

ACTIVIDAD INSECTICIDA DE LOS ACEITES ESENCIALES DE *Tagetes lucida* Cav. Y *Cosmos bipinnatus* Cav. (ASTERALES: ASTERACEA) SOBRE *Sitophilus zeamais* Motchulsky (COLEOPTERA: CURCULIONIDADE)

Rebeca Vallejo-González¹ y Miguel B. Nájera-Rincón²✉

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Gral. Francisco J. Múgica s/n, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México C. P. 58030.

²Campo Experimental Uruapan (INIFAP) Av. Latinoamericana No. 1101 Col Revolución, Uruapan, Michoacán, México C. P. 60500.

✉ Autor de correspondencia: minaj47@hotmail.com

RESUMEN. *Sitophilus zeamais* es una plaga primaria de granos almacenados que muestra preferencia por maíz. Para su control, los granos y semillas son tratados con insecticidas químicos líquidos y fumigantes. Los del primer grupo se formulan con organofosforados, piretroides, extractos de peritre y piretrinas naturales más butóxido de piperonilo para potencializar su acción. Los del segundo grupo, son muy usados, estos contienen fosforo de aluminio. Sin embargo, debido a los efectos negativos sobre el ambiente y sus altos costos se ha propuesto el empleo de tratamientos orgánicos como insecticidas botánicos, entre estos, aceites esenciales. En el presente trabajo se evaluó la actividad insecticida por fumigación de los aceites esenciales de *T. lucida* y *C. bipinnatus* los cuales mostraron ser tóxicos sobre adultos de *S. zeamais* ocasionando mortalidades del 100 % a las concentraciones de 4.0, 5.0, 6.0, y 7.0 µl/ml y, 3.0 µl/mL respectivamente.

Palabras clave: Gorgojo del maíz, control biológico, tratamiento orgánico.

Insecticidal activity of the essential oils of *Tagetes lucida* Cav., and *Cosmos bipinnatus* Cav. (Asterales: Asteracea) on *Sitophilus zeamais* Motchulsky (Coleoptera: Curculionidae)

ABSTRACT. *Sitophilus zeamais* is a primary stored grain pest that shows preference for maize. For the control, seeds and grains are treated with liquid or fumigant chemical insecticides. The first group is formulated with organophosphates, pyrethroids, pyrethrum extracts and natural pyrethrins with the addition of piperonyl butoxide to enhance their action. Those in the second group are the most employed and are formulated with aluminium phosphide. Nevertheless, due to their environmental negative effects and high prices it has been proposed the use of organic treatments like botanic insecticides, between these, essential oils. In the present study we evaluated the fumigant toxicity of the essential oils extracted from *T. lucida* and *C. bipinnatus*, which showed toxicity to *S. zeamais* adults producing 100% of mortality at 4.0, 5.0, 6.0, and 7.0 µl/ml, and 3.0 µl/mL respectively.

Keywords: Maize weevil, biological control, organic treatments.

INTRODUCCIÓN

En México se han reportado pérdidas de hasta el 50 % por plagas de granos almacenados (Hernández-Guzmán y Carballo-Carballo, 2010). Entre los insectos de almacén que causan mayores pérdidas económicas se encuentra *Sitophilus zeamais* Motchulsky conocido como “el gorgojo del maíz” (García-Lara *et al.*, 2007); para el control se usan insecticidas químicos, sin embargo, debido a los efectos negativos que representa su empleo se ha propuesto sustituirlos por aquellos de origen orgánico como aceites esenciales (AEs), los cuales son naturalmente tóxicos a insectos alterando reproducción, desarrollo, alimentación y hasta llegan a ocasionarles la muerte. Se consideran una alternativa prometedora para el control de insectos plaga ya que presentan baja toxicidad sobre mamíferos y rápida degradación en el ambiente, por otra parte, muestran complejidad en composición y modo de acción lo que dificulta generación de resistencia por parte

de los insectos, están disponibles localmente y la elaboración puede ser de bajo costo (Cosimi *et al.*, 2009), además presentan toxicidad sobre insectos en forma de vapor o gas, esto los hace fumigantes naturales (Banks, 1984). Lo anterior representa una ventaja al considerar que en el control de plagas de granos durante su almacenamiento la fumigación con gases es un método práctico y el más adecuado para conservar su calidad. Para *S. zeamais* se han reportado más de treinta especies vegetales con potencial insecticida (Nerio *et al.*, 2009; Pimienta-Ramírez, 2011). El objetivo del presente trabajo fue analizar la composición de los AEs de *Tagetes lucida* Cav., y *Cosmos bipinnatus* Cav., así como evaluar su actividad insecticida en adultos de *S. zeamais* como fumigantes.

MATERIALES Y MÉTODO

Extracción de aceites esenciales. Por especie, a partir de tallos, hojas y flores, se llevó a cabo la extracción de sus AEs por el método de arrastre con vapor de agua. En el interior de la autoclave fueron depositados tallos, hojas y flores, estos quedaron suspendidos sobre el fondo el cual contenía agua. El autoclave se cerró y mantuvo a $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 0 libras de presión durante dos horas. Los compuestos no polares de la planta quedaron disueltos en 20 ml de hexano (C_6H_{14}). A partir de 8 kg de *C. bipinnatus* se obtuvieron 9.8 ml de aceite esencial y a partir de 3.7 kg de *T. lucida* se obtuvieron 15.4 ml de aceite esencial.

Análisis químico. El análisis químico de los AEs se realizó con un cromatografo de gases (HP Agilent 6890) acoplado a un detector selectivo de masas (HP MS 5973N) y se identificaron los espectros de masas generados por comparación automática con los de la biblioteca del National Institute of Standards and Technology (NIST).

Bioensayos de toxicidad de *T. lucida* y *C. bipinnatus* sobre *S. zeamais*. Los bioensayos fueron por fumigación con la técnica de impregnación de papel filtro. En frascos de 7 ml se colocaron 15 insectos adultos sin sexar de 1 a 15 días de edad, para *T. lucida* se evaluaron seis concentraciones (2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0 $\mu\text{l/ml}$) y para *C. Bipinnatus* cuatro (0.5, 1.0, 2.0 y 3.0 $\mu\text{l/ml}$) más un control tratado con agua destilada. Las concentraciones se aplicaron sobre papel filtro con una jeringa Hamilton, el cual se adhirió con un alfiler a un tapón de caucho forrado con cinta teflón para evitar fuga del AE. Serrado el frasco se selló con cinta Parafilm. Por concentración se realizaron seis repeticiones las cuales se mantuvieron a una temperatura de $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ en completa oscuridad. El efecto de los AEs se evaluó diariamente durante siete días, tomando como criterio de mortalidad, la ausencia total de movimiento del insecto (Huang *et al.*, 2000).

Análisis estadístico. Los porcentajes de mortalidad acumulada fueron transformados con arcoseno y sometidos a análisis de varianza de una vía. Para *T. lucida* la verificación de la varianza se realizó mediante prueba de Barlett, y para *C. bipinnatus* mediante la prueba de Leaven. Las medias de los tratamientos se compararon con la Desviación Mínima Significativa (DMS) con el programa Statgraphics Centurion XV[®] 2006.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico. En el cuadro 1 se muestran los tres compuestos mayoritarios presentes en el AE de *T. lucida* y *C. bipinnatus*.

Bioensayos de toxicidad de *T. lucida* y *C. bipinnatus* sobre *S. zeamais*. Los AEs de *T. lucida* y *C. bipinnatus* poseen actividad tóxica fumigante sobre adultos de *S. zeamais*, todas las concentraciones evaluadas ocasionaron la mortalidad del insecto, los síntomas observados fueron poca movilidad del insecto, en algunos casos con el abdomen hacia arriba presentando movimientos pausados y repentinos en patas y antenas. El grupo control no mostró mortalidad.

Para ambos AEs los resultados del análisis de varianza de una vía registraron diferencias significativas entre un nivel de concentración de AE y otro (Fig. 1 y 2).

Cuadro 1. Composición química del AE de partes aéreas de *T. lucida* y *C. bipinnatus* obtenidos por arrastre de vapor de agua y porcentajes de los componentes mayoritarios.

COMPUESTO	<i>C. bipinnatus</i> /(%)	COMPUESTO	<i>T. lucida</i> /(%)
-E,E-cosmene	45.87	Metil eugenol	42.38
β -cis-ocimeno	26.00	Estragol	29.52
β -felandreno	10.01	β -Mirceno	10.11

La mortalidad de *S. zeamais* aumentó con el incremento de la concentración del AE. En todas las concentraciones evaluadas de AE de *T. lucida* la mortalidad ocurrió al primer día después del tratamiento. Todas las concentraciones de AE de *T. lucida* ocasionaron porcentajes altos de mortalidad sobre adultos de *S. zeamais* al final del experimento. Sin embargo, se muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos siendo los de 2.0 y 3.0 $\mu\text{l/ml}$ diferentes con respecto a 4.0, 5.0, 6.0 y 7.0 $\mu\text{l/ml}$. Las cuatro dosis más altas ocasionaron las mortalidades más altas ($\geq 99\%$) en menor tiempo, entre ellas no se muestran diferencias significativas (Fig. 1), por lo que parecen ser prometedoras para el control de *S. zeamais*. Se observó que al aumentar el tiempo de exposición al AE de *T. lucida* la toxicidad fue mayor, por lo que se podría inferir que a menores concentraciones de AE se alcanzarían porcentajes de mortalidad similares. Como se puede observar en la figura 3 la concentración de AE de *C. bipinnatus* que ocasionó 100 % de mortalidad sobre adultos de *S. zeamais* fue 3.0 $\mu\text{l/ml}$ por lo que se considera es una dosis prometedoras para el control del insecto; mientras que a las concentraciones 2.0, 1.0 y 0.5 $\mu\text{l/ml}$ se reportó 77 %, 32 % y 2 % de mortalidad acumulada respectivamente al final del experimento. Se observó que al aumentar el tiempo de exposición a el AE de *C. bipinnatus* aumentó la toxicidad, debido a esto se podría inferir que las concentraciones 2.0 y 1.0 $\mu\text{l/ml}$ requieren de un mayor tiempo de exposición para alcanzar mayores porcentajes de mortalidad. Todas las concentraciones evaluadas de *C. bipinnatus* mostraron diferencias estadísticas significativas (Fig. 4). La susceptibilidad de adultos de *S. zeamais* por *T. lucida* y *C. bipinnatus* ha sido reportada por diversos autores (Nerio *et al.*, 2009; Juárez-Flores *et al.*, 2010; Pantoja-Aguilera *et al.*, 2013; Méndez-Rodríguez *et al.*, 2013). Se ha observado que la susceptibilidad de los insectos a los compuestos producidos por las plantas varía de acuerdo a su edad, sexo y tamaño del organismo blanco (Rajendran y Sriranjini, 2008); por lo que se sugiere estudios futuros de toxicidad de los AEs de *T. lucida* y *C. bipinnatus* sobre estados inmaduros de *S. zeamais* y otras plagas de almacén, ya que el empleo de un agente único de control para un amplio rango de insectos plaga conviene en lo práctico; así como evaluar su actividad bajo diferentes condiciones ambientales ya que se han observado variaciones con respecto a estas (Lee *et al.*, 2003). Las concentraciones de 4.0, 5.0 y 7.0 $\mu\text{l/ml}$ de *T. lucida* y a 3.0 $\mu\text{l/ml}$ de *C. bipinnatus* provocaron el 100 % de mortalidad en los insectos al tercer día después del tratamiento.

La toxicidad de *T. lucida* y *C. bipinnatus* es debido a la presencia de los componentes mayoritarios de su AE (Cuadro 1). Algunos de los efectos tóxico de los AEs que se han reportado son: afecciones en el sistema colinérgico inhibiendo la actividad de acetilcolinesterasa (AChE) enzima requerida en la degradación de acetilcolina (ACh) un neurotransmisor involucrado en la estimulación del movimiento muscular, la inhibición de la AChE provoca la acumulación de ACh en la sinapsis entonces la membrana postsináptica permanece en constante estímulo lo que resulta en falta de coordinación de movimientos y eventualmente causan la muerte (Singh y Singh, 2000). Algunos componentes de los AEs también muestran actividad inhibitoria en diversos complejos de la actividad mitocondrial (Haley, 1978), y bloqueo en los receptores de octopamina

(OCT) un neurotransmisor presente a altas concentraciones en el sistema nervioso y tejidos de invertebrados, la OCT es liberada en la hemolinfa hacia los tejidos donde moviliza lípidos y carbohidratos, de esta manera prepara a los insectos para actividades prolongadas de costo energético elevado, una vez realizada la actividad asiste en la recuperación del individuo, en insectos se ha observado que el bloqueo de los receptores de OCT afecta su autonomía, pérdida de velocidad al caminar, no se alimenta, entre otras (Farooqui, 2012).

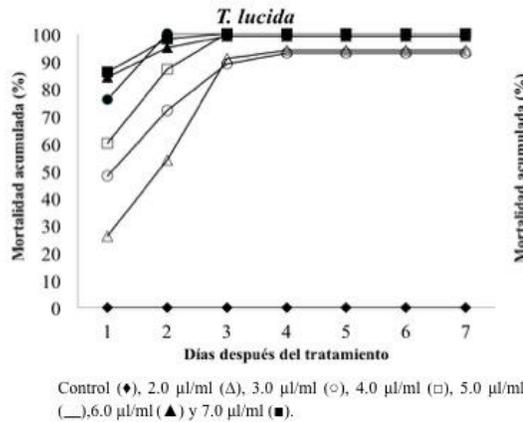


Figura 1. Porcentaje de mortalidad acumulada de *S. zeamais* a diferentes concentraciones de AE de *T. lucida*.

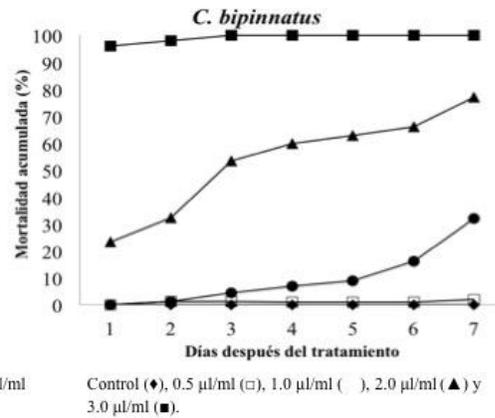


Figura 3. Porcentaje de mortalidad acumulada de *S. zeamais* a diferentes concentraciones de AE de *C. bipinnatus*.

En general los AEs presentan baja o nula toxicidad sobre mamíferos (Cosimi *et al.*, 2009) lo cual los hace atractivos como agentes de protección de granos y semillas de maíz durante su almacenamiento destinados a la alimentación animal y humana. En México *T. lucida* y *C. bipinnatus* se presentan en grandes poblaciones y se les encuentra fácilmente por lo que los agricultores pueden tener acceso a estas y emplearlas como insecticidas sobre adultos de *S. zeamais*. Sin embargo, una limitante en el empleo de AEs como insecticidas son las grandes cantidades de material vegetal que se requieren para su obtención, además la efectividad y viabilidad de este método de control para la protección de granos y semillas de maíz durante su almacenamiento a grandes escalas no ha sido demostrado.

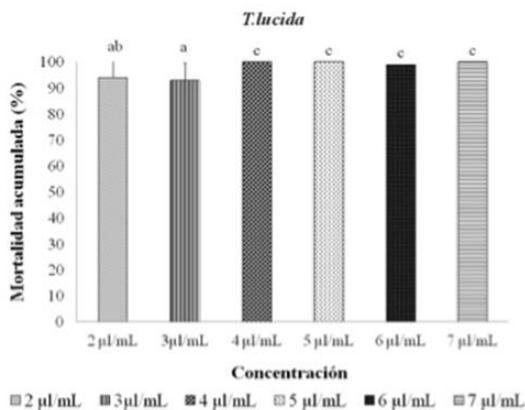


Figura 2. Porcentaje de mortalidad acumulada de *S. zeamais* ($F= 2.61$, $gl=5$, $P< 0.0449$, DMS). Las medias de las columnas con la misma letra no son significativamente diferentes entre tratamientos con un 95% de confianza.

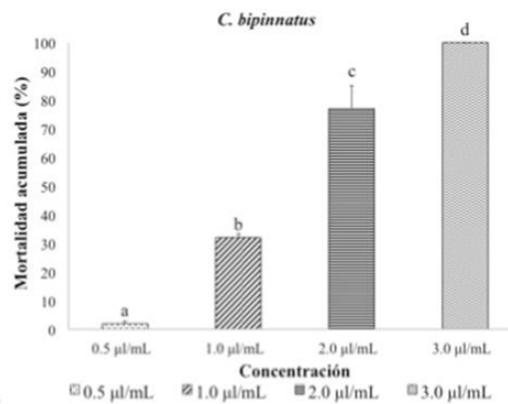


Figura 4. Porcentaje de mortalidad acumulada de *S. zeamais* ($F= 95.854$, $gl=3$, $P< 0.0000$, DMS). Las medias de las columnas con la misma letra no son significativamente diferentes entre tratamientos con un 95% de confianza.

CONCLUSIÓN

La mortalidad de adultos de *S. zeamais* estuvo en función de la concentración de AEs, a mayor concentración mayor mortalidad.

La toxicidad de los AEs de *T. lucida* y *C. bipinnatus* sobre adultos de *S. zeamais* está determinada por su composición química; a las mismas concentraciones de AEs de *T. lucida* y *C. bipinnatus* se observaron diferencias estadísticas entre los porcentajes de mortalidad de uno respecto al otro.

El AE de *C. bipinnatus* mostró ser más tóxico sobre adultos de *S. zeamais* en comparación con el de *T. lucida*, ya que a la concentración de 3.0 µl/ml ocasiono el 100 % de mortalidad al final del experimento mientras que a la misma concentración el AE de *T. lucida* ocasiono 93% de mortalidad.

Se recomienda explorar menores concentraciones de AE de *T. lucida* sobre adultos de *S. zeamais*.

Agradecimientos

Al Dr. Francisco Espinosa García y Biol. Yolanda García Rodríguez del laboratorio de Ecología Química del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la UNAM por sus aportaciones y disponibilidad para la ejecución de este proyecto.

Literatura Citada

- Banks, H. J. 1984. Fumigation and the properties of gases. Pp. 739–753. In: Champ, B. R. and E. Highley (Eds.). *Proceedings of the Australian Development Assistance Course on the Preservation of Stored Cereals*. Vol. 2. CSIRO Division of Entomology. Canberra, Australia.
- Cosimi, S., Rossi, E., Cioni, P. L. and A. Canale. 2009. Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests: Evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Tenebrio molitor* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 45: 125–132.
- García-Lara, S., Espinosa-Carrillo, C. y D. J. Bergvinson. 2007. Gorgojo del Maíz (*Sitophilus zeamais* M.). Pp. 7–12. In: *Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, D.F. México.
- Farooqui, T. 2012. Review of Octopamine in Insect Nervous System. *Insect Physiology*, (4): 1–17.
- Haley, T. J. 1978. A review of the literature of rotenone, 1,2,12,12a-tetrahydro 8,9- dimethoxy-2-(1-methylethenyl)-1-benzopyrano[3,5-b]furo[2,3 h][1]benzo- pyran- 6(6h)-one. *Journal of Environmental Pathology and Toxicology*, 1(3): 315–337.
- Hernández-Guzmán, A. J. y A. Carballo-Carballo. 2010. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. SAGARPA. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Almacenamiento%20de%20semillas.pdf>; (fecha de consulta: VII- 2014).
- Huang, Y., Chen, S. X. and S. H. Ho. 2000. Bioactivities of methyl allyl disulfide and diallyl trisulfide from essential oil of garlic to two species of stored-product pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, (93): 537–543.
- Juárez-Flores, B. I., Jasso-Pineda, Y., Aguirre-Rivera, J. R. e I. Jasso-Pineda. 2010. Efecto de Polvos de Asteráceas sobre el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motsch.). *Polibotánica*, 30: 123–135.
- Lee, S., Peterson, C. J. and J. R. Coats. 2003. Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, (39): 77–85.
- Mejía-Barajas, J. A., Del Rio, R. E. N., Martínez-Muñoz, R. E., Flores-García, A. and M. M. Martínez-Pacheco. 2012. Cytotoxic activity in *Tagetes lucida* Cav. *Emirates Journal and Food Agriculture*, 24(2): 142–147.

- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J. and E. E. Stashenko. 2009. Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). *Journal of stored products*, 45: 212–214.
- Méndez-Rodríguez, C., García-Rodríguez, M. y F. J. Espinoza-García. 2013. Evaluación del Aceite Esencial del Pericon (*Tagetes lucida* Cav.) como bioplaguicida contra insectos del maíz almacenado. Pp. 2578–2583. In: Ocatvo Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación de Michoacán. Morelia, Mich. México.
- Olajuyigbe, O. and A. Ashafa. 2014. Chemical Composition and Antibacterial Activity of Essential Oil of *Cosmos bipinnatus* Cav. Leaves from South Africa. *Iranian Journal or Pharmaceutical Research*, 13(4): 1417–1423.
- Pantoja-Aguilera, A., García-Rodríguez, Y. M. y F. J. Espinoza-García. 2013. Efecto de Repelencia e Insecticida del Aceite Esencial de *C. bipinnatus* sobre *Sitophilus zeamais*. In: Octavo Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación de Michoacán. Morelia, Mich. México.
- Pimienta-Ramírez, L. E. 2011. Evaluación del aceite esencial de *Eupatorium glabratum* Kunth como insecticida natural para el control de *Sitophilus zeamais* Motchulsky y algunos hongos de maíz almacenado. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 68 p.
- Rajendran, S. and V. Srinranjini. 2008. Plant products as fumigants for stored-products insect control. *Journal of Stored Products Research*, 44: 126–135.
- Singh, K. and D. K. Singh. 2000. Toxicity to the snail *Limnaea acuminata* of plant-derived molluscicides in combination with synergists. *Pest Management Science*, 56: 889–898.
- Statgraphics® Centurion XV. 2006. Stat Point Technologies. Inc. Warrenton, VA. USA.