

EMERGENCIA DE SEIS CULTIVOS TRATADOS CON LODO, FRESCO Y COMPOSTADO, DE ESTACIONES DEPURADORAS

Rosario MIRALLES DE IMPERIAL¹, Eulalia Ma. BELTRÁN¹, Miguel Ángel PORCEL¹, Ma. del Mar DELGADO¹, Ma. Luisa BERINGOLA¹, José Valero MARTÍN¹, Rosa CALVO² e Ingrid WALTER¹

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 enero 2001, aceptado octubre 2002)

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum*, *Spinacia oleracea*, *Lens esculenta*, *Zea mays*, *Triticum aestivum*, *Lolium perenne*

RESUMEN

En ensayos previos destinados a estudiar la influencia del lodo de depuradoras de aguas residuales (fresco o compostado) en la germinación de varias especies, se estableció la necesidad de complementar dichos estudios con observaciones a realizarse durante la fase de emergencia, que permitiesen cuantificar el efecto de esos materiales sobre algunos parámetros de crecimiento. Se llevó a cabo un ensayo de emergencia en invernadero y macetas con: tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.), lenteja (*Lens esculenta* Moench), maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), "rye-grass" (*Lolium perenne* L.), con el objeto de evaluar dos tratamientos: lodo fresco y lodo compostado aplicado en diferentes dosis: 0, 40 y 80 t ha⁻¹. Las variables que se estudiaron fueron: número de plántulas emergentes (PE), longitud del tallo (LT) y longitud de la raíz (LR). El sustrato utilizado fue una mezcla de 50 % de arena y turba, que se homogeneizó con el tipo de lodo y dosis, respectivos. PE, LT y LR tuvieron una respuesta diferente en cada especie. En tomate, los factores principales (tipo de lodo y dosis) y la interacción fueron significativos para PE, LT y LR. En "rye-grass" el tipo de lodo y la dosis fueron significativos sólo para LT; en trigo, lenteja, espinaca y maíz sólo el efecto dosis fue significativo. En "rye-grass", espinaca y trigo el tipo de lodo y la dosis tuvieron un efecto significativo en la variable LR; en lenteja sólo fue significativo el efecto de la dosis. En conclusión, este ensayo biológico indica que LT y LR, en este orden, son las mejores variables para evaluar la influencia de los tratamientos con lodos y dosis de éstos. En general, el tratamiento 40 t ha⁻¹ con lodo compostado fue el que presentó la mejor respuesta de las tres variables evaluadas.

Key words: tomato, spinach, lentil, maize, wheat, rye-grass

ABSTRACT

Previous tests designed to study the influence of both composted and non-composted sewage sludge on the germination of several crops established the convenience of complementing these with observations made during the emergence phase, in order to evaluate the effect of the sewage sludge on different growth parameters. An emergence test was conducted in pots under greenhouse conditions: Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), spinach (*Spinacia oleracea* L.), lentil (*Lens esculenta* Moench), maize (*Zea mays* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.), and rye-grass (*Lolium perenne* L.), were the experimental species. The objective was to evaluate two treatments, composted and non-composted sewage sludge applied in rates 0, 40 and 80 t ha⁻¹. The variables studied were: the number of emerging seedlings (PE), stem length (LT), and root

length (LR). The substrate used was a 50 % mixture of sand and peat with its respective type of sewage sludge and rate. Each crop responded differently in terms of PE, LT and LR. Regarding the tomato, the principal factors (type of sewage sludge and rate) and their interaction were significant in terms of PE, LT, and LR. As for rye-grass, the type and rate of sewage sludge only had a significant effect on LT; whereas with wheat, lentils, spinach, and maize, only the effect of rate was significant. Regarding rye-grass, spinach, and wheat the type of sewage sludge and the rate had a significant effect on the variable LR; but when studying the lentil, only the rate was significant. In conclusion, this experiment indicates that LT and LR are respectively the best variables to evaluate the influence of treatments with different types and rates of sewage sludge. In general, the 40 t ha⁻¹ treatment rate with composted sewage sludge responded best to the three variables evaluated.

INTRODUCCIÓN

Los lodos de depuradora son residuos urbanos procedentes de la depuración de aguas residuales, cuya materia orgánica puede ser objeto de empleo agrícola; contienen la totalidad de los nutrientes considerados esenciales para el desarrollo de las plantas, destacándose su elevada concentración de nitrógeno del orden de 3 % (Delgado *et al.* 1999).

La aplicación de lodos a los suelos agrícolas se presenta como la alternativa más conveniente para su disposición, ya que se aprovechan los recursos fertilizantes presentes en los mismos (Polo *et al.* 1997) y es una de las principales opciones adoptadas en la Unión Europea (Smith 1996), como sustituto de la fertilización mineral. Su aplicación en agricultura no debería hacerse sin contar con un conocimiento de su naturaleza y con una normativa básica para su adecuada aplicación (Costa *et al.* 1987, 1991).

Los lodos presentan, sin embargo, algunos aspectos negativos en cuanto a su uso como abono, como son la presencia de sustancias tóxicas (metales pesados, compuestos orgánicos no biodegradables, alta concentración de sales, etc.) y de microorganismos patógenos que pueden influir negativamente tanto en los suelos como en los cultivos. El contenido en metales pesados representa la principal limitación para su uso en agricultura (Bidwell y Dowdy 1987, Brams y Anthony 1988, Walter *et al.* 1992, Delgado *et al.* 2000).

Ensayos de germinación de semillas realizados por Miralles de Imperial *et al.* (1994) con *Triticum aestivum*, *Zea mays*, *Lolium perenne*, *Lens sculenta*, *Lycopersicon esculentum*, *Vicia faba* y *Avena sterilis* revelaron que los extractos de lodo fresco y compostado tienen un efecto negativo sobre la germinación y el tiempo medio de germinación (TMG), que depende de la concentración del extracto y de las especies ensayadas. Estos efectos son lo suficientemente notorios como para que se recomiende precaución en su uso.

La influencia de la aplicación de lodos y otros residuos en la emergencia de diversos cultivos ha sido estudiada por varios autores (Berton *et al.* 1989, Ayuso *et al.*

1992, Murillo *et al.* 1993, Sims *et al.* 1993, Gajdos 1997, McCallum *et al.* 1998, García *et al.* 1999). Se entiende por emergencia el afloramiento de las plántulas después de la germinación (Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 2001). La germinación-emergencia es una fase crítica y fundamental para el establecimiento óptimo de cualquier cultivo (Royo y Aragües 1991).

La utilización como abono o enmienda de los lodos de depuradora de aguas residuales ya sea fresco o compostado, es un medio eficaz para resolver el problema de la ubicación definitiva de estos residuos.

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta de seis cultivos en invernadero, en su fase de emergencia, a las aportaciones de dos tipos de lodo: fresco o compostado aplicados en dos dosis.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este experimento se empleó lodo fresco y lodo compostado procedente, el primero, de la depuradora de Viveros y, el segundo, de una mezcla de lodos obtenida de cinco depuradoras de Madrid (Butarque, Rejas, Sur, Sur Oriental y Valdebebas) que fueron sometidos a compostaje aeróbico durante 3 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. Las características de los lodos, la turba y 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). La humedad, materia orgánica volátil, P₂O₅, K₂O, MgO y CaO totales se midieron por los procedimientos descritos en 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). La concen-

TABLA I. CARACTERÍSTICAS DE LODOS, ARENA Y TURBA

Parámetro	Lodo fresco	Lodo compostado	Turba	Arena
Humedad, %	79	31	55	
Materia orgánica volátil	57.4	41.4	78.0	-
pH 1:2.5 H ₂ O	8.2	8.4	5.9	6.2
C.E., dSm ⁻¹ *	1.18	3.41	0.97	0.08
N total, %	4.20	2.7	1.4	-
C orgánico oxidable, %	24.0	18.1	36.1	-
P ₂ O ₅ total, %	4.9	4.6	2.1	-
K ₂ O total, %	0.27	0.27	0.40	-
MgO total, %	1.28	1.53	0.25	-
CaO total, %	4.70	10.36	3.60	-

* C.E.= Conductividad eléctrica

tración de metales pesados en los materiales empleados en el presente trabajo fue determinada mediante espectrometría de absorción atómica, previa digestión ácida con agua regia (HNO₃/HClO₄, 1:3) (AOAC 1997)

Tabla II.

No se midió la concentración de metales pesados en la arena. En la **Tabla III** se presentan el pH y la conductividad eléctrica (extracto de saturación) del sustrato utilizado para el cultivo, mezcla de 50 % de turba negra comercial y arena de mar de grano fino lavada y la dosis de fertilizante incorporado.

El ensayo se llevó a cabo en Madrid, durante la primavera de 1996, en invernadero y en macetas y condiciones controladas de temperatura y de humedad. Las macetas (PVC de 0.5 L de capacidad, sin drenaje) se llenaron con una mezcla de 150 g de turba negra comercial y 150 g de arena de mar, lavada, de grano fino de 0.25-0.30 mm, que se homogeneizó con el tratamiento respectivo. Los tratamientos fueron los siguientes: T, sustrato puro (sin lodo, equivalente a 0 t ha⁻¹); LC 40, sustrato más 4.7 g maceta⁻¹ de lodo compostado (equivalente a 40 t ha⁻¹); LC 80, sustrato más 9.4 g maceta⁻¹ de lodo compostado (equivalente a 80 t ha⁻¹); LF 40, sustrato más 18.2 g maceta⁻¹ de lodo fresco (equivalente a 40 t ha⁻¹); LF 80, sustrato más 36.4 g maceta⁻¹ de lodo fresco (equivalente a 80 t ha⁻¹).

El diseño experimental fue totalmente al azar y factorial de doble entrada (tipo de lodo, dosis) con cinco repeticiones por tipo de lodo y dosis. Cada maceta se sembró con 20 semillas, de las siguientes especies: tomate, *Lycopersicon esculentum* cv. Marmande cuarenteno; espinaca, *Spinacia oleracea* cv. Gigante de invierno; lenteja, *Lens sculenta* cv. Magda; trigo, *Triticum aestivum* cv. Anza; maíz, *Zea mays* cv. DK-485; "rye-grass", *Lolium perenne* cv. Profit. Antes de sembrar cada maceta se regó con 100 ml de agua desionizada, luego se sembró y anotó el peso total de la maceta, que se mantuvo durante el ensayo adicionando agua desionizada. Después de 21 días desde la fecha de siembra (International Seed Testing Association 1993) se extrajeron las plantas del sustrato para evaluar el número de plántulas emergentes (PE) (Royo y Aragües 1991), la longitud del tallo (LT) y la longitud de la raíz (LR). Estos dos últimos parámetros se midieron en centímetros con una regla graduada, considerando como punto de división el cuello de la planta (Rallo y Fernández 1999).

Para el análisis de varianza del factorial de doble entrada: tipo de lodo y dosis, se utilizó para cada cultivo, el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. 1999), versión 6.12. También se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey, adoptándose en todos los casos un nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

TABLA II. METALES PESADOS EN LODOS Y TURBA UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO

Metal pesado	Turba	Lodo fresco mg kg ⁻¹	Lodo compostado	Límites CCE* pH<7	pH>7
Cu	6	197	332	1000	1750
Zn	20	577	2857	2500	4000
Cr	17	251	1206	1000	1500
Ni	3	15	64	300	400
Cd	<0.6	1	5	20	40
Pb	10	197	371	750	1200

* CCE = Consejo de las Comunidades Europeas (1986)

TABLA III. pH Y C.E. DE LA MEZCLA (50 % ARENA-50 % TURBA) EMPLEADA COMO TESTIGO Y SUSTRATO EN LOS TRATAMIENTOS CON LODO COMPOSTADO Y LODO FRESCO

Parámetro	Testigo	Lodo compostado equivalente a 40 t ha ⁻¹ (LC 40)	Lodo compostado equivalente a 80 t ha ⁻¹ (LC 80)	Lodo fresco equivalente a 40 t ha ⁻¹ (LF 40)	Lodo fresco equivalente a 80 t ha ⁻¹ (LF 80)
	(T)				
pH 1:2.5 H ₂ O	4.28	4.45	4.76	4.42	4.76
C.E. dSm ⁻¹	0.18	0.21	0.29	0.28	0.39

Para las variables en las que no hubo interacción y el efecto de los factores principales (tipo de lodo, dosis) fue significativo como resultado del ANDEVA, se hizo una comparación de medias entre los diferentes niveles del factor dosis. Este análisis no se realizó para tipo de lodo ya que se estudiaron sólo dos niveles.

Cuando el ANDEVA mostró que la interacción fue significativa se estudió la comparación de medias para las diferentes dosis dentro de cada tipo de lodo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sustratos tratados con lodo muestran ligeros incrementos de pH (**Tabla III**), como los observados en suelo tratado con lodo y cultivado con maíz por Berton *et al.* (1989).

La **Tabla IV** muestra el análisis de varianza para tomate, espinaca, lenteja, maíz, trigo y “rye-grass” de las variables PE, LT y LR. La comparación de medias de PE, LT y LR para los factores tratamiento (tipo de lodo) y dosis de tomate, espinaca, trigo, “rye-grass” se muestran en la **Tabla V** y la **Tabla VI** presenta la comparación de medias del factor dosis para maíz y lenteja.

En la **Figura 1** se aparecen las gráficas en que la interacción tratamiento (tipo de lodo) y dosis fue significativa: tipo de lodo (fresco o compostado) *dosis (0 - 40 y 80 t ha⁻¹) en las seis especies ensayadas, para las variables: número de plántulas emergentes, longitud del tallo y longitud raíz; cuando son tratadas con sustrato puro (lodo 0 t ha⁻¹), sustrato + 40 t ha⁻¹ de lodo y sustrato + 80 t ha⁻¹ de lodo.

En general, los valores más altos de PE, LT y LR se obtuvieron con 40 t ha⁻¹ de lodo compostado, con excepción de la lenteja donde éstos se obtuvieron con el lodo fresco aplicado en dosis igual. Este resultado se atribuyó a la menor conductividad de este último. Guerrero (1990) observó con 3.9 dSm⁻¹ de conductividad eléctrica reducciones de cosecha del orden de 50 %.

El efecto del tipo de lodo y dosis y la interacción fueron significativos en PE, LT y LR, con excepción de la variable LT en que no fue afectado por el tipo de lodo. La aportación de lodo al sustrato produjo más desarrollo

inicial del cultivo y mayor emergencia de plántulas. Estos resultados se atribuyeron al efecto benéfico de los nutrientes nitrógeno y fósforo en la fertilización del tomate (Domínguez 1984, Maroto 1995). El fósforo afectó de manera positiva el desarrollo radicular, en los tratamientos con los dos tipos de lodo y las dosis ensayadas.

LT y LR de la espinaca tuvieron respuesta significativa a las diferentes dosis de lodo en esta fase de emergencia, al contrario de lo citado por Maroto (1995) sobre la baja tolerancia a los estercolados aplicados antes de la siembra en este cultivo.

Las lentejas de mejor calidad se producen en suelos que contienen más de 2 % de materia orgánica (Guerrero 1990). Estas observaciones pueden explicar la escasa incidencia que ha tenido en esta fase de emergencia la

TABLA IV. ANÁLISIS DE VARIANZA EN TOMATE, ESPINACA, LENTEJA, MAÍZ, TRIGO Y “RYE-GRASS” DE LAS VARIABLES NÚMERO DE PLÁNTULAS EMERGENTES (PE), LONGITUD DEL TALLO (LT) Y LONGITUD DE LA RAÍZ (LR)

Cultivo	Tipo de lodo	Dosis	Tipo de lodo* dosis
PE			
Tomate	*	*	*
Espinaca	ns	ns	ns
Lenteja	ns	ns	ns
Maíz	ns	ns	ns
Trigo	ns	ns	ns
“Rye-grass”	ns	ns	ns
LT			
Tomate	ns	*	*
Espinaca	ns	*	*
Lenteja	ns	*	ns
Maíz	ns	*	ns
Trigo	ns	*	ns
“Rye-grass”	*	*	ns
LR			
Tomate	*	*	*
Espinaca	*	*	ns
Lenteja	ns	*	ns
Maíz	ns	ns	ns
Trigo	*	*	ns
“Rye-grass”	*	*	*

ns= no significativo, *= significativo (p ≤ 0.05)

TABLA V. NÚMERO DE PLÁNTULAS EMERGENTES (PE), LONGITUD DEL TALLO (LT) Y LONGITUD DE LA RAÍZ (LR), COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TOMATE, ESPINACA, LENTEJA, TRIGO Y “RYE-GRASS” TRATADOS CON LODOS DE DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES DESPUÉS DE 21 DÍAS DE LA SIEMBRA

Tratamiento	Dosis t ha ⁻¹	PE	LT cm	LR cm
Tomate				
T	0	10.2a	1.11b	0.81a
LC	40	16.4b	3.79a	4.23b
LC	80	18.2b	3.65a	4.09b
T	0	10.2c	1.11c	0.81d
LF	40	10.4c	2.79d	2.09c
LF	80	12.2c	3.65d	2.88c
Espinaca				
T	0	13.2a	1.48a	1.36a
LC	40	15.1a	2.88b	3.88b
LC	80	16.0a	2.92b	3.72b
T	0	13.2a	1.48c	1.36d
LF	40	15.0a	2.24d	1.42d
LF	80	14.6a	3.10e	2.42d
Trigo				
T	0	17.8a	9.24b	2.76a
LC	40	18.4a	13.68a	20.52b
LC	80	18.4a	14.83a	19.22b
T	0	17.8a	9.24b	2.76c
LF	40	18.2a	13.0a	12.44d
LF	80	16.2a	14.64a	16.30e
“Rye-grass”				
T	0	15.6a	3.98a	1.80a
LC	40	12.4a	7.74b	5.96b
LC	80	11.6a	6.92b	4.66c
T	0	15.6a	3.98d	1.80e
LF	40	12.6a	4.36d	2.98d
LF	80	13.6a	5.04d	2.60d

T= testigo, LC= lodo compostado, LF= lodo fresco

Como resultado de la prueba de Tukey los valores de cada columna con la misma letra para cada especie no difieren significativamente ($\alpha=0.05$)

TABLA VI. NÚMERO DE PLÁNTULAS EMERGENTES (PE), LONGITUD DEL TALLO (LT) Y LONGITUD DE LA RAÍZ (LR), COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LAS DIFERENTES DOSIS PARA MAÍZ Y LENTEJA TRATADOS CON LODOS DE DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES DESPUÉS DE 21 DÍAS DE LA SIEMBRA

Dosis t ha ⁻¹	PE	LT cm	LR cm
Maíz			
0	19.9a	16.28b	18.20a
40	19.3a	21.15a	18.80a
80	19.2a	21.47a	20.02a
Lenteja			
0	8.0a	3.70b	4.40b
40	9.8a	7.80a	7.80a
80	10.6a	8.20a	9.14a

Como resultado de la prueba de Tukey los valores de cada columna con la misma letra para cada especie no difieren significativamente ($\alpha=0.05$)

aplicación de lodos en el cultivo de lenteja, resultando solamente significativo el efecto de la dosis de estos en las variables LT y LR.

Los resultados de este ensayo evidencian la escasa incidencia que ha tenido el tratamiento con lodos en el maíz, en esta fase de desarrollo del cultivo; sólo el efecto de la dosis en la variable LT fue significativo. Kitchen y Westfall (1990) observaron en ensayos de emergencia con plántulas de maíz, 20 días después de la siembra, la disminución en el número de plántulas emergentes cuando se incrementa la cantidad de nitrógeno. El aporte de elementos nutritivos contenidos en los lodos incorporados en este ensayo no produjo disminución en el número de plántulas emergentes, al contrario, tuvo un efecto positivo. El maíz es una planta muy sensible a la acción de los fertilizantes, aumentando su producción (Guerrero 1990). En ensayos con alpechín en maíz, el principal efecto de esta aplicación era no solamente una disminución en la germinación sino también un atraso en la emergencia de las plantas (García *et al.* 1999). En nuestros ensayos con lodos no se observaron estos efectos negativos.

En el caso del trigo, el aporte de nutrientes por el lodo al principio de su vida vegetativa es benéfico, en especial el fósforo, pues facilita notablemente el desarrollo radicular (Guerrero 1990) y tiene efectos positivos sobre todo en el estado inicial, favoreciendo el desarrollo radicular (Domínguez 1984). En nuestro ensayo las variables LT y LR del trigo tuvieron una respuesta significativa al factor dosis y la variable LR al factor tipo de lodo. Estos resultados ponen de manifiesto el efecto benéfico del lodo sobre el desarrollo radicular en esta fase de cultivo lo que se atribuyó al aporte de fósforo.

En “rye-grass” el efecto de los factores (tipo de lodo y dosis) y la interacción fueron muy significativos en las variables LT y LR, lo que hace suponer que el aporte de materia orgánica del lodo tiene un efecto positivo para su desarrollo y crecimiento, tanto de la parte aérea LT como del sistema radicular LR, independientemente del tipo de lodo y de la dosis de éste. Duthil (1976) cita que las aportaciones de materia orgánica mejoran el rendimiento de las praderas, facilitando el comienzo de la vegetación y modificando su crecimiento por el aporte de nitrógeno.

Los resultados del presente experimento muestran que la aplicación de lodos de estaciones depuradoras, en el momento de la siembra, no afecta la emergencia de las plántulas de *Lolium perenne* cv. Profit (Ayuso *et al.* 1992, García *et al.* 1994). Murillo *et al.* (1993) realizaron ensayos en “rye-grass” con aplicación de dosis moderadas de vinaza en el momento de la siembra y tampoco observaron efectos en la emergencia de plántulas de *Lolium multiflorum* Lam. cv. Barwoltra.

Los resultados de cosecha del ensayo de fertilización con lodos de depuradora en *Lolium perenne* L. cv. Trinova, aplicado en tres dosis 0, 40 y 80 t ha⁻¹, fueron favorables a los tratamientos con lodo (Aguilar *et al.*

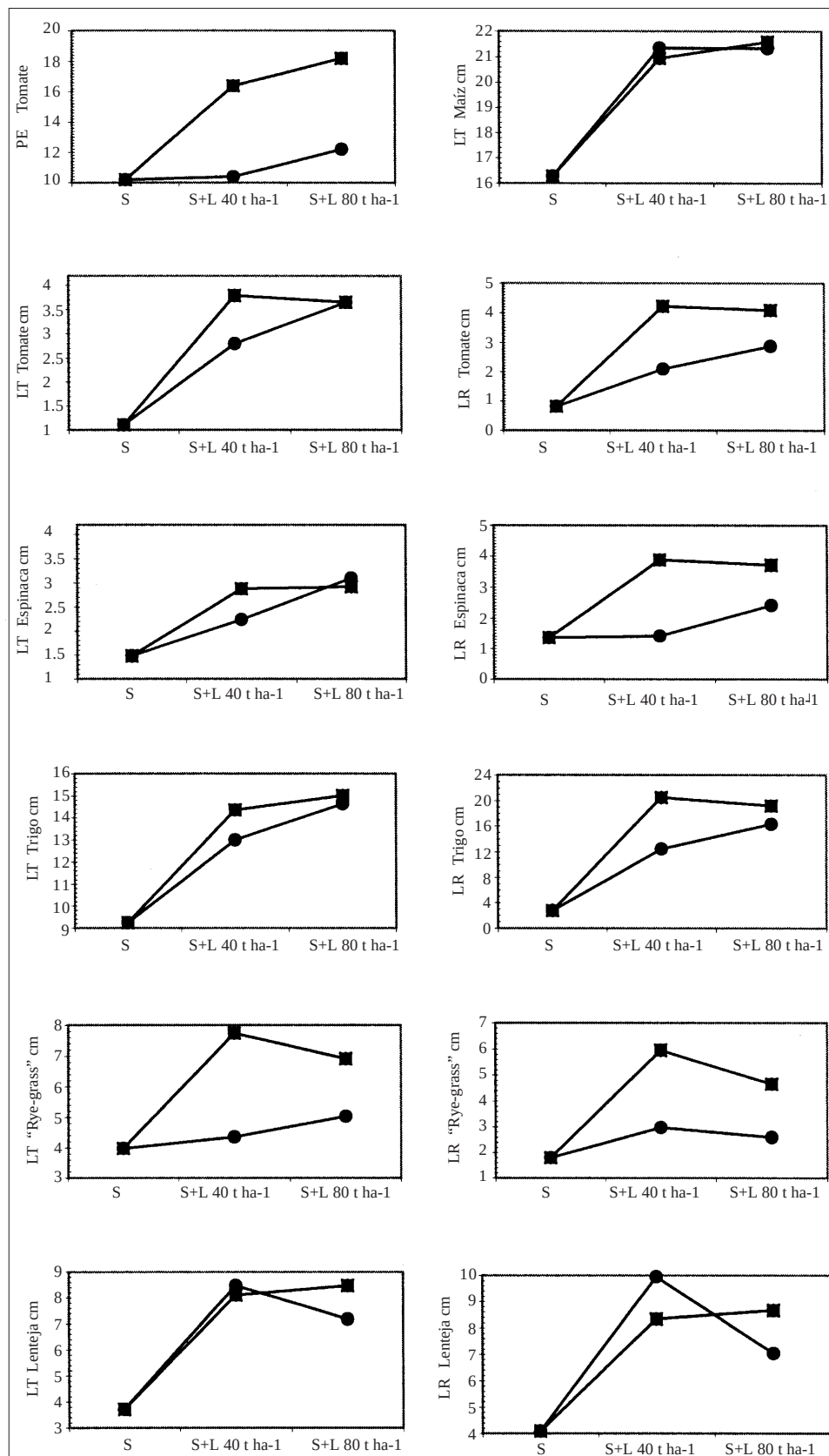


Fig. 1. Interacción de tipo de lodo (lodo fresco (●) y lodo compostado (■) y dosis (0, 40 y 80 t ha⁻¹) para seis especies con relación al número de plántulas emergentes (PE), longitud del tallo (LT) y longitud de la raíz (LR).

1999). La aplicación de compost de residuo sólido urbano de basuras municipales incrementa el rendimiento en materia seca y estimula el sistema radicular de esta especie (Iglesias-Jiménez y Álvarez 1993).

Los resultados observados al tratar "rye-grass" con lodos de depuradora, corroboran aquellos publicados por los autores reseñados; esto es, que no tienen un efecto inhibidor de la emergencia de plántulas, que estimulan el sistema radicular y que incrementan los resultados de cosecha.

CONCLUSIONES

En general, los valores más altos de las variables número de plántulas emergentes, longitud del tallo y longitud de la raíz se obtienen con el lodo compostado y la dosis de 40 t ha⁻¹, pero en lenteja estos se obtuvieron con el lodo fresco y la misma dosis.

Los parámetros longitud del tallo y longitud de la raíz, son los más sensibles en esta fase del cultivo y en este orden: tomate, "rye-grass", espinaca, trigo, lenteja y maíz.

Solamente en el caso del tomate, el efecto de los factores tipo de lodo y dosis y la interacción fueron significativos en la variable número de plántulas emergentes.

El tomate fue, en la fase de emergencia, el cultivo más sensible de los seis ensayados al tratamiento con lodo, fresco o compostado, seguido del "rye-grass", espinaca, trigo, lenteja y maíz. El maíz no tuvo respuesta al tratamiento con lodo.

REFERENCIAS

- Aguilar M. A., Ordoñez R. y González P. (1999). Capacidad de aportación de macronutrientes de un lodo de depuradora a un cultivo de rye-grass y calidad de los lixiviados. *Estudios de la zona no saturada* (R. Muñoz-Carpena y A. Ritter, Eds.) C. Tascón. ICIA, pp.139-143.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemist) (1997). *Official Methods of Analysis* (Cunniff, Ed.) 16 va edition. Vol II, Garthersburg, Maryland.
- Ayuso M., Hernández T., Costa F., García C. y Pascual J.A. (1992). Influencia del grado de madurez de un residuo urbano sobre la germinación y disponibilidad de nitrógeno. *Suelo y Planta* 2, 517-527.
- Berton R. S., Camargo O.A. y Valadares J. M. A. S. (1989). Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. *R. Bras. Ci. Solo* 13, 187-192.
- Bidwell A. M. y Dowdy R.H. (1987). Cadmium and Zn availability to corn following termination of sewage sludge applications. *J. Environ. Qual.* 16, 438-442.
- Brams E. y Anthony W. (1988). Residual cadmium in soil profile and accumulation in wheat grain. *Plant and Soil* 109, 3-8.
- Costa F., García C., Hernández T. y Polo A. (1991). *Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización*. CEBAS (CSIC), Murcia, 181 p.
- Costa F., Hernández M. T. y Moreno J. I. (1987). *Utilización agrícola de lodos de depuradora*. CEBAS (CSIC). Murcia, 121 p.
- 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., Porcel M. A., Miralles de Imperial R., Beltrán E., García J., Bellido N. y Bigeriego M. (2000). Empleo de compost de depuradora como fertilizante en cultivo de maíz. *Vida Rural* 109, 24-26.
- Domínguez Vivancos A. (1984). *Tratado de fertilización*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 585 p.
- Duthil J. (1976). *Producción de forrajes*. Mundi-Prensa, Madrid, 413 p.
- Gajdos R. (1997). Effects of two compost and seven commercial cultivation media on germination and yield. *Compost Sci. Util.* 5, 16-36.
- García A., Beltrán G., Uceda M., Hermoso M., González P., Ordóñez R. y Giráldez J.V. (1999). Vegetation water (alpechín) application effects on soils and plants. *Acta Horticulturae* 2, 749-752.
- García D., Bernal J.F., Moreno J.F., Roig A. y Cegarra J. (1994). Utilización de compost y ácidos húmicos en el cultivo de ray-grass. *Actas del III Congreso Internacional de la Anque*. (Anque), Madrid, Vol. 1, pp. 409-418.
- Guerrero A. (1990). *Cultivos herbáceos extensivos*. Mundi-Prensa, Madrid, 751 p.
- Iglesias-Jiménez E. y Álvarez C.E. (1993). Apparent availability of nitrogen in composted municipal refuse. *Biol. Fertil. Soils*, 16, 313-318.
- International Seed Testing Association. (1993). International rules for seed testing. *Seed Sci. Technol.* 21 (Supplement), 160-186.
- Kitchen N. R. y Westfall D.G. (1990). Wheat and corn emergence inhibition from surface-banded solution nitrogen fertilizer. *J. Prod. Agric.* 3, 328-332.
- Maroto J.V. (1995). *Horticultura herbácea especial*. Mundi-Prensa, Madrid, 611 p.
- McCallum K.R., Keeling A.A., Beckwith C.P. y Kettlewell P.S. (1998). Effects of green waste compost on spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Avans) emergence and early growth. *Acta Hort.* 469, 313-318.
- 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*. Tomo III, Madrid, 662 p.
- Miralles de Imperial R., de la Cuadra C., Calvo R. y Walter I. (1994). Efecto de los lodos residuales sobre la germinación de semillas de diversos cultivos. *Actas del III Congreso Internacional de Química de la Anque* (Anque), Vol. 1, Madrid, pp. 23-32.
- Murillo J. M., Cabrera F. y López R. (1993). Influencia de vinaza de remolacha concentrada y despotasificada, sobre emergencia, producción de biomasa y contenido en nutrientes de ryegrass. *Invest. Prod. Prot. Veg.* 8 37-47.
- Polo M. J., Ordoñez R. y Giráldez J. V. (1997). *Uso agrícola de lodos de depuradoras*. Comunicacion I+D 23/97. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla, 52 p.
- Rallo L. y Fernández R. (1999). *Diccionario de Ciencias Hortícolas*. Mundi-Prensa, Madrid, 605 p.
- Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (2001). *Diccionario Esencial de las Ciencias*. Espasa Calpe. Madrid, 1022 p.
- Royo A. y Aragües R. (1991). Tolerancia a la salinidad de 48 cultivares de cebada en la fase de emergencia. *Invest. Prot. Veg.* 6, 17-26.
- SAS/SAT Institute Inc.(1999). *User's guide*. Cary, North Carolina, 891-996.
- Sims J.T., Vasilas B.L. y Gborati M. (1993). Effect of coal fly ash and co-composted sewage sludge on emergence and early growth of cover crops. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24 503-512.
- Smith S. R. (1996). *Agricultural recycling of sewage sludge and the environment*. Cab International, UK, 382 p.
- Walter I., Miralles R. y Bigeriego M. (1992). Efectos de un compost de lodo residual sobre el rendimiento y contenido de Cd y Ni en diversos cultivos. *Suelo y Planta* 2, 675-684.