
El efecto de un material residual anaeróbico sobre el Mg, K y Ca disponibles para las plantas en el suelo

The effect of the application of an anaerobic residual material on Mg, K and Ca available for the plant in the soil

Carmen Rivero¹, José Sifontes²

¹ Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, UCV. Correo electrónico: criver@ewinet.com

² Departamento de Ingeniería, UFL (USA)

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el efecto de la aplicación de material residual proveniente de la digestión anaeróbica de residuos sólidos orgánicos sobre las fracciones inmediatamente disponibles de Mg, K y Ca en el suelo, se realizó un experimento de incubación, durante doce semanas. Se usaron los primeros 20 cm del perfil de un suelo arenoso, ácido y se añadieron dos dosis (75 y 150 Mg.ha⁻¹) de Material Residual Anaeróbico (MRA). En el suelo se obtuvieron las fracciones hidrosolubles, disponibles e intercambiables de dichos elementos. En general, en todas las fracciones se obtuvieron modificaciones en los contenidos de nutrientes que resultaron significativas, pero que no alcanzaron los valores absolutos señalados en la literatura para los materiales aeróbicos. Por otra parte, la aplicación de una mayor dosis no indujo incrementos proporcionales de los nutrientes evaluados, incluso se detectaron valores menores que en el caso de la fracción hidrosoluble.

Palabras clave: Materiales residuales, suelo, magnesio, potasio, calcio

ABSTRACT

In order to evaluating the effect of the application of residual material coming from the anaerobic digestion of organic solid residues on the immediately available fractions of Mg, K and Ca in the soil, It was carried out an incubation experiment, during twelve weeks. The first 20 cm of the profile of a sandy acid soil was used, and two dose of anaerobic residual material was added (75 and 150 Mg.ha⁻¹). In the soil the fractions hydrosolubles, available and interchangeable of this elements were obtained. In general, in all the fractions were obtained modifications in the contents of nutrients that were significant, but that they didn't reach the signal absolute values, reported in the literature, for the aerobic materials. On the other hand, the application of a bigger dose didn't induce proportional increments of the evaluated nutrients, smaller values were even detected that in the case of the fraction hydrosoluble.

Key words: residual materials, soil, magnesium, potassium, calcium

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, como consecuencia de diversas actividades antrópicas, se ha producido un volumen considerable de materiales residuales, constituidos por mezclas heterogéneas de compuestos orgánicos e inorgánicos. Muchos de estos materiales poseen un elevado contenido de carbono orgánico (CO) y nutrientes, este último aspecto llevó a la propuesta realizada en la ECO 92 o Cumbre de la Tierra donde se plantea *el reciclaje*, vía agrícola, de estos materiales como una de las formas obligadas para su disposición ((Mohaibes y Heinonen-Tanski, 2004). Lo que se busca en todo caso es una disminución de los llamados “pasivos ambientales”.

Ahora bien, el problema planteado a nivel mundial es que el uso de materiales residuales orgánicos, estiércoles, lodos, biosólidos etc., de manera directa o tratados inadecuadamente como fertilizantes o nutrimentos del suelo, son una fuente potencial de contaminación directa del suelo, por lo que se insiste en la aplicación de tratamientos previos que aseguren la obtención de materiales eficaces e inocuos.

Por otra parte, los elementos eventualmente presentes en los materiales residuales que llegan al suelo estarían repartidos en diferentes fracciones químicas por lo que su disponibilidad dependerá de las características del elemento considerado, dado sus posibilidades de enlace químico, y de las características del material residual, éstas serán una función del tratamiento previo a que sea sometido el mismo. Claro está que finalmente se dependerá también de las condiciones edafoclimáticas en las cuales se usa. Se plantea entonces la necesidad de asegurar la aplicación de un pretratamiento que permita el saneamiento y estabilización del material, sin ocasionar una pérdida importante de la cantidad de nutrientes presentes en el mismo. Un aspecto importante es la diatriba acerca de las ventajas de los tratamientos aeróbicos y anaeróbicos de materiales residuales, en este sentido es grande el volumen de información que se ha producido con miras a determinar los efectos positivos y negativos de esta práctica, especialmente de los materiales aeróbicos (Costa *et al.*, 1991; Ouédraogo *et al.*, 2001; Meyer *et al.*, 2004; Amir *et al.*, 2005).

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de un material residual proveniente de la digestión anaeróbica de residuos sólidos orgánicos sobre las fracciones de los elementos Mg, K y Ca que son más inmediatamente disponibles para las plantas. Se considera en este caso que una de las formas para conocer la disponibilidad de un elemento dado es la extracción secuencial, este tipo de extracción permite obtener información acerca de la cantidad y proporción de un elemento en los diferentes “pools” químicos del suelo, ello supone la asociación particular a una de las fases reactivas presentes en el suelo y en consecuencia definiría su disponibilidad para las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó en condiciones de laboratorio y se usaron los primeros 20 cm del perfil de un suelo arenoso, proveniente de la zona sur de Florida, USA, cuyas características más resaltantes son: el pH ácido (5,5); CO bajo (<5,8g.kg⁻¹) y alto contenido de arena (94%). Los niveles de macronutrientes son bajos (10 g.kg⁻¹ de N; 100 mg.kg⁻¹ de P y 30 mg.kg⁻¹ de K). El suelo fue tratado con dos dosis de MRA, el cual fue obtenido a partir de basuras de ciudad procesadas en un reactor cerrado. Previo a la realización del ensayo se caracterizó la materia orgánica contenida en el suelo y el MRA, además de los contenidos iniciales de Mg, K y Ca en las distintas fracciones consideradas (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Caracterización de la materia orgánica

Material	AH	AF	AH/AF ratio	Relación E ₄ /E ₆	
				AH	AF
Suelo	46,0	23,8	1,93	4,55	6,26
MRA	28,8	48,9	0,59	5,21	7,42

AH= Ácidos Húmicos, AF=Ácidos Fúlvicos

Cuadro 2. Concentración inicial (mg.kg^{-1}) de nutrimentos en el suelo y en el MRA

Elemento	Material	Fracciones		
		Hidrosolubles	Disponibles	Intercambiables
Mg	Suelo	0,12	0,65	2,47
	MRA	26,82	59,46	216,50
K	Suelo	0,36	1,30	2,25
	MRA	49,37	74,42	157,70
Ca	Suelo	0,65	4,77	8,36
	MRA	32,47	102,30	489,60

Tanto el suelo como el MRA fueron tamizados a 4 mm. La cantidad de MRA utilizada fue calculada con el criterio de las dosis máximas que podrían usarse con base en los contenidos de Cadmio intercambiable ($0,04 \text{ mg.kg}^{-1}$, datos no publicados) en dicho material según los criterios de la EPA (1993), se consideró además una duplicación de la citada dosis a los fines de simular al menos dos aplicaciones sucesivas. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

- Tratamiento 1 (**SM3**): Suelo + 75 Mg.ha^{-1} de MRA
- Tratamiento 2 (**SM6**): Suelo + $150 \text{ de Mg.ha}^{-1}$ MRA
- Tratamiento 3 (**ST**): Suelo Control

Se usó un diseño totalmente aleatorizado con cuatro repeticiones por cada unidad experimental. Se incubaron en recipientes plásticos 200 gramos del suelo tratado, en condiciones de laboratorio, durante 12 semanas con un contenido de agua equivalente a 70% de su capacidad de campo, grado de humedad que ha sido señalado como apropiado para que se continúen todos los procesos biológicos en el suelo (Rivero *et al.*, 2006). El agua perdida fue repuesta diariamente con base a la pérdida de peso. Previo y al final de dicho periodo se midió la concentración de los nutrientes bajo estudio, magnesio, potasio y calcio, presentes en las fracciones, consideradas como de disponibilidad inmediata para las plantas, según lo descrito por Sauv e *et al.*, 1998 y Maiz *et al.*, 1997:

- Fracción 1 (Hidrosolubles): extraída con agua desionizada.
- Fracción 2 (Disponibles): extraída con un mezcla de DTPA 0.005 M, CaCl_2 0.01 M y Trietanolamina 0.1 M pH 7,3.
- Fracción 3 (Intercambiables): se extrajo con Acetato de Amonio 1 M.

Se usó una proporción suelo:extractante igual a 1:5. La concentración de cada nutriente se determinó por inducción de plasma (ICP-MASA). Los resultados se procesaron estadísticamente con el uso del paquete de SAS para PC (SAS, 1999)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para la fracción hidrosoluble (Figura 1) muestran que la adición de MRA indujo incrementos significativos ($P < 0,001$) de los nutrimentos evaluados, cuando se compararon con los niveles iniciales presentes en el suelo control, no obstante no se observó un efecto aditivo de los contenidos al compararlos con los niveles iniciales en suelo y MRA (Cuadro1). En cuanto al efecto de la dosis (Figura 1), se encontraron diferencias significativas.

Se destaca que los mayores incrementos se produjeron con el uso de la menor dosis de MRA esto difiere de la relación lineal entre dosis y nutrimentos encontrada por Christie *et al.* (2001) y Bar-Tal *et al.* (2004) para los casos del fósforo y el potasio con el uso de biosólidos secos y compost respectivamente. Los autores atribuyen los incrementos a una relación directa con los contenidos en el material aplicado.

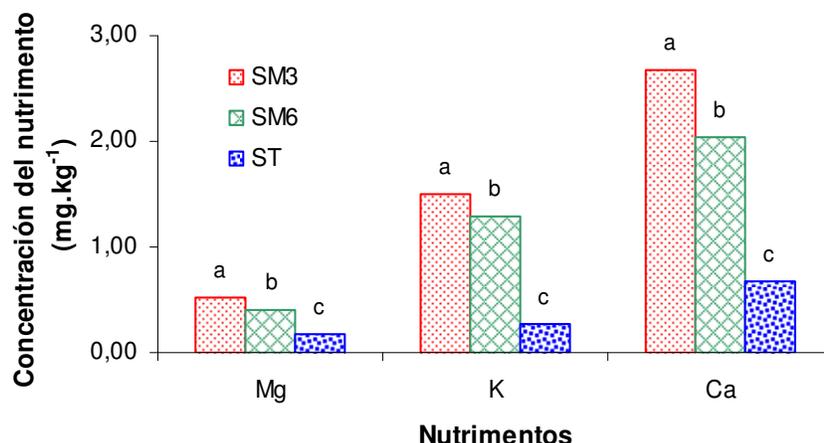


Figura 1. Concentración de nutrientes en la fracción hidrosoluble

Estos resultados plantean varias posibles explicaciones, primero que los elementos presentes en esta fracción, en el material orgánico, serían redistribuidos hacia otras fracciones por efecto de la interacción en el suelo, la existencia factores en el MRA, presente inicialmente en el material o generado como consecuencia de su interacción con el suelo, cuya concentración inhibe, para esta fracción en particular, el potencial efecto positivo al incrementarse la dosis. También podrían haberse alcanzado las concentraciones de equilibrio dinámico.

En el caso de la fracción disponible no se produjo efecto significativo sobre los contenidos iniciales ni para el Mg, ni para el K, lo cual si sucedió en el caso del Ca ($P < 0,001$). Al evaluar el efecto de la dosis sobre el comportamiento por las concentraciones de nutrientes en esta fracción (Figura 2) se observó que la aplicación del MRA indujo concentraciones diferentes a las del suelo control, sin embargo no se detectaron diferencias entre la aplicación o no del MRA o de las distintas dosis del mismo sobre ninguno de los elementos considerados, esto se contrapone al efecto positivo que se ha señalado para aplicación directa de estiércoles o compost (Gascho *et al.*, 2001; Bar-Tal *et al.*, 2004). Lo observado para el Ca, donde se detectaron diferencias respecto a las concentraciones iniciales, parece corroborar la hipótesis de algún factor que limita el efecto a mayores dosis.

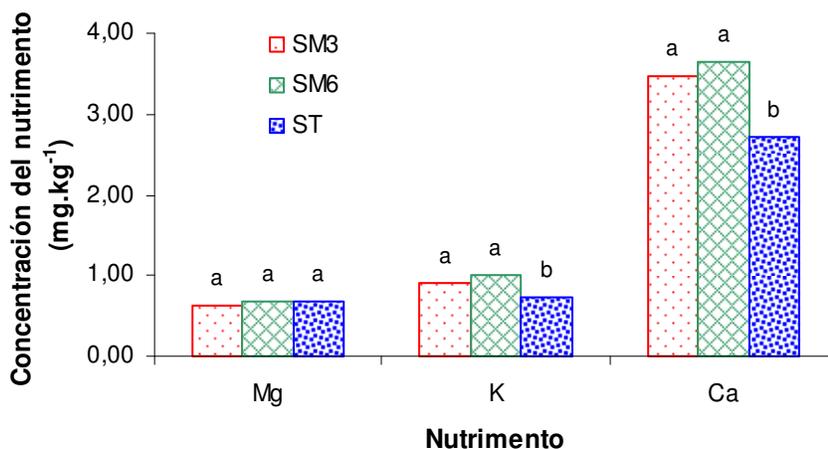


Figura 2. Concentración de nutrientes en la fracción disponible

Por último para la fracción intercambiable, al igual que la disponible, no se observaron efectos significativos, cuando se comparó con las concentraciones iniciales, ni para el Mg, ni para el K, pero si para el Ca ($P < 0,001$), es decir que tampoco en esta fracción fue posible detectar un efecto aditivo importante de la cantidad de nutrientes presentes en esta misma fracción en el MRA. En cuanto al efecto de la dosis sobre los nutrientes en la fracción intercambiable (Figura 3) se materializó de la siguiente manera: ausencia de significación para el K y un incremento significativo ($P < 0,001$) en los casos del Mg y el Ca. En el caso de las dosis sólo se observó significación del efecto en el caso del Mg. Nuevamente se observa una situación similar a la de las otras fracciones en lo que respecta a posibles diferencias por aplicación de una doble cantidad de MRA.

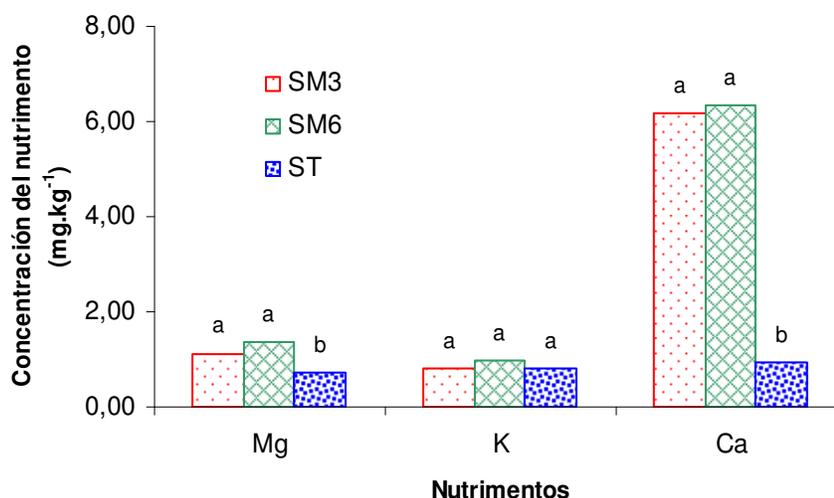


Figura 3. Concentración de nutrientes en la fracción intercambiable

El hecho de obtener efectos positivos significativos, aun cuando los incrementos no sean muy elevados, en términos absolutos, de los contenidos de nutrientes, en las distintas fracciones lleva a pensar que los materiales digeridos anaeróbicamente podrían constituir una alternativa de uso importante pero en ningún caso se podría asumir las explicaciones obtenidas para los materiales aeróbicos ya que se evidencia un comportamiento diferente en el suelo para liberación de nutrientes a aquel que se ha señalado para estos últimos (Hernández *et al.*, 1992, Kirchmann y Bernal, 1997, Bar-Tal *et al.*, 2004). Otro aspecto que podría surgir es la verdadera diferenciación que los métodos de extracción y definición de fracciones propuestos por Sauvé *et al.*, 1998 y Maiz *et al.*, 1997 pueden lograr.

CONCLUSIONES

De manera general se indica que las modificaciones detectadas en la concentración de los elementos evaluados no se corresponden con las potencialidades de que se suponen en el MRA, si se predice en términos de sus concentraciones iniciales. Ello evidencia la importancia de determinar las distintas fracciones. Se plantea además la interrogante acerca de si es el tratamiento anaeróbico lo que genera un material que tiene limitaciones para expresar la potencialidad de su efecto.

Agradecimiento: El trabajo fue realizado con el apoyo financiero del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de Universidad Central de Venezuela.

LITERATURA CITADA

- Amir S., M. Hafidi, G. Merlina y J.C. De Revel.** 2005. Structural characterization of fulvic acids during composting of sewage sludge *Process Biochemistry* 40(5):1693-1700
- Bar-Tal, A., U. Yermiyahu, J. Beraud, M. Keinan, R. Rosenberg, D. Zohar, V. Rosen, y P. Fine.** 2004. Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive annual compost applications. *J. Environ. Qual.* 33:1855–1865.
- Christie, P., D. Lindsay Easson, J. R. Picton, y S. C. P. Love.** 2001. Agronomic Value of Alkaline-Stabilized Sewage Biosolids for Spring Barley. *Agron. J.* 93:144–151.
- Costa, F., C. García, T. Hernández, y A. Polo.** 1991 *Residuos Orgánicos Urbanos. Manejo y Utilización.* Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia. España. 181 p.
- EPA.** 1993. Land application of biosolids. Guide to part 503:25-55
- Gascho, G. J., R. K. Hubbard, T. B. Brenneman, A. W. Johnson, D. R. Sumner, y G. H. Harris.** 2001. Effects of Broiler Litter in an Irrigated, Double-Cropped, Conservation-Tilled Rotation. *Agron. J.* 93:1315–1320.
- Hernández T., C. García, F. Costa, J. A. Valero y M. Ayuso.** 1992. Utilización de residuos urbanos como fertilizantes orgánicos. *Suelo y Planta.* 2: 373-383.
- Kandpal, G., B Ram, P. C. Srivastava, y S. K. Singh.** 2004. Effect of metal spiking on different chemical pools and chemically extractable fractions of heavy metals in sewage sludge *Journal of Hazardous Materials.* 106(2-3):133-137
- Kirchmann H. y M. P. Bernal.** 1997. Organic waste treatment and C stabilization efficiency. *Soil Biol. Biochem.* 29(11-12):1747-1753
- Maiz, I., M. V. Esnaola, y E. Millán.** 1997. Evaluation of heavy metal availability in contaminated soil by a short sequential extraction procedure. *The Science of the Total Environment* 206:107-115.
- Meyer, V. F., E. F. Redente, K. A. Barbarick, R. B. Brobst, M. W. Paschke y A. L. Miller.** 2004. Plant and soil responses to biosolids application following forests fire. *J. Environ. Qual.* 33:873-881.
- Mohaibes, M. y H. Heinonen-Tanski.** 2004, Aerobic thermophilic treatment of farm slurry and food wastes *Bioresource Technology* 95(3):245-254
- O'Connor G. A., D. Sarkar, S. R. Brinton, H. A. Elliott y F. G. Martin.** 2004. Phytoavailability of Biosolids Phosphorus. *Environ. Qual.* 33:703-712 (2004).
- Ouédraogo, E., A. Mandob, N. y P. Zombré.** 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84 (2001) 259–266.
- Rivero, C., A. Torres y J. Ampueda.** 2006. Efecto del uso de residuos orgánicos y fertilización sobre el comportamiento del nitrógeno mineral en el suelo. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 32:1- 13.
- Sauvé, S., M. McBride y W. Hendershot.** 1998. Soil solution speciation of lead (II): Effect of organic matter and pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62:618-621.