

Solarización y biofumigación como alternativas para el tratamiento de suelos en Tercer Frente¹

Délira Navarro-Ocaña*, Pascual Caro-Cayado* y Maritza Idilia Rodríguez-Castro*

Resumen

La siguiente experiencia se realizó tomando en consideración el alto porcentaje de afectación por nemátodos y arvenses en el territorio de Tercer Frente, entre febrero y agosto de 2010, en un área situada a 150 msnm de la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao, con el objetivo de determinar la efectividad de métodos alternativos de desinfección de suelos contra arvenses y nemátodos. Se establecieron un testigo y tres tratamientos de experimentación: solarización en cantero, biofumigación con materia orgánica fresca y biosolarización en cantero. La efectividad de los tratamientos se determinó para nemátodos (población en suelo, antes y después de tratamientos) y arvenses (10 muestreos para determinar frecuencia y abundancia de especies, según criterio de Simón (2001)). Se concluyó que los tratamientos solarización en cantero y biosolarización en cantero mostraron alta efectividad en el control de la nematofauna del suelo, al disminuir de grado 2 a 0. Los muestreos de arvenses denotaron mayor incidencia de estas en el tratamiento testigo, mayor frecuencia de aparición de las especies *Cyperus rotundus* L. y *Cynodon dactylon* L. (Pers.), mientras que la primera de estas resultó la más abundante.

Palabras clave: solarización, biofumigación, nematofauna, suelos.

Abstract

The following experience was carried out, taking in consideration the high percentage of affectation for nematodes and weeds in the territory of Tercer Frente; between the months of February and August of the 2010, in an area located to 150 msnm of the Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao, with the objective of determining the effectiveness of alternative methods of disinfection of soils against weeds and nematodes. A witness and three experimentation treatments settled down: Solarization in stonemason, Biofumigation with fresh organic matter and Biosolarization in stonemason. The effectiveness of the treatments was determined for nematodes (population in soil, before and after treatments) and weeds (10 samplings to determine frequency and abundance of species, according to approach of Simón, 2001). It concluded that the treatments: Solarization in stonemason and Biosolarization in stonemason showed high effectiveness in the control of the nematofauna of the soil, when diminishing from degree 2 to 0. The weeds samplings denoted bigger incidence of these in the treatment Witness; bigger frequency of appearance of the species *Cyperus rotundus* L. and *Cynodon dactylon* L. (Pers.); while the first one of these was the most abundant.

Key words: solarization, biofumigation, nematofauna, soils.

¹ Recibido: 20/5/2011

Aprobado: 2/11/2011

* Estación Experimental Agro-Forestal UCTB Tercer Frente, Santiago de Cuba. beneficio2@tercerfrente.inaf.co.cu

Introducción

Las enfermedades del suelo constituyen uno de los principales problemas para la mayoría de los cultivos, pues una vez que estas se establecen en un área resulta muy difícil su erradicación.

En el municipio de Tercer Frente, de la provincia de Santiago de Cuba, la infestación por nemátodos constituye una de las principales problemáticas en los suelos; de ahí la necesidad de emplear sustratos libres de ellos debido a los graves daños que causan al cultivo.

Para la producción de posturas es vital la desinfección del suelo u otro sustrato utilizado para el llenado de las bolsas o bandejas con el objetivo de evitar que el mismo esté contaminado con estas enfermedades (De Almeida, 2005).

El principal método de desinfección de suelo es la fumigación con productos químicos, pero estos pueden contribuir con residuos contaminando el ambiente y al agricultor (Alemania BASF, s.a.).

Nivia (1997) y Cebolla y Vicent (2004) refieren el tradicional método de tratamiento que representaba la fumigación de los suelos con bromuro de metilo como plaguicida que controla un amplio espectro de plagas, incluyendo patógenos, insectos y nemátodos. Su uso y producción fue regulado por el Protocolo de Montreal en 1987 y se eliminó por completo en 1992, por ser un poderoso destructor de la capa de ozono y por el consiguiente aumento en la radiación ultravioleta (UV-B) que ello provoca (Del Huerto-Colombo, 2008). Ello no solo afecta los principales ecosistemas naturales, sino también los cultivos y animales domésticos de los cuales vive el ser humano. Resulta además un fuerte contaminante de las aguas superficiales y subterráneas que causa la muerte no solo de las plagas, sino también de los organismos benéficos.

Otra posibilidad es la utilización de vapor de agua, pero ello puede provocar reacciones indeseables en los suelos. Además de estas desventajas, los métodos citados poseen un costo elevado y eliminan la mayor parte de los microorganismos presentes, causando un "vacío biológico" que destruye el equilibrio natural entre los organismos del suelo, y puede provocar que este sea rápidamente colonizado por microorganismos perjudiciales para las plantas.

Los métodos que se encuentran bastante generalizados, fundamentalmente en los países desarrollados,

son la solarización y la biofumigación (Nivia, 1997). La solarización consiste en cubrir el suelo húmedo con una lámina de polietileno transparente y mantenerlo bajo estas condiciones durante dos o tres meses, haciendo esta operación durante los meses más calientes. Los patógenos del suelo y las malezas son eliminados del suelo debido a que se mantiene una temperatura en torno a los 40 °C, lo que permite obtener este resultado, dado que esta cámara actúa como un invernadero. Otros autores señalan que adicionalmente se incrementa la disponibilidad de nitrógeno y otros nutrientes esenciales (Fernández, 2000), y que su efecto sobre el control de malezas resulta muy reconocido mundialmente (Cebolla, y Vicent, 2004; Gatita y Arnaude de Ch., 2005 y Del Huerto-Colombo, 2008).

La biofumigación, por su parte, se define como "la acción de las sustancias volátiles producidas en la biodescomposición de la materia orgánica en el control de los patógenos de las plantas" (Inisav, 2007). Según Bello y Tello (1998), la eficacia de este método es similar a la de los plaguicidas convencionales.

Una combinación de ambos métodos (solarización y biofumigación) es la biosolarización, pero para esto el nailon debe mantenerse solamente un mes. García-Morató (2002) refiere que la biosolarización es eficaz para el control de nemátodos y hongos.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar la efectividad de la solarización, biofumigación y biosolarización contra nemátodos y arvenses en suelos de Tercer Frente.

Materiales y métodos

La experiencia se realizó entre febrero y agosto de 2009 en un área situada en la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao a 150 msnm.

Se realizó un muestreo inicial del suelo que arrojó grado 2 de infestación por nemátodos, el cual, según recomienda la metodología propuesta por la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal, es permisible, una vez tratado, para la utilización de suelos en viveros de café. Se detectó además la presencia de *Rotylenchus* sp., un semiendo-parásito que resulta el más importante en los suelos del sur de la India debido a que se hace prácticamente imposible su control.

Se establecieron para la realización de la experiencia los siguientes tratamientos:

- Solarización en cantero.
- Biofumigación con materia orgánica fresca (rastros de vegetación arvenses).
- Biosolarización en cantero.
- Testigo.

Descripción de los tratamientos

1. *La solarización en cantero*: consistió en la creación de un cantero de tierra, previamente analizada en su grado nematológico, con una dimensión de 1,20 m de ancho por 10,00 m de largo y una altura de 0,15-0,20 m. El mismo se mantuvo por un período de dos a tres meses bajo los efectos de la insolación natural y tapado por una lámina de nailon transparente.
2. *Biofumigación con materia orgánica fresca*: (rastros de vegetación arvenses o pulpa de café). Se hicieron en el suelo 40 huecos de 0,30 m de profundidad por 0,40 m de ancho, los que se llenaron con restos vegetales, consistentes en rastros de malezas y paja de caña durante dos semanas, tiempo durante el cual se mantuvieron tapados.
3. *Biosolarización en cantero*: se construyó un cantero que fue sometido a la solarización anteriormente expuesta, pero al que previamente se le incorporaron rastros de malezas y *Canavalia* sp. (fecha de corte: 4/3/2009) y con dimensiones similares al del primer tratamiento. Esta combinación se hace por dos meses, aprovechando los más cálidos, en los que la temperatura del suelo alcanza más de 50 °C.
4. *Testigo*: suelo en cantero de dimensiones similares al tratamiento 1, pero sin tratamiento alguno.

Determinación de la efectividad de los tratamientos

En nemátodos

Se determinó la población de nemátodos en el suelo, antes y después de someterlo a cada uno de los tratamientos, servicio que se realizó por el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal.

En arvenses

Se realizaron 10 muestreos por tratamiento para determinar la frecuencia y abundancia de las arvenses. Para ello se tomó en cuenta los criterios de Simón (2001), quien reportó estos indicadores entre los principales que caracterizan a una población y/o comunidad:

$$F = n_i/N$$

donde:

F: Frecuencia o equilibrio

n_i: Número total de muestras de la especie que se evaluó

N: Número total de individuos de la especie que se evaluó

Abundancia o riqueza = Número o distribución de individuos observados por área por unidad de área (dentro de una misma especie)

Se controlaron durante la experiencia las variables climáticas temperatura ambiente, temperatura máxima y temperatura de suelo (°C), humedad relativa (%), precipitaciones (mm) y días de lluvia.

Resultados y discusión

Efectividad de los tratamientos en nemátodos

Los resultados de la aplicación de la experiencia arrojaron lo siguiente: los tratamientos 1 (solarización en cantero) y 3 (biosolarización en cantero) mostraron alta efectividad en el control de la nematofauna del suelo, al disminuir de grado 2 a 0 (Fig. 1).

Los tratamientos de solarización en cantero y biosolarización en cantero mostraron un comportamiento similar al tratamiento de biofumigación con materia orgánica fresca, en los que la población final de nemátodos resultó con grado 0, lo que refuerza la efectividad demostrada por los tratamientos aplicados.

En cuanto al tratamiento testigo, los resultados mostraron que, aun con un mínimo de incidencia de la radiación solar, las poblaciones de nemátodos se redujeron de grado 2 a grado 1, con la presencia en todos los casos de nemátodos de los géneros *Meloidogyne incognita* en los suelos muestreados.

En una de las muestras correspondientes a julio de 2009, se detectó además la presencia de nemátodos del género *Meloidogyne mayaguensis*, parásito con elevadas facultades de sobrevivencia en ausencia total del hospedero, que permanece en estado de quiescencia, en el cual ocurre una disminución brusca de sus actividades metabólicas hasta niveles que lo hacen prácticamente indetectable, mientras espera a que las condiciones resulten favorables para su desarrollo, activando entonces nuevamente su metabolismo. Este nemátodo es además objeto de regulación cuarentenaria en la República de Cuba, según NC 70-07:1987, por lo que se sugiere que

ese suelo no debe ser empleado para la reproducción de ningún cultivo.

Nivia (1997) refiere como alternativas no químicas al tratamiento con bromuro de metilo, los métodos físicos como la solarización, con efectividad demostrada en varios cultivos de plantas perederas como frutas y hortalizas frescas, flores, plantas ornamentales, cultivos de raíces frescas y bulbos y cultivos de cobertura.

Otros autores como Cebolla y Vicent (2004) reportaron excelentes resultados con el empleo de la solarización después de su aplicación por más de seis semanas seguidas de tratamiento.

Díaz, Bello y López (2008), por su parte, demuestran que mediante la utilización de esta técnica tradicional se recupera el suelo y tienden a equilibrarse algunas de las características químicas y biológicas del mismo, lo que permite a su vez aumentar los rendimientos del cultivo de forma sana. Este último resultado también fue corroborado por Del Huerto-Colombo (2008), quien reporta

incrementos en un 70 % de las producciones un cultivo hortícola.

Se reportan también incrementos de la temperatura en suelos solarizados, con un 85 % de temperaturas mayores de 35 °C, las máximas de 53 °C a 0,10 m y 41 °C a 0,40 m, todo lo cual favorece la eliminación de la nematofauna en el suelo (Del Huerto-Colombo, 2008).

Esto se corresponde con el comportamiento de las principales variables del clima, en las que se observaron los mayores valores de las temperaturas, tanto ambiente como máxima y la del suelo entre junio y agosto, que se corresponden con los más cálidos del período veraniego en Cuba. Durante casi todo el período experimental se observaron elevados valores de humedad relativa en correspondencia con las mayores precipitaciones y días de lluvia, que propiciaron una elevada atmósfera interna en los canteros cubiertos (solarización y biosolarización), favorable a una más alta evaporación y esterilización de los suelos (Fig. 1).

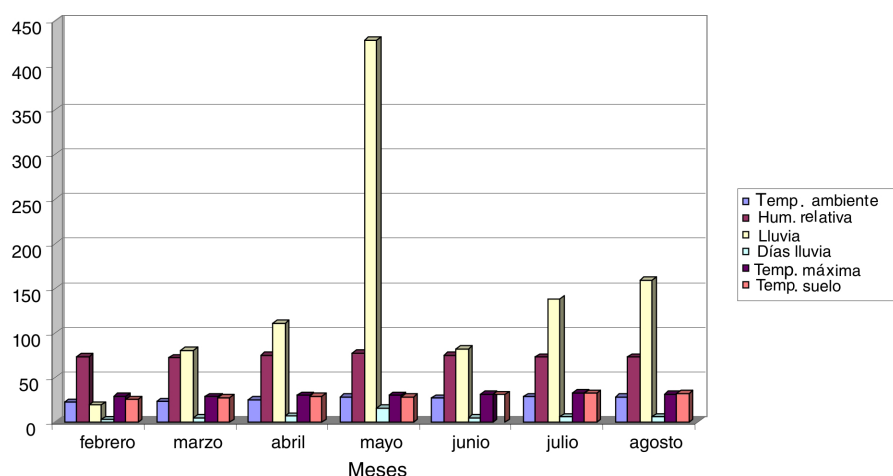


Fig. 1. Comportamiento de las principales variables del clima durante el período experimental

De manera general, el control de las variables climáticas durante la experiencia mostró estabilidad en el comportamiento entre los meses para casi todas las variables evaluadas (humedad relativa, temperatura ambiente, temperatura máxima y temperatura de suelo), excepto para las precipitaciones en agosto, que mostraron valores por encima de los 420 mm, en el mayor período de días de lluvia (16).

Efectividad de los tratamientos en arvenses

Los muestreos de arvenses por tratamiento denotaron mayor incidencia de las mismas en el tratamiento testigo (4), en donde se comprobó la presencia de hasta 120 ejemplares de 10 especies diferentes de malezas, seis de ellas reportadas entre las más nocivas y difíciles de controlar en cultivos vegetales (Gatita y Arnaude de Ch., 2005; Del Huerto-Colombo, 2008 y Cebolla y Vicent, 2004).

Al determinar los indicadores de frecuencia y abundancia de las especies *Cynodon dactylon* L. (Pers.) (N.V: hierba de las arvenses, denotaron mayor frecuencia de aparición de España) y *Cyperus rotundus* L. (N.V: caramaná) (Tabla 1).

Tabla 1. Frecuencia de especies evaluadas en tratamiento testigo (%)

Especie	Nombre vulgar	Total de especímenes	Frecuencia (%)
<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers.	Pegapollo	1	0,1
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) M.S.	Lechosa	3	3,3
<i>Blechum pyramidatum</i> (Lam.) Urb.	Mazorquilla	2	5
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Caramaná	50	0,2
<i>Scoparia dulcis</i> L.	Orosús	2	5
<i>Desmodium canun</i> (Gmel.) S & T	Amor seco	1	0,1
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Bledo	1	0,1
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Gramma de caballo	1	0,1
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Hierba de España	57	0,2
<i>Diodia apiculata</i> (Willd.) K. Schum	Garro	2	5

La especie más abundante (Tabla 2) resultó la *Cynodon dactylon* L. (Pers.) (N.V: hierba España), mientras que resultó interesante el que esta misma especie entre todas las clasificadas presentó, en uno de los muestreos, el mayor número de representantes hallados (22).

Tabla 2. Abundancia de especies en tratamiento testigo

Especie	Nombre vulgar	Muestreo										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers.	Pegapollo									1		1
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) M.S.	Lechosa					1				2		3
<i>Blechum pyramidatum</i> (Lam.) Urb.	Mazorquilla					2						2
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Caramaná	21	7	7	1	10		1			3	50
<i>Scoparia dulcis</i> L.	Orosús										2	2
<i>Desmodium canun</i> (Gmel.) S. & T.	Amor seco								1			1
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Bledo		1									1
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Gramma de caballo						1					1
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Hierba de España		4	6	5	4		16	22			57
<i>Diodia apiculata</i> (Willd.)K. Schum	Garro									2		2
Total		21	12	13	6	17	1	17	23	5	5	120

En los tratamientos que incluyen la solarización (1 y 3), se presentaron de manera ocasional y fundamentalmente en los bordes, arvenses de *Cynodon dactylon* L. (Pers.) (N.V: hierba de España) y *Cyperus rotundus* L. (N.V: caramaná). Para el tratamiento de biofumigación (2) solo se observó incidencia, también muy ocasional, de la especie *Cyperus rotundus* L. (N.V: caramaná).

Estos resultados coinciden con los reportados por Gatita y Arnaude de Ch. (2005), quienes refieren en estudios con tratamientos solarizados, que este método disminuyó significativamente la densidad de ocho especies de malezas, tales como *Cyperus rotundus* L. y *Cynodon dactylon* L. (Pers.), y en algunos cultivos este control alcanza el 100 % de la densidad de ejemplares con respecto a los tratamientos no solarizados, lo cual sugiere que la solarización, producto a la influencia negativa de las elevadas temperaturas sobre el poder germinativo de las plantas, resulta eficaz en el control de estas. Del Huerto-Colombo reportó en suelos solarizados una incidencia del 98,7 % menor de malezas típicas, tales como *Cyperus rotundus* L. y *Cynodon dactylon* L. (Pers.).

Cebolla y Vicent (2004) refieren a la *Cyperus rotundus* L. como una de las hierbas más difíciles de combatir en huertos cuando llegan los meses de calor, registrándola como la maleza más agresiva en áreas tropicales y subtropicales. Entre las características de esta planta que favorecen este comportamiento, están el que sus bulbos o tubérculos tienen capacidad para brotar a profundidades de hasta 0,90 m y que es hospedera de nemátodos (*Meloidogyne exigua* y *Meloidogyne incognita*).

Conclusiones

- Los tratamientos alternativos de solarización en cantero y biosolarización en cantero mostraron alta efectividad en el control de la nematofauna del suelo, al disminuir de grado 2 a 0.
- Los muestreos de arvenses denotaron mayor incidencia de estas en el tratamiento testigo.
- Las especies de arvense *Cyperus rotundus* L. y *Cynodon dactylon* L. (Pers.) resultaron las de mayor frecuencia de aparición, mientras que la primera de estas resultó la más abundante.

Bibliografía

Alemania, BASF: Basamid Granulado. Desinfectante para suelos para combatir enfermedades provenientes del suelo, nematodos, insectos del suelo y malezas. 31 pp., s.a.

Almeida-Leal, M. A., de: Solarizador é alternativa barata e eficiente para a eliminação de patógenos do solo. *A Lavoura*, 46:46-49 Dezembro, 2005.

Bello, A. y J. Tello: El Bromuro de Metilo se suprime como fumigante del suelo. *Phytoma* España (101) agosto-septiembre:10-20, 1998.

Cebolla, V. y J. Vicent: Eficacia de la solarización con restos de *Brasita spp.* como alternativa a Bromuro de Metilo y otros fumigantes químicos. En: *V Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal. Programa Científico*. ISBN 959-246-137-6; La Habana, 24-28/mayo/2004.

Fernández, E.: Manejo integrado de nematodos en los cultivos tropicales. Selección de conferencias sobre manejo integrado de plagas. *Boletín Fitosanitario*, 6(2):114 pp., 2000.

García-Morató, M.: Eficacia y duración del control de nematodos-Fusarium en suelo hortícola mediante la biosolarización. En: *Memoria de actividades 2001. Resultados de ensayo hortícola*. Generalitat Valenciana, Caja rural, Valencia, 497-498, 2002.

Gatita, J. y Olga Arnaude de Ch.: Efecto de la solarización sobre el control de malezas en *Cucurbita pepo* L. y *Cucurbita sativus* L. En: *XVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas ALAM, Resúmenes*, ISBN 959-7164-74-4, 2005.

Huerto-Colombo, María del: La Solarización como alternativa al Bromuro de Metilo para desinfección de suelos hortícolas en el Noreste de Argentina. —En: *VI Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal*. ISBN 978-959-282-080-7., 22-26/septiembre/2008.

INISAV. Cuba: Sistemas de Manejo Integrado de plagas como alternativa al uso del Bromuro de Metilo en la producción de cultivos protegidos, flores y ornamentales en Cuba. *Boletín Fitosanitario*, 12: (1) 66pp., 2007.

NC 70-07: Agronomía y agricultura. Certificado fitosanitario de libre tránsito. — Ministerio de la Agricultura, La Habana: p.3, , 1987.

Nivia, Elsa: Bromuro de Metilo, si existen alternativas. *Agricultura Orgánica*, 3(2)2, 1997.

Díaz, Luisa; Bello, A. y A. López: Biofumigación: Una alternativa viable en la protección del medio ambiente. En: *VI Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal*. ISBN 978-959-282-080-7., 22-26/septiembre/2008.

Simón, Francisco: Evaluación de Indicadores de Impacto Ambiental que caracterizan una población o comunidad. En: *Curso de Postgrado Impacto Ambiental*. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, 2001.