

Biofumigación, gases para la protección de cultivos

Texto y fotos: A. Bello, J. A. López-Pérez, L. Díaz-Viruliche

Con la biofumigación podemos controlar plagas, enfermedades y flora arvense, mejorando la tierra de labor o suelo, aumentando su fertilidad y la biodiversidad. Además estaremos aplicando dos importantes principios de la ecología en el manejo de los agrosistemas: reducir el impacto ambiental de la agricultura y gestionar adecuadamente los residuos agrarios

En la búsqueda de alternativas a los fumigantes de la tierra de labor, hemos visto que la materia orgánica, a través de los gases que se producen durante los procesos de su descomposición, puede controlar ciertos patógenos de los vegetales. Este proceso ha sido definido como biofumigación por primera vez por Matthiessen y Kirkegaard (1993) al tratar de sustituir el uso del metam sodio por brasicas (parientes de la col) en el control de los insectos *Graphognathus spp.* de la papa en Australia, puesto que las fuentes naturales del metil isotiocianato (ITC's) se encuentran en diferentes especies y variedades de brasicas, entre ellas la col, la coliflor, la mostaza y el nabo.

La biofumigación es "la acción de las sustancias volátiles producidas por la biodescomposición de la materia orgánica en el control de los patógenos de las plantas, incrementando su eficacia en el tiempo cuando se incluye en un sistema integrado de producción de cultivos". Obtiene una eficacia similar a los plaguicidas convencionales, con la diferencia de que no contaminamos (Bello et al., 2000).

La técnica

La biofumigación es una técnica de fácil aplicación por agricultores y técnicos, pues sólo se diferencia del empleo de la materia orgánica en la elección del biofumigante, que debe estar en vías de descomposición, y en el método de incorporación, que debe tener en cuenta la necesidad de retener al menos durante dos semanas los gases producidos en la degradación de la materia orgánica, ya que su efecto en la mayoría de los casos no es biocida sino bioestático, por lo que es necesario prolongar en el tiempo su acción sobre los patógenos. Se ha demostrado que cualquier residuo agroindustrial o sus combinaciones puede tener efecto biofumigante, pudiéndolo identificar con facilidad el agricultor, ya que produce un olor característico de amoníaco, aunque conviene recordar que no sólo los derivados del nitrógeno tienen efecto biocida.

Se debe procurar que durante el transporte y almacenaje en el campo no se pierdan los gases producidos en la biodegradación, cubriendo los montones del biofumigante



Aplicación de biofumigación en invernadero

con plásticos u otra cubierta biodegradable hasta el momento de su incorporación. Se recomienda la utilización de una dosis de 50 t/ha, aunque cuando los problemas de nematodos u hongos sean muy graves, se debe aplicar 100 t/ha, dosis que se puede reducir mediante las técnicas de cultivo, como la aplicación en surcos. Se debe distribuir el biofumigante uniformemente, para que después no aparezcan focos de patógenos que puedan crear problemas en el cultivo. Una vez distribuido, se debe enterrar inmediatamente mediante un pase de rotavator, dejando la superficie del suelo lisa con la aplicación de la alomadora del rotavator. Se riega, a ser posible por aspersión, hasta que se satura la tierra, aunque se puede regar a manta o instalar goteros. Cuando no se tiene experiencia se puede cubrir a



Estudio en
condiciones
de
laboratorio
de la
eficacia
biofumigante
de
diferentes
materias
orgánicas y
restos de
cosecha

continuación con plástico para retener, durante al menos dos semanas, los gases producidos en la biodescomposición de la materia orgánica.

Cuando las tierras son poco profundas (< 30 cm), no es necesaria la utilización de plástico, produciéndose la retención de los gases con riegos frecuentes que mantengan una delgada capa de arcilla en la superficie. Se recomienda efectuar la biofumigación cuando la temperatura es superior a 20° C, aunque la temperatura no es un factor limitante. Se pueden producir algunos problemas en la nutrición de la planta como fenómenos de fitotoxicidad y deficiencia de nitrógeno, pero todo ello se puede resolver con un abonado adecuado.

Es recomendable alternar el empleo de residuos agrarios con abonos verdes, especialmente de brasicas, empleando de 5 a 8 kg/m² de materia verde, aunque también se puede aplicar combinaciones de leguminosas con gramíneas. En el caso de la utilización de abonos verdes cultivados en la misma parcela, debe utilizarse plantas de crecimiento rápido para incorporarlas al menos a los 30 días de haberlas sembrado e impedir que aumenten las poblaciones de patógenos. El cultivo de brasicas después de la biofumigación puede servir como bioindicador de la posible fitotoxicidad, puesto que la germinación de sus semillas es sensible a las sustancias fitotóxicas, al mismo tiempo que son muy sensibles a los nematodos fitoparásitos y permiten detectar las áreas del cultivo donde la biofumigación no ha sido eficaz, pudiendo actuar como plantas trampa y, al enterrararlas, como biofumigantes. Puede aparecer alguna dificultad en los primeros tratamientos de biofumigación, pero a medida que pasa el tiempo, el agricultor se va familiarizando con el método, seleccionando las mezclas de biofumigantes, eliminando los plásticos y estableciendo la dosis más eficaz, tanto desde el punto de vista del control de los patógenos como económico.

Lo que sucede

La acción de los microorganismos sobre la materia orgánica, durante su descomposición, produce gran cantidad de

productos químicos que pueden actuar en el control de los patógenos subterráneos. De estos productos, el amonio ha sido el mejor estudiado, aunque es difícil afirmar que sólo un componente sea el responsable de la acción biocida. El contenido de nitrógeno no es el único factor considerado; el carbono es también importante, puesto que de él depende la metabolización del nitrógeno por los microorganismos. Se ha demostrado que la materia orgánica con una relación C/N entre 8 y 20 tiene actividad biocida sin efecto fitotóxico.

La incorrecta utilización del compost puede dar lugar (Hoitink, 1997) a la incorporación de organismos patógenos y semillas de flora arvense, aunque éstos se eliminan cuando el compostaje alcanza temperaturas superiores a 67° C durante varios días. También puede causar fitotoxicidad, y las altas temperaturas pueden eliminar tanto a los agentes de biocontrol, como micorrizas y bacterias promotoras del crecimiento aunque éstos se pueden recuperar fácilmente a partir de la base del montón de compost, donde las temperaturas son más bajas. Pueden aparecer también problemas de salinidad en la tierra debido principalmente al sodio. Los mantillos con mucho nitrógeno, como los hechos a base de estiércol y gallinaza, pueden favorecer enfermedades foliares. En definitiva cada tipo de mantillo tiene unas características que deben ser consideradas antes de aplicarse.

Biofumigación y control de nematodos

La mayoría de las publicaciones existentes sobre la aplicación de la biofumigación propiamente dicha en el control de nematodos fitoparásitos corresponden a nuestro equipo de Nematología Agraria. También existen gran número de excelentes trabajos sobre el empleo de enmiendas orgánicas, abonos verdes y residuos agroindustriales en Egipto, India y Pakistán. En el Congreso de la Organización de Nematólogos de los Trópicos Americanos (ONTA) de San Juan de Puerto Rico en 1999, aparecen por primera vez comunicaciones sobre biofumigación (Bello et al., 2000).

Biofumigación y control de hongos

Destacan los trabajos que han venido realizando investigadores del CSIRO de Australia con residuos de brasicas para el control de hongos. Se ha comprobado también el interés del abono verde en el control de *Pythium violae* en zanahoria en Bélgica. El abono verde de *Vicia villosa* en un cultivo de algodón reduce *Thielaviopsis basicola*, encontrando que la supresión se debe al amonio, que se produce entre 3 y 7 días después de la incorporación, también se ha utilizado estiércol de vaca en el control de las enfermedades del aguacate en México. La materia orgánica con alto contenido de N reduce la incidencia de *Verticillium dahliae* en fresón cuando se incorpora siete semanas antes de plantar. Los propágulos de *Fusarium oxysporum* f.sp. *basilici*, *Sclerotinium rolfsii* y *Pythium ultimum* se reducen en más del

95% cuando se someten a solarización más materia orgánica con alto contenido de nitrógeno.

La eficacia de la biofumigación depende de varios factores, fundamentalmente de la materia orgánica empleada, del método de aplicación, de la actividad enzimática de la tierra, de las pérdidas por volatilización, de la capacidad de absorción de la arcilla y de la pérdida por percolación. Se ha encontrado que es eficaz entre 12 y 20° C. El contenido de glucosinolatos aparece relativamente constante a las diferentes condiciones ambientales y estados de crecimiento de las brásicas, disminuyendo el contenido desde el inicio de la floración, no encontrándose diferencias entre raíces y parte aérea (Bello et al., 2000).

Biofumigación y control de flora arvense

La aplicación de las técnicas de biofumigación en el control de la flora arvense no tiene el mismo desarrollo que en el de nematodos, hongos e insectos, con la excepción de los proyectos que UNIDO, dentro del Protocolo de Montreal, viene desarrollando como alternativas al bromuro de metilo en países del Artículo 5, donde se han obtenido resultados muy positivos, que no están aún publicados. Sin embargo son numerosos los trabajos existentes sobre alelopatías y su interés en el control de la flora arvense, pero sobre todo, cuando se revisan los *Weed Abstracts*, fundamentalmente en el apartado de técnicas culturales, se encuentran algunos trabajos sobre el uso de materia orgánica y abonos verdes.



Biofumigación y control de bacterias y virus

Los trabajos sobre la aplicación de la biofumigación en el control de bacterias y virus son muy escasos, puesto que es un tema de investigación reciente. La aplicación de materia orgánica produce un aumento de nematodos saprófitos, que reducen la incidencia de las bacterias pató-

genas de los vegetales. La materia orgánica con urea reduce las poblaciones de *Restonia solanacearum* dependiendo del tipo de tierra, siendo efectiva en tierras básicas. Los residuos orgánicos con mucho nitrógeno reducen las poblaciones de *Streptomyces scabies* en cultivos de papas en Canadá. La biofumigación puede actuar indirectamente sobre virus al eliminar hongos, nematodos e insectos vectores. En nuestros experimentos de campo sobre biofumigación, hemos observado que la incidencia de bacterias y virus en los cultivos ha sido prácticamente nula.

Valores ecológicos de la biofumigación

La biofumigación nos permite utilizar recursos locales como biofumigantes, ahorrando energía en el transporte y la fabricación de agroquímicos. Contribuye a aumentar la biodiversidad de los agrosistemas, mejora la estructura del suelo y favorece el ahorro en el consumo de agua. La aplicación de residuos agroindustriales o restos de cosecha como biofumigantes armoniza al ser humano con la Naturaleza, haciendo de la agricultura un medio para resolver problemas ambientales.

Biofumigación en nuestro país

Existen buenos ejemplos de su aplicación en cultivos de fresa, cucurbitáceas, pimiento, tomate, zanahoria, flor cortada, cítricos, frutales, viñedos y platanera en Andalucía, Canarias, Castilla-La Mancha, Madrid, Murcia y Valencia. Los biofumigantes más utilizados han sido estiércol de cabra, oveja y vaca, residuos de arroz, champiñón, aceituna, brásicas y jardín. Su coste es mínimo puesto que las diferencias con la aplicación de materia orgánica, práctica habitual en cualquier sistema de producción ecológica, están en las características de la materia orgánica y en el método de aplicación (Bello et al., 2000). La biofumigación es muy eficaz cuando se combina con solarización, a una temperatura ambiental superior a 40° C, recomendándose hacerla durante 30 a 45 días en julio y agosto (Lacasa et al. 1999).

Referencias

- BELLO, A.; J.A. LÓPEZ-PÉREZ; L. DÍAZ-VILLALBA (2000) Biofumigación y solarización como alternativa al bromuro de metilo. Simposio Int. de Fresa. 6-8 diciembre 2000, Zamora, México, 24-50
- HOUTINK, H.A. (1997) Disease suppressive: compost as substitutes for methyl bromide. Int. Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, Nov. 3-5, 1997, San Diego, California, 1, 1-2
- LACASA, A.; P. GUIRAO; M.M. GUERRERO; C. ROS; J.A. LÓPEZ-PÉREZ; A. BELLO; P. BIELZA (1999) Alternatives to methyl bromide for sweet pepper cultivation in plastic greenhouses in south east. 3rd Int. Workshop Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries. 7-10 December, Crete (Greece), 133-135
- MATTHIJSSEN, J.N.; J.A. KIRKEGÅRD (1993) Biofumigation, a new concept for 'clean and green' pest and disease control. Western Australian Potato Grower October, 14-15

Nota sobre los autores

Los autores trabajan en el Departamento de Agroecología del Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC, c/ Serrano 115 duplicado, 28006 Madrid.