

# Erradicación de nematodos noduladores en sustratos viverísticos

Ensayos en viveros de olivo mediante procedimientos respetuosos con el medio ambiente

Uno de los problemas a los que se enfrenta el olivar es el de los nematodos fitoparásitos, el cual hay que evitar desde el mismo vivero. En el caso de que el viverista encuentre dificultades para adquirir sustratos de propagación garantizados, deberá realizar prácticas que aseguren la eliminación de estos agentes infectivos. En este artículo se evalúan dos prácticas de saneamiento respetuosas con el medio ambiente: la solarización del sustrato apilado y el uso de enmiendas orgánicas.

P. Castillo<sup>1</sup>, A.I. Nico<sup>1</sup> y R.M. Jiménez Díaz<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Agricultura Sostenible. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IAS-CSIC). \*ag1cascp@uco.es

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba.

En la nueva olivicultura, una de las innovaciones tecnológicas primeramente desarrolladas y adoptadas fue el empleo de plantones de un solo pie obtenidos por el enraizamiento bajo nebulización de estaquillas semileñosas y subsiguiente crianza de las estaquillas enraizadas en suelo natural. Por ello, el material vegetal empleado para establecer las nuevas plantaciones de olivar contiene tanto el sistema radical de la planta como el sustrato donde se ha producido, que pueden ser vehículo de formas infectivas de diversas especies de nematodos fitoparásitos. De hecho, en investigaciones anteriores, que incluyen prospecciones nematológicas sistemáticas de viveros de olivo en Córdoba, Jaén y Sevilla, se ha demostrado que dichos sustratos pueden estar infestados por varias especies de nematodos fitoparásitos (Nico et al., 2002). Además, nuestros resultados y los de otros investigadores indican que la infección de los plantones de olivo por los nematodos noduladores *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita* y *M. javanica*, y los nematodos lesionadores de raíz *Pratylenchus penetrans* y *P. vulnus*, pueden reducir significativamente el crecimiento de los plantones (Nico et al., 2003; Sasanelli et al., 2002).

Por lo tanto, para el establecimiento de nuevas plantaciones de olivar, es necesario poner en práctica acciones que aseguren que el material de plantación está libre de estos patógenos, que conciernen en particular a la utilización de sustratos de crecimiento libres de nematodos fitoparásitos. En Andalucía, la producción comercial de plantones de olivo implica el crecimiento de éstos en bolsas de plástico de dos o tres litros de suelo durante varios meses. Estos sustratos están constituidos por suelos arenosos de origen aluvial o suelos arcillosos de campos cultivados; en ambos casos, dichos sustratos pueden estar infestados por patógenos de suelo, incluyendo nematodos fitoparásitos (Nico et al., 2002).

Una de las primeras medidas a considerar para sanidad de la planta en la producción de plantones de olivo libres de nematodos fitoparásitos es la "exclusión"; esto es, el conjunto de medidas de control que tienen por objeto impedir que los nematodos fitoparásitos accedan al sistema de propagación constituido por la raíz y la rizosfera de los plantones, a través del agua de riego, suelo o sustrato (Thomason y Caswell, 1987). Sin embargo, cuando el viverista encuentra dificultades para la elección de fuentes garantizadas para el abastecimiento de sustrato de propagación, ha de tener la posibilidad de efectuar sobre el mismo prácticas de saneamiento (desinfestación) que aseguren la eliminación en la mayor extensión posible de las formas infectivas presentes de los nematodos considerados de riesgo. Por todo ello, en este trabajo se han evaluado dos prácticas de saneamiento de sustratos de uso viverístico ambientalmente respetuosas y acomodadas a las exigencias de la agricultura sostenible: la solarización de sustrato apilado y el uso de enmiendas orgánicas.



Generalmente, la solarización del suelo se practica cubriendo el suelo agrícola finamente labrado y humectado con una película de plástico transparente a la radiación solar incidente e impermeable a la radiación reflejada. Sin embargo, esta práctica no sería fácilmente aplicable para la desinfección de sustratos por el viverista que normalmente los mantiene apilados en la proximidad de las áreas de utilización, ocupando la menor superficie posible. Pero la solarización de pequeños montículos o pequeños volúmenes de sustrato viverístico apilado (ex situ) para el control de patógenos de suelo que persisten en el suelo y su posterior utilización en la fase de crianza representa una nueva aproximación a la aplicación de la solarización y ha sido escasamente estudiada (Stapleton et al., 1999).

## ► Solarización

En consecuencia, la eficacia de este uso especial de la sola-

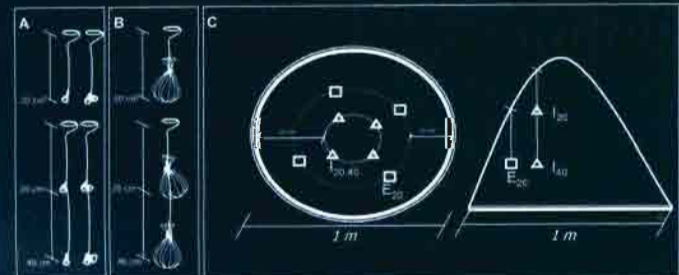


rización para el control de patógenos de suelo, particularmente nematodos fitoparásitos, necesita ser evaluada en los ambientes y escenarios de empleo debido a que la desinfestación que se alcanza durante el proceso de insolación podría ser incompleta en capas de suelo profundas o en las zonas más sombreadas del sustrato apilado. Además, algunos nematodos fitoparásitos como *Meloidogyne* spp., se han referido como parcialmente termotolerantes y difíciles de erradicar mediante solarización del suelo (Katan, 1987). Asimismo, la matriz gelatinosa en la que se encuentran las masas de huevos de *Meloidogyne*, que previene a éstos de la desecación (Orion, 1995), constituye una protección adicional frente a la inactivación térmica por temperaturas elevadas.

La eficiencia potencial de la solarización para la erradicación del nematodo nodulador *M. incognita* en sustratos de uso viverístico (arena: limo 2:1, v/v; arena: limo: turba 2:1:1, v/v) apilados se determinó en experimentos realizados en Córdoba durante 1999 y 2000. Para ello, el sustrato se apiló en montículos de 80 cm de altura y en ellos se introdujeron bolsas de nylon de 5 µm de luz de malla que contenían huevos libres o masas de huevos del nematodo a una profundidad de 20 y 40 cm en el montículo (figura 1). Después, el sustrato apilado se humectó hasta su capacidad de campo y los montículos se cubrieron con plástico transparente de 50 µm de grosor durante tres semanas. La eficacia del tratamiento se evaluó después de cero, seis, diez, diecisiete y veintidós días de solarización, mediante bioensayos de la capacidad de eclosión de los huevos, así como del potencial infectivo de

**FIGURA 1.**

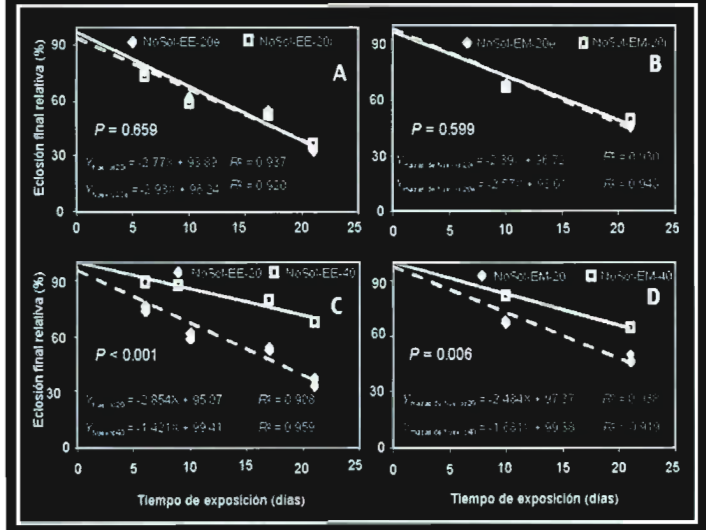
Desinfestación de sustratos viverísticos de olivo mediante solarización. Bolsas de nylon (5 µm de malla) que contienen el inóculo de *Meloidogyne incognita* sometido a solarización en montículos de sustrato siguiendo el esquema detallado en C.



$I_{20}$ : ensayo en el interior del montículo (35 cm) y profundidad 20 cm.  
 $E_{20}$ : ensayo en el exterior del montículo (20 cm) y profundidad 20 cm.  
 $I_{40}$ : ensayo en el interior del montículo (35 cm) y profundidad 40 cm.  
 $E_{40}$ : ensayo en el exterior del montículo (20 cm) y profundidad 40 cm.

**FIGURA 2.**

Regresión lineal de la eclosión final relativa de huevos de *Meloidogyne incognita* en muestras no sometidas a solarización durante varios periodos de tiempo. A, B, efecto de la localización del inóculo (huevos y masas de huevos, respectivamente). C, D, efecto de la profundidad de enterrado del inóculo. P indica el valor del estadístico 'F' para la comparación de las pendientes de las rectas en cada cuadro.



dicho inóculo en plantas de tomate susceptible. Asimismo, la temperatura alcanzada en los montículos solarizados se determinó mediante sensores térmicos de termopar conectados a una estación portátil (CR10X® Datalogger, Campbell Scientific, Logan UT, EE.UU.) que promedió cada diez minutos los datos de temperatura registrados de forma automática a cada minuto.

Los resultados de dichos experimentos indicaron que la exposición del sustrato a las condiciones naturales del experimento, en ausencia de solarización, redujo el porcentaje de eclosión (y por tanto su capacidad infectiva) hasta en un 58% respecto de la capacidad del estado inicial del inóculo (figura 2), independientemente de la localización de éste en el sustrato (esto es, a mayor o menor profundidad en el montículo). Además, este efecto fue significativamente mayor sobre el inóculo situado en las capas más superficiales del sustrato (figura 2). Sin embargo, la solarización de los sustratos en los montículos redujo el porcentaje de eclosión de huevos en más del 95% respecto de los testigos no solarizados (figura 3); y este efecto fue consistente en los dos años de experimentos e independiente del tipo de sustrato utilizado, profundidad de enterrado (20 ó 40 cm) y localización del inóculo (interna o externa en el montículo) (figura 2). Dicho efecto puede ser asociado a cambios térmicos en el sustrato solarizado, ya que la temperatura máxima alcanzada en cada año de experimentos fue de 47,4 y 48,2 °C respectivamente, comparada con 36,7 y 37,2 °C en los testigos no solarizados (figura 4).

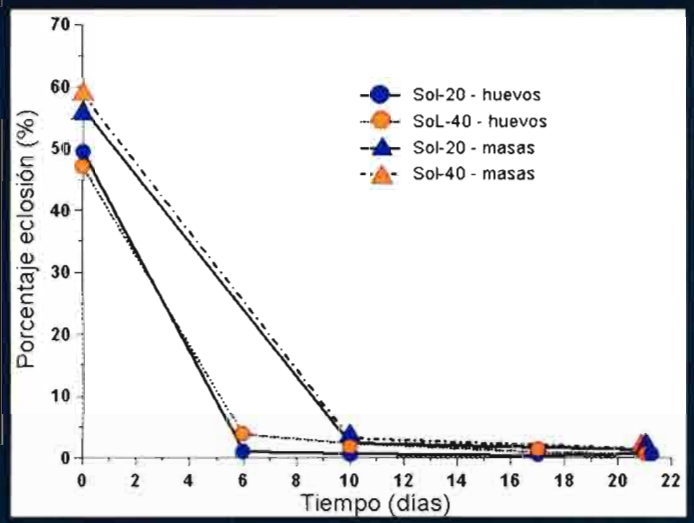
### Enmiendas orgánicas

Las enmiendas orgánicas se han empleado tradicionalmente con el propósito de mejorar las características físicas y químicas de suelos de cultivo e incrementar su fertilidad. Pero, además, la utilización de enmiendas orgánicas ha sido reconocida también como una estrategia de gran utilidad para el control de diversos



**FIGURA 3.**

Efecto de diferentes periodos de solarización sobre el inóculo de *Meloidogyne incognita* en relación a la profundidad de enterrado (20 vs. 40 cm) y el tipo de inóculo utilizado (huevos libres y masas de huevos).



patógenos que residen en el suelo (Hoitink y Boehm, 1999), y especialmente aquéllas que tienen un elevado contenido en nitrógeno han demostrado un efecto nematocida significativo (Rodríguez Kabana et al., 1987).

El objetivo de nuestras investigaciones ha sido determinar el uso potencial de enmiendas orgánicas compostadas de restos de corcho para el control de *M. incognita* en plántones de olivo. Para ello, el sustrato viverístico utilizado en la fase de crianza de los plántones se mezcló con compost de corcho (elaborado en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Sevilla) en las proporciones de 0, 25, 50, 75 y 100%, v/v (figura 5), y dicha mezcla se infestó artificialmente con 10.000 huevos y juveniles de segunda edad de *M. incognita* y se incubó a 25 °C durante tres meses. En la última etapa del experimento se evaluó la población final del nematodo en el sustrato conteniendo cada una de las diferentes proporciones de compost.

La adición de compost de corcho al sustrato de crianza de plántones de olivo afectó negativamente al desarrollo y reproducción de *M. incognita* en todos los parámetros considerados y este efecto fue proporcional a la concentración de compost en el sustrato (figura 5). Dicha reducción de la población del nematodo se ajustó a un modelo exponencial negativo en función de la proporción de compost en la mezcla y fue superior al 95% con proporciones de compost en el sustrato superiores al 75% (figura 5). Por tanto, nuestros resultados indican que la adición de enmiendas compostadas de corcho a los sustratos de uso viverístico en olivo pueden conferir supresividad a los mismos frente a las infestaciones por nematodos noduladores.

El efecto de supresión nematológica observado en nuestro experimento no puede ser atribuido a fenómenos de modificaciones en la microfiora indígena del suelo, ya que el sustrato mezclado con el compost de corcho utilizado en nuestras investigaciones se esterilizó previamente a su uso. Por el contrario, nuestros resultados indican que este efecto supresivo podría estar relacionado con la liberación de compuestos tóxicos para el nematodo procedentes del compostado de corcho. En efecto, la libera-

**Oliviero**  
Batidora profesional  
para aceitunas

Alimentación eléctrica  
Solo 2,2 Kg

**ENOSAS**

INFO LINE +39 010 666203

FAX +39 010 6962388

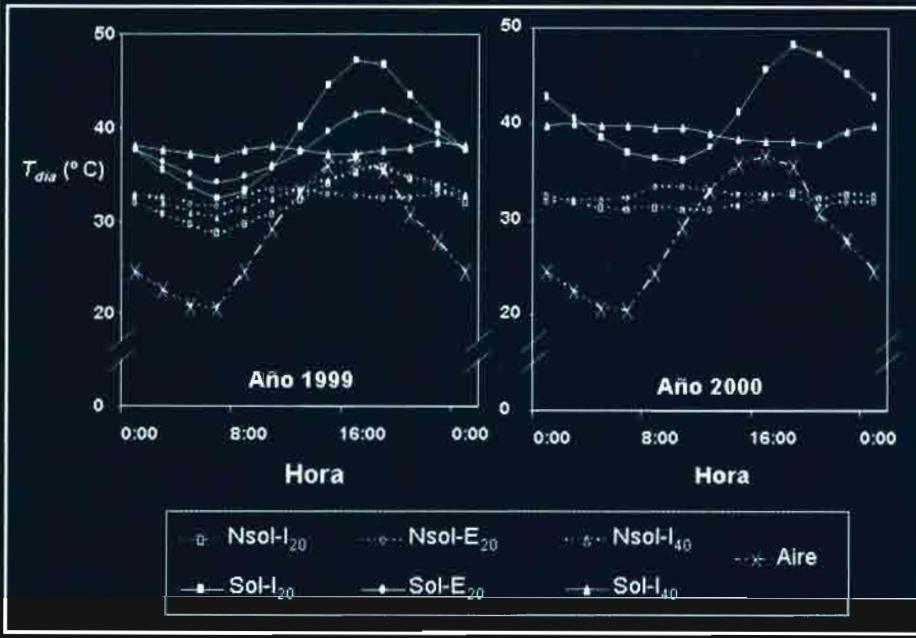
info@enosysweb.it



**FIGURA 4.**

Evolución diaria de las temperaturas registradas en los experimentos de solarización de los años 1999 y 2000, en el interior de los montículos solarizados, sin solarizar y temperaturas aéreas.

Nsol: ensayo en montículo sin solarizar. Sol: ensayo en montículo solarizado.



ción de  $\text{NH}_4^+$  a partir de la descomposición microbiana de las enmiendas constituye uno de los mecanismos de acción más estudiados entre todos los que contribuyen a explicar el efecto supresivo de las enmiendas orgánicas. En nuestro caso, es posible que los compuestos amoniacales liberados por el compost de corcho estén implicados en el efecto nematocida, ya que poseen una rela-

ción C:N < 20, que se ha demostrado como suficiente para el control de nematodos (Rodríguez Kabana et al., 1987).

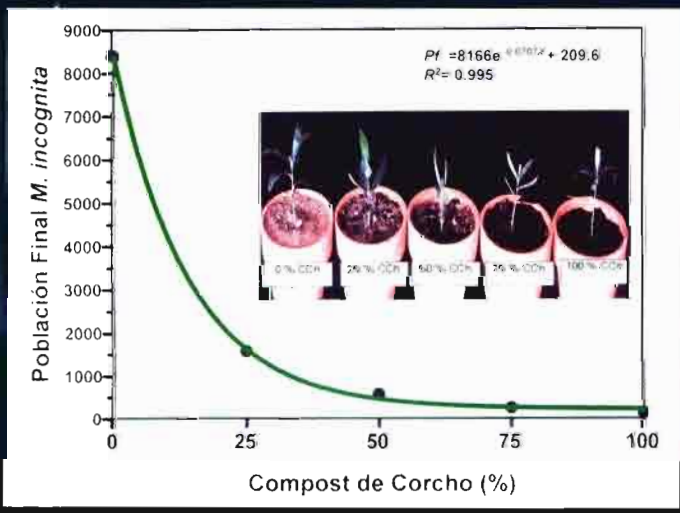
La obtención de niveles de sanidad satisfactorios en viveros de olivo necesariamente requiere poner una especial atención en todas las etapas que tienen lugar hasta que el plantón está disponible para su plantación en campo, e integrar armónicamente diferentes prácticas racionales de manejo que contribuyan a reducir la incidencia de nematodos fitoparásitos. De forma presumible, el control eficiente de los nematodos fitoparásitos en sustratos viverísticos de olivo difícilmente podrá limitarse a la aplicación de una única técnica de control, sino que aumentará en sus expectativas de éxito en la aplicación de más de una de éstas. Las dos estrategias de desinfestación de sustratos de propagación de olivo evaluadas en nuestras investigaciones muestran un nivel de eficiencia como medidas de control individualizadas contra el nematodo nodulador *M. incognita* que puede ser potenciado mediante la combinación de ambas prácticas de desinfestación. ■

**Agradecimientos**

Los autores son miembros del Grupo de Investigación AGR 136 "Sanidad Vegetal" del Plan Andaluz de Investigación. Las investigaciones de dichos autores referidas en este trabajo han sido financiadas por los proyectos CA099-010-C3-01, subvencionado por el Instituto Nacional de Tecnologías Agroalimentarias (INIA), y 1FD97-1322-C04-02, subvencionado por el Programa FEDER-CICYT.

**FIGURA 5.**

Relación entre la población final de *Meloidogyne incognita* en plantones de olivo cv. Picual y la proporción de compost de corcho añadido al sustrato viverístico de olivo. Cada punto representa la media de dos experimentos con siete repeticiones. La línea representa la función estimada calculada mediante el modelo exponencial negativo expandido.



**Bibliografía**

- Hoitink, H. A. J. and Boehm, M. J. 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37: 427-446.
- Katan J. 1987. Soil solarization. In: Chet, I. ed. *Innovative approaches to plant disease control*. New York, USA: John Wiley & Sons. 77-105.
- Nico, A. I., Rapoport, H. F., Jiménez-díaz, R. M. & Castillo, P. 2002. Incidence and population density of plant-parasitic nematodes associated with olive planting stocks at nurseries in southern Spain. *Plant Dis.* 86: 1075-1079.
- Nico, A.I., Jiménez-Díaz, R.M., & Castillo, P. 2003. Host suitability of the olive cultivars Arbequina and Picual for plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology* 35: 29-34.
- Orion, D. 1995. Structure and function of the root-knot (*Meloidogyne* spp.) gelatinous matrix. *Nematologica* 41: 395-397.
- Rodríguez-Kábana, R., Morgan-Jones, G., Chet, I. (1987). Biological control of nematodes: Soil amendments and microbial antagonists. *Plant Soil* 100: 237-247.
- Sasanelli, N., D'Addabbo, T., & Moura Lemos, R. 2002. Influence of *Meloidogyne javanica* on growth of olive cuttings in pots. *Nematropica* 32 (1):59-63.
- Stapleton, J. J., Ferguson, L., McKenry, M. V., Dougherty, D. S., Stapleton, S. C. 1999. Using solarization to disinfest soil for olive nursery production. In: Metzidakis IT, Voyiatzis DG, eds. *Proceedings of III Congress of the International Society of Horticultural Sciences, International Symposium on Olive Growing*. Leuven, Belgium: International Society of Horticultural Sciences. 589-91.
- Thomason, II J. & Caswell, E. P. 1987. *Principles of nematode control*. pp. 87-130. In: *Principles and Practice of Nematode Control in Crops* (Brown, R. H. y Kerry, B. R., eds). Academic Press, Sidney.