

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DEL PRODUCTO VERMITROL EN EL CONTROL DEL NEMÁTODO AGALLADOR (*Meloidogyne incognita*) EN EL CULTIVO DE CACAO

BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF THE PRODUCT VERMITROL IN THE CONTROL OF AGALLER NEMATODE (*Meloidogyne incognita*) IN THE COCOA CULTIVATION

Antonio Muñoz-Santiago ¹

¹LIDAG, S.A. de C.V. Niza 3102 Col. Narvarte, Monterrey, N.L. México, C.P. 64830.

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con el objeto de evaluar la efectividad biológica y la posible fitotoxicidad del nematicida Vermitrol para el control del nemátodo agallador, *Meloidogyne incognita*, en el cultivo de cacao. Para el efecto, se evaluaron tres dosis de Vermitrol (3.0, 4.0 y 5.0 L/ha); un testigo regional, Namacur, (175 mL/ 10 L de agua), y un testigo absoluto. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. El tamaño de la unidad experimental fue el de un árbol de cacao con más de 8 años de edad.

Se efectuaron 2 aplicaciones, a los 0 y 60 días, vía *drench*, en un volumen de agua aproximado de 800 L/ha. Se realizaron una preevaluación y dos evaluaciones más, a los 60 y 75 DDI (días después del inicio). Las tres dosis evaluadas del nematicida Vermitrol alcanzaron el porcentaje de efectividad biológica requerido para plaguicidas botánicos; no obstante, en la última evaluación, las dosis media y alta registraron diferencias estadísticas significativas respecto de la dosis baja y del testigo absoluto. Ambas dosis tuvieron valores de efectividad superiores al 63%. En conclusión, se recomienda el uso del producto Vermitrol, en las dosis de 4.0 y 5.0 L/ha, aplicadas para el control del nemátodo agallador, *Meloidogyne incognita*, en el cultivo de cacao, con aplicación via *drench*, al momento de la aparición de la plaga, con un volumen aproximado de 800 L/ha, ya que, en la última evaluación, presentaron diferencia estadística significativa respecto de la dosis baja y del testigo absoluto, y expresaron porcentajes de efectividad biológica superiores a los establecidos por la normatividad vigente para plaguicidas botánicos.

Tras la aplicación de Vermitrol, el cultivo de cacao no mostró daños por fitotoxicidad.

Palabras clave: nematicida, cacao, efectividad biológica.

ABSTRACT

The present study was carried out in order to evaluate the biological effectiveness and phytotoxicity of the nematicide Vermitrol for the control of the *Meloidogyne incognita*, agaller nematode in the cocoa crop. Three doses of Vermitrol (3.0, 4.0 and 5.0 L / ha), a regional control, Namacur (175 mL / 10 L of water) and an absolute control were evaluated. We used a randomized block design with five treatments and four repetitions each. The size of the experimental unit was a cacao tree, more than 8 years of age.

Two applications were made at 0 and 60 days, via *drench*, in a water volume of approximately 800 L / ha. A pre-evaluation and two more evaluations were performed at 60 and 75 DAS (days after the start). The three doses evaluated of the Vermitrol nematicide reached the percentage of biological effectiveness required for botanical pesticides. However, the medium and high doses had significant statistical differences regarding the low dose and the absolute control during the last evaluation. Both doses had effectiveness values over 63%. In conclusion, the use of the Vermitrol product at the doses of 4.0 and 5.0 L / ha applied for the control of the *Meloidogyne incognita* nematode in cacao cultivation, with application via *drench* at the time of the appearance of the pest is recommended, in a volume of approximately 800 L / ha, since it presented significant statistical difference regarding the low dose and the absolute control during the last evaluation and expressed

percentages of biological effectiveness above those established by the current regulations for botanical pesticides. The cultivation of cocoa showed no damage by phytotoxicity after the application of Vermitrol.

Key words: Nematicide, cocoa, biological effectiveness.

INTRODUCCIÓN

Entre los países productores de cacao, México ocupa el séptimo lugar, ya que aporta el 1.6% de la producción total; por otro lado, sí se le considera uno de los grandes productores de cacao en el mundo, en cuanto a calidad se refiere, ya que en nuestro país se producen 40 mil toneladas de cacao fino al año, con un valor de 551 millones de pesos.

El cultivo de cacao es de gran importancia económica, social, ambiental y cultural; de este dependen más de 45 mil familias, y se generan cinco millones de jornales al año (INEGI, 2007; Hernández-Gómez *et al.*, 2014).

El cacao se cultiva en México en una superficie de 61,596 hectáreas, cerca de 20,203 de las cuales se localizan en el Estado de Chiapas; 41,117, en Tabasco; 36 ha, en Oaxaca; y 240, en Guerrero, en las cuales, en conjunto, se producen 24,612 toneladas de almendra seca por año (SIAP, 2009).

No obstante, entre los muchos problemas de índole fitopatológica que presenta el cultivo de cacao, figuran los daños producidos por el nemátodo formador de nódulos en raíces, *Meloidogyne incognita*, parásito cuyo combate requiere, por la especificación que alcanza, la utilización de productos fitosanitarios en dosis más elevadas de las que recomiendan las casas comerciales (Jatala, 1985; Mejías *et al.*, 1995). *Meloidogyne incognita* ataca las raíces de las plantas, y produce agallas o nódulos característicos, considerados parásitos internos de las raíces del cacao (Cook y Evans, 1987).

En el contexto de una experimentación aplicada para determinar un sistema eficaz y no contaminante para el control de este patógeno, se mantiene la búsqueda de productos que combatan

la enfermedad de una manera más ecorracional. Debido a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad biológica del producto Vermitrol en el control de *Meloidogyne incognita* y su posible efecto fitotóxico sobre el cultivo de cacao.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El estudio de efectividad biológica del nematicida Vermitrol se realizó en una plantación de cacao en el Estado de Tabasco, en una parcela comercial del municipio de Comalcalco. La ubicación geográfica, de acuerdo con las coordenadas, es: Latitud: 18°19'43.9" N, Longitud: 93°20'35.1" W.

Características del producto

Vermitrol es un producto catalogado como nematicida botánico, debido a que está formulado a base de extractos naturales. Se elabora en los laboratorios de la empresa LIDAG, S.A. de C.V. Las características principales de Vermitrol se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Caracterización del fungicida Vermitrol.

Propiedades	
Plaguicida	Nematicida
Nombre común	Extractos naturales de catecoles, saponinas y glucosinolatos
Nombre comercial	Vermitrol
Formulación	Suspensión concentrada
Contenido en peso de ingrediente activo (%)	Extracto de catecoles y saponinas naturales 12.50% Extracto de glucosinolatos 12.50%

Parámetros de evaluación de la efectividad biológica y de la fitotoxicidad

La efectividad biológica de Vermitrol se definió con base en los siguientes parámetros:

1. Incidencia: por medio de un muestreo cuantitativo, se determinó el problema, de acuerdo al número de raíces infectadas por

muestra, dividido entre el total de raíces por muestra y multiplicado por cien.

2. Severidad: este rubro se determinó de acuerdo a la escala para evaluar el grado de infestación del nemátodo agallador, con base en el número de masas en raíces. Los datos colectados en campo se transformaron en porcentaje de severidad, mediante la fórmula de Townsend y Heuberger (1943).

Cuadro 2. Escala de clasificación de síntomas de daño por *Meloidogyne incognita* en frutos de cacao.

Grado	Síntomas
0	Número de masas en 30 cm lineales
1	Raíces sanas y completas
2	0-5 masas
3	5-10 masas
4	10-15 masas
5	15< masas

Por otra parte, la fitotoxicidad se cuantificó con base en la escala de la EWRS (European Weed Research Society) cuadro 3.

Cuadro 3. Escala de puntuación modificada, propuesta por la EWRS (European Weed Research Society) para evaluar la fitotoxicidad al cultivo, y su interpretación agronómica y porcentual.

Escala puntual	Efectos sobre el cultivo	Escala porcentual de fitotoxicidad al cultivo
1	Sin efecto	0.0-1.0
2	Síntomas muy ligeros	1.0-3.5
3	Síntomas ligeros	3.5-7.0
4	Síntomas que no se reflejan en el rendimiento	7.0-12.5
	Límite de aceptabilidad	
5	Daño medio	12.5-20.0
6	Daños elevados	20.0-30.0
7	Daños muy elevados	30.0-50.0
8	Daños severos	50.0-99.0
9	Muerte completa	99.0-100.0

Dosis, momento y forma de aplicación

Las dosis utilizadas de los productos evaluados se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4.- Dosis y tratamientos de los productos.

Tratamiento	Producto	Dosis
T1	Testigo absoluto	No aplica
T2	Vermitrol	3 L/ha
T3	Vermitrol	4 L/ha
T4	Vermitrol	5 L/ha
T5	Nemacur	175 mL/10 L de agua

La aplicación, tanto de Vermitrol, como de Nemacur, se realizó durante la floración y fructificación, cuando se detectaron los primeros síntomas de la enfermedad. Para ello, se realizó un muestreo previo a la primera aplicación. Se realizaron dos aplicaciones de los productos (60 y 75 días después del inicio de la prueba), vía *drench*, con ayuda de un equipo terrestre, calibrado para aplicar las dosis exactas, de acuerdo con el cuadro de dosis y tratamientos.

Muestreo de evaluación

Para determinar la severidad, se tomaron las raicillas, escarbando cuidadosamente a un costado del árbol, aproximadamente entre 30 y 50 centímetros, para evitar daños en otras raíces, con ayuda de un equipo de jardinería. Posteriormente, se determinó el número de masas, mediante la técnica de tinción de nemátodos en tejidos vegetales (Hussey, 1987). Para evaluar la incidencia, se tomaron 4 raicillas del árbol (1 por punto cardinal), y se determinó la presencia o ausencia de la enfermedad.

Diseño experimental

Para la evaluación del producto, se utilizó un diseño en bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos correspondieron a las tres dosis de Vermitrol, a un testigo regional (Nemacur) y a un testigo absoluto. El tamaño de la unidad experimental fue el de un árbol de cacao de más de 8 años de edad.

Los datos colectados en campo se transformaron para obtener el porcentaje de severidad, mediante

la fórmula de Townsend y Heuberger (1943), como se describe a continuación:

$$P = (\sum(n.v)/N.C)100$$

Donde:

P= Grado de severidad en %

n= Número de muestras por categoría

v= Valor numérico de cada categoría

N= Número total de muestras

C= Categoría mayor

A partir de los datos del porcentaje de severidad, se calculó la efectividad biológica de cada tratamiento, de acuerdo con la Fórmula de Abbott (1923):

$$EB = ((IT - it)/IT)100$$

Donde:

EB= Efectividad biológica

IT= Severidad en el testigo sin tratar

It= Severidad del tratamiento.

Los datos de severidad de la enfermedad por muestreo de cada tratamiento permitieron un análisis estadístico, mediante el estudio de varianza ANOVA ($\alpha=0.05$). Para determinar la separación de medias, se realizó la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia

Muestreo previo: En el muestreo previo, y de acuerdo con la prueba de separación de medias (Tukey $\alpha=0.05$), todos los tratamientos estuvieron en el mismo grupo estadístico (Grupo A), por lo que se determinó que el estudio inició en igualdad de condiciones.

Primer muestreo: Durante la primera evaluación, 60 días después de la instalación del estudio, el análisis de varianza (ANOVA $\alpha=0.05$) demostró que la aplicación de Vermitrol registró un efecto positivo en el control del nemátodo agallador, *Meloidogyne incognita*. La prueba de separación múltiple de medias (Tukey $\alpha=0.05$) expresó que todos los tratamientos en los que se aplicó Vermitrol en las dosis de 3.0, 4.0 y 5.0 L/ha fueron estadísticamente iguales (Grupo B); mientras que el tratamiento del testigo regional fue significativamente distinto a todos los demás.

Este se ubicó en el Grupo C, El resultado del testigo absoluto (Grupo A) fue significativamente distinto a los tratamientos con nematicida (cuadro 4).

Cuadro 4. Incidencia de *Meloidogyne incognita* con la aplicación del nematicida Vermitrol en tres distintas dosis, en comparación con un testigo regional (Nemacur 175 mL/10 L de agua) y un testigo absoluto, en el cultivo de cacao.

Tratamientos	Nivel de incidencia en muestreos (%)		
	Previo	Primero	Segundo
T1 Testigo absoluto	56.25 ^a	81.25 ^a	93.75 ^a
T2 Vermitrol 3.0 L/Ha	56.25 ^a	50.00 ^b	43.75 ^b
T3 Vermitrol 4.0 L/Ha	50.00 ^a	50.00 ^b	43.75 ^b
T4 Vermitrol 5.0 L/Ha	62.50 ^a	50.00 ^b	43.75 ^b
T5 Nemacur 175 MI/10 L de agua	56.25 ^a	18.75 ^c	6.25 ^b

^{a,b} Valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey $\alpha=0.05$).

En esta evaluación, el porcentaje de incidencia alcanzado por el testigo absoluto (T1) fue de 81.25%; los tratamientos en los que se aplicó Vermitrol mostraron incidencias de 50.00% en sus tres dosis probadas (T2, T3 y T4), y la menor incidencia la presentó el testigo regional (T5) con un 18.75%.

Segundo muestreo: 75 DDI (días después del inicio), en el parámetro de incidencia, los tratamientos con nematicida fueron estadísticamente iguales (Grupo B), y el testigo absoluto registró diferencias estadísticas significativas respecto de los demás tratamientos (Grupo A). La incidencia en los tratamientos en que se aplicó Vermitrol tuvieron el mismo porcentaje, pues T2, T3 y T4 expresaron un 43.75%; el testigo regional, T5, tuvo un 6.25%, todos en comparación con el testigo absoluto (cuadro 4).

Severidad

Muestreo previo: El estudio inició en igualdad de condiciones para toda la parcela experimental,

con base en el resultado del análisis estadístico (Tukey $\alpha=0.05$) en el que todos los tratamientos se ubicaron en el mismo grupo de medias (A).

Primer muestreo: A los 60 días de iniciado el estudio, el T2 Vermitrol 3.0 L/ha, tuvo una severidad de 21.88%. Le siguieron T3 Vermitrol 4.0 L/ha, con 20.31%, y T4 Vermitrol 5.0 L/ha, con una severidad de 18.75%. El testigo regional, T5 Namacur, 175 mL/10 L de agua, expresó 6.25%. Todos los valores de severidad expresados por los tratamientos en los que se aplicó nematicida fueron considerablemente menores, en comparación con el T1, testigo absoluto, el cual alcanzó un 43.75%.

De acuerdo con la prueba de separación múltiple de medias (Tukey $\alpha=0.05$), todos los tratamientos con Vermitrol fueron estadísticamente iguales (Grupo B); el testigo regional se ubicó en un grupo estadístico distinto (Grupo C), y todos fueron distintos del testigo absoluto (Grupo A).

La efectividad biológica alcanzada por Vermitrol en las tres dosis probadas osciló entre el 50.00% y el 57.14%; el testigo regional tuvo una efectividad del 85.71%, todos en comparación con el testigo absoluto (cuadro 5).

Cuadro 5. Severidad causada por *Meloidogyne incognita*, tras la aplicación del nematicida Vermitrol, en tres distintas dosis, en comparación con un testigo regional (Namacur 175 mL/10 L de agua) y un testigo absoluto, en el cultivo de cacao.

Tratamientos	Nivel de incidencia en muestreos (%)		
	Previo	Primero	Segundo
T1 Testigo absoluto	26.56 ^a	43.75 ^a	46.88 ^a
T2 Vermitrol. 3.0 L/ha	28.13 ^a	21.88 ^b	21.88 ^b
T3 Vermitrol, 4.0 L/ha	25.00 ^a	20.31 ^b	17.19 ^{bc}
T4 Vermitrol, 5.0 L/ha	26.56 ^a	18.75 ^b	15.62 ^{bc}
T5 Namacur, 175 ML/10 L de agua	25.00 ^a	6.25 ^c	1.56 ^b

^{a,b} Valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey $\alpha=0.05$).

Segundo muestreo: En la última evaluación, con base en los resultados arrojados por la prueba de (Tukey $\alpha=0.05$), la dosis baja de Vermitrol de 3.0 L/ha (Grupo B) fue significativamente distinta a las dosis media y alta del mismo producto (Grupo

BC) así como a la del testigo regional (Grupo C), Todos los tratamientos con aplicación de nematicida registraron estadísticas significativas respecto del testigo absoluto (Grupo A).

El testigo absoluto tuvo el valor de severidad más alto, con un 46.88%; en orden descendente se ubicaron la dosis baja de Vermitrol, de 3.0 L/ha, con un 21.88%; Vermitrol, 4.0 L/ha, con un 17.19% y Vermitrol, 5.0 L/ha, con un 15.62%. El testigo regional, Namacur, 175 mL/10 L de agua, llegó, en su porcentaje de severidad, hasta 1.56%. La mayor efectividad biológica alcanzada por los tratamientos con Vermitrol fue su dosis alta, de 5.0 L/ha, con un 66.67%, seguido de la dosis media, Vermitrol, 4.0 L/ha, con un 63.33% y Vermitrol 3.0 L/ha, que tuvo el 53.33%. El testigo regional alcanzó un 96.67% de efectividad, todos en comparación con el testigo absoluto.

Estadísticamente, los mejores tratamientos en los que se aplicó Vermitrol fueron sus dosis media y alta de 4.0 y 5.0 L/ha respectivamente, ya que registraron diferencias estadísticas significativas respecto de la dosis baja y del testigo absoluto en la última evaluación. No obstante, las tres dosis probadas fueron significativamente distintas al testigo absoluto, y alcanzaron los valores de efectividad requeridos para productos botánicos.

Fitotoxicidad

Durante la evaluación de la variable de fitotoxicidad, siempre se observaron valores menores a uno en lo que se refiere a la escala porcentual de toxicidad al cultivo, por lo que no se reporta evidencia de que el producto Vermitrol genere efectos secundarios fitotóxicos sobre los árboles de cacao.

CONCLUSIONES

Dadas las condiciones agroclimáticas en las que se condujo el presente estudio de efectividad biológica, se concluye lo siguiente:

Se recomienda el nematicida Vermitrol en sus dosis de 4.0 y 5.0 L/ha, para el control del nemátodo agallador, *Meloidogyne incognita*, en el cultivo de cacao, con aplicación vía drench, en un volumen aproximado de 800 L/ha, dado que

fueron estadísticamente distintas a la dosis baja en la última evaluación, y al testigo absoluto en todas las evaluaciones.

Al finalizar el estudio, los resultados de efectividad biológica alcanzados fueron: T2 Vermitrol, 3.0 L/ha, 53.33%; T3 Vermitrol, 4.0 L/ha, 63.33%, y T4 Vermitrol, 5.0 L/ha, 66.67%; el testigo regional, Namacur 175 mL/10 L de agua, obtuvo un porcentaje de efectividad biológica de 96.67%, todos en comparación con el testigo absoluto.

Ninguno de los tratamientos con el nematicida Vermitrol causó daños visibles por fitotoxicidad a los árboles de cacao.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. 1923. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- Ayala, M., Navia, D. 2008. Manejo integrado de moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) mediante el uso de fungicidas, combinado con labores culturales. En línea: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10404/1/Art%C3%ADculo.pdf>.
- CCO. 2009. *Quartely Bulletin of Cocoa Statistic*, Vol XXXVI, No. 3, Cocoa year 2009/2010. Published: 26-08-2010
- Cook, R. y K. Evans. 1987 Resistance and tolerance. Page 179-221. En: R.H. Brown y B.R. Kerry editores. Principles and Practice of Nematode Control in Crops. *Academic Press*. New York.
- Hernández-Gómez, E., M. C. López-Navarrete, E. R. Garrido-Ramírez, J. L. Solís-Bonilla, A. Zamarripa-Colmenero, C. H. Avendaño-Arrazate y A. Mendoza-López. 2014. La moniliasis del cacao: Búsqueda de estrategias de manejo. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/257066495>
- INEGI. 2007. *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*.
- Jatala, P. 1985. Biological control of nematodes. Page 303-308. En: J.N. Sasser y C.C. Cáster editores. *Advanced Treatise on Meloidogyne*. Vol.1: Biology and Control.

North Carolina State University and USAID Raleigh.

- Mejías, A., A. Chacón; G. Espárrago y J. Del Moral. 1995. Control del nemátodo formador de nódulos en raíces [(*Meloidogyne incognita* Kofoid y White, 1919) Chitwood, 1949] con la utilización de la energía solar. *Bol. San. Veg. Plagas*, 21: 43-57.
- SIAP. 2009. Servicio de Información Estadística, Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: www.siap.sagarpa.gob.mx
- Townsend, G.R. y J. W. Heuberger, 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicides experiments. *The Plant Diseases Report* 27: 340-343.