

Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2016, 33: 1-18

Efecto de la cachaza más roca fosfatada enriquecida con microorganismos sobre la disponibilidad, absorción de P y el crecimiento del maíz en dos tipos de suelo

Effect of filter cake plus phosphate rock enriched with microorganisms on available and adsorbed P and the growth of corn in two soils

Leónides Castellanos González¹, Renato de Mello Prado²,
Gustavo Caione¹, Leandro Rosatto Moda¹, Luis C. Asis³, Ely Nahas³,
Enrique Parets Selva¹ e Hilário Júnior de Almeida²

¹Centro de Estudios para la Transformación Agraria Sostenible (CETAS). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos. Carretera a Rodas km 4 Cuatro Caminos CP 59430, Cuba. ²Departamento de Solos e Adubos. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. ³Departamento de Microbiologia. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la cachaza con roca fosfatada enriquecida con microorganismos sobre la disponibilidad de P en el suelo, la asimilación de P y el crecimiento del cultivo de maíz en dos tipos de suelo (Haplustox y Hapludox). Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado en arreglo factorial 2 x 4, con tres repeticiones. El primer factor constituido por los dos tipos de suelos y el segundo por cuatro tratamientos de fertilización (cachaza más roca fosfatada de Araxá) enriquecida con biofertilizantes: Biopack (B), Embrafos (E) y Azotofos (A), y un testigo sin enriquecimiento (CO). Fueron determinados la altura de las plantas, el diámetro del tallo y el número de hojas por planta a los 28 y 42 días. A los 42 días se evaluó la biomasa seca, el contenido de fósforo en el suelo y las plantas. La cachaza más roca fosfatada aplicada al suelo (con y sin biofertilizante) incrementó el fósforo disponible en el Hapludox con relación al Haplustox. El tratamiento del Hapludox que recibió la fertilización organomineral enriquecida con B se destacó sobre el resto en cuanto al P asimilado por las

Recibido el 21-01-2014 • Aceptado el 02-02-2016

Autor de correspondencia e-mail: lcastellanos@ucf.edu.cu; eparets@ucf.edu.cu; rmp Prado@fcav.unesp.br; gustavocaione@yahoo.com.br; lrosattom@fcav.unesp.br; hilarioagro@yahoo.com.br; assis@fcav.unesp.br; elynahas@fcav.unesp.br

plantas de maíz. En el Hapludox se incrementaron los valores de altura de las plantas, diámetro del tallo y biomasa seca en los tratamientos con cachaza más roca fosfatada de Araxá enriquecida con los tres biofertilizantes, mientras que en el Haplustox se incrementaron con la adición de B y E, sin diferir del tratamiento sin enriquecer.

Palabras clave: *Zea mays*, cachaza, microorganismos, biomasa seca, fósforo disponible.

Abstract

This work aims to evaluate the effect of filter cake plus phosphate rock enriched with microorganisms on available and adsorbed P, and the growth of corn in two soils. The experiment was conducted in a greenhouse with corn plants. A totally randomized experimental design with split plot design 2 x 4 was used, with three repetitions. The first factor was constituted by the two types of soils (Haplustox and Hapludox), and the second by four fertilizer treatments to the soil, using phosphate rock of Araxá plus filter cake enriched with biofertilizers: Biopack (B), Embrafos (E) and Azotofos (A) and a control without enrichment (CO). The height of the plants, the diameter of the stall and the number of leaves per plant were evaluated at 28 and 42 days after sowing. The dry biomass and the phosphorus content in the soil and in the plants were evaluated at 42 days. The filter cake plus phosphate rock applied to the soil (with biofertilizers or not) increased the available phosphorous in Hapludox in relation to Haplustox. The treatment of Hapludox fertilized with phosphate rock plus filter cake enriched with B stood out on the rest for the P assimilated by the plants of corn. In Hapludox the values of height of the plants, diameter of the stall and dry biomass were increased in the treatments fertilized whit filter cake plus phosphate rock enriched with the three biofertilizers, while in Haplustox they were increased with the addition of B and E, without differing of the treatment without enriching. **Key words:** *Zea mays*, filter cake, microorganisms, dry biomass, available phosphorus.

Introducción

El fósforo (P) es un elemento deficitario para el crecimiento de las plantas en muchos suelos, adquiriendo mayor importancia en las regiones tropicales donde existen áreas con baja disponibilidad (Khan y Joergensen, 2009).

La fertilización orgánica de los cultivos puede suplir en alguna medida el déficit de P disponible, como ocu-

Introduction

Phosphorous (P) is a deficient element for the growing of plants in many soils, acquiring importance in the tropical regions where there are areas with low availability of it (Khan and Joergensen, 2009).

The organic fertilization of crops can supply, in some cases, the available deficiency of P as occurs with the application of filter cake. It

rre con la aplicación de la cachaza. Este es un material orgánico obtenido en el proceso de clarificación del jugo de la caña de azúcar y constituye uno de los principales subproductos de la industria azucarera. Este compuesto orgánico puede tener efectos beneficiosos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Santos *et al.*, 2009).

Hay informes de que las asociaciones de una fuente de fertilizante fosfatado mezclada con abonos orgánicos producen incrementos de la disponibilidad de P en el suelo (Takeda *et al.*, 2009, Gichangi *et al.*, 2009; Krey *et al.*, 2013) y de la actividad microbiana de los suelos (Shrivastava *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2012; Krey *et al.*, 2013, Reyes *et al.*, 2015), lo cual favoreció la absorción de P y en consecuencia incrementó la productividad por las plantas (Almeida Júnior *et al.*, 2011a; Ezz *et al.*, 2011).

Otra alternativa que en los últimos años ha sido objeto de muchos estudios es el uso de biofertilizantes que contienen microorganismos solubilizadores de fósforo; no obstante, en la literatura los reportes sobre sus beneficios fueron contradictorios (Nahas *et al.*, 1994, Novais *et al.*, 2007). Hay autores (Richarson *et al.*, 2009) que cuestionaron la capacidad de los microorganismos solubilizadores de los minerales fosfatados para competir con otros establecidos en la rizósfera y aumentar sustancialmente el crecimiento vegetal. Sin embargo, otros informaron que la adición de los microorganismos proporcionaron un aumento de la concentración de P disponible en el suelo (Biswas y Narayanasamy, 2006; Abou-el-Seoud

is an organic material obtained in the clarification process from the juice of sugar cane and constitutes one of the main sub-products of the sugar industry. This organic compound might have beneficial effects on the physical, chemical and biological properties of the soil (Santos *et al.*, 2009).

There are reports that state that the associations of a source of phosphate fertilizer mixed with organic manure produce increments on the availability of P in the soil (Takeda *et al.*, 2009, Gichangi *et al.*, 2009; Krey *et al.*, 2013) and the microbial activity of the soils (Shrivastava *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2012; Krey *et al.*, 2013, Reyes *et al.*, 2015), which favored the P absorption; consequently, increases the productivity by the plants (Almeida Júnior *et al.*, 2011a; Ezz *et al.*, 2011).

Another alternative that in the last year has been subject of study is the use of bio-fertilizers that have solubilizing microorganisms of phosphorous; nevertheless, in the literature the information about the benefits were contradictory (Nahas *et al.*, 1994, Novais *et al.*, 2007). There are authors (Richarson *et al.*, 2009) who questioned the capacity of the solubilizing microorganisms of phosphate minerals to compete to others established in the rhizosphere and increase the vegetal growing. However, others informed that the addition of the microorganisms provided an increment of the P concentration available in the soil (Biswas and Narayanasamy, 2006; Abou-el-Seoud and Abdel-Megeed,

y Abdel-Megeed, 2012) y también de la productividad (Singh y Reddy, 2011).

La cachaza puede ser empleada para sustituir parcialmente la fertilización fosfatada mineral dependiendo de la dosis de P recomendada (Santos *et al.*, 2010; Almeida Júnior *et al.*, 2011b), pero la información sobre el efecto del uso de la roca fosfatada asociada con la cachaza y los microorganismos sobre la disponibilidad de P en el suelo y la respuesta de la planta ha sido incipiente en las regiones tropicales.

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la cachaza más roca fosfatada enriquecida con microorganismos sobre la disponibilidad de P en el suelo, el P asimilado y el crecimiento del cultivo de maíz en dos tipos de suelo.

Materiales y métodos

El experimento fue realizado en la Universidad Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Jaboticabal, Brasil en el período de septiembre a noviembre de 2012, en condiciones de umbráculo. Se utilizó como planta indicadora el maíz, cultivar DKB 390 VTPRO II, cultivado en macetas de 5 dm³ de capacidad (altura 23 cm, diámetro inferior 19 cm y superior 23 cm).

Se emplearon dos Oxisoles (un Haplustox y un Hapludox), a los cuales se les realizaron análisis químicos previos de acuerdo a la metodología de Raij *et al.* (2001), arrojando las siguientes características:

El suelo Haplustox presentaba un pH en CaCl₂ de 6,4; un contenido de materia orgánica (MO) de 6 g.dm⁻³ y

2012) and also the productivity (Singh and Reddy, 2011).

Filter cake can be employed to substitute partially the mineral phosphate fertilization depending on the recommended P dose (Santos *et al.*, 2010; Almeida Júnior *et al.*, 2011b), but the information about the effect of the use of the phosphate rock associated to sugar cane sludge and the microorganisms on the availability of P in the soil and the plant response has been incipient in the tropical regions.

The objective of this research was to evaluate the effect of the filter cake plus phosphate rock enrich with microorganisms on the availability of P in the soil, the assimilate P and the growing of the corn crop in two types of soil.

Materials and methods

The experiment was carried out at the State Paulista University “Julio de Mesquita Filho” (UNESP), Jaboticabal campus, Brazil, from September to November, 2012, under greenhouse conditions. The corn was used as indicator plant, cultivar DKB 390 VTPRO II, cropped in pots of 5 dm³ of capacity (height 23 cm, inferior diameter 19 cm and superior 23 cm).

Two Oxisoles were employed (one Haplustox and one Hapludox), and previous chemical analyses were performed according to the methodology of Raij *et al.* (2001), presenting the following characteristics:

Haplustox soil presented a pH in CaCl₂ of 6.4; an organic matter content (OM) of 6 g.dm⁻³ and nutrient content

los contenidos de nutrientes fueron fósforo (P) 5 mg.dm⁻³ (por el método de resina), potasio (K) 15,64 mg.dm⁻³, calcio (Ca) 480,94 mg.dm⁻³, magnesio (Mg) 145,84 mg.dm⁻³, hidrógeno más aluminio (H+Al) 419,7 mg.dm⁻³. Los atributos de suma de bases (SB) fueron de 641,96 mg.dm⁻³, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 1061,66 mg.dm⁻³ y la saturación por bases (V) 60%.

El suelo Hapludox presentaba un pH en CaCl₂ de 4,5; un contenido de materia orgánica de 6 g.dm⁻³ y de nutrientes eran para P de 1 mg.dm⁻³, para K de 54,74 mg.dm⁻³, para Ca de 400,78 mg.dm⁻³, para Mg de 170,14 mg.dm⁻³; para H+Al de 783,47 mg.dm⁻³. Los atributos de la SB eran de 624,96 mg.dm⁻³, CIC de 1408,43 mg.dm⁻³ y V de 40%.

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2 x 4, con tres repeticiones. El primer factor estaba constituido por los dos tipos de suelos y el segundo por cuatro tratamientos de fertilización, donde se le añadió al suelo un fertilizante organomineral (cachaza (C) más roca fosfatada de Araxá (RF)) enriquecido con biofertilizantes a base de microorganismos: Biopack (B), Embrafos (E) y Azotofos (A) y un testigo sin enriquecimiento con biofertilizante (CO).

Los biofertilizantes comerciales empleados tenían las siguientes características: Biopack Sc, Krion Agrosience, Brasil, (10⁶ unidades formadoras de colonias (ufc) por gramo de bacterias y hongos), FF Organic Plus, Embrafos, Embrapa, Brasil (10⁴ ufc.g⁻¹) de bacterias y hongos) y Azotofos, obtenido en el Laboratorio de

correspondent to phosphorous (P) 5 mg.dm⁻³ (with the resin method), potassium (K) 15.64 mg.dm⁻³, of calcium (Ca) 480.94 mg.dm⁻³, magnesium (Mg) 145.84 mg.dm⁻³, hydrogen plus aluminum (H+Al) 419.7 mg.dm⁻³. The sum attributes of bases (SB) were of 641.96 mg.dm⁻³, the capacity of cationic interchange CCI of 1061.66 mg.dm⁻³ and the saturation by bases (V) 60%.

Hapludox soil presented a pH in CaCl₂ of 4.5; a content of organic matter of 6 g.dm⁻³ and nutrients in P of 1 mg.dm⁻³, K of 54.74 mg.dm⁻³, Ca of 400.78 mg.dm⁻³, Mg of 170.14 mg.dm⁻³; H+Al of 783.47 mg.dm⁻³. The attributes of SB were of 624.96 mg.dm⁻³, CCI of 1408.43 mg.dm⁻³ and V of 40%.

A completely randomized split plot design of 2 x 4 was used with three replications. The first factor was constituted by two types of soils and the second by four fertilization treatments, on which an organ-mineral fertilizer was added to the soil (filter cake (C) plus the phosphate rock of Araxá (FR) enriched with biofertilizers based on micro-organisms: Biopack (B), Embrafos (E) and Azotofos (A) and a control without enrichment with biofertilizer (CO).

The commercial biofertilizers used had the following characteristics: Biopack Sc, Krion Agrosience, Brazil, (10⁶ units formers of colonies (ufc) by gram of bacteria and fungi), FF Organic Plus, Embrafos, Embrapa, Brazil (10⁴ ufc.g⁻¹) of bacteria and fungi) and Azotofos, obtained from the Barajagua laboratory, Institute of Soil Research in Cuba (10⁶ ufc.g⁻¹ by gram) of bacteria of the species *Pseudomonas fluorescens* and *Azotobacter chroococcum*.

Barajagua, Instituto de Investigaciones de Suelos, Cuba (10^6 ufc.g⁻¹) de bacterias de las especies *Pseudomonas fluorescens* y *Azotobacter chroococcum*.

Las dosis utilizadas de los biofertilizantes según recomendaciones de los fabricantes fueron 8,0, 80,0 y 200,0 kg.ha⁻¹, de Azotofos, Biopack y Embrafos, correspondiendo a 3,0, 30,0 y 75,2 mg.kg⁻¹ de suelo, respectivamente. Los tres biofertilizantes utilizados fueron activados durante 24 horas con una circulación de aire antes de la aplicación en presencia de 0,4 kg de cachaza, 0,017 kg de RF y agua, hasta completar el volumen de 1 dm³.

Las poblaciones de los microorganismos en la cachaza empleada en el ensayo fueron de $2,97 \times 10^5$, $2,5 \times 10^2$ y $2,5 \times 10^3$ ufc.g⁻¹, para bacterias totales, bacterias solubilizadoras de P y hongos, respectivamente, según los métodos recomendados por Bunt y Rovira (1955) para bacterias, por Martínez *et al.* (2006) para bacterias solubilizadoras de P y Martin (1950) para hongos.

La cachaza utilizada, caracterizada según la metodología de Bataglia *et al.* (1983), contenía 1,40% de N; 1,17% de P; 0,22% de K; 2,74% de Ca; 1,08% de Mg y 0,24% de S. El valor del pH era de 8,2 (CaCl₂) y el contenido de MO total de 29,62%.

La cachaza enriquecida fue obtenida con la adición de microorganismos (480 mL.kg⁻¹ de cachaza). La dosis de la cachaza utilizada, correspondió a 25 t.ha⁻¹ (12,5 g.kg⁻¹ de suelo).

En cada maceta se sembraron cuatro semillas de maíz, dejándose después de la germinación dos plantas. Estas se regaron diariamente has-

Both doses of biofertilizers used, following to the recommendations of the manufacturers, were 8.0, 80.0 and 200.0 kg.ha⁻¹, of Azotofos, Biopack and Embrafos, correspondent to 3.0, 30.0 and 75.2 mg.kg⁻¹ of soil, respectively. The three biofertilizers used were activated for 24 hours with an air ventilation prior the application in presence of 0.4 kg of filter cake, 0.017 kg of FR and water, until completing the volume of 1 dm³.

The population of the microorganisms in the filter cake employed in the essay were 2.97×10^5 , 2.5×10^2 and 2.5×10^3 ufc.g⁻¹ for total bacteria, solubilizing bacteria of P and fungi, respectively, according to the methods recommended by Bunt and Rovira (1955) for bacteria, Martínez *et al.* (2006) for solubilizing bacteria of P and Martin (1950) for fungi.

The filter cake used, characterized according to the methodology of Bataglia *et al.* (1983) had 1.40% of N; 1.17% of P; 0.22% of K; 2.74% of Ca; 1.08% of Mg and 0.24% of S. The value of the pH was of 8.2 (CaCl₂) and the content of total OM of 29.62%.

The enriched filter cake was obtained with the addition of microorganisms (480 mL.kg⁻¹ of filter cake). The dose of filter cake used corresponded to 25 t.ha⁻¹ (12.5 g.kg⁻¹ of soil).

On each flower pot four seeds of corn were sowed, leaving only two plants after germination. These were irrigated daily until 80% of field capacity. Assessments were performed 28 and 42 days after the emergency to determine the height of the plant (HP) (from the soil level to the base of the

ta 80% de capacidad de campo. Se realizaron evaluaciones a los 28 y 42 días después de la emergencia para determinar la altura de la planta (ALP) (desde el nivel del suelo hasta la base de la primera hoja expandida), diámetro del tallo (DT) (a 5 cm del suelo) y número de hojas en las plantas (NH).

Al final del experimento (42 días) fue realizado un muestreo de suelo y determinada la concentración de fósforo disponible (PD) conforme a la metodología descrita por Raij *et al.* (2001). Además, se recolectó toda la parte aérea y las raíces de las plantas de cada maceta determinándose la biomasa seca de las dos plantas en la parte aérea (BSPA) y de la raíz (BSR) y con éstas la biomasa total (BST). Se tomó una muestra de la parte aérea para determinar la concentración de fósforo de acuerdo con la metodología descrita por Bataglia *et al.* (1983). Sobre la base de la biomasa seca de la parte aérea de las dos plantas de la maceta y la concentración de fósforo en la parte foliar, se calculó el total de P asimilado (PA) por las dos plantas (mg.kg^{-1}).

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza. Las medias fueron comparadas por el test de Tukey ($P < 0,05$), utilizando el programa estadístico SPSS para Windows versión 15.

Resultados y discusión

Se establecieron diferencias significativas para las interacciones tipo de suelo y tratamientos de fertilización, así como para los tratamientos de cada factor por separado para las variables P disponible en el suelo (PD) y P asimilado (PA) en la parte aérea de la planta.

first expandex leaf), diameter of the stem (DS) (at 5 cm of the soil) and number of leaves in the plants (NL).

At the end of the experiment (42 days) a sample of the soil was done determining the concentration of available phosphorous (AP) according to the methodology described by Raij *et al.* (2001). Also, all the aerial part was collected as well as the roots of the plants from each flower pot in order to determine the dry biomass of both plants in the aerial part (DBAP) and the root (DBR) and with these the total biomass (DBT). A sample of the aerial part was taken to determine the concentration of phosphorous according to the methodology described by Bataglia *et al.* (1983). The total assimilated P (PA) by both plants (mg.kg^{-1}) was calculated using the dry biomass of the aerial part of both plants in the flower pot and the phosphorous concentration in the foliar part.

The data was submitted to a variance analysis. The means were compared using the Tukey test ($P < 0.05$) using the statistical program SPSS for Windows, version 15.

Results and discussion

Significant differences were established for the interactions of type of the soil and fertilization treatments as well as for the treatments of each factor by separate for the variables of available P in the soil (AP) and assimilated P (AP) in the aerial part of the plant.

The AP was higher in the soil interactions Hapludox with the organ-mineral fertilization enrich with the

El PD fue más elevado en las interacciones del suelo Hapludox con la fertilización organomineral tanto enriquecida con los biofertilizantes y como sin enriquecer. El resto de los tratamientos de Haplustox independientemente del tipo biofertilizante empleado presentaron menores PD, sin diferir entre ellos ni con el Hapludox sin biofertilizantes (cuadro 1).

El PD se incrementó con la fertilización realizada en cada tipo de suelo con respecto al valor antes de iniciar el experimento; sin embargo, en ninguno de los dos tipos de suelos el PD mostró diferencias entre los tratamientos con y sin enriquecimiento con los biofertilizantes, lo cual pudiera explicarse por la población de microorganismos presentes en la cacha-

biofertilizantes and without any enrichment. The rest of the Haplustox treatments independently from the type of fertilizer employed presented the lowest AP, without differing in between with the Hapludox without fertilizers (table 1).

The AP increased with the fertilization performed on each type of soil in relation to the value before starting the experiment; however, in none of the two types of soil the AP showed differences among the treatments with and without enrichment with biofertilizers, which might be explained by the population of microorganisms present in the filter cake added (2.97×10^5 and 2.5×10^3 ufc.g⁻¹ of bacteria and fungi, respectively) and by the complex competence and

Cuadro 1. P disponible en el suelo (PD) y P asimilado (PA) en la parte aérea de la planta para las interacciones tipo de suelos y los diferentes tratamientos de fertilización.

Table 1. P available in the soil (AP) and assimilated P (AP) in the aerial part of the plant for the interactions type of soil and the different fertilization treatments.

Tratamientos	PD mg.kg ⁻¹	PA mg.maceta ⁻¹
Hapludox + Cachaza + RF +Biopack	63,0 ^a	2,0 ^a
Hapludox + Cachaza + RF +Embrafos	63,33 ^a	1,82 ^{ab}
Hapludox + Cachaza + RF +Azotofos	60,67 ^a	1,76 ^{bc}
Hapludox + Cachaza + RF	46,66 ^{ab}	1,58 ^{cd}
Haplustox + Cachaza + RF +Biopack	24,0 ^{bc}	1,76 ^{bc}
Haplustox + Cachaza + RF +Embrafos	27,0 ^{bc}	1,67 ^{bed}
Haplustox + Cachaza + RF +Azotofos	24,0 ^{bc}	1,54 ^d
Haplustox + Cachaza + RF	23,3 ^c	1,64 ^{bed}
Esx	1,74	0,042
CV (%)	1,46	2,9

Medias con letras desiguales en las columnas difirieron para $P \leq 0,05$.

NS. No hubo diferencias estadísticas significativas.

za adicionada ($2,97 \times 10^5$ y $2,5 \times 10^3$ ufc⁻¹ de bacterias y de hongos, respectivamente), y por las complejas relaciones de competencia y antagonismos que se produjeron en los suelos entre los microorganismos nativos y adicionados (Nahas *et al.*, 1994). También la cachaza aportó al P disponible, por tener 1,17% de este elemento en su composición, que a la dosis de $12,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de suelo correspondió a 146 mg.dm^{-3} .

El hecho de que el PD en las interacciones del Hapludox con la fertilización de C + RF + biofertilizantes, lograron mejor respuesta que las interacciones del Haplustox con similar fertilización, y que el PD en el Hapludox sin biofertilizantes también presentó diferencia estadística con el tratamiento del Haplustox sin biofertilizantes, podría explicarse por la menor concentración de P disponible inicialmente en este suelo (1 mg.dm^{-3}) con relación a 5 mg.dm^{-3} en el Haplustox y el menor pH del primer suelo. El más bajo pH del Hapludox pudo haber favorecido una mayor solubilización de la roca fosfatada de Araxá que se aplicó a todos los tratamientos.

En este sentido, Ernani *et al.* (2001) verificaron el buen comportamiento del fosfato natural de Arad para aumentar el rendimiento de la biomasa seca del maíz en un suelo no calcáreo (pH en H₂O igual a 4,7), con relación al suelo calcáreo de pH más elevado, debido a la mayor disolución del fosfato natural en condiciones de pH bajo.

Nahas *et al.* (1994) también hicieron referencia a los múltiples factores que intervinieron en la eficiencia de solubilización de P, como la cepa de los microorganismos, tipo de fosfato y

antagonic relations produced in the soils between the native and added microorganisms (Nahas *et al.*, 1994). Additionally, filter cake provided available P by having 1.17% of this element on its composition, that correspond to 146 mg.dm^{-3} in the dose of 12.5 g.kg^{-1} of soil.

The fact that the AP in the interactions of Hapludox with the fertilization of C + FR + biofertilizers improved the response of the Haplustox interactions with similar fertilization and that the AP in the Hapludox without fertilizer also presented statistical difference with the Haplustox treatment without fertilizer might be explained by the lowest concentration of available P initially in this soil (1 mg.dm^{-3}) in relation to 5 mg.dm^{-3} in the Haplustox and the lower pH of the first soil. The lowest pH of Hapludox might have favored a higher solubilization of the phosphate rock of Araxá applied to all the treatments.

In this sense, Ernani *et al.* (2001) verified the good behavior of the natural phosphate of Arad to increase the yield of dry matter of corn in a non-calcareous soil (pH in H₂O equal to 4.7) in relation to a calcareous soil with a higher pH due to a higher dissolution of the natural phosphate under low pH conditions.

Nahas *et al.* (1994) also mentioned the multiple factors that intervene in the efficiency of the solubilization of P, such as the strain of the microorganisms, type of phosphate and soil, acidity and nature of the organic biomasses that served as carbon source for the microorganisms.

de suelo, acidez y naturaleza de las biomásas orgánicas que sirvieron como fuente de carbono para los microorganismos.

El fósforo asimilado (PA) por las plantas de maíz fue mayor en el Hapludox con tratamientos de fertilización organomineral enriquecidos con los biofertilizantes Biopack y Embrafos (cuadro 1), aunque este último no difirió del enriquecido con Azotofos para este tipo de suelo y de otros tres tratamientos de Haplustox (enriquecido con Embrafos, con Azotofos y sin enriquecimiento con biofertilizante). El PA más bajo se obtuvo en las plantas del Haplustox con la fertilización organomineral enriquecida con Biopack y con Embrafos, Azotofos y en las de este suelo y el Hapludox sin enriquecimientos con biofertilizantes, por lo que las plantas de maíz solo frente a Azotofos mantuvieron una respuesta similar en los dos tipos de suelos.

El mayor PA obtenido en la parte aérea de las plantas en el Hapludox con biofertilizantes Biopack y Embrafos indican las potencialidades de estos biofertilizantes para continuar su evaluación en condiciones de campo en el cultivo del maíz. Sin embargo, en plántulas de caña de azúcar fertilizadas con C + RF enriquecido con Biopack sobre un Haplustox, se observó un aumento del PA, en relación a las plantas fertilizadas con el organomineral sin Biopack (Reyes *et al.*, 2015).

El hecho de que el PA en la interacción del Hapludox fertilizado con Biopack fuera superior que en la del Haplustox con este biofertilizante, lo cual no ocurrió en las interacciones respectivas de los dos tipos de suelos enriquecidos con Azotofos y Embrafos, su-

The phosphorous assimilated (AP) by the corn plants was higher in Hapludox with organ-mineral fertilization treatments enrich with the biofertilizers Biopack and Embrafos (table 1); however, the latter did not differ to the one enrich with Azotofos for this type of soil and those of other three treatments of Haplustox (enrich with Embrafos, Azotofos and without any enrichment with biofertilizer). The lowest AP was obtained from Haplustox plants with organ-mineral fertilization enrich with Biopack and Embrafos, Azotofos, and in those of this soil and Hapludox without any enrichment with biofertilizer; thus, the corn plants with Azotofos had a similar response in both types of soil.

The highest AP obtained in the aerial part of plants in the Hapludox with Biopack and Embrafos biofertilizers indicate the potentialities of these biofertilizers to continue their assessment under field conditions in the corn crop. However, in seedlings of filter cake fertilized with C + FR enriched with Biopack on Haplustox, was observed an increment of the AP in relation to the plants fertilized with the organ-mineral without Biopack (Reyes *et al.*, 2015).

The fact that the AP in the interaction of the Hapludox fertilized with Biopack was higher than in the Haplustox with this fertilizer, which did not happen in the interactions that correspond to both types of soil enriched with Azotofos and Embragos, suggests continuing researching the microorganisms of each biofertilizer and its effectiveness in the different types of soils. The Azotofos that has *P. fluorescens* showed to be efficient to

giere que se profundice en los tipos de microorganismos de cada biofertilizante y su efectividad en los diferentes tipos de suelos. El Azotofos que contuvo *P. fluorescens* demostró ser eficiente para facilitar la asimilación de P por los cultivos en las condiciones de varios tipos de suelos en Cuba (Martínez *et al.*, 2006).

A los 28 días se presentó diferencia estadística entre las interacciones del factor tipo de suelo y tratamientos de fertilizantes para la altura de las plantas (ALP), el diámetro del tallo (DT) y número de hojas de las plantas de maíz (NH), mientras que a los 42 días se observó significación estadística para ALP, DT y no para NH.

Los valores de las variables ALP, DT y NH a los 28 días, así como la ALP y DP a los 42 días fueron mayores para las interacciones de Hapludox con la adición de los tres microorganismos procedentes de los biofertilizantes y para las de Haplustox enriquecido con Biopack y Embrafos, aunque el DT de las plantas en el tratamiento de Haplustox sin biofertilizantes ni a los 28 ni a los 42 días diferió de estos tratamientos enriquecidos con biofertilizantes (cuadro 2).

Se observó una tendencia en los tratamientos (interacciones) en que las plantas tuvieron mayor nivel de PA, manifestaron un incremento en las variables de crecimiento evaluadas, lo cual demostró la importancia del P en los procesos fisiológicos y en la formación de tejidos en las plantas como han referido Pina *et al.* (2013).

Estos resultados se correspondieron con los de Singh y Reddy (2011), quienes comprobaron que un aumento del contenido de P en la parte aérea

facilitate the P assimilation by the crops in different types of soils in Cuba (Martínez *et al.*, 2006).

Within 28 days statistical differences among the interactions of the type of soils and fertilizer treatments for the height of the plants (HP), the diameter of the stem (DS) and number of leaves of corn plants (NL); meanwhile, within 42 days statistical significance was observed for HP, DS but was not seen in NL.

The values of the variables HP, DS and NL within 28 days as well as HP and DP at 42 days were higher for the interactions of Hapludox with the addition of three microorganisms from the biofertilizers and the Haplustox enrich with Biopack and Embrafos; however, the DS of the plants in the treatment of Haplustox without fertilizer, or within 28 and 42 days differed from the treatments enriched with biofertilizers (table 2).

A tendency was observed among the treatments (interactions) on which the plants had higher level of AP, had an increment in the evaluated growing variables, proving the importance of P in the physiologic processes and the formation of tissues in the plants, as mentioned by Pina *et al.* (2013).

These results corresponded to those of Singh and Reddy (2011), who indicated that the increment of the P content in the aerial part was translated into a higher growing in the crops of wheat and millet.

The variance analysis for the variables: dry biomass of the aerial part (DBAP), the root (DBR) and the total dry biomass (DBT) showed difference among the treatments of the interaction soil and fertilization,

Cuadro 2. Altura de la planta (ALP), diámetro del tallo (DT) y número de hojas (NH) de las plantas de maíz para las interacciones tipo de suelos y los diferentes tratamientos de fertilización.

Table 2. Height of the plant (HP), stem diameter (DS) and number of leaves (NL) of corn plants for the interactions type of soils and the different fertilization treatments.

Tratamientos	28 días			42 días		
	ALP (cm)	DT (mm)	NH número	ALP cm	DT mm	NH número
Hapludox + Cachaza + RF + Biopack	14,00 ^{abc}	8,16 ^{abc}	5,83 ^{ab}	23,91 ^{ab}	10,24 ^{ab}	5,16 ^{NS}
Hapludox + Cachaza + RF + Embrafos	16,58 ^a	9,76 ^a	6,0 ^a	24,91 ^a	10,66 ^a	5,16 ^{NS}
Hapludox + Cachaza + RF + Azotofos	16,16 ^{ab}	9,02 ^{ab}	6,16 ^a	24,18 ^{ab}	10,62 ^{ab}	5,00 ^{NS}
Hapludox + Cachaza + RF	10,51 ^d	6,59 ^c	5,00 ^c	21,67 ^{bc}	9,20 ^{ab}	5,00 ^{NS}
Haplustox + Cachaza + RF + Biopack	14,00 ^{abc}	9,24 ^{ab}	6,00 ^a	21,75 ^{abc}	9,80 ^{ab}	5,16 ^{NS}
Haplustox + Cachaza + RF + Embrafos	14,33 ^{abc}	8,37 ^{ab}	5,50 ^{abc}	22,08 ^{abc}	9,22 ^{ab}	5,16 ^{NS}
Haplustox + Cachaza + RF + Azotofos	13,41 ^{bc}	7,74 ^{bc}	5,16 ^{bc}	20,16 ^c	8,90 ^b	5,0 ^{NS}
Haplustox + Cachaza + RF	11,75 ^{cd}	8,17 ^{abc}	5,0 ^c	21,50 ^{bc}	9,87 ^{ab}	5,16 ^{NS}
Esx	0,683	0,393	0,183	0,714	0,387	0,184
CV (%)	17,19	3,31	3,58	13,51	9,17	4,00

Medias con letras desiguales en las columnas difirieron para $P \leq 0,05$.
NS. No hubo diferencia estadística significativa.

se reflejó en mayor crecimiento en los cultivos de trigo y de millo.

El análisis de varianza para las variables biomasa seca de la parte aérea (BSPA) de la raíz (BSR) y la biomasa seca total (BST) mostró diferencia entre los tratamientos de la interacción del factor suelo con el factor fertilización, así como entre los tratamientos dentro de cada factor.

Los valores de BSPA y de BST fueron superiores en todas las interacciones del Hapludox con los tratamientos de fertilización, en el Haplustox con el organomineral enriquecido con Biopack y Embrafos y sin enriquecer (cuadro 3) lo cual se correspondió con los tratamientos que presentaron mayor diámetro en las plantas a los 28 y los 42 días.

La BSR se incrementó en las plantas de la interacción del Hapludox fertilizado con el organomineral enriquecido con Biopack, aunque el resto de las interacciones, incluyendo Haplustox sin enriquecer con biofertilizantes, no difirieron de esta, con excepción del Hapludox sin enriquecer (cuadro 3).

Hay que tener en cuenta que la cachaza tenía en su composición P, lo cual no siempre aportan otros abonos orgánicos. Además la cachaza pudo potenciar la actividad de otros microorganismos nativos de forma diferente en cada uno de los suelos, incluyendo las micorrizas, entre otras, pues Nahas *et al.* (1994) informaron que existen poblaciones nativas de microorganismos del suelo (bacterias y hongos) con gran potencial en la solubilización de P y de estimulación de las plantas.

as well as the treatments on each factor.

The values DBAP and DBT were higher in all the interactions of Hapludox with the fertilization treatments, in the Haplustox with the organ-mineral enrich with Biopack and Embrafos and without any enrichment (table 3), which corresponded to the treatments that presented higher diameter in the plants within 28 and 42 days.

The DBR increased in the plants with the Hapludox interaction fertilized with organ-mineral enriched with Biopack, but the rest of the interactions, including Haplustox without enrichment with biofertilizers, did not differ from it, excepting Hapludox without enrichment (table 3).

It must be considered that filter cake had on its composition P, which does not always provide other organic manures. Additionally, filter cake might have boosted the activity of other native microorganisms differently on each soil, including the mycorrhizae, among others, so Nahas *et al.* (1994) informed that there are native populations of soil microorganisms (bacteria and fungi) with huge potential in the solubilization of P and the stimulation of plants.

Different authors who have studied organic compounds enriched with biofertilizers associated to phosphate fertilizers defend the benefits of the availability of P in the soil, in the development and yield of different crops, such as in mungo bean *Vigna radiata*; Biswas and Narayanasamy, 2006 in rice (Liu *et al.*, 2009) and in corn (Abou-el-Seoud and Abdel-Megeed, 2012; Krey *et al.*,

Cuadro 3. Biomasa seca de la parte aérea (BSPA), de la raíz (BSR) y total (BST) de las plantas de maíz para las interacciones tipo de suelo y los diferentes tratamientos de fertilización.

Table 3. Dry biomass of the aerial part (DBAP), of the root (DBR) and total (DBT) of corn plants for the interactions type of soil and the different fertilization treatments.

Tratamientos	BSPA	BSR	BST
	g.maceta ⁻¹		
Hapludox + Cachaza +RF +Biopack	10,66 ^{ab}	5,10 ^{ab}	15,73 ^{ab}
Hapludox + Cachaza + RF +Embrafos	12,53 ^a	5,30 ^{ab}	17,83 ^a
Hapludox + Cachaza + RF +Azotofos	12,03 ^{ab}	6,20 ^a	18,23 ^a
Hapludox + Cachaza + RF	7,96 ^{bc}	3,40 ^b	11,36 ^b
Haplustox + Cachaza + RF +Biopack	10,83 ^{ab}	5,43 ^{ab}	16,26 ^{ab}
Haplustox + Cachaza + RF +Embrafos	8,83 ^{abc}	4,70 ^{ab}	13,53 ^{ab}
Haplustox + Cachaza + RF +Azotofos	6,00 ^c	4,40 ^{ab}	10,46 ^b
Haplustox + Cachaza + RF	9,23 ^{abc}	4,30 ^{ab}	13,53 ^{ab}

Medias con letras desiguales en las columnas difirieron para $P \leq 0,05$.

Varios autores que han estudiado compuestos orgánicos enriquecidos con biofertilizantes asociados con fertilizantes fosfatados defendieron los beneficios de la disponibilidad de P en el suelo, en el desarrollo y el rendimiento de diferentes cultivos, como en el frijol mungo *Vigna radiata*; Biswas y Narayanasamy, 2006 en el arroz (Liu *et al.*, 2009) y en el maíz (Abou-el-Seoud y Abdel-Megeed, 2012; Krey *et al.*, 2013); sin embargo, en los presentes resultados los mayores niveles de PD se observaron en los tratamientos del Hapludox independientemente de la fertilización realizada, sin que obtuvieran finalmente la mayor acumulación de biomasa, por lo que el tipo de suelo influyó en la respuesta final de las plantas de maíz.

Estos resultados reforzaron la importancia de la cachaza mezclada

2013); however, in the current results the highest levels of AP were observed in the treatments of Hapludox independently the fertilization performed, without obtaining the highest accumulation of biomass; thus, this type of soil influenced in the final response of corn plants.

These results support the importance of filter cake mixed with FR for improving the soil fertility independently its enrichment, or lack of it, with microorganisms, as informed by other authors (Santos *et al.*, 2010; Almeida Júnior *et al.*, 2011a; Malik *et al.*, 2012) and confirm the use of B to enrich C. This was verified under experimental conditions by Reyes *et al.* (2015) who observed increments of the dry biomass (MAPA; MSR and MST) in seedlings of sugar cane in Haplustox with organ-mineral fertilization (C+FR of Araxá) enriched with Biopack.

con RF en la mejoría de la fertilidad del suelo independientemente de su enriquecimiento o no con microorganismos como han informado otros investigadores (Santos *et al.*, 2010; Almeida Júnior *et al.*, 2011a; Malik *et al.*, 2012) y confirmaron la utilidad de B para enriquecer a la C. Esto fue verificado en condiciones experimentales por Reyes *et al.* (2015) quienes observaron incrementos de la biomasa seca (MAPA; MSR Y MST) en plántulas de caña de azúcar en un Haplustox con fertilización organomineral (C+RF de Araxá) enriquecido con Biopack.

Los presentes resultados indicaron que deben encaminarse otras investigaciones para profundizar sobre la respuesta del maíz a la fertilización organomineral (C+RF) y a la de los biofertilizantes diferentes sin la presencia de cachaza en diferentes tipos suelos. Se reafirmaron las reflexiones que hicieron Mendes y Reis Junior (2003) en relación a la contradicción de muchos de los resultados, por lo que recomendaron continuar las investigaciones para la obtención de cepas más adaptadas y de alta capacidad de solubilización de P, así como profundizar en qué suelos y bajo qué condiciones fueron más eficientes las bacterias fosfosolubilizadoras.

Conclusiones

La cachaza aplicada al suelo con roca fosfatada (con biofertilizante o no) incrementó el fósforo asimilable en el Hapludox con relación al Haplustox.

El tratamiento del Hapludox que recibió la fertilización organomineral

These results indicated that more researches must be performed to study more the response of corn to the organ-mineral fertilization (C+FR) and to the bio-fertilizers without the presence of filter cake in different types of soils. Additionally, the comments done by Mendes and Reis Junior (2003) were reaffirmed, about the relation to the contradiction of many results; thus, they recommended to continue carrying out researches for obtaining the most adapted strains and with good solubilizing capacity of P, as well as to indicate what type of soil and under which conditions the phosphor-solubilizing bacteria were more efficient.

Conclusions

The filter cake applied to the soil with phosphate rock (with or without biofertilizer) increased the assimilated phosphorous in the Hapludox in relation to Haplustox.

The treatment of Hapludox received by the organ-mineral fertilization enriched with biopack, highlighted from the rest in relation to the assimilated P for on the corn plants.

In the Hapludox the values of height of plants, diameter of the stem and dry biomass increased in the treatments with filter cake plus phosphate rock of Araxá enriched with the microorganisms of three biofertilizers; meanwhile, in Haplustox increased with the addition of B and E, without differing to the treatment without enrichment.

enriquecida con Biopack se destacó sobre el resto en cuanto al P asimilado por las plantas de maíz.

En el Hapludox se incrementaron los valores de altura de las plantas, diámetro del tallo y biomasa seca en los tratamientos con cachaza más roca fosfatada de Araxá enriquecida con los microorganismos de los tres biofertilizantes, mientras que en Haplustox se incrementaron con la adición de B y E, sin diferir del tratamiento sin enriquecer.

Agradecimiento

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil) y Al MES (Ministerio de Educación Superior - Cuba) por la beca de estudios al primer autor.

Literatura citada

- Abou-el-Seoud, I.I. and A. Abdel-Megeed. 2012. Impact of rock biomassals and biofertilizations on P and K availability for maize (*Zea mays*) under calcareous soil conditions. Saudi Journal of Biological Sciences 19:55-63.
- Almeida Junior, A.B., W.A. Clístenes, C.W.A. Nascimento, M.F. Sobral, M.V. Silva and W.A. Gomes. 2011a. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 15(5):443-449.
- Almeida Júnior, A.B., C.W.A. Nascimento, M.F. Sobral, F.B.V. Silva e W.A. Gomes. 2011b. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 15:1004-1013.
- Bataglia, O.C., A.M.C. Furlani, J.P.F. Teixeira, P.R. Furlani y J.R. Gallo,

Acknowledgment

The author thanks CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil) and MES (Ministerio de Educación Superior - Cuba) by the schorlaship granted to the author.

End of english version

1983. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agronômico (Boletim Técnico, 78). 48 p.
- Biswas, D.R. and G. Narayanasamy. 2006. Rock phosphate enriched compost: An approach to improve low-grade Indian rock phosphate. Bioresource Technology 97:2243-2251.
- Bunt, J.S. and A.D. Rovira. 1955. Microbiological studies of some subantartic soils. Journal Soil Science 6:119-128.
- Ernani, P.R., C. Steckling e C. Bayer. 2001. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. Revista Brasileira de Ciência do Solo 25:939-946.
- Ezz, T.M., M.A. Aly, M.M. Saad and F. El-Shaieb. 2011. Comparative study between bio-and phosphorus fertilization on growth, yield, and fruit quality of banana (*Musa* spp.) grown on sandy soil. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. doi:10.1016/j.jssas.2011.03.007
- Gichangi, E.M., P.N.S Mnkeni and P.C. Brookes. 2009. Effects of goat manure and inorganic phosphate addition on soil inorganic and microbial biomass phosphorus fractions under laboratory incubation conditions. Soil Science and Plant Nutrition 55:764-771.

- Khan, K.S. and R.G. Joergensen. 2009. Changes in microbial biomass and P fractions in biogenic household waste compost amended with inorganic P fertilizers. *Bioresource Technology* 100:303-309.
- Krey, T., N. Vassilev, C. Baum and B. Eichler-Löbermann. 2013. Effects of long-term phosphorus application and plant-growth promoting rhizobacteria on maize phosphorus nutrition under field conditions. *European Journal of Soil Biology* 55:124-130.
- Liu, M., F. Hu, X. Chen, Q. Huang, J. Jiao, B. Zhang and H. Li. 2009. Organic amendments with reduced chemical fertilizer promote soil microbial development and nutrient availability in a subtropical paddy field: the influence of quantity, type and application time of organic amendments. *Applied Soil Ecology* 42:166-175.
- Malik, M.A., P. Marschner and K.S. Khan. 2012. Addition of organic and inorganic P sources to soil e effects on P pools and microorganisms. *Soil Biology & Biochemistry* 49:106-113.
- Martin, J.P. 1950. Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Science* 69:215-232.
- Martínez Viera, R., M. López, F.M. Brossard, G.G. Tejada, A.H. Pereira, Z.C. Parra, S.J. Rodríguez y A. Alba. 2006. Procedimientos para el estudio y fabricación de biofertilizantes bacterianos. Maracay. Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 88 p.
- Mendes, I. e F.B. Reis Junior. 2003. Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos uma análise crítica. EMBRAPA, Planaltina. 26 p.
- Nahas, E., J.F. Centurion e L.C. Assis. 1994. Efeito das características químicas dos solos sobre os microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatase. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 18:49-53.
- Novais, R.F., T.J. Smyth y F.N. Nunes. 2007. Fósforo. In: Novais. R.F., V.V.H. Alvarez, N.F. Barros, R.L.F. Fontes, R.B. Cantarutti y J.C.L. Neves (Ed.) *Fertilidade do solo*. SBCS. Viçosa. 1017 p.
- Pina, N.C.A., O.F. Herrera y R. de Mello. 2013. Manejo de suelos para una agricultura sostenible. 1^{ra}. ed. Jaboticabal: FCAV/UNESP, Vol 1. 511 p.
- Raij, B., J.C. van Andrade, H. de Cantarella e J.A. Quaggio. 2001. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo. 285 p.
- Reyes, A., R. de Mello, L. Castellanos, G. Caione, L. Rosatto, L.C. Assis and H. Almeida. 2015. Phosphorous sources enriched with microorganisms in the soil microbiota. Phosphorous absorption and sugar cane dry matter production. *Ciencia e Investigación Agraria* 42(2):295-303.
- Richardson, A.E., J. Barea, A.M. McNeill and C. Prigent-com. 2009. Acquisition of phosphorus and nitrogen in rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and Soil* 322:17-24.
- Santos, D.H., C.S. Tiritan, J.S.S. Foloni e L.B. Fabris. 2010. Produtividade de cana de açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 40: 454-461.
- Santos, V.R., G. Moura Filho, A.W. Albuquerque, J.P.V. Costa, C.G. Santos e A.C.I. Santos. 2009. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13:389-396.
- Shrivastava, M., S.P. Kale and S.F. D'Souza. 2011. Rock phosphate enriched post-methanation bio-sludge from kitchen waste based biogas plant as P source for mungbean and its effect on rhizosphere phosphatase activity. *European Journal of Soil Biology* 47:205-212.

- Singh, H. and M.S. Reddy. 2011. Effect of inoculation with phosphate solubilizing fungus on growth and nutrient uptake of wheat and maize plants fertilized with rock phosphate in alkaline soils. *European Journal of Soil Biology* 47:30-34.
- Takeda M., T. Nakamoto, K. Miyazawa, T. Murayama and H. Okada. 2009. Phosphorus availability and soil biological activity in an Andosol under compost application and winter cover cropping. *Applied Soil Ecology* 42:86-95.
- Zhang, Q.C., I.H. Shamsi, D.T. Xu, G.H. Wang, X.Y. Lin, G. Lin, N. Hussain and A.N. Chaudhry. 2012. Chemical fertilizer and organic manure inputs in soil exhibit a vice versa pattern of microbial community structure. *Applied Soil Ecology* 57:01-08.