

## **Efectos de biochar y compost en un suelo de huerto urbano moderadamente contaminado por metales pesados**

### ***Effects of biochar and compost on a heavy metal moderately polluted urban farm soil***

**Meddeb, Salma<sup>1</sup>, Hassine, Habib B.<sup>1</sup>, Tangour, Dohua<sup>2</sup>, Aichi, Hamouda<sup>1</sup>, Álvarez J. María<sup>3</sup> de la Rosa, J. María<sup>4</sup>, López, Rafael<sup>4\*</sup>**

<sup>1</sup> Laboratory of Agriculture Production and Sustainable Development, Agriculture High School of Mograne, Zaghuan, Tunisia. salma.meddeb@hotmail.

<sup>2</sup> International Center of Environmental Technology of Tunis.

<sup>3</sup> Ohio State University, Columbus OH USA; jose.alvarezpuente@gmail.com

<sup>4</sup> Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS, CSIC), Avda. Reina Mercedes 10, 41012-Sevilla, jmrosa@irnase.csic.es, rafael.lopez@csic.es

#### **Resumen**

En un suelo de un huerto urbano, moderadamente contaminado (Cu 197 mg kg<sup>-1</sup>, Pb 295 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 182 mg kg<sup>-1</sup>) se han usado un biochar de madera (B) y un compost de lodos (CS). Las dosis utilizadas fueron 1% (tratamientos B1 y CS1 con cada producto y B1CS1 con la mezcla de ambos) y 2% (sólo B2 y CS2). Estas mezclas se usaron en macetas de 2L (3 repeticiones) cultivando una lechuga por maceta, y determinando la biomasa, los contenidos de metales disponibles en suelo y las actividades fosfatasa, glucosidasa, deshidrogenasa y ureasa. Todos los tratamientos con enmiendas aumentaron la biomasa aérea y total treatments (peso fresco: C(Control)≤B1≤B2≤B1CS1<CS1≤CS2) a pesar de una reducción de la biomasa radicular. En general, las enmiendas disminuyeron ligeramente las actividades enzimáticas aunque sólo significativamente en el caso de B1CS1 sobre la suma de las 4 actividades, y B1 y B2 sobre deshidrogenasa. La concentración de metales extraídos en AEDT disminuyó con B y S aunque sólo B1CS1, con reducciones entre 11 y 21% respecto a C, actuó significativamente. Estos resultados sugieren una acción sinérgica de la mezcla de B y CS respecto a las propiedades consideradas.

Palabras clave: lechuga, metales pesados, actividad enzimática, compost de biosólidos.

#### **Abstract**

Wood biochar (B) and sewage sludge compost (CS) were added, both separately or together, into a moderately polluted urban farm soil (Cu 197 mg kg<sup>-1</sup>, Pb 295 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 182 mg kg<sup>-1</sup>). Amendment doses were 1% (treatments B1, CS1, and B1CS1 combining both products) and 2% (treatments B2 and CS2). Lettuce plants were grown in 2 L pots (3 replications per treatment) and plant biomass and composition, enzymatic activities, and available soil metals were determined. All the amendment treatments increased aerial and total lettuce fresh weight (plant fresh weight: Control≤B1≤B2≤B1CS1<CS1≤CS2) in spite of a reduction in root weight. In general, amendments slightly reduced the phosphatase, glucosidase, dehydrogenase and urease activities but their decrease was significant only for the effect of B1CS1 in the (sum of) four activities and for B1 and B2 in dehydrogenase activity. EDTA extractable-trace metals and -nutrients were reduced by B and CS, although these reductions were only significant in the case of treatment B1CS1 for which 11 to 21% depletion in relation to the control was achieved. These results suggest a synergistic action in the case that B and CS are jointly added. However, the lettuce metal contents did not reflect the decreases observed in the EDTA extractable-metal contents.

Keywords: lettuce, heavy metal, enzymatic activity, biosolids compost

## Introducción

La agricultura urbana es una actividad en expansión por sus muchos beneficios ambientales y sociales [1]. Sin embargo, existe un riesgo potencial de contaminación por sustancias orgánicas e inorgánicas de las hortalizas y frutas cultivadas en huertos urbanos [2].

El uso de biochar (subproducto de la tecnología C-negativa llamada pirólisis por la que se obtiene bioenergía o bio-combustibles desde materiales orgánicos) es una alternativa atractiva para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados, a la par que paralelamente se mejora la fertilidad y productividad de los suelos. El biochar es un material muy aromatizado que contiene grandes cantidades de C orgánico (normalmente +50%) que se considera muy estable, por lo que puede aumentar considerablemente el contenido de materia orgánica del suelo, y al mismo tiempo puede secuestrar cantidades significativas de CO<sub>2</sub>. Generalmente, este material tiene un pH elevado [3] y una elevada microporosidad que proporciona superficies reactivas en las que pueden adsorberse los metales pesados (así como nutrientes). Los mecanismos de la inmovilización de metal por biochar incluyen el aumento del pH, el intercambio iónico, la adsorción física y la precipitación como oxohidróxidos, con carbonato o fosfato.

Además, la aplicación conjunta de biochar y compost se considera generalmente más efectiva para la mejora de las propiedades del suelo y del rendimiento del cultivo que el uso de biochar sólo y se preconiza que puede ser también una alternativa posible de recuperación de suelos contaminados [4]. Algunos experimentos han mostrado la existencia de efectos sinérgicos cuando se combinan biochar y compost de cara a la mejora agronómica del suelo [5] y se han conseguido también resultados satisfactorios cuando ambos productos son usados como sustrato de cultivo [6].

Sin embargo, los estudios sobre el efecto conjunto de biochar y compost en la

disponibilidad o inmovilización de metales pesados son escasos. El objetivo del presente trabajo es determinar el efecto de biochar, compost y su mezcla sobre la disponibilidad de metales pesados y la actividad biológica del suelo.

## Material y métodos

El suelo utilizado en este ensayo fue tomado de una parcela del huerto urbano del parque de Miraflores en Sevilla. Se trata de un suelo moderadamente calizo de textura Franco-Arcillo-Arenosa. Las propiedades químicas del suelo así como de las dos enmiendas utilizadas se muestran en la Tabla 1. Más información sobre el mismo puede obtenerse en [7]. El biochar (B) utilizado fue producido por la compañía Swiss Biochar. Fue elaborado a partir de restos de madera de pino triturada que se sometió a pirólisis en un reactor Pyreg a 600°C durante 20 minutos. Este biochar posee la certificación de la "European Biochar Certificate (EBC). El compost utilizado (CS) procede de lodos de la depuradora urbana de Jdaida (Túnez) compostados en relación 1:1 con restos de jardines de la escuela de agricultura de Sidi Thabet (Túnez).

Tabla 1 – Propiedades de enmiendas y suelo

	B <sup>1</sup>	CS <sup>1</sup>	Soil
pH	9.45 (1:10)	6.90 (1:10)	7.3 (1:2.5)
C.E. (mS cm <sup>-1</sup> )	0.79 (1:10)	3.83 (1:10)	0.78 (1:2.5)
C Orgánico (g kg <sup>-1</sup> )	726	164	35.0
N-kjeldahl (g kg <sup>-1</sup> )	2.88	20.0	2.74
Ca (as CaO) (g kg <sup>-1</sup> )	32.5	96.8	140 <sup>2</sup>
Mg (as MgO) (g kg <sup>-1</sup> )	2.66	8.40	--
K (as K <sub>2</sub> O) (g kg <sup>-1</sup> )	5.47	6.28	--
P (as P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (g kg <sup>-1</sup> )	1.69	2.77	27 <sup>3</sup>
As (mg kg <sup>-1</sup> )	2.33	12.6	8.92
Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	0.02	0.58	0.52
Co (mg kg <sup>-1</sup> )	0.47	5.60	6.61
Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	9.87	103	29.0
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	7.08	129	197
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	204	143	416
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	10.2	47.3	16.0
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	1.96	34.7	295
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	30.4	385	182

<sup>1</sup>B: biochar; CS: compost de lodos de depuradora;

<sup>2</sup> Como CaCO<sub>3</sub>; <sup>3</sup> P-Olsen (mg k kg<sup>-1</sup>);

El suelo se mezcló con B al 1% y 2% (tratamientos B1 y B2), con CS al 1% y 2% (tratamientos CS1 y CS2) y con ambos a la vez al 1% cada uno (tratamiento B1CS1). El suelo sólo se utilizó como tratamiento control (C). Con las mezclas se rellenaron macetas de 2,5 L (CC17), y tras una semana en que se mantuvieron húmedas se sembró una plántula de lechuga (*Lactuca sativa* var. Cervantes, semillas Rijk Zwaan) en cada maceta. De cada tratamiento se prepararon 5 macetas aunque sólo se utilizaron 3 replicados para las determinaciones siguientes. A los 27 días de la siembra se tomaron muestras de suelo de cada maceta en los que se determinaron las actividades enzimáticas fosfatasa, glucosidasa, deshidrogenasa y ureasa mediante los métodos indicados en [8], el P disponible mediante extracción con NaHCO<sub>3</sub> 0,5N y determinación en autoanalizador por espectrofotometría [9] y los metales disponibles por extracción con AEDT [10] y medida por ICP-OES. A los 52 días se recolectaron las lechugas, se determinó su biomasa en húmedo y seco y se analizó el contenido de metales en el material vegetal mediante digestión en microondas con ácido nítrico y medida por ICP-OES.

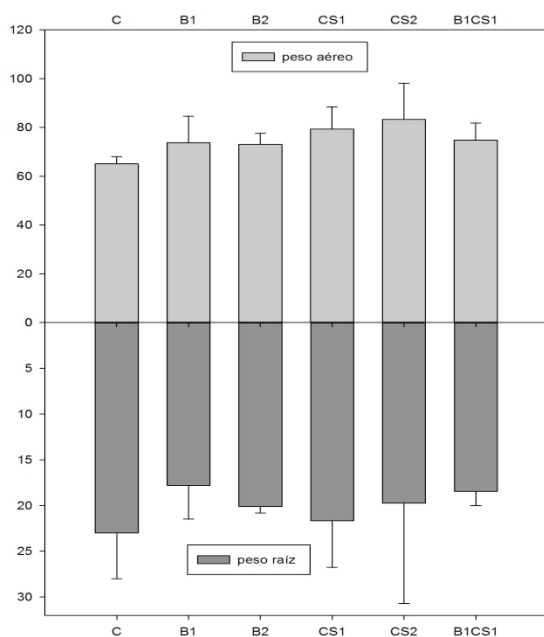


Fig. 1 – Peso fresco medio (g) y desviación estándar de la parte aérea y radicular de las plantas de lechuga para cada tratamiento.

Tabla 2 – Actividades enzimáticas (27 días después de la incorporación de enmiendas) relativas a los valores del tratamiento control (C).

Tratamiento	FOS	GLU	DHD	URE	SUM
C	1.00	1.00	1.00 a	1.00	4.00 a
B1	0.97	0.71	0.64 b	0.97	3.29 ab
B2	0.98	0.75	0.57 b	0.94	3.25 ab
CS1	0.77	0.70	0.84 ab	1.00	3.31 ab
CS2	0.89	0.81	0.80 ab	1.02	3.53 ab
B1CS1	0.91	0.65	0.55 b	0.56	2.67 b
B1+CS1	0.74	0.40	0.49	0.97	2.60

FOS: fosfatasa; GLU: glucosidasa; DHD: deshidrogenasa; URE: ureasa; SUM: suma de las 4 actividades relativas. B1+CS1 es el efecto aditivo calculado de B20 y CS20 sobre la misma base que la columna correspondiente. En cada columna, los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes según el test de Tukey ( $p < 0.05$ ).

## Resultados y discusión

En la Fig. 1 se muestra la biomasa (aérea y radicular) de las plantas de lechuga correspondientes a cada tratamiento. Aunque sin significación estadística, la parte aérea fue ligeramente mayor que en el control para todas las enmiendas, con el mayor valor para CS2, a la par que las raíces fueron menores en los tratamientos con enmienda.

En la Tabla 2 se muestran las actividades enzimáticas relativas a los valores obtenidos en el control C. Ambas dosis de B disminuyeron significativamente la actividad deshidrogenasa así como la mezcla B1CS1. La deshidrogenasa se usa como medida de la actividad microbiana general del suelo, por lo que su reducción con B es una indicación de la dificultad de degradación de este sustrato. Si se considera la suma de las 4 actividades consideradas, la reducción en el tratamiento B1CS1, que alcanza un 33%, resultó significativa. Las reducciones observadas con B1CS1 no superaron a los valores teóricos calculados si B1 y CS1 hubieran sido efectos independientes aditivos (B1+CS1) por lo que no parece que se de efecto sinérgico de ambos productos sobre la actividad microbiana. En general, todos los tratamientos con los dos productos considerados redujeron las actividades respecto al control, aunque de forma moderada.

Tabla 3 – Metales extraídos (mg kg<sup>-1</sup>) por AEDT 27 días después de la incorporación de enmiendas.

	C	B1	B2	CS1	CS2	B1CS1
<i>Cd</i>	0.115	0.111	0.111	0.114	0.106	0.103
<i>Cr</i>	0.126 a	0.124 a	0.111 ab	0.118 ab	0.115 ab	0.102 b
<i>Cu</i>	78.4	77.5	74.4	76.8	72.4	68.6
<i>Fe</i>	30.5	29.1	28.1	31.3	29.4	27.4
<i>Mn</i>	39	37.3	38.2	38.6	37.5	35.7
<i>Ni</i>	0.47	0.45	0.45	0.51	0.44	0.43
<i>Pb</i>	133	131	130	132	121	120
<i>Zn</i>	30.4	29.5	29.6	32.2	29.3	28.8
<i>S*</i>	8.0 a	7.7 ab	7.5 ab	7.8 ab	7.5 ab	7.1 b

En cada fila, los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes según el test de Tukey (p<0.05).

\*Suma de los valores relativos a C

En la Tabla 3 se muestran los metales disponibles en los diferentes tratamientos, mediante extracción con AEDT. Tanto B como CS originaron pequeñas disminuciones respecto a C, aunque debido a la escasa magnitud de las diferencias, éstas sólo fueron significativas para Cr con B1CS1 y para la suma (de valores relativos a C) con B1CS1. A pesar de que individualmente la reducción para cada metal fue poco relevante, en su conjunto la reducción observada en la disponibilidad con B1CS1 fue del 11,5%. La disminución total de disponibilidad con B1CS1 superó ligeramente a la dosis doble de ambos productos por lo que no es descartable un efecto sinérgico de la adición conjunta de ambos en lo que a reducción de la disponibilidad se refiere. Sin embargo, esta menor disponibilidad (“química”) de metales pesados observada en suelo no se puso de manifiesto cuando se consideran las concentraciones o extracciones de metales en la parte aérea de la planta de lechuga, excepto en el caso de Mn (datos no mostrados)

## Conclusiones

La adición al suelo de biochar mejoró el rendimiento del cultivo a pesar de que redujo la actividad biológica del mismo. También originó una ligera disminución en la disponibilidad de metales pesados en un suelo moderadamente contaminado. En general, los efectos observados fueron muy similares a los producidos por dosis

equivalentes de un compost de calidad. Sin embargo, la aplicación conjunta de biochar y compost dió lugar a una reducción significativa de la disponibilidad de metales lo que podría indicar un efecto sinérgico de ambos.

## Agradecimientos

Trabajo financiado por el proyecto CGL2016-76498-R del MINECO y FEDER y mediante una colaboración parcial del proyecto entre International Center of Environmental Technology of Tunisia and the German Development Cooperation GIZ.

## Referencias bibliográficas

- [1] Mok, HF y col. 2014. Strawberry fields forever? Urban agriculture in developed countries: A review. *AGRON SUSTAIN DEV.* 34 (1): 21-43.
- [2] Meharg, AA. 2016. Perspective: City farming needs monitoring. *NATURE* 531(7594): S60.
- [3] Glaser, B, Lehmann, J, Zech, W. 2002. *BIOL FERT SOILS* 35: 219-230.
- [4] Agegnehu, G, Srivastava, AK, Bird, MI, 2017. The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review. *APP SOIL ECOL* 119: 156-170.
- [5] Schmidt, HP y col. 2014. Biochar and biochar-compost as soil amendments to a vineyard soil: Influences on plant growth, nutrient uptake, plant health and grape quality. *AGRIC ECOSYST & ENVIRON.* 191: 117-123.
- [6] Alvarez, JM y col. 2018. Vermicompost and Biochar as peat replacement for ornamental plant production. *J APPL HORTIC* 20(1). In press.
- [7] Hallat, J, Castro, A, Burgos, P, López, R, 2017. Contenido de metales pesados en legumbre y hortalizas procedentes de huertos urbanos, en López, R., Cabrera, F. (Eds.) *Reciclando los residuos para mejorar los suelos y el medioambiente*, Red Española de Compostaje, pp. 212-216.
- [8] López, R, Burgos, P., Hermoso, J.M., Hormaza, J.I., González-Fernández, J.J. 2014. Long term changes in soil properties and enzyme activities after almond shell mulching in avocado organic production. *SOIL TILL RES.* 143: 155-163.
- [9] Watanabe, FS, Olsen, SR. 1965. Test of an Ascorbic Acid Method for Determining Phosphorus in Water and NaHCO<sub>3</sub> Extracts from Soil. *SOIL SCI SOC AM J.* 29(6): 677-678.
- [10] Ure, AM, Quevauviller, P, Griepink, B. 1993. Speciation of heavy metals in soils and sediments an account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the bcr of the commission of the european communities. *INT J ENVIRON. ANAL CHEM.* 51(1-4): 135-151.