

El bromuro de metilo como fumigante del suelo: alternativas

En España, las CC.AA. de Andalucía, Valencia, Murcia y Castilla León destacan en el uso de este producto

Se ha considerado que antes de 1998 España era el cuarto país del mundo, después de EE.UU., Japón e Italia, en consumo de bromuro de metilo (BM) con un total de 4.191 t, que se aplicaban como fumigante a unas 8.988 ha de suelo cultivado, principalmente fresón (33%), pimiento (29%), ornamentales (9%) y cucurbitáceas (9%). Después de la reducción del 25% en 1998 acordada por la UE, el consumo actual de BM en España se puede cifrar en 3.143 t. Las alternativas al BM encontradas permiten sin dificultad la reducción del 75% del consumo en el año 2003 y su eliminación total en el año 2005. Se señala que en España aún no hay alternativas en el caso de viveros de fresón y ornamentales, siendo necesario recordar que en la UE no hay usos críticos.

A. Bello⁽¹⁾, J.A. López-Pérez⁽¹⁾ y J. Tello⁽²⁾.

⁽¹⁾ Dpto. Agroecología, Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC, Madrid

⁽²⁾ Dpto. Producción Vegetal, ETSIA, Universidad de Almería.



El cultivo del fresón es el que mayor cantidad de BM utiliza en España.

En la IV reunión del Protocolo de Montreal (PM) en Copenhague (noviembre, 1992), se planteó la retirada del BM por su efecto destructor de la capa de ozono estratosférico, creándose un comité de expertos MBTOC (Methyl Bromide Technical Option Committee) con el fin de encontrar alternativas, y otro comité, el TEAP (Technology and Economic Assessment Panel), para su evaluación económica.

Las conclusiones del TEAP son que se adopten cuanto antes las alternativas en los lugares donde existan, puesto que los productores cada año irán mejorando las técnicas de aplicación, reduciéndose cada vez más las di-

ferencias económicas entre las alternativas y el BM (MBTOC 1998).

En España, como miembro de la UE, la fecha de supresión es el año 2005, con una retirada gradual del 25% que se debería haber realizado en 1998, del 60% en el 2001 y el 75% en el 2003.

Conviene recordar que en España el uso de BM en el control de los patógenos de los vegetales se centra en un reducido número de hongos (*Fusarium oxysporum*, *Phytophthora* y *Verticillium*) y únicamente para los nematodos formadores de nódulos (*Meloidogyne*).

Existen ejemplos donde la aplicación de BM no resuelve los problemas fitopatológicos, puesto que la eficacia del BM depende de las condiciones del suelo, tales como pH, contenido de humedad, profundidad, contenido de materia orgánica, actividad biológica y temperatura (Bello y Tello 1998).

Los expertos de la UE consideran que si un 40% de agricultores usaran medidas de reducción de dosis y un 50% usaran alternativas se podría alcanzar un 90% de reducción. Con todo ello, se demuestra que el BM puede eliminarse rápidamente en la UE, siendo las alternativas económica y técnicamente viables en la mayoría de los casos (Tierney 2000).

Entre las alternativas no químicas, se en-

cuentran la solarización, que utiliza la energía solar en el control de los patógenos del suelo, y la biofumigación, que se basa en la utilización de los gases resultantes de la biodescomposición de la materia orgánica, junto a diferentes prácticas culturales, cultivos sobre sustratos, variedades resistentes, injertos, tanto en hortalizas como en plantas perennes, vapor de agua y control biológico (**Cuadro 1**).

Entre las alternativas químicas destacan las mezclas de 1,3-D más cloropicrina, dazomet y metam sodio, siempre que su aplicación sea correcta. El uso de plásticos virtualmente impermeables (VIF) parece permitir reducciones del uso de BM de hasta el 80%, pero conviene recordar que sólo son una alternativa para cumplir con la reducción gradual impuesta por las partes de la UE, pero en ningún caso una solución de futuro.

Los productos químicos son una solución, también a corto plazo, como sustitutos del BM, para evitar el posible impacto económico de la prohibición en los próximos años. Destacan las técnicas de producción integrada, que consisten en una combinación de alternativas biológicas, prácticas de cultivo y dosis reducidas de productos químicos de bajo riesgo (Bello et al. 1998; MBTOC 1998).

El consumo de BM en España no llega a su-

perar las 8.998 ha de cultivos tratadas, un porcentaje insignificante en comparación con el total de superficie destinada a cultivos hortofrutícolas. Si se tiene en cuenta lo que representan los cultivos que utilizan BM en relación con la superficie total cultivada en España, la gran mayoría no alcanza un 1% del área cultivada, destacando únicamente los cultivos de fresón en Huelva (33,1% de la superficie total), los viveros de fresón en Castilla y León, donde se aplica BM en la mayoría de los campos, y las ornamentales en Cádiz (20%).

Entre las Comunidades Autónomas españolas sólo destacan por su consumo Andalucía (1.930 t), Valencia (877 t), Murcia (719 t) y Castilla y León (304 t), el resto de las autonomías poseen un consumo muy inferior a las 160 t y en Aragón, Asturias, Cantabria, La Rioja y Vascongadas el consumo es nulo (Fig. 1).

En cuanto a cultivos aparecen en primer lugar el fresón con un 33 % (1.399 t), pimiento 29 % (1.206 t), hortalizas en general 12% (540 t), ornamentales 9 % (393 t), cucurbitáceas 9 % (356 t), tomate 5% (213 t) y otros 3 % (134 t).

Últimamente con la entrada en vigor de los reglamentos de producción integrada en cítricos y la utilización de la técnica de bandejas flotantes en los semilleros de tabaco, prácticamente no se utiliza el BM en estos cultivos (Fig. 2). Por otro lado, el BM es un pesticida prohibido en la mayoría de los reglamentos de producción integrada, que representan más de un millón de hectáreas en nuestro país.

Antecedentes en la búsqueda de alternativas al BM

En 1992 se organizó en el Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC) el Seminario: "El Ozono y la Protección de Cultivos", informando sobre la retirada del BM por su impacto sobre la capa de ozono y la necesidad de encontrar alternativas (Bello y Tello 1998).

En 1996 se organizó un Seminario Internacional en Almería sobre: "Alternativas al



Figura 1. Distribución del consumo de BM en España.

CUADRO 1. ALTERNATIVAS AL BROMURO DE METILO (MBTOC 1998) Y SU EMPLEO EN ESPAÑA

Alternativas	Cultivos donde son eficaces en España
1.1. Alternativas no químicas	
1.1.1. Rotación de cultivos	Hortalizas
1.1.2. Enmiendas orgánicas y compost	Hortalizas
1.1.3. Biofumigación	Hortalizas y pimiento
1.1.4. Prácticas culturales	Hortalizas
1.1.4.1. Época de plantación	
1.1.4.2. Labores	
1.1.4.3. Manejo del agua o inundación	
1.1.4.4. Cubiertas, cultivos para cubierta e intercalados	
1.1.4.5. Cultivos de crecimiento rápido, trampa y antagonistas	
1.1.4.6. Fertilización y nutrición de la planta	
1.1.5. Medidas sanitarias	Todos los cultivos
1.1.6. Uso de semillas libres de patógenos y trasplantes	
1.1.7. Cultivos sin suelo y sustratos	Tabaco, tomate y pimiento
1.1.8. Variedades resistentes	Tomate
1.1.9. Injertos	Cucurbitáceas, pimiento y tomate
1.1.10. Resistencia inducida	
1.1.10.1. Microorganismos endofíticos	
1.1.10.2. Micorrizas	
1.1.10.3. Rizobacterias	
1.1.11. Agentes de control biológico	
1.1.12. Solarización	Hortalizas y fresón
1.1.13. Vapor de agua	Flor cortada
1.1.14. Fuego y otros métodos físicos	
1.2. Alternativas químicas	
1.2.1. 1,3-Dicloropopreno (1,3-D)	Fresón y flor cortada
1.2.2. Metam sodio	Fresón
1.2.3. Dazomet	
1.2.4. Combinaciones	
1.2.4.1. 1,3-D + Cloropicrina	Fresón y pimiento
1.3. Control integrado	
	Tomate, hortalizas, pimiento y frutales.

Bromuro de Metilo en Agricultura"; entre las conclusiones del Seminario se señaló que: «existen numerosas evidencias científicas de la peligrosidad del BM por su efecto destructor de la capa de ozono de la estratosfera. En consecuencia es prudente encontrar alternativas adecuadas para resolver los problemas que hasta el presente viene resolviendo el BM. Entre las alternativas estarían la eliminación de emisiones de gas a la atmósfera o la sustitución del fumigante por otros productos o prácticas agrícolas de eficacia equivalente. Existen varias posibilidades para efectuar la sustitución total o parcial del BM por vías química, física y biológica. El desarrollo de dichas posibilidades, puede y debe acelerarse mediante la movilización de recursos humanos y financieros no disponibles, en la cuantía adecuada, en el momento actual» (Bello et al. 1997b).

En 1997 se celebraron en Murcia las jornadas sobre "Posibilidades de Alternativas Viables al Bromuro de Metilo en Pimientos de Invernadero" en Murcia, siendo la primera reunión organizada por el sector productor agrícola (López y Mora 1997).

La UE en 1997 organizó la 1ª Reunión Internacional sobre: "Alternativas al Bromuro de Metilo en los Países del Sur Europa" que se celebró en Arona (Tenerife), quedando ampliamente demostrada la existencia de alternativas, aunque en determinados cultivos y áreas es necesario una investigación más amplia y sobre todo adaptar las técnicas y alternativas existentes (Bello et al. 1998).

En 1998 se realizó en Roma una 2ª Reunión sobre "Alternativas al Bromuro de Metilo para los Países del Norte de África y Sur de Europa", donde científicos y técnicos españoles presentaron sus resultados sobre biofumigación (Bello et al. 2000b), cultivo de tomate sin BM en España (Tello 2000), eficacia de la solarización en el cultivo del fresón en Huelva (Romero 2000) y la técnica de bandejas flo-

tantes en semilleros de tabaco en Extremadura (Blanco 2000).

En 1999 se participó en la 3ª Reunión Internacional de Creta (Grecia) sobre "Alternativas al Bromuro de metilo para los Países del Sur de Europa", presentando Bello et al. (1999) una comunicación sobre la biofumigación como alternativa al BM.

Cebolla et al. (1999) recogen las alternativas al BM en el área de Valencia, consideran que la mezcla de 1,3-D con cloropicrina es tan efectivo, como el BM en fresón, resultando también eficaz la solarización combinada con estiércol (biofumigación); López-Aranda (1999) encuentra en el cultivo del fresón en Huelva que 1,3-D más cloropicrina y dazomet dan unos rendimientos similares al BM, así como la solarización combinada con metam sodio. También propone, para hortalizas en Cádiz, el empleo de 1,3-D más cloropicrina, metam sodio y solarización sola o combinada con estiércol de gallina.

Lacasa et al. (1999), en cultivo de pimiento de Murcia, encuentran que la mezcla de 1,3-D y cloropicrina tiene el mismo rendimiento y control de patógenos que el BM, encontrando que la biofumigación aplicada con solarización en los meses de julio-octubre fue eficaz en el control de patógenos.

Por último, Bolívar (1999) resume los resultados del proyecto del Ministerio Español de Agricultura sobre alternativas, señalando que la reducción de dosis de BM puede ser eficaz para cumplir con la reducción del 75% establecida por la UE para el año 2003 y que los tratamientos con la mezcla de 1,3-D más cloropicrina tienen resultados similares al BM, encontrando que la biofumigación más solarización da buenos resultados cuando se aplica bajo las condiciones apropiadas, señalando que en España aún no hay alternativas en el caso de viveros de fresón y ornamentales, presentando el cultivo de pimiento problemas de "cansancio de suelo".

Cultivos en los que se utiliza BM

Las normas del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA), que entraron en vigor en junio de 1998, establecen dosis de 20-40 g m²; con ello se podría reducir a más de un 50% el consumo de BM en España. Al mismo tiempo, la reducción del porcentaje de BM en sus formulaciones, pudiendo pasar del 2 % de cloropicrina al 50 %, puede suponer una reducción también muy superior a un 30 %, con lo cual se alcanzarían reducciones de un 70-80 %.

Los productores de fresón en Huelva vienen aplicando técnicas que permiten reducir el uso de BM a dosis inferiores a 20 g m². Estas reducciones se realizan mediante la apli-

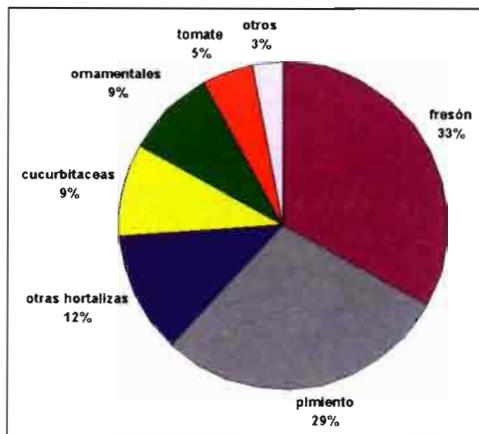


Figura 2. Consumo por cultivos de BM en España.

cación en bandas, utilización de mezclas de 67% BM y 33% cloropicrina, con cultivos de un solo año, reducción de la frecuencia de aplicación, que es generalmente bianual, y utilización de productos químicos a bajas dosis en combinación con solarización.

El sector fresero aporta al año a la economía de Huelva más de 4 millones de jornales, sin contar los jornales que se crean en la Autonomía de Castilla y León con los viveros de fresón.

Los viveristas de fresón de Castilla y León se han preocupado desde un principio en utilizar fundamentalmente la mezcla 67 % BM + 33% cloropicrina, así como dosis bajas que van desde 350 a 650 kg/ha (Bello y Tello 1998).

Los productores de pimiento del Campo de Cartagena (Murcia) y del sur de Alicante han pasado a utilizar 300 kg/ha como dosis máxima de 98% BM + 2 % cloropicrina, la mitad de la actual que es de 600 kg/ha, con la obligación de aplicarlo bajo plástico VIF, habiéndose recomendado también la utilización de la mezcla de 67 % BM + 33 % cloropicrina y la inclusión de la nueva formulación 50 % BM + 50 % cloropicrina.

El cultivo del pimiento genera empleo para 3.569 personas en el campo, 1.785 en almacén y 714 empleos indirectos, que da un total de 6.068 empleos, que supone un importe en mano de obra de 46 millones de dólares USA. Teniendo en cuenta estos datos, podemos ver que la trascendencia del cultivo en esta zona es manifiesta por la magnitud social y económica que alcanza, siendo una fuente de riqueza y empleo, y el verdadero motor de la economía local (Bello y Tello 1998).

Se ha estudiado también como alternativa en este cultivo, la biofumigación y la utilización de injertos resistentes, encontrando que resulta eficaz la biofumigación cuando se aplica combinada con solarización en los meses de agosto y septiembre, seleccionando portainjertos de pimientos eficaces contra Phytopht-

hora que presentan rendimientos similares al BM (Lacasa et al. 2000).

Los resultados obtenidos dentro del Proyecto Nacional para los cultivos más problemáticos: "Alternativas al Uso Convencional del Bromuro de Metilo, Respetuosas con el Medio Ambiente y Viabiles Económicamente", que coordina el MAPA, dentro del Plan Nacional de Investigación y Desarrollo, ha permitido recordar que el BM en el cultivo de fresón se puede reducir el 80% en el año 2003 y en el cultivo de zanahorias presenta tanto alternativas químicas como no químicas (López-Aranda 1999; López Aranda et al. 2001).

Se han encontrado buenas alternativas en el cultivo del pimiento en Murcia (Lacasa et al. 1999) e igualmente, los resultados obtenidos en hortalizas son altamente positivos (Bolívar 1999).

Por todo ello, no se comprende que los expertos de la UE hayan señalado para España unas ventas en 1998 de BM de 5.157 t, el 39,6 % de la UE, al mismo tiempo que indican que los precios han llegado a incrementarse en una media de un 38%, alcanzando en algunos casos hasta un 114 % (Batchelor y Ohm 1999).

Biofumigación

Se define biofumigación como «la acción de las sustancias volátiles producidas en la biodegradación de la materia orgánica en el control de los patógenos de las plantas». La técnica incrementa su eficacia en el tiempo cuando forma parte de un sistema de producción integrada. Se ha encontrado que, por lo general, cualquier materia orgánica puede actuar como biofumigante, dependiendo su eficacia principalmente de la dosis y del método de aplicación.

En España existen buenos ejemplos de su aplicación en cultivos de fresón en Andalucía y Valencia, pimiento en Murcia y Castilla-La Mancha, cucurbitáceas en Valencia, Castilla-La Mancha y Madrid, tomate en Valencia y Canarias, brasicas en Valencia, plantanera en Canarias, cítricos y frutales en Valencia, viñedos en Castilla-La Mancha, y flor cortada en Valencia (Bello et al. 1997a, Bello y Melo 1998, Bello y Miquel 1998a,b, Bello et al. 1998, Cebolla et al. 1999, García et al. 1999, Bello et al. 2000a,b,c). También se ha aplicado recientemente a cultivos de acelga en Madrid y zanahoria en Andalucía y Valencia. Los biofumigantes más utilizados han sido estiércol de cabra, oveja y vaca, residuos de arroz, champiñón, aceituna, brasicas y jardín. Se ha obtenido una eficacia similar a los fumigantes convencionales, al mismo tiempo que mejora las características del suelo y la nutrición de la planta, siendo

necesario diseñar una metodología para cada situación. Su coste es mínimo puesto que las diferencias con la aplicación de materia orgánica, práctica frecuente en cualquier sistema de producción integrada, están en las características de la materia orgánica y su método de aplicación.

Se ha demostrado que la biofumigación tiene la misma eficacia en el control de nematodos, hongos, insectos, bacterias y plantas adventicias que los pesticidas, pudiendo regular los problemas de virus al controlar los organismos vectores (Bello et al. 2000 a).

La biofumigación es una técnica fácil de aplicación por agricultores y técnicos, pues sólo se diferencia de la aplicación de materia orgánica en la elección del biofumigante, que debe estar en vías de descomposición y en el método de aplicación y que debe tener en cuenta la necesidad de retener al menos durante dos semanas los gases biofumigantes producidos en la biodegradación de la materia orgánica, ya que su efecto en la mayoría de los casos no es biocida sino biostático, por lo que es necesario prolongar en el tiempo su acción sobre los patógenos.

Se ha demostrado que cualquier residuo agroindustrial o sus combinaciones, que presente una relación C/N comprendida entre 8-20, puede tener efecto biofumigante, pudiéndose identificar con facilidad por el agricultor, ya que produce un olor característico de amoníaco, aunque conviene recordar que no sólo los derivados del nitrógeno tienen efecto biofumigante, por lo que sería recomendable previamente caracterizar de modo experimental los residuos agroindustriales que quieren utilizarse como biofumigante antes de su aplicación de modo comercial.

Se debe procurar que durante el transporte y almacenaje en campo no se pierdan los gases producidos en la biodescomposición, cubriendo los montones del biofumigante con plásticos hasta el momento de su aplicación. En ningún caso se debe hacer el reparto del estiércol biofumigante como aparece en algunas ilustraciones sobre los ensayos de fresón en Huelva, puesto que se produce la pérdida de los gases biofumigantes y «los resultados de la biofumigación son muy pobres» (López-Aranda et al. 2001).

Se recomienda la utilización de una dosis de 50 t/ha, aunque cuando los problemas de nematodos u hongos sean muy graves, se deben aplicar 100 t/ha, dosis que se puede reducir mediante las técnicas de cultivo, como la aplicación en surcos. El biofumigante se debe distribuir uniformemente, para que no aparezcan focos de patógenos que puedan crear problemas en el cultivo. Una vez distribuido el biofumigante, se debe incorporar inmediatamente al suelo mediante un pase de rotavator, de-

CUADRO 2. SITUACIÓN DE LOS PRINCIPALES NEMATICIDAS (NORDMEYER 1992, MODIFICADO)

Nematicida	Fecha de Introducción	Fecha de prohibición en EE.UU.	Revisión E.P.A.	Impacto
Cloropicrina	1920	—	—	—
Bromuro de metilo	1942	2005	SI	Destrucción ozono estratosférico
D-D	1946	1984	—	Contamina las aguas subterráneas
1,3-D	1946	—	—	Carcinógeno, contamina las aguas subterráneas
EDB	1946	1983	—	Contamina las aguas subterráneas
DBCP	1955	1981	—	Esterilidad, carcinógeno, contamina las aguas subterráneas
Metam sodio	1957	—	—	—
Carbofurano	1967	—	—	—
Etoprofos	1967	—	—	—
Aldicarb	1970	—	SI	Toxicidad aguda y contamina las aguas subterráneas
Fenamifos	1973	—	—	—
Oxamilo	1974	—	—	—

jando la superficie del suelo lisa con la aplicación de la alomadora del rotavator. Se riega, a ser posible por aspersión, hasta que se produce una saturación del suelo, aunque se puede regar a manta o instalar goteros. Se cubre a continuación con plástico para retener, durante al menos dos semanas, los gases producidos en la biodegradación de la materia orgánica.

Cuando los suelos son poco profundos (< 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 puede combinar con la solarización, manteniendo el plástico durante un período de un mes, aunque se ha observado que se puede producir una disminución de la biodiversidad del suelo por el efecto de la solarización. Se recomienda la utilización como biofumigantes de recursos locales, puesto que el factor limitante de la biofumigación es el coste del transporte de los materiales orgánicos.

Se pueden producir algunos problemas en la fertilización del suelo y la nutrición de la planta como fenómenos en fitotoxicidad y deficiencia de nitrógeno, pero todo ello se puede resolver con un programa de fertilización adecuado.

Es recomendable alternar el empleo de residuos agrarios con abonos verdes, especialmente de brasicas, empleando 5-8 kg/m² de materia verde, aunque también se pueden aplicar combinaciones de leguminosas con

gramíneas.

En el caso de la utilización de abonos verdes cultivados en la misma parcela, deben utilizarse plantas de crecimiento rápido para incorporar al menos a los 30 días de haberlo sembrado e impedir que se incrementen las poblaciones de patógenos.

El cultivo de brasicas después de la biofumigación nos puede servir como bioindicador de la posible fitotoxicidad, puesto que la germinación de las 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 es eficaz, pudiendo actuar como plantas trampa y, al incorporarlas al suelo, como biofumigantes.

Los costes de la biofumigación pueden alcanzar el mismo valor que el BM, especialmente cuando se aplican estiércoles de origen animal o residuos agrarios que hay que traer desde grandes distancias, pero como realmente se trata de la aplicación de una enmienda orgánica, que es una práctica habitual en los sistemas producción integrada, se puede considerar un coste cero. Éstos se pueden reducir aún más cuando se utilizan abonos verdes, que no suelen superar las 60.000 pts. por hectárea.

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 y estableciendo las dosis más eficaces, tanto desde el punto de vista de su eficacia en el control de los patógenos como económico.

Otras alternativas

Solarización. Es un método que por sí solo no es eficaz, especialmente cuando se trata de controlar organismos móviles como nematodos que por acción del calor se desplazan a zonas profundas, siendo incorporados de nuevo con las labores a la superficie del suelo.

En los casos donde la solarización ha sido eficaz, se trata por lo general de suelos con alto contenido de materia orgánica (solarización más biofumigación), o de suelos poco profundos. La solarización es eficaz cuando se combina con biofumigación, durante dos meses, a una temperatura ambiental superior a 40 °C (Lacasa et al. 1999), aunque se recomienda de 30 a 45 días durante los meses de julio y agosto, que es cuando la temperatura del suelo alcanza temperaturas superiores a 50 °C. Hemos observado que se produce una pérdida en la biodiversidad del suelo.

Este método resulta eficaz cuando se combina con bajas dosis de fumigantes comerciales, reduciendo el impacto ambiental de estos pesticidas, resultando una buena alternativa en los cultivos de fresón en Huelva y zanahoria en Cádiz. La combinación de la solarización con fumigantes como el metam sodio, a dosis muy reducidas (100 cc/m²), es una práctica bastante frecuente en España. Los resultados son equiparables a los de el BM.

El injerto. Es un método de control de enfermedades del suelo que consiste en cultivar una planta sensible con el sistema radicular de otra resistente a la enfermedad que se pretende controlar. En hortalizas se utiliza el injerto en solanáceas (tomate, berenjena y pimiento) y cucurbitáceas (melón, pepino y sandía). El injerto puede competir con el BM en producción, seguridad y precio. Esta técnica se encuentra ampliamente implantada en Almería y Valencia para controlar la fusariosis vascular de la sandía (Bello et al. 1997b, 1998).

Producción de plantas en bandejas flotantes. En España es posible realizar semilleros de tabaco sin BM, mediante la técnica de bandejas flotantes (Blanco 2000) que nos permite la producción de plantas de una forma fácil y segura, con cepellón uniforme, de calidad y coste menor.

Las bandejas permanecen flotando sobre el agua de una balsa desde la siembra al trasplante. Las balsas pueden estar situadas en túneles en el exterior protegidas por mantas térmicas o en el interior de un invernáculo. Las paredes de la balsa deben ser de 15 cm de altura y se construyen a base de ladrillos, bloques de hormigón, chapa metálica o madera. Las bandejas al flotar deben sobresalir un cm por encima de las paredes, por lo que la altura

del agua en la balsa será aproximadamente de 10 cm. El revestimiento interior de la balsa se realizará con dos láminas de plástico negro. El sustrato es a base de turbas.

Es necesario utilizar agua de calidad y abonos solubles que deben distribuirse uniformemente por toda la balsa. Un abono adecuado sería 20-10-20, que no contenga urea. El nitrógeno debe ser de origen nítrico y amoniacal a partes iguales.

Lo recomendable es añadir de 80 a 100 ppm de nitrógeno al llenar de agua la balsa o una semana después de la siembra. Cuatro semanas más tarde, se aporta agua con 80 a 100 ppm de nitrógeno. El exceso de nitrógeno puede hacer más sensible las plantas a las enfermedades.

Se utilizan bandejas de poliestireno expandido de alta densidad (32-35 g/l). El alvéolo debe tener forma de tronco de pirámide invertido y el volumen de cada alvéolo podrá oscilar entre 16 - 23 cc. Una bandeja que da un buen resultado es de 61,50 x 34 x 6 cm y de 264 alvéolos, que corresponde a un volumen de alvéolo de 17 cc. Los alvéolos de las bandejas se llenan uniformemente con el sustrato, sembrando la semilla en el centro del alvéolo.

La semilla debe ser pildorada, con un tamaño uniforme y un poder germinativo superior al 90%. En la fase de germinación se requiere una temperatura óptima de 21-24 °C. Las medidas preventivas son indispensables para mantener las plantas de tabaco libres de plagas y enfermedades, para lo cual se recomienda desinfectar con una solución de agua y lejía comercial al 10% los diferentes elementos que se utilizan. Se viene aplicando esta técnica desde 1991 en cultivos de tabaco en Cáceres (Extremadura), siendo una alternativa eficaz al BM.

Alternativas químicas. El 1,3-D más cloropirina (35%) a la dosis de 40 cc/m² es una alternativa tan eficaz como el BM, tanto en cultivos de fresón como de pimiento y otras hortalizas en España, pero se trata sólo de una solución momentánea al problema del BM, puesto que no conviene olvidar que, por su efecto cancerígeno y contaminante de las aguas subterráneas, está prohibido en varios países (**Cuadro II**).

Las únicas alternativas químicas recomendables se limitan al empleo de dazomet (50 g/m²) y bajas dosis de metam sodio (50-100 cc/m²) en combinación con solarización, que ha resultado eficaz como alternativa al BM en los cultivos de fresón de Huelva y zanahorias en Cádiz (López-Aranda 1999; López-Aranda et al. 2001).

En España se aplica el metam sodio a dosis de 1.000-1.200 l/ha, siendo la dosis más baja aprobada por el Ministerio de Agricultura de 600 l/ha (Bello et al. 1998).

Producción integrada de cultivos. El diseño de sistemas de producción integrada, como se viene aplicando en la mayoría de los cultivos en España que no utilizan BM, especialmente tomate (Bello et al. 1997c) y otras hortalizas, platanera, cítricos, viñedos y frutales, es fundamental para regular en el tiempo las poblaciones de patógenos y para evitar gastos de control, permitiendo incrementar la rentabilidad del cultivo.

Se pueden utilizar en producción integrada cultivos hortícolas de ciclo corto (2-3 meses), que durante el invierno actúan como plantas trampa, teniendo muy en cuenta el estado sanitario de las plantas y semillas antes del inicio del cultivo: estableciendo la época de plantación teniendo en cuenta los cambios de temperatura que son desfavorables para los patógenos. En casos como Canarias se puede estratificar la época de plantación: comenzando por las zonas altas al final del verano y terminando en la costa al final del otoño y se pueden utilizar también plantas resistentes. Pero se debe tener en cuenta que el manejo de la resistencia debe ser correcto para evitar la aparición de poblaciones de patógenos más virulentos.

Conclusiones

Varias empresas y equipos de investigación en España se han preocupado de encontrar alternativas al BM y los resultados obtenidos han sido reconocidos a escala internacional, al mismo tiempo que sirven de aval a la gran calidad de nuestra producción agraria, que está respaldada por el conocimiento de nuestros científicos, técnicos y agricultores.

España es de los países del mundo que apenas utilizan BM en tomates, frutales, viñedos, platanera y tabaco, siendo muy bajo el consumo de BM en hortalizas y cítricos, con solo un 9% del BM total en ornamentales, donde existen buenas alternativas que se vienen aplicando en países como Colombia, Holanda, Italia y especialmente Guatemala, que se adapta mejor a las condiciones de los productores españoles.

Las técnicas desarrolladas en el campo de la biofumigación, solarización, injertos, bandejas flotantes para semilleros de tabaco, control biológico y producción integrada están sirviendo de modelo en otros países.

Muchos de nuestros especialistas en alternativas al BM están actuando de expertos en organismos internacionales responsables de la retirada de BM. No se puede seguir afirmando que "el BM es esencial para la agricultura mediterránea intensiva", puesto que los cultivos que utilizan BM son la excepción y no la norma (Bello et al. 1997b, 1998).

En España, según los conocimientos científicos y técnicos actuales (Bolívar 1999), el número de cultivos que podrían considerarse como "usos críticos" quedarían reducidos posiblemente a los viveros de fresón, aunque no es siempre fácil establecer argumentos científicos y técnicos claros que permitan las excepciones al uso del BM; el principal argumento es la exigencia de los compradores de la planta de que se haya aplicado previamente BM. También, pueden existir problemas en los cultivos ornamentales de Chipiona (Cádiz), pero la solución de este problema sólo depende de la transferencia de tecnología de países como Guatemala, donde las alternativas al BM han sido desarrolladas bajo el asesoramiento de científicos españoles.

Pero a pesar de dichos problemas, la protección de un bien común como es la capa de ozono, aconsejaría el fin del uso del BM también en los cultivos mencionados, puesto que su eliminación sirve para prevenir millones de casos de cáncer de piel, cataratas y otras afecciones, aunque no deben olvidarse los intereses de los agricultores y proporcionarles alternativas viables económicamente a su situación actual (Bello y Tello 1998).

La gran calidad de la producción agraria en España, fruto de nuestras especiales características ambientales y los conocimientos tradicionales de nuestros agricultores, así como los métodos de producción integrada desarrollados, garantizan la calidad y rentabilidad de nuestros cultivos, y hacen que, en la mayoría de los casos, los cultivadores españoles estén en posición de privilegio frente a otros países, pudiendo transferir sus tecnologías alternativas en cultivos que en el mundo tienen un alto consumo de BM como es el caso del tomate (35% del consumo mundial), fresón (20%), hortalizas (19%), semilleros (9%) y tabaco (8%) (Bello y Tello 1998).

El consumo de BM en España en relación con otros países es de una gran racionalidad, tanto en la utilización de dosis como en las frecuencias de aplicación, que en la mayoría de los casos son bianuales, estando localizados los tratamientos en zonas y cultivos muy concretos. La inmensa mayoría de nuestros cultivos no utilizan BM.

Los productores deberían valorar lo que significa económicamente la normativa del MAPA, que ha permitido una reducción en un 50 % de las dosis de BM, puesto que es un producto cuya aplicación puede alcanzar por hectárea un coste entre 3.670-4.000 \$USA., además de ser altamente tóxico para la salud de los agricultores.

Entre las alternativas químicas no ha sido aún establecido el coste del 1,3-D más cloropirrina, pero se considera que resulta inferior al BM, aunque está demostrado su alto poder cancerígeno y contaminante de las aguas subterráneas, por lo que su aplicación debe hacerse de modo racional, bajo el asesoramiento de técnicos especializados y estableciendo previamente la dosis eficaz mínima para evitar problemas ambientales.

Los restantes pesticidas seleccionados, se pueden aplicar a dosis bajas cuando se combinan con solarización, siendo su coste inferior al de BM, no necesitando técnicos especializados para su aplicación.

La biofumigación, cuando se utilizan recursos locales, resulta siempre más económica que el BM, pudiendo incrementar hasta un 60% el rendimiento del cultivo (Bello et al. 2000b).

En el diseño de sistemas de producción integrada se viene empleando biofumigación con solarización en los meses de julio-septiembre, rotación de cultivos de ciclo corto que actúen como plantas trampa y biofumigantes, utilización de variedades resistentes e injertos, y en último caso, cultivos sobre sustratos (Bello et al. 1998).

Por lo general, estas alternativas no suponen en la mayoría de los casos costes adicionales, aunque son necesarios agricultores y técnicos altamente cualificados para, en cada momento, poder seleccionar la alternativa adecuada que haga el cultivo rentable y no sea impactante sobre la salud y el medio ambiente, pudiéndose aplicar, en caso necesario, dosis reducidas de pesticidas con bajos riesgos ambientales. ■

ALTERNATIVA BIOLÓGICA a los tratamientos químicos del terreno

BOSS

**EL RÁBANO SILVESTRE
NEMATOCIDA**
Planta anzuelo natural

*Indispensable para cultivo de manera
biológica y natural los principales cultivos hortícolas
En invernadero o en pleno campo:*
**BOSS reduce notablemente la infestación de los
Nematodos cecíticos (Meloidogyne) y los que producen quistes.**
*El efecto nematocida lo proporciona tanto el aparato
radical como el enterramiento de la planta entera.*

El ciclo de cultivo es extremadamente rápido:
30/40 días en invernadero; 45/55 días en pleno campo.

Se encuentra en paquetes de:
**3Kg. (dosis para 1000 m²)
25 Kg. (dosis para 1 Ha.)**

BOSS

El primero y original, sólo por:

**Carla Import
sementi**

Viale Porta Adige, 36/B - 45100 Rovigo - Italy
Tel. +39 425 30014 - Fax +39 425 30105
www.carlasementi.it • E-mail: info@carlasementi.it

Estamos a su disposición para análisis con un laboratorio certificado.
**Se buscan distribuidores para zonas libres.
No dude en contactarnos!!!**