

UTILIZACION DE RESIDUOS URBANOS COMO FERTILIZANTES ORGANICOS

T. Hernández, C. García, F. Costa, J. A. Valero y M. Ayuso

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (C. S. I. C.).

Apartado 4195, 30080 Murcia. España.

RESUMEN

Se ha adicionado a un suelo calizo diversos residuos de origen urbano en tres dosis (60, 120 y 180 t ha⁻¹) con el fin de estudiar su efecto sobre un cultivo de *Lactuca sativa*. Con el lodo fresco y con los residuos compostados se obtuvieron rendimientos significativamente superiores al control, existiendo un efecto adverso cuando se aplicaba al suelo residuo sólido urbano fresco en dosis elevadas. Las concentraciones de N y P en plantas crecidas sobre suelo enmendado, especialmente con dosis máximas, superaban significativamente al control; así mismo, la concentración de Zn en dichas plantas era superior a la del control.

En los suelos enmendados con dosis de 180 t ha⁻¹ existía después del cultivo una concentración de N y P (total y extraíble) superior a la determinada en el suelo control, especialmente cuando la enmienda se realizaba con lodo.

Palabras clave: Compost. Lechuga. Lodo de depuradora. Macroelementos. Metales pesados. Rendimiento. Residuo sólido urbano.

SUMMARY

UTILIZATION OF MUNICIPAL WASTES AS ORGANIC FERTILIZERS

Several wastes of urban origin were added to a calcareous soil in 3 different doses (60, 120 and 180 t ha⁻¹) in order to study their effect on the cultivation of *Lactuca sativa*. Yields significantly greater than the control were obtained with fresh sewage sludge and composted wastes, with adverse results when fresh city refuse was added in high doses. The latter probably contained phytotoxic substances not present in the sewage sludge or the high N and P content of the sewage sludge was able to overcome any negative effects. The N and P concentrations in plants grown in treated soil, especially at maximum doses, exceeded those in the control; similarly the Zn concentration in the plants was higher than in the control.

In the soils treated with 180 t ha⁻¹, concentrations of N and P (total and available) after cultivation were higher than in the control, especially in the case of sewage sludge.

Key words: Compost. Lettuce. Sewage sludge. Macroelements. Heavy metals. Yield. Municipal solid waste.

INTRODUCCION

Existe en la actualidad bastante controversia sobre la utilización con fines agrícolas de lo que se denominan enmendantes o fertilizantes orgánicos procedentes de residuos orgánicos de carácter urbano.

Parece claro que, frente a la enorme producción de residuos urbanos generados en las grandes ciudades (residuos sólidos urbanos y lodos de depuradora), el darles una salida racional mediante su adición a los suelos (ya sea con el fin de regenerarlos o bien como enmendantes orgánicos) presenta una serie de ventajas: de una parte, se consigue aumentar los contenidos de los suelos en materia orgánica, hecho muy a tener en cuenta en zonas agrícolas mediterráneas en las cuales su escasez es altamente preocupante (Albaladejo *et al.*, 1988); asimismo, se suministran nutrientes y oligoelementos contenidos en dichos residuos. De otra parte, si consideramos que la fracción orgánica de un residuo sólido urbano supone el 40-50 % de su peso total, la utilización de dicha fracción en agricultura presupone una considerable reducción del volumen de residuos, con el beneficio medioambiental que ello representa. (Costa *et al.*, 1991).

Pero no todo son ventajas en el empleo agrícola de los residuos; existen problemas derivados de los

contenidos en metales pesados, a veces excesivamente elevados, que incorporan (McGrath *et al.*, 1988); se han descrito también numerosas experiencias en las que su empleo ha producido fenómenos adversos en cosechas, como consecuencia de sustancias fitotóxicas que pueden incorporar (metabolitos de origen orgánico, etc.), (Iglasias-Jiménez y Pérez García, 1989). Algunos de estos problemas han sido solucionados sometiendo los residuos a procesos de fermentación acelerados (compostaje) con los cuales, además de conseguir estabilizar la materia orgánica, se consigue reducir o eliminar sustancias fitotóxicas (García, 1990).

A la vista de lo expuesto puede resultar de interés el empleo agrícola de residuos, siempre que se posea un conocimiento exhaustivo de los mismos con el fin de evitar riesgos innecesarios. En este trabajo se ha estudiado la influencia que sobre un cultivo de lechuga ejerce la adición a un suelo típico del sureste español, de dosis diferentes de una serie de residuos orgánicos de carácter urbano, frescos y compostados. Después de dicho cultivo se ha estudiado el efecto residual de estos productos, determinando la disponibilidad en nutrientes, para un próximo cultivo, del suelo enmendado en relación al control.

MATERIALES Y METODOS

Los materiales empleados fueron: un lodo aerobio de depuradora de

aguas residuales urbanas (L); la fracción orgánica de un residuo sólido

urbano fresco, producido en Murcia (RSU); un compost producido con dicha fracción orgánica, y otro, formado por mezcla de esta fracción orgánica de RSU y un lodo aerobio, en la proporción 1/1 en carbono orgánico total (L-RSU), actuando el RSU como agente estructurante. Los procesos de compostaje se realizaron en pilas abiertas al aire, y con volteos periódicos del material, controlando que la humedad durante el proceso fuese del 40-60 %; la temperatura máxima alcanzada fue de 72 °C en la pila de RSU y de 68 °C en la de L-RSU; la duración del compostaje fue de 3 meses, permaneciendo luego estático el material, a temperatura ambiente, 4 meses para conseguir la estabilización de la materia orgánica (Zuconi y De Bertoldi, 1987).

Los materiales se adicionaron a un suelo calizo, cuyas características aparecen en la Tabla 1, en dosis de 60, 120 y 180 t ha⁻¹, colocando las

mezclas (por cuadruplicado) en contenedores de 25 Kg de capacidad, junto con un control. Sobre ellos se plantó *Lactuca sativa*, fertilizando todos ellos con una fertilización NPK de base, adecuada a este cultivo, no volviendo a fertilizar en los 2 meses y medio de duración de la experiencia.

Los análisis efectuados sobre los materiales ensayados, en el material vegetal molido y seco a 55 °C, y en las mezclas con suelo fueron los siguientes: pH y conductividad eléctrica, sobre extracto acuoso en relación sólido-líquido 1/10; N total y extraíble con KCl 2N, por el método Kjeldhal; N (NO₃⁻) sobre extracto acuoso (Abs 210 — Abs 270 nm) (Bolarin *et al.*, 1982), y el N (NH₄⁺) espectrofotométricamente, sobre extracto acuoso, mediante la reacción con el azul de indofenol (Am. Public Health Association, 1985). P y K total y metales pesados, directamente sobre la diges-

TABLA 1

Características del suelo empleado.

		Metales pesados (mg kg ⁻¹)	
		Total	Ext. DTPA
Arena, %	30.3	Fe 4915	3
Limo, %	53.1	Cu 17	1
Arcilla, %	17.6	Mn 308	8
CaCO ₃ , %	46.9	Zn 42	1
Capacidad de retención hídrica (15 atm)	11.9	Ni 67	Trazas
CCC, cmol _c kg ⁻¹	12.1	Cr 39	Trazas
pH (H ₂ O)	8.7	Pb 56	Trazas
Carbón orgánico total, %	0.33		
N total, %	0.0046		
N extraíble en KCl 2N %	0.00039		

ción nítrico-perclórico de las muestras; los metales pesados, por absorción atómica; el P total y el extraíble con NaHCO_3 0.5M a pH 8.5, según método de Murphy and Riley (1962); el K total y el extraíble con NH_4Ac 0.5M, por fotometría

de llama. El carbono orgánico total (C. O. T.), el extraíble con $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0.1M a pH 9.8, así como la fracción de éste que precipita a pH 2 y la soluble en agua, según el método de Yeomans and Bremner (1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas 2 y 3 se exponen diversos parámetros químicos de los materiales empleados en la experiencia. Es de destacar los bajos valores de C. O. T. en los dos composts respecto a los residuos frescos, como consecuencia de la mineralización existente durante el proceso de compostaje, así como los bajos valores en dichos composts de las fracciones de carbono más lábiles y por tanto, fácilmente atacables

por los microorganismos (C no precipitado a pH 2 y C soluble en H_2O); esto puede indicar que es en ellos, donde deben encontrarse las estructuras más estables y condensadas, formadas quizás en la resíntesis y humificación existente durante el compostaje (García *et al.*, 1991).

En cuanto a los nutrientes contenidos en los materiales, resaltaremos el elevado valor de fósforo total y extraíble y de nitrógeno total para

TABLA 2

Características de los residuos orgánicos y sus composts (m. s. 105°).

	Lodo	RSU		L-RSU	
		Fresco	Comp.	Fresco	Comp.
pH	6.77	7.80	7.13	7.22	7.50
C. E., mS cm^{-1}	3.37	4.65	3.69	4.98	3.27
C. O. T., %	31.80	25.60	11.42	25.49	11.95
C. Extraíble, %	3.20	8.63	2.27	6.40	2.20
C no precipit. pH 2, %	2.82	2.39	0.79	3.46	1.07
C precipitado pH 2, %	0.38	6.24	1.48	2.94	1.13
C hidrosoluble, %	1.00	1.70	0.28	2.28	0.23
N total, %	3.35	1.02	1.03	1.93	1.18
C/N	9.49	25.09	11.04	13.20	10.11
K total, %	0.30	0.64	0.41	0.67	0.61
K extraíble, %	0.26	0.38	0.31	0.40	0.41
P total, %	1.90	0.16	0.26	0.51	0.64
P extraíble, %	0.17	0.051	0.04	0.075	0.07

TABLA 3

*Metales pesados contenidos en los materiales empleados como fertilizantes
(mg kg⁻¹, m. s. 105°).*

	Lodo	RSU	Comp. - RSU	Comp. - L - RSU
Fe	20600	6800	11473	16525
Cu	171	144	174	152
Mn	193	372	471	364
Zn	784	530	618	623
Cr	84	210	235	103
Ni	105	235	340	194
Pb	115	171	202	224
Cd	2	Trazas	5	6

el lodo fresco; esto puede atribuirse a su alto contenido en proteínas (N orgánico), y a los polifosfatos procedentes de los detergentes.

Los contenidos en metales pesados (Tabla 3) no son preocupantes, estando todos ellos por debajo de los límites aceptados por la legislación española en compuestos de este tipo. El RSU contiene mayor proporción de Mn, Cr, Ni y Pb, que el lodo, siendo en este último más elevado el contenido en Fe.

Los rendimientos en peso fresco obtenidos con los diferentes productos y dosis ensayados, junto con el control, se exponen en la figura 1. Los mayores rendimientos en todas las dosis fueron obtenidos cuando se adicionó lodo fresco, teniendo diferencias significativas tanto con el control, como con los demás tratamientos. No se observó con el empleo de este producto ningún efecto depresivo, ya que los rendimientos aumentan con la dosis aplicada. Esto

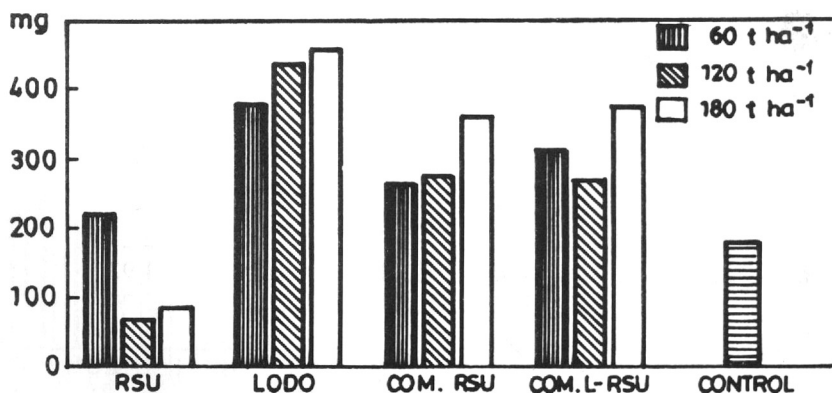


FIG. 1.—Rendimientos de lechuga en peso fresco.

puede ser debido, por un lado, al hecho de que el lodo ha sufrido una primera digestión en la planta depuradora, con lo cual parte de los metabolitos orgánicos tóxicos que pudiesen incorporar, se habrán degradado; también puede deberse a que el efecto positivo que produce su aplicación, como consecuencia de su elevado contenido en N y P, supere algún efecto negativo que pueda tener.

Sin embargo, no se puede obviar el hecho de que este residuo, al no haber sufrido un proceso de esterilización a temperatura elevada, puede contener organismos patógenos, perjudiciales desde el punto de vista de la salud.

En este sentido, debemos indicar que en el caso de ambos composts, cuya adición en cualquiera de las dosis hace que las plantas también superen ampliamente al control, en particular cuando se aplican 180

t ha⁻¹, no debe existir problema de patógenos, puesto que el proceso de compostaje lleva implícito una esterilización, ya que durante el mismo se alcanzan temperaturas de hasta 70 °C.

Un caso particular es el de los rendimientos alcanzados en plantas abonadas con RSU fresco: si la adición es de 60 t ha⁻¹, se supera al control, pero si se aumenta la dosis, se produce un fuerte efecto depresivo; esto puede ser debido a la existencia de sustancias fitotóxicas que influyen negativamente a partir de una cierta concentración; también podría ocurrir que con la aparición de una gran cantidad de microorganismos en el suelo, como consecuencia de la aplicación de un residuo fresco, éstos compitan con la planta por el N del suelo, afectando por tanto negativamente al desarrollo de las mismas. No se puede descartar el efecto negativo que puede tener la adición al

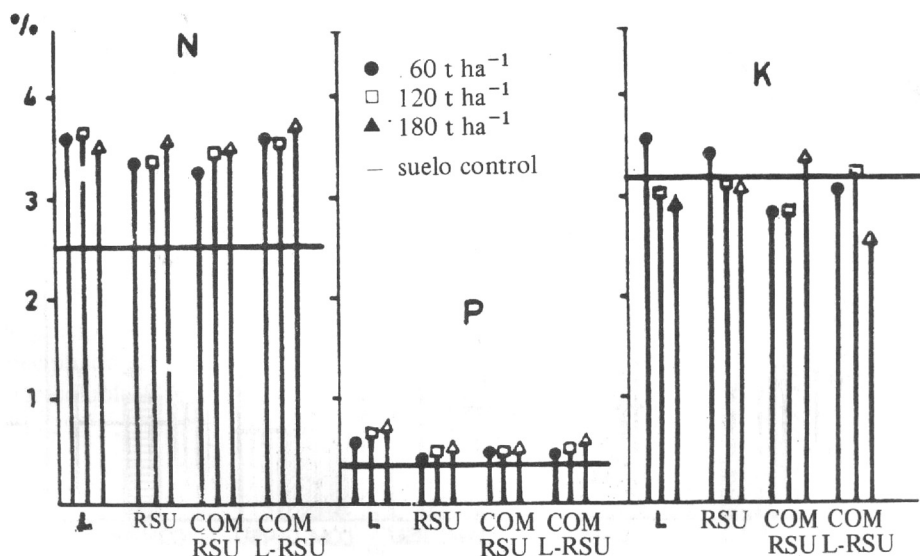


FIG. 2.—Concentración de macroelementos en planta.

suelo de este residuo, en el sentido de aumentar su temperatura, producir asfixia radicular, etc.

La concentración en nitrógeno de las plantas desarrolladas en los suelos enmendados (Fig. 2), era superior al control en todos los casos, no observándose diferencias apreciables entre las distintas dosis. El hecho de que el nitrógeno determinado en plantas que han tenido adición de RSU fresco siga siendo mayor que el de plantas control puede hacer descartar la hipótesis de que dichas plantas compitan con los microorganismos por este nutriente; esto corroboraría la existencia de sustancias fitotóxicas en el RSU fresco.

La concentración de fósforo en planta sí muestra variaciones con la dosis adicionada, aumentando con ésta (Fig. 2): las aplicaciones de 180 t ha⁻¹ hacen que las plantas tengan cantidades de fósforo significativamente superiores a las del control (sea cual sea el tratamiento). Los mayores valores aparecen al aplicar lodo fresco y el compost que incor-

pora lodo, debido sin duda a la mayor cantidad de este elemento que dicho residuo aporta.

Las plantas control presentan pocas diferencias con las crecidas en el suelo enmendado en lo que a concentración de potasio se refiere (Fig. 2). Este elemento, junto con el nitrógeno, son claramente mayoritarios en la planta. En algunos casos, cuando se adicionan dosis máximas de residuos, se observa una disminución de concentración de potasio respecto a plantas con adiciones menores, sin embargo, dichas diferencias no aparecen como significativas al realizar el análisis de la varianza.

De los metales pesados determinados en planta (Fig. 3) el Zn presenta las mayores diferencias entre las plantas crecidas sobre el control y aquéllas obtenidas con fertilización orgánica; estas diferencias aumentan conforme aumenta la dosis de residuo. Esto es indicativo de que las adiciones de residuos urbanos hacen que las plantas absorban más Zn, lo que conviene tener presente en

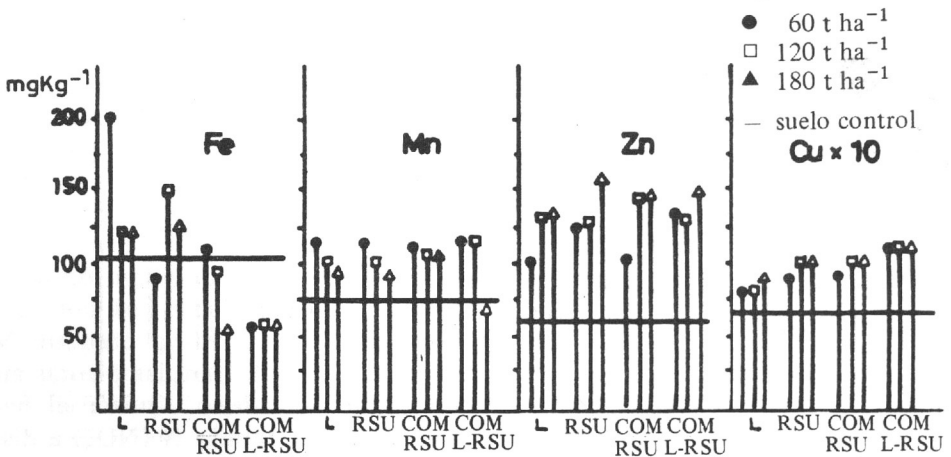


FIG. 3.—Concentración de metales pesados en planta.

TABLA 4

pH y Conductividad eléctrica del suelo después del cultivo.

	60 t ha ⁻¹		180 t ha ⁻¹	
	pH	μS cm ⁻¹	pH	μS cm ⁻¹
Suelo + L	7.89a	429a	7.25b	581a
Suelo + RSU	8.02a	318c	7.99a	428a
Suelo + Comp. RSU	8.09a	381ab	8.05a	467a
Suelo + Comp. L-RSU	8.04a	357bc	8.07a	502a
Suelo Control	8.20a	286c	8.20a	286b

Para cada columna, los valores seguidos de igual letra no difieren significativamente, al nivel del 95 %, según el test de Duncan.

cultivos sensibles a dicho elemento. No ocurre lo mismo para los demás metales determinados (Fe, Mn y Cu), donde se detectan valores que no tienen diferencias significativas con el control.

Una vez realizado el estudio sobre planta, en los contenedores donde se adicionó la dosis mínima y máxima de residuos, se determinaron algunos parámetros, comparándolos con los determinados en el contenedor con suelo solo (control).

Los valores de pH no se alteran con el aumento de la dosis (Tabla 4); con la adición de residuos disminuyen dichos valores con respecto al control; pero estas diferencias no son significativas en la mayoría de los casos. La conductividad eléctrica aumenta con la dosis, siendo los valores de los suelos enmendados significativamente superiores a los del control; podemos decir por tanto que la adición de residuos urbanos, frescos o compostados provoca en un suelo calizo después de un cultivo de ciclo corto un aumento de sales,

mayor cuando el residuo adicionado es un lodo de depuradora fresco.

Después del cultivo, el nitrógeno total que queda en el suelo enmendado (Tabla 5), es significativamente superior al control, aumentando además la concentración de dicho nutriente con la dosis; las mayores concentraciones se registran cuando los residuos están compostados. El N (NO₃⁻) también aumenta con las dosis, pero las mayores diferencias con respecto al control aparecen cuando el residuo aplicado es lodo fresco en dosis elevadas (180 t ha⁻¹). Este hecho puede ser indicativo de que el nitrógeno orgánico que contiene el lodo sufre en el suelo procesos de mineralización, originando nitrógeno asimilable de forma más rápida a como lo originan los RSU frescos o compostados; es por ello que en el suelo queda bastante N (NO₃⁻) disponible para las plantas en un siguiente cultivo. Quizás el hecho de haber tenido N (NO₃⁻) a disposición del primer cultivo ha sido el causante de que los rendimientos

TABLA 5

Nitrógeno total, N (NO₃⁻) y N (NH₄⁺) del suelo después del cultivo (mg kg⁻¹, m. s. 105°).

	60 t ha ⁻¹			180 t ha ⁻¹		
	N total	N (NO ₃ ⁻)	N (NH ₄ ⁺)	N total	N (NO ₃ ⁻)	N (NH ₄ ⁺)
Suelo + L	480b	71a	20a	860b	288a	24a
Suelo + RSU	550b	28b	2b	770b	53b	3b
Suelo + Comp. RSU . .	710a	33b	1b	970ab	61b	2b
Suelo + Comp. L-RSU .	670a	35b	1b	1150a	66b	3b
Suelo Control	360c	32b	1b	360c	32b	1b

Para cada columna, los valores seguidos de igual letra no difieren significativamente, al nivel del 95 %, según el test de Duncan.

obtenidos con este residuo hayan sido los mayores (Fig. 1).

Las cantidades de N (NH₄⁺) detectadas en el suelo control y los suelos enmendados son insignificantes; sólo se aprecia una cantidad algo mayor con la adición de lodo fresco. Ello confirma que los procesos de

amonificación y nitrificación (procesos realizados por bacterias nitrosomonas y nitrobacter) tienen lugar sobre todo en los suelos donde se adicionan lodo de depuradora.

Después del cultivo, el contenido en fósforo total (Tabla 6) de los suelos enmendados supera al del

TABLA 6

Fósforo total y extraíble y relación P extr/P total × 100 del suelo después del cultivo (mg kg⁻¹, m. s. 105°).

	60 t ha ⁻¹			180 t ha ⁻¹		
	P total	P extra.	P extr/P total × 100	P total	P ext.	P ext/P total × 100
Suelo + L	315ab	92a	29.20	510a	245a	48.00
Suelo + RSU	295b	65c	22.00	387b	81c	20.93
Suelo + Comp. RSU . .	360a	83a	23.05	430ab	140b	32.56
Suelo + Comp. L-RSU .	362a	82a	22.65	464a	158b	34.05
Suelo Control	289b	43c	14.87	289c	43d	14.87

Para cada columna, los valores seguidos de igual letra no difieren significativamente, al nivel del 95 %, según el test de Duncan.

TABLA 7

Potasio total y extraíble del suelo después del cultivo (m. s. 105°).

	60 t ha ⁻¹		180 t ha ⁻¹	
	K total %	K ext. (mg kg ⁻¹)	K total %	K ext. (mg kg ⁻¹)
Suelo + L	0.73a	173a	0.72a	207b
Suelo + RSU	0.73a	217a	0.71a	415a
Suelo + Comp. RSU	0.75a	185a	0.74a	219b
Suelo + comp. L-RSU	0.77a	209a	0.73a	245b
Suelo Control	0.73a	167a	0.73a	167b

Para cada columna, los valores seguidos de igual letra no difieren significativamente, al nivel del 95 %, según el test de Duncan.

suelo control; dichas diferencias son muy significativas para la dosis de 180 t ha⁻¹. Cuando se observa el fósforo extraíble, las diferencias sobre el control son más elevadas, en particular cuando el producto adicionado es lodo fresco o compost de lodo. En todos los casos, la relación P extr./P total × 100 supera en suelos enmendados al control, alcanzando valores del 48 % cuando el residuo adicionado es lodo; por contra, si el enmendante adicionado es RSU fresco, su valor está en torno al 20 %. Esto puede deberse al hecho de que la masa de microorganismos que se crea en el suelo con la adición de RSU fresco hace que parte del fósforo inorgánico presente en

dicho suelo sea incorporado a sus propias estructuras, lo que supondrá la retirada del medio de dicho fósforo inorgánico.

El contenido en potasio total de los suelos enmendados es similar al del control; independientemente de la dosis de aplicación (Tabla 7). Sin embargo, se aprecia un mayor valor de potasio extraíble cuando se adiciona al suelo RSU fresco en dosis altas, posiblemente debido a que en las plantas crecidas sobre dicho suelo, al tener un bajo rendimiento, la absorción de potasio fue escasa, con lo cual este elemento permanece en el suelo disponible para el próximo cultivo.

CONCLUSIONES

Los rendimientos en planta superan al control cuando el suelo es fertilizado con lodo fresco o con residuos compostados; si se adiciona al suelo RSU fresco en dosis

elevadas, los rendimientos son más bajos que el control. Es posible que el lodo, al haber sufrido una digestión en la planta depuradora, disminuya su contenido en sustancias fito-

tóxicas, o bien que su elevado contenido en N y P contribuya a obtener rendimientos elevados; por contra, es posible que el RSU fresco, además de contener sustancias fitotóxicas que actúen negativamente sobre la plántula, produzca otros fenómenos adversos al aplicarlo al suelo, tales como elevación de la temperatura asfixia radicular, etc.

Las plantas crecidas sobre suelo enmendado poseen concentraciones de N y P mayores que el control, sobre todo cuando las dosis de aplicación son elevadas; esto confirma el

poder fertilizante de estos productos. Los contenidos en Zn de estas plantas también son mayores significativamente que los del control. Se ha puesto de manifiesto el efecto fertilizante residual de estos materiales en cuanto a N y P se refiere. Así, en los suelos enmendados con dosis máxima, se detectan después del cultivo cantidades mayores de N y P total y extraíble que en el suelo control; las cantidades de extraíbles son mayores cuando el residuo adicionado es lodo.

BIBLIOGRAFIA

- ALBALADEJO, J., CHISCI, G., GABRIELS, D., RUBIO, J. L. and STOCKING, M. A., 1988. Soil degradation and its impact as desertification: A research desing for mediterranean environments. *Soil Technology*, 1: 169-174.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1975. *Standard Methods for the examination of water and waste waters*. Washington, D. C.
- BOLARIN, M. C., ROMERO, M. y CARO, M., 1982. Determinación de fenoles y formas de N en aguas. Conservación de las muestras y tratamiento previo. *An. Edafol. Agrobiol.*, 41: 9-10.
- COSTA, F., GARCIA, C., HERNANDEZ, T. y POLO, A., 1991. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Ed. CSIC-CEBAS. Murcia.
- GARCIA, C., 1990. Estudio del compostaje de resíduos orgánicos. Valoración agrícola. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- GARCIA, C., HERNANDEZ, T., COSTA, F. and DEL RIO, J. C., 1989. Study of the lipidic and humic fractions from organic wastes before and after the composting process. *The Science of the Total Environment*, 81/82: 551-560.
- IGLESIAS JIMENEZ, E. and PEREZ GARCIA, V., 1989. Evaluation of city refuse compost maturity: A review. *Biological Wastes*, 27: 115-143.
- MACBRATH, S. P., SANDERS, J. R. and SHALABY, M. H., 1988. The effect of soil organic matter levels on soil solution concentrations and extractabilities of manganese, zinc and copper. *Geoderma*, 42: 177-188.
- MURPHY, J. and RILEY, J. P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.*, 27: 31-36.
- YEOMANS, J. C. and BREMNER, J. M., 1988. A rapid and precise method for rutine determination of organic carbon in soil. *Commun. in Soil Sci. Plant Nutr.*, 19: 1467-1476.
- ZUCCONI, F. and DE BERTOLDI, M., 1987. Compost specification for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In: "Compost: production, quality and use". Ed. M. De Bertoldi, M. P. Ferranti, P. L'Ermitte, F. Zucconi. Elsevier Applied Science. London.

Recibido: 17-10-91.

Aceptado: 9-4-92.