



Figura 1. Invernadero tipo parral. Campo de Cartagena.

## Evolución del control de *Phytophthora* sp. y fatiga del suelo en cultivos de pimiento en invernadero en el Campo de Cartagena

El pimiento es la segunda hortaliza cultivada en invernadero en la Región de Murcia, situándose en la Comarca del Campo de Cartagena la mayor parte de la superficie. Algunos de los problemas fitosanitarios de los invernaderos se consideran como limitantes para el cultivo. *Phytophthora* spp. es un oomiceto que se encuentra en el suelo, provocando la enfermedad conocida como 'tristeza' del pimiento. Los síntomas son: alteraciones en tejidos de raíces y cuello, necrosamientos y lesiones pardas que se van oscureciendo y extendiéndose por el tallo de forma ascendente, marchitez generalizada y finalmente muerte de las plantas. La reiteración del mismo cultivo durante años produce la fatiga de los suelos que se traduce en la reducción de crecimiento y producción de las plantas. Con la eliminación del bromuro de metilo, en diciembre de 2005, como desinfectante del suelo, surgieron problemas fitopatológicos que habían permanecido enmascarados por el efecto de este desinfectante total. En el Equipo de Protección de cultivos del IMIDA se han evaluado distintas alternativas de desinfección con el fin de paliar los problemas fitopatológicos y de fatiga.

**María del Mar Guerrero,**  
**Alfredo Lacasa,**  
**Jerónimo Torres,**  
**M<sup>a</sup> Carmen Martínez,**  
**Carmen M<sup>a</sup> Lacasa,**  
**Victoriano Martínez**  
IMIDA. Protección de Cultivos

## El cultivo de pimiento en el Campo de Cartagena

El pimiento es la segunda hortaliza más cultivada en invernadero en la Región de Murcia después del tomate, con 1.268 ha (Estadística Agraria de Murcia, 2019), situándose la mayor parte del cultivo en la comarca del Campo de Cartagena. Se localiza en los municipios de San Pedro de Pinatar, San Javier, Los Alcázares, Cartagena, y en Alicante Pilar de la Horadada, la mayor superficie de cultivo. En la actualidad, una parte de la superficie se cultiva bajo las normas de producción integrada, y se estiman unas 411 ha en agricultura ecológica.

La mayor parte de los invernaderos en el Campo de Cartagena son tipo parral (Figura 1). El ciclo del cultivo ha variado ligeramente en los últimos años. El ciclo habitual se extiende entre noviembre-enero (plantación) a agosto-octubre (final de las recolecciones), de forma que el suelo permanece ocupado de 8-10 meses. Se trata de un monocultivo en la mayor parte los invernaderos, que se viene practicando desde los inicios del cultivo en los años setenta. En algunos invernaderos, el pimiento ha sido el único cultivo en los últimos 30 años, lo que ha favorecido el incremento de las poblaciones de patógenos en el suelo, así como de la aparición de fenómenos de fatiga del suelo, si no se realizan desinfecciones en preplantación.

## Problemas fúngicos del suelo

La seca o 'tristeza' del pimiento provocada por *Phytophthora* spp. se considera un factor limitante para el cultivo desde los inicios del cultivo en los invernaderos (Tello y Lacasa, 2004), y en la actualidad sigue siendo uno de los problemas más importantes. *Phytophthora* se encuadra dentro de los oomicetos de la familia Pythiaceae. Se caracteriza por un ciclo vital casi diploide, la formación de zoosporas biflageladas, incapacidad para sintetizar esteroides, micelio hialino cenocítico y con escasos tabiques. El rango de temperatura en el que se desarrolla el micelio varía de 1°C a 37°C, el óptimo se encuentra entre 20-28°C, siendo la temperatura una característica específica (Erwin y Ri-



Figura 2. Síntomas de *Phytophthora* sp. en planta de pimiento.



Figura 3. Ataque de *Phytophthora* sp. en invernadero.

beiro, 1996). Cuando las condiciones son favorables producen esporangios (Figura 2) de formas variables: esféricos, ovoides, elipsoidales etc, en cuyo interior se encuentran las zoosporas, una forma de reproducción asexual que permite su dispersión a través del agua en los invernaderos. Se conservan en el suelo en forma de clamidosporas y/o oosporas.

La enfermedad se manifiesta en las plantas de pimiento por marchitamientos cada vez más intensos hasta que se produce la seca total de la plantas. Al inicio de la marchitez,

aparecen en las raíces lesiones de color marrón, que se van convirtiendo en tejidos podridos, necrosados y muertos finalmente; la lesión va ascendiendo por el tallo, provocando depresiones en el cilindro cortical. La enfermedad progresa en los invernaderos con riego por goteo a lo largo de las filas del cultivo (Figuras 3 y 4).

## La fatiga del suelo

Cuando se dejó de desinfectar los suelos de los invernaderos de pimiento con bromuro de metilo, se obser-



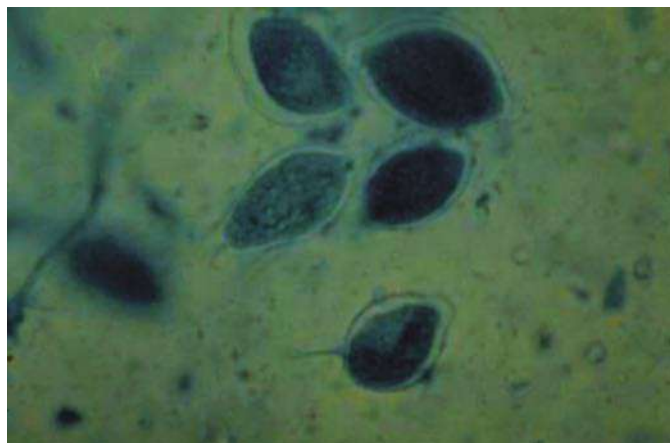


Figura 4. Esporangios de *Phytophthora* sp.



Figura 5. Ensayo de biosolarización. Derecha testigo izquierda biosolarización.

varon reducciones de desarrollo de las plantas y pérdidas de producción incluso en aquellos que no había patógenos. Tres son las componentes que parecen implicadas en la fatiga de los suelos: la física, la química y la microbiológica, siendo esta última la responsable de la depresión vegetativa de las plantas y de la reducción de producción en los invernaderos de pimiento del Campo de Cartagena. La fatiga es específica del pimiento, propia de un monocultivo, bastando tres años de reiteración para que se produzcan reducciones en el desarrollo de las plantas y mermas en la producción (Guerrero y col., 2014a).

### Evolución del control de *Phytophthora* sp. y de la fatiga del suelo

Desde que se empezó a cultivar pimiento en los invernaderos del Campo de Cartagena, la desinfección del suelo ha sido una práctica habitual para paliar tanto la incidencia de los patógenos como el efecto del monocultivo que produce reducción del crecimiento y de la producción de las plantas. Antes de la introducción del bromuro de metilo, a principios de los años 80, se utilizaron metan sodio, dicloropropano + dicloropropeno, así como fungicidas aplicados al suelo durante el cultivo. A partir de 1988, el bromuro de metilo se convirtió en el principal producto utilizado para las desinfecciones del suelo, todos los años, en toda la superficie de pimiento (Lacasa y Guirao, 1997). La formulación empleada fue durante años 98:2 (98% de bromuro de metilo y 2% de cloropicrina) a dosis

de 60 g m<sup>-2</sup> bajo plástico de polietileno de 200 galgas, aplicado en frío. A partir de 1997, tras los acuerdos internacionales tomados por el Methyl bromide Technical Options Committee (MBTOC) se empezó a utilizar plástico VIF (virtually impermeable film), lo que permitía reducir la dosis a 30 g m<sup>-2</sup>, y más tarde, con la formulación 67:33, la reducción de las emisiones a la atmósfera fue mayor. El cultivo de pimiento en los invernaderos de la Región de Murcia se acogió a los usos críticos (CUN: Critical Use Nomination), finalizando los usos críticos el 31 de diciembre de 2006. El bromuro de metilo fue sustituido por la mezcla de 1,3-dicloropropeno + cloropicrina por su eficacia y amplio espectro de acción, siendo utilizada en la actualidad.

Desde que surgió la necesidad de la búsqueda de alternativas al bromuro de metilo viables técnicas y económicamente, el equipo de Protección de Cultivos del IMIDA ha realizado trabajos para desarrollar estas alternativas, centrándose en los últimos años en las no químicas, evaluando la biosolarización con distintas enmiendas (Figura 5).

### Efecto de biosolarización (biofumigación+ solarización) sobre *Phytophthora* sp.

La combinación de solarización (sellado humedecido del suelo con plástico) con biofumigación (aporte de materia orgánica) muestra efectos sinérgicos de los dos métodos de desinfección (Katan y col., 2005). El

sellado del suelo con plástico retiene los gases que se producen durante la descomposición de la materia orgánica que tienen efectos nocivos sobre el inóculo de los patógenos (Oka, 2010). Además de la toxicidad de sustancias liberadas durante la biosolarización, se produce anaerobiosis en el suelo, que dificulta la supervivencia de los patógenos aerobios, pero permite la supervivencia y multiplicación de microorganismos que tienen efectos de supresividad para la manifestación de los patógenos. La aportación de las enmiendas orgánicas mejora las características físicas del suelo y la composición química, lo que dificulta la dispersión de patógenos como *Phytophthora*, mejorando la salud del suelo y disipando los efectos de la fatiga microbiológica.

En las condiciones de los invernaderos del Campo de Cartagena, la biosolarización utilizando estiércol fresco de oveja resulta eficaz para el control de patógenos cuando se realiza en los meses de verano (Guerrero y col., 2004, 2010), mejorando los efectos cuando se aplica en varios años consecutivos.

Se han evaluado enmiendas alternativas al estiércol fresco y se han obtenido buenos resultados. Es conocido que los compuestos liberados por algunas brassicas tienen efectos insecticidas, fungicidas, nematicidas, bactericidas y herbicidas (Kirkegaard y Sawar, 1998). A esta forma de actuación sobre los patógenos se le denomina biofumigación (Angus y col., 1994). Utilizando pellets de *Brassica carinata*, de *Brassica napus*, restos del cultivo del brócoli, como enmienda

para la biosolarización en el verano, se ha obtenido una reducción significativa del inóculo de *Phytophthora* en el suelo, una disminución de la incidencia de la enfermedad y unas producciones similares a la de los desinfectantes químicos (Guerrero y col., 2010, 2012; Lacasa y col., 2015).

Efectos similares a los indicados para las brásicas se han obtenido con otras enmiendas (vinaza de remolacha, bagazo de cerveza + estiércol, torta de girasol, etc) que abren posibilidades fuera del usual estiércol fresco (Lacasa y col., 2010; Guerrero y col., 2014b). Los efectos de estas enmiendas palián las deficiencias que se presentan cuando la biosolarización se inicia en el otoño. El déficit térmico del otoño,

que no permite alcanzar las temperaturas letales que se alcanzan en el suelo cuando la biosolarización se inicia en el verano, es suplido por los efectos de los gases de la descomposición, por los efectos de la anaerobiosis y de la supresividad ejercida por microorganismos antagonistas.

De los ensayos realizados en el Campo de Cartagena en el cultivo de pimiento se deducen algunas conclusiones que cabe resaltar:

La biosolarización iniciada en agosto proporciona cosechas similares a las de los desinfectantes químicos, incluido el bromuro de metilo.

La biosolarización con enmiendas orgánicas compuestas por subproduc-

tos agroindustriales solos o mezcladas con estiércol se ha mostrado tan eficaz como los desinfectantes químicos para el control de *Phytophthora* spp., cuando se inicia en agosto. Si se inicia en octubre, los efectos son insuficientes cuando los niveles de patógenos son muy elevados. La biosolarización, con las diferentes enmiendas ensayadas, ya se inicie en agosto o más tarde, es eficaz para paliar los efectos de la fatiga del suelo, que es específica para el pimiento.

### Agradecimientos

Proyectos: INIA. CC09-006-C08-03; OT03-006-C7-04; INIA RTA2008 0058-C03-01; RTA2011-0005-C03-01; FEDER 1420-31

## Bibliografía

- ! Angus, J.F., Gardner, P.A., Kirkegaard, J.A., Desmarchelier, J.M. 1994. Biofumigation: Isothiocyanates released from brassica roots inhibit growth of the take-all fungus. *Plant and soil*. 162, 107-112.
- Erwin, D.C., Ribeiro, O.K. 1996. Introduction to the genus *Phytophthora*. Páginas 1-7 en: *Phytophthora Diseases Worldwide*. D.C. Erwin, O.K. Ribeiro. The American Phytopathological Society, St. Paul, M.N. 562 pp.
- Estadística Agraria de Murcia 2018/2019. Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de Murcia 2018-2019. 165 pp.
- Guerrero, M.M., Ros, C., Martínez, M.A., Barceló, N., Martínez, M.C., Guirao, P., Bello, A., Contreras, J., Lacasa, A. 2004. Estabilidad en la eficacia desinfectante de la biofumigación con solarización en cultivos de pimiento. *Actas de Horticultura*, 42: 20-24.
- Guerrero, M.M., Ros, C., Lacasa, C.M., Martínez, V., Lacasa, A., Fernández, P., Martínez, M.A., Núñez, M., Larregla, S., Díez-Rojo A., Bello, A. 2010. Effect of biosolarization using pellets of *Brassica carinata* on soil-borne pathogens in protected pepper crops. *Acta Horticulturae* 38, 337-344. ISBN: 978-90-66056-33-6.
- Guerrero, M.M., Lacasa, C.M., Hernández, A., Martínez, V., Martínez, M.A., Ros, C. 2012. Biosolarización e injerto para el manejo integrado de los patógenos del suelo en cultivos de pimiento en invernadero. *Actas de Horticultura* 60: 321-326.
- Guerrero, M.M., Guirao, P., Martínez, M.C., Tello, J., Lacasa, A. 2014a. Soil fatigue and its specificity towards pepper plants in greenhouses. *Spanish Journal of Agriculture* 12(3): 644-652.
- Guerrero, M.M., Lacasa, C.M., Hernández, A., Martínez, V., Martínez, M.C., Fernández, P., Lacasa, A. 2014b. Biosolarization with agroindustrial byproduct for the control of soilborne pathogens in protected pepper crops in Southeast Spain. *Acta Horticulturae*, 1044: 157-161.
- Katan, J. 2005. Soil disinfestation: One minute before Methyl Bromide phase out. *Procedures of VI<sup>th</sup> International Symposium on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation*. *Acta Horticulturae* 698, 19-25.
- Kirkegaard, J.A., Sarwa, R.M. 1998. Biofumigation potential of brassicas - I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas. *Plant and Soil* 201, 71-89.
- Lacasa, A., Guirao, P. 1997. Investigaciones actuales sobre alternativas al uso del bromuro de metilo en pimiento en invernaderos del campo de Cartagena. En A. López y J.A. Mora Eds. Posibilidades de alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento en invernadero. Publicaciones de la Consejería Medio Ambiente, Agricultura y Agua. Región de Murcia. Jornadas 11: 21- 36.
- Lacasa, C.M., Guerrero, M.M., Ros, C., Martínez, V., Lacasa, A., Fernández, P. 2010. Efficacy of biosolarization with sugar beet vinasses for soil disinfestation in pepper greenhouses. *Proceedings of the 9th International Symposium on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation*. *Acta Horticulturae*, 883, 345-352.
- Lacasa, C.M., Martínez, V., Hernández, A., Ros, C., Lacasa, A., Guerrero, M.M., Rodríguez, M.C., Serrano, P., Larregla, S. 2015. Survival reduction of *Phytophthora capsici* oospores and *P. nicotianae* chlamydospores with Brassica green manures combined with solarisation. *Scientia horticulturae*. ISSN: 0304-4238 – 2010. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments: a review. *Appl Soil Ecol* 44, 101-115.
- Tello, J., Lacasa, A. 2004. Las enfermedades de origen edáfico y su control en los pimentonares del Campo de Cartagena. Una interpretación retrospectiva del sexenio 1979-1985. En Lacasa A, Guerrero MM, Oncina M. Mora JA, eds. Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia. Jornadas 16, 11-26.