

Enmiendas orgánicas para biosolarización de suelos de invernaderos de pimiento

M.M. Guerrero¹, C.M. Lacasa¹, C. Ros¹, V. Martínez², M. López¹, M.A. Martínez¹, C. Beltrán³, A. Monserrat³, P. Fernández⁴.

¹ Biotecnología y Protección de Cultivos. IMIDA. Cl. Mayor s/n, 30.150 La Alberca Murcia

² Programa de Colaboración FECOAM- Consejería de Agricultura y Agua, C/ Caballero, 13 30.002 Murcia

³ SSV, Consejería de Agricultura y Agua. C/ Mayor s/n 30.150. La Alberca Murcia

⁴ CIFEA, Consejería de Agricultura y Agua. Cl. Gutiérrez Mellado, 17, 30.500 Molina de Segura. Murcia

Palabras clave: biofumigación, solarización, brócoli, estiércol, asfixia, restos de cultivos, compost.

Resumen

La biosolarización (combinación de biofumigación y solarización) se contempla como una forma de reducir la incidencia de los patógenos telúricos y de paliar los efectos de la fatiga de los suelos en invernaderos cultivados de pimiento. Mezclas de estiércoles frescos se han utilizado como biofumigantes. Con el objeto de mejorar la eficacia desinfectante de los estiércoles y de reducir totalmente los riesgos para la seguridad alimentaria de su uso, se han elaborado enmiendas con estiércoles frescos y restos de cosechas (brócoli) o subproductos agroindustriales (de cítricos), o se ha utilizado el estiércol semicompostado. En dos invernaderos comerciales sin patógenos telúricos, se han comparado los efectos sobre el desarrollo de las plantas y la producción de tres enmiendas (estiércol + restos de cítricos, estiércol + restos de brócoli y estiércol semicompostado a 75° C) con el estiércol fresco de oveja, habitualmente utilizado. No se encontraron diferencias entre enmiendas en la producción comercial final, pero sí en algunas categorías comerciales. En uno de los invernaderos, las plantas de las parcelas de los estiércoles (fresco o semicompostado) fueron más altas que en los otros tratamientos.

INTRODUCCIÓN

En la Región de Murcia, como en otras regiones y países, *Phytophthora capsici* y *Meloidogyne incognita* son los principales patógenos edáficos del pimiento cultivado en invernaderos (Chellemi 2006; Tello y Lacasa, 1997; Bello *et al.*, 2004). El monocultivo reiterado desde hace más de 20 años ha dado lugar a la aparición de fenómenos de fatiga o cansancio, incluso en suelos no contaminados de patógenos (Lacasa *et al.*, 2002), siendo específica del pimiento y asociada a determinados microorganismos (Martínez *et al.*, 2006).

Para reducir la incidencia de las enfermedades del suelo y para paliar los efectos de la fatiga, se han venido desinfectando los suelos con bromuro de metilo (Lacasa y Guirao, 1997), hasta que en 2005 se restringió su uso a casos críticos, quedando prohibido totalmente en 2007.

La combinación de la biofumigación con la solarización (biosolarización) se contempla como una forma de desinfección (biodesinfección) de los suelos, al obtenerse niveles de control de los patógenos y de producción próximos a los obtenidos con el bromuro de metilo (Guerrero *et al.*, 2004 y 2006; Bello *et al.*, 2004). El uso de enmiendas orgánicas (mezclas de estiércoles, residuos urbanos, residuos verdes, compost, turbas, etc.) se ha propuesto en

sistemas de producción convencional y ecológica, para mejorar la estructura y la fertilidad del suelo y para el control de los patógenos edáficos en numerosos cultivos (Bonanomi *et al.*, 2007), incluido el pimiento (Chellemi, 2006).

Con el objeto de mejorar la eficacia desinfectante de los estiércoles frescos hasta ahora estudiados (Guerrero *et al.*, 2004; 2006; 2007) en los invernaderos murcianos y para contrastar la seguridad alimentaria de su uso, se han elaborados enmiendas orgánicas con estiércoles y restos de cosechas o subproductos industriales y estiércoles semi-compostados. El objeto de este trabajo es evaluar el efecto de estas nuevas enmiendas en el desarrollo de las plantas y en la producción.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se evaluaron 3 enmiendas (Tabla 1) en dos invernaderos comerciales (X de 1000 m² e Y de 5.400 m²), el primero en conversión a agricultura ecológica y el segundo ya calificado como ecológico. Los suelos son franco arcillosos con contenidos en materia orgánica bajos (< 1 %), en los que no se tiene constancia de patógenos (*Phytophthora* o *Meloidogyne*). En el invernadero X se hace monocultivo de pimiento desde 1982, presentándose problemas de asfixia radicular en los últimos años. En el Y se hace pimiento desde hace 5 años. El diseño experimental fue de bloques al azar con 3 repeticiones en parcelas elementales de 63 m² en el X y de 60 m² en el Y. En cada parcela elemental se dispusieron 3 filas de plantas, al marco de 1 x 0,4 m realizándose los controles sobre las dos líneas centrales (52 plantas/línea en el X y 50 plantas/línea en el Y).

Las enmiendas se aplicaron a 8 kg.m⁻² en el X y a 7 kg.m⁻² en el Y, tomando como comparación el estiércol fresco de oveja (Tabla 1). Se prepararon, dos días antes de la aplicación, en una planta de elaboración de abonos orgánicos, realizando las mezclas después de triturar o desmenuzar los componentes. Se envasaron en sacos de rafia con un peso fijado.

La biosolarización se inició el 17/08/06 en el invernadero X y el 11/08/06 en el Y. El procedimiento seguido fue el descrito por Guerrero *et al.* (2004). Al finalizar el cultivo precedente se extrajeron los restos de plantas, se subsoló, se extendieron las enmiendas e inmediatamente se enterraron mediante labor de fresadora, cada parcela por separado. Se extendieron los ramales de goteros (de 3 L.h⁻¹, dispuestos a 0,40 m) separados 1 m. Se regó 3 horas un día y 3-4 horas al día siguiente. Se cambiaron de posición los ramales, se instalaron sondas de temperatura a 10, 20 y 30 cm de profundidad en la parcela central de cada tratamiento, se cubrió con plástico transparente de PE de 0,05 mm cada parcela y se regó, en esta nueva postura de los ramales, 3 horas un día y 3-4 horas al día siguiente. El 13/11/06 se levantó los plásticos en el invernadero X y el 17/09/06 en el Y.

Cuando el suelo estuvo en condiciones, se subsoló cada parcela por separado y se preparó para plantar mediante labor de fresadora. Se plantó la variedad 'Coyote', el 09/01/07 en el invernadero X y el 12/01/07 en el Y. Las prácticas culturales fueron las habituales en la zona para cultivos ecológicos.

Cada 3 semanas, a partir de la plantación, se midieron 5 plantas en cada fila control de las parcelas elementales, hasta finales de junio en que resulta difícil mantener erguidas las plantas con el sistema de entutorado empleado. En cada recolección se clasificaron los frutos de cada línea según las categorías comerciales oficiales, pesándolos por separado.

Se realizó el análisis de la varianza de los datos (tratamientos y bloques) transformando la altura mediante la expresión $\log_{10}(x)$ y las producciones mediante $\log_{10}(x+1)$. La comparación de las medias se realizó mediante el test MDS al 95 %.

Cada semana se examinaron todas las plantas de cada fila control. Cuando se encontraron alteraciones se analizaron para determinar la causa. Al final del cultivo (14/08/07 en el X y

06/08/07 en el Y) se arrancaron 10 plantas de cada parcela elemental (5 de cada fila) y se examinaron las raíces para detectar la posible presencia de nematodos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Efectos de las enmiendas sobre el desarrollo de las plantas.

Sólo al final del cultivo, se encontraron diferencias en la altura de las plantas en ambos invernaderos. El estiércol de oveja fresco o semicompostado proporcionaron las plantas más altas en el invernadero Y (Tabla 2) siendo similares entre sí, al igual que entre los otros dos tratamientos. En el invernadero X las plantas de la enmienda con brócoli fueron más altas que las del estiércol de oveja fresco, no habiendo diferencias entre esta y las otras, ni entre la del brócoli y la de cítricos o el estiércol de oveja semicompostado (Tabla 2)

Efecto sobre las producciones

En ninguno de los dos invernaderos se han encontrado diferencias entre enmiendas en la producción comercial final (Fig. 1 y 2), ni tampoco a lo largo de todo el periodo de recolecciones en el invernadero Y (Figura 4). Sin embargo, en el invernadero X la enmienda con cítricos proporcionó mayores producciones comerciales acumuladas (Figura 3) en algunas fechas de mayo (5 y 22) y de junio (19), pero no en el resto; no se encontraron diferencias entre las otras enmiendas en la producción comercial acumulada de este invernadero en ninguna fecha. Por lo que se refiere a la calidad de la producción, se encontraron diferencias entre enmiendas en algunas categorías comerciales en el invernadero X; de la categoría extra, la enmienda con brócoli produjo más frutos que las otras, a su vez la de cítricos produjo más que las otras dos, siendo el estiércol fresco la de menor producción total. La enmienda de cítricos produjo más frutos de primera que la de brócoli y el estiércol de oveja fresco, no habiendo diferencias entre las otras enmiendas. No hubo diferencias entre enmiendas para los frutos de segunda, pero si para los de tercera, siendo el estiércol fresco el que mayor producción de tercera proporcionó, y no habiendo diferencias entre la enmienda de brócoli y el estiércol semicompostado, ni entre la de brócoli y la de cítricos (Fig. 1). El menor destrío se obtuvo en la de brócoli y luego en la de estiércol de oveja fresco. En el invernadero Y no se encontraron diferencias entre enmiendas ni para la categoría extra ni para la segunda; la de cítricos produjo menos frutos de primera que las de brócoli y estiércol fresco, no habiendo diferencias entre el resto de las enmiendas ni entre la de cítricos y el estiércol semicompostado. La enmienda de brócoli produjo menos frutos de tercera que las otras y mayor número de destríos.

Otras observaciones

En ninguna de los dos invernaderos se detectó *Phytophthora* en el suelo ni se encontraron síntomas (nódulos en las raíces) de *Meloidogyne* en las plantas.

En el invernadero X se produjo la muerte por asfixia radicular de 2 plantas en una parcela con enmienda de cítricos y otra planta en una parcela de estiércol semicompostado. En el invernadero Y no se presentó asfixia.

El análisis microbiológico de los suelos después de la biosolarización puso de manifiesto la ausencia de bacterias coniformes y bacterias fecales, igual que en el estiércol de oveja semicompostado en el momento de aplicarlo. Se podría interpretar que el proceso de biosolarización supone el compostaje de la enmienda utilizada. La temperatura del suelo se mantuvo próxima a 32° C a 30 cm de profundidad, a 35° C a 20 cm y a 42° C a 10 cm, durante todo el tiempo en el invernadero Y, y durante las 6 primeras semanas en el X,

descendiendo paulatinamente después, no encontrándose diferencias entre enmiendas en los niveles térmicos obtenidos.

Agradecimientos

El trabajo ha sido financiado por el INIA, proyecto AT2006-006-C08-04. Nuestro agradecimiento a Jerónimo Torres por su asistencia técnica y a Eloy López y Clemente Hurtado que prestaron sus invernaderos para la realización de los ensayos. A la empresa Abonos Orgánicos Pedrín que elaboró las enmiendas utilizadas.

Referencias

- Bello, A., López-Pérez, J. A., García Álvarez, A., Arcos, S. C., Ros, C., Guerrero, M.M., Guirao, P. y Lacasa, A. 2004. Biofumigación con solarización para el control de nematodos en cultivo de pimiento. En A. Lacasa, MM. Guerrero, M. Oncina y JA. Mora Eds. Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia. Jornadas 16: 129-208.
- Bonanomi, G., Antignani, V., Pane, C. y Scala, F. 2007. Suppression of soilborne diseases with organic amendments. *Journal Plant Pathology* 89 (3): 311-324.
- Chellemi, D. O. 2006. Effect of urban debris and soil management practices on plant parasitic nematodes, *Phytophthora blight* and *Pythium root rot* of bell pepper. *Crop Protection* 25: 1109-1116.
- Guerrero, M. M., Lacasa, A., Ros, C., Bello A., Martínez M. C., Torres J. y Fernández, P. 2004. Efecto de la biofumigación con solarización sobre los hongos del suelo y la producción: fechas de desinfección y enmiendas. En A. Lacasa, MM. Guerrero, M. Oncina y JA. Mora Eds. Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia. Jornadas 16: 209-238.
- Guerrero, M.M, Ros, C., Martínez, M.A., Martínez, MC., Bello, A. y Lacasa, A. 2006. Biofumigation vs biofumigation plus solarization to control *Meloidogyne incognita* in sweet pepper. *Bulletin OILB/srop* 29 (4): 313-318.
- Guerrero, M.M., Martínez, M.A., Ros, C., Bello, A., Fernández, P., Martínez, M.C. y Lacasa, A. 2007. Eficacia de la biosolarización como desinfectante del suelo en invernaderos de pimiento. *Actas de Horticultura* 48: 451-454.
- Lacasa, A. y Guirao, P. 1997. Investigaciones actuales sobre alternativas al uso del bromuro de metilo en pimiento en invernaderos del campo de Cartagena. En A. López y JA. Mora Eds. Posibilidades de alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento en invernadero. Publicaciones de la Consejería Medio Ambiente, Agricultura y Agua. Región de Murcia. Jornadas 11: 21- 36.
- Lacasa, A., Guerrero, M. M., Guirao, P y Ros, C. 2002. Alternatives to Methyl Bromide in sweet pepper crops in Spain. *Proceedings of International Conference on Alternatives to Methyl Bromide*. T. Batchelor and J. M. Bolivar Ed. European Commission: 172-177.
- Martínez, M.A., Lacasa, A., Guerrero, M.M, Ros, C., Martínez, MC, Bielza, P. y Tello, J. 2006. Effect of soil disinfection on fungi greenhouses planted with sweet peppers. *Bulletin OILB/srop* 29 (4): 301-306.
- Tello, J. y Lacasa, A. 1997. Problemática fitosanitaria del suelo en cultivos de pimiento en el Campo de Cartagena. En A. López y JA. Mora Eds. Posibilidades de alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento en invernadero. Publicaciones de la Consejería Medio Ambiente, Agricultura y Agua. Región de Murcia. Jornadas 11: 11- 17.

Tabla 1. Composición porcentual, en volumen, de las enmiendas

Enmienda	Composición
Enmienda cítricos	Estiércol fresco de oveja 70% Estiércol de vacuno 10% Gallinaza 10%
Enmienda brócoli	Restos industria cítrica 10% Estiércol fresco de oveja 65% Gallinaza 10% Restos cosecha brócoli 25%
Estiércol semicompostado	Estiércol de oveja semicompostado a 75°C
Estiércol de oveja fresco	Estiércol fresco de oveja

Tabla 2. Altura media (cm) de las plantas al final de junio.

Tratamiento	Invernadero X	Invernadero Y
Enmienda cítricos	129,7ab	117,4b
Enmienda brócoli	134,4a	117,5b
Estiércol semicompostado	130,3ab	130,5a
Estiércol fresco de oveja	129,0b	129,2a

Las cifras con la misma letra en una misma columna no son diferentes ($P < 0,05$)

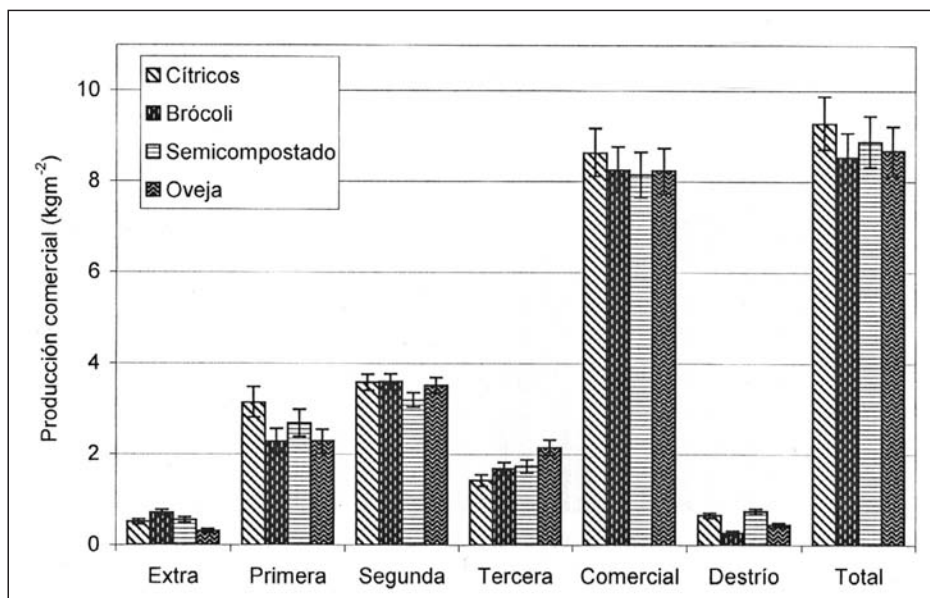


Fig. 1. Producciones finales medias (kg m^{-2}), por categorías comerciales, comercial y total en el invernadero X. Intervalos LSD al 95% con los datos transformados con $\text{Log}_{10}(x+1)$.

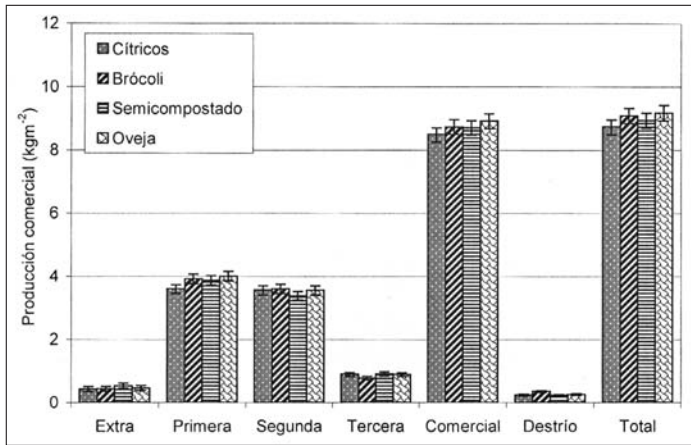


Fig. 2. Producciones finales medias (kg. m⁻²), por categorías comerciales, comercial y total en el invernadero Y. Intervalos LSD al 95% con los datos transformados con Log₁₀(x+1).

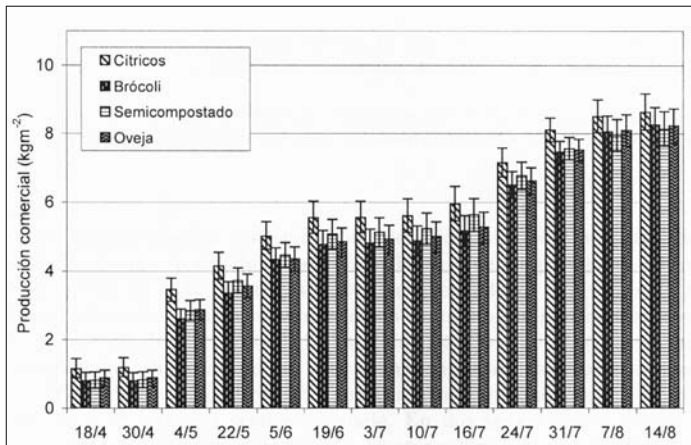


Fig. 3. Producciones comerciales medias (kg. m⁻²) acumuladas en el invernadero X. Intervalos LSD al 95% con los datos transformados con Log₁₀(x+1).

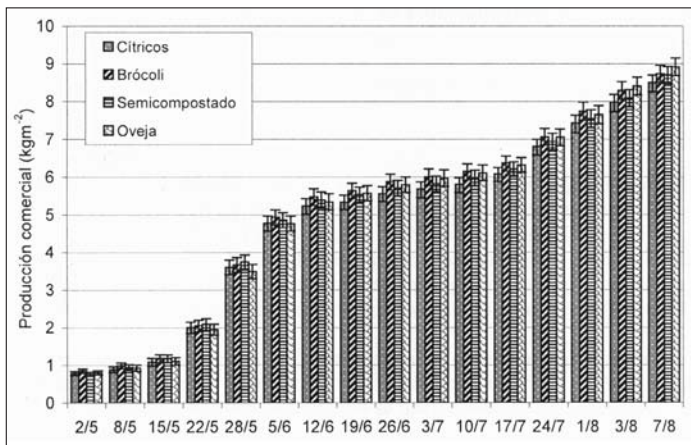


Fig. 4. Producciones comerciales medias (kg. m⁻²) acumuladas en el invernadero Y. Intervalos LSD al 95% con los datos transformados con Log₁₀(x+1).