

Efecto de bocashi y fertilizantes de liberación lenta en algunas propiedades de suelos con maíz*

Effect of Bocashi and slow release fertilizers on some soil properties with corn

Angélica Bautista-Cruz^{1§}, Grisel Cruz Domínguez² y María de las Nieves Rodríguez-Mendoza³

¹Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Oaxaca, Hornos 1003, Xoxocotlan, Oaxaca, México, 71230. ²Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales, Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Oaxaca, Hornos 1003, Xoxocotlan, Oaxaca, México, 71230. ³Colegio de Postgraduados, Edafología, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km 36.5. Texcoco, México, 56230, México. [§]Autora para correspondencia: mbautistac@ipn.mx.

Resumen

En este estudio se determinó el efecto de la aplicación individual o combinada de composta (bocashi, B) y fertilizantes de liberación lenta (FLL) sobre algunas propiedades de suelos de terraza y valle cultivados con maíz (*Zea mays* L.) en la región Mixteca del estado de Oaxaca, México. Se utilizó un diseño completamente al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones: control, sin fertilización (C); fertilización convencional (90-46-00 NPK) (FC); B; FLL1 [Multigro 6[®], 21-14-10 NPK]; FLL2 [Multigro 3[®], 24-05-14 NPK]; B+FLL1; B+FLL2. En el suelo de valle el pH disminuyó y el contenido de P disponible aumentó con FLL2. En el suelo de terraza el pH disminuyó con FLL2, y el contenido de P disponible incrementó con B+FLL2. El carbono de la biomasa microbiana (CBM) incrementó con B en ambos suelos. El efecto significativo de la interacción fertilización × tipo de suelo indicó que la respuesta del P disponible y CBM a la fertilización estuvo condicionada por el tipo de suelo. Los resultados sugieren que la aplicación individual de FLL2 y B puede mejorar el pH, el P disponible y el CBM en suelos cultivados con maíz.

Palabras clave: *Zea mays* L., carbono de la biomasa microbiana, fertilización, pH, P disponible.

Abstract

In this study the effect of individual or combined application of compost (bocashi, B) and slow-release fertilizers (FLL) on some soil properties of terrace and valley, cultivated with maize (*Zea mays* L.) in the Mixteca region from the state of Oaxaca, Mexico was determined. A completely randomized design with 7 treatments and 4 replications was used: control without fertilization (C); conventional fertilizer (90-46-00 NPK) (FC); B; FLL1 [Multigro 6[®], 21-14-10 NPK]; FLL2 [Multigro 3[®], 24-05-14 NPK]; B + FLL1; B + FLL2. On the soil from the valley, pH decreased and the content of available P increased with FLL2. On terrace soil, pH decreased with FLL2, and content of available P increased with B + FLL2. The microbial biomass carbon (CBM) increased with B in both soils. The significant effect of fertilization × soil type interaction indicated that the response of available P and CBM to fertilization was influenced by the soil type. The results suggest that individual application of FLL2 and B can improve pH, available P and CBM in soils cultivated with maize.

Keywords: *Zea mays* L., available P, fertilizer, microbial biomass carbon, pH.

Un manejo sostenible incluye el mantenimiento de la fertilidad del suelo a través del tiempo (Omotayo y Chukwuka, 2009). La fertilización órgano-mineral se emplea para aumentar la disponibilidad nutrimental hacia las plantas. La materia orgánica incrementa la fertilidad química, física y biológica del suelo (Kalantari *et al.*, 2010). Sin embargo, su capacidad como fuente de nutrientes es baja respecto a los fertilizantes minerales (Álvarez-Solis *et al.*, 2010), éstos se deben usar conjuntamente con estrategias que mantengan e incrementen la materia orgánica del suelo.

Los fertilizantes de liberación lenta (FLL) contienen uno o más nutrientes minerales de manera que a) se retrase su disponibilidad y uso para las plantas después de su aplicación, o b) los nutrientes estén disponibles para la planta mucho más tiempo que aquellos derivados de una fertilización convencional (Kaplan *et al.*, 2013). El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de importancia mundial, lo que ha propiciado la intensificación de la agricultura debido al incremento en la presión por el uso del suelo, generando la degradación de este recurso. Por tal razón, es urgente desarrollar sistemas agrícolas sostenibles. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la aplicación individual o combinada de composta (bocashi, B) y FLL sobre algunas propiedades de suelos cultivados con maíz (*Zea mays* L.) en la región Mixteca del estado de Oaxaca, México.

El estudio se realizó durante el ciclo de cultivo primavera-verano 2009 bajo condiciones de temporal en suelos de terraza y valle en Nochixtlán (17° 31' latitud norte y 97° 17' longitud oeste), Oaxaca, México. El promedio de lluvia anual fue de 580 mm, la temperatura media anual varió de 12 a 18 °C, el clima es templado y la altitud de 2095 m (TFO, 2010). Se utilizó un diseño completamente al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones cada uno: (1) control, sin fertilización (C); (2) fertilización convencional (90-46-00 NPK) (FC), fósforo di amónico (18-46-00) 100 kg ha⁻¹, sulfato de amonio (20-00-00) 125 kg ha⁻¹, urea (46-00-00) 100 kg ha⁻¹; (3) bocashi 10 Mg ha⁻¹; (4) FLL1 [Multigro 6[®], 21-14-10 NPK] 328.57 kg ha⁻¹ + urea 45.65 kg ha⁻¹; (5) FLL2 [Multigro 3[®], 24-05-14 NPK] 375 kg ha⁻¹ + superfosfato triple 59.78 kg ha⁻¹; (6) bocashi 4 Mg ha⁻¹ + FLL1 328.57 kg ha⁻¹ + urea 45.65 kg ha⁻¹ (B+FLL1); (7) bocashi 4 Mg ha⁻¹ + FLL2 375 kg ha⁻¹ + superfosfato triple 59.78 kg ha⁻¹ (B+FLL2). La dosis de fertilización mineral se definió con base en la cantidad usada en la zona de estudio. El bocashi tenía 18.46% de carbono orgánico, 1.44% de N total, 2.49% de P total, 2.46% de K total y un pH de 8.13. El tamaño de la parcela experimental fue de 22.4 m².

Sustainable management includes maintaining soil fertility over time (Omotayo and Chukwuka, 2009). Organic-mineral fertilization is used to increase nutrient availability to plants. Organic matter increases chemical, physical and biological soil fertility (Kalantari *et al.*, 2010). However, its ability as a source of nutrients is low compared to mineral fertilizers (Álvarez-Solis *et al.*, 2010), these should be used in conjunction with strategies that maintain and increase soil organic matter.

Slow release fertilizers (FLL) contain one or more mineral nutrients, so that a) delays their availability and use by plants after its application, or b) nutrients are available to the plant longer than those derived from conventional fertilization (Kaplan *et al.*, 2013). Maize (*Zea mays* L.) is a staple crop, which has led to the intensification of agriculture due to increased pressure on land use, resulting in the degradation of this resource. For this reason, it is urgent to develop sustainable agricultural systems. The aim of this study was to determine the effect of individual or combined application of compost (bocashi, B) and FLL on some soil properties cultivated with maize (*Zea mays* L.) in the Mixteca region from the state Oaxaca, Mexico.

The study was conducted during the growing season spring-summer 2009, under rainfed conditions in terraces and valley soils in Nochixtlán (17° 31' N and 97° 17' W), Oaxaca, Mexico. The average annual rainfall was 580 mm, the mean annual temperature ranged from 12 to 18 °C, the climate is temperate and an altitude of 2095 m (TFO, 2010). A completely randomized design with 7 treatments and 4 replicates each was used: (1) control without fertilization (C); (2) conventional fertilization (90-46-00 NPK) (FC), di ammonium phosphate (18-46-00) 100 kg ha⁻¹, ammonium sulfate (20-00-00) 125 kg ha⁻¹, urea (46-00-00) 100 kg ha⁻¹; (3) bocashi 10 Mg ha⁻¹; (4) FLL1 [Multigro 6[®], NPK 21-14-10] 328.57 kg ha⁻¹ + urea 45.65 kg ha⁻¹; (5) FLL2 [Multigro 3[®], 24-05-14 NPK] 375 kg ha⁻¹ + triple superphosphate 59.78 kg ha⁻¹; (6) bocashi 4 Mg ha⁻¹ + FLL1 328.57 kg ha⁻¹ + urea 45.65 kg ha⁻¹ (B + FLL1); (7) bocashi 4 Mg ha⁻¹ + FLL2 375 kg ha⁻¹ + triple superphosphate 59.78 kg ha⁻¹ (B + FLL2). The doses of mineral fertilization were defined based on the amount used in the study area. Bocashi had 18.46% organic carbon, 1.44% total nitrogen, 2.49% total P, 2.46% total K and a pH of 8.13. The size of the experimental plot was 22.4 m².

Land preparation was made in a mechanized way, the trial was established on June 15 from 2009 at a density of 50 000 plants ha⁻¹, and seed variety "Leopard" (Asgrow-Monsanto,

La preparación del terreno se hizo de manera mecanizada, la siembra se realizó el 15 de junio de 2009 a una densidad de 50 000 plantas ha^{-1} , se utilizó semilla variedad "Leopardo" (Asgrow-Monsanto, St. Louis, Missouri, USA). Los tratamientos se incorporaron a los 8 días post emergencia a 5 cm alrededor del tallo de cada planta y a 15 cm de profundidad. El maíz se cosechó el 15 de diciembre de 2009. El 08 de diciembre de 2009 se colectó una muestra compuesta de suelo de 5 plantas de maíz a 20 cm de profundidad en cada tratamiento, las plantas de maíz se eligieron al azar. Las muestras se secaron al aire por 72 h y se tamizaron con una malla de 2 mm de abertura. El carbono de la biomasa microbiana (CBM) se determinó por el método de fumigación-incubación (Jenkinson y Powlson, 1976) en submuestras de suelo fresco. Los agregados hidroestables (AH) se determinaron por el método de tamizado en húmedo (Kemper y Rosenau, 1986).

La densidad aparente se determinó por el método del cilindro (Blake y Hartge, 1986). El pH, el carbono orgánico (CO), el N total, el P disponible, el Ca^{2+} , K^{+} y Mg^{2+} intercambiables se determinaron de acuerdo con la metodología propuesta por la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-RECNAT-2000). Los datos se sometieron a un análisis de varianza de dos vías para analizar el efecto de ambos factores: fertilización y tipo de suelo así como la interacción fertilización \times tipo de suelo. La separación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Los datos fueron transformados, previos al análisis, por el procedimiento arcCos para satisfacer el requisito de la distribución normal.

La fertilización no afectó el contenido de AH ni la densidad aparente en ninguno de los dos suelos (Cuadro 1). En el suelo de valle el pH disminuyó y el contenido de P disponible aumentó con FLL2. El contenido de N total, CO, Mg^{2+} y K^{+} intercambiables no cambiaron con los tratamientos de fertilización. En el suelo de terraza el pH disminuyó con FLL2 y el contenido de P disponible aumentó con B+FLL2. El mayor contenido de CO se registró con FLL1 y FLL2. El contenido de N total, Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^{+} intercambiables no cambiaron con los tratamientos de fertilización. El CBM incrementó con B en ambos suelos (Cuadro 2).

La disminución de pH en ambos suelos con la aplicación de FLL2 pudiera promover a largo plazo una mayor disponibilidad de nutrientes para el cultivo. Álvarez-Solís *et al.* (2010) también encontraron un contenido de CBM 20% más alto con fertilización disminuida y complementada con estiércol, rastrojo y cobertura de leguminosas que con

St. Louis, Missouri, USA) was used. The treatments were incorporated at 8 days after emergence to 5 cm around the stem of each plant and 15 cm deep. Corn was harvested on December 15 from 2009. On December 08 of 2009, a composite soil sample from 5 corn plants at 20 cm depth in each treatment was collected, plants were randomly selected. The samples were air dried for 72 h and sieved with a 2 mm mesh. Microbial biomass carbon (CBM) was determined by the method of fumigation-incubation (Jenkinson and Powlson, 1976) in fresh soil subsamples. Hydrostable aggregates (AH) were determined by the method of wet sieving (Kemper and Rosenau, 1986).

The bulk density was determined by the cylinder method (Blake and Hartge, 1986). pH, organic carbon (CO), total N, available P, Ca^{2+} , K^{+} and Mg^{2+} interchangeable were determined according to the methodology proposed by the Official Mexican Norm (NOM-021-RECNAT-2000). Data were subjected to two way analysis of variance to analyze the effect of both factors: fertilization and soil type thus fertilization \times soil type interaction. Mean separation was made by Tukey test ($p < 0.05$). Data was transformed prior to analysis by arcCos procedure to satisfy the requirement of normal distribution.

Fertilization did not affect the content of AH nor bulk density on neither of the two soils (Table 1). On Valley soil, pH decreased and the content of available P increased with FLL2. The content of total N, CO, Mg^{2+} and K^{+} interchangeable did not change with fertilization treatments. On terrace soil, pH decreased with FLL2 and content of available P increased with B + FLL2. The higher content of CO was recorded with FLL1 and FLL2. The content of total N, Ca^{2+} , Mg^{2+} and K^{+} interchangeable did not change with fertilization treatments. CBM increased with B in both soils (Table 2).

The decrease of pH in both soils with the application of FLL2 could promote a long-term increased nutrient availability to the crop. Álvarez-Solís *et al.* (2010) also found CBM content 20% higher with reduced and supplemented fertilization with manure, stubble and legume cover crop than with conventional fertilization without organic amendments in the maize rhizosphere. The increase in CBM with the addition of B in both soils could be attributed to the application of easily biodegradable organic materials, which stimulate the soil microbial activity, or to the incorporation of exogenous microorganisms (Perucci, 1992). Bautista-Cruz *et al.* (2014) determined the effect of fertilization treatments

fertilización convencional sin enmiendas orgánicas en la rizósfera de maíz. El incremento en el CBM con la adición de B en ambos suelos se podría atribuir a la aplicación de materiales orgánicos fácilmente biodegradables, los cuales estimulan la actividad microbiana autóctona del suelo, o a la incorporación de microorganismos exógenos (Perucci, 1992). Bautista-Cruz *et al.* (2014) determinaron el efecto de los tratamientos de fertilización mencionados en este estudio en los mismos suelos sobre la colonización micorrízica, la actividad de invertasa, celulasa, fosfatasa ácida y alcalina, así como en el rendimiento de maíz. Estos autores concluyeron que la aplicación de B sola o combinada con FLL puede mejorar la fertilidad biológica del suelo en cultivos de maíz.

mentioned in this study in the same soils on mycorrhizal colonization, invertase activity, cellulase, acid and alkaline phosphatase, as well as corn yield. These authors concluded that the application of B, alone or combined with FLL can improve biological soil fertility in maize.

Conclusions

A significant effect of fertilization * soil type interaction was found only for variables, available P and CBM. These results indicate that the response of these two variables to

Cuadro 1. Efecto de la aplicación individual o combinada de fertilizantes de liberación lenta y bocashi sobre algunas propiedades físicas (valor medio \pm error estándar) de dos suelos cultivados con maíz (*Zea mays* L.) en Oaxaca, México.

Table 1. Effect of individual or combined application of slow-release fertilizer and bocashi on some physical properties (mean \pm standard error) of two soils cultivated with maize (*Zea mays* L.) in Oaxaca, Mexico.

Tratamientos de fertilización	Agregados hidroestables (%)			Densidad aparente (Mg m ⁻³)
	1 mm	0.7 mm	0.5 mm	
Valle				
C	3.3 \pm 1.06a ABCD	3.47 \pm 0.48a ABC	5.9 \pm 0.65a ABC	1.07 \pm 0.00ab A
FC	4.43 \pm 0.46a ABC	3.69 \pm 0.16a A	5.73 \pm 0.36a ABC	1.09 \pm 0.01a A
B	4.91 \pm 0.8a AB	3.6 \pm 0.61a A	6.21 \pm 1.03a A	1.05 \pm 0.01ab A
FLL1	3.21 \pm 0.75a ABCD	2.05 \pm 0.45a ABCDE	3.8 \pm 0.53a ABCD	1.03 \pm 0.00b A
FLL2	4.97 \pm 0.71a A	3.45 \pm 0.19a AC	5.88 \pm 0.60a AB	1.08 \pm 0.00ab A
B+FLL1	2.71 \pm 0.66a ABCD	2.33 \pm 0.37a ABCDE	4.08 \pm 0.77a ABCD	1.05 \pm 0.01ab A
B+FLL2	3.39 \pm 0.19a ABCD	3.12 \pm 0.57a ABCDE	3.78 \pm 0.82a ABCD	1.06 \pm 0.00ab A
<i>p</i>	>0.085	>0.094	>0.123	>0.226
Terraza				
C	0.54 \pm 0.09a D	0.49 \pm 0.06a E	1.19 \pm 0.13a D	1.09 \pm 0.02a A
FC	1.2 \pm 0.33a D	1.29 \pm 0.52a DE	1.74 \pm 0.6a D	1.07 \pm 0.01a A
B	1.49 \pm 0.43a D	1.23 \pm 0.21a DE	2.52 \pm 0.29a CD	1.04 \pm 0.01a A
FLL1	2.04 \pm 0.81a BCD	1.33 \pm 0.64a BDE	2.19 \pm 0.91a ABCD	1.05 \pm 0.01a A
FLL2	1.13 \pm 0.33a D	0.53 \pm 0.23a E	1.98 \pm 0.49a AB	1.09 \pm 0.01a A
B+FLL1	1.69 \pm 0.64a CD	1.32 \pm 0.37a BCDE	2.69 \pm 0.79a ABCD	1.05 \pm 0.00a A
B+FLL2	1.82 \pm 0.41a CD	1.68 \pm 0.3a ABCDE	2.2 \pm 0.61a ABCD	1.05 \pm 0.01a A
<i>p</i>	>0.078	>0.358	>0.229	>0.447
fertilización \times tipo de suelo <i>p</i>	>0.068	>0.077	>0.107	>0.157

C= control; FC= fertilización convencional; B= bocashi; FLL1= fertilizante de liberación lenta 1 (Multigro 6[®], 21-14-10 NPK); FLL2= fertilizante de liberación lenta 2 (Multigro 3[®]= 24-05-14 NPK). Los números en una columna seguidos por letras minúsculas diferentes indican el efecto de los tratamientos de fertilización y los números en una columna seguidos por letras mayúsculas diferentes indican el efecto de la interacción fertilización \times tipo de suelo con base en la prueba de Tukey a una probabilidad de 0.05.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación individual o combinada de fertilizantes de liberación lenta y bocashi sobre algunas propiedades químicas y biológicas (valor medio \pm error estándar) de dos suelos cultivados con maíz (*Zea mays* L.) en Oaxaca, México.
Table 2. Effect of individual or combined application of slow-release fertilizers and bocashi on chemical and biological properties (mean \pm standard error) of two soils cultivated with maize (*Zea mays* L.) in Oaxaca, Mexico.

Tratamientos de fertilización	pH	Nitrógeno total (%)	Carbono orgánico (%)	Carbono de la biomasa microbiana ($\mu\text{g g}^{-1}$ suelo)	P disponible (mg kg^{-1})	Ca ²⁺ intercambiable ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)	Mg ²⁺ intercambiable ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)	K ⁺ intercambiable ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)
C	8.48 \pm 0.01 aA	0.17 \pm 0.01 aA	1.71 \pm 0.17 aA	1315.11 \pm 32.20 cC	6.44 \pm 0.42 cH	22.07 \pm 1.15 bBC	3.59 \pm 0.60 aAB	0.33 \pm 0.01 aAB
FC	8.44 \pm 0.01 abAB	0.16 \pm 0.00 aA	1.98 \pm 0.09 aA	453.59 \pm 12.20 dF	17.80 \pm 0.62 bEF	25.05 \pm 0.67 abAB	4.86 \pm 0.44 aA	0.38 \pm 0.01 aA
B	8.35 \pm 0.01 bcABC	0.17 \pm 0.00 aA	1.80 \pm 0.04 aA	1957.93 \pm 32.14 aA	19.86 \pm 2.35 bDEF	25.47 \pm 0.26 aA	4.04 \pm 0.34 aAB	0.38 \pm 0.01 aA
FLL1	8.29 \pm 0.02 bBCDE	0.17 \pm 0.00 aA	1.84 \pm 0.07 aA	1619.48 \pm 79.69 bB	20.53 \pm 1.97 bDE	24.45 \pm 0.79 abABC	3.71 \pm 0.64 aAB	0.37 \pm 0.02 aA
FLL2	8.12 \pm 0.03 cEFG	0.18 \pm 0.00 aA	1.78 \pm 0.09 aA	404.54 \pm 18.66 dF	57.32 \pm 2.21 aA	24.53 \pm 0.31 abABC	4.25 \pm 0.45 aAB	0.38 \pm 0.01 aA
B+FLL1	8.38 \pm 0.04 abcABC	0.17 \pm 0.00 aA	1.86 \pm 0.09 aA	1379.88 \pm 36.11 cC	17.79 \pm 0.81 bEFG	24.26 \pm 0.60 abABC	3.69 \pm 0.39 aAB	0.37 \pm 0.02 aA
B+FLL2	8.47 \pm 0.01 aAB	0.18 \pm 0.00 aA	1.90 \pm 0.03 aA	1493.29 \pm 29.81 bC	22.84 \pm 0.85 bCDE	24.31 \pm 0.52 abABC	3.76 \pm 0.32 aAB	0.36 \pm 0.01 aA
<i>p</i>	<0.001	>0.085	>0.129	<0.001	<0.002	<0.03	>0.472	>0.361
				BC			AB	
				Terraza			AB	
C	8.33 \pm 0.012 aABC	0.07 \pm 0.00 aB	0.96 \pm 0.03 abB	984.08 \pm 10.17 cDE	8.845 \pm 0.57 eGH	22.02 \pm 0.63 aBC	2.69 \pm 0.56 aB	0.19 \pm 0.00 aC
FC	8.30 \pm 0.10 aABCD	0.07 \pm 0.00 aB	0.79 \pm 0.07 bB	1178.52 \pm 15.00 bD	38.06 \pm 3.49 bB	22.57 \pm 0.34 aABC	3.25 \pm 0.39 aAB	0.26 \pm 0.02 aBC
B	8.13 \pm 0.00 abcDEFG	0.08 \pm 0.01 aB	0.96 \pm 0.03 abB	1607.00 \pm 20.08 aB	11.85 \pm 1.36 deFGH	21.83 \pm 0.37 aC	3.29 \pm 0.39 aAB	0.24 \pm 0.01 aC
FLL1	8.13 \pm 0.03 abcDEFG	0.06 \pm 0.00 aB	1.07 \pm 0.03 aB	717.097 \pm 14.95 cdEF	26.53 \pm 1.28 cCD	22.68 \pm 0.58 aABC	2.80 \pm 0.37 aB	0.25 \pm 0.01 aBC
FLL2	8.03 \pm 0.02 cG	0.06 \pm 0.00 aB	1.13 \pm 0.03 aB	1038.76 \pm 7.75 bcD	28.97 \pm 0.22 cC	22.13 \pm 0.80 aBC	2.89 \pm 0.17 aAB	0.21 \pm 0.00 aC
B+FLL1	8.07 \pm 0.03 bcFG	0.07 \pm 0.00 aB	0.96 \pm 0.12 abB	541.705 \pm 149.88 dF	17.56 \pm 0.67 dEFG	21.45 \pm 0.86 aC	3.41 \pm 0.41 aAB	0.26 \pm 0.02 aBC
B+FLL2	8.24 \pm 0.00 abCDEF	0.07 \pm 0.00 aB	1.05 \pm 0.07 abB	172.158 \pm 12.44 eG	46.14 \pm 1.56 aB	23.09 \pm 0.42 aABC	2.43 \pm 0.25 aB	0.27 \pm 0.01 aBC
<i>p</i>	<0.001	>0.152	<0.047	<0.0001	<0.003	>0.237	>0.389	>0.078
fertilización \times tipo de suelo	>0.113	>0.208	>0.390	<0.0001	<0.0001	>0.141	>0.775	>0.333

C; control; FC; fertilización convencional; B; bocashi; FLL1; fertilizante de liberación lenta 1 (Multigro 6[®], 21-14-10 NPK); FLL2; fertilizante de liberación lenta 2 (Multigro 3[®], 24-05-14 NPK). Los números en una columna seguidos por letras minúsculas diferentes indican el efecto de los tratamientos de fertilización y los números en una columna seguidos por letras mayúsculas diferentes indican el efecto de la interacción fertilización \times tipo de suelo con base en la prueba de Tukey a una probabilidad de 0.05.

Conclusiones

Se encontró un efecto significativo de la interacción fertilización * tipo de suelo solamente para las variables P disponible y CBM. Estos resultados indican que la respuesta de estas dos variables a la fertilización estuvo condicionada por el tipo de suelo. El contenido más alto de P disponible y de CBM se registró en el suelo de valle con FLL2 y B.

Agradecimientos

Trabajo financiado por la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional a través del proyecto con clave SIP20110480. Los autores agradecen la colaboración de la M. en C. Verónica Martínez Gallegos en los análisis de suelo.

Literatura citada

Álvarez-Solis, J. D.; Gómez-Velasco, D. A.; León-Martínez, N. S. y Gutiérrez-Miceli, F. A. 2010. Integrated management of inorganic and organic fertilizers in maize cropping. *Agrociencia* 44:575-586.

Bautista-Cruz, A.; Cruz-Domínguez, G.; Rodríguez-Mendoza, M. N.; Pérez-Pacheco, R. y Robles, C. 2014. Effect of compost and slow-release fertilizers addition on soil biochemistry and yield of maize (*Zea mays* L.) in Oaxaca, Mexico. *Rev. FCA UNCUYO*. 46:181-193.

fertilization was influenced by soil type. The highest content of available P and CBM was recorded in the Valley soil with FLL2 and B.

End of the English version



- Blake, G. R. and Hartge, K. H. 1986. Bulk density. *In*: Klute, A. (Ed.). Methods of soil analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. Agron. Monograph Núm. 9, 2th. ASA and SSSA, Madison, WI. 363-375 pp.
- Jenkinson, D. S. and Powlson, D. S. 1976. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 8:209-213.
- Kalantari, S.; Hatami, S.; Ardalan, M. M.; Alikhani, H. A. and Shorafa, M. 2010. The effect of compost and vermicompost of yard leaf manure on growth of corn. *African J. Agric. Res.* 5:1317-1323.
- Kaplan, L.; Tlustoš, P.; Száková, J. and Najmanová, J. 2013. The influence of slow-release fertilizers on potted chrysanthemum growth and nutrient consumption. *Plant Soil Environ.* 59:385-391.
- Kemper, W. D. and Rosenau, R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution. *In*: Klute, A. (Ed.). Methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agron. Monograph Núm. 9, 2th. ASA and SSSA, Madison, WI. 425-442 pp.
- Omotayo, O. E. and Chukwuka, K. S. 2009. Soil fertility restoration techniques in sub-Saharan Africa using organic resources. *African J. Agric. Res.* 4:144-150.
- Perucci, P. 1992. Enzyme activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. *Biol. Fertil. Soils* 14:54-60.
- Plan Municipal de Desarrollo Rural Sustentable (TFO). 2010. Santa María Chachoapam, Nochixtlán, Oaxaca. http://transparencia.finanzasooaxaca.gob.mx/pdf/marco/Regionales/mixteca/404_santa_maria_chachoapan.pdf.