



# Respuesta de frijol al Endospor 33<sup>®</sup> a dosis 50% de fertilizante nitrogenado/fosfatado en agricultura protegida

Bean responds to Endospor 33<sup>®</sup> at reduced dose of Nitrogen and Phosphate fertilizer in protected agriculture

Juan Manuel Sanchez-Yañez<sup>1</sup>, Mayra Guadalupe Barrientos Rodriguez<sup>1</sup>, Iván Balderas León<sup>1</sup>, Nabanita Dasgupta-Schuber<sup>2</sup>, Liliana Márquez-Benavides<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Microbiología Ambiental, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Ed-B3 C.U. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

<sup>2</sup> Microorganismo-Suelo-Planta, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

<sup>3</sup> Medio Ambiente y Manejo de Residuos Sólidos, Instituto de Investigaciones Agrícolas Pecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Francisco J. Mujica S/N, Col. Felicitas del Rio CP. 58000, Morelia, Michoacán, México.

Recibido 30 diciembre 2013. Aceptado 05 mayo 2014.

### Resumen

El frijol requiere fertilización nitrogenada y fosfatada (FNP), cuya indiscriminada aplicación causa pérdida de productividad del suelo, una alternativa de solución para este problema es reducir y optimizar la dosis de FNP con un inoculante mixto con bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) y hongos micorrizicos vesículo arbusculares (HMA). El objetivo de esta investigación fue analizar la respuesta del frijol al inoculante mixto Endospor 33<sup>®</sup> a dosis reducida al 50% del FNP. En un suelo ferralítico rojo pobre de Nitrógeno (N) y materia orgánica. Con un diseño experimental de bloques al azar con 5 tratamientos y 6 repeticiones. Los resultados indican que el porcentaje de germinación del frijol con Endospor 33<sup>®</sup> a la dosis 20 mg/semilla fue de 100%. A plántula con 10 mg/planta, tuvo 6,13g de peso fresco total (PFT) y de 0,66g de peso seco total (PST) comparado con el frijol control relativo (CR) con 0,28g de PST con el 100% del FNP. A floración con 30 mg/planta Endospore 33<sup>®</sup> tuvo 1,5g de PST comparado con 1,07g de PST del frijol CR. A madurez fisiológica con 30mg/planta registro 34,83g/100 semillas, en contraste a su homologo CR con 20,39g/100 semillas. Lo anterior indica que este inoculante mixto es una opción en la producción del frijol a dosis reducida del FNP, sin afectar negativamente su crecimiento y/o rendimiento.

**Palabras clave:** efecto rizosfera, absorción radical, nutrición vegetal, microorganismos.

### Abstract

Bean is a legume its production requires nitrogen (N) combined as ammonium (NH<sub>4</sub>) or nitrate (NO<sub>3</sub>) and phosphates (NPF), its indiscriminate application causes soil lost productivity. An alternative solution for reducing and optimizing NPF is applying mixed inoculant which could be improved by plant growth promoting bacteria (PGPB) and mycorrhizae. The objective of this research was to analyze the response of beans to mixed inoculant Endospor 33<sup>®</sup> at 50% reduced dose of NPF. In that sense a red ferralitic soil poor in N and organic matter was used. By experimental design: 5 treatments and 6 replications. Results showed a positive bean responds achieving 100% germination at 20mg/seed with Endospor 33<sup>®</sup> at 50% NPF dose. At seedling level bean was 6.63g of total fresh weight (TFW) and 0.66g total dry weight (TDW) with the same Endospor 33<sup>®</sup> dose compared to 0.28g of TDW of bean used as relative control (RC) at 100% NPF dose. At flowering with 30 mg/plant got 1.5 g of TDW compared to 1.0g TDW of bean as CR. At physiological maturity bean with 30mg/plant had 34.83g/100 grains compared to 20.39g/grains of bean as CR. Those data supporting that Endopre 33<sup>®</sup> is an excellent choice in bean's production at NPF 50% dose but not adverse effect on bean growth and yield in protected agriculture.

**Keywords:** rhizosphere effect, radical absorption, plant nutrition, microorganisms.

\* Autor para correspondencia

E-mail: [Imarquez@umich.mx](mailto:Imarquez@umich.mx) (L. Márquez-Benavides)

## 1. Introducción

La producción de *Phaseolus vulgaris* L “frijol” depende de la fertilización nitrogenada y fosfatada (FNP), cuya aplicación irracional provoca la pérdida de productividad del suelo (Aguirre, 2000; Cárdenas *et al.*, 2004; Martínez-Viera *et al.*, 2010). Los FNP son necesarios por la baja disponibilidad de las formas combinadas del Nitrógeno (N) y los fosfatos ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) en el suelo, ambos necesarios para el sano crecimiento del frijol y que limitan su rendimiento. Para ello el género *Rhizobium etli* se inocula en su semilla a dosis regulada de FN e incluso con algún genero de hongo micorrizico vesículo arbuscular (HMA) para el caso de la disponibilidad de los  $\text{PO}_4^{-3}$  en el FP y el suelo, pero con resultados inconsistentes en su crecimiento y rendimiento (Aguirre y Kohashi, 2001; Aguirre *et al.*, 2005; Aguirre-Medina *et al.*, 2009). Por lo que se recomiendan y empelan otros géneros de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) que en combinación con HMA en relación mínima de 1:1.

En un intento por mejorar la respuesta del frijol cuando la dosis del FNP se reduce (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000; Armenta-Bojorquez *et al.*, 2010). En la agricultura protegida una opción de asegurar el rendimiento del frijol, es aplicar inoculantes mixtos en cada fase de su ciclo vegetativo (Arturson *et al.*, 2006). La anterior muestra que existen alternativas biológicas para reducir y optimizar el FNP en frijol, sin riesgo en su producción; como el inoculante mixto conocido como Endospor 33<sup>®</sup> que contiene géneros de BPCV: *Azospirillum brasiliense*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens* que aumentan la capacidad de absorción del sistema radical del frijol (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001; Armenta-Bojórquez *et al.*, 2010) en combinación con géneros de HMA del género: *Glomus* sp (Guerra, 2008) que en asociación con las raíces del frijol

translocan los  $\text{PO}_4^{-3}$  y contribuyen a su sano crecimiento (Irizar *et al.*, 2003). Evidencia de lo anterior, es el trabajo de Hernández *et al.* (2004) que reportó la respuesta positiva del frijol-soya a la mezcla *Bradyrhizobium japonicum* y *Glomus* sp, al igual que Jasso-Chavarría *et al.* (1999), y Valdivia-Urdiales *et al.* (1999) que mostraron que ambos tipos de microorganismos promotores del crecimiento vegetal, incrementaron su biomasa vegetal a dosis reducida del FNP al 50%. Similar a lo señalado por Riera y Medina (2005) que analizaron la respuesta del frijol al inoculante mixto: *Azospirillum* sp y *G. intraradices* y que indujeron un incremento en su rendimiento entre el 10 al 15% aproximadamente, a dosis reducida del FNP.

Por lo que el objetivo de esta investigación fue analizar la respuesta del frijol al inoculante mixto Endospor 33<sup>®</sup> a dosis reducida al 50% del FNP.

## 2. Material y métodos

### Ubicación del experimento

El estudio se desarrolló en el Invernadero del Laboratorio de Microbiología Ambiental, del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la UMSNH, Morelia, Michoacán, México.

### Principio activo del inoculante mixto Endospor 33<sup>®</sup>

Cuya composición biológica garantizada fue: propágulos de los géneros de HMA mínimo 3.3/g de: *Gigaspora margarita*; *G. intraradices*, *G. mosseae*, *G. clarum*, *G. desertícola*, *G. etunicatum*, *G. brasillianum*. Mientras que los géneros de BPCV 50 millones UFC/g; *Azospirillum brasiliense*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens*; y enriquecido con vitaminas del complejo B: biotina, ácido fólico, B, B2, B3, B6, B7, B12; además de C y K. Fabricado por Tecnologías Naturales Internacionales S.A. de C.V. Celaya, Guanajuato, México.

**Tabla 1**

Diseño experimental de la respuesta del frijol var. Flor de Junio al Endospor 33<sup>®</sup> con el 50% del fertilizante nitrogenado y fosfatado

Frijol* (seis repeticiones)	Siembra	Floración	Madurez fisiológica	Fertilizante nitrogenado/ fosfatado (g/L) NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> /KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> KHPO <sub>4</sub> (FNP)
T1.control relativo (CR)	-	-	-	Dosis recomendada/frijol 10/4/4
T2 control absoluto (CA)	-	-	-	Agua
T3 Endospor 33 <sup>®</sup> 10mg	+	+	+	Dosis 50% FNP 5/2/2
T4 Endospor 33 <sup>®</sup> 20mg	+	+	+	5/2/2
T5. Endospor 33 <sup>®</sup> 30mg	+	+	+	5/2/2

+se agregó, (-)= no se agregó; \*/semilla o /planta.

**Siembra inoculación y nutrición**

La semilla de frijol var. Flor de Junio fue obtenida de la Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2012) debido a su resistencia a la roya, virosis y pudriciones de raíz, su grano de alto valor nutrición y comercial. La semilla se preparó según García-González *et al.* (2005) y se inoculó con las dosis recomendada por el fabricante señalado en la tabla 1. Se sembraron cuatro semillas de frijol en un suelo ferralítico rojo pobre en materia orgánica y Nitrógeno mineral con un pH 6,8, colocado en cada jarra de Leonard, las cuales se alimentaron con FNP reducido al 50% con (g/L): NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 5.0; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 2.0 y KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 2.0; en combinación con el inoculante mixto Endospor 33<sup>®</sup> él que se aplicó en cada fase del ciclo vegetativo del frijol: germinación, plántula, floración y madurez fisiológica. Se empleó el mismo frijol, sin inocular alimentado con el FNP al 100% como control relativo (CR); además de este frijol no inoculado e irrigado solo con agua como control absoluto (CA). Con base a las variables/respuesta: porcentaje (%) de germinación, fenotipia: altura de la parte aérea y radical (AP), longitud radical (LR), el número hojas y área de la hoja, número de flores, número de vainas, número de granos por vaina y su longitud; su biomasa: peso fresco total (PFT), peso

seco total (PST) aéreo y radical (García-González *et al.*, 2005). Los datos experimentales se validaron por Tukey e incluyo la desviación estándar (Walpole *et al.*, 2007).

**3. Resultados y discusión**

En la tabla 2 se observa el efecto positivo de Endospor 33<sup>®</sup> con 20 mg/semilla en el porcentaje de germinación en el frijol var. Flor de Junio con un 100%; con 10 mg por semilla fue del 80% y con 30 mg por semilla fue del 90%, debido a la acción benéfica del Endospore 33<sup>®</sup>, que sugiere que sus BPCV convirtieron los exudados de semilla en sustancias promotoras de crecimiento vegetal o SPCV (Cárdenas *et al.*, 2004; Riera y Medina, 2005; Mora y Toro, 2007).

**Tabla 2**

Efecto del Endospor 33<sup>®</sup> sobre la germinación de semilla de frijol var. Flor de Junio

Tratamiento/frijol <sup>+</sup>	Porcentaje de germinación (%)
Control absoluto (CA)	70,0±0,0 <sup>d</sup>
Control relativo (CR)	70,0±0,0 <sup>d</sup>
Endospor33 <sup>®</sup> 10mg/semilla	80,0±0,0 <sup>c</sup>
Endospor33 <sup>®</sup> 20mg/semilla	100,0±0,0 <sup>a</sup>
Endospor33 <sup>®</sup> 30mg/semilla	90,0±0,0 <sup>b</sup>

<sup>+</sup>n=6, \*letras distintas con diferencia estadística significativa al valor p < 0,05, según Tukey.

**Tabla 3**

Respuesta del frijol var. Flor de Junio a plántula, al Endospor 33® en su fenotipia con el 50% del fertilizante nitrogenado y fosfatado

Tratamiento /frijol <sup>+</sup>	Altura de planta (cm)	Longitud radical (cm)	Numero de Hojas/planta	Área de hoja (cm <sup>2</sup> )
Control absoluto (CA)	35,49±4,9 <sup>c</sup>	19,06±1,4 <sup>bc</sup>	5,0±0,0 <sup>c</sup>	4,18±0,0 <sup>e</sup>
Control relativo (CR)	32,39±2,8 <sup>c</sup>	14,85±1,8 <sup>c</sup>	4,0±0,0 <sup>d</sup>	4,81±0,0 <sup>c</sup>
Endospor33® 10mg/planta	62,14±4,0 <sup>a</sup>	26,66±2,8 <sup>a</sup>	6,0±0,0 <sup>b</sup>	5,24±0,0 <sup>b</sup>
Endospor33® 20mg/planta	56,97±2,4 <sup>a</sup>	24,12±2,3 <sup>ab</sup>	5,2±0,0 <sup>c</sup>	5,55±0,0 <sup>a</sup>
Endospor33® 30mg/planta	47,88±7,4 <sup>b</sup>	18,42±5,0 <sup>c</sup>	7,0±0,0 <sup>a</sup>	4,37±0,0 <sup>d</sup>

<sup>+</sup>n=6. \*letras distintas con diferencia estadística significativa al valor p < 0,05 según Tukey.

Los valores del 100%, 80 y 90% tuvieron diferencia estadística significativa comparados con el 70 % del frijol tratado solo con el FNP al 100% usado como CR; similar al por ciento del frijol irrigado únicamente con agua del empleado como CA.

En la tabla 3 se muestra la respuesta positiva del frijol var. Flor de Junio a plántula al Endospor 33® con la dosis 10mg/planta y el 50% del FNP; con una AP de 62,14 cm y un incremento en su LR con 26, 66 cm; mientras que con 20 mg/planta alcanzo 56,97 cm de AP y 24,12 cm de LR y con la dosis 30 mg/planta, alcanzó 47,88 cm de AP y 18,42 de LR cm.

Lo anterior sugiere que un efecto positivo del Endospor 33® por los géneros de HMA: *G. margarita*; *G. intrarradices*, *G. mosseae*, *G. clarum*, *G. desérticola*, *G. etunicatum*, *G. brasillianum*; que solubilizaron y translocaron eficientemente los PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> a pesar de reducir la dosis del FP al 50%; en tanto los géneros de BPCV: *A. brasiliense*, *A. chroococcum*, *B. megaterium*, *P. fluorescens* transformaron los exudados de la raíz del frijol en SPCV, para mejorar la absorción del FN a la dosis 50% del FN (Valdivia-Urdiales *et al.*, 1999; Santillana, 2006; Mora y Toro 2007). Los valores anteriores fueron estadísticamente significativos comparados con los del frijol usado como CR con 32,39 cm de AP y 14,85 cm de LR, sin inocular con el 100% del FNP.

En la tabla 4 se observa que el frijol var. Flor de Junio a plántula, con el Endospor 33® a la dosis de 10mg/planta y 50% del FNP; alcanzó 6,13g de PFT; en tanto que el frijol con dosis de 20 y 30 mg/planta registraron 5,09g y 4,66g respectivamente de PFT; valores con diferencia estadística significativa, comparados con el frijol usado como CR, con 2,98g de PFT, con el 100% del FNP.

**Tabla 4**

Biomasa a plántula del frijol var. Frijol de Junio tratado con Endospor 33® con el 50% del fertilizante nitrogenado y fosfatado

Tratamiento/frijol <sup>+</sup>	Peso fresco total (g)	Peso seco total (g)
Control absoluto (CA)	3,07±0,7 <sup>b</sup>	0,53±0,2 <sup>ab</sup>
Control relativo (CR)	2,98±0,8 <sup>b</sup>	0,28±0,06 <sup>b</sup>
Endospor33® 10mg/plántula	6,13±0,2 <sup>a</sup>	0,66±0,05 <sup>a</sup>
Endospor33® 20mg/plántula	5,09±0,7 <sup>a</sup>	0,51±0,06 <sup>ab</sup>
Endospor33® 30mg/plántula	4,66±1,9 <sup>ab</sup>	0,47±0,2 <sup>ab</sup>

<sup>+</sup>n=6. \*letras distintas con diferencia estadística significativa al valor p < 0,05, según Tukey.

Mientras que el frijol con Endospor 33® a la dosis 10mg/planta tuvo un incremento de 0,66g en su PST; con la dosis de 20mg/planta el frijol registro 0,51g PST; en tanto que el frijol con 30mg/planta alcanzó 0,47g de PST. Este efecto positivo del Endospor 33® en el frijol sugirió una acción sinérgica por sus BPCV que promovieron la conversión de exudados de raíz en SPCV para optimizar la dosis

reducida del FN al 50%, en tanto que sus HMA mejoraron la absorción de los  $PO_4^{-3}$  del FP, para lograr un incremento en la biomasa del frijol (Aguirre, 2000; Aguirre y Kohahsi, 2002; Arturson *et al.*, 2006).

Los valores del efecto del Endospor 33<sup>®</sup> en frijol a plántula, tuvieron una diferencia estadística significativa comparados con los 0,28g de PST del frijol con el 100% del FNP empleado como CR.

0,50g PST del frijol con Endospor 33<sup>®</sup> a la dosis de 20mg/planta que tuvo diferencia estadística significativa con los 0,28g de PST del frijol CR con el 100% del FNP. Este efecto positivo del Endospor 33<sup>®</sup> en la leguminosa indica una acción sinérgica; entre sus BPCV que promueven la conversión de exudados de raíz en SPCV para optimizar la dosis reducida del FN al 50% y sus HMA que mejoraron la absorción de los  $PO_4^{-3}$  del FP para lograr un incremento en la biomasa del frijol (Aguirre, 2000; Aguirre y Kohahsi, 2002; Arturson *et al.*, 2006).

En la tabla 5 se observa la respuesta del frijol var. Flor de Junio a floración inoculado con Endospor 33<sup>®</sup> con 30mg/planta con el 50% del FNP, que tuvo un incremento en sula AP de 63,5 cm y una LR de 27,8 cm; con la dosis 10mg/planta registro 55,5cm de AP y 24,83 cm de LR; similar que el frijol con 20mg/planta, con 55,5cm de AP y 32,45, cm de LR. La respuesta positiva del frijol con Endospor 33<sup>®</sup> se explica por la

optimización de la absorción de los  $PO_4^{-3}$  por los géneros de los HMA, mientras que los de las BPCV transformaron exudados radicales en SPCV para mejorar la absorción del FN reducido al 50% (Valdivia-Urdiales *et al.*, 1999; Hernández *et al.*, 2004; Aguirre-Medina *et al.*, 2009), en consecuencia hubo un rápido crecimiento y una mayor elongación del tallo, lo que favoreció un aumento en la altura del frijol (Jasso-Chaverria *et al.*, 1999; Alarcon y Ferrera-Cerrato, 2000).

Los valores de la respuesta del frijol al Endospor 33<sup>®</sup> tuvieron diferencia estadística significativa comparados con los 30,5 cm de AP y los 19,5 de LR del frijol sin inocular con el 100% del FNP usado como CR. En tanto con 20mg/planta en el frijol formo 13,0 flores; con 30 mg/planta genero 12,0 flores; con 10 mg/planta produjo 7,0 flores con el 50% del FNP. Lo anterior apoya el efecto benéfico del Endospor 33<sup>®</sup> por los HMA que aumentaron la absorción de los  $PO_4^{-3}$  del FP y las BPCV que mediante las SPCV, mejoraron la capacidad radical del frijol para incrementar y optimizar la absorción del FN reducido al 50% (Valdivia-Uridiales *et al.*, 1999; Artuson *et al.*, 2006; Armenta-Bojorquez *et al.*, 2010). Los valores del frijol inoculado con el Endospor 33<sup>®</sup> tuvieron diferencia estadística significativa comparados con las 5,5 flores del frijol usado como CR con el 100% del FNP.

**Tabla 5**

A floración fenotipia del frijol con Endospor 33<sup>®</sup> al 50% del fertilizante nitrogenado y fosfatado

Tratamiento/frijol <sup>+</sup>	Altura planta (cm)	Longitud raíz (cm)	Número hojas/planta	Área hoja (cm <sup>2</sup> )	Número flores
Control absoluto (CA)	27,0±0,8 <sup>c</sup>	21,0±0,8 <sup>cd</sup>	12,5±0,5 <sup>c</sup>	4,18±0,0 <sup>e</sup>	6,0±1,8 <sup>b</sup>
Control relativo (CR)	30,5±6,4 <sup>c</sup>	19,5±1,3 <sup>d</sup>	11,5±1,0 <sup>c</sup>	4,81±0,0 <sup>c</sup>	5,5±1,04 <sup>b</sup>
Endospor 33 <sup>®</sup> 10mg/planta	55,5±1,3 <sup>b</sup>	24,83±0,9 <sup>b</sup>	13,0±2,0 <sup>c</sup>	5,24±0,0 <sup>b</sup>	7,0±0,8 <sup>b</sup>
Endospor33 <sup>®</sup> 20mg/planta	55,5±1,04 <sup>b</sup>	22,45±0,9 <sup>c</sup>	28,0±0,8 <sup>a</sup>	5,55±0,0 <sup>a</sup>	13,0±1,7 <sup>a</sup>
Endospor33 <sup>®</sup> 30mg/planta	63,5±4,7 <sup>a</sup>	27,8±0,9 <sup>a</sup>	24,5±1,04 <sup>b</sup>	4,37±0,0 <sup>d</sup>	12,0±1,2 <sup>a</sup>

<sup>+</sup>n=6; \*Letras distintas con diferencia estadística significativa al valor p < 0,05, según Tukey.

En la tabla 6 se muestra el efecto positivo del Endospor 33<sup>®</sup> en el frijol var. Flor de Junio a floración con 30mg/planta que registro 9,05g de PFT; con 20mg/planta tuvo 8,25 de PFT; con 10mg/planta alcanzó 5,09g de PFT con el 50% del FNP, este efecto positivo del inoculante mixto en el frijol, fue análogo a lo explicado por Valdivia-Urdiales *et al.* (1999) y Hernández *et al.* (2004) que señalan que los géneros de HMA que optimizaron la absorción radical del FP y con ello el frijol tuvo una mayor biomasa, mientras que la actividad de las SPCV generadas por las BPCV mejoraron la eficiente absorción de la dosis del FN reducido al 50% (Mora y Toro, 2007). Los valores del frijol tratado con Endospor 33<sup>®</sup> tuvieron diferencia estadística significativa comparado con el frijol con 6,16g usado como CR con el 100% del FNP.

**Tabla 6**

Respuesta del frijol al Endospor 33<sup>®</sup> en su biomasa a floración al 50% de fertilizante nitrogenado y fosfatado

Tratamiento/frijol <sup>+</sup>	Peso fresco total (g)	Peso seco total (g)
Control absoluto (CA)	5,9±0,5 <sup>b</sup>	0,95±0,3 <sup>c</sup>
Control relativo (CR)	6,16±1,05 <sup>b</sup>	1,07±0,06 <sup>bc</sup>
Endospor 33 <sup>®</sup> 10mg/planta	5,09±0,6 <sup>b</sup>	0,85±0,3 <sup>c</sup>
Endospor 33 <sup>®</sup> 20mg/planta	8,25±0,5 <sup>a</sup>	1,45±0,1 <sup>ab</sup>
Endospor 33 <sup>®</sup> 30mg/planta	9,05±0,7 <sup>a</sup>	1,5±0,1 <sup>a</sup>

<sup>+</sup>n=6; \*Letras distintas con diferencia estadística significativa al valor p < 0,05, según Tukey.

En la tabla 7 se indica la respuesta del frijol a floración al Endospor 33<sup>®</sup> con la dosis 10mg/planta sufrió un ataque fúngico foliar y murió, mientras que el frijol con la

**Tabla 7**

Efecto del Endospor 33<sup>®</sup> en la madurez fisiológica del frijol var. Flor de Junio a dosis reducida al 50% del fertilizante nitrogenado y fosfatado

Tratamiento/frijol	Longitud de vaina (cm)	Numero granos/vaina	Peso de 100 granos (g)	Días a cosecha
Control absoluto (CA)	6,61±1,8 <sup>a</sup>	2,62±1,1 <sup>a</sup>	11,22±0,0 <sup>d</sup>	103±0,0 <sup>a</sup>
Control relativo (CR)	7,48±1,6 <sup>a</sup>	2,75±1,1 <sup>a</sup>	20,39±0,0 <sup>c</sup>	103±0,0 <sup>a</sup>
Endospor 33 <sup>®</sup> 20mg/planta	7,43±0,6 <sup>a</sup>	3,66±0,5 <sup>a</sup>	23,46±0,0 <sup>b</sup>	103±0,0 <sup>a</sup>
Endospor 33 <sup>®</sup> 30mg/planta	7,45±1,2 <sup>a</sup>	2,71±1,2 <sup>a</sup>	34,83±0,0 <sup>a</sup>	103±0,0 <sup>a</sup>

n=6; \*Letras distintas con diferencia estadística significativa al valor p < 0,05, según Tukey.

dosis 20mg/planta genero una LV de 7,43cm con el 50% del FNP, dato sin diferencia estadística significativa comparado a los 7,27 cm de LV del frijol con 30mg/planta y cuyo valor fue estadísticamente similar comparado con los 7,48cm de LV del frijol usado como CR con 100% del FNP. En el misma tabla 7 se muestra el efecto positivo del Endospor 33<sup>®</sup> en el frijol con 20mg/planta que registró un número de granos/vaina de 3,66; valor sin diferencia estadística significativa comparado con los 2,7 granos/vaina del frijol usado como CR, en tanto que fue superior al efecto de la dosis 30mg/planta el frijol con 2,63 granos/vaina. Con la dosis 30 mg/planta Endospor 33<sup>®</sup> el frijol tuvo un peso de 34,83g/100 granos; el frijol con la dosis 20 mg/planta registró 23,46g/ 100 granos. Estos resultados fueron análogos a lo reportado por Jasso-Chaverria *et al.* (1999), Mora y Toro (2007) y Martínez-Viera *et al.* (2010) que explican que las BPCV mediante fitohormonas, promovieron el incremento en el número de granos por vaina, al igual que su temprana formación; en tanto que los HMA aumentaron el área de superficie de la raíz a pesar de la reducción del 50% del FP (Irizar *et al.*, 2003; González-Leyva *et al.*, 2012; Guerra, 2008). Los valores señalados del peso de 100 granos de frijol tuvieron diferencia estadística significativa comparada con los 20,39 g/100 granos del frijol empleado como CR con el 100% del FNP; aunque sin diferencia en los días a cosecha para la madurez del grano.

#### 4. Conclusiones

En agricultura protegida el cultivo del frijol con la dosis 50% del FNP, es posible con el empleo de un inoculante mixto como el Endospore 33<sup>®</sup>, una herramienta útil para conseguir en el frijol un crecimiento sano y un rendimiento rentable. Por tanto este inoculante mixto es un insumo biológico adecuado para agricultores que pretenden la optimización de la dosis de la FNP sin riesgo de afectar el ciclo vegetativo del frijol, la calidad del grano, ni afectar su rendimiento.

#### 5. Agradecimiento

Al proyecto 2.7 (2014) Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH, por el apoyo económico y al SENER (2014). Se dedica este trabajo a la memoria del Ing. Eduardo Cervantes G por su espíritu de lucha e innovación en biotecnología agrícola.

#### 6. Referencias bibliográficas

Aguirre, J. 2000. Biofertilizantes microbianos: antecedentes del programa y resultados de validación en México. In: Memorias de Simposio de Biofertilización. 1ª Ed; 71-86. Disponible en: <http://www.ruratam.org.mx/Organizaciones/Cultivos/fertilizantes/Memorias.pdf>

Aguirre, J.; Kohashi S. 2002. Dinámica de la colonización micorrizica y contenido de Fósforo en frijol común. *Agricultura Técnica en México* 28:23-33.

Aguirre J J.; Kohashi S C.; Trejo-López, J.; Acosta, J.; Cadena A.; Peña del Río, M.A. 2005. Inoculation of *Phaseolus vulgaris* L. with three microorganisms and their effect in drought tolerance. *Agricultura Técnica en México* 31: 125-137.

Aguirre-Medina, J.; Irizar- Garza M.; Duran-Prado A.; Grajeda-Cabrera O.; Peña-del Río, M.A.; Loredó-Osti C.; Gutiérrez-Baeza A. 2009. Los biofertilizantes microbianos: Alternativa para la agricultura en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México, pp: 86-90.

Alarcón, AA.; R. Ferrera-Cerrato. 2000. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. *Agricultura Técnica en México* 26: 191-203.

Armenta-Bojórquez, A.; García-Gutiérrez C.; Camacho-Báez R.; Apodaca-Sánchez M.; Gerardo-Montoya L.; E. Nava-Pérez. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai* 6: 51-56.

Arturson, V.; Finlay R.; Jansson J. 2006. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. *Environmental microbiology* 8: 1-10.

Cárdenas, N.R.; Sánchez-Yáñez, J.M.; Farías, R.R.; Peña, C.J.J. 2004. Los aportes del nitrógeno en la agricultura. *Chapingo Serie Horticultura* 10 (2): 173-178.

Ferrera-Cerrato R; Alarcón A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum.* 8: 175-183.

García-González, M.M.; Farías-Rodríguez, R.; Peña-Cabriales, J.J.; Sánchez-Yáñez, J.M. 2005. Inoculación del trigo var. Pavón con *Azospirillum* spp. y *Azotobacter beijerinckii*. *Terra* 23: 65-72.

González-Leyva, M.; González-Cruz, M.; Nápoles-Gallardo, E.; Baldaquin-Pagan, A. 2012. Efectividad de algunos biofertilizantes en el cultivo del garbanzo (*Cicer Arietinum*, L.). *Innovación Tecnológica* 18: 1-10.

Guerra, B. 2008. Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. *Tecnología en marcha* 21: 191-201.

Hernández, R.; Hernández, L.; Velázquez, M.; Bigiramana, Y.; Adenauer, K.; Hofte, M. 2004. Aplicación de rizobacterias para inducir resistencia en los sistemas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) - *Colletotrichum lindemuthianum*. Disponible en: <http://www.sociedadmexicanadefitopatologia.org/archivos/61222113.pdf>

Irizar, M.; Vargas, P.; Garza, D.; Tuty Couoh, C.; Rojas, I.; Trujillo, A.; García, R.; Aguirre, D.; Martínez, J.; Alvarado, S.; Grageda, O.; Valero, J.; Aguirre, J. 2003. Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. *Agricultura Técnica en México* 29: 213-255.

Jasso-Chaverria, C., Martínez-Gamiño M.; Cruz-Fernández M. 1999. Biofertilización en el cultivo de frijol en el estado de San Luis Potosí. *Tecnología para la producción de frijol en el norte centro de México. Campo experimental San Luis CIRNE-INIFAP*, pp: 142-150. ISBN: 978-607-425-030-5.

Martínez-Viera, R.; Dibut, B.; Ríos, Y. 2010. Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta. *Cultivos Tropicales* 31: 27-31.

Mora, E.; Toro, M. 2007. Estimulación del crecimiento vegetal por *Burkholderia cepacia* una cepa nativa de suelos ácidos de sabanas venezolanas. *Agronomía tropical*. 57 (2): 123-128.

Riera, M.; Medina, N. 2005. Influencia de las micorrizas sobre las poblaciones bacterianas y su efecto sobre los rendimientos en secuencias de cultivos tropicales. *Cultivos Tropicales* 26: 21-27.

SAGARPA, 2012. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2014B066.aspx>

Santillana, N. 2006. Producción de biofertilizantes utilizando *Pseudomonas* sp. *Ecología aplicada* 5: 87-91.

Valdivia-Uridales, B.; Fernández-Brondo, JM.; Sánchez-Yáñez, J.M. 1999. Efecto de la coinoculación de *Pseudomonas putida* y *Glomus* spp sobre trigo. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 41: 231-237.

Walpole, E.R.; Myers, R.; Myers, LS. 2007. Probabilidad & Estadística para Ingeniería & Ciencias. Ed. Pearson, ed.8. ISBN: 13:978-970-26-0936-0.