

Anisillo (*Tagetes filifolia* Lag.): Recurso Genético Mexicano para controlar la Mosquita Blanca (*Bemisia* sp. y *Trialeurodes* sp.)

Miguel Angel Serrato Cruz[†], Benito Reyes Trejo^{**}, Laura Ortega Arenas^{***}, Aureliano Domingo Gómez, Napoleón Gómez Sánchez, Florentino López Martínez, Miguel Ángel Sánchez, Lidia Carvajal Vázquez, Oscar Jiménez Rosete, Antonio Morgado González, Elba Pérez Méndez, Juana Quiroz Mora, Clara Iveth Vallejo García^{****}

[†] Metodología de Investigación, Departamento de Fitotecnia

^{**} Laboratorio de Fitoquímica, Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo

^{***} Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas

^{****} Estudiantes de Licenciatura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

RESUMEN

Anisillo o *Tagetes filifolia* Lag. es una planta que se distribuye en México, de la cual se extrajeron aceites esenciales y se realizaron bioensayos en invernadero y campo para controlar la mosquita blanca. A partir de plantas crecidas en Chapingo, México (2230 msnm) en el periodo agosto-noviembre del 2002, se extrajo aceite esencial en tres etapas fenológicas resultando la de floración completa como la mejor (1.68 mL/ 100 g peso fresco) y se identificaron dos compuestos químicos. De siete concentraciones (0.01 a 3.5 mg/mL) de aceite esencial ensayadas en seis intervalos de tiempo contra moscas adultas de *Trialeurodes vaporariorum* en invernadero, mediante el método de Ortega-Schuster, se encontraron respuestas de repelencia, mortalidad y fitotoxicidad; el análisis Probit indicó un valor de CR₅₀ de 7.18 mg/mL. Al ensayar las dosis de 1, 10, 100, 250, 500 y 750 ppm aplicadas en campo a intervalos de ocho días a plantas de melón con edad de 15 y 65 días en Zirándaro, Guerrero (300 msnm), se logró completa repelencia a *Bemisia tabaci* además de controlar el pulgón. Por hectárea se pueden producir 10 toneladas de peso seco de anisillo y el rendimiento de aceite por unidad de peso es extraordinariamente alto. La comparación del costo económico y ecológico entre aplicar aceite esencial (y el insecticida Confidor (180 dólares /ha) para el control de la mosquita blanca, perfila al primero como excelente opción al humano y al ecosistema.

Palabras clave: Tagetes, mosquita blanca, aceites esenciales, plantas de melon, recursos genéticos

ABSTRACT

Anisillo (*Tagetes sp*) is a Mexican plant which essential oils were extracted to bioassay them against whitefly. The oil extraction from three phenology stages was realized resulting the flowering stage the best for it (1.68 mL/ 100 g dry matter). From a screening of seven oil concentration (0.01 to 3.5 mg/mL) in greenhouse against mature insects of *Trialeurodes sp* next responses were observed: repellency, mortality and phytotoxicity. Concentration range of 1, 10, 100, 250, 500 y 750 ppm applied in the field to muskmelon plants caused repellency to *Bemisia sp*; moreover aphid could be controlled. It was possible produce 10 ton of dry matter per hectarea. Controlling whitefly using anisillo oil is a good option to human and ecosystem.

Key words: Tagetes, whitefly, essential oil, muskmelon, genetic resources

INTRODUCCIÓN

La aparición de la familia Compositae en el Continente Americano ha beneficiado a México como centro de radiación de numerosas especies, géneros, subtribus y tribus de ese taxa (Turner & Nesom, 1994). El género *Tagetes*, de la subtribu *Tageteae*, cuenta con cerca de 56 especies (Soule, 1994) aunque se ha propuesto reducir el número a 34 especies (Turner, 1996). Cerca del 40 % de las especies de este género se encuentran en México (Neher, 1966; Turner & Nesom, 1994). Entre otras características distintivas de *Tagetes* esta la de poseer sustancias aromáticas que distinguen a este grupo de plantas (Lawrence, 1985a; 1985b). Tales sustancias están relacionadas con la presencia de aceites esenciales en varias de las especies de este género, lo cual abre la posibilidad de su empleo en el control de plagas agrícolas, tal como se ha realizado con otros aceites vegetales (Buttler & Hanneberry, 1989), que han mostrado tener

efectos repelentes o bioinsecticidas (Buttler & Hanneberry, 1992). Entre los aceites esenciales identificados en *Tagetes*, figuran: tagetona, dihidrotagetona, ocimenona, metil chavicol, limoneno, cariofileno, terpinoleno piperotona (Hethelyi & al., 1992), ocimeno, anetol, tagetenona (Zygodlo & al., 1993, 1994), citrol, citronelol (Perez-Amador & al., 1994), indol (Machado & al., 1994) y estragol (Feo & al., 1998).

Alrededor de los años noventa, Butler & al. (1989) ha desarrollado particularmente, el estudio de los aceites vegetales contra la mosquita blanca (*Bemisia spp*), plaga biotrasmisora de enfermedades virósicas en numerosos cultivos de importancia económica, (Butler & al., 1989) y en general, como lo refieren Sieburth et al. (1998) en su análisis de varias investigaciones al respecto, los aceites vegetales pueden afectar a la mosquita blanca por toxicidad (bioinsecticida), repelencia a las formas adultas,

impedimento de la ovoposición, disminución de ninfas que emergen de huevecillos tratados con aceite y aniquilamiento de ninfas. Sin duda, la búsqueda de repelencia puede ser la mejor opción de control de la mosquita blanca, ya que se evitaría la posibilidad de que este organismo desarrolle resistencia genética. Sieburth et al. (1998) también resumen las desventajas de los aceites vegetales utilizados contra la mosquita blanca: 1) se tienen que hacer aplicaciones repetidas considerando el periodo de cobertura del aceite, 2) no siempre el aceite tiene buena cobertura y 3) puede haber fitotoxicidad; otro inconveniente es el costo de estos productos orgánicos que se encuentran bajo patente. Por ello, se justifica la búsqueda de fuentes vegetales con repelencia a la mosquita blanca que, adicionalmente, superen algunas de las desventajas antes señaladas.

En México hay varias especies de *Tagetes*, que son muy aromáticas y abundantes, las cuales han sido objeto de experimentación contra insectos, nemátodos y otros fitopatógenos (Serrato & Argomedo, 1993); sin embargo, pocos son los trabajos sobre el uso de aceites esenciales, y sus efectos bactericida, fungicida (Serrato & Argomedo, 1993) y larvicida (Vázquez & al., 2002). Con excepción del efecto parcial de repelencia e insecticida contra la mosquita blanca ocasionado por extractos acuosos de raíces de *T. filifolia* (Cubillo & al., 1994; 1999), no se cuenta con antecedentes sobre el empleo de aceites esenciales de *Tagetes* para controlar a esta plaga. Se han determinado cerca de 57 componentes químicos en el aceite esencial de *T. filifolia*, de los cuales los fenilpropanoides representan la mayor parte, entre ellos el cis-anetol y el estragol con 68.2 y 13.7 %, respectivamente (Feo & al., 1998), aunque también se han registrado (E)-anetol (67 %) y metil chavicol (30.3 %) (Zigadlo & al., 1993); no obstante, aspectos básicos como el manejo en campo para la producción de biomasa, el mejor momento fenológico para la extracción de aceites y el ambiente natural para la producción, pueden interaccionar con la calidad y cantidad de los aceites esenciales, tal como se ha observado en otras especies con aceites esenciales (Bodrug & al., 1983; Chalchat & al., 1995).

En este trabajo se pretende evaluar varios aspectos de una población silvestre de *T. filifolia* mediante: 1) bioensayos en invernadero y en campo contra la mosquita blanca, 2) concentración de aceites según etapas fenológicas, 3) biomasa producida según roturación del suelo y densidad de plantas, y 4) análisis económico comparativo: bioinsecticida versus insecticida químico.

MATERIALES Y MÉTODOS

T. filifolia se recolectó en el 2001 en Tlalámac, Ozumba, Estado de México situado a 1800 msnm. Las semillas germinaron en cajas petri; se realizó el trasplante

trasplante a 5 ó 6 días de germinación en bandejas de unicel a un sustrato con alto contenido de materia orgánica, posteriormente se transplantaron al campo.

El cultivo de plantas silvestres de *T. filifolia* se realizó durante el periodo agosto-noviembre del 2002 en el Campo Experimental del Departamento de Fitotecnia en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). La extracción de aceite se realizó en el Laboratorio de Productos Naturales, Departamento de Preparatoria Agrícola (UACH). Los bioensayos para evaluar la repelencia se llevaron a cabo el mismo año en el laboratorio e invernadero del Área de Insectos Vectores del Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillos, Estado de México. Los ensayos de campo se realizaron en diciembre del 2002 y febrero del 2003, en el municipio de Zirándaro, en el estado de Guerrero, en terrenos de la empresa melonera "El Herradero" S. A. de C. V.

Bioensayo en invernadero

La cría masiva de una población de mosca blanca, especie *T. vaporariorum* West. (*Homóptera: Aleyrodidae*), se inició con adultos obtenidos de una colonia mantenida en invernadero durante un año, sin exposición a insecticidas. Los adultos se introdujeron en jaulas entomológicas de alambón del No. 6 (60 X 40 X 60 cm) con fundas de tela "tricot", en cuyo interior se colocaron macetas con plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad *Canario 107*, las cuales sirvieron como sustrato para la alimentación y oviposición. El frijol se sembró en macetas de unicel con un sustrato de agrolita y composta en proporción 9:1.

Los adultos se mantuvieron sobre las plántulas durante un período de una semana. Las plantas infestadas se trasladaron a otra jaula para esperar la emergencia de adultos de la primera generación, con los cuales se efectuaron los bioensayos. La temperatura en el invernadero fue de 20 a 50 °C y fotoperíodo de 12 horas.

Para evaluar la repelencia, se empleó el método del cilindro propuesto por Ortega y Schuster, que consiste en utilizar cilindros (olfatómetros) de acrílico transparente de 15.5 cm de altura por 15 cm de diámetro. El fondo de cada cilindro se cubrió con tela de organdí, sujeta con una liga ancha (26 X 1.3 cm), para proporcionar ventilación. En la parte superior de cada cilindro se ensambló una tapa de acrílico de 15 cm de diámetro con un orificio central de 3 cm de diámetro, en el cual se colocó un dispositivo con un disco de hoja de frijol tratado con el aceite. Cada cilindro tenía un agujero lateral de 5 mm, con un tapón de corcho a través del cual se introdujeron adultos de mosca blanca.

Los discos de hoja (2.5 cm de diámetro) de frijol se cortaron de folíolos de 6-7 semanas de edad. Éstos se sumergieron y giraron cinco veces, durante cinco segundos, en forma individual, en las diferentes concentraciones de las

soluciones de prueba: el aceite en una solución madre se diluyó para ajustar a las concentraciones de los tratamientos. Enseguida se volvieron a sumergir otras cinco veces para asegurar una cobertura completa. Se dejó secar durante 20 minutos y posteriormente se colocaron en los dispositivos sujetadores y en los olfatómetros.

Simultáneo al proceso anterior, para cada tratamiento se colectaron 20 adultos de la mosca blanca de cuatro días de edad (sin sexar). Para colectar las moscas adultas, se colocó un cilindro de acrílico junto a las plantas infestadas y éstas se sacudieron ligeramente, de tal forma que los adultos quedaron dentro del cilindro, de donde se colectaron cuidadosamente con un pequeño aspirador construido con un tubo de gotero de vidrio de 7 mm de diámetro, y un tubo de látex. Los insectos se mantuvieron en ayuno durante dos horas; posteriormente se introdujeron en los olfatómetros de prueba.

En el olfatómetro, el dispositivo para sujetar el disco de hoja de frijol tratado consistió de una tapa de envase de película fotográfica de 35 mm (Fuji Film), en cuya parte central, se colocó una bolita de algodón saturado con agua, la cual se cubrió con un círculo de papel Whatman Grade 40, de 2.5 cm de diámetro, también saturado con agua, y sobre éste, el disco de hoja tratado, dispuesto con la haz adyacente al papel filtro. Cada disco se sujetó mediante un trozo de malla y un anillo de plástico.

La disposición de los olfatómetros se realizó completamente al azar sobre una mesa de color blanco, con una lámpara de neón en la parte superior. Cada olfatómetro con 20 insectos en su interior constituyeron una repetición.

Un experimento preliminar se realizó para ubicar los límites de respuesta al aceite (ventana de respuesta biológica), que comprendió concentraciones de 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 1 y 10 % para detectar porcentajes de repelencia en el intervalo de cero a 100. Los datos obtenidos en las concentraciones se corrigieron con la repelencia obtenida en el testigo. Enseguida se intercalaron dosis logarítmicas entre estos límites, para efectuar el bioensayo completo, el cual quedó con los tratamientos de 3.5, 1.0, 0.5, 0.1, 0.035, 0.01 mg/mL de aceite (1, 3.5, 10, 50, 100 y 350 ppm, respectivamente) y el testigo con agua. Se evaluó una concentración por día.

Cada tratamiento consistió de cuatro repeticiones, cada una con 20 moscas. Se hicieron conteos de insectos vivos posados sobre el disco de frijol y en las paredes del cilindro, y de los insectos muertos, durante cada hora en un periodo de seis horas y un último conteo a las 24 horas.

El porcentaje de repelencia se obtuvo restando a 100 el número de insectos posados. Se hizo una valoración cualitativa para fitotoxicidad.

Se aplicó un análisis de varianza y se realizó la comparación de medias mediante la prueba de Tukey (0.05).

Los bioensayos también se analizaron mediante el programa Probit para determinar la CR_{50} (concentración de repelencia del 50 % de insectos).

Bioensayo en campo

En un cultivo de melón con plantas de 15 días de edad, se aplicaron las dosis de 1, 10 y 100 ppm a intervalos de siete días a partir de la primera semana de diciembre del 2002; una segunda aplicación, con el mismo intervalo de tiempo, se hizo a una plantación de 65 días, a mediados de febrero, con las concentraciones de 250, 500 y 750 ppm. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, cien plantas de parcela útil y observando: el número de adultos de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en la primera y segunda aplicaciones, número de pulgones en la segunda aplicación y aspecto del follaje en una escala de intervalo para fitotoxicidad. Se hizo un análisis de varianza y se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de los medios.

Aspectos de manejo

El trasplante del material biológico se hizo en camas meloneras de 1.2 m de ancho, después de haber aplicado un riego ligero. Los tratamientos consistieron en distanciamiento entre plantas para tener las densidades de 25, 36 y 64 plantas por metro cuadrado; además, sin roturación del suelo, primera roturación y segunda roturación. Dos días después, se aplicó el único riego pesado. No se emplearon agroquímicos. El diseño del experimento fue el de bloques al azar en parcelas divididas y cuatro repeticiones; cada repetición estuvo compuesta de nueve parcelas con una dimensión de 1 m². Las parcelas grandes fueron establecidas con tres densidades de población: (15x15=64 plantas, 20x20=36 plantas, 25x25=25 plantas) y las parcelas chicas fueron las roturaciones (escardas y sin escarda). La única variable tomada en consideración fue el peso seco por planta y por metro cuadrado. Se hizo un análisis de varianza y se usó la prueba de Tukey para la comparación de los medios.

Producción de Aceite y fenología

En agosto se hizo el trasplante con distanciamiento entre plantas de 20x20 cm (64 plantas por metro cuadrado). Para la extracción de aceites se tomaron plantas al 50 % de la floración (90 días), Madurez 1 (100 días) y Madurez 2 (115 días). Se formaron lotes de 500 g de material vegetal y para la extracción de aceite, se siguió el procedimiento descrito por Vázquez et al. (2002).

Comparaciones económicas

Mediante algunas entrevistas a casas de agroquímicos, a técnicos y a instituciones, se hizo una estimación general de la inversión en el insecticida Confidor, aplicado a melón (4500 hectáreas), para el área de riego de la región conocida como Tierra Caliente, en el estado de Guerrero. También se estimaron los costos para producir biomasa de *T. filifolia* y la cantidad requerida para 4500 hectáreas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La repelencia se fue incrementando conforme fue mayor la concentración del aceite (Cuadro 1); el máximo efecto repelente se tuvo a 1 y 3.5 mg/mL de aceite (0.35 g/L, 350 ppm), resultado que supera el 50 % de repelencia reportado por Cubillo et al. (1996) aplicando extracto acuoso de raíz de *T. filifolia* en 100 ppm sobre *B. tabaci*.

más prolongados (24 h). En el estudio de Cubillo & al. (1999), la aplicación del extracto etanólico de *T. filifolia* cubrió moscas y plantas; por lo tanto, la mortalidad, pudo ser resultado de un efecto combinado de la disuasión por repelencia y por contacto con el aceite.

En el Cuadro 2 se muestra la alta mortalidad de insectos (42 a 58 %) a concentraciones por arriba de 1 mg/mL, mientras que una mortalidad menor (13- 24 %) se observa con las concentraciones bajas, igual a la que se presentó en el testigo (20 %). Llama la atención la mortalidad en el testigo, porque se esperaba que los insectos no murieran, cuando menos en las primeras horas de evaluación. Se considera que la sensibilidad de los insectos al periodo de ayuno al que fueron sometidos antes de su traslado a la cámara de acrílico, pudo ser la causa de este resultado.

Cuadro 1. Porcentajes de insectos que se posaron en los discos de hoja de frijol en los intervalos de observación correspondientes a las concentraciones utilizadas de aceite de *T. filifolia*.

Aceite mg/mL	Intervalo de observación en horas							Promedio
	1	2	3	4	5	6	24	
3.5	0 b [†]	8 b	9 c	17 c	11 c	16 b	0 b	8.7 c [†]
1.0	13 ab	16 a	14 c	19 bc	38 ab	38 ab	13 ab	20.1bc
0.5	21 ab	28 ab	28 bc	28 abc	31 ab	31 ab	16 ab	25.4 b
0.2	31 a	44 ab	55 ab	61 abc	61 a	61 ab	59 a	53.1 a
0.1	14 ab	37 ab	50 abc	64 ab	72 a	72 a	58 a	51.8 a
0.035	35 a	53 a	54 ab	53 abc	55 ab	55 ab	53 a	51.4 a
0.01	11 ab	39 ab	48 abc	48 abc	65 a	65 a	49 ab	45.7 a
Agua	33 a	49 ab	67 a	73 a	67 a	67 a	23 ab	55.5 a

[†] En columnas, promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas ($P>0.05$).

El efecto de repelencia se reflejó en la cantidad de insectos adultos que murieron y los que se mantuvieron vivos en las paredes del acrílico (Cuadros 1 y 2). Considerando que los insectos no fueron cubiertos por el aceite, la mortalidad registrada posiblemente se debió, entre otras razones, a la barrera de repelencia olfativa producida por el aceite a los insectos, que finalmente murieron, lo cual fue marcado a las concentraciones más altas (0.5 a 3.5 mg/mL) y periodos

En cuanto a la fitotoxicidad, esta no se presentó a concentraciones bajas, pero empezó a manifestarse como moderada a partir de 1.0 mg/mL, hasta resultar alta con 3.5 mg/mL; efecto no observado por, Cubillo & al. (1999).

El análisis Probit confirmó una CR_{50} de 6.5 a 8.8 a partir de la segunda hora hasta la sexta (Cuadro 3); si bien a las 24 h la CR_{50} fue de 3.5, ello pudo obedecer a la muerte de moscas

Cuadro 2. Porcentajes de insectos muertos en los intervalos de observación correspondientes a las concentraciones ensayadas de aceite de *T. filifolia*.

Aceite mg/mL	Intervalo de observación en horas							Factor A [†]
	1	2	3	4	5	6	24	
3.5	30 ab ^{††}	40 ab	47 ab	52 a	67 a	72 a	100 a	58.2 A
1.0	15 ab	15 bc	26 abc	40 ab	50 ab	63 ab	87 a	42.2 B
0.5	34 a	46 a	53 a	55 a	56 ab	57 abc	84 a	55.2 A
0.2	6 ab	24 abc	24 abc	24 ab	26 bc	26 cd	35 b	23.5 C
0.1	4 ab	9 c	14 c	17 b	17 c	17 d	17 b	13.5 C
0.035	9 ab	17 ba	20 bc	25 ab	31 bc	31 bcd	27 b	22.8 C
0.01	22 ab	25 abc	25 abc	25 ab	25 bc	25 cd	25 b	24.5 C
Agua	8 ab	13 bc	13 c	27 ab	27 bc	27 cd	27 b	20.2 C
Factor B [†]	16 D	23.6 CD	27.7 CD	33.1 BC	37.1 ABC	39.7 AB	50.2 A	

[†] Medias con la misma letra mayúscula no presentan diferencias significativas ($P>0.05$).

^{††} En columnas, promedios con la misma letra minúscula no presentan diferencias significativas ($P>0.05$).

por falta de comida y al ambiente enrarecido de la cámara, en especial en los tratamientos de alta concentración del aceite donde aún se percibía olor anisado. El dato CR₅₀ de 6.5 a 8.8 indicaría que con 6.5 a 8.8 mg de aceite en un litro de agua sería posible repeler el 50 % de los adultos de *T. vaporariorum* bajo condiciones experimentales del método Ortega-Schuster. Sin duda, el valor CR₅₀ y los efectos de repelencia antes descritos, son una importante referencia para su adecuación en campo. Al respecto, para la primera evaluación en campo de las dosis de aceite de 1, 10 y 100 ppm, solamente la última produjo repelencia casi total con cinco moscas en 100 plantas; en la segunda evaluación, las dosis de 250, 500 y 750 ppm repelieron totalmente a la mosquita blanca. Con la concentración de 750 ppm también se eliminó el pulgón. No hubo fitotoxicidad.

Cuadro 3. Concentración de aceite requerida para repeler el 50% de la población de acuerdo con las horas de observación (1, 2, 3, 4, 5, 6 y 24)

Tiempo (h)	CR ₅₀
1	0.04
2	6.52
3	6.80
4	4.24
5	7.18
6	8.85
24	3.54

Se encontró que en floración completa, cuando la semilla empieza a madurar y el follaje aún está verde, se logra la mayor concentración de aceite (1.68 mL); lo cual coincide con el mayor contenido de aceites en la etapa de floración total observada en *T. tenuifolia* Cav. (Bodrug & al., 1983).

Sin duda, la no roturación del suelo y la densidad de 64 plantas por metro cuadrado permiten la mayor producción de biomasa por planta (36 g) y por metro cuadrado (1.295 kg) (Cuadro 4), lo cual equivaldría a una producción aproximada de 10 toneladas de planta seca. Si esta cantidad se toma como referencia para estimar la cantidad de aceite esencial que se podría obtener en la fase

Cuadro 4. Producción de biomasa de *T. filifolia* resultante de la densidad de plantas y la roturación del suelo.

Densidad (cm)	Roturación		Promedio†
	0	1	
	Peso seco (gramos) de planta (tallos, hojas, capítulos) ††		
15x15	26.4 c	*	-
20x20	35.9 a	26.1 c	31.03 A
25x25	31.9 b	30.0 b	30.01 A
Promedio†	33.9 A	28.1 B	
	Peso seco (gramos) de planta por metro cuadrado††		
15x15	1689.6 a	*	-
20x20	1294.5 ab	939.9 bc	1117.2 A
25x25	798.0 c	751.2 c	774.6 B
Promedio†	1041.7 A	845.6 B	

* No se aplicó el tratamiento

† Medias con la misma letra mayúscula no presentan diferencias significativas (P>0.05).

†† Medias con la misma letra minúscula no presentan diferencias significativas (P>0.05).

fenología de Madurez 1, con rendimiento de 1.6 ml en 100 gramos de materia vegetal, entonces se extraerían 160 litros de aceite por hectárea.

Cuadro 4. Cantidad de aceite esencial en plantas de *T. filifolia* cosechadas en tres etapas fenológicas en Chapingo México.

Etapas fenológicas	Cantidad de aceite en mL (v) en 100 gramos (p)
50 % de floración	1.06 b
Madurez 1	1.68 a
Madurez 2	0.66 c

Considerando la aplicación de 200 ml por hectárea y siete aplicaciones durante un ciclo de cultivo de melón, se ocuparían 1.4 litros. Entonces, para 4500 ha de melón en la Tierra Caliente de Guerrero potencialmente se podrían emplear 6 300 litros, pero esta cantidad se duplicaría (12 600 litros), ya que se cubren dos ciclos de cultivo en el sistema de producción con riego por goteo y aniego. Con esta estimación, se requeriría cerca de 80 ha para obtener el aceite necesario. El costo aproximado por hectárea para producir plantas de *T. filifolia* en campo sería de 1000 dólares, resultando una inversión de 80 000 dólares; lo que sumado a un costo de extracción tentativo de 20 000 dólares arrojaría un total de 100 000 dólares. Por otro lado, el empleo del insecticida Confidor en dosis de 1 litro por hectárea, en aplicaciones fraccionadas, tiene un costo de 180 dólares; resultando en un gasto de 1 620 000 dólares por concepto de insecticida que se aplicaría al melón de exportación en la Tierra Caliente de Guerrero. La ganancia en la salud humana y ambiental es evidente.

CONCLUSIONES

El aceite esencial de *T. filifolia* tiene un amplio espectro de efectos biológicos sobre la mosquita blanca, el pulgón y las plantas, en los bioensayos de invernadero y de campo, destacando los de repelencia, bioinsecticida y sin fototoxicidad en condiciones de campo.

La mayor producción de aceites esenciales de una población silvestre de *T. filifolia* en las condiciones de los Valles Altos en México, se asocia con la fenología, con el distanciamiento entre plantas y la condición de roturación del suelo.

El aceite esencial de *T. filifolia* es una opción ecológica y económica para controlar plagas en melón y con amplio potencial en otros cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

Bodrug, M. V.; Dragalin, M. V.; Vlad, P. F. 1983. Biological characteristics, productivity and chemical composition of the essential oil of *Tagetes signata* Bart. Grown in Moldavia. *Rastitel' nye Resursy* 19 (3): 323-327.

Buttler, G. D., Jr., D. L. Coudriet, & T. J. Hanneberry. 1988. Toxicity and repellency of soybean and the cottonseed oils to the sweetpotato whitefly and the cotton aphid on cotton in greenhouse studies. *Southwest. Entomol.* 13: 81-86.

Chalchat, J. C.; Garry, R. P.; Muhayimana A. 1995. Essential oil of *Tagetes minuta* from Rwanda and France: chemical composition according to harvesting location, growth stage and part of plant extracted. *Journal of Essential Oil* 7 (4): 375-386.

Cubillo, D.; Sanabria, G.; Hilje, L. 1999. Evaluación de la repelencia y mortalidad causada por insecticidas comerciales y extractos vegetales sobre *Bemisia tabaci*. *Manejo Integrado de Plagas* 53: 65-72.

Cubillo, D.; Quijje R.; Larriva, W.; Chacon, A.; Hilje, L. 1994. Evaluación de la repelencia de varias sustancias sobre la mosca blanca *Bemisia tabaci*. (Homoptera: *Aleyrodidae*). *Manejo Integrado de Plagas* 33: 26-28.

Feo V. de; Porta G. della; Soria E. U.; Soria R. U.; Senatore F.; De Feo V.; Della Porta G. 1998. Composition of the essential oil of *Tagetes filifolia* Lag. *Flavour and Fragrance Journal* 13 (3): 145-147.

Hethelyi, E.; Danos, B.; Tetenyi, P.; Juhasz, G. 1987. Phytochemical studies on *Tagetes* species: intraspecific differences in essential oil between *T. minuta* and *T. tenuifolia*. *Herba Hungarica* 26 (43): 145-158.

Hethelyi, E.; Tetenyi, P.; Danos, B.; Koczka, I. 1992. GC/MS investigation of essential oils. *Acta Horticulturae* 306: 302-312.

Machado, M. I. L.; Silva, M. G. V.; Matos, F. J. A.; Craveiro, A. A.; Alencar J. W. 1994. The presence of indole as minor constituent of *Tagetes erecta* leaf oil. *Journal of Essential Oil Research* 6 (2): 203-205.

Perez-Amador, M. C.; García-Jiménez, F.; Herrera J.; González, L. P.; Márquez-Alonso, L. C. 1994. Essential Oils, anthocyanins and phototoxic compounds in two species of *Tagetes* (Asteraceae). *Phyton* 56: 143-146.

Serrato C., M. A. y Quijano A., Ma. de L. 1993. Usos de algunas especies de *Tagetes*: revisión bibliográfica (1984-1992). Proceedings of the I International Symposium and II National Meeting on Sustainable Agriculture, CEICADAR-Puebla. Colegio de Postgraduados, México. pp. 228-238.

Sieburth P. J., Schroeder W. J. and Mayer R. T. 1998. Effects of oil and oil-surfactant combinations on silverleaf whitefly nymphs (Homoptera: Aleyroididae) on collards. *Florida Entomologist* 81(3):446-450.

Vázquez M., S. T.; Carrillo G., E.; Reyes T., B.; Serrato C., M. A.; Sixtos A., C.; Nathan J. 2002. Aceites esenciales de *Tagetes filifolia* y su efecto larvicida. XIX Congreso Nacional de Fitogenética. 1 al 5 de Septiembre, Saltillo, Coahuila, México. p. 386.

Zigadlo, J. A.; Grosso, N. R.; Abburra, R. E. 1990. Essential oil variation in *Tagetes minuta* populations. *Biomedical Systematics and Ecology* 18(6): 405-407.

Zigadlo, J. A.; Lamarque, A. L.; Maestri, D. M.; Guzmán, C. A.; Grosso, N. R. 1993. Composition of the inflorescence oils of some *Tagetes* species from Argentina. *Journal of Essential Oil Research* 5 (6): 679-682.

Zigadlo, J. A.; Guzmán, C. A.; Grosso, N. R. 1994. Antifungal properties of the leaf oils of *Tagetes minuta* and *Tagetes filifolia* Lag. Composition of the inflorescence oils of some *Tagetes* species from Argentina. *Journal of Essential Oil Research* 6 (6): 617-621.

Recibido: 4 de septiembre del 2003.

Dirección de los autores: Metodología de Investigación, Departamento de Fitotecnia, Laboratorio de Fitoquímica, Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco Km 38.5. CP 56230 Chapingo, Edo. México. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, México. Estudiantes de Licenciatura, Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.