

Efecto de un brasinoesteroide sintético (DAA-6) sobre el crecimiento del vástago y las raíces de la caña de azúcar.

Patricia Ortega-Rodés, Rosa Rodés García, Eduardo Ortega Delgado, Loiret Fernández García, Milagros Diez-Cabezas y Victoriano García.

Laboratorio de Fisiología Vegetal, Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Biología, Universidad de la Habana; Avenida de la Universidad entre Calle G y Calle Ronda, S/N, Habana 4, Cuba.
Teléfono: 878 4152, portega@fq.uh.cu, patriciaortegarodes@yahoo.com

Recibido: 1 de abril de 2002

Aceptado: 5 de noviembre de 2002

Palabras clave: caña de azúcar, brasinoesteroides, reguladores del crecimiento, crecimiento de vástago y raíces, enraizamiento.

Key words: sugarcane, brassinosteroid, plant-growth regulator, shoot and root growth, rooting.

RESUMEN: Los brasinoesteroides fueron aceptados en 1996 como una nueva clase de reguladores del crecimiento vegetal. La información sobre sus efectos en el crecimiento y el desarrollo de la caña de azúcar es prácticamente inexistente, y en otras especies hay muy pocos trabajos sobre la relación dosis-respuesta de este novedoso regulador. Sus concentraciones naturales son muy bajas, entre 10^{-7} y 10^{-1} ppm, dependiendo del tejido; sin embargo los análogos de brasinoesteroide producidos en Cuba se han aplicado, fundamentalmente en el campo, en concentraciones relativamente grandes (1 a 0,01 ppm). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del análogo de brasinoesteroide DAA-6 (BIOBRAS-6) sobre el crecimiento de vástagos y raíces de caña de azúcar, y determinar las relaciones entre la concentración y las respuestas del crecimiento de éstos. Para el trabajo se escogió una variedad de caña de azúcar (Ja 60-5) con dificultad para el enraizamiento. Nudos del tercio superior de la caña se sumergieron todo el tiempo del experimento en soluciones de DAA-6 de diferentes concentraciones (1 a 10^{-6} ppm) y un control con agua. Se midió la cinética de aparición de raíces, el largo total de las raíces por nudo y el crecimiento de los vástagos. El efecto estimulador máximo sobre el crecimiento de las raíces y los vástagos a los 10 días, ocurrió a concentraciones de 10^{-6} y 10^{-4} ppm, respectivamente. El número de raíces emitidas por los nudos incrementó en todos los tratamientos con respecto al control, con el máximo a la menor concentración ensayada: 10^{-6} ppm. Los tratamientos con DAA-6 adelantaron en el tiempo la emisión de raíces con respecto al control. Se discute que el efecto estimulante del DAA-6 sobre el crecimiento de las raíces y los vástagos de la caña de azúcar pudiera estar relacionado con su acción sobre las enzimas xiloglucano endotransglicosidasas y el incremento de la permeabilidad de las membranas al paso del agua.

ABSTRACT: Brassinosteroid were accepted in 1996 as a new class of plant growth regulators. Information about its effects on sugarcane growth and development is scarce; moreover there are few reports about the dose-effect relationship even for other plant species. The natural concentrations of this plant growth regulator are very low, between 10^{-7} and 10^{-1} ppm depending on the tissue; however, the analogues of brassinosteroid produced in Cuba, have been used for field application at relatively large

concentrations (1-0,01 ppm). The objective of this paper is to find out the effect of the DAA-6 (BIOBRAS-6) on the sugarcane root and shoot growth and to determine the effect of concentration on growth. A Cuban sugarcane variety (Ja 60-5) with difficulties for rooting was selected for the experiments. Nodes from the upper third of the cane were soaked in DAA-6 solutions different in concentration (1 to 10^{-6} ppm); a control with distill water was used. The kinetic of rooting, total root length per node and shoot height were measured. The maximum stimulation effect on root and shoot growth, after ten days of treatment, was found to occur at 10^{-6} and 10^{-4} ppm respectively. The root emission per node increased with all treatment with a maximum at the lowest concentration assayed: 10^{-6} ppm. Rooting was earlier with all DAA-6 treatments. It is discussed that the stimulating effect of DAA-6 on sugarcane root and shoot growth could be due to its effect on the activity of xyloglucan endotransglycosylases and the in-crease of the cell membranes permeability to water.

INTRODUCCIÓN

Los brasinoesteroides son sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas, que se encuentran de forma

natural en la mayoría de las especies. Según Mandava,¹ estas sustancias tienen un amplio efecto bioquímico y fisiológico, destacando entre éstos la acción de promover el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los brasinoesteroides se encuentran presentes en casi todos los órganos de plantas superiores. Las concentraciones en los tejidos varían desde muy pequeñas en las hojas (0,0005 hasta 30 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), hasta superiores en el polen (5 hasta 190 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Aunque se ha planteado que existe muy poca información sobre la presencia y efecto de estos compuestos en las raíces,^{2,3} recientemente Kim y col.⁴ encontraron la presencia de catasterona, un tipo de brasinoesteroide, a una concentración de 0,3 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de peso fresco en raíces de maíz.

Coll y col.⁵ en la Universidad de la Habana, han sintetizado análogos de brasinoesteroides, entre los cuales se encuentra el DAA-6, comercialmente conocido como BIOBRAS-6. Varias investigaciones en Cuba han revelado el efecto beneficioso de estas sustancias sobre el rendimiento de plantas cultivadas como la toronja,⁶ el tabaco,⁷ y el arroz.⁸ Algunos resultados también se han reportado sobre el efecto de este bioregulator sobre el crecimiento de las plantas de arroz⁹ y de tomate.¹⁰

Clouse y Sasse¹¹ plantean un efecto inhibitorio de los brasinoesteroides sobre la extensión de las raíces primarias y la formación de las raíces laterales, con promoción de la elongación a concentraciones del orden picomolar. Según Katsumi y col.³ el brasinólido puede estimular la elongación de los pelos radicales, pero no encontraron efecto de la concentración en el rango examinado desde 0,1 nmol/L hasta 1 $\mu\text{mol/L}$, y plantean que éste debe observarse para niveles menores de 0,1 nmol/L.

El efecto de los brasinoesteroides sobre el crecimiento de la caña de azúcar es un tema muy escaso, tanto nacional como internacionalmente.

La mayoría de los reportes indican una acción inhibitoria de los brasinoesteroides en el crecimiento de las raíces de diferentes especies

de plantas, sin embargo de la Fé y col.¹² reportaron un efecto auxínico con estimulación en la fase de enraizamiento de cultivos *in vitro* de caña de azúcar. Esto implicaría un potencial beneficio si se pudiera utilizar este producto nacional en una de las fases del proceso productivo de las biofábricas.

Dada la escasa información que existe sobre la acción de los brasinoesteroides en el crecimiento de la caña de azúcar, la contradicción que se presenta entre la literatura cubana y la internacional sobre este aspecto, y el beneficio que representaría para el cultivo un mejor desarrollo de sus órganos, el objetivo de este trabajo es evaluar en una variedad de caña de azúcar con dificultades para el enraizamiento, el efecto del análogo sintético de brasinoesteroide DAA-6 (BIOBRAS-6) sobre las primeras fases del crecimiento de raíces y vástagos en condiciones *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos tomando al azar nudos de la mitad superior de tallos de caña de azúcar de la variedad Ja 60-5. Al cortar los nudos se les dejó parte del entrenudo a ambos lados, para una longitud total de la porción muestreada de aproximadamente cinco centímetros. Los trozos se colocaron en recipientes adecuados con una cantidad de solución de distintas concentraciones de DAA-6 de manera tal que los nudos estuvieran cubiertos con la disolución, pero que la yema quedara en la superficie del líquido. Se trabajó a temperatura ambiente y luz difusa, con un fotoperíodo en concordancia con las condiciones naturales de luz y oscuridad para la época del año (mes de enero).

En el primer experimento se hicieron seis réplicas para cada concentración, utilizando soluciones de 10^{-2} y 10^{-1} ppm y un segundo experimento con cinco réplicas para cada concentración, utilizando 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} ppm. En ambos casos hubo un control con agua destilada.

Periódicamente, se realizaron mediciones del largo de las raíces y de los vástagos, utilizando una regla

graduada en milímetros. En el caso de las raíces, se determinó periódicamente la cantidad de ellas que iban emergiendo en la medida que transcurrió el experimento.

Los análisis estadísticos (prueba de Levene para homogeneidad de varianzas, ANOVA, prueba de Duncan) se hicieron según el programa STATISTICA, versión 4.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El DAA-6 a concentraciones entre 10^{-6} y 10^{-3} ppm tuvo efectos estimuladores sobre el crecimiento de las raíces, observándose un mayor crecimiento (464 %) a la concentración de la solución externa de 10^{-6} ppm. A mayores concentraciones, se observó una disminución de la estimulación del crecimiento de las raíces, teniendo los tratamientos una acción no estimuladora a partir de 10^{-2} ppm. (Fig. 1)

Generalmente se plantea¹³ que los brasinoesteroides provocan la inhibición del crecimiento de las raíces, sin embargo, estos resultados indican una estimulación del crecimiento a concentraciones entre 10^{-6} y 10^{-3} ppm. Tsurumi y col.¹⁴ en plántulas de *Arabidopsis* obtuvieron un crecimiento máximo de las raíces con aplicación exógena de brasinólido a concentración de 1 nmol/L, (equivalente a $5 \cdot 10^{-4}$ ppm), pero ya una concentración 100 nmol/L de brasinólido ($5 \cdot 10^{-2}$ ppm) resultó inhibitoria de la elongación de las raíces. En la única publicación encontrada del uso de brasinoesteroides en caña de azúcar,¹² los autores reportan en condiciones *in vitro*, un efecto estimulante en la fase de enraizamiento con la aplicación de concentraciones de BIOBRAS-6 y BIOBRAS-16 del orden de 10^{-2} ppm, pero en dicho trabajo la evaluación del crecimiento de raíces sólo fue cualitativa. Este orden de concentración de brasinoesteroide en nuestro experimento no resultó estimulante para el crecimiento de las raíces, sin embargo, la comparación es difícil, ya que en el trabajo referido¹² no se cuantificó el efecto de los brasinoesteroides sobre la elongación celular.

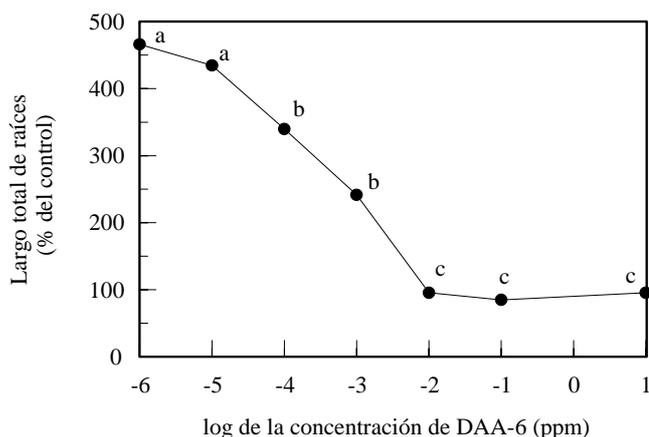


Figura 1. Efecto de la concentración de DAA-6 sobre la longitud total de las raíces del nudo a los 10 d de tratamiento. Variedad Ja 60-5, (n = 5-6). ESx = 11,50. Letras distintas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Duncan

El brasinoesteroide aplicado también influyó sobre el crecimiento de los vástagos. La curva dosis-respuesta es en forma de campana (Fig. 2), con efectos inhibitorios del crecimiento a las menores (10^{-6} y 10^{-5} ppm) y a las mayores (10^{-2} y 10^{-1} ppm) concentraciones ensayadas. A concentraciones intermedias (10^{-4} y 10^{-3} ppm), se observa claramente un efecto estimulante, llegando a ser de aproximadamente 160 %. En la literatura se reporta que la aplicación foliar de BIOBRAS-16 en plántulas de café¹⁵ provocó el mayor crecimiento de las plántulas a la concentración $5 \cdot 10^{-2}$ ppm. En este experimento estas concentraciones de BIOBRAS-6, sin embargo, resultaron ligeramente inhibitorias del crecimiento de los vástagos en caña de azúcar.

Estos resultados sobre el efecto del brasinoesteroide DAA-6 en el crecimiento de raíces y vástagos de caña de azúcar, arrojan comportamientos típicos de los efectos de otros reguladores del crecimiento de las plantas, en los cuales ciertas concentraciones favorecen el crecimiento y otras tienen efectos inhibitorios. Las formas de las curvas son semejantes a los reportados por Devlin¹⁶ sobre el efecto auxínico en el crecimiento de raíces, tallos y yemas. Los procesos fisiológicos involucrados en la acción de hormonas como las auxinas, las giberelinas, etc. se han estudiado desde hace muchos años, pero no fue hasta 1996 que los brasinoesteroides se reconocieron como la sexta clase de hormonas vegetales,¹¹ por lo que hay menos reportes de estudios sobre sus efectos fisiológicos.

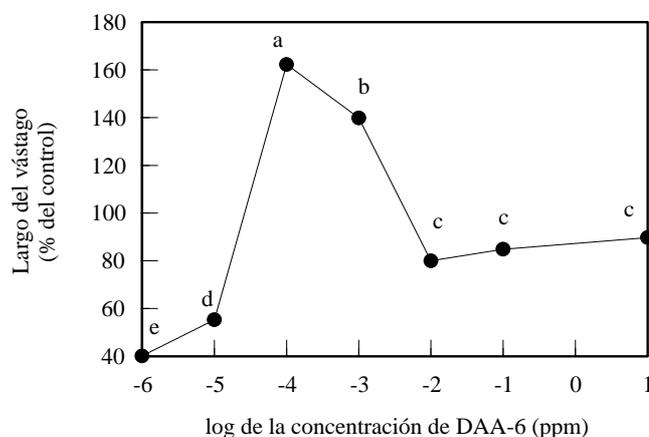


Figura 2. Efecto de la concentración de la solución de DAA-6 sobre el largo alcanzado por los vástagos de las plántulas de la variedad Ja 60-5, a los 10 d de tratamiento (n = 5-6). ESx = 3,25. Letras distintas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Duncan.

La respuesta dosis-efecto encontrada sobre el crecimiento de raíces y vástagos de la caña de azúcar ante la aplicación exógena de DAA-6 indica su influencia en la elongación celular. La enzima xiloglucano endotransglucosidasa (XET) está implicada en el necesario aflojamiento de la pared durante la elongación celular¹⁷ y se ha identificado un gen (BRU1) que codifica para la proteína XET, cuyos niveles de expresión en tallos de soja son regulados por brasinoesteroides.¹⁸ Se ha planteado¹⁹ que en las gramíneas los xiloglucanos no son las principales hemicelulosas de la pared celular, sin embargo, se han aislado²⁰ del arroz genes que codifican para las XET. Un mecanismo similar pudiera operar en caña de azúcar.

El efecto estimulador del brasinoesteroide DAA-6 sobre el crecimiento de vástagos y raíces de caña pudiera estar dado por su acción sobre los genes que codifican para las XET, además del efecto que pueda tener sobre la permeabilidad de las membranas celulares al agua. Morillon y col.²¹ encontraron que el brasinólido modifica, incrementando, las propiedades del transporte del agua en las membranas celulares. La entrada de agua a la célula es una condición necesaria para que ocurra la elongación celular. El crecimiento detectado en este experimento, sólo puede ser posible por un incremento irreversible del volumen de la célula, por lo que, el brasinoesteroide DAA-6 pudiera influir sobre el aflojamiento de las paredes celulares y favorecer la permeabilidad de las membranas al agua.

Las diferencias en los patrones de respuesta del crecimiento de los vástagos y raíces a las distintas concentraciones de DAA-6 puede estar relacionado con la interacción detectada entre los brasinoesteroides y las giberelinas (GA_3).²⁰ Dos de los genes (OsXTR1 y OsXTR3) que regulan la expresión de las enzimas XET en arroz pueden ser inducidos por brasinoesteroides solamente cuando GA_3 está presente. La distribución endógena heterogénea de las giberelinas²² o de los propios brasinoesteroides²⁻⁴ en los tejidos de las plantas pudiera ser la causa de las diferencias del efecto de las concentraciones de DAA-6 sobre el

crecimiento de vástagos y raíces de la caña de azúcar, aspecto que requeriría demostración en el futuro.

Las distintas concentraciones de DAA-6 también tuvieron efecto sobre el número de raíces que emergieron de los primordios radicales. Se observa (Fig. 3) para casi todas las concentraciones, un efecto estimulante, siendo éste máximo para la menor concentración (10^{-6} ppm).

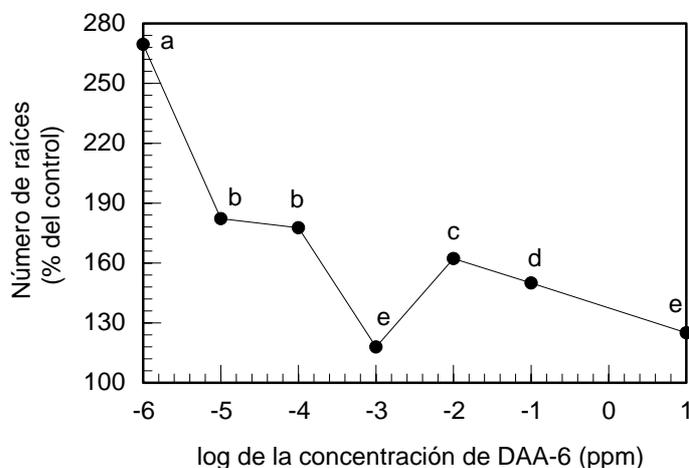


Figura 3. Efecto de la concentración de DAA-6 en la disolución sobre el número de raíces emergidas por nudo, en la variedad Ja 60-5, a los 10 d de tratamiento (n = 5-6). ESx = 3,44. Letras distintas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Duncan.

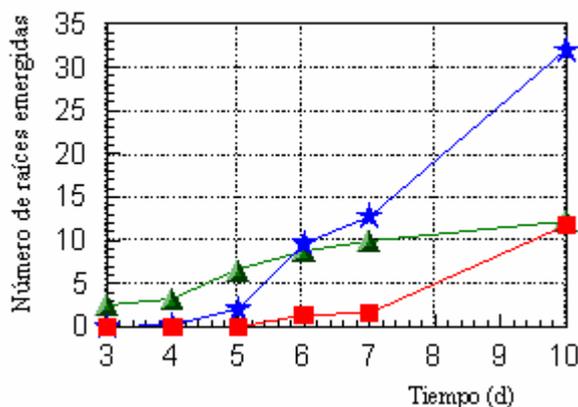


Figura 4. Cinética de emisión de raíces del nudo en la variedad Ja 60-5 de caña de azúcar, en dependencia de la concentración (ppm) de DAA-6 de la disolución en la cual se colocaron los nudos para la brotación. Control —■—; 10^{-6} —★—; 10^{-3} —▲—.

El efecto positivo del brasinoesteroide sobre el crecimiento de raíces a partir de los primordios radicales puede también estar relacionado con la presencia de la enzima XET. El único trabajo que hemos encontrado donde se busca el efecto de los brasinoesteroides sobre la aparición de raíces adventicias es el de Sasse y Sasse,²³ quienes no encontraron efecto estimulante al disminuir la concentración de 24-epibrasinólido desde 10^{-6} hasta 10^{-9} mol/L; por otro lado Vissenberg y col.,²⁴ encontraron que durante la iniciación de los pelos radicales, se detecta en la zona de elongación un claro incremento de la acción de las xiloglucano endotransglucosidasas. El incremento de las XET esta altamente localizado en los sitios de futuras protuberancias, donde los tricoblastos aflojan localmente sus paredes celulares. En la iniciación de los pelos radicales, los tricoblastos (subconjunto de células epidérmicas a partir de las cuales

emergen los pelos radicales),²⁵ pierden localmente la pared celular y comienza una expansión altamente localizada. Las XET desempeñan un importante papel en las primeras etapas de iniciación de los pelos radicales, las mismas pudieran también estar involucradas en la iniciación de las raíces del nudo de la caña de azúcar.

Aunque no se ha encontrado en la literatura científica internacional y nacional trabajos directos que aborden este aspecto, nuestros resultados indican claramente que en esta variedad de caña de azúcar, el DAA-6 tiene efecto estimulante sobre la iniciación de raíces a partir de los primordios radicales.

La cinética de emisión de raíces del nudo, en dependencia de las concentraciones de DAA-6 fue otro factor evaluado en este trabajo (Fig. 4). La figura muestra solamente la respuesta a dos concentraciones de DAA-6, pero todas tuvieron un efecto estimulante. La mayor estimulación se obtuvo con la concentración de 10^{-6} ppm, la cual a los diez días provocó la emergencia del mayor número de raíces (33 por nudo). En la mayoría de los reportes cubanos sobre el uso de los análogos de brasinoesteroides como bioreguladores, las concentraciones empleadas son del orden de 0,01 a 1 ppm.^{7, 9, 10, 26-30} Estos resultados, sin embargo, indican que el DAA-6 es más efectivo a bajas (10^{-6} ppm) que a altas concentraciones. Aunque la mayoría de los trabajos citados anteriormente son de aplicación en campo, es importante destacar que en un taller sobre el uso de brasinoesteroides³¹ y en dos de biotecnología vegetal,^{32, 33} donde se presentó un número considerable de trabajos, sólo Rodríguez y col.³⁴ reportaron haber utilizado en *Glicine max* baja concentración (10^{-6} ppm) de brasinoesteroides durante la experimentación realizada. Es posible que las aplicaciones de campo den resultados positivos utilizando concentraciones relativamente altas, debido a que los productos sufren una dilución posterior, por las condiciones de macro-aplicación que se utilizan en el campo.

No se han encontrado en la literatura científica reportes de curvas de respuesta a la aplicación de brasinoes-

teroides en la caña de azúcar, sin embargo, en otras especies las mayores estimulaciones al crecimiento se han encontrado cuando se aplican en concentraciones muy bajas. Roddick y Guan² refieren que las mayores estimulaciones al crecimiento de las raíces en tomate y trigo se obtuvieron cuando se utilizaron concentraciones entre 10^{-5} y 10^{-12} ppm o aún menores; Sasse y Sasse²³ detectaron que el mayor crecimiento ocurrió en las raíces nuevas de esquejes de *Eucalyptus camaldulensis* cuando la concentración de 24-epibrasinólido (480, 69 g/mol) en la solución nutritiva era de 10^{-11} mol/L ($5 \cdot 10^{-10}$ ppm) y Katsumi y col.³ plantean que en el trébol las mayores estimulaciones ocurrieron a concentraciones de brasinólido (481 g/mol) menores de 0,1 nmol/L ($5 \cdot 10^{-5}$ ppm). Como se ha mostrado, los brasinoesteroides en general tienen efectos estimuladores a muy bajas concentraciones en distintas especies, lo cual está en correspondencia con lo encontrado en nuestro trabajo para la caña de azúcar.

Teniendo en cuenta las razones expuestas, sería adecuado que en el futuro los análogos de brasinoesteroides se prueben tanto *in vitro* como en el campo, a concentraciones del orden de las que produjeron máximas estimulaciones en este trabajo, o aún a concentraciones menores.

CONCLUSIONES

El brasinoesteroide DAA-6 influyó en el crecimiento de raíces y vástagos de la caña de azúcar, presentando estos órganos sus máximos crecimientos a concentraciones diferentes: 10^{-6} ppm para las raíces y 10^{-4} ppm para el vástago.

El número de raíces emitidas por el nudo incrementó al disminuir la concentración desde 1 hasta 10^{-6} ppm de DAA-6, siendo todos las concentraciones ensayadas estimulantes con respecto al control.

Todas las concentraciones ensayadas en los tratamientos con DAA-6 adelantaron en el tiempo la emisión de raíces con respecto al control.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mandava N.B. Brassinosteroids. In: Brassinosteroids. Chemistry, bioactivity and applications. American Chemical Society. Washington DC, 321-31, 1991.
2. Roddick J.G. and Guan M. Brassinosteroids and root development. In: Brassinosteroids. Chemistry, bioactivity and applications. American Chemical Society. Washington DC, 231-245, 1991.
3. Katsumi M., Izumu M., and Ridge R. W. Hormonal control of root hair growth and development. In: Root hairs. Cell and Molecular Biology. Springer-Verlag, Tokyo. 101-114, 2000.
4. Kim S.K., Chang S.C., Lee E.J., Chung W.S., Kim Y.S., Hwang S. and Lee J.S. Involvement of brassinosteroids in the gravitropic response of primary root of maize. **Plant Physiol**, **123**, 997, 2000.
5. Coll F. Brasinoesteroides. <http://www.fq.oc.uh.cu/investigacion/lpn/Brasinoesteroidesnew.html>, [Consulta: 2001].
6. García M.E., Pozo L. y Betancourt M. Influencia de los brasinoesteroides sobre la calidad de la toronja cv. Ruby en dos regiones del país. X Seminario Científico del INCA, (TB-E. 5), 1996.
7. Pita O., Cuellar A.Y., Coll F. y Robaina C. Influencia de un análogo de brasinoesteroide, DI-31, en el rendimiento y calidad del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). X Seminario Científico del INCA, (TB-E.11), 1996.
8. Franco I. Efectividad del brasinoesteroide DAA-6 en el cultivo del arroz. X Seminario Científico del INCA, (TB-P.3), 1996.
9. Mariña C., García D. Alonso E., Coll F., García B., Licea L. y Porra E. Influencia de análogos de brasinoesteroides en el crecimiento de plantas de arroz. X Seminario Científico del INCA, (TB-E.10), 1996.

10. Núñez M. y Echeverría I. Influencia de un análogo de brasinoesteroide en el crecimiento y la actividad metabólica de plantas jóvenes de dos cultivares de tomate. **Cultivos tropicales**, **17**, 26, 1996.
11. Clouse S.D. Molecular genetic studies confirm the role of brassinosteroids in plant growth and development. **The Plant Journal**, **10**, 1, 1996.
12. De la Fé C., Ortiz R. y Jiménez M. Aportes a la tecnología de micropropagación a la caña de azúcar aplicada en Cuba. Efecto de análogos de brasinoesteroides en la multiplicación, el enraizamiento y la adaptación de las vitroplantas. **Cultivos tropicales**, **19**, 45, 1998.
13. Clouse S.D., and Sasse J.M. Brassinosteroids: Essential regulators of plant growth and development. **Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol**, **49**, 427, 1998.
14. Tsurumi S., Ishizawa K., Rahman A., Soga K., Hoson T., Goto N., and Kamisaka S. Effects of Chromosaponin I and Brassinolide on the growth of roots in etiolated Arabidopsis seedlings. **J Plant Physiol**, **156**, 60, 2000.
15. Soto F., Tejada T. y Núñez M. Ensayo preliminar sobre el uso de brasinoesteroides en el café. X Seminario Científico del INCA, (TB-E. 8), 1996.
16. Devlin R.M. Fisiología Vegetal. La Habana, Editorial Pueblo y Educación, 340-343, 1979.
17. Nishitani K. The role of endoxyloglucan transferase in the organization of plant cell walls. **Int Rev Cytol**, **173**, 156, 1997.
18. Li J. and Chory J. Brassinosteroid actions in plants. **J Exp Bot**, **50**, 275, 1999.
19. Wu Y. and Cosgrove D.J. Adaptation of roots to low water potentials by changes in cell wall extensibility and cell wall proteins. **J Exp Bot**, **51**, 1543, 2000.

20. Uozu S., Tanaka-Ueguchi M., Kitano H., Hattori K., and Matsuoka M. Characterization of XET-related genes of rice. **Plant Physiol**, **122**, 853, 2000.
21. Morillon R., Catterou M., Sangwan R.S., Sangwan B.S. and Lassalles J.P. Brassinolide may control aquaporin activities in *Arabidopsis thaliana*. **Planta**, **212**, 199, 2001.
22. Bergfeld A., Bergmann R., and Sengbusch P.V. Botany online. <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e31/31d.htm>, 2001.
23. Sasse J.M. and Sasse J.M. Brassinosteroids and roots. **Proc Plant Growth Regul Soc Am**, **21**, 228-232, 1994.
24. Vissenberg K., Fry S.C and Verbelen J.P. Root hair initiation is coupled to a highly localized increased of xyloglucan endotransglycosylase action in *Arabidopsis* roots. **Plant Physiology**, **127**, 1125, 2001.
25. Leavitt R.G. Trichomes of the root in vascular cryptogams and angiosperms. **Proc Boston Soc Nat Hist**, **31**, 273-313, 1904.
26. Alfonso J.L. y Núñez M. BIOBRAS-16, nuevo modo de aplicación en hortalizas. **X Seminario Científico del INCA**, (TB-P.1), 1996.
27. Almenares G., Fajardo DG., Martínez Y., Ríos M., Prada R., Pozo L., Coll F., e Iglesias MA. Efecto del brasinoesteroide DAA-6 y del preparado esteroide CIDEF 4 sobre el cuajado de frutos de naranjas en las condiciones de la región oriental de Cuba. **X Seminario Científico del INCA**, (TB-E. 4), 1996.
28. Noriega C.M., Rodríguez N.N., Pozo L., Díaz M., Rodríguez M.E. Sánchez M. y Velázquez B. Posibilidades de empleo de brasinoesteroides como sustitutos de auxinas y citoquininas en el cultivo *in vitro*. **X Seminario Científico del INCA**, (TB-E. 20), 1996.
29. Jorge Y., Ricardo M., Camejo D. y Coll F. Efecto del Biobras-16 en habichuela china (*Vigna unguiculata* L. Walp) sobre algunos parámetros fisiológicos en estadios tempranos. Tratamiento salino. **XI Seminario Científico del INCA**, (PB-E.9), 1998.
30. Rodríguez T., Nuñez M. y Vento H. Utilización del Biobras 6 en el enraizamiento *in vitro* del plátano, una nueva alternativa para las Biofábricas cubanas. **XII Seminario Científico del INCA**, (BV-E.23), 2000.
31. INCA. Taller Brasinoesteroides. **X Seminario Científico del INCA**, 47, 1996.
32. INCA. Taller de Biotecnología Vegetal. **XI Seminario Científico del INCA**, 101, 1998.
33. INCA. Taller de Biotecnología Vegetal. **XII Seminario Científico del INCA**, 151, 2000.
34. Rodríguez J. B., Echemendía, D. y Urteaga, C. Optimización del cultivo *in vitro* y evaluación de brasinoesteroides sintéticos en callos de *Glycine max* (L.) Merr. **X Seminario Científico del INCA**, (TB-E. 21), 1996.

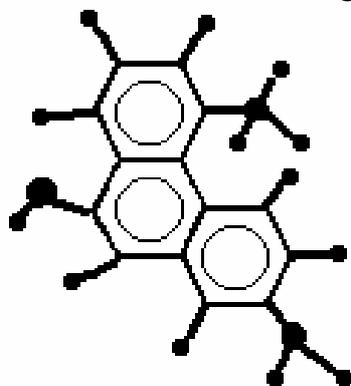
ANÁLISIS ELEMENTAL ORGÁNICO

SERVICIO ANALÍTICO

La Dirección de Química del Centro Nacional de Investigaciones Científicas le brinda su servicio de Análisis Elemental Orgánico.

Composición cuantitativa de C, H, N, S y halógenos en moléculas orgánicas.

Calidad garantizada en los análisis.



Precios moderados:

	USD
C/H (duplicado)	30.00
C/N (duplicado)	30.00
S (duplicado)	17.00
Cl, Br (duplicado)	17.00

Dirección de Química, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Ave. 25 y 158, Playa, Apartado postal 6990, Ciudad de La Habana, Cuba.

Teléfonos: 21 1235; 21 8066 ext. 294, E-mail: xray@infomed.sld.cu; marbot@quimica.cneuro.cu