

EFECTO DEL ANÁLOGO DE BRASINOESTEROIDES BIOBRAS 6 EN EL RENDIMIENTO Y OTROS CARACTERES EN EL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.)

R. Morejón[✉], Sandra H. Díaz y Miriam Núñez

ABSTRACT. The experimental work was developed in areas of «Los Palacios» Rice Research Station, belonging to the National Institute of Agricultural Sciences, with the objective of studying the influence of a brassinosteroid analogue synthesized in Cuba, commercially known as BIOBRAS 6, on rice yield and other variables. In the experiment six treatments were studied, the variety INCA LP-2 was used. The character number of panicle/m² was the component that most influenced yield response. In general, and taking into account the results of the work, the efficiency of BB 6 can be confirmed as stimulant of agricultural yield in rice crop. Results showed that the total dose of 50 mg.ha⁻¹ was the most effective in both sowing seasons, the phases of active tillering and early stage of heading, in winter, and early stage of heading and filled of grain, in spring, being the best responses.

Key words: rice, brassinosteroid, *Oryza sativa* L., yield

RESUMEN. El trabajo se desarrolló en áreas de la Estación Experimental del Arroz «Los Palacios», perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas durante los años 1999 y 2000, con el objetivo de estudiar la influencia sobre el rendimiento y otras variables del cultivo del arroz de un análogo de brasinoesteroide sintetizado en Cuba, conocido comercialmente como BIOBRAS 6. En el experimento se estudiaron seis tratamientos y se utilizó la variedad INCA LP-2. El carácter número de panículas por metro cuadrado fue el componente que más influyó en la respuesta que se obtuvo en el rendimiento. De forma general y teniendo en cuenta los resultados del trabajo, se puede confirmar la efectividad del BB 6 como estimulador del rendimiento agrícola en el cultivo del arroz, concluyéndose que la dosis total de 50 mg.ha⁻¹ fue la más efectiva en las dos campañas de siembra, siendo las mejores respuestas de las plantas en las fases de ahijamiento activo e inicio de paniculación, en frío, e inicio de paniculación y llenado del grano, en primavera.

Palabras clave: arroz, brasinoesteroides, *Oryza sativa* L., rendimiento

INTRODUCCIÓN

La aplicación de estimuladores de crecimiento vegetal, entre los que se encuentran los brasinoesteroides, con el objetivo de incrementar la calidad de las cosechas y sus rendimientos, es un aspecto, dentro de las investigaciones agrícolas, de gran importancia para la agricultura, por las implicaciones de carácter social y económico que aportan (1).

El descubrimiento de estos se remonta a la década del setenta, cuando fueron detectados por investigadores del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en el polen de *Brassica napus*. Sin embargo, la utilización práctica de estos compuestos solo fue posible a partir del descubrimiento de rutas sintéticas por parte de investigadores japoneses en la década del ochenta, que hicieran económicamente rentable su aplicación en los

cultivos. El desarrollo de estas investigaciones en Cuba ha permitido que se disponga de análogos de brasinoesteroides, los cuales han sido validados en muchos cultivos lográndose incrementos significativos de los rendimientos (2).

Estos nuevos compuestos, debido a sus cualidades y al encontrarse en concentraciones tan bajas en las plantas, han motivado que se intensifiquen los estudios de síntesis química de compuestos análogos capaces de ser utilizados en la práctica. Así, en Cuba se ha logrado a nivel de laboratorio la síntesis de varios de ellos, entre los que se encuentra el BIOBRAS 6 (BB 6), el cual posee una buena actividad biológica (2).

El éxito de las aplicaciones de estos compuestos en condiciones de campo radica en la formulación que se emplee, la selección adecuada de las dosis, el modo y los momentos de aplicación en cada cultivo, así como tener en cuenta las condiciones edafoclimáticas en que ellos se desarrollaban (3).

Teniendo en cuenta lo antes expuesto y la necesidad de incrementar la producción arrocería en el país, se realizó el presente trabajo, con el objetivo de estudiar el efecto que produce sobre el rendimiento y otras variables

Ms.C. R. Morejón y Ms.C. Sandra H. Díaz, Investigadores Agregados de la Estación Experimental del Arroz «Los Palacios»; Dr.C. Miriam Núñez, Investigador Titular del Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal; Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, CP 32 700.

✉ palacios@inca.edu.cu

del arroz el BB 6, formulación a base de un análogo de brasinoesteroides, determinando la dosis y los momentos de aplicación del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en áreas de la Estación Experimental del Arroz "Los Palacios", perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso (4). Las características químicas de este suelo aparecen en la Tabla I.

Tabla I. Propiedades químicas del suelo donde se realizaron los experimentos

Determinaciones	Valores	Métodos
Materia orgánica	3.29	Walkley-Black
Fósforo asimilable P (ppm)	63.0	Oniani (extracción con H ₂ SO ₄), 0.1N
Potasio asimilable K (cmol.kg ⁻¹)	0.21	Oniani (extracción con H ₂ SO ₄), 0.1N
Calcio intercambiable Ca (cmol.kg ⁻¹)	18.3	Maslova (CH ₃ COONH ₄), pH 7, 1N
Magnesio intercambiable Mg (cmol.kg ⁻¹)	2.7	Maslova (CH ₃ COONH ₄), pH 7, 1N
pH (H ₂ O)	6.2	Potenciométrico

Todas las técnicas utilizadas se encuentran descritas en el manual de técnicas analíticas para los análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos (5).

El experimento se desarrolló durante las campañas, frío 1999-2000 y primavera 2000, y las siembras se efectuaron los días 15 de diciembre y 22 de julio respectivamente, empleándose en ambos casos la variedad INCA LP-2. Para su distribución en el campo se empleó un diseño Completamente Aleatorizado con tres repeticiones en parcelas de 9 m².

Las atenciones fitotécnicas se efectuaron siguiendo las orientaciones de los Instructivos técnicos para el cultivo del arroz (6).

La formulación utilizada, conocida como BB 6, es producida en el Centro de Estudios de Productos Naturales de la Facultad de Química de la Universidad de La Habana. Los tratamientos comparados se describen en la Tabla II.

Tabla II. Relación de los tratamientos empleados según las dosis de BB 6 y sus momentos de aplicación

Tratamiento	Dosis (mg.ha ⁻¹)	Momento I	Dosis (mg.ha ⁻¹)	Momento II
1 (Control)	0	---	0	---
2	10	Ahijamiento activo	10	Inicio de paniculación
3	25	Ahijamiento activo	25	Inicio de paniculación
4	10	Inicio de paniculación	10	Llenado del grano
5	25	Inicio de paniculación	25	Llenado del grano
6	50	Ahijamiento activo	50	Inicio de paniculación

Las aspersiones se hicieron manualmente, utilizando una mochila SUPERAGRO de 16 litros de capacidad y con boquilla de cono a presión constante en el horario comprendido entre las 9 y 10 a.m., asperjándose el follaje hasta que este estuvo bien humedecido.

En la cosecha se evaluaron los siguientes caracteres:

- ⇒ altura final (cm)
- ⇒ longitud de la panícula (cm)
- ⇒ paniculas/m²
- ⇒ peso de 1000 granos (g)
- ⇒ granos llenos/panícula
- ⇒ granos vanos/panícula
- ⇒ rendimiento agrícola (t.ha⁻¹)

Las metodologías empleadas para evaluar los caracteres altura final y longitud de la panícula fueron el Sistema de Evaluación Estándar (7) y el Formulario de Descripción Varietal para Arroz (8). Para la determinación del rendimiento agrícola y sus componentes se utilizó el sistema tradicional empleado en el cultivo del arroz (9, 10). Las paniculas por m² se muestrearon una vez por parcela, en un marco de 0.1 m². Los restantes componentes (granos llenos/panícula y peso de 1000 granos) se determinaron en 20 paniculas centrales tomadas al azar y el rendimiento agrícola del cultivo fue calculado en un área de 1 m².

Se realizó un análisis de Varianza de Clasificación Simple y se docimaron las medias por pruebas de Rangos Múltiples de Duncan para cada una de las campañas estudiadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Campaña frío 1999-2000. En la Figura 1 se muestra el comportamiento del rendimiento agrícola de esta campaña. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos donde se aplicó el BB 6 con respecto al testigo, destacándose el tratamiento 3 con incrementos de más del 33 %.

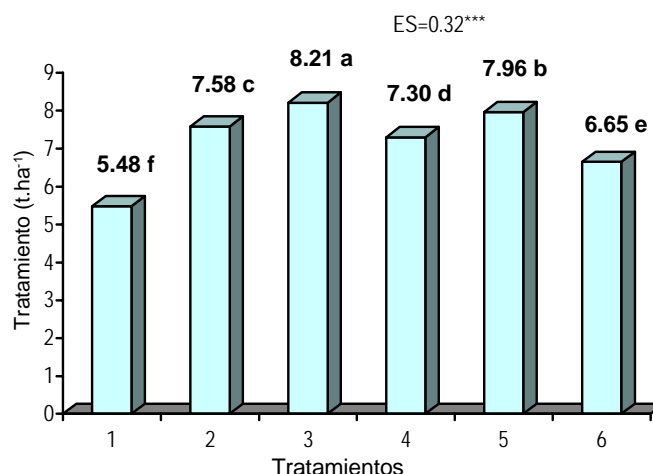


Figura 1. Influencia del BB 6 en el rendimiento agrícola de la variedad de arroz INCA LP-2 en la campaña de frío 1999-2000

Otros autores señalan que la aplicación de este producto en el cultivo de la cebolla provoca un aumento en el rendimiento entre un 20-30 % (11).

La utilización de los brasinoesteroides en la agricultura moderna gana terreno de manera creciente, teniendo en cuenta sus características de hormonas antiestrés y su efecto intensificador del crecimiento, desarrollo y fructificación, a partir de dosis muy reducidas que la hacen compatible con las tendencias actuales orientadas hacia formas sostenibles y ecológicas de la intensificación de la producción. Además, el efecto de los brasinoesteroides en el crecimiento vegetal es particularmente fuerte en condiciones adversas de crecimiento (temperaturas subóptimas y salinidad), por lo que pueden llamarse hormonas antiestrés (12).

El otro carácter donde se encontraron diferencias significativas entre tratamientos fue en las panículas por metro cuadrado (Tabla III). En este caso, todos fueron superiores al control, resultando ser el tratamiento 3 la mejor variante. De igual forma otros autores, al utilizar el análogo de brasinoesteroide BIOBRAS 16, encontraron que este fue el componente del rendimiento que más influencia ejerció (13).

Tabla III. Influencia del BB 6 en algunos caracteres de la variedad de arroz INCA LP 2 en la campaña de frío 1999-2000

Tratamientos	Longitud de la panícula	Altura final	Panículas/m ²	Granos		Peso 1000 granos
				llenos/panícula	vanos/panícula	
1	23.58	104.1	259.1 d	96.0	7.33	27.00
2	23.42	106.3	341.3 c	101.3	11.0	27.77
3	23.25	102.3	437.6 a	98.0	14.67	27.53
4	23.28	101.3	388.5 b	93.3	10.0	28.80
5	23.87	103.5	391.4 b	102.7	10.67	28.30
6	23.38	104.0	371.2 c	97.7	13.3	26.50
ES	0.59 ns	1.80 ns	26.46***	4.6 ns	2.98 ns	0.61 ns

Medias con letras comunes no difieren significativamente para $p < 0.05$

Además, en otros trabajos, en el cultivo de la habichuela, se encontraron también diferencias significativas para las vainas por planta, siendo el testigo el de menor valor. Tampoco hallaron diferencias estadísticas entre tratamientos para el número de granos por vaina (2).

Por otra parte, se ha señalado en otras publicaciones que los brasinoesteroides estimulan la actividad fotosintética expresada por una aceleración en la fijación del CO₂, incrementando la biosíntesis de proteínas y el contenido de azúcares reductores. Asimismo, la influencia de estos en la translocación de asimilatos en plantas de arroz ha sido también demostrada (14).

En Venezuela, donde el producto se denomina BIOCRECE, se ha asperjado en cultivos tales como: algodón, maíz, arroz, café, sorgo en cantidades que oscilan entre 10 y 20 mg.ha⁻¹, obteniéndose incrementos en los rendimientos que oscilan entre el 7-40 % (15).

De esta forma, teniendo en cuenta estos resultados, se corroboró que la mejor respuesta se obtuvo al utilizar la dosis total de 50 mg.ha⁻¹ con aplicaciones en las fases de ahijamiento activo e inicio de paniculación.

Campaña primavera 2000. Al igual que en la campaña anterior, todos los tratamientos en los cuales se aplicó el BB 6 fueron superiores significativamente al testigo (Figura 2). En este caso se destacó el tratamiento donde se aplicaron dosis de 25 mg.ha⁻¹ en las fases de inicio de paniculación y llenado del grano.

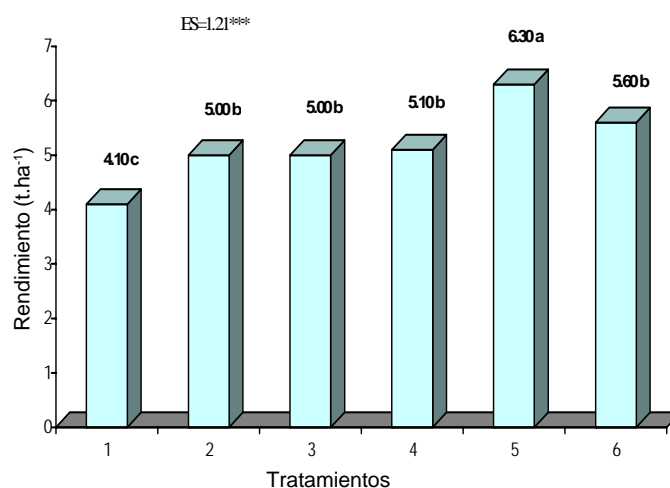


Figura 2. Influencia del BB 6 en el rendimiento agrícola de la variedad de arroz INCA LP 2 en la campaña de primavera 2000

Las respuestas a los brasinoesteroides incluyen efectos sobre la elongación, la división celular, el desarrollo vascular y reproductivo, la polarización de la membrana y el bombeo de protones, las relaciones fuente/sitio de consumo y la inducción de resistencia contra estrés biótico y abiótico, además, interactuando con las señales ambientales y afectando el desarrollo de insectos y hongos (16, 17).

En la Tabla IV los análisis estadísticos detectaron, excepto en la longitud de la panícula, altura final y granos llenos por panícula, diferencias significativas para los demás caracteres.

Algunos autores han informado la efectividad del uso de brasinoesteroides en relación con la aceleración del crecimiento y rendimiento de diferentes cultivos, lo que evidencia su efecto promotor en el crecimiento vegetal (18, 19). Sin embargo, en esta ocasión no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos para el carácter altura final, como han informado otros autores, para esta campaña, donde se utilizó el análogo de brasinoesteroide cubano BIOBRAS 16 (13).

Se debe señalar que en la variable número de panículas/m², al igual que en la campaña anterior, el producto ejerció un efecto positivo, siendo este el único componente del rendimiento donde aparecen diferencias significativas en ambas épocas, destacándose el tratamiento 5 como el de mejor resultado.

Tabla IV. Influencia del BB 6 en algunos caracteres de la variedad de arroz INCA LP-2 en la campaña de primavera 2000

Tratamientos	Longitud de la panícula	Altura final	Panículas/m ²	Granos llenos/panícula	Granos vanos/panícula	Peso 1000 granos
1	19.53	69.27	200.0d	71.0	36.67 a	25.3 b
2	20.00	68.87	250.0 c	75.0	25.00 c	27.2 a
3	20.33	69.13	260.0 b	78.0	28.00 bc	27.0 a
4	19.50	69.50	250.0 c	76.0	30.00 b	27.3 a
5	19.83	70.20	280.0 a	75.0	27.00 bc	26.43 a
6	20.07	64.60	250.0 c	76.0	26.00 c	27.5 a
ES	0.53 ns	1.46 ns	2.164***	2.97 ns	1.386***	0.218***

Medias con letras comunes no difieren significativamente para $p < 0.05$

En investigaciones similares en el cultivo del frijol, se observó una diferencia significativa en cuanto al número de vainas por planta en los diferentes tratamientos evaluados, no siendo así en el número de granos por vaina (11).

En arroz, otros autores plantean que el biorregulador BB 6 resulta efectivo para incrementar el rendimiento agrícola. Estos encontraron que el cambio de primordio y dosis entre 10 y 100 mg.ha⁻¹ constituyen el momento de aplicación y el rango más adecuado para efectuar la aplicación independientemente de la época de siembra (20).

Asimismo, se conocen los efectos que la Homobrasinólida y otros brasinoesteroides ejercen sobre el crecimiento y la productividad del arroz, la estimulación del metabolismo de las plantas, el crecimiento y el incremento del rendimiento en grano. Este último ha sido atribuido a la capacidad de estos para aumentar el número de granos por panícula, ya que mejora la fertilidad de las espiguillas así como el tamaño de los granos por la estimulación que se produce en la translocación de los fotosintatos a los granos (21).

A diferencia de la época de frío, en esta campaña se notó un efecto del producto en la disminución del número de granos vanos por panícula, siendo los tratamientos 2, 3, 5 y 6 los de mejor respuesta.

En otros cereales como el trigo, la aplicación de la epibrasinólida a una concentración de 0.01 ppm disminuyó el contenido de carbohidratos en la hoja bandera, lo que puede sugerir que este compuesto facilita el transporte de las hojas a las panículas (22).

Para la variable peso de 1000 granos, los tratamientos en que se aplicó BB 6 fueron superiores al control, no existiendo diferencia estadística entre ellos. En cuanto al peso del grano se conoce que es un carácter muy estable en buenas condiciones de cultivo y depende fundamentalmente de la variedad (23).

De forma general y teniendo en cuenta los resultados del trabajo, se puede confirmar la efectividad del BB 6 como estimulador del rendimiento agrícola en el cultivo del arroz, concluyéndose que la dosis total de 50 mg.ha⁻¹ fue la más efectiva en las dos campañas de siembra, siendo las mejores respuestas de las plantas en las fases de ahijamiento activo e inicio de paniculación, en frío, e inicio de paniculación y llenado del grano, en primavera.

REFERENCIAS

- Coll, D. /et al./ Efecto en la germinación y el crecimiento de cinco especies de hortalizas de dos análogos de brasinoesteroides. En: Taller de Productos Bioactivos. Programa y resúmenes. Congreso Científico. (2, 13:2002 nov. 12-15:La Habana), p. 114.
- Cuñarro, R. /et al./ Influencia de diferentes dosis y momentos de aplicación del Biobras-16 en el cultivo de la habichuela. En: Taller de Productos Bioactivos. Programa y resúmenes. XIII Congreso Científico. 2, 13:2002 nov. 12-15:La Habana), p. 111.
- Núñez, M. Reseña bibliográfica. Aplicaciones prácticas de los brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. *Cultivos Tropicales*, 1999, vol. 20, no. 3, p. 63-72.
- Cuba. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana : Agrinfor, 1999. 64 p.
- Paneque, V. M.; Calaña, J. M.; Calderón, M.; Caruncho, M.; Hernández, Y. y Borges, Y. Manual de técnicas analíticas para el análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas. La Habana. 2001.
- Cuba. MINAGRI. Instructivo técnico del arroz. La Habana: Instituto de Investigaciones del Arroz, 2000.
- IRRI. Standard Evaluation System for Rice. Cuarta Edición. Filipinas. 51 p. 1996.
- MINAGRI. Formulario de descripción varietal para Arroz (*Oryza sativa* L.). Dirección de Certificación de Semillas. Registro de Variedades Comerciales. 12 p. 1998.
- Díaz, S. H.; Pérez, N. y Morejón, R. Evaluación de germoplasma de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 2000, vol. 21, no. 2, p. 55.
- Díaz, S. H.; Castro, R. y Morejón, R. Caracterización morfoagronómica de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 2000, vol. 21, no. 3, p. 81-86.
- Limeres, T. /et al./ Efectos del Biobras 16 en los cultivos de frijol común y cebolla en suelos afectados por sales del valle de Guantánamo, Cuba. En: Taller de Productos Bioactivos. Programa y resúmenes. Congreso Científico. (2, 13:2002 nov 12-15:La Habana), p. 114.
- Núñez M.; Torres, W. y Coll, F. Efectividad de los análogos de brasinoesteroides sobre el rendimiento de plantas de tomate y papa. *Cultivos Tropicales*, 1995, vol. 16, no. 1, p. 26-27.
- Díaz, S. H.; Núñez, M. y Morejón, R. Efecto del BIOBRAS 16 sobre el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). En: Taller de Productos Bioactivos. Programa y resúmenes. Congreso Científico. (2, 13: 2002 nov. 12-15:La Habana), p. 112.

14. Fujii, S. y Saka, H. Growth regulating action of brassinolide on plants. II. Effect of brassinolide on the translocation of assimilate in rice plants during the ripening stage. *Jpn. J. Crop Sci.* 1992, vol. 61, p. 193-196.
15. Robaina, C. Algunos resultados de la aplicación de BIO-CRECE en la agricultura venezolana. En: Seminario Científico. (11: 1998 nov. 17-20: La Habana). p. 132.
16. Sasse, J. M. Recent progress in brassinosteroid research. *Physiol. Plant.*, 1997, vol. 100, p. 696-701.
17. Díaz, C. L.; Spaink, H. P. y Kijne, J. W. Heterologous rhizobial lipochitin oligosaccharides and chitin oligomers induce cortical cell divisions in red clover roots, transformed with the ectin gene. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 2000, vol. 13, no. 3, p. 268-276.
18. Núñez, M.; Torres, W. y Coll, F. Effectiveness of a synthetic brassinosteroid on potato and tomato yields. *Cultivos Tropicales*, 1995, vol. 16, no. 1, p. 26-27.
19. Salinas, A. R. /et al./ Evaluación de la actividad biológica de distintos brasinoesteroides. *Turrialba*, 1994, vol. 44, no. 4, p. 220-226.
20. Franco, I. Efecto del análogo de brasinoesteroides BIOBRAS 6 sobre el crecimiento y desarrollo en dos variedades de arroz. Memorias, En: Encuentro Internacional de arroz. (2:2002:La Habana).
21. Ramraj, V. M.; Vyas, B. N.; Godrej, N. B.; Mistry, K. B.; Swami, B. N. y Singh, N. Effects of 28-homobrassinolide on yields of wheat, rice, groundnut, mustard, potato and cotton. *Journal of Agricultural Science*, 1997, vol. 128, p. 405-413.
22. Núñez, M. y Robaina, M. C. Brasinoesteroides: nuevos reguladores del crecimiento vegetal con amplias perspectivas para la agricultura. IAC, 2000. 83 p.
23. López, L. Arroz. Cultivos Herbáceos. Cereales. Madrid : Ed. Mundi-Prensa, 1991, p. 419.

Recibido: 28 de noviembre de 2002

Aceptado: 10 de junio de 2003

Cursos de Verano

Precio: 320 USD

Biología de la productividad de las plantas
en condiciones de estrés abiótico

Coordinador: Dra.C. Inés Reynaldo Escobar

Fecha: 23 al 27 de agosto

SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación, Servicios Informativos
y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba. CP 32700
Telef: (53) (64) 6-3773
Fax: (53) (64) 6-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu