

## INFLUENCIA DEL APORTE SUCESIVO DE COMPOST URBANO SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE K DE UN SUELO

J. M. Murillo, F. Cabrera, J. M. Hernández y M. Barroso

*Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. CSIC. Aptdo. 1052. 41080 Sevilla.*

### RESUMEN

Se estudia a nivel de invernadero el efecto de aplicaciones sucesivas de compost urbano (hasta 150 y 400 t ha<sup>-1</sup> en seis aplicaciones, a lo largo de ocho años) sobre niveles de K de un suelo calcáreo. A efectos comparativos se utilizó un abono inorgánico complejo, 8-15-15. Durante los cinco primeros años se cultivó *ryegrass* y plantas hortícolas (tomate y berengena) durante los tres años restantes.

La fertilización orgánica e inorgánica incrementó los niveles de K soluble y disponible en el suelo, aunque sin diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Los niveles de K total no se incrementaron como consecuencia de la adición de compost. Resultaron incluso algo más bajos que en el control cuando se aplicó la dosis más alta de compost, lo que podría estar relacionado con la reducción de densidad aparente que ocasiona este tratamiento en el sustrato. La máxima absorción vegetal de K correspondió al tratamiento con dosis mayor de compost, siendo la cantidad absorbida superior a la aportada por el compost.

Palabras clave: Compost urbano. K total. K disponible. K soluble. Potencial de K. K. en planta.

### SUMMARY

#### EFFECT OF SUCCESSIVE APPLICATIONS OF URBAN COMPOST ON SOIL POTASSIUM AVAILABILITY

The effect of successive applications of urban compost (up to 150 and 400 t ha<sup>-1</sup> in six applications over eight years) on the status of K in a calcareous soil was tested in a greenhouse experiment. An 8-15-15 complex fertilizer was also applied for comparison. Five years of ryegrass and three of horticultural plants (tomato and eggplant) were successively cropped during the experiment.

Increases of soluble- and available-K were observed with both organic and inorganic fertilization, although statistical differences between treatments were not significant. On the contrary, total-K does not increase when compost is added. Values of total-K when compost is added at maximum rate tend to be even lower than those in the control, which could be related with the observed lowering of the soil's bulk density. Highest plant K-uptake corresponds to the application of the maximum compost dosage, and is much higher than the amount of K applied with compost.

Key words: Urban compost. Total-K. Available-K. Soluble-K. K potential. Plant-K.

### INTRODUCCION

La utilización agrícola de composts contribuyendo al enriquecimiento urbanos podría resultar beneficiosa en materia orgánica de los suelos.

Ahora bien, si ocurre como con otros fertilizantes orgánicos, estiércol por ejemplo (Mengel y Kirkby, 1982), que basan su acción beneficiosa en aportaciones sucesivas, es obvio que muchos agricultores podrían aportar cantidades importantes al suelo, con el consiguiente peligro medio-ambiental que ello supondría si su contenido en metales pesados es elevado.

Por el contrario, estas aportaciones sucesivas pueden suponer una incorporación notable de nutrientes básicos al suelo, como N, P y S, aunque en el caso del P existen muchos resultados contradictorios (Gallardo-Lara y Nogales, 1987). En general, los composts urbanos suelen poseer contenidos totales de estos

tres nutrientes bastantes superiores a los de los suelos agrícolas.

En el caso del K, por el contrario, la situación es más variable y puede ocurrir que los composts urbanos presenten contenidos globales inferiores a los del suelo, a pesar de lo cual numerosos autores han resaltado sus efectos positivos sobre el contenido y disponibilidad de K (King *et al.*, 1977; Nogales *et al.*, 1986; Giusquiani *et al.*, 1988; Cabrera *et al.*, 1989). En el presente trabajo se estudia el efecto que tiene la aportación sucesiva de compost urbano sobre el contenido y disponibilidad de K de un suelo representativo de Andalucía Occidental, cuyo nivel de K total es superior al del compost utilizado.

## MATERIAL Y METODOS

Los ensayos se realizaron en invernadero, utilizando contenedores de 0.42 m<sup>2</sup> de superficie y 45 cm de profundidad y como sustrato el primer horizonte de un XERORTHENT (U. S. D. A., 1975) calcáreo (Calcaric Regosol, F. A. O., 1988) procedente de la erosión de un RHODOXERALF. Este suelo está situado en las proximidades de Coria del Río (Sevilla). Como fertilizante orgánico se utilizó compost urbano de la ciudad de Sevilla (fracción < 30 mm disponible para la venta). La Tabla 1 recoge las principales características del sustrato-suelo y compost utilizados.

Inicialmente, los contenedores se sembraron con ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam. cv. Barwoltra), aportándose compost a razón de 12 y 48 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, durante cuatro

años, lo que supuso aproximadamente un aporte total equivalente a 50 y 200 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. A efectos comparativos también se aplicó abono inorgánico 8-15-15 a razón de 1.2 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Por cada tratamiento, incluido un control, se dispuso de seis repeticiones distribuidas al azar. En el quinto año se volvió a sembrar ryegrass pero no se fertilizó.

En el sexto año, se sembraron plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Marmade UF) y berenjena (*Solanum melogena* L. cv. Long purple) en estos contenedores, aplicándose el compost a razón de 50 y 100 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, durante dos años, en los contenedores con aporte previo (fase de rye-grass) de 50 y 200 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, lo que supuso un aporte total de 150 y

TABLA 1

*Análisis del suelo - substrato y compost utilizados.*

Parámetro	Suelo	Compost (intervalo de variación)
pH	7.8	7 - 8
MO (%)	1.0	20 - 30
C/N	9.0	8 - 11
*CCC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	16	80 - 100
N (%)	0.08	1.5 - 2.0
P (%)	0.04	0.3 - 0.6
K (%)	1.7	0.6 - 1.1
Na (%)	N. D.	0.6 - 3.0
CaCO <sub>3</sub> (%)	23	N. D.
Arena gruesa (%)	33	N. D.
Arena fina (%)	18	N. D.
Limo (%)	22	N. D.
Arcilla (%)	24	N. D.

\* Capacidad de cambio catiónico.  
N. D.: No determinado.

400 t ha<sup>-1</sup> al cabo de siete años. Con el abono inorgánico se siguió la misma pauta de fertilización: 1.2 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> durante dos años. En el octavo año se sembraron de nuevo las hortalizas pero no se fertilizó. En esta segunda fase de cultivo se dispuso de tres contenedores (repeticiones) por tratamiento y cuatro plantas (de tomate o berenjena) por contenedor, de las cuales se dejaron sólo dos para la obtención de cosecha (frutos). A efectos de substrato se dispuso de seis contenedores con máxima aportación de compost (400 t ha<sup>-1</sup>: tratamiento CDM), seis con aportación

más baja (150 t ha<sup>-1</sup>: tratamiento CDM), seis con abono inorgánico (7.2 t ha<sup>-1</sup>: tratamiento AI) y seis control (tratamiento C). Más información de estos ensayos aparece en Murillo *et al.* (1989).

Finalizado el cultivo de hortalizas se tomaron mediante barrena dos muestras de suelo por contenedor en cada uno de los tratamientos, a profundidades de 0-10, 12-22 y 25-35 cm, las cuales, debidamente homogeneizadas, se secaron al aire y tamizaron a través de malla de 0.5 mm de paso de luz para su análisis químico. El material vegetal recolectado

(parte aérea de *ryegrass* en 3-4 cortes anuales durante cinco años y frutos de tomate y berenjena, durante tres años) fue descontaminado, secado y molido siguiendo las indicaciones de Benton Jones y Steyn (1973).

En las muestras de suelo y compost se determinó el K total según Bennet *et al.* (1962) (extracción con solución  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ , 1:4 v/v, y HF conc., a partir de muestra calcinada a  $550^\circ\text{C}$ ), y el K disponible mediante extracción con  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  pH 7 (Dewis y Freitas, 1970). Para el K soluble se siguió el mismo procedimiento sustituyendo el acetato por agua. El potencial de K se midió

mediante la razón de actividad  $a_{\text{K}}/a_{\text{Ca}} + a_{\text{Mg}})^{1/2}$  siguiendo las indicaciones de Beckett (1964). La estimación semicuantitativa de minerales de la arcilla (ilita y montmorillonita) se realizó en función de las intensidades relativas que presentan sus difracciones de rayos X y poderes reflectantes (Martín Pozas, 1968).

El material vegetal fue mineralizado por vía seca extrayéndose posteriormente el K mediante HCl conc. (Pinta *et al.*, 1969). En todos los casos se determinó el K mediante fotometría de llama.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 2 recoge los valores de distintas fracciones de K del suelo-substrato, comparados con los de una muestra de compost rica en K. Puede comprobarse que la disponibilidad de K es muy superior en la muestra de compost, aunque el suelo, en conjunto, está mejor provisto de

K, como corresponde a su contenido en ilita (50%, Tabla 2). Ello contrasta con la mayor proporción de N y P en el compost (Tabla 1). Por consiguiente, resulta lógico que en este tipo de suelo la aplicación de compost no sólo no incremente los contenidos de K total, sino que por

TABLA 2

*Análisis de fracciones de K, potencial de K y minerales de arcilla en el substrato - suelo y compost utilizados.*

Muestra	K total (%)	K disponible mg kg <sup>-1</sup>	K disponible (% del total)	K soluble mg kg <sup>-1</sup>	$\text{AR}_K^0 \cdot 10^3 (\text{mol L}^{-1})^{1/2}$	Ilita (%)	Montmorillonita (%)
Suelo . . .	1.7	210	1	55	6.7	50	34
Compost .	1.1	6730	61	4933	N. D.	N. D.	N. D.

N. D.: No determinado.

TABLA 3

*Potasio calculado para un determinado volumen de suelo - sustrato, en función de las densidades medidas en los tratamientos CDM y CDm (Fernández et al., 1987). Se supone una conc. final de compost de 7.5 % para el tratamiento CDM y de 5 % para el CDm.*

Tratamientos	Densidad aparente g cm <sup>-3</sup>	Volumen subs. (dm <sup>3</sup> )	K calculado (g)
CDM	1.10	28	507
CDm	1.17	28	546
C	1.41	28	670

el contrario esta fracción tienda a ser menor en la zona de aplicación del compost, aunque sin diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Este hecho podría explicarse teniendo en cuenta que la proporción de compost en superficie puede ser notable al final de los ensayos, de forma que por unidad de volumen, la proporción de suelo (más rico en K) resultaría inferior en los tratamientos con compost que en el control. La Tabla 3 ilustra este hecho con un ejemplo teórico. Según las densidades aparentes medidas en un trabajo anterior (Fernández *et al.*, 1987), y suponiendo una profundidad de 10 cm y una concentración de compost en la masa del suelo del orden de 7.5% (dosis máxima) y 5% (dosis mínima) al final de los ensayos, se comprueba mediante un simple cálculo que los niveles de K total resultantes serían inferiores en los tratamientos con compost. Lógicamente, se trata sólo de valores teóricos.

Por el contrario, la presencia de compost en el suelo incrementa los

niveles de K-disponible y K-soluble en agua, aunque sin significación estadística en relación con el control, debido a la variación interna existente entre tratamientos (Tabla 4).

Puede comprobarse (Tabla 4) que los niveles más altos de K-disponible, que incluye la fracción cambiante, corresponden al tratamiento CDM, niveles que superan en todas las profundidades a los obtenidos con el tratamiento inorgánico. Cuando se trata de las dosis más baja de compost, los niveles de K disponible son similares, en general, a los del tratamiento con abono mineral.

Por el contrario, en el caso del K soluble en agua, los contenidos mayores en superficie corresponden al abonado inorgánico, seguidos por los de los tratamientos CDM y CDm, por este orden, todos ellos más altos a su vez que los del control. En ningún caso aparecen diferencias estadísticamente significativas debido a la variación interna entre tratamientos. En profundidad, los niveles de K soluble son, en general, bastante similares, con una ligera tendencia a la aparición de valores algo más

TABLA 3

*Potasio calculado para un determinado volumen de suelo - sustrato, en función de las densidades medidas en los tratamientos CDM y CDm (Fernández et al., 1987). Se supone una conc. final de compost de 7.5 % para el tratamiento CDM y de 5 % para el CDm.*

Tratamientos	Densidad aparente g cm <sup>-3</sup>	Volumen subs. (dm <sup>3</sup> )	K calculado (g)
CDM	1.10	28	507
CDm	1.17	28	546
C	1.41	28	670

el contrario esta fracción tienda a ser menor en la zona de aplicación del compost, aunque sin diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Este hecho podría explicarse teniendo en cuenta que la proporción de compost en superficie puede ser notable al final de los ensayos, de forma que por unidad de volumen, la proporción de suelo (más rico en K) resultaría inferior en los tratamientos con compost que en el control. La Tabla 3 ilustra este hecho con un ejemplo teórico. Según las densidades aparentes medidas en un trabajo anterior (Fernández *et al.*, 1987), y suponiendo una profundidad de 10 cm y una concentración de compost en la masa del suelo del orden de 7.5% (dosis máxima) y 5% (dosis mínima) al final de los ensayos, se comprueba mediante un simple cálculo que los niveles de K total resultantes serían inferiores en los tratamientos con compost. Lógicamente, se trata sólo de valores teóricos.

Por el contrario, la presencia de compost en el suelo incrementa los

niveles de K-disponible y K-soluble en agua, aunque sin significación estadística en relación con el control, debido a la variación interna existente entre tratamientos (Tabla 4).

Puede comprobarse (Tabla 4) que los niveles más altos de K-disponible, que incluye la fracción cambiante, corresponden al tratamiento CDM, niveles que superan en todas las profundidades a los obtenidos con el tratamiento inorgánico. Cuando se trata de las dosis más baja de compost, los niveles de K disponible son similares, en general, a los del tratamiento con abono mineral.

Por el contrario, en el caso del K soluble en agua, los contenidos mayores en superficie corresponden al abonado inorgánico, seguidos por los de los tratamientos CDM y CDm, por este orden, todos ellos más altos a su vez que los del control. En ningún caso aparecen diferencias estadísticamente significativas debido a la variación interna entre tratamientos. En profundidad, los niveles de K soluble son, en general, bastante similares, con una ligera tendencia a la aparición de valores algo más

TABLA 4

*Fraciones de K y potencial de K en los tratamientos y profundidades que se indican (valores medios de 6 repeticiones).*

Tratamientos	Prof. (cm)	K total mg kg <sup>-1</sup>	K disp. mg kg <sup>-1</sup>	K sol. mg kg <sup>-1</sup>	AR <sub>K</sub> <sup>0</sup> (mol L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup> · 10 <sup>3</sup>
CDM	0 - 10	14.625	190	36.4	6.2
	10 - 20	15.000	139	17.5	N. D.
	20 - 35	N. D.	108	11.8	N. D.
CDm	0 - 10	15.000	159	32.7	3.5
	10 - 20	15.000	111	14.0	N. D.
	20 - 35	N. D.	92	8.4	N. D.
AI	0 - 10	15.875	160	45.3	4.0
	10 - 20	15.375	45	12.7	N. D.
	20 - 35	N. D.	86	8.7	N. D.
C	0 - 10	16.625	113	20.4	2.9
	10 - 20	15.125	97	11.9	N. D.
	20 - 35	N. D.	91	9.3	N. D.

N. D.: No determinado.

altos en el tratamiento CDM (profundidad 12-22 cm).

Cuando se estudian los valores de AR<sub>K</sub><sup>0</sup>, parámetro bien relacionado con el factor intensidad según sólidos principios teóricos (Schofield, 1947; Beckett, 1964), se comprueba de nuevo que el mayor nivel corresponde en superficie al tratamiento CDM, seguido por los de los tratamientos AI y CDm, y finalmente C. En este caso tampoco se producen variaciones estadísticamente significativas entre tratamientos. De todas formas, resulta significativo el hecho de que sea el tratamiento CDM el

que, con relación al suelo inicial, antes de los tratamientos, consiga una reducción menor de este parámetro. Algo semejante puede decirse de los valores de K disponible (Tablas 2 y 4).

Los resultados obtenidos demuestran que la presencia masiva de compost no incrementa necesariamente el contenido de K total de un suelo, aunque si lo hace su disponibilidad durante una serie de cultivos sucesivos. Como cabía esperar, la mayor extracción de K corresponde a las plantas del tratamiento CDM, apareciendo ya en este caso diferen-

cias fuertemente significativas entre tratamientos según se comprueba en la figura 1 y Tablas 5 y 6.

Estos resultados confirman trabajos anteriores, en los que también se observó una notable extracción de K por parte de las plantas tratadas con composts urbanos (Hortensine y Rothwell, 1969; Terman y Mays, 1973; Nogales *et al.*, 1986; Hernández, 1989, etc.). Esta mayor extracción debe atribuirse al incremento de disponibilidad que experimenta el K en la masa de sustrato con mayor actividad radicular. Como

aporte total, el K añadido al suelo con el compost es pequeño si se atiende al que ya posee el suelo-sustrato. Con la dosis mayor de compost, por ejemplo, se incorporan 164.6 g de K por contenedor en seis años, ligero incremento comparado con los aproximadamente 4000 g que existen en toda la masa de suelo de un contenedor. La extracción vegetal en la secuencia *ryegrass*-tomate (frutos) y tratamiento CDM, de aproximadamente 200 g (sin considerar la fracción radicular de ambas especies y parte vegetativa

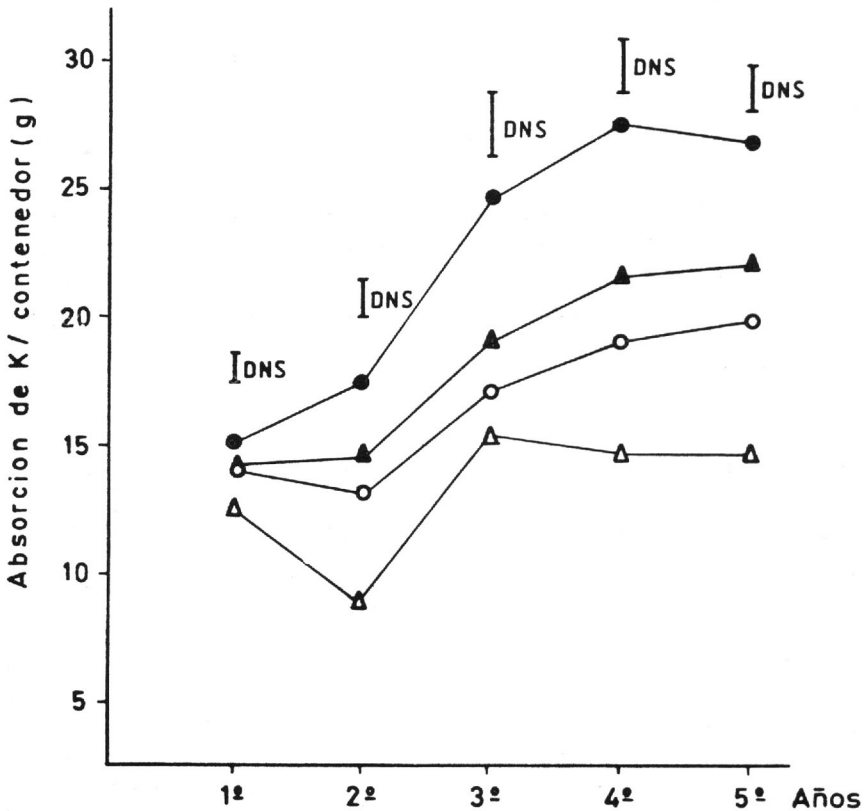


FIG. 1.—Valores medios por contenedor del contenido total de potasio en la parte aérea de *Lolium multiflorum* Lam. cv. Barwoltra: Δ, control (C); O, compost dosis menor (CDm); ●, compost dosis mayor (CDM); ▲, abono inorgánico (AI). DNS = diferencia no significativa.



TABLA 5

*Potasio total (g) en los frutos de una planta de tomate (valores medios de tres repeticiones). Los valores seguidos por una misma letra en una misma columna no difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).*

Tratamientos	1. <sup>er</sup> año	2. <sup>o</sup> año	3. <sup>er</sup> año	Total
CDM	14.6 a	22.7 a	13.4 a	50.7 a
CDm	12.3 b	10.8 b	8.4 b	31.5 b
AI	9.8 b	6.8 c	7.0 b	23.5 c
C	7.5 c	5.1 d	2.8 c	15.4 d

de las plantas de tomate), ya resultaría superior a la cantidad total de K aportada por el compost.

Todos estos resultados parecen indicar que la presencia de compost potencia la accesibilidad del K a la planta, posiblemente a través de fenómenos de superficie. Mientras más se agota la fracción de K cambiante, mayor es la contribución del K no cambiante a la nutrición vegetal, proceso tal vez potenciado

por la presencia de compost (Huret, 1985) y la humedad del suelo (Mengel y Wiechens, 1979). Ambos factores han concurrido en estos ensayos, por lo que la utilización de la fracción no cambiante del suelo substrato ha podido ser notable, aspecto que habría que tener en cuenta en el caso de suelos pobres en K, Arenosoles y Podzoles p. ej., cuyas reservas potásicas pudiesen agotarse con relativa premura.

TABLA 6

*Potasio total (g) en los frutos de una planta de berenjena (valores medios de tres repeticiones). Los valores seguidos por una misma letra en una misma columna no difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).*

Tratamientos	1. <sup>er</sup> año	2. <sup>o</sup> año	3. <sup>er</sup> año	Total
CDM	15.6 a	13.8 a	21.0 a	50.4 a
CDm	4.3 c	6.4 b	13.2 b	23.9 b
AI	12.6 b	5.7 b	2.2 c	20.5 b
C	3.0 c	2.6 c	2.1 c	7.7 c

## CONCLUSIONES

La aportación sucesiva de compost urbano al primer horizonte de un XERORTHENT calcáreo, usado como sustrato en experimentos de invernadero, tiende a incrementar el K soluble y disponible, así como el potencial de K del suelo. La absorción de K por las plantas se favorece por el aumento de disponibilidad en el suelo, aunque a ello parecen haber contribuido también otras fracciones menos disponibles.

## BIBLIOGRAFIA

- BECKETT, P. H. T., 1964. Studies on soil potassium. I. Confirmation of the ratio law. Measurement of potassium potential. *J. Soil Sci.*, 15: 1-8.
- BENNET, H., BARDLEY, R. P., HAWLEY, W. G. and THWAITES, I., 1962. Routine control analysis of high-silica and aluminosilicate materials. *Trans. Brit. Ceram. Soc.*, 61: 636-666.
- BENTON JONES, J. (Jr.) and STEYN, W. J. A., 1973. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. In: *Soil Testing and Plant Analysis*. L. M. WALSH y J. D. BEATON (Ed.), 249-270. Soil Sci. Soc. of Am., Inc. Madison, Wisconsin.
- CABRERA, F., DIAZ, E. and MADRID, L., 1989. Effect of using urban compost as manure on soil contents of some nutrients and heavy metals. *J. Sci. Food Agric.*, 47: 159-169.
- DEWIS, J. and FREITAS, F., 1970. *Physical and Chemical Methods of Soil and Water Analysis*. Soils Bull. No. 10. F. A. O. Roma.
- F. A. O., 1988. Revised legend of the FAO-UNESCO Soil Map of the World (Provisional edition). I. S. R. I. C. Wageningen.
- FERNANDEZ, J. E., MORENO, F., HERNANDEZ, J. M. y MURILLO, J. M., 1987. Influencia del aporte continuado de residuos sólidos urbanos sobre propiedades físicas del suelo. En: *Proc. 7.º Cong. Nacional de Química*. Sevilla, I. 195-199.
- 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.
- GIUSQUIANI, P. L., MARUCCHINI, C. and BUSINELLI, M., 1988. Chemical properties of soils amended with compost of urban waste. *Plant and Soil*, 109: 73-78.
- HERNANDEZ, J. M., 1989. Estudio de la Acción de Residuos Sólidos de la Ciudad de Sevilla (Compost Urbano) sobre el Suelo y Diversas Especies Vegetales. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- HORTENSTINE, C. C. and ROTHWELL, D. F., 1969. Evaluation of composted municipal refuse as a plant nutrient source and soil amendment on Leon fine sand. *Soil Crop. Sci. Soc. Fla. Proc.*, 29: 312-319.
- HURET, F., 1985. Valorisation agricole des compost d'origine urbaine. *P. H. M. Revue Horticole*, 262: 25-32.
- KING, L. D., LEYSHON, A. J. and WEBBER, L. R., 1977. Application of municipal refuse and liquid sewage sludge to agricultural land. II. Lysimeter study. *J. Environ. Quality*, 6: 67-71.
- MARTIN POZAS, J., 1968. Análisis cuantitativo por difracción de rayos X de filosilicatos de la arcilla. Tesis Doctoral. Univ. Granada.

- MENGEL, K. and WIECHENS, B., 1979. Importance of the non exchangeable soil K fraction on the yield production of rye-grass. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 142: 836-847.
- MENGEL, K. and KIRKBY, E. A., 1982. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Berna.
- MURILLO, J. M., HERNANDEZ, J. M., BARROSO, M. y LOPEZ, R., 1989. Producción frente a contaminación en la utilización agrícola de composts urbanos. An. Edafol. Agrobiol., 48: 143-160.
- NOGALES, R., GOMEZ, M. y GALLARDO-LARA, F., 1986. Influencia de la fertilización con compost de basura urbana sobre la disponibilidad de potasio asimilable. Agrochimica, 30: 45-47.
- PINTA, M. y MIEMBROS DEL COMITE INTER-INSTITUTOS PARA EL ESTUDIO DE TECNICAS ANALITICAS DE DIAGNOSTICO FOLIAR., 1969. Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux: N, P, K, Na, Ca, Mg. Oléagineux, 24: 497-504.
- SCHOFIELD, R. K., 1947. A ratio law governing the equilibrium of cations in soil solution. Proc. 11th International Congress of Pure and Applied Chemistry, Londres, 3: 257-261.
- U. S. D. A., 1975. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Agric. Handb. No. 436. EE. UU.
- TERMAN, G. L. and MAYS, D. A., 1973. Utilization of municipal solid waste compost: research results at Muscle Shoals, Alabama. Compost Sci., 14: 18-21.

*Recibido de la Comisión: 21-5-91.  
Aceptado para publicación: 8-10-91.*