

## Evaluación de alternativas ecológicas para el control de nematodos *Meloidogyne* spp. en casas de cultivos protegidos

### Evaluation of ecological alternatives to control of nematode *Meloidogyne* spp. in greenhouses

Armando A. del Busto Concepción<sup>\*1</sup>, Liudmila Palomino Morejón<sup>2</sup>, Lekeisha Sabrina Murphy<sup>1</sup>, Luís Enrique León Sánchez<sup>1</sup>, Ricardo Cruz Lazo<sup>1</sup>, Mariol Morejón García<sup>1</sup> y Yoerlandy Santana Baños<sup>1</sup>.

1\*. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca", Martí # 270 (Final)

2. Empresa Provincial de Acopios en Pinar del Río. Máximo Gómez # 67.

E-mail: armando@af.upr.edu.cu

**RESUMEN.** El trabajo fue realizado en la Empresa de Cítricos "Capitán Tomás" de Consolación del Sur, ubicada en el kilómetro 5½ de la carretera a Herradura; en el período 2004/2005, en nueve casas de cultivos que presentaban un suelo infestado por nematodos del género *Meloidogyne*. Se evaluó la efectividad de tres alternativas para su control: utilización de melaza de caña de azúcar, mezcla de gallinaza más aserrín de pino y el hongo entomopatógeno *Trichoderma virides* (Cepa C-66), a diferentes dosis cada una. Además de utilizar el bromuro de metilo, como testigo para comparar la efectividad de los productos orgánicos empleados sobre el control de los nematodos en el suelo. En el experimento se empleó un diseño de bloques al azar, con tres réplicas para cada tratamiento. Para determinar las poblaciones de nematodos se realizaron tres muestreos. Un muestreo inicial; antes de la aplicación de los tratamientos al suelo, y los restantes, a los 45 y 80 días de haberse iniciado las aplicaciones de los diferentes tratamientos. Los mayores niveles poblacionales de *Meloidogyne* spp. se registraron antes de emplear los tratamientos, una vez aplicados, las poblaciones más bajas se obtienen a los 45 días, apareciendo con los mejores resultados las réplicas tratadas con *T. virides*, (Cepa C-66); y en particular donde se aplicó a una dosis de 9 kg/ha. Los mejores tratamientos en cuanto a nivel de eficiencia, se obtienen después de *T. virides*, (Cepa C-66) a dosis de 9 kg/ha, en la mezcla de gallinaza + aserrín a una proporción de 378 + 252 kg/túnel y la melaza con dosis de 10 L/ha, comportándose todas estas alternativas a las dosis mencionadas con mayor efectividad que el empleo del bromuro de metilo al terminar los muestreos realizados.

**Palabras clave:** Aserrín, gallinaza, hongo, melaza, *Meloidogyne*, nematodos y *Trichoderma*.

**ABSTRACT.** The work was carried out in the Company he/she gives Citric Captain Tomás he/she gives Consolation he/she gives the South, located in the kilometer 5½ he/she gives the highway to Horseshoe; in the period 2004/2005, at nine homes give cultivations that presented a floor infested by nematodes he/she gives the gender *Meloidogyne*. The effectiveness was evaluated he/she gives three alternatives for its control: use gives molasses he/she gives sugar cane, it mixes he/she gives gallinaza more sawdust he/she gives pine and the mushroom Entomopatógeno *Trichoderma virides* (Stump C-66), to different dose each one. Besides using the Bromide he/she gives Methyl, as witness to compare the effectiveness gives the products organic employees on the control he/she gives the nematodes in the floor. In the experiment you employment a design gives at random blocks, with three replicas for each treatment. To determine the populations he/she gives nematode they were carried out three samplings. An initial sampling; before the application he/she gives the treatments to the floor, and the remaining ones, to the 45 and 80 days he/she gives to be had initiate the applications give the different treatments. The biggest populational levels give *Meloidogyne* spp. they registered before using the treatments, once applied, the lowest population is obtained to the 45 days, appearing with the best results the replicas tried with *T. virides*, (Stump C-66); and in particular where you/he/she was applied to a dose she gives 9 kg/ha. The best treatments as for level give efficiency, they are obtained after *T. virides*, (Stump C-66) to dose he/she gives 9 kg/ha, in the mixture he/she gives gallinaza+aserrín to a proportion he/she gives 378+252 kg/túnel and the molasses with dose he/she gives 10 l/ha, behaving all these alternatives to the dose mentioned with bigger effectiveness that the employment gives the bromide gives methyl when finishing the realized samplings.

**Key words:** Sawdust, gallinaza, mushroom, molasses, *Meloidogyne*, nematode and *Trichoderma*.

## INTRODUCCIÓN

El planeta está conformado por cadenas de ciclos, totalmente interconectados, los cuales son el objeto de estudio de diversas disciplinas. En este momento, prácticamente todas las disciplinas en mayor o en menor medida están comenzando a preocuparse por el estado actual y futuro de los ecosistemas.

Con la llegada de los plaguicidas, el Control Biológico en el Caribe, igual que en otras áreas, fue prácticamente olvidado. Sin embargo, los muchos efectos adversos de los plaguicidas y el fracaso en el control de muchas plagas han provocado que tengamos que volver a las viejas prácticas de control. (Cruz, 1996)

Los investigadores y técnicos en agricultura se están enfrentado a uno de los mayores retos de los últimos años, el de encontrar alternativas al bromuro de metilo para controlar plagas y enfermedades de las plantas. La alternativa que se proponga debe tener eficacia similar a este producto, poco impacto sobre el medio ambiente, ser económica y socialmente viable, características que no han sido hasta ahora exigidas a ningún otro pesticida.

El bromuro de metilo es un biocida que destaca por su amplio espectro de acción frente a los patógenos de los vegetales, así como su alta efectividad en cuanto a penetración y difusión en el suelo, incluso en aquellos que presentan contenidos de humedad y temperatura altos.

Sin embargo, el bromuro de metilo no se retiene en su totalidad en el suelo, sino que del 50 % al 95 % pasa en forma de emisiones gaseosas a la estratósfera, donde se liberan átomos de bromo que reaccionan con el ozono y otras moléculas estables que contienen cloro, dando lugar a una reacción en cadena que contribuye a la disminución de la capa de ozono, incrementando la emisión de rayos ultravioletas con los consecuentes riesgos para la salud y el medio ambiente. (Bello, 2000a)

El objetivo general del trabajo consistió en evaluar la eficiencia de alternativas ecológicas para el control de nematodos *Meloidogyne* spp. en casas de cultivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La Empresa de Cítricos “Capitán Tomás” dedica 2,22 ha de su extensión territorial a la producción de hortalizas (tomate, pepino, pimiento, melón, col, entre otras) en condiciones de casas de cultivos protegidos. Estas últimas presentan un suelo ferralítico amarillento lixiviado, típico, cuarcítico, según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández et al., 1999). El mismo tiene un pH de 6-6,5, con un contenido de materia orgánica entre 1 % y 2 %, de perfil ABC; con horizonte A pardo, horizonte B amarillento y horizonte C que puede tener tonalidades amarillo-rojizas. Es un suelo de textura ligera en la superficie y se hace más pesado en la profundidad. Su productividad varía en dependencia de la topografía.

Las alternativas empleadas en nuestra investigación para el control de *Meloidogyne* spp. fueron las siguientes: melaza de caña de azúcar, *T. virides* (Cepa C-66), mezcla de gallinaza + aserrín a diferentes combinaciones y el bromuro de metilo como testigo. Las dosis de aplicación evaluadas en cada caso se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1. Dosis de aplicación evaluadas por cada alternativa**

Alternativas	UM	Dosis		
		6	8	10
Melaza	L/ha	6	8	10
<i>T. virides cepa C-66</i>	Kg/ha	8	9	10
Gallinaza + Aserrín	Kg/túnel	378 + 252	315 + 315	252 + 378
Bromuro de Metilo	g/m <sup>2</sup>	50		

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar, con tres réplicas para cada tratamiento.

En la tabla 2 se relaciona el número de aplicaciones en cada alternativa y la frecuencia con que se realizaron las mismas. Es importante aclarar que en cada aplicación se consideran las tres dosis establecidas para cada alternativa.

Se realizaron tres muestreos, el primero se efectuó antes de iniciarse las aplicaciones y los dos restantes a los 45 y 80 días después de comenzar las aplicaciones de las diferentes dosis de cada alternativa.

Tabla 2. Planificación de las aplicaciones realizadas en las diferentes alternativas

Alternativas	Número aplicación	Frecuencia aplicación
Melaza	5	Cada 28 días
<i>T. virides</i> , cepa C-66	12	Semanal
Gallinaza + Aserín	1	Durante la preparación de suelo
Testigo	1	Durante la preparación de suelo

Las muestras fueron tomadas de la forma siguiente: se dividieron los túneles utilizados (9), en cuatro cuadrantes de igual área y cada uno de estos a su vez se dividió en cuatro partes en forma de “Bandera Inglesa”, siguiendo las diagonales de cada uno, para tener mayor representatividad en el muestreo, de cada triángulo formado por las diagonales, se tomaron muestras de suelo de cinco puntos diferentes. Seguidamente, las muestras de suelo tomadas se depositaron en una bolsa de polietileno y se procedió a revolver, agitando el depósito de un lado a otro, buscando la forma de homogenizar la representatividad de la muestra, esto se realizó en cada uno de los cuatro cuadrantes estudiados. Las muestras de suelo fueron tomadas a una profundidad de 0 a 25 cm.

Se tomó un embudo de vidrio de paredes lisas, con un pedazo de malla abierta con una abertura superior a 2 mm de diámetro se hace una cazuela, la cual se inserta en el embudo. Sobre la malla se coloca una toalla facial o papel “kleenex” doblado. Sobre el papel, se depositaron 50 g de suelo procedente de la muestra homogenizada. El suelo se dispersa formando una capa delgada. Se llena el embudo con agua hasta que haga contacto con la base inferior de la malla. Los nematodos pasan a través del papel y se reúnen en el tubo de goma colocado al embudo, los cuales se sacan después de transcurridas 24 h, abriendo la llave de pinza que mantiene cerrado el tubo de goma y dejando que salgan unos 5 mL de agua, los cuales se acumulan en un frasco de vidrio [Fitopatología 2°, (00/01)].

De cada frasco conteniendo nematodos (5 mL), como se explicó anteriormente, se extrajo, mediante una jeringuilla hipodérmica, 1 mL y se depositó en un contador de Peters. Una vez hecho el conteo, se determinó la población total de nematodos vivos y muertos, en la muestra analizada, por cada uno de los triángulos de los cuadrantes.

Fórmula empleada para el cálculo de la eficiencia de los tratamientos (CIBA- GEIGY, 1981).

$$\% \text{ Efic} = \left( \frac{Vi - Vf}{Vi} \right) * 100$$

Donde: **Vi** – Valor antes del tratamiento y **Vf** - Valor después del tratamiento.

Para realizar el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa informático SPSS versión 10.0 en inglés para Windows.

Como resultado de los muestreos realizados, se contabilizaron la cantidad de nematodos encontrados en cada tratamiento para determinar la eficiencia de su control. A dicha eficiencia se le realizó una transformación de los datos, para normalizar la distribución de estos y poder aplicar posteriormente un análisis de varianza simple. La transformación realizada fue el arcoseno de los valores porcentuales, comprobando posteriormente la normalidad de la distribución por las pruebas de Lilliefors y Shapiro Wilk. Se calcularon las medias de los valores transformados de la eficiencia de los tratamientos, realizándose un análisis de varianza simple y un Test de Duncan al 5 % para determinar la significación entre los tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se muestra el comportamiento general de la eficiencia de los productos orgánicos a los cuales recurrimos en nuestra investigación, observándose que los de mejores resultados fueron los tratamiento con *T. virides* sobre el resto de los tratamientos empleados, incluyendo al bromuro de metilo, el cual no se considera debido a que la población final se comportó superior a la población inicial, ya que al decir de Bello *et al.* (1995 y 1996) y la FAO (2005), el bromuro de metilo es un producto

químico que al ponerse en contacto con la atmósfera se gasifica, convirtiéndose en un gas sumamente tóxico, capaz de eliminar toda la vida que pueda existir en la superficie tratada, pero cuando se retira la manta de nylon esos gases desaparecen rápidamente, incorporándose a la atmósfera en pocas horas, por lo que tiene un bajo efecto residual, quedando expuesto el sustrato a nuevas infecciones motivado por una cuarentena interna deficiente en los túneles, además al eliminar todo tipo de vida en el sustrato, este demora un periodo de tiempo relativamente largo en recuperar los niveles de población microbiana que tenía antes de las aplicaciones, lo cual contribuye al aumento de la población de nematodos agalladores, donde (Bello et al. 1999 y 2000) al mismo tiempo que se incrementan los nematodos saprófagos y demás microorganismos, mejoran las características del suelo y la nutrición de la planta, elevando su resistencia al ataque de nematodos agalladores.

En la tabla 3 se puede percibir que el mayor valor medio de eficiencia fue el de *T. virides* con una dosis de 9 kg/ha, presentando sus resultados diferencias significativas con el resto de los tratamientos, incluyendo al bromuro de metilo. Estos resultados no coinciden con los obtenidos por DNSV (2001), pues ellos recomiendan en su experiencia la utilización de este hongo con una dosis de 8 kg/ha, lo cual debe estar motivado porque los suelos donde ellos llevaron a cabo su investigación tenían mayor por ciento de materia orgánica, elemento fundamental para el desarrollo de las colonias del hongo en el suelo.

En la misma tabla se puede apreciar que los restantes tratamientos de *T. virides* (8 y 10 kg/ha) y gallinaza + aserrín (378 + 252 kg/ha), fueron los que siguieron en cuanto a niveles de eficiencia se refiere, no existiendo significación entre ellos y sí con el resto de los tratamientos, ya que como hemos explicado *T. virides* es un hongo que habita en el suelo y puede actuar sobre diversos agentes fitoparásitos, debido a su elevada efectividad antagónica e hiperparasítica, por lo que son capaces de destruir las células y alimentarse del contenido

de estas, aumentando sus niveles de colonización en la medida que existen nematodos para nutrirse y materia orgánica, por su parte la proporción de gallinaza + aserrín (378 - 252 kg/ha), brindó un resultado similar al anteriormente analizado, existiendo una relación más efectiva entre ambos productos mezclados en las condiciones de nuestra investigación, pues la aplicación de productos orgánicos favorece la multiplicación de organismos benéficos, aumenta las poblaciones de los depredadores naturales de nematodos y permite que se regenere el suelo, fortaleciendo así la sanidad y vigor de las plantas. (INIA, 2004)

Por último podemos considerar tabla 3 que el tratamiento de menor eficiencia fue el de 6 L/ha de melaza, alcanzando valores medios de 0,420, con diferencias significativas con el resto de los tratamientos, lo cual nos permite afirmar que esta dosis ejerció un efecto poco esquilante en el desarrollo poblacional de los nematodos.

Podemos afirmar que esta investigación ayuda en la búsqueda de soluciones para el control de nematodos del género *Meloidogyne* de manera poco agresiva al ecosistema, reduciendo las poblaciones de este tipo de plagas en nuestras plantaciones de cultivos protegidos y estableciendo vías sostenibles para reducir y posteriormente eliminar las aplicaciones de productos químicos, los cuales causan efectos deletéreos sobre el medio ambiente.

Hay que destacar que los productos químicos aplicados en la prevención y el control de nematodos, tienen un alto costo en el mercado internacional, comparados con los productos biológicos de producción nacional. Tal es así que, considerando las dosis establecidas como resultado de nuestra investigación, para cada alternativa no química evaluada, se reducen los costos de aplicación en \$ 240 CUC aproximadamente (ver tabla 4). Teniendo en cuenta estos criterios estableceremos una comparación para determinar el efecto económico de las aplicaciones.

El producto químico aplicado para la desinfección del suelo fue el bromuro de metilo

y el mismo tiene un valor para tratar un túnel de \$ 107,10 CUC (dosis de 50 g/m<sup>2</sup>), la aplicación de este producto se realiza antes del trasplante de las posturas y solo una vez.

Además, el resto de los gastos se valoran en \$201,77 CUC, los cuales quedan distribuidos de la forma siguiente: uso de medios de protección para el personal que labora en estas actividades, se estima en \$ 66,25 CUC por persona; las mangueras en \$ 44,52 CUC y la carpa de nylon para cubrir el suelo en \$ 91,00 CUC.

Por su parte el kilogramo de *T. viride* tiene un valor de \$ 8,95 MN, realizándose lo que se recomienda en este trabajo, en un túnel que tiene un área de 0,09 ha, con una dosis de 9 kg/ha, se utilizarían 0,81 kg/ Túnel, lo que conlleva a un gasto de \$ 87,00 MN para realizar una aplicación semanal durante tres meses. Por concepto de transportación se gastan \$ 7,50 CUC y por salario del trabajador \$ 4,20 MN.

Por su parte el litro de melaza tiene un valor de \$ 0,61 MN, y según nuestros resultados, recomendamos una dosis de 10 L/ha, por lo que una sola aplicación reportaría un gasto por concepto del producto a aplicar de \$ 6,10 MN; y teniendo en cuenta que se le debe realizar una aplicación mensual, para el caso del cultivo del tomate que fue el tomado como referencia se le realizan 5 aplicaciones, lo que da un gasto final de \$ 30,50 MN. Por concepto de transportación se alcanza un gasto de \$ 15,00 CUC y por salario de \$ 10,55 MN.

En el caso de la gallinaza y el aserrín, son productos que el único gasto se lo debemos atribuir a la transportación del producto, con un valor de \$ 7,50 CUC, al salario de los trabajadores por concepto de la confección del compostaje en montones y a la hora de aplicarlo (\$ 37,50 MN), realizándose una sola aplicación de esta mezcla, después de la

**Tabla 3. Eficiencia de los productos orgánicos utilizados**

Productos	Medias (Transformadas)	Significación
Melaza (8 l/ha)	0,329	d
Melaza (8 l/ha)	0,678	cd
Melaza (10 l/ha)	0,675	cd
<i>Trichoderma</i> (8 kg/ha)	0,944	b
<i>Trichoderma</i> (9 kg/ha)	1,041	a
<i>Trichoderma</i> (10 kg/ha)	0,995	ab
Gallinaza + Aserrín (378+252 kg/túnel)	0,773	bc
Gallinaza + Aserrín (315+315 kg/túnel)	0,591	cd
Gallinaza + Aserrín (252+378 kg/túnel)	0,628	cd

**Tabla 4. Costos de los productos por aplicación y número de estas**

Productos	Número aplicaciones	Gasto Total/ Aplicación		Gasto Total / No. Aplicaciones	
		MN	CUC	MN	CUC
<i>Melaza</i>	5	11,10	15,00	55,5	15,00
<i>T. virides</i>	12	11,45	7,50	87,00	45,00
<i>Gallinaza + Aserrín</i>	1	37,50	7,50	37,50	7,50
Bromuro de Metilo	1	0.00	308,87	0.00	308,87

\* El valor de los gastos fue calculado en función de las dosis recomendadas y el número de aplicaciones, pero considerando el área de una casa de cultivo (0,09 ha).

primera labor de aradura, lo cual conlleva a un gasto final por túnel de \$ 7,50 CUC y \$ 37,50 MN.

Además, desde el punto de vista productivo, realizamos el análisis de los rendimientos del tomate en los suelos donde se aplicaron las alternativas propuestas a la dosis recomendada, comparándolos con los rendimientos obtenidos con la aplicación del bromuro de metilo, obteniendo un incremento de 10,2 t/ha, lo que permite ingresar \$32094,3 MN por hectárea de cosecha. Beneficio que puede ser superior considerando las pérdidas por calidad de las producciones obtenidas. (Tabla 5)

El empleo de alternativas orgánicas hace posible reducir a valores mínimos las poblaciones de nematodos en los suelos sin

ocasionar desequilibrio en el ecosistema agrario y agotamiento de la capa de ozono, la cual es dañada constantemente por el uso de químicos. Además, se utilizan desechos orgánicos como el aserrín de pino, que alcanza altos volúmenes de producción en todo el país, y su acumulación puede convertirse en un problema ecológico, pues provoca la contaminación de las aguas y actúa como centro de cría de vectores.

Con nuestro resultado se establecen alternativas no químicas que reducen al mínimo los daños a la salud de los productores y humanizan su trabajo, pues se evitan algunas labores que son necesarias realizar cuando utilizan productos químicos. Además, se logra un incremento de la producción de hortalizas para la alimentación.

**Tabla 5. Resumen sobre la valoración productiva**

<b>Producción de Tomate/Cosecha en las Casas de Cultivos</b>		
<b>Variantes de Control de Nematodos</b>	<b>Rendimiento t/ha</b>	<b>Valor (\$/ha)</b>
Bromuro de Metilo	40,9	128691,9
Alternativas Propuestas	51,1	160786,2
<b>Variación</b>	<b>10,2</b>	<b>32094,3</b>

## CONCLUSIONES

1. La alternativa que mayores niveles de eficiencia registró fue *T. virides* (Cepa C-66).
2. El tratamiento con melaza a una dosis de 6 L/ha alcanzó los niveles más bajos de eficiencia entre las alternativas ecológicas evaluadas.
3. Al finalizar el último muestreo, todos los tratamientos evaluados registraron mejores niveles de eficiencia que el bromuro de metilo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bello, A.; M. Escuer y M. A. Pastrana: "Nematodos fitoparásitos de la alcachofa". *Horticultura*, pp. 165, 535-538, 1995.

2. Bello, A., *et al.*: Ecología del suelo y su interés agronómico en el control de nematodos, IV Congreso de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, Lérida, España, pp. 39-344, 1996.

3. Bello, A. *et al.*: Bio-fumigation and local resources as methyl bromide alternatives. *Abstracts 3<sup>rd</sup> International Workshop "Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries, 7-10 December, Heraclion, Creta, Grecia, p. 17, 1999.*

4. Bello, A. *et al.*: Biofumigation and organic amendments. *Regional Workshop on Methyl Bromide Alternatives for North Africa and Southern European Countries*, United Nations Environment Programme (UNEP), Francia, pp. 113-141, 2000.

5. Bello, A.; J. A. López y L. Díaz: Biofumigación y solarización como alternativas al bromuro de metilo. Dpto Agroecología, CCMA, CSIC. Disponible en:

<http://www.geoscopio.com/empresas/aecientificos/intereshtml/biofumigacion/solarizacion,2000a>.

6. Cruz, C.: Control Biológico de Plagas en la Zona del Caribe, Departamento de Protección de Cultivos, Colegio de Ciencias Agrícolas Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico 00680, 1996.

7. FAO: Rome, FDA, Letter to Igene Biotechnology, Inc. CDFA Registration Packet, 13 pp (in press), 2005

8. INIA: Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura, 2004.

Recibido: 15/12/2009

Aceptado: 20/03/2010