

CLOROFILA, CRECIMIENTO, RENDIMIENTO EN GRANO Y PANZA BLANCA EN TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) CULTIVADO CON PACLOBUTRAZOL

J. Francisco Ponce¹, J. José Paz¹, Agustín Zárate¹, Leopoldo Partida², Manuel Cruz¹, Alejandro M. García¹, R. Esmeralda Rodríguez¹, Carlos Ceceña¹ y Agustín Corpus³.

¹Universidad Autónoma de Baja California-Instituto de Ciencias Agrícolas, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México. ifponce8@hotmail.com

²Universidad Autónoma de Sinaloa-Facultad de Agronomía, km 17.5 de la Carretera Culiacán-Eldorado, Culiacán, Sinaloa, México.

³Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES). San Luis Rio Colorado, Son., México

RESUMEN

Para conocer el efecto del Paclobutrazol (PBZ) en contenido de clorofila, altura de planta, rendimiento de grano y contenido de panza blanca en trigo harinero, se aplicaron dosis de 0 (testigo), 50, 100, 150, 200, 250, 300 y 350 mg de PBZ L⁻¹ de agua sobre el follaje del cultivar "Baviácora". El diseño experimental fue bloques completos al azar, cuatro repeticiones; unidades experimentales de 20 m² y parcelas útiles de 1 m², fueron fertilizadas con 210 kg de N ha⁻¹. Un tercio de la dosis se aplicó en el primer riego de auxilio y el resto en el segundo y tercero. Las dosis se aplicaron sólo una vez con una bomba manual al inicio de amacollamiento. La clorofila se incrementó 12.59% con la dosis de 100 mg L⁻¹ de agua de PBZ en relación al testigo; la altura de planta disminuyó 9.8% en dosis de 50 mg L⁻¹ de PBZ en relación al testigo sin aplicación, seguido por las dosis de 350, 200, 250 y 300; la panza blanca disminuyó en un 35 % con el tratamiento de 350 mg L⁻¹ de PBZ en relación al testigo, seguido por los tratamientos de 50 y 300. El rendimiento de grano más alto se observó con dosis de 200 mg L⁻¹ de PBZ, representando un rendimiento superior de 25 % con relación al testigo. Lo anterior indica que PBZ puede usarse en dosis de 150 a 200 mg L⁻¹ de agua, para incrementar clorofila, rendimiento de grano, disminuir panza blanca.

Palabras clave: PBZ, Baviácora, Panza Blanca.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cereal que actualmente ocupa el segundo lugar en importancia desde el punto de vista de la producción mundial, ya que a partir del ciclo 1998-1999 ha sido superado por el maíz; sin embargo, su producción ha ocurrido con altibajos desde el ciclo 1990-1991 hasta el 2008-2009, aunque la tendencia ha sido a incrementarse desde 2004-2005 hasta 2008-2009, de tal manera que mientras que en el ciclo 1990-1991 la producción fue 588.6 millones de toneladas, en el ciclo 2008-2009 llegó a ser de 676.3 millones (Ochoa y Ortega, 2008).

Según Ochoa y Ortega (2009), en el 63.6% de los ciclos del período 1998-2009, la producción de trigo ha sido superior al consumo mundial; es decir, se logró satisfacer el consumo mundial y hubo excedentes; no obstante, en el 36.4% de los ciclos del mismo período, la producción de trigo fue menor a lo que la población mundial necesitó para su consumo, lo que a su vez indica que el inventario de trigo también ha tenido altibajos, pero a partir del ciclo 2008-2009 se ha observado un incremento del inventario.

Por eso, en lo que va de la presente década, y más concretamente en la mitad de ésta, la demanda mundial de trigo se incrementó de manera considerable, en tanto que la producción no aumentó en la misma proporción, ya sea por los bajos niveles de productividad en algunas regiones o bien por problemas climáticos, lo que dio como resultado que las reservas mundiales del grano se vieran mermadas de manera importante (Ochoa y Ortega, 2009).

La estructura del paclobutrazol [(2RS, 3RS)-1-(4-clorofenil)-4,4-dimetil-2-(1h-1,2,4-triazol-1-il) pentan-3-ol] 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 (Clouse and Sasse, 1998).

Buscando alternativas para mejorar calidad, crecimiento y desarrollo de plantas, en las dos décadas pasadas se descubrió que el PBZ incrementa el crecimiento de raíces (Watson, 1996) o aumenta la relación de raíces por brotes en plantas de *Prunus persica* L. o durazno (Litembani and Taylor, 1989), así como en *Pyracantha* y *Juniperus* (Ruter, 1994). Además, el PBZ ha ocasionado reducción en la expansión de hojas en muchas especies de árboles (Burch *et al.*, 1996). Sin embargo, esta sustancia tiene alta residualidad en el suelo, por lo que puede provocar contaminación de mantos freáticos y riesgo potencial de translocación en los frutos; no obstante, dicha residualidad depende de que se hagan aplicaciones consecutivas a través del tiempo (Osuna *et al.*, 2001).

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).

En trigo, el Paclobutrazol (PBZ) disminuye ligeramente la altura de las plantas al ser aplicado en dosis de 40, 80 ó 120 g ha⁻¹; en tanto que la producción de materia seca de la parte aérea no varía, y el rendimiento se incrementa en relación al testigo (Espíndula *et al.*, 2009).

Algunas veces el grano de trigo no tiene la calidad requerida por la industria, debido a la presencia de alto porcentaje de granos con panza blanca, lo cual afecta el rendimiento (Solís y Díaz de León, 2001). El primero en utilizar el término panza blanca fue Headden (1915), para referirse a los granos que presentan un aspecto moteado a causa de manchas que varían de blanco a blanco amarillento con respecto a las capas externas de la semilla. Manchas de aspecto almidonoso que en algunas ocasiones se presentan en pequeñas áreas, pero pueden llegar a cubrir la mitad o toda la semilla (Sharma *et al.*, 1983), por lo que es considerada como una enfermedad fisiológica que disminuye el contenido de proteínas en los granos de trigo (Aadmodt and Torrie, 1935a; 1935b).

La panza blanca es considerada como un serio desorden en semillas del trigo panadero, trigo duro y triticale, que surge por deficiencia de nitrógeno en el suelo, afectando seriamente el contenido de proteínas del grano y, por tanto, la calidad de la harina en trigo panadero y de la pasta en trigo duro (Ammiraju *et al.*, 2002).

En trigo duro (*Triricum turgidum* L. var. *Durum*), la expresión de la panza blanca se ve favorecida por baja fertilización nitrogenada, uso de variedades sensibles, siembra en la primera quincena de diciembre y por el número de riegos aplicados; no obstante, la panza blanca tiene mayor asociación con la dosis de nitrógeno que con cualquiera de los otros factores mencionados, sin que su incidencia esté correlacionada con el rendimiento (Solís y Díaz de León, 2001).

Partida *et al.* (2007) refieren que las mejores dosis de nitrógeno para disminuir panza blanca del grano de trigo harinero son 110, 140 y 150 kg de N ha⁻¹, ya que éllas descubrieron que la enfermedad disminuyó 41.7, 47.9 y 39.6%, respectivamente, y el rendimiento se incrementó en los respectivos 94.1, 123.4 y 99.8%, con relación al testigo. Aunque otras dosis de nitrógeno también disminuyen significativamente la panza blanca, pero no son de las mejores para inducir un incremento del rendimiento de grano.

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto que induce el paclobutrazol en el contenido de clorofila, altura de planta, peso de granos con y sin panza blanca y rendimiento del trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en parcelas propiedad de la Empresa “Molinera del Valle en Mexicali, Baja California, México. Se utilizó la variedad Baviacora M-89 por ser un material muy susceptible a panza blanca, pero muy rendidora que produce granos de color ámbar, lo que facilita detectar manchas muy pequeñas de panza blanca. La siembra se efectuó el 15 de diciembre de 2009 en condiciones de campo abierto, en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde las unidades experimentales constaron de 20 m² y parcelas útiles de 1 m². La siembra se efectuó en seco y se dio el riego de gravedad para germinación y emergencia, así como 5 riegos de auxilio por el mismo método, para inducir el mejor crecimiento y desarrollo de las plantas. Todas las parcelas experimentales fueron manejadas con 250 kg de N ha⁻¹ a partir de urea, y UAN-32 aplicando un tercio del total en presiembra y los dos tercios restantes durante el primero y segundo riego de auxilio (45 y 65 días después de la siembra); Las variables de estudio fueron: contenido de clorofila, altura de planta granos con y sin panza blanca (de una muestra de 100 g), y rendimiento de grano por hectárea. En tanto que los tratamientos aplicados fueron las dosis de 0 (testigo), 50, 100, 150, 200, 250, 300 y 350 mg de paclobutrazol L⁻¹ de agua. Cada una de las dosis se aplicó en una sola ocasión, con una bomba manual. La aplicación del paclobutrazol se hizo cuando las plantas estuvieron en la etapa fenológica de formación de hijuelos o amocollamiento.

Las variables de clorofila y altura de plantas se evaluaron en una muestra de 20 plantas seleccionadas al azar, la primera en unidades Spad-502, en la parte media de la lámina foliar, mientras que la segunda se midió a partir de la superficie del suelo hasta la base de la espiga; la panza blanca se determinó a partir de una muestra de 100 g de grano, de donde se seleccionaron los granos con y sin la enfermedad; y el rendimiento de grano por hectárea se determinó a partir de lo cosechado en la parcela útil.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se indican los promedios de unidades spad para el contenido de clorofila, la cual fue superior en 12.6, 8.4, y 4.46 % con las respectivas dosis de 100, 300 y 350 mg de PBZ L⁻¹ de agua, con respecto al contenido de clorofila del testigo. Sin embargo, en relación a la altura de plantas, ésta disminuyó 9.8, 8.7, 8.6, 8.4 y 7.6 % con las dosis, de 50, 350, 250, 200 y 300 respectivamente, comparadas con la del testigo. Los resultados en clorofila tienen relación con lo descubierto por Alí (2009) en plantas de pepino, ya que también observó incremento de la concentración de clorofila y mayor eficiencia fotosintética en plantas obtenidas a partir de semillas remojadas en solución con paclobutrazol. Lo obtenido en altura de planta con el 100% de la dosis de paclobutrazol, también tiene relación con los resultados de Espíndula *et al.* (2009), puesto que ellos observaron que la altura de trigo disminuyó ligeramente al aplicar paclobutrazol en dosis de 40, 80 o 120 g ha⁻¹.

En el cuadro 2 se aprecia que el rendimiento de grano mas alto lo produjeron las dosis de 200 y 150 mg L⁻¹ de PBZ; esto representa un incremento en el rendimiento de grano de trigo de un 25% y de un 18.8% respectivamente con respecto al testigo. De igual forma se obtuvieron reducciones en el contenido de panza blanca en el grano de aproximadamente un 35% en relación al testigo. La disminución de panza blanca se debió mas al hecho de que las plantas tratadas con PBZ tuvieron mas clorofila y realizaron fotosíntesis con mayor intensidad, lo que ocasionó incremento en el número y longitud de raíces en relación al testigo, como lo descubrieron Watson (1996) y Litembani y Taylor 1989). Aadmodt y Torrie (1935^a, 1935^b) definieron a la panza blanca como una enfermedad fisiológica que disminuye el contenido de proteína en los granos de trigo. Asimismo los resultados de Solís y Díaz de León (2001) indican que en trigo duro (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) la panza blanca se favorece por baja fertilización nitrogenada en el suelo, lo que se corroboró por Ammiraju *et al.* (2002), al descubrir que la panza blanca surge por deficiencias de nitrógeno

en el suelo, afectando seriamente el contenido de proteína del grano y, por lo tanto, la calidad de la harina en trigo panadero y de la pasta en trigo duro.

El paclobutrazol ocasionó efectos significativos en el contenido de clorofila de las hojas y disminuyó la altura de plantas. Dichos efectos también ocurrieron en la disminución de la panza blanca e incremento del rendimiento de grano, lo que permite sugerir que el PBZ y su aplicación en la etapa de amacollamiento o formación de hijuelos, son tecnologías que se pueden utilizar para incrementar el rendimiento y calidad de grano de trigo.

Cuadro 1. Respuesta de la clorofila y altura de planta de la variedad “Baviácora M 89”.

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹ de agua)	Clorofila (Unidades Spad)	Altura planta (cm.)		
0	38.1	b	c	108.3 a *
50	39.7	a	b	97.7 c
100	42.9	a		101.1 b c
150	38.0	b	c	104.8 a b
200	37.5		c	99.2 c
250	39.8	a	b	99.0 c
300	41.3	a	b	100.0 c
350	39.8	a	b	98.9 c

*Dosis de Paclobutrazol unidos con la misma letra
son iguales estadísticamente (DMS=0.05)

Cuadro 2. Caracteres componentes del rendimiento y panza blanca del grano de trigo en la variedad “Baviácora M-86”.

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹ de agua)	Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	Panza Blanca (%)
0	5630 b	2.0 a*
50	5304 b	0.8 c
100	5748 b	1.1 bc
150	6689 a	2.3 a
200	7040 a	1.3 bc
250	5905 b	1.0 bc
300	5677 b	0.8 c
350	5677 b	0.7 c

*Dosis de Paclobutrazol unidos con la misma letra
son iguales estadísticamente (DMS=0.05)

LITERATURA CITADA

- Ali, A. R. 2009. Improving germination performance and chilling tolerance in cucumber seedlings with paclobutrazol. *Inter. Jour. of Veg. Sci.* 15: 173–184
- Aamodt, O. S. and J. H. Torrie. 1935a. Studies on the inheritance of the relation between kernel texture and protein content in several spring wheat crosses. *Canad. Jour. of Res. Section C Bot. Sci.* 13: 202-219.
- Aamodt, OS, and J. H. Torrie. 1935b. Kernel texture as an indicator of quality in hard red spring wheats. *Canad. Jour. of Res. Section C Bot. Sci.* 13: 79-88.
- Ammiraju, J. S. S. , B. B. Dholakia, G. Jawdekar, D. K. Santra, V. S. Gupta, M. S. Roder, H. Singh, M. D. Lagu, H. S. Dhaliwal, V. S. Rao and P. K. Ranjekar. 2002. Inheritance and identification of DNA markers associated with yellow berry tolerant in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphy.* 123: 229-233.
- Burch, P. L., R. H. Wells, W. N. Kline. 1996. Red maple and silver maple growth evaluated 10 years after application of paclobutrazol tree growth regulator. *Jour. Arboric.* 22: 61-66.
- Clouse, S. D., J. M. Sasse. 1998. Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49: 427-451.
- Espindula, M. C., V. S. Rocha, J. A. S. Grossi, M. A. Souza, L. T. Souza y L. F. Favarato. 2009. Use of growth retardants in wheat. *Planta Daninha Vicoso*, 27(2): 379-387.
- Headden, W. P. 1915 Yellow berry in wheat. Its cause and prevention. *Bull 205-38. Colo. Agr. Exp. Sta.*
- Litembani, S., and B. H. Taylor. 1989. Growth and development of young peach trees as influenced by foliar sprays of paclobutrazol or XE-1019. *HortScience* 24: 65-68.
- Ochoa, B. R., C. Ortega.-Ramos. 2008. Reservas y seguridad alimentaria. *Claridades Agropecuarias* 183: 13-46.
- Ochoa, B. R., C. Ortega-Ramos. 2009. Reservas alimentarias físicas y virtuales. *Claridades Agropecuarias* 189: 3-14.

Osuna, GJA, Baez SR, Medina UVM, Chávez CX (2001) Residualidad de paclobutrazol en frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cultivar Tommy Taquín. Rev. Chap. Ser. Hort. 7: 275-282.

Partida-Ruvalcaba, L., T. J. Velázquez-Alcaraz, B. Acosta-Villegas, F. Ayala-Tafoya, T. Díaz-Valdés, J. F. Inzunza-Castro, J. E. Cruz-Ortega. 2007. Paclobutrazol y crecimiento de raíz y parte aérea de plántulas de pimiento morrón y berenjena. Rev. Fit. Mex. 30: 145-149.

Partida-Ruvalcaba, L., T. J. Velázquez-Alcaraz, T. Díaz-Valdés, B. Acosta-Villegas, J. F. Inzunza-Castro. 2007. Nitrógeno, disminución de panza blanca del grano y aumento del rendimiento del trigo (*Triticum aestivum* L.). Rev. Elect. Granma Ciencia 11: 1-9.

Ruter, J. M. 1994. Growth and landscape establishment of *Pyracantha* and *Juniperus* after application of paclobutrazol. HortScience 29: 1318-1320.

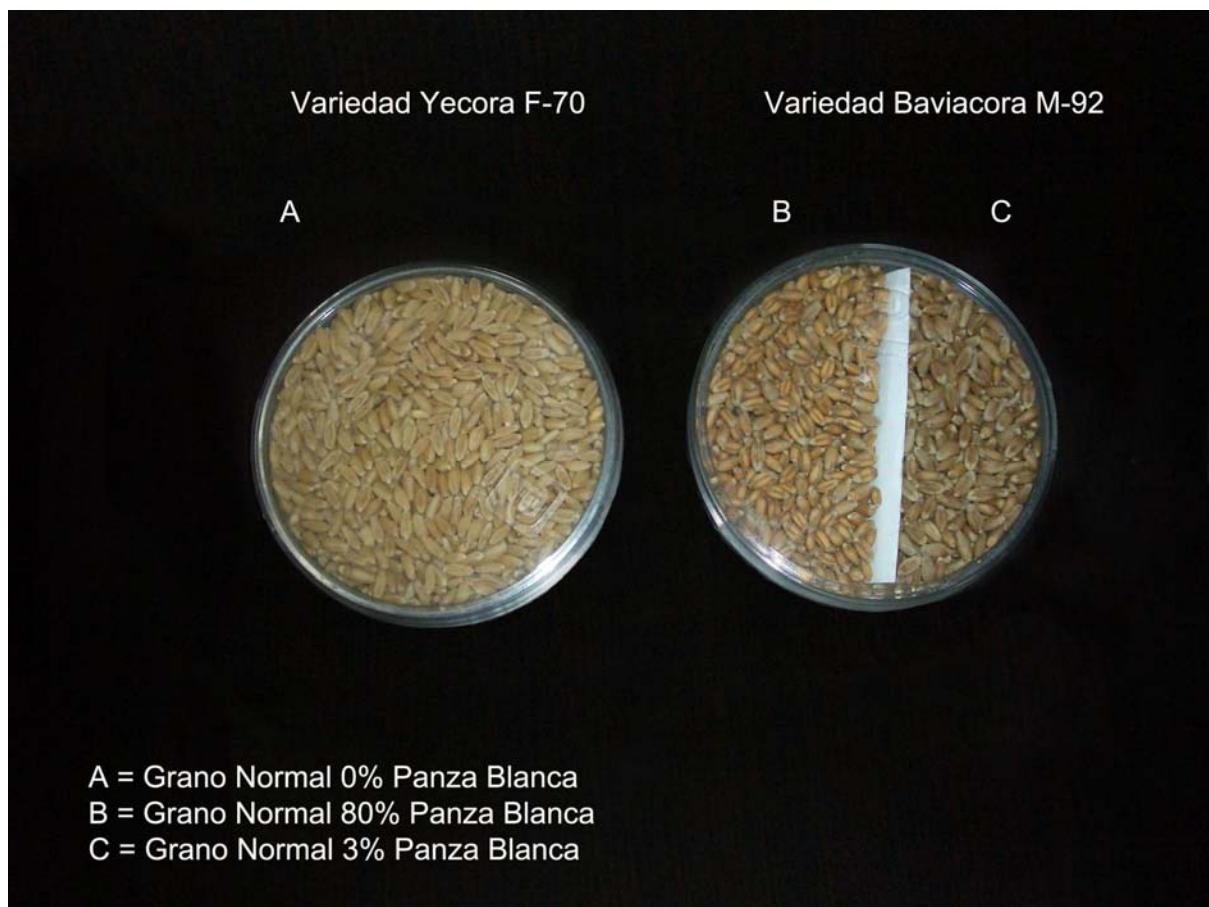
Sharma, G. C., A. D. Paul., J. A. Bietz. 1983. Nitrogen fertilization effects and anatomical, protein and amino acid characteristics of yellow berry in triticale. Crop Sci. 23: 699-703.

Solis-Moya E., Díaz de León TJG. 2001. Efecto de los factores controlables de la producción sobre el rendimiento y la panza blanca del grano en trigo duro. Terra Latinoamericana 19: 375-383.

Watson, G. W. 1996. Tree root system enhancement with paclobutrazol. Journal Arboriculture 22: 211-217.



Toma de lecturas con SPAD 502, para determinar contenido de clorofila en trigo.



Dos variedades de trigos harineros: Yécora F-70, de gluten Fuerte y Baviácora M-92 de gluten Medio, mostrando granos normales y con Panza Blanca