

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA  
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**T E S I S**

**RESPUESTA DEL ALGODÓN AL PACLOBUTRAZOL  
APLICADO EN DIFERENTES DOSIS SOBRE EL FOLLAJE**

**PRESENTA**

**MARÍA ALEJANDRA QUINTERO MORALES**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**DIRECTORA**

**DRA. TERESA DE JESÚS VELÁZQUEZ ALCARAZ**

**CO-DIRECTOR**

**DR. MARINO VALENZUELA LÓPEZ**

**CULIACÁN, SINALOA, OCTUBRE DE 2015**

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **MARÍA ALEJANDRA QUINTERO MORALES**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

## **MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

### **COMITÉ PARTICULAR**

DIRECTORA

---

Dra. Teresa de Jesús Velázquez Alcaraz

CO-DIRECTOR

---

Dr. Marino Valenzuela López

ASESOR

---

Dr. Leopoldo Partida Ruvalcaba

ASESOR

---

Dr. Tomas Díaz Valdés

ASESOR

---

Dr. Felipe Ayala Tafoya

Culiacán Rosales, Sinaloa, México, octubre de 2015

## **DEDICATORIAS**

A mi madre Alejandra Morales Hernández, mi hermana Claudia Quintero Morales y hermano Luis Armando Quintero Morales, mi esposo Alain Eduardo Zazueta Valenzuela, por el amor, paciencia y confianza que me han brindado siempre.

A mis Profesores Dr. Leopoldo Partida Ruvalcaba y Dra. Teresa de Jesús Velázquez Alcaraz, los cuales me han aportado ilimitadamente conocimientos académicos como personal, y han hecho de mí una mejor persona en este corto tiempo que duró la Maestría. No me queda más que estarles eternamente agradecida.

A mis amigos que me apoyaron para seguir superándome, aunque no tuviera tiempo de frecuentarlos, siempre estuvieron ahí.

En especial a mi abuelo Tiburcio Morales Jacobo, quien me apoyó antes de que iniciara mi profesión, y aunque no pudo estar físicamente en mi paso por la Maestría, fue la fuerza que me hizo sacar adelante este grado académico, y que aún siga adelante cosechando más éxito.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma de Sinaloa, la cual me ha formado académicamente, en especial a las personas que laboran en la Escuela de Biología que me han apoyado incondicionalmente, mis profesores César Higareda, Jorge Sánchez, Juana Cázares, Roberto Moreno, Samuel Campista, Estela Fierros y a mis compañeros.

Al Colegio de Ciencias Agropecuarias, por aceptarme como estudiante y asignarme a los profesores que me formaron en este grado académico.

A CONACYT, por los recursos facilitados a lo largo de mi estancia en la Maestría que es parte del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC).

A mi familia, la cual siempre me apoya en mis decisiones y siempre estarán ahí.

A mis compañeros de Maestría, donde tuve el honor de establecer una muy buena amistad, en especial con Elida. Simplemente gracias Eli.

## CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS -----	i
RESUMEN -----	ii
ABSTRACT -----	iii
I. INTRODUCCIÓN -----	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	3
III. HIPÓTESIS -----	3
IV. OBJETIVO GENERAL -----	3
4.1. Objetivos específicos -----	3
V. REVISIÓN DE LITERATURA -----	4
5.1. Reguladores de crecimiento en plantas -----	4
5.2. Mecanismos de acción de los retardantes de crecimiento en plantas -----	5
5.3. Efectos que ocasionan los retardantes de crecimiento en floración -	7
5.4. Efectos inducidos por los retardantes de crecimiento en la altura de plantas -----	8
5.5. Efecto que ocasionan los retardantes de crecimiento en el verdor de las plantas-----	10
5.6. Métodos de aplicación del paclobutrazol -----	11
VI. MATERIALES Y MÉTODOS -----	13
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	14
VIII. CONCLUSIONES -----	18
IX. LITERATURA CITADA -----	19
X. APÉNDICE -----	32

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Verdor, altura de plantas, ramas productivas y número de flores abortadas por plantas -----	15
Cuadro 2. Número y diámetro de bellotas, rendimiento en kg y pacas ha <sup>-1</sup> -----	16
Cuadro 3. Costo beneficio de la producción de algodón por hectárea con diferentes dosis de PBZ -----	17

## RESUMEN

En esta investigación se determinaron los efectos que ocasiona el paclobutrazol (PBZ) aplicado al follaje en plantas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.). La siembra fue directa en parcelas experimentales con surcos de 3.0 m de largo, separados a 0.80 m entre sí. Se fertilizó con 250 kg de N ha<sup>-1</sup> y los riegos se aplicaron por el método de gravedad. Los tratamientos fueron las dosis de 100, 150, 200, 250, 300 y 350 mg de PBZ L-1 de agua, más el testigo. Cada dosis se aplicó sólo una vez con una bomba manual. Las variables de estudio fueron verdor, altura de plantas, número de ramas productivas, número de flores abortadas por planta, número y diámetro de bellotas y rendimiento por hectárea. El PBZ incrementó el verdor en 9.1 y 13.7% con las respectivas dosis de 100 ó 350 mg de PBZ L-1 de agua, ya que con las otras dosis no hubo diferencias con el testigo; la altura se incrementó significativamente (9.4%) con la dosis de 100 mg, mientras que con 150, 200, 300 ó 350 mg la altura fue igual a la del testigo; el número de ramas productivas no varió, pero la aborción fue menor (61.6 y 42.8%) donde se aplicaron 150 ó 250 mg, respectivamente, y mayor (28.6%) en aquéllas parcelas manejadas con 300 mg; estadísticamente el número y diámetro de bellotas, así como el rendimiento de fibra no variaron, pero este último se incrementó hasta en 855 kg.ha<sup>-1</sup> (3.9 pacas) donde se aplicaron 100 mg de PBZ.

**Palabras clave:** *Gossypium hirsutum* L., costo beneficio, pacas por hectárea, verdor, altura, rendimiento.

## ABSTRACT

In this research the effects caused by the paclobutrazol (PBZ) applied to foliage in cotton plants (*Gossypium hirsutum* L.) were determined. Planting was directly in experimental plots with rows of 3.0 m long, 0.80 m apart from each other. It was fertilized with 250 kg N ha<sup>-1</sup> and irrigation were applied by gravity method. Treatments were doses of 100, 150, 200, 250, 300 and 350 mg L<sup>-1</sup> PBZ water, more the control. Each dose was applied once only with a manual pump. The study variables were green, plant height, number of productive branches, number of aborted flowers per plant, number and diameter of acorns and yield per hectare. The PBZ increased greenery in 9.1 and 13.7% with the respective doses of 100 or 350 mg L<sup>-1</sup> PBZ water, as with the other doses there were no differences with the control; height increased significantly (9.4%) with the dose of 100 mg, whereas 150, 200, 300 or 350 mg height was equal to that of the control; the number of productive branches not changed, but the aborción was lower (61.6 and 42.8%) where was applied 150 or 250 mg, respectively, and higher (28.6%) in those parcels handled with 300 mg; statistically the number and diameter of acorns and fiber yield did not change, but the latter was increased to 855 kg ha<sup>-1</sup> (3.9 bales) where 100 mg of PBZ were applied.

**Key words:** *Gossypium hirsutum* L., cost benefit, bales per hectare, greenness, height, yield.



## I. INTRODUCCIÓN

El algodón (*Gossypium hirsutum* L.) es la principal planta cultivada para la producción de fibra en el mundo. En México se sembró una superficie de 125,432.35 ha para el año 2013, donde se obtuvo una producción de 587,337.03 t, con un valor de producción de 5,725,082.64 miles de pesos (SIAP, 2013).

Éste es uno de los cultivos comerciales importantes a escala mundial, tanto para las grandes fincas con tecnología de punta, como para las pequeñas fincas de escasos recursos en países en vías de desarrollo. Su distribución es amplia, abarcando varias ecoregiones y sistemas de cultivo, debido a su relativa tolerancia a la sequía (Ken, 2004).

El algodón es relevante como materia prima para la fabricación de tejidos y prendas de vestir. Como subproducto, una vez removida la fibra, queda la semilla que es procesada para la extracción de aceite comestible y en la fabricación de alimentos concentrados para animales. Inclusive, las fibras cortas, que quedan luego de remover la totalidad de la fibra, son procesadas para obtener productos dietéticos de alto contenido de fibra y algunos usos alimenticios que incluyen forros para embutidos y para mejorar la viscosidad de ciertos productos, como la pasta dental y helados, entre otros (Silva, 2005).

Como consecuencia de la manufactura de algodón, se ha originado una demanda en la producción de este cultivo, por lo que en la actualidad se investiga cómo aumentarla. Una alternativa para el aumento de la producción es el paclobutrazol (PBZ), es un regulador de crecimiento vegetal su fórmula química  $C_{15}H_{20}ClN_3O$ , peso molecular de 293.79, pH de 6-10 y nombre químico (2RS, 3RS)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl) pentan-3-ol, éste es absorbido pasivamente a través de las hojas, tallos y raíces, translocándose por el xilema hasta los puntos de crecimiento, donde reduce la división celular en la parte subapical al impedir la acción de la giberelina (GA) (Early y Martín 1988).

El modo de acción del PBZ es inhibir la elongación celular y extensión internodal que retarda el crecimiento de plantas por la inhibición de la biosíntesis de giberelinas. Las cuales estimulan la elongación celular. Cuando la producción de éstas se inhibe, la división celular se sigue produciendo, pero las nuevas células no se alargan. Dando como resultado brotes con el mismo número de hojas e internodos que propician una longitud más corta; también se observa un diámetro reducido en el tronco y ramas. Otra respuesta es que incrementa la producción de la hormona ácido abscísico y la clorofila, que es beneficiosa para la planta tanto en su crecimiento como en la salud (MDAR, 2012).

El PBZ también puede inducir modificaciones morfológicas de las hojas, tales como poros más pequeños (estomas), hojas más gruesas y aumento del número y tamaño de los apéndices de la superficie, aumento de la densidad de la raíz que puede proporcionar mejor tolerancia al estrés ambiental y resistencia a las enfermedades (Chaney, 2005). PBZ también tiene actividad fungicida debido a su calidad de triazol para inhibir la biosíntesis de esteroides (Chaney, 2005 y EPA, 2007).

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En algodón se desconoce la respuesta en crecimiento, desarrollo y rendimiento después de aplicar paclobutrazol sobre el follaje; asimismo, la dosis más adecuada para aplicarlo sin detrimento fisiológico.

## III. HIPÓTESIS

El paclobutrazol es una sustancia que aplicado a través de determinadas dosis sobre el follaje de las plantas de algodón, induce a que éstas incrementen su verdor (clorofila), crecimiento, desarrollo y rendimiento en relación con aquellas que se cultivan sin aplicar dicha sustancia.

## IV. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto que ocasiona el paclobutrazol en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas de algodón, cuando se aplica sobre el follaje, a través de las dosis 100, 150, 200, 250, 300, 350 mg L<sup>-1</sup> de agua.

### 4.1. Objetivos específicos

1. Determinar la respuesta de las plantas de algodón, después que se aplique paclobutrazol sobre el follaje para incrementar crecimiento, desarrollo y rendimiento.
2. Precisar la dosis más adecuada para aplicar paclobutrazol sobre el follaje, para incrementar crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas de algodón.

## V. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1. Reguladores de crecimiento en plantas

Los reguladores de crecimiento son sustancias tanto de origen natural como sintético, estos determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo y desarrollo de la planta y además tienen la particularidad de que en algunas oportunidades el mismo principio activo ofrece distintas respuestas de acuerdo al momento de aplicación y a la concentración empleada (Azcon-Bieto y Talon, 2008).

Se han utilizado en la producción de cultivos para reducir el crecimiento vegetativo y el riesgo de alojamiento debido al viento y la lluvia. Esta práctica con el objetivo de mejorar el rendimiento y calidad de los cultivos. Esto ha resultado económico, debido a que el alojamiento provoca menores pérdidas de rendimiento en los cereales (Iqtidar y Hidayat-ur-Rahman, 1995).

Los grupos de reguladores de crecimiento más importante son nicotínicos, como el cloruro de 2-4diclorobencil nocotínico (2-4 DNC); carbonatos cuaternarios de amonio, por ejemplo AMO-1618; compuestos fosfónicos de los cuales el fosfón D y fosfón S son los más activos; colinas sustituidas, donde en cycocel (CCC) es el de mayor eficacia; ácidos succinámicos al que pertenece el daminozoide; y triazoles como el uniconazole y paclobutrazol (Krishanamoorthy, 1981).

Los reguladores de crecimiento son populares entre la comunidad agrícola. Dentro de estos se encuentra el paclobutrazol que pertenece a la clase química triazol con la nomenclatura [(2RS, 3RS) -1- (4-clorofenil) -4,4-dimetil-2- (1H-1,2,4-triazol- 1-il) pentan-3-ol) (US EPA, 2007b), se ha demostrado que es particularmente eficaz (Kulkarni, 1988; Burondkar y Gunjate, 1993; Kurian e Iyer, 1993; Shinde *et al.*, 2000; Cardenas y Rojas, 2003). El PBZ está estructuralmente relacionado con diclobutrazol, un agente antifúngico (Keller, 1987) y retardante del crecimiento de la planta (Khalil y Mercer, 1990).

Diclobutrazol se ha demostrado que produce un verde oscuro en plántulas de trigo y maíz (Khalil y Mercer, 1990; Khalil *et al.* 1990). Este efecto también es causado por paclobutrazol. Dicho efecto se relaciona al incremento de la clorofila y el contenido de carotenoides de la hoja (Shaltout *et al.* 1988).

## **5.2. Mecanismos de acción de los retardantes de crecimiento en plantas**

Las giberelinas (GA) constituyen un grupo de hormonas vegetales que regulan diversos procesos de desarrollo, incluyendo la germinación, elongación del tallo, floración y desarrollo de la fruta. (Yamaguchi, 2008), mientras que los retardantes provocan un acortamiento de los mismos (Weaver, 1984).

Los cambios morfológicos y fisiológicos del tratamiento con PBZ en diversas plantas, incluyen la inhibición de crecimiento, la disminución de la elongación internodal, el aumento de los niveles de clorofila, cloroplastos grandes, tejido de la hoja más grueso, aumento de raíz, aumento de los potenciales antioxidantes y una mejora en la producción (Avilán *et al.* 2003; Chaney, 2005; Jaleel *et al.* 2007a; Jaleel *et al.* 2007b; Kondhare *et al.* 2014; Manivannan *et al.* 2007; Mouco *et al.* 2005; Rademacher, 2000; Wang, 1986 y Yamaguchi, 2008). PBZ también tiene actividades fungicidas debido a su calidad de triazol para inhibir la biosíntesis de esteroides (Chaney, 2005; US EPA 2007b).

La inhibición de la actividad de GA ocurre tras un control en la oxidación de entkaureno a ácido ent-kauronoico en la ruta de la biosíntesis de GA. Es el mecanismo principal por el cual PBZ restringe el crecimiento vegetativo y promueve la floración. Teniendo en cuenta que el crecimiento y desarrollo de las plantas no sólo están regulados por los niveles celulares de una fitohormona en particular, y las interacciones mutuas entre fitohormonas. Las respuestas promotoras florales de PBZ también podrían depender de sus efectos sobre las hormonas distintas de las giberelinas (Hedden y Graebe, 1985; Hedden y Phillips, 2000; Keller, 1987; MDAR, 2012; Rademacher *et al.* 1987; Rademacher, 2000 y Upreti *et al.* 2013).

Hay suficientes evidencias para demostrar que la ruta de isoprenoides asociado con la biosíntesis de giberelinas también reglamenta parcialmente la biosíntesis de otras fitohormonas vitales tales como el ácido abscísico (ABA) y citoquininas (Murti y Upreti, 2000).

Afectando también a otras hormonas, por ejemplo, reduce el nivel de ácido abscísico, etileno y ácido indolacético, y aumenta las citoquininas. Por lo que se emplea en la conservación de frutos y como inductor de florecimiento en varias especies, demostrando su utilidad para el control de los rasgos de interés agronómico en varios cultivos como los cereales, hortalizas, frutales y plantas ornamentales (Mehouachi *et al.*, 1996; Murti y Upreti, 2000).

Según informes, el PBZ se absorbe a través de las raíces y se transporta principalmente a través del vástago (a través de xilema) antes de acumularse en las hojas (Wang *et al.*, 1986). Sin embargo, se requiere muy poca cantidad de éste para promover la floración y la fructificación en cultivos de frutas (Browning *et al.*, 1992).

Aguilar (2014) evaluó el efecto de la aplicación de PBZ en árboles de Nogal Pecanero variedad Western. En el cual tomó en cuenta dos factores, el primero la aplicación de PBZ en dos niveles (tratados y no tratados) y el segundo factor fue el tamaño del árbol, diferenciándolos según el área seccional del tronco, tomando en cuenta cuatro niveles, con las medidas siguientes (118-161.2 cm<sup>2</sup>), 2 (179.6-203 cm<sup>2</sup>), 3 (215.3-254.2 cm<sup>2</sup>) y 4 (286.6-379.2 cm<sup>2</sup>). Obteniendo como resultado mayor producción aun después de los dos años de aplicación con un 34% de producción de nueces, 59% de racimos y 21% de hojas, más que las plantas testigo. Confirma que la aplicación es efectiva en diferentes tamaños de árboles, además mejora la calidad de nueces.

Macías y colaboradores (2015) determinaron el efecto de PBZ en combinación con nitrato de potasio, sus variables evaluadas fueron crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad del fruto de olivo. Las dosis que utilizaron fueron 0, 10 y 20 g de PBZ aplicado al suelo y 10 g aplicado al follaje; además dos dosis de nitrato de

potasio ( $\text{KNO}_3$ ) en concentraciones de 0 y 8% en forma foliar. Observaron que no hubo diferencias estadísticas en la aplicación de PBZ al suelo o al follaje, tampoco con  $\text{KNO}_3$ . Pero informan que con PBZ el rendimiento promedio obtenido por árbol en todos los tratamientos fue de  $121.5 \text{ kg árbol}^{-1}$ , lo que significa un rendimiento por superficie de  $24.3 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que con la aplicación de  $\text{KNO}_3$  fue de  $123.1 \text{ kg árbol}^{-1}$ , lo que representa un rendimiento de superficie de  $24.6 \text{ t ha}^{-1}$ . Dichos rendimientos son superiores a la media regional que es de  $5.0 \text{ t ha}^{-1}$ .

### **5.3. Efectos de los retardantes de crecimiento en la floración**

Muchos investigadores han informado de los efectos beneficiosos del PBZ en la inducción de floración en diferentes cultivares de mango (Yeshitela *et al.*, 2004; Yadava y Singh, 1998; Yadav *et al.*, 2005; Tongumpai *et al.*, 1991; Kulkarni, 1988; Blaikie *et al.*, 2004; Winston, 1992; Murti *et al.*, 2001; Nafees *et al.*, 2010). Este retardador del crecimiento también es eficaz en la inducción de la floración en manzana y pera (Williams y Edgerton, 1983).

En mango Tommy Atkins al evaluar el PBZ aplicado al suelo en concentración de 2 a 6 litros·ha<sup>-1</sup>, se encontró que este producto además de reducir el crecimiento vegetativo, adelantó la floración y cosecha en aproximadamente 40 días (Charnvichit *et al.*, 1989; Tongumpai *et al.*, 1989; Rowley, 1990; Medina, 1994a; Medina, 1994b; Vázquez *et al.*, 1994).

De igual forma se logra adelantar la floración y reducir el crecimiento vegetativo en árboles de mango "Tommy, Manila, Ataulfo y Haden". Aplicándoles 1.5 litros de PBZ al suelo. En el mes de junio adelanta la floración en 45 días y reduce el crecimiento en 40%. Recomendando que se pueden aplicar dosis de 1.5 a 2.0 litros cada dos años con adelanto en la floración de 30 a 60 días y reducción del crecimiento de 40 a 50% (Cruzaley *et al.* 2006).

#### 5.4. Efecto de los retardantes de crecimiento en la altura de plantas

Las aplicaciones de uniconazole producen plantas de menor altura y aptas para trasplante (Hickman *et al.*, 1989). Lozoya (1992) reportó que el alar (ácido N. dimetilamino succinámico, daminazoide), el CCC, ethepon y PP333 acortaron los entrenudos en crisantemos y en margaritas produciendo plantas más compactas.

Se ha establecido que los triazoles como PBZ es efectivo en la reducción de la elongación del tallo en muchas especies (Barret y Nell, 1989; Mansour y Poole, 1987; Wang y Blessington, 1990), a muy bajas concentraciones (Wilfret, 1981) y es más efectivo cuando se aplica al tallo o a la zona radicular de la planta (Barrett y Bartuska, 1982).

En plántulas de tomate y chile causa efectos en la parte aérea, de tal forma que cuando se aplica en plántulas de tomate con dos o cuatro hojas verdaderas en dosis de 100, 150 ó 200 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua, la altura de plantas se retarda, pero en dosis de 250, 300 ó 350 mg la altura se incrementa. En chile retarda el crecimiento en los tipos bell y Anaheim con 200 mg, en jalapeño con 100, en serrano con 100 ó 200, y en caribe con 200 o 250 (Velázquez *et al.*, 2008).

Villegas y Lozoya (1991) reportaron que PBZ inhibe el crecimiento de plantas de noche buena, las concentraciones que utilizaron fueron de 2.0 y 4.0 mg L<sup>-1</sup> en suelo; 120 y 160 mg L<sup>-1</sup> en el follaje.

Otra investigación que se llevó a cabo para comparar los efectos de concentraciones crecientes de paclobutrazol y combinaciones de PBZ y 6- bencilaminapurina (BA) en plantas de *Iris x hollandica*. Para ello se realizaron dos experimentos, el primero consistió en que los bulbos se sometieran a inmersión durante 24 h en soluciones de PBZ de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 mg L<sup>-1</sup>. El segundo sumergieron los bulbos 24 h en soluciones de 0, 10 y 20 mg L<sup>-1</sup> de PBZ y después otras 24 h en soluciones de 0 y 5 mg L<sup>-1</sup> de BA. El PBZ provocó la reducción de la altura, en cuanto a las concentraciones indica que la de 20 mg L<sup>-1</sup> de PBZ sería suficiente para lograr plantas con una altura de 33 cm, reducción



promedio de 41 a 44% en relación a las plantas testigo (57 cm). No se registraron efectos de la BA sobre las variables que evaluó (Francescangeli, 2009).

McArthur y Eaton (2003), realizaron estudios de arándano en invernadero y campo. En invernadero se aplicó PBZ en el área foliar con 75, 100, 150, 300, 600 o 1200 mg y el resultado obtenido fue disminución aérea y aumento en la raíz; redujo la elongación de los brotes dentro de tres semanas de aplicación. Las yemas se formaron dentro de siete semanas de tratamiento y algunas contenían flores. En el segundo experimento, la formación de capullo de flor fue mayor cuando las plantas fueron tratadas con 1.25, 2.50 o 5.00 mg aplicado al suelo. El PBZ se detectó en el suelo 50 semanas después de la aplicación. En campo se aplicaron dosis de 75 y 50 mg en el área foliar en etapa de floración. Dando como resultado reducción en crecimiento de brotes al año siguiente, pero aumentó el número de flores por posición vertical. El rendimiento de arándano representó una cantidad sustancial.

Balamani y Poovaiah (1985), reportaron que al utilizar PBZ la altura de plantas de papa disminuyó; al igual que los resultados obtenidos por Flores y colaboradores (2011), ya que ellos observaron disminución de la altura de plantas de papa, después de aplicar 150 mg PBZ L<sup>-1</sup> de agua, cuando las plantas tuvieron 30 días de edad después de la emergencia.

Albornoz y colaboradores (2014) observaron en la novena semana después de aplicar el tratamiento PBZ en plantas de berbería. La altura en el tratamiento testigo (0 mg L<sup>-1</sup>) fue de 50 cm mientras que con 20 y 40 mg L<sup>-1</sup> fue de 34 y 30 cm respectivamente.

Ochoa *et al.* (2009) cuando aplicó una dosis de 20 mg L<sup>-1</sup> de PBZ, en plantas de berbería, obtuvo luego de 156 días una reducción del 37% en la altura con referencia a las plantas testigo, confirmando la utilidad del PBZ en la producción de plantas de menor porte y mayor valor comercial.

Como ya se mencionó el PBZ inhibe la síntesis de giberelinas. Cuando existe una sobreexpresión y baja regulación de Giberelina 20 oxidasa (GA20ox) en diversas especies de plantas modifica los niveles de GA activas asociadas con un aumento o reducción de la altura de la planta (Coles *et al.*, 1999; Carrera *et al.*, 2000; Fagoaga *et al.*, 2007; Swain y Singh, 2005 y Vidal *et al.*, 2001). Esto demuestra que la regulación de la expresión GA20ox juega un papel importante en GA homeostasis (Martí, *et. al.* 2010).

Martí y colaboradores (2010) utilizaron PBZ en plantas de tomate y se expresó el gen GA20ox el cual incrementó la altura de plantas.

### **5.5. Efecto de los retardantes de crecimiento en el verdor de las plantas**

La reacción de agentes retardantes de crecimiento y el citocromo P-450 dependientes interactúan con el triazol (Rademacher *et al.* 1987) de una manera similar a la forma en que interactúan con P-450 monooxigenasa del citocromo, sistemas enzimáticos implicados en la reacción de la biosíntesis de ergosterol en los hongos (Mercer, 1984; Wiggins y Baldwin, 1984) y fitosteroles en la biosíntesis de plantas de cultivo (Taton *et al.* 1988).

PBZ y otros triazoles (por ejemplo triadimefon) interactúan con el citocromo P- 450s y afectan negativamente a las actividades hidroxilasa y demetilasa en microsomas preparados a partir de células de trigo (Mougin, 1991). Esto podría explicar el efecto de PBZ y sus análogos estructurales sobre la biosíntesis de pigmentos en cloroplastos como sus reacciones de hidroxilación también pueden implicar las monooxigenasas del citocromo P450.

El PBZ en pepino ocasiona aumento en el número de raíces, longitud y diámetro de las mismas, cuando las semillas son remojadas en solución con 40 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua, pero la longitud del hipocótilo se reduce. Además, las plantas que resultan de semillas tratadas con paclobutrazol y refrigeración durante 4 días a 5 °C tienen mayor concentración y fluorescencia de clorofila, por lo que en fotosíntesis son más eficientes en relación con las plantas testigo (Ali, 2009). En

palma de aceite (*Elaeis quineensis* Jacq.), el PBZ incrementa el color verde de las hojas y el contenido total de clorofila (Nizam y Te-chato, 2009), al igual que en maíz y trigo (Partida *et al.*, 2012).

Las plantas *Catharanthus roseus* tratadas con 10 mg de PBZ L<sup>1</sup> mejoró el contenido de clorofila y el proceso de fotosíntesis de las hojas en todas las etapas de crecimiento comparadas con el control (Jaleel *et al.* 2007c). En plántulas de cebada (Sarkar *et al.* 2004) y tomate (Still y Pill, 2004) retuvieron dos veces más clorofila que el control. Algunos autores reportaron mayor síntesis de clorofila en *Dianthus caryophyllus*; las plantas de papa tratadas con PBZ obtuvieron un verde oscuro por la alta cantidad de clorofila (Sebastian *et al.*, 2002 y Tekalign *et al.* 2005).

La aplicación de paclobutrazol al suelo con 1, 5 o 10 mg de tratamiento inhibe el crecimiento y aumenta el contenido de clorofila en hojas de pepino y calabacín. Los tratamientos también posponen significativamente los síntomas de daño por frío de las plántulas a 5 ° C. El PBZ en plántulas de maíz causó retraso de emergencia y crecimiento vegetativo retardado, pero aumentó el porcentaje de materia seca, las plántulas tratadas eran más verdes que las de control. La clorofila y carotenoides por hoja disminuyeron pero la concentración de clorofila por unidad área foliar fue mayor por PBZ (Iqtidar y Hidayat-ur-Rahman, 1995).

## **5.6. Métodos de aplicación de Paclobutrazol**

El PBZ se aplica en diferentes métodos ya sea en el suelo, directamente en la semilla o por aspersión foliar; pero hay estudios que han mostrado residualidad al utilizar este químico. La cantidad de residuo en las partes del suelo o de la planta depende de los métodos de aplicación, las dosis, el tiempo y el cultivo (Singh, *et al.* 2005).

Adato (2003) roció árboles maduros de aguacate (*Persea americana* Mill) con 1 L de PBZ por ha mediante un pulverizador comercial. En el cual no se encontraron residuos acumulados durante dos años consecutivos y el vigor y rendimiento de la

planta fueron favorables. Osuna y colaboradores (2001) detectaron residuos de PBZ muy bajos del límite de detección en mango Tommy Atkins cuando se aplicó el regulador de crecimiento al suelo en dos años consecutivos, pero al aplicarse en años individuales no se encontraron residuos.

También se encontraron residuos de PBZ en las raíces de los árboles de mango durante el tercer año, cuando ya no se aplicó el tratamiento. El método que ellos utilizaron fue inundando el suelo con dosis de 2, 4, 6 y 8 g de PBZ (Singh *et al.* 2005). Xi *et al.* (1995) reportaron que los residuos de paclobutrazol más altos (0.107 ppm) fueron encontrados en las raíces con la solución aplicada paclobutrazol (150 ppm), seguido por las hojas, la semilla, el tallo y casco (0.070, 0.039, 0.034 y 0.027 ppm, respectivamente). También informaron de cantidades sustanciales de residuo en el suelo: 0.015 ppm (0-5 cm) y 0,01 ppm (5-10 cm) dependiendo de la profundidad del suelo.

Sin embargo, Li y Pan (1997) no detectaron residuos en el suelo después de 230 y 130 días de aplicación al suelo en los campos de arroz y el maní, respectivamente. Según se informa, persistido hasta 2-5 años en la manzana (Ma *et al.*, 1990), 1-3 años en melocotón (Erez, 1986), de 1-2 años de albaricoque (Jacyna *et al.*, 1989), arándanos (McArthur y Eaton, 1989; Spiers, 1988) y cítricos (Aron *et al.*, 1985).

La aplicación de PBZ al suelo en árboles de mango permite adelantar la floración y cosechar alrededor de 45 días antes, beneficiando al productor al duplicar sus ingresos cuando comercializa la fruta a mejor precio. Además, al reducir el crecimiento de los árboles, el entrecruzamiento de ramas entre ellos se retarda y la vida productiva del huerto es más larga (Cruzaley *et al.* 2006).

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ubicado en el km 17.5 de la carretera Culiacán-Eldorado, con coordenadas geográficas de 24° 48' 28" latitud norte y 107° 24' 30" longitud oeste. El 06 de Enero de 2014 se realizó la siembra directa de algodón bajo condiciones de campo abierto, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en parcelas experimentales de tres surcos con 3.0 m de largo separados a 0.80 m entre sí. A un lado de las hileras de plantas se llevó a cabo la fertilización con 250 kg de N·ha<sup>-1</sup> a partir de urea, cuando las plantas estuvieron en la etapa fenológica de inicio de formación de cuadros, posteriormente se procedió a tapar la urea depositada, para que no fuera arrastrada por el agua aplicada a través del riego por gravedad.

Los tratamientos utilizados fueron las dosis de 100, 150, 200, 250, 300, 350 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua más un testigo. Las soluciones con PBZ se aplicaron al inicio de formación de cuadros, sólo una vez con bomba manual o de mochila sobre las hojas sin gotas de agua en la superficie, en las plantas testigo sólo se aplicó agua destilada con el mismo equipo y procedimiento.

Las variables de estudio fueron el verdor, mismo que se midió con SPAD-502 en cinco plantas por parcela; la altura que se midió con una cinta métrica desde la superficie del suelo hasta la parte apical de las plantas; el número de ramas productivas, número de bellotas por rama productiva, número de abortos por planta, diámetro y largo de bellotas (10 por parcela) medidos con un vernier; y el rendimiento por hectárea estimado con la producción por parcela útil (2.4 m<sup>2</sup>).

Todos los datos se sometieron al análisis de varianza con el paquete estadístico Minitab 16 (2010) mediante el procedimiento ANOVA, y los promedios fueron comparados con la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se puede observar que con 350 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua el verdor se incrementó 13.7% más que las testigo, aunque estadísticamente fueron iguales a las que se cultivaron 100, 150, 250 ó 300 mg, con las que se observó un incremento de 9.1, 6.2, 6.6 y 10.6, respectivamente. Estos resultados de verdor tienen relación con los obtenidos por Ali (2009), ya que éste refiere que las plantas de pepino que resultan de semillas tratadas con PBZ y refrigeración durante cuatro días a 5 °C tienen mayor concentración y fluorescencia de clorofila, por lo que son más eficientes fotosintéticamente en relación con las plantas testigo. Asimismo, con lo reportado por Percival y Albalushi (2007), ya que ellos también encontraron más clorofila en las plantas tratadas con PBZ, pero discrepa con los resultados reportados por Martínez *et al.* (2013), debido a que ellos observaron disminución de los valores de fluorescencia de clorofila (Fv/Fm), cuando los árboles de chopo blanco (*Populus alba* L.) fueron tratados con 0.4 g (400 mg) y 0.8 g (800 mg) de PBZ L<sup>-1</sup> de agua, lo que a su vez puede ser la causa de que los resultados no coincidan, ya que en esta investigación las dosis que se utilizaron fueron de 100, 150, 200, 250, 300 y 350 mg·L<sup>-1</sup> de agua.

En palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), el PBZ incrementa el color verde de las hojas y el contenido total de clorofila (Nizam y Te-chato, 2009), al igual que en maíz y trigo (Partida *et al.*, 2012). Lo mismo pasa en las plantas *Catharanthus roseus* (Jaleel *et al.* 2007c). En plántulas de cebada (Sarkar *et al.* 2004), tomate (Still y Pill, 2004), en plantas *Dianthus caryophyllus* (Sebastian *et al.* 2002) y en papa (Tekalign *et al.* 2005).

En relación con la altura de plantas (Cuadro 1), las plantas que fueron tratadas con 100 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua crecieron 9.4% más comparadas con las testigo, pero fueron iguales a las que fueron cultivadas con 150, 200 ó 300 mg; sin embargo, con las mismas dosis crecieron 3.5, 2.4 y 3.2% más, respectivamente, en relación a las testigo. De tal manera que estos resultados tienen relación con

los de Martí y colaboradores (2010) donde utilizaron PBZ en plantas de tomate y se expresó el gen GA20ox el cual incremento la altura de plantas.

El número de ramas productivas no varió estadísticamente (Cuadro 1), pero el número de flores abortadas varió a tal grado que la mayor cantidad se observó en las plantas tratadas con 300 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua y en las plantas testigo; sin embargo, con 100 mg la aborción fue de 41.1% menos comparado con el testigo; mientras que con 150, 200, 250 ó 350 mg fue de 61.6, 34.8, 42.8 y 17.8%, respectivamente.

Cuadro 1. Verdor, altura de plantas, ramas productivas y número de flores abortadas por plantas.

Dosis(mg.L <sup>-1</sup> )	Verdor (unidades Spad)	Altura de plantas (cm)	No. de ramas productivas	No. de flores Abortadas
0 (testigo)	41.45 c	105.6 bc	8.750 a	5.600 ab
100	45.22 ab	115.5 a	8.550 a	3.300 bcd
150	44.01 abc	109.3 ab	8.300 a	2.150 d
200	43.55 bc	108.1 abc	8.650 a	3.650 bcd
250	44.20 abc	101.6 c	8.500 a	3.200 cd
300	45.84 ab	109.0 abc	8.800 a	7.200 a
350	47.14 a	106.6 bc	8.750 a	4.600 bc

Medias con letras diferentes en la columna son significativamente diferentes (Tukey  $\alpha \leq 0.05$ ).

El mayor número de bellotas se observó en aquellas plantas que fueron cultivadas con 100 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua (Cuadro 2), de tal forma que el incremento fue de 12.5% más con respecto al testigo; con 150 ó 200 mg las plantas produjeron igual número de bellotas que el testigo, pero con 250, 300 ó 350 mg el mismo carácter disminuyó en los respectivos 17.0, 20.7 y 23.6%. El diámetro de bellotas no varió estadísticamente, mientras que lo contrario ocurrió en el rendimiento por hectárea, a tal grado que de las parcelas tratadas con 100 mg de PBZ se obtuvo un incremento de 66% con respecto al promedio del testigo, incremento que en términos de pacas fue de 3.9; con 150, 200, 250, 300 ó 350 mg los incrementos

fueron de 21.8, 42.7, 6.6, 23.3 y 2.2%, respectivamente. En términos de pacas, las respectivas diferencias fueron de 1.3, 2.5, 0.4, 1.3 y 0.1. La mayor producción obtenida en esta investigación tiene relación con lo reportado por Partida *et al.* (2007), ya que ellos descubrieron que con 150 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua se ocasionan incrementos de la biomasa de la parte aérea de plántulas de pimiento morrón y berenjena; asimismo, con lo publicado por Pérez *et al.* (2011), toda vez que en el mango manila estos investigadores observaron que el rendimiento se incrementó en más del 100%, comparado con el testigo.

Lo mismo ocurre con lo reportado por Aguilar (2014) debido a que obtuvo mayor producción en árboles de Nogal Pecanero variedad Western aun después de los dos años de aplicación con un 34% de producción de nueces, 59 % de racimos y 21% de hojas, más que las plantas testigo. Macías y colaboradores (2015) no encontraron diferencias significativas en el rendimiento de olivo, pero en rendimiento promedio con PBZ si con un rendimiento por superficie de 24.3 t ha<sup>-1</sup> superior a la media regional de 5.0 ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 2. Número y diámetro de bellotas, rendimiento en kg y pacas ha<sup>-1</sup>.

Dosis (mg L <sup>-1</sup> de agua)	No. de bellotas por planta	Diámetro de bellotas (cm)	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (pacas ha <sup>-1</sup> )
0 (testigo)	14.40 b	3.268 a	1295 a	6.0
100	16.20 a	3.302 a	2150 a	9.9
150	13.78 b	3.315 a	1577 a	7.3
200	13.10 bc	3.265 a	1848 a	8.5
250	11.95 cd	3.275 a	1381 a	6.4
300	11.42 cd	3.220 a	1597 a	7.3
350	11.00 d	3.207 a	1323 a	6.1

Medias con letras diferentes en la columna son significativamente diferentes (Tukey  $\alpha \leq 0.05$ ).

El costo beneficio se determinó tomando en cuenta el precio de \$3,800.00 por paca en el año 2014 y de \$14,946.62 en el 2015, reportado por el Sistema de



Información Agroalimentaria y Pesquera, menos el costo (\$600.00) de aplicar PBZ (Austar) en una hectárea, de tal manera que los beneficios se indican en el Cuadro 3, aún cuando no se observaron diferencias estadísticas entre los promedios por unidad de superficie.

Cuadro 3. Costo beneficio de la producción de algodón por hectárea con diferentes dosis de PBZ.

Dosis	Pacas ha <sup>-1</sup>	Valor (\$)	Valor (\$)	Inversión (\$)	Beneficio (\$)	Beneficio (\$)
		Año 2014	Año 2015		Año 2014	Año 2015
0 (Testigo)	6.0	22,800.00	89,679.72	600.00	-----	-----
100	9.9	37,620.00	147,971.54	600.00	14,220.00	57,691.80
150	7.3	27,740.00	109,110.33	600.00	4,340.00	18,830.60
200	8.5	32,300.00	127,046.27	600.00	8,900.00	36,766.50
250	6.4	24,320.00	95,658.37	600.00	920.00	5,378.70
300	7.3	27,740.00	109,110.33	600.00	4,340.00	18,830.60
350	6.1	23,180.00	91,174.38	600.00	-220.00	894.70

## VIII. CONCLUSIONES

El PBZ ocasionó que variables como el verdor, número de bellotas por planta y rendimiento por hectárea se incrementaran, a diferencia de la altura de plantas y el número de abortos de flores que disminuyeron, pero la dosis de  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de agua fue más adecuada para incrementar rendimiento y beneficio económico por unidad de superficie.

## IX. LITERATURA CITADA

- Adato I. 2003. Effects of paclobutrazol on avocado (*Persea americana* Mill.) cv. 'Fuerte'. *Scientia Horticulture*. Vol. 45. 105-115p.
- Albornoz A., Fernández M., Vilchez J., Fernández C., Martínez L. 2014. Efecto del paclobutrazol sobre el crecimiento de plantas de berbería (*Nerium oleander* L.) en fase de vivero. *Fac. Agron. (LUZ)*. Supl. 1. 301-311 p.
- Ali, A. R. 2009. Improving germination performance and chilling tolerance in cucumber seedlings with paclobutrazol. *Internacional Journal of Vegetable Science*, 15 (2): 173–184 p.
- Aguilar V. U. 2014. Efecto de la aplicación de paclobutrazol sobre la aplicación de paclobutrazol sobre la producción de nuez variedad Western (*Cayra illinoensis* (Wang), J. K. Koch) dos años después de la aplicación. Tesis de la Universidad Autónoma Agraria Antoni Navarro, Unidad Laguna, División de carreras agronómicas. México. 24-39 p.
- Aron, Y., Monselise, S.P., Goren, R., Costo, J., 1985. Chemical control of vegetative growth in citrus trees by paclobutrazol. *HortScience* 20, 96–98 p.
- Avilán, L. Soto, E. Escalante, H. Rodríguez, Margot. Ruíz, J. 2003. Manejo de altas densidades de población en mango. *Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela*.
- Azcón-Bieto, J. y M. Talón. 2008. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. 3ra Edición. Madrid:España, Interamericana McGraw-Hill. 134 p.
- Balamani, V. and B. Poovaiah W. 1985. Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. *Amer. Jour. of Potato Research* 62 (7): 363-369 p.

- Barret J. E., and Bartuska C. A. 1982. PP333 effects on stem elongation dependent on site of application. HortScience 17:737-738 p.
- Barret J. E., and Nell T. A. 1989. Efficacy and phytotoxicity of paclobutrazol and XE-1019 on vinca. Proc. Fla. State Hort. Soc. 100:382-383 p.
- Blaikie, S.J., Kulkarni, V.J., Muller, W.J., 2004. Effects of morphactin and paclobutrazol as flowering treatments on shoot and root phenology in mango cv. Kensington Pride. Sci. Hortic. 101, 1–68p.
- Burondkar, M.M., Gunjate, R.T., 1993. Control of vegetative growth and induction of regular and early cropping in 'Alphonso' mango with paclobutrazol. Acta Hort. 341, 206–215 p.
- Browning, G., Singh, Z., Kuden, A., Blake, P., 1992. Effect of (2RS, 3RS) paclobutrazol on endogenous indole-3- acetic acid in shoot apices of pear cv. Doyenne du Comice. J. Hort. Sci. 67, 129–135 p.
- Cárdenas, K. y E. Rojas. 2003. Efecto del paclobutrazol y los nitratos de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango 'Tommy Atkins'. Bioagro 15: 83-90p.
- Carrera E, Bou J, Garcia-Martinez JL, Prat S. 2000. Changes in GA20-oxidase gene expression strongly affect stem length, tuber induction and tuber yield of potato plants. Plant J. 22:247–56 p.
- Chaney. WR. 2005. Growth Retardants: A Promising Tool for Managing Urban Trees. Purdue extension document FNR -252 p.  
<https://www.extension.purdue.edu/extmedia/fnr/fnr-252-w.pdf>.
- Charnvichit, S.; Tongumpai, P.; Saguansupyakorn, C.; Phavaphutanon, L.; Subhadrabandhu, S. 1989. Effect of paclobutrazol on canopy size control and flowering of mango 'Nam Dok Mai' and 'Twai Number 4' after hard pruning. Acta Horticulturae 291: 60-66 p.

- Coles JP, Phillips AL, Croker SJ, Garcia-Lepe R, Lewis MJ, Hedden P. 1999. Modification of gibberellin production and plant development in Arabidopsis by sense and antisense expression of gibberellin 20-oxidase genes. *Plant J.* 17: 547–56 p.
- Cruzaley S. R., Flores R. A., Romero G. N., Noriega C. D., Navarro G. S. y Barrios A. A. 2006. Adelanto de la floración y cosecha en mango. Centro de investigación regional pacifico sur. Campo experimental iguala. México.
- Early, J., D y Martín, G., C. 1988. Translocation and breakdown of <sup>14</sup>C-labelled paclobutrazol in Nemaguard peach seedlings. *HortScience* 23(1): 196-200 p.
- EPA. 2007a. Paclobutrazol: Preliminary Occupational and Residential Exposure/Risk Assessment for Registration Review <http://www.regulations.gov/#!docketDetail;D=EPA-HQ-OPP-2006-0109>
- Erez, A., 1984. Dwarfing peaches by pruning and by paclobutrazol. *Acta Hort.* 146, 235–241 p.
- Erez, A., 1986. Growth control with paclobutrazol of peaches grown in meadow orchard system. *Acta Hort.* 160, 217–224 p.
- Fagoaga C, Tadeo FR, Iglesias DJ, Huerta L, Lliso I, Vidal AM. 2007. Engineering of gibberellin levels in citrus by sense and antisense overexpression of a GA 20-oxidase gene modifies plant architecture. *J Exp Bot*; 58:1407–1420 p.
- Flores, L. R., F. Sánchez C., J. E. Rodríguez P., R. Mora A., M. T. Colinas L. y H. Lozoya S. 2011. Paclobutrazol, uniconazol y cycocel en la producción de tubérculo-semilla de papa en cultivo hidropónico. *Rev. Chap. Serie Hortic.* 17(2): 173-182 p.

- Francescangeli. N. 2009. Paclobutrazol and Cytokinin to produce Iris (*Iris x hollandica* Tub). In pots. Chilean J. Agric. Res. V. 69. N. 4 Chillán. Argentina.
- Hedden, P., Graebe, J.E., 1985. Inhibition of gibberellin biosynthesis by paclobutrazol in cell-free homogenates of *Cucurbita maxima* endosperm and *Malus pumila* embryos. J. Plant Growth Regul. 4, 111–122 p.
- Hedden P, Phillips AL. 2000. Gibberellin metabolism: new insights revealed by the genes. Trends Plant Sci; 5:523–530 p.
- Hickman G. W., Perry E. J., and Smith R. 1989. Growth regulator controls tomato transplant height. California Agriculture. 43(5): 19-20 p.
- Iqtidar A.K., Hidayat-ur-Rahman.1995. Effect of paclobutrazol on growth, chloroplast pigments and sterol biosynthesis of maize (*Zea mays* L.). Plant Science. Italia. 15-21p.
- Jaleel CA, Gopi R, Manivannan P, Panneerselvam R. 2007a. Responses of antioxidant defense system of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. To paclobutrazol treatment under salinity. Acta Physiol Plant; 29:205–209 p.
- Jaleel CA, Gopi R, Manivannan P, Kishorekumar A, Gomathinayagam M, Panneerselvam R. 2007b. Changes in biochemical constituents and induction of early sprouting by triadimefon treatment in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) tubers during storage. J Zhejiang Univ Sci B; 8:283–288 p.
- Jaleel C.A., Manivannan P., Sankar B., Kishorekumar A., Sankari S., Panneerselvam. 2007c. Paclobutrazol enhances photosynthesis and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*. Process Biochemistry. India. 1566-1570 p.

- Jacyna, T., Sparrow, S.M., Dodds, K.G., 1989. Paclobutrazol in managing mature cropping apricot trees. *Acta Hort.* 240, 139–142 p.
- Li, L., Pan, R.C., 1997. Study of PP333 residue in edible part and plough soils of rice and peanut. *Acta Agron. Sin.* 23, 707–711 p.
- Lozoya S. H. 1992. Inhibidores de crecimiento para margarita (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) en maceta. I. Alar y cycocel. *Revista chapingo* 78:20-23 p.
- Keller W. 1987. Isomers of sterol synthesis inhibitor: Fungicidal effects and plant growth regulator activities. *Pestic. Sci.*, 18 129-147p.
- Ken, M. D. L. 2004. El algodón en la agricultura de conservación de los pequeños agricultores. *Experiencias Paraguay. FAO y GTZ.* ISBN: 99925-3-388-9. Paraguay. 32 p.
- Khalil LA. and Mercer E.I. 1990. Effect of diciobutrazol on the growth, sterol and photosynthetic pigment content of winter wheat. *Pestic Sci.*, 28 271-281p.
- Khalil LA., Mercer E.I. and Wang Z.X. 1990. Effect of triazole fungicides on the growth, chloroplast pigments and sterol biosynthesis of maize. *Plant Sci.*, 66 (1990) 21-28p.
- Kondhare K.R., Hedden P., Kettlewell P.S., Farrell A.D., Monaghan A.M. 2014. Use of the hormone-biosynthesis inhibitors fluridone and paclobutrazol to determine the effects of altered abscisic acid and gibberellin levels on pre-maturity  $\alpha$ -amylase formation in wheat grains. *Journal of Cereal Science.* 210-216p.
- Kulkarni, V.J., 1988. Chemical control of tree vigour and the promotion of flowering and fruiting in mango (*Mangifera indica* L.) using paclobutrazol. *J. Hort. Sci.* 63, 557–566 p.

- Kurian, R.M., Iyer, C.P.A., 1993. Chemical regulation of tree size in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso. III. Effects of growth retardants on yield and quality of fruits. *J. Hort. Sci.* 68, 361–364 p.
- Krishnamoorthy H.N. 1981. Plant growth substances. Including applications in agricultura. Editorial McGraw-Hill publishing company limited, USA. 2143 p.
- Ma, F.W., Wang, J.C., Rong, W., 1990. Effect of plant growth regulators on in vitro propagation of apple cultivar Fuji. *J. Fruit Sci.* 7, 201–206 p.
- Macías D. R., Grijalva C. R., Robles C. F., Aguilar S. J. y Grijalva D. S. 2015. Efecto de paclobutrazol sobre el desarrollo y producción del olivo (*Olea europea* L.). *Revista de ciencias Biológicas de la salud Biotecnia*. Volumen XVII, número 1. México. 20-23 p.
- Manivannan P, Jaleel CA, Kishorekumar A, Sankar B, Somasundaram R, Sridharan R. 2007. Propiconazole induced changes in antioxidant metabolism and drought stress amelioration in *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Colloids Surf B: Biointerfaces*; 57:69–74 p.
- Mansour H. A., and Poole R. T. 1987. Trials with growth retardan ton ornamental foliage plants. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 100:375-378 p.
- Martí E., Carrera E., Ruiz-Rivero O., García-Martínez J.L. 2010. Hormonal regulation of tomato gibberellin 20-oxidase1 expressed in *Arabidopsis*. *Journal of Plant Physiology.* 1188-1196 p.
- Martínez, T. T., F. O. Plascencia E. y V. M. Cetina A. 2013. Crecimiento y vitalidad de *Populus alba* L. con desmoche y tratado con paclobutrazol. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 19(3): 381-388 p.
- Massachusetts Departament of Agricultural Resources MDAR. 2012. Paclobutrazol. Review Conducted by MDAR and MassDEP for Use in Sensitive Areas of Righths-of-Way in Massachusetts. 2-25 p



- McArthur, D.A.J., Eaton, G.W., 1989. Cranberry growth and yield response to fertilizer and paclobutrazol. *Sci. Hort.* 38, 131–146 p.
- McArthur D.A.J. y Eaton G.W. 2003. Cranberry growth and yield response to fertilizer and paclobutrazol. *Scientia Horticulture*. Vol 38. 131-146p.
- Medina U., V. 1994a. Adelanto de floración en Mango 'Tommy Atkins' con aplicaciones de paclobutrazol. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulturae* 38: 56-61 p.
- Medina U., V. 1994b. Poda y paclobutrazol afectan el crecimiento y producción de árboles jóvenes de mango cv. Tommy Atkins. *Resúmenes XL Reunión Anual de la Interamerican Society for Tropical Horticulture*. Campeche, Campeche, México. 79 p.
- Mehouachi, J., Tadeo, F.R., Zaragoza, S., Primo-Millo, E., Talon, M., 1996. Effects of gibberellic acid and paclobutrazol on growth and carbohydrate accumulation in shoots and roots of citrus rootstock seedlings. *J. Hortic. Sci.* 71, 747–754 p.
- Mercer E.I. 1984. Inhibition of sterol 14 $\alpha$ -demethylase enzymes. *Biochem. Soc. Trans. (UK)*, 11 663-665p.
- Minitab, 16. 2010. *Statistical Software y Quality Companion*.
- Mouco, María Aparecida y Albuquerque, J. A. S. 2005. Efeito do paclobutrazol em duas épocas de producao da mangueira. *Bragantia* vol. 64 no. 2 Campinas.
- Mougin C., Polge N., Scalla R. and Cabanne F. 1991. Interactions of various agrochemicals with cytochrome P-450- dependant monooxygenases of wheat cells. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 40 (1991) 1-11p.

- Murti, G.S.R., Upreti, K.K., 2000. Plant hormones. In: Hemantaranjan, A. (Ed.), *Advances in Plant Physiology*, vol. 3. Scientific Publishers, Jodhpur, India, pp. 109–148p.
- Murti, G.S.R., Upreti, K.K., Kurian, R.M., Reddy, Y.T.N., 2001. Paclobutrazol modifies tree vigour and flowering in mango cv. Alphonso. *Indian J. Plant Physiol.* 6, 355–360p.
- Nafees, M., Faqeer, M., Ahmad, S., Alam Khan, M., Jamil, M., Naveed Aslam, M., 2010. Paclobutrazol soil drenching suppresses vegetative growth, reduces malformation, and increases production in mango. *Int. J. Fruit Sci.* 10, 431–440p.
- Nizam, K. and Te-chato S. 2009. Optimizing of root induction in oil palm plantlets for acclimatization by some potent plant growth regulators (PGRs). *J. of Agric. Techn.* 5(2):371-383 p.
- Ochoa, J., J. Franco, A. Bañón y J. Fernández. 2009. Distribución en planta, sustrato y drenaje de paclobutrazol aplicado a plántulas de *Nerium oleander* L. en contenedor. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7(3): 621-628 p.
- Osuna G.J., Báez S.R., Medina U. V., Chávez C.X. 2001. Residualidad de paclobutrazol en frutos en mango (*Mangifera indica* L.) “Tommy Atkins”. *Revista de Chapingo Serie Horticultura* 7(2). 275-282p.
- Partida, R. L., T. de J. Velázquez A., B. Acosta V., T. Díaz V., F. Ayala T., J. F. Inzunza C. y J. E. Cruz O. 2007. Paclobutrazol y crecimiento de raíz y parte aérea de plántulas de pimiento morrón y berenjena. *Rev. Fitotec. Mex.* 30(2). 145-149 p.
- Partida, R. L., T. de J. Velázquez A., T. Díaz V., F. Ayala T. y B. Acosta V. 2012. Clorofila, crecimiento y rendimiento de maíz en respuesta al paclobutrazol aplicado en tres etapas fenológicas. Edit. Académica Española, Saabrücken, Alemania, 81 p.

- Percival, G. C. and Albalushi A. M. S. 2007. Paclobutrazol-induced drought tolerance in containerized English and ever-green oak. *Arboriculture & Urban Forestry* 33(6): 397-409 p.
- Pérez B. M. H., J. A. Osuna G., R. Sánchez L. y V. Vázquez V. 2001. El paclobutrazol como promotor de la floración en mango “manila”, aún sin condiciones ambientales inductivas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(E-1). 47-52 p.
- Phavaphutanon, L. Krisanapook, K. 2000. Changes of total non -structural carbohydrates within shorts of “Nam Dok Mai” mango after paclobutrazol application. *Proceedings of the Sixth Internacional Symposium on Mango. Acta Horticulturae* 509: 559- 565 p.
- Rademacher, W., 2000. Growth retardants: effects of gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol.* 51,501– 531p.
- Rowley A., J. 1990. The effect of cultar applied as a soil drench on Zill mango trees. *Acta Horticulturae* 275: 211-215 p.
- Sarkar S, Michel R, Perras S, Duane E, Ruichuan Z, Richard PP. 2004. Relationship between gibberellins, height, and stress tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings. *Plant Growth Regul*; 42:125–35 p.
- Sebastian B, Alberto G, Emilio AC, Jose AF, Juan AF. 2002. Growth development and color response of potted *Dianthus caryophyllus* to paclobutrazol treatment. *Sci Hort*; 1767:1–7 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2012. Producción agrícola por cultivo. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx). Consultado el día 02 de julio de 2014.

- Silva, C. 2005. Algodón Genéticamente Modificado. Agro-Bio. Bogotá, Colombia. 3-10 p.
- Singh V.K., Bhattacharjee A.K., 2005. Genotypic response of mango yield to persistence of paclobutrazol in soil. *Scientia Horticulturae*. India. 53-59 p.
- Shaltout A.D., Salem A.T. and Kilany A.S. 1988. Effect of pre-bloom sprays and soil drenches of paclobutrazol on growth, yield and fruit composition of 'Roumi' grapes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 113 13-17p.
- Shinde, A.K., Waghmare, G.M., Wagh, R.G., Burondkar, M.M., 2000. Effect of dose and time of paclobutrazol application on flowering and yield of mango. *Indian J. Plant Physiol.* 5, 82–84 p.
- Spiers, J.M., 1988. Response of 'Tifblue' rabbiteye blueberry to soil applied paclobutrazol. *HortScience* 23, 837– 839 p.
- Steffens, G.L., Wang, S.Y., 1985. Persistence of several triazole GA biosynthesis inhibitors for retarding growth of young apple plants. *Proc. Plant Growth Regul. Soc. Am.* 12, 248 (Abstract).
- Sterrett, J.P., 1985. Paclobutrazol: a promising growth inhibitor for injection into woody plants. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110, 4–8 p.
- Still JR, Pill WG. 2004. Growth and stress tolerance of tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum* Mill) in response to seed treatment with paclobutrazol. *J Hort Sci Biotchnol*; 79:197–203 p.
- Swain S.M., Singh D.P. 2005. Tall tales from sly dwarves: novel functions of gibberellins in plant development. *Trends Plant Sci.* 10 6 (1):123–129 p.
- Taton M., Ullmann P., Benveniste P. and Rahier A. 1988. Interaction of triazole fungicides and plant growth regulators with microsomal cytochrome P-450

dependent-obtusifoliol-ICmethyl demethylase. Pestic. Biochem. Physiol. 30  
178-189p.

Tekalign T, Hammes S, Robbertse J. 2005. Paclobutrazol induced leaf stem and  
root anatomical modifications in potato. Hort Sci; 40:1343–1346 p.

Tongumpai, P.; Jutamanee, K.; Subhadrabandhu, S. 1989. Effect of paclobutrazol  
on flowering of mango cv. Khiew Sawoey. Acta Horticulturae 291: 67-70 p.

Upreti K.K., Reddy T.T.N., Shivu Prasad S.R., Bindu G.V., Jayaram H.L., Rajan S.  
2013 Hormonal changes in response to paclobutrazol induced early flowering  
in mango cv. Totapuri. Scientia Horticulturae. India. 414-418p.

US EPA. 2007. Paclobutrazol summary document for registration review: Initial  
Docket. Case Number 7002. Available in docket number EPA-HQ-EPA-  
2006-0109 at regulations.gov.

Vázquez V., V.; Salazar G., S.; Pérez B., M.H. 1994. Inducción de floración en  
mango cultivar Tommy Atkins con paclobutrazol. 11º Congreso  
Latinoamericano de Genética (Área Vegetal) y XV Congreso de Fitogenética.  
Monterrey, N.L. México. 208 p.

Velázquez, A. T. de J., L. Partida R., B. Acosta V. y F. Ayala T. 2008. Producción de  
plantas de tomate y chile aplicando paclobutrazol al follaje. Universidad y  
Ciencia, 24 (1): 21-28 p.

Vidal AM, Ben Cheikh W, Talon M, Garcia-Martinez JL.2003. Regulation of  
gibberellin 20-oxidase gene expression and gibberellin content in citrus by  
temperature and citrus exocortis viroid. Planta; 217:442–8 p.

Villegas T. O y Lozoya S. H. 1991. Efecto del paclobutrazol sobre noche buena  
(*Euphorbia pulcherrima* W.) cultivar Gutbier V-10, bajo condiciones de  
invernadero en chapingo, México. Revista Chapingo 73-74:7780 p.

- Wang, S.Y., Sun, T., Faust, M., 1986. Translocation of paclobutrazol, a gibberellin biosynthesis inhibitor, in Apple seedlings. *Plant Physiol.* 82, 11–14 p.
- Wang Y. T., and Blessing T. M. 1990. Effect of paclobutrazol and uniconazole on growth of four tropical foliage species. *HortScience* 25:2002-204 p.
- Weaver R. J. 1984. *Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura.* Editorial Trillas, México, D. F. 622 p.
- Wiggins T.E. and Baldwin B.C. 1984. Binding of azole fungicides related to diclobutrazol to cytochrome P-450. *Pestic. Sci.*, 15 206-209p.
- Wilfret G. J. 1981. Height retardation of poinsettia with ICI-PP-333. *HortScience* 16(3):443 p.
- Williams, M.W., Edgerton, L.J., 1983. Vegetative growth control of apple and pear trees with ICI PP333 (paclobutrazol), a chemical analog of Bayleton. *Acta Hort.* 137, 111–116 p.
- Winston, E.C., 1992. Evaluation of paclobutrazol on growth, flowering and yield of mango cv. Kensington Pride. *Aust. J. Exp. Agric.* 32, 97–104P.
- Xi, H.F., Ye, Q.F., Shen, H.C., Zhou, W.J., 1995. Uptake of MET by the leaf and its residue in the rapeseed plant and the soil. *Oil Crops of China* 17, 33–35 p.
- Yadav, R.K., Rai, N., Yadav, D.S., Asati, B.S., 2005. Use of paclobutrazol in horticultural crops—a review. *Agric. Rev.* 26, 124–132p.
- Yadava, R.B.R., Singh, V.K., 1998. Long term effects of paclobutrazol on yield and quality of Dashehari mango (*Mangifera indica* L.). *Indian J. Plant Physiol.* 3, 166–167p.
- Yamaguchi S. 2008. Gibberellin metabolism and its regulation. *Annu Rev Plant Biol.* 59:225–51 p.

Yeshitela, T.; Robbertse, P. J., 2004. Paclobutrazol suppressed vegetative growth and improved yield as well as fruit quality of 'Tommy Atkins' mango (*Mangifera indica*) in Ethiopia. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2004, Vol. 32: 281-293 p.

## X. APÉNDICE

### ARTÍCULO CIENTÍFICO EN EXTENSO PUBLICADO EN LA MEMORIA DEL XVII CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, REALIZADO EN OCTUBRE DE 2014 EN LA CIUDAD DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.

#### RESPUESTA DEL ALGODÓN AL PACLOBUTRAZOL APLICADO SOBRE EL FOLLAJE EN DIFERENTES DOSIS

##### Resumen

En esta investigación se determinaron los efectos que ocasiona el paclobutrazol (PBZ) aplicado al follaje en plantas de algodón (*Gossipium hirsutum* L.). La siembra fue directa en parcelas experimentales con surcos de 3.0 m de largo, separados a 0.80 m entre sí. Se fertilizó con 250 kg de N ha<sup>-1</sup> y los riegos se aplicaron por el método de gravedad. Los tratamientos fueron las dosis de 100, 150, 200, 250, 300 y 350 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua, más el testigo. Cada dosis se aplicó sólo una vez con una bomba manual. Las variables de estudio fueron verdor, altura de plantas, número de ramas productivas, número de flores abortadas por planta, número y diámetro de bellotas y rendimiento por hectárea. El PBZ incrementó el verdor en 9.1 y 13.7% con las respectivas dosis de 100 ó 350 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua, ya que con las otras dosis no hubo diferencias con el testigo; la altura se incrementó significativamente (9.4%) con la dosis de 100 mg, mientras que con 150, 200, 300 ó 350 mg la altura fue igual a la del testigo; el número de ramas productivas no varió, pero la aborción fue menor (61.6 y 42.8%) donde se aplicaron 150 ó 250 mg, respectivamente, y mayor (28.6%) en aquellas parcelas manejadas con 300 mg; estadísticamente el número y diámetro de bellotas, así como el rendimiento de fibra no variaron, pero este último se incrementó hasta en 855 kg·ha<sup>-1</sup> (3.9 pacas) donde se aplicaron 100 mg de PBZ.

**Palabras clave:** verdor, altura, rendimiento.



## Abstrac

In this research the effects caused by the paclobutrazol (PBZ) applied to foliage in cotton plants (*Gossypium hirsutum* L.) were determined. Planting was directly in experimental plots with rows of 3.0 m long, 0.80 m apart from each other. It was fertilized with 250 kg N ha<sup>-1</sup> and irrigation were applied by gravity method. Treatments were doses of 100, 150, 200, 250, 300 and 350 mg L<sup>-1</sup> PBZ water, more the control. Each dose was applied once only with a manual pump. The study variables were green, plant height, number of productive branches, number of aborted flowers per plant, number and diameter of acorns and yield per hectare. The PBZ increased greenery in 9.1 and 13.7% with the respective doses of 100 or 350 mg L<sup>-1</sup> PBZ water, as with the other doses there were no differences with the control; height increased significantly (9.4%) with the dose of 100 mg, whereas 150, 200, 300 or 350 mg height was equal to that of the control; the number of productive branches not changed, but the aborción was lower (61.6 and 42.8%) where was applied 150 or 250 mg, respectively, and higher (28.6%) in those parcels handled with 300 mg; statistically the number and diameter of acorns and fiber yield did not change, but the latter was increased to 855 kg ha<sup>-1</sup> (3.9 bales) where 100 mg of PBZ were applied.

**Keywords:** *greeness, hHeight, yield.*

## Introducción

El algodón (*Gossypium hirsutum* L), es uno de los cultivos comerciales importantes a escala mundial, tanto para las grandes fincas con tecnología de punta, como para las pequeñas fincas de escasos recursos en países en vías de desarrollo. Su distribución es amplia, abarcando varias ecoregiones y sistemas de cultivo, debido a su relativa tolerancia a la sequía (Ken, 2004).

El algodón es la principal planta cultivada para producción de fibra en el mundo, relevante como materia prima para la fabricación de tejidos y prendas de vestir. Como subproducto, una vez removida la fibra, queda la semilla que es procesada para la extracción de aceite comestible y en la fabricación de alimentos

concentrados para animales. Inclusive, las fibras cortas, que quedan luego de remover la totalidad de la fibra, son procesadas para obtener productos dietéticos de alto contenido de fibra y algunos usos alimenticios que incluyen forros para embutidos y para mejorar la viscosidad de ciertos productos, como la pasta dental y helados, entre otros (Silva, 2005) . En el 2012 la producción nacional fue de 668,661 t (SIAP, 2012).

Como consecuencia de la manufactura de algodón, se ha originado una demanda en la producción de este cultivo, por lo que en la actualidad se investiga cómo aumentarla. Una alternativa para el aumento de la producción es el paclobutrazol (PBZ), ingrediente activo que actúa como regulador del crecimiento vegetal. Éste se absorbe pasivamente por las raíces, tallos y hojas, y se mueve por el xilema hacia las hojas y yemas. Impide la producción de giberelina, lo que reduce el ritmo de la división celular sin causar fitotoxicidad. Otorga beneficios agronómicos como la reducción del crecimiento vegetativo, aumento en la formación de yemas, aumento de la floración, aumento de la fructificación y mejora de la calidad de los frutos en lo que se refiere a tamaño, color y almacenaje (Syngenta, 2011).

El PBZ en pepino ocasiona aumento en el número de raíces, longitud y diámetro de las mismas, cuando las semillas son remojadas en solución con 40 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua, pero la longitud del hipocótilo se reduce. Además, las plantas que resultan de semillas tratadas con paclobutrazol y refrigeración durante 4 días a 5 °C tienen mayor concentración y fluorescencia de clorofila, por lo que en fotosíntesis son más eficientes en relación con las plantas testigo (Ali, 2009). En palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), el PBZ incrementa el color verde de las hojas y el contenido total de clorofila (Nizam y Te-chato, 2009), al igual que en maíz y trigo (Partida *et al.*, 2012).

En plántulas de tomate y chile causa efectos en la parte aérea, de tal forma que cuando se aplica en plántulas de tomate con dos o cuatro hojas verdaderas en dosis de 100, 150 ó 200 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua, la altura de plantas se retarda, pero en dosis de 250, 300 ó 350 mg la altura se incrementa. En chile retarda el crecimiento en los tipos bell y Anaheim con 200 mg, en jalapeño con 100, en serrano con 100 ó 200, y en caribe con 200 o 250 (Velázquez *et al.*, 2008).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto que ocasiona el PBZ en el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas de algodón, cuando se aplica sobre el follaje, a través de las dosis 100, 150, 200, 250, 300, 350 mg·L<sup>-1</sup> de agua, para precisar la dosis más adecuada.

### **Materiales y Métodos**

Esta investigación se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ubicado en el km 17.5 de la carretera Culiacán-Eldorado, con coordenadas geográficas de 24° 48' 28" latitud norte y 107° 24' 30" longitud oeste. El 06 de Enero de 2014 se realizó la siembra directa de algodón bajo condiciones de campo abierto, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en parcelas experimentales de tres surcos con 3.0 m de largo separados a 0.80 m entre sí. A un lado de las hileras de plantas se construyó un pequeño surco de 5.0 cm de profundidad, donde se llevó a cabo la fertilización con 250 kg de N·ha<sup>-1</sup> a partir de urea, cuando las plantas estuvieron en la etapa fenológica de inicio de formación de cuadros, posteriormente se procedió a tapar la urea depositada, para que no fuera arrastrada el agua aplicada a través del riego por gravedad.

Los tratamientos utilizados fueron las dosis de 100, 150, 200, 250, 300, 350 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua más un testigo. Las soluciones con PBZ se aplicaron al inicio de formación de cuadros, sólo una vez con bomba manual o de mochila sobre las hojas sin gotas de agua en la superficie, en las plantas testigo sólo se aplicó agua destilada con el mismo equipo y procedimiento.

Las variables de estudio fueron el verdor, mismo que se midió con SPAD-502 en cinco plantas por parcela; la altura que se midió con una cinta métrica desde la superficie del suelo hasta la parte apical de las plantas; el número de ramas productivas, número de bellotas por rama productiva, número de abortos por planta, diámetro y largo de bellotas (10 por parcela) medidos con un vernier; y el rendimiento por hectárea estimado con la producción por parcela útil (2.4 m<sup>2</sup>).

Todos los datos se sometieron al análisis de varianza con el paquete estadístico Minitab 16 (2010) mediante el procedimiento ANOVA, y los promedios fueron comparados con la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

## Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se puede observar que con 350 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua el verdor se incrementó 13.7% más que las testigo, aunque estadísticamente fueron iguales a las que se cultivaron 100, 150, 250 ó 300 mg, con las que se observó un incremento de 9.1, 6.2, 6.6 y 10.6, respectivamente. Estos resultados de verdor tienen relación con los obtenidos por Ali (2009), ya que éste refiere que las plantas de pepino que resultan de semillas tratadas con PBZ y refrigeración durante cuatro días a 5 °C tienen mayor concentración y fluorescencia de clorofila, por lo que son más eficientes fotosintéticamente en relación con las plantas testigo. Asimismo, con lo reportado por Percival y Albalushi (2007), ya que ellos también encontraron más clorofila en las plantas tratadas con PBZ, pero discrepa con los resultados reportados por Martínez *et al.* (2013), debido a que ellos observaron disminución de los valores de fluorescencia de clorofila (Fv/Fm), cuando los árboles de chopo blanco (*Populus alba* L.) fueron tratados con 0.4 g (400 mg) y 0.8 g (800 mg) de PBZ L<sup>-1</sup> de agua, lo que a su vez puede ser la causa de que los resultados no coincidan, ya que en esta investigación las dosis que se utilizaron fueron de 100, 150, 200, 250, 300 y 350 mg·L<sup>-1</sup> de agua.

En relación con la altura de plantas (Cuadro 1), las plantas que fueron tratadas con 100 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua crecieron 9.4% más comparadas con las testigo, pero fueron iguales a las que fueron cultivadas con 150, 200 ó 300 mg; sin embargo, con las mismas dosis crecieron 3.5, 2.4 y 3.2% más, respectivamente, en relación a las testigo. De tal manera que estos resultados tienen relación con los de Balamani y Poovaiah (1985), toda vez que ellos reportaron que al utilizar PBZ la altura de plantas de papa disminuyó; también tienen relación con los de Flores *et al.* (2011), ya que ellos observaron disminución de la altura de plantas de papa, después de aplicar 150 mg PBZ L<sup>-1</sup> de agua, cuando las plantas tuvieron 30 días de edad después de la emergencia.

El número de ramas productivas no varió estadísticamente (Cuadro 1), pero el número de flores abortadas varió a tal grado que la mayor cantidad se observó en las plantas tratadas con 300 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua y en las plantas testigo; sin embargo, con 100 mg la aborción fue de 41.1% menos comparado con el testigo; mientras que con 150, 200, 250 ó 350 mg fue de 61.6, 34.8, 42.8 y 17.8%, respectivamente.

Cuadro 1. Verdor, altura de plantas, ramas productivas y número de flores abortadas por plantas.

Dosis (mg.L <sup>-1</sup> )	Verdor (unidades Spad)	Altura de plantas (cm)	No. de ramas productivas	No. de flores Abortadas
0 (testigo)	41.45 c	105.6 bc	8.750 a	5.600 ab
100	45.22 ab	115.5 a	8.550 a	3.300 bcd
150	44.01 abc	109.3 ab	8.300 a	2.150 d
200	43.55 bc	108.1 abc	8.650 a	3.650 bcd
250	44.20 abc	101.6 c	8.500 a	3.200 cd
300	45.84 ab	109.0 abc	8.800 a	7.200 a
350	47.14 a	106.6 bc	8.750 a	4.600 bc

Medias con letras diferentes en la columna son significativamente diferentes (Tukey  $\alpha \leq 0.05$ ).

El mayor número de bellotas se observó en aquellas plantas que fueron cultivadas con 100 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua (Cuadro 2), de tal forma que el incremento fue de 12.5% más con respecto al testigo; con 150 ó 200 mg las plantas produjeron igual número de bellotas que el testigo, pero con 250, 300 ó 350 mg el mismo carácter disminuyó en los respectivos 17.0, 20.7 y 23.6%. El diámetro de bellotas no varió estadísticamente, mientras que lo contrario ocurrió en el rendimiento por hectárea, a tal grado que de las parcelas tratadas con 100 mg de PBZ se obtuvo un incremento de 66% con respecto al promedio del testigo, incremento que en términos de pacas fue de 3.9; con 150, 200, 250 ó 300 mg los incrementos fueron de 21.8, 42.7, 6.6 y 23.3%, respectivamente, mientras que con 350 mg el rendimiento fue igual al del testigo. En términos de pacas, las respectivas diferencias fueron de 1.3, 2.5, 0.4 y 1.3. La mayor producción obtenida en esta investigación tiene relación con lo reportado por Partida *et al.* (2007), ya que ellos

descubrieron que con 150 mg de PBZ L<sup>-1</sup> de agua se ocasionan incrementos de la biomasa de la parte aérea de plántulas de pimiento morrón y berenjena; asimismo, con lo publicado por Pérez *et al.* (2011), toda vez que en el mango manila estos investigadores observaron que el rendimiento se incrementó en más del 100%, comparado con el testigo.

Cuadro 2. Número y diámetro de bellotas, rendimiento en kg y pacas ha<sup>-1</sup>.

Dosis (mg L <sup>-1</sup> de agua)	No. de bellotas por planta	Diámetro de bellotas (cm)	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (pacas ha <sup>-1</sup> )
0 (testigo)	14.40 b	3.268 a	1295 a	6.0
100	16.20 a	3.302 a	2150 a	9.9
150	13.78 b	3.315 a	1577 a	7.3
200	13.10 bc	3.265 a	1848 a	8.5
250	11.95 cd	3.275 a	1381 a	6.4
300	11.42 cd	3.220 a	1597 a	7.3
350	11.00 d	3.207 a	1323 a	6.1

Medias con letras diferentes en la columna son significativamente diferentes (Tukey  $\alpha \leq 0.05$ ).

### Conclusiones

El PBZ ocasionó que variables como el verdor, número de bellotas por planta y rendimiento por hectárea se incrementaran, mientras que la altura de plantas y la aborción de flores disminuyeron, pero la dosis más adecuada fue la de 100 mg·L<sup>-1</sup> de agua.

### Literatura Citada

Ali, A. R. 2009. Improving germination performance and chilling tolerance in cucumber seedlings with paclobutrazol. *Internacional Journal of Vegetable Science*, 15 (2): 173–184 p.

- Balamani, V. and B. Poovaiah W. 1985. Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. Amer. Jour. of Potato Research 62 (7): 363-369.
- Ken, M. D. L. 2004. El algodón en la agricultura de conservación de los pequeños agricultores. Experiencias Paraguay. FAO y GTZ. ISBN: 99925-3-388-9. Paraguay. 32 p.
- Flores, L. R., F. Sánchez C., J. E. Rodríguez P., R. Mora A., M. T. Colinas L. y H. Lozoya S. 2011. Paclobutrazol, uniconazol y cycocel en la producción de tubérculo-semilla de papa en cultivo hidropónico. Rev. Chap. Serie Hortic. 17(2): 173-182.
- Martínez, T. T., F. O. Plascencia E. y V. M. Cetina A. 2013. Crecimiento y vitalidad de *Populus alba* L. con desmoche y tratado con paclobutrazol. Rev. Chapingo Serie Hortic. 19(3): 381-388.
- Minitab, 16. 2010. Statistical Software y Quality Companion.
- Nizam, K. and Te-chato S. 2009. Optimizing of root induction in oil palm plantlets for acclimatization by some potent plant growth regulators (PGRs). J. of Agric. Techn. 5(2):371-383.
- Partida, R. L., T. de J. Velázquez A., B. Acosta V., T. Díaz V., F. Ayala T., J. F. Inzunza C. y J. E. Cruz O. 2007. Paclobutrazol y crecimiento de raíz y parte aérea de plántulas de pimiento morrón y berenjena. Rev. Fitotec. Mex. 30(2). 145-149.
- Partida, R. L., T. de J. Velázquez A., T. Díaz V., F. Ayala T. y B. Acosta V. 2012. Clorofila, crecimiento y rendimiento de maíz en respuesta al paclobutrazol aplicado en tres etapas fenológicas. Edit. Académica Española, Saabrücken, Alemania, 81 p.

- Percival, G. C. and Albalushi A. M. S. 2007. Paclobutrazol-induced drought tolerance in containerized English and ever-green oak. *Arboriculture & Urban Forestry* 33(6): 397-409.
- Pérez B. M. H., J. A. Osuna G., R. Sánchez L. y V. Vázquez V. 2001. El paclobutrazol como promotor de la floración en mango “manila”, aún sin condiciones ambientales inductivas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(E-1). 47-52p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2012. Producción agrícola por cultivo. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx). Consultado el día 02 de julio de 2014.
- Silva, C. 2005. Algodón Genéticamente Modificado. *Agro-Bio*. Bogotá, Colombia. pp:3-10.
- Syngenta. 2011. Sinergia de gente. Consultado el 02 de julio de 2014.  
[http://www.terraia.com/vademecum\\_de\\_productos\\_fitosanitarios\\_y\\_nutricionales/index.php?proceso=registro&numero=1620&id\\_marca=18305&base=2012](http://www.terraia.com/vademecum_de_productos_fitosanitarios_y_nutricionales/index.php?proceso=registro&numero=1620&id_marca=18305&base=2012).
- Velázquez, A. T. de J., L. Partida R., B. Acosta V. y F. Ayala T. 2008. Producción de plantas de tomate y chile aplicando paclobutrazol al follaje. *Universidad y Ciencia*, 24 (1): 21-28.