



## Efecto de la combinación de bioproductos en el crecimiento radicular de *Phaseolus vulgaris* L.

### Effect of bioproducts combination on root growth of *Phaseolus vulgaris* L.

 Danurys Lara-Acosta\*,  Daimy Costales-Menéndez,  
 María C. Nápoles-García,  Alejandro Falcón-Rodríguez

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

**RESUMEN:** El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas comestibles más importantes, por constituir un complemento nutricional indispensable en la alimentación. Su producción se ve limitada como consecuencia de los cambios drásticos en las variables meteorológicas y por la deficiencia de nutrientes en los suelos. Una alternativa a esta problemática podría ser el empleo de bioestimulantes que mejoren el desarrollo del sistema radical y permitan que las plantas puedan adaptarse a los ambientes desfavorables. En el presente estudio se evaluó el efecto de dos bioproductos, Azofert®-F y Pectimorf®, en el desarrollo radical de frijol común, en etapas tempranas del crecimiento vegetativo. Las semillas de frijol Cuba Cueto-25-9-N se trataron con una mezcla de los bioestimulantes Azofert®-F (a la dosis recomendada) y Pectimorf® a distintas concentraciones (1, 5, 10, 20, 40 y 100 mg L<sup>-1</sup>). A las 96 horas de germinadas las semillas, se determinó el número de raíces laterales, el largo y la masa seca radical. La aplicación de los bioestimulantes incrementó el número de raíces laterales en más de un 22 %, cuando la mezcla contenía 100 mg L<sup>-1</sup> de Pectimorf®. En las variables largo y masa seca de la raíz no se observó efecto de los productos evaluados. El efecto positivo de los bioestimulantes Azofert®-F y Pectimorf® en la formación de las raíces laterales en etapas tempranas del crecimiento vegetativo podría garantizar un mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo, lo que contribuye a un mejor desarrollo de la planta y mayor productividad del cultivo.

**Palabras clave:** bioestimulantes, frijol, sistema radicular.

**ABSTRACT:** The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most important edible legumes because it is an important nutritional supplement in the diet. Its production is limited because of drastic changes in meteorological variables and soil nutrient deficiencies. An alternative to this problem could be the use of biostimulants that improve the root system development and allow plants to adapt to unfavorable environments. In the present study, the effect of two bioproducts, Azofert®-F and Pectimorf®, on the root development of common bean in early stages of vegetative growth was evaluated. Cuba Cueto-25-9-N bean seeds were treated with a mixture of the biostimulants Azofert®-F (at the recommended dose) and Pectimorf® at different concentrations (1, 5, 10, 20, 40 and 100 mg L<sup>-1</sup>). At 96 hours after seed germination, the number of lateral roots, root length and root dry mass were determined. The application of biostimulants increased the number of lateral roots by more than 22 % when the mixture contained 100 mg L<sup>-1</sup> of Pectimorf®. No effect of products evaluated was observed on root length and root dry mass variables. The positive effect of the biostimulants Azofert®-F and Pectimorf® on the formation of lateral roots in early stages of vegetative growth could guarantee a better utilization of soil nutrients, which contributes to better plant development and higher crop productivity.

**Key words:** biostimulants, bean, root system.

\*Autor para correspondencia: [danurys@inca.edu.cu](mailto:danurys@inca.edu.cu)

Recibido: 01/07/2021

Aceptado: 27/09/2021



## INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas comestibles más importantes, por constituir un complemento nutricional indispensable en la alimentación (1). En Cuba, es un alimento de preferencia en la dieta diaria, constituye la fuente más barata de proteínas y de mayores ingresos para los pequeños productores. Su producción no satisface la demanda de consumo, por lo que es necesario importar grandes cantidades de este grano cada año. El bajo rendimiento de este cultivo en nuestras condiciones responde a diversos factores como: los cambios drásticos en las variables meteorológicas, la presencia de plagas y enfermedades y la deficiencia de nutrientes en los suelos (2).

Una posible estrategia para incrementar el rendimiento, tanto en condiciones normales de crecimiento como de estrés abiótico, es el empleo de bioestimulantes. En el cultivo del frijol, se demostró que la combinación del bioestimulante microbiano Azofert®-F y una mezcla de oligogalacturónidos, denominada comercialmente Pectimorf®, estimula el crecimiento, como resultado de incrementos en la nodulación y en el desarrollo del sistema radical (3). El efecto enraizador del Pectimorf® también se ha manifestado en otros cultivos (4,6). Pero aún se desconoce qué elementos de la arquitectura de la raíz se estimulan con la aplicación de estos bioproductos. Por tanto, en este estudio se consideró determinar el efecto de la combinación de Azofert®-F y Pectimorf® en el desarrollo radical de frijol común, en etapas tempranas del crecimiento vegetativo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, provincia Mayabeque, Cuba. Se utilizaron semillas de frijol variedad Cuba Cueto-25-9-N, procedentes del Banco de germoplasma de semillas del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), Cuba. El producto comercial Azofert®-F, con Registro No. 002/17 y patente concedida por resolución OCPI No. 556/2002 (7), a base de la cepa *Rhizobium leguminosarum* CF1, se empleó a la concentración de  $1 \times 10^9$  UFC mL<sup>-1</sup> y a una dosis de 200 mL por 46,04 kg de semilla. El bioestimulante Pectimorf®, compuesto por una mezcla de oligosacáridos pécticos (oligogalacturónidos), con Registro No. RCF 017/18 y patente No. 22859/2003 (8), se utilizó en concentraciones de 1, 5, 10, 20, 40 y 100 mg L<sup>-1</sup>.

Las semillas de frijol se desinfectaron superficialmente con hipoclorito sódico al 1 %, durante 10 minutos, seguido de tres enjuagues con agua destilada (9). Luego, se cubrieron con una mezcla que contenía Azofert®-F y Pectimorf® a las concentraciones referidas, manteniendo la proporción final de 400 mL por cada 46,04 kg de semilla. En el ensayo se establecieron ocho tratamientos: uno en el que se aplicó agua destilada a las semillas en lugar de la mezcla de los productos (CA), en otro, las semillas se trataron sólo con Azofert®-F (CI), y el resto de los

tratamientos correspondieron a la mezcla de los bioestimulantes a las concentraciones de Pectimorf® informadas anteriormente.

Las semillas tratadas se dejaron secar a temperatura ambiente por una hora. Luego, se colocaron 20 semillas, según cada tratamiento, en una placa petri con doble capa de papel de filtro y se le adicionó 10 mL de agua destilada para favorecer la germinación. Las placas se colocaron durante 96 horas en una cámara de crecimiento (Wissenschaftlich Technische Werkstätten 82362 Weilheim, Austria) a 28 °C, en la oscuridad. Transcurrido ese tiempo, se determinó el número de raíces laterales; el largo de la radícula, con la ayuda de una regla graduada de 1 mm de precisión; y la masa seca de la radícula, mediante el empleo de una balanza analítica (Sartorius CPA 324S, USA), luego de colocar las muestras en una estufa (BINDER, USA) durante 72 horas, a 75 °C hasta obtener peso constante. De cada tratamiento se colocaron tres placas. El ensayo se repitió en dos ocasiones.

En el estudio se empleó un Diseño Completamente Aleatorizado y los datos se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple y comparación de medias por la Prueba de Tukey  $p < 0,05$ ; en el programa estadístico SPSS, Statistics v22. Los gráficos se realizaron en el programa Microsoft Excel 2010.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de Azofert®-F y Pectimorf®, en las diferentes concentraciones, no influyó en el proceso de germinación de las semillas de frijol Cuba Cueto-25-9-N. El porcentaje de germinación fue del 100 % en todos los tratamientos, lo que demostró una alta viabilidad de las semillas. La mezcla de los bioestimulantes cuando se aplicó la concentración de 100 mg L<sup>-1</sup> de Pectimorf® incrementó el número de raíces laterales en un 29 % con respecto al tratamiento sin los bioproductos, y en un 22 % con relación al tratamiento sólo inoculado con Azofert®-F (Figura 1).

En la longitud de la radícula no se observó un efecto significativo de los bioestimulantes con relación a los tratamientos controles, pero si se obtuvieron diferencias entre los tratamientos con la mezcla de Azofert®-F y Pectimorf®, a las concentraciones de 5 y 100 mg L<sup>-1</sup> de Pectimorf®, a favor de la menor (Figura 2A). En la masa seca de la radícula, no hubo diferencias entre los diferentes tratamientos (Figura 2B).

El bioestimulante Pectimorf® también favoreció el desarrollo del sistema radical en plantas de plátano, cultivar 'FHIA-18', a la concentración de 2 mg L<sup>-1</sup>, en condiciones *in vitro* (6). Este mismo efecto se observó a concentraciones mayores (20 mg L<sup>-1</sup>) en esquejes de guayaba (*Psidium guajava*) var. Enana Roja Cubana, donde el poder enraizador de este producto se manifestó en la formación de raíces adventicias (5).

El efecto positivo de la mezcla de los bioestimulantes en la formación de las raíces laterales podría estar relacionado con el efecto auxínico que se le atribuye al Pectimorf® (10),

(11). Esta fitohormona promueve la división y diferenciación celular e interviene en la formación de raíces laterales y en el crecimiento primario de la raíz (12). Hace algunos años se demostró, a partir de estudios en *Arabidopsis thaliana*, que la acumulación local de auxina en las células del periciclo es suficiente para desencadenar la formación de raíces laterales y la emergencia desde la raíz principal (13). Actualmente, se desconocen los mecanismos mediante los cuales el Pectimorf® ejerce tal efecto, aunque se considera que podría relacionarse con la activación de un grupo de señales que provocan incrementos en los niveles de esta fitohormona, favoreciendo todos los procesos que regula (11,14,15).

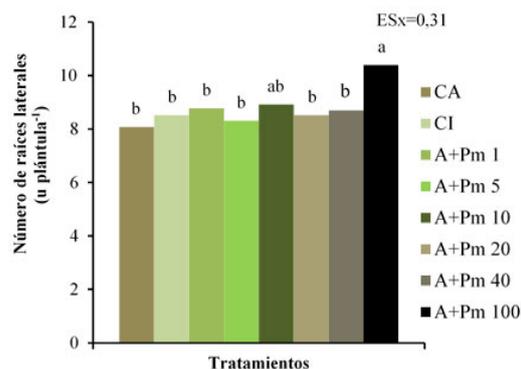
El desarrollo de las raíces laterales por la aplicación de Pectimorf® permite mayor organización radicular en las plantas de frijol, efecto que podría garantizar una mayor fortaleza para el anclaje de la planta al suelo y favorecer la absorción de agua y minerales, permitiendo una mayor tolerancia de las plantas a la sequía y al déficit de nutrientes en los suelos (16,17). El incremento en el número de raíces laterales, también permite mayor interacción de la planta con bacterias del suelo fijadoras de nitrógeno. Esto podría garantizar mayor cantidad de sitios de infección y bacteroides establecidos en el tejido vegetal, favoreciendo la fijación biológica del nitrógeno (18).

Un mejor estado nutricional de las plantas, como resultado de incrementos en el desarrollo radical, permite mayor eficiencia en todos los procesos metabólicos (fotosíntesis, respiración, transporte de sustancias, fijación biológica del nitrógeno). Esto conlleva a incrementos en el crecimiento, en la translocación de compuestos para la formación de vainas y semillas, en el rendimiento y en la calidad de los granos de frijol (19,20).

Los resultados del presente estudio sugieren que la aplicación de los bioestimulantes Azofert®-F y Pectimorf® en semillas de frijol a la concentración de 100 mg L<sup>-1</sup> de Pectimorf® podrían facilitar a las plantas vivir en ambientes desfavorables. En un estudio previo, se informó que el inoculante Azofert®-F, en condiciones de déficit hídrico, aumenta el rendimiento de las variedades Cuba Cueto 25-9-R y Tomeguín 93 (21). Otros trabajos demostraron que el Pectimorf® puede minimizar los efectos provocados por el estrés hídrico en plantas de frijol (22) y por el estrés salino en plántulas de arroz (23). En este sentido, no solo podría influir el efecto del producto Pectimorf® en la formación de las raíces laterales, también se ha observado que tienen incidencia en otros elementos de la arquitectura de la raíz, como el ángulo que forman las raíces laterales con la raíz principal y el diámetro y la longitud de las raíces laterales (16,18). Resultaría interesante, en estudios posteriores, profundizar acerca de la influencia de este producto en los diferentes indicadores del desarrollo de la raíz.

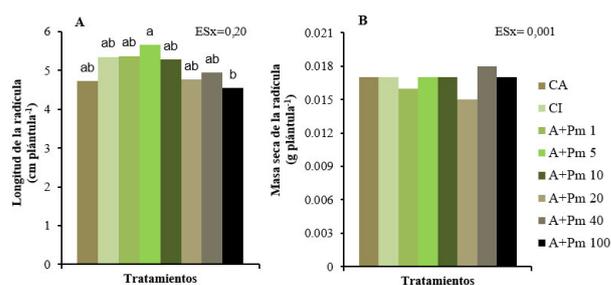
## CONCLUSIONES

La combinación de Azofert®-F y Pectimorf® estimula el desarrollo radical en etapas tempranas del crecimiento vegetativo en frijol común. El efecto bioestimulante de



Medias con letras iguales no difieren significativamente según Tukey ( $p < 0,05$ ),  $n=60$ . ESx: error estándar de la media

**Figura 1.** Efecto de Azofert®-F (A) y Pectimorf® (Pm) en el número de raíces laterales formadas en la radícula de semillas de frijol Cuba Cueto-25-9-N, evaluadas a las 96 horas. CA: semillas sin tratar con los bioproductos, CI: semillas sólo tratadas con Azofert®-F. Pm 1-100: concentraciones de Pectimorf® en mg L<sup>-1</sup>



**Figura 2.** Efecto de Azofert®-F (A) y Pectimorf® (Pm) en la longitud (A) y en la masa seca de la radícula (B) de semillas de frijol Cuba Cueto-25-9-N, evaluadas a las 96 horas. CA: semillas sin tratar con los bioproductos, CI: semillas sólo tratadas con Azofert®-F. Pm 1-100: concentraciones de Pectimorf® en mg L<sup>-1</sup>

ambos productos se manifestó en incrementos en el número de raíces laterales a la concentración de 100 mg L<sup>-1</sup> de Pectimorf®.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Belkis Morales y a Juan Hugo Hernández, trabajadores del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, por facilitar los bioproductos evaluados en este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Polania J, Poschenrieder C, Rao I, Beebe S. Estimation of phenotypic variability in symbiotic nitrogen fixation ability of common bean under drought stress using 15N natural abundance in grain. *European Journal of Agronomy*. 2016;79:66-73. doi:10.1016/j.eja.2016.05.014

2. Faure B, Benítez R, García A, Ortega L. Manual para la producción sostenible del frijol común. Artemisa, Cuba. Instituto de Investigaciones de Granos. 2017;
3. Lara-Acosta D, Costales-Menéndez D, Nápoles-García MC, Falcón-Rodríguez A. Pectimorf® y Azofert-F® en el crecimiento de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos Tropicales. 2019;40(4):e5.
4. Cabrera JC, Wégria G, Onderwater RCA, González G, Nápoles MC, Falcón-Rodríguez AB, et al. Practical use of oligosaccharins in agriculture. In: Acta Horticulturae [Internet]. 2013 [cited 26/04/2022]. p. 195-212. doi:10.17660/ActaHortic.2013.1009.24
5. Ramos Hernández L, Arozarena Daza NJ, Lescaille Acosta J, García Cisneros F, Tamayo Aguilar Y, Castañeda Hidalgo E, et al. Dosis de Pectimorf® para enraizamiento de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2013;4(SPE6):1093-105.
6. García MB, Avalos DMR, Acosta JMZ, Batista RD. Efecto de Pectimorf® en el enraizamiento in vitro de plantas de 'FHIA-18' ( Musa AAAB). Biotecnología Vegetal [Internet]. 2015 [cited 26/04/2022];15(4). Available from: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/500>
7. Nápoles MC, Gutiérrez A, Corbera J. Medio de cultivo para *B. japonicum*. Biopreparado resultante. Patente Cubana. 2002;(22):797.
8. Cabrera JC, Gómez R, Diosdado E, Hormaza JV, Iglesias R, Gutiérrez A, et al. Procedimiento de obtención de una mezcla de oligosacáridos pécticos estimuladora del enraizamiento vegetal. Patente Cubana. 2003;22859.
9. Ramírez M, Guillén G, Fuentes SI, Iñiguez LP, Aparicio-Fabre R, Zamorano-Sánchez D, et al. Transcript profiling of common bean nodules subjected to oxidative stress. Physiologia Plantarum. 2013;149(3):389-407.
10. Izquierdo H, Diosdado E, González Cepero MC, Núñez M de la C, Cabrera JC, Hernández RM, et al. Contributions to knowledge of the functioning of national bioestimulators in plant biotechnology processes. Biotecnología Aplicada. 2016;33(3):3511-6.
11. Borges-García M, González-Paneque O, Reyes-Avalos DM, Rodríguez-González M, Villavicencio-Ramírez A, Abeal EE-. Respuesta de plantas *in vitro* de ñame clon 'Blanco de Guinea' al uso del Pectimorf®. Cultivos Tropicales. 2017;38(2):129-36.
12. Xu P, Zhao P-X, Cai X-T, Mao J-L, Miao Z-Q, Xiang C-B. Integration of jasmonic acid and ethylene into auxin signaling in root development. Frontiers in Plant Science [Internet]. 2020 [cited 26/04/2022];11(271). doi:10.3389/fpls.2020.00271
13. Bensmihen S. Hormonal control of lateral root and nodule development in legumes. Plants. 2015;4(3):523-47.
14. Fundora LB, Ortiz RMH, Salces ED, Román MI, Arencibia CG, Álvarez AR, et al. Embriogénesis somática de *Citrus macrophylla* Wester con el empleo del Pectimorf® y análogos de brasinoesteroides. Revista Colombiana de Biotecnología. 2013;15(1):189-94.
15. Lara D. Efecto de una mezcla de oligogalacturónidos en la interacción Rhizobium-*Phaseolus vulgaris* L. [Internet] [Maestría]. [La Habana, Cuba]: Universidad de La Habana; 2021 [cited 26/04/2022]. 65 p. Available from: [https://www.google.com/search?q=Efecto+de+una+mezcla+de+oligogalactur%C3%B3nidos+en+la+interacci%C3%B3n+Rhizobium-Phaseolus+vulgaris+L.+&client=firefox-b-d&sxsrf=APq-WBukBas1FKE6vR8n3hHjgRGvLiC1w%3A1650987835541&ei=OxNoYsbclMCZwbkP37uJ8A0&ved=0ahUKEwiG5tz7iLL3AhXATDABHd9dAt4Q4dUDCA0&uact=5&oeq=Efecto+de+una+mezcla+de+oligogalactur%C3%B3nidos+en+la+interacci%C3%B3n+Rhizobium-Phaseolus+vulgaris+L.+&gs\\_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyBAgjECc6CggjEK4CELADECdKBAhBGAFKBAhGGABQrBJYrBJguxt oA3AAeACAAZgBiAGYAZIBAZuMZgBAKABAqABAcbgBAcABAQ&scient=gws-wiz](https://www.google.com/search?q=Efecto+de+una+mezcla+de+oligogalactur%C3%B3nidos+en+la+interacci%C3%B3n+Rhizobium-Phaseolus+vulgaris+L.+&client=firefox-b-d&sxsrf=APq-WBukBas1FKE6vR8n3hHjgRGvLiC1w%3A1650987835541&ei=OxNoYsbclMCZwbkP37uJ8A0&ved=0ahUKEwiG5tz7iLL3AhXATDABHd9dAt4Q4dUDCA0&uact=5&oeq=Efecto+de+una+mezcla+de+oligogalactur%C3%B3nidos+en+la+interacci%C3%B3n+Rhizobium-Phaseolus+vulgaris+L.+&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyBAgjECc6CggjEK4CELADECdKBAhBGAFKBAhGGABQrBJYrBJguxt oA3AAeACAAZgBiAGYAZIBAZuMZgBAKABAqABAcbgBAcABAQ&scient=gws-wiz)
16. Miguel MA, Widrig A, Vieira RF, Brown KM, Lynch JP. Basal root whorl number: a modulator of phosphorus acquisition in common bean (*Phaseolus vulgaris*). Annals of Botany. 2013;112(6):973-82.
17. Ndour A, Vadez V, Pradal C, Lucas M. Virtual plants need water too: functional-structural root system models in the context of drought tolerance breeding. Frontiers in Plant Science. 2017;8:1577.
18. Ye H, Roorkiwal M, Valliyodan B, Zhou L, Chen P, Varshney RK, et al. Genetic diversity of root system architecture in response to drought stress in grain legumes. Journal of Experimental Botany. 2018;69(13):3267-77.
19. Miranda Domínguez LE, López Castañeda C, Benítez Riquelme I, Mejía Contreras JA. Desarrollo radical y rendimiento en diferentes variedades de trigo, cebada y triticale bajo condiciones limitantes de humedad del suelo. Terra Latinoamericana. 2016;34(4):393-407.
20. Martirena-Ramírez A, Veitía N, Torres D, Rivero L, García LR, Collado R, et al. Longitud de la raíz: indicador morfológico de la respuesta al estrés hídrico en *Phaseolus vulgaris* L. en casa de cultivo. Biotecnología Vegetal. 2019;19(3):225-33.
21. Estrada Prado W, Chávez Suárez L, Jerez Mompie E, Nápoles García MC, Sosa Rodríguez A, Cordoví Domínguez C, et al. Efecto del Azofert® en el rendimiento de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de déficit hídrico. Centro Agrícola. 2017;44(3):36-42.
22. Dell'Amico J, Morales D, Jerez E, Rodríguez P, Álvarez I, Martín R, et al. Efecto de dos variantes de riego y aplicaciones foliares de pectimorf® en el desarrollo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos Tropicales. 2017;38(3):129-34.
23. Núñez-Vázquez M, Martínez-González L, Reyes-Guerrero Y. Oligogalacturónidos estimulan el crecimiento de plántulas de arroz cultivadas en medio salino. Cultivos Tropicales. 2018;39(2):96-100. doi:10.1234/ct.v39i2.1451