

Efecto de la fertilización mineral y biológica sobre tres genotipos de frijol común en un suelo Ferralítico Rojo Típico

Effect of mineral and biological fertilization on three genotypes of common bean in an oxisol soil

Alejandro Esquivel López¹; Lázaro Jesús Lamadrid Mandado¹; Bladimir Díaz Martín²; Roldán Torres Gutiérrez² y Edic Pérez Abreu¹

¹ Empresa Agropecuaria Quemado de Guines. Calzada 26 de Julio, no. 178 Final. Quemado de Guines Villa Clara, Cuba. CP: 52200

² Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central de Las Villas, Carretera a Camajuaní km 5 ½ Santa Clara, V. Clara, Cuba C. P. 54830.

E-mail: bladimir@uclv.edu.cu

RESUMEN. La presente investigación se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización mineral y biológica (biofertilización) sobre los parámetros de nodulación, componentes del rendimiento y el rendimiento agrícola de los genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) BAT-304, Velasco Largo y BAT-93 en un suelo Ferralítico Rojo Típico del municipio Quemado de Güines, provincia de Villa Clara. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cuatro réplicas. Se establecieron los siguientes tratamientos: 1-Control; 2-Inoculación de *Rhizobium etli* y 3-Aplicación de Urea 60 kg ha⁻¹. Se evaluó el número de nódulos totales y la biomasa nodular, los componentes del rendimiento y el rendimiento agrícola expresado en el peso de granos por planta. La inoculación con *Rhizobium* superó al resto de los tratamientos, con diferencias significativas respecto al número de nódulos totales, el peso fresco y el peso seco de los nódulos, entre los tratamientos. En los componentes del rendimiento la inoculación con *Rhizobium* logró estimular al menos uno de estos parámetros para los genotipos BAT-304 y Velasco Largo, mientras que la fertilización mineral influyó favorablemente en BAT-93. El rendimiento agrícola fue estimulado mediante la fertilización biológica y superó a la mineral en 10,4 % en el genotipo BAT-304 y 6,0 % en el genotipo Velasco Largo, mientras que en el genotipo BAT-93 la fertilización mineral superó en 18,45 % a la biológica.

Palabras clave: biofertilización, Ferralítico rojo típico, fertilización mineral, *Phaseolus vulgaris*, *Rhizobium etli*.

ABSTRACT. This research was conducted in order to evaluate the effect of mineral and organic fertilization (biofertilization) on the parameters of nodulation, yield components and crop yield of genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) BAT-304, Velasco Largo and BAT-93 in Typical Red Ferralitic Township "Quemado de Guines", province of Villa Clara. We used an experimental design in randomized blocks with four replications. The following treatments were established: 1-Control; 2-Inoculation of *Rhizobium etli* and 3-Application of Urea 60 kg ha⁻¹. Total number of nodules and nodule biomass, yield components and crop yield expressed as the weight of grains per plant was evaluated. Inoculation with *Rhizobium* outperformed all other treatments, with significant differences in the number of total nodule fresh weight and dry weight of nodules, between treatments. In yield components *Rhizobium* inoculation failed to stimulate at least one of these parameters for BAT-304 and Velasco Largo genotypes, whereas mineral fertilization favorably influenced BAT-93. Crop yield was stimulated by biological fertilization beating mineral fertilization on 10.4 % for genotype BAT-304 and 6.0 % at Velasco genotype Largo, while genotype BAT-93 mineral fertilization exceeded 18.45 % fertilization biological.

Key words: biofertilization, Oxisol, mineral fertilization, *Phaseolus vulgaris*, *Rhizobium etli*.

INTRODUCCIÓN

El uso de agroquímicos ha permitido obtener incrementos substanciales en las producciones agrícolas, no obstante, sus efectos adversos están impactando de manera significativa la sostenibilidad de la agricultura. (Heffer y Prudhomme, 2006)

Las plantas pertenecientes a la familia leguminosa (*Fabaceae*) son unas de las máximas responsables del equilibrio del nitrógeno (N) en los ecosistemas (Broughton *et al.*, 2003). Estas son capaces de realizar el proceso de fijación biológica del N (FBN)

mediante la estrecha relación simbiótica con bacterias del suelo pertenecientes al género comúnmente conocido como *Rhizobium* (Weidner *et al.*, 2003), por lo cual se logra que en interacciones eficientes se reduzca la aplicación de fertilizantes nitrogenados para la producción de estos cultivos. Dentro de las plantas leguminosas, el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) presenta singular importancia por el aporte de altas cantidades de proteínas, carbohidratos y minerales (Quintero, 2000). El uso de la biofertilización en este cultivo ha sido una práctica común durante la última década en nuestro país, sin embargo la

eficiencia del proceso de fijación del N en esta leguminosa es considerado por varios autores como ineficiente, debido entre otros factores al corto ciclo del cultivo, la promiscuidad de cepas capaces de interactuar con la esta planta y la disponibilidad de fuentes de N en aquellas áreas dedicadas a la siembra de este grano (Peña-Cabriales y Zapata, 1999; Urquiaga y Zapata, 2000; Remans *et al.*, 2007; Torres-Gutiérrez, 2008). Por lo anterior el objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia de la aplicación de fertilización mineral y biológica en tres genotipos de frijol común.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Empresa Agropecuaria del municipio Quemado de Güines, provincia Villa Clara, sobre un suelo Ferralítico Rojo Típico, en el período comprendido entre septiembre y diciembre de 2011.

Los genotipos estudiados fueron BAT-304, Velasco Largo y BAT-93, con un porcentaje de germinación superior al 95 % (Tabla 1).

Tabla 1. Características principales de los genotipos evaluados

Genotipos de frijol común	Características relevantes					Proveedor de las semillas**
	Ciclo (días)	Tipo de crecimiento*	Color grano	Masa vainas (g)	Rendimiento potencial (t ha ⁻¹)	
BAT-304	75	III	Negro	9.68	2.5	EAQG
Velasco largo	75	I	Rojo	10.50	2.3	EAQG
BAT-93	87	III	Negro	9.40	2.5	EAQG

* Tipo de crecimiento III: indeterminado sin habilidad de trepar. Tipo de crecimiento I: determinado sin habilidad de trepar (Voyses, 2000)

**EAQG: Empresa Agropecuaria del municipio de Quemado de Güines

Para la evaluación de los métodos de fertilización en los genotipos de frijol común objeto de estudio, se utilizó un diseño en bloques al azar (3 x 4). Las réplicas consistieron en la parcelación de 25 m² (5 x 5 m) por cada uno de ellos. Los tratamientos fueron:

1. Control (sin aplicación de fertilizante mineral y sin inoculación de bacterias del género *Rhizobium*).

2. *Rhizobium etli*. cepa 6bIII (procedente del Instituto Nacional de Suelos) mediante la técnica de recubrimiento de la semilla a dosis de 1kg/46 kg semilla.

3. Fertilización mineral con Urea 46 %, en el fondo del surco, a razón de 60 kg ha⁻¹.

Para el recubrimiento de las semillas se siguieron los procedimientos propuestos por Remans *et al.*

(2008) que consisten en mezclar el inoculante con las semillas de cada genotipo en cubos por separados. Como sustancia adherente se utilizó sacarosa al 10 %. Luego del recubrimiento las semillas se depositaron en mantas a la sombra para el secado y posteriormente fueron sembradas.

La siembra de cada tratamiento se realizó de forma manual en cinco surcos, a una distancia de 0,70 m entre surcos y a surco continuo.

El manejo del cultivo se realizó acorde a lo planteado por el instructivo técnico del MINAG (2010). Durante el ciclo biológico de las plantas se llevó a cabo un pase de cultivo en calles con bueyes y dos pases de guataca con una diferencia de 20 días entre estos, comenzando a los 15 días después de la brotación. El riego se realizó según los requerimientos del cultivo. No se realizaron

aplicaciones de productos químicos para el control de plagas y enfermedades, debido a que no hubo incidencia de estas.

Las evaluaciones comenzaron a los 21 días de la siembra. Se tomaron cinco plantas por parcela a las que evaluaron los indicadores: número de nódulos totales (NN), peso fresco (PFN) y peso seco de los nódulos (PSN). La biomasa nodular se calculó utilizándose una balanza analítica *Explorer Pro*, EP64, Suiza.

A los 92 días se determinaron, en cinco plantas por parcela, los componentes del rendimiento: número de legumbres por planta (VPP), peso de

legumbres por planta (PVP), número de granos por legumbre (GP), número de granos por planta (GPP) y el peso de granos por planta (PGP), este último parámetro para la estimación del rendimiento agrícola (Torres-Gutiérrez, 2008). Para el peso de las legumbres y los granos se utilizó una balanza analítica *Explorer Pro*, EP64, Suiza.

El procesamiento de los datos se realizó mediante el software *STATGRAPHICS Plus* v. 5.1 para el sistema operativo *Windows*. Las diferencias estadísticas entre los tratamientos se realizaron mediante un análisis de varianza simple (*One-Way ANOVA*) y la prueba paramétrica de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis del efecto de la fertilización sobre los parámetros de nodulación a los 21 días de la siembra, en los tratamientos realizados, mostró que para BAT-304, el número de nódulos totales se vio favorecido con la inoculación con *Rhizobium*, con diferencias estadísticas significativas respecto a los demás tratamientos evaluados. Similar respuesta se obtuvo para peso fresco (PFN) y el peso seco de los nódulos (PSN) (tabla 2).

Según Torres-Gutiérrez (2004) el peso seco de los nódulos es un parámetro relevante al analizar la efectividad de los métodos de fertilización, ya que demuestran la fijación de nitrógeno que se lleva a cabo en las leguminosas. Al respecto Caba *et al.* (2003), reportaron que la liberación de fuentes de nitrógeno en los suelos inhibe la formación y ontogenia de los nódulos radicales en las leguminosas.

Los parámetros de nodulación de Velasco Largo resultaron ser mejores en el tratamiento de *Rhizobium*, con diferencias estadísticas significativas respecto a los demás tratamientos. En este genotipo se aprecia el efecto negativo que causan las fuentes de nitrógeno sobre la nodulación en las leguminosas, lo cual influyó en que el tratamiento control tuviera mejores resultados que el de fertilización mineral. Los resultados del genotipo BAT-93 mostraron que los parámetros de nodulación fueron también estimulados con el *Rhizobium*.

Al realizar el análisis morfológico y visual se pudo detectar la presencia de leghemoglobina en los nódulos formados en las plantas tratadas con *Rhizobium* y en el control; sin embargo, en el tratamiento de fertilización mineral se detectaron varios nódulos de coloración verde oscura y necrosados, evidencia de la inhibición del sistema enzimático nitrogenasa y por consiguiente la carente fijación de nitrógeno.

Tabla 2. Parámetros de nodulación de las variedades

Tratamientos	Nódulos totales			Peso fresco de nódulos (mg)			Peso seco de nódulos (mg)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Control	6.20b	11.5b	9.70 b	34.8 b	69.0 b	53.3 b	15.5 b	34.5 b	19.4b
<i>Rhizobium</i>	42.45a	75.70a	38.50a	229.2a	454.2a	211.7a	106.1a	227.1a	77.0a
Fertilización	4.45 b	5.25 c	11.65b	24.0 b	31.5 c	64.0 b	11.1 b	15.7 c	23.3b
E.S	1.09	1.46	0.97	5.9	8.7	5.3	2.7	4.3	1.9

1: BAT 304, 2: Velasco largo, 3: BAT 93. Letras desiguales en las columnas difieren para $P < 0.05$ por Tukey HSD

Estos resultados se encuentran en estrecha relación con los obtenidos por varios autores que han realizado estudios de campo sobre el efecto de tipos de fertilizantes en el frijol. Según Remans *et al.*

(2008), la inoculación con *Rhizobium* cepa CNPAF-512 y la combinación de esta cepa con bacterias pertenecientes al género *Azospirillum* incrementaron la nodulación de genotipos de frijol

común, así como la biomasa nodular. Torres-Gutiérrez *et al.* (2009) reportaron que mediante la identificación genética y caracterización morfológica de cepas nativas de *Rhizobium* puede estimularse la nodulación de diferentes genotipos de frijol común en condiciones controladas y de campo, mediante una alta competitividad de estas cepas con las cepas ineficientes del suelo, tal como se observó en el

tratamiento de inoculación con *Rhizobium* en comparación con el tratamiento control.

El análisis de los componentes del rendimiento en los genotipos estudiados reveló que para BAT-304 (Tabla 3) solo existieron diferencias significativas en cuanto al número de granos por legumbres entre los tratamientos.

Tabla 3. Componentes del rendimiento en BAT-304

Tratamientos	Nº vainas por planta	Peso vainas por planta (g)	Nº granos por vaina	Nº granos por planta
Control	13.40 a	15.42 a	5.05 b	66.45 a
<i>Rhizobium</i>	15.55 a	18.02 a	5.50 a	84.20 a
Fertilización	14.10 a	15.48 a	5.25 ab	68.20 a
E.S	0.76	0.9	0.41	5.37

Letras desiguales en las columnas difieren para $P < 0.05$ por Tukey HSD

Para Velasco largo (tabla 4) se detectaron diferencias significativas en el número de granos por planta, beneficiado este parámetro por el tratamiento con *Rhizobium*. No obstante, sobre BAT-93 (Tabla 5) se evidenció mayor variabilidad que en los

genotipos anteriores. Para este genotipo el tratamiento de fertilización mineral obtuvo resultados satisfactorios en todos los parámetros, pero sin diferencias significativas con el de inoculación con *Rhizobium*.

Tabla 4. Componentes del rendimiento en el genotipo Velasco largo

Tratamientos	Nº vainas por planta	Peso vainas por planta (g)	Nº granos por vaina	Nº granos por planta
Control	15.85 a	17.96 a	4.60 a	70.70 b
<i>Rhizobium</i>	17.95 a	20.45 a	4.75 a	83.90 a
Fertilización	17.25 a	19.04 a	4.35 a	72.90 b
E.S	0.69	0.81	0.27	3.97

Letras desiguales en las columnas difieren para $P < 0.05$ por Tukey HSD

Tabla 5. Componentes del rendimiento en el genotipo BAT-93

Tratamientos	Nº vainas por planta	Peso vainas por planta (g)	Nº granos por vaina	Nº granos por planta
Control	12.50 b	14.06 b	4.45 b	55.55 b
<i>Rhizobium</i>	13.90 ab	15.88 ab	4.90 ab	67.35 ab
Fertilización	15.20 a	16.72 a	5.50 a	82.80 a
E.S	0.69	0.7	0.31	5.01

Letras desiguales en las columnas difieren para $P < 0.05$ por Tukey HSD

Al analizar estos resultados obtenidos en los parámetros componentes del rendimiento con los ya descritos en los parámetros de nodulación, podemos apreciar como existe una estrecha correlación entre ellos para cada genotipo. BAT-304 y Velasco largo respondieron eficientemente a la inoculación con *Rhizobium*, mientras que BAT-93 a la fertilización mineral. Según Caba *et al.* (2003), cuando se encuentran fuentes de N en el suelo se inactiva la fijación simbiótica del N y la

fertilización mineral se hace más efectiva para las plantas por un mecanismo activo de asimilación de los nitratos o el amonio. Rodríguez *et al.* (2001) refieren que las plantas son capaces de asimilar las fuentes de N con más rapidez mediante la fertilización mineral que mediante el proceso de fijación de N, por lo que aquellas que no son dependientes de la fijación simbiótica del N pueden verse favorecidas.

CONCLUSIONES

1. La inoculación del frijol con *Rhizobium etli* estimuló la nodulación y la biomasa nodular en comparación con el tratamiento control y la fertilización mineral.
2. La fertilización biológica incrementó el número de granos por legumbres en el genotipo BAT-304 y el número de granos por planta en Velasco largo.
3. La fertilización mineral afectó favorablemente todos los parámetros componentes del rendimiento en el genotipo BAT-93.

BIBLIOGRAFÍA

1. Broughton, W. J.; Hernandez, G.; Blair, M.; Beebe, S.; Gepts, P. y Vanderleyden, J. Beans (*Phaseolus* spp.), model food legumes. Plant Soil 252: 55–128; 2003.
2. Caba, J.M.; Poveda, J.L. y Ligero, F. Control de la nodulación en las leguminosas: Implicación de las fitohormonas. 2003. En sitio web: <http://nostoc.usal.es/sefin/Ligero.html>. Consultado: 15 de junio de 2011.
3. Heffer, P. y Prud'homme, M. Medium-term outlook for global fertilizer demand, supply and trade, 2006-2010; summary report. International Fertilizer Industry Association, Paris, France. 2010. En sitio web: www.fertilizer.org/ifa/publicat/PDF/2006_cape_town_ifa_summary.pdf, Consultado: 15 de junio de 2011.
4. Peña-Cabriales, J. J. y Zapata, F. Aumento de la fijación biológica del nitrógeno en el frijol común en América Latina. Ed. IMPROSA. Irapuato. México, 1999, 203 p.
5. Quintero, E. Monografía. Manejo agrotécnico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Cuba. UCLV. Cuba, 2000.
6. Remans R.; Croonenborghs A.; Torres-Gutiérrez, R.; Michiels, J. y Vanderleyden, J. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on nodulation of (*Phaseolus vulgaris* L.), are dependent on plant P nutrition Eur J Plant Pathol 119: 341-351; 2007.
7. Remans, R.; Beebe, S.; Blair, M.; Manrique, G.; Tovar, E.; Rao, I.; Croonenborghs, A.; Torres-Gutiérrez, R.; El-Howeity, M.; Michiels, J.; y Vanderleyden, J. Physiological and genetic analysis of root responsiveness to auxin-producing plant growth-promoting bacteria in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Soil 302: 149-161; 2008.
8. Torres-Gutiérrez, R. Phytoestimulatory effect of *Rhizobium* and Plant Growth Promoting Rhizobacteria in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) interaction. Dissertationes de Agricultura. PhD thesis, Katholieke Universiteit Leuven, 2008, 155 pp.
9. Torres-Gutiérrez, R.; Pérez, C y Canino, Norma. Increments of biological nitrogen fixation by means of combined inoculation of atmospheric fixation bacterias. 6th European Nitrogen Fixation Conference. 24-28 July. Toulouse, France. P6.12: 109, 2004.
10. Torres-Gutiérrez, R.; Remans, R.; Willems, A.; Hernández, G.; Alvarez, M.; Michiels, J.; y Vanderleyden, J. Morphological characterization and genetic identification of rhizobacteria in cuban agricultural soils. XXIV reunión latinoamericana de rizobiología. La Habana 05-09 de mayo, Cuba, 2009.
11. Urquiaga, S. y Zapata, F. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Ed. GENESIS. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 2000, 88 pp.
12. Voysest, O. V. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de América Latina 1930-1999. p. 65-73. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 2000.
13. Weidner, S.; Puhler, A. y Kuster, H. Genomics insights into symbiotic nitrogen fixation. Curr Opin in Biotech 14: 200–205; 2003.

Recibido: 04 /06 /2013

Aceptado: 06/11/2013