

# ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LA RAÍZ DE *Senecio salignus* CONTRA *Zabrotes subfasciatus* EN FRIJOL ALMACENADO

## BIOLOGICAL ACTIVITY OF *Senecio salignus* ROOT AGAINST *Zabrotes subfasciatus* IN STORED BEAN

Ernesto López-Pérez<sup>1</sup>, Cesáreo Rodríguez-Hernández<sup>1</sup>, Laura D. Ortega-Arenas<sup>1</sup> y Ramón Garza-García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Entomología. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (erneslin@colpos.mx) (crherman@colpos.mx) (ladeorar@colpos.mx). <sup>2</sup>Entomología. INIFAP. 56230. Chapingo, Estado de México. (rgarzagarcia@yahoo.com.mx).

### RESUMEN

El brúquido *Zabrotes subfasciatus* es la principal plaga del frijol almacenado en zonas cálidas, y puede ocasionar daño total si no se controla. Se realizó una serie de experimentos en confinamiento y libre elección en condiciones controladas para conocer la actividad biológica del polvo de la raíz de chilca *Senecio salignus* en *Z. subfasciatus*, utilizando un diseño completamente al azar. El polvo al 0.01, 0.05, 0.07, 0.1, 0.25, 0.5 y 1% o con tamaños <0.25, 0.25-0.99, 1-2, y >4 mm se mezcló con 100 g de frijol y se infestó con 20 gorgojos para determinar concentración letal media (CL<sub>50</sub>), tiempo letal medio (TL<sub>50</sub>), susceptibilidad por sexo, tamaño de partícula y modo de acción del polvo. La CL<sub>50</sub> (p≤0.05) disminuyó a través del tiempo del tratamiento (0.15 a 0.05% después de 3 d, y la mortalidad fue más rápida (p≤0.05) conforme se incrementó la concentración (3.30 y 1.91 d al 0.05 y 0.07%). Los machos fueron más susceptibles (p≤0.05) que las hembras. La toxicidad de la raíz fue inversamente proporcional al tamaño de la partícula (p≤0.05); a mayor tamaño de partícula, menor toxicidad. La raíz actuó por contacto y no tuvo efecto fumigante ni repelente.

**Palabras clave:** gorgojos, granos almacenados, insecticidas vegetales.

### INTRODUCCIÓN

El gorgojo mexicano o pinto del frijol *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) es el principal problema fitosanitario del frijol almacenado en zonas menores a 1500 m de altitud (Ramayo, 1983). En el campo la hembra deposita sus huevos en las vainas y luego las larvas penetran en el grano para alimentarse y continuar su desarrollo. En la cosecha, estos insectos son transportados al almacén, donde sus progenies infestan granos sanos, ocasionando grandes daños si no se controla. Para evitar el daño en el almacén, el frijol se trata con insecticidas convencionales, con riesgos para el usuario y el consumidor, además de contaminar el agua,

### ABSTRACT

The bruchid *Zabrotes subfasciatus* is the major pest of stored bean in hot climates, and can cause total losses if it is not controlled. A series of experiments, in which the pests were confined and given free election, were conducted under controlled conditions to determine the biological activity of ragwort *Senecio salignus* root powder on *Z. subfasciatus*, using a completely random design. The powder at concentrations of 0.01, 0.05, 0.07, 0.1, 0.25, 0.5, and 1%, with diameters of <0.25, 0.25-0.99, 1-2, and >4 mm was mixed with 100 g of bean, and infested with 20 weevils to determine lethal concentration (LC<sub>50</sub>), lethal time (LT<sub>50</sub>), susceptibility by sex, size of particle, and mode of action of the powder. LC<sub>50</sub> (p≤0.05) decreased over time of treatment (0.15 to 0.05% after 3 d), and mortality was faster (p≤0.05) as concentration increased (3.30 and 1.91 d at 0.05 and 0.07%). Males were more susceptible (p≤0.05) than females. Toxicity of the root was inversely proportional to particle size (p≤0.05); the larger the particle, the less the toxicity. The root acted on contact and there was no fumigant or repellent effect.

**Key words:** weevils, stored grains, plant insecticides.

### INTRODUCTION

The Mexican, or spotted, bean weevil (*Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) is the major phytosanitary problem of stored beans in areas lower than 1500 m above sea level (Ramayo, 1983). In the field the female deposits its eggs in the pods and later the larvae penetrate the grain to feed and continue their development. During harvest, these insects are transported to the warehouse where their offspring infest healthy grains, causing great damage if not controlled. To prevent damage in storage, beans are treated with conventional insecticides implicating risks for handler and consumer, as well as water, air and soil pollution (Rodríguez *et al.*, 2003). It is thus necessary to propose alternatives for economic and ecological pest management.

In the region of Los Altos de Chiapas, México, ragwort, *Senecio salignus* (Asteraceae), has been used

aire y suelo (Rodríguez *et al.*, 2003), por lo que es necesario proponer alternativas de manejo económico y ecológico de plagas.

En la región de Los Altos de Chiapas, México, la chilca *Senecio salignus* (Asteraceae) se usó por muchos años para evitar los daños provocados por los gorgojos de maíz y frijol almacenado (Miranda, 1952). Desafortunadamente, por la actividad fulminante de los insecticidas convencionales los productores la dejaron de utilizar, pese a ser más barata y menos peligrosa para la salud.

En lugares con altitudes menores de 2870 m la chilca se usa como remedio (follaje) y como ornamental (flor) (Anónimo, 1994). Rodríguez y López (2001) encontraron que el polvo de la raíz a 0.1 y 0.5% eliminó 91 y 100% de la población de adultos de *Z. subfasciatus* y permitió 17.5 y 0% de emergencia de la primera generación, y 8.4 y 0% de daño en el frijol. Sin embargo, no se conoce la relación concentración-mortalidad, la toxicidad por sexo, el efecto de diferentes diámetros de partícula y la forma en que actúa. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la actividad biológica del polvo de la raíz de chilca en *Z. subfasciatus* en función de la concentración, tiempo, sexo, tamaño de partícula y forma de acción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Insecticidas Vegetales del Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Estado de México, México, de abril 2004 a septiembre 2005.

### Cría de *Z. subfasciatus* en laboratorio y obtención del polvo vegetal

La cría se inició con aproximadamente 1000 parejas de *Z. subfasciatus* obtenidas de la colonia del Laboratorio de Ecología de Insectos del Colegio de Postgraduados. Los gorgojos se colocaron en un frasco de vidrio (5 L) con tapa de malla, con 2 kg de frijol flor de mayo, estuvieron 12 d en oviposición y después se retiraron. Los adultos de la primera generación, emergidos de los 30 a los 39 d, se utilizaron para reinfestar más grano sano hasta tener diferentes edades de gorgojos para las evaluaciones. Los frascos se mantuvieron en una cámara bioclimática a 27 °C y 50% de humedad relativa.

La recolección de raíz de chilca (3 kg) se efectuó el 5 de enero de 2005 en Amatenango del Valle, Chiapas. El material se secó a la sombra por tres meses y la raíz seca se pulverizó hasta obtener partículas de <0.25, 0.25-0.99, 1-2, >4 mm diámetro y se almacenó en bolsas de polietileno. La determinación taxonómica la hizo el M. C. Ricardo Vega Muñoz, Curador del Herbario-Hortorium del Colegio de Postgraduados.

for many years to prevent damage by weevils in stored maize and bean (Miranda, 1952). Unfortunately, because of the fulminating activity of conventional insecticides growers stopped using it even though it is cheaper and less dangerous for health.

In areas at altitudes lower than 2870 m ragwort is used as a remedy (foliage) and as an ornamental (flower) (Anónimo, 1994). Rodríguez and López (2001) found that 0.1 and 0.5% concentrations of root powder eliminated 91 and 100% of the adult population of *Z. subfasciatus* and permitted 17.5 and 0% emergence of the first generation, and 8.4 and 0% damage to bean. However, the relationship concentration-mortality, toxicity by sex, the effect of different particle diameters or the manner in which it acts is not known. Therefore, the objective of this study was to determine the biological activity of powder made from the ragwort root on *Z. subfasciatus* in function of concentration, time, sex, particle size and mode of action.

## MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in the Laboratory of Plant Insecticides at the Montecillo Campus of the Colegio de Postgraduados, Montecillo, State of México, México, from April 2005 to September 2005.

### *Z. subfasciatus* rearing in laboratory and preparation of plant powder

Rearing initiated with approximately 1000 pairs of *Z. subfasciatus* obtained from the Insect Ecology Laboratory of the Colegio de Postgraduados. The weevils were placed in a glass jar (5 L) with a screen cover, with 2 kg of Flor de Mayo beans and kept 12 d for ovipositing, after which they were removed. First generation adults, which had emerged at 30 to 39 d, were used to re-infest more healthy beans so as to have weevils of different ages for the assessments. The jars were kept in a bioclimatic chamber with temperature at 27 °C and 50% relative humidity.

Ragwort root (3 kg) was collected January 5, 2005, in Amatenango del Valle, Chiapas. The material was dried in the shade for three months; the dry root was pulverized until particles <0.25, 0.25-0.99, 1.2, >4 mm in diameter were obtained, and the powder was stored in polyethylene bags. Ricardo Vega Muñoz, M. Sc, curator of the Herbarium-Hortorium of Colegio de Postgraduados, was responsible for taxonomic determination.

### Bioassays

One hundred g of beans with plant powder was placed in 250 mL jars. The powder was mixed with beans and the mixture infested with 10 pairs of weevils less than 24 h old. With this methodology the following were evaluated: a) powder at 0.01,

### Bioensayos

En frascos (250 mL) se colocaron 100 g de frijol y polvo vegetal, se mezcló el polvo con el frijol y se infestó con 10 parejas de gorgojos menores de 24 h de edad. Con esta metodología se evaluaron: a) polvo a 0.01, 0.05, 0.07, 0.1, 0.25, 0.5, y 1% (en esta última concentración 1 g de polvo en 100 g de frijol) para determinar la CL<sub>50</sub>, el TL<sub>50</sub> y mortalidad por sexo; b) cuatro tamaños de polvo a 0.5% (<0.25, 0.25-0.99, 1-2, >4 mm) para determinar la eficacia en función del tamaño de la partícula. El efecto de los tratamientos se determinó cuantificando la mortalidad, durante 6 d y a los 4 d en el primero y segundo experimento, y en el segundo experimento emergencia de adultos y daño al grano a los 50 d del tratamiento.

Para evaluar el modo de acción del polvo de raíz de chilca en adultos de *Z. subfasciatus*, se realizaron dos experimentos: 1) contacto indirecto; 2) directo. En el experimento 1 se colocó en el fondo de un frasco de 250 mL, 0.5 g del polvo de raíz de chilca. A la mitad del frasco se instaló una malla tricot que dio soporte a 10 granos de frijol y 10 parejas de insectos menores de 24 h de edad. En el experimento 2 el polvo se mezcló con los 10 granos y se infestó con 10 parejas de gorgojos. En ambos experimentos el efecto del tratamiento se determinó registrando la mortalidad cada 12 h, hasta 3 d, y la emergencia de adultos 50 d después de la infestación.

Para determinar el potencial repelente de la raíz de chilca en adultos de *Z. subfasciatus* se utilizó un olfatómetro que consistió de un cubo central de madera conectado con mangueras a cinco cubos más pequeños. En cuatro de estos cubos se pusieron 50 g de frijol tratado con una concentración determinada de polvo, y en el quinto se colocó frijol no tratado (testigo); enseguida, en el cubo central se liberaron 50 parejas de gorgojos menores de 24 h de edad. A las 24 y 72 h después de la infestación se registró el número de insectos vivos y muertos en cada tratamiento sin retirarlos.

En todos los experimentos el diseño fue completamente al azar con cinco repeticiones y se incluyó un testigo no tratado. Los datos de las variables (mortalidad, emergencia y daño) se analizaron para las suposiciones de normalidad de errores (cuantiles) y homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett). Las medias de los tratamientos se analizaron con la comparación múltiple de medias de rangos para la prueba Kruskal-Wallis (SAS, 1999). Los datos de mortalidad se analizaron mediante el programa Probit (Raymond, 1985) para obtener la línea respuesta log concentración-probit. Los valores de CL<sub>50</sub> y TL<sub>50</sub> se expresaron en porcentaje.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Concentración letal y tiempo letal

El polvo de raíz de chilca causó mortalidad total en adultos de *Z. subfasciatus* a 2, 3 y 4 d con las concentraciones de 1, 0.5 y 0.25% (Cuadro 1).

El efecto de las concentraciones mayores o iguales a 0.05% aumentó con el tiempo del tratamiento; la

0.05, 0.07, 0.1, 0.25, 0.5, and 1% (in this last concentration, 1 g of powder mixed with 100 g of bean) to determine LC<sub>50</sub>, LT<sub>50</sub> and mortality by sex; b) four diameters of powder at 0.5% (<0.25, 0.25-0.99, 1-2, >4 mm) to determine the effectiveness in function of particle size. The effect of the treatments was determined by quantifying mortality during 6 d and at 4 d in the first and second experiment. In the second experiment adult emergence and damage to grain at 50 d after treatment were quantified.

To evaluate mode of action of ragwort root powder on *Z. subfasciatus* adults, two experiments were conducted: 1) indirect and 2) direct contact. In experiment 1, 0.5 g of ragwort root powder was placed on the bottom of a 250 mL jar. At the middle of the jar a tricot screen supporting 10 bean grains was installed, and 10 pairs of insects less than 24 h old were introduced. In experiment 2, the powder was mixed with the 10 grains and the mixture was infested with 10 pairs of weevils. In both experiments, the effect of the treatment was determined by recording mortality every 12 h for 3 d, and adult emergence 50 d after infestation.

To determine the potential of ragwort root to repel *Z. subfasciatus* adults, an olfactometer was used; this was composed of a central wooden cube connected by hoses to five smaller cubes. Fifty g of beans treated with a given concentration of powder was placed on four of these cubes, and untreated beans (control) were placed on the fifth. Immediately, 50 pairs of weevils less than 24 h old were released on the central cube. At 24 h and 72 h after infestation, the number of live and dead insects was recorded in each treatment without removing them.

In all of the experiments, the design was completely randomized; treatments, including an untreated control, were replicated five times. Data of the variables (mortality, emergence and damage) were analyzed for the assumptions of error normality (quantiles) and homocedasticity (Bartlett test). Treatment means were analyzed using multiple range comparisons means for the Kruskal-Wallis test (SAS, 1999). Mortality data were analyzed with the Probit software (Raymond, 1985) to obtain the response line log concentration-probit. LC<sub>50</sub> and LT<sub>50</sub> values were expressed as percentage.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Lethal concentration and lethal time

Ragwort root powder caused total mortality of *Z. subfasciatus* adults at 2, 3, and 4 d with concentrations of 1, 0.5 and 0.25% (Table 1).

The effect of concentrations higher or equal to 0.05% increased with time of treatment; the 0.05% concentration was that with least insecticide activity. Mortality in the control was quantified at 2 and 61% at 5 and 6 d, indicating that the data after 5 d is probably abnormal due to manipulation of the insects.

The probit analysis of mortality-concentration during the first 5 d indicates that LC<sub>50</sub> on the first day

**Cuadro 1. Mortalidad (%) de adultos de *Z. subfasciatus* en frijol tratado con polvo de raíz de *S. salignus*.**  
**Table 1. Adult *Z. subfasciatus* mortality (%) in beans treated with *S. salignus* root powder.**

Concentración (%)	Mortalidad (%) por día						T150 (d)
	1	2	3	4	5	6 <sup>†</sup>	
1.0	91 a	100 a					‡
0.5	81 b	98 a	100 a				‡
0.25	75 c	95 b	99 a	100 a			‡
0.10	56 d	72 c	77 b	84 b	90 a	98	‡
0.07	20 e	59 d	71 b	76 c	83 b	91	1.91 (1.3-2.4)
0.05	5 f	31 e	47 c	54 d	71 c	80	3.31 (2.6-4.4)
0.01	0 g	1 f	1 d	2 f	2 d	61	‡
Testigo	0 g	0 f	0 d	2 f	2 d	61	
CL <sub>50</sub>	0.15 (0.11-0.22)	0.07 (0.05-0.08)	0.05 (0.04-0.07)	‡	‡		

Medias de tratamientos con diferente letra son estadísticamente diferentes (Kruskal-Wallis).

<sup>†</sup> No analizado estadísticamente debido a que el testigo causó más de 12% de mortalidad.

<sup>‡</sup> Analizado por el programa pero sin puntos de referencia abajo de 50%.

concentración de 0.05% fue la menor con actividad insecticida y en el testigo se cuantificó 2 y 61% de mortalidad a los 5 y 6 d, lo que indica que los datos después de los 5 d probablemente sean anormales debido a la manipulación de los insectos.

El análisis probit de mortalidad-concentración en los primeros 5 d indica que la CL<sub>50</sub> en el primer día fue 0.15%, después decreció de 0.07 a 0.05% del segundo al tercer día. Los límites fiduciales correspondientes a las CL<sub>50</sub> de los días dos y tres se traslapan, lo cual indica que la mortalidad ocasionada por el polvo de chilca fue disminuyendo después de los 2 d, sin diferencias con la CL<sub>50</sub> del día subsecuente. Respecto a la correlación logarítmica de mortalidad-tiempo, los TL<sub>50</sub> para 0.05 y 0.07% fueron 3.31 y 1.91 d, sin traslape en sus límites fiduciales. Las concentraciones mayores o iguales a 0.1% eliminaron más de la mitad de la población el primer día, lo cual imposibilitó determinar sus TL<sub>50</sub>.

La raíz de chilca a 0.25%, que eliminó el total de la población al cuarto día, fue mejor que las concentraciones inferiores o igual a 0.1%, ya que los sobrevivientes en estas últimas pueden producir nuevas generaciones. Además, el uso de la raíz a 0.5 y 1%, que mataron todos los adultos, igual que a 0.25% pero más rápido, solo provocaría mayor gasto de polvo vegetal.

El TL<sub>50</sub> del polvo de raíz de chilca a 0.07% obtenido en este experimento (1.91 d) fue similar al reportado por Rodríguez y López (2001) pero con una concentración de 0.1% (2.2 d), lo que indica que otros factores no considerados en esta investigación podrían afectar parcialmente los resultados. La raíz de chilca fue más tóxica que el polvo de las hojas de albahaca

was 0.15%, and later decreased from 0.07 to 0.05% from the second to the third day. The fiducial limits corresponding to the LC<sub>50</sub> on days two and three overlap, indicating that the mortality caused by the ragwort powder began to decrease after 2 d, with no differences in LC<sub>50</sub> on the following day. Regarding the logarithmic correlation of mortality-time, the LT<sub>50</sub> for 0.05 and 0.07% were 3.31 and 1.91 d, with no overlapping in fiducial limits. The concentrations higher or equal to 0.1% eliminated more than half of the population the first day, making it impossible to determine LT<sub>50</sub>.

Ragwort root at 0.25%, which eliminated the entire population on the fourth day, was better than the concentrations lower or equal to 0.1%, since the survivors in the latter can produce new generations. Also, the use of the root at 0.5 and 1%, which killed all of the adults, like the 0.25% concentration but faster, would only cause use of more plant powder.

LT<sub>50</sub> of the powder from ragwort root at 0.07% obtained in this experiment (1.91 d) was similar to that reported by Rodríguez and López (2001), but with a concentration of 0.1% (2.2 d), indicating that other factors not considered in this study could partially affect the results. Ragwort root was more toxic than the powder from the white *Ocimum canum* at 1%, its LT<sub>50</sub> being 1.4 d (Weaver *et al.*, 1994a).

Males were more susceptible than females (Table 2); to eliminate 50% of the population required only 34.6, 40 and 37.5% of the LC<sub>50</sub> calculated for females in the first 3 d. LC<sub>50</sub> decreased in the first 2 d in both sexes, in a greater proportion than from the second to the third day. Males also required less than half the time of the LT<sub>50</sub> required for the female population.

blanca *Ocimum canum* al 1% pues su TL<sub>50</sub> fue 1.4 d (Weaver *et al.*, 1994a).

Los machos fueron más susceptibles que las hembras (Cuadro 2), pues para eliminar 50% de ellos sólo se requirió 34.6, 40 y 37.5% de la CL<sub>50</sub> calculada para las hembras, en los primeros 3 d. Las CL<sub>50</sub> decrecieron en los primeros 2 d en ambos sexos, en mayor proporción que del segundo al tercer día. Los machos también requirieron menos de la mitad de tiempo del TL<sub>50</sub> de la población de las hembras. Estos datos indican que las hembras fueron más tolerantes a la raíz de chilca, pues necesitaron más del doble de la cantidad de polvo requerida para eliminar a los machos y el efecto de los polvos se manifestó en mayor tiempo.

La sensibilidad natural observada en los machos fue reportada por Weaver *et al.* (1994a) en *Z. subfasciatus*, y Pérez y Pascual (1999) y Papachristos y Stamopoulos (2002) en el gorgojo pardo del frijol *Acanthoscelides obtectus*. La mayor sensibilidad está en función del menor tamaño del macho (Weaver *et al.*, 1994b).

**Tamaño de partícula**

La toxicidad de la raíz de chilca en adultos de *Z. subfasciatus*, fue inversamente proporcional al tamaño de la partícula; es decir, a mayor tamaño de partícula, menor toxicidad (Cuadro 3). Mortalidad del 100% se obtuvo con polvo de tamaño menor a 0.25 mm; sin embargo, los polvos con diámetro menor a 0.99 mm protegieron al grano porque no hubo descendencia. Las partículas de 1-2 mm afectaron parcialmente la población de *Z. subfasciatus*, mientras que la raíz preparada en trozos (>4 mm) no fue tóxica para los adultos ni protegió al frijol.

Los resultados de este experimento manifiestan la importancia de pulverizar la planta lo más fino posible, hasta partículas <0.25 mm, para controlar *Z. subfasciatus* usando 5 kg polvo t<sup>-1</sup> de grano. De lo contrario, se debe aumentar la concentración

These data indicate that females were more tolerant to ragwort root since more than double the amount of powder used to eliminate males was required, and the effect of the powders took more time.

Natural sensitivity observed in males has been reported by Weaver *et al.* (1994a) in *Z. subfasciatus*, and Pérez and Pascual (1999) and Papachristos and Stamopoulos (2002) in the brown bean weevil *Acanthoscelides obtectus*. Greater sensitivity is in function to smaller size of the male (Weaver *et al.*, 1994b).

**Particle size**

Toxicity of ragwort root for *Z. subfasciatus* adults was inversely proportional to particle size; that is, the larger the particle, the less its toxicity (Table 3). One hundred percent mortality was obtained with particle size smaller than 0.25 mm. However, powder with particle diameter of less than 0.99 mm protected the grain because there were no offspring. Particles 1-2 mm partially affect the *Z. subfasciatus* population, while the root prepared in pieces (>4 mm) was not toxic for the adults and did not protect the beans.

The results of this experiment reveal the importance of pulverizing the plant as finely as possible, up to <0.25 mm particles, to control *Z. subfasciatus* with 5 kg powder t<sup>-1</sup> of grain. If not, powder concentration must be increased leading to use of more ragwort. According to Weaver *et al.* (1994a) and Rodríguez (1998), fine powder better impregnates the grain and the body of the insect, interfering with sense organs, gaseous exchange and perception of the opposite sex.

**Mode of action**

Ragwort root powder applied directly on the adults (contact) caused 100% mortality and total inhibition of adult emergence of the first generation. In contrast, when the plant powder was applied indirectly (without

**Cuadro 2. Tiempo-concentración-mortalidad de machos y hembras de *Z. subfasciatus* obtenida por la aplicación de polvos de raíz de *S. salignus*.**

**Table 2. Time-concentration-mortality of *Z. subfasciatus* males and females obtained by application of *S. salignus* root powders.**

Sexo	CL <sub>50</sub> <sup>†</sup> por día			Concentración	TL <sub>50</sub> <sup>†</sup> por día	
	1	2	3		Macho	Hembra
Macho	0.09 (0.06-0.13)	0.04 (0.02-0.06)	0.03 (0.02-0.05)	0.07	1.21 (0.58-1.66)	3.20 (2.25-5.30)
Hembra	0.26 (0.17-0.43)	0.10 (0.07-0.15)	0.08 (0.06-0.11)	0.05 (1.42-2.76)	2.12 (3.85-26.58)	5.19

<sup>†</sup> p≤0.05.



**Cuadro 3. Mortalidad, emergencia y daño de *Z. subfasciatus* en frijol tratado con polvo de la raíz de *S. salignus* al 0.5% con diferentes tamaños de partícula.****Table 3. Mortality, emergence and damage by *Z. subfasciatus* in beans treated with *S. salignus* root powder at 0.5% with different particle sizes.**

Tamaño de partícula (mm)	Mortalidad (%)	Emergencia (%)	Daño (%)
>4	2 d	92.2 a	26.4 a
1.0-2.0	52 c	42.1 b	9.1 b
0.25-0.99	95 b	0.0 c	0.0 c
<0.25	100 a	0.0 c	0.0 c
Testigo	1 d	100.0 a	30.1 a

Medias de tratamientos con diferente letra son estadísticamente diferentes (Kruskal-Wallis).

del polvo, lo que conducirá a mayor uso de chilca. Según Weaver *et al.* (1994a) y Rodríguez (1998), el polvo fino se impregna mejor en el grano y en el cuerpo del insecto, lo cual interfiere con los órganos de los sentidos, intercambio gaseoso y percepción del sexo opuesto.

#### Modo de acción

El polvo de raíz de chilca aplicado por contacto a los adultos provocó 100% de mortalidad e inhibición total de la emergencia de adultos de la primera generación. En contraste, cuando el polvo vegetal se aplicó indirectamente (sin contacto) a los adultos no causó mortalidad y permitió emergencia normal de adultos en la primera generación.

El olor del polvo de la raíz no fue tóxico para los gorgojos en estas condiciones de evaluación (polvo e insecto distanciados por 5 cm) ni afectó el desarrollo de huevo, larva, pupa y adulto, pues la emergencia de adultos en la primera generación fue normal. Esto permitió inferir que la actividad del polvo de raíz de chilca en los adultos de *Z. subfasciatus* fue por contacto y no por inhalación. Así, para obtener control satisfactorio del insecto el polvo vegetal se debe aplicar al frijol lo más homogéneamente posible para asegurar la impregnación en el grano y en el insecto. El modo de acción del polvo de raíz de chilca fue similar al observado por Baricevic *et al.* (2001) con el polvo del orégano *Origanum vulgare* en *A. obtectus*.

#### Efecto de repelencia

El polvo de la raíz de chilca no mostró, en el primero y el cuarto día del tratamiento, acción repelente en adultos de *Z. subfasciatus* (Cuadro 4). El polvo no evitó la invasión de los gorgojos al frijol almacenado;

contacto), it did not cause any mortality and allowed normal emergence of adults in the first generation.

The root powder odor was not toxic for the weevils in these conditions of assessment (powder and insects separated by 5 cm) nor did it affect the development of egg, larvae, pupae or adults, and emergence of adults in the first generation was normal. This suggests that the activity of ragwort root powder on *Z. subfasciatus* adults was through contact and not through inhalation. Thus, to obtain satisfactory control of the insect, the plant powder should be applied to the beans as homogeneously as possible to assure it impregnates the grain and the insect. The mode of action of the ragwort root powder was similar to that observed by Baricevic *et al.* (2001) with oregano (*Origanum vulgare*) powder on *A. obtectus*.

#### Repellency effect

Repellant action of ragwort root powder against *Z. subfasciatus* adults was not evident on the first or fourth day of treatment (Table 4). The powder did not prevent the invasion of weevils in stored beans. However, when the insects came into contact with the powder, the powder's toxicity was reflected in the mortality shown in Table 1.

The statistical analysis 96 h after treatment showed two groups: the first group was treated beans with a larger number of insects found and the second group was untreated beans. This supports the idea that powder attracted the insects, which remained in the treated beans and weakened them immediately on contact, reduced their ability to move and finally killed them. This suggests that ragwort root powder does not have a repellant effect on *Z. subfasciatus* adults, but rather a paralyzing effect, provoking longer contact time.

**Cuadro 4. Preferencia por refugio y mortalidad de *Z. subfasciatus* en frijol tratado con polvo de raíz de *S. salignus* a diferentes concentraciones.****Table 4. Preference for refuge and mortality of *Z. subfasciatus* in beans treated with *S. salignus* root powder at different concentrations.**

Concentración (%)	Insectos encontrados (%)		Mortalidad <sup>¶</sup> (%)
	24 h <sup>†</sup>	96 h	
0.50	20.4	21.6 a	82.5 a
0.25	23.1	25.7 a	60.2 b
0.10	20.9	20.6 a	58.6 b
0.07	21.5	21.2 a	42.9 b
Testigo	14.1	10.9 b	0.0 c

Medias de tratamientos con diferente letra son estadísticamente diferentes (Kruskal-Wallis).

<sup>†</sup> Los tratamientos no son diferentes (Análisis de Varianza).

<sup>¶</sup> A los cuatro días de la liberación de los insectos.

sin embargo, cuando los insectos entraron en contacto con el polvo, la toxicidad del polvo se reflejó en la mortalidad observada en el Cuadro 1.

El análisis estadístico a 96 h del tratamiento mostró dos grupos: en el primero se localizaron los frijoles tratados con mayor número de insectos encontrados, y en el segundo al frijol sin tratamiento. Ésto sustenta que el polvo vegetal estimuló al insecto a permanecer en el grano tratado o lo debilitó inmediatamente al entrar en contacto, disminuyó su capacidad de movimiento y finalmente lo mató. Ésto sugiere que el polvo de raíz de chilca no tiene efecto repelente en adultos de *Z. subfasciatus*, pero tiene efecto arrestante, provocando mayor tiempo de contacto.

La actividad del polvo de raíz de chilca en *Z. subfasciatus* fue similar al polvo de hojas de cilantro (*Coriandrum sativum*) en *A. obtectus* (Mazzonetto and Vendramim, 2003). En contraste, fue diferente a los polvos de hoja-flor-fruto del epazote (*Chenopodium ambrosioides*), hoja de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) y hoja de paraíso (*Melia azedarach*) (Procopio *et al.*, 2003), canela (*Cinnamomum zeylanicum*), hoja de laurel *Laurus nobilis* y pimienta negra (*Piper nigrum*) (Oliveira y Vendramim, 1999), que tienen actividad repelente para *Z. subfasciatus*. El nulo efecto repelente de la raíz de chilca indica que el polvo tendrá que estar en contacto con el insecto para mostrar su efectividad en la protección del frijol almacenado.

En esta investigación el polvo de raíz de chilca no mostró actividad repelente ni fumigante en adultos de *Z. subfasciatus*. En cambio controló satisfactoriamente por contacto (al 0.25%) con partículas menores de 0.25 mm. Por tanto, es una opción para el control ecológico de gorgojos, permitiendo al campesino utilizar recursos de su propio entorno.

## CONCLUSIONES

La  $CL_{50}$  del polvo de raíz de chilca en adultos de *Z. subfasciatus* disminuyó a través del tiempo y varió de 0.11-0.08% del primer al tercer día. La toxicidad y eficacia del polvo de raíz de chilca cambió en función de la concentración y varió de 1.91 a 3.31 d de 0.07 a 0.05%. Los adultos machos de *Z. subfasciatus* fueron más susceptibles al polvo de raíz de chilca que las hembras. La toxicidad de la raíz decreció a medida que aumentó el tamaño de la partícula, y la mayor protección del grano se obtuvo con polvos menores de 0.25 mm de diámetro. El polvo de raíz de chilca actuó por contacto, no tuvo efecto fumigante ni repelente en adultos de *Z. subfasciatus*.

The activity of ragwort root powder on *Z. subfasciatus* was similar to powdered coriander (*Coriandrum sativum*) leaves on *A. obtectus* (Mazzonetto and Vendramim, 2003). In contrast, it was different from powders made from epazote (*Chenopodium ambrosioides*) leaf, flower and fruit, eucalyptus (*Eucalyptus citriodora*) leaves, and paradise (*Melia azedarach*) leaves (Procopio *et al.*, 2003), cinnamon (*Cinnomomum zeylanicum*), laurel (*Laurus nobilis*) leaves, and black pepper (*Piper nigrum*) (Oliveira and Vendramim, 1999), which have a repellent action against *Z. subfasciatus*. The null repellent effect of ragwort root indicates that the powder must be in contact with the insect to exhibit effectiveness in the protection of stored beans.

In this study repellent or fumigant activity of ragwort root powder on *Z. subfasciatus* adults was not exhibited. It did, however exert satisfactory control by contact (0.25% concentration) with particles smaller than 0.25 mm. Therefore, it is an option for the ecological control of weevils, permitting the farmer to use local nearby resources.

## CONCLUSIONS

$LC_{50}$  of ragwort root powder on *Z. subfasciatus* adults decreased over time and varied from 0.11-0.08% from the first to third day. Toxicity and effectiveness of ragwort root powder changed in function of the concentration and varied 0.07 to 0.05% from 1.91 to 3.31 d. *Z. subfasciatus* adult males were more susceptible to ragwort root powder than females. Toxicity of the root decreased as particle size increased, and the greatest protection of the grain was obtained with particles of less than 0.25 mm in diameter. Ragwort root powder acted on contact, and had no fumigant or repellent effect on *Z. subfasciatus* adults.

—End of the english version—



## LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1994. Flora Medicinal Indígena de México. Tomo II. México, D. F. pp: 845-846.
- Baricevic, D., L. Milevoj, and J. Borstnik. 2001. Insecticidal effect of oregano (*Origanum vulgare* L. ssp. *Hirtum* Ietswaart) on bean weevil (*Acanthoscelides obtectus* Say). *Int. J. Hort. Sci.* 7(2): 84-88.
- Mazzonetto, F., and J. D. Vendramim. 2003. Effect of powders from vegetal species on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) in stored bean. *Neotropical Entomol.* 32(1): 145-149.

- Miranda, F. 1952. La Vegetación de Chiapas. Ediciones del Gobierno del estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 319 p.
- Oliveira, J. V., and J. D. Vendramim. 1999. Repellency of essential oils and powders from plants on adults of *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) on bean seeds. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 28(3): 549-555.
- Papachristos, D. P., and D. C. Stamopoulos. 2002. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.* 38: 117-128.
- Pérez M., P., y M. J. Pascual V. 1999. Efectos del aceite esencial de inflorescencias de *Chrysanthemum coronarium* L. en mosca blanca y plagas de almacén. *Prod. Prot. Veg.* 14 (1-2): 249-258.
- Procopio, S de O., J. D. Vendramim, I. Ribeiro J., and B. Santos J. 2003. Effect of plant powders on *Acanthoscelides obtectus* (Say) and *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). *Revista Ceres* 50(289): 395-405.
- Ramayo R., L. F. 1983. Tecnología de Granos y Semillas. Departamento de Industrias Agrícolas, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. 216 p.
- Raymond, M. 1985. Presentation d' un programme d' analyse Log-Probit Pour micro-ordinateur Cah. Orstom. Sér. Ent. Med. Et Parasitol. 22: 117-121.
- Rodríguez H., C. 1998. El chile como remedio casero contra insectos plaga. *Boletín de la Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM)* 21 y 22: 9-12.
- Rodríguez H., C., y E. López P. 2001. Actividad insecticida e insectistática de la chilca (*Senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus*. *Manejo Integrado de Plagas* 59: 19-26.
- Rodríguez H., C., G. Silva A., y J. D. Vendramim. 2003. Insecticidas de origen vegetal. *In: Bases para el Manejo Racional de Insecticidas*. Silva G., y R. Hepp (eds). Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción. Chillán, Chile. pp: 89-111.
- SAS. 1999. Procedures Guide, Release 8. Cary, North Carolina, USA. 1643 p.
- Weaver, D. K., F. V. Dunkel, R. C. Potter, and L. Ntezurubanza. 1994a. Contact and fumigant efficacy of powdered and intact *Ocimum canum* Sims (Lamiales: Lamiaceae) against *Zabrotes subfasciatus* (Bohemian) adults (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.* 30(3): 243-252.
- Weaver, D. K., C. D. Wells, F. V. Dunkel, W. Bertsch, S. E. Sing, and S. Sriharan. 1994b. Insecticidal activity of floral, foliar, and root extracts of *Tagetes minuta* (Asterales: Asteraceae) against adult mexican bean weevils *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). *J. Econ. Entomol.* 87(6): 1718-1725.