

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación de la aplicación de quitosana sobre plántulas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.)

Evaluation of the application of chitosan on tobacco seedlings (*Nicotiana tabacum* L.)

Luis Gustavo González Gómez¹, María Caridad Jiménez Arteaga¹, Leandro Vaquero Cruz², Irisneisy Paz Martínez¹, Alejandro Falcón Rodríguez³, Luis Araujo Aguilera⁴

¹ Universidad de Granma. Carretera Bayamo - Manzanillo km 17, Bayamo, Granma, Cuba. CP 85100

² Empresa de Abastecimiento al Tabaco – Bayamo. Céspedes 315 entre Figueredo y Lora, Bayamo, Granma, Cuba. CP 85100

³ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera a Tapaste km 3 ½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32700

⁴ Delegación del Ministerio de Ciencias, Tecnologías y Medioambiente. Carretera Bayamo a Santiago de Cuba, km 1, Bayamo, Granma, Cuba. CP 85100

E-mail: ggonzalezg@udg.co.cu; luis.araujo@grm.insmet.cu

RESUMEN

Para evaluar el efecto de la quitosana sobre el crecimiento de posturas de tabaco se desarrolló un experimento en un área ubicada en la Cooperativa de Crédito y Servicios Fortalecida (CCSF) "Luis Ramírez López", provincia Granma, en la campaña 2013-2014, utilizando semillas de la variedad Corojo 2006. La investigación se desarrolló en canteros a campo abierto, aplicando quitosana a una dosis de 350 mg ha⁻¹ a los 15, 20 y 25 días después de la germinación y un tratamiento control. Se siguió un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Se evaluaron las variables: longitud de las hojas (cm), ancho de las hojas (cm), altura de las plantas (cm), número de hojas (U), grosor del tallo (cm), masa seca y fresca de las hojas y la raíz (g). Finalmente, se realizó la valoración económica. Los datos obtenidos se evaluaron a través de un análisis de varianza de clasificación simple y una prueba de comparación de media por Tukey. Los resultados obtenidos permitieron llegar a la conclusión del efecto beneficioso de la quitosana sobre los indicadores de calidad de las posturas, beneficiándose el productor con 51 025,50 CUP ha⁻¹ cuando se aplica el bioestimulante a los 25 días después de germinadas las semillas.

Palabras clave: bioestimulante, quitosana, posturas, tabaco

ABSTRACT

In evaluating the effect of the chitosan on the growth of postures of tobacco an experiment was developed in an area located in the CCSF "Luis Ramírez López", state of Granma, in the campaign 2013-2014, using the seeds of the variety Corojo 2006. The investigation was developed in stonemasons to open field, applying chitosan to a dose from 350 mg ha⁻¹ to the

15, 20 and 25 days after the germination and a treatment control. A design was continued totally randomized with four treatments, and three repetitions by treatment, they were evaluated the variables: longitude of the leaves (cm), the width of the leaves (cm), height of the plants (cm), number of leaves (OR), the width of the shaft (cm), dry and fresh mass of the leaves and the root (g). Finally, it was carried out the economic valuation. The obtained data were evaluated through an analysis of variance of simple classification and a test of stocking comparison by Tukey. The obtained results allowed to reach the conclusion of the beneficial effect of the chitosan on the indicators of quality of the postures, benefiting the producing with 51 025.50 CUP ha⁻¹ when the bioestimulant applies to the 25 days after germinating the seeds.

Keywords: biostimulant, chitosan, postures, tobacco

INTRODUCCIÓN

En Cuba existen tres tecnologías fundamentales para producir las posturas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.): los semilleros tecnificados (el sustrato empleado es materia orgánica), sistema que permite su ubicación en sitios más próximos a las plantaciones y producen 500 posturas por metro cuadrado como promedio; el semillero tradicional (es el más empleado, como sustrato utiliza directamente el suelo) produce un promedio de 150 posturas por metro cuadrado; y a partir de la década de los 90 cobró auge la producción de posturas en bandejas (en condiciones de semillero aéreo o bandejas flotantes) (Espino, 2013).

El grupo de Productos Bioactivos del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, en colaboración con grupos de investigación de otras instituciones del país, desarrolla diferentes productos para la agricultura como biofertilizantes, enraizadores, activadores del crecimiento y la protección de las plantas (Falcón *et al.*, 2010), los cuales comienzan a comercializarse en otros países como México, Colombia, Venezuela y Angola.

Varios de estos productos han sido evaluados como activadores del crecimiento, elevando los rendimientos de cultivos de interés agrícola con resultados promisorios. En el cultivo del tabaco se ha evaluado la quitosana, como estimulador del crecimiento y actualmente se continúa estudiando (Falcón, 2009).

La quitosana y sus derivados de menor masa molar, pueden tener una amplia aplicación en la agricultura a partir de las potencialidades biológicas que se le han demostrado a estos compuestos, como son, una importante actividad antimicrobiana sobre el crecimiento y desarrollo de hongos y bacterias, la inducción de resistencia en plantas contra patógenos potenciales y la

promoción del crecimiento y desarrollo de varios cultivos (Falcón *et al.*, 2012, Cabrera *et al.*, 2013). Por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la quitosana en tres momentos de aplicación, sobre los indicadores calidad de las posturas de tabaco, en semillero tecnificado en la Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida (CCSF) “Luis Ramírez López” del municipio Bayamo.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se desarrolló en un área de la CCSF “Luis Ramírez López”; en la zona tabacalera del Horno, Empresa de Acopio, Beneficio y Torcido del Tabaco, Granma, sobre un suelo fersialítico pardo rojizo (Hernández *et al.*, 1999).

El estudio se realizó en la campaña 2013-2014, utilizando semillas de la variedad Corojo 2006, en canteros a campo abierto, construidos con tejas y fibrocemento (18 m de largo por 1,2 m de ancho).

La siembra se realizó a voleo, utilizando una norma de 0,20 g m⁻². Para lograr una distribución uniforme de la semilla en el cantero, se mezcló la semilla con fertilizante mineral, cubriendo todo el cantero en el momento de esparcir la semilla sobre este. La siembra se realizó el 10 de diciembre de 2013.

Después de realizar la siembra, todos los canteros se cubrieron con pajón en estado seco, para favorecer el mantenimiento de la humedad, con el objetivo de incrementar la germinación de la semilla. Las atenciones culturales se realizaron según las instrucciones del Instructivo Técnico para Semilleros (MINAG, 2012). Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

- Tratamiento 1 (T1): - Aplicación de 350

- mg ha⁻¹ de quitosana (a los 15 días después de germinadas (DDG) las posturas)
- Tratamiento 2 (T2): - Aplicación de 350 mg ha⁻¹ de quitosana (a los 20 días de germinadas las posturas)
- Tratamiento 3 (T3): - Aplicación de 350 mg ha⁻¹ de quitosana (a los 25 días de germinadas las posturas)
- Tratamiento 4 (T4): - Control (sin aplicación de quitosana)

Se siguió un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos, y tres repeticiones por tratamiento. Se aplicó la quitosana, empleando una mochila Matabi de 18 L de capacidad, humedeciendo toda la planta en las primeras horas de la mañana. Las mediciones se efectuaron en el momento del trasplante, tomándose 20 plantas por tratamientos a las que les evaluaron las siguientes variables, por la metodología de Torrecilla (1980):

- Número de hojas (U)
- Longitud de las hojas (cm)
- Ancho de las hojas (cm)
- Altura de las plantas (cm)
- Grosor del tallo (mm)
- Masa fresca de la parte aérea (g)
- Masa seca de la parte aérea (g)
- Masa fresca de la raíz (g)
- Masa seca de la raíz (g)

Para el procesamiento estadístico de los datos obtenidos se empleó un análisis de varianza de clasificación doble. Cuando los análisis de varianza revelaron diferencias estadísticas significativas, se realizó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey para un 5 % de probabilidad de error, mediante el paquete estadístico STATISTICA, versión 8.0 sobre WINDOWS 7.

La valoración económica fue sobre la base de la determinación de 1 m², a través de un muestreo, en tres puntos por cada tratamiento. En este proceso se tuvo en cuenta la cantidad de posturas producidas, durante el trasplante. Además, se determinó la cantidad de posturas producidas en el área de investigación y posteriormente fueron calculadas las posturas que se pueden producir en 1 ha de semillero, teniendo en cuenta los resultados logrados. Se utilizó la metodología de la FAO (2007) según los indicadores siguientes:

- Vp (CUP) - Valor de la producción (producción de posturas obtenidas en 1 ha de semillero, por el precio oficial de venta del millar de posturas en la CCS)
- VAP (CUP) - Valor agregado de la producción

$$VAP = Vp(t - q) - Vp(c) \quad (1)$$

- ◇ t = tratamientos
- ◇ q = quitosana
- ◇ c = control

- B (CUP)- Beneficio

$$B = \frac{VAP}{Vp(c)} \quad (2)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los tratamientos con bioestimulante fueron superiores al control, resultados que están relacionados con la influencia de la quitosana sobre la regulación y expresión de genes esenciales para el crecimiento y desarrollo del vegetal, lo que determina su uso como regulador de la germinación, el crecimiento y la productividad de los cultivos, según los resultados obtenidos por Aldington *et al.* (1991).

El empleo del bioestimulante a los 25 días de germinadas las semillas, provocó un incremento del número de hojas lográndose 7,05 hojas por planta (Tabla 1). Este tratamiento tiene diferencias significativas con T1 y T4, pero no tiene diferencias con T2, donde se aplicó la misma dosis de quitosana a los 20 días de germinadas las semillas. Entre los tratamientos T1 y T4 no existieron diferencias significativas.

La variable longitud de la hoja es mayor en los tratamientos donde se aplicó el polímero (Figura 1). Estadísticamente, el mayor valor corresponde a la aplicación realizada a los 25 DDG (T3), con una longitud de 13,95 cm, el cual difiere con los tratamientos T1 y T4. Resultados recientes del grupo de investigación sobre Productos Bioactivos (del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas), corroboran el papel de estas macromoléculas en las funciones de la planta y establecen su potencial uso como aditivos de productos agrícolas (Costales *et al.*, 2016). Los resultados obtenidos en el tratamiento T3 superan

a los conseguidos por Araujo (2013) cuando aplicó esta dosis en la variedad de Tabaco Habana 92.

El ancho de las hojas también es estimulado

con el empleo del bioestimulante (Tabla 2), siendo significativamente superior cuando se empleó la dosis de 350 mg ha⁻¹ a los 25 días después de germinadas las semillas (T3).

Tabla 1. Hojas al momento de trasplante

Tratamientos	Cantidad de hojas
T1	5,25 bc
T2	6,60 ab
T3	7,05 a
T4 Control	4,32 c
E.S. (\bar{x})	0,41

Letras iguales no existen diferencias significativas para $p \leq 5\%$

Tabla 2. Ancho de las hojas en el trasplante

Tratamientos	Ancho (cm)
T1	7,25 b
T2	8,50 ab
T3	10,25 a
T4 Control	6,65 b
E.S. (\bar{x})	0,48

Letras iguales no existen diferencias significativas para $p \leq 5\%$

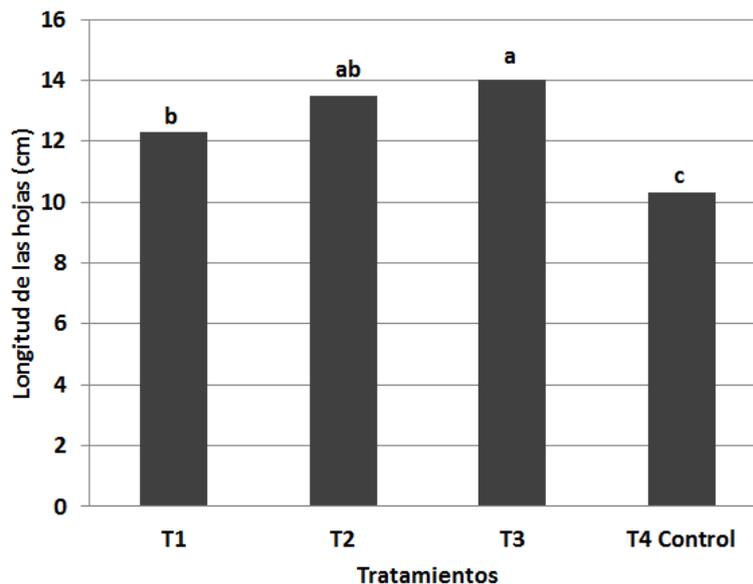


Figura 1. Longitud de las hojas al momento de trasplante

E.E. (\bar{x}) = $\pm 0,5$

Esta respuesta del cultivo a la aplicación de quitosana después de los 20 días de germinadas las posturas, puede estar relacionada con su influencia en la actividad enzimática, lo que se relaciona a la vez con la acumulación de quitinasas, b-1,3-glucanasa, síntesis de fitoalexinas, las cuales estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas (Zhang y Tan, 2003).

Espino (2013) refiere que el ancho de la hoja recomendado para el trasplante es entre 8 y 10 cm, ya que de estas hojas dependerán en gran medida, de que la plantación crezca en óptimas condiciones, garantizando las mañanitas y libre

de pie de la futura plantación, lo que permitirá un incremento del rendimiento. En este caso solo los tratamientos T2 y T3 están dentro de los rangos óptimos definidos por este grupo de investigadores.

Con relación a la altura de las plantas, se aprecia un comportamiento similar a la variable anteriormente evaluada, donde el empleo del bioestimulante produjo los mayores valores respecto al control; aunque fue superior cuando se empleó una dosis de 350 mg ha⁻¹ a los 25 DDG (T3) (Figura 2). En este parámetro el control fue el de menor altura de las plantas (10,25 cm).

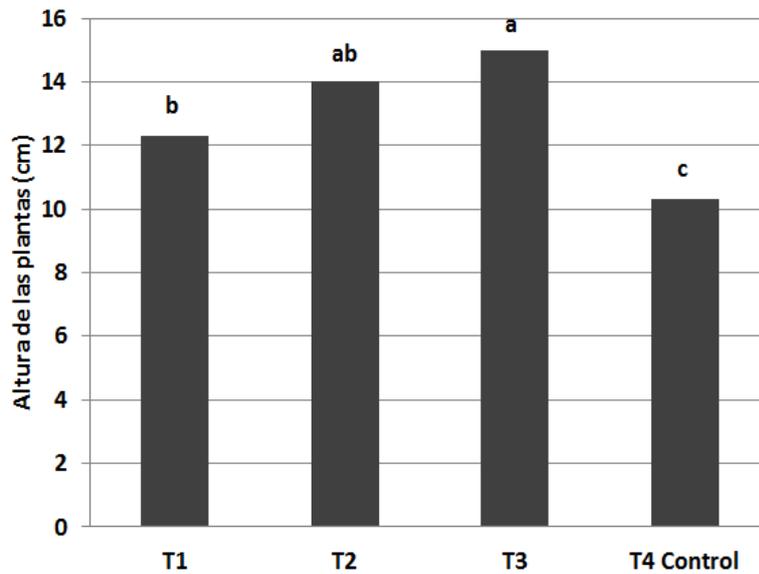


Figura 2. Altura de las plantas, al momento de trasplante
E.E. (\bar{x})= ±0,6

Según Espino (2009) para que las plántulas de tabaco estén en condiciones óptimas de trasplante deben alcanzar de 13 a 15 cm de altura, indicador considerado de calidad. En cuanto a los efectos sobre el crecimiento, Sharathchandra *et al.* (2004), obtuvieron resultados favorables con la utilización de quitosana al estimular el vigor de las plántulas del millo durante su crecimiento vegetativo.

La respuesta positiva sobre el diámetro del tallo se pudo comprobar (Tabla 3). En todos los casos, los diámetros de las plantas son superiores a los obtenidos por las plantas del control, donde se obtuvo el valor más bajo (4,40 mm).

Tabla 3. Diámetro del tallo en el momento de trasplante (mm)

Tratamientos	Cantidad de hojas
T1	5,25 c
T2	5,90 b
T3	6,30 a
T4 Control	4,40 d
E.S. (x)	0,33

Letras iguales no existen diferencias significativas para $p \leq 5\%$

Este resultado sugiere la factibilidad del empleo de quitosana como alternativa ecológicamente segura para acelerar el crecimiento de las plántulas. Además, garantiza su traslado hacia la plantación en correspondencia con lo demostrado por Araujo (2013) y Pijuan (2008) al disminuir en tres días la permanencia de las posturas en semilleros con dosis de 400 y 500 mg ha⁻¹ respectivamente.

La aplicación de quitosana mostró un efecto positivo sobre la masa fresca y seca, tanto de la parte aérea como de la raíz (Tabla 4). En todas las variables evaluadas, los mejores resultados se encontraron cuando se aplicó 350 mg ha⁻¹ de quitosana a los 25 días de germinadas las semillas (T3), con diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos, excepto con la masa seca del tratamiento T2.

Los resultados obtenidos en la producción de posturas (donde se obtienen incrementos en el crecimiento de la masa foliar y radical) pueden ser por la actividad biológica de la quitosana. Esta actividad ha sido determinada mediante la inducción de reacciones de defensa en la planta y ensayos de regulación del crecimiento en cultivos como papa, frijol, tomate y tabaco.

Valoración económica

La realización del muestreo arrojó como

resultado una producción de posturas diferente en cada uno de los tratamientos, con los resultados siguientes:

- Tratamiento 1: 290 posturas
- Tratamiento 2: 310 posturas
- Tratamiento 3: 340 posturas
- Tratamiento 4: 275 posturas

A partir de estos resultados se determinó el total de posturas que se producen en una hectárea de semillero tecnificado (Tabla 5), para lo cual se utilizó el precio de venta establecido en la entidad para la venta de las posturas (33,35 CUP

el millar de posturas). Los resultados obtenidos de acuerdo con el precio actual de venta de posturas de tabaco en las condiciones productivas evaluadas, reflejan que es económico para los productores, la aplicación de quitosana como producto bioestimulante.

Al aplicar quitosana se incrementa el valor de la producción, siendo superior en el tercer tratamiento (25 DDG) con 51 025,50 CUP adquirido por la venta de posturas. El valor agregado de la producción obtenido es significativo, lo que proporciona un beneficio neto alto al productor debido a la acción beneficiosa de este producto sobre el cultivo.

Tabla 4. Masa fresca y seca de la parte aérea y de la raíz en el momento de trasplante

Tratamientos	Masa fresca (g)		Masa seca (g)	
	Parte aérea	Raíz	Parte aérea	Raíz
T1	8,27 b	0,80 b	0,73 b	0,11 b
T2	16,25 b	0,86 b	1,00 a	0,14 a
T3	17,05 a	0,98 a	1,28 a	0,15 a
T4 Control	7,40 c	0,75 c	0,60 b	0,09 c
E.S. (\bar{x})	0,035	1,357	0,159	0,007

Letras iguales no existen diferencias significativas para $p \leq 5\%$

Tabla 5. Evaluación económica de los resultados obtenidos

Tratamientos	Posturas por hectárea	Valor de la producción (CUP)	Valor agregado de la producción (CUP)	Beneficio (CUP)
T1	1 305 000	43 521,75	2 251,13	0,054
T2	1 395 000	46 523,25	5 252,63	0,127
T3	1 530 000	51 025,50	9 754,88	0,236
T4 Control	1 237 500	41 270,62	-	-

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos nos permiten arribar a las siguientes conclusiones:

1. El mejor momento de aplicación de la quitosana en semilleros de tabaco, es a los 25 días en dosis de 350 mg ha⁻¹ después de germinadas las semillas.
2. Económicamente el productor se beneficia con 51 025,50 CUP por hectárea, cuando se aplica la quitosana a los 25 días después de germinadas las semillas, en semilleros tecnificados.

3. Se recomienda aplicar la quitosana en dosis de 350 mg ha⁻¹ a los 25 días después de germinadas las semillas, en semilleros tecnificados.

BIBLIOGRAFÍA

Aldington, S., G.J. McDougall, S.C. Fry. Structure-Activity relationships of biologically active oligosaccharides. *Plant, Cell and Environment*, 14: 625-636, 1991.

Araujo, L. A. Respuesta agronómica del cultivo del

- tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), a la aplicación de la quitosana, en tres áreas tabacaleras de la Provincia Granma. Tesis en opción al título de master en Ciencias agrícola. Universidad de Granma, Bayamo, Cuba. 2013, 60 p.
- Cabrera J.C., M.C. Nápoles, A.B. Falcón, D. Costales, E. Diosdado, S. González [et al.]. Practical use of oligosaccharins in agriculture. *Acta Horticulturae*, 1009: 195-212, 2013.
- Costales, D., A.B. Falcón, M.N. Núñez. *Desarrollo de activadores de las plantas de amplio espectro de acción (Quitosa y Pectimorf)*. Informe Taller Nacional de Productos Activos, Mayabeque, Cuba. 2016.
- Espino, E. M. *Guía para el Cultivo del Tabaco 2009-2010*. Ministerio de la Agricultura. Primera Edición. Instituto de Investigaciones del Tabaco, San Antonio de los Baños, Artemisa, Cuba. 2009.
- Espino, E.M. *Guía para el Cultivo del Tabaco 2011-2012*. Ministerio de la Agricultura. Primera Edición. Instituto de Investigaciones del Tabaco, San Antonio de los Baños, Artemisa, Cuba. 2013. ISBN: 978-959-7212-02-7
- Falcón, A.B., W. Guillaume, J.C. Cabrera. Charter 7: *Exploiting plant innate immunity to protect crops against biotic stress: Chitosaccharides as natural and suitable candidates for this purposes*. En: Bandani, A.R. New perspectives in plant protection. InTech, Open Access Publisher, Rijeka, Croatia. 2012, pág 139. ISBN: 9789535104902.
- Falcón, A.B. *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, Cuba. 2009, 79 p.
- Falcón, A.B., A.T. Rodríguez, M.A. Ramírez, D. Rivero, B. Martínez, J.C. Cabrera [et al.]. Chitosan as bioactive macromolecules to protect economically relevant crops from their main pathogens. *Bioteología Aplicada*, 27 (4): 305-309, 2010.
- FAO. Depósitos de documentos de la FAO, cuestiones relacionadas con la economía mundial del tabaco. 2007. En sitio web: <http://www.fao.org/docrep/007/y4997s/y4997s04> Consultado el 25 de febrero de 2013.
- Hernández, A., J.M. Pérez, D. Bosch, L. Rivero. *Nueva versión de clasificación Genética de los Suelos de Cuba*. AGRINFOR, La Habana, Cuba. 1999, 64 p.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). *Instructivo Técnico para el cultivo del tabaco*. Instituto de Investigación del Tabaco, La Habana, Cuba. 2012, 99 p.
- Pijuan, K. *Evaluación de diferentes dosis de quitosana en el cultivo del tabaco, en el Municipio Yara*. Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Granma, Bayamo, Cuba. 2008, 36 p.
- Sharathchandra, R.G., S.N. Raj, N.P. Shetty, K.N. Amruthesh, H.S. Shetty. A Chitosan formulation AlexaTM induces downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. *Crop Protection*, 23: 881-888, 2004.
- Torrecilla, G., L. Pino, P. Alfonso, A. Barroso. Metodología para las mediciones de los caracteres cualitativos de la planta de tabaco. *Ciencia y Técnica de la Agricultura*, 3 (1): 21-26, 1980.
- Zhang, M. y T.W. Tan. Insecticidal and fungicidal activities of chitosan and oligochitosan. *Journal of Bioactive and Compatible Polymer*, 18: 391-400, 2003.

Recibido el 8 de junio de 2016 y aceptado el 10 de noviembre de 2016