


Comunicación corta

Nuevo bioestimulante y su influencia en la producción del frijol común

Miriam de la C. Núñez-Vázquez^{1*} 

Camila Delgado-Acosta² 

Indira López-Padrón¹ 

Lisbel Martínez-González¹ 

Yanelis Reyes-Guerrero¹ 

Geydi Pérez-Domínguez¹ 

Daimi Brito-Sánchez³ 

¹Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

²Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”, carretera a Tapaste y Autopista Nacional, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

³Especialista Principal de Producción, Unidad Empresarial de Base, Spirulina, Zaragoza, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

* Autor para correspondencia: mnunez@inca.edu.cu

RESUMEN

El empleo de los bioestimulantes en la agricultura ha crecido en los últimos años, como una práctica agroecológica importante. La *Spirulina* y la vinaza poseen propiedades que favorecen el crecimiento y desarrollo de los cultivos, mejorando así la calidad nutricional de los mismos. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de un bioestimulante, compuesto por una suspensión acuosa de jalea de *Spirulina* y vinaza, aplicado solo o en combinación con otros bioestimulantes, en la producción de granos en el cultivo del frijol. Para esto, se montaron dos experimentos con el cultivar 'Inqueño'. En el primero se realizaron dos aspersiones foliares con dos dosis equivalentes a 3,5 y 7 L ha⁻¹ del nuevo bioestimulante y en el segundo, se realizaron también dos aspersiones, la primera con el nuevo bioestimulante (2,5 L ha⁻¹) y la segunda se efectuó con el nuevo bioestimulante a igual dosis o con Quitomax[®] o con la combinación de ambos.

La aplicación del nuevo bioestimulante, a base de *Spirulina* y vinaza estimuló la productividad del frijol común, pero los resultados fueron más prominentes cuando se aplicó en combinación con el Quitomax[®] y se biofertilizó con Azofert[®], que podría constituir una alternativa eficiente para incrementar el rendimiento de este cultivo.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, quitosana, rendimiento, *Spirulina*, vinaza

Recibido: 30/10/2019

Aceptado: 01/11/2020

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa de altos valores alimenticios para el consumo humano a nivel mundial y en especial en Cuba y está considerado como fuente de calorías, fibras dietéticas, minerales y vitaminas ⁽¹⁾. Es un alimento de alta demanda popular, contribuye a la prevención y el tratamiento de patologías, como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y el cáncer, que constituyen serios problemas en la salud humana ⁽²⁾. Esta leguminosa ha sido un elemento tradicionalmente importante en América Latina y en gran cantidad de países en vías de desarrollo en los cuales se cultiva ⁽³⁾.

En Cuba, se cultiva a lo largo y ancho del país; sin embargo, la producción nacional aún no es capaz de satisfacer las necesidades de consumo de la población. El frijol necesita altas cantidades de nitrógeno, componente básico de proteínas, enzimas, ácidos nucleicos y vitaminas. De todo el nitrógeno extraído por la planta, el mayor porcentaje es absorbido hasta el momento del llenado del grano y el máximo ritmo de extracción se produce en la etapa de floración ⁽⁴⁾.

Algunos autores han demostrado que las cianobacterias en condiciones adecuadas podrían ser útiles como fuente de nitrógeno en la producción de los cultivos ⁽⁵⁾. Dentro de ellas se encuentra la *Spirulina*, microalga verde-azul simbiótica, multicelular y filamentosa; que utiliza el nitrógeno del aire y contiene entre 46-71 % de proteínas, 8-16 % de carbohidratos y 4-9 % de lípidos en su masa seca. Además, contiene minerales, aminoácidos esenciales como la leucina, isoleucina y valina; una concentración relativamente alta de provitamina A, vitamina B12, vitamina K y β -caroteno, sus ácidos grasos contienen ácido linolénico y γ -linolénico y los ácidos grasos poliinsaturados ω -3 y ω -6 ⁽⁶⁾. Esta composición de la *Spirulina* ha posibilitado su empleo como estimulador del crecimiento y el desarrollo de las plantas ⁽⁷⁾, como sustituto parcial de fertilizantes químicos ⁽⁸⁾, así como agente de biofortificación ⁽⁹⁻¹¹⁾.

Por otra parte, la vinaza, residuo que se obtiene de la producción de etanol a partir de caña de azúcar, remolacha, maíz, trigo, arroz y otros, ha sido utilizada en varios países como fuente de nutrientes para los cultivos ^(12,13) y como suplemento de medios para el cultivo de bacterias ⁽¹⁴⁾ y microalgas ⁽¹⁵⁾; además de que se ha informado que produce efectos beneficiosos en las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos ^(12,16).

En Cuba, la empresa LABIOFAM, S.A. ha producido un nuevo bioestimulante, el cual está compuesto por una suspensión acuosa de jalea de *Spirulina* y vinaza; que se espera sea capaz de estimular el crecimiento y el rendimiento de las plantas, al ser aplicado tanto solo como en combinación con otros bioestimulantes de producción nacional.

Por todo lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar si la aplicación de este nuevo producto, que contiene *Spirulina* y vinaza, solo o en combinación con Quitomax[®] estimula la producción de granos en el cultivo del frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplimentar el objetivo de este trabajo se ejecutaron dos experimentos en la sede central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, ubicada en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque. En ambos casos se utilizó un área de producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Inqueño. La primera área se sembró el 13 de diciembre del año 2017 y cuando las plantas se encontraron en la fase de floración, para la ejecución del experimento se seleccionaron 30 surcos lineales de 80 m cada uno (1 600 plantas por surco), lo que equivale a un área de 1 680 m².

El nuevo bioestimulante, constituido por una suspensión acuosa de jalea de *Spirulina* y vinaza, en una proporción de 64 y 36 %, respectivamente, fue suministrado por la Unidad Empresarial de Base de *Spirulina* de Zaragoza, San José de las Lajas, Mayabeque; perteneciente a la Empresa LABIOFAM S.A.

Se realizaron dos aspersiones foliares a las plantas, la primera se ejecutó en la fase de floración y la segunda quince días después de la primera. En ambos casos se utilizaron dos dosis del bioestimulante, equivalentes a 3,5 L ha⁻¹ (dosis recomendada por el fabricante) y 7 L ha⁻¹. Las aspersiones se hicieron con una mochila de 16 L a diez surcos por tratamiento, lo que equivale a un área de 560 m². Las atenciones culturales se realizaron de acuerdo con la Guía Técnica para el cultivo ⁽¹⁷⁾, excepto la fertilización que se hizo con fórmula completa (NPK 9:13:17) a razón de 100 kg ha⁻¹.

La segunda área de producción se sembró el 3 de octubre del año 2018 y a diferencia de la anterior, en este caso las semillas fueron inoculadas, previo a la siembra, con Azofert® (a razón de 200 mL 50 kg⁻¹ de semilla), bioestimulante a base de *Rhizobium*.

A los diez días de la siembra, se realizó la primera aplicación del nuevo bioestimulante a 30 surcos de 80 m de largo con una dosis inferior a las utilizadas en el experimento anterior y que fue equivalente a 2,5 L ha⁻¹. Diez días después, los surcos se separaron en tres grupos de diez surcos cada uno y se asperjaron: el primero con el nuevo bioestimulante a una dosis similar, el segundo con Quitomax® (100 mg ha⁻¹), bioestimulante a base de un polímero de quitosano y el tercero con el nuevo bioestimulante (2,5 L ha⁻¹) y Quitomax® (100 mg ha⁻¹). Las atenciones culturales fueron similares a las aplicadas en el primer experimento.

En el momento de la cosecha, en ambos experimentos se realizaron las evaluaciones de los componentes del rendimiento de las plantas como son: número de legumbres por planta, número de granos por legumbre y por planta, masa de granos por planta y masa de 100 granos. Además, en el primer experimento, para estimar el rendimiento agrícola, se seleccionaron cuatro áreas por tratamiento de 1 m² cada una y se realizó la cosecha. Se trillaron las plantas y los granos se secaron hasta 14 % de humedad, luego se pesaron y el rendimiento se expresó en t ha⁻¹.

Al realizar los tratamientos por surcos, para las evaluaciones se utilizó un diseño muestral, que consistió en la toma de cuatro muestras al azar de diez plantas cada una, de los cuatro surcos centrales, por tratamiento y los datos obtenidos se procesaron mediante el cálculo de las medias, la desviación estándar y los intervalos de confianza a $\alpha=0,05$; para lo cual se utilizó el Programa Excel, Windows-7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las dos aspersiones foliares a las plantas de frijol cv. Inqueño, con el nuevo bioestimulante a base de *Spirulina* y vinaza, de forma general, no ejercieron un efecto significativo en ninguno de los componentes del rendimiento analizados, excepto en el número de granos por legumbre, que se incrementó significativamente con las dos aspersiones de la dosis de 3,5 L ha⁻¹. En cuanto al rendimiento estimado, tampoco se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, a pesar de que la dosis menor utilizada estimuló el rendimiento en un 22 % con respecto al tratamiento control (Tabla 1).

Tabla 1. Influencia de un nuevo bioestimulante a base de *Spirulina* y vinaza en la producción de granos de plantas de frijol cv. Inqueño (Medias \pm intervalos de confianza)

Tratamientos	No. legumbres planta ⁻¹	No. granos legumbre ⁻¹	No. granos planta ⁻¹	Masa de granos planta ⁻¹ (g)	Masa de 100 granos (g)	Rendimiento Estimado t ha ⁻¹
Control	12,0 \pm 0,9	4,1 \pm 0,2	53,1 \pm 4,8	14,2 \pm 1,3	27,87 \pm 0,39	1,69 \pm 0,15
T1 (3,5 L ha ⁻¹)	13,1 \pm 1,1	5,0 \pm 0,1*	60,0 \pm 5,6	15,9 \pm 1,4	27,50 \pm 0,67	2,07 \pm 0,33
T2 (7,0 L ha ⁻¹)	12,2 \pm 1,1	4,2 \pm 0,2	52,7 \pm 6,4	14,7 \pm 1,8	28,99 \pm 0,43	1,82 \pm 0,21

*Representa las medias que difieren significativamente del tratamiento control según intervalo de confianza a $\alpha=0,05$

Se han realizado diversas investigaciones para determinar la influencia de los bioestimulantes en la producción de granos de frijol. Por ejemplo, algunos autores han utilizado la aspersión foliar, en tres momentos del ciclo del cultivo, con extractos de algas marinas, extracto de *Spirulina* y la combinación de ambos y han encontrado que, aunque todos los tratamientos fueron superiores al control, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de la combinación de extractos de alga marina y *Spirulina* ⁽¹⁸⁾. Por otra parte, también se ha informado la estimulación de la producción de granos en este cultivo con la aspersión foliar de bioestimulantes como el Fitomas-E[®], Biobras-16[®], Lebame y Microorganismos eficientes ^(19,20); pero, en este caso, se hicieron aspersiones foliares desde la etapa V3 hasta la R5 (una aspersión por etapa); mientras que, en el presente trabajo solamente se efectuaron dos aspersiones foliares durante todo el ciclo del cultivo. Estos primeros resultados evidencian las potencialidades que tiene este nuevo producto como bioestimulante en el cultivo del frijol. Dada la importancia que las dosis y los momentos de aplicación tienen en la respuesta de las plantas a la aplicación de bioestimulantes ⁽²¹⁻²⁵⁾, es necesario probar dosis menores y otros momentos de aplicación del producto, con vistas a lograr una estimulación significativa del número y la masa de granos por planta, variables muy relacionadas con el rendimiento del cultivo.

Por esas razones, en el segundo experimento se realizaron dos aspersiones foliares también, pero ambas en la fase vegetativa del cultivo y con una dosis inferior (2,5 L ha⁻¹) a la menor utilizada en el primer experimento.

Los resultados de este experimento se presentan en la Tabla 2. Se aprecia que solamente el tratamiento T3 (aspersión con bioestimulante diez días después de la siembra, dds y aspersión foliar con el bioestimulante y Quitomax[®] a los 20 días) ejerció una influencia significativa en el número de legumbres y de granos por planta. De forma similar, a lo observado con el rendimiento en el experimento anterior, este tratamiento provocó un

incremento de casi 21 % en la masa de granos por planta; sin embargo, este incremento no fue significativo.

De estos resultados se infiere, que el nuevo bioestimulante aplicado a razón de 2,5 L ha⁻¹, a los 10 y 20 dds (T1), no resultó adecuado para estimular la producción de granos en plantas de frijol, ni tampoco fue efectiva la sustitución de este bioestimulante por el Quitomax[®] (T2) en la segunda aspersion. Sin embargo, la aplicación del nuevo bioestimulante a los 10 dds y la aspersion foliar con ambos bioestimulantes a los 20 dds (T3) fue capaz de estimular significativamente el número de legumbres por planta, lo que se tradujo también en un incremento del número de granos por planta. Esto demuestra el beneficio de la combinación de los dos bioestimulantes para este cultivo.

Tabla 2. Influencia de las aspersiones de un nuevo bioestimulante (a base de *Spirulina* y vinaza) solo o en combinación con Quitomax[®] en la producción de granos de plantas de frijol cv. Inqueño, cuyas semillas fueron inoculadas con Azofert[®] previo a la siembra
(Medias±intervalos de confianza)

Tratamientos	No. legumbres planta ⁻¹	No. granos legumbre ⁻¹	No. granos planta ⁻¹	Masa de granos planta ⁻¹ (g)	Masa de 100 granos (g)
Control	16,6 ± 2,2	4,2 ± 0,2	69,8 ± 9,5	19,8 ± 3,1	26,9 ± 1,1
T1 (Sp+V)	15,7 ± 1,6	4,1 ± 0,2	63,7 ± 6,8	16,3 ± 1,8	25,6 ± 0,6
T2 (Quit)	19,1 ± 2,3	4,0 ± 0,2	74,9 ± 8,6	19,6 ± 2,3	26,1 ± 0,7
T3 (Sp+V+Quit)	22,8 ± 2,3*	3,9 ± 0,1	89,3 ± 9,2*	23,9 ± 2,7	26,7 ± 0,8

Sp+V: Bioestimulante a base de *Spirulina* y vinaza. Quit: Quitomax[®]

*Representa las medias que difieren significativamente del tratamiento control según intervalo de confianza a $\alpha=0,05$

El bioestimulante Quitomax[®] ha sido aplicado satisfactoriamente en el cultivo del frijol como estimulador del rendimiento agrícola; sin embargo, este efecto se ha logrado con una dosis total de 400 mg ha⁻¹, aplicado foliarmente, en dos momentos del ciclo del cultivo, alrededor de los 20 días después de la siembra y durante la floración ⁽²⁶⁾.

En el presente trabajo se utilizó una dosis inferior y se efectuó una sola aplicación durante la fase vegetativa; lo que pudiera explicar la no respuesta encontrada en el tratamiento T2. No obstante, la respuesta positiva encontrada con el empleo del tratamiento T3, hace pensar que la combinación de estos dos bioestimulantes es capaz de estimular la producción de granos, aunque la aspersion se haya realizado en la fase vegetativa del cultivo. Esto también evidencia, la necesidad de continuar investigando en las dosis y momentos de aplicación para optimizar el uso combinado de este nuevo bioestimulante con el Quitomax[®], lo cual redundará, no solamente, en un incremento en la producción

de granos, sino también pudiera mejorar la calidad nutritiva de los mismos; dada la composición química de la *Spirulina* y la vinaza.

Estos resultados son los primeros que se informan, en Cuba, con la aplicación de este nuevo bioestimulante, a base de *Spirulina* y vinaza, en el cultivo del frijol y los mismos sugieren la necesidad de continuar investigando en este sentido, para determinar las dosis y los momentos de aplicación más adecuados para estimular significativamente la producción de granos en este cultivo. Por otra parte, se demostró que la combinación de este nuevo bioestimulante con otros de producción nacional como el Azofert[®] y el Quitomax[®], puede resultar una alternativa eficiente para incrementar la producción sostenible de frijoles en el país.

CONCLUSIONES

- En este trabajo se demostró que el nuevo bioestimulante a base de *Spirulina* y vinaza en combinación con el Quitomax[®] estimuló la producción de legumbres y granos de las plantas de frijol biofertilizadas con Azofert[®].
- Los resultados de este estudio sugieren que la aplicación combinada de estos bioestimulantes constituye una alternativa para estimular la producción de este cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dorcinvil R, Sotomayor-Ramírez D, Beaver J. Agronomic performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines in an Oxisol. *Field Crops Research*. 2010;118(3):264–72. doi:10.1016/j.fcr.2010.06.003
2. Rodríguez-Castillo L, Fernández-Rojas XE. Los frijoles *Phaseolus Vulgaris*: su aporte a la dieta del costarricense. *Acta Médica Costarricense*. 2003;45(3):120–5.
3. Garcia E. Guía Técnica para el cultivo del frijol. Santa Lucía, Boaco, Nicaragua: ICA-RED SICTA-COSUDE; 2009. 28 p.
4. Cobra N, Acorsi W, Malatova E. Nutrición mineral del frijol. *Anais da Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz.”* 1971;(28):237–74.
5. Abu Seif YI, El-Miniawy SE-DM, Abu El-Azm NAI, Hegazi AZ. Response of snap bean growth and seed yield to seed size, plant density and foliar application with algae extract. *Annals of Agricultural Sciences*. 2016;61(2):187–99. doi:10.1016/j.aos.2016.09.001

6. Mobin S, Alam F. Some promising microalgal species for commercial applications: A review. *Energy Procedia*. 2017;110:510–7.
7. Dias GA, Rocha RHC, Araújo JL, Lima JF, Guedes WA. Growth, yield, and postharvest quality in eggplant produced under different foliar fertilizer (*Spirulina platensis*) treatments. *Semina: Ciências Agrárias*. 2016;37(6):3893–902.
8. Abd El-RheemKh M, Zaghoul S, Essa E. The stimulant effect of the *Spirulina* algae under low levels of nitrogen fertilization on wheat plants grown in sandy soils. 2015;8(12):87–91.
9. Anitha L. Biofortification of *Amaranthus gangeticus* using *Spirulina platensis* as microbial inoculant to enhance iron levels. 2014;2(3):103–10.
10. Tuhy Ł, Samoraj M, Witkowska Z, Chojnacka K. Biofortification of maize with micronutrients by *Spirulina*. *Open Chemistry*. 2015;1(13):1119–26. doi:10.1515/chem-2015-0126
11. Anitha L, Kalpana P, Bramari GS. Evaluation of *Spirulina platensis* as microbial inoculants to enhanced protein levels in *Amaranthus gangeticus*. *African Journal of Agricultural Research*. 2016;11(15):1353–60. doi:10.5897/AJAR2013.7953
12. Christofolletti CA, Escher JP, Correia JE, Marinho JFU, Fontanetti CS. Sugarcane vinasse: environmental implications of its use. *Waste Management*. 2013;33(12):2752–61. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.09.005.
13. Páez Ortegón GP, Arboleda FM, Candela L, Tamoh K, Valdes-Abellan J. Vinasse application to sugar cane fields. Effect on the unsaturated zone and groundwater at Valle del Cauca (Colombia). *Science of The Total Environment*. 2016;539:410–9. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.08.153
14. Aparicio JD, Benimeli CS, Almeida CA, Polti MA, Colin VL. Integral use of sugarcane vinasse for biomass production of actinobacteria: Potential application in soil remediation. *Chemosphere*. 2017;181:478–84. doi:10.1016/j.chemosphere.2017.04.107
15. Santana H, Cereijo CR, Teles VC, Nascimento RC, Fernandes MS, Brunale P, et al. Microalgae cultivation in sugarcane vinasse: Selection, growth and biochemical characterization. *Bioresource Technology*. 2017;228:133–40. doi:10.1016/j.biortech.2016.12.075
16. Amaral MCS, Andrade LH, Neta LSF, Magalhães NC, Santos FS, Mota GE, et al. Microfiltration of vinasse: sustainable strategy to improve its nutritive potential. *Water Science and Technology*. 2016;73(6):1434–41. doi:10.2166/wst.2015.606

17. B F, Benítez R, Rodríguez E, Grande O, Torres M, Pérez P. Guía Técnica para la producción de frijol común y maíz. La Habana, Cuba; 2014. 23–39 p.
18. Quintero Rodríguez E, Calero Hurtado A, Pérez Díaz Y, Enríquez Gómez L, et al. Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. Centro Agrícola. 2018;45(3):73–80.
19. Calero Hurtado A, Quintero E, Viciado D, Pérez Díaz Y, Lizazo I, Jiménez J, et al. Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. Cultivos Tropicales. 2018;39(3):5–10.
20. Guevara E, Méndez JC, Vega J, González OS, Puertas A, Fonseca J. Influencia de diferentes dosis de FitoMas-E en el frijol común. Centro Agrícola. 2013;40(1):39–44.
21. Pérez YL, Barrera YP. Efecto de la aplicación del bioestimulante fitomas-e en tres etapas de desarrollo del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Desarrollo local sostenible. 2014;7(20):1–10.
22. Ramírez-Rubio AG, Rosell-Pardo R. Evaluación del bioestimulante fitomas-E en el rendimiento agroproductivo del cultivo del frijol. Redel. Revista Granmense de Desarrollo Local. 2017;1(3):107–16.
23. Martínez-González L, Maqueira-López L, Nápoles-García MC, Núñez-Vázquez M. Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol *Phaseolus vulgaris* L.) Biofertilizados. Cultivos Tropicales. 2017;38(2):113–8.
24. 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.
25. Trocones Boggiano AG, Delgado Fernández LA. Efecto del FitoMas-E sobre la germinación de semillas y calidad de plantas de *Chrysophyllum cainito* L.(caimito) en condiciones de vivero. Revista Cubana de Ciencias Forestales. 2020;8(1):104–21.
26. Morales-Guevara D, Dell Amico-Rodríguez J, Jerez-Mompie E, Rodríguez-Hernández P, Álvarez-Bello I, Díaz-Hernández Y, et al. Efecto del QuitoMax® en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego. I. Crecimiento y rendimiento. Cultivos Tropicales. 2017;38(2):119–28.