

Producción de tomate en España sin bromuro de metilo

Un modelo en la búsqueda de alternativas

En este trabajo analizamos las diferentes técnicas y estrategias utilizadas en España como alternativas al bromuro de metilo (BM), señalando las investigaciones necesarias para mejorar su eficacia, al mismo tiempo que resaltamos el interés de estos métodos de control en la búsqueda de alternativas al BM

● A. BELLO(*), J. C. TELLO(**), J. A. GONZÁLEZ(*)

Sistemas de producción de tomates sin bromuro de metilo (BM) en España los encontramos principalmente en todos los cultivos de invierno, tanto al aire libre como protegidos. Entre los cultivos de las Islas Canarias, los del litoral mediterráneo (Cataluña, Valencia, Murcia y Andalucía) y en tomate para industria en Extremadura, existen un gran número de ejemplos.

El BM ha sido considerado por el Protocolo de Montreal como una de las sustancias que destruyen la capa de ozono y su empleo en agricultura como fumigante del suelo en el control de organismos patógenos está siendo objeto de regulación por el Reglamento 3093/94/CE de la UE, quien se está planteando su eliminación en una fecha próxima, con la excepción de los usos críticos que establezca cada País Miembro. Por ello, es urgente encontrar alternativas a su empleo en agricultura, siendo de gran interés conocer las bases científicas que rigen los sistemas de manejo de aquellos cultivos que no emplean BM, como es el caso del cultivo de tomate en España, que en este trabajo tratamos de analizar, con el fin de que sirva de modelo en la búsqueda de alternativas en otros países del mundo (Bello, 1997).

Del BM utilizado en agricultura por la UE (14.381 t), un 37% se utiliza en el cultivo de tomate (5.271 t), que con el cultivo de fresa (3.051 t) representa el 60% del BM utilizado en la UE. En nuestro país, de las 60.155 ha destinadas al cultivo

de tomate en 1994 sólo 875 ha han sido fumigadas con BM (MAPA, 1996, 1997), que representa el 1,5% del total, siempre bajo túneles o invernaderos, principalmente en Valencia y Andalucía. Lo que indica que no es necesario el uso de BM para este cultivo en España.

A continuación detallamos los principales grupos de organismos que se controlan con BM y las alternativas utilizadas en España, dentro de un sistema de producción integrada, así como la eficacia y consisten-

cia de estas técnicas. Se señalan también aquellos aspectos que deben ser investigados para incrementar su eficacia, así como su interés para la reducción del BM en el cultivo del tomate en otras regiones del mundo. El BM por su versatilidad ha frenado el desarrollo de otras alternativas más económicas y menos impactantes sobre el medio ambiente.

Enfermedades controladas con BM y alternativas empleadas en España

En el cultivo de tomate se utiliza BM para el control de hongos, nematodos y malas hierbas. Los problemas principales y las alternativas utilizadas en España (Tello, 1984; Nuez, 1995; MBTOC, 1997) se analizan a continuación:

- **Verticiliosis** (*Verticillium dahliae*). Este hongo no causa problemas en los cultivos en España por la existencia de variedades resistentes.



Fig. 1. Areas de riesgo para los nematodos formadores de nódulos (*Meloidogyne spp*) en España. En Canarias, aún siendo el área de máximo riesgo, no se utiliza BM.

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

(**) Dpto. de Producción Vegetal, Biología y Ecología, ETSIA, Universidad de Almería.



Fig. 2. Túneles de tomates en El Perelló, alrededores de La Albufera de Valencia. Utilizan variedades resistentes y biofumigación como alternativas al BM.

- **Fusariosis** (*Fusarium oxysporum* fsp *lycopersici*). Se obtiene buen control para las razas 0 y 1 mediante la utilización de variedades resistentes. Existe otra raza 2, para la que no existen variedades resistentes, sin embargo no se ha encontrado en España.

- **Podredumbre de cuello y de raíces** (*Fusarium oxysporum* fsp *radicis-lycopersici*). Se obtiene buen control utilizando variedades resistentes o utilizando sustratos artificiales. Esta enfermedad sólo está localizada en Murcia.

- **Podredumbre del cuello** (*Sclerotium rolfsii*). Causa problemas en cultivos de tomate en el trópico. En nuestro país se ha encontrado sólo en explotaciones de tomate para industria en Extremadura pero carece de relevancia económica.

- **Phytophthora**. No causa problemas en España.

- **Raíces leñosas** (*Pyrenochaeta lycopersici*+*Colletotrichum coccoides*+*Rhizoctonia solani*). Se trata de un problema de climas fríos con baja incidencia en los cultivos de tomate en España. Sólo se ha encontrado en el País Vasco, pero carece de importancia económica. Puede controlarse utilizando injertos sobre plantas KVNF.

- **Nematodos formadores de nódulos** (*M. javanica*, *M. incognita*, *M. arenaria*): Suelen utilizarse variedades resistentes que están ampliamente difundidas, aunque pueden aparecer roturas de resistencia si la temperatura del suelo supera los 28 °C. Estos nematodos son termófilos, requiriendo, para completar su ciclo, temperaturas altas, por ello los problemas que causan pueden reducirse planificando la época de plantación, procurando que las temperatu-

ras del suelo no excedan de 20 °C (fig. 1), como los cultivos de otoño-invierno (Islas Canarias). En primavera y verano aparecen los mayores problemas que pueden controlarse con el diseño de sistemas de producción integrada, como es el caso de El Perelló en los alrededores de la Albufera de Valencia, donde se utilizan rotaciones con plantas de crecimiento rápido (*fast crops*), especialmente cultivos orientales, y la adición de materia orgánica (biofumigación). Se han encontrado altas poblaciones de agentes de biocontrol en los suelos dedicados a tomate en el litoral mediterráneo, Baleares y Canarias, se trata sobretodo de la bacteria *Pasteuria penetrans* (Bello *et al.*, 1996). Para el control de estos organismos son eficaces la mayoría de los fumigantes y nematicidas convencionales existentes.

- **Bacterias**. El BM no es un buen agente de control para estos organismos, sin embargo algunos autores lo recomiendan en el control de ciertas bacteriosis como aquellas causadas por *Pseudomonas*, que no causa problemas en España, y *Clavibacter* que sólo ha sido citada en Murcia en 1979.

- **Malas hierbas**. Existen un gran número de alternativas al uso del BM, que van desde la escarda manual al uso de herbicidas o acolchados. Existen otros fumigantes de suelos como el metam sodio que tienen actividad herbicida.

Métodos alternativos al BM utilizados en España

Los sistemas de producción integrada del cultivo del tomate que sustituyen al

BM en España, se basan en la armonización, por parte de técnicos especializados, de una gran variedad de métodos de control y técnicas de cultivo como: variedades resistentes, injertos, solarización, enmiendas orgánicas (biofumigación), uso de sustratos artificiales y naturales (estos últimos especialmente en Canarias y Almería), rotación de cultivos y barbechos, agentes de biocontrol, medidas preventivas en semilleros y control químico. No se utiliza vapor de agua por el alto coste de la técnica.

Para el caso concreto de los organismos patógenos termófilos, es importante una correcta planificación de la época de plantación, principalmente en los cultivos de invierno. Esto es válido en climas mediterráneos, que muestran una marcada diferencia entre el verano y el invierno, de forma que las condiciones climáticas durante el otoño-invierno (octubre-mayo) son desfavorables para el desarrollo de estos patógenos. Durante el verano, los fenómenos de solarización ocurren de modo natural, pero esta técnica no se encuentra, en general, difundida entre los agricultores.

Existe un control natural de los organismos patógenos del tomate por otros organismos del suelo, pero la importancia real de estos antagonistas no se ha estudiado en profundidad en España. Con frecuencia hemos observado altas poblaciones de *Pasteuria penetrans* en campos de tomate parasitados *Meloidogyne* spp., por lo que se supone debe tener una función importante en la regulación de las poblaciones de los nematodos formadores de nódulos.

Eficacia y consistencia de los métodos alternativos al BM

El mejor ejemplo para ilustrar la eficacia y consistencia del control de patógenos del suelo alcanzado mediante los sistemas de producción integrada empleados por los agricultores en España es el hecho de que no se utiliza BM en los cultivos de tomates de invierno de las Islas Canarias (1.758 ha al aire libre, 2.644 ha bajo plástico o umbráculos), tampoco en los cultivos de tomate para industria al aire libre en Extremadura (14.195 ha). En ambos ejemplos se alcanza un alto rendimiento, 61.587 kg/ha al aire libre y 90.250 kg/ha bajo plástico o umbráculos en Canarias y 41.261 kg/ha en Extremadura, con excelente calidad en la producción, que en el caso de Canarias es de exportación para los mercados internacionales.

En Murcia el consumo de BM en tomate, con una superficie de 2.641 ha al aire libre y 1.704 ha bajo plástico o umbráculos, es sólo del 3% de los cultivos bajo plástico o umbráculos (51 ha). En

Andalucía, con 7.557 ha al aire libre y 4.218 ha bajo plástico o umbráculos, sólo se trata el 6% de los cultivos bajo plástico o umbráculos (253 ha). En Baleares, con 528 ha al aire libre y 226 ha bajo plástico o umbráculos, sólo se trata el 8% de los cultivos bajo plástico o umbráculos (18 ha). En Valencia, con 1.749 ha al aire libre y 846 ha bajo plástico o umbráculos, sólo el 11% de los campos de tomates se tratan con BM (286 ha), que será prohibido en el futuro reglamento de producción integrada que está elaborando la Generalitat Valenciana. La cantidad de BM usado en el resto de las regiones de España no sobrepasa en ningún caso las 3 t/comunidad autónoma, y en general, no se aplica en los cultivos al aire libre.

Optimización de los métodos alternativos (figs. 2 y 3)

- **Varietades resistentes e injertos.** Es necesario un mejor conocimiento de la relación existente entre el uso de variedades resistentes y la selección de razas y especies de patógenos más agresivos. Hay que tener en cuenta que la obtención de una variedad resistente requiere costos elevados

► Una variedad resistente requiere costos elevados y períodos de tiempo largos e indeterminados

dos y períodos de tiempo largos e indeterminados, mientras que su eficacia en el tiempo es incierta debido a la presión selectiva que ejercen sobre los patógenos, habiéndose calculado 2 a 25 años para que la resistencia se pierda. Por otro lado, se pueden producir roturas de resistencia por la acción de factores ambientales como temperatura y salinidad, como es el caso de los nematodos que no pueden controlarse de un modo eficaz cuando la temperatura sobrepasa los 28 °C; sin embargo, no hay que olvidar que tanto el efecto de la temperatura del suelo como la salinidad se

pueden regular con técnicas agronómicas, como pueden ser, el riego, cubiertas, etc.

Las variedades resistentes y el injerto son viables en la mayoría de los suelos, con la excepción de los que presentan un alto contenido en sales. Sería deseable que se regulase el empleo de las variedades resistentes, impidiendo su uso abusivo que incrementa las posibilidades de aparición de patógenos más agresivos. Una eficacia alta en el control de las enfermedades del tomate se consigue por medio del injerto sobre plantas resistentes, excepto en el caso de *Sclerotium rolfsii*, enfermedad que en España se localiza en tomates para industria de Extremadura, donde el empleo de BM no tiene interés económico. El injerto puede tener algunas limitaciones, puesto que no siempre se dispone de esta técnica en todos los lugares, encontrándose en viveros muy especializados. En general esta técnica es aceptada por el público, salvo en el caso concreto de que se utilicen plantas transgénicas.

- **Solarización, enmiendas orgánicas y biofumigación.** Es preciso continuar investigando para optimizar los aspectos técnicos, puesto que pueden ser eficaces en unos casos y no en otros. Las enmiendas



Cualquiera que sea el cultivo, T-Tape® TSX® ya lo está regando.

Es así de cierto. No hay otra cinta en el mundo que riegue más hectáreas ni más cultivos que T-TAPE® TSX®. Aguanta las condiciones más duras y distribuye el agua, abonos y los productos fitosanitarios ... con precisión y garantía. Ideal tanto para recorridos largos como cortos, en superficie o enterrada. Es T-TAPE TSX, la cinta más resistente de la tierra.

T-Tape®

Líder mundial en cintas de riego

Con la garantía y seriedad de:

Copersa

Tel.: (93) 759 27 61

Fax: (93) 759 50 08

08340 - Vilassar de Mar

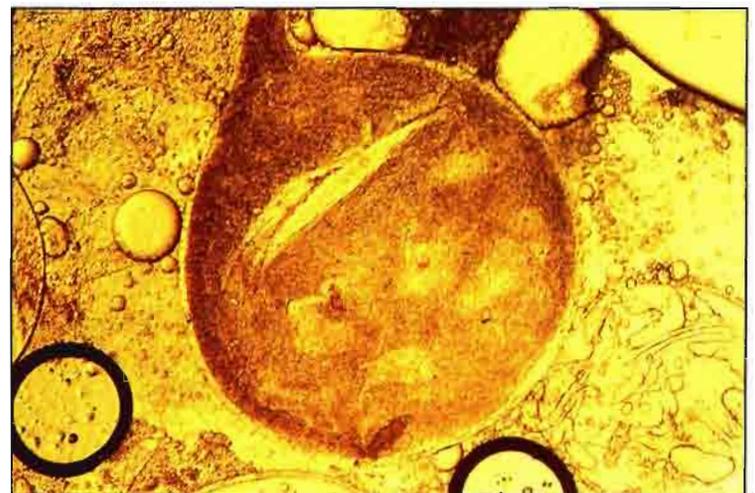


Fig. 3. a) Raíz de tomate afectada por *Meloidogyne incognita*. La severidad del ataque se redujo en las campañas siguientes debido a la presencia de altas poblaciones de la bacteria b) *Pasteuria penetrans*, un agente de biocontrol para los nematodos fitopatógenos.

orgánicas y la biofumigación dependen de las posibilidades locales de encontrar materias primas eficaces para su aplicación en el control de los patógenos del suelo, pudiendo representar un problema la presencia de metales pesados y, en el caso de la solarización, el tiempo que se ha considerado necesario para que sea eficaz es de cuatro semanas, lo que puede influir en la implantación del próximo cultivo. Por otro lado, puede afectar a los organismos del suelo no patógenos y los metales pesados u otros contaminantes pueden ser un problema cuando se utiliza materia orgánica de baja calidad. Estas técnicas se encuentran limitadas a determinadas condiciones ambientales de altas temperaturas y humedad de determinadas áreas o épocas del año. En general no hay restricciones salvo en suelos que no sean buenos conductores del calor. Tienen que adaptarse a los sistemas de cultivo de cada lugar y las enmiendas orgánicas no se encuentran con facilidad en todas las áreas. Los plásticos utilizados en solarización pueden crear problemas de impacto ambiental.

• **Cultivos sin suelo.** Es necesario una investigación adicional para encontrar sustratos más baratos. Por otro lado, pueden aparecer nuevas enfermedades específicas en los sustratos, principalmente bacterias, y son difíciles de aplicar en campo abierto. Otro de los factores limitantes es el transporte. Cuando están contaminados por bacterias, hongos o nematodos se necesitan métodos de esterilización caros. La mayoría de los cultivos sin suelo se utilizan en invernaderos. Además, por ser sustratos inertes carecen de la capacidad para autoregular los organismos patógenos como ocurre en el suelo. Los sustratos una vez utilizados pueden ser causa de impacto ambiental.

• **Control biológico.** Es necesario encontrar organismos con mayor eficacia en el

control biológico y estudios para conocer la eficacia de la combinación de varios organismos. Las investigaciones más recientes están observando que pueden llegar a causar efectos contrarios a los propuestos, puesto que se desconoce su comportamiento en el suelo y se le suele tratar como si fuesen biocidas cuando son seres vivos.

• **Control químico.** Los métodos de aplicación han de optimizarse, así como la eficacia de formulación y combinación de productos químicos. Los productos químicos existentes son menos eficaces que el BM, especialmente cuando hay un complejo de organismos patógenos en el suelo, además requieren equipos especiales y medidas de precaución para su aplicación. La eficacia de algunas formulaciones requieren condiciones especiales del suelo (pH, contenido de humedad del suelo, temperatura, etc) y otras pueden ser degradadas por organismos del suelo. Afectan a organismos beneficiosos del suelo y a la fauna, contaminando aguas y suelos. Algunos productos tienen problemas de registro en determinados países. Por su impacto ambiental y su efecto en la salud de los seres humanos, no tienen buena aceptación por los ciudadanos, y en algunos países se ha abandonado su uso. Por ello es deseable encontrar alternativas a estos productos.

Valor de las alternativas en la reducción de BM

En España más del 98% de la producción de tomate no utiliza BM, pudiéndose reducir su uso aún más si se tiene en cuenta que las dosis aplicadas se encuentran entre 500 a 750 kg/ha. Podemos afirmar que los sistemas de producción integrada son de gran valor en la reducción de BM en el cultivo de tomate, siendo un método muy eficaz, que produce altos

rendimientos. Por otro lado es de aplicación fácil, sin ningún peligro para los agricultores, operarios y consumidores, no existen requerimientos especiales para su aplicación, sin impacto ambiental ni restricciones desde el punto de vista geográfico, salvo en el caso de la solarización, no hay limitaciones por los tipos de suelos y los sistemas de cultivo, no necesita registro y es completamente asequible. En general presenta bajos costes, salvo en el control químico, pero en todos los casos es más barato que el BM, siendo altamente aceptables por los consumidores. Con la única excepción de la solarización que depende de las condiciones climáticas, los métodos de control de patógenos propuestos, pueden ser utilizados en países en vías de desarrollo. ■

BIBLIOGRAFÍA

- BELLO, A. 1997. La retirada del bromuro de metilo como fumigante. Consecuencia para la agricultura española. *Vida Rural* 45: 70-72.
- BELLO A., J. A. GONZÁLEZ, M. C. PASTRANA, M. ESCUER. 1996. Basis for nematode control without methyl bromide in Spain. Annual Int. Res. Conf. on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. Methyl Bromide Alternatives Outreach. Orlando, Florida, USA: 19 [1-4].
- MAPA. 1996. *Anuario de Estadística Agraria 1994*. Madrid, 770 pp.
- MAPA. 1997. Memorandum Justificativo de la Propuesta Relativa a Mantener en la Unión Europea el Calendario de Viena para Eliminación de Usos del Bromuro de Metilo en Agricultura. Dir. Gral. de Sanidad de la Producción Agraria, Madrid, 17 pp., Anexos I-VI (Sin publicar).
- MBTOC. 1997. Report of the Technology and Economic Assessment Panel. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya, 221 pp.
- NUEZ, F. (Ed.). 1995. *El Cultivo del Tomate*. Edic. Mundi-Prensa, Madrid, España, 793 pp.
- TELLO, J. C. 1984. Enfermedades Criptogámicas en Hortalizas. Observaciones en el Litoral Mediterráneo Español. Comunicaciones INIA, *Serie Protección Vegetal* 22, 342 pp.