

IMPACTO DE LA BIOFUMIGACIÓN Y MATERIALES ORGÁNICOS EN LA RECUPERACION DE VIÑEDO INFESTADO CON NEMATODOS AGALLEROS

IMPACT OF BIOFUMIGATION AND ORGANIC MATERIALS ON RECOVERY OF ONE VINEYARD INFESTED WITH ROOT KNOT NEMATODES

Mayra G. Rodríguez H.*, Luisa P. Díaz-Viruliche**, Dainé Hernández O.**, Jorge Hernández***, Roberto Enrique R.*, Lucila Gómez G.*, Ileana Miranda C.*, Ligia Carolina Rosales**** y Zoraida Suárez H.****

*Investigadores. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Dirección de Protección de Plantas. Mayabeque, Cuba.

**Profesora e Ingeniera. Universidad Agraria de La Habana (UNAH). Facultad de Agronomía.

Mayabeque, Cuba. ***Licenciado en Economía y Productor de uva de mesa. Finca Jorge. Artemisa. Cuba.

**** Investigadoras. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas - Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP). Laboratorio de Nematología. Aragua, Venezuela.

Correo electrónico: mrguez@censa.edu.cu

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la factibilidad de ejecutar el manejo de *Meloidogyne* en vid, *Vitis vinifera* L., con biofumigación y materiales orgánicos existentes en Cuba, se ejecutó este estudio durante 3 años (2006-2008). Se establecieron cuatro áreas en el campo, en tres se alternó biofumigación con mezcla de follaje fresco de *Cannavalia ensiformis* L. + *Azadirachta indica* (A. Juss.) + estiércol de cerdo y materiales orgánicos como cachaza curada y estiércol de gallina, así como un área testigo (donde el productor utilizó fertilización química con N-P-K). Se cuantificó el índice de agallamiento (ÍA), el número de juveniles infestivos (J_2) en suelo al inicio de cada ciclo de cosecha y luego de aplicar cada tratamiento. Se determinaron las características físico-químicas del suelo al inicio y al final del estudio y se cuantificaron los rendimientos ($t\ ha^{-1}$) en las tres cosechas. En las parcelas donde se utilizó la biofumigación y materiales orgánicos, los IÁ y el número de J_2 disminuyeron, en el primer caso, el IA de cinco a dos y los juveniles descendieron de 9-12 $J_2\ 5\ g\ de\ suelo^{-1}$ a 4-5 $J_2\ 5\ g\ de\ suelo^{-1}$. Los rendimientos aumentaron en las áreas tratadas y la testigo fue demolida al final del estudio por mermas en los rendimientos y las afectaciones por nematodos. Se logró mejorar las condiciones sanitarias, las características físico-químicas del suelo y la recuperación del viñedo en las áreas tratadas, como una demostración al productor de las posibilidades del uso de la biofumigación y los materiales orgánicos en este cultivo en Cuba.

Palabras Clave: *Vitis vinifera*; *Meloidogyne* spp.; *Cannavalia ensiformis*; *Azadirachta indica*; biofumigación; Cuba.

SUMMARY

In order to determine the feasibility of implementing the management of *Meloidogyne* in grapevine, *Vitis vinifera* L., with biofumigation and organic materials existing from Cuba, this study was carried out for 3 years. Four areas were established in the field in three biofumigation alternated with fresh foliage mixture *Cannavalia ensiformis* L. + *Azadirachta indica* (A. Juss.) + Pig manure and organic materials such as rum and cured chicken manure as well as a control area (where the producer used chemical fertilizer NPK). After applying each treatment (2006-2008) was quantified galling index (GI) and the number of infestive juveniles (J_2) in soil at the beginning of each harvest cycle. Were determined physicochemical characteristics of the soil at the beginning and end of the study and quantified yields ($t\ ha^{-1}$) in the three crops. In plots where we used biofumigation and organic materials decreased the GI and the number of J_2 , in the first case the GI of five to two and fell to 9-12 juveniles $J_2\ 5\ g\ of\ soil^{-1}$ to 4-5 $J_2\ 5\ g\ of\ soil^{-1}$. Yields increased in the treated areas and the test plot was demolished at the end of the study by declines in the extent and the effects caused by nematodes. It was possible to improve health conditions, physical and chemical characteristics of the soil and vines recovery in the treated areas, as a demonstration to the producer of the possibilities of using Biofumigation and organic materials in this crop in Cuba.

Key Words: *Vitis vinifera*; *Meloidogyne* spp.; *Cannavalia ensiformis*; *Azadirachta indica*; biofumigation; Cuba.

INTRODUCCIÓN

La vid, *Vitis vinifera* L., es uno de los frutales afectados por nematodos formadores de agallas, *Meloidogyne* spp. (Brown *et al.*, 1993) y aunque se sabe que el efecto de estos parásitos en el crecimiento y productividad de la vid están influenciados por diversos factores (Nicol *et al.*, 1999), se ha informado que son capaces de producir deterioro de las raíces, mermas en la fotosíntesis y los rendimientos, así como el acortamiento de la vida útil de las plantaciones (Muñoz y González, 1999; Anwar y Van Gundy, 1989; Melakeberhan y Ferris, 1989).

En Cuba, este frutal constituye un rubro en desarrollo, principalmente por el sector campesino (Fé *et al.*, 2001), conociéndose poco acerca de las alternativas de manejo que podrían aplicarse para mitigar el impacto negativo de esta plaga, común en los suelos del país (Fernández *et al.*, 1998) y presente en la vid y otros frutales (Hernández *et al.*, 2006), pues, no había sido un cultivo priorizado en la política agraria del país. No obstante, a inicio del siglo XXI, en el Programa Nacional de Frutales, se estableció el desarrollo de este cultivo para la sustitución de importaciones de fruta fresca y jugos para su consumo directo o la producción de vinos (Fé *et al.*, 2001).

La biofumigación, constituye una alternativa muy efectiva para el manejo de poblaciones de nematodos en diversos cultivos (Matthiessen y Kirkegaard, 2006; Bello *et al.*, 2004; Díaz-Viruliche, 2000) y pudiera convertirse en una táctica de manejo a emplear por los viticultores cubanos. Sin embargo, su efectividad en las condiciones de Cuba y la posibilidad de emplear materiales disponibles en el país no ha sido evaluada.

Según Matthiessen y Kirkegaard (2006), el concepto de biofumigación lo establecieron a inicios del año 1990, conceptualizado como término para definir el efecto supresivo de las especies de *Brassica* sobre organismos dañinos, específicamente a través de la liberación de isotiocianatos a partir de la hidrólisis de los productos glucosinolados que caracterizan a esta familia botánica. Con posterioridad, el concepto fue adoptado para definir “la acción de sustancias volátiles producidas en la biodegradación de materiales orgánicos en el control de patógenos de plantas” (Bello *et al.*, 2001).

Se planteó que diversos materiales orgánicos pueden actuar como biofumigantes, dependiendo su eficacia, principalmente, del tipo a utilizar (relación C/N), la dosis empleada y el método de aplicación, entre otros (Piedra-Buena *et al.*, 2006; Blatta, 2002; Díaz-Viruliche,

2000; Bello, 1997), determinándose experimentalmente que numerosos restos vegetales y desechos industriales poseen potencial, entre ellos estiércoles de ovinos, de aves y materiales como: *Melia azederach* L., *Calotropis procera* (Ait) R. Br., *Ricinus communis* L., *Azadirachta indica* A. Juss, *Zea mays* L., *Brassica nigra* L., *Cannavalia ensiformis* (L.) P.D.C., residuos de olivo (*Olea europea* L.), *Tagetes* spp., *Brassica* spp.; *Brassica oleracea* var. *capitata* L. y vinazas (Castro-Lizazo *et al.*, 2011; Castro-Lizazo, 2010; Ploeg, 2008; Gómez, 2007; Bello *et al.*, 2003; Díaz-Viruliche, 2000), entre otros.

Las posibilidades para el desarrollo de la técnica de biofumigación son tan diversas como los tipos de materiales orgánicos o productos disponibles (Bello, 1997). En las condiciones de Cuba se conocen resultados positivos en la producción protegida de hortalizas (Gómez, 2007), siendo necesario evaluar productos o desechos para su uso efectivo en la vid, estudio que podría dotar a los viticultores de elementos para la incorporación de esta práctica en el manejo de este frutal no tradicional.

El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de la biofumigación y diferentes materiales orgánicos disponibles en el manejo de *Meloidogyne* spp. y la recuperación - producción de la vid, como parte del programa de Transferencias de Tecnologías que ejecuta este colectivo de trabajo a través del proceso de investigación-innovación con productores.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue ejecutada en la finca “Jorge” propiedad de la familia Hernández-Ochandía, ubicada en el municipio Güira de Melena, Provincia Artemisa (Cuba), en el período 2006 - 2008. La misma limita por el norte, este y sur con la finca “Las Ninfas” y al oeste con la carretera “Buena Esperanza”, con un suelo ferralítico rojo (Hernández *et al.*, 1975).

Dentro de la finca, el área afectada de 2 ha plantada con 6 000 vides, variedad “Aramond” (marco de plantación 1 x 1,50 m) de unos 21 años, presentaba a inicio del 2006 un marcado deterioro; siendo evaluada la demolición por parte de su dueño.

El equipo de Nematología Agrícola compuesto por personal del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) y de la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), desarrollaron un análisis inicial donde se determinó que las afectaciones se debían al parasitismo

de los nematodos formadores de agallas *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita*, *M. javanica* y *M. sp.* (Rodríguez *et al.*, 2011).

El viñedo bajo estudio fue dividido en cuatro bloques; en las áreas uno, dos y tres se alternaron los tratamientos con materiales orgánicos (Cuadro 1). En el área cuatro el productor utilizó como fuente de nutrientes fertilizante químico (N-P-K: 17-9-4), a razón de 2 t ha⁻¹, aplicadas antes de la floración (siguiendo su esquema tradicional de trabajo en la finca).

CUADRO 1. Representación esquemática del diseño experimental empleado en el viñedo Finca “Jorge”, Güira de Melena (Cuba), del estudio de biofumigación y materiales orgánicos para el manejo de *Meloidogyne spp.*

Áreas	Períodos en que se aplicaron los tratamientos					
	2006		2007		2008	
	enero	abril	enero	abril	enero	abril
1	A	C	C	A	C	C
2	B	A	A	B	A	A
3	C	B	B	C	B	B
4		D		D		-

Tratamientos: A) Cachaza curada; B) Biofumigación empleando mezcla de canavalia (*C. ensiformis*) + neem (*A. indica*) + estiércol de cerdo; C) Gallinaza curada; D) Testigo sin tratamiento, donde se empleó fertilización química ((N-P-K: 17-9-4) a razón de 2 t ha⁻¹, una vez antes de la floración y potasio (0,2 t ha⁻¹) en fructificación; (-) indica que este bloque no se trató en el 2008.

Los materiales orgánicos empleados provenían de diversas fuentes: la cachaza se obtuvo cada año del central Manuel Fajardo (municipio Quivicán, Provincia Mayabeque) la cual era colocada a la sombra para su descomposición parcial durante 2 meses (proceso que los campesinos llaman “curación”); la gallinaza fue suministrada por la granja “La Buena Esperanza”, igualmente, se colocaba en proceso de curación antes de aplicarse.

Para la biofumigación se empleó follaje de neem (*A. indica*), transportado desde plantaciones extensivas en los

municipios Güines y Alquizar, mientras que la Canavalia (*C. ensiformis*) provino de Güira de Melena; ambos materiales se utilizaron frescos y se mezclaron con estiércol de cerdo, colectado en la propia finca. El proceso de biofumigación no utilizó plástico para cobertura de la superficie del suelo.

La evaluación de la técnica de biofumigación siguió el protocolo general descrito en la Figura 1.

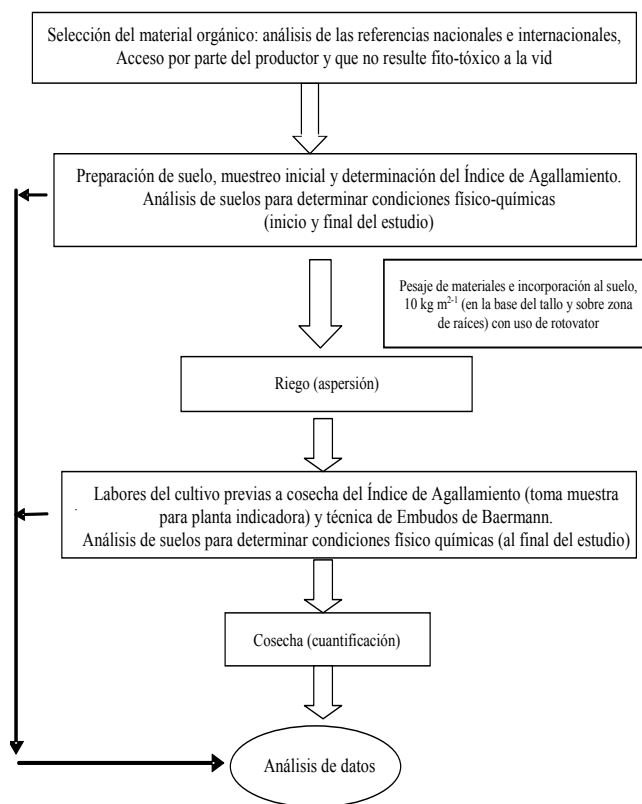


FIGURA 1. Protocolo general de aplicación y evaluación de biofumigación en la vid (adaptado de Díaz-Viruliche, 2000).

Las labores culturales fueron realizadas siguiendo el método tradicional de la familia, que incluye poda completa y limpieza del viñedo en el mes de diciembre de cada año, remoción del suelo con rotovator, aplicación de fertilizante en dos momentos: fórmula completa (N-P-K; 2 t ha⁻¹) al inicio de la floración y potasio (0,2 t ha⁻¹) cuando alrededor del 50% de las plantas ya poseían frutos bien formados.

Se efectuaron riegos frecuentes, tutorado o guía de los brotes sobre los parrales y espalderas. Posteriormente,

cuando las guías poseían 1,20-1,30 m, se despuntó y dejaron las guías vigorosas encargadas de producir. Se hicieron aplicaciones de productos fitosanitarios siguiendo lo indicado por Ríos (1991), para patógenos foliares y ácaros. Se cosechó cada año de forma manual, entre los meses de julio y agosto (aunque puede extenderse al mes de septiembre) y el traslado del producto se realizó en carretas hacia lugares con un clima adecuado para su conservación hasta la venta.

En el año 2006 se presentó un brote de chinches harinosas de la Familia Margarodidae (especie que no se determinó), plaga inusual en el cultivo, por lo cual se hicieron aplicaciones de nematodos entomopatógenos siguiendo las recomendaciones de Rodríguez *et al.* (1997) lográndose su control.

Con el objetivo de evaluar la efectividad de los tratamientos sobre las poblaciones de *Meloidogyne* spp., se tomaron muestras de suelo y raíces siguiendo un método estratificado al azar (Barker, 1985), donde de cada estrato o área se tomaron 10 muestras compuestas (cada muestra recogía raíces y suelo de cinco plantas) que se etiquetaron y trasladaron al Laboratorio de Nematología Agrícola del CENSA.

Las muestras se tomaron al inicio del estudio (enero 2006 en período posterior a la poda y antes de aplicar el primer material), consecutivamente, antes y después del tratamiento con materiales orgánicos, extrayendo en el mismo momento muestras del testigo. El procesamiento de las mismas se ejecutó a través de métodos indirectos (McSorley, 1987), determinando el índice de agallamiento (ÍA) a través de bioensayo con plantas indicadoras (Barker, 1985) de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y madama (*Impatiens balsamina* L.).

La evaluación del IÁ se llevó a cabo en las plantas indicadoras (10 réplicas por área) que fueron evaluadas a los 35 d de plantadas, utilizando para ello la escala cuantitativa de 0 a 5 grados de Taylor y Sasser (1978), donde: grado 0= 0 agallas u ootecas; 1=1-2 agallas o masas de huevos; 2=3 a 10; 3=11 a 30; 4=31 a 100 y 5= más de 100 agallas u ootecas.sistema radical⁻¹.

Para estimar estadios juveniles infestivos (J_2) en el suelo, se procesaron las muestras a través del Método de Embudos de Baermann, 5 g de suelo embudo⁻¹ (Bezooijen, 2006), después del segundo tratamiento realizado en el mes de abril de cada año. Los recobrados fueron examinados con la ayuda de un microscopio estereoscópico.

Los datos del IÁ fueron transformados según la expresión de $\sqrt{x + 0,5}$. Los valores de ambos parámetros (IÁ transformados y número de J_2) fueron sometidos a un análisis de varianza simple (ANOVA) y la diferencia entre las medias se determinó a través de la dócima de Rango Múltiple de Duncan (SAS, Versión 9.0).

Para determinar el efecto de las aplicaciones de materiales orgánicos en el suelo y demostrar al productor las bondades de la práctica, se ejecutó la caracterización del suelo de las áreas 1, 2, y 3 en el año 2006, posteriormente en el 2009, utilizando los métodos analíticos recomendados por Paneque y Calaña (2000), determinándose:

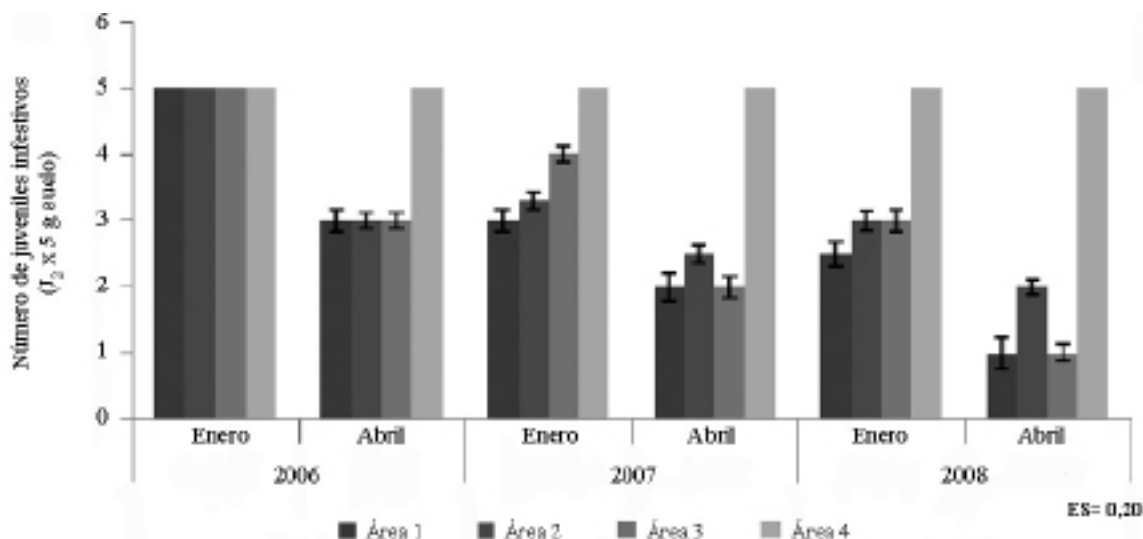
- pH en H₂O: Potenciometría. Relación suelo-solución 1:2,5.
- Materia orgánica: Walkley y Black (%).
- N asimilable (kg ha⁻¹).
- P₂O₅: Oniani (mg kg⁻¹).
- Cationes intercambiables: extracción con NH₄AC 1 mol l⁻¹ a pH=7 y determinación por compexometría, Mg y K (fotometría de llama; cmol kg⁻¹).

Al trabajar en un área productiva, la evaluación de los rendimientos se ejecutó como lo solicitó el productor, donde se valoraron las áreas 1, 2 y 3 como un dato único en cada año. Los datos se graficaron utilizando el programa EXCEL, Microsoft Office, 2007. En el caso de la cosecha del verano 2008, solo se pudo cuantificar el inicio o “despunte” (julio-agosto), pues, el país y la zona en particular recibió el impacto del huracán “Ike” categoría 5, cuyos vientos hicieron caer las frutas por completo.

Los rendimientos del área 4 solo fueron cuantificados por el productor en los años 2006 - 2007 y demolió el área antes de la cosecha 2008 por considerar no rentable su explotación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la biofumigación y materia orgánica (MO) sobre las poblaciones de *Meloidogyne* spp., en la vid: el IÁ provocado por *Meloidogyne* spp. disminuyó significativamente por la acción de los tratamientos, indicativo del efecto supresor provocado por los materiales orgánicos empleados sobre las poblaciones de suelo, llegando a disminuir en las plantas indicadoras el IÁ de grado 5 (en las áreas al inicio del estudio) a menos de 2 en 3 años de tratamiento (Figura 2), mientras que en el área testigo, fertilizado con fórmula completa (N-P-K) se mantuvo alta la población de *Meloidogyne* spp. (IÁ=5) durante todo el estudio.



ÍA: evaluado a través de escala cuantitativa de Taylor y Sasser (1978) donde: grado 0= 0 agallas u ootecas; 1=1-2 agallas o masas de huevos; 2=3 a 10; 3=11 a 30; 4=31 a 100 y 5= más de 100 agallas u ootecas.sistema radical¹.

FIGURA 2. Niveles poblacionales de *Meloidogyne* spp. en suelo del viñedo de la Finca “Jorge” (Cuba), con plantas indicadoras de *Solanum lycopersicum* e *Impaties balsamina* determinados antes y después de aplicar materiales orgánicos y/o la táctica de biofumigación.

La disminución de la población de nematodos en las áreas tratadas con materiales orgánicos (en forma de biofumigantes o como enmiendas al suelo) se fue produciendo paulatinamente, pues ellas representan medidas de manejo que minimizan los daños en el cultivo, pero no los eliminan en un corto período de tiempo.

A pesar de los resultados obtenidos en el ÍA de las áreas tratadas con relación al testigo, entre ciclos de aplicaciones se producía un ligero incremento de estos valores, lo que evidenció la conveniencia de que el programa trazado de hacer aplicaciones anuales, contribuyó a mantener lo más bajo posible las poblaciones de la plaga.

Por otra parte, el número de J₂ de *Meloidogyne* spp. (estadios infestivos en el suelo), disminuyeron en el suelo de 9-12 J₂ 5 g de suelo⁻¹ (al inicio del estudio) a 4-5 J₂ 5 g de suelo⁻¹. Las diferencias exhibidas fueron significativas en cada uno de los años del estudio, con los menores valores finales en el área 2, donde la población inicial fue 9 J₂ 5 g de suelo⁻¹ (Figura 3).

En el área 1, donde el nivel inicial de J₂ fue el más alto, el uso de cachaza y gallinaza curadas provocaron también disminuciones importantes de *Meloidogyne* spp. No obstante, los resultados más significativos se produjeron en las áreas dos y tres, donde se alternaron

los tratamientos de biofumigación y el uso de materiales orgánicos curados (con niveles de descomposición), lo que sugiere que estas alternativas pueden ser empleadas por los productores, sin ser necesario el uso reiterado de biofumigación, que implica el uso de materiales frescos.

El efecto supresor de los materiales orgánicos sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos fue reportado por numerosos autores (Castro-Lizazo, 2011; Ploeg, 2008; Lazarovits *et al.*, 2001; Bridge, 1996; D’Addabbo, 1995). Estos materiales utilizados en la biofumigación o incorporados al suelo (para descomposición lenta), afectan a los nematodos por acción directa o por favorecer el incremento de organismos antagonistas contenidos en los suelos (Gómez *et al.*, 2006; Bello *et al.*, 2004; Hoitink y Boehm, 1999; D’Addabbo, 1995).

En el caso particular de los materiales empleados en este estudio (neem, canavalia y excretas de cerdo) se conoce que poseen efecto supresor sobre los nematodos, así por ejemplo, el neem y sus productos (comerciales) han sido evaluados y utilizados en condiciones semi-controladas y áreas de producción en diversos países (Silva y Pereira, 2008; Javed *et al.*, 2007; Gómez *et al.*, 2006; Berkelaar, 2002). Por su parte, similar efecto producen la gallinaza y otros estiércoles (Viaene *et al.*, 2006; Bello *et al.*, 2004;).

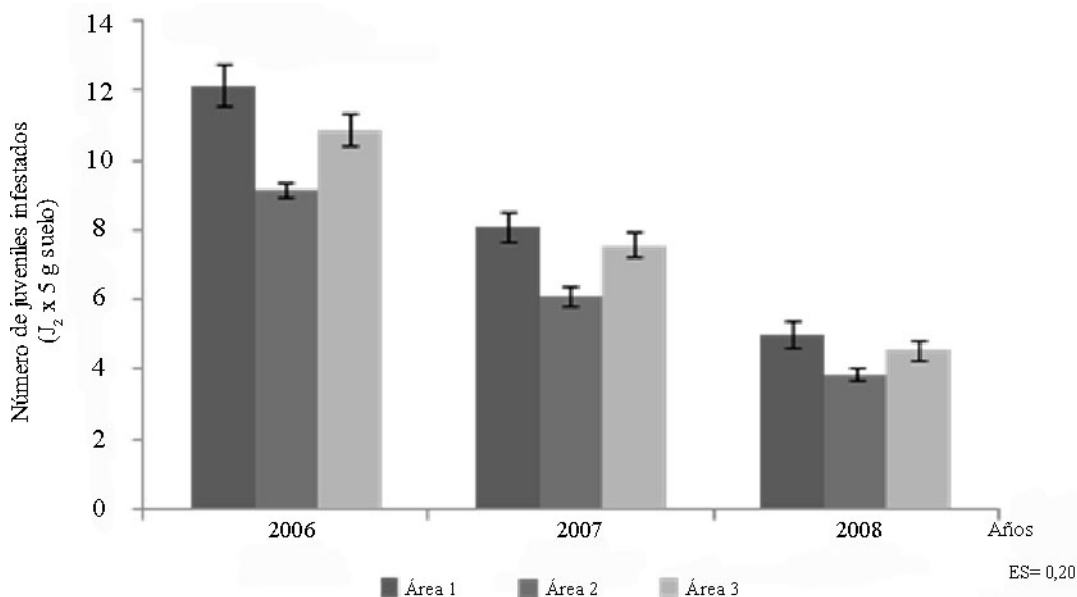


FIGURA 3. Disminución de poblaciones de juveniles de *Meloidogyne* spp. en el suelo de áreas tratadas con biofumigación y/o materiales orgánicos en el viñedo.

La cachaza o torta de filtro (uso directo o compostada) se empleó con éxito en el manejo de *Meloidogyne* spp. en instalaciones de producción protegida de hortalizas en Cuba (Pérez *et al.*, 2004); en Venezuela se comprobó su efecto benéfico sobre árboles de guayabo que crecían en suelos infestados con *M. incognita* (Marín *et al.*, 2004). Este co-producto es utilizado ampliamente en Cuba para mejorar la estructura de los suelos (Treto *et al.*, 2001), pero su uso en el mejoramiento de la sanidad de los mismos aún es bajo, en comparación con la disponibilidad de este material en un país productor de azúcar de caña y que genera miles de toneladas de cachaza al año.

El análisis de la literatura disponible evidenció que la biofumigación ha sido poco explotada a nivel de campo en el cultivo de la vid a escala internacional, y en el caso de Cuba resulta nula la experiencia al respecto. Arancon *et al.* (2003) determinaron que las poblaciones de nematodos fitoparásitos en suelos de vid tratados con vermicompost eran menores que donde se utilizó fertilizantes inorgánicos, mientras Bello (1997) y Bello *et al.* (2004) establecieron la efectividad de la biofumigación en viñedos de España en el manejo de *Xiphinema index* y *M. incognita*. Por su parte, se evaluó en Chile a nivel de invernaderos los materiales orgánicos para el manejo de *M. ethiopica* en la vid (Rivera y Aballay, 2008).

Los materiales orgánicos (con algún grado de descomposición o en la técnica de biofumigación, donde se emplean

frescos o con ligera-nula descomposición) poseen efecto negativo sobre las poblaciones de nematodos, pero se reconoce que es una práctica costosa, porque se requieren altos volúmenes por hectárea (Noling y Becker, 1994). En el caso de este estudio, los volúmenes manejados de materiales estuvieron alrededor de 100 t ha⁻¹, cuyo costo fue deducido de las ventas de fruta y el productor obtuvo un margen de ganancia importante (cifra no declarada por el dueño), lo que le conllevó a reconocer la importancia del uso de estos materiales en el manejo del viñedo.

Efecto de la biofumigación y materiales orgánicos sobre las características físico-químicas del suelo y los rendimientos de la vid

La caracterización del suelo del viñedo en diciembre 2005 y después de 3 años de tratamientos no químicos en las parcelas seleccionadas (abril 2008), evidenció que la incorporación de materia orgánica conllevó a un aumento de los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P), Potasio (K), magnesio (mg) y al porcentaje de materiales orgánicos del suelo en el viñedo (Cuadro 2).

Dicho suelo es clasificado en Cuba como Ferralítico rojo típico, asís, Bennett y Allison (1961) informaron que a una profundidad de 0 a 15 cm, este tipo de suelo poseía 32 mg kg⁻¹ de MgO, 38 mg kg⁻¹ de K₂O, 34 mg kg⁻¹ de P₂O₅, 20 kg ha⁻¹ de N y 4,74% MO.

CUADRO 2. Incremento en valores de macro / micro elementos y materia orgánica en el suelo de las parcelas tratadas con biofumigación y/o materiales orgánicos, en el viñedo de la Finca “Jorge”, Güira de Melena (Cuba).

Profundidad de toma de muestra	Valores del análisis efectuado en el 2005				
	MgO (mg kg ⁻¹)	K ₂ O (mg kg ⁻¹)	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	N (kg ha ⁻¹)	MO (%)
0-15cm	10	20	25	18	2,35
Profundidad de toma de muestra	Valores del análisis efectuado en el 2009				
	MgO (mg kg ⁻¹)	K ₂ O (mg kg ⁻¹)	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	N (kg ha ⁻¹)	MO (%)
0-15cm	20	26	30	20	4,02

Cuando se produjo el primer análisis del suelo en el año 2005, se puso de manifiesto que había una disminución en los tenores de óxido de magnesio (MgO), K y P con relación a los expresados en la literatura cubana (Bennett y Allison, 1961). Sin embargo, dichos valores experimentaron un incremento entre los años 2006 y 2009, llegando en el caso del N, a igualarse al valor característico del tipo de suelo referido por dichos autores.

En el caso del contenido de MO, su disminución en el suelo pudo estar relacionada con el tipo de manejo al que fue sometido este viñedo, donde durante varios años el productor no realizó prácticas conservacionistas, como la aplicación de abonos orgánicos, restos de cosecha, entre otros; por lo cual el porcentaje de MO bajó a 2,35%.

El uso intensivo de fertilizantes sintéticos, la salida del mercado y del registro de plaguicidas autorizados en Cuba del Bromuro de Metilo, así como la nula disponibilidad de nematicidas por varios años, condujeron al estado crítico del viñedo de la finca “Jorge” (Güira de Melena), lo que resultó en la demolición del área tratada de forma tradicional, donde el productor hacía aplicaciones de fertilizantes sintéticos.

Al respecto, Hoitink y Boehm (1999) expresaron que los avances en la agricultura logrados a partir de inicios del siglo XX, que incluyeron la introducción de los fertilizantes sintéticos inorgánicos y fungicidas, las variedades resistentes, con prácticas culturales avanzadas, permitieron a los agricultores romper el vínculo entre las enmiendas orgánicas y la fertilidad del suelo, ocasionando que subproductos tipo abonos se vieran

como desechos y no como valiosos recursos. Asimismo, indicaron que en el suelo la MO se mineralizó con el tiempo, la estructura declinó y numerosas enfermedades causadas por patógenos habitantes, eventualmente se desarrollaron con proporciones epidémicas.

Con la aplicación de la biofumigación, se originó en esta investigación un incremento de la MO de 1,67%, lo que evidenció una evolución positiva en la recuperación del suelo por el manejo aplicado.

Un factor de primer orden a considerar para el adecuado mantenimiento de las condiciones de fertilidad de los suelos es la MO y su importancia radica en la acción que ejerce sobre las propiedades físicas, las condiciones de nutrición (Treto *et al.*, 2001) y en la actividad microbiana (Hoitink y Boehm, 1999), donde indudablemente está incluida la presencia de microorganismos antagonistas a los nematodos.

La importancia de la MO del suelo ha sido reconocida ampliamente por los agricultores; el proceso de incorporación de residuos de cultivos y abonos de origen animal, es tan antiguo como la propia agricultura. Se conoce que la adición de tales materiales induce a un mejoramiento invariable en el crecimiento de las plantas, al tener un efecto positivo en su nutrición (Stirling, 1991), lo que estará relacionado con los rendimientos del cultivo.

En este estudio se produjo una recuperación progresiva de la zona del viñedo tratada con biofumigación y materiales orgánicos (Figura 4) y un aumento paulatino de los rendimientos (t ha⁻¹).

Los rendimientos de las áreas tratadas mostraron un aumento en el verano de 2007 que representó más del doble con relación a los obtenidos en el primer año. En las tres cosechas los rendimientos de las parcelas tratadas fueron muy superiores a los exhibidos por el testigo (Figura 5), aún cuando en la cosecha 2008-2009 se produjo la afectación del Huracán Ike, el pronóstico era excelente, donde a inicios de la maduración se había obtenido más del 50% de la producción total obtenida el año anterior.

La mejora del rendimiento en presencia de los nematodos es posible por el incremento de los niveles de nutrientes y agua, lo que compensa parcialmente el daño que causan en las raíces, lo cual se logra entre otras alternativas, con aplicaciones de materiales orgánicos al suelo, como los abonos verdes, estiércoles de pollo, neem, desechos de la industria azucarera, entre otros (Bridge, 1987), lo que indudablemente se puso de manifiesto en este estudio.



Año 2006: plantas de vid con defoliación marcada y floración casi nula; año 2007: la emisión de hojas abundantes en el período de floración/fructificación y en la base de los tallos restos de los materiales orgánicos aplicados; año 2008: abundante follaje y fructificación en los tratamientos donde se aplicaron biofumigación y/o materiales orgánicos.

FIGURA 4. Imágenes de la evolución que se produjo en las parcelas que recibieron tratamiento con materiales orgánicos y/o biofumigación en el viñedo de la Finca “Jorge”, Güira de Melena, Artemisa (Cuba).

No obstante, y aun cuando los rendimientos alcanzados en el viñedo están lejanos a los volúmenes alcanzados en el 2000 (23 t ha⁻¹ en uva en parral y 15 t ha⁻¹ en espaldera) demostrado por Fé *et al.* (2001), el productor valoró en extremo positivo la recuperación paulatina de

los volúmenes productivos, reconsiderando su decisión de demoler el mismo, aspecto que tendría un impacto, al ser el viñedo un patrimonio de la familia Hernández-Ochandía, plantado por su padre, más de 20 años atrás.

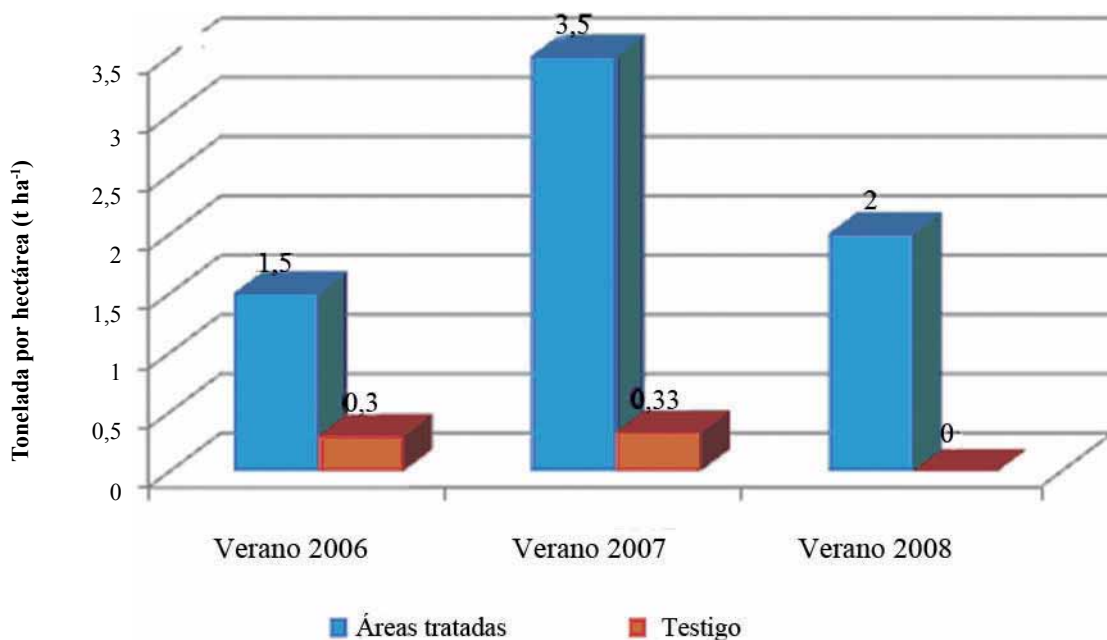


FIGURA 5. Comportamiento de los rendimientos de la vid (frutas frescas) en las áreas tratadas (biofumigación y materiales orgánicos) y el testigo (finca “Jorge”, Güira de Melena, Artemisa. Cuba).

A partir de los resultados positivos de este estudio, la valoración positiva del productor acerca del uso de materiales orgánicos y la rentabilidad del proceso, donde los gastos por concepto de adquisición, transporte y aplicación de los materiales fue compensado ampliamente con los altos rendimientos obtenidos y las ventas de la fruta en el mercado, se ha incluido la práctica en el programa de manejo del viñedo, la que representa área de referencia para este cultivo en Cuba (Fé *et al.*, 2001).

Se pretende promover la capacitación de productores de uva de mesa en la región occidental del país, teniendo como base la experiencia adquirida en el trabajo de investigación-innovación con el productor, el que propició una apropiación adecuada de la tecnología.

Como punto culminante de esta etapa de trabajo, el equipo cubano-venezolano evaluó los indicadores para determinar el impacto en estos 3 años de estudio.

Indicadores económicos:

- Se produjo un aumento los rendimientos de 1,5 t ha⁻¹ en la cosecha del 2006 a 3,5 t ha⁻¹ al año 2007.

Indicadores tecnológicos:

- El productor incorporó una nueva tecnología a su programa de manejo del viñedo e introdujo el uso de insumos de origen nacional.
- La finca experimentó un ascenso en las fases del desarrollo agroecológico de 1 (agricultura tipo revolución verde) a 2 (sustitución de insumos).

Indicadores ambientales:

- Se produjo la sustitución de productos de síntesis química por materiales orgánicos, lo que sin duda significa una disminución de la carga tóxica en la finca.
- Introducción de enmiendas y prácticas de conservación, que permitieron el incremento del porcentaje de MO del suelo y por ende el aumento de su fertilidad.

Indicadores sociales:

- El productor y su familia recibieron capacitación y elevaron su eficiencia en el manejo de la finca.

- Se elaboraron materiales divulgativos, que se han empleado en la capacitación de otros productores de La Habana, Cuba.

CONCLUSIÓN

- La biofumigación y el uso de materiales orgánicos disponibles para los productores de Güira de Melena (Cuba) resultó una práctica efectiva en el manejo de los nematodos formadores de agallas, contribuyendo a la recuperación de las características físico-químicas del suelo, la salud y los rendimientos de la vid (Aramond); por lo que puede constituirse en una alternativa en el programa de manejo de este cultivo en desarrollo del país.

AGRADECIMIENTO

A la familia Hernández-Ochandía, por las facilidades ofrecidas durante los 3 años de ejecución de la investigación, así como a la técnico Lidia López Perdomo por su apoyo en el procesamiento de muestras. Al Departamento de Suelos y Agroquímica de la UNAH por la colaboración en los análisis de suelo y al Profesor José Luis Durán por su invaluable ayuda en la interpretación de los resultados. Igualmente, a los especialistas y editores de la revista *Agronomía Tropical* por la minuciosa revisión del artículo y sus valiosas sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Anwar, S. A. and S. D. Van Gundy. 1989. Influence of four nematodes on root and shoot growth parameters in grape. *Jour. Nematol.* 21:276-283.
- Arancon, N. Q., P. Galvis, C. Edwards and E. Yardim. 2003. The trophic diversity of nematode communities in soils treated with vermicompost. *Pedobiología* 47(5-6):736-740.
- Barker, K. R. 1985. Nematode extraction and bioassays. **In:** *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. Methodology. K. R. Barker; C.C. Carter; J. N. Sasser (Eds.) Dept. Plant Pathology and United State Agency for International Development. North Carolina State University 2:19-35.
- Bello A., M. Arias, J. A. López-Pérez, A. García-Álvarez, J. Fresno, M. Escuer, S. C. Arcos, A. Lacasa, R.

- Sanz, P. Gómez, M. A. Díez-Rojo, A. Piedra Buena, C. Goitia, J. L. de la Horra and C. Martínez. 2004. Biofumigation, fallow, and nematode management in vineyard replant. *NEMATROPICA* 34(1):53-64.
- Bello A., A. García, J. A. López-Pérez y L. Díaz-Viruliche. 2001. Fundamentos científicos de la biofumigación. *NEMATROPICA* 31(2):120-121.
- Bello, A. 1997. Biofumigation and integrated crop management. **In:** Alternatives to methyl bromide for the southern European Countries. Bello, A.; J. A. González; María Arias; R. Rodríguez-Kabana (Eds.). Gráficas Papallona S. C. V., Spain 99-126 pp.
- Bello, A., L. Díaz-Viruliche, J. A. López-Pérez y A. García Álvarez. 2003. Evaluación de nuevos biofumigantes. **In:** Biofumigación en agricultura extensiva de regadío. Bello, A., J. A. López-Pérez, A. García Álvarez (Eds.) Coedición de Fundación Ruralcaja Alicante y Ediciones Multiprensa, España 371-466 pp.
- Bennette, H. y J. Allison. 1961. Suelos de Cuba. Editora Pueblo y Educación, La Habana. Cuba 45-65 pp.
- Berkelaar, E. 2002. Métodos de manejo de nemátodos. *Rev Edn. Sesión Echo Notas de Desarrollo*. M. Price and D. Berkelaar (Eds.) (75):1-6.
- Bezooijen, J. van. 2006. Methods and techniques for nematology. Wageningen University 112 pp.
- Blatta, L. 2002. Organic material. Disponible en: <http://www.terralia.com/revista8/pagina16.htm>. [Consultado el 18/11/2007].
- Bridge, J. 1987. Control strategies in subsistence agriculture. **In:** Principles and practice of nematode control in crops. R. H. Brown and B. Kerry (Eds.) Academic Press 389-420 pp.
- Bridge, J. 1996. Nematode management in sustainable and subsistence agriculture. *Ann. Rev. Phytopathol* 34:201-225.
- Brown, D. J. F., A. Dalmasso and D. L. Trudgill. 1993. Nematode pest of soft fruits and vines. En: Plant parasitic nematodes in temperate agriculture. K. Evans, D. L. Trudgill, J. M. Webster (Eds.). CAB International 427-462 pp.
- Castro-Lizazo, I. 2010. Biodesinfección de suelos en relación con la diversidad en hortalizas y platanera. Tesis para optar al grado de Doctor Ingeniero Agrónomo. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad de Almería, España 282 p.
- Castro-Lizazo, I., M. A. Díez-Rojo, J. A. López-Pérez, L. Díaz-Viruliche y A. Bello. 2011. Biodesinfección de suelos en la producción ecológica. Dossier Sociedad Española de Agricultura Ecológica. 1ª Edición 56 p.
- D'Addabbo, T. 1995. The nematicidal effect of organic amendments: a review of literature, 1982 - 1994. *Nematol. Mediterranea* 23:299-305.
- Díaz-Viruliche, L. P. 2000. Interés fitotécnico de la biofumigación en los suelos cultivados. Tesis para optar al grado de Doctor Ingeniero Agrónomo. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid, España 500 p.
- Fé, C. de la, O. Hernández, J. Palacios y E. González. 2001. Desarrollo del cultivo de la vid en el sector campesino-cooperativo del occidente de Cuba. *Rev. Cultivos Tropicales* 22(4):43-49.
- Fernández, E., M. Pérez, H. Gandarilla, R. Vázquez, M. Fernández, M. Paneque, O. Acosta, M. Basterrechea y R. Cuadra. 1998. Guía para disminuir infestaciones de *Meloidogyne* spp., mediante el empleo de cultivos no susceptibles. *Boletín Técnico, Sanidad Vegetal* 4(4):1-18.
- Gómez, L. 2007. Diagnóstico de nematodos agalleros y prácticas agronómicas para el manejo de *Meloidogyne incognita* en la producción protegida de hortalizas. Tesis en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana. Cuba 100 p.
- Gómez, L., M. G. Rodríguez, L. Díaz-Viruliche, E. González y F. Wagner. 2006. Evaluación de materiales orgánicos para la biofumigación en instalaciones de cultivos protegidos para el manejo de *Meloidogyne incognita*. *Rev. Protección Veg.* 21(3):178-185.
- Hernández, A., J. M. Pérez y W. Ascanio. 1975. II Clasificación genética de los suelos de Cuba. *Agricultura*, enero-junio 47-63.
- Hernández, R., G. del Vallín y D. Hernández. 2006. Diagnóstico de fitonematodos en suelos de cultivos frutales. *Fitosanidad* 10(4):261-264.

- Hoitink, H. A. J. and M. J. Boehm. 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon. *Annu. Rev. Phytopathol* 37:427-446.
- Javed, N., S. R. Gowen, M. Inam-ul-Haq, K. Abdullah and F. Shahina. 2007. Systemic and persistent effect of neem (*Azadirachta indica*) formulations against root-knot nematodes, *Meloidogyne javanica* and their storage life. *Crop Protection* 26:911-916.
- Lazarovits, G., M. Tenuta and K. L. Conn. 2001. Organic amendments as a disease control strategy for soil borne diseases of high-values agricultural crops. *Australasian Plant Pathol* 30:111-117.
- Marín, M., A. Casassa-Padrón, E. Pérez-Pérez, C. González-Palmar, D. Chirinos, C. González y L. Sandoval. 2004. Enmiendas orgánicas para la recuperación de árboles de guayabo (*Psidium guajava* L.) infestados con *Meloidogyne incognita*. I. Variación de características fenológicas. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 21 Supl. 1:129-136.
- Matthiessen, J. and J. Kirkegaard. 2006. Biofumigation and enhanced biodegradation: opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. *Critical Revie. Plant Scien* 25(3):235-265.
- McSorley, R. 1987. Extraction of nematodes and sampling methods. **In:** Principles and practice of nematode control in crops. R. H. Brown and B. Kerry (Eds.) Academic Press 13-47 pp.
- Melakeberhan, H. and H. Ferris. 1989. Impact of *Meloidogyne incognita* on physiological efficiency of *Vitis vinifera*. *Jour. Nematology* 21:74-80.
- Muñoz, I. y H. González. 1999. Uso de portainjertos en vides para vino: aspectos generales. *Informativo La Platina* N° 6. 4 p.
- Nicol, J. M., G. R. Stirling, B. J. Rose, P. May and R. Van Heeswijck. 1999. Impact of nematodes on grapevine growth and productivity: current knowledge and future directions, with special reference to Australian viticulture. *Australian Jour. Grape and Wine Res.* 5:109-127.
- Noling, J. W. and J. O. Becker. 1994. The challenge of research and extension to define and implement alternatives to methyl-bromide. *J. Nematol* 26:573-586.
- Paneque, V. M. y J. M. Calaña. 2000. Manual de técnicas analíticas para suelo, foliar y fertilizantes químicos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. 72 p.
- Pérez, A. L., J. Gutiérrez y Y. Delgado. 2004. Manejo integrado para el control de nematodos en cultivos protegidos. Ponencia presentada al Fórum de Ciencia y Técnica. Grupo Empresarial Agropecuario del Ministerio del Interior de la República de Cuba. (Informe técnico inédito) 8 p.
- Piedra-Buena, A., A. García-Álvarez, M. A. Díez-Rojo and A. Bello. 2006. Use of crop residues for the control of *Meloidogyne incognita* under laboratory conditions. *Pest Manag. Sci.* 62:919-926.
- Ploeg, A. 2008. Biofumigation to manage plant-parasitic nematodes. **In:** Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes. A. Ciancio y K. G. Mukerji (Eds.). Springer. The Netherlands 239-248 pp.
- Ríos, F. 1991. Manual para la protección de la vid. Bayer México S. A. 105 p.
- Rivera, L. and E. Aballay. 2008. Nematicide effect of various organic soil amendments on *Meloidogyne ethiopica* Whitehead, 1968, on potted vine plants. *Chilean Jour. Agricultural Res.* 68(3):290-296.
- Rodríguez I., M. G. Rodríguez, L. Sánchez y M. A. Martínez. 1997. Efectividad de *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditidae: Heteroderidae) sobre chinches harinosas del cafeto (Homoptera: Pseudococcidae). *Rev. Protección Veg.* 12 (2):119-122.
- Rodríguez, M. G., D. Hernández, R. Enrique, L. Gómez, L. Díaz-Viruliche y B. Peteira. 2011. Sintomatología y especies de *Meloidogyne* asociadas a vid (*Vitis vinifera* L. cv. Aramond) en Güira de Melena, Artemisa. *Rev. Protección Veg.* 26(2):111-117.
- SAS Institute Inc. 2002. *Statistic Analysis Software. Version 9.0.* Cary, NC. USA.
- Silva, G. S. e A. L. Pereira. 2008. Efeito da incorporação de folhas de nim ao solo sobre o complexo *Fusarium* x *Meloidogyne* em Quiabeiro. *Summa Phytopathol, Botucatu* 34(4):368-370.
- Stirling, G. R. 1991. Conservation and enhancement of naturally occurring antagonists and the role of

- organic matter. **In:** Biological control of plant parasitic nematodes: Progress, problems and prospects. C.A.B. International. Printed by redwood press Ltd, Melksham UK. 166-185 pp.
- Taylor, A. L. and J. N. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh. North Carolina State Univ. Graphics 111 p.
- Treto, E., M. García, R. Martínez-Viera y J. M. Febles. 2001. Avances en el manejo de los suelos y la nutrición orgánica. **In:** Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible. F. Funes; L. García; M. Bouque; N. Pérez; P. Rosset (Eds.). Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales Cuba, 167-190 pp.
- Viaene, N., D. Coyne and B. Ferry. 2006. Biological and cultural management. **In:** Plant Nematology. Perry, R. and Moens, M. (Eds.). CABI, UK. 346-369 pp.