

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS SOBRE EL CULTIVO DEL MAÍZ EN SUELOS DEGRADADOS DEL ESTADO YARACUY, VENEZUELA

Isabel Arrieche¹ y Orlando Mora¹

RESUMEN

El intenso laboreo en la preparación de tierras para cultivar maíz en el estado Yaracuy en los últimos 50 años causó una degradación acelerada del suelo con pérdida de la materia orgánica y disminución de la productividad del cultivo. Con el objetivo de mejorar estos parámetros se aplicaron residuos orgánicos en dos tipos de suelos degradados del orden Alfisol, estableciendo dos ensayos de campo en la localidad de La Virgen, municipio Bruzual y en la Estación Local Yaritagua, municipio Peña. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones y los siguientes tratamientos: (1) estiércol de pollo compostado con calor, (2) estiércol de pollo compostado con enzimas, (3) cachaza de caña de azúcar compostada con enzimas y (4) testigo, sin aplicación. Se aplicaron 2000 kg-ha⁻¹ de cada residuo orgánico al momento de la siembra y se evaluó su efecto sobre las características químicas del suelo así como sobre las concentraciones de nutrimentos foliares y el rendimiento del cultivo. La cachaza presentó menor conductividad eléctrica y más bajos niveles de sodio que los estiércoles de pollo. La aplicación de los residuos orgánicos, particularmente la cachaza, produjo incrementos en los contenidos de materia orgánica en ambos ensayos y hubo un efecto favorable sobre la concentración de nitrógeno en las hojas del maíz. Los rendimientos del cultivo aumentaron en ambos ensayos con el uso de la cachaza.

Palabras clave adicionales: Estiércol de pollo, cachaza de caña, Alfisol

ABSTRACT

Effect of applications of organic residues on maize performance in two soils of Yaracuy State, Venezuela

The intense land cultivation for maize cropping on the last 50 years in Yaracuy State, Venezuela, caused an accelerated soil degradation expressed by loss of soil organic matter and crop productivity. With the objective of improving those parameters, the use of organic residues were evaluated by conducting field trials in two degraded soils at the locality of La Virgen, Bruzual Municipality, and the Yaritagua Local Experimental Station, Peña Municipality. Each trial was established in a randomized complete block design with three repetitions and the following treatments: (1) chicken manure composted by heat, (2) chicken manure composted by enzymes, (3) sugar cane filter cake composted by enzymes, and (4) control, without application. Organic residues were applied at doses of 2000 kg-ha⁻¹ at sowing time, and the effect on the chemical soil characteristics, plant nutrient concentrations, and yield were tested. The analysis of the organic residues showed that the filter cake had lowest electrical conductivity and sodium levels than each chicken manure. The use of the residues, particularly the filter cake, increased the soil organic matter content in both trials, and there was higher leaf nitrogen content. The maize yield increased in both trials by the use of filter cake.

Additional key words: Chicken manure, sugar cane filter cake, Alfisol

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, en la cuenca media del río Yaracuy, estado Yaracuy, el uso de los recursos naturales por el sector agrícola en los últimos años trajo como consecuencia una degradación de los suelos similar a lo ocurrido en la zona alta de la cuenca (Mora et al., 2003), lo cual ha afectado los rendimientos del cultivo maíz debido entre otras

causas a los bajos niveles de materia orgánica en el suelo (Espinoza, 2004). Una alternativa de manejo para incrementar esos niveles es la incorporación de residuos orgánicos compostados.

La incorporación de residuos orgánicos a un suelo puede mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Carter et al., 2003) o disminuir la degradación y contribuir a suplir nutrimentos en suelos donde se ha utilizado el

Recibido: Octubre 28, 2004

Aceptado: Octubre 25, 2005

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) del estado Yaracuy. Estación Local Yaritagua. Yaritagua estado Yaracuy, Venezuela. e-mail: iarrieche@inia.gob.ve; omora@inia.gob.ve

monocultivo de los cereales (Gagnon et al., 1997).

Una de las limitaciones en la aplicación de los abonos orgánicos en el campo radica en la disponibilidad del insumo por parte de los productores. En Venezuela, y específicamente en la región Centro Occidental, se producen en forma comercial importantes volúmenes de abonos orgánicos de origen animal (estiércol de pollo) y vegetal (cachaza).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de residuos orgánicos comerciales sobre el suelo y el cultivo del maíz en dos suelos degradados del estado Yaracuy.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el ensayo se utilizaron los siguientes tres residuos orgánicos producidos en la región Centro Occidental de Venezuela: (1) estiércol de pollo (EP1) compuesto de orinas y heces de aves de corral, mezclado con abono y aserrín y sometido a tratamiento térmico con vapor de agua, producido en localidad de Duaca, estado Lara (2) estiércol de pollo con polienzima, elaborado con concha de arroz, mezclado con heces, plumas, residuos de alimentos, orinas y virutas de maderas, producido en la localidad de Quíbor, estado Lara y (3) cachaza (CA), subproducto de la caña de azúcar mezclado con bagacillo formando un material orgánico compostado con mezcla de polienzimas, producido en el ingenio azucarero La Pastora en el estado Lara. Las características físicas y químicas determinadas en estos residuos se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los residuos orgánicos (el significado de las siglas aparece indicado previamente)

Características	EP1	EP2	CA
Humedad (%)	28,0	22,0	11,0
pH	7,3	7,7	7,0
CE (dS·m ⁻¹ a 25 °C)	12,0	11,7	4,0
Materia orgánica (%)	26,0	31,2	22,7
Nitrógeno (%)	2,3	1,2	1,2
Fósforo (%)	5,2	5,6	5,2
Potasio (%)	3,4	3,0	3,2
Calcio (%)	3,8	4,1	3,5
Magnesio (%)	0,95	0,9	0,85
Sodio (%)	0,7	0,6	0,1
Cobre (mg·kg ⁻¹)	311,0	393,0	55,0
Zinc (mg·kg ⁻¹)	415,0	352,0	173,0
Manganeso (mg·kg ⁻¹)	472,0	490,0	540,0
Hierro (mg·kg ⁻¹)	665,0	700,0	15,0

Se seleccionaron dos tipos de suelos con poca materia orgánica, uno con reacción ácida y otro alcalino. El primero de ellos (ensayo 1) ubicado en la localidad La Virgen, municipio Bruzual del estado Yaracuy clasificado como Oxic Haplustalfs fino y el otro (ensayo 2) ubicado en el Campo Experimental de la Estación Local Yaritagua del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), municipio Peña, del estado Yaracuy, clasificado como Oxic Haplustalfs (Mendoza et al., 1983). Las características físicas y químicas se presentan en el Cuadro 2.

En cada suelo se estableció un ensayo con un diseño experimental de bloques al azar con unidad experimental de 3,20 m x 14 m (Párraga y Chacín, 2000) con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron los tres residuos orgánicos ya mencionados más un tratamiento testigo (sin aplicación).

Cuadro 2. Características físicas y químicas de dos tipos de suelos en el estado Yaracuy

Características	Tipos de suelo	
	Ácido	Alcalino
Arena (%)	64,4	53,1
Limo (%)	27,2	32,5
Arcilla (%)	8,4	14,4
pH	4,9	7,6
CE (dS·m ⁻¹ a 25 °C)	0,06	0,06
Materia orgánica (%)	1,15	1,27
Fósforo (mg·kg ⁻¹)	11,0	14,0
Potasio (mg·kg ⁻¹)	110,0	311,0
Calcio (mg·kg ⁻¹)	120,0	1110,0
Magnesio (mg·kg ⁻¹)	16,0	26,0
Zinc (mg·kg ⁻¹)	0,60	0,80
Cobre (mg·kg ⁻¹)	0,90	0,34
Manganeso (mg·kg ⁻¹)	27,5	1,48
Hierro (mg·kg ⁻¹)	37,4	2,72

La aplicación de los residuos orgánicos fue de 2000 kg·ha⁻¹ en forma manual al lado del hilo de siembra. Las dosis del fertilizante químico fueron de 160 kg·ha⁻¹ de N, 120 kg·ha⁻¹ de P₂O₅, y 80 kg·ha⁻¹ de K₂O en ambos suelos.

En el suelo ácido (ensayo 1) se sembró el híbrido Himeca 2000 a 0,80 m entre hileras y en el suelo alcalino (ensayo 2) el híbrido Carril 109 a 0,85 m entre hileras. En el terreno se hicieron tres pases de rastra y se sembró en forma mecánica.

A los 60 días de sembrado el maíz, se colectaron muestras foliares cuando la mazorca

presentó estigmas, cortando la hoja debajo de la mazorca a 10 plantas por tratamiento. En ellas, previamente secadas en estufa a 65 °C por 24 horas, molidas y tamizadas, se analizaron los elementos P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn con extracción nítrico-perclórico (Malavolta et al., 1997) y N por el método Kjeldahl. A los 120 días se procedió a la cosecha de cada unidad experimental, tomando las dos hileras centrales y se determinó el rendimiento a 12 % de humedad.

Después de la cosecha se realizó el muestreo de suelos en cada parcela experimental, a la profundidad de 0–20 cm y las determinaciones analíticas de pH, CE, textura, materia orgánica, P, K, Ca y Mg se realizaron según la metodología de Brito et al. (1990) y los microelementos Cu, Zn, Fe y Mn extraído con solución DTPA.

A cada variable de suelo y planta se le aplicó análisis de varianza y prueba medias de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los contenidos de N, P, K, Ca y Mg de los tres residuos orgánicos (Cuadro 1) fueron superiores al mínimo señalado por Zucconi et al. (1987) y los microelementos se ubicaron dentro de los rangos citados por Costa et al. (1991).

La mayor presencia de sodio en los estiércoles de pollo indica que su uso pudiera estar menos favorecido desde un punto de vista fitotóxico (Pascual et al., 1997) en comparación con la cachaza.

En el Cuadro 3 se aprecian las variaciones de las características físicas y químicas del suelo ácido y del suelo alcalino como consecuencia de los tratamientos aplicados. Los valores de pH tendieron a incrementarse levemente en relación al testigo, aunque fue significativo sólo para el primer ensayo. La materia orgánica se incrementó con el uso de la cachaza, resultado que coincide con lo reportado por Canet et al. (1998).

Cuadro 3. Características físicas y químicas de los suelos por cada tratamiento (el significado de las siglas aparece indicado previamente)

	Características	Tratamientos			
		EP1	EP2	CA	Testigo
Ensayo 1	pH	5,1 a	5,0 a	5,1 a	4,8 b
	CE (dS·m ⁻¹)	0,04 a	0,04 a	0,05 a	0,06 a
	Materia orgánica (%)	1,20 b	1,47 a	1,36 a	1,15 b
	Fósforo (mg·kg ⁻¹)	11,0 b	14,0 a	12,0 ab	10,0 b
	Potasio (mg·kg ⁻¹)	97,0 a	98,0 a	96,0 a	99,0 a
	Calcio (mg·kg ⁻¹)	119,0 b	125,0 b	139,0 a	122,0 b
	Zinc (mg·kg ⁻¹)	0,60 a	0,68 a	0,57 a	0,35 a
	Cobre (mg·kg ⁻¹)	0,71 a	0,69 a	0,74 a	0,76 a
	Manganeso (mg·kg ⁻¹)	46,0 a	40,0 a	42,0 a	45,0 a
	Hierro (mg·kg ⁻¹)	37,0 a	31,0 a	30,0 a	27,0 a
Ensayo 2	pH	7,7 a	7,9 a	8,0 a	7,6 a
	CE (dS·m ⁻¹)	0,06 a	0,07 a	0,08 a	0,06 a
	Materia orgánica (%)	1,27 b	1,40 b	1,67 a	1,27 b
	Fósforo (mg·kg ⁻¹)	24,0 b	40,0 a	38,0 a	15,0 b
	Potasio (mg·kg ⁻¹)	277,0 a	290,0 a	254,0 a	294,0 a
	Calcio (mg·kg ⁻¹)	816,0 a	1127,0 a	1131,0 a	710,0 a
	Zinc (mg·kg ⁻¹)	1,02 a	1,17 a	1,19 a	1,08 a
	Cobre (mg·kg ⁻¹)	0,76 a	0,82 a	0,77 a	0,81 a
	Manganeso (mg·kg ⁻¹)	11,6 a	11,9 a	13,9 a	12,4 a
	Hierro (mg·kg ⁻¹)	25,0 a	30,0 a	29,0 a	29,0 a

Medias con letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticas según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

La concentración de P presentó el menor valor en el testigo en ambos ensayos mientras que la concentración de Ca se incrementó con el uso de

la cachaza en el primer ensayo.

Por otra parte, no se detectaron diferencias en el contenido de potasio ni de microelementos

en el suelo.

Se aprecia en el Cuadro 4 que los contenidos de N aumentaron en todos los tratamientos aplicados en ambos ensayos, con la única excepción del EP1 en el segundo ensayo. Los nutrientes P y Ca no presentaron variación significativa con los tratamientos aplicados mientras que la cachaza aumentó los niveles de K y Mg en uno de los ensayos. Entre los micronutrientes sólo el Fe mostró cierto

incremento con la aplicación de los residuos orgánicos.

El efecto sobre el rendimiento del maíz se presenta en el Cuadro 5. Se observa que en ambos ensayos la cachaza superó al tratamiento testigo, mientras que el estiércol de pollo (EP2) lo hizo en uno de los ensayos. El efecto consistente de la cachaza concuerda con los resultados de Escalona (2002) en los cultivos de cebolla y pimentón y por Matheus (2004) en maíz.

Cuadro 4. Concentraciones de nutrimentos en muestras foliares por tipo de suelo y tratamiento (el significado de las siglas aparece indicado previamente)

	Características	Tratamientos			
		EP1	EP2	CA	Testigo
Ensayo 1	Nitrógeno (%)	1,70 a	1,61 a	1,62 a	1,44 b
	Fósforo (%)	0,25 a	0,26 a	0,23 a	0,26 a
	Potasio (%)	1,84 a	1,89 a	1,96 a	2,08 a
	Calcio (%)	0,14 a	0,16 a	0,15 a	0,16 a
	Magnesio (%)	0,06 a	0,06 a	0,05 a	0,06 a
	Zinc (mg·kg ⁻¹)	11,5 a	11,8 a	14,5 a	13,8 a
	Cobre (mg·kg ⁻¹)	19,5 a	22,8 a	164,9 a	20,7 a
	Manganeso (mg·kg ⁻¹)	53,6 a	62,6 a	59,1 a	72,2 a
	Hierro (mg·kg ⁻¹)	30,3 a	18,1 b	25,2 a	14,9 b
Ensayo 2	Nitrógeno (%)	2,15 b	2,40 a	2,48 a	2,15 b
	Fósforo (%)	0,21 a	0,21 a	0,23 a	0,21 a
	Potasio (%)	2,10 b	2,00 b	2,45 a	1,84 b
	Calcio (%)	0,66 a	0,61 a	0,61 a	0,68 a
	Magnesio (%)	0,24 b	0,23 b	0,50 a	0,31 b
	Zinc (mg·kg ⁻¹)	19,9 a	22,4 a	24,3 a	21,2 a
	Cobre (mg·kg ⁻¹)	18,2 a	18,7 a	19,3 a	17,3 a
	Manganeso (mg·kg ⁻¹)	36,1 a	40,2 a	27,8 a	42,8 a
	Hierro (mg·kg ⁻¹)	11,9 a	17,1 a	11,4 a	13,1 a

Medias con letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticas según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

Cuadro 5. Rendimiento en kg·ha⁻¹ de maíz por suelo y tratamiento (el significado de las siglas aparece indicado previamente)

	Tratamientos	Rendimiento
Ensayo 1	EP1	4556 b
	EP2	4697 a
	CA	4800 a
	Testigo	4514 b
Ensayo 2	EP1	6391 ab
	EP2	5904 ab
	CA	7047 a
	Testigo	5748 b

Significancia

Medias con letras diferentes indican diferencias estadísticas según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

CONCLUSIONES

La incorporación de los residuos orgánicos produjo un incremento del pH en el suelo ácido y del fósforo en el suelo alcalino, así como sobre los contenidos de materia orgánica en ambos tipos de suelo.

Se apreció un efecto favorable de la aplicación de los residuos orgánicos sobre la concentración de nitrógeno en las hojas del maíz.

Los rendimientos del cultivo maíz se elevaron en ambos ensayos con el uso de la cachaza.

AGRADECIMIENTO

A la Dra. Magaly Ruiz de la Universidad

Experimental Rómulo Gallegos por su asesoría, Jorge Escalona por las labores de campo y Yudila Pacheco, Tirso Díaz y Marisabel Cárdenas por el apoyo en los análisis químicos.

LITERATURA CITADA

1. Brito G., I. Rojas y R. Pérez. 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia. Análisis de suelo para diagnóstico de fertilidad. FONAIAP. Serie D No. 26. 164 p.
2. Canet, R., F. Pomares, M. Estela y F. Tarazona. 1998. Efecto de diferentes enmiendas orgánicas en las propiedades del suelo de un huerto de cítricos. *Agrochimica* 42(1-2): 41-49.
3. Carter, M., J. Sanderson y J. MacLeod. 2003. Influence of compost on the physical properties and organic matter fractions of a fine sandy loam throughout the cycle of a potato rotation. *Can. J. Soil Sci.* 84: 211-218.
4. Costa, F., C. García y T. Hernández. 1991. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murcia, España.
5. Escalona, A. 2002. Efecto de la aplicación de dosis altas de cachaza de caña y estiércol de pollo sobre el desarrollo de los cultivos de pimentón y cebolla en la zona de Quíbor, estado Lara. Tesis. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto. 87 p.
6. Espinoza, Y. 2004. Calidad de la materia orgánica bajo diferentes prácticas de manejo en un suelo ácido tropical. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 21: 126-140.
7. Gagnon B., R. Simard, M. Goulet, R. Robitaille y R. Rioux. 1997. Soil nitrogen and moisture influenced by composts and inorganic fertilizer rate. *Can. J. Soil Sci.* 78: 207-215.
8. Malavolta E., G. Vitti y S. Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. Associação Brasileira para pesquisa potassa e do fosfato. Piracicaba. Brazil 201 p.
9. Matheus, J. 2004. Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro* 16(3): 219-224.
10. Mendoza, S., G. Valera y C. Ohep. 1983. Estudio de suelos preliminar del Eje Morón - Barquisimeto - La Lucía - estado Falcón, Carabobo, Yaracuy y Lara. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. Departamento de Suelos. s/p.
11. Mora, O., H. Gómez y M. Milla. 2003. Evaluación del proceso de conservación y manejo de la cuenca alta del Río Yaracuy, estado Yaracuy. II Análisis económico. *Bioagro* 15: 165-171.
12. Párraga, C. y F. Chacín. 2000. Comparación de metodologías univariadas en la determinación de unidades experimentadas de campo: Renglón maíz (*Zea mays* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía (UCV)* 26: 175-190.
13. Pascual J., M. Ayuso, T. Hernández y C. García. 1997. Fototoxicidad y valor fertilizante de enmendantes diferentes orgánicos. *Agrochimica* 41(1-2): 50-61.
14. Zucconi, F., A. Pera, M. Forte y M. De Bertoldi. 1987. Specifications for solid waste compost. *Biocycle* 28(3): 56-61.