

INFLUENCIA DE TRES TIPOS DE LODO DE ESTACIONES DEPURADORAS EN EL DESARROLLO DE ESTAQUILLAS DE OLIVO

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

¹INIA, Departamento de Medio Ambiente. ²INIA, Servicio de Biometría. Crtra. de La Coruña km. 7.5, Madrid 28040 España, correo electrónico: miralles@inia.es

(Recibido abril 2002, aceptado octubre 2002)

Palabras clave: *Olea europaea*, lodo compostado, residuos de poda más lodo compostado, lodo deshidratado

RESUMEN

En ensayos previos destinados a estudiar los efectos agronómicos de la aplicación de lodos de depuradora compostados en un olivar se presentaron efectos fitotóxicos en las hojas del olivo *Olea europaea* L. a los dieciséis meses de su aplicación. Con el fin de buscar las causas que podían producir este fenómeno se decidió realizar un ensayo con estaquillas enraizadas de olivo cv. Cornicabra y tres tipos de lodo para cuantificar el efecto de esos materiales sobre algunos parámetros de crecimiento, nutrición y senescencia. El ensayo se condujo en invernadero. Se evaluaron tres tratamientos: lodo compostado (LC), residuos de poda más lodo compostado (RP+LC), lodo deshidratado por secado térmico (LD). Las dosis estudiadas fueron equivalentes a 0, 10, 20, 40, 80 y 120 t ha⁻¹. Las variables que se estudiaron fueron: disminución del peso fresco (DPF), variación de la longitud del tallo (VLT), disminución de la longitud de la raíz (DLR), disminución del grosor del tallo (DGT), peso seco final (PSF) y porcentaje de nitrógeno total (% NT). Las variables evaluadas: DPF, VLT, DLR, DGT, PSF y % NT, no tuvieron una respuesta significativa para RP mas LC y LD; para LC las variables DPF y % NT fueron significativas (p<0.05), las regresiones lineales fueron para DPF: $y = -1.70 - 0.0116x$, $R^2 = 0.1471$, para % NT: $y = -1.03 + 0.033x$, $R^2 = 0.2856$, x= dosis. En conclusión, este ensayo biológico indica que % NT, DPF, y en este orden, fueron las mejores variables para evaluar la influencia de los tratamientos con lodos y dosis de éstos. En general, las estaquillas fueron más sensibles al tratamiento con lodo compostado, la causa de la fitotoxicidad se atribuyó a su conductividad eléctrica 5.6 dSm⁻¹.

Key words: *Olea europaea*, composted sewage sludge, pruning residues plus composted sewage sludge, dehydrated sewage sludge

ABSTRACT

Previous experiments devoted to the study of the agronomic effect of composted sewage sludge application on an olive grove proved, after sixteen months, that the leaves of the *Olea europaea* L. olive showed some phytotoxic effect. In order to understand the cause, an experiment was carried out on rooted cv. Cornicabra olive cuttings to evaluate the effect of three different types of sewage sludge on specific growth, nutrition and senescence parameters. The experiment took place in a greenhouse. Three treatments were evaluated: composted sewage sludge (LC), pruning residues plus composted sewage sludge (RP + LC) and dehydrated sewage sludge thermally dried (LD). Doses studied were: 0, 10, 20, 40, 80, and 120 t ha⁻¹. Variables studied were: decrease in fresh weight (DPF), variation in stem length (VLT), decrease in root length (DLR), decrease in stem thickness (DGT), final dry weight (PSF), and percentage of total nitrogen (% NT). DPF, VLT, DLR, DGT, PSF, and % NT were evaluated but did not prove significant in terms of RP+LC and

LD. Regarding LC, the DPF and %N variables yielded significant responses ($p < 0.05$). The linear regressions obtained were: DPF: $y = -1.70 - 0.0116x$, $R^2 = 0.1471$, and % NT: $y = -1.03 + 0.0033x$, $R^2 = 0.2856$, $x = \text{rate}$. Therefore, this test indicates that % NT and DPF, in that order, are the best variables to evaluate the effects of treatment and rate. In general, the rooted olive cuttings were more sensitive to composted sewage sludge treatment. The cause of fitotoxicity was attributed to an electrical conductivity property of 5.6 dSm^{-1} .

INTRODUCCIÓN

Los lodos de las plantas depuradoras de aguas residuales representan un serio problema en las grandes poblaciones debido al volumen diario que se genera y al posible riesgo de contaminación y deterioro del ambiente, pero también son una fuente de materia orgánica (Delgado *et al.* 2002) ya que contienen muchos nutrientes considerados esenciales para el desarrollo de las plantas, destacándose su contenido en nitrógeno, fósforo y micronutrientes. La riqueza en nitrógeno y fósforo, con respecto a los compuestos orgánicos tradicionales en agricultura, es 3 a 4 veces superior. El contenido en materia orgánica del compost de lodo oscila entre un 35 % y un 40 % (Delgado *et al.* 1999, Pomares y Canet 2001). La aplicación de lodos a los suelos agrícolas constituye la alternativa más conveniente para su disposición, ya que se aprovechan los recursos fertilizantes presentes en los mismos (Polo *et al.* 1997).

Un buen programa de fertilización del olivar debe minimizar la aportación de fertilizantes al olivar y corregir las deficiencias, consiguiéndose una mejor conservación del ambiente (Pastor *et al.* 1998). En el olivar las propiedades referentes a la fertilidad de los suelos pueden modificarse gradualmente como consecuencia del cultivo del mismo (Barranco *et al.* 1999). Con el fin de aprovechar los lodos de depuradora de aguas residuales como fertilizante y enmienda orgánica en los olivares se llevó a cabo un proyecto de investigación en distintos tipos de suelo y con diversas variedades de esta planta.

La influencia de la aplicación de lodos de depuradora en el cultivo del olivar ha sido estudiada en estos últimos años por varios autores (Beltrán *et al.* 1999, 2000b, 2001b, 2002, Gascó *et al.* 1999, 2000, 2001, Ordoñez *et al.* 1999, Aguilar *et al.* 2000, 2001, Aguilar 2001, González *et al.* 2002). En ensayos de fertilización del olivar con lodos compostados de depuradora, tras dos años consecutivos (Aguilar *et al.* 2001) se observaron necrosis apicales en las hojas viejas (Benlloch y de Andrés 1972). Estos síntomas estaban claramente relacionados con la dosis de lodos aportada. En el análisis foliar de julio (Barranco *et al.* 1999) se obtuvieron concentraciones significativamente mayores de algunos metales pesados (Fe, Cu, Cd, Hg, Pb, B y Cr) en los árboles tratados con lodo respecto a los testigos sin lodo, aunque los niveles alcanzados no fueron alarmantes.

En ensayos realizados por Zucconi *et al.* (1981a) se observó que el crecimiento se detenía durante unas semanas en plantones de olivo cultivados en sustratos enriquecidos con 12 % de materia orgánica pero transcurrido ese periodo el plantón recuperó su crecimiento. Las curvas de respuesta al crecimiento de los plantones dependían de la dosis de materia orgánica y del producto orgánico ensayado. En ese experimento se utilizaron compost, estiércol y turba.

El objetivo del presente ensayo con estaquillas enraizadas de olivo *cv* Cornicabra en invernadero, fue evaluar el efecto de la aplicación al cultivo de estaquillas de olivo de tres tipos de lodo de estaciones depuradoras: lodo compostado (LC), residuos de poda + lodo compostado (RP+LC), lodo deshidratado por secado térmico (LD) aplicado en dosis, equivalentes a 0, 10, 20, 40, 80 y 120 t ha^{-1} en varios parámetros de crecimiento, de nutrición y de senescencia. Se estudiaron las respuestas de estos parámetros a la adición de lodos con el fin de evaluar en el material vegetal de olivo la posible toxicidad según el tipo de lodo o su dosis. Estos resultados pueden alertar en un periodo corto (tres meses) cuando se desee realizar una aplicación en campo al cultivo de olivar de estos lodos de depuradora como fertilizante o enmienda y así evitar poner en peligro la vida productora de los olivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este experimento se empleó lodo compostado, residuos de poda mas lodo compostado y lodo deshidratado. El primero es una mezcla de lodos obtenida de cinco depuradoras de Madrid (Butarque, Rejas, Sur, Sur Oriental y Valdebebas) que fueron desecados aeróbicamente durante tres meses con volteos periódicos, sin agente estructurante. Este compost se encuentra dentro de los límites que marca el Real Decreto 1310/90 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 1990) por el que se regula la utilización de lodos de depuradoras en el sector agrícola. El segundo es el mismo lodo que el primero pero lleva en su composición un 30 % de virutas de madera procedentes de residuos de poda de los árboles de Madrid. El tercero es un lodo deshidratado por secado térmico procedente de la planta de biomasa de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Valladolid.

TABLA I. CARACTERÍSTICAS DE LODOS Y ARENA

Parámetro	Arena	Lodo compostado	Residuos de poda mas lodo compostado	Lodo deshidratado
Humedad, %	-	25	39	21
Materia orgánica volátil, %	-	36.0	36.0	46.0
pH 1:2.5 H ₂ O	6.2	8.0	6.9	7.4
C.E., 1:5 dSm ⁻¹ *	0.08	5.6	1.0	2.1
N total, %	-	2.7	1.6	3.9
C orgánico oxidable, %	-	14.1	16.1	21.5
P ₂ O ₅ total, %	-	4.5	3.6	6.4
K ₂ O total, %	-	0.7	0.7	0.4
CaO total, %	-	8.7	8.1	6.7

* C.E.= Conductividad eléctrica

Las propiedades de los lodos y de la arena utilizados en el experimento se presentan en la **tabla I**. El nitrógeno orgánico se determinó por el método de Kjeldahl (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 1994). El carbono orgánico oxidable por el método de Walkey y Black (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 1994). El factor de oxidación utilizado fue 1.29, por las condiciones de oxidación empleadas: K₂Cr₂O₇ y media hora en H₂SO₄ concentrado a temperatura ambiente. La humedad, materia orgánica volátil, P₂O₅, K₂O, MgO y CaO totales se midieron por los procedimientos descritos por la AOAC (1997). También se determinaron: pH suelo/ agua= 1:2.5, conductividad eléctrica en una relación suelo/ agua= 1:5.0 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 1994).

Las concentraciones de metales pesados en los materiales empleados en el presente trabajo que se muestran en la **tabla II**, fueron determinadas mediante espectrometría de absorción atómica, previa digestión ácida con agua regia (HNO₃/HClO₄, 1:3) (AOAC 1997).

El ensayo se llevó a cabo en Madrid, entre los meses de febrero y mayo de 2001, en condiciones controladas de temperatura y de humedad. Se emplearon vasos de PVC de 0.25 L de capacidad, sin drenaje. Estos se llenaron con 250 g de arena de mar de grano fino de 0.25 a 0.30 mm, lavada y homogeneizada con la mezcla del tratamiento respectivo. Con el fin de aportar los nutrientes

necesarios para el cultivo y mantener a humedad constante se agregaron, al principio del ensayo, 50 mL por vaso de solución nutritiva (Delgado *et al.* 1999) exenta de nitrógeno formada por 0.002 M Ca SO₄2H₂O, 0.002 M Mg SO₄, 0.005 M Ca(H₂PO₄)₂ H₂O, 0.0025 M K₂ SO₄.

Los tratamientos y dosis aplicados en este ensayo se presentan en la **tabla III**.

El material vegetal utilizado fueron estaquillas enraizadas de olivo, procedentes de vivero (Denis 1998, Porras *et al.* 1998a, b, Bartual *et al.* 1999, Fontanazza *et al.* 2001). Las estaquillas llevaban ya tres meses en camas de enraizamiento con perlita y se les había previamente preparado tratándolas en su zona basal con solución de 3000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico puro. Dichas estaquillas se extrajeron a finales de febrero para su posterior ensayo en invernadero.

Se eligieron lotes de cinco estaquillas, sanas, con buen aspecto vegetativo y sistema radical, homogéneas de grosor, eliminándose las muy finas o muy gruesas. De cada estaquilla, al principio del ensayo antes de introducirlas en el vaso con su respectivo tratamiento, se controlaron los parámetros iniciales: grosor, longitud de la parte aérea, longitud del sistema radical y peso fresco.

El grosor del tallo de cada estaquilla se midió al principio del ensayo con un pie de rey (Rallo y Fernández 1999) a 8 cm del cuello de la estaquilla, marcando dos

TABLA II. METALES PESADOS EN LODOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO

Metal pesado	Lodo compostado mg kg ⁻¹	Residuos de poda mas lodo mg kg ⁻¹	Lodo deshidratado compostado mg kg ⁻¹	Limites CCE* pH<7	pH>7
Cu	330	369	105	1000	1750
Zn	1390	1270	988	2500	4000
Cr	330	369	88	1000	1500
Ni	67	62	83	300	400
Cd	<3	<3	<3	20	40
Pb	140	174	90	750	1200

*CCE= Consejo de las Comunidades Europeas (1986)

TABLA III. TRATAMIENTOS APLICADOS AL CULTIVO DE ESTAQUILLAS DE OLIVO

Tratamiento	Material adicionado por 250 g arena g	Equivalente a una aplicación de t ha ⁻¹
T	0	0
LC 10	1.02	10
LC 20	2.02	20
LC 40	4.04	40
LC 80	8.08	80
LC 120	12.13	120
RP+LC 10	1.25	10
RP+LC 20	2.49	20
RP+LC 40	4.99	40
RP+LC 80	9.97	80
RP+LC 120	14.96	120
LD 10	0.96	10
LD 20	1.92	20
LD 40	3.83	40
LD 80	7.66	80
LD 120	11.49	120

T= Testigo; LC= Lodo compostado; RP+LC= Residuos de poda mas lodo compostado; LD= Lodo deshidratado por secado térmico

puntos como referencia para volver a tomar la medida al final del ensayo. La longitud de la parte aérea y del sistema radical de cada estacilla se midieron con una regla graduada al principio del ensayo, considerando como punto de división el cuello de la planta (Rallo y Fernández 1999). Antes de introducir las estaquillas en sus respectivos vasos se pesaron en una balanza analítica anotando su peso fresco inicial.

El diseño del ensayo fue totalmente al azar, factorial de doble entrada (tipo de lodo, dosis) con cinco repeticiones por tipo de lodo y dosis. En cada vaso se puso una estacilla de olivo y luego se rellenó con la mezcla homogénea de arena más el tratamiento respectivo. Después se regó con 50 ml de solución nutritiva. Se anotó el peso total de cada vaso (arena mas tratamiento mas 50 ml de solución nutritiva mas peso estacilla), el cual se mantuvo durante el ensayo regando con agua destilada. El ensayo duró hasta que algunos brotes de las yemas axilares de las estaquillas alcanzaron 4 cm de longitud, aproximadamente en 90 días, según Guerrero (1997) esta medida marca el fin de la fase de endurecimiento.

Terminado el ensayo se extrajeron las estaquillas del sustrato para evaluar nuevamente: grosor, longitud del tallo, longitud de la raíz y peso fresco. Las estaquillas se secaron en estufa a 70 °C para obtener el peso seco. Por último se molieron y digirieron para determinar nitrógeno orgánico por el método de Kjeldahl (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 1994).

Se realizó un análisis de regresión lineal para cada uno de los tres tipos de lodos utilizados (tratamientos), de las cinco variables estudiadas: peso seco final, por-

centaje de nitrógeno total, variación de la longitud del tallo, disminución de la longitud de la raíz, disminución del grosor, disminución del peso fresco, en función de las dosis; también se aplicó un estudio de paralelismo para comparar las regresiones de los distintos tratamientos. Para la variable porcentaje de nitrógeno se decidió realizar la transformación logarítmica siguiendo el procedimiento de diagnóstico de Box y Cox (1964). Se utilizó el programa 1R del paquete estadístico BMDP (1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de regresión lineal para las cinco variables estudiadas y los tres tipos de lodo utilizados en el ensayo de cultivo con estaquillas enraizadas de olivo se presentan en la **tabla IV**.

En la **figura 1** se representan las regresiones lineales ($y = a + bx$) obtenidas para la disminución del peso fresco (g) y para el porcentaje de nitrógeno total de estacilla de olivo correspondientes a las dosis (x) de lodo compostado siendo 0= 0 t ha⁻¹, 10= 10 t ha⁻¹, 20= 20 t ha⁻¹, 40= 40 t ha⁻¹, 80= 80 t ha⁻¹ y 120= 120 t ha⁻¹.

En el ensayo, la disminución de peso fresco de las estaquillas de olivo después de tres meses de cultivo en sustrato fertilizado con tres tipos de lodo fue debida, en general a la senescencia (Rallo y Fernández. 1999) provocada por la pérdida de agua por transpiración y de hidratos de carbono de reserva (Pretel *et al.* 2001). Zucconi *et al.* (1981a) en cultivo de plantones de olivo en maceta, utilizaron un suelo arenoso al que añadieron 8 a 16 % de materia orgánica en proceso de compostado, se produjo la detención en el crecimiento y de 15 a 30 % de mortalidad.

Con el objeto de detectar la posible causa de los síntomas de fitotoxicidad en los ápices de las hojas de olivo encontrados en las experiencias de campo, Aguilar (2001) ensayó en cultivo hidropónico soluciones nutritivas con metales pesados en cultivo de estaquillas de olivo y no consiguió reproducir los síntomas de las necrosis apicales en hojas viejas de las estaquillas de olivo en ninguno de los tratamientos.

González *et al.* (2002) observaron fitotoxicidad elevada en bioensayos de germinación con semillas de berro (*Lepidium sativum* L.) tratadas con lodo compostado de partidas de 1998 y de 2000, procedentes de la misma planta de compostaje del utilizado en este ensayo. Estos autores consideran que la fitotoxicidad fue debida a causas ajenas al aumento de conductividad eléctrica, pero la partida del 2001 (la misma que se utilizó en este ensayo) provocó menor efecto fitotóxico.

Troncoso y Cerdá (1986) observaron en un ensayo de fertirrigación con estaquillas de olivo cv. Manzanilla, que con altos aportes de nitrógeno en el agua de riego

TABLA IV. REGRESIÓN LINEAL

Variable	Tipo de lodo	a	b	R ²	F	Significancia
Peso seco final	Lodo compostado	4.43	-0.0077	0.0445	1.164	ns
	Residuos poda+ l.compost	4.21	-0.0048	0.0187	0.477	ns
	Lodo deshidratado	4.85	-0.0076	0.0352	0.950	ns
N total, %	Lodo compostado	-1.03	0.0033	0.2856	10.000	*
	Residuos poda+ l. compost	-0.39	0.7661	0.1281	3.673	ns
	Lodo deshidratado	-0.37	0.1692	0.0000	0.001	ns
Var. l. tallo	Lodo compostado	0.18	0.2117	0.0001	0.002	ns
	Residuos poda+ l. compost	0.03	0.0013	0.0057	0.144	ns
	Lodo deshidratado	0.16	0.0031	0.0175	0.464	ns
Dism. l. raíz	Lodo compostado	-1.06	0.0071	0.0131	0.333	ns
	Residuos poda+ l. compost	-0.61	-0.0082	0.0734	1.979	ns
	Lodo deshidratado	-1.89	0.0073	0.0200	0.532	ns
Dism. grosor	Lodo compostado	-0.04	-0.4602	0.0019	0.047	ns
	Residuos poda+ l. compost	-0.01	-0.1912	0.0247	0.632	ns
	Lodo deshidratado	-0.04	0.2514	0.0011	0.027	ns
Dism. p. fresco	Lodo compostado	-1.70	-0.0116	0.1471	4.311	*
	Residuos poda+ l. compost	-1.69	0.4025	0.0003	0.008	ns
	Lodo deshidratado	-1.62	-0.0023	0.0039	0.102	ns

ns= no significativo, *= significativo; $p \leq 0.05$, a = intercepto, b = pendiente, R^2 = coeficiente de determinación, F = valores de la prueba estadística de Fisher

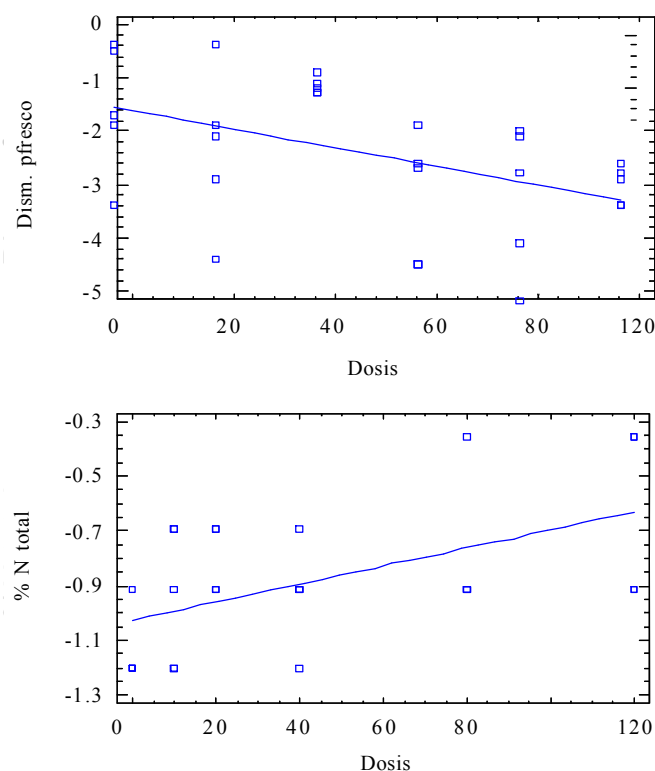


Fig. 1. Gráficas de las regresiones lineales obtenidas para la disminución de peso fresco (g): $y = -1.70 - 0.0116x$, $R^2 = 0.1471$ y para el porcentaje de nitrógeno total (%): $y = -1.03 + 0.0033x$, $R^2 = 0.2856$, de estaquilla de olivo correspondientes a las dosis (x) de lodo compostado: 0, 10, 20, 40, 80, 120 t ha⁻¹

(200 ó 300 mg L⁻¹), las plantas respondían de forma clara a la fertilización, pero cuando los suplementos de nitrógeno eran muy elevados, más de 600 mg L⁻¹, se producía un efecto salino tóxico y disminuía el desarrollo de la planta de manera muy manifiesta.

El ligero aumento de nitrógeno total en la planta por la aplicación de lodo compostado en este ensayo coincide con los resultados de Aguilar (2001), Aguilar *et al.* (2001), Beltrán *et al.* (2001b) y Gascó *et al.* (2001), en hojas de olivo fertilizado con lodo de depuradora.

En este estudio el efecto de los tratamientos residuos de poda mas lodo compostado y lodo deshidratado por secado térmico no fue significativo, excepto para el lodo compostado en el que la regresión para las variables: disminución del peso fresco y porcentaje de nitrógeno total fueron significativas, aunque los coeficientes de ajuste en ambos casos fueron muy bajos, 0.14 y 0.28 respectivamente (Fig. 1), este ensayo biológico indica que la disminución del peso fresco y el porcentaje de nitrógeno total, y en este orden, fueron variables poco sensibles para evaluar la influencia de dosis crecientes de lodos compostados. Los R^2 de estas regresiones indican que sólo 14 y 28 % de la variación de disminución de peso fresco y del porcentaje de nitrógeno total son atribuibles a la dosis de lodo compostado aplicado.

Las estaquillas enraizadas de olivo resultaron más sensibles al tratamiento con lodo compostado debido su elevada conductividad eléctrica (5.6 dSm⁻¹) frente al (1.0 dSm⁻¹) de los residuos de poda mas lodo compostado y lodo deshidratado (2.1 dSm⁻¹). Barranco *et al.* (1999) estudiaron las limitaciones que plantean las condiciones de salinidad del suelo en el cultivo del olivo y considera-

ron que una conductividad eléctrica, del extracto de saturación, de 4 dSm⁻¹ supone un grado de limitación ligero y 10 % de reducción de la producción del olivo, mientras que el valor de 5 dSm⁻¹ supone un grado de limitación moderada y 25 % de reducción de la producción del olivo. La Junta de Extremadura (1992) considera como condiciones óptimas para el cultivo del olivo un intervalo de pH entre 6.5 y 7, el valor de pH del lodo compostado utilizado en este ensayo fue de 8, muy superior al valor óptimo para el cultivo, los valores de pH para residuos de poda mas lodo compostado y de lodo deshidratado fueron 6.9 y 7.4, respectivamente.

CONCLUSIONES

La aplicación de lodos de depuradora en este ensayo con estaquillas de olivo enraizadas indica posibles efectos de toxicidad de los lodos o sus dosis que se reflejan en varios parámetros de crecimiento, nutrición y senescencia del cultivo del olivo

El experimento con el mismo material vegetal permite con mayor fiabilidad extrapolar los resultados encontrados a esta especie leñosa que es el olivo. Este ensayo puede ser un método confiable para valorar la posible respuesta del cultivo del olivo a la aplicación de estos residuos sin poner en peligro la vida productora de un árbol como es el olivo que tarda tantos años en entrar en producción y es tan longevo.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó gracias al proyecto CAO 00-014-C3-2 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 Esmeralda Suárez.

REFERENCIAS

- Aguilar M. A., de Luna E., González P., Ordoñez R. y Aguado J. M. (2000). Influence of the application of compost sewage sludge on moisture content of an olive grove soil. European Society for Soil Conservation. III International Congress Man and Soil at the Third Millennium. Valencia, pp. 101.
- Aguilar M. A. (2001). Efectos agronómicos de la aplicación de lodos de depuradora compostados en suelos de olivar. Tesis Doctoral. Córdoba. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes. Universidad de Córdoba, España.
- Aguilar M. A., Ordoñez R., de Luna E. y González P. (2001). Estado nutricional de un olivar enmendado con lodos de depuradora compostados. X Simposium Internacional del Aceite de Oliva. Expoliva 2001 (www.oliva.net/expoliva2001-Comunicaciones OLI-15, 2001).
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemist) (1997). Official Methods of Analysis (P. Cuniff, Ed.) 16a. edition. Vol II, Garthersburg, Maryland.
- Barranco D., Fernández-Escobar R. y Rallo L. (1999). *El cultivo del olivo*. Mundi-Prensa. Madrid. 701 p.
- Bartual J., Valdés G., Ortiz M. e Iñiguez A. (1999). Respuesta a la multiplicación con nebulización de estaquillas semi-leñosas de diferentes variedades de olivo (*Olea europaea* L.) cultivadas en la Comunidad Valenciana. *Comunitat Valenciana Agraria* 15, 33-36.
- 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, pp. 826.
- Beltrán E. M., Miralles de Imperial R., Porcel M. A., Delgado M. M., Bellido N., del Moral R. y Bigeriego M. (2000a). Fertilización del olivar con lodos de depuradora. *Vida Rural* 100, 45-47.
- Beltrán E. M., Miralles de Imperial R., Porcel M. A., Delgado M. M. y Bigeriego M. (2000b). Evaluation of the sewage sludge compost effects on olive grove soils. European Society for Soil Conservation. III International Congress Man and Soil at the Third Millennium. Valencia, pp. 229.
- Beltrán E. M., Miralles de Imperial R., Porcel M. A., Delgado M. M., García J. y Bigeriego M. (2001a). Method of composting sewage sludge to use in agriculture. Proceedings Sardinia 2001 Eighth International Waste Management and Landfill Symposium. (CISA editorial.), Cagliari, Vol. 5, pp. 399-404.
- Beltrán E. M., Miralles de Imperial R., Porcel M. A., Delgado M. M. y García J. (2001b). Efecto de la aplicación del compost de lodo de depuradora como fertilizante en el olivar. X Simposium Internacional del Aceite de Oliva. Expoliva 2001. (en Internet página www.oliva.net/expoliva2001-Comunicaciones 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). 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, Beijing, Vol III, pp. 395-402.
- BMDP (1992). *Statistical software manual* (W. J. Dixon, Ed.) Los Ángeles. Vol.2, pp. 989-1007.
- Benlloch M. y de Andrés F. (1972). *Clave sistemática para reconocer los agentes patógenos del olivo*. Ministerio de Agricultura-Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica. Madrid. 81 p.
- Box G. E. P. y Cox D. R. (1964). An analysis of transformations). *J. R. Statist. Soc.* 26, 211-246.
- Consejo de las Comunidades Europeas (1986). Directiva del Consejo 86/278/CEE de 12 de Junio de 1986, relativa a la

- utilización de los lodos de depuradora en agricultura. Diario Oficial de la Comunidades Europeas de 4 de Julio de 1986.
- 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., Miralles de Imperial R., Porcel M. A., Beltrán E. M., Beringola L., Martín J. V. y Bigeriego M. (2002). Ensayo sobre el efecto como fertilizantes del compost de lodo y del RSU, para su empleo en la forestación de tierras agrarias. *Montes.* 67, 54-58.
- Denis J. F. (1998). Les methodes de multiplication de l'olivier. *Nouvel Olivier* 6, 8-11.
- Fontanazza G., Bartlozzi F. y Cipriani M. (2001). Nuevo sistema de cultivo de plantas madre para la multiplicación en continuo del olivo. *Olivae* 89, 42-46.
- Gascó G., Alonso J., Sastre I., Martínez Iñigo M.J., Vicente M. A. y Lobo M. C. (1999). Application of sewage sludge in an olive grove in central Spain. 6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate (J. Bech, Ed.) Barcelona, pp. 873-874.
- Gascó G., Vicente M. A., Martínez Iñigo M. J., Sastre I., Yébenes L., Guerrero A. y Lobo M. C. (2000). Nitrogen dynamic in an olive grove amended with sewage sludge. European Society for Soil Conservation. III International Congress Man and Soil at the Third Millennium, Valencia, pp. 241.
- Gascó G., Martínez M. J., Alonso J., Vicente M. A. y Lobo M. C. (2001). Utilización agrícola de lodos de depuradora: aplicación al olivar madrileño. *Boletín Agrario* 30, 31-35.
- González P., Ordoñez R., Giráldez J. V., Aguilar M. A., Miralles de Imperial R., Bigeriego M., Delgado M. M., Porcel M. A., Beltrán E. M.; Lobo C., Vicente M. A. y Gascó G. (2002). Utilización de lodos de depuradoras en la conservación del suelo de los olivares y como enmienda orgánica. *Jornadas Técnicas del Aceite de Oliva. Difusión de Resultados de Investigación Programa de Investigación de Mejora de la Calidad de la Producción del Aceite de Oliva.* Ministerio de Ciencia y Tecnología-Secretaría de Política Científica y Tecnológica- INIA. Madrid, 95-100.
- Guerrero A. (1997). *Nueva Olivicultura*. Mundi-Prensa, Madrid. 281 p.
- Junta de Extremadura (1992). *Interpretación de Análisis de Suelo, Foliar y Agua de Riego. Consejo de Abonado (Normas Básicas)*. Coedición Junta de Extremadura Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 280 p.
- 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 Noviembre de 1990.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (1994). *Métodos Oficiales de Análisis*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. Tomo III, 662 p.
- Ordoñez R., Aguilar M.A. y González P. (1999). Effect of the application of water-purifier sludge compost on the yield and nutritional state of the olive tree. *Proceedings 6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate* (J. Bech, Ed.), Barcelona, pp. 308.
- 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.
- Polo M. J., Ordoñez R. y Giráldez J. V. (1997). *Uso agrícola de lodos de depuradoras*. Comunicación I+D 23/97. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla. 52 p.
- Pomares F. y Canet R. (2001). Los residuos orgánicos utilizables en agricultura: origen, composición y características. En: *Aplicación agrícola de residuos orgánicos*. (J. Boixadera y M. Rosa Teira, Eds.). Edicions de la Universitat de Lleida. Lleida, 356 p.
- Porras A., Soriano M. L. y Solana P. (1998a). Mejoras técnicas en la propagación del olivo bajo nebulización. *Olivae* 74, 58-61.
- Porras A., Soriano M.L., Perez C., Couceiro J., Solana P., Prado M.A. y Moraga J.R. (1998 b). Enraizamiento de estaquillas semileñosas de olivo cv. Cornicabra: Influencia de la densidad de plantación de las estaquillas y de la hormona utilizada. *Agricultura* 786, 60-62.
- Pretel M. T., Serrano M., Fernández-Parra P., Fernández-Escamez P. y Romojaro F. (2001). Aplicación de una nueva solución conservante para prolongar la vida comercial útil en post-recolección de especies florales climatéricas. *Plantflor* 85, 48-54.
- Troncoso A. y Cerdá A. (1986). Acción del nitrógeno sobre el desarrollo y la composición mineral de plantas de olivo. *Olea* 17, 161-163.
- Rallo L. y Fernández R. (1999). *Diccionario de Ciencias Hortícolas*, Mundi-Prensa, Madrid, 605 p.
- Zucconi F., Pera A., Forte M. y Bertoldi M. (1981). Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle* 2, 4-7.
- Zucconi F., Pera A., Forte M. y Bertoldi M. (1981a). Biological evaluation of compost maturity. *BioCycle* 4, 27-29.