



Aplicación de nematocidas por riego por goteo en lomos de cultivo (Luis Miranda).

**Miguel Talavera-  
Rubia**

(IFAPA Centro Alameda  
del Obispo, Córdoba).

**Luis Miranda  
Enamorado**

(IFAPA Centro Las  
Torres-Tomejil, Sevilla).

**María Dolores Vela  
Delgado**

(IFAPA Centro Rancho  
de la Merced, Cádiz).

**Soledad Verdejo-  
Lucas**

(IFAPA Centro La  
Mojonera, Almería).

## Nivel de eficacia de los fitosanitarios frente a los nematodos

Las pérdidas ocasionadas por nematodos fitoparásitos en los cultivos dependen directamente de sus densidades en suelo al inicio del cultivo, por lo que la reducción de sus poblaciones antes de la siembra constituye el principal objetivo del control nematológico. Se presentan los resultados de múltiples ensayos en campo en los que se comparó la reducción en las poblaciones de nematodos del género *Meloidogyne* tras la aplicación al suelo diversos agroquímicos fitosanitarios. Las densidades de *Meloidogyne* en suelo se redujeron entre un 78% y 87% tras la fumigación con 1,3-dicloropropeno:cloropicrina o con dimetil-disulfuro. Otros productos nematicidas como fluopyram, oxamilo, dazomet, fostiazato, fenamifos, azadiractin, etoprofos, abamectina y metam-sodio mostraron eficacias que oscilaban entre el 51% y 64%, mientras que el extracto de ajo, el ozono o el peróxido de hidrógeno redujeron las poblaciones de *Meloidogyne* entre un 41% y 46% y la cloropicrina sola y el furfural mostraron eficacias menores del 40%. La combinación de la solarización con estiércol orgánico (biosolarización) redujo las poblaciones de nematodos del suelo en un 73%, una eficacia algo menor que la fumigación del suelo, pero similar a la de otros agroquímicos nematicidas.

Palabras clave: Desinfestación suelo, *Meloidogyne*, Nematicidas.

Tradicionalmente, el control de nematodos fitoparásitos se ha basado en la reducción de sus densidades en suelo previas al cultivo (Pi) mediante la fumigación con productos químicos, como el bromuro de metilo o el 1,3-dicloropropeno. Sin embargo, actualmente el uso de la mayoría de los fumigantes del suelo está prohibido o estrictamente restringido dentro de la Unión Europea (Directiva 2009/128/CE) por razones medioambientales y de seguridad para la salud humana.

Como alternativa a los fumigantes de suelo, se han propuesto numerosos métodos químicos, físicos y biológicos para controlar las enfermedades causadas por nematodos fitoparásitos. Aunque la eficacia en la reducción de las poblaciones de nematodos, de la mayoría de estos métodos alternativos, es menor que la obtenida mediante la fumigación del suelo, puede conseguirse una producción agrícola rentable incluso con menores eficacias nematicidas, siempre y cuando la población de nematodos llegue a reducirse por debajo del límite de tolerancia para el cultivo (Verdejo-Lucas y Talavera, 2015).

Los ensayos de campo a largo plazo que comparan eficacias nematicidas de diversos métodos de desinfestación del suelo proporcionan una información valiosa para los técnicos asesores en el manejo de las enfermedades causadas por nematodos fitoparásitos. El principal objetivo de este trabajo es mostrar una comparativa de la eficacia de distintos tratamientos de desinfestación del suelo en la reducción de las poblaciones de nematodos fitoparásitos del género *Meloidogyne*, causantes de enfermedades en la mayoría de los cultivos hortícolas, incluido el tomate.

## Materiales y Métodos

El presente trabajo muestra la eficacia relativa de diversos nematicidas fumigantes y no fumigantes y de otras técnicas de desinfestación del suelo para reducir las poblaciones de nematodos fitoparásitos del género *Meloidogyne*. Los ensayos se realizaron en dos fincas experimentales del IFAPA situadas en Chipiona (Cádiz) y Moguer (Huelva) con suelos franco-arenosos. En cada finca expe-

Tratamiento	Dosis	n
Control sin tratar	—	45
1,3-dicloropropeno 81%:cloropicrina 44% [EC]-[AL]	300-400 (kg/ha)	45
Dimetil-disulfuro 94-99% [EC]-[AL]	400-600 (kg/ha)	36
Biosolarización con gallinaza	20,000-25,000 (kg/ha)	36
Dazomet 98% [GR]	350-500 (kg/ha)	30
Metam-sodio 40% [SL]	380 (l/ha)	24
Cloropicrina 99,5% [AL]	300-400 (kg/ha)	21
Ozono	5-15 (l/m <sup>2</sup> )	12
Furfural 23% [SL]	600 (kg/ha)	12
Oxamilo 10% [SL]	10 (l/ha)	9
Fluopyram 40% [SC]	0,5 (l/ha)	8
Peróxido de hidrógeno	100-200 (l/ha)	6
Abamectina 2% [SC]	5,0 (l/ha)	4
Azadiractin 2,6% [EC]	1,5 (l/ha)	4
Etoprofos 10% [GR]	60-80 (kg/ha)	4
Fenamifos 40% [EC]	12-25 (l/ha)	4
Fostiazato 15% [EC]	10 (l/ha)	4
Extracto de ajo 45% [GR]	20-25 (kg/ha)	4

n, número de repeticiones del tratamiento.

Cuadro 1. Tratamientos de desinfestación del suelo aplicados en campos infestados con poblaciones de *Meloidogyne*.

rimental se delimitaron 24 microparcels de 25-35 m<sup>2</sup> (unidades experimentales), sobre las que se realizaron los tratamientos individualmente. El diseño experimental fue por bloques al azar, con siete tratamientos más un control no tratado y con tres réplicas por tratamiento en cada parcela. Los ensayos se repitieron cada año durante doce años consecutivos, con pequeñas variaciones en los tratamientos incluidos en el diseño experimental.

Antes de los tratamientos, el suelo de cada microparcels fue completamente labrado y posteriormente irrigado con un aspersor para humedecer el suelo hasta una profundidad de 30 cm. Los fumigantes del suelo se aplicaron por inyección o riego por goteo. Los productos granulares se distribuyeron en suelo, aplicándose

a todo terreno o bien en líneas de cultivo según las indicaciones del fabricante y distribuidor. Todos los tratamientos se aplicaron a las dosis indicadas por el fabricante y únicamente en presiembra. Tras la aplicación de los productos al suelo, este se cubrió con láminas de plástico impermeable de polietileno (PE) o virtualmente impermeable (VIF) durante 4-6 semanas. Una semana antes del trasplante se quitaron los plásticos y se dio labor al suelo para la eliminación de posibles residuos fitotóxicos.

La biosolarización es una forma modificada de solarización que combina enmiendas orgánicas al suelo con el calentamiento solar pasivo bajo una cubierta de plástico transparente, lo cual crea múltiples mecanismos de inactivación de plagas y patógenos en el suelo. Estiércol de gallina

procedente de granjas cercanas se distribuyó uniformemente sobre la superficie del suelo y se incorporó a la capa superior de 20 cm mediante el arado transversal utilizando un cultivador. Las parcelas fueron irrigadas por goteo hasta que el suelo alcanzó la capacidad de campo. La solarización se llevó a cabo bajo una película de polietileno transparente de baja densidad (0,03 mm de espesor) durante los meses de julio y agosto. Posteriormente se retiró la película de polietileno y se preparó el suelo para la siembra.

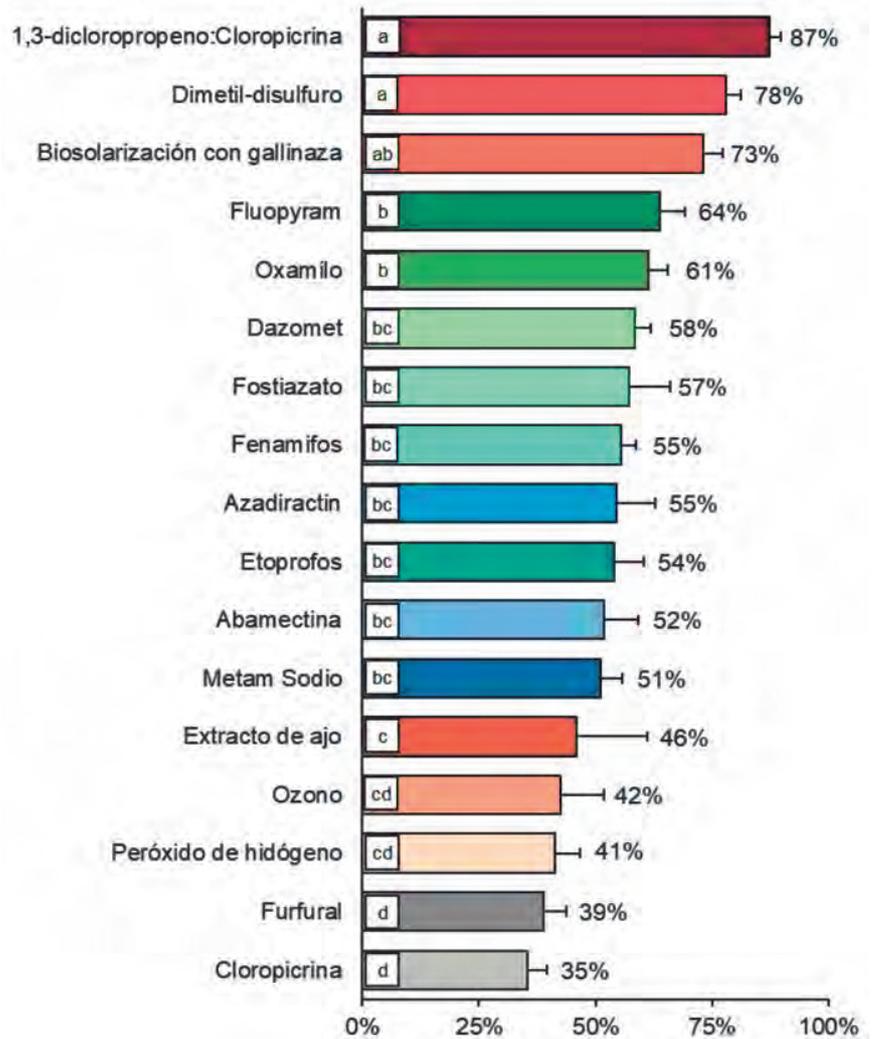
Para estimar la eficacia de los fitosanitarios sobre las poblaciones del nematodo, se tomaron muestras compuestas de suelo de cada microparcela justo antes (P0) y después de los tratamientos de desinfección del suelo, en el momento de la plantación (Pi), con el objetivo de determinar los cambios en las densidades de nematodos en suelo. En cada tiempo de muestreo, se tomaron diez catas cilíndricas de suelo por microparcela utilizando un tomador tipo Auger (2 cm de diámetro a 20 cm de profundidad); las catas se mezclaron en una sola muestra compuesta de suelo. Los nematodos fueron extraídos de submuestras de 250 g de suelo mezclado por el método de las bandejas de Whitehead modificado (Talavera, 2011).

Solo se incluyeron en los ensayos las microparcelas en las que las densidades de *Meloidogyne* antes de los tratamientos fueron mayores de 50 juveniles J2 por 100 g de suelo. Los tratamientos ensayados con el número de repeticiones utilizadas para la comparativa de eficacias se muestran en el Cuadro 1.

Las eficacias relativas de los tratamientos se determinaron utilizando la corrección de Schneider-Orelli (1947), basada en las reducciones de la densidad de nematodos en suelo antes (P0) y después de los tratamientos (Pi) (tasa de mortalidad) y corregidas por la mortalidad natural en las parcelas no tratadas del ensayo correspondiente, según las fórmulas siguientes:

$$\text{Mortalidad} = [1 - (Pi/P0)]$$

$$\text{Eficacia corregida de Schneider-Orelli} = [(mt - mc)/(1 - mc)] \times 100$$



Las barras representan el porcentaje de reducción de las poblaciones de *Meloidogyne* en suelo, tras la aplicación de los tratamientos. Barras que contienen la misma letra no difieren significativamente según las pruebas de Kruskal-Wallis y Dunn ( $P < 0,05$ )

Figura 1. Eficacia relativa en la reducción de las densidades de población de *Meloidogyne* spp. tras la aplicación de diferentes tratamientos al suelo.

'mt' es la tasa de mortalidad de una muestra tratada y 'mc' es la tasa de mortalidad del control no tratado. Las eficacias se calcularon para cada ensayo de campo por separado debido a variaciones agroambientales y estacionales y los tratamientos se compararon mediante pruebas ANOVA o Kruskal-Wallis.

## Resultados y Discusión

Una comparativa de la eficacia en la reducción de las poblaciones de *Meloidogyne* en suelo, para los distintos tratamientos ensayados se muestra en la Figura 1.

Los tratamientos más eficaces para reducir las densidades en suelo de *Meloidogyne*, en condiciones de campo, fueron 1,3-dicloropropeno:

cloropicrina y dimetil-disulfuro, con eficacias medias del 87% y 78%, respectivamente. Otros productos químicos como fluopyram, oxamilo, dazomet, fostiazato, fenamifos, azadiractin, etoprofos, abamectina y metam-sodio fueron menos eficaces ( $p < 0.05$ ), reduciendo las densidades de *Meloidogyne* entre el 51-64%. Las eficacias del extracto de ajo, ozono, peróxido de hidrógeno, furfural y cloropicrina fueron inferiores al 50%.

La aplicación por inyección del 1,3-dicloropropeno:cloropicrina y del dimetil-disulfuro aumentó su eficacia en la reducción de las densidades de *Meloidogyne* en torno a un 10% en comparación con la aplicación por riego por goteo, probablemente debido a una mejor distribución del producto en el suelo.

Investigaciones anteriores habían demostrado que la eficacia de los fumigantes podría mejorarse mediante el uso de cubiertas plásticas sellantes, como películas virtual o totalmente impermeables (VIF, TIF) (Talavera y col., 2019). El fumigante dimetil-disulfuro fue más eficaz cuando se selló bajo plástico VIF (86%) que bajo polietileno (72%). Los fumigantes utilizados bajo estas cubiertas dan como resultado una mayor exposición general a concentraciones letales de ellos y mejora la propagación lateral del fumigante a través del suelo con menores dosis del producto por superficie.

La biosolarización con estiércol de gallina fue capaz de reducir las densidades en suelo de *Meloidogyne* en un 73% de media, y se mostró más eficaz cuando se aplicaba a una tasa de 25.000 kg por ha (86%) que a 20.000 kg por ha (67%) ( $p < 0.05$ ). La biosolarización se mostró menos eficaz que los principales nematocidas fumigantes, pero igual o superior a la eficacia de otros agroquímicos nematocidas, por lo que puede ser propuesta como una medida suficientemente eficaz en la mayoría de los casos.

Los límites de tolerancia del tomate a *Meloidogyne* pueden oscilar entre densidades de 0.4 y 4 juveniles J2 por

## / La determinación de los límites de tolerancia a cada especie de *Meloidogyne* y de las eficacias de nematocidas y otras técnicas de desinfestación del suelo son una herramienta fundamental a la hora de planificar un control integrado de las enfermedades causadas por nematodos /

cm<sup>3</sup> g de suelo (Seid y col., 2015), dependiendo de la especie del nematodo, cultivar y condiciones agroambientales. A densidades elevadas del nematodo en suelo (en torno a 2 J2 por cm<sup>3</sup> de suelo), las eficacias más elevadas proporcionadas por los nematocidas fumigantes pueden ser necesarias para reducir las poblaciones por debajo del límite de tolerancia del cultivo, pero en aquellos casos en que las densidades de nematodos en suelo sean menores, eficacias del 50% pueden llegar a ser suficientes para obtener densidades previas al cultivo por debajo del límite de tolerancia. La determinación de los límites de tolerancia a cada especie de *Meloidogyne* y de las eficacias de nematocidas y otras técnicas de desinfestación del suelo son por tanto una herramienta fundamental a la hora de planificar un control integrado de las enfermedades causadas por nematodos.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos IFAPA:

AVA201301.6, TRA201300.6.,  
AVA201601.10, TRA201600.5,  
AVA2019.034, TRA2019.004 y  
Fondos FEDER de la Unión Europea.

### Bibliografía

- ! Schneider-Orelli, O. 1947. Entomologisches Praktikum. Pgs. 1-149. Verlag Sauerländer. Aarau, Alemania.
- Seid, A., Fininsa, C., Mekete, T., Decraemer, W., Wesemael, W. 2015. Tomato (*Solanum lycopersicum*) and root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) - a century-old battle. *Nematology* 17, 995-1009.
- Talavera, M., 2011. Detección, extracción y diagnóstico de nematodos fitoparásitos. Pgs. 41-59 en: S. Verdejo-Lucas y M. F. Andrés, eds. Enfermedades causadas por nematodos fitoparásitos en España. Phytoma-España y Sociedad Española de Fito patología. Valencia, España.
- Talavera, M., Miranda, L., Gómez-Mora, J.A., Vela, M.D., Verdejo-Lucas, S. 2019. Nematode management in the strawberry fields of Southern Spain. *Agronomy* 9(5), 1-17.
- Verdejo-Lucas, S., Talavera, M. 2015. Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida. Pgs. 1-25. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Almería, España.