

# EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL CRECIMIENTO DE TRIGO

## Biological Effectiveness of Organic Amendments in Wheat Growth

E. Álvarez-Sánchez<sup>1†</sup>, A. Vázquez-Alarcón<sup>1</sup>, J. Z. Castellanos<sup>2</sup> y J. Cueto-Wong<sup>3</sup>

### RESUMEN

La calidad de un abono orgánico se mide en términos de la cantidad de nutrimentos que puede aportar, en particular N, y el abono debe carecer de semillas de malezas, de insectos o patógenos viables y de fitotoxicidad. Las características señaladas se utilizan como parámetros de evaluación en estudios de efectividad previos a su registro y comercialización. En este trabajo se evaluó la efectividad de 10 abonos orgánicos comerciales en el rendimiento y la extracción de nutrimentos por el trigo (*Triticum aestivum*) cv. Batán F96, y su efecto en algunas propiedades químicas del suelo. Se emplearon tres dosis (5, 20 y 40 t ha<sup>-1</sup>) y un testigo absoluto en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Al final del experimento se evaluaron, en planta: altura, biomasa radical, peso seco de paja y de grano y las cantidades de N, P, K, Cu y Zn acumuladas por el cultivo; en suelo: pH, conductividad eléctrica (CE) y nitrógeno inorgánico (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Los resultados mostraron que sólo 30% de los abonos orgánicos ensayados incrementaron significativamente el rendimiento y la absorción de nutrimentos por el trigo. Esta efectividad biológica fue función del tipo de abono y de la dosis aplicada. Los mejores efectos fueron provocados en orden decreciente por "Tierra y abono para pasto", "Tabaco", "Super abono natural". La dosis óptima de aplicación para el primer material fue de aproximadamente 15 t ha<sup>-1</sup>, dosis mayores tienen un efecto en detrimento del crecimiento del cultivo. Este efecto en rendimiento fue debido, en general, al aporte de N, P, K, Cu y Zn. El resto de los materiales orgánicos

no mostraron efectividad en el crecimiento del cultivo y, por lo tanto, no cumplirían con la norma oficial mexicana NOM-077-FITO-2000 para permitir su introducción en el mercado. La adición de abonos orgánicos produjo cambios significativos en pH, CE y N inorgánico (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>+N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en el suelo.

**Palabras clave:** *Triticum aestivum*, inmovilización de N, N inorgánico, salinidad.

### SUMMARY

The quality of organic amendments is measured by the quantity of nutrients they can release, particularly N, they must be free of weed seeds, insects or pathogens and phytotoxic effects. These characteristics are used as evaluation parameters in effectiveness studies before their registration and commercialization. In the present study the effectiveness of 10 commercial organic amendments on yield and nutrient accumulation in wheat (*Triticum aestivum*) cv. Batán F96, and their effects on some chemical soil properties were evaluated. Three levels (5, 20, and 40 t ha<sup>-1</sup>) were employed and a control in a completely random design with four replications. At the end of the experiment the following were evaluated in plant: height, root biomass, dry weight of straw and grain, as well as N, P, K, Cu, and Zn quantities accumulated by the crop. In soil pH, electric conductivity (EC) and inorganic N (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) were determined. Results showed that only 30% of the organic amendments tested produced a significant increase in yield and nutrient uptake by wheat. This effectiveness was a function of the kind of amendment used and the level of application. The best effect was induced, in decreasing order, by "Ground and amendment for grass", "Tobacco", "Super natural amendment". The optimum application level for the first material was 15 t ha<sup>-1</sup>, approximately; higher levels have a detrimental effect on crop growth. In general, this effect on yield was a consequence of the release of N, P, K, Cu, and Z by the material. The other organic amendments did not show any effect on crop growth and, therefore, they did not comply with

<sup>1</sup> Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. 56230 Chapingo, estado de México.

<sup>†</sup> Autor responsable (edna\_alvarez30@yahoo.com.mx)

<sup>2</sup> Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Apartado Postal 112, 38000 Celaya, Guanajuato, México. y, respectivamente.

<sup>3</sup> Campo Experimental Laguna, INIFAP. Torreón, Coahuila, México.

Recibido: febrero de 2002. Aceptado: enero de 2006.

Publicado en Terra *Latinoamericana* 24: 261-268.

the Mexican norm NOM-77-FITO-2000 to permit their introduction on the market. The addition of organic amendments produced significant changes in soil pH, EC and inorganic N ( $N-NH_4^+ + N-NO_3^-$ ).

**Index words:** *Triticum aestivum*, *N immobilization*, *inorganic N*, *salinity*

## INTRODUCCIÓN

En la agricultura sustentable, la aplicación de materiales orgánicos al suelo es indiscutiblemente necesaria porque éstos son fuente vital para reconstruir la materia orgánica del suelo y para suministrar nutrientes. Además de los residuos vegetales, las fuentes de carbono para el suelo incluyen estiércoles, lodos de aguas residuales y otros desechos industriales. La composta se produce con base en residuos orgánicos y se presenta como una opción a la quema de residuos agrícolas.

Un abono orgánico puede ser considerado "fertilizante" o "acondicionador del suelo", dependiendo de su efecto en la nutrición vegetal. Los "fertilizantes" son fuente de nutrientes rápidamente disponibles y tienen un efecto directo, que se refleja en corto tiempo en el crecimiento de las plantas. Los "acondicionadores del suelo" afectan el crecimiento de los cultivos indirectamente al mejorar las propiedades físicas, como: retención de agua, aireación, estructura y drenaje, propiedades que están íntimamente relacionadas con la prevención de la erosión del suelo y la recuperación de suelos degradados (Castellanos *et al.*, 1996; López-Martínez *et al.*, 2001; Cooperband, 2002). También favorecen la diversidad y actividad microbiológica del suelo (Neely *et al.*, 1991).

Todos los abonos orgánicos contienen C y N. La cantidad relativa presente de cada uno (relación C:N) podría determinar si el N y algunos otros nutrientes podrían ser inmovilizados en el proceso de descomposición (Ajwa y Tabatabai, 1994). La descomposición de materiales con baja relación C:N como abono de animales (< 20:1) podría liberar N, mientras que la descomposición de materiales con alta relación C:N ( $\geq 20:1$ - $30:1$ ), como paja o aserrín, podría requerir que los microbios del suelo usen el N adicionado para sus propias necesidades metabólicas en un proceso conocido como inmovilización de N (Watkins y Barraclough, 1996; Cooperband, 2002).

Los abonos pueden aplicarse directamente o composteados. El composteo cambia la calidad del abono, por ejemplo, la disponibilidad de nutrientes podría ser más baja después del proceso, pero el abono composteado biológicamente es más estable (Cooperband, 2002; INN, 2004).

Dependiendo de su composición química, procedencia y manejo, los abonos orgánicos pueden aportar cantidades importantes de nutrientes para los cultivos, lo que reduce el uso de fertilizantes químicos (López-Martínez *et al.*, 2001); también pueden prevenir y controlar a patógenos del suelo (Van Bruggen y Grünwald, 1996; Romero-Lima *et al.*, 2000). Sin embargo, cuando los abonos orgánicos no se han humificado bien, pueden ocasionar efectos adversos como fitotoxicidad por presencia de sustancias que inhiben la germinación y el desarrollo de las plantas, deficiencia temporal de N en los cultivos cuando la relación C/N es alta, presencia de sustancias tóxicas como metales pesados (Almendros, 2000). Las características señaladas son utilizadas como parámetros de evaluación en estudios de efectividad previos al registro y a la comercialización de los abonos orgánicos, según la norma oficial mexicana NOM-077-FITO-2000 (SAGARPA, 2000).

En el presente trabajo, se evaluó la efectividad biológica de 10 abonos comerciales en el rendimiento y la extracción de nutrientes por el trigo (*Triticum aestivum*) y su efecto en algunas propiedades químicas del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 10 abonos orgánicos comerciales producidos en el rancho Los Molinos (km 16.5 carretera Cuernavaca-Tepoztlán). El experimento en condiciones de cubierta se instaló en agosto del 2000 en Chapingo, estado de México, ubicado en las coordenadas  $19^{\circ} 29' N$  y  $98^{\circ} 53' O$ , a una altitud de 2250 m. En el Cuadro 1, se presentan las especificaciones de los productos en la etiqueta. El factor tipo de abono (10 mezclas), cada uno a tres dosis (5, 20 y  $40 t ha^{-1}$ ) más un testigo, es expresado con el modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:  $Y_{ij}$  = observación con el tratamiento  $i$ , en la repetición  $j$ ;  $i = 1, 2, \dots, 31$  (10 abonos orgánicos cada

**Cuadro 1. Especificaciones comerciales de los abonos orgánicos.**

Producto comercial	Composición
Humus de lombriz	100% vermicomposta
Tierra y abono para pasto	Triple 17 (17-17-17), abono de borrego, tabaco en polvo y tierra lama
Tierra para violetas africanas	Musgo (peat moss), abono de borrego, tabaco en polvo, piedra tepojal (pómez)
Super abono natural	50% abono de borrego y 50% tabaco molido
Tabaco	100% tabaco molido
Abono para rosales	Tierra de hoja molida, abono de borrego, tabaco en polvo, nutrientes balanceados
Tierra orgánica plus ultra	Tierra orgánica forestal, abono de borrego, tabaco molido
Tierra de hoja	Tierra de hoja molida, tierra de hoja entera, abono de borrego y tabaco en polvo
Tierra y abono para macetas	Tierra de hoja molida, abono de borrego, tabaco en polvo y piedra tepojal (pómez)
Abono de borrego	80% abono de borrego y 20% tabaco en polvo

uno a tres dosis, más un testigo);  $j = 1, 2, 3, 4$ .  $\mu$  = media general;  $T_i$  = efecto del tratamiento  $i$ ;  $\varepsilon_{ij}$  = error experimental asociado a  $Y_{ij}$ .

El tipo de abono estudiado a tres dosis más un testigo absoluto (sin abono orgánico ni fertilizantes) generó un total de 31 tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones

Cada uno de los abonos orgánicos a las dosis correspondientes se incorporaron con 2 kg de suelo con pH 7.4, conductividad eléctrica (CE) 0.14 dS m<sup>-1</sup>, N inorgánico (44 mg kg<sup>-1</sup>) y materia orgánica (MO) (3.4%), características que corresponden a un suelo moderadamente alcalino, sin problemas de sales, con un valor alto en N inorgánico y rico en materia orgánica (SEMARNAT, 2000). Posteriormente, se sembraron 24 semillas por maceta de trigo variedad Batán F96 (ciclo de 90 a 100 días); una vez germinado, se dejaron 15 plántulas. La unidad experimental consistió en una maceta y el total de unidades experimentales fue de 124 que se distribuyeron conforme a un diseño completamente al azar.

El suelo se mantuvo en condiciones de humedad que fluctuó de 95 a 100% de la capacidad de campo

(CC = 34%) ajustada gravimétricamente con agua destilada durante todo el ciclo del cultivo. El trigo se cosechó una vez madurado el grano.

Las técnicas analíticas utilizadas para el análisis del suelo empleado en el experimento fueron: pH en agua (relación 1:2), CE (relación 1:5), MO por el procedimiento de Walkley y Black (Jackson, 1964), y N inorgánico (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) extraído con KCl 2N (Bremner, 1965). En los abonos orgánicos, se determinaron el porcentaje de carbono por el procedimiento de Walkley y Black y la concentración total de N, P, K, Ca y Mg conforme a las técnicas empleadas en el análisis vegetal que se describen en el siguiente párrafo.

Al final del experimento, se evaluaron en planta: altura, biomasa radical, peso seco de paja y peso seco de grano. Debido a que, en general, hay pérdidas de materia seca en el lavado de raíces, el peso no se incluyó. Posteriormente, se molió la parte aérea (grano más paja), se mezclaron y se digitaron en una mezcla de ácido perclórico y nítrico (2:1) para determinar la concentración total de P, K, Cu y Zn. La cuantificación de fósforo se realizó mediante el método del fosfovanadomolibdico, Ca y Mg y micronutrientes por absorción atómica y K por espectrofotometría. En el caso de la cuantificación de Ca y Mg en los abonos orgánicos, éstos se determinaron por absorción atómica. Para N, la digestión se realizó con una mezcla de ácido sulfúrico-salicílico y su determinación por arrastre de vapor. Con la biomasa y la concentración nutrimental se estimó la cantidad de los nutrientes respectivos acumulados por el cultivo. En el suelo, se determinaron pH, CE, MO y N inorgánico (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) por los procedimientos antes señalados.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza para evaluar significancia de los tratamientos y, posteriormente, se realizó una prueba de medias (diferencia mínima significativa, DMS).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición Química de los Abonos Orgánicos

Como se aprecia en el Cuadro 2, los abonos orgánicos con mayor contenido de N fueron "Tierra y abono para pasto" (6.0%), "Abono para rosales" (1.8%), "Tabaco" (4.3%), "Super abono natural" (2.9%); en los dos primeros productos, el N se generó de su mezcla con

Cuadro 2. Composición química de los productos comerciales.

Producto comercial <sup>1†</sup>	Contenido nutricional					
	N	C	P	K	Ca	Mg
	----- % -----					
Humus de lombriz	1.5	15.2	0.82	0.76	0.74	0.57
Tierra y abono para pasto	6.0	7.2	1.34	3.60	0.46	0.35
Tierra para violetas africanas	1.0	24.7	0.16	0.57	0.41	0.11
Super abono natural	2.9	34.9	0.45	4.10	0.62	1.14
Tabaco	4.3	31.1	0.29	9.05	0.82	1.72
Abono para rosales	1.8	29.5	0.45	2.05	0.72	0.65
Tierra orgánica plus ultra	1.5	25.0	0.38	1.31	0.94	0.27
Tierra de hoja	1.5	25.6	0.27	2.80	0.73	0.40
Tierra y abono para macetas	1.0	17.2	0.22	1.15	0.75	0.21
Abono de borrego	1.5	32.5	0.71	4.00	0.67	0.87

<sup>†</sup> Nombre comercial de producto orgánico.

fertilizantes inorgánicos como parte de su preparación (Cuadro 1). El resto de los materiales presentó un contenido bajo de N ( $\leq 1.5\%$ ). Otro nutriente en cantidad importante en estos materiales fue el K que, en la mayoría de los casos, superó al valor de N. Los contenidos de Ca y Mg, como sucede con la mayoría de los materiales orgánicos, fueron bajos. Estos análisis deben tomarse únicamente como referencia de su composición, ya que con excepción del "Abono de borrego" y el "Humus de lombriz", no son propiamente abonos orgánicos ni compostas según la Norma Chilena-2880 (INN, 2004).

### Crecimiento y Absorción de Nutrientes por el Cultivo

La adición de abonos orgánicos al suelo afectó el crecimiento del trigo evaluado, como altura, peso seco de raíz, paja, grano y peso total (Cuadro 3). Los efectos significativos fueron provocados por "Tierra y abono para pasto", "Tabaco" y "Super abono natural". El máximo rendimiento del cultivo se alcanzó cuando la dosis de "Tierra y abono para pasto" fue de 15 t ha<sup>-1</sup>, dosis mayores ocasionaron un efecto en detrimento del crecimiento del cultivo (Figura 1). "Tabaco" y "Super

Cuadro 3. Efecto de los abonos orgánicos en el peso seco del trigo (medias sobre dosis de fertilización).

Tratamiento	Altura	Raíz	Paja	Grano	Total <sup>†</sup>
	cm	----- g maceta <sup>-1</sup> -----			
Testigo absoluto	48.4	1.20	5.7	3.7	9.4
Humus de lombriz	51.0	1.50	6.4	4.2	10.6
Tierra y abono para pasto	55.9	1.90	14.3	11.4	25.6
Tierra para violetas africanas	47.2	1.57	5.5	3.6	9.1
Super abono natural	51.5	1.63	6.7	5.5	12.2
Tabaco	51.5	1.97	9.0	6.9	15.9
Abono para rosales	46.0	1.30	5.3	3.7	9.0
Tierra orgánica plus ultra	47.8	1.37	5.6	4.3	9.9
Tierra de hoja	48.1	1.50	5.6	3.9	9.5
Tierra y abono para macetas	47.4	1.30	5.2	3.2	8.5
Abono de borrego	44.6	1.40	4.7	3.7	8.4
Prob. F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
DMS <sup>‡</sup>	2.2	0.44	0.83	0.63	1.3

<sup>†</sup> Paja más grano. <sup>‡</sup> Para comparar medias de abonos orgánicos con el testigo.

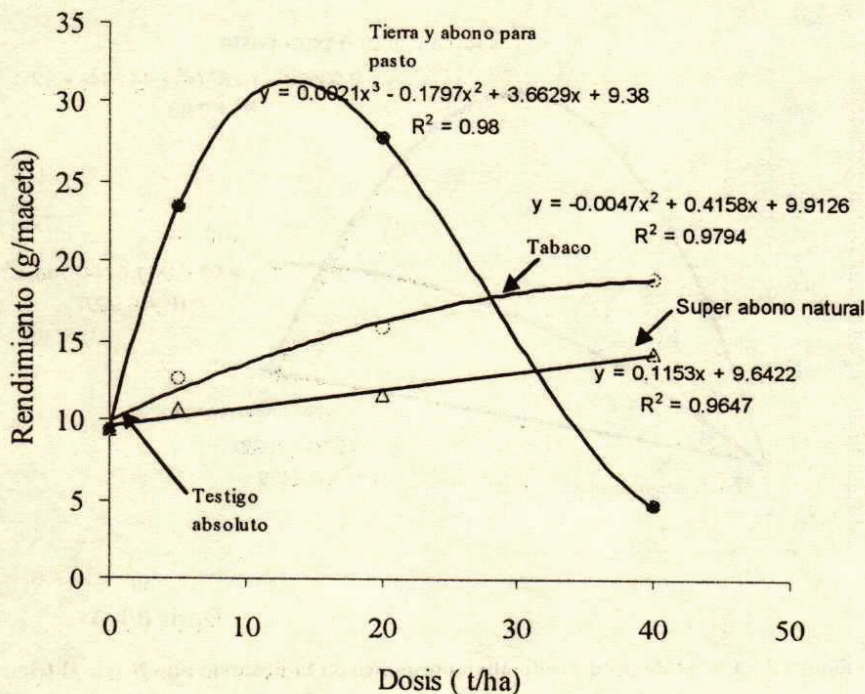


Figura 1. Efecto de las dosis de aplicación de abonos orgánicos en el rendimiento de trigo.

abono natural” no generaron efectos tóxicos para el trigo, pudiéndose emplear dosis mayores incluso a las recomendadas en el producto (20 t ha<sup>-1</sup>). El resto de los materiales orgánicos no mostró efectividad en la producción de raíz, paja, grano y materia seca total, incluso, el “Abono de borrego”, provocó un efecto depresivo en la altura del cultivo, debido a un contenido de N menor que el valor crítico (1.66 a 1.89%) y al alto

contenido de lignina, común en la mayoría de los estiércoles (Whitehead, 1995).

Los abonos orgánicos incrementaron significativamente la absorción de N, P, K, Cu y Zn por el cultivo con relación al testigo absoluto (Cuadro 4), lo que indica que fueron fuentes importantes de estos nutrimentos. Las mayores extracciones nutrimentales fueron favorecidas por los materiales “Tierra y abono

Cuadro 4. Efecto de los abonos orgánicos en los nutrimentos acumulados en planta entera (paja más grano) de trigo (medias sobre dosis de fertilización).

Tratamiento <sup>†</sup>	N	P	K	Cu	Zn
	----- mg maceta <sup>-1</sup> -----			-- 10 <sup>-3</sup> mg maceta <sup>-1</sup> --	
Testigo absoluto	92	21	138	80	115
Humus de lombriz	117	35	82.3	78	163
Tierra y abono para pasto	401	66	324	177	346
Tierra para violetas africanas	106	27	89	53	109
Super abono natural	137	40	145	102	220
Tabaco	250	29	305	60	285
Abono para rosales	122	28	107	51	276
Tierra orgánica plus ultra	111	30	134	64	156
Tierra de hoja	99	27	156	82	130
Tierra y abono para macetas	96	24	107	63	125
Abono de borrego	94	25	134	75	151
Prob. F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
DMS <sup>‡</sup>	44	6	50	49	51

<sup>†</sup>Nombre comercial del material orgánico. <sup>‡</sup>Para comparar medias de abonos orgánicos con el testigo.

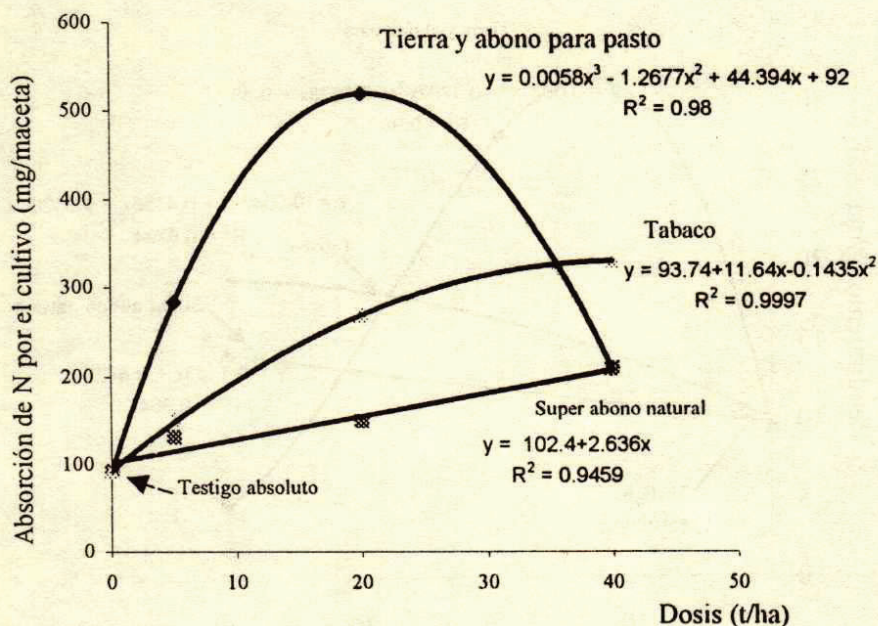


Figura 2. Efecto de las dosis de abono orgánico en la absorción de N por el trigo

para pasto”, “Tabaco” y “Super abono natural” (Figura 2). El primero de éstos fue fuente importante de N, P, K, Cu y Zn; de forma similar, el “Tabaco”, excepto de Cu; el “Super abono natural” proporcionó cantidades significativas de N, P y Zn (Cuadro 4). A diferencia de éstos, el “Abono de borrego” y “Tierra y abono para macetas” no fueron fuente importante de ningún nutriente. El resto de los materiales favoreció la acumulación de P por el cultivo. Un abono orgánico de buena calidad debería proporcionar cantidades importantes de nutrientes para los cultivos, en particular de N (> 1.8% de N, en promedio), sin embargo, un manejo inadecuado de los desechos orgánicos, estiércoles o compostas, puede llevar a la pérdida de nutrientes principalmente de N y K. Estos productos comerciales más que pasar por un proceso de composteo, son esterilizados con alta temperatura y vapor de agua, así que es muy posible que haya fuertes pérdidas de N durante este proceso, de ahí la falta de efectividad biológica en la mayoría de ellos.

#### Efecto en Algunas Propiedades Químicas del Suelo

La adición de abonos orgánicos provocó cambios significativos en pH, CE, N inorgánico y MO (Cuadro 5). El material “Tierra y abono para pasto” provocó una disminución en el pH del suelo, en tanto que el “Super abono natural” y “Tabaco” tendieron a alcalinizarlo.

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en algunas propiedades químicas del suelo (medias sobre dosis de fertilización).

Tratamiento	pH	CE <sup>†</sup> dS m <sup>-1</sup>	MO <sup>‡</sup> %	N inorgánico mg kg <sup>-1</sup>
Testigo absoluto	7.4	0.1400	3.4	56
Humus de lombriz	7.5	0.1667	3.6	53
Tierra y abono para pasto	6.4	0.8967	3.5	325
Tierra para violetas africanas	7.4	0.1567	3.4	44
Super abono natural	7.6	0.2133	3.1	48
Tabaco	7.7	0.2500	3.0	76
Abono para rosales	7.3	0.1900	2.9	38
Tierra orgánica plus ultra	7.4	0.1300	2.9	35
Tierra de hoja	7.5	0.2167	3.1	36
Tierra y abono para macetas	7.4	0.1883	3.0	30
Abono de borrego	7.4	0.3000	3.2	32
Prob. F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
DMS <sup>§</sup>	0.09	0.0714	0.32	112

<sup>†</sup> Conductividad eléctrica. <sup>‡</sup> Materia orgánica. <sup>§</sup> Para comparar medias de abonos orgánicos con el testigo.

Al ocurrir en los abonos orgánicos un composteo deficiente, propició que durante el desarrollo del experimento se produjera el proceso de amonificación, como resultado se elevó el valor de pH en los tratamientos

con "Humus de lombriz", "Super abono natural", "Tabaco" y "Tierra de hoja". Sin embargo, el máximo incremento en el valor de pH fue de 0.2 unidades, lo que manifiesta que el proceso de conversión fue amortiguado por el propio contenido de materia orgánica. Whalen *et al.* (2000) reportaron resultados similares, ya que la amonificación de los abonos contribuyó a una elevación del valor de pH, en particular en suelos de naturaleza ácida. El material "Tierra y abono para pasto" propició descenso del pH del suelo en una unidad respecto al testigo, como consecuencia de la liberación de iones  $H^+$  durante el proceso de nitrificación del amonio proveniente del triple 17 (Whitehead, 1995).

De los materiales orgánicos ensayados sólo la "Tierra y abono para pasto", "Super abono natural", "Tabaco", "Tierra de hoja" y "Abono de borrego" incrementaron significativamente el contenido de sales en el suelo, aunque a cantidades no tóxicas para los cultivos, ya que las conductividades eléctricas que se generaron se consideran como bajas ( $< 0.5 \text{ dS m}^{-1}$ ) (Jones, 1997), excepto para el material "Tierra y abono para pasto", con este material debe tenerse cuidado al recomendar dosis superiores a  $5 \text{ t ha}^{-1}$ , ya que se alcanzan valores altos de sales en el suelo ( $> 0.81 \text{ dS m}^{-1}$ ), pudiendo ser perjudiciales para cultivos sensibles, como ocurrió con la dosis de  $40 \text{ t ha}^{-1}$  (Cuadro 6) que resultó excesiva para el trigo.

La adición de materiales orgánicos provocó cambios en la disponibilidad de N inorgánico. El material "Tierra y abono para pasto" aumentó significativamente el contenido de  $N-NH_4^+ + N-NO_3^-$ , y el "Tabaco" también, pero a la dosis de  $40 \text{ t ha}^{-1}$  (Cuadros 5 y 6). El resto de los materiales orgánicos no favorecieron el aporte de N disponible, de hecho, algunos tendieron a disminuirlo (Abono para rosales, Tierra orgánica plus ultra, Tierra de hoja, Tierra y abono para macetas, Abono de borrego) en un proceso conocido como inmovilización, el cual también se manifestó en la planta como sintomatología típica de deficiencia de N (color verde muy claro en toda la planta comparado con el testigo). Es común que este efecto se manifieste al emplear materiales con una concentración de N menor o igual al valor crítico de N (1.66 a 1.89%) (Janzen y Kucey, 1988; Hirsell, 2004), hecho que también explica el efecto negativo en altura, rendimiento y en la absorción de N por el cultivo.

La escasa respuesta del cultivo a la mayoría de los abonos orgánicos estudiados es indicativo de que deben mejorarse los procedimientos de composteo de los

**Cuadro 6. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en algunas propiedades químicas del suelo.**

Abono orgánico	Dosis $\text{t ha}^{-1}$	pH	CE <sup>†</sup>	N inorgánico ( $NH_4+NO_3$ )
			$\text{dS m}^{-1}$	$\text{mg kg}^{-1}$
Testigo absoluto	0	7.4	0.14	56
Humus de lombriz	5	7.5	0.15	57
	20	7.5	0.17	49
	40	7.6	0.18	53
Tierra y abono para pasto	5	7.3	0.22	46
	20	6.3	0.87	207
	40	5.5	1.6	721
Tierra para violetas africanas	5	7.5	0.15	47
	20	7.3	0.17	41
	40	7.4	0.15	44
Super abono natural	5	7.6	0.15	54
	20	7.5	0.21	53
	40	7.6	0.28	38
Tabaco	5	7.6	0.17	39
	20	7.7	0.17	51
	40	7.7	0.41	138
Abono para rosales	5	7.4	0.13	34
	20	7.2	0.2	39
	40	7.2	0.24	42
Tierra orgánica plus ultra	5	7.4	0.13	35
	20	7.4	0.11	35
	40	7.4	0.15	34
Tierra de hoja	5	7.5	0.14	35
	20	7.5	0.22	36
	40	7.4	0.29	38
Tierra y abono para macetas	5	7.4	0.16	29
	20	7.4	0.19	32
	40	7.4	0.215	29
Abono de borrego	5	7.4	0.18	31
	20	7.4	0.29	30
	40	7.4	0.43	34
Prob. F		1E-04	0.0001	0.0001
DMS <sup>‡</sup>		0.2	0.17	66.9

<sup>†</sup> Conductividad eléctrica. <sup>‡</sup> Para cualquier comparación entre tratamientos.

materiales para poder ser catalogados como portadores de "nutrientes disponibles".

## CONCLUSIONES

- De los abonos orgánicos comerciales ensayados, sólo 30% incrementaron significativamente el crecimiento y la acumulación de nutrientes del trigo. Esta efectividad biológica fue función del tipo de abono y de la dosis

aplicada. Los mejores efectos en el crecimiento fueron provocados en orden decreciente por "Tierra y abono para pasto", "Tabaco", "Super abono natural". La dosis óptima de aplicación para el primer material fue aproximadamente de 15 t ha<sup>-1</sup>, dosis mayores tienen un efecto en detrimento del crecimiento del cultivo; los otros dos abonos pueden emplearse en dosis mayores con menor riesgo. El resto de los materiales orgánicos no mostraron efectividad en el crecimiento del cultivo y, por lo tanto, no cumplirían con la norma oficial mexicana NOM-077-FITO-2000 para permitir su introducción en el mercado.

- La efectividad biológica de los abonos orgánicos también se manifestó en la acumulación de nutrimentos por el cultivo. El material "Tierra y abono para pasto" fue fuente importante de N, P, K, Cu y Zn, el "Tabaco" de N, P, K y Zn, y el "Super abono natural" de N, P y Zn.

- La adición de materiales orgánicos provocó cambios significativos en el pH, la conductividad eléctrica y el nitrógeno inorgánico del suelo. El material "Tierra y abono para pasto" generó un efecto residual ácido, en tanto que "Super abono natural" y "Tabaco" tienden a alcalinizar el suelo. "Tierra y abono para pasto", "Super abono natural", "Tabaco", "Tierra de hoja" y "Abono de borrego" incrementaron significativamente el contenido de sales en el suelo, aunque a valores no tóxicos para los cultivos, excepto "Tierra y abono para pasto", que debe usarse a dosis menores que 20 t ha<sup>-1</sup>.

- El material "Tierra y abono para pasto" aumentó significativamente la disponibilidad de nitrógeno inorgánico, y con tendencia a incrementarla "Tabaco" y "Super abono natural". El resto de los materiales orgánicos tendieron a inmovilizar el N.

### LITERATURA CITADA

- Ajwa, H. A. y M. A. Tabatabai. 1994. Decomposition of different organic materials in soils. *Biol. Fert. Soils* 18: 175-182.
- Almendros, G. M. 2000. Proceso de transformación de la materia orgánica en ecosistemas agrícolas e inalterados. pp. 330-343. *In: Quintero-Lizaola, R., T. Reyna-Trujillo, L. Corlay-Chee, A. Ibáñez-Huerta y N. E. García-Calderón (eds.). La edafología y sus perspectivas en el siglo XXI. Tomo 1. Colegio de Postgraduados-Universidad Nacional Autónoma de México-Universidad Autónoma Chapingo. México, D.F.*
- Bremner, J. M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. pp. 1179-1237. *In: Black, C.A. (ed.). Methods of soil analysis. Agronomy 9, Part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.*
- Castellanos, J. Z., J. J. Marques-Ortiz, J. D. Etchevers, A. Aguilar-Santelises y J. R. Salinas. 1996. Long-term effect of dairy manure on forage yields and soil properties in an arid irrigated region of northern Mexico. *Terra* 14: 151-158.
- Cooperband, L. 2002. Building soil organic matter with organic amendments. Center for integrated agricultural system. University of Wisconsin-Madison. Madison, WI, USA.
- Hirsel, C. J. 2004. ¿Cómo y cuánto contribuye el compost a la fertilización de un huerto orgánico de Cerezos? Boletín técnico 102. INIA Quilamapu, Ministerio de Agricultura. Chile. <http://www.inia.cl/quilamapu/pubycm/bioluche/boletin2004/BOLE3TIN102.html>. (Consultado 10 mayo 2005).
- INN (Instituto Nacional de Normalización). 2004. Norma Chilena-2880. Compost-Clasificación y requisitos. Santiago, Chile.
- Jackson, M. L. 1964. Análisis químico de suelos. Trad. al español por J. Beltrán. Omega. Barcelona, España.
- Janzen, H. H. y R. M. N. Kucey. 1988. C, N and S mineralization of crop residues as influenced by crop species and nutrient regime. *Plant Soil* 106: 35-41.
- Jones Jr., J. B. 1997. Hydroponics, a practical guide for the soilless grower. St. Lucie Press. Boca Raton, FL, USA.
- López-Martínez, J. D., A. Díaz-Estrada, E. Martínez-Rubín y R. D. Valdez-Cepeda. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra* 19: 293-299.
- Neely, C. L., M. H. Beare, W. L. Hargrove y D. C. Coleman. 1991. Relationships between fungal and bacterial substrate-induced respiration, biomass and plant residue decomposition. *Soil Biol. Biochem.* 23: 947-954.
- Romero-Lima, R., A. Trinidad-Santos, R. García-Espinoza y R. Ferrera-Cerrato. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelos con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34: 261-269.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-077-FITO-2000. Por la que se establecen los requisitos y especificaciones para la realización de estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal. Diario Oficial martes 11 de abril de 2002.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-021. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial, martes 31 de diciembre 2002.
- Van Bruggen, A. H. C. y N. J. Grünwald. 1996. Test for risk assessment of root infection by plant pathogens. pp. 293-310. *In: Doran, J. W. y A. J. Jones (eds.). Methods for assessing soil quality. Special Publication 49. Soil Science Society of America. Madison, WI, USA.*
- Watkins, N. y D. Barraclough. 1996. Gross rates of N mineralization associated with decomposition of plant residues. *Soil Biol. Biochem.* 28: 169-175.
- Whalen, J. K., Chi Chang, G. W. Clayton y J. P. Carefoot 2000. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 962-966.
- Whitehead, D. C. 1995. Grassland nitrogen. CAB International. Oxon, UK.