

INFLUENCIA DE LA FERTILIZACION CON LODOS DE DEPURADURA COMPOSTADOS EN LAS PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO DE DOS OLIVARES

Eulalia Ma. BELTRÁN¹, Rosario MIRALLES DE IMPERIAL¹, Miguel Angel PORCEL¹, José Valero MARTÍN¹, Ma. Luisa BERINGOLA¹, Rosa CALVO² y Ma. del Mar DELGADO¹

¹INIA, Departamento de Medio Ambiente. ²INIA, Servicio de Biometría Apdo. 8111, 28080 Madrid. España

(Recibido mayo 2005, aceptado agosto 2005)

Palabras clave: *Olea europaea*, lodo de depuradora, compost, olivares

RESUMEN

Debido al interés creciente en el cultivo del olivo y a la necesidad de reutilizar los lodos residuales procedentes de estaciones depuradoras de la zona centro de España se ha determinado el efecto que tiene el lodo de depuradora compostado (LDC) en las propiedades químicas (materia orgánica, nitrógeno, fósforo, pH y conductividad eléctrica del suelo de dos olivares de la variedad cornicabra. El ensayo se llevó a cabo en campo durante 4 años y se evaluaron cuatro tratamientos: a) testigo (T); b) 16,000 kg/ha de lodo de depuradora compostado (LDC); c) 1 kg/árbol de N en forma de urea (U); y d) 8,000 kg/ha de lodo de depuradora compostado más 0.5 kg/árbol de N de urea (LDC +U). Las variables estudiadas fueron concentración en el suelo de materia orgánica, nitrógeno, fósforo disponible, pH y conductividad eléctrica. Todos estos parámetros aumentaron de valor al final de los 4 años por efecto de las aplicaciones del lodo de depuradora compostado, por lo que puede afirmarse que las propiedades químicas del suelo del olivar experimentan mejoría.

Key words: *Olea europaea*, sewage sludge, compost, olive grove

ABSTRACT

Due to the interest in the olive culture, on one hand, and the necessity for using sewage sludge compost from central Spain, on the other hand, an experiment has been conducted during four years. It has been proved the viability of the utilization of sewage sludge compost on chemical properties of two olive grove. The experiment was set up with *Olea europaea* cv. cornicabra. Four treatments were set up: a) Control (T); b) 16,000 kg/ha of sewage sludge compost (LDC); c) 1 kg of N as urea per tree; (U); d) 8,000 kg/ha of sewage sludge compost + 0.5 kg of N as urea per tree, (LDC +U). The variables in study were: organic matter and nitrogen concentration in soil, available phosphorus concentration in soil, pH and electric conductivity. The utilization of sewage sludge compost has produced an increment of the studied therefore it could be concluded that the chemical properties of the olive grove soil are improved.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del olivo es típico de la cuenca mediterránea desde hace más de 3,000 años. Se le considera como uno de los cultivos que ha acompañado al hombre desde la antigüedad (Boskou 1998). Fue traído a España desde la región de Siria, Líbano y Jordania (Rodríguez y Ballester 1991). En el mundo existen alrededor de 500 millones de olivos plantados, de los cuales 80 % se localizan en Europa, mayoritariamente en España (42 %), Italia (24 %) y Grecia (12 %) (Mangold y Fedeli 1997). El aceite de oliva es un producto de gran valor dietético, pero su consumo no es muy alto debido a la competencia económica de otras grasas procedentes de semillas y de animales. El mayor consumo del aceite de oliva se registra en los países productores.

En España se ha observado en los últimos años un interés creciente de la sociedad en los temas relacionados con el olivo y el aceite de oliva. Esto se ha traducido en esfuerzos de investigación para optimizar la fertilización, las prácticas culturales, los procesos de obtención del aceite y la gestión de los residuos generados, todo ello prestando especial atención al cuidado del ambiente (Hermoso *et al.* 1991, Murillo 1992, Carpio y Jiménez 1993, Alba *et al.* 1997, Guerrero 1997, Boskou 1998, Pastor *et al.* 1998, Barranco *et al.* 1999).

En la depuración de aguas residuales urbanas se genera un lodo que ha de tener una salida no contaminante y racional. El uso agrícola de lodos de depuradora es una alternativa que lleva consigo el concepto de reutilización. Los lodos de depuradora contienen nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas. Destacan su contenido de nitrógeno, fósforo y micronutrientes (Pomares y Canet 2001). La concentración de nitrógeno y fósforo, con respecto a los compuestos orgánicos ganaderos tradicionales en agricultura es superior. La concentración de materia orgánica del lodo compostado se sitúa entre 35 % y 40 % (Delgado *et al.* 1999).

Según Barranco *et al.* (1999) la fertilidad de los suelos de los olivares puede modificarse a lo largo del cultivo. Es sabido que si se aporta nitrógeno al suelo del olivar se consigue mayor producción. La dosificación de nitrógeno en los árboles adultos suele ser de 1 kg de nitrógeno por olivo (Guerrero 1997).

Como consecuencia de todo lo anterior el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) ha conducido un proyecto cuyo objetivo es estudiar el efecto fertilizante y enmendante del compost de lodo de depuradora en olivos de secano de la variedad cornicabra en la zona centro de

España. Los trabajos previos del proyecto han sido ya publicados en distintos foros (Beltrán *et al.* 1999, 2001, 2002a, 2002b, 2003).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del lodo de depuradora compostado en las propiedades químicas (materia orgánica, nitrógeno, fósforo, pH y conductividad eléctrica) del suelo de dos olivares de secano de la variedad cornicabra en la zona centro de España

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos olivares (*Olea europaea L.*) de secano de la variedad cornicabra. Las fincas se localizan en Aranjuez (Madrid) y en Seseña (Toledo). El suelo de Aranjuez es un alfisol y el de Seseña un inceptisol. La plantación de Aranjuez tiene más de 100 años y la de Seseña proviene de una que fue talada durante la guerra civil española (1936), que rebrotó posteriormente. El olivar de Aranjuez está plantado en tresbolillo y el de Seseña en marco real. La textura del suelo de Aranjuez es franco-limosa y la de Seseña franco-arenosa.

El lodo de depuradora compostado (LDC) utilizado en los ensayos fue una mezcla de lodo proveniente de cinco depuradoras de Madrid (Butarque, Rejas, Sur, Sur Oriental y Valdebebas) después de desecarlo aeróbicamente durante 3 meses, sin agente estructurante. El compost utilizado se encuentra dentro de los límites de calidad que marca el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPYA 1990, Real Decreto 1310/90), que regula la utilización de los lodos de depuradoras en el sector agrario.

Las características de las mezclas de lodos de depuradora utilizadas en este experimento se muestran en el **cuadro I**. El nitrógeno orgánico se determinó por el método Kjeldahl (MAPYA 1994) y el carbono orgánico oxidable por el método de Walkey y Black (MAPYA 1994), utilizando un factor de oxidación de 1.29 ya que se supone que sólo 77 % del carbono orgánico presente en la muestra fue oxidado en las condiciones experimentales empleadas, *i. e.* la mezcla de $K_2Cr_2O_7$ 1 N y H_2SO_4 concentrado en proporción 2:1, fue digerida media hora a temperatura ambiente. La humedad, materia orgánica volátil, P, K y Ca totales se determinaron según los procedimientos descritos por la AOAC (1997). El pH se estableció de acuerdo con los Métodos Oficiales de Análisis de España (MAPYA 1994) en relación lodo/agua=1:2.5 y la conductividad eléctrica en una relación lodo/agua=1:5.0.

CUADRO I. CARACTERÍSTICAS DEL LODO APLICADO EN DIFERENTES AÑOS

Parámetro	1998	1999	2000	2001
Humedad %	20.8	19.0	18.5	16.8
Materia orgánica volátil %	38.8	34.3	35.9	32.4
pH 1:2.5 H ₂ O	8.1	7.5	7.4	7.6
C.E., d/Sm	4.07	4.1	4.1	4.05
N total %	2.6	2.3	1.9	2.0
C orgánico oxidable %	11.7	12.8	12.8	11.2
P ₂ O ₅ total %	1.97	1.85	4.81	2.05
K ₂ O total %	0.28	0.6	0.77	0.35
CaO total %	5.2	6.8	6.3	5.9

C.E.= Conductividad eléctrica

También se determinó el contenido de metales pesados de las mezclas de lodos de depuradora compostados (**Cuadro II**) en un digerido ácido hecho con agua regia (HNO₃/HClO₄, 1:3) y valoración por espectrometría de absorción atómica. Los tratamientos y dosis aplicados en este ensayo se presentan en el **cuadro III**.

Las parcelas experimentales en Aranjuez y Seseña se establecieron en 1998 y cada una de ellas se subdividió en cuatro subparcelas. En Aranjuez, cada subparcela fue de 0.36 ha con 24 olivos y en Seseña de 0.6 ha, también con 24 olivos. En cada subparcela se aplicó un tratamiento y se eligieron cuatro repeticiones de parejas de olivos por subparcela.

Los tratamientos con la mezcla de lodo se repitieron durante 4 años seguidos. Las aplicaciones de lodo se realizaron con un remolque abonador de discos y las de urea manualmente en superficie en la zona de goteo. Las labores culturales consistieron en un pase de grada de discos de 15 cm de profundidad tras la aplicación del lodo. Entre abril y junio se pasó dos veces el cultivador para control de malas hierbas. Antes de la aplicación del lodo, en la primavera de 1999, 2000, 2001 y 2002, se extrajeron muestras de

suelo en 0-15 cm y 15-30 cm de profundidad con un equipo de barrenas Eijkelkamp de media caña para muestreo seccionado. Las muestras se recogieron en cuatro puntos al azar en cada unidad experimental, bajo la copa del árbol, y se introdujeron en bolsas de papel para su traslado al laboratorio. Los análisis realizados, tras secado al aire y tamizado a 2 mm de luz de malla, fueron: pH en la relación lodo/agua=1:2.5 y conductividad eléctrica en la relación lodo/agua=1:5.0, de acuerdo con los Métodos Oficiales de Análisis (MAPYA 1994), materia orgánica por el método de Walkey y Black (MAPYA 1994), nitrógeno orgánico, por el método Kjeldahl (MAPYA 1994) y fósforo asimilable, por el método Olsen (MAPYA 1994).

Los datos se trataron mediante el análisis de medidas repetidas con base en un modelo mixto con estructura paramétrica especial en las matrices de covarianza (BMDP 1992). El estudio de medidas repetidas consiste en un diseño experimental totalmente al azar con los datos recogidos en una secuencia de puntos equidistantes en el tiempo. Los tratamientos han sido asignados a las unidades experimentales y se denominan sujetos.

En nuestro caso, la unidad experimental ha sido

CUADRO II. METALES PESADOS EN EL LODO APLICADO DURANTE VARIOS AÑOS

Metales pesados	1998 mg/kg	1999 mg/kg	2000 mg/kg	2001 mg/kg	Límites CCE*	
					pH<7	pH>7
Cu	373	394	397	438	1000	1750
Zn	1214	1331	1679	1490	2500	4000
Cr	356	452	540	438	1000	1500
Ni	43.7	66.2	82.7	77.8	300	400
Cd	3	2.88	5.52	4	20	40
Pb	177	309	368	403	750	1200

*CCE= Consejo de las Comunidades Europeas (1986)

CUADRO III. TRATAMIENTOS Y DOSIS APLICADOS A LOS OLIVARES

Tratamientos	Dosis lodo de depuradora compostado (kg por hectárea)	Dosis de N en forma de urea (kg por árbol)
LDC	16.000	-
LDC + U	8.000	0.5
U	-	1
T	-	-

LDC= lodo de depuradora compostado; LDC + U= Lodo de depuradora compostado + urea; U= Urea; T=Testigo

considerada como la interacción Profundidad^x Repetición (Tratamiento) y la estructura de la matriz de covarianza es AR(1) que especifica una estructura autorregresiva de primer orden. El ajuste múltiple es para los valores p y los límites de confianza para las diferencias de medias de mínimos cuadrados por el test de Bonferroni. El software utilizado es el Procedimiento Mixto de SAS/SAT 8.2 Institute Inc. 1999.

Para el análisis estadístico de la materia orgánica y de nitrógeno se procedió a transformar los datos de estos dos parámetros tal y como se muestra en las ecuaciones (1) y (2).

$$MO_t = \sqrt{(MO + 0.5)} \quad (1)$$

$$N_t = \sqrt{(N + 0.5)} \quad (2)$$

donde:

MO_t= transformada del contenido en materia orgánica

MO= contenido en materia orgánica (%)

N_t= transformada del contenido en nitrógeno

N= contenido en nitrógeno (%)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración en materia orgánica del suelo de Aranjuez correspondiente a los 4 años de estudio y las dos profundidades (0-15 cm y 15-30 cm) se muestran en el **cuadro IV**. En la profundidad 0-15 cm con excepción del primer año, el tratamiento LDC produjo un incremento de materia orgánica del suelo del olivar en los años 2, 3 y 4 de 5.4 %, 3.1 % y 19 %, respectivamente, con respecto al tratamiento T. La interacción tratamiento^x año fue significativa (p<0.05), lo cual se debe a que este tratamiento no fue significativamente mayor todos los años sino solamente en los últimos. Con respecto a la segunda

profundidad (15-30 cm), los porcentajes de materia orgánica fueron significativamente menores a los de la primera profundidad, como consecuencia de un tratamiento superficial de abonado (Soria *et al.* 2003).

En el caso de Seseña (**Cuadro V**) se determinó que hubo diferencias significativas (p<0.05) entre tratamientos, años y profundidades. Los tratamientos con lodo, LDC y LDC +U, provocaron que hubiese 20 % más de materia orgánica en el suelo del olivar con respecto al determinado al inicio del estudio.

El aumento de la materia orgánica en los suelos abonados con compost de lodo de depuradora ha sido constatado por otros autores (Aguilar *et al.* 2002, González *et al.* 2002, Sastre-Conde *et al.* 2003). Tal incremento tiene efectos beneficios en la retención de agua, la textura y la densidad del suelo, mejora que es importante porque los suelos del olivar son pobres en materia orgánica.

El porcentaje de nitrógeno en las dos profundidades (0-15 cm y 15-30 cm), en Aranjuez, se muestra en el **cuadro IV**. No hubo diferencias significativas (p<0.05) entre los tratamientos pero sí entre las profundidades y en los años. La ausencia de efecto medible de los tratamientos con lodo compostado en el porcentaje de nitrógeno del suelo se atribuye a que el compost de lodo de depuradora se comporta como un abono de liberación lenta (Miralles de Imperial *et al.* 2002) esto es, al exhibir una lenta mineralización, esta se agrava por el tipo de suelo en estudio (franco-limoso) como ha sido observado por Gascó *et al.* (2002).

En contraste con el caso anterior, en Seseña (**Cuadro V**) se observaron diferencias significativas (p<0.05) entre tratamientos, profundidades e interacción tratamiento^x año, de manera que el tratamiento LDC difirió del tratamiento T (p<0.10) y del U (p<0.05) y el tratamiento LDC + U del T y U (p<0.05).

Otros autores, como Delgado *et al.* (2002) que han utilizado lodo de depuradora compostado en cultivos diferentes al presente (maíz, por ejemplo) han observado incrementos significativos de nitrógeno en el suelo.

El efecto de los tratamientos, años, profundidad e interacciones tratamiento^x profundidad y año^x profundidad sobre el fósforo disponible resultó significativo. En el **cuadro IV** se observa que en los tratamientos con lodo se incrementó la concentración de fósforo disponible del suelo del olivar.

El análisis de varianza muestra que en el olivar de Seseña todos los efectos fueron significativos (p<0.05). El tratamiento LDC resultó significativamente diferente (p<0.05) a los tratamientos LDC +U,

CUADRO IV. RESULTADOS DE LAS CUATRO VARIABLES ESTUDIADAS EN ARANJUEZ

Tratamiento	Año	Profundidad	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno Total (%)	Fósforo (mg/kg)	pH	Conductividad eléctrica (dS/cm)
LDC	1999	0-15 cm	1.28	0.755	19.5	8.57	0.17
LDC	1999	15-30 cm	0.99	0.730	11.4	8.68	0.18
LDC	2000	0-15 cm	1.38	0.754	19.0	8.38	0.18
LDC	2000	15-30 cm	1.00	0.725	8.9	8.58	0.18
LDC	2001	0-15 cm	1.34	0.759	20.0	8.41	0.24
LDC	2001	15-30 cm	0.95	0.734	6.1	8.55	0.26
LDC	2002	0-15 cm	1.28	0.765	18.8	8.42	0.38
LDC	2002	15-30 cm	0.92	0.729	8.9	8.48	0.15
LDC+U	1999	0-15 cm	1.27	0.755	18.0	8.28	0.20
LDC+U	1999	15-30 cm	1.03	0.735	6.0	8.48	0.18
LDC+U	2000	0-15 cm	1.27	0.740	17.6	8.35	0.21
LDC+U	2000	15-30 cm	0.93	0.729	5.7	8.42	0.18
LDC+U	2001	0-15 cm	1.28	0.759	17.0	8.38	0.26
LDC+U	2001	15-30 cm	0.98	0.739	5.4	8.55	0.27
LDC+U	2002	0-15 cm	1.24	0.764	11.5	8.19	0.19
LDC+U	2002	15-30 cm	0.90	0.731	7.9	8.30	0.16
U	1999	0-15 cm	1.38	0.766	17.5	8.26	0.16
U	1999	15-30 cm	1.08	0.750	10.4	8.42	0.18
U	2000	0-15 cm	1.15	0.754	10.0	8.30	0.17
U	2000	15-30 cm	1.00	0.732	6.9	8.36	0.17
U	2001	0-15 cm	1.27	0.763	13.0	8.32	0.24
U	2001	15-30 cm	1.10	0.743	7.4	8.42	0.23
U	2002	0-15 cm	1.24	0.778	11.5	8.17	0.25
U	2002	15-30 cm	0.88	0.735	7.9	8.30	0.36
T	1999	0-15 cm	1.38	0.754	15.0	8.24	0.22
T	1999	15-30 cm	1.05	0.745	7.4	8.39	0.19
T	2000	0-15 cm	1.29	0.745	8.5	8.30	0.22
T	2000	15-30 cm	0.94	0.735	4.4	8.42	0.20
T	2001	0-15 cm	1.27	0.754	8.5	8.32	0.22
T	2001	15-30 cm	0.97	0.736	3.9	8.55	0.23
T	2002	0-15 cm	1.05	0.750	7.0	8.60	0.15
T	2002	15-30 cm	0.90	0.745	4.9	8.60	0.12

T y U, así como el tratamiento LDC + U fue significativamente diferente al T ($p < 0.05$). Asimismo el primer año fue significativamente diferente ($p < 0.05$) a los tres últimos, (**Cuadro V**).

El incremento del fósforo en el suelo debido a la aplicación de materia orgánica procedente de residuos orgánicos ha sido observado también por Zenjari *et al.* (2001) que en un experimento de laboratorio en el que aplicó alperujo observaron dicho incremento pero sobre todo en los horizontes superficiales. Ordóñez *et al.* (2000) aplicaron compost de lodo a olivar y determinaron concentraciones de fósforo, mayores a las aportados por el alperujo y el compost de residuos urbanos, sobre todo en los primeros centímetros del suelo.

El análisis de varianza del pH del suelo de Aranjuez muestra efecto significativo de tratamientos, profundidad e interacción tratamiento^x años. En el **cuadro IV** se observan diferencias significativas entre el tratamiento U y T con el LDC ($p < 0.05$) y entre los tratamientos LDC y LDC +U ($p < 0.05$). El

pH de las parcelas que recibieron algún tratamiento con compost de lodo fue más alto que el de aquellas que no fueron tratadas. Esto coincide con los datos de un ensayo de emergencia en invernadero con dos tipos de lodos compostado reportados por Miralles *et al.* (2002), quienes observaron aumentos en el pH del suelo con el uso del lodo.

En el sitio de Seseña el efecto de año, profundidad e interacción tratamiento^x año en el pH del suelo fueron significativos ($p < 0.05$). Las parcelas tratadas con compost de lodo tuvieron menores valores de pH que las no tratadas (**cuadro V**).

La conductividad eléctrica en el olivar de Aranjuez fue significativamente afectada por año e interacción tratamiento^x año. En el **cuadro IV** se muestran los valores de la conductividad eléctrica en este olivar en los 4 años de estudio y en las dos profundidades. Hubo diferencias significativas en 1999 y 2000 con 2001 ($p < 0.05$).

En Seseña, el análisis de varianza de la conductividad eléctrica del suelo sólo mostró efecto

CUADRO V. RESULTADOS DE LAS CUATRO VARIABLES ESTUDIADAS EN SESEÑA

Tratamiento	Año	Profundidad	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno Total (%)	Fósforo (mg/kg)	pH	Conductividad eléctrica (dS/cm)
LDC	1999	0-15 cm	1.28	0.32	65	7.84	1.35
LDC	1999	15-30 cm	1.13	0.28	30	7.84	1.40
LDC	2000	0-15 cm	1.33	0.33	35	7.80	1.10
LDC	2000	15-30 cm	1.05	0.26	16	7.86	1.10
LDC	2001	0-15 cm	1.50	0.34	85	8.05	0.75
LDC	2001	15-30 cm	1.14	0.25	16	8.08	0.75
LDC	2002	0-15 cm	1.58	0.39	43	8.32	0.70
LDC	2002	15-30 cm	1.26	0.32	20	8.48	0.75
LDC+U	1999	0-15 cm	1.36	0.35	90	7.86	0.50
LDC+U	1999	15-30 cm	1.20	0.32	28	7.88	0.60
LDC+U	2000	0-15 cm	1.40	0.37	45	8.00	0.75
LDC+U	2000	15-30 cm	1.32	0.29	17	8.10	0.80
LDC+U	2001	0-15 cm	1.34	0.22	55	7.85	1.15
LDC+U	2001	15-30 cm	1.23	0.31	11	8.00	1.00
LDC+U	2002	0-15 cm	1.58	0.42	40	8.28	0.95
LDC+U	2002	15-30 cm	1.25	0.32	21	8.28	0.95
U	1999	0-15 cm	1.12	0.30	35	7.90	0.35
U	1999	15-30 cm	1.06	0.27	24	7.91	0.35
U	2000	0-15 cm	1.10	0.28	30	8.88	0.20
U	2000	15-30 cm	1.02	0.27	8	8.50	0.20
U	2001	0-15 cm	1.20	0.32	38	8.30	0.20
U	2001	15-30 cm	0.99	0.27	8	8.46	0.20
U	2002	0-15 cm	1.40	0.20	28	8.45	0.22
U	2002	15-30 cm	1.07	0.18	6	8.56	0.25
T	1999	0-15 cm	1.24	0.32	25	8.09	0.35
T	1999	15-30 cm	1.17	0.28	15	8.06	0.35
T	2000	0-15 cm	1.20	0.31	15	8.00	0.65
T	2000	15-30 cm	0.97	0.25	8	8.10	0.20
T	2001	0-15 cm	1.22	0.32	25	8.18	0.20
T	2001	15-30 cm	1.12	0.25	2	8.30	0.20
T	2002	0-15 cm	1.52	0.33	40	8.32	0.18
T	2002	15-30 cm	1.10	0.26	8	8.48	0.18

significativo la interacción tratamiento^x año. La conductividad eléctrica fue mayor en los tratamientos LDC y LDC + U que en los tratamientos T y U (**cuadro V**). El aumento de conductividad eléctrica en los suelos que han sido enmendados con lodos de depuradora confirma las investigaciones con residuos orgánicos de Hernández *et al.* (1992) y Climent *et al.* (1996).

La conductividad en el olivar de Seseña fue mayor que la obtenida en el olivar de Aranjuez.

CONCLUSIONES

La utilización de lodos de depuradora compostados como enmiendas en suelos cultivados con olivo resulta beneficiosa porque incrementa el contenido en materia orgánica después del segundo año.

La aplicación del lodo de depuradora compostado también aumenta el fósforo disponible, el pH y la conductividad.

La utilización de los lodos de depuradora compostados en un suelo mejora las propiedades químicas del mismo.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó gracias al proyecto CAO 097-017-C5-1 financiado por el FAGA-FEOGA. Los autores agradecen su colaboración en las tareas de invernadero y laboratorio a Jesús García, Ma. Isabel González, Yolanda Suárez, Ma. Luisa Suárez y Arturo Amro.

REFERENCIAS

- Alba J., Izquierdo J.R. y Gutiérrez F. (1997). Aceite de oliva virgen. Análisis sensorial. La cata del aceite de oliva. Agrícola Española S.A. Madrid, 102 p.
- Aguilar M. A., de Luna E., González P., Ordoñez R. y Aguado

- J. M. (2002) Influence of the application of compost sewage sludge on moisture content of an olive grove soil. *Man and Soil at the Third Millennium*. Geoforma Ediciones. Logroño, España. Vol. I., pp. 535-551.
- Barranco D., Fernández-Escobar R. y Rallo L. (1999). *El cultivo del olivo*. Mundi-Prensa. Madrid, 701 p.
- Beltrán E., Delgado M. M., Miralles de Imperial R., Porcel M. A. y Bigeriego M. (1999). Preliminary study on application of sewage sludge compost as a fertilizer on olive grove soils. *Proceedings 6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate*. (J. Bech, Ed.) Barcelona, España, pp. 826-827.
- Beltrán E. M., Miralles de Imperial R., Porcel M. A., Delgado M. M. y García J. (2001). Efecto de la aplicación del lodo de depuradora como fertilizante en el olivar. X Simposium Internacional del Aceite de Oliva. Expoliva 2001. (En Internet página www.oliva.net/expoliva2001-Comunicacion-OLI-38, 2001).
- Beltrán E. M., Miralles de Imperial R., Porcel M. A., Delgado M. M., Beringola M. L., Martín J. V. y Bigeriego M. (2002^a). Effect of sewage sludge compost application on ammonium-nitrogen and nitrate-nitrogen contents of an olive grove soil. *Proceedings 12th International Soil Conservation Organization Conference* (Tsinghua University Press). Pekin, China, Vol III, pp. 395-402.
- Beltrán E. M., Miralles de Imperial R., Porcel M. A., Delgado M. M. y Bigeriego M. (2002b). Evaluation of the sewage sludge compost effects on olive grove soils. *Man and Soil at the Third Millennium*. Geoforma Ediciones. Logroño, España, Vol. I., pp. 1071-1077.
- Beltrán E. M., Miralles de Imperial R., Porcel M. A., Delgado M. M., Beringola M. L. y Martín J. V. (2003). Phosphorus availability in two olive grove soil fertilized with sewage sludge compost. *Proceedings of International Symposium on the Olive Tree and the Environment*. Chania, Creta, Grecia, p. 72.
- BMDP (1992). *Statistical software manual* (W. J. Dixon, Ed.) Los Ángeles, California Vol.2, pp. 989-1007.
- Boskou D. (1998). *Química y tecnología del aceite de oliva*. AMV Ediciones y Mundi Prensa Libros. Madrid, 291 p.
- Carpio A. y Jiménez B. (1993). Características organolépticas y análisis sensorial en el aceite de oliva. Junta de Andalucía. Sevilla, 74 p.
- Climent M.D., Abad M. y Aragón P. (1996). *El compost de residuos sólidos urbanos (RSU). Sus características y aprovechamientos en agricultura*. Ediciones y Promociones LAV, Diputación de Valencia y Universidad Politécnica de Valencia.
- Delgado M., Porcel M. A., Miralles de Imperial R., Bellido N., Bigeriego M., Beltrán E. y Calvo R. (1999). Mineralización del nitrógeno procedente de residuos orgánicos. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 15, 19-25.
- Delgado M., Porcel M. A., Miralles de Imperial R., Beltrán E. M., Beringola L. y Martín J.V. (2002). Sewage sludge compost fertilizer effect on maize yield and soil heavy metal concentration. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 18, 147-150.
- Gascó G., Vicente M. A., Martínez Iñigo M. J., Sastre I., Yébenes L., Guerrero A. y Lobo M. C. (2002). Nitrogen dynamic in an olive grove amended with sewage sludge. *Man and Soil at the Third Millennium*. Geoforma Ediciones. Logroño, España Vol. I., pp. 1097-1105.
- González P., Ordoñez R., Giráldez J.V., Aguilar M.A., Miralles de Imperial R., Bigeriego M., Delgado M. M., Porcel M. A. y Beltrán E. M. (2002a). Feasibility of sewage sludge as amendment of olive orchard soils. En: VII Congress of the European Society for Agronomy. Junta de Andalucía-Consejería de Agricultura y Pesca. Córdoba, España, pp. 565-566.
- Guerrero A. (1997). *Nueva olivicultura*. Mundi-Prensa, Madrid, España, 281 p.
- Hernández T., García C., Costa F., Valero J.A. y Ayuso M. (1992). Utilización de residuos urbanos como fertilizantes orgánicos. *Suelo y Planta* 2, 373-383.
- Hermoso M., Uceda M., García-Ortiz A., Morales J. y Fernández A. (1991). Elaboración del aceite de oliva de calidad. Junta de Andalucía. Sevilla, 173 p.
- Mangold H.K. y Fedeli E. (1997). Olives, olive oils and the Mediterranean diet. *La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse* 74, 349-352.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (1990). Real Decreto de 29 de octubre, número 1310/1990: Agricultura, regula la utilización de los lodos de depuración. Boletín Oficial del Estado de 1 de noviembre de 1990. Madrid, España.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (1994). Métodos oficiales de análisis. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. Tomo III, 662 p.
- Miralles de Imperial R., Beltrán E. M., Porcel M. A., Beringola M. L., Martín J. V., Calvo R. y Delgado M. M. (2002). Influencia de tres tipos de lodo de estaciones depuradoras en el desarrollo de estaquillas de olivo. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 18, 163-169.
- Murillo J.J. (1992). *El aceite de oliva virgen*. Mira Editores. Zaragoza. 165 p.
- Ordóñez R., Aguilar M.A. y González P. (2000). Efecto residual de la aplicación de un lodo de depuradora compostado sobre los nutrientes mayoritarios de un suelo de olivar. 18 Congreso Nacional de Riegos.
- Pastor M., Humanes J., Vega V. y Castro J. (1998). Diseño y manejo de plantaciones de olivar. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla, 225 p.
- Pomares F. y Canet R. (2001). Los residuos orgánicos utilizables en agricultura: origen, composición y características. En: *Aplicación agrícola de residuos orgánicos*

- cos.* (Jaume Boixadera y M. Rosa Teira, Eds.) Ediciones de la Universidad de Lleida, Lleida, 356 p.
- SAS/SAT, Institute Inc. (1999). User's guide. Cary, North Carolina, 891-996.
- Sastre-Conde I., Alonso J., Guerrero A. M., Pinilla P., Cabezas G. y Lobo M.C. (2003). Dinámica de nutrientes y metales pesados en cultivo de olivar con dos tipos de lodos residuales. I Simposio Nacional de Control de la Erosión y Degradación del Suelo. Madrid 9-11 julio, 2003.
- Soria L., Fernández E., Pastor M. y Aguilar J. (2003). Variación espacial del contenido en potasio asimilable y carbono orgánico en suelos de olivar cultivados en régimen de no-laboreo. I Simposio Nacional de Control de la Erosión y Degradación del Suelo, Madrid 9-11 julio 2003.
- Zenjari B. y Nejmeddine A. (2001). Impact of spreading olive mill wastewater on soil characteristics. *Agronomie* 21, 749-755.