

# X Congresso Internacional de Agroecologia

## LIVRO DE ATAS

LIBRO DE ACTAS  
BOOK OF PROCEEDINGS

2 – 6 setembro 2024  
Viseu | Portugal

Agroecologias do Mundo:  
Unidas para enfrentar  
as crises globais



X Congresso  
Internacional  
de **Agroecologia**



Politécnico  
de Viseu



**CERNAS**  
Centro de Estudos  
de Recursos Naturais,  
Ambiente e Sociedade



Fundação  
para a Ciência  
e a Tecnologia

setembro 2024

Copyright © 2024

Direitos reservados para // Derechos reservados para // Rights reserved to

Instituto Politécnico de Viseu & CERNAS-IPV • Unidade de Gestão do Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

Título // Título // Title

X Congresso Internacional de Agroecologia - Livro de Atas

Autores // Autores // Authors

Sofia G. Florença, Raquel P. F. Guiné, Cristina A. Costa, Madalena Machado, Sérgio Santos, Inês Pereira

Editor

Instituto Politécnico de Viseu CERNAS-IPV • Unidade de Gestão do Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

Coordenação editorial // Coordinación editorial // Editorial coordination

Sofia G. Florença

Conceção Gráfica // Diseño Gráfico // Graphic Design

Sofia G. Florença

Composição // Composición // Composition

Sofia G. Florença

ISBN:

## Escenarios de reducción de emisiones de carbono con prácticas culturales y biochar de restos de poda en suelos de cultivos leñosos de regadío

Gascó, Gabriel<sup>1</sup>; Méndez, Ana<sup>2</sup>; Almendros, Patricia<sup>1</sup>; García-asensio, José María<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, gabriel.gasco@upm.es; <sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía, anamaria.mendez@upm.es;

<sup>3</sup>Grupo TRAGSA, jgarci36@tragsa.es

**Resumen:** Máximo 400 palabras, fuente Arial, tamaño 11, normal, justificado con interlineado sencillo. No debe incluir referencias bibliográficas.

El Observatorio de la Sostenibilidad del Regadío del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España se crea como plataforma en línea de conocimiento y apoyo tecnológico al sector de la agricultura de regadío. En este marco, una línea de investigación en que colabora la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la empresa pública de Tecnologías y Servicios Agrarios SA (TRAGSATEC), aborda la importancia de la materia orgánica en la fertilidad del suelo, la capacidad de retención de agua y la fijación de carbono. El papel de la materia orgánica del suelo es esencial para la sostenibilidad de la agricultura, a la vez que vertebrada los principios de la agroecología. La incorporación de materia orgánica mejora la estabilidad estructural, fertilidad y almacenaje de agua, aumentando su productividad. Asimismo, supone una medida de adaptación al cambio climático debido esta mayor resiliencia conservando el agua en el suelo, así como una medida de mitigación mediante el secuestro de carbono y reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. La eficiencia de esta reducción de emisiones va a depender de la enmienda orgánica que se realice. En un contexto de manejo de los restos de poda de cultivos leñosos en regadío, en la zona mediterránea árida de España, se han estudiado prácticas culturales como la quema de podas, su triturado e incorporación, así como la elaboración de biochar o biocarbón de esta biomasa mediante tratamiento térmico.

El objetivo del presente trabajo es estudiar el secuestro de carbono en el suelo después de la aplicación de 2 biocharres (BM y BHM) preparados a partir de dos fuentes de biomasa: restos de poda (M) y una mezcla de restos de poda y hojarasca (HM). Los biocarbones fueron preparados a 500°C y las emisiones de CO<sub>2</sub> se determinaron durante 33 días en un experimento de incubación después de enmendar el suelo con las dos fuentes de biomasa y los dos biocarbones preparados a partir de ella (BM y BHM) en una dosis del 10%. Además, el suelo fue tratado con las cenizas que contiene la biomasa de partida. Los resultados mostraron que las emisiones de CO<sub>2</sub>, con respecto al suelo control, variaron entre un -28% y un 87% después de la aplicación de los biocarbones mientras que la aplicación directa de la biomasa incrementó las emisiones de CO<sub>2</sub> entre un 658-1025%. Estos resultados muestran que la aplicación de biocarbón al suelo puede ser una medida de mitigación del cambio climático

**Abstract:** The Irrigation Sustainability Observatory of the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food of Spain is created as an online platform for knowledge and technological support for the irrigated agriculture sector. In this framework, a line of research in which the Polytechnic University of Madrid (UPM) and the public company of Tecnologías y Servicios Agrarios SA (TRAGSATEC) collaborate, addresses the importance of organic matter in soil fertility, water retention capacity and carbon sequestration. The role of soil organic matter is essential for the sustainability of agriculture, while at the same time it underpins the principles of agroecology. The incorporation of organic matter improves structural stability, fertility and water holding capacity, increasing soil productivity. Also, it represents an adaptation measure



to climate change due to this greater resilience by conserving water in the soil, as well as a mitigation measure through carbon sequestration and reduction of CO<sub>2</sub> emissions into the atmosphere. The reduction of soil CO<sub>2</sub> emissions depends on the organic amendment carried out. In a context of management of pruning rest of irrigated woody crops, in the arid Mediterranean area of Spain, cultural practices such as burning pruning rest, their crushing and incorporation, as well as the production of biochar by thermal treatment have been studied. The aim of the present work is to study the soil carbon sequestration after the application of two biochars (BM and BHM) prepared from two biomass sources: pruning rest (M) and pruning rest mixed with leaves (HM) to mediterranean soil. Biochars were prepared at 500 °C. For this purpose, soil CO<sub>2</sub> emissions were measured for 80 d in an incubation experiment after soil amendment with the two biomass (M and HM) and the two biochars (BM and BHM) at a dosage of 10%. Also, the corresponding ashes of M and HM) were added. the CO<sub>2</sub> emissions, with respect to control soil, varied from -28% to 87% after biochar application while the direct biomass application increased the soil CO<sub>2</sub> emissions between 648-1025%. These results shown that the application of biochar to soil can be mitigation measure of climate change. The objective of this work is to compare the influence of the application of two types of biomass and their corresponding biochars on the physical, chemical and biological properties of the soil, with special attention to CO<sub>2</sub> emissions and carbon sequestration in the soil.

**Palabras clave:** reducción emisiones de CO<sub>2</sub>, mitigación cambio climático, biocarbón, efecto priming

### Introducción

La elaboración de biochar o biocarbón a partir de biomasa mediante tratamiento térmico ha sido identificada, en los últimos años, como una tecnología de valorización de residuos con numerosas ventajas agroambientales y agrícolas. La aplicación de biocarbón al suelo puede mejorar las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo. Por ejemplo, Paz-Ferreiro et al. (2012) describieron un aumento de las actividades enzimáticas del suelo tras la aplicación de biocarbón o Méndez et al. (2012) observaron un aumento de la capacidad de retención de humedad del suelo. En relación a la posible contaminación agraria difusa causada por la aplicación de biocarbón al suelo, diferentes estudios han mostrado una reducción de este riesgo. Por ejemplo, Méndez et al (2012) observaron una reducción de la biosponibilidad y movilidad de diferentes metales trazas (Ni, Zn, Cd and Pb) tras la pirólisis de biosólidos mientras que otros autores (Cely et al., 2015) han observado una reducción en el contenido en N y P biodisponible en biocarbones preparados a partir de diferentes tipos de residuos ganaderos. No obstante, a la hora de su aplicación al suelo, se debe tener en cuenta en origen del biochar y sus condiciones de preparación, así como la especie cultivada ya que, en algunos casos, pueden existir síntomas de fitotoxicidad. Por ejemplo, Gascó et al. (2016) observaron, en un experimento de fitotoxicidad (semillas de césped, lenteja, pepino, tomate y lechuga) que biocarbones preparados a partir de madera no eran fitotóxicos mientras que biocarbones preparados a partir de lodo de papelera eran, en algunos casos, fitotóxicos. Entre otras ventajas destacan la reducción del volumen de biomasa, la mejora de la fertilidad del suelo y por lo tanto de su productividad (Lehmann et al., 2003), siendo identificada como una medida de mitigación del cambio climático (Atkinson et al., 2010) debido a que su materia orgánica es más estable que la de los residuos de partida, y por lo tanto puede permanecer estable en el suelo durante cientos de años (Kuzakov et al. 2009). Por último, se debe destacar que, en la actualidad, se comercializan compost preparados a partir de estiércol y biochar de madera que son aptos para su uso en agricultura ecológica, como por ejemplo, livingchar (ver livingchar.com). Por último, los suelos del área mediterránea árida de España suelen tener contenidos en materia orgánica particularmente bajos debido a sus condiciones climáticas, junto a determinadas prácticas agrarias y manejo del suelo en que no se integran su conservación, por lo que, para aumentar la productividad de los cultivos, además del

regadío, es necesario realizar enmiendas orgánicas. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es comparar la influencia que tiene la aplicación de dos tipos de biomasa y sus correspondientes biochares en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, prestando especial atención a las emisiones de CO<sub>2</sub> y al secuestro de carbono en el suelo.

## **Metodología**

### Contexto y materiales para el estudio

Se ha tomado una tipología de explotación agrícola como es el cultivo de leñosos frutales en regadío, en un clima mediterráneo semiárido como el del sudeste español, con un índice de Turc en regadío superior a 50 sobre 65, referencia de su alta productividad potencial vegetal. Y un suelo de referencia con una textura franco-limosa, pH básico, y contenido en carbono orgánico y en materia orgánica fácilmente oxidable relativamente elevado, en un escenario de no laboreo, mantenimiento de la cubierta vegetal y aportación de la propia plantación. Esta aportación de biomasa, procedente de los restos vegetales de la plantación, se viene realizando culturalmente de dos formas; una más tradicional, con su combustión y cenizas, y otras más reciente, con su triturado y depósito al suelo. Las muestras del material de partida tomadas para laboratorio se han diferenciado según la mezcla de hojarasca con podas (HM) y la de restos de poda (M).

### Preparación del biocarbón o biochar

El biocarbón se preparó en un reactor pirolítico de 2 L de capacidad (figura 1) en las instalaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas de la UPM a una temperatura de 500 °C. Se elaboraron dos biochares (BHM y BM) a partir de los dos tipos de biomasa (HM y M) a una temperatura de 500°C. La temperatura final se mantuvo durante 1 h siendo la velocidad de calentamiento de 10°C minuto<sup>-1</sup>. Las cenizas se obtuvieron mediante calcinación a 560°C de los dos tipos de biomasa, denominándose CM y CHM, respectivamente a las cenizas procedentes de los restos de poda y de la mezcla de restos de poda y hojarasca. La figura 2 muestra los diferentes materiales con los que se enmendó el suelo.

### Experimento de incubación y estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub>

El suelo previamente caracterizado se enmendó con una dosis del 10% de restos de poda (M), de la mezcla de hojarasca y restos de poda (HM) y de los dos biochares preparados a partir de los restos vegetales seleccionados (BHM y BM). Además, el suelo seleccionado se enmendó con las cenizas correspondientes a las dosis de material vegetal añadido. A continuación, 50 gramos de los diferentes tratamientos se introdujeron en botes de cristal cerrados herméticamente manteniéndose la humedad del suelo al contenido correspondiente a la capacidad de campo. Posteriormente, se colocó en cada frasco un vial de vidrio con agua destilada para mantener la humedad y un vaso de precipitado con 25 mL de NaOH 0.3 N. Los frascos cerrados se introdujeron en una incubadora modelo radiber AGP-360-HR a temperatura constante de 20°C durante 33 días determinándose las emisiones de CO<sub>2</sub> semanalmente. La evaluación del CO<sub>2</sub> emitido se realizó a través de valoraciones por retroceso con una disolución de HCl 0.3 N utilizando como indicador fenolftaleína. Además, las enmiendas utilizadas se incubaron sin mezclar con el suelo para comprobar si su adición al suelo aumentaba o disminuía las emisiones de CO<sub>2</sub>, y por lo tanto, existe un efecto priming positivo o negativo sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>. La tabla 1 muestra los tratamientos ensayados (figura 3).



**Figura 1** – Reactor utilizado para la preparación de los biocarbones

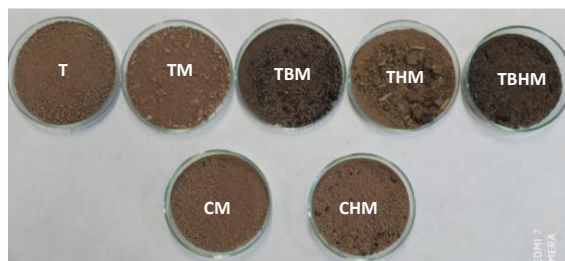


**Figura 2** – Restos vegetales y sus biocharres y cenizas correspondientes. HM: mezcla de hojas y restos de poda

M: restos de poda, BHM: biochar de hojas y restos de poda, BM: biochar restos de poda, CM: cenizas de restos de poda, CHM: cenizas de hojas y restos de poda

**Tabla 1** – Tratamientos y enmiendas utilizadas

Tratamientos	Enmiendas
Testigo: T	HM: mezcla de hojas y restos de poda
TM: testigo + restos de poda	M: restos de poda
TBM: testigo + biochar de restos de poda	BHM: biochar de hojas y restos de poda
THM: testigo + hojarasca y restos de poda	BM: biochar restos de poda
TBHM: testigo + biochar de hojas y restos de poda	CM: cenizas de restos de poda
CM: testigo + cenizas de madera	CHM: cenizas de hojas y restos de poda
CHM: testigo + cenizas de hojas y madera	
T+M: testigo + restos de poda incubados individualmente	
T+BM: testigo + biochar de restos de poda incubados individualmente	
T+HM: testigo + hojas y restos de poda incubados individualmente	
T+BHM: testigo + biochar de hojas y restos de poda incubados individualmente	



**Figura 3** Tratamientos: testigo (T), TM (testigo + madera), TBM (testigo + biochar de madera), THM (testigo + restos de hoja y madera), TBHM (testigo + biochar de hojas y madera), CM (testigo + cenizas de madera) y CHM (testigo + cenizas de hojas y madera)

## Resultados y Discusión

Las tablas 2, 3 y 4 muestran las principales características de los materiales que se utilizaron para enmendar el suelo. Lo más destacable es el aumento del pH así como la reducción en el contenido en carbono fácilmente oxidable que se produce tras el tratamiento pirolítico lo que está en concordancia con estudios previos (Cely et al., 2015; Gascó et al., 2016).

**Tabla 2 – Principales propiedades de la biomasa y sus correspondientes biocarbones**

	Rendimiento tratamiento térmico (%)	pH	Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 20°C)	Carbono orgánico (%)
Restos de poda (M)	-	7,84	50	17,68
Mezcla de restos de poda y hojas (HM)	-	7,21	104	29,80
Biochar de restos de poda (BM)	23,0	9,50	106	2,06
Biochar de mezcla de hojas y restos de poda (BHM)	25,3	9,55	326	2,85

**Tabla 3 – Propiedades de superficie de los biocarbones**

	Tamaño medio de poro (Å) <sup>1</sup>	Superficie BET (m <sup>2</sup> /g) <sup>1</sup>	Porosidad Hg (%) <sup>2</sup>	Tamaño medio de poro (nm) <sup>2</sup>
Biochar de restos de poda (BM)	4,5804	302,7852	56,40	202,78
Biochar de mezcla de hojas y restos de poda (BHM)	50,778	54,4558	66,40	176,79

<sup>1</sup>Método: Isoterma de N<sub>2</sub>. <sup>2</sup>Método: Porosimetría de Hg

**Tabla 4 – Caracterización de las cenizas mediante fluorescencia de Rayos X (%)**

	Ca	K	Mg	Px	Sx	Si	Fe
Cenizas de Mezcla hojas y restos de poda (CHM)	19,08	9,99	1,94	0,712	0,213	0,245	0,200
Cenizas de Restos de poda (CM)	18,40	5,79	1,50	0,831	0,143	0,0926	0,0772

	Al	Cl	Na	Zn	Ti	Mn
Cenizas de Mezcla hojas y restos de poda (CHM)	0,0929	0,0593	0,0366	0,0280	0,0167	0,0157
Cenizas de Restos de poda (CM)	0,0645	0,0390	0,0343	0,0221	0,0062	0,0078

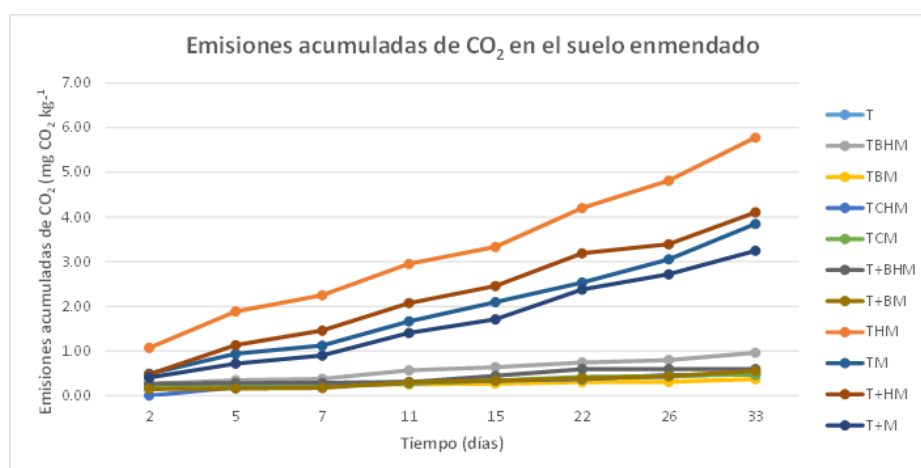
La figura 4 muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas (mg C-CO<sub>2</sub>/kg suelo). Los resultados muestran como la incorporación directa de restos vegetales (THM y TM) aumentan significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto al suelo testigo. De hecho, se puede observar como las emisiones aumentan 1025 (tratamiento hojas + restos de poda THM) y 648 veces (tratamiento restos de poda TM) con respecto al suelo testigo. Estos datos contrastan con las variaciones que se producen en las emisiones de CO<sub>2</sub> tras la aplicación de los biocarbones. La reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, tras la aplicación del biocarbón, con respecto a la aplicación de la biomasa original es debido al menor contenido en carbono orgánico fácilmente oxidable del biocarbón con respecto a la biomasa de partida (Gascó et al., 2016; Cely et al., 2014). La aplicación del biochar de hojas y restos de poda (TBHM) aumenta las emisiones en un (87%) mientras que la aplicación del biocarbón preparado a partir de restos de poda (TBM) reduce en un 28% las emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto al suelo sin enmendar, aunque

los dos biocarbones presentan un contenido similar en carbono orgánico fácilmente oxidable. Este hecho puede ser debido a que el biocarbón a partir de restos de poda muestra una mayor superficie específica ( $S_{BET}$ : 302 m<sup>2</sup>/g) que el biocarbón de mezcla de material vegetal ( $S_{BET}$ : 54 m<sup>2</sup>/g) haciendo que parte del CO<sub>2</sub> emitido quede retenido en la superficie del material una vez añadido al suelo (Cele et al., 2014). Por último, se puede observar como no se producen variaciones en las emisiones de CO<sub>2</sub> tras la adición de las cenizas de las hojas y restos de poda (CHM) y de los restos de poda (CM) lo que puede ser lógico ya que no se ha añadido ninguna fuente de materia orgánica que pueda ser mineralizada por los microorganismos del suelo. Otro resultado interesante, es el comportamiento que tienen las enmiendas una vez añadidas al suelo (tabla 5). La segunda columna muestra la variación de las emisiones adicionadas, es decir, tras sumar las emisiones producidas del suelo y las enmiendas con respecto a su incubación conjunta. Como se puede observar, las emisiones son menores en los tratamientos con restos vegetales (THM y TM) y tras la adición del biocarbón a partir de hojas y restos de poda (TBHM). Esto se puede deber a que se produce una descomposición de los materiales orgánicos por los microorganismos presentes en el suelo al utilizarlo como sustrato, es decir, existe un efecto “priming” positivo sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>

## Conclusiones

La aplicación de biocarbones al suelo produce una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto a la aplicación directa del material vegetal original siguiendo la secuencia:

$$THM > TM > TBHM > T > TBM$$



**Figura 4** Emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> tras 33 días de experimento de incubación. Tratamientos: testigo (T), TM (testigo + madera), TBM (testigo + biochar de madera), THM (testigo + restos de hoja y madera), TBHM (testigo + biochar de hojas y madera), CM (testigo + cenizas de madera) y CHM (testigo + cenizas de hojas y madera)

De hecho, incluso la aplicación de biocarbón a partir de restos de poda reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> produciéndose un secuestro de carbono en el suelo. Estos resultados están relacionados con el contenido en carbono orgánico de los materiales y con la superficie específica del biocarbón. Se puede concluir que la preparación de biocarbón a partir de restos de material vegetal es una estrategia adecuada de mitigación del cambio climático, además de ser una manera de valorización de residuos con ventajas como: 1) estabilización de la materia orgánica y 2) reducción del volumen de residuo.



**Tabla 5** – Variación de las emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto al suelo testigo de los diferentes tratamientos pasados 33 días de incubación

	Variación emisiones CO <sub>2</sub> (%)	Variación emisiones CO <sub>2</sub> adicionadas respecto tratamientos (%)
T <sup>1</sup>	0	0
THM	1025	-29
TM	648	-16
TBHM	87	-38
TBM	-28	+51
TCHM	-	-
TCM	-	-

<sup>1</sup>Testigo (T), TM (testigo + madera), TBM (testigo + biochar de madera), THM (testigo + restos de hoja y madera), TBHM (testigo + biochar de hojas y madera), CM (testigo + cenizas de madera) CHM (testigo + cenizas de hojas y madera).

### Referencias Bibliográficas

- Atkinson, C.J., Fitzgerald, J.D., Hipps, N.A. (2010). Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant Soil*, 337, 1–18
- Cely, P., Tarquis, A.M., Paz-Ferreiro, J., Méndez, A., Gascó, G. 2014. Factors driving the carbon mineralization priming effect in a sandy loam soil amended with different types of biochar. *Solid Earth*, 5, 585–594.
- Cely, P., Gascó, G., Paz-Ferreiro, J., Méndez, A. 2015. Agronomic properties of biochars from different manure wastes. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 111, 173–182.
- Gascó, G., Cely, P., Paz-Ferreiro, J., Plaza, C., Méndez, A. 2016 Relation between biochar properties and effects on seed germination and plant development, *Biological Agriculture & Horticulture* 32:4, 237-247
- Lehmann, J., Joseph, S. (2009). Biochar for environmental management: an introduction. En J. Lehmann y S. Joseph S (Eds.) *Biochar for environmental management: science and technology*. pp 1–12). Earthscan.
- Méndez, A., Gómez, A., Paz-Ferreiro, J., Gascó, G. 2012 Effects of sewage sludge biochar on plant metal availability after application to a Mediterranean soil. *Chemosphere* 89, 1354–1359.
- Paz-Ferreiro, J., Gascó, G., Gutiérrez, B., Méndez, A. 2012. Soil biochemical activities and the geometric mean of enzyme activities after application of sewage sludge and sewage sludge biochar to soil. *Biol. Fertil. Soils*. 48, 511–517.
- Kuzyakov, Y., Subbotina, I., Chen, H., Bogomolova, I., Xu, X. (2009). Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by <sup>14</sup>C labelling. *Soil Biol. Biochem.* 41, 210–219.