** Medias con la misma letra no significativamente diferentes según la Prueba de Duncan al 0.05.

En el año 2009 se efectuaron tres cosechas y se encontró que la germinación prematura fue más alta bajo los tratamientos con ácido giberélico que en los árboles utilizados como testigo en la tercera fecha de cosecha realizada el 30 de octubre (p<0.05), pero no en las primeras dos cosechas (Cuadro 3). El porcentaje de nueces con el ruezno verde adherido a la cáscara fue más alto en los tratamientos con ácido giberélico que en el testigo en la primera fecha de evaluación realizada el 5 de octubre (p<0.05), pero no en las cosechas subsiguientes, indicando un retraso la separación del ruezno, tal como se había notado en los años precedentes (Cuadro 3). Esta cantidad fue extremadamente alta en la primera cosecha y significó el 31.8% del total de las nueces observadas en los árboles tratados con GA₃. En las dos cosechas siguientes el porcentaje de nueces con ruezno verde adherido a la cáscara declinó y fue similar al testigo. El porcentaje de nueces con

ruezo necrótico adherido a la cáscara fue estadísticamente similar al testigo en las tres cosechas, aunque hubo la tendencia a mostrar valores más altos en la cosecha del 5 de octubre. Al igual que en los años 2004 y 2005, no se detectó algún cambio en el crecimiento de los cotiledones, en este caso expresado como porcentaje de almendra, ni en el porcentaje de nueces pregerminadas (Cuadro 4).

Cuadro 3. Efecto del GA₃ en dosis de 360 ppm en la viviparidad y otras características de la nuez cv Wichita. 2009.

Característica de la nuez %	Tratamiento	Fecha de cosecha		
		5 de octubre	19 de octubre	30 de octubre
Nueces con ruego separado de la cáscara germinadas	GA ₃	3.7 a	11.8 a	25.9 a
	Testigo	4.3 a	4.9 b	8.8 b
Con ruego verde adherido a la cáscara	GA ₃	31.8 a	3.8 a	1.6 a
	Testigo	4.2 b	2.8 a	2.8 a
Con ruego necrótico adherido a la cáscara	GA ₃	9.3 a	3.8 a	0.4 a
	Testigo	4.2 a	1.8 a	0.1 a

*Medias con la misma letra no significativamente diferentes (DMS=0.05).

Cuadro 4. Efecto del GA₃ en dosis de 360 ppm en el llenado de almendra y pregerminación en nueces con ruego separado de la cáscara. 2009.

Tratamiento	Porcentaje de nuez comestible	Nuez pregerminada %
GA ₃	54.7 a	4.7 a
Testigo	57.0 a	2.1 a

**Medias con la misma letra no significativamente diferentes (DMS=0.05).

En el año 2010 no se detectaron diferencias en la germinación prematura entre los tratamientos, en las dos cosechas realizadas. En la cosecha del 22 de octubre, el porcentaje de nueces con ruego verde adherido a la cáscara aumentó al incrementarse la concentración de GA₃ y fue estadísticamente diferente al tratamiento con la dosis 720 ppm y el testigo (p<0.05); mientras que en la cosecha del 22 de noviembre no hubo diferencias entre los tratamientos. En la primera cosecha también se detectó que el porcentaje de nueces con ruego necrótico adherido a la cáscara aumentó al aplicar GA₃, pero no hubo diferencia en esta variable en la segunda cosecha (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto del GA₃ en la viviparidad y otras características de la nuez cv Wichita. 2010.

Dosis de GA ₃	Característica de la nuez					
	Nueces con ruego separado de la cáscara germinadas (%)		Nueces con ruego verde adherido a la cáscara (%)		Nueces con ruego necrótico adherido a la cáscara (%)	
	22/10/10	22/11/2010	22/10/10	22/11/2010	22/10/10	22/11/2010
0	26 a	39 a	5.3 a	3.8 a	1.3 a	1.5 a
360 ppm	31 a	46 a	9.8 ab	3.6 a	4.0 ab	2.3 a
720 ppm	18 a	44 a	18.5 b	6.0 a	5.1 b	1.4 a

Medias con la misma letra no significativamente diferentes según la Prueba de Duncan al 0.05.

Cuando se observaron solo las nueces con el ruego adherido a la cáscara se encontró que el porcentaje de nueces germinadas fue superior cuando se aplicó ácido giberélico, y se observó una tendencia a encontrar más nueces llenas bajo esos tratamientos (Cuadro 6). En las nueces con

ruego separado de la cáscara el llenado de la nuez y el porcentaje de nueces pregerminadas fue similar. Al igual que en los años 2004 y 2005 el llenado de las nueces no fue alterado por las aplicaciones de ácido giberélico.

Cuadro 6. Efecto del GA₃ en la viviparidad de nueces con ruezno adherido a la cáscara y llenado en las nueces con ruezno separado de la cáscara en el cv Wichita. 2010.

Dosis de GA ₃	Nueces con ruezno verde adherido a la cáscara		Nueces con ruezno separado de la cáscara	
	Germinadas (%)	Sin llenar (%)	Llenado de nuez (%)	Pregerminadas (%)
0	5.9 a	61 a	49.7 a	11.2 a
360 ppm	27.4 b	37 a	51.2 a	7.5 a
720 ppm	11.9 ab	32 a	52.9 a	5.6 a

Medias con la misma letra no significativamente diferentes según la Prueba de Duncan al 0.05.

El análisis del contenido de ácido giberélico en el eje embrional no mostró diferencia alguna en la concentración entre nueces tratadas con esa hormona bajo los diferentes tratamientos (Cuadro 7). La movilidad del ácido giberélico ha sido documentada y se conoce que se transloca de las hojas a los ápices y otros sitios de demanda. En ese caso, las aplicaciones de AG₃ se realizaron a todo el árbol en el momento de llenado de la nuez, por lo que se esperaba encontrar mayores concentraciones en el eje embrional, órganos que se desarrollan cuando existe viviparidad. El eje embrional ya tiene los tejidos de conducción por donde puede moverse el AG₃. Sin embargo, el estado de desarrollo de estos tejidos así como su comunicación con el tejido vascular de las ramas y cotiledones puede ser muy precario, por lo que esta hormona no alcanza a moverse hacia esos tejidos.

Cuadro 7. Contenido de ácido giberélico en el eje embrional (radícula + epicotilo) de nuez bajo diferentes tratamientos de AG₃. 2010.

Dosis de ácido giberélico (ppm)	AG ₃ en eje embrional (µg/gps)
0	14 a
360	19 a
720	18 a

* Medias con la misma letra no significativamente diferentes según la Prueba de Duncan al 0.05.

Los resultados de los cuatro años de experimentación, ya sea a nivel de ramas de árboles o de árboles, indican que el AG₃ retrasó la apertura del ruezno. La apertura del ruezno en nogal es inducida por etileno (Wood, 1986), y por lo tanto su inhibición por la aplicación de ácido giberélico es de esperarse, ya que se conoce que entre estas dos hormonas existen efectos antagónicos (Shechter *et al.*, 1989).

En tres de los cuatro años de investigación se observó un incremento de la germinación prematura en las nueces con la aplicación de ácido giberélico, especialmente en la fase tardía de cosecha. Los resultados indican que, en efecto, esta hormona induce la viviparidad en nogal pecanero, como lo indicó Zertuche (1991). Sin embargo, no se encontraron diferencias en la concentración de AG₃ en el eje embrional entre el testigo y árboles aplicados con esa hormona.

Los resultados anteriores indican que las aplicaciones de ácido giberélico pueden aumentar la germinación prematura de la nuez debido a efectos indirectos, al retrasar la apertura del ruezno y no a un cambio en la concentración de AG₃ en el eje embrional. Este retraso en la apertura del ruezno puede llevar a la vez a un retraso en la deshidratación de las nueces e inducir la viviparidad, como lo indican Goldberg *et al.* (1994). En efecto, estos autores mencionan que la deshidratación de las semillas en la fase tardía de la embriogénesis es necesaria para que éstas entren en dormancia.

Las aplicaciones de ácido giberélico no mostraron un incremento de esa hormona en los tejidos, a pesar de que ésta tiene movilidad tanto por xilema como por floema (Smith, 1993). Lo anterior podría indicar que si bien el ácido giberélico se transloca por estos tejidos, su movilidad depende de la fuerza con la que los órganos la demandan. Es posible que durante la maduración de la nuez, el eje embrional no ejerza una fuerte demanda esta hormona, por lo que no se moviliza hacia esos tejidos. Otra posibilidad es que los tejidos de conducción en el eje embrional no estén lo suficientemente

desarrollados para facilitar la movilidad de esta hormona. Finalmente, también es posible que el tipo de giberelina que provoca la viviparidad en el nogal pecanero sea diferente a AG_3 . Es conocido que existe una gama de moléculas de este grupo y que algunas son muy específicas en su acción (Richards *et al.*, 2001).

El incremento en la germinación de la nuez aparentemente no está ligado a un aumento en la concentración de AG_3 en el eje embrional de la nuez; sin embargo, está asociado a un retraso en la apertura del ruezno. Trabajos previos han indicado que una estimulación en la apertura del ruezno reduce la germinación prematura de la nuez (Wood, 1986; Lagarda-Murrieta, 2007). La apertura del ruezno puede estar asociada a una más rápida deshidratación del embrión, que como ha sido documentado, es un prerrequisito para que las semillas entren en dormancia (Goldberg *et al.*, 1994).

El conjunto de resultados de estos experimentos sugieren que es necesario estudiar los factores de manejo que inciden en la apertura del ruezno, ya que este parece ser la mayor limitante en la deshidratación de las nueces, lo que favorece la germinación prematura de la nuez.

El ácido giberélico no presentó una mejora o un deterioro en la calidad de la nuez con el ruezno separado de la cáscara, ya que los parámetros medidos no indicaron un cambio en el peso de la almendra o en la pregerminación. El ácido giberélico se conoce que induce aumento de tamaño en una diversidad de frutos debido a un aumento en el tamaño de las células. En contraste, en la semillas no parece tener una influencia en el tamaño, aún cuando se conoce que juega un papel importante en la germinación, una vez que las semillas han terminado su dormancia (Richards *et al.*, 2001).


Conclusiones

El ácido giberélico retrasó la apertura del ruezno de la nuez, lo que provocó un incremento de la viviparidad en las cosechas tardías. Este aumento de la viviparidad no estuvo asociado a

un incremento de la concentración de ácido giberélico en los tejidos del eje embrional, por lo que más bien se asocia a un retraso en la deshidratación, proceso que es importante en la fase tardía de la embriogénesis para que las semillas entren en dormancia.

Literatura citada

- BRADY, S.M. and P. McCourt. 2003. Hormone cross-talk in seed dormancy. *J. Plant Growth Regul.* 22:25-31.
- DURANTINI, D., A. Giuliani, A. Malgioglio, R. Pílu, R. Tuberosa, C. Sanguineti, and G. Gavazzi. 2008. Vivipary as a tool to analyze late embryogenic events in maize. *Heredity* 101: 465-470.
- FARNSWORTH, E. 2000. The ecology and physiology of viviparous recalcitrant seeds. *Ann. Rev. Ecol. System.* 31:107-138.
- FONG, F., J.D. Smith, and D.E. Koehler. 1983. Early events in maize seed development. 1-methyl-3-phenyl-5-(3(trifluoromethyl)phenyl)-4-(1H)-pyridinone induction of vivipary. *Plant Physiol.* 73:899-901.
- GOLDBERG, R.B., G. Paiva, and R. Yadegari. 1994. Plant embryogenesis: zygote to seed. *Science.* 266:605-614.
- ISMAIL, F., L. Nitsch, C. Mariano, J. Derksen, M. Wolters, and R. Vander-Gaag. 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.
- KELEN, M., E. Cubuk, S. Sen y G. Ozkan. 2004. Separation of abscisic acid, índole-3-acetic acid, gibbellelic acid in 99R (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) and rose oil (*Rosa damascena* Mill.) by reversed phase liquid chromatography. *T.J. Chem.* 28:603-610.
- LAGARDA-MURRIETA, A. 2007. La germinación prematura de la nuez pecanera (viviparidad). Memoria del Seminario de nogal pecanero 2007. Hermosillo, Son. Pp:9-17.
- MARTÍNEZ-DÍAZ, G. y J.H. Núñez. 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-DÍAZ, G., J.H. Núñez y A. Márquez. 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-DÍAZ, G., J.H. Núñez y A. Márquez. 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.
- MARTÍNEZ-DÍAZ, G. 2008. Efecto de inhibidores de la biosíntesis de giberelinas en la viviparidad del nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch.). *Biotechnia* 10(3):30-37.
- NÚÑEZ, 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.
- RICHARDS, D.E., K. E. King, T. Ait-ali, and N.P. Harberd. 2001. How gibberellins regulates plant growth and development: a molecular genetic analysis of gibberellins signaling. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 52:67-88.
- ROBICHAUD, C.S., J. Wong, and I. Sussex. 1980. Control of in vitro growth of viviparous embryo mutants of maize by abscisic acid. *Devel. Genet.* 1:325-330.

- SHECHTER, S., E.E. Goldschmidt, and D. Galili. 1989. Persistence of [¹⁴C] gibberellins A₃ and [³H] gibberellins A₁ in senescing, ethylene treated citrus and tomato fruit. *Plant Growth Regulation* 8:243-253.
- SMITH, V.A. 1993. Gibberellin translocation in *Pisum sativum* L. III Biological and biochemical consequences in the le mutation. *Planta* 91(2):158-165.
- STEEL, R.G. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. McGraw-Hill Kogakusha, LTD. 633 p.
- TAYLORSON, R.B. and S.B. Hendricks. 1984. Dormancy in seeds. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28:350-356.
- THOMPSON, W.T. 1992. Agricultural Chemicals. Book III. Miscellaneous agricultural chemicals. Thompson Publications. Fresno CA. 206 p.
- WHITE, C.N., W.M. Proebsting, P. Hedden, and C.J. Rivin. 2000. Gibberellins and seed development in maize. I. Evidence that gibberellin/abscisic acid balance governs germination versus maturation pathway. *Plant Physiol.* 122:1081-1088.
- WOOD, B.W. 1986. Use of ethephon and NAA for inducing early shuck dehiscence of pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:533-537.
- ZERTUCHE, 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. 

Este artículo es citado así:

Martínez-Díaz, G. 2011. *El ácido giberélico incrementa la germinación prematura en el nogal pecanero (Carya illinoensis Koch.). TECNOCENCIA Chihuahua* 5(3): 148-155.

Resumen curricular del autor

GERARDO MARTÍNEZ-DÍAZ. Terminó su licenciatura en 1982, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero agrónomo parasitólogo por el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). Realizó su Maestría en Ciencias en el Colegio de Postgraduados en Montecillos, México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Botánica en 1989 y el grado de Doctor en Filosofía en Ciencias de las Plantas en 1997 por la Universidad de Arizona, Estados Unidos. Desde 1984 labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y posee la categoría de Investigador titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores (candidato 1989-1994). Su área de especialización es Fisiología vegetal. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura y 2 de maestría. Es autor de aproximadamente 7 artículos científicos, más de 100 ponencias en congresos, 3 libros, 5 folletos técnicos, 3 capítulos de libros técnicos; ha dirigido 9 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es miembro de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, Sociedad Mexicana de la Ciencia de la Maleza, Sociedad Mexicana de Fitogenética y la American Society of Enology and Viticulture e impartido cursos de Fisiología vegetal, Anatomía vegetal y Producción de Cultivos en la Universidad de Sonora a nivel licenciatura y Maestría en Ciencias.