

## INFLUENCIA DEL GRADO DE MADUREZ DE UN RESIDUO URBANO SOBRE LA GERMINACION Y DISPONIBILIDAD DE NITROGENO

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

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

*Apartado 4195. 30080-Murcia.*

### RESUMEN

Se han realizado ensayos de germinación de semillas de *Lepidium sativum* L. y de crecimiento de ryegrass con muestras tomadas en distintas etapas del compostaje de una mezcla de lodo y residuo sólido urbano con el fin de determinar la influencia del grado de madurez de estas muestras sobre la germinación y sobre la disponibilidad del nitrógeno, comparando esta última con un fertilizante nitrogenado inorgánico (nitrato amónico). La mezcla sin compostar (inicial) y la del segundo volteo inhibían la germinación en los dos primeros días alcanzando después de 7 días porcentajes de germinación semejantes e incluso superiores a los del control. Los rendimientos de ryegrass obtenidos con los tratamientos orgánicos en el primer corte eran similares a los obtenidos con la dosis más baja de N inorgánico, mientras que en el segundo corte el rendimiento obtenido con la mezcla inicial era superior al de las fertilizaciones inorgánicas, disminuyendo los rendimientos con el grado de madurez de las muestras.

Palabras clave: Compostaje. Índice de germinación. Nitrógeno. Ryegrass. Rendimiento. Residuo urbano.

### SUMMARY

#### INFLUENCE OF THE MATURITY DEGREE OF AN ORGANIC WASTE ON NITROGEN AVAILABILITY AND THE EFFECT ON SEED GERMINATION

Experiments of *Lepidium sativum* L. seed germination and ryegrass growth have been carried out with samples taken at different stages of the composting process of a sludge-municipal solid waste mixture. The aim of this work was to determine the influence of the degree of maturity of these samples on seed germination and nitrogen availability. This nitrogen availability was compared with that of an inorganic fertilizer (ammonium nitrate). The starting mixture and the sample from the second turning of composting, inhibited seed germination during the first ten days of the germination experiment but after seven days, the percentage of germinated seed in this samples was similar or even higher than that of control. The ryegrass yields obtained with the organic treatment in the first cut were similar to that obtained with the lower the of inorganic nitrogen, while the yield obtained with the starting mixture in the second cut was higher than those of the inorganic nitrogen treatments. Ryegrass yield decreased with the increase in the maturity degree of the organic mixture.

Key words: Composting. Germination index. Nitrogen. Ryegrass. Urban waste. Yield.

## INTRODUCCION

Una de las formas de aprovechamiento de los residuos orgánicos de origen urbano es su uso agrícola. Sin embargo, su empleo directo no está exento de ciertos riesgos, gran parte de los cuales podrían evitarse mediante un proceso adecuado de compostaje y maduración. Este proceso proporciona un producto final con una materia orgánica más estabilizada y elimina o reduce el contenido de patógenos y sustancias fitotóxicas existentes en los mismos, así como el poder germinativo de todo tipo de semillas que llevan incorporadas.

Los residuos presentan unos contenidos en materia orgánica y en nutrientes que no pueden ser despreciados desde el punto de vista agrícola. El contenido de nitrógeno en los lodos oscila entre 0.1-17% siendo su valor medio de 3.9% (Morel, 1977; Levi-Minzi *et al.*, 1981). El 20% de este nitrógeno se encuentra en forma mineral fácilmente asimilable por la planta y el 80% restante, presente en forma orgánica, puede encontrarse disponible tras un proceso de mineralización (Bertoldi *et al.*, 1982; Cabre *et al.*, 1990). Los lodos se caracterizan por ser una fuente de nitrógeno de acción lenta, lo cual puede ser un inconveniente en el caso de cultivos con elevadas exigencias nutritivas de este macronutriente en un período de tiempo corto; en cambio en suelos arenosos o en suelos de regiones de elevada pluviometría, puede resultar benefi-

cioso para reducir las pérdidas de nitrógeno por lixiviación. (Pomares *et al.*, 1978; Sims *et al.*, 1980; Stark *et al.*, 1980). El contenido de nitrógeno de los residuos sólidos urbanos de la región de Murcia oscila entre el 1-1.68%. (García, 1990) y el de los lodos entre 1.3 y 5.7 (Hernández *et al.*, 1980).

La eficacia de los residuos urbanos como fertilizantes de nitrógeno en suelos depende de varios factores tales como el tipo de residuo, tratamiento a que ha sido sometido, tipo de suelo y de cultivo, existiendo una gran controversia respecto a ella (Gallardo-Lara y Nogales, 1987). La eficacia del nitrógeno amónico y nítrico contenido en los compost, respecto a los abonos minerales, es entre un 15-20% de la correspondiente al nitrato amónico (Juste, 1980), de un 16% según Terman *et al.* (1973) y de un 50% respecto al sulfato amónico según Hirscheydt, (1980).

De acuerdo con lo expuesto, se ha desarrollado una experiencia, tomando como materiales de partida muestras correspondientes a distintos momentos del compostaje de una mezcla de residuo sólido urbano y lodo de la región de Murcia, con el fin de estudiar la influencia del distinto grado de madurez de estos materiales, sobre la germinación y su capacidad fertilizante en nitrógeno respecto a una fertilización inorgánica con nitrato amónico.

## MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo de la experiencia se utilizó un residuo sólido urbano

procedente de la planta de recogida Ingeniería Urbana, S. A. de Murcia

capital y un lodo de depuradora de aguas residuales urbanas de Molina de Segura (Murcia). Una mezcla de dichos materiales (1:1 en carbono orgánico total) se sometió a un proceso de compostaje mediante el procedimiento de apilación con volteos periódicos cada 12 días. Para el desarrollo de este estudio se utilizaron muestras correspondientes a la mezcla inicial, 2.º, 4.º, 5.º y 7.º volteo, así como el compost maduro, obteniéndose éste tras una fase de maduración que consideramos finalizada a los cuatro meses. Se utilizó un suelo calizo, pobre en materia orgánica, característico de la región de Murcia, procedente del campo de Cartagena. Las principales características del suelo y de la mezcla a compostar se exponen en las Tablas 1 y 2.

A partir de las muestras tomadas se plantearon dos ensayos, uno de

germinación de semillas en placas Petri y otro de cultivo de ryegrass en cámara de crecimiento.

Para el ensayo de germinación se colocaron en cada placa Petri y sobre papel filtro 15 semillas de *Lepidium Sativum* L., añadiendo 3 mL del extracto acuoso (en proporción 1:10) de las distintas muestras; placas con 15 semillas y 3 mL de agua destilada se utilizaron como control. Todos los tratamientos se efectuaron por cuadruplicado. Las placas se mantuvieron en estufa de germinación a 28 °C durante 48 horas, determinándose entonces el índice de germinación de acuerdo con Zucconi *et al.* (1985). Posteriormente se llevaron de nuevo las placas a la estufa donde se mantuvieron un total de 7 días, con el propósito de observar si se trataba de una inhibición o de un retraso en la germinación.

TABLA 1

*Características del suelo.*

Arena gruesa (2000-250 $\mu$ ), %	1.8
Arena fina (250-50 $\mu$ ), %	14.8
Limo (50-20 $\mu$ ), %	46.7
Arcilla (<2 $\mu$ ), %	36.7
pH	8.5
Conductividad eléctrica 1/5, S m <sup>-1</sup>	0.018
Capacidad de cambio catiónica, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	12.94
Materia orgánica oxidable, %	1.34
Carbonato cálcico total, %	24.00
Carbonato cálcico activo, %	11.84
Nitrógeno total, %	0.04
Nitrógeno asimilable, %	0.004
Fósforo asimilable, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0.032
Potasio asimilable, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0.46
Sodio soluble, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0.28
Cloruros, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0.15
Sulfatos, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0.17

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Ensayo de germinación*

En la Tabla 3 se muestran los índices de germinación de semillas de *Lepidium sativum* sobre extractos de muestras de distintas etapas del compostaje, considerando como germi-

nación al proceso que comprende la brotación y los primeros estadios del crecimiento de las semillas. Este índice de germinación viene dado por la expresión (Zucconi, 1985):

$$\frac{(\% \text{ germinación}) (\text{long. de raíces del tratamiento})}{\text{long. de raíces del control}}$$

y es indicativo del grado de madurez del resíduo, considerándose maduro cuando alcanza el valor de 50 o superior. Observando la Tabla 3 vemos que la mezcla inicial y el segundo volteo presentan un índice muy inferior a 50 y los demás superan ampliamente este valor, sin embargo consideramos que el hecho de que el 4.º y 5.º volteo superen este valor es debido más bien a que durante el compostaje han desaparecido las sustancias inhibitoras (García *et al.*,

1990) y no a una verdadera estabilización de la materia orgánica.

En relación a la brotación de las semillas y tomando el número de semillas que han brotado en el blanco como el 100%, observamos que a las 48 horas la mezcla inicial y el segundo volteo presentan una pequeña inhibición y los demás volteos y el compost maduro superan todos ellos al blanco, esto indica en cierta medida que el contenido en sustancias inhibitoras es pequeño en las

TABLA 3

*Porcentajes de germinación con respecto al control a los 2 y 7 días.  
Índice de germinación.*

Muestra	% Germinación		Índice de germinación
	2 días	7 días	
Control . . . . .	100a	100a	100.0b
Inicial . . . . .	77b	122a	16.6c
2.º volteo . . . . .	72b	128a	7.3c
4.º volteo . . . . .	110a	130a	89.9b
5.º volteo . . . . .	122a	133a	105.1b
7.º volteo . . . . .	130a	135a	125.6a
Compost . . . . .	122a	135a	139.1a

Para cada columna los números seguidos de distinta letra difieren significativamente al nivel del 5% según el test de Duncan.

primeras muestras y un cierto sinergismo en las restantes. A los 7 días las cantidades de semillas que brotaban eran similares para todos los tratamientos, y el desarrollo de las plantulas sobre la mezcla inicial y sobre la muestra del segundo volteo se igualaba al de las demás muestras superando incluso al control. Ello sugiere que más que una inhibición estas muestras provocan un retardo de la geminación.

### Ensayo de crecimiento de ryegrass

En la figura 1 se muestran los valores de los rendimientos en materia seca de cada una de las dos recogidas efectuadas, así como el rendimiento medio total de la cosecha para los distintos tratamientos.

En la primera recogida cabría esperar que tanto la mezcla inicial como las muestras de los primeros volteos ejercieran un cierto efecto inhibitorio debido a su falta de madurez. La ausencia de este efecto implica que la presencia de sustancias inhibitorias, típicas de estos materia-

les, es muy baja, bien por el efecto de dilución del suelo o por descomposición de las mismas por la biomasa edáfica, ya que como se vió en el ensayo anterior sólo producen un ligero retraso en la germinación, efecto que se ve compensado con el mayor contenido en nitrógeno asimilable de estas muestras (Tabla 4). García *et al.* (1991) encontraron que la adición de un lodo aerobio a dosis de 30 t ha<sup>-1</sup> no inhibía el crecimiento de ray-grass mientras que cuando se empleaba a dosis de 60 y 120 t ha<sup>-1</sup> si inhibía el crecimiento en la primera recogida sin embargo en las siguientes recogidas los rendimientos eran superiores al control.

Las muestras correspondientes al 2.º, 4.º y 5.º volteo tienen un rendimiento superior al control, mientras que las del 7.º volteo y el compost maduro no difieren significativamente del mismo, lo cual puede explicarse por el menor contenido en nitrógeno total de estas dos muestras (Tabla 4), y por la menor mineralización de su nitrógeno orgánico

TABLA 4

*Contenido en carbono orgánico, nitrógeno total y asimilable de las distintas muestras (%). Relación C/N.*

Muestra	C. org.	N total	N asimilable	C/N
Inicial . . . . .	25.4a	1.93a	0.083b	13.2
2.º volteo . . . . .	20.5b	1.88a	0.120a	10.9
4.º volteo . . . . .	16.3c	1.30bc	0.084b	12.6
5.º volteo . . . . .	14.6d	1.40b	0.060c	10.4
7.º volteo . . . . .	14.1d	1.22c	0.017d	11.5
Compost . . . . .	11.9e	1.18c	0.020d	10.1

Para cada columna los números seguidos de distinta letra difieren significativamente al nivel del 5% según el test de Duncan.

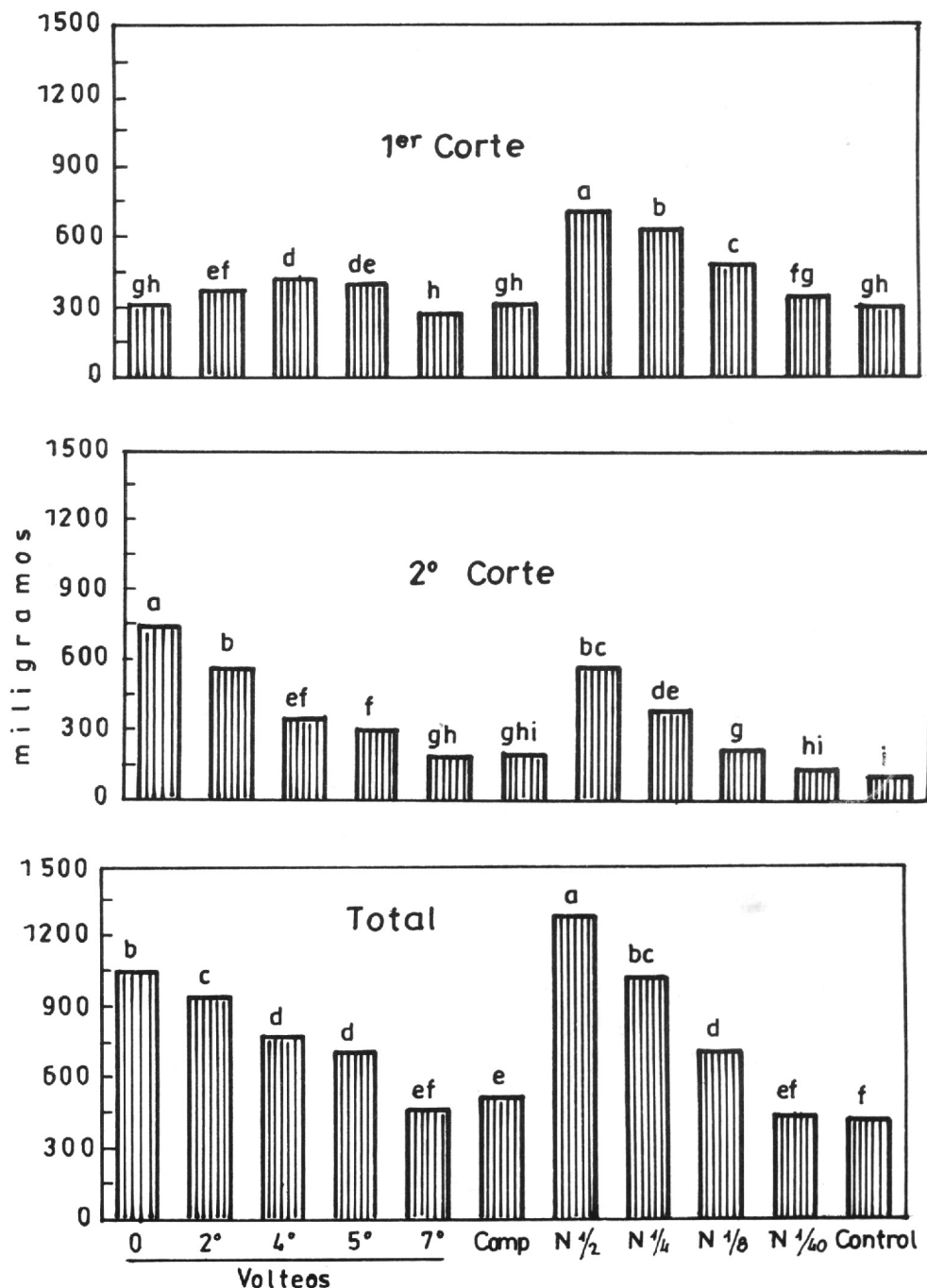


FIG. 1.—Rendimientos de ryegrass con los distintos tratamientos (mg s.m.s.). Para cada gráfica columnas encabezadas de distinta letra difieren significativamente al nivel del 5% según el test de Duncan.

durante la experiencia, ya que en estos puntos la materia orgánica está más estabilizada.

En la segunda recogida se observa que con la excepción del compost todas las muestras orgánicas producen rendimientos significativamente superiores al del control correspondiendo el más alto al de la muestra inicial; esto es indicativo de que los inhibidores que contenían las muestras han sido degradados por el efecto de la mineralización sufrida por las muestras en el tiempo transcurrido desde que se adicionaron en el suelo. Este hecho es particularmente intenso en la mezcla inicial en la que la actividad de los microorganismos es muy elevada. La materia orgánica de la mezcla inicial y la de los primeros volteos no está estabilizada con lo cual está expuesta más fácilmente a la mineralización y por tanto, su nitrógeno orgánico se transforma a formas asimilables por la planta en cantidades superiores a la de los últimos volteos y el compost maduro.

El rendimiento medio total es mayor en el tratamiento con la mezcla inicial decreciendo hasta alcanzar el mínimo en el 7.º volteo y en el compost maduro debido a las causas apuntadas anteriormente. Todas las muestras, excepto la del 7.º volteo dan rendimientos totales superiores al control.

Comparando los resultados obtenidos en las muestras del compostaje con los de las distintas dosis de nitrógeno inorgánico, se observa que en el primer corte sólo los rendimientos del 4º y 5º volteo superan los rendimientos de las dosis más bajas de nitrógeno inorgánico. Tanto en el segundo corte como al conside-

rar el rendimiento medio total se observa que el rendimiento del punto inicial y el del segundo volteo se pueden equiparar a las dosis más altas de nitrógeno inorgánico, y los siguientes volteos y el compost maduro a dosis cada vez más pequeñas.

En la Tabla 5 se muestran los porcentajes de nitrógeno en planta y los mg de nitrógeno extraídos por la cosecha en cada una de las dos recogidas efectuadas. En ella se observa que en la primera recogida, los porcentajes de nitrógeno de las plantas desarrolladas en suelos enmendados con las muestras de las distintas etapas del compostaje, son todos similares excepto el de la mezcla inicial que es mayor. Comparando éstos porcentajes con los determinados con las distintas dosis de nitrógeno inorgánico, se observa que las plantas de la mezcla inicial poseen concentraciones de nitrógeno similares a las obtenidas con la segunda dosis de nitrógeno inorgánico empleada (765 t ha<sup>-1</sup>), mientras que los del resto de los tratamientos oscilan entre las dosis más pequeñas.

En la segunda recogida el porcentaje de nitrógeno de las plantas de la mezcla inicial sigue siendo superior al control y en este caso es incluso superior al de las plantas con fertilización inorgánica. La concentración de nitrógeno en planta va disminuyendo conforme avanzamos en el compostaje, esto puede ser debido a la menor mineralización del nitrógeno orgánico de las últimas muestras del compostaje por causas ya mencionadas anteriormente. Es de destacar que en esta segunda recogida la concentración de nitrógeno en planta con los tratamientos orgánicos es siempre similar o incluso superior a

TABLA 5

*Concentración de nitrógeno en planta y mg totales de nitrógeno extraídos por la cosecha.*

Muestra	% N. en planta		mg N. extraído	
	1.º Corte	2.º Corte	1.º Corte	2.º Corte
Inicial . . . . .	2.56b	1.15a	8.7d	9.6a
2.º volteo . . . . .	2.02c	0.95b	8.1d	5.3b
4.º volteo . . . . .	1.92cd	0.89bc	7.9d	3.4c
5.º volteo . . . . .	1.86cde	0.89bc	7.9d	2.9c
7.º volteo . . . . .	1.86cde	0.84c	5.6f	1.7d
Compost . . . . .	1.75de	0.84c	5.8f	1.7d
N 1/2 . . . . .	3.92a	0.89bc	26.8a	5.4b
N 1/4 . . . . .	2.51b	0.85c	16.4b	3.4c
N 1/8 . . . . .	2.33b	0.84c	11.5c	1.8d
N 1/4 . . . . .	1.63e	0.88bc	6.8e	1.4d
Control . . . . .	1.8 cde	0.87bc	5.5f	1.1d

Para cada columna los números seguidos de distinta letra difieren significativamente al nivel del 5% según el test de Duncan.

la conseguida con la fertilización inorgánica.

Con respecto a los mg totales de nitrógeno extraído por la cosecha se observa la misma evolución; mientras en la primera recogida las cantidades están igualadas, excepto en el 7.º volteo y en el compost maduro debido a su menor contenido en nitrógeno total y asimilable y a su relación C/N más baja, y oscilan entre las cantidades extraídas con las menores dosis de nitrógeno inorgá-

nico, en la segunda recogida la mezcla inicial y los primeros volteos aportan las mayores cantidades de nitrógeno, superando incluso a las suministradas por las dosis mayores de nitrógeno inorgánico.

En la Tabla 6 se muestra la eficacia del nitrógeno total añadido con los residuos en relación al absorbido por la planta que se ha calculado a partir del siguiente cociente (Chausod *et al.*, 1985):

$$\frac{N \text{ abs. del residuo (mg maceta}^{-1}) - N \text{ abs. control}}{\text{Cantidad de N añadido con el residuo}}$$

Se observa que la utilidad del nitrógeno procedente de las muestras del compostaje es similar en la mezcla inicial y en los cinco primeros volteos bajando considerablemente

en el 7.º y compost maduro, debido a que el nitrógeno ligado a la materia orgánica en estas dos últimas muestras no es fácilmente liberado dada la alta estabilidad de ésta. Si compara-



TABLA 6

*Eficacia del nitrógeno añadido en relación al absorbido por la planta en ambos cortes.*

Muestra	N de resíduo		kg/ha	N inorgánico	
	1.º Corte	2.º Corte		1.º Corte	2.º Corte
Inicial . . . . .	1.77b	5.81a	1530	47.75c	9.59ab
2.º volteo. . . . .	1.82b	2.95b	765	49.00c	10.27ab
4.º volteo. . . . .	2.43a	2.28c	382	53.75b	6.20bc
5.º volteo. . . . .	2.21ab	1.74d	76	58.20a	13.40a
7.º volteo. . . . .	0.11c	0.65e			
Compost . . . . .	0.33c	0.72e			

Para cada columna los números seguidos de distinta letra difieren significativamente al nivel del 5% según el test de Duncan.

mos con las distintas dosis de nitrato amónico añadidas, lógicamente la eficacia de este nitrógeno es muy superior ya que todo él se ha añadido en forma asimilable por la planta. Sin embargo, en estos tratamientos la eficacia del nitrógeno decrece mucho en la segunda recogida, mientras que la de todas las muestras del

compostaje aumenta lo cual es debido a la mineralización de su nitrógeno orgánico y pone de manifiesto la relativa eficacia de estos materiales como fertilizantes nitrogenados de acción gradual y residual; hecho corroborado por las investigaciones de Coker *et al.* (1987).

## CONCLUSIONES

Aunque, en general, estos materiales en estado fresco suelen inhibir la germinación y el desarrollo de las plantas, en este caso no se puede hablar de inhibición sino más bien de un retardo de la germinación y del crecimiento de las plantas; debido probablemente a la escasa presencia de sustancias fitotóxicas en estos materiales.

El mayor contenido en nitrógeno y la menor estabilidad de la materia orgánica de la mezcla inicial y en los primeros volteos y por ende su más fácil mineralización, hacen que la

cantidad de nitrógeno que pasa a formas asimilables por la planta sea superior al del compost maduro. Debido a esto el rendimiento es mayor en la mezcla inicial y en los primeros volteos del compostaje.

La eficacia del nitrógeno de los residuos aumenta con el tiempo que éstos están en el suelo, los residuos actúan como un fertilizante de acción gradual y residual, con mayor rapidez y cantidad en las primeras etapas del compostaje por las causas apuntadas anteriormente en la conclusión segunda.

## BIBLIOGRAFIA

- BERTOLDI, M., GRAPPELLI, A. and GUIDI, G., 1982. Guida alla utilizzazioni in agricoltura dei fanghi, derivanti dei trattamenti biologici delle acque di escarico urbane. Collana del Piognetto finalizzato Promocione della qualita dell'Ambiente. C.N.R. Roma.
- CABRE, J., ARRAEZ, J. y ARAGONESES, R., 1990. Eliminación de lodos de aguas residuales. La E.D.A.R. de Reus: un ejemplo de aprovechamiento mediante compostaje. Químicas e industrias. 36, Núm. 6.
- CHAUSSOD, R., GUPTA, S. K., HALL, J. E., POMMEL, B. and WILLIAMS, J. H., 1985. Nitrogen and phosphorus value of sewage sludges. Hall, J. E. and Williams, J. H. (Eds.).
- COKER, E. G., HALL, J. E., CARLTON-SMITH, C. H. and DAVIS, R. D., 1987. Field investigations into the manurial value of liquid undigested sewage sludge wen applied to grassland. J. Agri. Sci., 109: 479-494.
- GALLARDO-LARA, F. and NOGALES, R. 1987. Effect of the application of town refuse compost on the soil-plant system: A review. Biological Wastes., 19: 35-62.
- GARCIA, C., 1990. Estudio del compostaje de residuos orgánicos. Valoración agrícola. Tesis doctoral. Univ. Murcia.
- GARCIA, C., HERNANDEZ, T. and COSTA, F., 1990. Phytotoxicity suppression in urban organic wastes. Biocycle, 31: 62-63.
- 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.
- HERNANDEZ, M. T., MORENO, J. I. y COSTA, F., 1986. Caracterización y fluctuación del carbono y nitrógeno de lodos de depuradoras. An. Edafol. Agrobiol., 45: 709-719.
- HIRSCHEYDT, A., 1980. De l'usage agricole du compost urbain. Jornadas Internacionales sobre el compost. Madrid.
- JUSTE, C., 1980. Advantages et inconvenients de l'utilisation des compost d'ordures ménagères comme amendement des sols on support de cultures. Jornadas internacionales sobre el compost. Madrid.
- LEVI-MINZI, R. e RIFFALDI, R., 1981. Caracterizzazione dei fanghi in: utilizzazione dei fanghi e compost in agricoltura. Collana del P. F. Promozioni della qualita dell'ambiente. AR/2/20-27.
- MOREL, J. L., 1977. Contribution a l'étude de l'évolution des boues résiduares dans le sol. Thèse docteur-ingenieur Université de Nancy I. France.
- POMARES, F. and PRATT, P. F., 1978. Value of manure and sewage sludge as nitrogen fertilizer. Agronomy J., 70: 1065-1069.
- SIMS, J. T. and BOSWELL, F. C., 1980. The influence of organic wastes and inorganic nitrogen sources on soil nitrogen, yield and elemental composition of corn. J. Environ. Qual., 9: 512-518.
- STARK, S. A. and CLAPP, C. E., 1980. Residual nitrogen availability from soil treated with sewage sludge in a field experiment. J. Environ. Qual., 9: 502-512.
- TERMAN, G. L., SOILEAV, J. M. and ALLEN, S. E., 1973. Municipal waste compost. Effects on crop yields and nutrient content in green house experiments. J. Environ. Qual., 2: 84.
- ZUCCONI, F., MONACO, A. and FORTE, M., 1985. Phytotoxins during the stabilization of organic matter. In: Composting of agricultural and other wastes. J. K. R. Gasser Ed. Elsevier Appli. Sci. publishing. England.

Recibido: 2-3-92.

Aceptado: 25-6-92.