

Fitotoxicidad de abonos orgánicos líquidos en especies hortícolas indicadoras, un método de pre-selección

Liquid organic fertilizer fitotoxicity in sensitive horticultural species, a pre-selection method

Cruz-Hernández J.¹, Acevedo-Alcalá P.² y Báez-Cruz C. G.¹

¹Colegio de Postgraduados Camus Puebla. Carretera Federal México Puebla, Km 125.5 Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula, Puebla. C.P. 72760. México. E-mail:

javiercruz@colpos.mx ✉ Autor de correspondencia 227 111 27 51

² Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, San Diego Xocoyucan, Tlaxcala, México

Recibido: 07/01/2015

Aceptado: 18/06/2015

RESUMEN

Los fertilizantes orgánicos líquidos tales como lixiviados, téis de compost, biofermentos etc. pueden sustituir o complementar al uso de fertilización química, y son un componente fundamental en un programa de fertilización en agricultura orgánica. Por las características y calidad físico química diversa de los fertilizantes orgánicos, es necesario realizar una caracterización y valoración previa de éstos para evitar efectos negativos en el crecimiento y producción de cultivos. Una técnica sencilla para detectar el efecto tóxico de abonos, es el uso de bioensayos de germinación en especies indicadoras sensibles a productos poco estabilizados. En el presente estudio, se comparó el efecto tóxico de un lixiviado de lombricomposta, tres biofermentos elaborados a base de estiércol porcino, vacuno, biosólidos de granja piscícola y un abono comercial, aplicados a tres proporciones (0,25:5, 0,5:5 y 1:5 v:v del producto en agua) en acelga y lechuga en un bioensayo de germinación, bajo condiciones controladas de temperatura (25°C) y humedad relativa (65%), y con un total de 32 tratamientos distribuidos en un diseño experimental completamente al azar. Se midió longitud de raíz y brote, porcentaje de germinación, índice de germinación, crecimiento relativo de raíz y porcentaje de germinación relativo. Todos los productos utilizados mostraron un bajo grado de toxicidad, pero se observó una tendencia a un mayor índice de toxicidad con aumentos graduales en las dosis y se consiguió una respuesta diferente en función de la especie utilizada.

Palabras clave: Digeridos, estiércol, germinación, lixiviados, toxicidad

ABSTRAC

The liquid organic fertilizers like waste waters, compost tea, bioferments, etc. should to do substitutes or complements in a quimic fertilization and they are an important component in a fertilization program in organic agriculture. In relation to the comun and diverse quimic and biological quality of the liquid organic fertilizer is very important to know the quimic characteristics

964

and evaluate the effects with the objective to reduce the possible negative effects of the unstable fertilizers in the growth and culture production. A simple technique is the use of germination bioassay of sensible vegetable species to unstable organic matter. In these research was compared the toxic effects of the earthworm waste water, two digestates of beef and pig manure, fish biosolid and a commercial product, was used three doses (0,25:5, 0,5:5 y 1:5 v:v product in distilled water) in brassica and lettuce seeds in a bioassay, in temperature (25°C) and relative humidity (65%) controlled. Was used 32 treatments in completely random design. Was determined root and bud length, germination percent, germination index, relative root growth and relative germination percent. All the organic fertilizers studied were low in toxicity level, but was detected an increase of the toxicity index with gradual increase of dose studied and the response was different in function to the species used.

Key words: Digestates, germination, manure, toxicity, waste waters

INTRODUCCIÓN

Una de las alternativas para mejorar las propiedades tanto físicas como químicas y biológicas del suelo, y la única fuente de nutrientes alternativos al uso de sustancias químicas en agricultura orgánica, lo constituye el uso de abonos orgánicos tanto sólidos como líquidos. Dentro de los abonos sólidos se pueden mencionar entre otros a compost, lombricompost, lodos, etc. Como abonos líquidos se pueden incluir a los lixiviados de lombricompost y compost, té de compost, extractos de plantas, extractos y ácidos húmicos y fúlvicos, biofermentos o digeridos entre otros, elaborados a partir de diferentes residuos orgánicos agropecuarios o agroindustriales. Pero para que puedan ser usados como tales, estos materiales deben cumplir con características de calidad establecidos en normas específicas.

Diversas son las evidencias de los efectos benéficos de los abonos sólidos, tanto en el crecimiento, rendimiento, nutrición de los cultivos y en el mejoramiento de propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Los abonos líquidos se usan por sus efectos en mejoras en la nutrición de los cultivos en condiciones de pH alcalino o en suelos salinos (Medeiros *et al.*, 2011), en algunos casos como los té de compost han mostrados diversos efectos en el control de enfermedades en las plantas (Litterick y

Wood, 2009), los lixiviados y biofermentos elaborados a base de residuos vegetales o de estiércol vacuno, aplicados al suelo o por aspersiones foliares, han mostrado efectos en el crecimiento y producción de cultivos (Pant *et al.*, 2009; Vetayasuporn, 2009; Medeiros *et al.*, 2011), por las mejoras apreciables en la nutrición de las plantas y por sus contenidos en sustancias y hormonas vegetales.

Algunos abonos orgánicos pueden ocasionar efectos negativos en la germinación y crecimiento de plantas sensibles a materia orgánica poco estabilizada. Diferentes razones se han asociado a este efecto, las cuales pueden estar relacionadas con los materiales de origen con los que se elaboran así como del grado madurez, de humificación y estabilidad de los abonos. Los efectos fitotóxicos de un material orgánico se asocian a los contenidos de amonio, ácidos volátiles, sales y de metales pesados; estas sustancias pueden inhibir la germinación de semillas o el crecimiento de raíces, por lo que debe evitarse el uso de materiales inmaduros en la producción de cultivos (Varneri *et al.*, 2007). Tanto la madurez como la estabilidad son los principales requerimientos que los compost deben de cumplir para ser usados como abonos (Bernal *et al.*, 1997). La estabilidad se refiere al grado de humificación de un fertilizante orgánico y la madurez está relacionada con el tiempo de elaboración y la reducción de sustancias tóxicas, tales como

ácidos orgánicos, que se sintetizan durante el proceso de biodegradación o fermentación de un abono orgánico. Es muy importante que el compost cumpla con estos dos parámetros, ya que si se aplica estando inmaduro o no estabilizado puede tener un comportamiento tóxico y afectar el desarrollo de los cultivos (Paradelo *et al.*, 2001; Zubillaga y Lavado, 2006).

Los abonos líquidos, como los lixiviados y biofermentos, pueden tener diferentes efectos en los cultivos según sus características químicas. Por su contenido en sales minerales, en sustancias fitotóxicas como metabolitos secundarios disueltos, por ser obtenidos a partir de determinados residuos o de abonos orgánicos con bajo grado de madurez, estabilidad y humificación, podrían presentar cierto efecto fitotóxico en los cultivos. Para detectar la presencia de sustancias fitotóxicas uno de los métodos más utilizados es el que consiste en realizar bioensayos de fitotoxicidad con semillas, en general parece haber consenso con respecto al método, si bien existen algunas modificaciones menores dentro de éste, tales como en las diversas especies indicadoras usadas o cambios leves en la metodología (Zucconi *et al.*, 1981; Emino y Warman, 2004).

Diferentes trabajos se han realizado para conocer la fitotoxicidad de los abonos orgánicos, pero debido a que los materiales que dan origen a los compost suelen ser sustancialmente diferentes, los resultados obtenidos son muy diversos o contrastantes (Paradelo *et al.*, 2001), y no puede generalizarse al resto de abonos, resultando incluso necesario hacer las pruebas de un lote a otro en el proceso de producción y en las etapas finales del proceso de elaboración de los mismos. Al respecto, Zucconi *et al.* (1981) establece que un abono orgánico puede considerarse como apto para ser usado cuando muestra un índice de fitotoxicidad superior al 70%. En los fertilizantes orgánicos líquidos la presencia de toxinas podría depender tanto de los residuos de origen como del tiempo y

método de preparación, y se esperaría una mayor presencia en aquellos fertilizantes elaborados mediante métodos fermentativos como los biofermentos o digeridos de metanización.

Debido a lo anterior, en la presente investigación se tuvo por propósito determinar el grado de fitotoxicidad de cuatro diferentes biofermentos, hechos a base de estiércoles de ganado, con los que se pueda tomar decisiones previas a su valoración y uso de manera extendida en condiciones de campo e invernadero, partiendo del supuesto de que al menos un producto evaluado resultaría superior al producto comercial por su bajo grado de fitotoxicidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo consistió en la realización de un bioensayo de germinación en condiciones de laboratorio en el CP Campus Puebla, México. Para el bioensayo se usó una cámara de germinación (BL Barnstead/Lab-Line) con control de temperatura y humedad. En el estudio se compararon cuatro biofermentos elaborados con estiércol vacuno, ovino, conejo y biosólidos de pez de elaboración propia, un lixiviado de lombricomposta, en comparación con un abono comercial líquido. De cada producto, se procedió a separar una muestra de 1,5 L. Las muestras fueron pasadas por filtros de papel Watman No. 41. Posteriormente, se procedió a medir el pH y la CE en cada uno de los productos concentrados de manera directa. El pH se determinó con un potenciómetro marca CONDUCTRONIC PC18 calibrado con soluciones reguladoras (buffers 4,0, 7,0 y 10,0) a temperatura ambiente. La conductividad eléctrica (CE) se obtuvo utilizando el mismo equipo en las muestras preparadas para pH. Se midió el carbono y materia orgánica por el método de calcinación y en ambos casos las mediciones se hicieron por triplicado siguiendo la metodología de la NOM-FF-109-SCFI-2007 que establece especificaciones y métodos de prueba.

Para calcular el grado de toxicidad de los materiales orgánicos líquidos, se realizó un bioensayo de germinación utilizando semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L) cv. París Island y acelga (*Beta vulgaris* L. var. cicla) cv. Fordhook Southern. Se evaluaron tres proporciones 0,25:5, 0,5:5 y 1:5 de biofermento disuelto en agua destilada (v:v). Las proporciones así preparadas se dejaron en reposo durante 24 horas, posteriormente se filtraron y así quedaron listas para ser utilizadas. De esta manera, se generaron un total de 32 tratamientos (5 x 2 x 3 + 2), obtenidos de la combinación de cinco productos, dos especies y tres proporciones de cada producto orgánico, más dos tratamientos control con agua destilada uno por cada especie. Para preparar los bioensayos, se

sembraron 10 semillas de cada especie sobre papel filtro humedecido con 6 mL del extracto respectivo en cajas Petri por separado según la especie. Se usaron tres cajas Petri por tratamiento (30 semillas). Las cajas así preparadas por tratamiento se colocaron al azar en una cámara de germinación a una temperatura de 25 °C y 65% de humedad relativa durante cinco días. Los bioensayos de germinación se efectuaron siguiendo la metodología propuesta por Zucconi *et al.* (1981) con las adaptaciones hechas por Varnero *et al.* (2007). Una vez que la fase en la germinadora terminó, se calculó el porcentaje de germinación relativo (Pgr), crecimiento de la radícula relativo (Crr) e índice de germinación (Ig), según la metodología descrita por Tiquia (2000).

$$Pgr = \frac{\text{Número de semillas germinadas en el extracto} \times 100}{\text{Número de semillas germinadas en el testigo}}$$

$$Crr = \frac{\text{Elongación de radículas en el extracto} \times 100}{\text{Elongación de radículas en el testigo}}$$

$$Ig = \frac{(Pgr)(Crr)}{100}$$

De acuerdo con Emino y Warman (2004), el criterio de interpretación para el índice de germinación establece que: si el índice de germinación tiene valores menores al 50% indican una alta fitotoxicidad del material, si está entre el 50 y el 80% la

fitotoxicidad es moderada y si su valor es superior al 80% el material no presenta fitotoxicidad. Algunas características de los materiales evaluados se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Principales características de los abonos líquidos evaluados.

Producto	Características			
	pH	Conductividad eléctrica (dS.m ⁻¹)	Materia orgánica (%)	Carbono orgánico (%)
Lixiviado	9,33	9,06	1,06	0,62
Biof. Vacuno	8,18	6,31	0,94	0,48
Biof. Porcino	7,68	6,45	0,22	0,37
Biof. Pez	8,39	4,32	0,06	0,10
Comercial	7,20	2,78	0,31	0,14

Biof. = biofermento. Lixiviado o agua de lavado de lombricomposta de estiércol vacuno.

Análisis estadístico de los datos. El análisis estadístico de los datos obtenidos a partir de las pruebas biológicas se realizó mediante GLM por tratamiento y por factor de estudio con el programa estadístico SAS, y se realizaron pruebas de comparación de medias (Tukey) por factor de estudio y por tratamiento. Para los datos en porcentaje o conteos se realizaron las transformaciones respectivas según las fórmulas descritas por Montgomery (2011). Los resultados se presentan por factor de estudio sobre las variables evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se aprecia en el Cuadro 2, al realizar una comparación de medias por factor, se observa que el producto y la dosis aplicada únicamente provocaron diferencias en las variables de longitud de brote y radícula; mientras que la especie estudiada presentó efectos significativos en todas las variables de estudio excepto en porcentaje de germinación y número de semillas germinadas. Todos los productos evaluados mostraron longitudes de brote similares al obtenido con el control, excepto el lixiviado

de lombricompost que resultó con un valor inferior de longitud de brote y radícula. El biofermento de biosólidos de pez y el producto comercial consiguieron las mayores longitudes de radícula. Si bien todos los productos mostraron un IG estadísticamente similares al control, el lixiviado alcanzó un valor inferior, pero en todos los casos con valores superiores al 80%. Con base en lo establecido por Emino y Warman (2004), los productos estudiados manifiestan un bajo o nulo efecto de fitotoxicidad. Y en los casos en los que los IG superan el 100%, puede considerarse que los materiales reúnen características de fitonutriente o fitoestimulante (Iglesias *et al.*, 2008).

La comparación entre dosis manifestó una tendencia a la reducción de la longitud de brote y la radícula con aumentos graduales en la proporción del producto aplicado, observándose en ambas variables los valores menores a la dosis alta. Si bien entre las dosis aplicadas no se consiguieron diferencias en índice de germinación si se puede apreciar una tendencia decreciente similar a la ya indicada.

Cuadro 2. Comparación de medias por factor de estudio en bioensayo de germinación de lechuga y acelga.

Fuente de Variación	Germinación %	Longitud de Brote (cm)	Longitud Total (cm)	Longitud de Radícula (cm)	Germinación Relativa (%)	Crecimiento Radicular Relativo (%)	Índice de Germinación (%)	Semillas Germinadas
<u>Producto</u>								
Lixiviado	73,33 a	2,81 b	0,88 a	1,92 b	110,57 a	72,53 a	95,95 a	7,33 a
Vaca	77,22 a	3,75 ab	1,05 a	2,44 ab	123,69 a	84,75 a	127,08 a	7,72 a
Cerdo	63,33 a	3,00 ab	0,92 a	2,59 ab	101,08 a	96,05 a	122,01 a	6,33 a
Pez	75,56 a	3,22 ab	1,06 a	2,91 a	115,12 a	111,17 a	141,68 a	7,56 a
Comercial	73,89 a	3,46 ab	0,85 a	2,80 a	111,34 a	107,47 a	124,01 a	7,39 a
Control	70,00 a	4,00 a	1,19 a	2,60 ab	100,00 a	100,00 a	100,00 a	7,00 a
<u>Dosis</u>								
0.00:5	70,00 a	4,00 a	1,19 a	2,60 ab	100,00 a	100,00 a	100,00 a	7,00 a
0.25:5	76,00 a	3,56 ab	1,04 a	2,90 a	118,84 a	107,14 a	145,10 a	7,60 a
0.50:5	74,33 a	3,28 ab	1,00 a	2,6 ab	111,85 a	96,04 a	117,68 a	7,43 a
1.00:5	67,67 a	2,90 b	0,80 a	2,13 b	106,39 a	80,01 a	103,66 a	6,77 a
<u>Especie</u>								
Lechuga	72,92 a	2,35 b	0,66 b	1,41 b	84,46 b	63,69 b	59,90 b	7,29 a
Acelga	72,08 a	4,24 a	1,28 a	3,66 a	138,72 a	125,80 a	181,62 a	7,21 a
Prod x Dosis	*	**	ns	ns	*	ns	ns	**
Prod x Esp.	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	*
Dosis x Esp.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Prod x Dosis x Esp.	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

Medias por fuente de variación con el mismo grupo de letras no muestran diferencias significativas por Tukey 0,05.

Al hacer la comparación entre especies, la lechuga presentó los menores valores en todas las variables estudiadas, debido a que es más sensible a un posible efecto fitotóxico de los abonos, como lo menciona Emimo y Warman (2004), quienes encontraron que la lechuga, zanahoria y amaranto fueron las especies más indicadoras del grado de toxicidad de un compost; en otros estudios el rábano ha sido la especie más sensible a fitotóxicos (Varnero *et al.*, 2007).

Por otro lado, se presentaron diferencias significativas en porcentaje de germinación, longitud de brote, PGR y semillas germinadas por efecto de la interacción producto por dosis, mientras que las variables porcentaje de germinación, longitud de radícula y semillas germinadas resultaron significativas en la interacción producto por especie, y únicamente la longitud de radícula resultó con diferencias significativas por efecto de la interacción producto por dosis por especie. En el presente estudio, se consiguieron mayores diferencias por efecto de especie, producto y por dosis utilizada, donde el efecto tóxico se manifestó en longitud de raíz, longitud de brote y en IG. Al respecto, Emimo y Warman (2004) indican que las especies más sensibles a fitotóxicos responden con menor desarrollo de raíz y número de semillas germinadas; mientras que Varnero *et al.* (2007) encontraron valores de IG de 20 a 80%, inferiores a los observados en la presente investigación e indican que la toxicidad está relacionada con el tipo de residuo, el grado de madurez del compost y la especie utilizada.

CONCLUSIONES

Los biofermentos a base de estiércol vacuno, ovino, porcino, y biosólidos de pez así como el lixiviado de lombricompost y el producto comercial resultaron con bajo a moderado índice de fitotoxicidad. Las diferencias observadas en el efecto fitotóxico dependió de la especie, la proporción utilizada en los bioensayos y en menor medida entre el

producto utilizado. Los mayores efectos fitotóxicos se obtuvieron con las proporciones 1:5 v:v del producto en agua y la lechuga resultó más sensible a los productos y dosis aplicadas. Los productos estudiados podrían ser usados como abonos orgánicos para promover el crecimiento de cultivos por su moderada fitotoxicidad.

LITERATURA CITADA

- Bernal, M. P., Paredes, C., Sánchez-Monedero, M. A. and Cegarra, J. 1997. Maturity and stability parameters of compost prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology* 63:91-99.
- Emimo, R. E. and Warman, R. P. 2004. Biological assay for compost quality. *Compost Science and Utilization*. 12:342-348.
- Iglesias, E., Barral, M. y Marhuenda, F. 2008. Indicadores de la madurez y estabilidad del compost. En Moreno J. y Moral, R (Eds.). *Compostaje*, Ediciones Mundi-Prensa Madrid. pp: 243-485.
- Litterick, A. and Wood, M. 2009. The use of compost and compost extracts in plant disease control. Wilters, D. (Ed.). *Disease Control in Crops. Biological and environmental Friendly Approaches*. First Edition. Wiley-BlackWell, A John & Sons, Ltd., Publication. Edinburgh, UK. p 93 – 121.
- Medeiros, R. F., Cavalcante, L. F., Mesquita, F. O., Rodrigues, R. M., Sousa, G. G. and Diniz, A. A. 2011. Crescimento inicial do tomaleiro-ceja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 15(5):505-5011.

- Montgomery, D. C. 2011. Diseño y análisis de experimentos. 2da. Edición. Editorial Limusa Wiley. México, D.F. p 81.
- Pant, A. P., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., Talcott, S. T. and Krenek, K. A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, *Chinensis* group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *J. Sci. Food Agric.* 89:2383-2392.
- Paradelo R., Moldes A .B., Prieto B., Sandu R-G. and Barral M. T. 2001. Can stability and maturity be evaluated in finished composts from different sources? *Compost Sc. and Utilization.* 18:22-31.
- Tiquia, S. M. 2000. Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig on litter system. En P.R. Warman y B.R. Taylor (Eds.). *Proceedings of the International Composting Symposium*, CBA Press Inc.Truro. p: 625-647.
- Varnero, M., Rojas, C. y Orellana, R. 2007. Índices de Fitotoxicidad en Residuos Orgánicos Durante el Compostaje. *R.C. Suelo Nutr. Veg* 7:28-37.
- Vetayasuporn, S. 2009. Effect of dry grass fermented fertilizer on growth and yield of Chinese kale (*Brassica oleracea*) production. *Research Journal of Agriculture and Biological Science.* 5(6):1110-1114.
- Zubillaga, M. S. and Lavado, R. S. 2006. Phytotoxicity of biosolids compost at different degrees of maturity compared to biosolids and animal manures. *Compost Science and Utilization* 14:267-270.
- Zucconi, F., Pera Antonio and Forte M. 1981. Evaluations toxicity in immature compost. *Biocycle* 22: 54-57.