

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



Universidad Autónoma
de Sinaloa
FACULTAD DE AGRONOMIA
Coordinación de Posgrado
Culiacán, Sinaloa, México.

TESIS

**CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL CULTIVADO CON
FERTILIZANTE NITROGENADO Y PACLOBUTRAZOL
APLICADO FOLIARMENTE**

**QUE COMO REQUITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTA
BENJAMÍN CERVANTES ROMERO**

**DIRECTORA DE TESIS
DRA. TERESA DE JESÚS VELÁZQUEZ ALCARAZ**

**CO-DIRECTOR DE TESIS
DR. LEOPOLDO PARTIDA RUVALCABA**

CULIACAN, SINALOA, MARZO DE 2013

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **BENJAMIN CERVANTES ROMERO**
BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, HA
SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

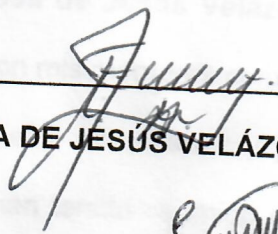
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR



Universidad Autónoma
de Sinaloa
FACULTAD DE AGRONOMIA
Coordinación de Posgrado
Culiacán, Sinaloa, México.

DIRECTORA



DRA. TERESA DE JESÚS VELÁZQUEZ ALCARAZ

CO-DIRECTOR



DR. LEOPOLDO PARTIDA RUVALCABA

ASESOR



DR. TOMÁS DÍAZ VALDÉS

ASESOR



MC. FELIPE AYALA TAFUYA

ASESOR



MC MARINO VALENZUELA LÓPEZ

CULIACAN, SINALOA, MARZO DE 2013



Universidad Autónoma
de Sinaloa
FACULTAD DE AGRONOMIA
Coordinación de Posgrado
Culiacán, Sinaloa, México.

DEDICATORIAS

A mi Padre Celestial

A mis padres José Gabino Cervantes Brassea y Elva Luz Romero Navarro por el amor, la paciencia y confianza que han tenido desde siempre para conmigo, y por no escatimar nada para concederme la educación y conocimiento de las cosas importantes.

A mis maestros Dra. Teresa de Jesús Velázquez Alcaraz y Dr. Leopoldo Partida Ruvalcaba. Ellos son mis mentores como profesionista. Aunque solo lo escriba en unas cuantas líneas, ellos saben y yo también, de la gran ayuda, confianza y paciencia que han tenido conmigo desde que inicié como alumno en la facultad, y ahora como su tesista en la maestría. Gracias.

A mi esposa y mis hijos, que a pesar de lo difícil que se puedan tornar las cosas, son siempre mi inspiración para salir adelante.

A mis Amigos y compañeros. Por hacer que todo sea más ameno, y aunque no pueda hacer una lista, coloco de forma simbólica en estas tres líneas a todos porque no caben.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Sinaloa, mi universidad. Ella ha dado cobijo en sus aulas a mis aspiraciones, y me ha permitido encontrarme con las inteligencias que me ayudan a que yo pueda ser la persona que de mí se requiere y que quiero ser. Es mi alma máter.

Al Colegio de Ciencias Agropecuarias, por aceptarme como su estudiante y hacer la gran labor de ser miembro del Programa nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.

Al CONACYT, por los recursos facilitados a lo largo de mi estancia por la maestría y por la confianza en la Maestría del Colegio de Ciencias Agropecuarias al considerarla parte del Programa Nacional de Posgrados de Calidad.

A mi compañero, amigo y hermano Felipe Menchaca Ceja. Simplemente gracias Felipe.



Universidad Autónoma
de Sinaloa
FACULTAD DE AGRONOMIA
Coordinación de Posgrado
Culiacán, Sinaloa, México.

CONTENIDO

	Página
VIII. CONCLUSIONES.....	21
IX. LITERATURA CITADA.....	22
X. APÉNDICE.....	21
RESUMEN.....	II
ABSTRACT.....	III
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. OBJETIVO.....	4
V. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
5.1. GRUPOS DE RETARDANTES DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS.....	5
5.2. MECANISMO DE ACCIÓN DE LOS RETARDANTES DE CRECIMIENTO EN PLANTAS ..	5
5.3. EFECTO DE LOS RETARDANTES DE CRECIMIENTO EN LA ALTURA DE PLANTAS	7
5.4. EFECTOS QUE OCASIONAN LOS RETARDANTES DE CRECIMIENTO EN EL DIÁMETRO DE TALLO.....	11
5.5. EFECTOS QUE PRODUCEN LOS RETARDANTES DE CRECIMIENTO EN LA FLORACIÓN.....	11
5.6. EFECTOS QUE OCASIONA EL PACLOBUTRAZOL EN CEREALES.....	13
5.7. NÚMERO, TAMAÑO Y CONTENIDO DE CLOROPLASTOS EN CÉLULAS DE HOJAS MADURAS.....	14
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17

INDICE DE CUADROS

VIII. CONCLUSIONES.....	21
IX. LITERATURA CITADA.....	22
X. APÉNDICE.....	31

Cuadro 1. Contenido total de clorofila en tres muestras y altura de plantas tratadas con PBZ en una sola aplicación al inicio de la formación de botones florales..... 18

Cuadro 2. Componentes del rendimiento y kilogramos de grano por hectárea de maíz obtenido con nitrógeno y PBZ..... 20



Universidad Autónoma
de Sinaloa
FACULTAD DE AGRONOMIA
Coordinación de Posgrado
Culiacán, Sinaloa, México.

RESUMEN

ÍNDICE DE CUADROS

Para determinar los efectos que ocasiona el paclobutrazol en el contenido de clorofila, crecimiento y rendimiento de grano del frijol, mediante las dosis 150, 300 o 450 mg L⁻¹ de agua, el 08 de noviembre de 2011 se inició la investigación.

Cuadro 1. Contenido total de clorofila en tres muestreos y altura de plantas tratadas con PBZ en una sola aplicación al inicio de la formación de botones florales.....	Página 18
---	--------------

Cuadro 2. Componentes del rendimiento y kilogramos de grano por hectárea de frijol cultivado con nitrógeno y PBZ.....	20
---	----

Palabras clave: floración, peso y volumen de granos.

RESUMEN

Para determinar los efectos que ocasiona el paclobutrazol en el contenido de clorofila, crecimiento y rendimiento de grano del frijol, mediante las dosis 150, 300 ó 450 mg L⁻¹ de agua, el 08 de noviembre de 2011 se inició la investigación en campo en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, parcelas experimentales con ocho surcos de 8.0 m de largo y parcelas útiles con seis surcos centrales. Las dosis fueron aplicadas sobre el follaje cuando las plantas iniciaron formación de botones florales. Todas las parcelas se fertilizaron con 200 kg de N ha⁻¹ a partir de urea. Las variables de estudio fueron el contenido de clorofila, altura de plantas, número de vainas por planta, granos por vaina, longitud y diámetro de granos, peso y volumen de 1000 granos, índice de cosecha y rendimiento de grano. Con el supuesto de que el paclobutrazol incrementa el contenido total de clorofila de las hojas y la fotosíntesis, por lo que mejora el crecimiento y rendimiento de grano del frijol. Con respecto al testigo, el contenido total de clorofila se incrementó hasta 17.3%, la altura de plantas también se incrementó 19.3%, el número de vainas por planta hasta 49.6%, los granos por vaina 8.1%, la longitud y diámetro de granos con los respectivos incrementos de 4.4 y 6.3%, el peso y volumen de 1000 granos 8.5 y 8.2%, respectivamente; el índice de cosecha 9.4% y el rendimiento hasta 18.5% con la dosis de 300 mg de PBZ L⁻¹ de agua.

Palabras clave: *floración, peso y volumen de granos.*



Universidad Autónoma
de Sinaloa
FACULTAD DE AGRONOMIA
Coordinación de Posgrado
Culiacán, Sinaloa, México.

ABSTRACT

To determine the effects caused by the paclobutrazol in chlorophyll content, growth and grain yield of beans through the doses 150, 300 or 450 mg L⁻¹ of water, 8 November 2011 began research in field in a randomized complete block design with four replicates, experimental plots with eight rows 8.0 m long and useful plots with six central rows. The doses were applied to the foliage when plants initiate flower bud formation. All plots were fertilized with 200 kg N ha⁻¹ from urea. The variables studied were the chlorophyll content, plant height, number of pods per plant, seeds per pod, grain length and diameter, weight and volume of 1000 grains, harvest index and grain yield. With the assumption that paclobutrazol increases the total content of chlorophyll of leaves and the photosynthesis, thereby enhancing the growth and grain yield of bean. With respect to the control, chlorophyll total content increased up to 17.3%, plant height also increased 19.3%, the number of pods per plant up to 49.6%, grains per pod 8.1%, the length and diameter of grains with the respective increases of 4.4 and 6.3%, the weight and volume of 1000 grains 8.5 and 8.2% respectively, harvest index 9.4% and yield up to 18.5% with doses 300 mg L⁻¹ PBZ water.

Keywords: *flowering, weight and volume of grains*

I. INTRODUCCIÓN

Después de transcurridas varias décadas del inicio de la revolución verde, y con los modelos de producción agraria que se han llevado a cabo, se han logrado aumentos de la producción de alimentos en varios países del mundo, pero con una alta dependencia de insumos externos, altos costos de energía, fertilizantes, pesticidas y mecanización (Altieri y Labrador, 1994).

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es, entre las leguminosas de granos alimenticios, la especie más importante por su amplia difusión y, además, por considerarse uno de los complementos básicos en la dieta alimenticia de América Latina (FAO, 1995).

En el estado de Guanajuato se ha deducido que es factible incrementar el rendimiento de frijol de temporal con la adopción y uso de nuevas tecnologías de producción, entre las que se incluye el uso de variedades mejoradas de alta calidad y rendimiento (FIRA, 2001).

Negro Guanajuato es una variedad de frijol negro opaco de tamaño pequeño, desarrollada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Campo Experimental Bajío y en terrenos de agricultores cooperantes de las regiones Bajío y norte del estado de Guanajuato. Proviene de la línea NGO 99038, y posee resistencia a enfermedades, alto rendimiento y calidad de grano, y una amplia adaptación a condiciones de temporal en el Bajío guanajuatense. Sin embargo, también puede utilizarse en condiciones de riego en siembras de otoño-invierno en la región del Bajío, donde su rendimiento es alto y posee tolerancia al ataque de la chicharrita y mosca blanca (Acosta *et al.*, 2008). Diferentes alternativas de

fertilización provocan un efecto directo en el crecimiento de las plantas de frijol, nodulación, rendimiento y sus componentes, por lo que es recomendable la utilización de combinaciones de fertilizantes químicos, orgánicos y biofertilizantes para la obtención de altos rendimientos de forma sostenible (Ramírez y Ramos, 2010).

El PBZ es una sustancia que ocasiona efectos en el crecimiento de raíces y parte aérea de plántulas de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) variedad 'California Wonder' y de berenjena (*Solanum melongena*) variedad 'Dalia'. El PBZ incrementa la biomasa de raíz y de la parte aérea de ambas especies; en la primera, la dosis de 150 mg de PBZ L⁻¹ de agua puede incrementar hasta 1.1 veces la longitud de la raíces, 3.7 veces la materia fresca y 13 veces la materia seca de las mismas; pero también puede incrementar en 1.5 y 6.7 veces la materia fresca y seca de la parte aérea de la misma especie, respectivamente. No obstante, en berenjena puede incrementar en 1.3 veces la materia fresca y en 71% la materia seca de la raíz; asimismo, 81% la materia fresca y 89% la materia seca de la parte aérea (Partida *et al.*, 2007).

También ocasiona efectos en la parte aérea de plántulas de tomate y chile, de tal forma que cuando se aplica sobre plántulas de tomate con dos o cuatro hojas verdaderas en dosis de 100, 150 ó 200 mg de PBZ L⁻¹ de agua, la altura de plantas se retarda; mientras que cuando se aplica en dosis de 250, 300 ó 350 mg de PBZ L⁻¹ de agua, la altura se incrementa. Asimismo, en chile el PBZ retarda el crecimiento de los tipos chile bell y anaheim con 200 mg L⁻¹, en jalapeño con 100, en serrano con 100 ó 200, y en caribe con 200 ó 250 (Velázquez *et al.*, 2008).

En pepino, el paclobutrazol 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⁻¹ 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 son más eficientes fotosintéticamente en relación con las plantas testigo (Ali, 2009).

III. HIPÓTESIS

El paclobutrazol es una sustancia que incrementa el contenido de clorofila de las hojas y, en consecuencia, la fotosíntesis, por lo que repercute en el crecimiento y rendimiento de grano del frijol.

IV. OBJETIVO

Determinar los efectos que ocasiona el paclobutrazol en el contenido de clorofila, crecimiento y rendimiento de grano del frijol, a través de las dosis 150, 300 o 450 mg L⁻¹ de agua.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El frijol es una leguminosa en la que se desconocen los efectos que ocasiona el regulador de crecimiento llamado paclobutrazol aplicado sobre el follaje, así mismo, las dosis más adecuadas y las etapas fenológicas en que éstas deben aplicarse.

III. HIPÓTESIS

El paclobutrazol es una sustancia que incrementa el contenido de clorofila de las hojas y, en consecuencia, la fotosíntesis, por lo que repercute en el crecimiento y rendimiento de grano del frijol.

IV. OBJETIVO

Determinar los efectos que ocasiona el paclobutrazol en el contenido de clorofila, crecimiento y rendimiento de grano del frijol, a través de las dosis 150, 300 ó 450 mg L⁻¹ de agua.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Grupos de retardantes del crecimiento de plantas

Wareing y Phillips (1981), mencionaron que la introducción de productos químicos orgánicos retardantes del crecimiento en plantas, se ha venido realizando para aplicar los mismos e incrementar la floración, la fijación de frutos, la tuberización, la resistencia al frío, sequía y sales, también permiten reducir el rompimiento de raíces en plántulas para trasplante produciendo plantas más compactas (Hickman *et al.*, 1989). Krishnamoorthy (1981) menciona que los grupos importantes de retardantes de crecimiento son: a) nicotínicos, como el cloruro de 2-4-diclorobencil nicotínico (2-4 DNC); b) carbamatos cuaternarios de amonio, por ejemplo: AMO-1618; c) compuestos fosfónicos de los cuales el fosfón D y fosfón S son los más activos; d) colinas sustituidas, donde el cycocel (CCC) es el de mayor eficacia; e) ácidos succinámicos al que pertenece el daminozide; f) triazoles como el uniconazole y paclobutrazol.

5.2. Mecanismo de acción de los retardantes de crecimiento en plantas

Rojas y Rovalo (1985), indicaron que los retardantes de crecimiento actuales en el mercado, son compuestos orgánicos sintéticos, que retrasan la división y alargamiento celular en tejidos del brote en activo crecimiento. Los inhibidores de crecimiento desempeñan un papel importante, ya que pueden controlar una amplia variedad de procesos (Nitsch, 1957), como el control del crecimiento, desarrollo vegetal y la inhibición de hormonas (giberelinas) esenciales para el crecimiento y elongación de tallos; los retardantes de crecimiento reducen la división y elongación celular, localizados en los ápices y meristemas

subapicales, suprimiendo el crecimiento del tallo y acortando los entrenudos, (Weaver, 1984), sin provocar malformaciones en los tallos ó en las hojas (Rojas y Rovalo, 1985; Wilfred, 1978).

Los retardantes de crecimiento como paclobutrazol, hidrácida maleica, morfactinas, alar, AMO-1618 y cycocel, presentan mecanismos físicos y bioquímicos que inhiben la biosíntesis de giberelinas y reducen la división celular; asimismo, los retardadores como paclobutrazol (Bonzi^R), un potente inhibidor de biosíntesis de giberelinas, son absorbidos pasivamente a través de las hojas, tallos y raíces, y se translocan por el xilema hasta los puntos de crecimiento, donde inhiben la síntesis de giberelinas, en la cual impiden su acción en los meristemas subapicales (Early y Martín, 1988).

El PBZ es un fungicida de los triazoles que tiene propiedades reguladoras del crecimiento vegetal y ha sido reportado como inhibidor de la biosíntesis del ácido giberélico e incrementa el contenido de citocininas y ácido abscísico. Además, incrementa considerablemente el total de fenoles en la especie *Ocimum sanctum* (Gopi et al., 2009).

En la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), el PBZ incrementa la superficie epicuticular de las raíces, el color verde de las hojas y el contenido total de clorofila a 3.54 mg g⁻¹ de peso fresco (Nizam y Te-chato, 2009).

Villegas y Lozoya (1991), manifestaron que los retardantes de crecimiento actúan en la oxidación del kaureno a ácido kaurenoico para la producción de giberelinas, de esta forma se reduce la tasa de división y expansión celular, sin el riesgo de causar toxicidad; las consecuencias morfológicas directas sobre la planta se muestran como una reducción del crecimiento, pero también se manifiesta una estimulación en la producción de flores en algunas especies. En

1985, Goulston y Shearing reportaron que en plantas de Nochebuena, aplicaciones de paclobutrazol dirigidas al suelo y follaje, redujeron la altura de plantas y produjeron plantas más compactas con un follaje verde oscuro.

5.3. Efecto de los retardantes de crecimiento en la altura de plantas

El efecto de los retardantes de crecimiento es frecuentemente el opuesto al de las giberelinas, mientras que éstas inducen el crecimiento de los entrenudos, los retardantes provocan un acortamiento de los mismos (Weaver, 1984).

Hickman *et al.* (1989) mencionaron que aplicaciones de uniconazole producen plantas de menor altura y compactas, aptas para el trasplante. Folquer (1979), citado por Maroto (2000), reportó que aplicaciones de cloromequat, en plantas pequeñas de tomate, produce plantas compactas y acortadas e incrementa la tolerancia a la sequía, esto es benéfico durante el trasplante en campo.

Tanto Rojas (1984) como Appezzato y Castro (1982), citados por Rojas y Ramírez (1991), reportaron que el cloromequat es un producto antigiberélico, y uno de los efectos típicos es dar a la planta resistencia al estrés después del trasplante, aun cuando induce tallos cortos y hojas más pequeñas; su efecto protector no radica en estos cambios morfológicos sino en alguna acción fisiológica; asimismo, que este regulador ha sido canalizado para inducir en trigo, y en otros cereales de grano pequeño, un hábito de crecimiento más corto, tallos gruesos y de mayor macollaje, incrementándose la resistencia a la sequía y frío.

Weaver (1984) informó que desde 1949 se introdujeron productos químicos orgánicos sintéticos que retrasan el crecimiento de los tallos, incrementan el color verde de las hojas y afectan indirectamente la floración sin provocar

deformaciones, y estos compuestos retardan la división y elongación celular, controlando la altura de las plantas sin causar doblamiento de los tallos ni deformaciones de las hojas. Mitchell *et al.* (1949) mencionaron que los retardantes nicotínicos reducen la elongación de los tallos de plantas de frijol.

Mariscal *et al.* (1992) encontraron que el paclobutrazol retardó el crecimiento del tallo en hortensia en dosis de 50 mL L⁻¹ aplicados al follaje en el cultivar Rose Supreme; asimismo, que mediante dos aplicaciones foliares de 50 ppm de paclobutrazol controlaron el alargamiento de tallo, produciendo plantas de menor altura (37 cm) que plantas no tratadas (50 cm).

Villegas y Lozoya (1991) reportaron que paclobutrazol inhibió el crecimiento de las plantas de Nochebuena sin detrimento en el aspecto o diferenciación floral, en concentraciones de 2.0 y 4.0 mg L⁻¹, así como 120 y 160 mg L⁻¹ de ingrediente activo, en aplicaciones al suelo y follaje, respectivamente.

Campbell (1976) observó que aplicaciones de daminocida en dosis de 5000 ppm y ethephon en dosis de 150 y 300 ppm, sobre plantas de tomate en semilleros, mejoraron la calidad y uniformidad de las mismas, redujeron la elongación de los tallos, estimularon la producción de raíces y evitaron la formación prematura de flores y frutos.

Keever y McGuire (1991) en experimentos con retardantes de crecimiento como uniconazole, en camelia a concentraciones de 0-60 ppm, encontraron que las plantas tratadas con 60 ppm presentaron un menor crecimiento, sin efectos adversos en floración.

Lozoya (1992) reportó que el alar (ácido N. dimetilamino succinámico, daminozide), el CCC, ethephon y PP333 acortaron los entrenudos en crisantemos y en margaritas de corte produjeron plantas más compactas.

El paclobutrazol es un derivado de la pirimidina que ha mostrado actividad para controlar el crecimiento en un amplio rango de plantas (Freeborg y Daniel, 1981; McDaniel, 1983; McDaniel, 1986; Shanks, 1980; Sterrett, 1985); dicho biorregulador de plantas ha sido un prometedor retardante del crecimiento para uso en frutales (Snir, 1988), y se ha establecido que es efectivo en la reducción de la elongación de tallo en muchas especies (Barrett y Nell, 1989; Mansour y Poole, 1987; Wang y Blessington, 1990), pero su efectividad se ha manifestado a través de dosis superiores a las requeridas de uniconazole o ancymidol para tener la misma reducción (Barrett y Nell, 1989; Wang, 1989; Wang y Blessington, 1990 y McDaniel, 1990).

Según Barrett y Bartuska (1982), el efecto de paclobutrazol en la elongación del tallo depende del lugar de aplicación, aunque algunos estudios han indicado que es translocado en el xilema una vez que es absorbido por las raíces, como sucede con uniconazole que es su análogo químico (Wang *et al.*, 1986 y Sterrett, 1988); y cuando se aplica al follaje, no es translocado rápidamente al ápice del brote para pronto limitar el crecimiento, como lo hace cuando se aplica directamente a los tallos (Barrett y Bartuska, 1982).

La estructura del paclobutrazol es similar a la del brasinazole; sin embargo, éste último es un potente inhibidor de la biosíntesis del brasinosteroide, el que a su vez es una sustancia inductora de enanismo en tomate, chícharo y *Arabidopsis*, que últimamente ha sido clasificada como una nueva clase de fitohormona (Yokota, 1997; Clouse y Sasse, 1998).

Los triazoles, como el paclobutrazol, son extremadamente activos y efectivos para retardar la altura de plantas, a muy bajas concentraciones (Wilfret, 1981) y

son más efectivos cuando se aplican al tallo o a la zona radicular de la planta (Barrett y Bartuska, 1982).

El paclobutrazol, aplicado en el suelo hasta humedecerlo, es más efectivo para retardar la altura de la azucena Easter, que la aplicación foliar (Giagnagna y Wulster, 1986); sin embargo, la aplicación en el suelo a través de tabletas o cápsulas con dicho retardante, colocadas en hoyos hechos en la parte central de cada maceta, fue menos efectivo que cuando fue humedecido el suelo, para controlar la altura de crisantemo (Sanderson *et al.*, 1988).

Partida *et al.* (2007) observaron que el PBZ incrementó la biomasa de raíz y de la parte aérea en pimiento morrón y berenjena, con relación al testigo; 150 mg L⁻¹ fue la dosis más adecuada en pimiento morrón al incrementar en 1.1 veces la longitud de raíz, en 3.7 veces la materia fresca y en 13 veces la materia seca de las mismas; y al incrementar en 1.5 y 6.7 veces la materia fresca y seca de la parte aérea, respectivamente. En raíces de berenjena incrementó en 1.3 veces la materia fresca y en 71 % la materia seca de raíz; y en 81 % la materia fresca y 89 % la materia seca de la parte aérea.

El PBZ es un retardante con frecuencia usado en plantas ornamentales para controlar su crecimiento y compactarlas, de tal manera que en plántulas de la especie *Nerium oleander* L. reduce significativamente todos los parámetros de crecimiento ocasionando plantas más compactas y de buen valor comercial, cuando se aplica al suelo; sin embargo, con este procedimiento suele ser persistente en el suelo (Ochoa *et al.*, 2009).

5.4. Efectos que ocasionan los retardantes de crecimiento en el diámetro de tallo

Plantas tratadas con retardantes de crecimiento desarrollan tallos gruesos y hojas de color verde oscuro, con cambios similares a los producidos al exponer las plantas a una iluminación intensa y bajas temperaturas (Wittwer y Teubner, 1956). El cycocel, cloruro de clormecuat o CCC, es usado comercialmente en cultivos de cereales en Europa para reducir la altura de plantas y tener tallos más gruesos y fuertes (Rojas, 1982).

Mediante dosis de 12 y 24 mL L⁻¹ de paclobutrazol, combinado con 75 y 150 kg de N ha⁻¹, respectivamente, esta sustancia disminuye la altura y madurez de las plantas de maíz, pero también incrementa el grosor del tallo y el rendimiento de materia seca; asimismo, el contenido de las clorofilas **a** y **b** en relación con las plantas testigo o aquéllas que no fueron tratadas con paclobutrazol (Iremiren *et al.*, 2002).

5.5. Efectos que producen los retardantes de crecimiento en la floración

Pisarczyk y Splittstoesser (1979), Wittwer y Tolbert (1960) y Bailey *et al.* (1986), realizaron estudios sobre la acción de diversos retardantes de crecimiento en plantas de tomate y demostraron que es factible en la floración de las plantas retrasar y regular el trasplante, sin ejercer efectos negativos, los resultados obtenidos demostraron que con clormequat, daminocida y ethephon, se puede retrasar hasta 15 días el trasplante, sin afectar la precocidad de flores y frutos en relación con el testigo, sin embargo, retardantes de crecimiento como CCC y los compuestos relacionados (2, bromoetil) (trimetil amonio-bromuro) y (2, 3-n-propileno) trimetil amonio bromuro en aplicaciones a plantas de tomate en

concentraciones de 10^{-3} a 10^{-7} molar, modifican el crecimiento y fomentan la floración temprana. Pisarczyk y Splittstoesser (1979), Wittewer y Tolbert (1960) y Bailey *et al.* (1986) encontraron estimulación de la floración y control en altura de plantas en el cultivar Merritt's Supreme de hortensia, con aspersiones foliares semanales de 100 mL L⁻¹ de ancimidol y paclobutrazol y 10,000 mL L⁻¹ de daminozide.

Mariscal *et al.* (1992) mencionan que con aspersiones foliares semanales de 5,000 mL L⁻¹ de daminozide se puede acortar los entrenudos y la iniciación floral puede ser inhibida en las variedades Rose Supreme y Sister Therese de hortensias. El daminocide (B-9R) se caracteriza por inducir floración, reducir el crecimiento, ser de baja toxicidad y fácilmente absorbible, teniéndose como efecto primario el inhibir la síntesis del ácido indolacético (Arellano *et al.*, 1992).

En plantas de *Zantedeschia* cultivadas como ornamentales en macetas, la altura se puede controlar mediante el retardante de crecimiento llamado paclobutrazol (Tjia, 1987), y dicho producto puede interactuar con GA₃ para afectar la altura y el número de flores de *Zantedeschia rehmannii* cultivadas a partir de rizomas producidos en campo (Corr y Widmer, 1991).

En árboles de peonía (*Paeonia suffruticosa*), plantas leguminosas medicinales, el paclobutrazol asperjado a 500 y 1000 ppm es menos efectivo que el uniconazole a 25 y 50 ppm, para reducir la longitud de la raíz en árboles de la variedad Hanakiso (Hamada *et al.*, 1990).

En *Ficus benjamina*, la producción y el tamaño de la hoja fueron caracteres reducidos cuando el medio fue humedecido con paclobutrazol (LeCain *et al.*, 1986). También en árboles de pecana [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch] se

redujo el crecimiento de raíces y el área foliar durante cuatro años después que las plantas fueron tratadas (Wood, 1988).

Debido a que el paclobutrazol es efectivo en muchos miembros de la familia Rosaceae (Erez, 1984; Williams, 1984), incluyendo el cerezo (Quinlan y Webster, 1982; Webster y Quinlan, 1984), y porque no tiene efecto de largo alcance, parece prometedor para preservación in vitro de cerezo dulce (Snir, 1988).

Los efectos inversos de GA_3 por el paclobutrazol han sido reportados en caléndula (Moore y Schekel, 1985), en durazno (Casper y Taylor, 1989) y nochebuena (Davis *et al.*, 1988).

Tratamientos con paclobutrazol (PBZ, Cultar, Imperial Chemicals, Surry, U. K) han reducido el crecimiento terminal de cerezos dulces mientras incrementan el tamaño del fruto (Looney y McKeellar, 1987).

El paclobutrazol es un activo inhibidor de la biosíntesis del ácido giberélico (Dalziel y Lawrence, 1984; Tadao *et al.*, 2000); ha sido reportado para retardar la elongación del tallo, y en ocasiones para promover la floración en plantas ornamentales leñosas (Bailey *et al.*, 1986; Goultson y Shearing, 1985; Wilkinson y Richards, 1988).

En Friederick's Dendrobium orchid, el PBZ promueve el desarrollo de yemas en todos los nudos, cuando se aplica en dosis de 0.025, 0.05, 0.075 y 0.1 mg L⁻¹; sin embargo, la mayor inducción floral se obtiene con 0.05 mg L⁻¹ (Te-chato *et al.*, 2009).

5.6. Efectos que ocasiona el paclobutrazol en cereales

Mediante las dosis de 12 y 24 mL L⁻¹ de paclobutrazol, combinado con 75 y 150 kg de N ha⁻¹, respectivamente, el paclobutrazol disminuye la altura y madurez

de las plantas de maíz, pero también incrementa el grosor del tallo y el rendimiento de materia seca; asimismo, el contenido de las clorofilas **a** y **b** en relación con las plantas testigo o aquéllas que no fueron tratadas con paclobutrazol (Iremiren *et al.*, 2002).

Imbibiendo semillas de trigo durante 24 horas en solución con 25 ó 50 mg L⁻¹ de paclobutrazol y cultivando las plántulas en condiciones climáticas controladas, sometiendo posteriormente las plantas a estrés de bajas temperaturas en cuartos fríos o en refrigerador, el paclobutrazol produjo disminución del contenido de clorofila e incremento de los niveles de carotenoides, incrementando la actividad de la enzima peroxidasa y la peroxidación de lípidos, con respecto a las plantas testigo (Berova *et al.*, 2002).

En hojas de maíz (*Zea mays* L.), de los cultivares '3902' de Pioneer y 'Orgullo 5', el paclobutrazol ocasionó que los cloroplastos fueran más grandes; asimismo, que se incrementará el número de lamelas del estroma y de pilas de grana (Sopher *et al.*, 1999).

5.7. Número, tamaño y contenido de cloroplastos en células de hojas maduras

En diversos tipos de vegetales se pueden encontrar cloroplastos de muchos tamaños y formas (Possingham, 1980), los cuales cuando son jóvenes se dividen de forma activa, especialmente cuando el órgano que los contiene se expone a la luz, por lo que a menudo cada célula de una hoja madura contiene unos cuantos cientos de cloroplastos que contienen estroma con enzimas que convierten el CO₂ en carbohidratos, especialmente en almidón, tilacoides (lamelas) y grana (pilas de tilacoides) constituidos por dos membranas, en donde se almacena la clorofila (Salisbury y Ross, 2000).

diámetro del grano se determinó con vernier en una muestra de 10 g; el volumen se midió con probeta a través del desplazamiento del volumen base de agua y el peso con una báscula de precisión; el índice de cosecha se determinó a través de la relación del peso de granos de 25 plantas con respecto al peso seco total de las mismas plantas; y el rendimiento por hectárea se calculó en base a la producción que se obtuvo de la parcela útil.

Todos los datos se sometieron al análisis de varianza y a la comparación múltiple de medias, con el procedimiento proc glm del programa SAS Institute (1996) y con la prueba de Tukey con $\alpha \leq 0.05$.



**Universidad Autónoma
de Sinaloa
FACULTAD DE AGRONOMIA
Coordinación de Posgrado
Culiacán, Sinaloa, México.**

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se puede notar que con el primer muestreo se obtuvieron incrementos de 17.0, 17.3 y 17.2% en el contenido total de clorofila, con respecto al contenido que se obtuvo en las plantas que no recibieron PBZ (testigo); con el segundo muestreo los incrementos fueron de 1.4, 10.3 y 9.3%; y con el tercer muestreo llegaron a ser de 3.7, 16.1 y 17.3%, con las respectivas dosis de 150, 300 ó 450 mg de PBZ L⁻¹ de agua. Lo que significa que la intensidad del verdor de las plantas no sólo se incrementó, sino que se mantuvo por más tiempo en las plantas tratadas con PBZ. En el mismo cuadro también se proporcionan los promedios en relación con la altura de plantas, los cuales comparados con el testigo se incrementaron 9.3, 19.3 y 5.2% con las dosis de 150, 300 y 450 mg de PBZ L⁻¹ de agua, respectivamente.

Estos resultados en clorofila 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 4 días a 5 °C tienen mayor concentración y fluorescencia de clorofila, por lo que son más eficientes fotosintéticamente en relación con las plantas testigo. Mientras que los resultados en altura de plantas contrastan con los que reportaron Balamani y Poovaiah (1985) y Flores *et al.* (2011), toda vez que los primeros reportaron que con el PBZ disminuye la altura de plantas de papa, y los segundos observaron que el PBZ, aplicado en dosis de 150 mg L⁻¹ de agua a los 30 días después de la emergencia de plantas de papa, disminuyó el crecimiento; sin embargo, esta diferencia en resultados de altura debe ser consecuencia de las diferencias en especies, dosis aplicadas y de las etapas fenológicas consideradas para aplicar el PBZ.

Asimismo, con los de Cárdenas y Rojas (2003), quienes descubrieron que en mango 'Tommy Atkins', el paclobutrazol aplicado al suelo en dosis de 2 mL de Cultar por m² de base de copa, disminuyó el crecimiento vegetativo. Sin embargo, coinciden con los de Velázquez *et al.* (2008), ya que ellos observaron que el PBZ también ocasiona efectos en la parte aérea de plántulas de tomate, de tal manera que cuando se aplica sobre el follaje de plántulas con dos o cuatro hojas verdaderas en dosis de 250, 300 ó 350 mg L⁻¹ de agua, la altura se incrementa en relación al testigo.

Cuadro 1. Contenido total de clorofila en tres muestreos y altura de plantas tratadas con PBZ en una sola aplicación al inicio de la formación de botones florales.

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹ de agua)	Valores Spad 502 Primer muestreo	Valores Spad 502 Segundo muestreo	Valores Spad 502 Tercer muestreo	Altura de plantas (cm)
0 (testigo)	30.28 b	35.65 c	34.18 b	28.50 c
150	35.42 a	36.14 bc	35.46 ab	31.15 b
300	35.54 a	39.32 a	39.68 a	33.99 a
450	35.48 a	38.96 ab	40.09 a	29.98 bc

Medias con letras iguales en la columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

En el Cuadro 2 se puede apreciar que con la dosis de 300 mg de PBZ L⁻¹ de agua el número de vainas por planta se incrementó 49.6% en relación al testigo, mientras que con 150 y 450 mg de PBZ, los incrementos fueron de 19.1 y 15.0%, sin que los promedios de vainas ocasionados por ambas dosis fueran estadísticamente diferentes con respecto al del testigo; los granos por vaina tuvieron incrementos de 5.8 y 5.1% con las respectivas dosis de 150 y 300 mg de PBZ, comparados con el número de granos por vaina del testigo; la longitud de granos fue 4.4% mayor con la dosis de 150 mg; el diámetro de granos fue 6.3% más grande debido a la acción de la dosis de 150 mg de PBZ; el peso de

1000 granos fue 12.7 y 18.5% mayor con las respectivas dosis de 150 y 300 mg de PBZ; el volumen de 1000 granos también fue 18.2% mayor cuando se aplicó cualquiera de las dosis de PBZ; el índice de cosecha se incrementó 9.4 y 3.5% con las dosis de 150 y 300 mg, respectivamente; y no obstante que el rendimiento de grano por hectárea no ocurrió con diferencias estadísticas, si se observó un incremento de 12.5, 18.5 y 10.9% cuando se aplicaron las dosis 150, 300 ó 450 mg de PBZ, respectivamente, lo que para el productor representa una máxima ganancia económica de \$6,375.00 (seis mil trescientos setenta y cinco pesos) por ha, a un precio de \$15.00 (quince pesos) kg^{-1} y si se aplican 300 mg de PBZ L^{-1} de agua, con un gasto de 200 litros de agua por ha, en los cuales es necesario diluir 240 mL del producto comercial con una concentración al 25% del ingrediente activo (PBZ). Además, cabe señalar que con un producto comercial con las características mencionadas, el productor puede tratar hasta 4.0 ha, de tal manera que al multiplicar \$6,375.00 por cuatro, el productor puede estimar una ganancia total de \$25,500.00 por cada litro de producto aplicado en su sistema de producción de frijol.

Lo anterior tiene relación con lo reportado por Pérez *et al.* (2011), puesto que estos autores encontraron que en mango 'Manila' el paclobutrazol induce una cosecha adecuada, aún cuando no se presenten condiciones inductivas de la floración, ocasiona la floración de un 64.4 a 90% e incrementa el rendimiento en más del 100% con respecto al testigo. De igual forma tiene relación con lo descubierto por Cárdenas y Rojas (2003), toda vez que ellos encontraron que en mango 'Tommy Atkins', el paclobutrazol aplicado al suelo en dosis de 2 mL de Cultar por m^2 de base de copa, estimuló el desarrollo floral, indujo floración más temprana y ocasionó mayor número de frutos por inflorescencia en

relación al testigo. Asimismo, con lo informado por Silva *et al.* (2001) en girasol, en el que descubrieron que el paclobutrazol aplicado en dosis de 31 mg L⁻¹ de agua sobre el follaje de plantas de girasol con 20 ó 35 días después de la siembra, ocasionó que el área foliar y el rendimiento de granos se incrementaran en comparación del testigo.

Estos resultados también se relacionan con lo reportado por Partida *et al.* (2007), ya que éstos encontraron que el PBZ ocasiona efectos en el crecimiento de la parte aérea de plántulas de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) variedad 'California Wonder' y de una población segregante de berenjena (*Solanum melongena*) variedad 'Dalia', en ambas especies descubrieron que con 150 mg de PBZ L⁻¹ de agua se incrementó la biomasa de la parte aérea; en la primera especie, hasta en 15.5 y 6.7 veces la materia fresca y seca, respectivamente; mientras que en la segunda especie, los incrementos llegaron a ser de 81% en la materia fresca y 89% en la materia seca.

Cuadro 2. Componentes del rendimiento y kilogramos de grano por hectárea de frijol cultivado con nitrógeno y PBZ.

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹ de agua)	Vainas por planta	Granos por vaina	Longitud de granos (cm)	Diámetro de granos (cm)	Peso de mil granos (gr)	Volumen de mil granos (cm ³)	Índice de cosecha (%)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
0	6.55 b	3.60 ab	1.14 ab	0.63 b	276 c	220 b	42.55 ab	2.300
150	7.80 b	3.81 a	1.19 a	0.62 b	311 b	260 a	46.57 a	2.588
300	9.80 a	3.79 a	1.16 ab	0.67 a	327 a	260 a	44.05 a	2.725
450	7.53 b	3.32 b	1.11 b	0.63 b	306 b	260 a	37.70 b	2.550

Medias con letras iguales en la columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)



VIII. CONCLUSIONES

El PBZ no ocasionó disminución en la altura de las plantas de frijol, pero en cambio incrementó el contenido total de clorofila, los caracteres componentes del rendimiento y el rendimiento de grano por unidad de superficie. Estos resultados sólo pueden interpretarse como respuesta a la acción del PBZ, ya que todas las parcelas fueron fertilizadas con la misma dosis de nitrógeno.

Vegetable Science, 15 (2): 173-194.

Allen, M. A. y Labrador J. M. 1984. Manejo y diseño de sistemas agrícolas sustentables. in: Agroecología. Madrid: Ministerio de la Agricultura y Pesca: Dirección general de infraestructuras y cooperación. pp: 61-75.

Arellano C., L., Peña L. y Flóres R. J. 1992. Control químico en la altura del *Isianthus* (*Eusofma grandiflorum* G.) para su producción en maraite. *Revista Chapingo* 78: 14-18.

Bailey, D. A., Weiser, T. C., and Kirk, T. I. 1969. Chemical stimulation of floral initiation in florists hydrangeas. *HortScience* 21(2): 253-257.

Balamari, V.; Poovaiyah, B. W. 1985. Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. *Amar. Potato Jour.* 62: 363-369.

Barrett, J. E., and Bartuska, C. A. 1982. PP333 effects on stem elongation dependent on site of application. *HortScience* 17: 737-738.

Barrett, J. E., and Neil T. A. 1989. Efficacy and phytotoxicity of paclobutrazol and XE-1019 on vinca. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 100: 287-293.

IX. LITERATURA CITADA

- Acosta, G. J. A., Mendoza H. F. M., Aguilar G. B., Esquivel E. G., Rodríguez G. R., Guzmán M. S. 2008. Negro Guanajuato, nueva variedad de frijol para el Centro de México. *Agricultura Técnica en México*, 34 (1): 107-111.
- Ali, A. R. 2009. Improving germination performance and chilling tolerance in cucumber seedlings with paclobutrazol. *Internacional Journal of Vegetable Science*, 15 (2): 173-184
- Altieri, M. A. y Labrador J. M. 1994. Manejo y diseño de sistemas agrícolas sustentables. *In: Agroecología*. Madrid: Ministerio de la Agricultura y Pesca: Dirección general de infraestructuras y cooperación. pp: 61-75.
- Arellano C., L., Peña L. y Flores R. J. 1992. Control químico en la altura del *lisianthus (Eustoma grandiflorum G.)* para su producción en maceta. *Revista Chapingo* 78: 14-18.
- Bailey, D. A., Weiler, T. C., and Kirk, T. I. 1986. Chemical stimulation of floral initiation in florists hydrangea. *HortScience* 21(2): 256-257.
- Balamani, V.; Poovaiah, B. W. 1985. Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. *Amer. Potato Jour.* 62: 363-369.
- Barrett, J. E., and Bartuska C. A. 1982. PP333 effects on stem elongation dependent on site of application. *HortScience* 17: 737-738.
- Barrett, 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.

- Berova M., Zlatev Z., and Stoeva N. 2002. Effect of paclobutrazol on wheat seedlings under low temperature stress. *Bulg. J. Plant Physiol.* 28(1-2): 75-84.
- Campbell, G. M. 1976. Effect of ethephon and SADH on quality of clipped and non-clipped tomato transplants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(6): 648-651.
- 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(2): 1-9.
- Casper, J. A., and Taylor B. H. 1989. Growth and development of young 'Loring' peach trees after foliar sprays of paclobutrazol and GA3. *HortScience* 24: 240-242.
- Clouse, S. D., and Sasse J. M. 1998. Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49: 427-451.
- Corr, B. E., and Widmer R. E. 1991. Paclobutrazol, gibberellic acid, and rhizome size affect growth and flowering of *Zantedeschia*. *HortScience* 26(2): 133-135.
- Dalziel, J., and Lawrence, D.K. 1984. Biochemical and biological effects of Kaurene oxidase inhibitors, such as paclobutrazol. *Brit. Plant Growth Regulat. Group, Monogr.* 11 p.
- Davis, T. D. Walser R., and Williams, C. F. 1988. Reserve effects of growth retardants. *Greenhouse Grower* 6(8): 29-31.
- Early, J. D., and Martin G. C. 1988: Translocation and breakdown of ¹⁴C-labelled paclobutrazol in Nemaguard peach seedlings. *HortScience* 23: 196-200.

- Erez, A. 1984. Dwarfing peaches by pruning and paclobutrazol. *Acta hort.* 146: 1235-1241.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 1995. Manual técnico de fijación simbiótica del nitrógeno leguminosa/*Rhizobium*. Italia: Ediciones Roma, 42 p.
- Fideicomisos Instituidos Relacionados con la Agricultura (FIRA). 2001. El frijol en México, competitividad y oportunidades de desarrollo. *Boletín Informativo*, 316 (33): 87 p.
- Flores, L.R., Sánchez del C.F., Rodríguez P.J.E., mora A.R., Colinas L.M.T., Lozoya S.H. 2011. Paclobutrazol, uniconazol y cycocel en la producción de tuérculo-semilla de papa en cultivo hidropónico. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17 (2): 173-182.
- Freeborg, R.P. and W.H. Daniel. 1981. Growth regulation of roadside tall fescue. *Proc. Plant Growth Regulat. Working Group* 8:95-96.
- Giafagna, T. J., and Wulster G.J. 1986. Comparative effects of ancymidol and paclobutrazol on Easter lily. *HortScience* 21(6): 463-464.
- Gopi, R., Abdul J. Ch., Divyanair V., Azooz M. M. and Panneerselvam R. 2009. Effect of Paclobutrazol and ABA on Total Phenol Contents in Different Parts of Holy Basil *Ocimum sanctum*). *Acad.J. of Plant Sci.* 2(2): 97-101.
- Goulston, G. H., and Shearing S. J. 1985. Review of the effects of paclobutrazol on ornamental pot plants. *Act. Hort.* 167: 339-348.
- Hamada, M., Hosoki T. and, Maeda T. 1990. Shoot length control of tree peony (*paeonia suffruticosa*) with uniconazole and paclobutrazol. *HortScience* 25(2): 198-200.

- Hickman, G. W., Perry E. J., Mullen R. J., and Smith R. 1989. Growth regulator controls tomato transplant height. *California Agriculture* 43(5): 19-20.
- Iremiren, G. O., Adewumi P. O., Aduloju S. O., and Ibitoye A. A. 2002. Effects of paclobutrazol and nitrogen fertilizer on the growth and yield of maize. *J. of Agric. Sci.* 128: 425-430.
- Keever, G. J., and McGuire J. A. 1991. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL 36840, USA. Hights of agricultural research, Alabama Agricultural Experiment Station. 38: 3-16.
- Krishnamoorthy, H. N. 1981. Plant Growth Substances. Including Applications in Agriculture. Editorial McGraw-Hill Publishing Company Limited, USA. 214 p.
- LeCain, D. R., Schekel K. A., and Walple, R. L. 1986. Growth retarding effects of paclobutrazol on weeping fig. *HortScience* 21: 1150-1152.
- Looney, N. E., and McKeellar J. E. 1987. Effect of foliar- and soil-applied paclobutrazol on vegetative growth and fruit quality of sweet cherries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112: 71-76.
- Lozoya S., H. 1992. Inhibidores de crecimiento para margarita (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) en maceta. I. Alar y Cycocel. *Revista Chapingo* 78: 20-23.
- Mansour, H. A., and Poole R. T. 1987. Trials with growth retardant on ornamental foliage plants. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 100: 375-378.
- Mariscal A., E., Lozoya S. H. y Colinas L. M. T. 1992. Efecto del paclobutrazol (PP333, bonzo) sobre el crecimiento y floración de hortensia (*Hydrangea macrophylla* Thunb). *Revista Chapingo* 78: 11-13.

- Maroto B., J. V. 2000. Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 359.
- McDaniel, G. L. 1983. Growth retardation activity of paclobutrazol on chrysanthemum. HortScience 18: 199-200.
- McDaniel, G. L. 1986. Comparison of paclobutrazol, flurprimidol, and tetcyclacis for controlling poinsettia height. HortScience 21:1161-1163.
- McDaniel, G. L. 1990. Postharvest high suppression of potted tulips with paclobutrazol. HortScience 25(2): 212-214.
- Mitchell, J. W., Ezell, B. D. and, Wilcox, M. 1949. Effect of p-chlorophenoxyacetic acid on the vitamin C content of snap beans following harvest. Science 109:202-203.
- Moore, T. M., and Schekel, K. A. 1985. GA₃ temporary reversal of growth retarding effects of paclobutrazol (PP333) on marigold 'First Landy' seedlings. HortScience 20: 126. (Abstr.).
- Nitsch, J. T. 1957. Growth responses of woody plants to photoperiodic stimuli. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70: 512-525.
- 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.
- Ochoa, J., Franco J. A., Bañón S. and Fernández J. A. 2009. Distribution in plant, substrate and leachate of paclobutrazol following application to containerized *Nerium oleander* L. seedlings. J. Agric. Res. 7(3): 621-628.
- Partida R., L., Velázquez A. T. de J., Acosta V. B., Díaz V. T. Ayala T. F., Díaz V. T., Inzunza C. J. F. y Cruz O. J. E. 2007. Paclobutrazol y crecimiento

- de raíz y parte aérea de plántulas de pimiento morrón y berenjena. Rev. Fitotec. Mexicana 30(2): 145-149.
- Flores, L.R., Sánchez del C.F., Rodríguez P.J.E., mora A.R., Colinas L.M.T., Lozoya S.H. 2011. Paclobutrazol, uniconazol y cycocel en la producción de tuérculo-semilla de papa en cultivo hidropónico. Revista Chapingo Serie Horticultura 17 (2): 173-182.
- Pisarczyk, J. M., and Splittstoesser, W. E. 1979. Controlling tomato transplants height with chlormequat, daminozide and etephon. J Amer. Soc. Hort. Sci. 104(3): 342-344.
- Possingham, J. V. 1980. Plastid replication and development in the life cycle of higher plants. Annual Review of Plant Physiology 31: 113-129.
- Quinlan, J. D., and Webster A. D. 1982. Effects of the growth retardant PP333 on the growth of plums and cherries. XXI ISHS intl. Hort. Congr., Hamburg, F.R.G (abstr. 1071.).
- Ramírez, O. R. y Ramos P. M. A. 2010. Mejoramiento de la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) con el uso de alternativas de fertilización. Holguín Ciencias, 16 (2): 1-9.
- Rojas G., M. 1982. Manual Teórico-Práctico de Herbicidas y Fitorreguladores. Editorial Limusa. 116 p.
- Rojas G., M. y Ramírez H. 1991. Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas, Fisiología-Tecnología Experimentación. Editorial Limusa. 239 p.
- Rojas G., M. y Rovalo M. 1985. Fisiología Vegetal Aplicada. Tercera Edición. Ed. McGraw-Hill. México, D. F. 302 p.
- Salisbury, F. B. y Ross C. W. 2000. Fisiología de las Plantas. Paraninfo Thomson Learning, Madrid, España, 988 p.

- Sanderson, K. C., Martin, Jr. W. C., and McGuire J. 1988. Comparison of paclobutrazol tablets, drenches, gels, capsules, and sprays on Chrysanthemum growth. HortScience 23(6): 1008-1009.
- SAS Institute. 1996. SAS User's Guide: Basics, 5th Edition. SAS Institute Inc., Cary, N. C. pp: 1181-1191.
- Shanks, J. B. 1980. Chemical dwarfing of several ornamental greenhouse crops with PP333. Proc. Plant Growth Regulat. Working Group 7:46-51.
- Silva-Garza, M., H. Gámez-González, F. Zavala-García, B. Cuevas-Hernández y M. Rojas-Garcidueñas. 2001. Efecto de cuatro fitoreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. Ciencia UANL 4(1): 69-75.
- Snir, I. 1988. Influence of paclobutrazol in vitro growth of sweet cherry shoots. HortScience 23(2):304-305.
- Sopher, C. R., Król M., Huner N. PA, Moore A. E. and Fletcher R. A. 1999. Chloroplastic changes associated with paclobutrazol-induced stress protection in maize seedlings. Can. J. Bot. 77(2): 279-290.
- Sterret, J. P. 1985. Paclobutrazol: A promising growth inhibitor for injection into woody plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:4-8.
- Sterrett, J. P. 1988. XE-1019: plant response, translocation and metabolism. J. plant Growth Regulat. 7:19-26.
- Tadao, A., Kin M. Y., Nagata N., Yamagishi K., Takatsuto S., Fujioka S. Murofushi N. Yamaguchi I., and Yoshida S. 2000. Characterization of brassinazole, a triazole-type brassinosteroid biosynthesis inhibitor. Plant Physiology 123 (1):93-99.

- Te-chato, S., Nujeen P. and Muangsorn S. 2009. Paclobutrazol enhance budbreak and flowering of Friederick's Dendrobium orchid *In Vitro*. J. of Agric. Techn. 5(1): 157-165.
- Tjia, B. 1987. Growth regulator effect on growth and flowering of *Zantedeschia rehmannii* Hyb. HortScience 22:507-508.
- Velázquez, A. T. de J., Partida R. L., Acosta V. B. y Ayala T. F. 2008. Producción de plantas de tomate y chile aplicando paclobutrazol al follaje. Universidad y Ciencia, 24 (1): 21-28.
- Villegas T., O. y Lozoya S. H. 1991. Efecto del paclobutrazol (PBZ) sobre nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* W.) cultivar Gutbier V-10, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México. Revista Chapingo 73-74: 77-80.
- Wang, S. Y., Sun T., and Faust M. 1986. Translocation of paclobutrazol, a gibberellins biosynthesis inhibitor, in apple seedlings. Plant Physiol. 82:11-14.
- Wang, Y. T. 1989. Control growth of *Hibiscus* by treating unrooted cuttings and potted plants with uniconazole and paclobutrazol. ASHS 1989 Annu. Mtg., Tulsa, Okla., Prog. & Abstr. P.129.
- Wang, Y. T., and Blessington T. M. 1990. Effect of paclobutrazol and uniconazole on growth of four tropical foliage species. HortScience 25:202-204.
- Wareing, P. F., and Phillips I. D. J. 1981. Growth and Differentiation in Plants. Pergamon Press. 343 p.
- Weaver, R. J. 1984. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Editorial Trillas, México, D. F. 622 p.

- Webster, A., and Quinlan J. D. 1984. Chemical control of shoot growth of sweet cherry. Annu. Rpt. East Malling Sta. p. 202-203.
- Wilfred, G. J. 1978. Height regulation of poinsettia with a growth retardant incorporated in the soil medium. Proc. Fla. St. Hort. Soc. 91: 220-222.
- Wilfret, G. J. 1981. Height retardation of poinsettia with ICI-PP-333. HortScience 16(3):443. (Abstr).
- Wilkinson, R. I., and Richards, D. 1988. Influence of paclobutrazol on growth and flowering of *Camellia x williamsii*. HortScience 23(2):359-360.
- Williams, M. W. 1984. Use of bioregulators to control vegetative growth of fruit trees and improve fruiting efficiency. Acta Hort. 146: 97-104.
- Wittwer, S. H., and Teubner, F. G. 1956. Cold exposure of tomato seedlings and flower formation. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67:369-376.
- Wittwer, S. H., and Tolbert, N. E. 1960. (2-chloroethyl) trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances, III: Effect on growth and flowering of the tomato. Amer. Jour. Bot. 47:560-565.
- Wood, B. W. 1988. Paclobutrazol suppresses vegetative growth of large pecan trees. HortScience 23(2):341-343.
- Yokota, T. 1997. The structure, biosynthesis and function of brassinosteroids. Trends Plant Sci. 2:137-143.



Artículo publicado en la memoria del XVI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas, realizado del 26 al 28 de Octubre de 2012, en la ciudad Mexicali, Baja California.

CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL FRUJOL CULTIVADO CON FERTILIZANTE NITROGENADO Y PACLOBUTRAZOL

Partida Ruvalcaba Leopoldo, Velázquez Alcaraz Teresa de Jesús, Cervantes Romero Benjamín, Díaz Valdés Tomás, Aysia Taloya Felipe, Acosta Villegas Benigno, Acosta Cuñero José Sinué

Universidad Autónoma de Sinaloa-Facultad de Agronomía, km 17.5 de la Carretera Culiacán-Eldorado, Culiacán, Sinaloa, México, CP 50000, teresaalvarez_y@yahoo.com.mx

X. APÉNDICE

RESUMEN

Para determinar los efectos que ocasiona el paclobutrazol en el contenido de clorofila, crecimiento y rendimiento de grano del frijol, mediante las dosis 150, 300 ó 450 mg L⁻¹ de agua, el 08 de noviembre de 2011 se inició la implementación en campo en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, parcelas experimentales con ocho surcos de 9.0 m de largo y 1.5 m de ancho, con seis surcos centrales. Las dosis fueron aplicadas sobre las plantas iniciaron formación de botones florales. Todas las parcelas fueron fertilizadas con 200 kg de N ha⁻¹ a partir de urea. Las variables de estudio fueron el contenido de clorofila, altura de plantas, número de vainas por planta, granos por vaina, longitud y diámetro de granos, peso y volumen de 1000 granos, índice de cosecha y rendimiento de grano. Con el supuesto de que el paclobutrazol incrementa el contenido total de clorofila de las hojas y la



Universidad Autónoma
de Sinaloa
FACULTAD DE AGRONOMIA
Coordinación de Posgrado
Culiacán, Sinaloa, México.

Artículo publicado en la memoria del XVI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas, realizado del 26 al 28 de Octubre de 2012, en la ciudad Mexicali, Baja California.

CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL CULTIVADO CON FERTILIZANTE NITROGENADO Y PACLOBUTRAZOL

Partida Ruvalcaba Leopoldo, **Velázquez Alcaraz Teresa de Jesús**, Cervantes Romero Benjamín, Díaz Valdés Tomás, Ayala Tafoya Felipe, Acosta Villegas Benigno, Acosta Quintero José Sinuhé

Universidad Autónoma de Sinaloa-Facultad de Agronomía, km 17.5 de la Carretera Culiacán-Eldorado, Culiacán, Sinaloa, México, CP 80000. teresadejesus_v@yahoo.com.mx

RESUMEN

Para determinar los efectos que ocasiona el paclobutrazol en el contenido de clorofila, crecimiento y rendimiento de grano del frijol, mediante las dosis 150, 300 ó 450 mg L⁻¹ de agua, el 08 de noviembre de 2011 se inició la investigación en campo en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, parcelas experimentales con ocho surcos de 8.0 m de largo y parcelas útiles con seis surcos centrales. Las dosis fueron aplicadas sobre el follaje cuando las plantas iniciaron formación de botones florales. Todas las parcelas se fertilizaron con 200 kg de N ha⁻¹ a partir de urea. Las variables de estudio fueron el contenido de clorofila, altura de plantas, número de vainas por planta, granos por vaina, longitud y diámetro de granos, peso y volumen de 1000 granos, índice de cosecha y rendimiento de grano. Con el supuesto de que el paclobutrazol incrementa el contenido total de clorofila de las hojas y la

fotosíntesis, por lo que mejora el crecimiento y rendimiento de grano del frijol. Con respecto al testigo, el contenido total de clorofila se incrementó hasta 17.3%, la altura de plantas también se incrementó 19.3%, el número de vainas por planta hasta 49.6%, los granos por vaina 8.1%, la longitud y diámetro de granos con los respectivos incrementos de 4.4 y 6.3%, el peso y volumen de 1000 granos 8.5 y 8.2%, respectivamente; el índice de cosecha 9.4% y el rendimiento hasta 18.5% con la dosis de 300 mg de PBZ L⁻¹ de agua.

Palabras clave: *Floración, Peso y Volumen de Granos.*

ABSTRACT

To determine the effects caused by the paclobutrazol in chlorophyll content, growth and grain yield of beans through the doses 150, 300 or 450 mg L⁻¹ of water, 8 November 2011 began research in field in a randomized complete block design with four replicates, experimental plots with eight rows 8.0 m long and useful plots with six central rows. The doses were applied to the foliage when plants initiate flower bud formation. All plots were fertilized with 200 kg N ha⁻¹ from urea. The variables studied were the chlorophyll content, plant height, number of pods per plant, seeds per pod, grain length and diameter, weight and volume of 1000 grains, harvest index and grain yield. With the assumption that paclobutrazol increases the total content of chlorophyll of leaves and the photosynthesis, thereby enhancing the growth and grain yield of bean. With respect to the control, chlorophyll total content increased up to 17.3%, plant height also increased 19.3%, the number of pods per plant up to 49.6%, grains per pod 8.1%, the length and diameter of grains with the respective increases of

4.4 and 6.3%, the weight and volume of 1000 grains 8.5 and 8.2% respectively, harvest index 9.4% and yield up to 18.5% with doses 300 mg L⁻¹ PBZ water.

Keywords: Flowering, *Weight and Volume of Grains*

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es, entre las leguminosas de granos alimenticios, la especie más importante por su amplia difusión y, además, por considerarse uno de los complementos básicos en la dieta alimenticia de América Latina (FAO, 1995).

El paclobutrazol, aplicado en dosis de 150 mg L⁻¹ de agua a los 30 días después de la emergencia de plantas de papa, disminuyó el crecimiento, el índice de área foliar, pero no afectó el número de tubérculos y la biomasa de éstos (Flores *et al.*, 2011).

En papa, el paclobutrazol disminuye la altura de plantas, la tasa de crecimiento y la distribución de asimilados hacia las hojas, tallos, raíces y estolones, y la incrementa en los tubérculos (Balamani y Poovaiah, 1985); asimismo, induce cambios anatómicos que aumentan el grosor de las hojas, el diámetro del tallo y de las raíces (Tsegaw *et al.*, 2005).

El PBZ es una sustancia que ocasiona efectos en el crecimiento de raíces y parte aérea de plántulas de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) variedad 'California Wonder' y de una población segregante de berenjena (*Solanum melongena*) variedad 'Dalia'. El PBZ incrementa la biomasa de raíz y de la parte aérea de ambas especies; en la primera, la dosis de 150 mg de PBZ L⁻¹ de agua puede incrementar hasta 1.1 veces la longitud de la raíces, 3.7 veces la materia fresca y 13 veces la materia seca de las mismas; pero también

puede incrementar en 1.5 y 6.7 veces la materia fresca y seca de la parte aérea de la misma especie. No obstante, en berenjena puede incrementar en 1.3 veces la materia fresca y en 71% la materia seca de la raíz; asimismo, 81% la materia fresca y 89% la materia seca de la parte aérea (Partida *et al.*, 2007).

También ocasiona efectos en la parte aérea de plántulas de tomate y varios tipos de chile, de tal forma que cuando se aplica sobre plántulas de tomate con dos o cuatro hojas verdaderas en dosis de 100, 150 ó 200 mg de PBZ L⁻¹ de agua, la altura de plantas se retarda; mientras que cuando se aplica en dosis de 250, 300 ó 350 mg, la altura se incrementa. Asimismo, en chile el PBZ retarda el crecimiento de los tipos pimiento morrón y anaheim con 200 mg L⁻¹ de agua, en jalapeño con 100, en serrano con 100 ó 200, y en caribe con 200 ó 250 (Velázquez *et al.*, 2008).

En mango 'Manila', el paclobutrazol permite una floración y cosecha adecuada, aún cuando no se presenten condiciones inductivas de la floración, adelanta la floración de 15 a 37 días, induce la floración de un 64.4 a 90% e incrementa el rendimiento en más del 100% con respecto al testigo (Pérez *et al.*, 2011).

En mango 'Tommy Atkins', el paclobutrazol aplicado al suelo en dosis de 2 mL de Cultar por m² de base de copa, disminuyó el crecimiento vegetativo y estimuló el desarrollo floral, indujo floración más temprana y ocasionó mayor número de frutos por inflorescencia en relación al testigo (Cárdenas y Rojas, 2003).

En girasol, el paclobutrazol aplicado en 31 mg L⁻¹ de agua sobre el follaje con 20 ó 35 días después de la siembra, ocasionó que el área foliar y el rendimiento de granos se incrementaran en comparación del testigo (Silva *et al.*, 2001).

En pepino, el PBZ 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⁻¹ de agua, pero la longitud del hipocótilo se reduce. Además, las plantas que resultan de semillas tratadas con PBZ y refrigeración durante 4 días a 5 °C tienen mayor concentración y fluorescencia de clorofila, por lo que son más eficientes fotosintéticamente en relación con las plantas testigo (Ali, 2009).

Dado el desconocimiento de los efectos que ocasiona el PBZ en las plantas de frijol con respecto al contenido total de clorofila, crecimiento y rendimiento de grano por hectárea, cuando dicha sustancia se aplica sobre el follaje, así como en relación a las dosis más adecuadas y las etapas fenológicas en que éstas deben aplicarse, se consideró el supuesto de que el PBZ es una sustancia que incrementa el contenido de clorofila de las hojas y, en consecuencia, la fotosíntesis, por lo que repercute en el crecimiento y rendimiento de grano del frijol. De tal manera que el objetivo de esta investigación fue determinar los efectos que ocasiona el PBZ en el contenido total de clorofila, crecimiento y rendimiento de grano por hectárea, así como las etapas fenológicas adecuadas para aplicarlo en una de las tres dosis estudiadas (150, 300 ó 450 mg L⁻¹ de agua).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ubicada en el km 17.5 de la carretera Culiacán-Eldorado, con coordenadas 24° 37' 29" N y 107° 26' 36" O. El 08 de Noviembre de 2011 se sembró con una densidad de 13 plantas por m lineal (90 kg de semilla ha⁻¹).

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones; parcelas experimentales con ocho surcos de 8.0 m de largo y parcela útil con los seis surcos centrales. Todas las parcelas se fertilizaron con 200 kg de N ha⁻¹ a partir de urea, cuando las plantas tuvieron 35 días después de su nacimiento. Los tratamientos fueron las dosis de 0 (testigo), 150, 300 y 450 mg de PBZ L⁻¹ de agua, las cuales se aplicaron sobre el follaje al inicio de la formación de botones florales (43 días después de la siembra), por lo que se diluyó 120, 240 ó 360 mL del producto comercial fuente al 25% de PBZ en 200 L de agua por ha.

Las variables de estudio fueron altura de plantas, contenido total de clorofila, número de vainas por planta, granos por vaina, longitud y diámetro del grano, peso y volumen de 1000 granos, índice de cosecha y rendimiento de grano por hectárea. La altura se midió con un metro desde la superficie del suelo hasta la parte apical de las plantas, el contenido total de clorofila se determinó con Spad 502 a los ocho días después de la aplicación de PBZ en el foliolo apical de la tercera hoja compuesta de 20 plantas seleccionadas al azar, las vainas y granos por vaina se contaron en 10 plantas, la longitud y diámetro del grano se determinó con vernier en una muestra de 10 g; el volumen se midió con probeta a través del desplazamiento del volumen base de agua, el peso con

una báscula de precisión, el índice de cosecha se determinó a través de la relación del peso de granos de 25 plantas con respecto al peso seco total de las mismas plantas, y el rendimiento de grano ha^{-1} con lo que se cosechó por parcela útil.

Todos los datos se sometieron al análisis de varianza y a la comparación múltiple de medias, con el procedimiento proc glm del programa SAS Institute (1996) y con la prueba de Tukey con $\alpha \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se puede notar que con el primer muestreo se obtuvieron incrementos de 17.0, 17.3 y 17.2% en el contenido total de clorofila, con respecto al contenido que se obtuvo en las plantas que no recibieron PBZ (testigo); con el segundo muestreo los incrementos fueron de 1.4, 10.3 y 9.3%; y con el tercer muestreo llegaron a ser de 3.7, 16.1 y 17.3%, con las respectivas dosis de 150, 300 ó 450 mg de PBZ L^{-1} de agua. Lo que significa que la intensidad del verdor de las plantas no sólo se incrementó, sino que se mantuvo por más tiempo en las plantas tratadas con PBZ. En el mismo cuadro también se proporcionan los promedios en relación con la altura de plantas, los cuales comparados con el testigo se incrementaron 9.3, 19.3 y 5.2% con las dosis de 150, 300 y 450 mg de PBZ L^{-1} de agua, respectivamente.

Estos resultados en clorofila 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 4 días a 5 °C tienen mayor concentración y fluorescencia de clorofila, por lo que son más eficientes fotosintéticamente en relación con las plantas testigo. Mientras que los resultados en altura de

plantas contrastan con los que reportaron Balamani y Poovaiah (1985) y Flores *et al.* (2011), toda vez que los primeros reportaron que con el PBZ disminuye la altura de plantas de papa, y los segundos observaron que el PBZ, aplicado en dosis de 150 mg L⁻¹ de agua a los 30 días después de la emergencia de plantas de papa, disminuyó el crecimiento; sin embargo, esta diferencia en resultados de altura debe ser consecuencia de las diferencias en especies, dosis aplicadas y de las etapas fenológicas consideradas para aplicar el PBZ. Asimismo, con los de Cárdenas y Rojas (2003), quienes descubrieron que en mango 'Tommy Atkins', el paclobutrazol aplicado al suelo en dosis de 2 mL de Cultar por m² de base de copa, disminuyó el crecimiento vegetativo. Sin embargo, coinciden con los de Velázquez *et al.* (2008), ya que ellos observaron que el PBZ también ocasiona efectos en la parte aérea de plántulas de tomate, de tal manera que cuando se aplica sobre el follaje de plántulas con dos o cuatro hojas verdaderas en dosis de 250, 300 ó 350 mg L⁻¹ de agua, la altura se incrementa en relación al testigo.

Cuadro 1. Contenido total de clorofila en tres muestreos y altura de plantas tratadas con PBZ en una sola aplicación al inicio de la formación de botones florales.

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹ de agua)	Valores Spad	Valores Spad	Valores Spad	Altura de plantas (cm)
	502 Primer muestreo	502 Segundo muestreo	502 Tercer muestreo	
0	30.28 b	35.65 c	34.18 b	28.50 c
150	35.42 a	36.14 bc	35.46 ab	31.15 b
300	35.54 a	39.32 a	39.68 a	33.99 a
450	35.48 a	38.96 ab	40.09 a	29.98 bc

Medias con letras iguales en la columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

En el Cuadro 2 se puede apreciar que con la dosis de 300 mg de PBZ L⁻¹ de agua el número de vainas por planta se incrementó 49.6% en relación al testigo, mientras que con 150 y 450 mg de PBZ, los incrementos fueron de 19.1

y 15.0%, sin que los promedios de vainas ocasionados por ambas dosis fueran estadísticamente diferentes con respecto al del testigo; los granos por vaina tuvieron incrementos de 5.8 y 5.1% con las respectivas dosis de 150 y 300 mg de PBZ, comparados con el número de granos por vaina del testigo; la longitud de granos fue 4.4% mayor con la dosis de 150 mg; el diámetro de granos fue 6.3% más grande debido a la acción de la dosis de 150 mg de PBZ; el peso de 1000 granos fue 12.7 y 18.5% mayor con las respectivas dosis de 150 y 300 mg de PBZ; el volumen de 1000 granos también fue 18.2% mayor cuando se aplicó cualquiera de las dosis de PBZ; el índice de cosecha se incrementó 9.4 y 3.5% con las dosis de 150 y 300 mg, respectivamente; y no obstante que el rendimiento de grano por hectárea no ocurrió con diferencias estadísticas, si se observó un incremento de 12.5, 18.5 y 10.9% cuando se aplicaron las dosis 150, 300 ó 450 mg de PBZ, respectivamente, lo que para el productor representa una máxima ganancia económica de \$6,375.00 (seis mil trescientos setenta y cinco pesos) por ha, a un precio de \$15.00 (quince pesos) kg^{-1} y si se aplican 300 mg de PBZ L^{-1} de agua, con un gasto de 200 litros de agua por ha, en los cuales es necesario diluir 240 mL del producto comercial con una concentración al 25% del ingrediente activo (PBZ). Además, cabe señalar que con un producto comercial con las características mencionadas, el productor puede tratar hasta 4.0 ha, de tal manera que al multiplicar \$6,375.00 por cuatro, el productor puede estimar una ganancia total de \$25,500.00 por cada litro de producto aplicado en su sistema de producción de frijol.

Lo anterior tiene relación con lo reportado por Pérez *et al.* (2011), puesto que estos autores encontraron que en mango 'Manila' el paclobutrazol induce una cosecha adecuada, aún cuando no se presenten condiciones inductivas de la

floración, ocasiona la floración de un 64.4 a 90% e incrementa el rendimiento en más del 100% con respecto al testigo. De igual forma tiene relación con lo descubierto por Cárdenas y Rojas (2003), toda vez que ellos encontraron que en mango 'Tommy Atkins', el paclobutrazol aplicado al suelo en dosis de 2 mL de Cultar por m² de base de copa, estimuló el desarrollo floral, indujo floración más temprana y ocasionó mayor número de frutos por inflorescencia en relación al testigo. Asimismo, con lo informado por Silva *et al.* (2001) en girasol, en el que descubrieron que el paclobutrazol aplicado en dosis de 31 mg L⁻¹ de agua sobre el follaje de plantas de girasol con 20 ó 35 días después de la siembra, ocasionó que el área foliar y el rendimiento de granos se incrementaran en comparación del testigo.

Estos resultados también se relacionan con lo reportado por Partida *et al.* (2007), ya que éstos encontraron que el PBZ ocasiona efectos en el crecimiento de la parte aérea de plántulas de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) variedad 'California Wonder' y de una población segregante de berenjena (*Solanum melongena*) variedad 'Dalia', en ambas especies descubrieron que con 150 mg de PBZ L⁻¹ de agua se incrementó la biomasa de la parte aérea; en la primera especie, hasta en 15.5 y 6.7 veces la materia fresca y seca, respectivamente; mientras que en la segunda especie, los incrementos llegaron a ser de 81% en la materia fresca y 89% en la materia seca.

Cuadro 2. Componentes del rendimiento y kilogramos de grano por hectárea de frijol cultivado con nitrógeno y PBZ.

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹ de agua)	Vainas por planta	Granos por vaina	Longitud de granos (cm)	Diámetro de granos (cm)	Peso de mil granos (gr)	Volumen de mil granos (cm ³)	Índice de cosecha (%)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
0	6.55 b	3.60 ab	1.14 ab	0.63 b	276 c	220 b	42.55 ab	2.300
150	7.80 b	3.81 a	1.19 a	0.62 b	311 b	260 a	46.57 a	2.588
300	9.80 a	3.79 a	1.16 ab	0.67 a	327 a	260 a	44.05 a	2.725
450	7.53 b	3.32 b	1.11 b	0.63 b	306 b	260 a	37.70 b	2.550

Medias con letras iguales en la columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

CONCLUSIONES

El PBZ no ocasionó disminución en la altura de las plantas de frijol, pero en cambio incrementó el contenido total de clorofila, los caracteres componentes del rendimiento y el rendimiento de grano por unidad de superficie. Estos resultados sólo pueden interpretarse como respuesta a la acción del PBZ, ya que todas las parcelas fueron fertilizadas con la misma dosis de nitrógeno.

Journal of Potato Research 82(7): 363-369

Cardenas, K. y E. Rojas. 2003. Efecto del paclobutazól y los niveles de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango 'Tommy Atkins'. *Biotropica* 15(2): 1-3.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 1995. *Manual técnico de fertilización química del nitrógeno leguminosa/Rhizobium*. Italia: Ediciones Roma, 42 p.

Florez-Lopez, R., F. Sánchez-Castillo, J. C. Rodríguez-Pérez, R. Mora-Aguilar, M. T. Colinas-León y H. Louren-Salvaña. 2011. Paclobutazól, uniconazól y cymoxez en la producción de tubérculos-semilla de papa en cultivo hidropónico. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(2): 173-182.

Parrilla-Ruvalcaba, L., T. de J. Velázquez-Abarca, B. Acosta-Villegas, T. Díaz-Vargas, F. Ayala-Talaya, J. P. Inzunza-Castro y J. E. Cruz-Ortega. 2007. Paclobutazól y crecimiento de raíz y parte aérea de plantas de pimiento morrón y berenjena. *Rev. Fitotec. Mexicana* 30(2): 145-149.

Pérez-Barrera, M. H., A. Osuna-García, R. Sánchez-Luado y V. Vázquez-Valdivia. 2011. Efecto del paclobutazól como promotor de la floración en mango

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
- Balamani, V. and B. W. Poovaiah. 1985. Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. *Amer. Jour. of Potato Research* 62(7): 363-369.
- 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(2): 1-9.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 1995. *Manual técnico de fijación simbiótica del nitrógeno leguminosa/Rhizobium*. Italia: Ediciones Roma, 42 p.
- Flores-López, R., F. Sánchez-Castillo, J. E. Rodríguez-Pérez, R. Mora-Aguilar, M. T. Colinas-León y H. Lozoya-Saldaña. 2011. Paclobutrazol, uniconazol y cycocel en la producción de tubérculos-semilla de papa en cultivo hidropónico. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(2): 173-182.
- Partida-Ruvalcaba, L., T. de J. Velázquez-Alcaraz, B. Acosta-Villegas, T. Díaz-Valdés, F. Ayala-Tafoya, J. F. Inzunza-Castro y J. E. Cruz-Ortega. 2007. Paclobutrazol y crecimiento de raíz y parte aérea de plántulas de pimiento morrón y berenjena. *Rev. Fitotec. Mexicana* 30(2): 145-149.
- Pérez-Barraza, M. H., J. A. Osuna-García, R. Sánchez-Lucio y V. Vázquez-Valdivia. 2011. El paclobutrazol como promotor de la floración en mango

'manila', aún sin condiciones ambientales inductivas. Revista Chapingo Serie Horticultura 17(E-1): 47-52.

SAS Institute. 1996. SAS User's Guide: Basics, 5th Edition. SAS Institute Inc., Cary, N. C. pp: 1181-1191.

Silva-Garza, M., H. Gámez-González, F. Zavala-García, B. Cuevas-Hernández y M. Rojas-Garcidueñas. 2001. Efecto de cuatro fitoreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. Ciencia UANL 4(1): 69-75.

Tsegaw, T. S. Hammes and J. Robbertse. 2005. Paclobutrazol induced leaf, stem and root anatomical modification in potato. Hortscience 40(5): 1343-1346.

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