

Fertilización fosfórica y bacterias solubilizadoras de P en el cultivo de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.)

Phosphoric fertilization and P solubilizing bacteria in the cultivation of bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

I.C. Acevedo¹, M. Cardenas², J.L. Contreras¹, D. Torres³ y M. López³

¹Decanato de Ciencias Veterinarias, Universidad Centroccidental Linsandro Aalvarado (UCLA). ²Ingeniero Agrónomo. ³Investigadora del INIA, Maracay.

Resumen

Con el propósito de evaluar el efecto de la dosis de fósforo combinada con bacterias solubilizadoras de P en el cultivo de caraota, se inoculo un suelo del Valle del Río Turbio, parroquia Agua Viva, municipio Palavecino, estado Lara. Se estableció un experimento de crecimiento de la planta de caraota en pote con y sin bacterias solubilizadoras de P. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y ocho repeticiones. Las dosis de fósforo aplicadas fueron 0, 30 60 y 90 kg.ha⁻¹ de ácido fosfórico. Se evaluó la longitud de la planta y diámetro de la planta, biomasa seca aérea a la quinta, séptima y novena semana después de la siembra. No hubo efecto de la dosis del fósforo sobre el diámetro del tallo de la planta con o sin inoculación con bacterias solubilizadoras de P. La longitud de la planta fue mayor en el testigo, indicando que la planta no respondió a las aplicaciones de fósforo aun en presencia de las bacterias.

Palabras clave: bacterias, biofertilizante, umbráculo.

Abstract

In order to evaluate the dose effect of phosphorus combined with P solubilizing bacteria in growing bean, a soil was inoculated from Valle del Río Turbio, Agua Viva parish Palavecino county, Lara State. An experiment about the growth of the bean plant was established with and without P solubilizing bacteria. A completely randomized design was used with four treatments and eight replications. The doses of phosphorous used were 0, 30, 60 and 90 kg.ha⁻¹ of

phosphoric acid. The plant's longitude, the plant's diameter and the aerial dry biomass were evaluated during the fifth, seventh and ninth weeks after the sow. There was not any effect on the dose of phosphorous on the stem's diameter of the plant with and without inoculation with P solubilizing bacteria. The plant's longitude was higher in the witness, indicating that the plant did not respond to the application of phosphorous even with the presence of the bacteria.

Key words: bacteria, biofertilizer, threshold.

Introducción

En las últimas décadas, la forma más común de incorporar nutrientes al suelo ha sido en forma de fertilizantes químicos y su uso indiscriminado ha alterado los constituyentes orgánicos del suelo. Actualmente es de gran interés restaurar la microflora del suelo mediante estrategias que permitan mejorarlo en relación a la productividad agrícola y de manera no contaminante (Reyes *et al.*, 2008).

Más aún, la utilización de los recursos microbiológicos del suelo como biofertilizantes a base de sustancias que contienen microorganismos vivos que al aplicarse a la semilla o suelo promueven el crecimiento de la planta, es una alternativa eficiente para reducir el uso de fertilizantes químicos (López *et al.*, 2008).

Por otra parte, el cultivo de caraota presenta bajos rendimientos ($400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a nivel nacional, debido principalmente a la inadecuada fertilización del cultivo, aunque es una planta muy exigente en fertilizantes, tanto para su desarrollo vegetativo como para la formación de vainas y producción de granos, por lo tanto requiere de altos niveles de N y P debidamente balanceados y aplicados en épocas correspondientes (Casanova, 1996).

Introduction

In the last decades, the most common way to incorporate nutrients to the soil has been using chemical fertilizers, and its uncontrolled use has modified the organic constituents of the soil. Currently, it is very important to restore the soil's micro-flora using strategies that would allow improving the soil's condition in relation to the agriculture productivity without polluting (Reyes *et al.*, 2008).

The use of microbiological resources of the soil such as biofertilizers based on substances containing alive microorganisms, that when applying it to the seed or the soil promote the plant's growth, seems to be an efficient alternative to reduce the use of chemical fertilizers (López *et al.*, 2008).

On the other hand, the bean crop presents low yields ($400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nationally, mainly due to the inadequate fertilization of the crop, even though it is a plant that demands fertilizers for both its vegetative development as the formation of pods and the production of grains, therefore, it requires high levels of balanced N and P, which must be applied in the corresponding seasons (Casanova, 1996).

Because of the latter, the objective of this research was to

Es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la dosis de fósforo inorgánico en presencia de bacterias solubilizadores de P sobre el crecimiento del cultivo de caraota.

Materiales y métodos

Ubicación del ensayo

El ensayo, se llevó a cabo en un umbráculo; con cobertura de plástico transparente ubicado en el núcleo "Héctor Ochoa Zuleta" UCLA, en Tarabana, municipio Palavecino, estado Lara. El suelo utilizado para el llenado de los potes se tomó a la profundidad de 0-20 cm en el Valle del Río Turbio, ubicado en el municipio Palavecino a 10°1'59" LN y 69°15'48" LO, altitud de 400 msnm. El suelo se secó al aire y se pesaron porciones de 3 kg, para colocar en los potes. El suelo presentó textura franco arcillo limoso, pH 7,49, conductividad eléctrica (CE) de 0,46 dS.m⁻¹ y P de 6 mg.kg⁻¹.

Material experimental

Se utilizaron semillas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Tacarigua. En cada contenedor lleno de suelo se colocaron dos semillas por cinco puntos y después de la germinación se eliminó una plántula por cada punto, quedando cinco plántulas por cada pote. El riego se aplicó cada dos días, en una cantidad de 20 mL en una sola aplicación. El control de las malezas se efectuó de manera manual, semanalmente.

El biofertilizante utilizado contenía cepas de bacterias solubilizadoras de fósforo obtenidas por Torres *et al.* (2009), del cual se tomaron 2 L y se diluyeron en 200 L de agua. Se aplicó 1 mL del biofertilizante solubilizador

evaluate the dose effect of the inorganic phosphorous in presence of P solubizing bacteria on the bean's crop growth.

Materials and methods

Location of the experiment

The experiment was carried out under greenhouse conditions; with a clear plastic cover located at the campus "Hector Ochoa Zuleta" UCLA, in Tarabana, Palavecino County, Lara state. The soil used for filling the pots was taken at a depth of 0-20 cm from the Valle del Río Turbio, located in Palavecino County at 10°1'59" NL and 69°15'48" WL, at an altitude 400 masl. The soil was air-dried and 3 kg portions were weighted to pour them in the pots. The soil had a loamy clayish lime texture, pH 7.49, electrical conductivity (EC) of 0.46 dS.m⁻¹ and a P of 6 mg.kg⁻¹.

Experimental material

Bean seeds were used (*Phaseolus vulgaris* L.) of the Tacarigua variety. On each pot full with soil, two seeds were put on five holes, and after the germination a seeding was eliminated from each hole, remaining five seedlings on each pot. The irrigation was done every two days, using 20 mL in single application. The weed control was carried out manually and weekly.

The bio-fertilizer used had solubizing bacteria strains of phosphorous obtained by Torres *et al.* (2009), out of which 2 L were taken and diluted in 200 L of water. 1 mL of the P solubizing bio-fertilizer per pot was applied (2 L.ha⁻¹) a week after the crop.

Experimental design

A completely randomized design was used with four treatments and

de P por pote (2 L.ha⁻¹) una semana después de la siembra.

Diseño de experimento

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y ocho repeticiones en el experimento con inoculación de bacterias solubilizadoras de P y sin la aplicación del mismo. Las dosis de fósforo fueron 0, 30, 60 y 90 kg.ha⁻¹, que correspondió a 0; 4,4; 8,8; 13,2 mL.pote⁻¹, respectivamente.

Variables evaluadas

Se determinó el diámetro del tallo en la base del mismo, la altura de la planta hasta el ápice y biomasa seca aérea (secado a 60°C). Además se realizaron muestras destructivas quincenalmente (corte de la planta) para determinar la biomasa seca de la parte aérea de la planta a 60°C.

Análisis estadísticos

Los resultados se evaluaron mediante análisis de varianza utilizando el paquete estadístico Statistix versión 8, además, se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de LSD, con un nivel de probabilidad del 5%.

Resultados y discusión

Longitud de la planta

Las plantas inoculadas con bacterias solubilizadoras de P, presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la longitud de la planta según las dosis de fósforo durante la quinta y séptima semana, no así en la novena semana. En la quinta y séptima semana la mayor longitud de la planta se encontró en el testigo (0 kg de P) y en la novena semana la longitud de la planta de caraota no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$), aunque se

eight replications in the experiment with inoculation of P solubilizing bacteria and without the application of it. The phosphorous doses were 0, 30, 60 and 90 kg.ha⁻¹, which corresponded to 0; 4.4; 8.8; 13.2 mL.pot⁻¹, respectively.

Evaluated variables

The stem's diameter was determined in the base of it, as well as the plant's height until the apex and the aerial dry biomass (dried at 60°C). Also, destructive samples were performed every fifteen days (cut of the plant) to determine the dry biomass of the aerial part of the plant at 60°C.

Statistical analysis

The results were evaluated using the variance analysis with the statistic software Statistix, version 8; also, the multiple comparison test of LSD was used with 5% of accuracy.

Results and discussion

Plant's longitude

The inoculated plants with solubilizing P bacteria presented significant differences ($P < 0.05$) in the plant's longitude according to the doses of phosphorous during the fifth and seventh week, except in the ninth week. In the fifth and seventh week, the highest plant's longitude was found on the witness (0 kg of P) and in the ninth week the bean plant's longitude did not present significant differences ($P > 0.05$), even though it was observed it kept the tendency of not responding to the phosphoric fertilization (table 1).

Urquiola (2012) found higher height of the plant in those treatments where the chemical fertilization combined with bio-fertilizers was applied. On the other hand, Pérez

observó que mantuvo la tendencia de no respuesta a la aplicación de fertilización fosfórica (cuadro 1).

Urquiola (2012) encontró mayor altura de planta en aquellos tratamientos donde se aplicó fertilización química combinada con biofertilizantes. Por otro lado, Pérez (2007) encontraron que a medida que aumentó las dosis de fertilizantes fosfórico (roca fosfórica) 0, 25, 50 y 75 mg.kg⁻¹ de esa misma manera aumentaba la longitud del tallo. Contrario, López *et al.* (2008) no encontraron diferencias significativas al evaluar la variable longitud de la planta en los tratamientos donde se combinó la fertilización convencional con biofertilizante.

Aunque, en las plantas no inoculadas con bacterias solubilizadoras de P, la longitud de la planta presentó diferencias significativas (P<0,05) según las dosis de fósforo, en la quinta semana. La séptima y novena semana no presentaron diferencias estadísticas en cuanto a las diferentes dosis

(2007) mencionó que en el momento que la dosis de los fertilizantes fosforicos aumentó (roca fosforica) 0, 25, 50 y 75 mg.kg⁻¹ también aumentó la longitud del tallo. Por el contrario, López *et al.* (2008) no encontró diferencias significativas al evaluar la variable longitud de la planta en los tratamientos donde la fertilización convencional se combinó con biofertilizante.

Aunque, en las plantas no inoculadas con bacterias solubilizadoras de P, la longitud de la planta presentó diferencias significativas (P<0,05) según las dosis de fósforo, en la quinta semana. La séptima y novena semana no presentaron diferencias estadísticas en cuanto a las diferentes dosis

Cuadro 1. Longitud de la planta (cm) de las plantas de caraota con diferentes dosis de fósforo, inoculada con bacterias solubilizadoras de P.

Table 1. Plant's longitude (cm) of bean's plants with different phosphorous doses, inoculated with P solubizing bacteria.

Dosis de P (kg.ha ⁻¹)	Semanas después de la siembra		
	5	7	9
0	12,21 ^a	9,93 ^a	16,00 ^a
30	12,18 ^{ab}	7,12 ^b	11,75 ^a
60	11,06 ^b	9,43 ^{ab}	13,75 ^a
90	11,82 ^{ab}	7,75 ^{ab}	14,75 ^a

Letras diferentes por columnas denotan diferencias estadísticas según la prueba de LDS al 0,05.

de fósforo aplicadas. En la quinta semana la mayor longitud de la planta se encontró donde se aplicó dosis baja y alta de fósforo (30 y 90 kg de P). En la séptima y novena semana las longitudes fueron similares, aunque se observó en mayor respuesta en el testigo, indicando que las plantas no inoculadas con bacterias solubilizadoras de P no respondieron a las aplicaciones de fósforo (cuadro 2).

Diámetro del tallo

En las plantas inoculadas con bacterias solubilizadoras de P, el diámetro del tallo no presentó diferencias significativas ($P>0,05$), en cuanto a las diferentes dosis de fósforo inorgánico en la quinta, séptima y novena semana. Aunque se pudo observar en la séptima y novena semana una tendencia de mayor respuesta de la planta a las dosis altas de fósforo (cuadro 3).

Así mismo, las plantas no inoculadas con bacterias solubilizadoras de P, el diámetro del tallo tampoco presentó diferencias significativas

though a better response was observed in the witness, indicating that the non inoculated plants with P solubizing bacteria did not respond to the application of phosphorous (table 2).

Stem's diameter

In the plants inoculated with P solubizing bacteria, the stem's diameter did not present significant differences ($P>0.05$) regarding the different inorganic phosphorous doses in the fifth, seventh and ninth week. Though, it was observed in the seventh and ninth week a tendency towards a higher response of the plant to high phosphorous doses.

Likewise, the non inoculated plants with P solubizing bacteria and the stem's diameter did not present significant differences ($P<0.005$) to the different P doses, without any response of the bean's plant to the phosphoric fertilization (table 4). López *et al.* (2008) found a higher stem's diameter applying 100% of the chemical recommended dose, and applying 100%

Cuadro 2. Longitud de la planta (cm) de caraota con diferentes dosis de fósforo, sin inocular con bacterias solubilizadoras de P.

Table 2. Bean Plant's longitude (cm) with different phosphorous doses without inoculation with P solubizing bacteria.

Dosis de P (kg.ha ⁻¹)	Semanas después de la siembra		
	5	7	9
0	11,78 ^{ab}	10,56 ^a	17,50 ^a
30	12,18 ^a	10,56 ^a	14,50 ^a
60	10,93 ^b	10,12 ^a	15,00 ^a
90	12,75 ^a	10,37 ^a	14,75 ^a

Letras diferentes por columnas denotan diferencias estadísticas según la prueba de LDS al 0,05.

Cuadro 3. Diámetro del tallo (cm) de las plantas de caraota con diferentes dosis de fósforo, inoculadas con bacterias solubilizadoras de P.

Table 3. Stem's diameter (cm) of bean's plants with different phosphorous doses, inoculated with P solubizing bacteria.

Dosis de P (kg.ha ⁻¹)	Semanas después de la siembra		
	5	7	9
0	0,37 ^a	0,36 ^a	0,42 ^a
30	0,35 ^a	0,35 ^a	0,32 ^a
60	0,31 ^a	0,32 ^a	0,42 ^a
90	0,35 ^a	0,38 ^a	0,52 ^a

Letras diferentes por columnas denotan diferencias estadísticas según la prueba de LDS al 0,05.

($P < 0,005$) a las diferentes dosis de P, con evidencia de no respuesta de la planta de caraota a la fertilización fosfórica (cuadro 4). López *et al.* (2008) encontraron mayor diámetro del tallo con la aplicación de 100% de la dosis

chemical combined with P solubizing bacteria. Additionally, Urquiola (2012) stated that found a higher stem's diameter in those treatments where the chemical fertilization was applied combined with bio-fertilizers.

Cuadro 4. Diámetro del tallo (cm) de las plantas de caraota con diferentes dosis de fósforo, sin inocular con bacterias solubilizadoras de P.

Table 4. Stem's diameter (cm) of bean's plants with different phosphorous doses, without inoculation with P solubizing bacteria.

Dosis de P (kg.ha ⁻¹)	Semanas después de la siembra		
	5	7	9
0	0,36 ^a	0,41 ^a	0,42 ^a
30	0,37 ^a	0,36 ^a	0,45 ^a
60	0,36 ^a	0,37 ^a	0,47 ^a
90	0,40 ^a	0,35 ^a	0,35 ^a

Letras diferentes por columnas denotan diferencias estadísticas según la prueba de LDS al 0,05.

química recomendada y al aplicar 100% químico combinado con bacterias solubilizadores de P. Así mismo Urquiola (2012) señaló que encontró mayor diámetro del tallo en aquellos tratamientos donde se aplicó fertilización química combinada con biofertilizantes.

Biomasa seca de la parte aérea

En las plantas inoculadas con bacterias solubilizadoras de P, la biomasa seca de la parte aérea de la planta presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) en la quinta semana, no así la séptima semana. La mayor biomasa seca aérea se encontró en las plantas donde se aplicó la dosis máxima (90 kg P), la cual se mantuvo en la séptima semana aunque no fue significativa (cuadro 5).

Por otra parte, en las plantas no inoculadas con bacterias solubilizadoras de P, la biomasa seca aérea no presentó diferencias significativas en la quinta y séptima semana. Las plantas presentaron valores

Aerial dry biomass

In the plants inoculated with P solubizing bacteria, the aerial dry biomass of the plant presented significant differences ($P < 0.05$) in the fifth week, but it was not the case in the seventh week. The highest aerial dry biomass was found in the plants where the maximum dose (90 kg P) was applied, which was kept in the seventh week, even though it was not significant (table 5).

On the other side, in the non-inoculated plants with P solubizing bacteria, the aerial dry biomass did not present significant differences in the fifth and seventh week. The plants presented similar values of the aerial dry biomass to the different doses of phosphorous (table 6).

Likewise, Reyes *et al.* (2008) found out that when applying the P solubizing strains in the corn crop of the variety Himeca 3005, the aerial dry biomass did not increase compared to the witness. In the pepper crop, these

Cuadro 5. Biomasa seca aérea (g) de las plantas de caraota con diferentes dosis de fósforo, inoculadas con bacterias solubilizadoras de P.

Table 5. Aerial dry biomass (g) of bean's plants with different phosphorous doses, inoculated with P solubizing bacteria.

Dosis de P (kg.ha ⁻¹)	Semanas después de la siembra	
	5	7
0	3,62 ^b	3,87 ^a
30	5,22 ^{ab}	4,05 ^a
60	3,55 ^b	3,77 ^a
90	6,32 ^a	5,12 ^a

Letras diferentes por columnas denotan diferencias estadísticas según la prueba de LDS al 0,05.

similares de biomasa seca aérea a las diferentes dosis de fósforo (cuadro 6).

Igualmente, Reyes *et al.* (2008) encontraron al aplicar cepas solubilizadoras de P en el cultivo de maíz var. Himeca 3005, que no incrementó la biomasa seca aérea al compararlo con el testigo. Aunque en el cultivo de pimentón encontraron respuesta de la planta a la aplicación del mismo. Así mismo, Morillo *et al.* (2007) encontraron que a medida que iba aumentando las dosis de fertilizantes fosfórico (roca fosfórica) 0, 25, 50 y 75 mg.kg⁻¹, de esa misma manera aumentaba el contenido de biomasa seca área, longitud de la planta y diámetro del tallo.

Rodríguez y López (2009) encontraron incremento de la biomasa seca en la planta de frijol (*Vigna unguiculata* L.) cuando se aplicó cepas nativas de *Rhizobium* aisladas de un Ultisol de la altiplanicie del estado Guárico.

authors found a plant's response to the application of it, though. Additionally, Morillo *et al.* (2007) found that at the time that the phosphorous fertilization doses increased (phosphoric rock) 0, 25, 50 and 75 mg.kg⁻¹, at the same time increased the aerial dry biomass content, the plant's longitude and the stem's diameter.

Rodríguez and López (2009) found an increment of the dry biomass in the bean's plant (*Vigna unguiculata* L.) applying native strains of isolated *Rhizobium* from an ultisol in Guarico state.

Conclusions

The inoculation of bean's plants with P solubizing might favor the effectiveness of the phosphoric fertilization, since the non-inoculated plants did not respond to the fertilization with P.

End of english version

Cuadro 6. Biomasa seca aérea (g) de las plantas de caraota con diferentes dosis de fósforo, sin inocular con bacterias solubilizadoras de P.

Table 6. Aerial dry biomass (g) of bean's plants with different phosphorous doses, with inoculation with P solubizing bacteria.

Dosis de P (kg.ha ⁻¹)	Semanas después de la siembra	
	5	7
0	3,35 ^a	3,17 ^a
30	4,28 ^a	3,30 ^a
60	4,20 ^a	4,82 ^a
90	2,78 ^a	3,12 ^a

Letras diferentes por columnas denotan diferencias estadísticas según la prueba de LDS al 0,05.

Conclusiones

La inoculación de las plantas de caraota con solubilizadores de P podría favorecer la efectividad de la fertilización fosfórica, ya que las plantas no inoculadas no respondieron a la fertilización con P.

Literatura citada

- Casanova, E. 1996. Introducción a la ciencia del suelo. Caracas, Universidad Central de Venezuela y Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. 377 p.
- López, M., V. Martínez, M. Brossard Fabre. 2008. Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos. *Agronomía Tropical* 58(4): 391-401.
- Morillo, A., O. Sequera y E. Ramírez. 2007. Roca fosfórica acidulada como fuente de fósforo en un suelo ácido con o sin encalar. *Bioagro* 19(3):161-168.
- Pérez, M.J. 2007. Eficiencia de algunas leguminosas en la utilización de fósforo proveniente de rocas fosfóricas. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 24(1):113-132.
- Reyes, I., L. Alvarea, H. El-Ayoubi y A. Valery. 2008. Selección y evaluación de rizobacterias promotoras del crecimiento en pimentón y maíz. *Bioagro* 20(1):37-38.
- Rodríguez, B. y M. López. 2009. Evaluación de la fertilización biológica del frijol con cepas nativas de *Rhizobium* aisladas de un ultisol de la altiplanicie del estado Guárico. *Agronomía Tropical* 59(4):381-386.
- Torres, D., M. Aparicio, M. López, J.L. Contreras y I. Acevedo. 2009. Impacto del tipo de uso de la tierra sobre propiedades del suelo en la depresión de Quíbor. *Agronomía Tropical* 59(2):207-217.
- Urquiola, S. 2012. Validación de un programa de fertilización agroecológico en maíz (*Zea mays* L.) a partir del uso de bioinsumos y recursos locales del valle medio del Río Yaracuy. Trabajo de Pregrado. Decanato de Agronomía. UCLA. Tarabana. 49 p.