



A1-469 Efecto de la aplicación de compost en las fracciones de carbono y humificación del suelo en una finca ecológica frutícola

Jindo K^{1*}, Chocano C², Melgares de Aguilar J³, González D³, Hernández T², García, C²

¹ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Núcleo de Desenvolvimento de Insumos Biológicos para Agricultura (NUDIBA), Av. Alberto Lamego, 2000, CEP 28013-602 Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil.

keijindo@hotmail.com; ² Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC). Dep. Soil Conservation and Waste Management. Campus Universitario de Espinardo, 30100 Murcia, España. chocanoc@gmail.com, cgarizq@cebas.csic.es ³ Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia. Plaza Juan XXIII s/n. 30071 Murcia, España. david.gonzalez@carm.es, javier.melgaresdeaguilar@carm.es

Resumen

Las sustancias húmicas del suelo se consideran la parte más recalcitrante y estable de la materia orgánica del suelo (MOS) y contribuyen a la sostenibilidad agrícola a largo plazo mediante el aumento de la productividad de los cultivos y la fertilidad del suelo. En este trabajo, se evaluó la influencia del manejo orgánico del suelo durante 5 años sobre el ciclo del carbono y la estructura química de los ácidos húmicos del suelo agrícola. El experimento se realizó con dos enmiendas diferentes: i) la incorporación de los residuos vegetales o biomasa del cultivo, producidos dentro de la parcela (hojarasca, residuos de poda y siega de la hierba), (S+V) y ii) la aplicación de estiércol compostado además de la incorporación de la vegetación espontánea y restos de poda (S+V+C). Después de 5 años, en relación a la influencia sobre la calidad del suelo y el ciclo del carbono, el aporte continuado con compost muestra un aumento en el contenido de materia orgánica (de 0,95% a 2,46%) así como de la fracción de carbono soluble en agua (47%). Con respecto a las características de los ácidos húmicos del suelo el 1º y 5º año, analizados con resonancia magnética nuclear de ¹³C (¹³C-RMN), se muestra una evolución de la estructura hacia formas más estables en ambos suelos (S+V y S+V+C), debido al proceso de biodegradación y humificación de la materia orgánica. Especialmente el aumento de grupos funcionales en el complejo húmico tipo grupos aromáticos y carboxílicos, reforzando el carácter recalcitrante de los ácidos húmicos, se observa más claramente en los suelos tratados con compost (S+V+C). La aplicación de compost mejora a largo plazo la fertilidad del suelo.

Palabras-clave: ácidos húmicos; carbono; fruticultura ecológica.

Abstract: Soil humic acid fraction is regarded as the most-recalcitrant and stable part of the soil organic matter (SOM) that contributes to long-term agricultural sustainability by increasing crop productivity and soil fertility. The our study was conducted to evaluate influence of organic soil managements over 5 years on carbon cycle and chemical structure of soil humic acid. Plot experiment was done with two different amendments : i) the incorporation of residue from the inherent vegetal materials, produced inside the plot (leaf litter, pruning residue, and cutting grass after mowing), (S+V) and ii) the application of composted manure in addition to the incorporation of the inherent vegetal materials (S+V+C). After 5 years, Concerning to the influences on the soil quality and soil carbon cycles by the continuous compost treatment, the increase of organic matter content (0.95%-2.46%) and water soluble C fraction (47%) were shown. Regarding to the study of soil humic acids characteristics over 5 years with ¹³C nuclear magnetic resonance (¹³C-NMR), gradual reformation of more stable structure were shown in both soils (S+V and S+V+C), due to the selective biodegradation and humification process after the amendments. Especially, the



increase in functional groups in the humic complex such as aromatic and carboxylic groups, reinforcing the recalcitrant character of humic acid were observed more clearly in the soil treated with compost application (S+V+C). The continuous compost application to orchard soils in the long-term improved soil fertility.

Keywords: humic acid; carbon; organic orchards.

Introducción

En la zona del sureste español, al igual que en otras zonas mediterráneas, se unen varias situaciones naturales (climáticas y edáficas) y humanas (sobreexplotación y contaminación) que inciden de forma negativa en la sostenibilidad de los recursos agua y suelo. En estas zonas la agricultura es una fuente de ingresos esencial y, a la vez, una importante causa de degradación ambiental (Lopez Bermudez et al., 2005).

Fruto de la adaptación de la agricultura a las condiciones semiáridas de la región de Murcia son los paisajes agrarios característicos según las zonas como las terrazas en las laderas de las montañas, el aprovechamiento para regadío de las avenidas en las ramblas (cauces de ríos normalmente secos), así como las zonas de regadío tradicional con sus retornos al río. En la zona de la Vega del río Segura, en la Región de Murcia (España), considerada de regadío tradicional, se realiza el riego a manta o inundación en el paraje conocido como La Isla (Cieza), así denominado por su situación, ya que se encuentra rodeado por un sistema de distribución de acequias y canales de riego y por el propio río. Los suelos son fértiles, de origen aluvial y estructura franco arenosa gruesa.

En la Región de Murcia, desde el año 2003, el cultivo de ciruelo ocupa una extensión aproximada y estable de 4.500 ha. En la actualidad, la superficie de ciruelo ecológico u orgánico certificado por la legislación europea Reglamento CE 834/2007 es de 30 ha, principalmente en Calasparra y Cieza, lo que supone solo un 0,65% de la superficie total de ciruelo en la Comunidad Autónoma (Consejo Agricultura Ecológica de la Región de Murcia, 2011). Al igual que otras especies frutales, este cultivo se localiza en las huertas situadas en las vegas o riberas de los ríos de la región. Hoy día también se ha expandido hacia las zonas de nuevos regadíos.

Una de las principales aportaciones de la agricultura ecológica a esta adaptación medioambiental se basa en la visión de la agricultura como un ecosistema. Esta nueva visión, más global, permite un mejor conocimiento de los diversos subsistemas y ciclos que lo forman, pudiendo así obtener conclusiones de manejo y diseño de sistemas agrarios que puedan ser sostenibles en el tiempo (Labrador, 2002).

Los principios aplicables en materia agraria, según la legislación europea de producción ecológica (Reglamento CE 834/2007), se basan en el mantenimiento y aumento de la vida y la fertilidad natural del suelo, su estabilidad y biodiversidad, la prevención y lucha contra la compactación y erosión, y la nutrición de los cultivos con nutrientes que procedan principalmente de la materia orgánica del ecosistema edáfico.

Asimismo, el objetivo de reducir al mínimo el uso de recursos no renovables y de medios de producción ajenos a la explotación fomenta el reciclaje de los residuos y los subproductos de origen vegetal y animal procedentes de la producción agraria.

El objetivo de este estudio fue analizar la evolución en el tiempo de la calidad de un suelo, determinada por la dinámica de mineralización y humificación de su materia orgánica, en un cultivo de ciruelo ecológico bajo dos formas de manejo de la fertilidad: con aporte y sin aporte de insumos orgánicos externos

Metodología

1. Área de estudio

El presente estudio se ha realizado durante cinco años en una finca de ciruelo ecológico localizada en Cieza: Latitud: 38° 14' 12" N y Longitud: 1° 25' 39" O en la zona de la Vega del río Segura. El clima es semiárido, con una temperatura media de 16,5 °C, con un mínimo en enero de 8 °C y un máximo en agosto de 26,3 °C; una precipitación media anual de 305,55 mm concentrada en los meses de primavera y otoño; predominan los vientos del norte en invierno, los del sur en verano (Estación meteorológica Cieza, Segura). En toda la finca se incorporan al suelo los propios restos vegetales originados en el cultivo (poda triturada, hojas, frutos caídos y hierbas adventicias segadas). Al inicio del ensayo se seleccionaron al azar tres parcelas experimentales (S+V) y otras tres, elegidas al azar también, donde se procedió a la adición anual de 32 kg/árbol de compost animal (de cabra y oveja), lo que corresponde a una dosis de 20 tn/ha (S+V+C). Las características generales del compost se observan en la Tabla 2. Las parcelas experimentales son de 256 m² (16 árboles) cada una, con un marco de plantación de 4x4 y la variedad de ciruela cultivada es la Santa Rosa (roja) sobre pie Mariana usando como polinizadores ciruelos Golden Japan. Se tomaron al azar cuatro muestras de suelo en de suelo en la zona radical del árbol constituidas por 8 submuestras de la zona radical del árbol, una el primer año del ensayo (1° año) y otra el último año del ensayo (5° año). Estas muestras de suelo se homogeneizaron y se pasaron a través de un tamiz de 2 mm conservándose en cámara a 4 °C hasta su análisis.

2. Análisis del suelo

En las muestras de suelo se han analizado los siguientes parámetros: El carbono orgánico total (COT) fue determinado mediante oxidación con K₂CrO₇ en medio ácido y valoración del exceso de dicromato con (NH₄)₂Fe(SO₄)₂ (Yeomans and Bremmer, 1989). El C soluble en agua (C-S) fue extraído en agua destilada (proporción 1:5 sólido-líquido) y medido en un analizador automático (Shimadzu TOC5050A Total Organic Carbon Analyzer). Los carbohidratos hidrosolubles (C-Ch) se determinaron en el extracto acuoso anterior mediante el método colorimétrico de Brink et al. (1960) usando 4 ml de una disolución de antrona 0.2 % en ácido sulfúrico concentrado, seguida de incubación a 80°C durante 10 minutos y posterior medición de la absorbancia en espectrofotómetro. La extracción de los ácidos húmicos se realizó por el procedimiento de Stevenson (1994). El análisis de la composición elemental de los ácidos húmicos fue realizado con un analizador CHN (Perkin-Elmer, Foster City, CA). También se realizó un análisis del espectro de resonancia magnética (NMR). La identificación de los grupos funcionales por los picos del NMR y la distribución relativa de diferentes grupos de carbonos esta basado en el trabajo de Kogel-Knabner (2002).

3. Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados utilizando el software SPSS 13.0. Se utilizó un modelo lineal para el análisis estadístico de los efectos de los dos tratamientos (com/sin compost), y una prueba de rango múltiple basado en la alta diferencia significativa del método T-Test (HSD) ($p < 0,05$) aplicado para establecer diferencias entre los dos tratamientos. La variable fue la presencia/ausencia de insumos exógenos.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se observan las diferentes fracciones del carbono del suelo. En cuanto al carbono orgánico total (COT), que es el componente fundamental del material orgánico, y de se observó un gran incremento del valor en ambos tratamientos en los 5 años. Con respecto al efecto de la adición del material organico externo del compostaje en el COT, no se observó en el 1° año la diferencia entre los dos tratamientos (com/sin aporte de compostaje). A lo largo 5° año el efecto de la aplicación del compost en el COT fue mayor que con la incorporación de la biomasa del cultivo. Esta tendencia también se vio en las

fracciones lábiles del carbono (carbono hidrosoluble y carbohidratos) que son considerados como la energía utilizada por los microorganismos para la descomposición de la materia orgánica. Sin embargo, la incorporación del material orgánico procedente del compostaje provocó un aumento del C de las sustancias húmicas (C más estable), desde el 1° año, con diferencias significativas con el tratamiento sin compost. Esto es debido a que el material orgánico del compost posee mayor cantidad de sustancias húmicas que los aportes orgánicos de los restos del cultivo, ya que el compost ha seguido un proceso de biodegradación del material orgánico bajo condiciones aeróbicas. Estas diferencias se acentúan el 5° año, tanto en el C de las sustancias húmicas como en el C de los ácidos húmicos, aunque en ambos tratamientos aumentan a lo largo de los 5 años de estudio debido al proceso de humificación seguido por la materia orgánica.

En la Tabla 2, se observa el análisis elemental de los ácidos húmicos extraídos de los suelos en los dos tratamientos. La proporción del carbono en el tratamiento de la adición del compostaje (S+V+C) fue mayor que la de tratamiento de que con el único aporte de la biomasa del cultivo (S+V), y esa diferencia mantuvo hasta 5 años. El contenido en nitrógeno también muestra un aumento en los suelos con compost (S+V+C), probablemente debido a presencia de nitrógeno de origen amoniacal procedente de los residuos ganaderos utilizados en el compostaje. El carbono en los ácidos húmicos se encuentra en unidades estructurales más estables, es decir, en grupos funcionales tipo carboxílicos, fenólicos y aromáticos (C más recalcitrante). El almacenamiento de carbono a partir de insumos exógenos (compost) en la fracción resistente de la materia orgánica del suelo (como los compuestos húmicos) puede proporcionar una fertilidad del suelo a largo plazo y su sostenibilidad a través de la captura de carbono. Después de 5 años, la influencia derivada de la aplicación de compost se muestra más en la resonancia magnética (NMR), mostrando un aumento de la proporción de compuestos aromáticos (108-160 ppm), carboxílicos y carbonilos de los grupos amida y éster (160-225 ppm), observando-se en tabla 3. La adición del compost, enriquecido con estructuras aromáticas y grupos funcionales, contribuyó al aumento de los diferentes grupos carboxiloaromáticos en la matriz de las sustancias húmicas (Chen y Inbar, 1993); ya que estos grupos funcionales favorecen una estructura más condensada, formando el carácter recalcitrante y la protección hidrofóbica contra la degradación del carbono. La estabilidad del carbono se reforzó a largo plazo en el suelo frutícola en general y en particular con las enmiendas de compost.

TABLA 1. Carbono orgánico total (COT), carbono soluble en agua (C-S), carbohidratos (C-Ch), y carbono de las sustancias húmicas (C-SH) analizados en los distintos suelos: sin compost (S+V) y con compost (S+V+C) en el 1° y 5° año del ensayo.

	COT(mg kg ⁻¹ soil)	C-S(mg kg ⁻¹)	C-Ch (mg kg ⁻¹)	C-SH (mg kg ⁻¹)
S+V 1° año	5520,58 (720,6) a	73.76 (9.12) a	6.75 (0.42) a	2539,91 (13,34) a
S+V+C 1° año	6559,3 (686,95) a	75.55 (3.20) a	7.46 (0.75) a	3150,46 (109,18) b
S+V 5° año	11551,8 (1216,6)a	78.4 (17.57) a	26.79 (2.10) a	2737,48 (103,49) a
S+V+C 5° año	20125,7 (654,9) b	115.3 (17.17)b	29.85 (1.30) a	3506,14 (58,45) b

Para cada parámetro, distintas letras indican diferencias significativas entre los dos tratamientos en el mismo año de acuerdo con el método de T-Test (post hoc test) $p < 0,05$. La desviación estándar se muestra en parentesis.

TABLA 2. Composición elemental de los ácidos húmicos extraídos al suelo; suelo con incorporación de la biomasa del cultivo (S+V) y suelo con aporte adicional de compost (S+V+C) en el 1° y 5° año del ensayo.

	Ácidos Húmicos						
	Masa (%)				Ratios Atómicos		
	C	H	O	N	H/C	N/C	O/C
1° año							
S+V	50.6a	6.8a	35.5b	7.1a	1.62a	0.12a	0.52b
S+V+C	52.7b	6.6a	32.8a	7.9b	1.50a	0.13a	0.47a
5° año							
S+V	55.4a	7.0a	30.3b	7.3a	1.52a	0.11a	0.41b
S+V+C	57.8b	7.0a	27.4a	7.8b	1.45a	0.12a	0.35a
Compost	57.3	7.5	28.8	10.4	1.57	0.16	0.38

Para cada parámetro, distintas letras indican diferencias significativas entre los dos tratamientos en el mismo año de acuerdo con el método de T-Test (post hoc test) $p < 0,05$. La desviación estándar se muestra en paréntesis.

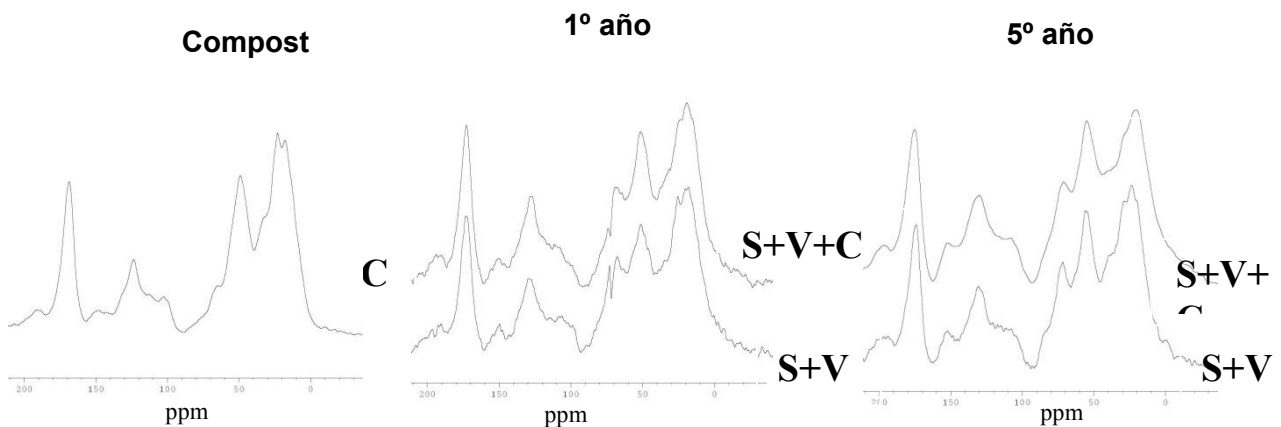


FIGURA 1. Resonancia magnetica (NMR) de los ácidos húmicos extraídos al compost (C), al suelo con biomasa del cultivo (S+V) y al suelo con biomasa del cultivo y compost (S+V+C) en el 1° y 5° año de ensayo.

TABLA 3. Distribucion relativa de diferentes carbonos (%), medido por resonancia magnetica (NMR) de los ácidos húmicos extraídos al compost (C), al suelo con biomasa del cultivo (S+V) y al suelo con biomasa del cultivo y compost (S+V+C) en el 1° y 5° año de ensayo.

	1° año							5° año						
	Rangos (ppm)							Rangos (ppm)						
	0 – 45	45 – 65	65 – 95	95 – 108	108 – 160	160 – 185	185 – 225	0 – 45	45 – 65	65 – 95	95 – 108	108 – 160	160 – 185	185 – 225
S+V	36.0	16.4	12.4	2.5	16.0	12.0	4.7	35.7	16.7	11.4	2.1	16.9	11.5	5.8
S+V+C	36.9	17.4	10.5	1.7	16.4	12.6	4.5	32.3	15.5	10.9	2.8	18.4	11.9	8.2

Conclusiones

A lo largo de 5 años, la adición de compost contribuyó al aumento del COT en el suelo, y la fracción lábil (carbono soluble en el agua) y recalcitrante (sustancias húmicas). La modificación de composición química de las sustancias húmicas por el aporte del compost fue observada con el aumento de grupos funcionales tales como grupos aromáticos y carboxílicos de los ácidos húmicos en el suelo demostrando así que las parcelas con compost tienen una materia orgánica más estable.

Referencias bibliográficas

- Brink RH, Dubar P & DL Lindch (1960) Measurement of carbohydrates in soil hydrolysates with anthrone. *Soil Science* 89: 157-166.
- Chen Y & Y Inbar (1993) Chemical and spectroscopic analyses of organic matter transformations during composting in relation to compost maturity. 551–559. *Science and engineering of composting: Design*. Renaissance Publ., Worthington, OH.
- Kogel-Knabner I (2002) The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 139–162.
- Labrador J (2002) La materia orgánica en los agrosistemas. Ediciones Mundi-Prensa.
- López, BF & JG Gomez (2005) Desertification in the arid and semiarid Mediterranean region. In *desertification in the Mediterranean region*. Eds NATO Security Science. Vol 3, 401-42.
- Yeomans, JC & JM Bremner (1988) A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19:1467-1476.