

Información Básica de Biofumigación

Rachel Rudolph¹ and Emily Pfeufer²

Con sus típicos rangos de huéspedes, los patógenos de suelo y los nematodos parasíticos de plantas pueden ser especialmente difícil de manejar una vez que se establecen en los suelos. Los agricultores tienen opciones limitadas en cuanto a las rotaciones y frecuentemente dependen de fumigantes químicos, fungicidas, y/o nematicidas para manejar estas presiones. Muchos fumigantes químicos suprimen efectivamente a los patógenos, pero la mayoría de los compuestos son perjudiciales para el ambiente y tienen riesgos para los aplicadores. En la mayoría de los casos, los fumigantes químicos se deben aplicar por contrato con un experto, lo cual puede ser costoso.

Los biofumigantes pueden ser una opción para alterar los ciclos de vida de las enfermedades y los nematodos, y son especialmente benéficos cuando son añadidos a programas de MIP. La biofumigación podría ser de particular interés para agricultores de túnel alto en Kentucky, ya que no se permiten fumigaciones químicas en túneles altos e invernaderos.

Los biofumigantes son cultivos de cobertura que son biológicamente activos (bioactivos) y frecuentemente se les refiere como abonos verdes porque son incorporados al suelo como material vegetal vivo (Kirkegaard et al., 1999). El término biofumigación se refiere a la supresión de patógenos de suelo y otras plagas (como los nematodos parasíticos de planta y malezas) usando compuestos biocidas que ocurren naturalmente, particularmente los isotiocianatos (ITCs). Estos compuestos, que son químicamente similares al ingrediente activo del químico fumigante metam sodio (Matthiessen y Kirkegaard, 2006), son liberados de los cultivos de cubierta bioactivos. El proceso biofumigante se inicia con una



Foto por Rachel Rudolph, University of Kentucky
Figura 1. La harina de semillas de brásicas (BSM) se vende a menudo en forma de comprimidos o gránulos, pero se ha visto que es más efectiva cuando está finamente molida (como se muestra en la foto). Solicite a su proveedor que sea molida antes de comprarla.

segadora de mayales (podadora trituradora), incorporando, e irrigando los cultivos bioactivos en el suelo. Esto activa una reacción química de los compuestos que ocurren naturalmente en las plantas, los glucosinolatos (GSLs) (Kirkegaard y Sarwar, 1998). La reacción química libera gases en los poros del suelo que son generalmente tóxicos para los microbios.

La mayoría de los cultivos de cobertura biofumigantes están en la familia de los cultivos mostaza o de coles (también conocida como crucíferas). No todas

las mostazas son adecuadas como biofumigantes, ya que las concentraciones de los compuestos bioactivos varían de acuerdo con la especie y variedad. Las mostazas que son adecuadas para la biofumigación tienen alto contenido de

¹ Rachel Rudolph es Profesora Asistente de Extensión y Especialista en Extensión de Vegetales con el Departamento de Horticultura de la U. de Kentucky.

² Emily Pfeufer es Fitopatóloga Investigadora con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA Agricultural Research Service).

GSL y, por tanto, no son aptas para el consumo humano o de ganado.

La harina de semillas brásicas (BSM por su sigla en inglés) es otra opción para incorporar ITCs en el suelo. La BSM es el material que queda después de extraer el aceite de las semillas de mostaza, canola, o colza. La ventaja del BSM sobre un cultivo de cobertura bioactivo es que la aplicación al suelo es más rápida y el momento de la aplicación es flexible. Las harinas de semillas suelen venderse en forma de gránulos, pero algunos fabricantes también ofrecen gránulos triturados. La investigación ha demostrado una mayor eficacia del biofumigante utilizando harina de semillas molida en comparación con las formulaciones en gránulos (Figura 1; Mazzola y Zhao, 2010). Aunque la BSM requiere riego cuando se incorpora, se necesita menos agua en comparación con un cultivo de cobertura. No se necesitan fertilizantes si se utiliza BSM. La dosis de aplicación de BSM puede variar, pero suele recomendarse entre 1 y 3 toneladas por acre (aprox. 2250 a 6700 kg por hectárea).

Aplicación y métodos

El manejo adecuado de los cultivos biofumigantes es esencial para su eficacia. Las siguientes técnicas específicas han demostrado producir resultados positivos:

- La dosis de siembra para la mayoría de los cultivos de cobertura biofumigantes suele ser de 10 a 15 lb/Acre. La semilla puede ser sembrada o aplicada al voleo. Siga la dosis de siembra recomendada por el proveedor de semillas.
- Los cultivos de brásicas, en particular las mostazas, deben terminarse durante la floración temprana (Figura 2), antes de que comience el desarrollo de la semilla, para obtener niveles óptimos de GSL. Esto también evita la resiembra y la posible presión de las malezas en el cultivo comercial (McGrath, 2021; Rudolph et al., 2015; Uchanski, 2011).
- Los cultivos de cobertura biofumigantes deben picarse finamente, idealmente con una segadora de mayales (podadoras que corten y trituren) (Figura 3), y luego incorporarse inmediatamente al suelo (Figura 4). Usar un implemento como una cultivadora rotativa es apropiado; el uso de un arado para enterrar la biomasa del cultivo no proporciona suficiente incorporación y mezcla con el suelo para un efecto biofumigante completo.
- A mayor escala, se recomienda el sellado del



Foto por Rachel Rudolph, University of Kentucky

Figura 2. Cultivos de cobertura de mostaza en floración que están casi listos para ser terminados para la biofumigación del suelo. La terminación antes de que comience el desarrollo de la semilla es importante para obtener niveles óptimos de glucosinolato, así como para evitar la posibilidad de que el cultivo se re-siembré y se convierta en malezas en el futuro.

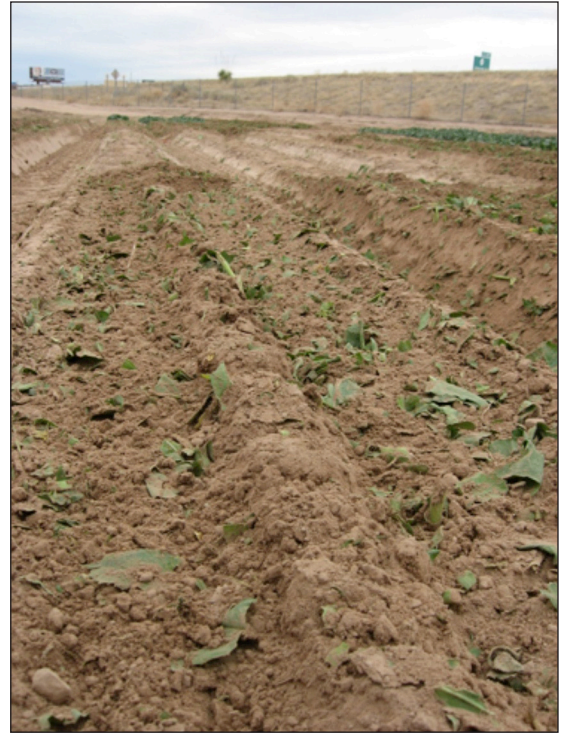


Foto por Rachel Rudolph, University of Kentucky

Figura 3. La segadora de mayales se utiliza en un cultivo de cobertura de mostaza para picar finamente el cultivo de cobertura antes de incorporarlo al suelo. Dependiendo de la altura del cultivo y de la cantidad de biomasa producida, puede ser necesaria más de una pasada con la segadora de mayales.

suelo después de la incorporación. Esto ayuda a atrapar los gases biofumigantes en el suelo. A menor escala, como en los túneles altos, puede utilizarse plástico para sellar los gases.

- Irrigar el suelo casi a punto de saturación es crítico para tener el efecto deseado (McGrath, 2021). A escala de campo, la siega con mayales, la incorporación y el sellado deben ir seguidos de minutos de lluvia; si es en túneles altos, el suelo debe regarse an-



Fotos por Rachel Rudolph, University of Kentucky

Figura 4a. (arriba) Una cultivadora rotatoria se usa después de la segadora de mayales para incorporar el cultivo de cobertura triturado. Figura 4b. (derecha) Primer plano del cultivo de cobertura biofumigante tras su incorporación.

tes del sellado con película.

- Tanto los residuos de cultivos biofumigantes como las harinas de semillas deben incorporarse a una profundidad de 15-30 cm (6-12 pulgadas). En la mayoría de los casos, el inóculo causante de la enfermedad (por ejemplo, nematodos y huevos, estructuras de hongos) estarán presentes en estas capas del suelo.
- Una película de plástico polietileno puede ser usada para cubrir el área tratada, para poder atrapar los ITC en el suelo y, por consiguiente, suprimir o matar patógenos.

Calendario

La biofumigación es más eficaz cuando las poblaciones de patógenos causantes de enfermedades empiezan a romper el periodo de latencia y a activarse. En la mayoría de los casos, las temperaturas del suelo deben ser de al menos 10 grados C (50°F), pero dependerá del ciclo de vida del patógeno o nematodo específico. Para los agricultores de Kentucky que utilicen una harina de semillas, esto significa que la biofumigación podría aplicarse en Abril y Octubre. Sin embargo, el éxito del cultivo de mostaza en Kentucky debe planificarse cuidadosamente en torno a los ciclos de producción de los cultivos comerciales. Se ha demostrado que los ITC producidos por la biofumigación tienen efectos alelopáticos sobre los cultivos plantados posteriormente en el mismo suelo. Se recomienda esperar de tres a cuatro semanas después de incorporar cul-

tivos de cobertura biofumigantes o BSM para evitar efectos perjudiciales sobre el siguiente cultivo comercial.

Consideraciones

Al igual que muchas actividades de manejo de cultivos, la biofumigación depende de la forma en que el agricultor lleve a cabo el proceso. Incluso cuando se utilizan como cultivos de cobertura, los biofumigantes deben gestionarse de forma similar a los cultivos comerciales para obtener los mejores resultados. El agua suficiente, ya sea de lluvia o de riego, es un factor crítico, al igual que una fertilidad adecuada de N, para producir la cantidad de biomasa necesaria para los fines de la biofumigación (Snapp et al., 2004). Los costos de los fertilizantes, la mano de obra y los equipos o modificaciones también deben tenerse en cuenta antes de decidirse a cultivar cubiertas vegetales biofumigantes. Aunque se requiera menos agua y no se necesiten aplicaciones de fertilizantes, esos costos pueden integrarse en el costo de los BSM. Los agricultores deben evaluar los beneficios de la biofumigación con los costos adicionales de los insumos. Los cultivos de cobertura biofumigantes requerirán más tiempo y mano de obra para su implementación, pero la BSM será más costosa por adelantado.

La biofumigación debe utilizarse junto con otras prácticas culturales. En la medida de lo posible, los

agricultores deben practicar una buena rotación de cultivos. En el caso de la biofumigación, esto significa que no deben rotar los cultivos de coles con biofumigantes, ya que pertenecen a la misma familia de cultivos. Algunos patógenos, como la bacteria de la podredumbre negra o el moho acuático del mildiú vellosa, pueden compartirse entre cultivos de coles y cultivos biofumigantes.

Muchos nematodos parásitos de plantas tienen un amplio rango de hospedadores que incluye varias especies y variedades de mostaza. Un agricultor que sospeche la presencia de nematodos fitoparásitos en su suelo debería analizarlo para detectar los diferentes tipos de nematodos y, a continuación, seleccionar un cultivo de cobertura biofumigante no hospedante confirmado. Una estrategia alternativa sería utilizar BSM.

La biofumigación, ya sea con cultivos de cobertura o con harina de semillas, tiene potencial para suprimir los patógenos de las plantas y mejorar la salud del suelo. La aplicación adecuada de la biofumigación es crucial para su éxito. La biofumigación puede utilizarse a gran o pequeña escala y en sistemas de cultivo convencionales u orgánicos, por lo que resulta muy atractiva para diversos tipos de agricultores. En la Universidad de Kentucky se están realizando pruebas de variedades para evaluar los cultivos de cobertura biofumigantes que mejor se adaptan a nuestro clima y suelo.

Fuentes de semillas biofumigantes

High Performance Seeds, Inc.: <https://www.hpseeds.com/products>

Johnny's Selected Seed: <https://www.johnnyseeds.com/farm-seed/brassicas/>

Seedway: <https://www.seedway.com/product-category/vegetable-seed/cover-crop-seeds/>

Welter Seed & Honey Co.: <https://welterseed.com/>

Fuentes de harinas de semillas brásicas

Farm Fuel Inc: <https://farm-fuel-inc.square.site/>

Revisado por Nicole Gauthier, Fitopatóloga de Extensión de la U. de Kentucky, y por Annette Wszelaki, Especialista de Vegetales de Extensión de la Universidad de Tennessee

Fotos cortesía de Rachel Rudolph

Traducido al español por Natalia Martínez-Ochoa, Fitopatóloga del Departamento de Plantas y Suelos de la U. de Kentucky

Octubre 2023

Bibliografía

Kirkegaard, J.A., J.N. Matthieseen, T.W. Wong, A. Mead, M. Sarwar, and B.J. Smith. 1999. Exploiting the biofumigation potential of Brassicas in farming systems. Proc. X. Intl. Rapeseed Congr.

Kirkegaard, J.A. and M. Sarwar, M. 1998. Biofumigation potential of brassicas. I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas. Plant Soil 201, 71-89.

Matthiesen, J.N. and J.A. Kirkegaard. 2006. Biofumigation and enhanced biodegradation: opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. Crit. Rev. Plant Sci. 25, 235-265.

Mazzola, M. and X. Zhao. 2010. Brassica juncea seed meal particle size influences chemistry, but not biology-based suppression of individual agents inciting apple replant disease. Plant Soil 337:313-324.

McGrath, M.T. 2021. Biofumigation for managing Phytophthora blight and other soil-borne pathogens. Cornell Univ. Coop. Ext. 2 June 2021 <<https://www.vegetables.cornell.edu/pest-management/disease-factsheets/biofumigation-for-managing-phytophthora-blight-and-other-soil-borne->

Al citar esta publicación, se sugiere que se haga de la siguiente forma:

Rudolph, R. and E. Pfeufer (2021). Información Básica de Biofumigación . CCD-FS-20S Lexington, KY: Center for Crop Diversification, University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment. Available: <http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu.ccd/files/biofumigation.pdf>

Para información adicional, contacte al agente de Extensión de su Condado

Los programas educacionales del Servicio de Extensión Cooperativo de Kentucky sirven a todas las personas independientemente de su situación económica o social y no discriminará por motivos de raza, color, origen étnico, nacionalidad, credo, religión, creencias políticas, sexo, orientación sexual, identidad de género, expresión de género, embarazo, estado civil, información genética, edad, condición de veterano o discapacidad física o mental.