

Evaluación de la aplicación de quitosana sobre parámetros agronómicos del cultivo de tomate H-3108 (*Solanum lycopersicum* L.) en casas de cultivo protegido

Evaluation of chitosan application on agronomic parameters of tomato farming in shade net house conditions

María Caridad Jiménez Arteaga¹, Julio Cesar Terrero Soler², Luís Gustavo González Gómez¹, Irisneysis Paz Martínez¹, Alejandro Falcón Rodríguez³

¹Universidad de Granma km 17, carretera Bayamo a Manzanillo, Bayamo, Granma. CP 84100, Cuba.

²Unión del Níquel Moa, Cuba.

³Instituto de Ciencias Agrícolas, Cuba.

E-mail: cjimeneza@udg.co.cu

RESUMEN. El presente trabajo se desarrolló en las casas de cultivos protegidos perteneciente a la Empresa de Servicios del Grupo Empresarial Cuba Níquel, Municipio Moa, provincia Holguín, Cuba. El objetivo fue evaluar la respuesta agronómica del cultivo del tomate al aplicarle quitosana, como alternativa para incrementar los rendimientos. Para ello se evaluaron cinco dosis de quitosana en la fase de producción (250, 275, 300, 325, 350 mg/ha y el tratamiento control) aplicadas al inicio de la floración, en dos temporadas. Se plasmó las tablas y gráficos con los resultados de los principales indicadores productivos. En el análisis estadístico se utilizó un análisis de varianza de clasificación doble y una prueba de comparación múltiple de media por Tukey para un nivel de significación del 5 % de probabilidad del error a través del paquete estadístico STATISTICA versión 8.0. La respuesta de las plantas a la aplicación del polímero en las diferentes variables evaluadas confirmó la capacidad que posee la quitosana de estimular los procesos vinculados al crecimiento y el desarrollo de las plantas. El mayor incremento de los rendimientos en los tratamientos evaluados se produce con la dosis de 275 mg/ha.

Palabras clave: Casas de cultivos, quitosana, rendimiento, tomate.

ABSTRACT. This research was done in net houses at Empresa de Servicios (ESUNI) del Grupo Empresarial Cuba Níquel, in Moa municipality, Holguín. The objective was to evaluate the agronomic response of tomato cultivars to the application of chitosan, as an alternative to increase yield. Five doses of chitosan (250, 275, 300, 325, 350 mg/ha and control treatment) were evaluated after transplantation. They were applied during the bloom stage in two moments, and an average of the both moments were obtained and their results were presented in tables and graphs. The main production indicators were evaluated. The two-way analysis of variance (ANOVA) and the Tukey's range test were used with p d" **0.05** and **Statistica 8.0** software was used to perform the **statistical analysis**. According to the response of plants to the application of the polymer in the different evaluated variables of both experiments, it was confirmed that chitosan have the capacity to stimulate the processes linked to plants growth and development. The 275 mg/ha dose had the highest yield.

Key words: net houses, chitosan, yield, tomato

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Representa uno de los componentes más frecuentes de la dieta y su uso está generalizado en el arte culinario por su color, aroma y sabor (Minagri, 2008).

El cultivo protegido constituye una tecnología promisoría que permite obtener altos rendimientos

de hortalizas durante todo el año, aún en condiciones de clima tropical, donde ocurren fuertes precipitaciones y las temperaturas son elevadas en una época del año, llegando a sobrepasar el límite biológico permisible para la gran mayoría de los cultivos hortícolas (Casanova *et al.*, 2007).

El grupo de Productos Bioactivos del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, en colaboración con

grupos de investigaciones pertenecientes a otras instituciones del país, desarrollan diferentes productos para la agricultura como biofertilizantes, enraizadores, activadores del crecimiento y la protección de las plantas (Falcón *et al.*, 2005; Falcón, 2010). En la última década, el grupo ha trabajado en el desarrollo de un activador de las plantas a base de quitosanas extraída del exoesqueleto de la langosta cubana. Algunos de estos quitosacáridos han sido evaluados como activadores del crecimiento y mejoradores de los rendimientos en cultivos de interés agrícola, con resultados promisorios (Falcón *et al.*, 2010). Es por ello que nos propusimos como objetivo “Evaluar la aplicación de quitosana sobre parámetros agronómicos del cultivo de tomate H-3108 en casas de cultivo protegido”.

MATERIALES Y MÉTODOS

En una casa de cultivo de 540 m² perteneciente a la Empresa de Servicios (ESUNI) del Grupo Empresarial Cuba Níquel, Municipio Moa, provincia Holguín, Cuba, se desarrolló el experimento. Se plantaron 1 498 plántulas de tomate del híbrido H-3108 procedentes de una casa de semilleros, a una distancia de 0,40 por 0,80 m. Después de escogidos tres cantero de 40 m de largo como área experimental, se ubicaron en cada cantero seis tratamientos separados uno de otros a 50 cm, cada parcela contaba de 6 m², sobre un suelo Oxisol (Pye, 2007), cultivado anteriormente con pepino.

Las dosis de quitosana fueron aplicadas a los 10 días después del trasplante y cuando las plantas tuvieron más del 25 % de flores (inicio de la floración) esta solución se asperjó manualmente con una mochila de 16 L de capacidad, para los dos experimentos, según la metodología descrita por Falcón (2010).

Se emplearon las siguientes dosis de quitosana por tratamientos en cada aplicación mencionada anteriormente:

- Tratamiento 1 - (250 mg/ha)
- Tratamiento 2 - (275 mg/ha)
- Tratamiento 3 - (300 mg/ha)
- Tratamiento 4 - (325 mg/ha)
- Tratamiento 5 - (350 mg/ha)
- Control

El diseño utilizado fue bloque al azar con tres réplicas. Cada cantero de 40 m de largo constituyó una réplica, y se realizaron mediciones a los siguientes indicadores, para los experimentos:

- Número de flores al inicio de la fructificación: Se realizó un conteo del número de flores por racimos.

- Número de frutos en la tercera cosecha: Se contaron el número de frutos óptimos para la cosecha por cada planta seleccionada.

Se escogieron 20 frutos por tratamiento, de cada réplica y se le realizaron las siguientes mediciones:

- Diámetro polar del fruto (DP): se realizó con un pie de rey.

- Diámetro ecuatorial del fruto (DE): se realizó con un pie de rey.

- Grosor del mesocarpio de los frutos (GM): se realizó con un pie de rey.

- Masa de los frutos (MF): Se pesaron los frutos de forma individual y determinó la masa promedio de cada uno.

- Rendimiento (R): Se calculó en base al número de plantas por metro cuadrado y el peso total de los frutos alcanzado para las tres cosechas, así como el número de frutos por plantas.

Para ambos casos se procedió a la toma de datos y después de obtener los promedios, se realizó la valoración económica a través de los siguientes indicadores:

VP - Valor de la producción obtenida

$VP = \text{Precio de venta} \times \text{Producción obtenida}$

VAP - Valor agregado de la producción

$VP \text{ tratamientos} - VP \text{ control}$

B - Beneficio

VAP- Costo del producto (0,20 centavos por metro)

En el análisis de los datos se determinó el promedio para ambos años y se analizaron, a través de un análisis de varianza de clasificación doble, una prueba de comparación múltiple de

media por Tukey para un 5 % de probabilidad de error. El paquete estadístico utilizado fue STATISTICA versión 8 para Windows, después de analizar la normalidad y homogeneidad de las varianzas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Al evaluar el número de flores por plantas en el inicio de la fructificación (tabla 1) se observa que no existen diferencias significativas entre los primeros cuatro tratamientos, siendo el de mejor comportamiento el tratamiento 2. Similares resultados obtuvieron Rodríguez y Nuñez (2003) al aplicar un bioestimulante (Fitomas-E) al cultivo del tomate, lo que demuestra la capacidad de este cultivo de absorber sustancias aplicadas foliarmente y conocer el efecto del producto en la absorción de nutrientes por las plantas. El mayor incremento se obtuvo en el segundo tratamiento, seguido del primero y el cuarto. Cuando se incrementó la dosis

a 350 mg/ha, se obtuvo el menor número de flores, por lo que algunas dosis altas, como las de los tratamientos tres y cinco, que inhiben la floración cuando se aplica quitosana. Las dosis más bajas potencian la emisión de flores en este cultivo.

Al evaluar el número de frutos óptimo en la tercera cosecha (escogida la tercera cosecha debido a que se conoce, por investigaciones realizadas en el INIFAT, que en la primera cosecha los frutos tienden a ser más grande y de menor cantidad, no siendo hasta la tercera cosecha donde se estabilizan el número de frutos a cosechar), se observa que la mayor cantidad de frutos por plantas se obtuvieron en los tratamientos donde se aplicaron las dosis 250 y 275 mg/ha de quitosana. Estas dosis mencionadas difieren significativamente del tratamiento control (tabla 2).

Los resultados obtenidos coinciden con lo descrito por Casanova (2007) cuando refiere que “las dosis

Tabla 1. Número de flores por plantas al inicio de la fructificación

Tratamientos	No. de flores (u) Medias	Incremento
Tratamiento 1 - 250 mg/ha	3,650000 ab	1,20
Tratamiento 2 - 275 mg/ha	3,850000 a	1,40
Tratamiento 3 - 300 mg/ha	2,894737 abc	0,44
Tratamiento 4 - 325 mg/ha)	3,523810 abc	1,07
Tratamiento 5 - 350 mg/ha	2,700000 bc	0,25
6.-Control	2,450000 c	-
E.E. ($\pm x$)	0,654	

*Letras distintas para las medias del número de flores se diferencian por Tukey para $p < 0,05$

Tabla 2. Número de frutos a cosechar en la tercera cosecha

Tratamientos	No. frutos (u) Medias	Incremento
Tratamiento 1 - 250 mg/ha	4,900000 a	0,85
Tratamiento 2 - 275 mg/ha	5,050000 a	1,00
Tratamiento 3 - 300 mg/ha	3,980000 a	-1,05
Tratamiento 4 - 325 mg/ha)	3,952381 a	-0,10
Tratamiento 5 - 350 mg/ha	3,800000 a	-0,25
6.-Control	3,050000 b	-
E.E. ($\pm x$)	0,574	

Letras distintas para las medias del número de frutos se diferencian por Tukey para $p < 0,05$

más altas de bioestimulantes tienden a incrementar el número de flores, no así al tamaño de los frutos y la cantidad de frutos, al aplicar un bioestimulante en plantas de tomate” referido a variedades evaluadas en el INIFAT. Este comportamiento parece normal si tenemos en cuenta que las plantas tienden a regular el número de frutos a mantener de acuerdo a los factores bióticos y abióticos.

En la variable diámetro polar (tabla 3), se observa que todos los tratamientos donde se aplicó la quitosana superan significativamente al control. Es de significar que existió una tendencia lógica de disminuir los valores a medida que se incrementaban las dosis por lo que los mayores valores absolutos se obtienen con las dosis más bajas (250 y 275 mg/ha), aunque no difieren del resto de los tratamientos donde se aplicó el producto evaluado.

Rodríguez y Nuñez (2003), reportaron incrementos en el diámetro de 0,58 cm al comparar frutos tratados y no tratados con Biobras 16, resultado este que se encuentra por debajo de los obtenidos con algunos tratamientos y por encima de otros.

Al evaluar el diámetro ecuatorial de los frutos obtenidos por los diferentes tratamientos se puede decir que los mejores resultados corresponden al tratamiento donde fue aplicada la dosis de 325 mg/ha (Tabla 4) pero con relación a este indicador, todos los tratamientos difieren significativamente del control y los incrementos obtenidos así lo demuestran. Las dosis bajas fueron superiores a las mayores.

Pérez (2006), en condiciones de casa de cultivo, después de aplicar Biobras-16 al híbrido de tomate HA-19, reportó diferencias cuando le

Tabla 3. Diámetro polar de los frutos en la tercera cosecha (cm)

Tratamientos	Diámetro polar de los frutos (cm) Medias	Incremento
Tratamiento 1 - 250 mg/ha	5,845 a	0,685
Tratamiento 2 - 275 mg/ha	5,840 a	0,680
Tratamiento 3 - 300 mg/ha	5,747 a	0,587
Tratamiento 4 - 325 mg/ha)	5,737 a	0,577
Tratamiento 5 - 350 mg/ha	5,730 a	0,570
6.-Control	5,160 b	-
E.E. ($\pm x$)	0,052	

Letras distintas para las medias del diámetro polar se diferencias por Tukey para $pd^{**} 0,05$)

Tabla 4. Diámetro ecuatorial de los frutos en la tercera cosecha

Tratamientos	Diámetro ecuatorial de los frutos (cm) Medias	Incremento
Tratamiento 1 - 250 mg/ha	7,650 b	0,87
Tratamiento 2 - 275 mg/ha	7,345 cd	0,55
Tratamiento 3 - 300 mg/ha	7,210 d	0,43
Tratamiento 4 - 325 mg/ha)	8,038 a	1,25
Tratamiento 5 - 350 mg/ha	7,610 bc	0,83
6.-Control	6,780 e	-
E.E. ($\pm x$)	0235	

Letras distintas para las medias del diámetro ecuatorial se diferencias por Tukey para $pd^{**} 0,05$)

comparó con el tratamiento control. Los valores obtenidos en el diámetro ecuatorial de esa investigación se encuentran por encima de los obtenidos en este experimento, empero el híbrido utilizado por ese autor rinde frutos de mayor tamaño que el H-3108.

Respecto al grosor del mesocarpio (tabla 5) los resultados indican que tuvieron un mejor comportamiento los tratamientos cuatro y cinco, presentando diferencias significativas con relación a los demás tratamientos. Estos resultados demuestran que las mayores dosis han potenciado mejor el desarrollo de las células componentes del fruto e hicieron posible el engrosamiento del mesocarpio, brindándole mejor calidad a los frutos. Este resultado hace más codiciados los frutos para el consumo en fresco pues tienen mayor masa comestible. Por otro lado, las dosis menores no favorecen el desarrollo de las células del fruto asociadas a este indicador, aspecto a tener en cuenta para futuras investigaciones.

Arteaga (2006), en la variedad Amalia reportó valores similares de este indicador, lo que significa que esta variedad es inferior al híbrido evaluado H-3108 en cuanto al grosor del mesocarpio, aspecto a tener en consideración aunque no existen trabajos publicados donde se haya aplicado quitosana en tomate.

Los resultados obtenidos en la masa fresca promedio de los frutos nos demuestran que los tratamientos de mayor relevancia fueron los de

quitosana a diferentes concentraciones, siendo los de mejores resultados el cuarto y quinto tratamiento, existiendo diferencias significativas respecto al tratamiento control (tabla 6). Según Casanova (2007) para que los frutos provenientes de casa de cultivos sean aceptados como de primera deben tener una masa superior a 150 g, medida que solo la alcanzan los frutos provenientes de los tratamientos antes mencionados. Si tenemos en cuenta que en las condiciones de Moa los frutos de las casas de cultivos alcanzan una masa promedio de 120 g, entonces se puede pensar que las dosis de mayor concentración son una variante para incrementar el tamaño de los frutos, y así poder obtener mejores ganancias en la venta al turismo y los organismos de frutas selectas de Acopio.

Acosta (2005) realizó un estudio sobre la influencia de los bioestimulantes en la producción de masa fresca, donde observó un incremento en los valores de este parámetro. Asimismo, González (2006) refiere que los análogos de brasinoesteroides como el Biobras-16 tienen un efecto sinérgico con las fitohormonas naturales (auxinas, giberelinas y citoquininas) que produce la propia planta, lo que potencializa su efecto y conlleva a que se obtenga una mayor estimulación del crecimiento vegetal. Este efecto potenciador parece ser que también se produce cuando es aplicada la quitosana, según los resultados obtenidos, por lo que debería tenerse en cuenta para aplicarse dentro del paquete tecnológico de las casas de cultivos.

Tabla 5. Grosor del mesocarpio de los frutos en la tercera cosecha (mm)

Tratamientos	Grosor del mesocarpio (mm) Medias	Incremento
Tratamiento 1 - 250 mg/ha	7,700000 bc	-0,58
Tratamiento 2 - 275 mg/ha	7,500000 c	-0,78
Tratamiento 3 - 300 mg/ha	8,105263 bc	-0,17
Tratamiento 4 - 325 mg/ha)	9,628571 a	1,35
Tratamiento 5 - 350 mg/ha	9,200000 a	0,92
6.-Control	8,275000 b	
E.E. (±x)	0.131	

Letras distintas para las medias del grosor del mesocarpio se diferencian por Tukey para $p < 0,05$

Tabla 6. Masa fresca de los frutos en la tercera cosecha

Tratamientos	Masa fresca de los frutos (g) Medias	Incremento
Tratamiento 1 - 250 mg/ha	139,3500 b	10.3
Tratamiento 2 - 275 mg/ha	139,0000 b	9,95
Tratamiento 3 - 300 mg/ha	138,2105 b	9.16
Tratamiento 4 - 325 mg/ha)	166,5714 b	37.52
Tratamiento 5 - 350 mg/ha	160,7500 b	31.70
6.-Control	129,0500 b	--
E.E. ($\pm x$)	0,421	

Letras distintas para las medias de la masa fresca de los frutos se diferencian por Tukey para $p < 0,05$

Por su parte Jiménez (2009) al evaluar la masa fresca de los frutos para la variedad "Vyta", con la aplicación de varios bioestimulantes, obtuvo valores superiores en el tratamiento donde se aplicó quitosana con 85,02 g sin diferencia estadística con el Biobras-16 y Pectimorf, lo que demuestra que sobre este indicador, este polímero actúa favorablemente.

Pérez (2006) en condiciones de casa de cultivo reportó incrementos de este indicador en el híbrido H-19, donde los frutos alcanzaron promedios superiores a los comparados con el control.

Cuando evaluamos el rendimiento se aprecia que no existen diferencias significativas entre los tratamientos donde se aplicaron las diferentes dosis de quitosana (figura) pero estas sí difieren con el tratamiento control. Según Barka *et al.* (2005) el incremento del rendimiento al aplicar quitosana fluctúan entre 20 y 30 % aunque en nuestro caso se fue del 43,92 % para el segundo tratamiento (275 mg/ha) y 35,47 % para el quinto (350 mg. ha^{-1}), los otros tratamientos se incrementaron en 42,35 % (250 mg. ha^{-1}), 42,77 % (300 mg/ha) y 40,16 (325 mg/ha).

Los mayores incrementos correspondieron a la dosis 275 mg/ha y va decreciendo hasta la 350 mg/ha, esto es muy bueno desde un punto de vista práctico pues los mayores efectos se han obtenido con dosis bajas, efecto que como ya fue mencionado anteriormente se corrobora por lo expuesto por autores como Casanova (2007).

Al realizar la valoración económica se puede percibir que los valores de la producción obtenida son muy superiores para los tratamientos donde se aplicó quitosana con relación al control. Este último tratamiento solo obtuvo un valor de \$ 9,42 (Tabla 7). Parecido ocurre en el valor agregado y el beneficio, después de descontar el valor del producto que son \$ 11,45 por cada litro que contiene 9 g de principio activo, entonces es muy favorable el beneficio que se obtiene al aplicar este polímero en condiciones de casas de cultivos. Arteaga (2006), reportó beneficios de 5,3 \$/m² en la variedad Amalia, mientras que Terry y Leyva (2007) reportan 4,8 \$/m² en esta misma variedad, los cuales son inferiores a los obtenidos en el presente trabajo.

CONCLUSIONES

1. El rendimiento del híbrido de tomate H-3108 se incrementa entre el 35,47 % y el 42,93 %, en condiciones de casa de cultivo con las cinco dosis de quitosana evaluadas. La mejor dosis es 275 mg/ha.
2. El beneficio económico obtenido por unidad de superficie se incrementa entre 5,02 y 7,80 \$/m² al aplicar quitosana, en condiciones de casa de cultivos, con relación al Control.
3. Aplicar quitosana en dosis de 275 mg/ha al híbrido H-3108 a los 10 días después del trasplante y cuando las plantas tengan más del 25 % de flores sobre un suelo Oxisol, con la misma tecnología recomendada para este cultivo en estas condiciones.

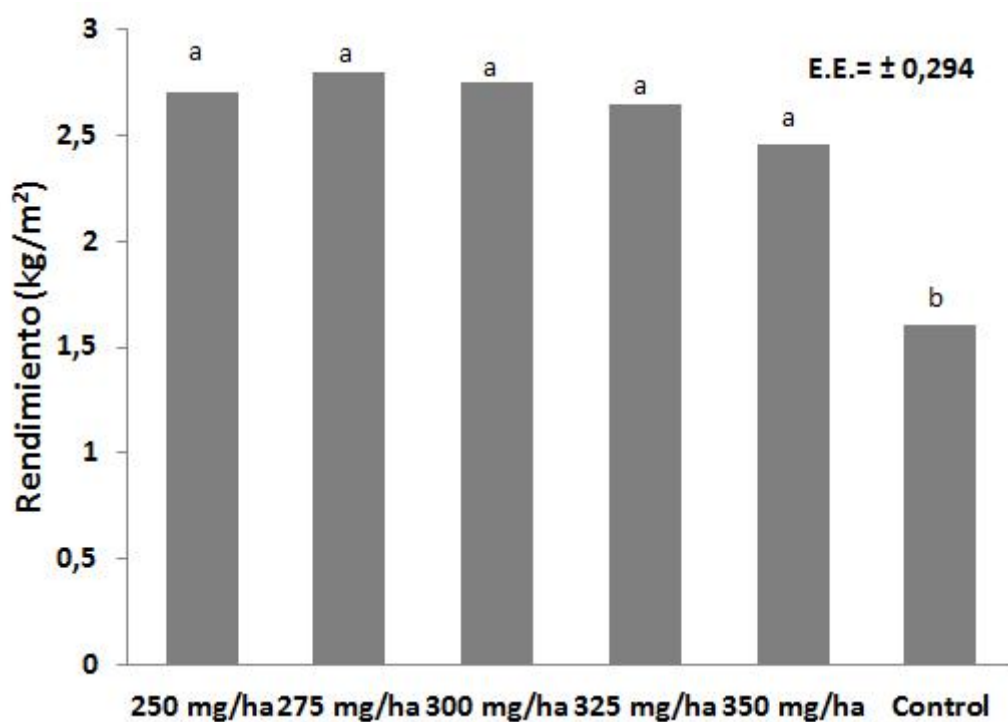


Figura 1. Rendimiento obtenido por tratamientos

Tabla 7. Análisis económico de los resultados obtenidos por tratamientos

Tratamientos	Rendimiento obtenido (kg/m ²)	Valor de la producción (\$/m ²)	Valor agregado de la producción (\$/m ²)	Beneficios obtenidos (\$/m ²)
Tratamiento 1 - 250 mg/ha	2,73	16,38	6,96	6,76
Tratamiento 2 - 275 mg/ha	2,87	17,22	7,80	7,60
Tratamiento 3 - 300 mg/ha	2,75	16,5	7,08	6,82
Tratamiento 4 - 325 mg/ha)	2,63	15,78	6,36	6,16
Tratamiento 5 - 350 mg/ha	2,44	14,64	5,22	5,02
6.-Control	1,57	9,42		

BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, W.: Evaluación de diferentes dosis de Biobras-16 en el cultivo del tomate variedad "Vyta". Trabajo de Diploma. Universidad de Granma, Provincia de Granma, Cuba. 2005, 56 p.
2. Arteaga, M.: Evaluación de las aplicaciones foliares de humus líquido en el cultivo del tomate var. Amalia en condiciones de producción. Cultivos Tropicales, 27 (3):95-101, 2006.
3. Barka, E.; P. Eullaffroy, C. Clément, G. Vernet: Chitosan improves development, and protects *Vitisvinifera*L. against *Botrytis cinerea*. Plant Cell Reports, 22 (8):608-614, 2005.
4. Casanova, A. [et al.,]: Manual para la producción protegida de hortalizas. 2da Ed., La Habana: Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", Cuba. 2007, 125 p.
5. Falcón, A.; J.C. Cabrera; I. Reynaldo; M. Nuñez: Desarrollo de activadores de las plantas de amplio espectro de acción. Informe Final del PNCT 00100191, CITMA, Cuba. 2005, 17p.
6. Falcón, A.; A.T. Rodríguez; M.A. Ramírez; D. Rivero; B. Martínez; J.C. Cabrera; D. Costales; A. Cruz; L.G. González; M.C. Jiménez, L. Jiménez; I. Hernández; D. Gonzáles; R. Márquez: Chitosan as bioactive macromolecules to protect economically relevant crops from their main pathogens. *Biotecnología Aplicada*, 27 (4): 305-309, 2010.
7. Falcón, A.: Evaluación de Oligosacarinas nacionales de quitosana en la estimulación del crecimiento, la nodulación y la protección de cultivos de interés económico. Informe Final del PNCT 00300277, CITMA, Granma, Cuba. 2010, 19 p.
8. González, G.: Evaluación de tres dosis de Biobras-16 en el cultivo del tabaco. Revista Centro Agrícola, 1 (1):19-26, 2006.
9. Jiménez, L.: Respuesta agronómica de tres cultivos de interés agrícolas a la aplicación de tres bioestimulantes. Tesis de Maestría. Universidad de Granma, Provincia de Granma, Cuba. 2009, 79 p.
10. MINAGRI: Manual de Organopónicos y Huertos Intensivos. INIFAT, La Habana, Cuba. 2008, 75 p.
11. Pérez, T.: Evaluación del BB-16 en condiciones de casa de cultivo. Trabajo de Diploma. Universidad de Granma, Provincia de Granma, Cuba. 2006, 53p.
12. Pye, K.: Geological and Soil Evidence. Forensic Applications. Chapter The Nature of Forensic Geology and Forensic Soil Science. CRC Press, 1 edition, 2007, 356 p. ISBN: 978-0-8-8493-3146-6.
13. Rodríguez, R. y M. Núñez: Efectos de dos tipos de brasinoesteroides sobre algunas variables morfológicas y el rendimiento en el cultivo del Maíz. Programa y Resúmenes. XI Seminario Científico. INCA. La Habana. Nov.17- 20- 129p, 2003.
14. Terry, E. y A. Leyva: Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas arbusculares-rizobacterias en tomate. Revista Agronomía Costarricense, 30 (1):65-73, 2007.

Recibido: 02/10/2014

Aceptado: 06/06/2015