

PARA NEMATODOS TIENE UNA EFICACIA SIMILAR A LA QUÍMICA SOBRE TODO SI SE COMBINA CON SOLARIZACIÓN

Importancia ambiental y eficacia de la biodesinfección de suelos

La desinfección química de suelos era una práctica habitual y especialmente necesaria en las zonas de agricultura intensiva del sureste peninsular. La aplicación de alternativas a la

fumigación química de suelos en cultivos hortícolas, flor cortada, fresas, frutales y viñedos, así como su eficacia en el manejo de organismos de suelos patógenos de plantas, han permiti-

do la eliminación del BM como fumigante del suelo. El BM y sus usos críticos acabaron en España en el año 2009, pero se siguen realizando trabajos para la búsqueda de alternativas.

pretende que la desinfección tenga efecto herbicida, aunque olvidan una vez más la importancia de la capa de materia orgánica que transforman a los enarenados de Almería en sistemas singulares de producción supresores de patógenos por su efecto biodesinfectante. Señalan la necesidad de apelmazar el suelo y si es posible dar un riego ligero por aspersión, aspectos que están relacionados con la retención de los gases o con la creación de condiciones de anaerobiosis, ambas con efecto desinfectante, como ocurre en el caso de la biodesinfección. Por otro lado analizan el riesgo del uso de abonos nitrogenados para algunas leguminosas como las judías, que causan un desarrollo vegetativo desordenado, hecho que puede hacerse extensivo a otras hortalizas, así como el efecto fitotóxico de los residuos de los desinfectantes químicos, para lo cual diseñaron un método de valoración utilizando semillas indicadoras de *Lepidium sativus* (cebollita o mastuerzo), lechuga o tomate, así como cebolla en el caso concreto de los

A. Bello Perez¹, I. Castro Lizaso²,
M. A. Díez Rojo³, J. López Cepero⁴,
y J. M. Torres Nieto⁵.

¹ Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC (Madrid).

² Univ. Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez (Cuba).

³ Centro Agrario de Marchamalo, Guadalajara (Castilla-La Mancha).

⁴ Coplaca. Organización de Productores de Plátanos (Canarias).

⁵ SAT Costa de Nijar, San Isidro (Almería).

maciones que resultan curiosas cuando se conocen los fundamentos teóricos de la biodesinfección de suelos, investigaciones basadas fundamentalmente en el uso de materiales orgánicos de origen vegetal o animal como los restos de cultivos o el estiércol (Lacasa *et al.* 2002, Barres *et al.* 2006, Bello *et al.* 2008, Díez-Rojo 2010). Por otro lado, Sanz Rodríguez y Dueñas Linares (1973) resaltan la necesidad de realizar un riego entre cinco y ocho días antes de su aplicación en el caso de los suelos enarenados, indicando que es importante sobre todo si se

En la revisión de la desinfección de suelos de Sanz Rodríguez y Dueñas Linares (1973), publicada por los Servicios de Extensión Agraria (SEA), del antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), señalan que los desinfectantes utilizados actúan por emisión de vapor, teniendo en mayor o menor grado efecto fungicida, nematocida, herbicida o insecticida. En el año 1973 la desinfección química del suelo se había convertido en una práctica más de cultivo, especialmente en zonas costeras del sureste español dedicadas a la producción de hortalizas extratemperanas por los resultados satisfactorios de su aplicación. Entre las consideraciones generales para su empleo se resaltan: «dejar el terreno limpio de restos vegetales antes del tratamiento» o que «as estercoladuras fuesen disminuyendo el efecto de los desinfectantes», afir-



Foto 1. a) Dispositivos para la desinfección de suelos; b) desinfectando el suelo en Hermigua (La Gomera), c) desinfección con BM bajo láminas de plástico, metodología similar a la biodesinfección de suelos (Sanz Rodríguez y Dueñas Linares 1973).

suelos bromurados. Al mismo tiempo indican que son productos peligrosos para la salud humana (con categorías B o C). Se describen los desinfectantes químicos recomendados:

- Bromuro de metilo (BM) con cloropicrina.
- Dibromocloropropeno (DBCP, Nemagon).
- Cloropicrina.
- Dicloropropano + dicloropropeno (DD).
- Dicloropropeno.
- Dicloropropano + dicloropropeno + isotiocianato de metilo (Di-Trapex).
- Dazomet.
- Metam-sodio (metam-Na).

La mayoría de los desinfectantes tienen una acción parcial, actuando sólo como fungicidas o como nematicidas, herbicidas o insecticidas, señalándose una serie de precauciones por su alta toxicidad por lo que debían ser aplicados por personas autorizadas. Las dosis de aplicación pueden llegar a 1.000 kg/ha como en el caso del BM ó 1.800 l/ha en el metam-Na, repercutiendo económicamente en el coste de la producción. Las temperaturas óptimas de aplicación recomendadas estaban entre 15-20°C, que coinciden con el período en el que los nematodos termófilos del género *Meloidogyne* están inactivos. Después de su aplicación recomendaban que el suelo descansase en la mayoría de los casos durante un mes. El uso de los desinfectantes químicos estaba recomendado en cultivos extensivos, como cereales, remolacha, leguminosas o papas, para el control de nematodos formadores de quistes de los géneros *Heterodera* o *Globodera*, nematodos específicos que con una simple rotación de cultivos se pueden resolver los problemas que causan. Se debe resaltar que el uso de cloropicrina no estaba autorizado en España, por motivos históricamente conocidos. Los efectos del Di-Trapex, dazomet y metam-Na se fundamentan en la liberación de isotiocianato de metilo que es la base de la biofumigación cuando se utilizan brasicas. La biofumigación en un principio se basó en la liberación de compuestos nitrogenados originados durante la descomposición de restos vegetales y orgánicos (Kirkegaard et al. 1993, Bello 1998, Bello et al. 2000, 2003, 2008, Díez-Rojo 2006, 2010, Torres et al. 2007, Díez-Rojo et al. 2008). Por último, destacar que la aplicación de desinfectantes químicos está relacionada con el diseño de maquinarias que se describen en la mayoría de las figuras que aparecen en la monografía, debiéndose señalar una sobre la desinfección de suelos en



Foto 2. Experimento de biodesinfección en hortalizas (Marchamalo, Guadalajara).

Hermigua (La Gomera) (foto 1), que nos permite destacar el gran desarrollo en el año 1973 de los desinfectantes químicos.

Biodesinfección de suelos

Se estimó en 1995 en España un consumo de BM para usos agrícolas en 4.238,56 t, según una encuesta efectuada entre las comunidades autónomas por el antiguo MAPA (Noval Alonso 2004). A partir de esta fecha las cantidades disminuyeron, tanto en lo relativo a los tipos de cultivos para los que se utilizaba, áreas geográficas en las que se practicaba la fumigación con BM, como en las cantidades (dosis y formulaciones) utilizadas por unidad de superficie en los cultivos donde no existían alternativas. Los consumos de BM en 1995 incluyen cultivos de tomate (Alicante, Almería, Murcia), patata (Valencia), judías verdes (Almería), sandía (Almería, Valencia), calabacín (Almería), melón (Almería), pepino (Almería), pimiento (Murcia, Alicante, Almería), zanahoria (Cádiz), otras hortalizas (Cádiz, Valencia, Barcelona), flor cor-

tada (Cádiz, Sevilla, Barcelona), producción de fresa (Huelva, Barcelona, Mallorca), viveros de fresa (Segovia, Ávila, Navarra, Palencia, Huelva, Valladolid), con uso menor en cítricos (Bello et al. 2000).

La desinfección química de suelos era una práctica habitual y especialmente necesaria en las zonas de agricultura intensiva del sureste peninsular (Lacasa et al. 2002). La aplicación de alternativas a la fumigación química de suelos en cultivos hortícolas, flor cortada, fresas, frutales y viñedos, así como su eficacia en el manejo de organismos de suelos patógenos de plantas, han permitido la eliminación del BM como fumigante del suelo (Bello et al. 2008, Díez-Rojo 2010). El BM y sus usos críticos acabaron en España en el año 2009, pero se siguen realizando trabajos para la búsqueda de alternativas, que comenzaron de manera más intensa desde 1992, recogiendo los resultados de estas investigaciones en Barres et al. (2006), publicación que analiza la situación de BM a nivel mundial y aportan alternativas para el manejo de patógenos de vegetales de origen edáfico. Bello 1998, Bello et al. (2000, 2003,

La materia orgánica utilizada debe tener una relación C/N entre 8 y 20 para que pueda dar lugar a compuestos con efectos biocidas o biostáticos y complementarse para la retención de los gases con la utilización de plásticos o la creación de una capa aislante de arcilla

2008) analizan el interés de la biodesinfección como alternativa al BM tratando de sintetizar los resultados de trabajos anteriores. Se han desarrollado diferentes alternativas al uso del BM, destacando entre las no químicas el uso de sustratos, rotación de cultivos, empleo de variedades resistentes y el injerto, sobre todo en cucurbitáceas, solanáceas, frutales y viñedos, sin olvidar otras alternativas como vapor de agua, solarización, así como la biodesinfección cuya eficacia se incrementa cuando forman parte de un sistema de producción integrada de cultivos (IPM: Integrated Protection Management). En general las alternativas propuestas tienen menor coste económico y riesgo ambiental, así como para la salud de agricultores y consumidores.

La biodesinfección combinada con solarización (biosolarización) se ha desarrollado en cucurbitáceas (Almería, Castilla-La Mancha, Madrid, Murcia y Valencia), tomate (Canarias y Valencia), flor cortada (Cádiz y Valencia), cítricos y frutales (Valencia), viñedos (Castilla-La Mancha y Murcia), plataneiras (Canarias), espinacas (Madrid) y zanahorias (Alicante y Andalucía). Se han utilizado como biodesinfectantes estiércoles frescos, así como otros restos de cultivos entre ellos cascarilla de arroz, champiñón, olivo, brasicas, flores y restos de jardines. Los costes de los biodesinfectantes son similares a la aplicación de enmiendas orgánicas, práctica cultural que se realiza de forma habitual en agricultura ecológica e integrada. La biodesinfección es eficaz en el control de bacterias, hongos, insectos, flora arvense y nematodos de modo similar a los pesticidas convencionales, pudiendo también regular los problemas de virosis. La biodesinfección es una alternativa que permite reducir el uso de alternativas químicas en la eliminación de BM por mandato del protocolo de Montreal, por su efecto destructivo de la capa de ozono estratosférico (Barres *et al.* 2006, Bello *et al.* 2008, MBTOC 2008, Díez Rojo 2010).

La gran complejidad de los procesos químicos, físicos y biológicos que regulan la biodesinfección de suelos, no es un factor limitante para que pueda ser una alternativa de fácil aplicación por técnicos y agricultores, dependiendo su eficacia fundamentalmente de la selección de la materia orgánica utilizada, que deben tener una relación C/N entre 8 y 20 para que puedan

dar lugar a compuestos con efectos biocidas o biostáticos y complementarse para la retención de los gases con la utilización de plásticos o la creación de una capa aislante de arcilla a través de la aplicación de riego, siendo necesario que los suelos tengan humedad y actividad biológica. Se puede comenzar con dosis de materia orgánica altas, de unas 50 t/ha, que se deben ir reduciendo a lo largo de los años hasta 25 t/ha. La biodesinfección debe aplicarse dentro de un



Foto 3. Biodesinfección de suelos en un viñedo de Jumilla (Murcia, agosto de 2005).

programa de producción integrada. La reiteración de la biodesinfección mejora gradualmente las propiedades del suelo, produciéndose mejoras en la calidad biológica, química, tanto en macronutrientes y micronutrientes, como el N_{total} , P, K o en microelementos, sobre todo en el Fe biodisponible, densidad aparente, permeabilidad e infiltración con respecto a los suelos que no incorporan enmiendas orgánicas, observando una disminución en el agua drenada, optimizando con ello su aprovechamiento en la fertilidad del suelo. La lixiviación de NO_3^- , que es similar a la que se obtiene en suelos en los que no se han incorporado enmiendas orgánicas, incluso a las dosis de 100 t/ha, sobre el riesgo de acumulación de metales pesados en suelos sometidos a desinfecciones sucesivas no se observó acumulación de los metales estudiados por lo que se consideran una alternativa sin riesgos para el medio ambiente ni para los seres vivos (Bello *et al.* 2003, 2008, Díez Rojo *et al.* 2008, Díez Rojo 2010).

Torres *et al.* (2007) estudian el efecto biodesinfectante de la materia orgánica en suelos arenados de Almería, donde se ha venido utilizando la desinfección química de suelos para el manejo de nematodos formadores de nódulos del género *Meloidogyne*, tratando de recuperar como alternativa las técnicas tradicionales de

aplicación de la materia orgánica que, podemos considerar, están fundamentadas en las bases científicas que regulan los procesos de biodesinfección.

Se han realizado experiencias en campo para cultivos de clavel en Chipiona (Cádiz) mediante la utilización de gallinaza y restos de clavel del cultivo anterior mostrando resultados prometedores para el manejo de enfermedades y nematodos formadores de nódulos del género *Meloidogyne*, con resultados similares a los fumigantes químicos (García-Ruiz *et al.* 2009).

Se han utilizado restos del cultivo de pimientos en el manejo de los nematodos formadores de nódulos del género *Meloidogyne*, destacando los trabajos de Piedra Buena *et al.* (2006, 2007), así como los resultados obtenidos por López-Cepero *et al.* (2007) cuando utilizan restos de jardinería, naranjo, olivo, adelfa, pino y boj comparándolos con estiércol y brasicas.

En el cultivo de fresas se ha estudiado el efecto de la biofumigación y de la biosolarización con gallinaza fresca, a razón de 3 kg/m², para conocer su comportamiento en la producción y sobre la flora arvense (Aguirre *et al.* 2004, López-Martínez *et al.* 2004). También se ha estudiado el efecto de la biodesinfección en cultivos extensivos, tanto sola como combinada con solarización utilizando hojas de olivo en un olivar para determinar su acción herbicida, crecimiento de los olivos, producción y realizándose una valoración económica, resultados que han sido revisados en Bello *et al.* (2003) y Díez Rojo (2010).

Conclusiones

La biodesinfección tiene una eficacia similar a la desinfección química, sobre todo en el control de nematodos, resaltando el interés como desinfectante de suelos, especialmente cuando se combina con solarización, como parte de un sistema de producción integrada, siendo una alternativa para los desinfectantes químicos como el 1,3-D. Se debe señalar que el 1,3-D es un contaminante de las aguas subterráneas que limita su empleo, presentándose también casos de fitotoxicidad. Se debe destacar lo que supone la biodesinfección por su empleo como fumigantes de suelos en la eliminación de unas 60.000 t anuales de bromuro de metilo en los países del no Artículo 5, de las cuales un 87% pasaba a la atmósfera como gas con lo que ello significa por su impacto ambiental (MBTOC 2008, Díez Rojo 2010). ●

Bibliografía ▼

- AGUIRRE I, CARMONA I, LÓPEZ-MARTÍNEZ N, CUARESMA I, GONZÁLEZ-ZAMORA JE, AVILLA C, LÓPEZ-MEDINA I. 2004. Influencia de la biofumigación en la productividad y precocidad del cultivo ecológico de fresa. VI Congreso SEAE, 27 Sept.-2 Oct., Almería, 303-312.
- BARRES MT, BELLO A, JORDÁ C, TELLO J. 2006. La eliminación del bromuro de metilo en la protección de cultivos como modelo mundial para la conservación del medio ambiente. MAPA, Madrid, 515 pp.
- BELLO A. 1998. Biofumigation and integrated pest management. In: A BELLO, JA GONZÁLEZ, MARIAS, R RODRÍGUEZ-KÁBANA (Eds). Alternatives to methyl bromide for the Southern European countries. CE DG XI-CSIC, Valencia, 99-126.
- BELLO A, LÓPEZ-PÉREZ JA, DÍEZ-ROJO MA, LÓPEZ-CEPERO J, GARCÍA-ÁLVAREZ A. 2008. Principios ecológicos en la gestión de los agro-sistemas. Arbor, Ciencia, Pensamiento y Cultura 729, 19-29.
- BELLO A, LÓPEZ-PÉREZ JA, GARCÍA-ÁLVAREZ A. 2003. Biofumiga-ción en agricultura extensiva de regadío. Producción integrada de hortalizas. CSIC-Caja Rural de Alicante, Mundi-Prensa, Madrid, 670 pp.
- BELLO A, LÓPEZ-PÉREZ JA, SANZ R, ESCUER M, HERRERO J. 2000. Biofumigation and organic amendments. Regional Workshop on Methyl Bromide Alternatives for North Africa and Southern European Countries. Programme UNEP, Francia, 113-141.
- DÍEZ-ROJO MA. 2006. Fundamentos fitotécnicos para la aplica-ción de subproductos agrarios en la mejora de suelos cultiva-dos. Trabajo Experimental Fin de Carrera, ETSI Agrónomos, Univ. Politécnica de Madrid, 251 pp.
- DÍEZ-ROJO MA. 2010. Bases agronómicas para la utilización de restos agrarios en biodesinfección de suelos. Tesis Doctoral, ETSI Agrónomos, Univ. Politécnica de Madrid, 409 pp.
- DÍEZ-ROJO MA, LÓPEZ-PÉREZ JA, ARCOS SC, GONZÁLEZ LÓ-PEZ MR, ROBERTSON L, GUERRERO MM, ROS C, LACASA A, TO-RRES JM, DE CARA M, TELLO J, BELLO A. 2008. Soil biodesinfecc-tion as an alternative to soil fumigants. Proc. 15th Inter. Congress of Nematology, 13-18 julio, Brisbane, Australia, 133 p.
- GARCÍA-RUIZA, GARCÍA BERNAL JP. 2009. La biodesinfección de suelos como alternativa en los cultivos de flor cortada de An-dalucía. Agropalca 6, 22 p.
- KIRKEGAARD JA, GARDNER J, DESMARCHELIER JM, ANGUS JF. 1993. Biofumigation using Brassica species to control pest and diseases in horticulture and agriculture. In: N WRATHER, RJ MAI-LES (Eds). Proc. 9th Australian Research Assembly on Brassicas (Wagga Wagga), 77-82.
- LACASA A, GUERRERO MM, GUIRAO P, ROS C. 2002. Alternati-ves to methyl bromide in sweet pepper crops in Spain. In: T BAT-CHÉLOR, JM BOLIVAR (Eds). Proceedings of International Confe-rence on Alternatives to MB. The remaining challenge, European Commission, Sevilla, 5-8 marzo. Publications of the European Communities, Luxembourg, 187-192.
- LÓPEZ-CEPERO J, PIEDRA BUENA A, DÍEZ-ROJO MA, REGALA-DO R, BRITO E, HERNÁNDEZ Z, FIGUEREDO M, ALMENDROS G, BELLO A. 2007. Evaluation of soil biodesinfestation with crop and garden residues in root-knot nematodes populations. Commu-nications in Agricultural and Applied Biological Sciences, Ghent University 72, 703-712.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ N, CASTILLO S, CUARESMA IM, CARMONA I, GONZÁLEZ-ZAMORA JE, AVILLA C, LÓPEZ-MEDINA J, AGUIRRE I. 2004. Efecto de la biofumigación sobre la flora arvense del fresa. Actas VI Congreso SEAE, 27 Sept.- 2 Oct., Almería, 1531-1539.
- MBTOC. 2008. Evaluations of critical use nominations for methyl bromide and related matters. Final Report. Ozone Secre-tariat UNEP Nairobi, Kenia, 111 pp.
- NOVALALONSO C. 2004. Uso del BM en España. Actas de Hor-ticultura. Comunicaciones Técnicas Sociedad Española de Cien-cias Horticolas. IX Jornadas del Grupo de Horticultura, Derio, Biz-kaia, 7-9 Sept. 42, 53-59.
- PIEDRA BUENA A, GARCÍA-ÁLVAREZ A, DÍEZ-ROJO MA, BELLO A. 2006. Use of crop residues for the control of Meloidogyne in-cognita under laboratory conditions. Pest Management Science 62, 919-926.
- PIEDRA BUENA A, GARCÍA-ÁLVAREZ A, DÍEZ-ROJO MA, ROS C, FERNÁNDEZ P, LACASA A, BELLO A. 2007. Use of pepper crop re-sidues for the control of root-knot nematodes. Bioresource Tech-nology 98, 2846-2851.
- SANZ M, DUEÑAS R. 1973. Desinfección de suelos. Hojas di- vulgadoras No 4-5(73H). Servicio de Extensión Agraria (SEA), MAPA, 24 pp.
- TORRES JM, DÍEZ ROJO MA, ROBERTSON L, LÓPEZ PÉREZ JA, DE CARA M, TELLO J, BELLO A. 2007. Nematodos fitoparásitos del género Meloidogyne Goeldi, 1892 y su manejo ecológico en cultivos enarenados de Almería. MAPA, 203 pp.

Del 23 al 26
de Septiembre

Agroporc
Carmona 2010



ORGANIZA:



PATROCINA:



PROMUEVEN:



FINANCIAN:



COLABORAN:

