

PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE MASA EN GRANOS Y EFECTO TÓXICO DEL ACEITE ESENCIAL *Piper aduncum* EN *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)*

Juliana Andrea Martínez Ch.¹, Lêda Rita D'Antonino Faroni² y Alberto Soto G.³

Resumen

Se evaluó el efecto tóxico y el porcentaje de pérdida de masa en granos de maíz del aceite esencial de *Piper aduncum* sobre el gorgojo negro del maíz *Sitophilus zeamais* a través de los métodos de contacto, aplicando directamente el producto sobre los granos en las concentraciones de 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 y 4,0 µl/g, y contacto en papel filtro, aplicando el producto sobre papel filtro y posterior infestación con adultos utilizando concentraciones de 0,08; 0,17; 0,35; 1,70 y 1,41 µl/cm². Por el método de contacto en papel filtro se obtuvo una CL₅₀ y CL₉₅ de 0,06 y 1,38 µl/cm², respectivamente. Cuando se evaluó la toxicidad del aceite a diferentes concentraciones se obtuvo un TL₅₀ y TL₉₅ de 63,36 y 140,67 h, respectivamente. Por el método de contacto con granos la CL₅₀ y CL₉₅ fue de 0,64 y 12,47 µl/g del producto, respectivamente, y el TL₅₀ y TL₉₅ fue de 5,79 y 204,49 h, respectivamente. Se determinó el porcentaje de pérdida de masa en granos de maíz ocasionado por *S. zeamais*, encontrándose valores que oscilaron entre 4,24 y 6,0%. De acuerdo con los resultados obtenidos, *P. aduncum* presenta efecto tóxico sobre *S. zeamais*.

Palabras clave: gorgojo del maíz, granos almacenados, efecto tóxico, productos alternativos de control.

PERCENTAGE OF LOSS OF MASS IN GRAINS AND TOXIC EFFECT OF OIL ESSENTIAL *Piper aduncum* IN *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Abstract

Was evaluated the toxic effect and rate percentage of loss of mass in grains of the essential oil of *Piper aduncum* on the black maize weevil *Sitophilus zeamais* through methods of contact with grains, applying the product directly onto the grains using concentrations of 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 and 4,0 µl/g, and contact in filter paper, applying the product on filter paper and subsequent infestation with adults using concentrations of 0,08; 0,17; 0,35; 1,70 y 1,41 µl/cm². By the method of contact over filter paper was obtained a CL₅₀ and CL₉₅ of 0,06 and 1,38 µl/cm², respectively. When the toxicity of the oil was evaluated at different concentrations was obtained a TL₅₀ and TL₉₅ of 63,36 and 140,67 h, respectively. By the method of contact with grains the CL₅₀ and CL₉₅ was 0,64 and 12,47 µl/g of product, respectively, and the TL₅₀ and TL₉₅ was in 5,79 and 204,49 h, respectively. The percentage of loss of mass in grains of corn caused by *S. zeamais* was determined, finding values ranging between 4,24 and 6,0%. According to the results obtained, *P. aduncum* presents toxic effect on *S. zeamais*.

Key words: maize weevil, stored grain, toxic effect, alternative products of control.

* FR: 9-V-2012. FA: 26-IV-2013.

¹ I.A. Estudiante de Maestría en Entomología, Universidade Federal de Viçosa. E-mail: juliandremartinez@hotmail.com

² I.A., M.Sc., Ph.D. Universidade Federal de Viçosa. E-mail: lfaroni@ufv.br

³ I.A., M.Sc., Ph.D. Departamento de Produção Agropecuária, Universidad de Caldas. E-mail: alberto.soto@ucaldas.edu.co

INTRODUCCIÓN

Se estima que de 5 a 10% de la producción mundial de granos se pierde a causa de los insectos plaga, lo que equivale a la cantidad de granos necesaria para alimentar a 130 millones de personas anualmente (OLIVEIRA *et al.*, 2003). En América Latina, entre 30 y 40% de la producción de maíz se pierde durante su almacenamiento (LAGUNES, 1994). El aumento de la demanda de alimentos, en función del crecimiento poblacional, exige el desarrollo y el perfeccionamiento de nuevas técnicas de manejo de granos durante el almacenamiento. Dentro de los factores que interfieren en la calidad de los granos, el ataque de plagas se destaca por ocasionar la mayor pérdida de calidad del producto final. *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) es una de las plagas más importantes que atacan los granos almacenados en regiones tropicales (ARIENILMAR *et al.*, 2005; DE SOUZA *et al.*, 2006). Es considerado plaga primaria por atacar granos tanto en campo como en bodegas y su acción es más intensa en granos de maíz, afectando también sorgo, trigo, arroz y algunos productos industrializados secos (REES, 1996). En las pequeñas bodegas de almacenamiento, las pérdidas ocasionadas por el ataque de este insecto-plaga son significativas (SANTOS *et al.*, 1986), debido a la inexistencia de estructuras adecuadas de almacenamiento y de métodos de control compatibles con la realidad de los pequeños agricultores (LAGUNES, 1994).

El control químico es el método más utilizado en el control de *S. zeamais*, debido, principalmente, a la ausencia de métodos de control alternativos eficientes (GUEDES *et al.*, 1995). El uso de extractos vegetales, técnica utilizada por los agricultores de subsistencia antes de la llegada de los insecticidas sintéticos, ha resurgido como una importante alternativa de control de insectos-plaga en granos almacenados (LORINI, 1998).

El control de *S. zeamais* en granos de maíz almacenado, ha sido comúnmente realizado a gran escala mediante la utilización de insecticidas sintéticos protectores y fumigantes en silos y bodegas de almacenamiento, principalmente con la aplicación de fosfato de aluminio, cuyo ingrediente activo es la fosfina, que a pesar de ser eficientes y económicos, pueden provocar efectos indeseables, como intoxicaciones a los aplicadores, presencia de residuos tóxicos en los granos, aumento en los costos de almacenamiento y desarrollo de poblaciones resistentes (GUEDES *et al.*, 1995; SILVA, 2001; TAPONDJOU *et al.*, 2002; RIBEIRO *et al.*, 2003; OBENG-OFORI & AMITEYE, 2005).

Una alternativa a este problema es el uso de productos naturales derivados de plantas, que generalmente son biodegradables y no producen desequilibrio en el ecosistema (IANNACONE & REYES, 2001; IANNACONE & LAMAS, 2003). El uso de plantas con propiedades insecticidas es una técnica ancestral usada en muchos países por cientos de años, pero con la aparición de los insecticidas sintéticos su empleo fue disminuyendo (IANNACONE & LAMAS, 2003), aunque en los últimos años ha recobrado y aumentado su importancia para el control de plagas (LAGUNES *et al.*, 1985).

Un gran número de sustancias derivadas y compuestos activos de plantas poseen actividades fisiológicas y comportamentales sobre insectos de productos almacenados (HO *et al.*, 1996; RAJEDRAN & SRIRANJINI, 2008). IANNACONE & QUISPE (2004) evaluaron el efecto biocida de *Brugmansia candida* Pers. (Solanaceae),

Ricinus communis L. (Euphorbiaceae), *Annona muricata* L. (Annonaceae), *Persea americana* Miller (Lauraceae), *Chenopodium quinoa* Willdenow (Chenopodiaceae) y *Lantana camara* L. (Verbenaceae) sobre adultos de *S. zeamais* y *S. paniceum*, encontrándose a *P. americana*, *C. quinoa* y *L. camara* con mayor efectividad para el control de estos dos insectos.

Dentro de la familia Piperaceae, *Piper nigrum* ha sido utilizada por el hombre como condimento por sus frutos aromáticos y picantes, mientras que otras especies se han empleado como fuente de insecticidas, y en la medicina natural (KELLER & KLOHS, 1963; MORTON, 1981; ARNASON *et al.*, 2005). Los constituyentes más comunes de este género son alcaloides, amidas como la isobutilamina, piperidina y pirrolidina, propenilfenoles, lignanos, neolignanos, terpenos, flavonoides, butenolidos y epóxidos del ciclohexano, entre otros (SENGUPTA & RAY, 1987; PARMAR *et al.*, 1997; DELGADO *et al.*, 2007).

Piper aduncum L. es una planta aromática, con alto contenido de aceite esencial (2,5 a 4%), rica en diapiol. Este compuesto es un éter fenólico que está siendo evaluado con éxito como fungicida, molusquicida, acaricida, bactericida y larvicida, con la ventaja de ser un producto biodegradable (SILVA, 2004).

Los metabolitos secundarios de las plantas como los terpenos, flavonoides, alcaloides, compuestos fenólicos y los aceites esenciales son insecticidas biorracionales efectivos, cuyo potencial aún no ha sido aprovechado por completo (NOVO *et al.*, 1997; PASCUAL-VILLALOBOS & ROBLEDO, 1999; STEFANAZZI *et al.*, 2004). Además de su actividad insecticida, estas sustancias presentan efectos subletales como son la repelencia, efectos antialimentarios, efecto ovorrepelente, efectos sobre la tasa de fertilidad, fecundidad e inhibición del crecimiento en poblaciones de insectos.

Para REGNAULT-ROGER (1997), el efecto tóxico del aceite implica muchos factores, incluyendo el punto de entrada de las toxinas, ya que los aceites pueden ser inhalados, ingeridos o absorbidos por el tegumento de los insectos, que pueden presentar efectos de contacto, fumigación y fagoinhibidor.

El efecto de sustancias de origen vegetal ha sido demostrado en el control de *S. zeamais*, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) y en otras plagas de importancia económica de granos almacenados. Los aceites esenciales de *P. aduncum* y *P. hispidinervum* (Piperaceae) fueron tóxicos por contacto, aplicación tópica y fumigación para adultos de *S. zeamais* (ESTRELA *et al.*, 2006).

Los insecticidas naturales a partir de extractos vegetales constituyen una fuente alternativa para el control de insectos plaga además, se han evaluado muy pocas plantas en relación a la fuente natural que ofrece el planeta. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto tóxico del aceite esencial de *P. aduncum* sobre *S. zeamais* y el porcentaje de pérdida de masa en granos de maíz ocasionado por dicha plaga.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo, se realizó en el Laboratorio de Manejo Integrado de Plagas del Departamento de Ingeniería Agrícola, de la Universidade Federal de Viçosa, Minas

Gerai, Brazil. Fueron estudiados el tiempo y las concentraciones letales y subletales del aceite esencial de *P. aduncum* sobre *S. zeamais* y el porcentaje de pérdida de masa en granos ocasionado por la plaga. El aceite esencial fue suministrado por el Departamento de Ingeniería Química del Centro Universitario de la Fundación Educacional Inaciana Padre Sabóia de Medeiros, São Paulo, Brazil. Los insectos fueron criados en frascos de vidrio de 1,5 L con granos de maíz, con 13% de humedad, los cuales fueron mantenidos en cámaras climatizadas a 27°C, 60% de HR y fotoperiodo de 12 h.

Para determinar el efecto del aceite de *P. aduncum* por contacto en papel filtro sobre *S. zeamais*, se realizaron bioensayos utilizándose cajas petri de 9 cm de diámetro con papel filtro (unidad experimental), sobre el cual se aplicó el aceite en concentraciones de 0,08; 0,17; 0,35; 1,70 y 1,41 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$, utilizando como solvente acetona. Después de esperar 10 minutos para que se evaporara la acetona se colocaron en cada caja petri 20 adultos, no sexados, de *S. zeamais*. Se realizaron 5 repeticiones y para el control se aplicaron 100 μl de acetona. El experimento fue evaluado en un tiempo de exposición de 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 y 96 h de inicio del experimento (FAZOLIN *et al.*, 2007).

Para determinar el efecto del aceite con granos de maíz, se utilizaron 10 g de granos de maíz los cuales se colocaron en cajas petri. En cada caja se aplicó el aceite en concentraciones de 0,25; 0,50; 1,0; 2,0 y 4,0 $\mu\text{l}/\text{g}$ de maíz, usando como solvente acetona. Se utilizó la misma metodología citada para determinar el efecto del aceite por contacto en papel filtro.

Para determinar el porcentaje de pérdida de masa en granos, se usaron los mismos granos utilizados en el experimento en donde se determinó el efecto del aceite por contacto con granos; después de evaluados, se pesaron los granos, se ubicaron en recipientes plásticos y se llevaron a cámara B.O.D. a 27°C de temperatura. 30 días después se pesaron nuevamente los granos con el fin de obtener el peso final.

Los datos de mortalidad se corrigieron por la fórmula de ABBOTT (1925), y éstos fueron sometidos al análisis Probit (FINNEY, 1971). Para el análisis de los datos de pérdida de masa en granos, se usó la prueba de Duncan. Para todos los análisis se utilizó el programa estadístico SAS (SAS INSTITUTE, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del aceite por contacto en papel filtro

Para el aceite de *P. aduncum* a las 96 h después de su aplicación, fueron obtenidas CL_{50} y CL_{95} de 0,06 y 1,38 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$, respectivamente. A las 72 h de aplicación, la CL_{50} y CL_{95} fue de 0,89 y 11,27 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$, respectivamente (Tabla 1).

Se observó que a medida que se aumenta la concentración del aceite esencial de *P. aduncum*, el tiempo letal disminuye; mientras que con 0,08 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ el TL_{95} fue de 237,8 h, con 1,41 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ el TL_{95} disminuyó a 140,67 h (Tabla 2).

Para REGNAULT-ROGER (1997), el efecto tóxico de los aceites sobre los insectos envuelve varios factores entre los cuales, el punto de entrada de las toxinas a los

artrópodos, una vez que los aceites sean inhalados, ingeridos o absorbidos por el tegumento de los insectos, se puede presentar efecto de contacto.

Tabla 1. Toxicidad del aceite esencial de *Piper aduncum* en adultos de *Sitophilus zeamais* por contacto en papel filtro con diferentes tiempos de exposición

| Tiempo (horas) | Inclinación \pm error estándar | CL ₅₀ ¹ (IC a 95%) | CL ₉₅ ² (IC a 95%) | X ² | P |
|----------------|----------------------------------|--|--|----------------|------|
| 72 | 1,49 \pm 0,37 | 0,89 (0,68 – 1,27) | 11,27 (4,56 – 143,95) | 0,06 | 0,80 |
| 96 | 1,21 \pm 0,21 | 0,06 (0,02 – 0,10) | 1,38 (0,85 – 3,42) | 5,91 | 0,12 |

¹ Concentración letal media e intervalo de confianza al 95%.

² Concentración letal que causa 95% de mortalidad e intervalo de confianza al 95%.

Tabla 2. Toxicidad del aceite esencial de *Piper aduncum* en adultos de *Sitophilus zeamais* por contacto en papel filtro con diferentes concentraciones

| Concentración ¹ | Inclinación \pm error estándar | TL ₅₀ ² (IC a 95%) | TL ₉₅ ³ (IC a 95%) | X ² | P |
|----------------------------|----------------------------------|--|--|----------------|------|
| 0,08 | 3,38 \pm 0,66 | 77,24 (65,12 – 101,54) | 237,80 (156,36 – 595,48) | 3,48 | 0,17 |
| 0,17 | 4,52 \pm 0,76 | 89,34 (79,25 – 107,65) | 206,29 (154,21 – 361,62) | 4,49 | 0,21 |
| 0,35 | 5,95 \pm 1,12 | 93,04 (84,63 – 110,15) | 175,81 (137,68 – 295,35) | 2,52 | 0,11 |
| 0,70 | 7,96 \pm 0,95 | 72,15 (68,05 – 76,32) | 116,12 (105,08 – 135,27) | 1,40 | 0,24 |
| 1,41 | 4,75 \pm 0,56 | 63,36 (57,42 – 70,19) | 140,67 (117,56 – 184,88) | 4,50 | 0,21 |

¹ Concentración (μ l/cm²).

² Concentración letal media e intervalo de confianza al 95%.

³ Concentración letal que causa 95% de mortalidad e intervalo de confianza al 95%.

Efecto del aceite con granos de maíz

A las 96 h después de la aplicación del aceite esencial, fueron obtenidas CL₅₀ y CL₉₅ de 0,64 y 12,47 μ l/g del producto, respectivamente. A las 24 h de aplicación, la CL₅₀ y CL₉₅ fue de 3,21 y 7,25 μ l/g del producto, respectivamente (Tabla 3).

Cuando se utilizaron las concentraciones más bajas del aceite de *P. aduncum* (0,25 μ l/g) sobre *S. zeamais*, el tiempo letal medio requerido para que el producto tuviera efecto tóxico sobre los insectos fue de 97,28 h, mientras que al usar concentraciones mayores (4 μ l/g), el tiempo que se necesitó para causar la mortalidad no superó las 6 h (Tabla 4). En forma general, a mayor concentración utilizada el tiempo de mortalidad de los insectos disminuye y viceversa (Tabla 4), resultados que concuerdan con los obtenidos por MARTÍNEZ (2002). Se demuestra que el aceite

esencial de *P. aduncum* presenta potencial para ser aplicado sobre los granos de maíz con el fin de controlar poblaciones de *S. zeamais*, actualmente considerada una de las principales plagas de granos de maíz almacenado (SANTOS *et al.*, 1986; GUEDES *et al.*, 1994; RIBEIRO *et al.*, 2003), debido a su elevado potencial biótico, capacidad de atacar granos tanto en el campo como en bodegas y de sobrevivir a grandes profundidades en la masa de granos (FARONI, 1992).

Tabla 3. Toxicidad del aceite esencial de *Piper aduncum* en adultos de *Sitophilus zeamais* por contacto con granos con diferentes tiempos de exposición

| Tiempo (horas) | Inclinación ± error estándar | CL ₅₀ ¹ (IC a 95%) | CL ₉₅ ² (IC a 95%) | X ² | P |
|----------------|------------------------------|--|--|----------------|------|
| 24 | 4,65±0,66 | 3,21 (2,83 – 3,72) | 7,25 (5,75 – 10,71) | 1,76 | 0,62 |
| 48 | 3,60±0,44 | 2,89 (2,58 – 3,34) | 8,28 (6,37 – 12,53) | 0,98 | 0,32 |
| 72 | 1,64±0,20 | 1,38 (1,09 – 1,75) | 13,89 (8,27 – 31,81) | 4,48 | 0,21 |
| 96 | 1,28±0,19 | 0,64 (0,46 – 0,84) | 12,47 (6,58 – 38,58) | 5,83 | 0,12 |

¹ Concentración letal media e intervalo de confianza al 95%.

² Concentración letal que causa 95% de mortalidad e intervalo de confianza al 95%.

Tabla 4. Toxicidad del aceite esencial de *Piper aduncum* en adultos de *Sitophilus zeamais* por contacto con granos con diferentes concentraciones

| Concentración ¹ | Inclinación ± error estándar | TL ₅₀ ² (IC a 95%) | TL ₉₅ ³ (IC a 95%) | X ² | P |
|----------------------------|------------------------------|--|--|----------------|------|
| 0,25 | 4,68±0,80 | 97,28 (87,56 – 114,93) | 218,32 (165,59 – 375,93) | 0,19 | 0,99 |
| 0,50 | 4,75±0,83 | 98,83 (87,91 – 120,11) | 219,22 (163,76 – 393,20) | 3,19 | 0,87 |
| 1,0 | 5,11±0,92 | 97,45 (87,69 – 117,07) | 213,82 (121,74 – 495,64) | 11,39 | 0,12 |
| 2,0 | 3,69±0,82 | 81,68 (72,45 – 98,20) | 227,35 (157,72 – 561,42) | 1,09 | 0,29 |
| 4,0 | 1,05±0,12 | 5,79 (3,88 – 7,94) | 204,49 (155,29 – 359,81) | 0,44 | 0,51 |

¹ Concentración (µl/g).

² Concentración letal media e intervalo de confianza al 95%.

³ Concentración letal que causa 95% de mortalidad e intervalo de confianza al 95%.

Porcentaje de pérdida de peso de los granos

La pérdida de peso de los granos en las concentraciones de 0,25; 0,50; 1,0; 2,0 y 4,0 $\mu\text{l/g}$ no presentaron diferencia estadística significativa entre dichas concentraciones, pero sí con respecto al tratamiento control, registrándose valores que fluctuaron entre 4,24 y 6,0% (Figura 1). Se pudo observar que a la concentración de 4,0 $\mu\text{l/g}$ se presentó una pérdida de peso de los granos de 3,32% (Figura 1). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por ASLAM *et al.* (2002), quienes al tratar granos de garbanzo con *Syzygium aromaticum* y *Piper nigrum* contra *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae) obtuvieron una baja pérdida de peso, la cual se pudo deber a la mortalidad temprana que presentaron los insectos con una consecuente menor oviposición por grano.

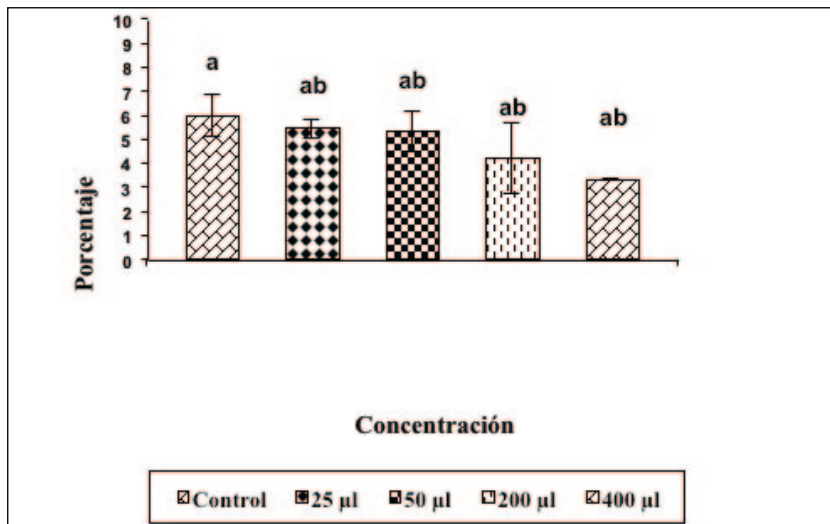


Figura 1. Porcentaje de pérdida de masa en granos de maíz ocasionado por *Sitophilus zeamais*.

GRANIGE & AHMED (1988) encontraron que plantas de la familia Fabaceae inhiben el crecimiento de los insectos *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) y *Dysdercus cingulatus* (Hemiptera: Pyrrhocoridae). En esta familia se presentan plantas con presencia de alcaloides y taninos. De acuerdo a PÉREZ & IANNACONE (2006), los alcaloides son grupos de compuestos muy activos que bloquean la transmisión del nervio motor, y causan relajación y parálisis flácida del músculo esquelético en el cuerpo de algunos insectos. CASTRO & SUÁREZ (1998) al evaluar polvos vegetales de 14 especies de plantas para el control de *S. zeamais* en granos almacenados, encontraron promisorias a *Euphorbia logan*, *Capsicum sp.*, *Smilax spinosa* y *Melia azederach*, ya que ocasionaron 100% de mortalidad sobre dicha plaga.

PACHECO & SUÁREZ (1998) al evaluar 15 extractos vegetales sobre *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae) a nivel de laboratorio, concluyeron que *Azadirachta indica*, *Petiveria alliacea*, *Aloe vera*, *Cannavalia maritima* y *Capsicum annum*, causaron mortalidad de larvas por encima del 60%, igualmente reportaron

efecto de los extractos sobre el peso de pupas, porcentaje de emergencia de adultos y fecundidad de hembras.

GUTIÉRREZ & RODRÍGUEZ (1999), evaluaron extractos acuosos de *Azadirachta indica* sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) y encontraron que al incrementar las concentraciones, aumentaba la mortalidad y disminuían los índices de crecimiento de las larvas. OLIVEIRA *et al.* (2003) encontraron que a una concentración de 0,05% de semillas de *Basella alba*, *Operculina turpethum* y *Calotropis gigantea* retrasan el desarrollo y reducen la emergencia de adultos de *S. zeamais* en 62%, 95% y 70%, respectivamente. SILVA (2001) y PÁEZ *et al.* (1990) evaluaron la planta *Peumus boldus* a concentración del 1% para el control de *S. zeamais* y encontraron mortalidad de 99,1% y 100%, respectivamente. GÓMEZ *et al.* (2009) al utilizar polvo de hojas de la planta chan *Hyptis suaveolens* encontraron incremento de la mortalidad de adultos de *S. zeamais* (72,32%) al incrementar la concentración utilizada.

ESTRELA *et al.* (2006) evaluaron el efecto de los aceites esenciales de *Piper hispidinervum* sobre *S. zeamais*, y encontraron que se presentó mortalidad de los adultos de la plaga y que la respuesta depende de la concentración y el método de exposición utilizados. Según los resultados obtenidos en el presente trabajo, *P. aduncum* presenta efecto tóxico sobre los adultos de *S. zeamais* tanto por el método de contacto en papel filtro como por contacto con granos, lo que indica que el aceite esencial de esta planta representa una alternativa viable para contrarrestar la pérdida de masa en granos y que se podría involucrar dentro del manejo integrado de dicha plaga.

BIBLIOGRAFÍA

- ABBOTT, W.S., 1925.- A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18 (1): 255-267.
- ARIENILMAR, A.L., DA SILVA, L.R., FARONI, L.R.D'A., GUEDES, R.N.C., MARTINS, J.H. & PIMENTEL, A.G., 2005.- Modelos analíticos do crescimento populacional de *Sitophilus zeamais* em trigo armazenado. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10: 55-65.
- ARNASON, J.T., DURST, T. & PHILOGENE, B.J.R., 2005.- Phytochemical discovery of new botanical insecticides: 37-46 (en) REGNAULT, R.C., PHILOGENE, B.J.J. & VINCENT, C. (eds.) *Biopesticides of plant origin*. Lavoisier and Intercept, Ltd., Paris and Andover. 313p.
- ASLAM, M., ALI KHAN, K. & BAJWA, M., 2002.- Potency of some spices against *Callosobruchus chinensis* Linnaeus. *Online Journal of Biological Sciences*, 2: 449-452.
- CASTRO, O.L. & SUÁREZ, G.H., 1998.- Evaluación de polvos vegetales para el control de *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) en granos almacenados. *Revista Corpoica*, 1 (1): 36-44.
- DE SOUZA, A.H., BORGES, P., DA COSTA, A., SOTO, A. & COSTA, T.F., 2006.- Desempenho de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) en diferentes variedades de maíz y condiciones atmosféricas. *Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável*, 1 (1): 20-25.
- DELGADO, W., PACHÓN, M.E., CELIS, A., MENDOZA, C., CARDONA, J.O., BUSTAMANTE, M., DAZA, M. & CÚCA, L.E., 2007.- Informe técnico de avance proyecto "Bioprospección participativa de comunidades vegetales asociados a la familia Piperaceae en la región del Sumapaz medio bajo occidental". Colciencias-Universidad Nacional de Colombia-Universidad de Cundinamarca. 55p.
- ESTRELA, J.L.V., FAZOLIN, M., CATANI, V., ALÉCIO, M.R. & LIMA, M.S., 2006.- Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41: 217-222.
- FARONI, L.R.D'A., 1992.- Manejo das pragas dos grãos armazenados e sua influência na qualidade do produto final. *Revista Brasileira de Armazenamento*, 17 (1-2): 36-43.
- FAZOLIN, M., ESTRELA J.L.V., CATANI, V., ALÉCIO, M.R. & LIMA, M.S., 2007.- Atividade inseticida do óleo de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Schum (Bignoneaceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Amazonica*, 37: 599-604.
- FINNEY, D.J., 1971.- *Probit analysis*. Cambridge University Press, Cambridge. 333p.

- GÓMEZ, M.A., LACAYO, J.I. & ROSALES, M.C., 2009.- Hojas de Chan (*Hyptis suaveolens*) para el control de *Sitophilus zeamais* y *Zabrotes subfasciatus*. *Agronomía Mesoamericana*, 20 (2): 263-273.
- GRAINGE, M. & AHMED, S., 1988.- *Handbook of plants with pest control properties*. Ed. John Wiley & Son, New York. 226p.
- GUEDES, R.N.C., LIMA, J.O.L., SANTOS, J.P. & CRUZ, C.D., 1994.- Inheritance of deltamethrin resistance in a Brazilian strain of maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motsch. *Int. Journal Pest Management*, 40: 103-106.
- GUEDES, R.N.C., LIMA, J.O.L., SANTOS, J.P. & CRUZ, C.D., 1995.- Resistance to DDP and pyrethroids in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae). *Journal Stored Products Research*, 31: 145-150.
- GUTIÉRREZ, S.C. & RODRÍGUEZ, C., 1999.- *Inhibición de larvas de gusano cogollero con extractos acuosos de A. indica. Avances en la investigación*. Colegio de Posgraduados, Instituto de Fitosanidad, Laboratorio de Entomología CIMMYT El Batán, México. 25p.
- HO, S.H., KOH, L., MA, Y., HUANG, Y. & SIM, K.Y., 1996.- The oil of garlic, *Allium sativum* L. (Amaryllidaceae), as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Journal of Stored Products Research*, 9: 41-48.
- IANNACONE, J. & LAMAS, G., 2003.- Plantas biocidas usadas en el control de la polilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Peruana de Entomología*, 43: 79-87.
- IANNACONE, J. & QUISPE, C., 2004.- Efecto insecticida de dos extractos vegetales sobre el gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) en Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 44: 81-87.
- IANNACONE, J. & REYES, M., 2001.- Efecto de la rotenona y neem sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) y *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), plagas del tomate en Perú. *Agronomía Tropical*, 51: 65-79.
- KELLER, F. & KLOHS, M.W., 1963.- A review of the chemistry and pharmacology of constituents of *Piper methistycum*. *Lloydia*, 26: 1-15.
- LAGUNES, A., 1994.- *Uso de extractos y polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia*. Colegio de posgraduados, USDAID, CONACYT, BORUCOSA, Texcoco, México. 35p.
- LAGUNES, T.A., DOMÍNGUEZ, R. & RODRÍGUEZ, J.C., 1985.- *Plagas del Maíz en la Mesa Central de México*. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Montecillo, Texcoco, México. 100p.
- LORINI, I., 1998.- *Control integrado de plagas de grãos armazenados*. EMBRAPA CNPT, Passo Fundo. 52p.
- MARTÍNEZ, S.S., 2002.- *O nim - Azadirachta indica - natureza, usos múltiplos, produção*. IAPAR, Londrina. 142p.
- MORTON, J.F., 1981.- *Atlas of medicinal plants of Middle America*. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois. 1420p.
- NOVO, R.J., VIGLIANCO, A. & NASSETTA, M., 1997.- Actividad repelente de diferentes extractos vegetales sobre *Tribolium castaneum* (Herbst). *Agrociencia*, 14: 31-36.
- OBENG-OFORI, D. & AMITEYE, S., 2005.- Efficacy of mixing vegetable oils with pirimiphos-methyl against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky in stored maize. *Journal Stored Products Research*, 41: 57-66.
- OLIVEIRA, S., VENDRAMIM, J.D., RIBEIRO, J.I. & DOS SANTOS, J.B., 2003.- Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Ciênc. Agrotec.*, 27 (6): 1231-1236.
- PACHECO, M. & SUÁREZ, G.H., 1998.- Extractos vegetales para el manejo de *Alabama arguillacea* en el Valle del Cesár: Tesis, Ingeniería Agronómica, Universidad del Magdalena. 69p.
- PÁEZ, A., LAGUNES, A., CARRILLO, J.L. & RODRÍGUEZ, J.C., 1990.- Polvos vegetales y materiales inertes para el combate del gorgojo *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) en maíz almacenado. *Agrociencia*, 1: 35-46.
- PARMAR, V., SUBHASH, S., JAIN, C., BISHT, K.S., JAIN, R., TANEJA, P., JHA, A., TYAGI, O.D., PRASAD, A.K., WENGEL, J., OLSEN, C.E. & BOLL, P.M., 1997.- Phytochemistry of the genus *Piper*. *Phytochemical*, 46 (4): 597-673.
- PASCUAL-VILLALOBOS, M.J. & ROBLEDO, A., 1999.- Anti-insect activity of plant extracts from de wild flora in southeastern Spain. *Biochemical Systematic and Ecology*, 27 (1): 1-10.
- PÉREZ, D. & IANNACONE, J., 2006.- Efectividad de extractos botánicos de diez plantas sobre la mortalidad y repelencia de larvas de *Rhynchophorus palmarum* L. insecto plaga del pijuayo *Bactris gasipaes* Kunth en la Amazonía del Perú. *Agricultura Técnica*, 66: 21-32.
- RAJENDRAN, S. & SRIRANJINI, V., 2008.- Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal Stored Products Research*, 44: 126-135.
- REES, D.P., 1996.- Coleoptera (in) SUBRAMANYAN, B. & HAGSTRUM, D.W. *Integrated Management of Insects in Stored Products*. Volume 1. Marcel Dekker, New York. 426p.
- REGNAULT P. & ROGER, C., 1997.- The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews*, 2: 25-34.
- RIBEIRO, B.M., GUEDES, R.N.C., OLIVEIRA, E.E. & SANTOS, J.P., 2003.- Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 39: 21-31.

- SANTOS, J.P., CAJUEIRO, I.V.M. & FONTES, R.A., 1986.- Controle de pragas no milho armazenado em paióis: (in) EMBRAPA. *Relatório técnico anual do Centro Nacional de pesquisa de Milho e Sorgo*. CNPMS/ EMBRAPA, Sete Lagoas.
- SAS INSTITUTE., 2002.- *SAS User's Guide: Statistics, Version 9.0*. 7th ed. SAS Institute, Cary, NC.
- SENGUPTA, S. & RAY, A.B., 1987.- The chemistry of *Piper* species: A review. *Fitoterapia*, 58: 147-166.
- SILVA, G.A., 2001.- Evaluación de polvos vegetales solos y en mezcla con inertes minerales para el combate de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado: Tesis (Magister en Ciencias), Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Texcoco. 75p.
- SILVA, M.H.L., 2004.- Tecnologias Para o Desenvolvimento Agroindustrial de *Piper aduncum* L.: Tese (Doutorado em Fitotecnia), Curso de Pós graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 78p.
- STEFANAZZI, N., GUTIÉRREZ, M.M., CARIAC, M., FERRERO, A.A. & STADLER, T., 2004.- Repelencia en larvas de *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrinidae) a *Tagetes terniflora* (Asteraceae). *Agricultura Técnica*, p. 77-95.
- TAPONDJOU, L.A., ADLER, C., BOUDA, H. & FONTEM, D.A., 2002.- Efficacy of powder and essentials oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectant against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 38: 395-402.