

Efectos de solarización y enmiendas orgánicas contra el nematodo del nudo *Meloidogyne incognita* bajo condiciones de vivero.

H. Alcoser.², J. Murguía-Córdova² y C. Murguía²

¹*Departamento de Agronomía y Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Piura.*

²*Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Piura. Campus Universitario s/n, Urb. Miraflores, Castilla, Piura.*

Resumen

El nematodo del nudo de las raíces, *Meloidogyne* spp. está muy diseminado en los suelos agrícolas de los valles de Piura, siendo el uso de nematicidas químicos la principal medida de control. Se evaluó el efecto de la solarización, tres enmiendas orgánicas y sus combinaciones contra poblaciones del nematodo, como una alternativa para la preparación de sustratos libres en la producción de plantas de vivero. Se aplicó un diseño de parcelas divididas con 4 repeticiones dispuestas en bloques. En la composición del sustrato se aplicó una mezcla de arena, suelo agrícola infestado con el nematodo y enmiendas orgánicas (1:1:1 v/v). La solarización del suelo se realizó con un polietileno de 30 μ de grosor durante la estación de primavera por 46 días. Se estimaron las poblaciones del nematodo antes y después de la solarización. La temperatura del suelo se midió a 10 y 20 cm de profundidad a las 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18 horas. Las temperaturas máximas sobre el sustrato solarizado superaron ($P < 0.05$) en 5.5 °C al testigo. No se observó diferencias significativas entre el tipo de enmienda en combinación con solarización sobre la temperatura. Sobre el sustrato no solarizado si se observó diferencias de temperatura entre las enmiendas. Las poblaciones del nematodo en el sustrato solarizado y no solarizado disminuyeron con respecto a las iniciales.

Palabras clave: estiércol de gallinaza, *Meloidogyne* spp., *Capsicum annum*, control biológico.

Effects of solarization and organic emendations against the root knot nematode *Meloidogyne incognita* under nursery conditions

Abstract

The root knot nematode, *Meloidogyne* spp. is very spread in the agricultural soils of the valleys of Piura, and the use of chemical nematicides is the main measure of control. The effects of solarization was evaluated, three organic emendations and their combinations against nematode populations as an alternative to prepare free substrates in the production of nursery vegetables. A design of plots divided with 4 repetitions arranged in blocks. In the composition of the substrate it was applied a mixture of sand, agricultural soils infested with the nematode and organic emendations (1: 1: 1 v/v). The solarization of the soil was done with a polyethylene 30 μ thick during the spring season for 46 days. The nematode population was estimated before-and-after solarization. The temperature of the soil was measured at a depth of 10 cm and 20 cm at 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 and 18:00 hours. The maximum temperatures over the solarized substrates were over ($P < 0.05$) in 5.5°C to the witness. No significant differences over temperature were observed between the type of amendment in combination with solarization. On the non-solarized substrates, however, differences of temperatures among the emendations were observed.

²E mail del autor: cmurguiar@unp.edu.pe

The nematode populations in the solarized and non-solarized substrates diminished with respect to the previous readings.

Key words: *Black vulture dung, Meloidogine spp., Capsicum annum, biological control.*

Introducción

En los últimos años, la agricultura en la costa norte del Perú pasa por un proceso de diversificación de cultivos, destacando la siembra de pimientos, ajíes, cucurbitáceas y la introducción de nuevos frutales (vid, palto y otros) que, sumados a los cultivos tradicionales, representan una significativa oferta de productos para la agroexportación. Este nuevo contexto agrícola, en muchos casos, conduce a la necesidad de desarrollar monocultivos, lo que contribuye a su vez a la aparición de problemas fitopatológicos significativos que disminuyen la productividad, tal es el caso de la alta incidencia del “nematodo agallador” en ajíes y cucurbitáceas.

Frente al problema ecológico y económico que conlleva el uso de nematicidas químicos altamente tóxicos, la solarización y las enmiendas orgánicas han demostrado en varias investigaciones ser una buena alternativa dentro de un control integrado de nematodos, plagas y otras enfermedades producidas por insectos y microorganismos que habitan en el suelo, principalmente se ha utilizado exitosamente en el control de *Meloidogyne incognita* (Muller y Gooch, 1982; Rodríguez-Kábana, 1986; McGovern *et al.* 1998; McSorley y McGovern, 1999). Otras alternativas no químicas pueden utilizarse para el manejo de nematodos parásitos de plantas (Trivedi y Barker, 1986; Noling y Becker, 1994), aunque es necesaria la integración de métodos para lograr un manejo óptimo del nematodo, particularmente en un sistema sostenible (Roberts, 1993; Noling y Becker, 1994). Asimismo, la rotación de cultivos y el uso de cultivares resistentes para el control de nematodos formadores de agallas radiculares,

son métodos más económicos y sanos para el medio ambiente (Trivedi y Barker, 1986).

La solarización es una técnica hidrotermal de desinfestación de suelos agrícolas, que se basa en el uso de la energía solar como fuente de calor (Cenis, 1989). El mayor efecto que se logra es de orden físico, al incrementar la temperatura del suelo durante muchas horas en el día (Katan, 1981), siendo este aumento prolongado de la temperatura la principal causa de la inactivación de los microorganismos patógenos (Cenis, 1989). La eficiencia de la solarización ha mejorado cuando se usó conjuntamente con la fumigación química (Chellemi *et al.* 1997) o con enmiendas tales como fosfato de amonio o estiércol de gallinaza (Gamliel y Stapleton, 1993). Se conoce que la solarización del suelo es una opción para desinfestar suelos de invernadero, además de ser efectiva y respetuosa del medio ambiente. About-Jawdab *et al.* (2000) evaluaron la eficiencia de la solarización en un suelo naturalmente infestado con *M. incognita* y *M. javanica* en un invernadero comercial, las poblaciones de juveniles y el índice de agallamiento sobre raíces de pepino disminuyeron después de 50 días de solarización.

Por su ubicación geográfica, la región norte del Perú presenta excelentes condiciones climáticas que favorecerían la eficacia de la solarización combinada con la aplicación de enmiendas orgánicas en el control integrado de patógenos del suelo. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la solarización asociada con enmiendas orgánicas en el control de *M. incognita* y evaluarla como una alternativa para la preparación de substratos libres de nematodos en la producción de plantas de vivero.

Materiales y métodos

Área experimental. La investigación se realizó en el vivero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Piura. Se trabajó en un área de 8,50 m² por bloque, 4,00 m² por parcela y 1,00 m² por unidad experimental, totalizando un área de 34,00 m².

Substratos. Se preparó con una mezcla de suelo agrícola infestado con el nematodo más arena, en una proporción 1:1 (v:v). Para incrementar los niveles de poblaciones del nematodo sobre el sustrato se desarrolló un bioensayo utilizándose como hospedante estándar el cultivo de tomate.

Descripción de los tratamientos. Se evaluaron las enmiendas orgánicas: estiércol de gallinaza, estiércol de vacuno y humus de lombriz, combinadas con solarización y sin solarización. Las enmiendas se mezclaron uniformemente con el sustrato de cada unidad experimental en una proporción sustrato: enmienda 2:1 (v:v). Con el fin de dosificar la cantidad de enmienda en cada subparcela se determinó la densidad aparente de éstas, llegándose a establecer las dosis de 49, 34 y 25 Kg m⁻² de humus, estiércol de vacuno y estiércol de gallina, respectivamente.

La solarización se aplicó por un periodo de 46 días y se incorporaron las enmiendas orgánicas mezclándose con el sustrato hasta una profundidad de 20 cm. Inmediatamente se aplicó un riego hasta conseguir una humedad de capacidad de campo. Para la solarización se utilizó un plástico de polietileno transparente de 30 micras de espesor, teniendo mucho cuidado que el plástico tenga buen contacto con el suelo en toda su superficie y que los bordes queden sellados con tierra para evitar la pérdida de humedad y temperatura.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con 4 repeticiones dispuestas en bloques, estudiándose en

parcelas el factor solarización y en subparcelas el factor enmiendas.

Bioensayo. Después del proceso de la solarización se evaluó la eficiencia de los tratamientos sobre el nematodo, realizándose un bioensayo con plantas de ají páprika (*Capsicum annum*) como hospedante susceptible. Se transplantaron nueve plántulas de 30 días de edad por cada unidad experimental, las plantas se mantuvieron en el vivero por un periodo de 45 días.

Observaciones experimentales. La medición de la temperatura del sustrato se realizó a los 10 y 20 cm, utilizándose un termómetro convencional Dial Thermometer de 10/100 C. La temperatura del aire se tomó con un termómetro de máxima y mínima. El registro de temperatura se efectuó a las 6:00, 8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 y 18:00 horas, durante 46 días.

Análisis de poblaciones del nematodo. Previo a la ejecución de los tratamientos y después del periodo de solarización se estimó la población del nematodo sobre el sustrato. Las poblaciones de juveniles (J2) del nematodo se estimaron sobre muestras de 100 cm³ de sustrato y para la extracción de los diferentes estados de nematodos se utilizó el método de tamizado de Cobb combinado con el embudo de Baermann. La cuantificación de poblaciones se realizó mediante un microscopio estereoscopio. El ndice de agallamiento de las raíces por el nematodo se evaluó aplicndo una escala de 0 a 5 (Taylor y Sasser, 1978), donde 0 = sin agallas, 1 = 1 a 2 agallas, 2 = 3 a 10 agallas, 3 = 11 a 30 agallas, 4 = 31 a 100 agallas y 5 = > de 100 agallas por masa radicular.

Análisis de datos. Para todos los análisis de varianza las poblaciones del nematodo (J2) y el índice de agallamiento se transformaron en $\sqrt{x+1}$. Los datos de temperatura se expresaron como la temperatura diaria máxima observada durante la solarización en cada tratamiento, a los 10 y 20 cm de profundidad del suelo. Para estimar las

diferencias significativas entre los tratamientos se realizaron análisis estadísticos mediante la prueba Rango Múltiple de Duncan a $P \leq 0,05$. En todos los análisis se utilizó el software Statgraphics Plus 4.1.

Resultados

En el Cuadro 1 se observan las temperaturas máximas promedio registradas durante los 46 días del proceso de la solarización. La temperatura promedio sobre el sustrato solarizado superó significativamente ($P \leq 0,05$), en 6,63 °C y 4,26 °C a la del sustrato no solarizado, a la profundidad de 10 cm y 20 cm, respectivamente. Sobre el sustrato solarizado las temperaturas promedio a los 10 cm de profundidad superaron los 40 °C y sobre el no solarizado la temperatura a esta misma profundidad no superaron los 35 °C .

En ambas profundidades el tratamiento estiércol de gallinaza destacó por presentar las más altas temperaturas. El estiércol de vacuno no se diferenció del tratamiento sin enmienda ($P \leq 0,05$). Las menores temperaturas promedio se observan sobre el humus (Cuadro 1). A los 10 cm de profundidad la temperatura promedio sobre el estiércol de gallinaza superó significativamente ($P \leq 0,05$) en más de 0,72 °C a los otros tratamientos. A los 20 cm de profundidad la temperatura sobre el estiércol de gallinaza superó en 1,27 °C a la temperatura promedio registrada sobre el testigo (sin enmienda). Las diferencias de temperaturas entre los 10 cm y 20 cm de profundidad superaron los 4 °C.

Sobre los tratamientos solarización y no solarización combinados con enmiendas orgánicas se determinaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$). Las temperaturas promedio a los 10 cm de profundidad sobre el tratamiento solarizado y su combinación con las enmiendas orgánicas superaron los 41 °C, no diferenciándose significativamente entre sí. Sobre el no solarizado y su combinación con las enmiendas orgánicas se observaron diferencias significativas entre ellos ($P \leq 0,05$), destacando el tratamiento no solarizado

+ E.G por presentar la más alta temperatura promedio (35,95 °C). A los 20 cm se estimó la misma tendencia, los tratamientos solarización + enmiendas orgánicas superaron significativamente ($P \leq 0,05$) en más de 4 °C a los no solarizados + enmiendas orgánicas (Cuadro 1).

Cuadro 1: Efecto de la solarización del sustrato, enmiendas orgánicas y sus combinaciones sobre la temperatura media máxima del sustrato

Tratamientos	Temperatura (°C)	
	10 cm ^a	20 cm
Solarizado	41,29 a	36,06 a
No solarizado	34,66 b	31,80 b
Estiércol de gallinaza	38,68 a	34,86 a
Estiércol de vacuno	37,80 bc	33,80 b
Humus	37,46 c	33,46 c
Sin enmienda	37,96 b	33,59 bc
Solarizado	41,38 a	36,15 a
Solarizado + E.G.	41,40 a	36,28 a
Solarizado + E.V.	41,18 a	36,03 ab
Solarizado + H	41,20 a	35,78 b
No solarizado + E.G.	35,95 b	33,45 c
No solarizado + E.V.	34,43 c	31,58 d
No solarizado + H	33,73 cd	31,15 e
Testigo	34,05 d	31,03 e

^a Los valores son promedios de 322 datos registrados en 46 días de solarización. Promedios de cada columna seguidos de letras distintas son significativamente diferentes ($P \geq 0,05$).

E.G. = estiércol de gallinaza, E.V.= estiércol de vacuno, H= humus.

En la Fig. 1 se muestra la variación de las temperaturas medias del suelo a 10 y 20 cm de profundidad durante el día. Hubo un calentamiento gradual más acentuado del perfil del suelo a partir de las 10 h hasta las 16 h, periodo en el cual las mayores temperaturas se encuentran a los 10 cm, disminuyendo gradualmente a mayor profundidad. Entre las 6 y 10 h, ocurre lo contrario, siendo mayores las temperaturas alcanzadas a los 20 cm de profundidad y disminuyen hacia la superficie. Esta misma tendencia se presenta tanto en el caso del sustrato solarizado y no solarizado. A mayor profundidad, la temperatura del suelo presentó una mejor estabilidad durante las 24 horas del día. A los 10 cm presenta una alta fluctuación entre sus mínimos y máximos valores.

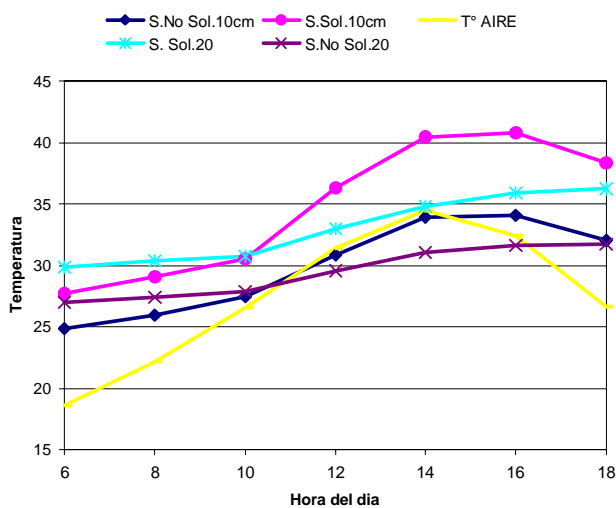


Fig. 1. Variación de las temperaturas medias del suelo a 10 y 20 cm de profundidad durante el día, bajo condiciones de vivero

Las más altas temperaturas sobre el tratamiento solarizado y no solarizado se observaron entre las 14:00 y 16:00 h. Durante estas horas sobre el tratamiento solarizado las temperaturas a los 10 cm de profundidad superaron los 40 °C; a los 20 cm de profundidad el mayor incremento de temperatura se observó entre las 15:00 y 18:00 horas, superándose los 35 °C. Sobre el tratamiento no solarizado las temperaturas durante estas misma horas no superaron los 34 °C. Los menores niveles de temperaturas alcanzadas a las 6:00 horas en ambos tratamientos variaron entre 25 y 30 °C, superando a la temperatura del aire que en ese momento registró una temperatura máxima promedio de 17 °C (Fig. 1).

La temperatura máxima diaria del aire siempre fue menor a la temperatura máxima del sustrato solarizado en ambas profundidades durante todo el proceso de solarización. En el sustrato solarizado, a 10 cm de profundidad las temperaturas máximas diarias superaron los 40 °C. En sustrato solarizado, a 10 y 20 cm de profundidad las temperaturas máximas alcanzadas en todo el proceso se estimó en 47,06 y 41,19 °C, respectivamente. Sobre el sustrato no solarizado, a 10 y 20 cm las máximas

alcanzadas fueron de 38,50 y 34,81 °C, lo cual representa una diferencia entre sustrato solarizado y no solarizado de 8,56 y 6,38 °C a los 10 y 20 cm de profundidad, respectivamente (Fig. 2).

Tres días después de la solarización, a los 10 cm de profundidad la temperatura máxima superó los 40 °C, este promedio se conservó estable durante casi 42 días. A los 20 cm de profundidad las temperaturas máximas se mantuvieron entre un rango de 35 a 40 °C, aunque ligeros descensos menores de 35 °C se presentaron durante los días: 18, 31, 36, 37, 42, 43, 44 y 45, de iniciada la solarización (Fig. 2).

El nivel promedio de poblaciones de *Meloidogyne* spp. antes de la aplicación de los tratamientos fue de 142 J2 por 100 cm³ de suelo naturalmente infestado, inmediatamente después del proceso de solarización del sustrato y aplicación de tratamientos las poblaciones disminuyeron en todos los tratamientos entre 70 y 97 %. Observándose mínimas diferencias numéricas entre los tratamientos solarizados y no solarizados (Cuadro 2). Las poblaciones de J2 del nematodo e índice de agallas no presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre la solarización y no solarización del sustrato, aunque las poblaciones del sustrato no solarizado superaron en más de 10 J2/100 cm³ al solarizado, observándose la misma tendencia para el índice de agallamiento (Cuadro 2).

Sobre el estiércol de gallinaza se presentaron las más altas poblaciones del nematodo superando significativamente ($P \leq 0,05$) a las de los otros tratamientos. Las más bajas poblaciones del nematodo se observaron en los tratamientos humus y testigo (sin enmienda) no diferenciándose significativamente entre sí ($P \leq 0,05$), las poblaciones en estos tratamientos representaron menos del 30 % de las del estiércol de gallinaza.

En el Cuadro 2 se observa que el índice de agallas en las raíces de ají paprika sobre el

testigo (sin enmienda) superaron significativamente ($P \leq 0,05$) a los índices de agallas determinados en las enmiendas, no observándose diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre las enmiendas, destacando el estiércol de gallinaza y de vacuno con los menores niveles de agallas por masa radicular.

Las poblaciones más bajas de J2 por 100 cm³ de sustrato se determinaron en los tratamientos: solarizado, solarizado + E.V., solarizado + H, no solarizado + H y no solarizado, no diferenciándose significativamente ($P \leq 0,05$). Las más altas poblaciones del nematodo se presentaron sobre el tratamiento no solarizado + E.V., el número de nematodos en este tratamiento superó significativamente ($P \leq 0,05$) en 2,8 veces más a las poblaciones encontradas en los tratamientos: solarizado + E.G. y no solarizado + E.G.

Discusión

Las máximas temperaturas alcanzadas entre los 0 y 10 cm. de profundidad sobre los tratamientos solarizados llegaron a superar los 41 °C, aunque por un período de tiempo muy corto de ± 2 horas por día, a 20 cm de

profundidad la temperatura siempre se mantuvo por debajo de los 40 °C. Esto explicaría la mayor reducción de la densidad de poblaciones del nematodo en las camas solarizadas del vivero, 60 % menos de J2 por 100 cm³ de sustrato que en el no solarizado. A 10 cm de profundidad, en las camas no solarizadas, las temperaturas promedio máximas siempre se mantuvieron inferiores a los 35 °C. Los niveles de temperatura y diferenciales térmicos durante las diferentes horas del día observados en este estudio, coinciden con los indicados en otros trabajos de investigación; asimismo se corrobora que a medida que se profundiza en el suelo las temperaturas disminuyen (Fuentes *et al.*, 1996; Aballay *et al.* 1997; Gaur y Dhingra, 1991).

En general, la solarización por 6 semanas reduce mucho las poblaciones de nematodos fitoparásitos (algunas veces a niveles no detectables) inmediatamente después de aplicada la solarización, pero no erradica a los nematodos ((Barbercheck y Von Broembsem, 1986). Stapleton y DeVay (1983) observaron que las poblaciones de nematodos continúan disminuyendo durante-

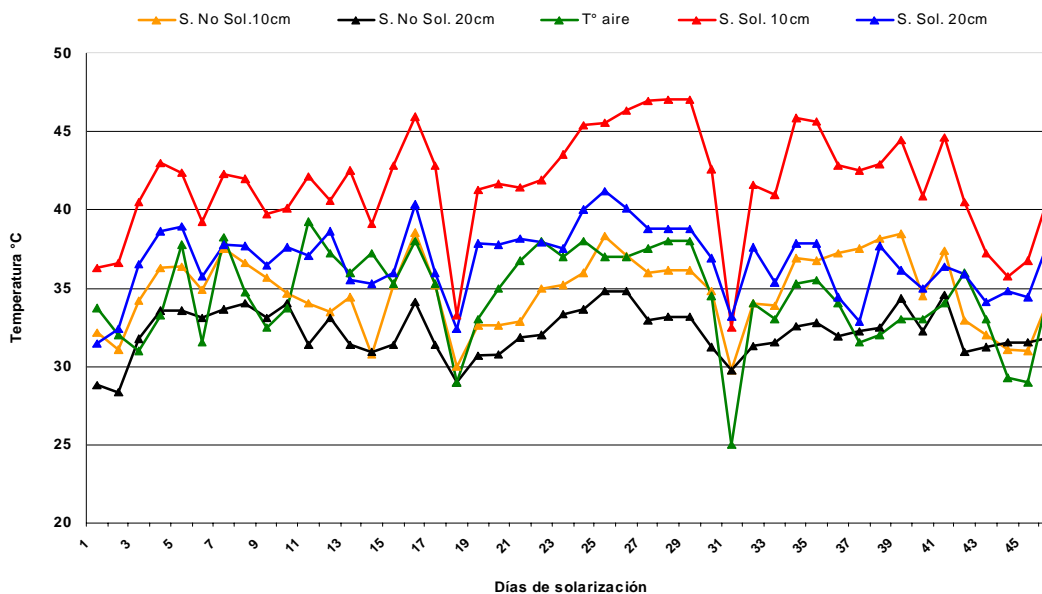


Fig. 2. Temperaturas máximas diarias a 10 cm y 20 cm de profundidad durante 46 días del proceso de solarización, bajo condiciones de vivero.

Cuadro 2: Efecto de la solarización del sustrato, enmiendas orgánicas y su combinación sobre los niveles de poblaciones e índice de agallas de *Meloidogyne* spp., bajo condiciones de vivero.

Tratamiento	J2/100 cm ³	Índice de agallas	Reducción de la densidad de población (%)
Solarizado	7,13 a*	1,71 a	
No solarizado	17,81 a	2,18 a	
Estiércol de gallinaza	23,00 c	1,51 a	
Estiércol de vacuno	15,50 b	1,78 a	
Humus	4,50 a	2,07 a	
Sin enmienda	6,88 a	2,92 b	
Solarizado	5,75 a	3,15 c	95.95
Solarizado + E.G.	15,00 b	1,38 a	89.44
Solarizado + E.V.	3,75 a	1,50 a	97.36
Solarizado + H	4,00 a	2,69 bc	97.18
No solarizado + E.G.	16,00 b	1,65 ab	88.73
No solarizado + E.V.	42,25 c	2,06abc	70.25
No solarizado + H	5,00 a	1,46 a	96.48
No solarizado	8,00 ab	2,69 bc	94.40
Efecto significativo del ANVA			
Solarización	NS	NS	
Enmienda orgánica	**	**	
Solarización x enmienda orgánica	**	NS	

*Los valores son promedios de 4 repeticiones. Promedios de cada columna seguidos de una letra distinta son significativamente diferentes, ($P \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de Duncan.

** Indica diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.01$)

-meses posteriores a la solarización. Según Robin *et al.* (1988) las temperaturas mínimas letales para una desinfestación de muchos nematodo fitoparásitos del suelo, deberían estar expuestos a una temperatura constante superior a 46 °C por 4 horas. Los índices de agallas evaluados sobre el ají páprika, 45 días después de la solarización confirman lo indicado por los anteriores autores, aunque el agallamiento en el solarizado fue 28 % menor al determinado sobre el no solarizado.

En este estudio, otros factores pueden haber influido en la eficacia de la solarización para el control de *Meloidogyne* spp. Se conoce que la efectividad de la solarización del suelo para el manejo de *Meloidogyne* spp. presenta alta variabilidad (Gaur y Dhingra, 1991; Walker y Wachtel, 1988), principalmente debido a las diferencias en las características del suelo,

distribución del nematodo en el suelo, en la radiación solar disponible y temperatura del suelo alcanzada (Madulu y Trudgill, 1994).

En el presente experimento, en el tratamiento no solarizado, la exposición del sustrato bajo las condiciones del experimento se produjo una reducción del 94,40 % de la población inicial del nematodo que, incluso, no se diferenciaron de las obtenidas sobre los solarizados. Es posible que los riegos aplicados al testigo (sin enmienda ni solarización) durante el bioensayo para favorecer la multiplicación del nematodo antes del proceso de solarización, incentivaran la actuación de los antagonistas del nematodo y que éstos contribuyeran a la reducción de las poblaciones. Similares resultados observaron Sharma y Nene (1990) al evaluar el efecto de la solarización sobre nematodos parásitos de *Cajanus cajan* y *Cicer arietinum*; asimismo, indican que las poblaciones disminuyeron significativamente sobre los tratamientos no solarizados por un corto período, para luego volver a los niveles iniciales. Los índices de agallas observados sobre las raíces de ají páprika en este tratamiento superaron significativamente a algunos tratamientos solarizados combinados con enmiendas.

Varios estudios han confirmado que las enmiendas y cubiertas orgánicas que contienen un elevado contenido en nitrógeno tienen un efecto nematicida significativo al reducir los niveles de poblaciones de nematodos parásitos de plantas (Rodríguez-Kábana, 1986; Trivedi y Barker, 1986). Sin embargo, el efecto del compost y otras enmiendas son variables y contradictorias (McSorley y Gallaher, 1995). En este estudio se observó que el estiércol de gallinaza y vacuno presentaron poblaciones de J2 del nematodo que superaron en más del 300 % y 200 % a las poblaciones del testigo (sin enmienda) pero, por otro lado, los índices de agallas sobre estos mismos tratamientos, fueron significativamente menores a las del testigo. Esto sugiere que las enmiendas al suelo, además de proveer nutrientes a las

plantas e incrementar la producción, ocasionan efectos sobre los nematodos que pueden variar con la especie, tipo de enmienda y sus subproductos, duración y tiempo después de la aplicación de la enmienda. Aunque Kimpinski *et al.* (2003) observaron que el estiércol de vaca, y el compost de papas y aserrín no afectaron poblaciones de *Meloidogyne hapla*, McSorley *et al.*, (1997) han deducido que la eficacia o impacto de las enmiendas orgánicas al suelo para el manejo de nematodos, pueden ser diferentes dependiendo del lugar donde se conducen los experimentos: invernaderos, micro parcelas o en campo. Kimpinski *et al.* (2003) indican que hacen falta más investigaciones que demuestren las propiedades nematostáticas y nematocidas de las enmiendas orgánicas al suelo.

Las enmiendas orgánicas incorporadas al suelo reducen las poblaciones de nematodos. Muller y Gooch, (1982), Rodríguez-Kábana, (1986), Trivedi y Barker, (1986) y Katan (1981) coinciden en que la solarización podría incrementar el grado de degradación de la materia orgánica y causar la acumulación de gases tóxicos en el aire del suelo. Otros reportes sobre la combinación de organismos de control biológico con la solarización, indican que la colonización de suelo y raíces por hongos y bacterias antagonistas es facilitada por la solarización (Elad *et al.* 1980, Stapleton y DeVay, 1984).

La solarización de grandes extensiones de campo es costosa, debido al alto precio del polietileno y a las labores que implican. Los campos tienen que permanecer no cultivados por un considerable período, esto no es posible desarrollar en muchas zonas agrícolas del mundo. La solarización de pequeñas áreas o volúmenes de sustrato viverístico apilado representa una alternativa para el manejo de patógenos de suelos (Stapleton *et al.* 1999).

En el presente estudio se ensayó sí la eficacia de la solarización podría incrementarse por las enmiendas de humus, estiércol de gallinaza y vacuno incorporadas al sustrato para la

producción de plántulas o plantones bajo condiciones de vivero. Los resultados demuestran que no se presentó un efecto aditivo solarización-enmienda, inmediatamente después del proceso de solarización, dado que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con el testigo (no solarizado). La presencia de agallas en las raíces de todos los tratamientos indican que *Meloidogyne* spp. sobrevivió en capas profundas del sustrato, posiblemente mayores a 10 cm; en los tratamientos no solarizado los nematodos sobrevivieron en capas más superficiales del sustrato. El principal efecto de las enmiendas durante las seis semanas con y sin solarización no fue muy notable. Probablemente, las altas temperaturas durante muy pocas horas del día y el corto período de solarización para la estación de primavera en el que se ejecutó el experimento, no permitió la suficiente descomposición para la actividad antagonista. La no muy alta densidad de población observada sobre el estiércol de gallinaza y vacuno podría deberse a la mejor retención de humedad en esta enmiendas orgánicas (Gaur y Dhingra, 1991).

La reducción de agallas fue mas notoria en los tratamientos solarizado-estiércol de gallinaza, solarizado-estiércol de vacuno; esto debido, probablemente, a la sobrevivencia del nematodo en estado de huevo lo cual no se estimó en el presente estudio (Gaur y Dhingra, 1991). El menor índice de agallas sobre el tratamiento no solarizado-humus es contradictorio con las bajas temperaturas estimadas a 10 cm sobre éste (33,73 °C), en este caso es posible que el humus impulsó la actividad antagonista de algunos microorganismos.

Sin embargo, bajo estas mismas condiciones, estas enmiendas pueden tener un efecto sobre la densidad de población del nematodo después de un período superior a seis semanas, aunque *Meloidogyne* spp. se han citado como parcialmente termotolerantes y difíciles de controlar mediante solarización del suelo. La matriz gelatinosa de las masas de huevos de *Meloidogyne* previene a los

huevos de la desecación (Orión, 1995), y constituye, además, una protección frente a la inactivación térmica por elevadas temperaturas.

Las ligeras variaciones en el grado de control del nematodo encontradas en este experimento podrían explicarse por las diferencias en la duración e intensidad de la radiación solar, principalmente,

Referencias bibliográficas

- Aballay, E., Jardel A., y Montealegre J. 1997.** Efectos de la solarización y Bromuro de metilo sobre *Verticillium dahliae* Kleb. y nematodos fitoparásitos asociados a monocultivos de frutilla. *Fitopatología* **31**: 230-240.
- Abou-Jawdah, Y., Melki, K.S., Hafez L., Sobh H., El-Masri Y., and Sundararaj P. 2000.** Alternatives to methyl bromide for root knot nematode management on cucumber in Lebanon. *Nematropica* **30**:41-45
- Barberchek M., and Von Broembsen S. 1986.** Effects of soil solarization on plant-parasitic nematodes and *Phytophthora cinnamomi* in South Africa. *Plant Dis.* **70**: 945-950.
- Cenis, J. 1989.** Temperature evolution in solarized soil by Fourier analysis. *Phytopathology* **79**: 506-510.
- Chellemi, D. O., Olson S. M., Mitchell, D. J., Secker I., and McSorley, R. 1997.** Adaptation of soil solarization to the integrated management of soilborne pests of tomato under humid conditions. *Phytopathology* **87**: 250-258.
- Elad, Y., Katan, J. and Chet, I. 1980.** Physical, biological, and chemical control integrated for soilborne diseases in potatoes. *Phytopathology* **70**:418- 422.
- Fuentes, P., Aballay, E. and Montealegre J, 1997.** Soil solarization and fumigation for the control of nematodes in a monocultivated soil with tomatoes. *Fitopatología* **32**(1):32-42.
- Gamliel, A., and Stapleton, J. 1993.** Effect of chicken compost of ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms, and lettuce growth. *Plant Dis.* **77**: 880-891.
- Gaur, H. S., and Dhingra, A. 1991.** Management of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* in nursery-beds by soil solarization and organic amendment. *Revue de Nématol.* **14**: 189-195.)
- Katan, J. 1981.** Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Ann. Rev. Phytopathol.* **19**: 211-236.
- Kimpinski, J., Gallant, C.E., Henry R., Macleod, J.A., Sanderson J.B., and Sturz, A.V. 2003.** Effect of Compost and Manure Soil Amendments on Nematodes and on Yields of Potato and Barley: A 7-Year Study. *Journal of Nematology* **35**: 289-293).
- Madulu, J.D., and Trudgill, D.L. 1994.** Influence of temperature on the development and survival of *Meloidogyne javanica*. *Nematologica* **40**:230-243)
- McGovern, R.J., McSorley R., and Bel M. L. 1998.** Use of soil solarization during autumn reduces land scape pests of impatiens in Florida. *Plant Dis.* (Suplement) **88**: 560.
- McSorley, R., and McGovern, R. J. 1999.** Solarization during autumn for suppression of nematodes on land scape ornamentals. *Nematropica* **29**: 124-125.
- McSorley, R., and Gallaher, R. N.. 1995.** Effect of yard waste compost on plant-parasitic nematode densities in vegetable

- crops. Supplement to the Journal of Nematology **27**:545–549
- McSorley, R., Stansly, P. A., Noling J. W., Obreza, T. A., and Conner, J. M. 1997.** Impact of organic soil amendments and fumigation on plant-parasitic nematodes in a southwest Florida vegetable field. *Nematropica* **27**:181–189
- Muller, R., and Gooch P.S. 1982.** Organic amendments in nematode control: An examination of the literature. *Nematropica* **12**:319-326.
- Noling, J.W., and Becker, J.O. 1994.** The challenge of research and extension to decline and implement alternatives to methyl bromide. Supplement to the J. Nematol. **26**: 573-586.
- Orion, D. 1995.** Structure and function of the root-knot (*Meloidogyne* spp.) gelatinous matrix. *Nematologica* **41**: 395-397
- Roberts, P.A. 1993.** The future of nematology: integration of new and improved management strategies. *J. Nematol.* **25**: 383-394.
- Robin, M. Giblin-Davis, and Stephen D. Verkade. 1988.** Solarization for nematode disinfestation of small volumes of soil. *Annal of Applied Nematology* **2**: 41-45.
- Rodríguez-Kabana, R. 1986.** Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *J. Nematol.* **18**:129-135.
- Sharma, S.B., and Nene, Y.L. 1990.** Effects of solarization on nematodes parasitic to chickpea and pigeonpea. *Journal of Nematology* **22** (4S): 658-664.
- Stapleton, J.J., Ferguson, L., Mckenry M.V., Dougherty, D.S., and Stapleton S.C. 1999.** Using solarization to disinfest soil for olive nursery production. In: Metzidakis IT, Voyiatzis DG, eds. Proceedings of III Congres of the International Society of Horticultural Sciences, International Symposium on Olive Growing. Leuven, Belgium: International Society of Horticultural Sciences, 589-91
- Stapleton, J., and Devay J. 1983.** Response of phytoparasitic and free-living nematode to soil solarization and 1,3-dichloropropene in California. *Phytopathology* **73**: 1429-1436.
- Stapleton, J.J., and De Vay J.E. 1984.** Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth response. *Phytopathology* **74**:255-259).
- Taylor, A.L., and Sasser J. N. 1978.** Identification of *Meloidogyne* species. Pp. 101 – 105 in A. L., Taylor and J. N. Sasser, eds. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh: North Carolina State University Graphics.
- Trivedi P.C., and Barker, K.R. 1986.** Management of nematodes by cultural practices. *Nematropica* **16**: 213-236.
- Walker, G.E. and Wachtel, M.F. 1988.** The influence of soil solarization and non-fumigant nematicides on infection of *Meloidogyne javanica* by *Pasteuria penetrans*. *Nematologica* **34**:477-483.