

Tasa de liberación de la feromona sexual de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) y capturas de machos con trampas en brócoli.

Israel Barrientos-Hernández, Gabriela Hernández Ramírez, Juan Cibrián-Tovar

Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Instituto de Fitosanidad, kilómetro 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo. Apdo. postal 56230. Edo. de México. Email: ibarrientos@colpos.mx, hgaby@colpos.mx, jcibrian@colpos.mx.

Resumen

BARRIENTOS-HERNÁNDEZ I, HERNÁNDEZ RAMÍREZ G, CIBRIÁN-TOVAR J. 2011. Tasa de liberación de la feromona sexual de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) y capturas de machos con trampas en brócoli. ENTOMOTROPICA 26(2): 47-58.

Se evaluó la tasa de liberación de la feromona sexual del gusano del corazón de la col *Copitarsia decolora* Guenée en dos ciclos del cultivo de brócoli (otoño-invierno y primavera-verano), a las dosis de 1 mg, 5 mg y 10 mg, con trampas artesanales. La tasa de liberación (TL) del componente (Z)-9-tetradecenil acetato a dosis de 1mg fue 4,87 µg/d, para 5 mg 6,25 µg/d y en la dosis de 10 mg 6,82 µg/d. La TL del (Z)-9-tetradecen-1-ol a la dosis de 1 mg fue 2,99 µg/d, para 5 mg 5,05 µg/d y en la dosis de 10 mg 5,79 µg/d. En la TL del Z9-14:Ac no hubo diferencias en los ciclos estudiados, otoño-invierno (5,96 µg/d), primavera-verano (5,99 µg/d). Sin embargo en el Z9-14:OH las diferencias estadísticas en los ciclos otoño-invierno (4,70 µg/d) y primavera-verano (4,52 µg/d) hacen suponer que las condiciones de temperatura y humedad relativa son factores que afectan la emisión y estabilidad de esta feromona. También se establecieron experimentos para la captura de machos adultos de *C. decolora* a las dosis de 1, 5 y 10 mg de la feromona sintética de *C. decolora*. La mayor captura (1,4 y 17,64 adultos/trampa/noche) fue con la dosis menor (1 mg), que fue significativamente diferente a 5 mg (1,32 y 11,33 adultos/trampa/noche) y 10 mg (0,91 y 6,94 adultos/trampa/noche), lo que sugiere que el incremento en la dosis no lleva a un crecimiento proporcional en las capturas.

Palabras clave adicionales: (Z)-9-tetradecen-1-ol, (Z)-9-tetradecenil acetato, monitoreo, semioquímicos.

Abstract

BARRIENTOS-HERNÁNDEZ I, HERNÁNDEZ RAMÍREZ G, CIBRIÁN-TOVAR J. 2011. Release rate of Sex Pheromone of *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) and catches of males with traps in Broccoli. ENTOMOTROPICA 26(2): 47-58.

The rate of release of the sex pheromone of the cabbage heartworm *Copitarsia decolora* Guenée was evaluated in two crop cycles of broccoli (autumn-winter and spring-summer), at doses 1 mg, 5 mg and 10 mg, using traditional traps. The release rate (RR) of the component (Z)-9-tetradecenyl acetate was 4.87, 6.25 and 6.82 µg/d at dosages of 1, 5 and 10 mg respectively. The RR of (Z)-9-tetradecen-1-ol was 2.99 µg/d, 5.5 µg/d and 5.79 µg/d at dosages of 1, 5 and 10 mg respectively. The RR of Z9-14:Ac showed no differences in the cycles studied: autumn-winter (5.96 µg/d) and spring-summer (5.99 µg/d). However in Z9-14:OH we found statistically significant differences in autumn-winter cycles (4.70 µg/d) and spring-summer (4.52 µg/d) suggesting that temperature and relative humidity are factors that affect the emission and stability of this pheromone. Experiments were also established for the capture of adult males of *C. decolora* at doses 1, 5, 10 mg of synthetic pheromone. The greatest catches (1.4 and 17.64 adults/trap/night) were with the lowest dose (1 mg), which was significantly different from 5 mg (1.32 and 11.33 adults/trap/night) and 10 mg (0.91 and 6.94 adults/trap/night). This suggests that increasing the dose does not result in a proportionally higher catch.

Additional key words: (Z)-9-tetradecenyl acetate, (Z)-9-tetradecen-1-ol, monitoring, semiochemical.

Introducción

El brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck, 1794) tiene su origen en Asia Menor y el Mediterráneo. En México, su importancia socioeconómica radica en que es un producto de exportación que genera divisas y fuentes de trabajo durante su proceso de producción (Marín y Bujanos 2001). Este cultivo es el séptimo en importancia agrícola a nivel nacional, con una superficie sembrada de 11 566 ha (SIAP 2010). Dentro de las principales plagas que atacan a este cultivo se encuentra el gusano del corazón de la col *Copitarsia decolora* (Guenée, 1852) que es una especie polífaga (Flores-Pérez et al. 2004). Este insecto se ha convertido en un obstáculo para la comercialización del brócoli, la razón es su importancia cuarentenaria para EEUU, ya que este país es uno de los principales mercados agrícolas de los productores mexicanos (USDA 2005).

Para el control de *C. decolora*, se han utilizado principalmente insecticidas organofosforados (Paratión metílico, Metamidofos) y algunos piretroides (Permetrina), (DEAQ 2009). También se ha recurrido a estrategias complementarias para su manejo, entre las que se menciona el uso de semioquímicos como las feromonas sexuales. El fundamento de esta técnica consiste en la atracción del insecto hacia trampas cebadas con los componentes feromonales, previamente identificados y sintetizados (Barrera et al. 2006). La feromona de *C. decolora* está compuesta de (Z)-9-tetradecenil acetato y (Z)-9-tetradecen-1-ol (Rojas et al. 2006). Para la aplicación adecuada de esta estrategia de manejo se debe contar con un eficiente sistema de monitoreo, que involucra factores como el diseño de la trampa, condiciones ambientales, estado fisiológico y sexo del insecto, y las condiciones fenológicas del cultivo. Otro aspecto importante es tener un dispositivo de liberación que imita las proporciones de los componentes de la feromona sexual de *C.*

decolora, en la misma relación que es producida de manera natural por la hembra.

Se han utilizado diferentes tipos de liberadores para el monitoreo con feromonas, por ejemplo microcápsulas, capilares de cloruro de polivinilo (PVC), placas laminadas, cuerda, tubo de polietileno, y septo de caucho. Este último fue estudiado por Buttler y Mc Donough (1981) y reportan una correlación entre el número de carbonos en los acetatos y el tiempo de vida media de la tasa de evaporación, es decir, acetatos con moléculas grandes (10 a 15 átomos de carbono) presentan una velocidad de liberación más lenta. De acuerdo con Vrkoc et al. (1988) es importante considerar que la tasa de liberación, es un proceso uniforme y prolongado de pérdida de la dosis efectiva de los componentes activos, a través del tiempo. Tomando en cuenta estas referencias, es indispensable estimar la carga total de feromona en el liberador adecuado, que nos permita tener una duración razonable y sin cambio en la tasa de liberación. Por estas razones, en la presente investigación se evaluó la tasa de liberación en septos de caucho, la permanencia de feromona en campo y las capturas de machos de *C. decolora* asociados a trampas cebadas con dosis de 1 mg, 5 mg y 10 mg de feromona sintética.

Materiales y Métodos

Experimento de Tasa de liberación

El experimento para evaluar la tasa de liberación se desarrolló en una parcela ubicada en el Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, Texcoco, estado de México, entre las coordenadas lat 19° 28' 4.26" N y long 98° 53' 42.18" W, a 2 250 m. El clima es templado con lluvias en verano, temperatura media anual de 15,9 °C y precipitación media anual de 710,3 mm (García 1981). En el experimento se evaluaron tres dosis como tratamientos: 1, 5 y 10 mg durante 90 d, a los intervalos de: 0, 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días. Todos los tratamientos tuvieron tres sub-

réplicas por cada período de monitoreo (n=63) y todo el experimento se repitió dos veces, uno en cada época de siembra del cultivo (otoño-invierno y primavera-verano).

La cuantificación de la tasa de liberación se realizó de acuerdo al procedimiento que se describe a continuación. Se utilizaron liberadores de caucho rojo de 8 mm (Sigma®) impregnados con la feromona sintética de *C. decolora*; (Z)-9-tetradecenil acetato Sigma® (Z9-14:Ac) y (Z)-9-tetradecen-1-ol Sigma® (Z9-14:OH). La proporción utilizada fue 4:1 (acetato/alcohol) con una pureza de 95 % y 91 % respectivamente, para cada componente. Las dosis fueron 1, 5 y 10 mg. Los componentes de la feromona sintética se añadieron al septo usando jeringas Hamilton 50 µL, se agregaron 47 µL de la mezcla acetato/alcohol.

Las trampas que se utilizaron fueron de tipo artesanal, hechas a base de material reutilizable, que consistieron de un envase de plástico de 4 L de capacidad, al cual se le hicieron dos aberturas laterales en la parte superior en forma de trapecio, cuyas dimensiones fueron: 7 cm x 4 cm x 12 cm, y una abertura en la parte media del recipiente de 3 cm x 12 cm. A cada trampa se le agregó 1 L de una mezcla de agua - detergente 10 % (Roma®). El liberador quedó suspendido de la tapa a través de una perforación con un alambre de acero. Las trampas se fijaron a 150 cm de altura desde el nivel de la superficie del suelo y se distribuyeron a 30 m de distancia entre cada una. Los liberadores se recogieron de la localidad cada 15 días para su análisis en laboratorio. Para la recuperación de los componentes feromonales, cada septo se colectó después de transcurrido el tiempo de evaluación de los tratamientos. Se colocó en un vial de 10 mL de capacidad, y se lavó con 7 mL de cloruro de metileno, mediante agitación manual. El septo se dejó dentro del vial durante 24 horas y posteriormente se concentró a 1 mL por medio de un flujo constante de nitrógeno.

Identificación de los componentes de la feromona sexual y cálculo de la tasa de liberación

De cada muestra concentrada se tomó 1 µL y se inyectó a un cromatógrafo de gases Hewlett Packard (HP) 5890, equipado con inyector Split-Splitless y detector de ionización de flama (FID por sus siglas en inglés). Las muestras se inyectaron en modo Splitless dentro de una columna HP 5- MS (5 % fenil metilsiloxano) de 30 m de longitud y de 0,25 de diámetro interno. Las condiciones del GC fueron: Helio como gas acarreador, con flujo de 1 mL / min. La temperatura del detector y del inyector fue de 250 °C. Las condiciones de corrida fueron: Temperatura inicial de 150 °C estable durante 7,50 min, luego incrementó 30 °C hasta llegar a 250 °C por 1 min y obtener un tiempo total de 11,50 min. Los componentes de la feromona de *C. decolora* se identificaron por medio de estándares con base en sus tiempos de retención (Z,9- Tetradecen-1-ol 7,96 min y Z,9-Tetracecenil acetato 8,02 min).

La tasa de liberación se ajustó al modelo exponencial de Mayer y Mitchell (1998), quienes consideran que la liberación de los componentes de una feromona es un proceso pasivo, caracterizado por una curva de declinación exponencial que se representa con la ecuación:

$$Y = a e^{-bx}$$

Donde:

Y= Tasa de liberación en el tiempo

a= Tasa de liberación en el tiempo cero

b= Tasa de descenso de la curva

x= Tiempo en días

Este modelo fue linealizado, transformando a logaritmos naturales, resultando la ecuación:

$$\ln(Y) = \ln(a) \pm b x.$$

Análisis Estadístico

Los valores de $\ln(a)$, b y sus errores estándar del modelo linealizado se determinaron con el procedimiento Proc nlin (SAS para Windows

V 9.0.). Adicionalmente se realizó un análisis de varianza (Proc anova) con un diseño experimental en bloques al azar con arreglo factorial 3 x 7 (dosis: periodo) para determinar el efecto de cada dosis (1, 5 y 10 mg) de los componentes de la feromona de *Copitarsia decolora* cada 15 días. Las comparaciones de medias de las tasas de liberación se determinaron con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). (SAS Institute 2002).

Capturas

Para evaluar las capturas se establecieron 36 trampas de tipo artesanal, construidas como se describió anteriormente. Las trampas utilizadas fueron 27 con feromona sexual con dosis (tratamientos) de 1 mg, 5 mg y 10 mg. En las 9 restantes se les colocó el septo, y estas funcionaron como tratamiento testigo. Se establecieron dos experimentos, con el mismo número de repeticiones como se describió arriba, uno en el ciclo otoño-invierno y el otro en primavera-verano en parcelas ubicadas en el Poblado de San Andrés Mixquic, Delegación Xochimilco, del Distrito Federal, localizado entre los 19° 13' 17.22" N 98° 57' 59.89" W y altura 2 240 m, clima templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual entre 12 °C y 16 °C y precipitación media anual entre 600 mm y 800 mm (García 1981).

Análisis estadístico

Para determinar la media de capturas y las combinaciones dosis-tiempo en los dos experimentos, se realizó un análisis de varianza (Proc anova) con un diseño experimental en bloques al azar y arreglo factorial 3 x 7 (dosis: periodo) para determinar el efecto de cada dosis (1, 5 y 10 mg) de los componentes de la feromona sintética de *C. decolora* en el registro de capturas de machos en periodos de siete días, las comparaciones de medias se analizaron con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el paquete estadístico SAS para Windows V 9.0. (SAS Institute 2002).

Identificación de la especie

Los ejemplares colectados de las trampas en San Andrés Mixquic, se llevaron al Laboratorio de Morfología de Insectos del Colegio de Postgraduados, Montecillo, para su identificación. Los insectos se sumergieron en una solución de alcohol al 70 % para retirarles los residuos de jabón, polvo, remover las escamas y poder visualizar la estructura externa de la genitalia. Posteriormente se cortó el abdomen con unas pinzas de relojero No. 5 y se introdujo en solución de Hidróxido de Potasio 10 % (KOH) y se calentó a 80 °C durante 20 min, con el fin de retirar el tejido graso y que sólo quedara expuesta la genitalia.

Transcurrido el tiempo, se lavó la genitalia con agua destilada estéril y se le aplicaron siete gotas de ácido acético glacial para lograr que se tornara rígida. De esta manera, se introdujo nuevamente en solución de alcohol 70 % para lavar los residuos del ácido. En otra caja Petri se depositó la genitalia y se le colocó encima un portaobjetos, de modo que se pudiera observar en vista posterior. Finalmente se observó con un fotomicroscopio Tessovar de Karl Zeiss (10X) con cámara digital integrada Pixera Profesional para distinguir las estructuras morfológicas internas, características de la especie (Simmons y Pogue 2004).

Resultados

Tasa de Liberación. La metodología empleada para la colecta de volátiles de la feromona sexual de *C. decolora* se definió mediante experimentos preliminares, los cuales mostraron que la recuperación de los componentes de esta feromona oscila entre 85 % y 90 % con el lavado de septos de caucho rojo de 8 mm (SIGMA®) bajo las condiciones mencionadas. Las concentraciones que resultaron del análisis cromatográfico de los componentes de la feromona de *Copitarsia decolora* se ajustaron al modelo exponencial de Mayer y Mitchell (1998), y los estimadores de los coeficientes de

Cuadro 1. Coeficientes de determinación estimados con el modelo exponencial de Mayer y Mitchell (1998), para el cálculo de la tasa de liberación de los componentes de la feromona sexual de *C. decolora* en el ciclo de otoño-invierno.

Componente	Dosis	Parámetro	Estimador*	Error Estándar*	Límites fiduciales 95%*	
Z-9-14 Ac	1mg	a	418,300	15,871	385,000	451,500
		b	0,029	0,002	0,024	0,033
	5mg	a	2263,000	54,830	2148,200	2377,700
		b	0,032	0,001	0,029	0,034
	10 mg	a	4415,500	107,000	4190,700	4640,300
		b	0,035	0,002	0,032	0,038
Z-9-14 OH	1mg	a	112,500	4,072	104,000	121,000
		b	0,036	0,002	0,031	0,041
	5mg	a	647,700	15,824	614,600	680,800
		b	0,030	0,001	0,027	0,033
	10 mg	a	1217,860	36,369	1141,700	1294,000
		b	0,028	0,001	0,025	0,031

Cuadro 2. Coeficientes de determinación estimados con el modelo exponencial de Mayer y Mitchell (1998), para el cálculo de la tasa de liberación de los componentes de la feromona sexual de *C. decolora* en el ciclo primavera-verano.

Componente	Dosis	Parámetro	Estimador*	Error Estándar*	Límites fiduciales 95%*	
Z-9-14 Ac	1mg	a	477,600	11,638	453,300	502,000
		b	0,026	0,001	0,024	0,029
	5mg	a	2277,600	57,822	2156,600	2398,600
		b	0,034	0,002	0,031	0,038
	10 mg	a	4516,500	51,799	4408,000	4624,900
		b	0,036	0,001	0,034	0,037
Z-9-14 OH	1mg	a	119,200	4,939	108,900	129,600
		b	0,043	0,003	0,036	0,050
	5mg	a	643,400	14,037	614,000	672,800
		b	0,033	0,001	0,031	0,036
	10 mg	a	1237,900	24,650	1186,300	1289,500
		b	0,031	0,001	0,029	0,034

*Nota: cada uno de estos valores numéricos son los coeficientes de determinación para el cálculo de la tasa de liberación

determinación obtenidos para el ciclo de otoño-invierno se observan en el Cuadro 1 y los del ciclo de primavera-verano se presentan en el Cuadro 2.

La Figura 1 muestra la evolución en función del tiempo de la TL del Z9-14:Ac, durante las 7 fechas de evaluación de emisión. Se puede señalar que los datos en el día 0 aparecieron como los valores más altos y fue decreciendo de

manera constante. Esto puede sugerir que la alta tasa de emisión durante los primeros días sucede hasta que el dispensador llega a un equilibrio con el ambiente. Por lo tanto, se supuso que la carga residual de feromona disminuyó a un ritmo constante a lo largo del período de estudio.

Asimismo, en el experimento realizado en el ciclo primavera-verano las ecuaciones del Z9-14:Ac para calcular la TL y su promedio de

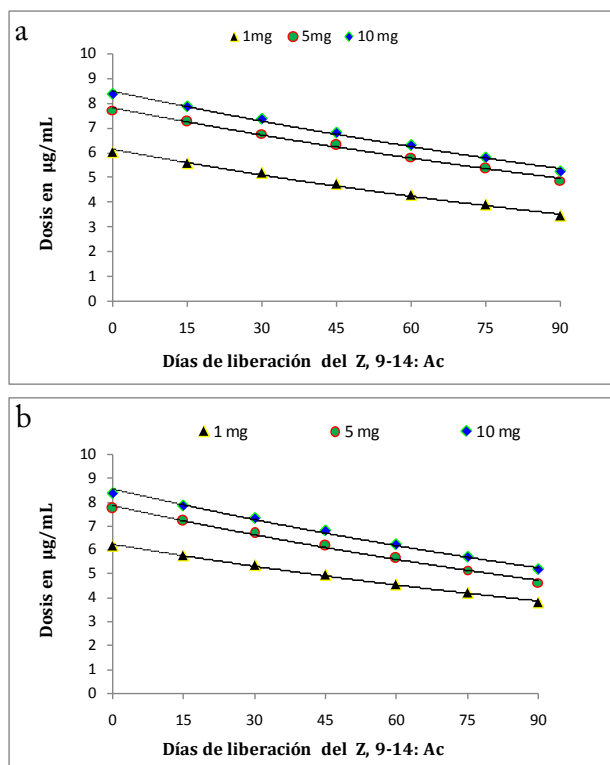


Figura 1. Promedio de la Tasa de liberación del (Z)-9-tetradecenil acetato a las dosis evaluadas 1 mg, 5 mg y 10 mg en los dos ciclos de cultivo del brócoli ($p < 0.05$), $r^2 = 0,9976$. a) ciclo: otoño-invierno y b) ciclo: primavera-verano en Montecillo, Texcoco 2009-2010.

liberación diario fueron: Tasa= $\ln 477,6 - 0,026 * (\text{días})$ y $4,79 \mu\text{g/d}$ para la dosis de 1 mg, Tasa= $\ln 2 277,60 - 0,034 * (\text{días})$ y $5,93 \mu\text{g/d}$ en la dosis de 5 mg y Tasa= $\ln 4 516,5 - 0,036 * (\text{días})$ y $6,54 \mu\text{g/d}$ para 10 mg (Figura 1b). En el análisis estadístico se observan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en las tres dosis evaluadas (Cuadro 3). Sin embargo, no hubo diferencias al comparar la TL en los dos ciclos de cultivo evaluados, otoño:invierno ($5,9640 \mu\text{g/d}$), primavera:verano ($5,9939 \mu\text{g/d}$).

La Figura 2 muestra la evolución en función del tiempo de la TL del (Z)-9-tetradecen-1-ol durante las 7 fechas de evaluación de emisión. En este componente de igual manera que el acetato, presenta datos de emisión más altos en el día 0, y la carga residual de feromona disminuyó a un ritmo constante a lo largo de cada período

Cuadro 3. Comparación de Medias de la TL promedio del Z9-14:Ac en los dos ciclos de cultivo evaluados (otoño-invierno y primavera: verano). Letras diferentes representan diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$).

Prueba de Tukey	Media TL ($\mu\text{g}/\text{d}$)	n	Tratamiento
a	6,8179	14	10 mg
b	6,2471	14	5 mg
c	4,8717	14	1 mg

de estudio. Sin embargo, las diferencias en las medias al comparar los dos experimentos, otoño-invierno (Temperatura media: $15,5 \text{ }^\circ\text{C}$, HR media: $47,33 \%$) y primavera-verano (Temperatura media: $20,93 \text{ }^\circ\text{C}$, HR media: $53,25 \%$) hace suponer que las condiciones de temperatura y humedad relativa fueron dos factores que afectan la estabilidad del Z9-14:OH. La TL para el alcohol en el experimento otoño-invierno se calculó con la ecuación de Mayer y Mitchell (1998). A continuación se presentan las ecuaciones para el cálculo de la TL y promedio de liberación diario: Tasa= $\ln 112,50 - 0,036 * (\text{días})$ y promedio $3,11 \mu\text{g} / \text{d}$ con la dosis de 1 mg. Tasa= $\ln 647,70 - 0,030 * (\text{días})$ y $5,12 \mu\text{g} / \text{d}$ para 5 mg, en la dosis de 10 mg la ecuación fue: Tasa= $\ln 1 217,86 - 0,028 * (\text{días})$, su promedio $5,86 \mu\text{g/d}$. (Ver Figura 2 a)

En el experimento realizado en el ciclo primavera-verano las ecuaciones para el cálculo de la TL del Z9-14:OH a las dosis evaluadas y su promedio diario de liberación fueron: con la dosis de 1 mg Tasa= $\ln 119,2 - 0,043 * (\text{días})$ y promedio $2,54 \mu\text{g} / \text{d}$, en la dosis de 5 mg Tasa= $\ln 643,40 - 0,033 * (\text{días})$ y $4,72 \mu\text{g/d}$. En la dosis de 10 mg: Tasa= $\ln 1 237,90 - 0,031 * (\text{días})$ y $5,48 \mu\text{g/d}$. (Ver Figura. 2 b). Los resultados del análisis estadístico de la TL del Z9-14:OH expresan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en las tres dosis evaluadas (Cuadro 4). Además también hubo diferencias en los dos ciclos de cultivo estudiados, otoño-invierno ($4,6979 \mu\text{g/d}$) y primavera-verano ($4,5164 \mu\text{g/d}$).

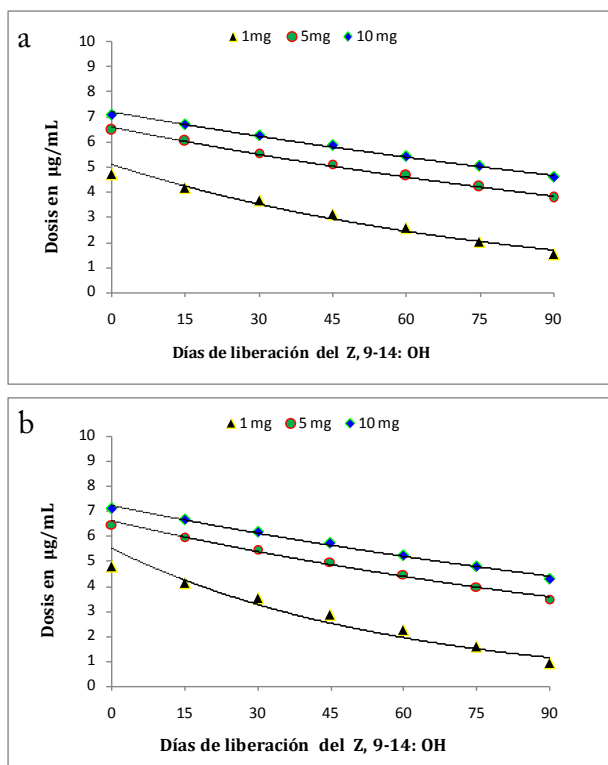


Figura.2 Promedio de la Tasa de liberación del (Z)-9-tetradecen-1-ol a las dosis evaluadas 1 mg, 5 mg y 10 mg en los dos ciclos de cultivo del brócoli ($P < 0.05$), $r^2 = 0,9957$ a) ciclo: otoño-invierno y b) ciclo: primavera verano en Montecillo, Texcoco 2009-2010.

Capturas

En el experimento realizado en el poblado de San Andrés Mixquic, Distrito Federal, en la época de siembra de estiaje (Noviembre-Febrero), de acuerdo con los resultados observados de las capturas de machos de *C. decolora*, los tratamientos de 1 mg y 5 mg no presentaron diferencias estadísticas entre ambos, pero sí fueron significativamente diferentes al tratamiento con la dosis de 10 mg de la feromona sexual y con el tratamiento testigo sin feromona ($P \geq 0.05$). (Ver Cuadro 5).

En la Figura 3, se puede observar el registro de capturas de machos adultos del gusano del corazón de la col, con las trampas tratadas (1, 5 y 10 mg) con la feromona sexual. Las evaluaciones fueron en periodos de 8 d. El tratamiento con 1 mg de feromona en los periodos 48 y 56 d

Cuadro 4. Comparación de Medias de la TL promedio del Z9-14:OH en los dos ciclos de cultivo evaluados (otoño-invierno y primavera-verano). Letras diferentes representan diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$).

Prueba de Tukey	Media TL ($\mu\text{g}/\text{d}$)	n	Tratamiento
a	5,7878	14	10 mg
b	5,0459	14	5 mg
c	2,9879	14	1 mg

Cuadro 5. Comparación de Medias de capturas de machos con trampas cebadas con la feromona sexual de *C. decolora* tratadas con 1mg, 5mg 10mg y el testigo (0 mg), en el ciclo otoño-invierno. Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$).

Prueba de Tukey	Media Machos/trampa	n	Tratamiento
a	1,417	72	1 mg
a	1,319	72	5 mg
b	0,917	72	10 mg
c	0,111	72	Testigo

registró la mayor captura 3,00 y 2,88 en promedio de adultos / trampa / noche, respectivamente. Mientras que en el tratamiento testigo el promedio máximo de captura fue a los 48 días (0,333 adultos / trampa/ noche).

En el experimento realizado de mayo a julio (época de lluvia) las capturas de machos de *C. decolora* se presentan en la Figura 4. El análisis estadístico mostró diferencias significativas (Cuadro 6) en las tres dosis utilizadas ($P \leq 0.05$). El tratamiento de 1 mg capturó el mayor número de machos de *C. decolora* a los 40 d, con un promedio de 43,33 adultos / trampa / noche. Cabe mencionar que durante todo el experimento a la dosis de 1 mg se capturó mayor cantidad de ejemplares que a las otras dos dosis evaluadas (5 y 10 mg), las cuales también capturaron más adultos a los 40 d. En el testigo, su promedio de capturas más alto fue de 1,222 adultos / trampa / noche (40 d).

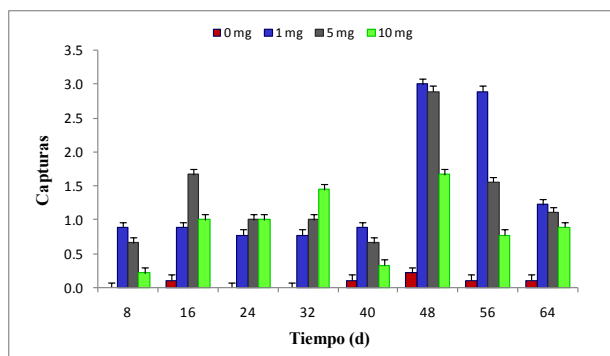


Figura 3. Promedio de capturas de machos adultos de *C. decolora* registradas durante 64 días en San Andrés Mixquic, época de estiaje (Noviembre a Febrero de 2010) con 3 dosis: 1, 5, 10 mg y el testigo (0 mg). *n=288, SD=1.3990, SE=0.0824.

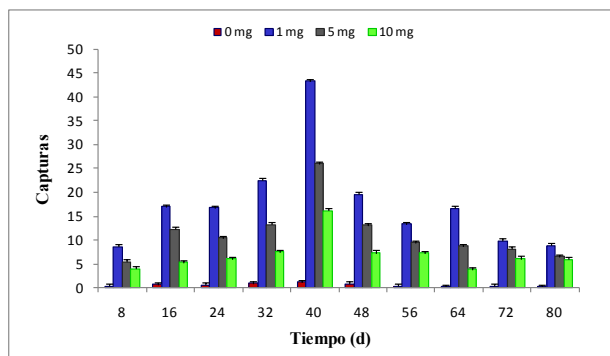


Figura 4. Promedio de capturas de machos adultos de *C. decolora* registradas durante 80 días en San Andrés Mixquic, época de lluvia (Mayo a Julio de 2010), con 3 dosis: 1, 5 y 10 mg y el testigo (0 mg). *n=360, SD=9.6266, SE=0.5074.

Identificación de la especie. Los resultados de la identificación de *C. decolora*, de acuerdo al procedimiento de Simmons y Pogue (2004) mediante la estructura interna denominada “digitus” que posee forma de espátula y que es una de las características morfológicas que identifican a la especie, se observa en la Figura 5.

Esta referencia es la misma que determinó Muñiz (2007), cuyo ejemplar presentó la misma forma del digitus, que pertenece a *Copitarsia decolora* Guenée.

Cuadro 6. Comparación de Medias de capturas de machos con trampas cebadas con la feromona sexual de de *C. decolora* tratadas con 1mg, 5mg 10mg y el testigo (0 mg) de feromona, en el ciclo primavera-verano. Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$).

Prueba de Tukey	Media Machos/trampa	N	Tratamiento
a	17,644	90	1 mg
b	11,333	90	5 mg
c	6,944	90	10 mg
d	0,533	90	testigo

Discusión

El control de plagas basado en semioquímicos, como las feromonas sexuales, ha establecido una importante alternativa de solución, pues son productos que no generan daño al ambiente. Para garantizar su eficacia en el manejo de plagas, se han estudiado diferentes tipos de liberadores (Dix et al. 1979, Jutsum y Gordon 1989, Atterholt et al. 1999, Thorpe et al. 1999, Stipanovic et al. 2004, Trimble 2007 y Vacas et al. 2007).

Los septos de caucho, elegidos para este estudio presentan ventajas; una es que el material con el que son fabricados es extraído de manera natural, es biodegradable y no genera vapores que afecten el medio. Otra ventaja es que son fáciles de manipular. Y la más importante es la cuantificación constante de la tasa de liberación de compuestos como acetatos, alcoholes y aldehídos. (Butler y Mc Donough 1981; Heath et al. 1985 y Rocchini et al. 2003).

La utilidad de manejar este dispositivo, con respecto a otros liberadores es su tiempo de vida, ya que si se compara con mechas de algodón, éstas se ven afectadas por el polvo y dejan de liberar los componentes de la feromona con los que fueron impregnados. En cuanto a los dispensadores de plástico y los laminados, liberan los componentes feromonales a altas temperaturas con mayor velocidad. Sin embargo

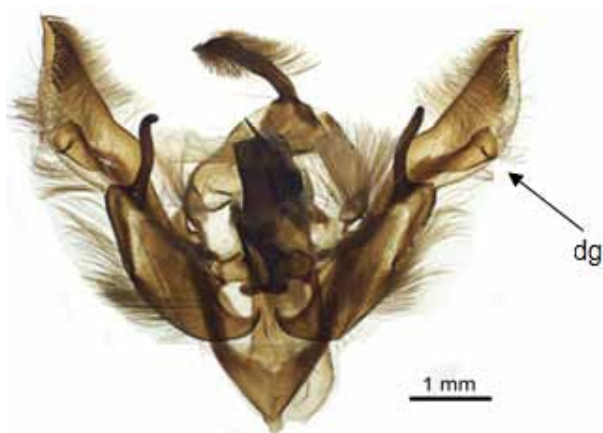


Figura 5. Genitalia de *Copitarsia decolora* Guenée en su vista Posterior. dg= digitus.

Dirk et al. (1979) realizaron investigaciones con mechas de algodón y tapones tipo vaina en la zona húmeda del sur de Mississippi, los cuales atrajeron mayor número de palomillas del gusano carpintero (*Prionoxystus robiniae* Peck). También se probaron ambos dispensadores en las llanuras secas del norte del mismo estado, donde los tapones tipo vaina fueron más eficientes en altas y bajas densidades de la población. La importancia de los factores ambientales donde se aplica la estrategia de control basada en el uso de semioquímicos es un factor que se debe considerar para la selección del tipo de liberador (Heath et al. 1985).

La tasa de liberación de la feromona sexual de *Copitarsia decolora*: (Z) 9- Tetradecenil acetato y (Z) 9- Tetradecenol, en septos de caucho rojo SIGMA® impregnados con los componentes a las dosis 1, 5 y 10 mg en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano, realizados en San Andrés Mixquic, no mostró diferencias al compararse la TL en los dos ciclos de cultivo evaluados. La TL del Z9-14:Ac se comportó como un proceso uniforme y prolongado de pérdida de la dosis efectiva de los componentes activos, a través del tiempo, es decir su emisión no se vio afectada por las condiciones ambientales de humedad relativa y temperatura registradas durante el

período de evaluación de los experimentos. (McDonough et al. 1989).

En cambio, en la emisión de la TL del Z, 9- Tetradecenol los factores ambientales como la temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial y velocidad del viento, pudieron influir en la liberación de este componente. Esto puede atribuirse a la volatilidad del alcohol, ya que al incrementarse la temperatura se liberaba con mayor rapidez durante el ciclo de cada experimento. Lo anterior coincide con lo expuesto por Barrera et al. (2006), donde mencionan que la temperatura incide de manera directa en la actividad de los insectos y en la tasa de liberación de los atrayentes. Las bajas temperaturas pueden ocasionar una tasa de liberación menor, lo cual limitaría el radio de acción del atrayente. Una temperatura muy elevada podría ejercer una acción contraria, ocasionando una pérdida acelerada de la fuente del atrayente, limitando de esta manera su período de acción. Podemos relacionar lo anterior con lo expuesto por diferentes autores, quienes afirman que altos niveles de feromona tienden a confundir a los insectos en vez de atraerlos (Jacobson y Beroza 1964, Zhang y Amalin 2005).

El monitoreo de insectos con trampas cebadas con feromonas sexuales, se ha asociado a la relación tasa de liberación-capturas. Si existe incremento en la TL, también se espera aumento en las capturas, esto es, porque los factores como temperatura, humedad relativa, viento y lluvia, contribuyen a la dispersión de la feromona, lo que genera mayor o menor atracción hacia la trampa cebada con los componentes feromonales (Montoya et al. 2002). Contrario a esto, en nuestros resultados, las trampas tratadas con la dosis baja (1 mg) en ambos experimentos (noviembre- febrero) y (mayo- julio) capturaron palomillas desde los primeros días de establecido el trapeo y en las dosis altas (5 mg y 10 mg) disminuyó el número de capturas de machos adultos de *C.*

decolora a lo largo de los experimentos. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Vacas et al. (2009). Ellos llevaron a cabo un ensayo de campo con trampas cebadas con uno, dos y tres dispensadores mesoporosos y otras trampas tratadas con un dispensador estándar, y reportan que el mayor número de capturas en campo no corresponde a la tasa más alta de emisión de feromona, lo que sugiere un efecto repelente al insecto, si la emisión es excesiva.

En la época de estiaje hubo menor captura que durante el período de lluvia. Estos resultados indican que la densidad poblacional de *C. decolora* durante el período primavera-verano fue mayor, lo cual concuerda con lo obtenido por Suárez et al. (2006) que encontraron en Texcoco, estado de México, en el cultivo de col (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), una alta densidad poblacional de larvas de *C. decolora* en el mes de Junio de 2004, y lo podemos relacionar con la preferencia del estado fenológico del cultivo que ataca esta plaga (formación del pedúnculo).

Según Minks (1977) y Southwood (1978), el número de capturas de una especie en trampas es determinado por la densidad y distribución de la población; edad, sexo, especie y comportamiento de vuelo del insecto en función de cambios ambientales; además de cambios en la eficiencia de la trampa, dados por su diseño, número de trampas por unidad de superficie y dosis del atrayente. En este trabajo se empleó una alta densidad de trampas en una superficie pequeña para efectuar el monitoreo de la plaga, con un diseño de trampa que permitiera la entrada del viento para que se efectuara la dispersión de la feromona liberada por los septos de caucho para provocar la atracción de machos adultos de *C. decolora*. Pudimos observar que el radio de atracción de esta feromona sexual alcanzó a atraer a otros insectos (lepidópteros, dípteros, coleópteros y hemípteros) lo cual está relacionado a que cada componente por separado atrae a diferentes tipos de palomillas, por ejemplo: el Z, 9-14: Ac ejerce atracción hacia machos

de *Lacinipolia* sp., *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), especies de *Leucania*, hembras mutantes de *Trichoplusia ni* (Spohn et al. 2003).

De acuerdo con Montoya et al. (2002), otro factor ambiental como la precipitación pluvial influye de forma negativa en el número de capturas por trampa, debido a la menor movilidad que los insectos presentan bajo estas condiciones, además implica el lavado de la feromona que tienen los dispositivos. Black et al. (1996) mencionan que de acuerdo al diseño de la trampa, las precipitaciones pueden lavar parte del atrayente, disminuyendo la eficiencia de la misma. El diseño de la trampa artesanal utilizada favorece el flujo de aire, pero no la exposición directa del septo con el medio ambiente. De esta manera, los resultados obtenidos nos sirven para plantear un buen sistema de monitoreo y trapeo masivo de *C. decolora* en las zonas productoras de crucíferas en México. Este sistema puede ser implementado con eficiencia desde el inicio del ciclo de cultivo, si es efectuado dentro del manejo integrado de esta plaga.

Con los resultados de las tasas de liberación y capturas obtenidas en los dos experimentos, podemos concluir que la dosis de 1 mg del Z, 9-Tetradecenil acetato y Z, 9-Tetradecenol (proporción 4:1) puede ser la más adecuada como herramienta en el monitoreo y trapeo masivo del gusano del corazón de la col *Copitarsia decolora* Guenée, en lugares con condiciones ambientales similares a las del sitio de estudio y con una distribución de 30 m de distancia entre trampas.

Referencias

- ADAMS GR, MURRAY DK, LORRAINE M. 1989. Effectiveness and Selectivity of Sex Pheromone Lures and Traps for Monitoring Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Adults in Connecticut sweet corn. *Journal of Economic Entomology* 82(1): 285-290.
- BAUTISTA MN, FLORES PLR. 2003. *Memorias del primer simposio nacional sobre Copitarsia incommoda*. Sociedad Mexicana de Entomología. México. 3 pp.
- BARRERA JF, MONTTOYA P, ROJAS J. 2006. *Bases para la aplicación de sistemas de trampas y atrayentes en manejo integrado de plagas*. En: Simposio de trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de Plagas de importancia económica. Barrera JF y Montoya P (Eds.) Sociedad Mexicana de Entomología y el Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México. 1-16 p.
- Barrios DBR, Alatorre R, Calyecac HG, Bautista M C y N. 2004. Identificación y fluctuación poblacional de plagas de col (Brassica oleracea var. capitata) y sus enemigos naturales en Acatzingo Puebla. *Agrociencia* 38(2): 239-248.
- BLACK MH, ALAMID FTA, ALSOL EM, KAGIGI M, KAWAN F, EL BUSAFI N. 1996. *Standardization of Medfly Trapping in the Libyan Arab Jamahiriya during 1987-1991*. En: Standardization of Medfly trapping for use in sterile insect technique programmes. Final report. International Energy Agency. Vienna Austria, pp. 29-68.
- BYERS JA. 1988. Novel diffusion-dilution method for release of semiochemicals: Testing pheromone component ratios on western pine beetle. *Journal of Chemical Ecology* 14:199-212.
- BUTLER LI, McDONOUGH LM. 1979. Insect sex pheromone: Evaporation rates of acetates from natural rubber septa. *Journal of Chemical Ecology* 5: 825-837.
- BROWN DF, KNIGHT AL, HOWELL JF, SELL CR, KYRSAN JL, WEISS M. 1992. Emission characteristics of a polyethylene pheromone dispenser for mating disruption of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Chemical Ecology* 85: 910-917.
- DEL RÍO GS. 2007. Trampas con feromona sintética para la captura de *Copitarsia decolora* (Gene) 1852 (Lepidoptera: Noctuidae). [Tesis Maestría]. Colegio de Postgraduados Montecillo, México. 35 p.
- GARCÍA E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koepen*. Offset Larios. S.A. México, D.F. 456p.
- HEATH RR, EPSKY ND, GUZMAN A, DUEBEN BD, MANUKIAN A, MEYER WL. 1995. Development of a dry plastic insect trap with food-based synthetic attractant for the Mediterranean and Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 88: 1307-1315.
- HEATH RR, TEAL PEA, TUMLINSON JH, MENGELKOCH J. 1986. Prediction of release ratios of multicomponent pheromones from rubber septa. *Journal of Chemical Ecology* 12: 2133-2143
- HEATH RR, LANDOLT JH, TUMLINSON DL, CHAMBERS RE, MURPHY RE, DOOLITTLE BD, DUEBEN JS, CALKINS CO. 1991. Analysis, synthesis, formulation and field testing of three major components of male Mediterranean fruit fly pheromone. *Journal of Chemical Ecology* 17: 1925-1940.
- JACOBSON M, BEROZA M. 1964. Insect attractants. *Scientific American* 211: 20-27.
- JOHANSSON GBO, ANDERBRANT J, SIMANDL DN, AVTZIS C, SALVADORI E, HENDERSTROEN ELDLUND H, HOEGBERG HE. 2001. Release rate of pine sawfly pheromone from two types of dispensers and phenology of *Neodiprion sertifer*. *Journal of Chemical Ecology* 27: 733-745.
- MARÍN JA, BUJANOS MR. 2001. *Insectos plaga del brócoli y coliflor y sus enemigos naturales en la región del Bajío, México*. SAGARPA, INIFAP, CIRCE. Publicación especial No 2. Guanajuato, México. 1-13.
- MAYER SM, MITCHELL ER. 1988. Rapid measure of sex pheromone emission from plastic rope dispensers: Example of utility in sexual communication disruption of the diamondback moth *Plutella xylostella*. *Phytoparasitica* 26:1-9.
- McDONOUGH LM, BROWN DF, ALLER WC. 1989. Insect sex pheromones: Effect of temperature on evaporation rates of acetates from rubber septa. *Journal of Chemical Ecology* 15: 779-790.
- MINKS AK. 1977. *Trapping with behavior-modifying chemicals: feasibility and limitations*. En: H.H. Shorey and J.J. McKelvey, Jr. (Eds.), Chemical control of insect behavior: theory and application. John Wiley & Sons, N.Y., pp. 385-394.

- MONTROYA P, CELEDONIO H, MIRANDA H, PAXTIAN J, OROZCO D. 2002. Evaluación de sistemas de trampeo y atrayentes para la captura de hembras de *Ceratitis capitata* (Wied.) y otras moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) en la región del Soconusco, Chiapas. *Folia Entomologica Mexicana* 41: 359-374.
- MUÑOZ-REYES E, CIBRIÁN-TOVAR J, ROJAS-LEÓN J, DÍAZ-GÓMEZ O, VALDEZ-CARRASCO J, BAUTISTA-MARTÍNEZ N. 2007. Capturas de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) en trampas cebadas con diferentes proporciones de feromona sexual. *Agrociencia* 41: 575-581.
- ROJAS JC, CRUZ-LÓPEZ L, MALO EA, DÍAZ-GÓMEZ O, CALYECAC G, CIBRIÁN-TOVAR J. 2006. Identification of the Sex Pheromone of *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economical Entomology* 99(3): 797-802.
- ROCCHINI LA, LINDGREN SB, BENNETT RG. 2003. Douglas-fir pitch moth, *Synanthedon novaroensis* (Lepidoptera: Sesiidae) in North-Central British Columbia: Flight Period and the Effect of Trap Type and Pheromone Dosage on Trap Catches. *Environmental Entomology* 32(1): 208-213.
- SOUTHWOOD TRE. 1978. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. Chapman and Hall. London, 524 p.
- SPOHN BG, ZHU J, CHASTAIN BB, HAYNES KF. 2003. Influence of mating success of two strains of cabbage Loopers, *Trichoplusia ni* (Huebner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology* 32 (4): 736-741.
- STELINSKI LL, MILLER JR, LEDEBUHR R, SIEGERT P, GUT LJ. 2007. Season-long mating disruption of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) by one machine application of pheromone in wax drops (SPLAT-OFM). *Journal of Pest Sciences* 80(2): 109-117.
- SUÁREZ-VARGAS AD, BAUTISTA-MARTÍNEZ N, VALDEZ-CARRASCO J, ANGULO-ORMEÑO A, ALATORRE-ROSAS A, VERA-GRAZIANO J, EQUIHUA-MARTÍNEZ A, MANUEL-PINTO V. 2006. Fluctuación poblacional de *Copitarsia decolora* (Guenée) y su asociación con crucíferas comerciales. *Agrociencia* 40: 501-509.
- THOMPSON PLM Eds. 2009. *Diccionario de Especialidades Agroquímicas*. Thompson ed. México. 1901 p.
- [USDA] UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2005. Memorandum of understanding between the United States Department of Agriculture and the office of the United States Trade representative, and the Secretariat of the Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food and the Secretariat of Economy of the United Mexican States regarding areas of food and agricultural trade (Web en línea). Disponible: <http://www.usda.gov/news/releases/2002/04/moumexico.html>.
- VACAS S, ALFARO C, NAVARRO LV, ZARZO M, PRIMO J. 2009. Study on the Optimum Pheromone Release Rate for Attraction of *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology* 102(3): 1094-1100.
- VAVILOV NI. 1992. *Origin and Geography of cultivated plants*. Cambridge University Press. 498 pp.
- VRKOC J, KONECNY K, VALTEROVA I, HRDY I. 1988. Rubber substrates and their influence on isomerization of conjugated dienes in pheromones dispensers. *Journal of Chemical Ecology* 14:1347-1358.
- WEATHERSTON I. 1990. *Principles of design of controlled-release formulations*. In: Behavior-modifying chemical for insect management applications of pheromone and other attractants. Marcel Dekker, Inc. New York. pp. 93-112
- ZHANG AJ, AMALIN D. 2005. Sex pheromone of the female pink hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Homoptera: Pseudococcidae): biological activity evaluation. *Environmental Entomology* 34: 264-270.