

EFFECTO RESIDUAL DE DIFERENTES RESIDUOS ORGANICOS SOBRE UN CULTIVO DE CEBADA

F. Costa*, T. Hernández*, C. García*, M. Ayuso*,
J. A. Pascual* y A. Polo**

* *Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (C.S.I.C.).
Apartado 4195. 30080 Murcia.*

** *Centro de Ciencias Medioambientales (C.S.I.C.).
Serrano, 115. 28006 Madrid.*

RESUMEN

En un suelo al que se ha añadido un residuo agroindustrial Alpechín, en dosis de 1 y 4 L. un residuo sólido urbano y su compost (80 t ha⁻¹), un compost de residuo sólido urbano procedente de Madrid (RSU-M) y otro mezcla de lodo y residuo sólido urbano (L-RSU-Mu) en dosis de 20 y 80 t ha⁻¹, se ha estudiado, después de realizar un cultivo de lechuga, el efecto residual de estos productos sobre un cultivo de cebada.

A excepción del Alpechín y la dosis baja del L-RSU-Mu, todos los demás tratamientos proporcionaron rendimientos superiores al control. El N y P se concentraba más en grano que en paja, mientras que con el Ca, Mg, Na y K ocurría lo contrario. En general, todos los tratamientos mostraron un efecto positivo en cuanto a la concentración de N y P en paja y grano. La dosis alta de los composts hace que aumente la concentración de Mg en paja mientras que los tratamientos no influyen en la concentración de Ca, Na y K en grano o paja. La dosis altas de los composts incrementaba la absorción de Zn y Cu por la cosecha y sólo algún tratamiento incrementaba la absorción de Fe o Mn. Sólo se detectaron trazas de Ni, Cr, Cd o Pb en grano o paja, lo que indica que no hay problemas de contaminación por metales pesados.

Palabras clave: Cebada. Compost. Macronutrientes. Micronutrientes. Rendimiento. Residuo Urbano.

SUMMARY

RESIDUAL EFFECT OF DIFFERENT ORGANIC RESIDUES ON BARLEY CROP

The residual effect of the addition of organic wastes as fertilizers on a barley crop after lettuce cultivation was studied. A soil amended with Alpechín (at rates of 1 and 4 litres), a fresh, composted municipal solid waste (80 t ha⁻¹) and a municipal solid waste compost from Madrid and a compost obtained from a mixture of sewage sludge and municipal solid waste (both at rates of 20 and 80 t ha⁻¹) were used in this experiment.

Except for the Alpechín and the sludge-municipal solid waste compost at the rate of 20 t ha⁻¹, all treatments showed yields higher than the control one. N and P concentrations of grain were higher than those of straw, unlike concentrations of Ca, Mg,

Mn and K. Compared with the control, all treatments increased the concentration of N and P both in grain and straw. Composts at high rates increased the Mg content of the straw while K, Na and Ca concentrations were not affected by the treatments. Composts at the rate of 80 t ha⁻¹ also increased the uptake of Zn and Cu by the crop, but only some treatment increased the uptake of Fe and Mn. Only traces of Ni, Cr, Cd and Pb were detected. This indicates that there is no risk of heavy metal contamination.

Key words: Barley. Compost. Macronutrients. Micronutrients. Urban waste. Yield.

INTRODUCCION

La acumulación de residuos orgánicos, en particular los de origen urbano tales como los lodos de depuradora y los residuos sólidos es un problema que ha despertado un creciente interés, en particular en los últimos años, dados los posibles efectos negativos de su impacto medioambiental. Un adecuado tratamiento de estos residuos y el compostaje de su fracción orgánica permite, por una parte, su eliminación del medio ambiente y por otra, reciclar sus diversas fracciones convirtiendo la putrescible en un producto apropiado para su uso agrícola.

Los composts representan una fuente de materia orgánica y nutrientes para el suelo y por ello son productos útiles para mejorar las propiedades físicas del mismo (Pagliai *et al.*, 1981; Guidi *et al.*, 1982; Nogales *et al.*, 1984; Hernando, 1987). Sin embargo, en algunos casos pueden causar efectos negativos debido a la presencia de metales pesados y a su posible transferencia a las plantas y a la cadena alimentaria.

La utilización de residuos y composts como fertilizantes ha dado lugar a numerosos estudios, tanto de campo como en invernadero, examinados a evaluar la capacidad fertilizante de estos productos (Gar-

cía *et al.*, 1991 y 1992), siendo los resultados obtenidos, en general, positivos. (Díaz, 1990).

Algunas investigaciones han demostrado que los composts son menos eficaces que una fertilización mineral de NPK en cultivos de ciclo corto (Ryan *et al.*, 1985), lo cual era de esperar si se tiene en cuenta que la mayor parte del N y P de los residuos y composts se encuentran en forma orgánica, siendo necesaria su mineralización para convertirse en formas inorgánicas asimilables por las plantas. Esto hace, por otra parte, que estos productos puedan actuar como fertilizantes de acción gradual presentando un importante efecto residual en el suelo. Así, se ha observado un incremento de la cantidad de nitrógeno nítrico del suelo después de 3 años de la incorporación de composts al mismo, que era superior al conseguido con fertilización inorgánica (Kropisz y Russel, 1978).

Del mismo modo, también se han observado incrementos en el contenido de fósforo asimilable del suelo atribuibles al efecto residual de los composts (Ayuso, 1991) si bien estos resultados no coinciden con los descritos por otros autores.

En el presente trabajo se pretende conocer el efecto residual que sobre un cultivo de cebada tienen diversos

composts de residuos urbanos y un residuo agroindustrial como el alpechin.

MATERIALES Y METODOS

La experiencia se planteó como continuación de una anterior en la que se realizó un cultivo de lechuga en contenedores de 20 litros de capacidad en los que se había incorporado a 25 kg de un suelo calizo, un compost de un residuo sólido urbano procedente de la planta de Valdemingómez en Madrid (RSU-M) y un compost obtenido a partir de una mezcla de lodo de depuradora y residuo sólido urbano, (García *et al.*, 1990) ambos procedentes de Murcia (L-RSU-Mu) en dosis ambos de 20 y 80 t ha⁻¹; en dosis de 80 t ha⁻¹ se incorporó un residuo sólido urbano procedente de Murcia, tanto fresco (RSU fresco) como compostado (RSU compost). Un último tratamiento consistió en la adición de un residuo agroindustrial, alpechín, que se ensayó a dosis de 1 y 4 litros por contenedor. Todos los tratamientos

se realizaron por cuadruplicado utilizando como control suelo sin fertilización orgánica. Las características del suelo y materiales orgánicos se muestran en la Tabla 1.

Ocho meses después de recolectar la lechuga, se sembró en cada maceta 1.3 gramos de semilla de cebada (*Hordeum vulgare* L.) sin nueva adición de material orgánico ni fertilizante alguno. El cultivo de cebada duró siete meses. Una vez recolectada la cebada, se determinó el rendimiento total de material vegetal así como los rendimientos de paja y grano.

El nitrógeno total se determinó por Kjeldahl y el resto de macro y micronutrientes se determinaron por espectrometría de emisión por plasma a partir del extracto de la digestión nítricoperclórica del material vegetal. Los resultados se sometieron a análisis de varianza y test de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 1 se muestran los rendimientos que se obtuvieron en una primera cosecha de lechugas con los diversos tratamientos, así como los obtenidos en el cultivo posterior de cebada. Los rendimientos de lechuga obtenidos pusieron de manifiesto la influencia de la naturaleza del compost, dosis y grado de madurez sobre

la producción vegetal. Así, sólo la dosis alta de los composts RSU-M y L-RSU Mu tienen un efecto positivo, el compost RSU y la dosis baja del compost de Madrid no mostraron efecto alguno, dando rendimientos similares a los del control; los demás tratamientos ejercían un efecto depresivo, siendo de destacar el RSU

TABLA 1

Análisis de los materiales de partida.

	Suelo	RSU Madrid	L-RSU Murcia	RSU fresco	RSU compost	Alpechín
Cenizas	—	51.06	67.02	54.68	72.30	8.31
pH	8.55	8.18	7.50	8.00	7.13	4.83
C. E., S cm ⁻¹	0.02	0.61	0.33	0.70	0.37	—
C. O. T. %	0.50	22.72	11.94	25.54	11.42	5.47(1)
N total %	0.03	1.84	1.18	1.08	1.03	0.026(1)
C/N	16.12	12.34	10.11	23.69	11.04	—
C extraíble, %	0.053	6.65	2.20	8.63	2.43	—
C no prec. pH 2 %	0.05	2.93	1.07	2.11	0.79	—
C prec. pH 2 %	—	3.71	1.13	6.51	1.63	—
C hidrosoluble, %	—	1.81	0.23	2.83	0.28	—
K total, %	1.69	0.77	0.61	0.64	0.41	0.32
P total, %	0.05	0.33	0.64	0.16	0.26	0.02
Ca total, %	32.40	7.00	10.44	8.19	8.99	0.02
Mg total, %	1.63	0.42	0.87	0.61	0.75	0.07
Na total, %	0.18	0.54	0.26	0.52	0.31	0.08(1)
Fe, mg kg ⁻¹	29494	9346	16525	6543	11473	5.4
Mn, mg kg ⁻¹	569	409	364	319	471	0.71
Zn, mg kg ⁻¹	172	1342	623	345	618	2.86
Cu, mg kg ⁻¹	23	552	152	150	174	1.27
Cr, mg kg ⁻¹	16	136	103	236	323	—
Ni, mg kg ⁻¹	42	224	194	340	410	—
Pb, mg kg ⁻¹	97	413	224	92	202	—
Cd, mg kg ⁻¹	1	7	5	0.5	5	—

(1): Datos sobre peso seco.

fresco y el alpechín, el cual en dosis mayores no permitía el crecimiento de lechuga.

Los rendimientos totales de caba-da obtenidos son reflejo de las transformaciones que estos materiales han experimentado en el suelo y de las condiciones de cultivo durante este período. Excepto el alpechín en dosis alta que tiene un efecto altamente depresivo, y la dosis baja de alpechín y L-RSU, que dan resultados similares al testigo, todos los demás tratamientos muestran un efec-

to residual positivo, destacándose el RSU-M en dosis alta que sigue dando en esta cosecha el rendimiento más elevado y el RSU fresco que si bien en la cosecha anterior tuvo un efecto negativo, aquí supera considerablemente al testigo, debido a la desaparición, durante el tiempo transcurrido desde su adición al suelo, de su fitotoxicidad y a la liberación de nutrientes. Los rendimientos de paja y grano, (Fig. 2), siguen la misma tónica que los rendimientos totales comentados.

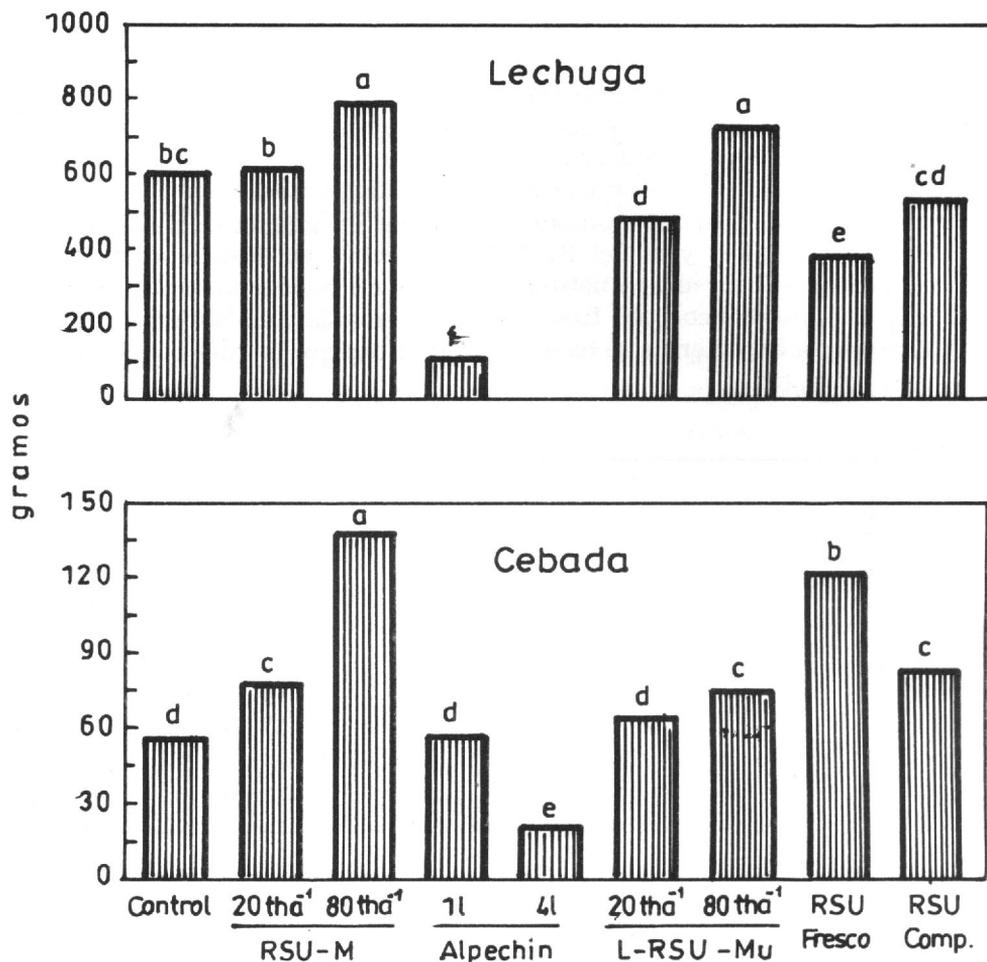


FIG. 1.—Rendimientos del material vegetal con los diferentes tratamientos.

En cuanto a la influencia de los materiales en estudio y dosis empleadas sobre la transferencia de nutrientes, el análisis de la varianza puso de manifiesto que los distintos tratamientos influían significativamente en las cantidades de nutrientes absorbidas por la cosecha, siendo los valores de F significativos al nivel del 0.1 % para N, P, Na, Mg, Mn, Zn y Cu, mientras que para K, Ca y Fe

la significación era sólo del 5 %. Asimismo, se observó la existencia de diferencias altamente significativas ($p = 0.001$) en la concentración de nutrientes (a excepción del Zn) en función de la parte de planta analizada, grano o paja (Tablas 2-4).

Como puede apreciarse en la Tabla 2 el nitrógeno se concentra en el grano con 1.54 % de media de todos los tratamientos, mientras que en la paja

sólo se tiene una media de 0.60 %. Todos los tratamientos tienen un efecto positivo sobre la concentración de este elemento en el grano y en el mismo sentido se muestra el efecto de la dosis; es de destacar el efecto producido por el compost RSU-M en dosis altas y el del RSU fresco, material de la misma naturaleza, que aunque se incorporó fresco, a lo largo de la experiencia se ha ido

mineralizando en grado tal que ha perdido su fitotoxicidad y ha mineralizado el suficiente nitrógeno como para que la media de su contenido en grano y paja sea la más alta de todos los tratamientos. Mención especial requiere en este caso el tratamiento de alpechín en dosis alta, cuyo contenido en nitrógeno tanto en grano como en paja y en la media es mayor que el testigo, lo cual podría ser de-

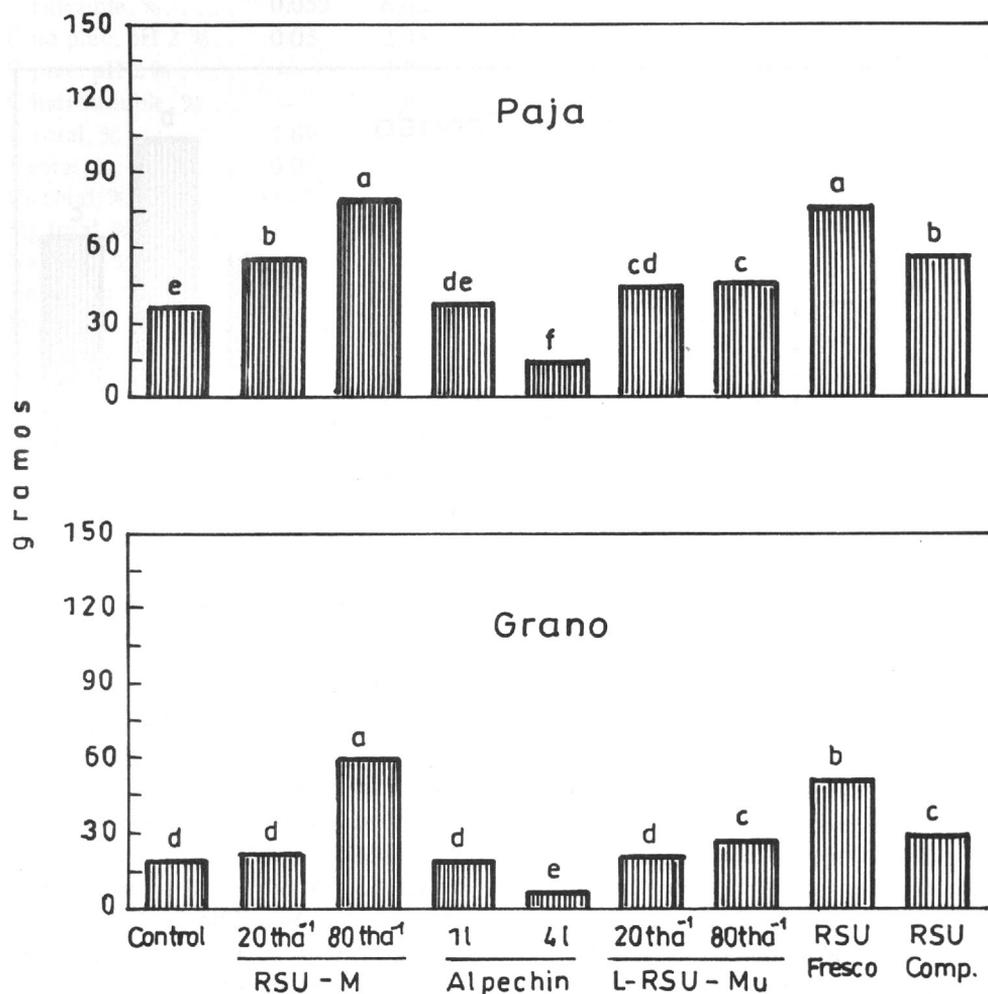


FIG. 2.—Rendimiento de la cosecha de cebada.

TABLA 2

Contenido de N, P y K en material vegetal (% s. m. s.).

Tratamiento	N		P		K	
	Grano	Paja	Grano	Paja	Grano	Paja
Control	1.08g	0.31j	0.21e	0.019j	0.46	0.87
RSU-M 20 t ha ⁻¹	1.56b	0.43hij	0.27bc	0.027ij	0.58	1.23
RSU-M 80 t ha ⁻¹	2.12a	1.11fg	0.33a	0.11g	0.63	1.46
Alpechín 1 litro	1.20efg	0.31j	0.17f	0.015j	0.41	1.30
Alpechín 4 litros	1.38cd	0.58h	0.26cd	0.06h	0.61	1.34
L-RSU-Mu 20 t ha ⁻¹ . .	1.25def	0.41ij	0.23de	0.025j	0.50	1.33
L-RSU-Mu 80 t ha ⁻¹ . .	1.56b	0.44hij	0.32a	0.052hi	0.57	1.34
RSU fresco	2.26a	1.29de	0.27bc	0.058h	0.61	1.22
RSU-comp. compost . .	1.48bc	0.52hi	0.29b	0.037hij	0.59	1.22

Para un mismo parámetro los valores seguidos por distinta letra difieren significativamente al nivel del 5 % según el test de Duncan.

TABLA 3

Contenido en Ca, Na y Mg en el material vegetal (% s. m. s.).

Tratamiento	Ca		Na		Mg	
	Grano	Paja	Grano	Paja	Grano	Paja
Control	0.060	0.61	0.024e	0.40bc	0.103h	0.18bcd
RSU-M 20 t ha ⁻¹	0.058	0.55	0.021e	0.45b	0.105h	0.14ef
RSU-M 80 t ha ⁻¹	0.057	0.52	0.017e	0.77a	0.103h	0.20ab
Alpechín 1 litro	0.051	0.60	0.019e	0.28d	0.097h	0.17cd
Alpechín 4 litros	0.055	0.61	0.015e	0.34cd	0.097h	0.13fg
L-RSU-Mu 20 t ha ⁻¹ . .	0.060	0.60	0.023e	0.40bc	0.103h	0.16de
L-RSU-Mu 80 t ha ⁻¹ . .	0.058	0.61	0.017e	0.46b	0.11 gh	0.20abc
RSU fresco	0.054	0.52	0.015e	0.40bc	0.093h	0.20abc
RSU compostado	0.056	0.61	0.021e	0.46b	0.10 h	0.21a

Para un mismo parámetro los valores seguidos por distinta letra difieren significativamente al nivel del 5 % según el test de Duncan.

bido por una parte a la escasa producción vegetal (Figs. 1 y 2) y por otra, a que al no existir cultivo anterior, la fertilización N P K de base no se ha consumido.

Al igual que el nitrógeno, el fósforo también se concentra en el grano siendo el 0.26 % la media de todos los tratamientos, diferenciándose aún más la paja con sólo el 0.045 %. Excepto la dosis menor de alpechín con un contenido en grano inferior al testigo y la dosis de 20 t ha⁻¹ del compost L-RSU-Mu que no presenta diferencias significativas con el testigo, los demás tratamientos muestran un enriquecimiento de este elemento en el grano especialmente en dosis alta, destacándose el RSU-M y L-RSU-Mu, que al integrar en el compost lodo de depuradora posee un mayor contenido en fósforo (Tabla 1) y tiene un efecto residual prolongado (Ayuso, 1991). En cuanto al contenido de fósforo en paja, sólo las dosis altas de los composts RSU-M y L-RSU-Mu, el RSU fresco y la dosis alta de alpechín incrementaban significativamente, en relación al testigo este contenido.

Contrariamente al N y P, los porcentajes de K, Ca, Na y Mg son mayores en la paja que en el grano, siendo las diferencias especialmente acusadas en el caso del Na (Tablas 2 y 3).

Si bien los diversos tratamientos parecen influir positivamente sobre la absorción global de potasio por la cosecha, no se aprecian diferencias significativas respecto al control en cuanto a los contenidos de potasio en paja o grano. Los tratamientos y dosis tampoco influyen en los contenidos de Mg y Na en grano, mientras que en paja el Mg se absorbe en mayor proporción que el control en

los tratamientos con dosis alta de compost y el Na con la dosis alta del compost RSU-M. La incidencia de los tratamientos y dosis sobre la absorción de calcio en un suelo calizo como el nuestro es escasa.

Al igual que los macroelementos alcalinos y alcalinotérreos, los micronutrientes se encuentran en mayor proporción en la paja que en el grano, mostrando algunas peculiaridades respecto a los diversos tratamientos. (Tabla 4).

No se aprecian diferencias significativas en el contenido de hierro en grano con los distintos tratamientos o dosis; en la paja excepto el RSU-M en dosis alta, que muestra significación, todos los demás tratamientos están al mismo nivel, aunque la dosis mayor muestra una tendencia a contenidos algo superiores.

Salvo una mayor concentración de manganeso en paja con los tratamientos de alpechín, no se observan diferencias dignas de mención en cuanto a la absorción de este nutriente.

El cinc es el elemento que se distribuye más equitativamente entre el grano y la paja y ambos muestran diferencias significativas respecto al testigo, en la dosis alta de los tratamientos de compost y en el tratamiento con RSU fresco, mostrando este elemento, en las condiciones experimentales una mayor tendencia a la transferencia y a su inclusión en la cadena alimentaria.

El cobre es el micronutriente que se encuentra en menor proporción sin que los diversos tratamientos muestren peculiaridad alguna, sólo la dosis alta de los diversos composts presentan una influencia positiva en cuanto a la absorción global (pa-

TABLA 4
Contenido en Fe, Mn, Cu y Zn en el material vegetal (mg kg⁻¹).

Tratamiento	Fe		Mn		Cu		Zn	
	Grano	Paja	Grano	Paja	Grano	Paja	Grano	Paja
Control	45def	110bc	14d	79b	5	10	26e	24e
RSU-M 20 t ha ⁻¹	58de	113bc	13d	73b	6	9	33e	49bcd
RSU-M 80 t ha ⁻¹	65d	124ab	13d	68bc	9	15	57b	70a
Alpechín 1 litro	35ef	104bc	12d	101a	4	7	24e	28e
Alpechín 4 litros	29f	142a	15d	103a	5	6	31e	32e
L-RSU-Mu 20 t ha ⁻¹	43def	93c	14d	105a	6	8	30e	29e
L-RSU-Mu 80 t ha ⁻¹	54de	112bc	14d	76b	6	10	43cd	32e
RSU fresco	55de	110bc	14d	60c	9	14	53bc	57b
RSU compostado	46def	126ab	13d	71bc	6	12	42d	44cd

Para un mismo parámetro los valores seguidos por distinta letra difieren significativamente al nivel del 5 % según el test de Duncan.

ja + grano) de este elemento por la planta.

Tanto en grano como en paja se determinaron sus contenidos en Ni, Cr, Cd y Pb, sin que se encontrasen cantidades cuantificables del orden

de las ppm. Estos resultados ponen de manifiesto que no existe peligro de aparición de problemas de contaminación por metales pesados, derivados del empleo de estos residuos en agricultura.

CONCLUSIONES

El efecto residual de la incorporación al suelo de residuos, como los utilizados en esta experiencia, tanto sobre el rendimiento como sobre la transferencia de nutrientes a una segunda cosecha está influenciado por las características del residuo en especial en contenido en nutrientes y grado de madurez y por la dosis empleada. Así, se ha observado que la dosis más elevada de composts y el RSU fresco dan los mayores rendimientos y contribuyen a un mayor aporte de nutrientes a la planta.

La acción residual de los compostos estudiados afecta fundamentalmente a la absorción de N y P, siendo menos generalizada la influencia sobre la absorción de los demás nutrientes.

La influencia de la naturaleza del residuo se pone claramente de manifiesto. Así, el alpechín muestra un

elevado efecto depresor del crecimiento, si bien en el segundo cultivo este efecto disminuye llegando a desaparecer en el tratamiento con dosis baja. Por otra parte, la adición de RSU fresco que en un primer cultivo produce inhibición, dada la baja estabilidad de su fracción orgánica, muestra efectos claramente positivos en la segunda cosecha dado que la biodegradación de su materia orgánica en el suelo libera nutrientes que pueden ser utilizados por el cultivo y la existencia de una menor competitividad por los nutrientes al haber una menor proliferación de microorganismos en el suelo.

Las concentraciones de metales pesados en planta estaban siempre por debajo de niveles tóxicos, por lo que del empleo de estos residuos no se derivan problemas de contaminación.

BIBLIOGRAFIA

- AYUSO, M., 1991. Estudio de los ácidos húmicos y de la capacidad fertilizante de un lodo de depuradora. Tesina de licenciatura, Univ. de Murcia.
- DIAZ-BURGOS, A., 1990. Compostage de lodos residuales: aplicación agronómica y criterios de madurez. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid.
- GARCIA, C., HERNANDEZ, T. and COSTA, F., 1990. The influence of composting and maturation processes on the heavy-metal extractability from some organic wastes. *Biological Wastes*, 31: 291-301.

- GARCIA, C., HERNANDEZ, T. and COSTA, F., 1991. The influence of composting on the fertilizing value of an aerobic sewage sludge. *Plant and Soil*, 136: 269-272.
- GARCIA, C., HERNANDEZ, T. and COSTA, F., 1991. Agronomic value of urban waste and the growth of ryegrass (*Lolium perenne*) in a calciorthid soil amended with this waste. *J. Sci. Food Agric.*, 56: 457-467.
- HERNANDO, S., 1987. Aprovechamiento de residuos sólidos urbanos como fuente de materia orgánica y sus efectos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- KROPISZ, A. and RUSSEL, S. 1978. Effect of fertilization of light loamy soil with the Dano compost on microflora as well as on yields and chemical composition of lettuce and spinach. *Rocz. Nauk. Rol. Ser.*, 103: 20-37.
- NOGALES, R., ORTEGA, E., GALLARDO-LARA, F. y DELGADO, M., 1984. Influencia de la aplicación de un compost de basura urbana sobre la porosidad de un suelo. *Agrochimica*, 28: 192-201.
- PAGLIÀI, M., GUIDI, G., LA MARCA, M., GIACHETTI, M. and LUCAMANTE, G., 1981. Effects of sewage sludge and composts on soil porosity and aggregation. *J. Environ. Qual.*, 10: 556-561.
- RYAN, J., HANK, S. N. and SHWAYRI, R., 1985. A short-term greenhouse evaluation of non-conventional organic wastes. *Agricultural Wastes*, 12: 241-249.

Recibido: 2-3-92.
Aceptado: 26-6-92.