Valoración agronómica de un compost de residuos urbanos

Ensayos realizados sobre un monocultivo de cebada en Toledo

Desde el punto de vista puramente agronómico, la aplicación de residuos orgánicos urbanos compostados persigue un doble propósito; por un lado, acondicionar el suelo para mejorar sus propiedades físico-químicas actuando como un bioenmendante sobre el sistema, y por otro, aprovechar la carga de nutrientes que forman parte de los mismos y cuya disponibilidad para el cultivo será uno de los condicionantes para mejorar su rendimiento. Estos bioenmendantes aportan mayoritariamente nitrógeno y fósforo orgánico, mientras que el resto de macronutrientes se encuentran en formas inorgánicas, presentando una biodisponibilidad elevada.

Juan Carlos García-Gil, Alfredo Polo y César Plaza.
Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC).

La eficiencia de estos materiales como fertilizantes depende de diversos factores, entre los que está el tipo de suelo y de cultivo empleado, la calidad del compost y los factores ambientales que van a incidir directamente sobre los procesos de mineralización y la disponibilidad de nutrientes para la planta. Por estos motivos, su aplicación debe realizarse en función de los requerimientos nutricionales del cultivo, tanto en el tiempo como en la dosis, con el fin de minimizar las pérdidas por lixiviación, en especial de nitratos y fosfatos, evitando fenómenos contaminantes sobre los acuíferos.

Dado que la composición de los residuos urbanos (R.U.) es bastante heterogénea, en función del origen y de los tratamientos previos que reciban los materiales orgánicos, sus contenidos en metales pesados serán muy variables, aunque la tendencia en los últimos años es a disminuir con la entrada en vigor de las normativas que limitan su uso agrícola en función de los niveles de metales pesados presentes en los compost. En este trabajo se aborda el estudio de los efectos producidos por la aplicación de un compost de residuos urbanos (en un experimento de campo de larga duración) sobre un agrosistema de baja productividad, determinando parámetros agronómicos y nutricionales sobre un cultivo de cebada, así como el grado de movilidad de algunos metales pesados en el cultivo.

Metodología

Las características más importantes de los materiales orgánicos utilizados se detallan en el **cuadro I**. El compost empleado procede de la planta de tratamiento de R.U. de Valdemingómez (Madrid), y se adicionó a un suelo clasificado como Luvisol cálcico (F.A.O), situado en la finca experimental de "La Higueruela" (Santa Olalla, Toledo). Los tratamientos estudiados fueron: una fertilización mineral, un estiércol de vacuno, un compost de R.U., aplicado al suelo en dos dosis diferentes, y un control (sin adición de enmendantes). La dosis utilizada de estiércol (EST) ha sido de 20 t ha^{-1}, que corresponde a las cantidades habituales de aplicación de esta enmienda orgánica en la zona de estudio, comparándose con la misma dosis de compost de R.U. (C20) y con una dosis más elevada de 80 t ha^{-1} (C80), considerada alta para prácticas agrarias, pero que permite evaluar los efectos potencialmente contaminantes que pueden darse sobre el suelo y el cultivo. La fertilización mineral (MIN) de fondo fue realizada en otoño con 400 kg ha^{-1} de abono triple 15-15-15 y en primavera se aplicaron 100 kg ha^{-1} de NH_4NO_3 al 33,5% como fertilización de cobertera, en correspondencia con la dosis tradicional de fertilizante utilizada en la zona para el cultivo de cebada. Todos los tra-

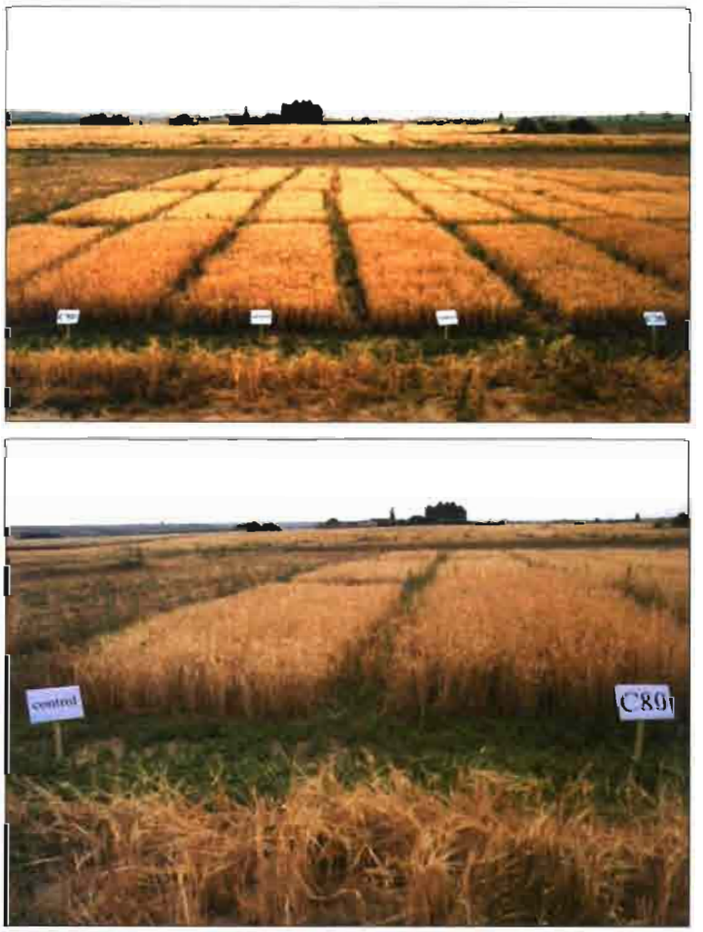


Foto 1. Disposición de las parcelas experimentales en la Finca experimental "La Higueruela" (Santa Olalla, Toledo) y diferencias en la biomasa aérea en el tratamiento control y el compost a 80 t ha^{-1}.

tamientos se compararon con el suelo sin abonar (Control).

El esquema del experimento se compone de cuatro bloques, en cada uno de los cuales están los cinco tratamientos estudiados, distribuidos al azar en parcelas de 3 x 10 m (**foto 1**), y sobre las que se han estudiado los efectos residuales de una única adición de los distintos enmendantes en el inicio del experimento y los efectos acumulativos de sucesivas aplicaciones realizadas a lo largo de la duración del mismo. La secuencia temporal en el uso y aplicación de los tratamientos fue la siguiente: en los tres primeros años se añadieron las enmiendas orgánicas y la fertilización mineral, y en los tres siguientes no se aplicaron, para continuar dos años más con nuevas adiciones de los mismos enmendantes. En este trabajo se presentan los datos obtenidos en el seguimiento de los efectos residuales y acumulativos de los tratamientos durante los dos últimos años del experimento.

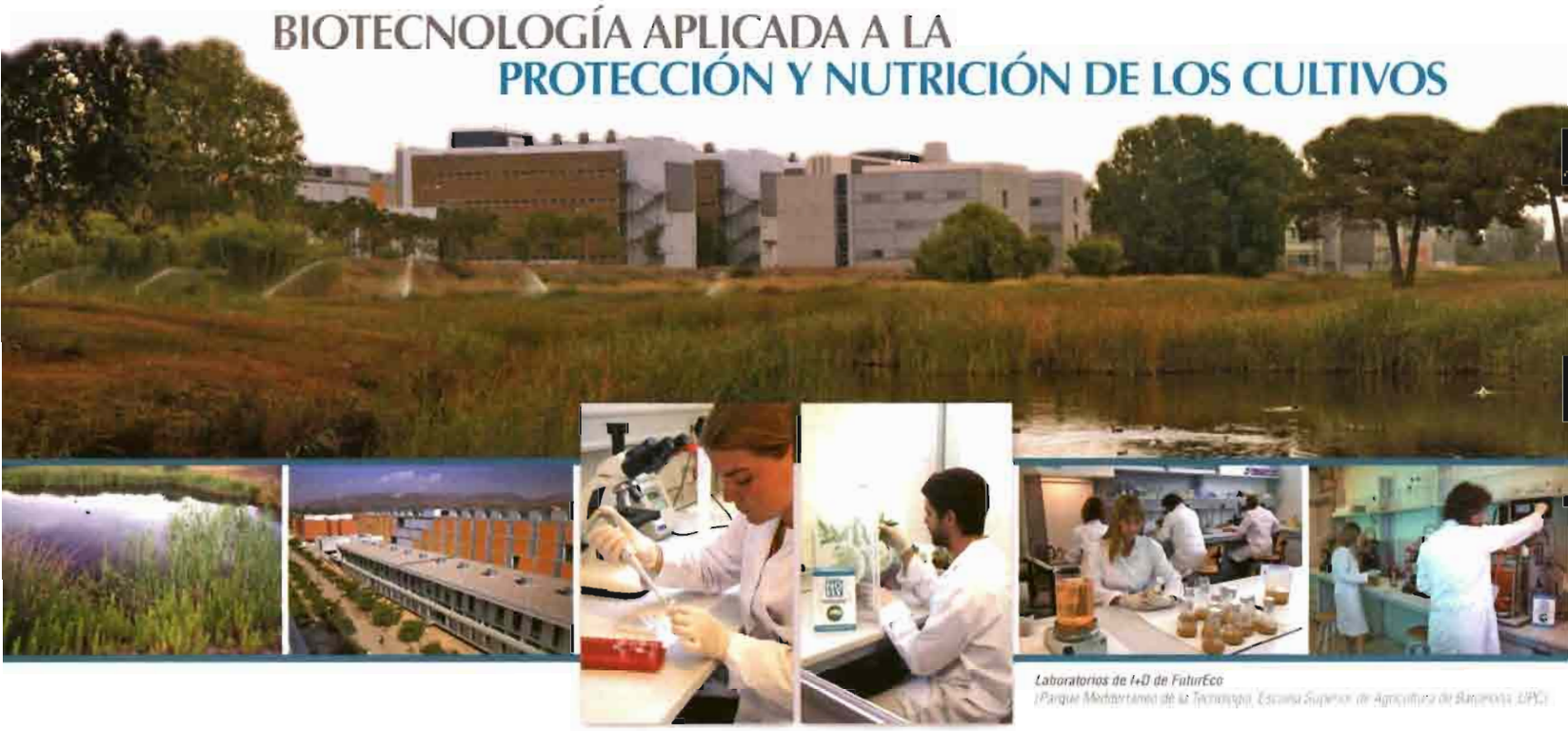
La aplicación de los distintos materiales fue realizada durante el mes de octubre, previo a la siembra del cultivo, realizándose una labor con cultivador sobre las parcelas para la incorporación de los mismos al suelo. El cultivo que ha sido utilizado durante dicho experimento fue la cebada *(Hordeum vulgare L.),* de la variedad *Reinette*, por su buena adaptación a las condiciones bioclimáticas de la zona de estudio, donde predomina en régimen de monocultivo. La densidad de siembra fue de 300 plantas por metro cuadrado, equivalente a 140 kg ha^{-1} de semilla, aplicándose un tratamiento de herbicida en todas las parcelas, con el ingrediente activo glifosato, en dosis de 1,5 l ha^{-1}. La recolección de la cosecha se realiza en junio de cada año con una microcosechadora "Hege-40" equipada con una barra de corte graduable para la anchura de las parcelas (**foto 2**).

CUADRO I. CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DEL COMPOST DE R.U. Y DEL ESTIÉRCOL UTILIZADOS.

	Compost de R.U.	Estiércol
Cenizas (%)	70,1	63,8
pH	7,6	8,2
CE (mS cm^{-1})	2,9	6,3
N (g kg^{-1})	15,4	6,0
Macronutrientes totales (g kg^{-1})		
P	4,9	1,7
K	4,2	15,2
Ca	38,1	9,7
Mg	3,8	3,8
Na	0,8	1,4
Metales pesados (mg kg^{-1})		
Mn	175	87
Zn	690	28
Cu	245	<1
Pb	312	<1
Cd	<0,2	<0,2
Cr	14	7
Ni	30	3

FuturEco BIOSCIENCE

BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA
PROTECCIÓN Y NUTRICIÓN DE LOS CULTIVOS



Laboratorios de I+D de FuturEco
(Parque Mediterráneo de la Tecnología, Escuela Superior de Agricultura de Barcelona, UPC)

OFICINAS: tel. 93 487 41 97; fax: 93 487 50 06; futureco@futureco.net
LABORATORIO I+D: tel. 93 552 10 13 ; fax: 93 636 20 39; research@futureco.net
www.futureco.net



Foto 2. Imagen de la microcosechadora "Hege-40" en una de las parcelas.

En las muestras de grano y tallo al final de la cosecha se realizaron diversos índices agronómicos de calidad, así como la determinación de los contenidos totales de los principales macronutrientes y metales pesados tanto en paja como en grano, empleando los siguientes métodos: nitrógeno total según Kjeldahl; potasio, calcio, sodio, magnesio, fósforo, micronutrientes y metales pesados totales mediante digestión con ácidos nítrico-perclórico y posterior determinación mediante espectroscopía de emisión de plasma (Perkin Elmer ICP 5500). Todos los análisis estadísticos de la varianza, se han realizado utilizándose el test de la menor diferencia significativa (MDS) con un nivel de confianza del 95% para la diferenciación entre medias.

Resultados y discusión

Rendimiento de cosecha

La disponibilidad de agua para el cultivo se considera un factor tan limitante como el nutricional. El rendimiento de cosecha en las condiciones de semiaridez en las que se desarrolla el experimento, está muy influenciado por el estrés de tipo abiótico generado con los periodos de sequía o con la elevación de las temperaturas al final del ciclo de crecimiento, lo cual repercute negativamente sobre el peso del grano (**figura 1**) al reducirse el aporte de sustancias de reservas al endospermo durante la fase

FIGURA 1.

Diferencias entre tratamiento en el peso de grano de cebada en el séptimo y octavo año en relación con el balance hídrico del suelo (método de Thornthwaite).

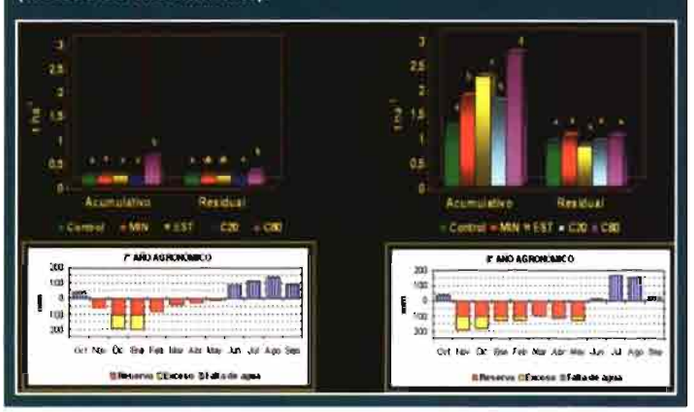




Foto 3. Efecto de las malas hierbas sobre una de las parcelas.

de llenado de las semillas. Esto es debido a adaptaciones fisiológicas de la planta para combatir este estrés, disminuyendo la tasa fotosintética al fijarse menos CO_2 por el cierre estomático para minimizar las pérdidas de agua por transpiración. Bajo estas condiciones, la absorción de nitrógeno por la planta también disminuye, por lo que durante y después del periodo de antesis, este nutriente es movilizado de los órganos vegetativos y transportados al grano, pudiendo causar una reducción de su tamaño si las condiciones adversas son muy extremas.

Por otro lado, también hay que considerar los efectos negativos que el régimen de monocultivo tiene sobre la productividad del sistema, generando cambios en las propiedades fisico-químicas, biológicas y bioquímicas del suelo, que repercuten sobre los ciclos y disponibilidad de nutrientes para el cultivo, apareciendo además fenómenos de competencia con especies adventicias (**foto 3**), con el consecuente abuso de productos fitosanitarios para su control y los riesgos derivados de su uso para el medioambiente.

Las producciones de grano que se han obtenido, muestran gran variabilidad interanual debida no sólo a las nuevas aplicaciones de los tratamientos, sino también a las condiciones ambientales que determinan los rendimientos finales de cosecha. En las parcelas acumulativas, la fertilización mineral ha dado producciones del mismo orden que la dosis baja de compost, mientras que el estiércol ha mostrado un rendimiento significativamente superior a estos tratamientos en el último año, aunque sin superar las obtenidas para la dosis más alta de compost (**cuadro II**). En el control se han obtenido las producciones más bajas durante el experimento, indicando una fertilidad agrícola escasa de estos suelos. En las parcelas residuales no se han observado diferencias significativas entre los distintos tratamientos, obteniéndose rendimientos de cosecha más bajos que en las acumulativas.

En la evolución de la cantidad de materia seca en las parcelas acumulativas, se han obtenido los valores más elevados en el tratamiento C80, seguidos por el estiércol, el C20 y la fertilización mineral, obteniéndose las diferencias más significativas

Continúa en pág. 48 ▶


ISO 9002
ISO 14001
FERTILENT
FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN LENTA
...un golpe de efecto a su producción.
FERTILENT
FERTILENT
SOCIEDAD ANONIMA
MIRAT
Plaza de la Justicia, 1 • 37008 Salamanca • Tíno.: 923 18 15 28 - Fax: 923 18 15 22
fertilizantes@mirat.net • www.mirat.net

CUADRO II. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GRANO DE CEBADA Y DE MATERIA SECA (t ha^{-1}).

	GRANO				MATERIA SECA			
	residuales		acumulativos		residuales		acumulativos	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
EST	0,2 ab	0,9 a	0,2 a	2,2 c	0,6 ab	3,3 a	0,4 a	6,2 c
MIN	0,2 ab	1,0 a	0,2 a	1,9 b	0,7 b	3,1 a	0,5 a	4,7 b
C20	0,2 a	1,0 a	0,2 a	1,7 b	0,5 a	2,8 a	0,6 a	4,2 b
C80	0,3 b	1,0 a	0,6 b	2,7 d	0,6 ab	3,0 a	1,4 b	6,8 c
Control	0,2 a	0,9 a	0,2 a	1,2 a	0,5 ab	2,8 a	0,4 a	2,9 a

Valores de una misma columna seguidos con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

CUADRO III. EVOLUCIÓN DEL PESO ESPECÍFICO (kg hl^{-1}) Y DEL PESO DE 1000 GRANOS DE CEBADA.

	PESO ESPECÍFICO				PESO DE 1000 GRANOS			
	residuales		acumulativos		residuales		acumulativos	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
EST	56,6 a	66,0 a	64,3 b	66,6 b	45 b	37 a	47 b	37 a
MIN	56,9 a	65,9 a	63,9 b	65,0 a	42 ab	36 a	46 b	36 a
C20	58,2 a	65,0 a	66,3 c	66,3ab	45 b	36 a	45 b	37 a
C80	64,0 b	65,4 a	65,4bc	68,4 c	46 b	36 a	44 ab	40 b
Control	59,2 a	65,4 a	60,4 a	66,0ab	41 a	36 a	41 a	36 a

Valores de una misma columna seguidos con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

en el último año. El control sigue manteniéndose en valores por debajo del resto de los tratamientos (**cuadro II**). Las fluctuaciones en la producción de peso total de planta en cada tratamiento son paralelas a las observadas para el rendimiento de cosecha, estando muy influenciados ambos parámetros por las condiciones ambientales dadas en el agrosistema en cada año de estudio, y siendo éste el factor más limitante junto con la fertilización nitrogenada del cultivo en condiciones de secano. En las parcelas residuales, se han observado diferencias significativas en la producción de materia seca de los distintos tratamientos que han variado de un año a otro, sin una tendencia clara hasta llegar al último en el que se han igualado todos (**cuadro II**).

Calidad del grano

La calidad de grano para cada cosecha puede ser estimada por distintos parámetros relacionados con el peso y el tamaño del mismo. El peso específico de grano en las parcelas acumulativas y residuales se muestra en la **cuadro III**. El análisis estadístico de los resultados revela diferencias significativas entre los distintos tratamientos, obteniéndose los valores más elevados para la cosecha del último año, mientras que en el anterior se ha observado una disminución generalizada de este parámetro para todos los tratamientos, corroborando que el déficit hídrico observado en ese año ha afectado negativamente al tamaño de los granos. En general, se observa que los tratamientos orgánicos muestran pesos específicos de grano en los mismos rangos que la fertilización mineral, o ligeramente superiores, indicando un efecto positivo sobre la calidad del mismo.

Otro parámetro agronómico que se utiliza para estimar la calidad de la cebada es el peso de 1.000 granos, cuyos valores se reflejan en la **cuadro III**. Los resultados obtenidos tienen de nuevo, una gran variabilidad interanual existiendo diferencias significativas de los distintos tratamientos con respecto al control. Este parámetro está muy influenciado por los factores ambientales que van a afectar a la producción de compuestos asimilados, al proceso de llenado de los granos y al rendimiento final de cosecha. En el año 1997 se observa un peso de los 1.000 granos elevado, en contraposición con unas producciones muy bajas en todos los tratamientos (**cuadro II**). La capacidad acumulativa de los compuestos asimilados que se van transfiriendo al grano, varía con el número de espigas por planta y de granos por espiga, por lo que un aumento en los rendimientos de cosecha ha traído un descenso del peso de 1.000 granos en el último año, pudiendo ser atribuido a algún estrés ambiental o nutricional durante este proceso.

Contenido en macronutrientes

Los análisis de macronutrientes se han llevado a cabo de forma separada tanto en grano como en paja, para evaluar cuál es su dinámica en la planta. En los **cuadros IV, V y VI** se muestra la evolución de los contenidos en macronutrientes en el cultivo.

En las parcelas acumulativas, el nitrógeno ha mostrado distintas respuestas entre tratamientos, siendo la dosis más alta de compost la que ha supuesto un incremento mayor sobre los contenidos de este nutriente en grano (**cuadro IV**). La aplicación consecutiva de las distintas enmiendas orgánicas produce un incremento en el nitrógeno con respecto al control y a las parcelas donde se estudia el efecto residual, indicando una disponibilidad mayor de este nutriente para el cultivo. Los resultados obtenidos

CUADRO IV. EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO EN GRANO Y PAJA (g kg^{-1}).

	GRANO				PAJA			
	residuales		acumulativos		residuales		acumulativos	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
EST	22,3 a	16,9 b	22,3 a	20,8 d	12,0 a	6,2 a	13,7ab	7,9 a
MIN	21,6 a	15,4 a	22,0 a	17,9 b	11,0 a	5,7 a	14,7 b	6,8 a
C20	21,0 a	16,0ab	21,6 a	19,1 c	12,0 a	5,1 a	12,3ab	6,9 a
C80	21,6 a	16,0ab	22,0 a	23,4 e	11,3 a	6,2 a	13,7ab	7,1 a
Control	21,3 a	15,7ab	21,6 a	16,2 a	11,0 a	6,2 a	11,0 a	6,3 a

CUADRO V. EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE FÓSFORO EN GRANO Y PAJA (g kg^{-1}).

	GRANO				PAJA			
	residuales		acumulativos		residuales		acumulativos	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
EST	3,4 a	3,9 b	3,7 a	4,5 c	1,4ab	0,7 a	2,2 b	0,8 a
MIN	3,5 a	3,7ab	3,8 a	3,8 a	1,1 a	0,5 a	1,9ab	0,7 a
C20	3,4 a	3,5ab	3,5 a	4,1 b	1,3ab	0,5 a	2,0ab	0,9 a
C80	3,2 a	3,6ab	3,5 a	4,4 c	1,3ab	0,5 a	1,7 a	0,8 a
Control	3,4 a	3,2 a	3,4 a	3,8 a	1,6 b	0,5 a	1,6 a	0,7 a

CUADRO VI. EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE POTASIO EN GRANO Y PAJA (g kg^{-1}).

	GRANO				PAJA			
	residuales		acumulativos		residuales		acumulativos	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
EST	3,7 a	5,3ab	4,8 b	6,5 c	12,4 a	5,9 a	12,9 b	14,2 b
MIN	3,5 a	4,8 a	4,4 b	5,5 a	11,5 a	8,2 a	15,6 c	10,3 a
C20	3,8 a	5,5 b	4,7 b	6,3bc	12,6 a	8,8 a	15,1 c	10,2 a
C80	3,6 a	5,4ab	4,4 b	6,1bc	11,9 a	8,7 a	12,7ab	14,0 b
Control	3,4 a	5,0ab	3,4 a	5,8ab	11,1 a	8,5 a	11,1 a	7,1 a

Valores de una misma columna seguidos con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Continúa en pág. 50 ▶

FENASA

Fertilizantes Naturales, S.A.- FENASA participada por SQM NITRATOS (Líder mundial en la fabricación de nitratros y potásio naturales) y por ROTEM - AMFERT - NEGEV (Líder mundial de fosfato monopotásico) **es hoy uno de los mayores proveedores nacionales de Materias Primas Solubles para Fertirrigación.**

Todas ellas caracterizadas por:

1.- 100% contenido en nutrientes.

2.- Totalmente solubles en agua.

3.- Ausencia de metales pesados.

4.- Libres de sodio y cloro (excepto, obviamente, cloruro potásico).

5.- Máxima eficiencia de absorción de nutrientes por tratarse de fertilizantes moleculares.

6.- Fácil manejo y transporte.

¡Técnico, Agricultor!

PONGAN USTEDES EL AGUA...

...NOSOTROS PONDREMOS LOS FERTILIZANTES.

" Porque para la producción de las mejores cosechas CON AGUA NO BASTA, ponemos a su disposición el más completo catálogo de FERTILIZANTES SOLUBLES que GARANTIZAN SU COMPOSICION Y ASEGURAN LA NUTRICION DE SUS CULTIVOS"



Nitrato Potásico 13-0-46.

Sulfato Potásico 0-0-51.

Cloruro Potásico 0-0-60.

Fosfato Monopotásico MKP® 0-52-34.

Fosfato Monoamónico MAP 12-61-0.

Acido fosfórico 85%.



Nitrato Magnésico 11-0-0+15%MgO.

Sulfato Magnésico 16% MgO.

novedades

Nitrato de Calcio 15,5-0-0+26%CaO soluble.

Nitrato de Calcio 15,5-0-0+26%CaO SUPER soluble.

¡Soluciones Profesionales!

SQM NITRATOS

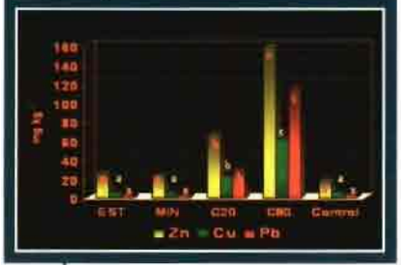
FERTILIZANTES NATURALES, S.A.- FENASA

C/ Provenza, 251 08008 Barcelona
Tfno.: 93-4877806 Fax: 93-4872344

para la fertilización mineral han estado en el mismo rango que los observados para el estiércol y la dosis baja de compost. Hay que destacar que en el año 1997 se ha observado un aumento en el contenido de nitrógeno en todos los tratamientos, tanto en las parcelas acumulativas como en las residuales, sin que haya habido diferencias significativas entre los mismos, siendo atribuida a un fenómeno de concentración de los compuestos nitrogenados en la escasa biomasa vegetal formada por unas condiciones climáticas desfavorables para la cebada. En las parcelas residuales no ha habido grandes diferencias entre tratamientos, mostrando valores por debajo de los obtenidos para las acumulativas.

Por otro lado, los contenidos de fósforo y potasio se han incrementado en los tratamientos orgánicos, siendo el estiércol la enmienda que ha mostrado una mayor eficiencia fertilizante para estos nutrientes en las parcelas acumulativas, mientras que en las residuales no ha habido diferencias significativas entre tratamientos (**cuadros V y VI**).

FIGURA 2.
Contenidos en cinc, cobre y plomo (sólo tratamientos acumulativos) en grano y cebada.



Respecto a los contenidos de macronutrientes en paja, se observan escasas diferencias entre los distintos tratamientos y manejos. La cantidad de nitrógeno acumulada en los órganos vegetativos de la planta para ambas dosis de compost y para el estiércol en las parcelas acumulativas ha estado en los mismos rangos que la fertilización mineral, sin llegar a mostrar diferencias significativas entre ellos, con la excepción del año 1997, en el que el tratamiento mineral ha presentado el contenido mayor para este elemento en paja, debido a la mayor disponibilidad de las formas asimilables de nitrógeno con este tipo de fertilizantes, lo cual ha sido aprovechado por el cultivo al darse condiciones climáticas más áridas que han disminuido las pérdidas por lixiviación (**cuadro IV**).

Los contenidos de fósforo y potasio en paja han presentado variaciones escasas entre tratamientos, existiendo únicamente diferencias significativas para el caso del potasio, en el que el estiércol y el compost de las parcelas acumulativas superan a la fertilización mineral y al control (**cuadro VI**). El fósforo de los tratamientos con compost ha mostrado una respuesta muy variable en su asimilabilidad por la planta, siendo su contenido en paja para la dosis más alta inferior al estiércol y del mismo orden que la fertilización mineral, debido posiblemente a algún fenómeno de inmovilización en el suelo por las nuevas condiciones redox alcanzadas en el sistema (**cuadro V**).

En las parcelas donde se estudia el efecto residual de la única aplicación de las enmiendas orgánicas, no se ha observado prácticamente ninguna diferencia en los contenidos de estos nutrientes entre los distintos tratamientos. De igual forma, tanto en las parcelas acumulativas como en las residuales, los contenidos de calcio, magnesio y sodio, en grano y paja, no han presentado ninguna variación significativa entre tratamientos.

Contenido en metales pesados

Las cantidades más elevadas de metales pesados absorbidos por la planta de cebada corresponden a la dosis alta del compost en las parcelas donde fue adicionado de forma acumulativa. Los niveles máximos alcanzados el último año son los que se detallan a continuación (mg kg^{-1}):

Grano: cadmio (0,05); cromo (3,4); plomo (0,8); níquel (3,6)
Paja: cadmio (0,02); cromo (3,3); plomo (0,3); níquel (1,7).

El cinc presenta mucha más movilidad y es absorbido por la planta unido a compuestos solubles de bajo peso molecular, observándose incrementos significativos en los tratamientos acumulativos de compost, siendo éste más notorio en la dosis alta, y acumulándose más en el grano (**figura 2**). La cantidad de cobre acumulada en el cultivo, ha aumentado significativamente con la aplicación los residuos orgánicos, en mayor medida con la dosis alta de compost. En general, los contenidos de estos elementos alcanzados en las plantas de cebada pueden considerarse como normales, estando incluso muy por debajo de las concentraciones críticas descritas por otros autores.

Conclusiones

La utilización del compost de R.U. ha tenido efectos positivos sobre la producción y la calidad del grano de cebada en las parcelas acumulativas, equiparándose los rendimientos de la fertilización mineral con los del estiércol y la dosis baja de compost, o llegando a superarlos con la dosis alta, si bien los factores climáticos han sido determinantes en las grandes variaciones interanuales observadas en estos parámetros, condicionando las respuestas del cultivo a los distintos tratamientos y manejos. En las parcelas residuales no se han obtenidos diferencias significativas ni en el rendimiento ni en la calidad del cultivo. Desde el punto de vista nutricional, tanto el estiércol como el compost han incrementado la concentración de macronutrientes en grano, mientras que en la paja apenas se han obtenidos diferencias entre las enmiendas orgánicas, la fertilización mineral y el control, observándose únicamente un aumento de potasio con el estiércol y un descenso del fósforo con la dosis alta de compost. Al igual que en los parámetros agronómicos, los niveles acumulados en la planta de cebada de los distintos nutrientes han fluctuado con las condiciones ambientales, produciéndose un fenómeno de concentración de estos elementos cuando el estrés hídrico hace disminuir tanto la biomasa vegetal como la producción de la cosecha. El contenido de metales pesados en el cultivo, no ha alcanzado niveles tóxicos ni incluso con la aplicación sucesiva de la dosis alta de compost. ■

Bibliografía

Barceló J., Nicolás G., Sabater B. Sánchez R. (1992). Fisiología vegetal. Ediciones Pirámides S.A., Madrid.

García-Gil J.C. (2001). Efectos residuales y acumulativos producido por la aplicación de compost de residuos urbanos y lodos de depuradoras sobre agrosistemas mediterráneos degradados. Universidad Autónoma de Madrid, Tesis Doctoral.

Kabata-Pendias A., Pendias H. (1984). The anthroposphere. In: Trace elements in soils and plants, CRC Press Inc., Florida, pp. 3-14.

López L. (1991). Tecnología de la producción de cereales. En: Cultivos herbáceos Vol. I, Cereales. Ed. Mundi-Prensa, pp. 129-185.

Molina J.L (1989). La cebada. Morfología, fisiología, genética, agronomía y usos industriales. M.A.PA. (Ed.), Madrid.

Muñoz F., García-Gil J.C., Plaza C., Polo A. (2001). Influencia de distintas dosis de compost de residuos urbanos en el rendimiento y calidad de un cultivo de cebada. IV Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas, Cáceres, 7-11 de mayo.

Nogales R., Elvira C., Benítez E., Gallardo-Lara F. (1995). Uso agrícola de compost y vermicompost de basuras urbanas (III): Capacidad de cesión de nutrientes al suelo y a la planta. Residuos 29, 61-67.