

Evaluación de aceites y extractos vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* y su efecto en la calidad de semilla de maíz

Assessing vegetable oils and extracts for the control of *Sitophilus zeamais* and its impact on the seed quality of corn

Ernesto Cerna Chávez ¹
Jerónimo Landeros Flores ¹
Yisa María Ochoa Fuentes ²

Luis Guevara Acevedo ¹
Mohammad H. Badii Zabeth ³
Víctor Olalde Portugal ⁴

Originales: Recepción: 23/10/2009 - Aceptación: 10/06/2010

RESUMEN

Sitophilus zeamais es una de las especies de gorgojos que más pérdidas causa en granos almacenados en el mundo; su control se basa principalmente en productos sintéticos, que con el paso del tiempo resultan menos efectivos. En la presente investigación se evaluaron aceites vegetales de ricino, soya y extractos vegetales de neem y lila sobre poblaciones de *S. zeamais* y sus efectos sobre la germinación y parámetros fisiológicos de las plántulas. Los resultados muestran que el aceite de soya dio los mejores resultados de control, al presentar mortalidades entre un 92 y 100% a las 192 horas. Sin embargo, este aceite afecta la germinación a dosis de 2000 a 10000 ppm. El extracto de neem presentó mortalidades del 78,75 y 91,25% a las 192 horas, sin afectar la germinación ni las propiedades agronómicas. Finalmente, el aceite de ricino y el extracto de lila fueron los tratamientos que, para las condiciones del presente estudio, no mostraron altas mortalidades sobre *S. zeamais*.

ABSTRACT

Sitophilus zeamais is one of the most damaging weevil species of stored grains in the world and a major cause of devastating losses. Its control is mainly based on synthetic products that are every day less effective. The current research work assessed the effects of castor oil, soybean oil; Neem and lily plant extracts on *S. zeamais* populations and their impact upon germination and physiological parameters of seedlings. Results have shown that soybean oil yielded the best control results, with mortality rates between 92 and 100% after 192 hours of the application. Nevertheless, soybean oil affects germination at 2000 - 10000 ppm rates. Neem extract reached mortality rates of 78.75 and 91.25% at 192 hours, with no impact on germination and agronomic properties. Finally, castor oil and lily extract did not yield high mortality rates over *S. zeamais*.

- 1 Dpto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Boulevard Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- 2 Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad N° 940 Col. Ciudad Universitaria, Aguascalientes, México. ymochoa@correo.uaa.mx
- 3 Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Apartado postal 391. San Nicolás de los Garza 66450. Nuevo León, México.
- 4 Laboratorio de Bioquímica Ecológica. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN). Unidad Irapuato. km 9,6 del Libramiento Norte, Carretera Irapuato-León. Irapuato, Guanajuato, México. C.P. 36500.

Palabras clave

gorgojo del maíz • extractos vegetales
• aceites vegetales • control

Keywords

corn weevil • plant extracts • plant oils
• control

INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento poblacional ha generado la necesidad de nuevas técnicas con el objetivo de aumentar la producción de alimentos, así como también de minimizar las pérdidas existentes, sin perjudicar la calidad de los mismos (33). En este sentido los cereales tienen gran relevancia, constituyéndose en una fuente importante de alimento; por esto, su almacenamiento por largos períodos es esencial para disponer de dicho alimento de manera constante.

Dentro de estos cereales se destaca el maíz (*Zea mays* L.), cuya producción a nivel mundial en 2008 fue de 638 millones de toneladas y México aportó 22,7 millones (26). Sin embargo, una de las etapas más críticas para el maíz es la de llenado, dado que la mazorca pierde humedad propiciando el ataque de diferentes organismos, por lo que la pérdida de granos en almacenaje es el principal problema en postcosecha que enfrenta el agricultor (17).

Entre todos los agentes perjudiciales, los insectos son los causantes de las mayores pérdidas (35): la especie más importante es *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) (25) ya que aproximadamente el 10% de los granos de cereales pueden ser infestados por ella en el momento de la cosecha, y si la infestación continúa en el almacenaje, alrededor del 30 al 50% de los granos puede estar dañado al cabo de seis meses (9).

S. zeamais es un gorgojo de aproximadamente 5 mm de longitud, de color pardo negruzco, cuya cabeza se proyecta en forma de pico; los daños se inician cuando el adulto perfora el grano para ovipositar, mientras que las larvas forman surcos en el endospermo para alimentarse, pasando por un estadio de pupa (inactiva); cuando se convierten en adultos perforan el grano y salen al medio ambiente, para iniciar de nuevo la infestación (12).

Para minimizar estas pérdidas, normalmente se utilizan insecticidas químicos: se mezclan insecticidas y fungicidas con el fin de proteger las semillas durante su almacenamiento; sin embargo, los productos químicos y las dosis aplicadas pueden causar toxicidad tanto a la semilla como a las plántulas y con frecuencia conducen a problemas de resistencia, contaminación del ambiente y residuos en alimentos (32), lo cual plantea la necesidad de estudiar nuevos productos que presenten igual o mejores resultados en el control de las plagas y que además no dañen la calidad de las semillas durante su almacenamiento (19). Por ende, se requiere buscar alternativas, que sean económicas, biodegradables y disponibles en armonía con el desarrollo sostenible (2).

Una alternativa es el empleo de extractos y aceites de plantas que presentan compuestos químicos secundarios y activos contra las plagas agrícolas (24), muchas de las cuales no han sido evaluadas como fuente de sustancias con propiedades insecticidas (4).

Objetivo

Evaluar las propiedades insecticidas de extractos y aceites vegetales para el control de *S. zeamaiz* en laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Toxicología del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Establecimiento de la colonia

El material biológico fue recolectado de maíz criollo en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México. Del pie de cría se tomaron 600 insectos adultos, ambos sexos y se colocaron en frascos de vidrio de 4 L de capacidad, con 1,5 kg de semilla de maíz, por un período de cinco días. Se utilizó para la cría semilla de maíz híbrido (AN-310), con un porcentaje de humedad del 12%. Después de este período de oviposición los adultos fueron removidos y los frascos con maíz ovipositados fueron mantenidos en una cámara de cría a una temperatura de $28 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad relativa del 70%, y un fotoperíodo 18:6 horas luz:oscuridad hasta obtener la siguiente generación. Este procedimiento se realizó con el objetivo de obtener insectos de la misma edad. La identificación de la especie de gorgojo siguió las claves de Pereira & Massutti (23).

Productos evaluados

Se evaluaron los extractos crudos de Neem (*Azadirachta indica*) y Lila (*Melia azedarach*), así como los aceites vegetales de soya (*Glycine max*) y ricino (*Ricinus communis*), más un testigo absoluto (tabla 1).

Tabla 1. Especies vegetales evaluadas para el control de *S. zeamaiz* en laboratorio.

Table 1. Laboratory essayed plant species for the control of *S. zeamaiz*.

Nombre científico	Familia	Nombre común	Dosis (ppm)
<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	Neem	1000, 2000, 5000, 10000
<i>Melia azedarach</i>	Meliaceae	Lila	1000, 2000, 5000, 10000
<i>Glycine max</i>	Fabaceae	Soya	1000, 2000, 5000, 10000
<i>Ricinus communis</i>	Euphorbiaceae	Ricino	1000, 2000, 5000, 10000
Testigo			0

ppm = partes por millón

Para el caso de los extractos crudos de neem y lila se utilizó la metodología de Almeida *et al.* (3) modificada: el material colectado se trasladó al laboratorio de toxicología, se dejó secar por tres días para posteriormente ser pesado y triturado en una licuadora industrial con el solvente (Hexano) en una proporción 1:1. El material obtenido fue agitado constantemente por tres días; luego, con la ayuda de un rotavapor (Buchii®) se obtuvo la separación del solvente y el extracto; el extracto se vació en un recipiente el cual se cubrió con papel aluminio y se guardó en refrigeración a 4°C para su conservación.

En relación con los aceites de soya y ricino, se obtuvieron mediante la técnica de Boley *et al.* (6) modificada: semillas de soya y de ricino se molieron en un molino manual; una vez obtenida la pasta se empleó el solvente hexano en proporción 1:5 soluto: solvente utilizando el equipo Soxhlet, con un tiempo de contacto de 10 minutos a una temperatura de 60°C, para obtener los aceites esenciales.

Variables evaluadas

En relación con la evaluación de la mortalidad de los diferentes tratamientos, se planteó la metodología propuesta por Iannacone *et al.* (15): la prueba consintió en evaluar cuatro concentraciones y un testigo absoluto para cada uno de los productos evaluados (tabla 1, pág. 137). Para preparar las diferentes concentraciones se tomaron los extractos y aceites vegetales como el 100% del principio activo. Para ello se utilizó agua destilada a la cual se le agregó un producto adherente-dispersante (Bionex) en proporción 1:1000 (1 mL de adherente-dispersante en 1L de agua destilada). Una vez obtenidas las diferentes concentraciones para cada uno de los productos, en una botella de plástico de 2 L de capacidad se colocaron 200 g de semilla y se le agregaron 4 mL según la concentración correspondiente, donde se distribuyeron los 200 g de semillas tratadas en cuatro frascos de vidrio con 50 g de semilla (repeticiones): se colocaron 20 adultos de *S. seamaiz*. Las evaluaciones se realizaron cada 24 horas durante ocho días (192 horas). Se registró como criterio de muerte la inmovilidad total al recibir un estímulo de calor mediante una plancha de laboratorio.

Para las pruebas fisiológicas, la germinación estándar se realizó en charolas de germinación. Para ello se colocaron cuatro repeticiones de 50 semillas en charolas de 200 cavidades: dichas semillas fueron tratadas con cada uno de los productos según las dosis que se consignan en la tabla 1 (pág. 137). Para esto, las semillas se sumergieron en las diferentes concentraciones durante 10 segundos, se les quitó el exceso de humedad y posteriormente fueron sembradas. Las charolas fueron llevadas a incubación a 25°C, realizándose los conteos de germinación a los siete días.

Finalmente, los parámetros altura de planta, longitud de raíz, peso fresco y seco se obtuvieron a los quince días después de la siembra, para lo cual se seleccionaron diez plantas al azar de cada uno de los tratamientos; para determinar la altura de la planta y la longitud de raíz se utilizó una regla graduada. Así mismo, se utilizó una balanza analítica para determinar el peso fresco y seco; este último fue obtenido al colocar las muestras en una estufa a $45 \pm 3^\circ\text{C}$ por cinco días.

Análisis de datos

El diseño experimental fue completamente al azar. En total se evaluaron veinte tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Las variables se sometieron a un análisis de varianza para poder determinar si algún tratamiento difería de los demás y posteriormente se compararon las medias de los tratamientos mediante una prueba de Tukey a un nivel de significancia de un 5% para ordenar la actividad biológica de los tratamientos bajo estudio. Se utilizó el programa SAS versión 9.0 (29).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de mortalidad

Los resultados del porcentaje de mortalidad de los extractos y aceites vegetales de neem (*A. indica*), lila (*M. azedarach*), ricino (*R. communis*) y soya (*G. max*) sobre adultos de *S. zeamaiz* se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Mortalidad de adultos de *Sitophilus zeamaiz* tratados con extractos y aceites vegetales a diferentes tiempos de observación.

Table 2. Mortality rate at different times within the study of *Sitophilus zeamaiz* adults treated with plant oils and plant extracts.

Tratamiento	ppm	Tiempo de exposición (% de mortalidad)							
		24	48	72	96	120	144	168	192
Ricino ¹	1000	0 ^H	5,00 ^G	7,25 ^K	11,00 ^I	18,50 ^L	23,40 ^J	25,00 ^K	26,25 ^I
	2000	0 ^H	5,09 ^G	9,78 ^I	16,85 ^G	24,40 ^H	29,65 ^I	33,40 ^{HI}	37,50 ^G
	5000	2,24 ^F	13,63 ^C	18,24 ^E	25,06 ^D	29,36 ^G	32,44 ^H	36,72 ^G	40,00 ^F
	10000	4,29 ^D	16,34 ^B	24,23 ^B	32,04 ^B	41,22 ^E	48,87 ^E	51,06 ^E	53,75 ^D
Soya ¹	1000	0 ^H	3,64 ^{HI}	8,44 ^J	10,06 ^J	22,65 ^I	39,84 ^G	68,92 ^D	92,50 ^B
	2000	2,03 ^G	4,22 ^{GH}	12,07 ^G	19,74 ^F	42,28 ^D	61,16 ^D	85,67 ^C	98,75 ^A
	5000	3,22 ^E	6,41 ^F	14,16 ^F	23,75 ^E	47,23 ^C	68,48 ^C	87,23 ^B	99,87 ^A
	10000	8,21 ^B	13,54 ^C	19,11 ^D	32,19 ^B	58,64 ^B	77,90 ^B	94,16 ^A	100,0 ^A
Neem ²	1000	2,17 ^F	4,72 ^G	9,87 ^I	17,21 ^G	19,87 ^K	21,23 ^J	28,36 ^J	31,25 ^H
	2000	4,33 ^D	7,63 ^E	11,24 ^H	14,73 ^H	21,02 ^J	23,82 ^J	32,57 ^I	38,75 ^{FG}
	5000	5,66 ^C	8,97 ^D	19,80 ^C	27,42 ^C	36,50 ^F	42,24 ^F	49,32 ^F	78,75 ^C
	10000	11,36 ^A	18,22 ^A	41,06 ^A	58,60 ^A	72,96 ^A	80,00 ^A	86,34 ^{BC}	91,25 ^B
Lila ²	1000	0 ^H	0 ^J	0 ^O	1,27 ^M	3,42 ^P	6,12 ^N	8,32 ^M	10,25 ^K
	2000	0 ^H	0 ^J	1,87 ^N	3,43 ^L	6,37 ^O	8,99 ^M	13,94 ^L	18,46 ^J
	5000	0 ^H	0 ^J	3,20 ^M	4,76 ^K	11,06 ^N	18,06 ^L	25,16 ^K	32,40 ^H
	10000	0 ^H	2,97 ^I	5,94 ^L	9,06 ^J	14,54 ^M	21,26 ^K	34,05 ^H	48,24 ^E
Testigo	0	0 ^H	0 ^J	0 ^O	0 ^N	0 ^O	0 ^O	0 ^N	0 ^L

¹ Aceite vegetal, ² Extracto vegetal.

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente ($P \leq 0,05$).

Como se puede observar, el por ciento de mortalidad presenta un incremento a través del tiempo de exposición; así mismo, se muestra una interacción positiva entre la mortalidad y el incremento de las dosis, es decir que a mayor dosis mayor mortalidad. Cabe mencionar que para los resultados de mortalidad no se utilizó ninguna transformación ya que estos presentaban normalidad.

De acuerdo con el criterio propuesto por Lagunes (16), quien señala como prometedores sólo aquellos tratamientos con una mortalidad superior al 50%, cabe mencionar que tres de los cuatro productos evaluados superan el 50% de mortalidad (aceite de ricino, soya y el extracto de neem).

En relación con el aceite de ricino, los tratamientos que mostraron los mejores resultados fueron los de 5000 y 10000 ppm a las 168 y 192 horas, con mortalidades de 36,72; 40; 51,06 y 53,75%, respectivamente. Salas (27) reportó una mortalidad del 100% de *Sitophilus oryzae* con una dosis de aceite de ricino de 10000 ppm. Por otro lado, Okonkwo & Okoye (21) reportaron una mortalidad del 100% de *Callosobruchus maculatus* con 10000 ppm de aceite de ricino. Cabe señalar que los resultados del presente trabajo fueron inferiores entre 47,25 a 73,28% respecto de lo reportado por estos autores.

En el caso del aceite de soya, a las 144 horas, tres de las cuatro concentraciones (2000, 5000 y 10000 ppm) superaron el criterio del 50% de mortalidad, mientras que para las 168 y 192 horas de exposición todas las concentraciones superaron el umbral (tabla 2, pág. 139), con porcentajes de mortalidad del 68,92 al 94,16 %; finalmente para las 192 horas, se presentaron mortalidades 100; 99,87; 98,75 y 92,59% para las concentraciones de 10000, 5000, 2000 y 1000 ppm, respectivamente.

Al comparar los resultados del presente trabajo con otras investigaciones se advirtió que son similares a los reportados por Salas y Hernández (28), quienes lograron un control del 100% al utilizar concentraciones de 10000 ppm contra *Callosobruchus maculatus* y mortalidad del 97% contra *Acanthoscelides obtectus*. Por otro lado, Das (8) reportó una mortalidad del 100% de *Callosobruchus chinensis* con 10000 ppm.

El extracto vegetal de neem mostró (tabla 2, pág. 139) una mortalidad superior al 50% desde las 96 horas de exposición a la concentración más alta (10000 ppm); a las 192 horas las concentraciones de 5000 y 10000 ppm presentaron mortalidades de 78,75 y 91,25%. Al respecto, Ahmed *et al.* (1) obtuvieron una mortalidad del 90% a 10000 ppm con extracto de hojas y semillas de neem, similares a los resultados logrados en el presente trabajo. Maredia *et al.* (18) reportaron una mortalidad del 97% a 50000 ppm contra *Sitophilus zeamais*. Dichos resultados difieren de los encontrados en esta investigación.

Finalmente, para el extracto de lila, los resultados del presente trabajo no superan el umbral del 50% de mortalidad, siendo las concentraciones de 5000 y 10000 ppm las que presentan las mortalidades más altas con un 32,40 y 48,24% a las 192 horas, respectivamente. Fernández *et al.* (11) y Palma y Serrano (22) reportaron un control inferior al 50% con dosis superiores a las 10000 ppm sobre *Anthonomus grandis* y *A. eugenii*, respectivamente, coincidente con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Valladares *et al.* (34) reportaron una repelencia y mortalidad del 100% en contra de *Sitophilus oryzae* a 10000 ppm; sin embargo, esta concentración es muy superior a las aplicadas comercialmente (1 al 3% = 10000 a 30000 ppm).

Las diferentes respuestas a la aplicación de los aceites de soya y ricino posiblemente se deban a su naturaleza química; al respecto, Shaaya & Kostyukovsky (31) afirmaron que ácidos grasos de cadena larga muestran mayor mortalidad; además señalaron que el aceite de soya presenta un gran porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados muy estables y de cadena larga. Por tal razón, este aceite presentó los mejores valores de control. En relación con los extractos vegetales, el de neem obtuvo los mejores resultados posiblemente debido a su alto contenido de metabolitos secundarios (azadiractina); la lila presenta compuestos fitoquímicos con acción plaguicida (30), cuya actividad es atribuida fundamentalmente a la presencia de limonoides (7). Sin embargo, los resultados de control no superaron el 50% de mortalidad, por lo cual para las condiciones de este trabajo no se considera como especie potencial.

Porcentaje de germinación

La calidad de semilla para germinar y producir una plántula normal es el principal atributo a considerar. El potencial de germinación se puede ver afectado por diferentes factores bióticos, abióticos y de manejo, de allí que el afán de encontrar productos para el control de plagas y enfermedades de los granos almacenados puede ser el factor de la baja de germinación (20).

En relación con el porcentaje de germinación, existen diferencias en cuanto a la germinación de las semillas tratadas con los diferentes aceites y extractos, con respecto al testigo. En relación con el por ciento de germinación de las semillas tratadas con aceite de ricino, se puede observar una germinación que va del 78 al 90%: estos resultados difieren de lo reportado por Babu *et al.* (5), quienes reportaron 75% de germinación en frijol, mientras que Salas (27) reportó una germinación del 62% en semillas de maíz (tabla 3, pág. 142).

Para el aceite de soya, las dosis de 5000 y 10000 ppm son las que presentan un efecto negativo para la germinación con un 72 y 64%, respectivamente, seguidas por las dosis de 2000 y 1000 ppm con una germinación del 86 y 95%. Al respecto, Hall y Harman (13) reportaron un 75% de germinación de semillas de maíz tratadas con aceite de soya.

El extracto de neem presentó resultados muy estables: el por ciento de germinación osciló entre el 97 al 99%. Fawzia *et al.* (10) reportaron que el uso de extractos de neem no afecta la germinación. De este modo, el extracto de lila presentó un comportamiento similar al extracto de neem, mostrando porcentajes de germinación altos (93 a 98%).

Finalmente, cabe señalar que el uso de aceites vegetales para el control de plagas de granos almacenados puede ocasionar efectos adversos. Esto quizás se deba a que las semillas de maíz presentan como mayor parte constituyente un endosperma amiláceo, el cual absorbe fácilmente el aceite cuando entra en contacto con éste. Igualmente, el aceite puede tener cierto efecto nocivo sobre el embrión, aun cuando el escutelo posee entre un 35-40% de aceites (27). Moreno (20) determinó que una semilla comercial con buenos por cientos de germinación oscila entre un 90 y 100%, por lo que se infiere que el aceite de ricino y soya a 1000 ppm, los extractos de neem y lila, así como el testigo, presentaron por cientos de germinación superiores al 90%.

Tabla 3. Porcentaje de germinación de semillas de maíz híbrido (AN-310) tratadas con extractos y aceites vegetales.

Table 3. Germination percentage of hybrid corn seeds (AN-310) treated with plant oil and plant extracts.

Tratamientos	ppm	% de germinación
Ricino ¹	1000	90 ^{AB}
	2000	87 ^{AB}
	5000	85 ^{AB}
	10000	78 ^B
Soya ¹	1000	95 ^A
	2000	86 ^{AB}
	5000	72 ^B
	10000	64 ^C
Neem ²	1000	99 ^A
	2000	99 ^A
	5000	98 ^A
	10000	97 ^A
Lila ²	1000	98 ^A
	2000	97 ^A
	5000	94 ^A
	10000	93 ^A
Testigo	0	99 ^A

¹ Aceite vegetal, ² Extracto vegetal.

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente ($P \leq 0,05$).

Parámetros fisiológicos

En relación con los parámetros fisiológicos, el testigo fue el que presentó los mejores resultados, seguido de los extractos de neem y lila para las dosis de 1000 y 2000 ppm. Los resultados más bajos fueron mostrados por los aceites de soya y ricino a 5000 y 10000 ppm, respectivamente (tabla 4, pág. 143).

Al comparar el parámetro de longitud de planta y raíz del testigo con las dosis de 10000 ppm del aceite de soya y ricino, se advierte una diferencia del 76,23 y 62,27% para el aceite de soya y de 53,86 y 32,98% para el aceite de ricino, respectivamente. Para el peso fresco de raíz y hoja fue de 77,17 y 55,84% para el aceite de soya y de 73,89 y 45,54% para el aceite de ricino, respectivamente. Finalmente, para el peso seco de raíz y hoja hubo una diferencia de 68,88 y 47,36% para el aceite de soya y de 53,33 y 28,42% para el aceite de ricino, respectivamente.

Por lo expuesto precedentemente, cabe mencionar que los aceites vegetales de soya y ricino a concentraciones de 5000 y 10000 ppm afectan la calidad de germinación y factores agronómicos de las plantas provenientes de semillas tratadas con ellos. Al respecto, Hernández *et al.* (14) mencionó que semillas tratadas con diferentes aceites vegetales se ven afectadas en la germinación y en la calidad de las plántulas provenientes de dichas semillas hasta en un 50% en la reducción de la altura de planta, y en un 35 a 45% en el peso fresco y seco.

Tabla 4. Parámetros fisiológicos de semillas de maíz híbrido (AN-310) tratados con extractos y aceites vegetales.**Table 4.** Physiological parameters of hybrid corn seeds (AN-310) treated with plant oils and plant extracts.

Tratamiento	ppm	Parámetros fisiológicos					
		Longitud (cm)		Peso fresco (g)		Peso seco (g)	
		Raíz	Hoja	Raíz	Hoja	Raíz	Hoja
Ricino ¹	1000	12,09 ^E	26,86 ^B	0,504 ^C	0,872 ^D	0,033 ^B	0,084 ^{CD}
	2000	11,98 ^E	25,01 ^B	0,314 ^E	0,850 ^D	0,025 ^C	0,076 ^{DE}
	5000	10,54 ^F	23,67 ^{BC}	0,223 ^G	0,750 ^E	0,024 ^{CD}	0,071 ^{EF}
	10000	9,84 ^G	20,89 ^C	0,183 ^H	0,629 ^F	0,021 ^D	0,068 ^{FG}
Soya ¹	1000	10,58 ^G	21,45 ^C	0,375 ^D	0,797 ^H	0,030 ^{BC}	0,071 ^{EF}
	2000	8,09 ^I	18,34 ^C	0,221 ^G	0,685 ^F	0,027 ^C	0,065 ^{FG}
	5000	7,00 ^K	13,84 ^D	0,163 ^I	0,518 ^G	0,021 ^D	0,060 ^{FG}
	10000	5,07 ^L	11,76 ^D	0,160 ^J	0,510 ^H	0,014 ^E	0,050 ^G
Neem ²	1000	18,98 ^B	30,17 ^A	0,690 ^A	1,143 ^A	0,042 ^A	0,093 ^{AB}
	2000	16,17 ^C	28,86 ^{A^B}	0,520 ^C	1,026 ^B	0,036 ^B	0,089 ^{BC}
	5000	13,09 ^D	26,74 ^D	0,323 ^E	0,931 ^C	0,030 ^{BC}	0,082 ^{CD}
	10000	12,16 ^E	23,80 ^{BC}	0,305 ^{EF}	0,824 ^D	0,027 ^C	0,079 ^{DEF}
Lila ²	1000	16,25 ^C	29,28 ^A	0,575 ^B	1,128 ^A	0,040 ^A	0,091 ^{AB}
	2000	10,04 ^G	26,23 ^B	0,312 ^{EF}	0,943 ^C	0,032 ^B	0,085 ^{BC}
	5000	8,88 ^H	25,19 ^B	0,305 ^{EF}	0,838 ^D	0,028 ^C	0,080 ^{CD}
	10000	7,63 ^J	21,04 ^C	0,295 ^F	0,762 ^E	0,024 ^{CD}	0,075 ^{DE}
Testigo	0	21,33 ^A	31,17 ^A	0,701 ^A	1,155 ^A	0,045 ^A	0,095 ^A

¹ Aceite vegetal, ² Extracto vegetal.

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente ($P \leq 0,05$).

CONCLUSIONES

De los tratamientos evaluados, el aceite de ricino, soya y el extracto de Neem superan el umbral de mortalidad propuesto por Lagunes (16). El aceite de soya obtuvo los mejores resultados de control, al presentar mortalidades superiores al 50% a partir de las 144 horas de exposición, llegando a oscilar entre un 92 y 100% a las 192 horas. Sin embargo, este aceite afecta significativamente la germinación a dosis de 2000 a 10000 ppm con porcentajes por debajo del 90% de ésta.

El segundo tratamiento con mejores resultados fue el extracto de neem presentando mortalidades altas (78,75 y 91,25%) a las 192 horas; además este extracto no afecta la germinación ni las propiedades agronómicas de la planta.

Los tratamientos con aceite de ricino y extracto de lila no mostraron un alto potencial en las condiciones del presente estudio.

El aceite de soya a 1000 ppm y el extracto de neem a 5000 y 10000 ppm son productos que presentan un alto potencial para poder ser implementados en el manejo de *S. zeamaiz* en granos almacenados de maíz.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ahmed, K.; F. Khalique; M. Afzal; B. A. Malik; M. R. Malik. 1988. Efficacy of vegetable oils for protection of greengram from attack of bruchid beetle. *Pakistan J. Agricultural Research*. 9(3): 413-416.
2. Akob, C. A.; F. K. Ewete. 2007. The efficacy of ashes of four locally used plant materials against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in Cameroon. *International Journal of Tropical Insect Science*. 27: 21-26.
3. Almeida, F. A. C.; A. C. Goldfarb; J. Gouveia. 1999. Avaliação de extratos vegetais e métodos de aplicação no controle de *Sitophilus spp.* *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande*. 1(1): 13-20.
4. Asawalam, E. F. 2006. Insecticidal and repellent properties of *Piper guineense* seed oils extract for the control of maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Electronic Journal of Environmental Agricultural and Food Chemistry*. 5: 1389-1394.
5. Babu, T. R.; V. S. Reddy; S. H. Hussaini. 1989. Effect of edible and non-edible oils on the development of the pulse beetle (*Callosobruchus chinensis* L.) and on viability and yield of mungbean (*Vigna radiata* Wilczek). *Tropical Science*. 29: 215-220.
6. Boley, D. S.; R. H. Cormarck; L. C. Curtis. 1950. Utilization of de seeds of the wild perennial gourd. *F. Am oil Chem. Sec.* 27: 571-674.
7. Céspedes, C. L.; J. S. Calderón; L. Lina; E. Arana. 2000. Growth inhibitory effects on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* of some limonoids isolated from *Cedrela spp.* (Meliaceae). *J. Agric. Food Chem.* 48: 1903-1908.
8. Das, G. P. 1986. Pesticidal efficacy of some indigenous plant oils against the pulse beetle *Callosobruchus chinensis* Linn (Coleoptera: Bruchidae). *Bangladesh J. Zoology*, 14(1): 15-18.
9. FAO. 1999. The use of spices and medicinals as bioactive protectants for grains. *FAO Agricultural Services Bulletin N°*. 137. Roma, Italia. 234 p.
10. Fawzia, A. C.; N. Iman; K. Hanan; Q. Fatma; H. Hamal. 2007. Effect of aqueous extract of *Azadirachta indica* (Neem) leaves on germination and seedling growth *Vigna radiata* L. *Pakistan Journal of Biological Science*. 10(21): 3885-3889.
11. Fernández, W. D.; J. M. Ferraz; V. L. Ferracii; M. E. Habib. 1996. Feeding deterrency and toxicity of plant extracts against adults of *Anthonomus grandis* Bho. (Coleoptera: Curculionidae). *An. Soc. Entomol. Brasil.* 25(3): 553-556.
12. García-Lara S.; C. Espinosa-Carrillo; D. J. Bergvinson. 2007. Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. México, D.F. CIMMYT. 65 p.
13. Hall, J. S.; G. E. Harman. 1991. Efficacy of oil treatments of legumes seeds for control of *Aspergillus* and *Zabrotes*. *Crop Protection*, 10: 315-319.
14. Hernández Cortez G.; P. F. Facio; E. Guerrero; M. Vázquez. 2006. Control de *Sitophilus seamaiz* Motschulsky por productos naturales en semillas de maíz. En: *Entomología mexicana*. Edit. Estrada, E.; J. Romero; A. Equihua; C. Luna; L. Acevedo. p. 1003-1005.
15. Iannacone, J.; H. Ayala; A. Román; R. Carrillo; J. C. Soto; C. Salcedo; C. Escalante; M. Vallejos; D. Pérez. 2006. Efecto insecticida de cinco plantas sobre el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) en Perú. *Scientia*. 8: 197-206.
16. Lagunes, A. 1994. Extractos de polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. México: Colegio de Posgraduados /USAID /CONACYT /BORUCONSA. 35 p.
17. Larraín, P. 1994. Manejo integrado de plagas en granos almacenados. *Investigación y Progreso Agropecuario*, v.81, p. 10-16.

18. Maredia, K. M.; O. L. Segura; J. A. Mihm. 1992. Effects of neem, *Azadirachta indica*, on six species of maize insect pests. *Tropical Pest Management* 38(2): 190-195.
19. Monsanto. 2002. Los beneficios de la biotecnología (Por qué es importante la biotecnología). Folleto técnico. Monsanto División Agricultura España. 35 p.
20. Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. p. 249-251.
21. Okonkwo, E. U.; W. I. Okoye. 1992. The control of *Callosobruchus maculatus* (F.) in stored cowpea with dried ground *Ricinus communis* (L.) leaves in Nigeria. *Tropical Pest Management*. 38(3): 237-238.
22. Palma, R. M.; L. Serrano. 1997. Effect of plant extracts on the pepper weevil (*Anthonomus eugenii* C.): preliminary results in El Salvador. *Agron. Mesoamericana* 8(1): 99-107.
23. Pereira, P. R.; L. Massutti. 2001. Chaves para a identificação dos principais Coleoptera (Insecta) associados com produtos armazenados. *Revista Brasileira de Zoologia*. 18: 271-283.
24. Rahman, S. S.; M. M. Rahman; S. A. Begum; M. M. R. Khan; M. H. Bhuiyan. 2007. Investigation of *Sapindus mukorossi* extracts for repellency, insecticidal activity and plant growth regulatory effect. *Journal of Applied Sciences Research*. 3: 95-101.
25. Rees, P. 1996. Coleoptera. In: B. Subramanyam and D. Hagstrum (eds.) *Integrated management of insects in stored products*. Marcel Dekker, New York, USA. p. 1- 40.
26. SAGARPA. 2008. Anuario estadístico agrícola. En: Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 340 p.
27. Salas, J. 1985. Protección de semillas de maíz (*Zea mays*) contra el ataque de *Sitophilus oryzae* a través del uso de aceites vegetales. *Agronomía Tropical*. 35(4-6): 13-18.
28. _____; Y. G. Hernández. 1985. Protección de semillas de quinchoncho (*Cajanus cajan*) contra el ataque de *Acanthoscelides obtectus* y *Callosobruchus maculatus* a través del uso de aceites vegetales. *Agronomía Tropical*. 35(4-6): 13-18.
29. SAS Institute Inc. 2000. Guide for personal computers. SAS institute, Cary, N.C.
30. Schmutterer, H. 1995. The neem tree: source of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes. VCH Publishers Inc., New York, 695 p.
31. Shaaya, E.; M. Kostyukovsky. 2007. Potencial de los fitoquímicos como una alternativa segura para el control de insectos de productos almacenados y flores de corte. En: *Bioplaguicidas y control biológico*, editorial CIQA. p. 42-55.
32. Silva, G.; A. Lagunes; J. C. Rodríguez. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. *Ciencia e Investigación Agraria*, v.30, p.153-160.
33. Tavares, M. A. G. C. 2002. Bioactividade da erva de santa maria *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae), em relação a *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). 59 p. Tesis de Maestría. Universidad de São Paulo, Piracicaba.
34. Valladares, G.; L. Harbin; M. Defagó; C. Carpinella; C. Alacios. 2003. Actividad antialimentaria e insecticida de un extracto de hojas senescentes de *Melia azedarach* (Meliaceae). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 62 (1-2): 53-61.
35. White, N. 1995. Insects, mites and insecticides in stored grain ecosystems. In: D. Jayas; N. White; W. Muir (eds.) *Stored grain ecosystems*. Marcel Dekker, New York, USA. p. 123- 68.