

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE COMPOST Y MICORRIZAS SOBRE LAS FRACCIONES DE CARBONO DE UN SUELO, BAJO CONDICIONES DE UMBRÁCULO

Francisca Sosa¹, Carmen Rivero², Antonio Roldan³ y Fuensanta Caravaca³

¹Doctorado en Ciencias Agrícolas, Facultad de Agronomía UCV franciscasosac@yahoo.es, ²Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía UCV, crivert@ewinet.com, ³ Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC), Murcia, España aroldan@cebas.csic.es , fcab@cebas.csic.es

RESUMEN

Con el empleo de un suelo franco del estado Cojedes se realizó un ensayo en condiciones de umbráculo a objeto de evaluar la modificación del contenido de carbono soluble (COS), y de carbohidratos totales (CHOT) y solubles (CHOs) como consecuencia de la aplicación de un compost de residuos agrícolas y agroindustrial, e inoculado o no con micorrizas, suelo esterilizado o no y en presencia o ausencia de estrés hídrico. El experimento se estableció bajo un diseño experimental totalmente aleatorizado con tratamientos en arreglo factorial, los 4 factores mencionados se combinaron lo cual generó un total de 16 tratamientos. La experiencia se llevó a cabo durante cinco semanas luego de la aplicación de los tratamientos. Los resultados evidenciaron modificaciones significativas de las variables evaluadas. El mayor efecto se obtuvo en aquellos tratamientos donde se combinó la aplicación de compost y micorrizas en ausencia de estrés hídrico.

Palabras clave: carbono orgánico, carbohidratos, micorrizas, abonos orgánicos, reciclaje.

INTRODUCCIÓN

Existe una gran preocupación en el mundo actual sobre la presencia de ingentes cantidades de residuos y el manejo adecuado de los mismos para asegurar que dichos materiales no constituyan un problema ambiental. En la ECO 92 o Cumbre de la Tierra se planteó que el reciclaje, a través del uso agrícola, es posiblemente la mejor manera de disposición de estos materiales (Mohaiibes y Heinonen-Tanski, 2004). No obstante, es manifiesto el problema que se puede generar sobre el uso de estiércoles, lodos, biosólidos entre otros, de manera directa o tratados inadecuadamente, como fertilizantes, puesto que pueden ser una fuente potencial de contaminación directa del suelo. Por ello se ha insistido en la aplicación de tratamientos previos, como el compostaje, que aseguren la obtención de materiales eficaces e inocuos (Rivero y Sifontes, 2005). El añadido de materiales orgánicos provoca una serie de modificaciones en el suelo que deben ser evaluadas para garantizar la calidad del mismo, pues inciden sobre sus características y propiedades y su viabilidad funcional. La pregunta obligada ha sido ¿cuáles son las variables apropiadas a ser medidas? En tal sentido se insiste que deben ser aquellas que reflejen en el menor tiempo posible el efecto de la aplicación de estos materiales orgánicos y se observa que hay cierto acuerdo acerca de la medición de aquellas variables vinculadas al ciclo del carbono y la actividad de los organismos del suelo (Viaud *et al.*, 2010). Entre estas variables se ha señalado a los carbohidratos del suelo como variable de gran relevancia dado su efecto sobre la estructura del mismo (DeLuca y Keeny, 1993) y se plantea que dicho efecto puede ser potenciado por el importante contenido de carbohidrato, de origen microbiano presentes en materiales compostados (Safarik y Santrucková, 1992). Jiménez *et al.* (2007) usaron la medición de

la modificación de los contenidos de CHOt y CHOs como variables que permiten diferenciar la respuesta del suelo ante el tratamiento con lodos. En ese sentido, Molina *et al.* (2005) mencionan la relevancia de la participación de micorrizas en el ciclo de carbono de comunidades naturales, e inducción de cambios efectivos del contenido de carbohidratos del suelo en sistemas orgánicos con estrés hídrico; en consecuencia, es posible que la incorporación de micorrizas a este ensayo proporcione una transferencia importante de energía y carbono al hongo y favorezca la disponibilidad de nutrimentos y agua para el cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la modificación del contenido de COS y los contenidos de CHOt y CHOs como resultado de la aplicación de compost, combinado con adición de micorrizas, y si el estrés hídrico y el suelo estéril puede cambiarlo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un ensayo en condiciones de umbráculo con malla de saran (polietileno) durante cinco semanas, en el vivero de producción de Plantas en el Departamento de Agronomía de la Facultad de Agronomía, UCV. Se usaron los primeros 20 cm de un suelo denominado como “Camoruco” procedente de la Finca La Leona de la Fundación La Salle, San Carlos, estado Cojedes, cuyas características se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Principales características químicas y físicas del suelo “Camoruco”, estado Cojedes

Componente	característica
pH (1:1, H ₂ O)	4,60
CE (1:1, dS.m ⁻¹)	0,06
MO (%)	1,59
P (mg Kg ⁻¹)	9,00
K (mg Kg ⁻¹)	6,00
Ca (mg Kg ⁻¹)	828,00
Na (mg Kg ⁻¹)	14,00
Mg (mg Kg ⁻¹)	31,00
Al ⁺³ (cmol _c Kg ⁻¹)	0,16
H ⁺ (cmol _c Kg ⁻¹)	0,28
Sat. Al ⁺³ (%)	7,00
Textura	F

El ensayo se estableció bajo un diseño experimental totalmente al azar con tratamientos en arreglo factorial, de 4 factores o 2⁴, de dos niveles cada uno (con y sin el factor), con el resultado de 16 tratamientos y 5 repeticiones. Se prepararon las unidades experimentales en pots plásticos con 2 kg de suelo (S), o de sustrato conformado por: suelo+compost+micorrizas. Los factores (ausente o presente) a evaluar fueron:

Factor 1: compost (C): aplicación de 0 y 2 % (40 g de compost por recipiente).

Factor 2: esterilización (E): suelo sin esterilizar y suelo esterilizado con vapor de agua durante 2 horas, en un tambor de 200 L. Luego secado al aire durante 2 días. Con la esterilización se puede inferir parte del alcance de la incorporación de micorrizas.

Factor 3: micorrizas (M): suelo sin micorrizas y suelo con aplicación de material que presentaba mezcla de *Glomus mossae* y *Diversispora spanda* (esporas, hifas y fragmentos de raíces micorrizadas), provenientes del IVIC, a razón de 30 g por unidad experimental, equivalente a 1,5 % del sustrato, incorporado cerca de las semillas de maíz.

Factor 4: estrés hídrico (WS): sin estrés hídrico (sin suspensión de riego, aplicado a todo el ensayo por reposición de la humedad por la pérdida de peso, al inicio cada dos días, y luego de la tercera semana todos los días) y con estrés hídrico (con suspensión de riego iniciado a partir de la semana 4 después de la siembra, penúltima semana de ensayo), con la finalidad de observar si existe algún efecto sinérgico con los demás factores en beneficio del cultivo. Los tratamientos a evaluar, de acuerdo a la combinación de factores resultaron 16. Los recipientes se dispusieron al azar en cada grupo de sin y con estrés hídrico, en combinaciones con los demás tratamientos. Los recipientes separados a 20cm x 20cm, se sembraron semillas de maíz, cultivo de interés agrícola y de fácil manejo en condiciones de ensayo. Luego de germinado se dejó una plántula de maíz por recipiente.

Los tratamientos resultantes con suelo (S) y combinaciones de compost (C), micorrizas (M), esterilización (E), estrés hídrico (WS) fueron los siguientes: S, SC, SE, SCE, SM, SCM, SEM, SCEM, SWS, SCWS, SEWS, SCEWS, SMWS, SCMWS, SEMWS, SCEMWS.

El compost utilizado se obtuvo en un ensayo llevado a cabo en el vivero de plantas de la Facultad de Agronomía, bajo condiciones de aireación forzada con ventilador centrífugo, volteo ocasional y riego por aspersión. Se usó como materia prima hojarasca, estiércol de bovino y el residuo de la limpieza y procesamiento de maíz de la agroindustria.

Se determinaron el contenido de COS y CHOt y CHOs en muestras de suelo, luego de secadas al aire y tamizadas, se tomó la porción entre 2 a 4 mm de tamaño de partículas para los respectivos análisis en el laboratorio del CEBAS-CSIC, en Murcia, España.

Carbono orgánico soluble (hidrosoluble), COS (mg.kg^{-1}): Se realizó una extracción con agua destilada en relación 1:5 (p/v) con agitación mecánica durante 2 horas a temperatura ambiente, luego fueron centrifugadas a 10.000 rpm durante 10 min. El extracto fue pasado a través de una malla sintética de nylon no estéril (libres de celulosa) de $\phi=0,45 \mu$, para eliminar las partículas sólidas y evitar la retención de compuestos orgánicos solubles. Se recogieron entre 15 y 20 mL del filtrado en los viales del equipo y luego se realizó la medición directa en un equipo automático de carbono en muestras líquidas (Shimadzu TOC-V CSN). La expresión de cálculo fue:

$$\text{mg.kg}^{-1} \text{ de C} = \text{lecturaTOC} * 5(\text{factordilucion})$$

Carbohidratos (CHO): los carbohidratos totales e hidrosolubles se analizaron por el método de Brink *et al.* (1960) y leído en un espectrofotómetro.

Carbohidratos (CHOt) totales ($\text{mg C-glucosa. Kg}^{-1}$): se pesaron 0,25 g de muestra que fueron trasvasadas a tubos de vidrio, se adicionó 1mL de ácido sulfúrico al 72 % más 20 mL de agua, colocados en baño de maría a 104 °C, durante 5 h, luego se filtró (papel Whatman N° 40) a un balón de 50 mL, enrasado. Del extracto se tomó 1 mL y se adicionaron 4 mL de reactivo de antrona (4 g de antrona en 200 mL de ácido sulfúrico), se agitó y colocó en baño de maría a 80 °C durante 10 min. Se enfrió en hielo durante 10 min y luego se leyó la absorbancia a 630 nm. La curva estándar se realizó con diferentes concentraciones de glucosa. La fórmula para expresar los resultados es la siguiente:

$$\text{mg C glucosa. Kg}^{-1} \text{ suelo} = (50,523 * \text{absorbancia} - 0,724) * \frac{50}{0,25}$$

Donde: $(50,523 * \text{absorbancia} - 0,724)$ = ecuación de la curva estándar
50 = extracto final en mL

0,25 = g suelo

Carbohidratos (CHO) solubles (mg C-glucosa.kg⁻¹): 1 mL de filtrado obtenido en la fase anterior fue llevado a tubo de ensayo de vidrio y se adicionaron 4 mL de reactivo de antrona, se agitó durante 1 min y se dejó en baño de maría a 80 °C, durante 10 min y por último colocado en hielo durante 10 min, antes de medir en equipo a 630 nm.

$$\text{mg C glucosa.kg}^{-1} \text{ suelo} = (50,523 * \text{absorbancia} - 0,724) * 5$$

Donde: (50,523*absorbancia-0,724)= ecuación de la curva estándar
5= factor dilución

Los resultados se analizaron por el programa estadístico SPSS versión 17.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Carbono orgánico hidrosoluble (COS): los resultados obtenidos para el COS (Figura 1) mostraron que la esterilización del suelo produjo el mayor efecto sobre los niveles de COS en el suelo seguido de la aplicación de compost y micorrizas. Cabe destacar que la combinación esterilización+compost fue mas efectiva que la combinación esterilización+micorrizas, este efecto es agronómicamente deseable por cuanto esta fracción es considerada la más móvil y reactiva del carbono orgánico del suelo (Kothawala *et al.*, 2008). El efecto del estrés hídrico no presentó resultados consistentes. Gigliotti *et al.* (1997) señalan que el efecto del uso sobre esta fracción radica no solo en sus contenidos sino que tiende a favorecer los procesos que producen carbohidratos en detrimento de otros componentes orgánicos. Se vincula el contenido de C orgánico con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo (Martínez *et al.*, 2008), en consecuencia, los valores presentes en el compost utilizado (1352,5 mg.kg⁻¹ de COS), es de sumo interés agrícola.

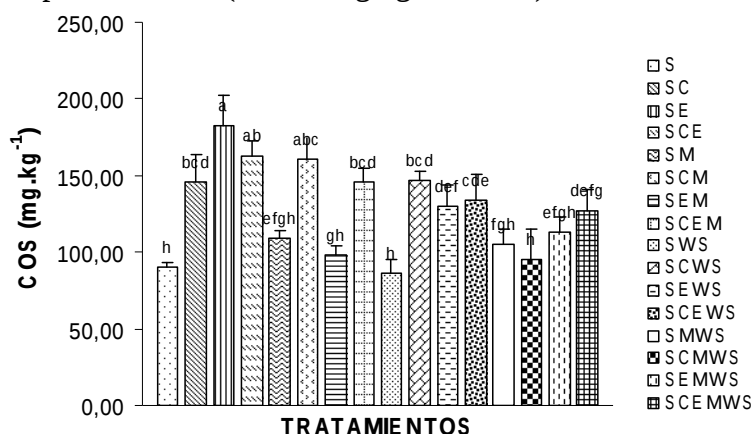


Figura 1. Modificación del carbono orgánico hidrosoluble por efecto de los tratamientos. Medias con diferentes letras difieren estadísticamente para p<0,05.

Carbohidratos totales (CHOt): la cantidad de carbohidratos totales (Figura 2) fue más alta en la mayoría de los tratamientos con micorrizas y compost, especialmente cuando no estaba presente el estrés hídrico. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Debosz *et al.* (2002), quienes lo atribuyen a la adición de materiales con altos contenidos de carbohidratos como los estiércoles. Resultados similares fueron reseñados por Tejada y Benítez (2010). Por otra parte Tejada *et al.* (2006) indicaron que ese incremento depende del material usado para la fabricación del compost y se observan mayores efectos con los

compost derivados de estiércoles. Por su lado el compost utilizado en este ensayo presentó alto contenido de CHOt ($1512,35 \text{ mg.kg}^{-1}$), como era de esperarse.

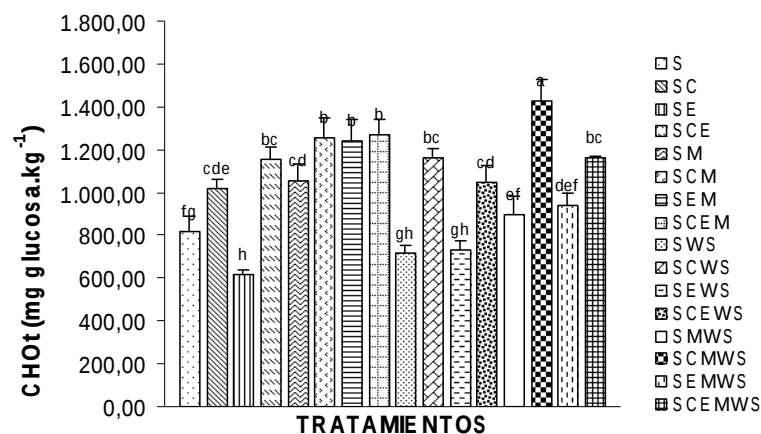


Figura 2. Modificación de los carbohidratos totales por efecto de los tratamientos
Medias con diferentes letras difieren estadísticamente para $p < 0,05$.

Carbohidratos solubles (CHOs): la Figura 3 muestra los resultados obtenidos para esta variable. Los tratamientos de compost y micorrizas solos y sus interacciones entre ambos, tanto con o sin estrés hídrico presentaron los más altos niveles de carbohidratos solubles. Sin embargo este resultado fue declinando con el uso de suelo estéril. Este incremento en los CHOs, por el uso de enmiendas orgánicas ha sido señalado en otras investigaciones y es altamente deseable por su elevada correlación con la agregación del suelo (Haynes y Swift, 1990; Stuart Grandy *et al.*, 2002). Los valores de CHOs en el compost ($298,94 \text{ mg.kg}^{-1}$), también podría influir en la capacidad de intercambio del suelo (Martínez *et al.*, 2008)

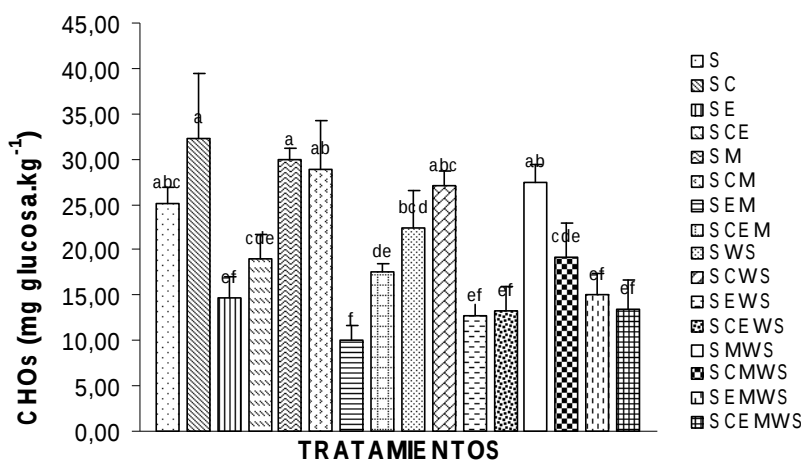


Figura 3. Modificación de los carbohidratos solubles por efecto de los tratamientos
Medias con diferentes letras difieren estadísticamente para $p < 0,05$.

CONCLUSIONES

La incorporación de compost y micorrizas ensayados favorece la acumulación de las fracciones de carbono en formas orgánicas dentro del suelo, y en consecuencia eleva el

contenido de COS, CHOt y CHOs del mismo. Estas variables son agronómicamente importantes en el uso conservacionista del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- BRINK Jr., R.H., P. Dubach, and D.L. Lynch. 1960. Measurement of carbohydrates in soil hydrolyzates with anthrone. *Soil Sci.* 89:157-166.
- DEBOSZ, K., L. Vogensen; and R. Labouriau. 2002. Carbohydrates in hot water extracts of soil aggregates as influenced by long-term management *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1532-2416, Volume 33, Issue 3, 2002, Pages 623 – 634.
- DELUCA T.H., and D.R. Keeney 1993. Soluble anthrone-reactive carbon in soils: Effect of carbon and nitrogen amendments. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 1296-1300.
- GIGLIOTTI, G.; P. L. Giusquiani; D. Businelli, and A. Macchioni. 1997. Composition changes of dissolved organic matter in a soil amended with municipal waste compost. *Soil Sci.* 162:919-926.
- HAYNES, R.J., and R. S. Swift. 1990. Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. *J. Soil Sci.* 41:73–83
- JIMÉNEZ, P., O. Ortiz, D. Tarrasón, M. Ginovart, and M. Bonmatí. 2007. Effect of differently post-treated dewatered sewage sludge on β -glucosidase activity, microbial biomass carbon, basal respiration and carbohydrates contents of soils from limestone quarries. *Biol. Fertil. Soils* 44:393-398.
- KOTHAWALA, D.N, T.R.Moore and W.H. Hendershot. 2008. Soil properties controlling the adsorption of dissolved organic carbon to mineral soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 73:1831-1842.
- MARTÍNEZ, E., J., Fuentes y E., Acevedo. 2008. Carbono Orgánico y Propiedades del suelo. *J. Soil Sc. Plant Nutr.* 8(1):68-96.
- MOHAIBES, M. and H. Heinonen-Tanski. 2004, Aerobic thermophilic treatment of farm slurry and food wastes *Biores. Tech.* 95:245-254.
- MOLINA, M., L. Mahecha, M. Medina. 2005. Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.* 18(2): 162-175
- RIVERO C. y J. Sifontes. 2005. El efecto de un material residual anaeróbico sobre el Mg, K y Ca disponibles para las plantas en el suelo. *Venesuelos* 13:46-51.
- SAFARIK I. and H. Santrucková. 1992. Direct determination of total soil carbohydrate content. *Plant Soil*, 143: 109-114.
- STUART Grandy, A., G. A. Porter and M. S. Erich. 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1311-1319.
- TEJADA M. and C. Benítez. 2010. Organic amendment based on vermicompost and compost: differences on soil properties and maize yield. *Waste Manag. Res.* Published online before print October 4, 2010, doi: 10.1177/0734242X10383622
- TEJADA, M., C. Garcia, J.L. González and M.T. Hernández. 2006. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biol. Biochem.* 38:1413-1421.
- VIAUD V., D. A. Angers and C. Walter. 2010. Toward landscape-scale modeling of soil organic matter dynamics in agroecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74:1847-1860.