

NOTA

CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELO DE HUERTA Y RENDIMIENTO DE *Beta vulgaris* var. *cicla* (L) POR EL USO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS

ROMINA V. COMESE¹, MIRTA G. GONZÁLEZ¹ & MARTA E. CONTI²

¹Cátedra de Edafología. Facultad Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, C1417DSE Buenos Aires, Argentina. E-mail: rcomese@agro.uba.ar ²CONICET

Recibido: 24-02-09

Aceptado: 21-05-09

RESUMEN

Una alternativa sustentable para los residuos generados en la agricultura es su utilización como enmiendas en la producción hortícola. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de distintos tipos y cantidades de enmiendas orgánicas de compost-lombricompuesto (LC) y harina de hueso (HH) en la producción de acelga y su impacto en las propiedades físicas y químicas del suelo. El trabajo se realizó en la huerta orgánica urbana de la Facultad de Agronomía UBA (FAUBA), en un suelo Argiudol típico. Del suelo fueron analizadas: carbono orgánico (CO), carbono orgánico particulado (COP), densidad aparente (DA), fósforo extractable (Pe), pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC). En el cultivo se determinó: rendimiento de materia seca (MS) y nutrientes en materia seca (N-P-K mg kg MS⁻¹). Los resultados indicaron diferencias en algunas variables edáficas, rendimiento del cultivo y contenido de nutrientes absorbidos en materia seca vegetal. En el suelo, el COP, la CIC, el Pe y la CE aumentaron con los tratamientos de LC y LC HH. La combinación de lombricompuesto y harina de hueso, ambos en doble dosis, resultó ser la mejor enmienda para el mantenimiento de las propiedades del suelo y productividad del cultivo de acelga.

Palabras clave. Horticultura orgánica, lombricompuesto, harina de hueso, carbono orgánico particulado, propiedades físicas y químicas del suelo, acelga.

CHANGES IN HORTICULTURAL SOIL PROPERTIES AND YIELD RESPONSES OF *Beta vulgaris* var. *cicla* (L) TO ORGANIC AMENDMENT APPLICATIONS

ABSTRACT

A sustainable approach to dealing with waste generated in agriculture is its application in horticultural production. The aim of this study was to evaluate the effect of applying different types and quantities of organic amendments, compost-vermicompost (LC) and bone meal (HH), in the production of beet and its impact on soil physical and chemical properties. The experiment was conducted in the urban organic vegetable garden at the Facultad de Agronomía-UBA (FAUBA) in a Typical Argiudoll. Soil organic carbon (CO), particulate organic carbon (COP), bulk density (DA), extractable phosphorus (Pe), pH, electrical conductivity (EC) and cation exchange capacity (CEC) were evaluated. Dry matter yield (DM) and nutrients in dry matter (mg NPK kg MS⁻¹) were determined on beet. The results showed some differences in edaphic variables, yield and nutrient content in plant dry matter. In the soil, COP, CIC, EP and EC were increased with LC and LC HH. Vermicompost and bone meal combined and applied at double rates proved to be the best amendment for the maintenance of soil properties and beet productivity.

Key words. Organic horticulture, Vermicompost, Bone meal, Particulate organic carbon, Soil chemical and physical properties, Beet.

INTRODUCCIÓN

La horticultura intensiva es una de las actividades más importantes desarrollada en el Cinturón Verde del Gran Buenos Aires, con una superficie aproximada de 12.000 ha que tiene como principal actividad la producción de flores y hortalizas para la provisión de productos a un conglomerado urbano de trece millones de habitantes (Estimación y Proyección de Población de la Republica Argentina del 2001 al 2015-INDEC). El uso intensivo del suelo durante años ha generado importantes problemas de con-

taminación y degradación; cuyo resultado trae como consecuencia una alteración en el sistema productivo (Legaz & Primo, 1992; Abril *et al.*, 1998). Una característica importante de los suelos en los que se desarrolla este tipo de producciones es la pérdida progresiva de la materia orgánica (MO), principal factor de disminución de la productividad (Julca & Meneses, 2006). Surge entonces la producción orgánica como alternativa para lograr la sustentabilidad, buscando minimizar el impacto sobre el ambiente sin disminuir los rendimientos (Gonella *et al.*, 1999).

Entre los principales beneficios atribuidos al manejo orgánico del suelo de huerta se pueden mencionar: aumentos en la capacidad de retención hídrica, permeabilidad y drenaje del agua, asociado a mejoras en la agregación del suelo (Doran, 1995; Drinkwater *et al.*, 1995; Dimas López *et al.*, 2001); estabilización del pH y mayor capacidad de intercambio catiónico (Conti, 2000); incremento de la MO, disminución de la densidad aparente con mejora en la estructura del suelo y disminución del riesgo de erosión (Sasal *et al.*, 2000; Nieto-Garibay *et al.*, 2001). Asimismo el uso de enmiendas orgánicas como fertilizantes puede lograr los siguientes efectos: ser una fuente alternativa de nutrientes de lenta liberación evitando consecuentemente la disminución en la pérdida de nitratos (Tognetti *et al.*, 2008; Dimas López *et al.*, 2001) y proveer de energía altamente disponible para los microorganismos del suelo (Anderson & Domsch, 1989). Una de las ventajas adicionales de la fertilización orgánica es la menor pérdida potencial de nutrientes y la posibilidad de realizar una única fertilización durante el ciclo de cultivo; resultando en mayor actividad microbiana debido a las mejoras en la fertilidad física, química y biológica del suelo (Cervantes Flores, 2004). Por otro lado, es posible obtener rendimientos equivalentes o superiores en producción orgánica respecto a los obtenidos con manejo convencional del suelo; debido a la mejoras edáficas anteriormente mencionadas (Bulluck III *et al.*, 2002).

Con esta premisa, surge la expectativa en el uso de las enmiendas orgánicas como fertilizantes alternativos y mejoradores de las propiedades de los suelos hortícolas. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas sobre las propiedades de los suelos y su relación con la producción de acelga.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Huerta Orgánica Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (34° 35' S - 58° 29' W), sobre un Argiudol típico.

Se realizó un muestreo del horizonte superficial (0-20 cm) del sitio en forma previa al ensayo, a fin de establecer el estado inicial de los parámetros edáficos. Sobre lomos descubiertos se distribuyeron en forma aleatoria los 6 tratamientos a comparar, con 3 repeticiones de cada uno. El cultivo utilizado para el experimento fue acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla* (L.)), utilizándose una densidad de plantación de 5 plantas m⁻². Las labores de roturación del suelo fueron realizadas con laya y motocultivador. Las enmiendas fueron distribuidas y aplicadas antes del transplante sobre la línea de plantación, en junio de 2006. El control de malezas se logró a través del uso de *mulching*, el cual también actuó como capa antierosiva y aislante de temperatura y humedad. La oferta de agua para los lomos fue la proveniente de las precipitaciones, complementada con riego por goteo. Los tratamientos aplicados fueron:

1. COMPOST-LOMBRICOMPUESTO (MEZCLA), DOSIS SIMPLE 1 kg m⁻² (LC 1 dosis).
2. COMPOST-LOMBRICOMPUESTO (MEZCLA), DOSIS DOBLE 2 kg m⁻² (LC 2 dosis).
3. HARINA DE HUESO, DOSIS SIMPLE 0,050 kg m⁻² (HH 1 dosis).
4. HARINA DE HUESO, DOSIS DOBLE 0,150 kg m⁻² (HH 2 dosis).
5. COMPOST-LOMBRICOMPUESTO (MEZCLA) DOSIS DOBLE + HARINA DE HUESO DOSIS DOBLE (LC HH 2 dosis).
6. TESTIGO (T).

El lombricompost usado para el ensayo fue un producto estacionado que corresponde a las píldoras fecales de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*). El compost utilizado fue un compost caliente de material verde, con 8 meses de antigüedad, producido en la propia huerta y conformado por paja, material verde de residuos propios de la huerta y heces de conejo. Se terminó su maduración a través de lombrices del suelo, obteniéndose un producto estable. La mezcla del compost y el lombricompost en partes iguales, conformó la enmienda utilizada en el ensayo (compost-lombricompost LC). La harina de hueso aplicada fue de producción industrial, con alto contenido de Ca y P. Las principales características de las enmiendas se presentan en la Tabla 1

Al finalizar el ciclo productivo del cultivo de acelga se analizaron las siguientes variables edáficas: *Densidad aparente* (DA): utilizando el método del cilindro (Forsythe, 1975); *Carbono orgánico* (CO): utilizando la técnica de Walkley & Black (Nelson & Sommers, 1982); *Reacción del suelo* (pH): en dilución suelo:agua 1:2,5 (Page *et al.*, 1982); *Conductividad eléctrica* (CE): por potenciometría (Page *et al.*, 1982); *P extractable* (Pe): me-

Tabla 1. Composición química de las enmiendas utilizadas.

Table 1. Chemical composition of the amendments used.

Enmienda	pH	CE	C	N	Ca	MO	P	C/N
	1:2,5	dSm ⁻¹						
Compost	7,3	0,7	70	3,5	20	145	11,2	20
Lombricompost	7,2	3,7	100	7,5	20	202	7,2	13
Harina de hueso*	7,9	5,0	60	30	225	—	11	—

* Producto comercial.

diente la técnica de Bray & Kurtz N° 1 (1945); *Capacidad de Intercambio Catiónico* (CIC): con acetato de amonio pH 7,0 (Richter *et al.*, 1982); y *Carbono orgánico particulado* (COP): realizando la técnica efectuada por Cambardella & Elliott (1992).

Sobre plantas de acelga de tamaño comercial se determinó materia seca (MS) luego de secadas en estufa a 60 °C durante 4 días, para estimación del rendimiento. Posteriormente se procedió a la molienda de la muestra, llevándose a cabo un análisis N-P-K (mg kg⁻¹).

Los resultados fueron analizados estadísticamente, por medio de un análisis de varianza (ANOVA) y las medias se compararon por el test de LSD Fisher (P<0,05). Para el análisis estadístico se utilizó el programa InfoStat (InfoStat, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores iniciales de parámetros del suelo no indicaban procesos de degradación química. La MO presentó un contenido de 49 g kg⁻¹ y el COP fue de 10,9 g kg⁻¹. El pH fue de 6,5 y la CE de 0,67 dS m⁻¹. Los niveles de Pe y N fueron de 66,5 mg kg⁻¹ y 2,3 g kg⁻¹, respectivamente. La CIC alcanzó los 20 cmol kg⁻¹. Lo mismo pudo observarse en los parámetros físicos, donde la EE fue del 60% y el valor de DA fue de 0,85 g kg⁻¹.

En la Tabla 2 se presentan los valores medios de las propiedades edáficas analizadas para el espesor 0-20 cm luego de la aplicación de enmiendas.

El contenido de CO resultó elevado en todos los tratamientos, (MO mayor a 41 g kg⁻¹), sin detectar diferencias entre ellos (p<0,05). El contenido de carbono orgánico inicial era favorable para la nutrición de las plantas, la actividad microbiana y las propiedades edáficas. El COP

fue inferior en T, presentando diferencias significativas con LC 1 dosis, LC 2 dosis y LC HH 2 (p<0,05). Es probable que los mayores valores de COP en los tratamientos con LC, posiblemente se deban a que los materiales compostados son ricos en carbono poco descompuesto, por lo que su aporte permite incrementar el carbono de fácil mineralización en la superficie, y con ello, mejorar las propiedades del suelo. Las fracciones más lábiles de la MO como las que presenta el COP, son mucho más sensibles a cambios producidos por prácticas de manejo. Por ende, cuando se realiza un cambio en las prácticas, se altera la dinámica de dichas fracciones, incidiendo sobre el ambiente físico, químico y bioquímico del suelo (Six *et al.*, 1999). El COP es la fracción activa de la MO, de rápido reciclado, y con fracciones de carbono fácilmente disponible, siendo sustrato de la biomasa microbiana. Asimismo el COP contribuye a la agregación del suelo (Cambardella & Elliot, 1994).

En todos los casos, la CE fue baja, con valores entre 0,7 a 0,9 dS m⁻¹. Se han detectado diferencias en Pe (p<0,05) en HH 1 dosis, y el contenido más alto fue LC HH 2 dosis. No hubo limitación en la disponibilidad de este nutriente en todo el ensayo. En general, los suelos de huerta contienen altos valores de Pe (0-20 cm) por el agregado continuo de enmiendas orgánicas de lenta liberación. Siendo el fósforo un nutriente poco móvil y de baja solubilidad, permite que este nutriente no utilizado por las plantas, permanezca como reserva.

En el caso de la CIC, ésta tuvo similares valores en todos los tratamientos excepto LC HH 2 dosis, el cual fue superior al resto, con valores mayores al inicial del suelo. Probablemente este aumento esté ligado al incremento de COP a través de la presencia de unidades funcionales

Tabla 2. Propiedades físicas y químicas en los primeros 20 cm del suelo luego del agregado de enmiendas orgánicas a diferentes dosis.

Table 2. Physical and Chemical Properties in the first 20 cm of soil after the addition of organic amendments at different rates.

Tratamientos	CO	COP	MO	CE	pH	PE	CIC	DA
	g kg ⁻¹							
Testigo	23,9 a	9,7 a	41,1 a	0,79 ab	6,97 a	60,77 ab	16,63 a	0,92 a
LC 1 dosis	24,6 a	12,3 bc	42,3 a	0,86 b	6,97 a	77,56 cd	16,68 a	0,88 a
LC 2 dosis	24,7 a	12,7 c	42,3 a	0,71 a	7,02 a	67,42 abc	16,15 a	0,91 a
HH 1 dosis	24,1 a	11,3 abc	41,5 a	0,71 a	7,02 a	69,28 bcd	14,45 a	0,91 a
HH 2 dosis	24,5 a	11,1 abc	42,1 a	0,72 a	6,98 a	70,75 bcd	17,55 a	0,85 a
LC+HH 2 dosis	23,8 a	13,2 c	40,1 a	0,87 b	7,02 a	79,49 d	23,04 b	0,87 a

MO: Materia orgánica, CO: Carbono orgánico, COP: Carbono orgánico particulado, CE: Conductividad eléctrica, CIC:

Capacidad de intercambio catiónico, DA: Densidad aparente.

Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05).

Different letters indicate significant differences (p<0.05).

carbonadas de bajo peso molecular y alta reacción química (carboxilos, carbonilos, fenoles, etc.).

Uno de los riesgos que se corre al adicionar enmiendas es el de provocar una inmovilización temporal del N dependiendo del contenido orgánico, limitándose así la disponibilidad de este nutriente para el cultivo y restringiendo el potencial crecimiento inicial. Por ello es necesario utilizar enmiendas con una adecuada relación C/N. El LC utilizado como enmienda tuvo una relación C/N óptima resultando una adecuada liberación de N utilizable por el cultivo.

Se produjeron altos rendimientos en todos los tratamientos (Tabla 3). El impacto del agregado de enmiendas orgánicas sobre el rendimiento muestra que solo hubo diferencias significativas con el tratamiento LC HH 2 dosis, probablemente asociado al mayor aporte de COP, su influencia en aumento de la CIC y la disponibilidad de nutrientes relacionada a dicha variable.

Los contenidos de nutrientes en hoja y tallo de acelga para cada tratamiento, se adjuntan en la Tabla 3. Los niveles de N, P, K son mayores en los tratamientos con enmiendas respecto al testigo ($p < 0,05$). Los valores más altos de N y P fueron obtenidos en LC HH 2 dosis y LC 2 dosis; ambos tratamientos son fuente importante de estos nutrientes, ligados casi en su totalidad a la fracción orgánica. El P es extremadamente insoluble cuando se lo adiciona en forma de harina de hueso HH; en cambio cuando se lo adiciona junto con LC la descomposición del carbono orgánico soluble produce ácidos orgánicos que posibilitan su disolución dejándolo en forma más disponible para las plantas. Respecto al K, este nutriente se encuentra ligado a las fracciones inorgánicas, demostrándose en los resultados sus mayores contenidos asociados a la incorporación de HH.

Los valores medios de la DA resultaron bajos en todos los casos, indicando una alta porosidad, no habiendo

diferencias significativas entre ellos ($p < 0,05$). Tampoco se detectaron diferencias en el pH ($p < 0,05$) con valores cercanos a la neutralidad en todos los casos.

La MO mantuvo la fertilidad y productividad del suelo, a través del efecto favorable que ejerce sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Se puede inferir que los suelos tratados con enmiendas orgánicas presentan un mayor potencial productivo que aquellos que no reciben dicho aporte.

CONCLUSIÓN

La utilización de enmiendas orgánicas, ha permitido el manteniendo los niveles de MO inicial y el aumentando del contenido de COP, con todos los beneficios que esto implica; e incrementando la fertilidad del suelo. Esta fracción respondió inmediatamente a la cantidad de carbono agregada con las enmiendas.

De los tratamientos ensayados se destaca positivamente la combinación de lombricomposteo y harina de hueso (LC HH) 2 dosis, determinando un aumento en los contenidos de COP, CIC y Pe en el suelo y los mayores rendimientos de acelga.

Los mayores contenidos de nutrientes presentes en MS de acelga, se produjeron en LC 2 dosis y LC HH 2 dosis tanto para N, P y K (mg kg^{-1}), los valores más bajos correspondieron al T, habiendo diferencias significativas entre los tratamientos.

Del presente estudio se puede concluir que la combinación de lombricomposteo y harina de hueso en doble dosis resultó ser la mejor enmienda para el rendimiento de acelga y el mantenimiento de las propiedades de los suelos de huerta.

Tabla 3. Rendimientos promedio y contenidos de N-P-K (mg kg^{-1}) en materia seca.

Table 3. Average yields and contents of N-P-K (mg kg^{-1}) in dry matter.

Tratamientos	N	P	K	Rendimientos	
	mg kg^{-1}			kg m^{-2}	Mg ha^{-1}
Testigo	19,24 a	3,38 a	63,75 a	3,54 a	35,43 a
LC 1 dosis	23,48 b	4,12 abc	64,22 ab	3,77 ab	37,66 ab
LC 2 dosis	25,00 c	4,76 c	65,46 ab	3,61 ab	36,12 ab
HH 1 dosis	22,87 b	3,70 a	68,40 b	3,66 ab	36,56 ab
HH 2 dosis	21,90 b	3,90 ab	69,70 b	3,57 ab	35,65 ab
LC HH 2 dosis	24,20 c	4,50 bc	64,10 ab	3,85 b	38,44 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).
Different letters indicate significant differences ($p < 0,05$).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del subsidio UBACYT G49.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril, F; De Paz, JM & C Ramos. 1998. El riesgo de lixiviación de nitratos en las principales zonas hortícolas de la comunidad valenciana. Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. 65: 71.
- Anderson, TH & KHDomsch. 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soil. *Soil Biol. Biochem.* 21: 471-479.
- Bray, R & LT Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Bulluck III, LR; Brosius, M; Evanylo, GK & JB Ristaino. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physicals and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology* 19: 147-160.
- Cambardella, CA & ET Elliott. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 777-783.
- Cambardella, CA & ET Elliott. 1994. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 123-130.
- Cervantes Flores, MA. 2004. Abonos Orgánicos. Centro de Formación Profesional Agraria. E.F.A. CAMPOMAR. <http://www.infoagro.com>
- Conti, M. 2000. Principios de Edafología con Énfasis en Suelos Argentinos. 2º Ed. Editorial Facultad Agronomía. 430 pp.
- Dimas Lopez, J; Diaz EA; Martinez RE & RD Valdez C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra* 19: 293-299.
- Doran, J. 1995. Building soil quality. *In: Proceedings of the 1995. Conservation Workshop on Opportunities and Challenges in Sustainable Agriculture.* Red Deer, Alta., Canada, Alberta Conservation Tillage Society and Alberta Agriculture Conservation, Development Branch, pp. 151-158.
- Drinkwater, LE; DK Letourneau; F Workneh; AHC van Bruggen & C Shennan. 1995. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. *Ecol. Appl.* 5: 1098-1112.
- Forsythe, W. 1975. Física de suelos: Manual de laboratorio. Instituto Interamericano de Ciencias Agrarias San José Costa Rica. 212 pp.
- Gonella, CA; RA Hernández; LA Pérez & AC Homse. 1999. Producción ecológica: naturalmente de calidad. INTA. EEA General Villegas. 48 pp.
- InfoStat. 2002. Infostat versión 1.1. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Editorial Brujas, Argentina.
- Julia, OA & FL Meneses. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *IDESIA* (Chile). 24: 49-61.
- Legaz, F & E Primo-Millo. 1992. Influencia de la fertilización nitrogenada en la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas. *Levante Agrícola* 317-318: 4-15.
- Nelson DW & LE Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. *In: Page A.L. Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 539-579.*
- Nieto-Garibay, A; B Murillo-Amador & E Troyo-Diéguez. 2001. Evaluación de variables ecofisiológicas en plantas de ají (*Capsicum frutescens*) bajo tratamiento de composta y fertilizante químico. *Dyton* 25-34.
- Page, AL; DH Miller & DR Keeney. 1982. Methods of Soil Analysis, Part 2; (Cap 12 : p.199-223 and Cap 4: p.67-83), 2º Ed. Chemical and microbiological properties. Agronomy Series 9. ASA SSSA, Madison, Wi. USA.
- Richter, M; M Conti & G Maccarini. 1982. Mejoras en la determinación de Cationes intercambiables, ácidos intercambiables y capacidad de intercambio catiónico en suelos. *Revista Facultad de Agronomía U.B.A.* 3(2): 145-155.
- Sasal, C; A Andriulo; J Ullé; F Abrego & M Bueno. 2000. Efecto de diferentes enmiendas sobre algunas propiedades edáficas, en sistemas de producción hortícola del centro norte de la región pampeana. *Ciencia del Suelo* 18: 95-104.
- Six, J; ET Elliot & K Paustian. 1999. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 1350-1358.
- Tognetti, C; MJ Mazzarino & F Laos. 2008 Compost of municipal organic waste: Effects of different management practices on degradability and nutrient release capacity. *Soil Biology and Biochemistry* 40(9): 2290-2296