



Efecto de la aplicación de Biobras-16 sobre el crecimiento y calidad de frutos de piña ‘MD-2’

Biobras-16 application effect on the growth and quality of pineapple fruits ‘MD-2’

^{ID}Gustavo Yasser-Lorente^{1*}, ^{ID}Diana Rodríguez-Hernández¹,
^{ID}Lázaro Camacho-Rajo¹, ^{ID}Carol Cristina Carvajal-Ortiz¹, ^{ID}Reinaldo De Ávila-Guerra²,
^{ID}Justo González-Olmedo¹, ^{ID}Romelio Rodríguez-Sánchez²

¹Laboratorio de Agrobiología, Centro de Bioplasmas. Universidad de Ciego de Ávila (UNICA) “Máximo Gómez Báez”. Ciego de Ávila. Cuba.

²UEB “Producción de piña”, Empresa Agroindustrial Ceballos. Ciego de Ávila. Cuba.

RESUMEN: Los bioestimulantes pueden aumentar los rendimientos en el cultivo de piña ‘MD-2’. El siguiente trabajo evaluó el efecto de la aplicación foliar de un análogo de brasinoesteroide (Biobras-16) en el crecimiento vegetativo de las plantas y en la calidad de los frutos de piña ‘MD-2’. Se aplicó un tratamiento foliar, quincenalmente (cinco aplicaciones), de Biobras-16 a 2,0 mg L⁻¹, a razón de un litro cada 160 plantas de cinco meses de edad y, posteriormente, a frutos de 90 días después de la inducción floral (DDIF). A los cinco meses de edad se seleccionaron 20 plantas al azar y se evaluó: la masa fresca de la planta (g), número de hojas, número de raíces y masa fresca, seca (g), longitud y ancho (cm) de la hoja “D”. Tres meses después de iniciado el experimento se evaluaron las mismas variables en cada tratamiento. A los 150 DDIF se realizaron análisis bromatológicos a 20 frutos al azar por tratamiento. El Biobras-16 incrementó la masa fresca de las plantas (402 g) y el número de raíces emitidas (20,4) y sin efectos en la emisión del nuevo follaje. En la hoja “D” se incrementó significativamente la masa fresca y longitud y disminuyó el ancho. La masa fresca de las coronas del tratamiento con Biobras-16 alcanzaron los mayores y significativos valores con respecto al control. No se observaron diferencias en las relaciones fruto/corona. Los análisis químicos no mostraron diferencias significativas. El Biobras-16 incidió positivamente en el crecimiento de las plantas y las coronas los frutos de piña ‘MD-2’, sin afectar las características químico-físicas evaluadas.

Palabras clave: *Ananas comosus*, brasinoesteroides, desarrollo, reguladores del crecimiento vegetal.

ABSTRACT: Biostimulants can increase yields in the ‘MD-2’ pineapple crop. The following work evaluated the effect of foliar application of a brassinosteroid analogue (Biobras-16) on the vegetative growth index of ‘MD-2’ pineapples plants and fruits. A biweekly foliar treatment of Biobras-16 at 2.0 mg L⁻¹ was applied, at a rate of one liter every 160 plants of plants five months old and subsequently to fruits 90 days after the floral induction (DAFI). At five months of age, 20 random plants were selected and evaluated in fresh weight of the plant (g), leaves number, roots number, fresh and dry mass (g) and length and width of “D” leaves (cm). Three months after start of the experiment, the same variables were evaluated in each treatment. At 150 DAFI bromatological analyses were performed on 20 random fruits per treatment. The Biobras-16 increased the fresh weight of the plants (402 g) and the number of roots emitted (20.4) and don’t had effects on the new foliage emission. In “D” leaves the fresh weight and length were significantly increased, and the width decreased. The fresh weight of crowns on the treatment with Biobras-16 reached the highest and significant values with respect to the control. No differences were observed in the fruit/crown relationships. The chemical analyses showed no significant differences. Biobras-16 positively affected the growth of plants and crowns or pineapple fruits ‘MD-2’, without affecting the chemical-physical characteristics evaluated.

Key words: Brassinosteroids, development, *Ananas comosus*, plant growth regulators.

*Autor para correspondencia: gustavolg@bioplasmas.cu

Recibido: 15/04/2019

Aceptado: 09/12/2020

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es uno de los frutales tropicales que más se producen. Esta ocupa el tercer lugar en la producción mundial, luego de los bananos y mangos. Es cultivada con el fin de satisfacer necesidades alimenticias de la población y constituye un importante renglón para la producción de conservas y venta de fruta fresca. Desde la última década del pasado siglo se fomenta la introducción de nuevos cultivares, dentro del que se encuentra el híbrido 'MD-2', el que, a pesar de sus excelentes cualidades organolépticas y buen rendimiento, es más exigente en cuanto a su agrotecnia, susceptible a enfermedades fungosas y al estrés abiótico.

Desde el descubrimiento de la brasinólida, han sido identificados más de cuarenta compuestos de la familia de los brasinoesteroides de origen natural. No obstante, la principal dificultad para el uso práctico de compuestos como la brasinólida es la baja estabilidad de sus efectos en condiciones de campo; por ese motivo, no se continuaron sus aplicaciones a gran escala (1). A partir de estos resultados, se incrementa la producción y la utilización de compuestos análogos capaces de ser transformados por la planta en brasinoesteroides activos, con índices superiores de actividad biológica, duración de la misma en el tiempo y persistencia de su efecto a nivel de campo (2,3).

En Cuba, desde finales de la década del 80, se inicia la biosíntesis y el estudio de análogos de brasinoesteroides en el Centro de Estudios de Productos Naturales de la Facultad de Química de la Universidad de la Habana. En 1990 se informa, por primera vez, la obtención de formulaciones a base de los análogos espiroestánicos de brasinoesteroides BIOBRAS-6 (BB-6), de amplio uso en la biotecnología vegetal. Posteriormente se sintetizan otros análogos como el BIOBRAS-16 (BB-16) y el MH-5, que se han destacado por su actividad biológica en los procesos de germinación, morfogénesis, crecimiento, rendimiento y calidad de las cosechas. Sin embargo, los estudios del MH-5 han sido, fundamentalmente, a nivel *in vitro* en procesos biotecnológicos, mientras que el BB-16 ha sido utilizado más a nivel productivo. El proceso biosintético del BB-16 es el menos engorroso y costoso, por lo que en los últimos años los esfuerzos se han encaminado a continuar perfeccionando el uso y el manejo de esta formulación (4).

Se han realizado diversos estudios de las aplicaciones biológicas del BB-16 y se han encontrado efectos beneficiosos en el crecimiento (5), enraizamiento e incremento del rendimiento de frutas y hortalizas (6,7). Además, se ha demostrado que reduce el estrés térmico en bananos (8) y el estrés salino en plantas de arroz jóvenes,

las cuales mejoraron sus indicadores morfo-fisiológicos y bioquímicos al ser asperjadas con BB-16 (9).

Sin embargo, en plantas de piña crecidas en condiciones de campo existe muy poca evidencia del empleo de análogos de brasinoesteroides, se han informado resultados en vitroplantas de piña en condiciones de aclimatación y condiciones de viveros (10-12). Por ello, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación foliar de un análogo de brasinoesteroide (Biobras-16) en el crecimiento vegetativo de las plantas y en la calidad de los frutos de piña 'MD-2' en condiciones de campo.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en la Unidad Empresarial de Base "Producción de Piña" (UEB) perteneciente a la Empresa Agroindustrial Ceballos (21°47'N 78°48'O). Los experimentos se realizaron en plantas obtenidas a partir de hijos clavel de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) 'MD-2' de aproximadamente 300 g de masa fresca. Luego del tratamiento de desinfección con fungicidas e insecticidas, establecido en la metodología de desinfección de semilla por la UEB, se procedió a la plantación de las mismas y se aplicó durante todo el experimento el paquete agrotécnico establecido en la UEB para este cultivo. En el quinto mes de plantadas (noviembre, 2018) se inició la aplicación foliar de Biobras-16 con una frecuencia quincenal a una concentración de 2,0 mg L⁻¹ (estudiadas en la piña (10,12) y en otros cultivos como el arroz, frijol y banano (6,8,9). Se realizaron cinco aplicaciones hasta el momento antes de la inducción artificial de la floración (enero, 2019). Además, se realizaron aplicaciones en los frutos cada 15 días a partir de los 90 días después de la inducción floral y hasta los 135 días después de la inducción floral. Los tratamientos aplicados, durante el crecimiento vegetativo de las plantas y en el crecimiento del fruto, quedaron constituidos de la siguiente forma:

1. Control (Agua)
2. Biobras-16 (2,0 mg L⁻¹)

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar en el cual cada tratamiento se replicó en tres parcelas de 13 m de longitud por 6,70 m de ancho (seis surcos a doble hilera con 850 plantas aproximadamente por parcela) las cuales fueron plantadas en el mes de junio del 2018, a razón de 68 000 plantas por hectárea. Las aplicaciones foliares se realizaron en horas tempranas de la mañana mediante el empleo de una mochila MATABY con capacidad de 16 litros, a razón de 1 L cada 160 plantas. La Tabla 1 muestra las características morfológicas de las plantas en el momento de iniciado el experimento.

Tabla 1. Características morfológicas de las plantas en el momento inicial del experimento (cinco meses luego de la plantación).

Masa fresca planta (g)	Número de raíces por planta	Número de hojas por planta	Masa fresca de hoja "D" (g)	Longitud de hoja "D" (cm)	Ancho de hoja "D" (cm)
1 190 ± 45	33,2 ± 10,2	20,9 ± 1,5	44,9 ± 1,6	71,7 ± 2,5	6,08 ± 0,7

Las evaluaciones se realizaron en 20 plantas seleccionadas al azar. Se presenta la media ± la desviación estándar

Determinación de las variables morfo-fisiológicas de las plantas y hojas "D"

Se evaluaron las variables morfo-fisiológicas: masa fresca de la planta (kg); longitud de la planta (cm); número de raíces; número de hojas emitidas; masa fresca de la hoja "D" (g); longitud de la hoja "D" (cm); ancho de la hoja "D" (cm); masa seca de la hoja "D" (g); contenido de clorofila a ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MF}$); clorofila b ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MF}$); clorofilas totales ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MF}$) y relación entre clorofilas a/b.

Para estas determinaciones se tomaron 20 plantas al azar por cada tratamiento y la evaluación final se realizó antes de la inducción de la floración (tres meses luego de iniciado el experimento). En el caso de la evaluación de las masas secas (g), las muestras se colocaron en estufa a $105\pm 2^\circ\text{C}$ hasta obtener una masa constante.

Contenidos de clorofilas

Las determinaciones se realizaron en seis hojas por tratamiento, las que fueron recolectadas en el campo antes de las 9:00 am e inmediatamente colocadas en nitrógeno líquido hasta su evaluación, los resultados se expresaron en microgramos de clorofila por gramo de masa fresca ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MF}$).

La determinación del contenido de clorofilas se realizó según lo planteado por Porra en el 2002 (13), para esto se maceraron aproximadamente 2 g de hojas con nitrógeno líquido y cuando se obtuvo un polvo fino se pesó 0,20 g de material vegetal macerado, al cual se le adicionó 1 mL del solvente de extracción compuesto por acetona al 80 % (v/v) y Tris HCl 300 mM pH 7,2. Las mediciones se realizaron directamente en un espectrofotómetro visible (Rayleigh vis 723 G) a las longitudes de onda que indica el método.

Determinación de variables bromatológicas de la calidad de las frutas

Para estas determinaciones se tomaron 20 frutas al azar por cada tratamiento a los 150 DDIF. Se evaluaron las siguientes variables físicas y químicas.

Variables físicas: masa del fruto con corona (g), masa de la corona (g), relación longitud fruto/corona.

Variables químicas: estas determinaciones se hicieron con las metodologías respectivas de la AOAC (1998 y 1990). Para realizar las evaluaciones se obtuvo el jugo de la pulpa de cada fruta por separado y se le realizaron las siguientes determinaciones.

Contenido de sólidos solubles: en el caso de los sólidos solubles se empleó un refractómetro de mano y los resultados se expresaron en $^\circ\text{Brix}$.

Contenido de acidez titulable (% de ácido cítrico): se tomaron exactamente 2 mL de cada muestra de jugo, se le adicionó 20 mL de H_2O destilada y se tituló con NaOH (0,1N). El resultado obtenido se expresó en porcentaje de acidez como ácido cítrico anhidro (g de ácido cítrico en 100 mL de jugo).

Índice de madurez: se calculó al dividir los valores de los sólidos solubles totales ($^\circ\text{Brix}$) entre el porcentaje de acidez titulable.

El tratamiento estadístico de los resultados se desarrolló con el empleo del utilitario "STATISTIC 8.0" de StatSoft (2007). Se realizaron análisis paramétricos (T-Students, $p<0,05$) después de chequeada la distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, $p<0,05$) y la homogeneidad de las varianzas (Levene, $p<0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la [Tabla 2](#) se muestra el efecto de la aplicación de Biobras-16 sobre variables de crecimiento en plantas de piña 'MD-2' en condiciones de campo luego de tres meses de iniciadas las aplicaciones.

Los resultados muestran que en las variables masa fresca de las plantas y el número de raíces, el tratamiento de Biobras-16 logra diferencias significativas con las plantas del tratamiento control. Sin embargo, no se apreció diferencia en la variable número de hojas emitidas.

La diferencia de 402 g encontrada en las plantas que se aplicó el BB-16 con respecto a las plantas control, demuestra que, en apenas tres meses, las plantas de este tratamiento se acercan a la masa recomendado por la UEB (2,5 kg) para inducir la floración en las plantaciones y alcanzar frutos de mayor calidad comercial. Se reconoce que existe una estrecha relación entre la masa fresca de la planta y de la hoja "D" con respecto a la masa final del fruto en el momento de la cosecha (14).

El incremento de la masa fresca de las plantas a las que se les aplicó BB-16 está estrechamente relacionado con el mayor número de raíces observadas en este tratamiento, el cual logró emitir 20,4 raíces más que las plantas del tratamiento control. Se ha reconocido que la aplicación foliar de Brasinoesteroide estimuló la emisión de raíces en hortalizas (4) a concentraciones bajas, pero no se tenía información que el BB-16 pudiera causar similar efecto en plantas de piña en condiciones de campo con más de cinco meses de plantadas. Quizás el BB-16 pudo incrementar la actividad de las auxinas o realizar sinergismo con ellas, para elevar el número de raíces emitidas en las plantas de piña 'MD-2'. Se reconoce que los brasinoesteroides promueven el

Tabla 2. Efecto de la aplicación de Biobras-16 sobre variables de crecimiento en plantas de piña 'MD-2' en condiciones de campo.

Tratamientos	Masa fresca de la planta (g)	Incremento (g)	Número de hojas emitidas	Incremento	Número de raíces	Incremento
Control	1 800	610	24,7	3,8	45,1	11,9
BB-16	2 202	1012	23,9	3,0	65,5	32,3
EE	75,8 *	75,8 *	2,6 NS	2,6 NS	8,6 *	8,6 *

El incremento se calculó como la diferencia entre los valores iniciales ([Tabla 1](#)) y los valores evaluados. NS: no significativo, * significativo para t-Students. $p<0,05$. n= 20. EE, Error estándar

crecimiento de raíces afectando la síntesis de auxinas como se ha observado en plantas modelo (15,16).

El empleo de un análogo de brasinoesteroide en aplicaciones foliares a bajas dosis, también promovió un incremento en todas las variables morfológicas evaluadas en plantas de piña Cayena lisa (10). También la aplicación de MH5 (análogo de brasinoesteroide), estimuló la formación de raíces y el número de hojas de las plantas de *Vriesea*, lo cual presupone un efecto sinérgico con las auxinas en dicho proceso (17).

Por otra parte, se han observado las interacciones que existen entre los BRs y las otras hormonas vegetales en las respuestas de crecimiento de las plantas y ante condiciones de estrés (18). Se ha sugerido que las auxinas ejercen un control directo en la biosíntesis de los BRs en plantas; los BRs influyen positivamente en la biosíntesis del etileno a través de la regulación de las actividades de las enzimas 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico sintasa (ACS) y 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico oxidasa (ACC oxidasa) y que existen interacciones y rutas cruzadas entre los BRs y las citoquininas en varios procesos biológicos (19). Efectos que al parecer también están presentes en las plantas de piña 'MD-2' en condiciones de campo, al observarse incrementos en las masas frescas y emisión de raíces.

Si el incremento de la masa fresca se compara con los valores obtenidos con la evaluación realizada en el momento inicial del experimento (Tabla 1), se puede apreciar que las masas en las plantas del tratamiento con BB-16 se incrementaron 1 012 g, mientras que el tratamiento Control apenas incrementó 610 g en los tres meses de establecido el experimento. Esto evidencia el positivo efecto de las aplicaciones de BB-16 en esta variable. Se ha demostrado que los brasinoesteroides regulan la expresión de genes vinculados a la expansión celular, favoreciendo la extensión de las paredes celulares (20). Por otro lado, el incremento del número de raíces también se vio favorecido en el tratamiento BB-16 con respecto al Control. Las plantas a las que se le aplicaron BB-16 incrementaron 32,3 raíces con respecto al momento de inicial del experimento. Mientras que las plantas control apenas incrementaron 11,9 raíces en igual periodo. Resultados similares fueron observados en vitroplantas de piña variedad Imperial en fase de aclimatación (21).

En el caso de la piña, la caracterización de la hoja "D" como indicador de crecimiento durante su desarrollo vegetativo es de gran importancia. Este indicador está relacionado con el nivel nutricional de la planta y sirve para evaluar el efecto del ambiente sobre el estado hídrico y de desarrollo de la planta. Por ello en este estudio se realizó la caracterización de la hoja

"D" al final del experimento (momentos antes de la inducción floral) (Tabla 3).

La masa fresca de las hojas "D" no mostraron diferencias significativas entre ambos tratamientos, mientras que en la masa seca se observó un incremento en el tratamiento BB-16, el cual difiere significativamente del tratamiento control. Este incremento es de 0,2 g lo que indica que estas hojas formaron mayor cantidad de estructuras fotosintéticas y de reserva que las plantas control.

Por otro lado, en cuanto a la longitud de la hoja "D", se apreció diferencias significativas entre ambos tratamientos, siendo nuevamente el BB-16 el mejor, esta diferencia fue de 9,2 cm de longitud, lo que indica una mayor multiplicación celular y el crecimiento de los tejidos, en función de una mayor fotosíntesis, lo que puede estar relacionado con la mayor masa seca encontrada en este tratamiento. Mientras que en el ancho de la hoja "D" el tratamiento control superó estadísticamente al BB-16 en 0,7 cm lo que evidencia que el BB-16 promueve el alargamiento de las hojas.

Está bien documentado que los brasinoesteroides estimulan procesos fisiológicos específicos entre los que se encuentran la elongación, la división y la diferenciación celular. Los análogos espirostanicos y en particular, la formulación conocida como BIOBRAS-16, es capaz de estimular el crecimiento de las plantas de piña. Sin embargo, es necesario evaluar concentraciones de aplicación más bajas, ya que se reconoce que estos efectos ocurren cuando se aplican muy bajas concentraciones, similares a las que se utilizan cuando se aplican brasinoesteroides naturales (4).

Los brasinoesteroides están involucrados en los procesos de alargamiento celular a través de sus efectos sobre la expresión de genes y la actividad de enzimas (22). Estos promotores del crecimiento vegetal actúan de manera sinérgica con las auxinas y aditivamente con giberelinas (23). También se ha propuesto la existencia de sinergismo o efectos aditivos entre los brasinoesteroides exógenos y otras hormonas de las plantas, tales como las auxinas, giberelinas, citoquininas, ABA y etileno, principalmente en experimentos de elongación de plantas *in vitro* (23).

Los cambios que se inducen en el crecimiento y desarrollo de las plantas por la aplicación de los brasinoesteroides son el resultado de una cascada de eventos bioquímicos, los cuales pueden ser iniciados directamente sobre el genoma o a través de rutas que no impliquen la acción directa de los genes. Ambas vías asumen la participación de un sistema de mensajeros secundarios: una importante característica es la capacidad que tienen estos compuestos de actuar a extremadamente bajas concentraciones (24).

Tabla 3. Efecto de la aplicación de Biobras-16 sobre variables de crecimiento en hojas "D" de piña 'MD-2' en condiciones de campo.

Tratamientos	Masa fresca hoja "D" (g)	Masa seca hoja "D" (g)	Longitud hoja "D" (cm)	Ancho hoja "D" (cm)
Control	51,5	4,3	64,6	5,9
BB-16	52,7	4,5	73,8	5,2
EE	4,8 NS	0,07 *	3,7*	0,04*

El incremento se calculó como la diferencia entre los valores iniciales (Tabla 1) y los valores evaluados. NS: no significativo, * significativo para t-Students. $p < 0,05$. n= 20. EE, Error estándar

El mayor crecimiento encontrado en las plantas a las que se les aplicó BB-16 quizás está también relacionado con una mayor actividad fotosintética de las plantas de este tratamiento y, por ello, conocer la concentración de clorofilas pudiera dar una idea de este proceso. Ya que se reconoce que, durante el desarrollo de la hoja, las células fotosintéticas adquieren progresivamente la capacidad de diferenciación de los plastidios dentro de los cloroplastos.

En la [Tabla 4](#) se puede apreciar el efecto de la aplicación de Biobras-16 sobre la concentración de clorofilas y carotenos en las hojas de piña en condiciones de campo.

Como se puede observar no se encontraron diferencias significativas en los contenidos de clorofilas, ni en los carotenos entre las plantas control y aquellas que se les aplicó BB-16. Al parecer el BB-16 no tuvo efecto directo en los cloroplastos de las hojas de piña en condiciones de campo ni sobre la capacidad de la planta de producir pigmentos fotosintéticos. Sin embargo, se ha informado que los brasinoesteroides sí afectan la eficiencia fotosintética actuando sobre los fotosistemas, tanto en la producción de pigmentos protectores, como en la protección de los centros activos (25).

Se ha observado en plántulas de piña 'MD-2' al final de la fase de aclimatización un alto porcentaje de daño a las clorofilas relacionadas con el estrés por déficit hídrico, ya que la fotosíntesis es más sensible a la deshidratación que cualquier otro proceso metabólico (25,26). En condiciones de cultivo en campo, no existen niveles de estrés que pudieran afectar los contenidos de los pigmentos clorofílicos, pues se aplican prácticas culturales para evitar los mismos; por tanto, los pigmentos fotosintéticos se encuentran en los niveles necesarios para la planta y no aumentan o disminuyen bajo la acción del BB-16. Existen diversos trabajos donde se evalúa la influencia del BB-16 en la fotosíntesis y el contenido de pigmentos fotosintéticos de distintos cultivos. El uso de concentraciones de DI-31 (principio activo del Biobras-16)

de 8 mg L⁻¹ incrementó la fotosíntesis neta en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) (27).

Por otra parte, su uso en frijoles (*Phaseolus vulgaris*), a pesar de que aumentó los valores de indicadores del crecimiento de la planta, no afectó significativamente los valores de los pigmentos fotosintéticos, lo que coincide con los resultados obtenidos en este trabajo (28). Cabe decir que en otras plantas como el caso del arroz (*Oryza sativa* L.) el BB-16 sí aumentó el contenido de clorofilas de las plantas, pero cuando las mismas se vieron sometidas a estrés salino (29).

En la [Tabla 5](#) se pueden apreciar los efectos de las aplicaciones de Biobras-16 sobre variables bromatológicas de frutos de piña 'MD-2' a los 150 días después de la inducción floral.

Los resultados muestran que nuevamente el tratamiento de BB-16 alcanzó los mayores valores en cuanto a la masa fresca de las coronas, los cuales muestran diferencias significativas con respecto al control. Sin embargo, en la relación fruto/corona y masa fresca de los frutos sin corona, no se observaron diferencias entre ambos tratamientos. El incremento de las masas de las coronas en 41,9 gramos, observadas en el tratamiento de BB-16 evidencia el positivo efecto del mismo en la elongación celular y la acumulación de masa seca que se observó durante el crecimiento vegetativo. El incremento de la masa de las coronas es importante porque las mismas representan un peso importante de los frutos cuando se exportan frescos y es un indicador de calidad de los mismos. Las coronas deben permanecer verdes sin daños visibles y sin dobleces de las hojas. Un incremento de la masa de las coronas además es importante para su uso como material de propagación cuando el fruto se destina para procesamiento industrial. Por otro lado, en los análisis químicos realizados a los frutos no se observaron diferencias en el contenido de sólidos solubles (°Brix), el contenido de acidez total titulable (%) e índice de madurez como se aprecia en los resultados mostrados en la [Tabla 6](#).

Tabla 4. Efecto de la aplicación de Biobras-16 sobre la concentración de clorofilas y carotenos en las hojas de piña en condiciones de campo.

Tratamiento	Clorofila a (µg g ⁻¹ MF)	Clorofila b (µg g ⁻¹ MF)	Relación a/b	Clorofilas totales (µg g ⁻¹ MF)	Carotenos (µg g ⁻¹ MF)
Control	47,79	53,69	0,89	101,48	5,32
BB-16	47,91	55,13	0,85	103,04	6,06
EE	2,12 NS	4,18 NS	0,09 NS	3,85 NS	1,17 NS

NS: no significativo, * significativo para t-Students. p<0,05. n= 6. EE: Error estándar. MF: masa fresca

Tabla 5. Efecto de la aplicación de Biobras-16 sobre variables bromatológicas de frutos de piña 'MD-2' a los 150 días después de la inducción floral.

Tratamientos	Masa fresca fruto sin corona (g)	Masa fresca corona (g)	Relación fruto/corona
Control	1 223,9	366,4	3,3
BB-16	1 238,7	408,3	3,0
EE	9,8 NS	10,7 *	0,08 NS

NS: no significativo, * significativo para t-Students. p<0,05. n= 20. EE, Error estándar

Tabla 6. Efecto de la aplicación de Biobras-16 sobre variables química-físicas de frutos de piña 'MD-2' a los 150 días después de la inducción floral.

Tratamientos	Contenido de sólidos solubles (° Brix)	Contenido de acidez titulable (%)	Índice de madurez
Control	9,48	0,80	11,85
BB-16	10,2	0,78	13,08
EE	0,33 NS	0,17 NS	1.62 NS

NS: no significativo, * significativo para t-Students. $p < 0,05$. n= 20. EE, Error estándar

CONCLUSIONES

El uso del BB-16 incrementó las variables de crecimiento de plantas de piña en condiciones de producción. Además, también aumentó la masa fresca de la corona, lo que mejora los rendimientos de cosecha de este cultivo y permite utilizar este órgano como material de propagación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo quieren agradecer a los técnicos Filiberto Barrios, Elio Bustamante y Libán Martín, de la UEB "Producción de Piña", por todo el apoyo que brindaron durante la realización de los experimentos en campo que permitieron alcanzar los resultados que aquí se muestran.

BIBLIOGRAFÍA

- Kamuro Y. Practical applications of brassinosteroids in agricultural fields. *Brassinosteroids: steroidal plant hormones*. 1999;223-41.
- Hernández Silva E, García-Martínez I. Brasinoesteroides en la agricultura. I. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2016;7(2):441-50.
- Silva EH, García-Martínez I. Brasinoesteroides en la agricultura. II. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2016;7(2):451-62.
- Núñez Vázquez M, Reyes Guerrero Y, Rosabal Ayán L, Martínez González L. Análogos espiroestánicos de brasinoesteroides y sus potencialidades de uso en la agricultura. *Cultivos Tropicales*. 2014;35(2):34-42.
- Vardhini BV. Enhancement of vegetables and fruits growth and yield by application of brassinosteroids under abiotic stresses: A review. *Plant-Environment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress*. 2016;124-40.
- Muñiz LL, Ramírez JG. Efecto de los bioestimulantes Biobras 16 y Quitomax sobre el cultivo del frijol *phaseolus vulgaris* L.) Variedad Delicias-364 en la agricultura suburbana de Aguada de Pasajeros. *Revista Científica Agroecosistemas*. 2018;6(2):151-60.
- Ghorbani B, Pakkishi Z, Khezri M. Role of brassinosteroid on biochemical and qualitative characteristics of 'Washington Navel' orange fruit during storage. *Iranian Journal of Horticultural Science*. 2017;47(4):641-53.
- González-Olmedo JL, Córdova A, Aragón CE, Pina D, Rivas M, Rodríguez R. Effect of an analogue of brassinosteroid on FHIA-18 plantlets exposed to thermal stress. *InfoMusa*. 2005;14(1):18-20.
- Reyes Guerrero Y, Martínez González L, Núñez Vázquez M. Aspersión foliar con biobras-16 estimula el crecimiento de plantas jóvenes de arroz *Oryza sativa* L.) sometidas a tratamiento con NaCl. *Cultivos Tropicales*. 2017;38(1):155-66.
- Freitas S de J, Santos PC dos, Carvalho AJC de, Berilli S da S, Gomes M de M de A. Brassinosteroid e adubação nitrogenada no crescimento e estado nutricional de mudas de abacaxizeiro provenientes do seccionamento de caule. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2012;34(2):612-8.
- Izquierdo H, Diosdado E, González Cepero MC, Núñez M de la C, Cabrera JC, Hernández RM, et al. Aportes al conocimiento del funcionamiento de bioestimuladores nacionales en procesos de la Biotecnología Vegetal. *Biotecnología Aplicada*. 2016;33(3):3511-6.
- dos Santos PC, de Carvalho AJC, da Silva MPS, Pecanha DA, de Aviz Silva A, Ferraz TM, et al. Humic acids and brassinosteroid application effects on pineapple plantlet growth and nutrition during the acclimatization phase. *African Journal of Agricultural Research*. 2018;13(30):1523-30.
- Porra RJ. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. *Photosynthesis research*. 2002;73(1-3):149-56.
- Bartholomew DP. MD-2' pineapple transforms the world's pineapple fresh fruit export industry. *Pineapple News*. 2009;16(8):2-5.
- Wei Z, Li J. Brassinosteroids regulate root growth, development, and symbiosis. *Molecular Plant*. 2016;9(1):86-100.
- Kang YH, Breda A, Hardtke CS. Brassinosteroid signaling directs formative cell divisions and protophloem differentiation in Arabidopsis root meristems. *Development*. 2017;144(2):272-80.
- Capote I, Escalona M, Gradaille MD, Pina D, González JL, Aragón C. Efecto del análogo de Brasinoesteroides (MH5) en la aclimatación de los brotes de *Vriesea* propagados en sistemas de inmersión temporal. *Revista Ciencia y Tecnología*. 2009;2(1):29-33.
- Sirhindi G, Kumar M, Kumar S, Bhardwaj R. Brassinosteroids: Physiology and Stress Management in Plants. *Abiotic stress response in plants*. 2016;
- Choudhary SP, Yu J-Q, Yamaguchi-Shinozaki K, Shinozaki K, Tran L-SP. Benefits of brassinosteroid crosstalk. *Trends in plant science*. 2012;17(10):594-605.
- Rao X, Dixon RA. Brassinosteroid mediated cell wall remodeling in grasses under abiotic stress. *Frontiers in plant science*. 2017;8:806.

21. Catunda PHA, Marinho CS, Gomes MM de A, Carvalho AJC de. Brassinosteróide e substratos na aclimatização do abacaxizeiro 'Imperial'. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2008;30(3):345-52.
22. Höfte H. The yin and yang of cell wall integrity control: brassinosteroid and FERONIA signaling. *Plant and Cell Physiology*. 2015;56(2):224-31.
23. Katsumi M. Interaction of a brassinosteroid with IAA and GA3 in the elongation of cucumber hypocotyl sections. *Plant and cell physiology*. 1985;26(4):615-25.
24. Khripach V, Zhabinskii V, de Groot A. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Annals of Botany*. 2000;86(3):441-7.
25. Siddiqui H, Hayat S, Bajguz A. Regulation of photosynthesis by brassinosteroids in plants. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2018;40(3):59.
26. Rodríguez-Escriba RC, Rodríguez R, López D, Lorente GY, Pino Y, Aragón CE, et al. High light intensity increases the CAM expression in "MD-2" micro- propagated pineapple plants at the end of the acclimatization stage. *American Journal of Plant Sciences*. 2015;6(19):3109.
27. Serna M, Hernández F, Coll F, Coll Y, Amorós A. Brassinosteroid analogues effects on the yield and quality parameters of greenhouse-grown pepper *Capsicum annuum* L.). *Plant Growth Regulation*. 2012;68(3):333-42.
28. Martínez-González L, Reyes-Guerrero Y, Pérez-Domínguez G, Nápoles G, Núñez- Vázquez M. Influence of Biobras-16® and Quitomax® on bean plant biological aspects. *Cultivos Tropicales*. 2018;39(1):108-12.
29. Reyes Guerrero Y, Martínez González L, Núñez Vázquez M. Aspersión foliar con biobras-16 estimula el crecimiento de plantas jóvenes de arroz *Oryza sativa* L.) sometidas a tratamiento con NaCL. *Cultivos Tropicales*. 2017;38(1):155-66.