

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

TOXICIDAD DE POLVOS DE FOLLAJE DE PAICO (*Chenopodium ambrosioides* L.) Y BOLDO (*Peumus boldus* MOL.) SOLOS Y EN MEZCLA CON CARBONATO DE CALCIO SOBRE GORGOJO DEL MAÍZ (*Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY)

TOXICITY OF LEAF POWDERS OF MEXICAN TEA (*Chenopodium ambrosioides* L.) AND BOLDO (*Peumus boldus* MOL.) SINGLY AND MIXED WITH CALCIUM CARBONATE AGAINST MAIZE WEEVIL (*Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY)

Pamela Nuñez O.¹, Gonzalo Silva A.^{1*}, Maritza Tapia V.¹, Ruperto Hepp G.^{1†}, J. Concepción Rodríguez-Maciel², y A. Lagunes-Tejeda²

¹ Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal, Avenida Vicente Méndez 595, Casilla 537, Chillán, Chile. Chile. *E-mail: gosilva@udec.cl

² Colegio de Postgraduados, Programa de Entomología y Acarología, Km 36,5 Carretera México-Texcoco, CP 56230, Montecillo, Texcoco, México.

[†]Fallecido Septiembre 2007

RESUMEN

Los cereales almacenados son dañados por insectos plaga, tales como el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky; Coleoptera: Curculionidae). El objetivo de este experimento fue evaluar en laboratorio polvos de follaje de *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* Molina, solos y en mezcla con carbonato de calcio en concentraciones de 0,5%, 1% y 2% (p/p) para el control de *S. zeamais*. En frascos de 250 mL se mezclaron 200 g de semillas de maíz con los tratamientos que luego fueron infestados con 10 parejas de insectos. Las variables evaluadas fueron mortalidad y emergencia de insectos adultos (F₁), germinación de los granos y efecto fumigante y repelente de los polvos. El diseño experimental fue completamente al azar, con 19 tratamientos, con cinco repeticiones; toda la metodología se repitió tres veces en diferentes días. La mayor mortalidad (100%) se obtuvo con los polvos vegetales solos al 2% (p/p) y las menores emergencias de insectos adultos (0,2 y 0,1%) se lograron con *P. boldus* solo al 1% y 2% (p/p). La germinación de las semillas no se vio afectada por los polvos de *Ch. ambrosioides*, mientras que con *P. boldus* disminuyó en relación al testigo sin tratar. El efecto fumigante de los polvos disminuyó cuando aumentó la proporción de carbonato de calcio y los polvos de *Ch. ambrosioides* y *P. boldus* solos y mezclados con carbonato de calcio mostraron repelencia para *S. zeamais*. Se concluyó que los polvos de *P. boldus* y *Ch. ambrosioides* solos y en mezcla con carbonato de calcio tienen efecto insecticida de contacto y efecto fumigante y repelente contra *S. zeamais* sin afectar significativamente la germinación del maíz.

Palabras clave: gorgojo del maíz, granos almacenados, control físico.

ABSTRACT

Stored grains are damaged by insect pests like maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky; Coleoptera: Curculionidae). This study aimed to assess the biocidal properties of powdered foliage of

Chenopodium ambrosioides L. and *Peumus boldus* Molina, both singly and mixed with calcium carbonate at 0.5%, 1% and 2% (w/w), against *Sitophilus zeamais* Motschulsky under laboratory conditions. In 250 mL jars, 250 g of maize seeds were mixed with the treatments and then infested with 10 insect couples. Mortality and emergence of adult insects (F_1), grain germination, fumigant and repellent effects of powders were the evaluated parameters. The experimental design was completely randomized with 19 treatments, with five replicates. The whole methodology was repeated three times in different days. The highest mortality (100%) was obtained with plant powders alone at 2% (w/w) and the lowest adult insect emergence (0.2 y 0.1%) was reached with *P. boldus* powder alone at 1% and 2% (w/w). Seed germination was not affected by *Ch. ambrosioides* powder, while the use of *P. boldus* powder decreased germination respect to the untreated control. The fumigant effects of powders decreased as the proportion of calcium carbonate increased. Powders from both species mixed with calcium carbonate were repellent to *S. zeamais*. It was concluded that *P. boldus* powder and *Ch. ambrosioides* powder, singly and mixed with calcium carbonate, have insecticidal contact action, as well as fumigant and repellent effects on *S. zeamais*, and that they cause no significant effect on maize germination.

Key words: maize weevil, stored grains, physical control.

INTRODUCCIÓN

El control de insectos plaga de los granos almacenados se realiza principalmente con insecticidas sintéticos como organofosforados y piretroides (Tavares y Vendramim, 2005a). No obstante su eficacia, su uso irracional ha provocado problemas como contaminación del ambiente, eliminación de enemigos naturales, intoxicación de los consumidores y aplicadores, residuos en los alimentos, e insectos resistentes a los compuestos aplicados. Estas razones han incentivado la búsqueda de nuevas alternativas como son los insecticidas de origen vegetal (Páez, 1987; Tavares y Vendramim, 2005b). Según Weaver y Subramanyam (2000), el uso más sencillo de estos compuestos en la protección de granos almacenados es secar las plantas, pulverizarlas y posteriormente mezclarlas con el grano. Los polvos vegetales pueden presentar propiedades tales como insecticidas de contacto y efecto antialimentario y repelente (Malik y Mujtaba, 1984; Makanjuola, 1989). Entre estos se destacan los polvos de *Peumus boldus* Molina (Monimiaceae) (Paéz, 1987; Silva, 2001; Pizarro, 2002; Bustos, 2004; Orrego, 2004) y de *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae) (Paéz, 1987; Rodríguez, 2000; Taponjoui et al., 2002; Mazzonetto y Vendramim, 2003; Silva et al., 2003; Orrego, 2004; Kiger, 2004; y Tavares y Vendramim, 2005 a; 2005 b), los cuales han demostrado tener una alta efectividad en la protección de cereales almacenados del ataque por *Sitophilus zeamais* Motschulsky.

Sin embargo, el uso de polvos vegetales puede resultar una práctica agresiva para la densidad natural de la planta, por lo que se deben buscar opciones en las que sin disminuir la eficacia, se utilice una menor cantidad de material vegetal. Una de estas alternativas consiste en mezclar el insecticida botánico con sustancias minerales inertes como carbonato de calcio, el cual posee propiedades insecticidas, aunque no lo suficientemente altas para ser usado

individualmente (Subramanyan y Roesli, 2000; González, 2003; Silva et al., 2003). Por tanto, el objetivo de esta investigación fue estimar la toxicidad del polvo de *Chenopodium ambrosioides* L y *Peumus boldus* Mol. solos y en mezcla con carbonato de calcio para el control de *Sitophilus zeamais* Mots. en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó entre enero de 2006 y marzo de 2007 en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, Chillán, Chile.

Material vegetal

La colecta de *Ch. ambrosioides* se realizó en enero de 2006, en el estado de floración, a orillas del río Chillán, provincia de Ñuble, Octava Región, Chile. A su vez, el follaje de *P. boldus* se recolectó, en la misma fecha, en el parque del Campus Chillán de la Universidad de Concepción. El material vegetal se secó en una estufa de convección forzada a 40°C, durante 48 horas, y posteriormente se trituró con un molino eléctrico para café (Moulinex Ultra 505) y se homogenizó con un tamiz de 250 micrones (Dual Manufacturing Co., Chicago, Illinois, USA).

Inerte mineral

El polvo mineral (carbonato de calcio (CaCO_3)), se adquirió en una ferretería de la ciudad de Chillán, Octava Región, Chile. Se eligió este inerte, debido a que es sencillo de encontrar en el comercio, es de bajo costo y ha mostrado propiedades insecticidas en el control de *S. zeamais* (González, 2003). Su acción insecticida se debe a un efecto abrasivo y a la absorción de los lípidos de la epicutícula, facilitando la pérdida de agua, lo cual provoca la

muerte de los insectos por deshidratación (Subramanyam y Roesli, 2000).

Cereal

Se utilizó maíz (*Zea mays* L.) cv. México con 14% de humedad, el que fue adquirido en el mercado de frutas y hortalizas de la ciudad de Chillán, Octava Región, Chile. Para asegurar que estuviera libre de residuos de insecticida u otros insectos que pudieran alterar el bioensayo, el maíz se lavó tres veces con agua potable y posteriormente se refrigeró (0°C) por 48 horas. Transcurrido este período se seleccionó para los bioensayos solamente el grano libre de daños.

Insectos

Se utilizaron ejemplares de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) provenientes de la colonia permanente del Laboratorio de Entomología que se mantienen bajo condiciones controladas de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y 16:8 h luz:oscuridad de fotofase.

Metodología

La metodología utilizada fue la propuesta por Lagunes y Rodríguez (1989). En frascos de 250 mL se mezclaron 200 g de maíz con el respectivo tratamiento los que posteriormente se infestaron con 10 parejas de insectos, de menos de 24 h de edad. Para la diferenciación de sexos se utilizó el criterio de Halstead (1963) quien señala que el rostrum del macho es más corto, de mayor grosor y más ornamentado que el de la hembra. En total se evaluaron 19 tratamientos, de los cuales 18 estaban constituidos por mezclas de polvo vegetal y carbonato de calcio en proporciones de 100:0, 10:90 y 1:99 más un testigo absoluto. Cada proporción se evaluó en tres concentraciones que fueron: 0,5%, 1% y 2% (p/p).

VARIABLES EVALUADAS

Porcentaje de mortalidad

La mortalidad se evaluó a los 15 días de realizada la infestación (Lagunes y Rodríguez, 1989) y se corrigió mediante la fórmula de Abbott (1925).

Emergencia de insectos adultos (F_1)

Debido a las características del ciclo de *S. zeamais*, esta variable se evaluó a los 55 días de realizada la infestación (Silva et al., 2003), considerando como 100% la F_1 del testigo sin tratar.

Germinación de los granos

Para verificar el efecto de los tratamientos sobre

la germinación de los granos, se escogieron aleatoriamente 30 semillas por repetición y se hicieron germinar en placas Petri acondicionadas con una toalla de papel húmeda durante siete días a 25°C en una cámara bioclimática.

Efecto fumigante

La metodología se adaptó de la propuesta por Tavares y Vendramim (2005a). En frascos de plástico transparentes de 200 mL de capacidad, se dispuso en el fondo y centrado un tubo de PVC, de 3 cm de alto y 2,5 cm de diámetro. En el interior del tubo se colocaron los respectivos tratamientos en concentraciones de 0,5%, 1% y 2% (p/p), y posteriormente fue cubierto con un género de tul fino. En el espacio entre el tubo y la pared interna del frasco se colocaron 50 g de maíz los que se infestaron con 20 insectos adultos sin sexar y de menos de 24 h de edad. El tul impidió el contacto directo de los insectos con los polvos, pero permitió la liberación de cualquier sustancia volátil que pudieran emitir los tratamientos. La evaluación de la mortalidad se realizó a los 5 días de realizada la infestación del grano con los insectos.

Repelencia

La metodología utilizada para evaluar el efecto de repelencia fue adaptada de la propuesta por Procopio et al. (2003). Se utilizó una arena de elección (choice arena) formada por cinco placas Petri plásticas de 5 cm de diámetro y 1,5 cm de altura, estando una placa central conectada a las otras cuatro por tubos plásticos de 10 cm de longitud y 0,25 cm de diámetro en posición diagonal formando una "X". Los tratamientos con polvo y los testigos, se distribuyeron en placas simétricamente opuestas. En el recipiente central se liberaron 20 adultos de *S. zeamais* sin sexar y luego de 24 h se contabilizó el número de insectos en cada recipiente y con los datos obtenidos se calculó el índice de repelencia de Mazzonetto y Vendramim (2003).

Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones y la metodología completa se repitió 3 veces en diferentes días. Los datos obtenidos se transformaron con la fórmula $\sqrt{x/100}$ y se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y a una prueba de comparación de medias Tukey con un nivel de significancia del 95% ($p \leq 0,05$) (Gómez y Gómez, 1984), con el software Statistical Analysis System (SAS) (SAS Institute, 1998).

RESULTADOS**Mortalidad***Ch. ambrosioides*

Los resultados obtenidos con *Ch. ambrosioides* muestran que la mayor toxicidad se obtuvo con el tratamiento 100:0 (polvo de *Ch. ambrosioides* solo) a la concentración de 2% (p/p) con una mortalidad de 100%, siendo significativamente mayor a todos los otros tra-

tamientos evaluados (Tabla 1). Las concentraciones de 0,5 y 1% de polvo de *Ch. ambrosioides* sin carbonato de calcio tuvieron 89,7 y 95% de mortalidad respectivamente sin diferir estadísticamente entre ellas. En los tratamientos de la proporción 10:90 se destacó la concentración de 1% (p/p), que registró una mortalidad máxima de 95% al 1%. Finalmente, en la proporción 1:99 al igual que en el caso anterior, la mortalidad alcanzó un 95% pero esta vez con la concentración más baja (0,5%) aunque sin diferencia significativa con los otros tratamientos de esta proporción.

Tabla 1. Mortalidad y emergencia de adultos de *Sitophilus zeamais* Motschulsky tratados con polvos de *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* Mol. solos y en mezcla con carbonato de calcio.

Table 1. Mortality and adult emergence of *Sitophilus zeamais* Motschulsky treated with powders of *Chenopodium ambrosioides* L. and *Peumus boldus* Mol. singly and mixed with calcium carbonate.

Especie	Mezcla Planta:CaCO ₃	Concentración (%)	Mortalidad insectos* (%)	Emergencia insectos* (F ₁) (%)
<i>Ch. ambrosioides</i>	Testigo	0	0,0 c	100,0 a
	100 : 0	0,5	89,7 b	17,4 bc
	100 : 0	1	95,1 ab	5,9 cd
	100 : 0	2	100,0 a	6,2 cd
	10 : 90	0,5	88,6 b	18,4 b
	10 : 90	1	94,6 ab	10,8 bcd
	10 : 90	2	91,1 b	3,8 d
	1 : 99	0,5	95,2 ab	14,0 bcd
	1 : 99	1	83,9 b	17,7 bc
	1 : 99	2	89,9 b	14,1 bcd
<i>P. boldus</i>	Testigo	0	0,0 c	100,0 a
	100 : 0	0,5	84,0 b	3,9 de
	100 : 0	1	99,4 a	0,2 ef
	100 : 0	2	100,0 a	0,1 f
	10 : 90	0,5	97,7 ab	22,8 b
	10 : 90	1	97,7 a	10,2 cd
	10 : 90	2	99,4 a	9,0 cd
	1 : 99	0,5	99,4 a	16,8 bc
	1 : 99	1	98,9 a	14,6 bc
	1 : 99	2	99,4 a	14,3 bc

* Tratamientos con igual letra en las columnas no difieren estadísticamente. Tukey p ≤ 0,05.

P. boldus

Los tratamientos donde se utilizó *P. boldus* solo (100:0), a las concentraciones de 1 y 2% (p/p), obtuvieron una mortalidad de 99,4% y 100% siendo significativamente similares entre sí pero significativamente mayores a la concentración de 0,5% (Tabla 1). Los tratamientos de la proporción 10:90 superaron el 97% de mortalidad, no presentando diferencias significativas entre ellos. Esta situación también se observó en la proporción 1:99, donde los tratamientos evaluados alcanzaron una

mortalidad promedio de 99% sin diferencias significativas entre las tres concentraciones evaluadas.

Emergencia de insectos adultos (F₁)*Ch. ambrosioides*

Todos los tratamientos evaluados con polvo de *Ch. ambrosioides* solo tuvieron una F₁ significativamente menor a la del testigo (Tabla 1). Los menores porcentajes de emergencia de insectos adultos para los tratamientos de la proporción 100:0 se obtuvieron

con las concentraciones de 1% y 2% (p/p) con 6% de F₁ en relación al testigo, no presentando diferencia significativa entre ellas. En los tratamientos de la mezcla 10:90, el menor valor de emergencia de insectos adultos fue de 3,8% a la concentración de 2% (p/p) mientras que en los tratamientos de la proporción 1:99 se observaron los valores más altos de emergencia los cuales se correlacionan positivamente con las más bajas mortalidades.

P. boldus

Los porcentajes de emergencia de insectos adultos en todos los tratamientos en que se utilizó polvo de *P. boldus* solo (100:0) fueron cercanos a 0% (Tabla 1). En los tratamientos de la proporción 10:90 se puede observar que al aumentar la concentración del tratamiento la F₁ disminuyó, ya que aplicando una concentración de 0,5%, 1% y 2% (p/p) se obtuvo una emergencia de 22,88%, 10,8% y 9,0%, respectivamente, no existiendo diferencia significativa entre las dos concentraciones más altas. Los tratamientos de la mezcla 1:99, pese a obtener altas mortalidades, registraron también las más altas emergencias, alcanzando un promedio de 15,2%, no mostrando diferencia significativa entre ellas pero si con el testigo.

Germinación

C. ambrosioides

El porcentaje de germinación de las semillas no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, las concentraciones de 0,5 y 1% del polvo de *Ch. ambrosioides* solo y 0,5 y 1% de la proporción 1:99 registraron porcentajes de germinación iguales o superiores a 90%, que a pesar de no ser estadísticamente diferentes fueron mayores al testigo que solo alcanzó un 61,1% de germinación (Tabla 2).

P. boldus

La germinación de semillas de maíz tratadas con los polvos de *P. boldus* solos y en mezcla con carbonato de calcio fue menor al tratado con *Ch. ambrosioides*. La mayor germinación se obtuvo con el tratamiento 100:0 (*P. boldus* solo) a la concentración de 2% (p/p), con un 85,6% (Tabla 2). Sin embargo, aunque los restantes tratamientos no alcanzaron el 60% no presentan diferencia significativa con el testigo, que registró un 71,1% de germinación.

Tabla 2. Porcentaje de germinación de los granos de maíz tratados con polvos de *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* Mol. solos y en mezcla con carbonato de calcio para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky.

Table 2. Percentage of germination of maize grains treated with powders of *Chenopodium ambrosioides* L. and *Peumus boldus* Mol. singly and mixed with calcium carbonate to control *Sitophilus zeamais* Motschulsky.

Especie	Mezcla Planta: CaCO ₃	Concentración (%)	Germinación semilla* (%)
<i>Ch. ambrosioides</i>	Testigo	0	61,1 a
	100 : 0	0,5	90,0 a
	100 : 0	1	91,1 a
	100 : 0	2	82,2 a
	10 : 90	0,5	78,9 a
	10 : 90	1	83,3 a
	10 : 90	2	80,0 a
	1 : 99	0,5	97,8 a
	1 : 99	1	93,3 a
	1 : 99	2	80,0 a
	<i>P. boldus</i>	Testigo	0
100 : 0		0,5	73,3 ab
100 : 0		1	70,0 ab
100 : 0		2	85,6 a
10 : 90		0,5	56,7 ab
10 : 90		1	54,4 ab
10 : 90		2	44,4 b
1 : 99		0,5	48,9 b
1 : 99		1	57,8 ab
1 : 99		2	50,0 b

* Tratamientos con igual letra en las columnas no difieren estadísticamente. Tukey p ≤ 0,05.

Efecto fumigante***Ch. ambrosioides***

El tratamiento 100:0 al 2% (p/p) tuvo una mortalidad del 91,7% y fue estadísticamente diferente a todos los tratamientos evaluados en esta proporción (Tabla 3). En los tratamientos de la proporción 10:90, a la concentración de 1% (p/p) se logró una mortalidad de 5%, no siendo significativamente diferente de las concentraciones de 0,5% y 2% (p/p) que tuvieron 0% de mortalidad. En los tratamientos 1:99, la mortalidad disminuyó considerablemente, en comparación con los tratamientos en que se utilizó polvo vegetal sólo y aunque esta fue mayor a la mezcla anterior no superó el 12%.

P. boldus

Todos los tratamientos en base de polvo de *P. boldus* solo (100:0) no fueron significativamente diferentes entre sí y no superaron el 50% de mortalidad (Tabla 3). En la proporción 10:90, la concentración 2% (p/p) obtuvo un 25% de mortalidad de insectos adultos, no mostrando diferencias significativas con 1% pero es significativamente mayor a 0,5%. Los porcentajes de mortalidad obtenidos con la mezcla de polvos de *P. boldus* y carbonato de calcio en la proporción 1:99 alcanzaron sólo un 1,6% de mortalidad a la concentración de 1% y 0% en las concentraciones de 0,5% y 2% (p/p). Aunque, estadísticamente no existe diferencia significativa entre ellos.

Tabla 3. Mortalidad de adultos de *Sitophilus zeamais* Motschulsky por efecto fumigante de los polvos de *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* Mol. solos y en mezcla con carbonato de calcio.

Table 3. Mortality of adults of *Sitophilus zeamais* Motschulsky by fumigant effects of powders of *Chenopodium ambrosioides* L. and *Peumus boldus* Mol., singly and mixed with calcium carbonate.

Especie	Mezcla Planta: CaCO ₃	Concentración (%)	Mortalidad insectos* (%)
<i>Ch. ambrosioides</i>	Testigo	0	3,3 cd
	100 : 0	0,5	66,6 b
	100 : 0	1	80,0 ab
	100 : 0	2	91,7 a
	10 : 90	0,5	0,0 d
	10 : 90	1	5,0 cd
	10 : 90	2	0,0 d
	1 : 99	0,5	1,7 cd
	1 : 99	1	11,7 c
	1 : 99	2	6,7 cd
<i>P. boldus</i>	Testigo	0	0,0 b
	100 : 0	0,5	33,3 a
	100 : 0	1	46,6 a
	100 : 0	2	31,6 a
	10 : 90	0,5	0,0 b
	10 : 90	1	13,3 ab
	10 : 90	2	25,0 a
	1 : 99	0,5	0,0 b
	1 : 99	1	1,6 b
	1 : 99	2	0,0 b

* Tratamientos con igual letra en las columnas no difieren estadísticamente. Tukey $p \leq 0,05$.

Repelencia***Ch. ambrosioides***

Todos los tratamientos mostraron tener efecto repelente sobre adultos de *S. zeamais*. Los índices señalados en la Tabla 4 indican que el mejor resultado se obtuvo utilizando el polvo vegetal solo (100:0), incluso a la concentración de 0,5% (p/p), donde el índice de repelencia alcanzó un valor de 0,19.

P. boldus

El mayor efecto repelente se obtuvo con el polvo de *P. boldus* solo (100:0) a la concentración de 2% (p/p) con un índice de 0,11. En la proporción de 10:90 la concentración de 0,5% (p/p) presentó un índice de 1,01, resultando ser atrayente para el insecto aunque por sólo 0,01, aunque se debe considerar que se trata de la concentración más baja entre las evaluadas y que tanto 1 como 2% resultaron ser repelentes (Tabla 4). Por

último, la mezcla 1:99 fluctuó entre 0,88 y 0,49 para 0,5 y 2% respectivamente encontrándose todos los valores en el rango que los clasifica como repelentes.

Tabla 4. Índice de repelencia de adultos de *Sitophilus zeamais* Motschulsky tratados con polvos de *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* Mol solos y en mezcla con carbonato de calcio.

Table 4. Repellence index of adults of *Sitophilus zeamais* Motschulsky treated with powders of *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* Mol, singly and mixed with calcium carbonate.

Planta	Planta: CaCO ₃	Concentración (%)	Índice de repelencia*	
<i>Ch. ambrosioides</i>	100 : 0	0,5	0,19	R
	100 : 0	1	0,55	R
	100 : 0	2	0,60	R
	10 : 90	0,5	0,85	R
	10 : 90	1	0,51	R
	10 : 90	2	0,52	R
	1 : 99	0,5	0,71	R
	1 : 99	1	0,41	R
	1 : 99	2	0,57	R
<i>P. boldus</i>	100 : 0	0,5	0,43	R
	100 : 0	1	0,18	R
	100 : 0	2	0,11	R
	10 : 90	0,5	1,01	A
	10 : 90	1	0,75	R
	10 : 90	2	0,67	R
	1 : 99	0,5	0,88	R
	1 : 99	1	0,62	R
	1 : 99	2	0,49	R

* IR = 1 Neutro (N); IR < 1 Repelente (R); IR > 1 Atrayente (A)

DISCUSIÓN

Mortalidad

Ch. ambrosioides

La mortalidad causada por el polvo de *Ch. ambrosioides* a la concentración de 2% (p/p) (Tabla 1) fue similar a la obtenida por Silva (2001), Silva et al. (2003) y Orrego (2004), que alcanzaron valores de 100% y 90,1% utilizando la misma concentración. Además, los resultados en este bioensayos fueron superiores a los obtenidos por Kiger (2004), que logró un 69,45% de mortalidad utilizando la inflorescencia de la planta y un 67,9% con la hoja y tallo a una concentración de 2% (p/p). La mortalidad de la concentración de 1% coincide con los valores reportados por Malik y Mujtaba (1984) y Paéz (1987), quienes obtuvieron 95% y 100% respectivamente. Los valores en la proporción 10:90 a la concentración de 1% fueron mayores que los de Silva et al. (2003), quienes señalan un 27,4% con el mismo tratamiento y concentración, lo cual ratifica la

variabilidad en la actividad insecticida de los compuestos vegetales. Por último, el valor obtenido en la concentración de 1% (p/p) (83,9%) de la proporción 1:99 fue superior al logrado por Silva et al. (2003) a la misma concentración (62,5%). Por tanto, en base a los resultados obtenidos se puede inferir que los polvos de *Ch. ambrosioides* solos y en mezcla con carbonato de calcio constituyen una alternativa con potencial para el control de plagas de los granos almacenados.

P. boldus

Los valores de mortalidad observados en los polvos de *P. boldus* (Tabla 1) coincidieron con los de Páez (1987) quien trabajando con follaje de boldo colectado en México obtuvo un 100% de mortalidad, y con Silva (2001), Silva et al. (2003), Bustos (2004) y Orrego (2004), quienes trabajando con follaje de *P. boldus* de Chile señalan porcentajes de 100%, 99,1%, 100% y 99,3%, respectivamente. Además, estos últimos dos autores obtuvieron resultados de 100% y 98,8% en la concentración de 2% (p/p),

siendo estos valores similares a los alcanzados en la presente investigación. Cabe también señalar que estos resultados son superiores a los obtenidos por Pizarro (2002), quien al 1% y 2% (p/p) logró porcentajes de mortalidad de 50,2% y 82,8%, respectivamente. En el caso de la proporción 10:90 los valores son mayores a los obtenidos por Silva et al. (2003), quienes reportan una mortalidad de 61,6%. En la proporción 1:99 con las concentraciones 0,5% y 2% (p/p) se obtuvo el mismo porcentaje de mortalidad que la proporción 10:90, por lo que sería recomendable utilizar la concentración mas baja pues requiere de una menor cantidad de polvo vegetal lo que la convierte en una alternativa menos agresiva para la densidad natural de la planta.

Emergencia de insectos adultos (F₁)

Ch. ambrosioides

Los resultados muestran una proporcionalidad inversa entre la emergencia de insectos y la concentración del tratamiento. Es decir, en la medida que aumenta la concentración disminuye el número de insectos. El menor porcentaje de emergencia de insectos adultos con polvo solo de esta especie (Tabla 1) concuerda con el obtenido por Kiger (2004), quien, utilizando polvo de la inflorescencia al 1% logró una emergencia de 7,21%. En la concentración de 1% (p/p) la F₁ observada en este bioensayo fue mayor a la señalada por Silva et al. (2003), quienes obtuvieron 0% de emergencia, y por Orrego (2004) quien documentó, al 1% y 2% (p/p), 4% y 3,8% de emergencia, respectivamente. Por último, en la menor proporción de polvo vegetal (1:99) los resultados también fueron mayores que los de Silva et al. (2003), quienes obtuvieron un 1,6% de emergencia al 1% (p/p), aunque estos últimos utilizaron cal, que es una forma de carbonato de calcio de menor refinación que posee cristales de mayor tamaño y por ende con mayor poder erosionante.

P. boldus

El 0,1% y 0,2% de emergencia obtenido por las mayores concentraciones del polvo de *P. boldus* sin mezclar con carbonato de calcio (Tabla 1) podría ser explicado por las propiedades insectistáticas que poseen los polvos vegetales, actuando como repelentes de la oviposición, que se reflejan en una posterior baja emergencia (Lagunes, 1994; Silva et al., 2003). Además, Lagunes y Rodríguez (1989) señalan que cuando se incorpora un polvo vegetal o mineral a los granos almacenados se disminuye el espacio libre entre las semillas limitando el desplazamiento de los insectos, lo que reduce la frecuencia de encuentro entre el macho y la hembra. La F₁ en la concentración de 1% (p/p) fue similar a la de

Silva (2001), Silva et al. (2003), Bustos (2004) y Orrego (2004), quienes tuvieron 0,2%, 0% y 0,1% de insectos adultos, respectivamente. Bustos (2004) y Orrego (2004) reportan un 0% de emergencia a la concentración de 2% (p/p) de polvo de *P. boldus* lo que también coincide con la presente investigación. Finalmente, se puede indicar que los resultados muestran la tendencia de que la mayor disminución de la emergencia se da cuando la proporción de carbonato de calcio es menor, por lo que sería lógico suponer que los volátiles emitidos por el follaje deshidratado de boldo tienen un rol importante en la disminución de la F₁ ya que cuando se aumentó la cantidad del inerte en la mezcla disminuyó de manera notoria el aroma del tratamiento.

Germinación

Ch. ambrosioides

Los polvos de esta planta no afectaron en forma significativa la germinación del maíz (Tabla 2), ya que prácticamente todos los tratamientos alcanzaron el 90% exigido para la exportación de semillas (González, 1995). El análisis de esta variable muestra que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que claramente se infiere que el polvo de *Ch. ambrosioides* solo y en mezcla con carbonato de calcio se puede recomendar para la protección de grano para semilla especialmente si está destinada para agricultura orgánica.

P. boldus

Los valores de germinación de las semillas tratadas con el polvo de *P. boldus* sin mezclar (Tabla 2) fue inferior al 90%, permitido para ser comercializado como semilla (González, 1995) por lo que a diferencia del caso anterior no se puede recomendar para proteger semillas sino que solo para grano destinado a alimentación animal. Estos resultados concuerdan con Pérez et al. (2007), quienes concluyeron que los polvos de esta planta afectan negativamente la germinación del maíz.

Efecto fumigante

Ch. ambrosioides

A medida que disminuyó la concentración del polvo vegetal en la mezcla (Tabla 3), la mortalidad también disminuyó, por lo que la mezcla con carbonato de calcio mostró un efecto antagonista reduciendo las propiedades fumigantes del polvo vegetal. Esto último seguramente se debe a que la concentración de los compuestos volátiles de *Ch. ambrosioides* presentes en la mezcla es menor (Tabla 3). Los resultados con la concentración de 2% (p/p)

fueron similares a los de Kiger (2004), aunque este autor logró un 100% de mortalidad, incluso en las concentraciones de 0,5% y 1%, situación que no se dio en el presente trabajo. A su vez, Tavares y Vendramim (2005b), utilizando los polvos de *Ch. ambrosioides* a una concentración de 1,25% (p/p), obtuvieron una mortalidad de insectos por efecto fumigante de 78,4%, siendo este valor similar a los observados en este bioensayo en las concentraciones de 1% y 2% (p/p).

P. boldus

La tendencia observada en esta variable fue similar (Tabla 3) a la obtenida con los polvos de *Ch. ambrosioides*, en que a medida que aumentó la proporción de carbonato de calcio y disminuyó la de *P. boldus* decreció la mortalidad de insectos adultos. Este resultado, en el caso de esta planta, según Silva (2001) y Silva et al. (2003), podría tratarse de un efecto antagónico entre los polvos debido a un enmascaramiento o degradación prematura de los volátiles, fundamentalmente monoterpenos, presentes en el polvo vegetal.

Repelencia

Ch. ambrosioides

Los polvos de *Ch. ambrosioides* tanto solos como mezclados con carbonato de calcio resultaron ser repelentes de adultos de *S. zeamais* (Tabla 4). Es decir, en este caso la mezcla con el inerte no afectó las propiedades del polvo vegetal que inducen al insecto a alejarse del grano tratado. De hecho, los valores obtenidos fueron superiores a los de Kiger (2004), utilizando los polvos de esta planta al 1% y 2% (p/p). Aunque, por tratarse de un compuesto vegetal se está afecto a una variabilidad natural de los componentes químicos dependiendo estos de la época del año, estado fenológico o zona geográfica, entre otros, pudiendo darse resultados divergentes como el reportado por Tavares y Vendramim (2005a), quienes trabajando con *Ch. ambrosioides* colectado en Brasil concluyeron que los polvos de esta planta no eran repelentes para *S. zeamais* en ninguna de las concentraciones evaluadas.

P. boldus

Al igual que con *Ch. ambrosioides* prácticamente todos los tratamientos fueron repelentes de *S. zeamais* (Tabla 4). Sin embargo, la mezcla con carbonato de calcio tendría algún efecto negativo, ya que los valores más lejanos de 1, valor umbral para ser considerado como atrayente, se obtuvieron con las concentraciones más altas de polvo de *P. boldus*.

CONCLUSIONES

De los tratamientos evaluados, los polvos solos de *Ch. ambrosioides* y *P. boldus*, a una concentración de 2%, mostraron la mayor toxicidad contra *S. zeamais*. Aunque *Ch. ambrosioides* solo y en mezcla con carbonato de calcio constituye una mejor opción, ya que no afectó la germinación de semillas de maíz y se requirió una menor cantidad del vegetal. Ambas plantas evaluadas tuvieron efecto fumigante, aunque al mezclarlas con carbonato de calcio disminuyó dicho efecto fumigante. Los polvos vegetales evaluados mostraron efecto repelente sobre *S. zeamais*.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue financiada por el proyecto FIA-PI-C-2002-1-A-056 de la Fundación para la Innovación Agraria.

BIBLIOGRAFIA

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.
- Bustos, G. 2004. Elaboración de un protector de granos con boldo (*Peumus boldus* Molina) y cal para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- Gómez, K., and A. Gómez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. John Wiley and Sons. New York. USA. 680 p.
- González, U. 1995. El maíz y su conservación. Editorial Trillas. México. D.F. México. 399 p.
- González, P. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos inertes. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- Halstead, W.A. 1963. External sex differences in stored products-coleoptera. *Bull. Entomol. Res.* 54:119-134.
- Kiger, R. 2004. Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos vegetales de tres especies del género *Chenopodium*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- Lagunes, T.A. 1994. Extractos, polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. 35 p.
- Lagunes, A., y C. Rodríguez. 1989. Búsqueda de la tecnología apropiada para el combate de plagas del maíz almacenado en condiciones rústicas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 150 p.

- Makanjuola, W.A. 1989. Evaluation of extracts of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) for the control of some stored product pests. J. Stored Prod. Res. 25(4):231-237.
- Malik, M.M., and N. Mujtaba. 1984. Screening of some indigenous plants as repellents or antifeedants for stored grain insects. J. Stored Prod. Res. 20(1):41-44.
- Mazzonetto, F., e J. Vendramim. 2003. Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoselides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. Neotropical Entomology 32(1):145-149.
- Orrego, O. 2004. Búsqueda de plantas nativas y ornamentales para el control de *Sitophilus zeamais* M. en granos almacenados. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- Paéz, A. 1987. El uso de polvos vegetales e inertes minerales como una alternativa para el combate del Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)) en maíz almacenado. Tesis Magister en Ciencias. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México, México.
- Pérez, F., G. Silva, M. Tapia y R. Hepp. 2007. Variación anual de las propiedades insecticidas de *Peumus boldus* sobre *Sitophilus zeamais*. Pesqui. Agropecu. Bras. 42(5):633-639.
- Pizarro, D. 2002. Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con plantas medicinales en polvo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- Procopio, S., J. Vendramim, J. Ribeiro, e J. Barbosa. 2003. Bioatividade de diversos pós de origen vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera:Curculionidae). Ciênc. Agrotec. 27(6):1231-1236.
- Rodríguez, H. C. 2000. Propiedades plaguicidas del epazote *Telexys ambrosioides* (Chenopodiaceae). In: C. Rodríguez (ed.). Memorias del VI simposio nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. p. 95-110. Sociedad Mexicana de Entomología. Aca-pulco. México.
- SAS Institute. 1998. Language guide for personal computer release. 6.03. SAS Institute. Cary, North Caroline, USA. 1028 p.
- Silva, G. 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. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México, México.
- Silva, G., A. Lagunes y J. C. Rodríguez. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. Cienc. Investig. Agrar. 30(3):153-160.
- Subramanyam, B., and R. Roesli. 2000. Inert dust. In: Subramanyam, B. and D. W. Hagstrum (eds). Alternatives to pesticides in stored-product IPM. p. 321-379. Kluwer Academic Publishers. Boston, USA.
- Tapondjou, L. A., H. Bouda, and D. A. Fontem. 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six stored products beetles. J. Stored Prod. Res. 38:395-402.
- Tavares, M., e J. Vendramim. 2005a. Bioatividade de Erva de Santa Maria, *Chenopodium ambrosioides* L., sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera:Curculionidae). Neotropical Entomology 34(2):319-323.
- Tavares, M., e J. Vendramim. 2005b. Atividade inseticida da Erva de Santa Maria, *Chenopodium ambrosioides* L., (Chenopodiaceae) em relação a *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Col.: Curculionidae). Arq. Inst. Biol. 72(1):51-55.
- Weaver, D., and B. Subramanyam. 2000. Botanicals. In: Subramanyam, B. and D. W. Hagstrum (eds). Alternatives to pesticides in stored-product IPM. p. 303-320. Kluwer Academic Publishers. Boston, USA.

Recibido: 07.09.2009

Aceptado: 29.07.2010