

EFFECTO DE LOS INSECTICIDAS METHYL-PARATHION, CARBOFURAN Y LAMDACYHALOTRINA SOBRE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO *

Effect of methyl-parathion, carbofuran and lamdacyhalotrina insecticides on soil biological activity

Duilio Torres¹, Patricia Rojas², Miklas López² y Frank Zamora³

RESUMEN

Debido a que el uso excesivo de insecticidas en la agricultura causa efectos negativos sobre la actividad microbiana del suelo, se evaluó el efecto de la aplicación de los insecticidas methyl-parathion, carbofuran y lamdacyhalotrina sobre la actividad biológica de un suelo del sector Barrio Nuevo, municipio Federación, estado Falcón. Para ello se llevó a cabo un experimento en umbráculo. El diseño de experimento fue completamente al azar con arreglo de tratamientos factorial. Los factores evaluados fueron insecticidas (3): methyl-parathion, carbofuran y Lamdacyhalotrina; y dosis (2): 2 l ha⁻¹ y 4 l ha⁻¹, en total seis tratamientos y un control fueron estudiados, estos fueron replicados tres veces para un total de 21 unidades experimentales. Los insecticidas fueron aplicados al suelo y se realizó un ensayo de incubación. La respiración basal y la biomasa microbiana fueron cuantificadas a los 7, 14, 30 y 45 días después de la aplicación, para determinar el efecto residual de los insecticidas sobre los microorganismos del suelo. Los resultados fueron analizados mediante un ANAVAR y pruebas de Tukey. Los resultados mostraron que dosis altas de Methyl-Parathion y Lamdacyhalotrina tuvieron un efecto inhibitorio sobre los microorganismos del suelo, lo cual resultó en una reducción de la respiración edáfica y de la biomasa microbiana durante los primeros 7 días de incubación. Sin embargo, para el día 14 fue observado un incremento en los valores de respiración edáfica y biomasa microbiana, el cual alcanzó un máximo para el día 30. La reducción en la actividad biológica indicó que durante los primeros días de incubación, ocurrió un periodo de adaptación a la presencia del compuesto xenobiótico. Esta reducción, produjo un efecto inhibitorio en los microorganismos del suelo y resultó en bloqueo de la degradación de los insecticidas. La menor degradación ocurrió cuando los insecticidas Lamdacyhalotrina y Carbofuran fueron aplicados.

Palabras clave: actividad biológica, insecticida, residualidad.

(*) Recibido: 11-07-2008

Aceptado: 12-01-2009

¹ Universidad "Lisandro Alvarado" (UCLA), Facultad de Agronomía, Departamento de Química y Suelos, Cabudare-Lara, Apartado postal 400. duiliotorres@ucla.edu.ve

² Universidad Francisco de Miranda (UNEFM) Facultad de Agronomía, Departamento de Ambiente y Tecnología Agrícola. Coro-Falcón

³ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA), Estación Experimental Falcón.

ABSTRACT

Due to the excessive insecticide use in agriculture that cause negative effects on biological soil activity, the effect of methyl-parathion, carbofuran and lamdacyhalotrina on soil biological activity was evaluated in soils of Barrio Nuevo sector, Federación Municipality, Falcón State, Venezuela. The experimental design was completely random with factorial arragenmen treatments. The factors evaluated were three insecticides: methyl-parathion, carbofuran and lamdacyhalotrina; and two doses: 2 l ha⁻¹ and 4 l ha⁻¹. Six treatments and a control were evaluated, using three repetitions for a total of 21 experimental units. The insecticides were applied on the soil and an incubation test was done. Soil's basal respiration and microbial biomass were evaluated at 7, 14, 30 and 45 days after application to determine the residual effects of the insecticides on the soils microorganism. The results were analyzed by ANAVAR and a Tukey test. Results showed that higher doses of methyl-parathion and lamdacyhalotrina had and inhibitory effect on soils microorganisms, which resulted in reduction of soil's respiration and microbial biomass during the first 7 days of incubation. However, by day 14, and increase in microbial biomass and soils respiration values was observed, reaching a maximum by day 30. The reduction in biological activity indicated that during the first days of incubation, an adaptation period occurred for the presence of xenobiotic compounds. This reduction that produce and inhibitory effect in soil's microorganisms, which resulted in a blockage of the insecticides degradation. The lowest degradation occurred with the insecticides lamdacyhalotrina and carbofuran were applied.

Key words: biological activity, insecticides, residual effects.

INTRODUCCIÓN

El uso excesivo de agroquímicos ha causado una serie de problemas en el ambiente, entre los que destacan: disminución de la biodiversidad, desarrollo de plagas más resistentes, aumento de enfermedades como cáncer, hepatitis o malformaciones congénitas en humanos y deterioro de agroecosistemas, lo cual obstaculiza la sostenibilidad de la producción agrícola (Alvarado y Pérez 1998). En tal sentido, diversos autores han reportado una estrecha relación entre el uso excesivo de agroquímicos y problemas de contaminación ambiental. Por

ejemplo, Hendi y Peake (1996) reportaron altos niveles de contaminación, lo cual fue asociado con liberaciones constantes de pesticidas organoclorados. Así mismo, Dua *et al.* (1996) reportaron niveles de Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT) de 2,26 ppm en suelo y 0,18 ppm en el agua, en una zona aledaña a un centro poblado donde se controlaba malaria en la India.

Algunos estudios demuestran que la contaminación, producto del uso de plaguicidas, es alarmante en Venezuela; se han reportado graves problemas de contaminación en el área de influencia del sistema de riego río Guárico,

donde se han encontrado trazas de DDT, endrin y dieldrin en muestras de agua (Silvestre y Fernández 1995), así mismo en esa zona se reportaron valores que oscilaban entre 0,1 y 247,9 ppm de DDT en el suelo (Saume 1992).

El problema más alarmante asociado a la presencia de agroquímicos en altas concentraciones en el ambiente, es que estos niveles de contaminación han ocasionado graves daños a la salud pública en zonas expuestas al impacto de estos productos. En tal sentido, Atisook *et al.* (1995) reportaron en Tailandia que cerca de 75 por ciento de una muestra de mujeres embarazadas estaban contaminadas con pesticidas organoclorados, con valores que oscilaban entre 10,15 y 1,47 ppb; este estudio reveló que los neonatos presentaban niveles de 0,62, 5,05 y 1,24 ppb de DDT, Lindano, y Heptacloro, respectivamente. Por otro lado, en un estudio realizado en Veracruz, México, Waliszewski *et al.* (1996) demostraron que en jóvenes menores de 20 años de edad, los niveles de contaminación con DDT fueron excesivamente elevados, se encontraron valores entre 9 y 20 ppm. Así mismo, Bruguera y Brunnetto (1996), en una investigación llevada a cabo en Yaracuy, Venezuela, reportaron la presencia del insecticida DDT en cantidades superiores al rango de tolerancia en muestras de leche materna.

El uso indiscriminado, también ha conllevado a una disminución de la actividad biológica en el suelo, Bunji *et al.* (1997) reportaron que luego de la aplicación del insecticida metamidophos en dosis de 10 ug/g, se

inhibió la actividad de la enzima deshidrogenasa y disminuyeron los valores de respiración basal, así mismo se demostró que concentraciones menores de 0,3 ug/g, no tuvieron un efecto significativo sobre estos parámetros. En este mismo orden, Mueller *et al.* (2001), al evaluar efecto de algunos insecticidas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), encontraron que la respiración basal, la actividad de la enzima deshidrogenasa y la nitrificación de los suelos fueron severamente afectados en distintas épocas de muestreo, encontraron que la respiración basal se redujo entre 18 y 34 %.

La evaluación del impacto de los insecticidas sobre la actividad biológica del suelo tiene gran importancia, ya que la presencia de estos productos en niveles elevados en el suelo afecta la fertilidad debido a que los microorganismos no pueden realizar correctamente su actividad metabólica, y por lo tanto, se reducen los procesos de mineralización de materia orgánica, fijación simbiótica de nitrógeno y solubilización del fósforo, entre otros; por lo cual la disponibilidad de nutrientes y la productividad de los cultivos disminuye.

Debido a que en el Sector Barrio Nuevo del municipio Federación, del estado Falcón, la explotación intensiva de hortalizas condujo a incremento en el uso de plaguicidas en los últimos años, se planteó evaluar el efecto de los insecticidas methyl-parathion, carbofuran y lamdacyhalotrina sobre la respiración basal y la biomasa microbiana de suelo, con el fin de cuantificar el efecto de estos insecticidas sobre la actividad biológica del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El estudio fue llevado a cabo con suelos de la población de Barrio Nuevo, municipio Federación, estado Falcón, la cual se encuentra localizada entre las coordenadas 10°43'17" hasta 10°47'27" latitud norte y entre 69°34'07" hasta 69°41'42" longitud oeste, a unos 15 Km de la ciudad de Churuguara y abarca una superficie aproximada de 1500 ha, de las cuales 25% se explotan actualmente con rubros hortícolas, principalmente tomate, pimentón y cebolla.

Clima y suelo

La precipitación media es de 750 mm/año, distribuida en dos picos bien marcados, el primero entre mayo y julio y el segundo de septiembre a noviembre, en este último se concentran las máximas precipitaciones, la temperatura media anual es de 28 °C, los meses más calurosos son agosto con 30° C y Septiembre con 31° C. Los suelos predominantes en la zona se clasifican taxonómicamente como un Aridic Ustifluents fina, mixta, isotérmico, con drenaje interno

moderado, externo rápido y permeabilidad moderada (Miquilena 1999), y presentan las características mostradas en la Tabla 1.

Selección de plaguicidas evaluados

En función de entrevistas realizadas a agricultores, se seleccionaron los plaguicidas que se emplean con mayor frecuencia en la zona, los cuales fueron: methyl-parathion, lamdacyhalotrina y carbofuran, los cuales se aplican en mayor dosis y son considerados altamente tóxicos.

Características de los plaguicidas evaluados

Lamdacyhalotrina (Karate)

Es un novedoso insecticida piretroide, que proporciona un amplio espectro de control de plagas foliares y de la superficie del suelo en los cultivos de maíz, sorgo y algodón, actúa por efecto de choque y genera protección persistente (Muñoz 1999.) Es un concentrado emulsionable al 5% de lamdacyhalotrina y se recomienda aplicar en dosis de 400 cm³/ha en cultivos hortícolas.

Tabla 1. Características del suelo en la zona bajo estudio

PROF (cm)	Textura	D.a. (Mg/m ³)	EPT (%v/v)	Macrop (%v/v)	Microp (%v/v)	KS (cm/h)	M.O	p ^H 1:2,5 en agua	C.E 1:5 suelo H ₂ O ds/m
0-10	A	1,32	51,3	9,5	41,80	1,35	2,1	7,8	1,0
10-20	A	1,38	48,0	9,3	38,70	1,31			

PROF: Profundidad; D.a: densidad aparente; EPT: evapotranspiración potencial; Macrop: macroporosidad; Microp: microporosidad; Ks. Conductividad hidráulica saturada; M.O: materia orgánica; C.E: conductividad eléctrica

Methyl-parathion (Parathion metílico, Metilox)

Es un producto organofosforado que actúa sobre los insectos por contacto y por acción estomacal, el efecto en el primer caso es extremadamente rápido. También posee actividad sistémica; es decir, que aplicado al follaje se mueve dentro de los tejidos de la hoja en forma transversal y distalmente (Muñoz 1999). Este es un líquido soluble en agua, contiene 25% de materia activa de O,O-dimetil O-4-nitrofenil fosforotioato. Se recomienda su aplicación en dosis de 1 a 2 l/ha.

Carbofuran (Carbofuran)

Es un producto granulado a base de carbonato, es muy eficaz como insecticida y nematicida en una amplia gama de cultivos. Se aplica al suelo incorporándolo y actúa tanto por contacto como por vía sistémica (Muñoz 1999). Es un granulado al 10% de 2,3 Dihidro – 2,2-Dimetil – 7 Benzofuranil carbofuran. Se recomienda su aplicación en dosis de 31,25 kg/ha.

Diseño del experimento

El estudio se realizó bajo un diseño completamente al azar con arreglo de tratamiento factorial, los factores evaluados fueron: insecticidas: methyl-parathion, carbofuran y lamdacihalotrina en dos dosis: 2 y 4 l/ha, se evaluaron 6 tratamientos + un testigo con tres repeticiones en cada uno. Los tratamientos fueron identificados como: CA; carbofuran dosis alta, CB; carbofuran dosis Baja, KA; lamdacyhalotrina dosis alta, KB; lamdacyhalotrina dosis baja, PA; methyl-

parathion dosis alta, PB methyl-parathion dosis baja y T: testigo.

Muestreo de suelo

Una vez ubicada la unidad de producción, se procedió a la toma de 10 muestras en forma de zig-zag sobre el terreno, se tomó una muestra compuesta de suelo, la cual se obtuvo a partir de muestras individuales colectadas a 0 - 10 centímetros de profundidad.

Preparación de muestra de suelo y aplicación de agroquímicos

Se aplicaron las dosis correspondientes en los suelos colectados, posteriormente se realizó la incubación del suelo en recipientes de 400 cm³ de capacidad. En cada uno se tomaron muestras para determinar los cambios en la respiración basal y la biomasa microbiana del suelo a los 7, 15, 30, 45 días. Para preparar la dosis a aplicar se asumió una profundidad efectiva de 20 cm y se calculó en función de ello, el volumen de suelo que ocupa una hectárea, el cual es 2000 cm³, luego se ajustaron las dosis a una capacidad de 400 cm³. Las dosis aplicadas se expresan en la Tabla 2.

Determinación de la respiración basal y biomasa microbiana

Respiración basal

La determinación de la respiración basal se realizó según la metodología propuesta por Anderson (1982), mediante la utilización de una trampa de álcali, contenido NaOH 0,1 M, donde se colocaron 100 g de la muestra en un frasco de vidrio cerrado herméticamente por 24 h, el proceso de respiración se detuvo aplicando 2 ml

Tabla 2. Cálculo de dosis de insecticidas aplicada.

Insecticida	Lamdacyhalotrina		Carbofuran		Metil-parathion	
	Dosis recomendada (cm ³)	Dosis aplicada en frasco (cm ³)	Dosis recomendada (kg/ha)	Dosis aplicada en frasco (cm ³)	Dosis recomendada (l/ha)	Dosis aplicada en frasco (cm ³)
Media	400	0,8	31,25	62,5 cm ³	2	4
Alta	800	1,6	62,50	130 cm ³	4	8

de una solución de Cloruro de Bario 0,5 N y luego se tituló con HCL 0,1 N en presencia del indicador Fenolftaleina. El CO₂ producido se calcula mediante la expresión: $(\text{mg CO}_2 \times 100 \text{ g}^{-1}) \text{ Peso seco} \times 24 \text{ h}^{-1} = (\text{BW} - \text{VP}) \times 22 \times \text{N} \times (\text{W} + 1)$, donde BW es volumen del blanco; VP volumen de HCL gastado en titulación; 22 factor de conversión, N normalidad del HCL y W humedad gravimétrica en valor absoluto.

Biomasa microbiana

Se usó la metodología propuesta por Islam y Well (1998), la cual consistió en el uso de irradiación con microondas y se estableció la diferencia entre la muestras tratadas y no tratadas, ambas muestras fueron mezcladas con una solución extractora de 0,5 M de K₂SO₄ en relación suelo extractante 1:5, se filtró y el carbono orgánico en el filtrado fue determinado por el método de Walkley y Black (1934). La biomasa microbiana se calculó aplicando la fórmula $B_c = (C_i - C_{ni}) / K_c$; donde C_i es carbono de muestra irradiada, C_{ni} es carbono de muestra no irradiada y K_c es constante de proporcionalidad cuyo valor es 0,15 y se expresa como $\mu\text{g C g}^{-1}$.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el

paquete estadístico INFOSTAT versión 1:1, se realizó un análisis de varianza (ANAVAR) a cada una de las variables en estudio. En el caso de aquellas variables para las cuales se detectaron diferencias significativas, se procedió a realizar pruebas de comparaciones múltiples de Tukey (P<0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respiración edáfica durante la prueba de incubación

En la Tabla 3 se presentan los resultados correspondientes a los cambios observados en la respiración basal durante los 45 días de incubación.

Efecto sobre respiración basal a los 7 días

A los 7 días (Tabla 3), se observó que los suelos tratados con methyl-parathion en dosis baja (PB) y lamdacyhalotrina en dosis baja (KB), presentaron una tasa de respiración similar a la reportada en el testigo, con valores de 47,0; 44,1 y 44,5 $\mu\text{C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ de suelo por día, respectivamente; estos valores fueron superiores (P<0,05) a los resultantes cuando se aplicó dosis dos veces mayor a la recomendada por el

fabricante. Para esta primera medición, en el caso de metil-carbamato los valores se mantuvieron bajos ($P < 0,05$) tanto para la dosis alta (CA) como para la baja (CB), lo que indicó que este insecticida generó menor actividad biológica; mientras que los suelos con methyl-parathion y lamdacyhalotrina presentaron mayor actividad biológica al mostrar una mayor tasa de respiración, producto de la permanencia del insecticida en el suelo.

Los resultados obtenidos para el día 7, demostraron que la aplicación de los insecticidas methyl-parathion y el lamdacyhalotrina en dosis altas, produjeron un efecto adverso sobre los microorganismos del suelo, lo cual se tradujo en una menor respiración basal. En este sentido, Andrea y Pettinelli (2000) señalaron que las aplicaciones de plaguicidas pueden inhibir o estimular la respiración del suelo, y este efecto

varía con las condiciones y tipo de suelo. En este caso las dosis altas causaron inhibición de la actividad biológica durante los primeros días posteriores a la aplicación, debido posiblemente que los organismos no se habían adaptado a la presencia de este agente xenobiótico. Harden *et al.* (1993) señalaron que la inhibición puede ser atribuida a las altas concentraciones de los plaguicidas y que este efecto ocurre solamente durante las fases iniciales de la incubación.

Por el contrario, cuando se aplicaron dosis bajas de methyl-parathion y lamdacyhalotrina, no se observó este efecto y la tasa de respiración fue superior a la ocurrida cuando se aplicaron dosis altas. Los resultados concuerdan con lo señalado por Anderson *et al.* (1981), Harden *et al.* (1993) y Wardle *et al.* (1993), quienes observaron que algunos agroquímicos estimulan la actividad biológica del suelo e informaron incremento en

Tabla 3. Efecto de tres insecticidas sobre la respiración basal de un suelo del sector “Barrio Nuevo” en diferentes períodos de incubación.

Tratamientos	- $\mu\text{C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{s d}^{-1}$ -			
	7 días	15 días	30 días	45 días
T	44,5 b	19,0 a	8,1 a	6,3 a
CA	34,4 a	20,5 a	9,6 a	6,2 a
CB	35,6 a	21,9 a	9,0 a	6,1 a
KA	37,2 ab	23,0 a	9,8 a	6,3 a
KB	44,1 b	22,6 a	10,2 a	6,4 a
PA	32,6 a	24,5 a	10,8 a	6,3 a
PB	47,0 b	23,5 a	10,0 a	5,4 a

CA: carbofuran dosis alta, CB: Carbofuran dosis Baja; KA: lamdacyhalotrina dosis alta; KB: lamdacyhalotrina dosis baja; PA: methyl-parathion dosis alta; PB: methyl-parathion dosis baja y T: testigo.

respiración edáfica y biomasa microbiana cuando éstos se incorporan al suelo. Como consecuencia se espera una mayor degradación de los residuos de plaguicidas, debido al metabolismo de las poblaciones microbianas y a que la presencia de los plaguicidas puede inducir al ataque de la materia orgánica nativa y por lo tanto, se reproduce la población; no obstante se ha demostrado que estos efectos pueden ser temporales (Das *et al.* 2007).

En el caso del carbofuran, la tasa de respiración fue menor a la observada en los tratamientos KA y KB ($P < 0,05$), lo que parece indicar que este plaguicida posee mayor degradabilidad y su permanencia en el suelo es menor en el tiempo, debido a que no existen fuentes carbonadas disponibles para ser degradadas por los microorganismos. Karpousas *et al.* (2000) encontraron una rápida degradación del carbofuran al aplicar dosis de 0,1 y 10 mg/kg en el suelo, la degradación de este compuesto fue más rápida cuando la dosis aplicada fue menor.

Efecto sobre la respiración basal a los 15 días

Para el día 15, se observó que los valores de respiración cuando se aplicó el insecticida methyl-parathion en ambas dosis fueron numéricamente superiores con respecto al testigo. Estos resultados coinciden con los reportados por Tayaputch *et al.* (2001), quienes señalaron que la respiración es estimulada por la aplicación de plaguicidas, debido a que se encontró mayor cantidad de CO₂ en suelos donde se aplicaron insecticidas, esto revela que las aplicaciones de plaguicidas tienen algún impacto

sobre la actividad biológica del suelo. Mientras que Smith *et al.* (2006) señalaron que la tasa de descomposición de algunos insecticidas puede depender del pH del suelo. Por ejemplo para el caso del Carbofuran, la degradación ocurre principalmente por hidrólisis en condiciones alcalinas, pero en condiciones ácidas como en la zona bajo estudio, el proceso de degradación es principalmente microbiano, estos investigadores también señalaron que la tasa de degradación de los plaguicidas es más rápida, cuando las dosis aplicadas son bajas.

Efecto sobre la respiración basal a los 30 y 45 días

Para el día 30 de incubación, se observó una brusca disminución en la tasa de respiración edáfica, en comparación con los valores reportados para los días 7 y 15, lo que indica que la concentración de los insecticidas presentes en el suelo ha sido reducida considerablemente e implica que en parte son responsables del CO₂ producido en el suelo.

La disminución en la actividad biológica fue más brusca en los tratamientos CA, CB y PB, los cuales corresponden a los que presentaron mayor actividad biológica desde el inicio de la incubación. Este descenso en la actividad biológica indica que parte del insecticida ya ha sido degradado por la acción de los microorganismos del suelo, por lo tanto al reducirse la concentración del insecticida se agotan las fuentes carbonadas y las poblaciones de microorganismos disminuyen. Estos resultados permiten afirmar que los microorganismos fueron más eficientes en la

biodegradación de los insecticidas carbofuran y methyl-parathion, ya que para esta fecha la actividad biológica se redujo considerablemente.

Por otro lado, se observó en el caso del insecticida lamdacyhalotrina en ambas dosis (KB y KA), que los valores de respiración basal tendieron a disminuir a medida que transcurrió el tiempo de incubación, eso es debido probablemente a que el proceso de descomposición microbiana fue degradando los insecticidas, lo que explica la reducción observada para el día 45, cuando no se observaron diferencias entre tratamientos ($P>0,05$).

Biomasa microbiana durante la prueba de incubación

En la Tabla 4 se presentan los resultados correspondientes a los cambios observados en la variable biomasa microbiana durante los 45 días de incubación.

Biomasa microbiana a los 7 días

Para esta fecha, se observó que la aplicación de los insecticidas estimuló la actividad microbiana, dado que presentaron valores superiores ($P<0,05$) al testigo, a excepción del suelo donde se aplicó methyl-parathion en dosis altas. Tal como se reportó para respiración basal, los valores más altos ($P<0,05$) correspondieron a los tratamiento CB y PB. Este comportamiento coincide con lo reportado por Karpousas *et al.* (2000) quienes señalaron que cuando se aplicaron dosis bajas del insecticida Carbofuran (0,1 mg/kg) se observó un incremento en la tasa de degradación del insecticida. Los resultados indican que el insecticida methyl-parathion en dosis altas causó un efecto inhibitorio sobre las poblaciones microbianas del suelo. Este comportamiento es contrario a lo reportado por Hart y Brookes (1997), quienes afirmaron que la biomasa microbiana en el suelo, no fue afectada luego de la aplicación de los insecticidas chlorfenvinphos y aldicarb. No obstante, Singh *et al.* (2005) señalaron que los cambios en la

Tabla 4. Efecto de tres insecticidas sobre la biomasa microbiana de un suelo del sector “Barrio Nuevo” en diferentes períodos de incubación.

Tratamientos	- $\mu\text{g C g}^{-1}$ -			
	7 días	15 días	30 días	45 días
T	18,7 ab	19,0 a	18,7 ab	18,7 a
CA	35,3 b	48,0 b	52,7 c	46,1 b
CB	72,6 c	73,0 c	36,7 b	51,0 b
KA	26,7 b	51,0 b	58,8 c	51,3 b
KB	33,4 b	48,0 b	66,3 c	66,2 c
PA	5,3 a	7,0 a	4,73 a	8,1 a
PB	62,7 c	52,0 b	28,0 b	45,3 b

CA: carbofuran dosis alta, CB: Carbofuran dosis Baja; KA: lamdacyhalotrina dosis alta; KB: lamdacyhalotrina dosis baja; PA: methyl-parathion dosis alta; PB: methyl-parathion dosis baja y T: testigo.

biomasa microbiana depende de la dosis y el tipo de insecticida aplicado. Estos investigadores encontraron que cuando se aplicó el insecticida chloranil se observó efecto adverso sobre la microflora del suelo, pero que este efecto no se observó cuando se aplicaron los insecticidas fenaminphos y chloropyrifos.

Biomasa microbiana a los 15 días

Para esta fecha, se observó incremento en los valores de biomasa microbiana, especialmente cuando se aplicó lamdacyhalotrina, este incremento fue producto probablemente de la adaptación de los microorganismos al compuesto xenobiótico, lo cual favoreció la degradación de los insecticidas y se reflejó en una mayor actividad microbiana. En tal sentido, para el día 15, se observó que los valores de biomasa microbiana en los suelos tratados con carbofuran y lamdacyhalotrina fueron superiores ($P < 0,05$) a los del suelo tratado con methyl-parathion. El tratamiento CB presentó valor más alto ($P < 0,05$) de biomasa microbiana con 73 y $52 \mu\text{g C g}^{-1}$ respectivamente, seguido de PB, KB, KA y CA. El valor más bajo de biomasa microbiana fue reportado para el tratamiento PA, lo que demostró que dosis altas de methyl-parathion inhibieron la actividad microbiana.

En este sentido, Megharaj *et al.* (2000) señalaron que la biomasa microbiana y la actividad de la enzima deshidrogenasa se incrementa cuando los niveles del insecticida de DDT fueron medios (27 mg/kg), pero estos parámetros fueron inhibidos cuando los niveles del insecticida se incrementaron a valores de 34 mg/kg . Estos resultados coinciden con el

comportamiento observado en este ensayo, cuando se aplicaron dosis altas de los insecticidas en el suelo.

Biomasa microbiana a los 30 días

En el caso de la biomasa microbiana, contrario a lo reportado para la variable respiración edáfica, los valores se incrementaron a medida que transcurrió la prueba de incubación, que alcanzaron un máximo para el día 15 en la mayoría de los casos, lo cual indicó que durante los primeros días existió un periodo de adaptación al agente xenobiótico, que impidió una adecuada degradación de los insecticidas. Para el día 30 se mantuvo este incremento en los suelos tratados con lamdacyhalotrina y carbofuran en dosis alta ($P < 0,05$).

Biomasa microbiana a los 45 días

Para el día 45, se mantuvo la tendencia detectada el día 30, se observó incremento de biomasa microbiana cuando esos valores fueron bajos en los primeros 15 días de incubación, probablemente debido a que aun existía una alta concentración de insecticidas en el suelo, los cuales promueven la actividad microbiológica. Este comportamiento fue observado para el insecticida lamdacyhalotrina con valores de $66,2$ y $51,3 \mu\text{g C g}^{-1}$ para los tratamientos KB y KA, respectivamente y para el insecticida carbofuran en su dosis alta (CA) con un valor de $46,1 \mu\text{g C g}^{-1}$.

La reducción de los valores de biomasa microbiana a partir del día 30, está asociada con una disminución de la concentración de los insecticidas en el suelo. Charna y Fournier (1994)

señalaron que la degradación de los insecticidas está relacionada al crecimiento de los microorganismos del suelo, los cuales usan el carbono y el nitrógeno como fuente de alimento, por lo tanto cuando mayor sea la concentración de insecticida en el suelo, mayor será la actividad biológica del suelo y por lo tanto más altos serán los valores de biomasa microbiana, los cuales disminuirán una vez el insecticida sea degradado. En tal sentido, los resultados encontrados en esta investigación son similares a los reportados por Jiandong *et al.* (2007), quienes al inocular el suelo con carbofuran y metil-parathion encontraron que éstos fueron degradados rápidamente, de manera que para el día 25 no se encontraban trazas de estos insecticidas en el suelo. Igualmente, Parekh *et al* (1994) señalaron que la degradación del carbofuran se logra entre 10 y 20 días, pero que depende de la condición del suelo y el pH, es más rápida en suelos tratados y alcalinos que en suelos ácidos o esterilizados.

La disminución en los valores de biomasa microbiana, permiten afirmar que en las primeras semanas de incubación ocurrió una rápida descomposición del insecticida carbofuran por la acción microbiana, por lo tanto, la reducción de la cantidad de insecticida para los días 30 y 45 produjo una disminución de la actividad biológica. No obstante, se presume que para esa fecha aun no se logró el 100% de remoción, dado que la biomasa microbiana fue superior ($P < 0,05$) a la reportada para el testigo. En el caso del insecticida lambdocyhalotrina hubo incremento constante de biomasa a partir del día 15, lo cual evidencia que los microorganismos fueron menos eficientes en la degradación, producto de algún

efecto inhibitorio durante los primeros 7 días o la composición del insecticida, que causa más lenta degradación en comparación con carbofuran.

CONCLUSIONES

- La aplicación de alta dosis de methyl-parathion causó efecto adverso sobre los microorganismos del suelo, lo cual originó menor biomasa microbiana.

- La biomasa microbiana tendió a incrementarse a medida que transcurrió la prueba, hasta alcanzar un valor máximo para el día 15 en la mayoría de los casos, lo cual indica que durante los primeros días existió un periodo de adaptación a la entrada del agente xenobiótico, que impidió una adecuada degradación, en especial para el caso de lambdacyhalotrina y carbofuran.

- En los tratamientos KB y KA, los valores de biomasa microbiana se incrementaron a lo largo del periodo de incubación, debido posiblemente a que el proceso de descomposición microbiana fue más lento al inicio de la incubación, producto de la composición química de la molécula del insecticida o de un efecto inhibitorio que causó que los microorganismos retardaron el proceso de degradación.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a las instituciones que financiaron el proceso de investigación: UCV-UNEFM-UCLA proyecto FONACIT “Desarrollo y validación de indicadores para la

evaluación de la sostenibilidad del uso de la tierra y el diseño de sistemas agrarios sostenibles” Código del Proyecto: G-2002000557 y al Consejo de Desarrollo científico y Tecnológico de la UCLA (CDCHT) proyecto registrado bajo el código 001-RAG-2003.

REFERENCIAS

- Alvarado, Y. y Pérez, C. 1998. El uso de Biocidas: un problema ambiental. *Interciencias* 23(1):20-25.
- Anderson, J. 1982. Soil respiration In A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeny (eds.) *Methods of soil analysis*. Agronomy N° 9, part 2. Am. Soc. Agronomy, Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA. pp. 831-871.
- Anderson, J. P., Armstrong, R. A. and Smith, S. N. 1981. Methods to evaluate pesticide damage to the biomass of the soil microflora. *Soil Biol. Biochem* (13):149-153.
- Andréa, M. M. e Pettinelli, A. 2000. Efeito de aplicações de pesticidas sobre a biomassa e a respiração de microrganismos de solos. *Arq. Inst. Biol., São Paulo* 67 (2): 223-228,
- Atisook, R., Kham, N., Toongsuwan, S. and Punnakanta, L. 1995. Organoclorine compounds in perinatal blood samples maternal and neonatal measurements at Sirijat Hospital. *Sirijat. Hospital Gazette*. 47 (8): 712.717.
- Bruguera, A. and Brunnetto, R. 1996. Levels of DDT residues in human milk of Venezuelan women from various rural populations. *Elsevier Science*. 186(1) 203-207.
- Bunji, X., Huang, X., Xiuqing, H. and Yongxi, Z. 1997. Effect of Methamidophos on soil microbial activity, *Environmental Behaviour of Crop Protection Chemicals Proceeding of an International Symposium*. pp. 489-494
- Charnay, M. P. and Fournier, J. C. 1994. Study of the relation between carbofuran degradation and microbial or physicochemical characteristics of some French soils. *Pesticides science* 40 (3): 207-216.
- Das, R., Ratkinm, P. and Chowdury, A. 2007. Effect of Novaluron on biomass respiration and fluorescein diacetate-hydrolyzing activity in tropical soils. *Biology and Fertility of soils* 44 (2) 387-392
- Dua, V. K., Pant, C. S. and Sharma, V. P. 1996. Determination of level of HCH and DDT in soil, water, and whole blood from bioenvironmental and insecticide sprayed areas of malaria control. *Indian Journal of Malariology* 33(1): 7-15.
- Harden, T., Joergenson, J. R., Meyer, B. and Wolters, V. Soil. 1993. Microbial biomass estimated by fumigation-extraction and substrate-induced respiration in two pesticides treated soils. *Soil Biol. Biochem*. 25 (6) 679-683.
- Hart, M. R. and Brookes, P. C. 1997. Soil microbial biomass and mineralization of soil organic matter after 19 years of cumulative field applications of pesticides. *organic matter. Soil Biology and Biochemistry* 28, 1641–1649.

- Hendi, E. J. and Peake, B. M. 1996. Organochlorine pesticides in a dated sediment core from Mapua, Waiwea Inlet, New Zeland. *Marine Pollution Bulletin* 32(10):751-754.
- Islam, K. R. and Well, R. R. 1998. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. *Biol. Fertil. Soils* (27):408-416.
- Jiandong, J., Zhang, R., Li, R., Gu, J. D. and Li, S. 2007. Simultaneous biodegradation of methyl parathion and carbofuran by a genetically engineered microorganism constructed by mini-Tn5 transposon. *Biodegradation* 18 (4):403-412.
- Karpouzias, D., Walker, A., Drennan, D and Froud-Williams, R. 2000. The effect of initial concentration of carbofuran on the development and stability of its enhanced biodegradation in top-soil and sub-soil. *Pest management science Journal* 57 (1): 72-81.
- Megharaj, M., Kantachote, D., Singleton, I. and Naidu, R. 2000. Effects of long-term contamination of DDT on soil microflora with special reference to soil algae and algal transformation of DDT. *Environmental pollution*(109):35-42.
- Miquilena, O. 1999. Caracterización agroecológica de sectores de producción hortícola en el municipio Federación estado Falcón. Informe técnico mimeografiado. FONAIAP. Edo. Falcón 10p.
- Mueller, D., Pulschen, M. y Espinoza, V. 2001. Posibles efectos de la intensidad de la aplicación de plaguicidas sobre la microflora del suelo o cultivado con papa cerro punta. *Revista Ciencia Agropecuaria*(9)744-751.
- Muñoz, Z. J. 1999. Manual técnico productos agroquímicos sanitarios, semillas y equipos. AGROISLEÑA C.A. 225 p.
- Parekh, N. R., Suet, D. L., Roberts, S.J., McKeown, T., Shaw, E. D. and Jukes, A. A. 1994. Carbofuran-degrading bacteria from previously treated field soils. *Journal of Applied Bacteriology* 76: 559-567.
- Saume, S. R 1992. Introducción a la química y toxicología de insecticidas. Industria grafica Integral. Maracay. Venezuela. 68 p.
- Silvestre, R. y Fernández, C. 1995. Contaminación de Plaguicidas en Sangre Materna y Sangre de Recién Nacido. Departamento de Pediatría. Hospital General de Calabozo. Edo. Guárico. Venezuela. mimeografiado. 9 p.
- Singh, B. K., Walker, A. and Wright, D. J. 2005. Cross-enhancement of accelerated biodegradation of organophosphorus compounds in soils: Dependence on structural similarity of compounds. *Soil biological and biochemistry* (9):1675-1682.
- Smith, L., Janitha, A., Liyanage, A., Ransilu, C., Watawala, A. G., Aravinna, P. and Kookana, R. S. 2006. Degradation of the pesticides Carbofuran and Diazinon in Tropical Soils from Sri Lanka. CSIRO Land and Water Science Report 67/06
- Tayaputch, N., Pimpan, N., Phaika E. W. and Chukiatwatana, L. 2001. Impact of long - term pesticide usage on soil microbial activities and 14c - monocrotophos

degraded. Report of a Final Research Coordination Meeting organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and held in Hangzhou, Zhejiang, Peoples' Republic of China. pp. 177-185.

Waliszewski, S. M., Pardo, S. Chantiri, P. and Aguirre, G. 1996. Organochlorine pesticide body burden of young Mexican. *Fresenius environmental Bulletin*. (5): 357-360.

Walkley, A. and Black, A. 1934. An examination of the method for determination soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science American Journal* (37): 29-38.

Wardle, D. A., Yeates, G. W., Warson, R. N. and Nicholson, K. S. 1993. Response of soil microbial biomass and plant litter decomposition to weed management strategies in maize and asparagus cropping systems. *Soil Biol.* 25 (7): 857-868.