

PROTECCIÓN DE OCHO CULTIVARES DE TRIGO CON POLVO DE *PEUMUS BOLDUS* MOLINA CONTRA *SITOPHILUS* *ZEAMAI* MOTSCHULSKY

PROTECTION OF EIGHT CULTIVARS OF WHEAT WITH *PEUMUS BOLDUS* MOLINA POWDER AGAINST *SITOPHILUS ZEAMAI* MOTSCHULSKY

Macarena Cruzat¹; Gonzalo Silva¹; Humberto Serri¹; Ruperto Hepp¹

RESUMEN

Se evaluó en laboratorio el efecto insecticida del polvo de *Peumus boldus* Molina en concentraciones de 0,5%, 1% y 2% (p/p) para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en ocho cultivares de trigo. Los parámetros evaluados fueron; preferencia, repelencia, mortalidad y emergencia de insectos adultos y pérdida de peso y germinación del grano. El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial de 3x8. En cuanto a la preferencia del insecto, los cultivares Huañil y Ciko presentaron diferencias significativas entre sí, siendo Huañil el que obtuvo el mayor porcentaje (18%) y Ciko el menor (3,8%). Los restantes cultivares se comportaron de manera similar, no presentando diferencias significativas. La mortalidad en todos los tratamientos tuvo un porcentaje superior al 80% llegando a un 100% en el caso de las concentraciones más altas. Estos tratamientos también propiciaron una menor emergencia, registrándose un 0% al aplicar 2% (p/p) del polvo. La pérdida de peso del grano fue menor a 0,27 g en todos los cultivares y concentraciones pero la germinación del grano se vio afectada con todas las concentraciones de polvo. Finalmente, *P. boldus* es repelente para *S. zeamais* en todas las concentraciones evaluadas.

Palabras clave: Insecticidas vegetales, gorgojo del maíz, granos almacenados.

ABSTRACT

The insecticidal effect of *Peumus boldus* M. powder was evaluated at three different concentrations (0, 5%, 1%, 2%) for the control of *Sitophilus zeamais* Motschulsky on eight wheat cultivars under laboratory conditions. The parameters evaluated were: preference, repellent effect, mortality and emergence of adult insects, grain weight loss and germination. A completely random design with a factorial arrangement of 3x8 was used. Regarding insect preference Huañil and Ciko cultivars showed significant differences among them. The highest percentage of preference was obtained by cv. Huañil cultivar (18%), while cv. Ciko cultivar got the lowest percentage (3.8%). The other treatments did not show significant differences. Mortality registered 80% in every treatment, reaching 100% when 1% and 2% (w/w) of powder were used. These treatments also provided a low emergence of insects, obtaining 0% of emergence with 2% (w/w) of the powder. Grain weight loss was lower than 0.27g in all cultivars and concentrations, and grain germination was affected by all concentrations of powder. Finally, the powder of *P. boldus* was repellent to *S. zeamais* in all evaluated concentrations.

Key words: Botanical insecticides, maize weevil, stored grains.

INTRODUCCIÓN

En Chile, como en la mayoría de los países con una economía basada en la agricultura, la principal

fuerza de alimentación la constituyen alimentos con alto contenido de carbohidratos y baja proporción de proteínas. Entre estos destaca el trigo, que posee un gran número de cultivares especialmente

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

desarrollados para cada una de las condiciones agroclimáticas del país (Jobet, 2007).

Entre los principales problemas sanitarios que presenta este cultivo, a nivel mundial, se encuentran los insectos que atacan en el almacenaje (White, 1995). En Chile las plagas más importantes son el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky; Coleoptera; Curculionidae), el gorgojo del arroz (*Sitophilus oryzae* Linnaeus; Coleoptera; Curculionidae) y la polilla de los cereales (*Sitotroga cerealella* Olivier; Lepidoptera; Gelechiidae) (Larraín, 1994; Gerding, 2007).

El gorgojo del maíz tiene la particularidad de atacar tanto en terreno como en almacenamiento, pero se ha considerado que produce mayor daño económico cuando ataca los granos ya cosechados. El daño puede traducirse en muerte del embrión, pérdida de la germinación y disminución del contenido de proteínas, aceite y almidón, lo que va en perjuicio de su valor nutritivo. Además, el ataque de este insecto es una puerta de entrada a la infestación de plagas secundarias, como el complejo *Tribolium* y algunas enfermedades fungosas y bacterianas (Rees, 1996). Para hacer frente a este problema existen variadas alternativas como el control químico, control biológico, resistencia genética y las diversas prácticas culturales que se puedan realizar en el manejo del grano (Hagstrum y Flinn, 1996). Lamentablemente, el uso irracional de insecticidas ha provocado una serie de problemas, tales como contaminación del ambiente, residuos en los alimentos, aparición de plagas secundarias y resistencia de los insectos (Silva *et al.*, 2001). Estos problemas han provocado que se busquen nuevas alternativas como son las plantas con propiedades insecticidas (Rodríguez *et al.*, 2003). Estas propiedades se atribuyen a compuestos que pertenecen al grupo de los llamados metabolitos secundarios cuya actividad es variada y de hecho algunos, como las piretrinas y ciertos alcaloides, han sido utilizados como modelos para la producción de insecticidas sintéticos (Mareggiani, 2001).

El uso más sencillo de estos compuestos en la protección de granos almacenados es secar las plantas, molerlas y posteriormente mezclarlas con el grano (Celis y Kunadu, 1992; Weaver y Subramanyam, 2000). Entre estas alternativas se encuentra el polvo de *Peumus boldus* Molina, el cual ha demostrado tener una alta efectividad en la protección de cereales de *S. zeamais* (Silva *et al.*, 2003 a y b, 2005 y 2006). El objetivo de la presente

investigación fue estudiar en laboratorio el efecto protector del polvo de *P. boldus* sobre *S. zeamais* en ocho cultivares de trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL VEGETAL

Se utilizó follaje de *P. boldus*, el que fue recolectado en marzo de 2006 en el parque central del Campus Chillán de la Universidad de Concepción. El criterio de colecta fue el propuesto por Vogel *et al.* (1997), el cual se basa en escoger hojas al azar, alrededor del árbol y en distintas posiciones dentro del mismo. Una vez recolectado, se secó en un horno de convección forzada a 40°C por 48 hrs y a continuación se molió con un molino eléctrico para café.

CULTIVARES DE TRIGO

Se evaluaron ocho cultivares de trigo; Huañil, Domo, Fama, Maqui, Ciko, Tamoi, Nobo y Coyan, los cuales fueron proporcionados por el Laboratorio de Cereales de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción. Se eligieron estos cultivares debido a que son ampliamente sembrados en el país y no existen antecedentes de que posean algún nivel de resistencia genética a *S. zeamais*.

INSECTOS

Los insectos utilizados fueron adultos de *S. zeamais*, los cuales se reprodujeron en el Laboratorio de Toxicología de Insecticidas de la Facultad de Agronomía, bajo condiciones controladas de 25 ± 2° C de temperatura y fotofase de 16 horas de luz.

PRUEBA DE PREFERENCIA

El test de preferencia se realizó en una arena de elección (*Choice arena*) (Obeng-Ofori y Reichmuth, 1997), formada por 9 placas petri plásticas de 5 cm de diámetro y 1,5 cm de altura, estando una central conectada simétricamente a las demás por tubos plásticos de 10 cm de longitud. En las placas de la periferia se colocaron 15 g de cada cultivar y en la placa central fueron liberados 100 adultos de *S. zeamais*, contabilizándose a las 24 horas el número de individuos por cultivar. Este bioensayo

se repitió diez veces en el tiempo para disminuir el error experimental (Park *et al.*, 2004).

PRUEBA DE REPELENCIA

En la evaluación de repelencia se utilizó la metodología propuesta por Procopio *et al.*, (2003), la cual consiste en la utilización de una arena de elección formada por cinco placas petri plásticas de 5 cm de diámetro y 1,5 cm de altura, estando una central conectada simétricamente a las otras cuatro por tubos plásticos de 10 cm de longitud. En cada placa se colocaron 15 g de cada cultivar de trigo mezclado con polvo de *P. boldus* a concentraciones de 0,5%, 1% y 2% (p/p) más un testigo (sin polvo) que se distribuyeron en dos placas ubicadas diagonalmente opuestas. En la placa central se liberaron 20 individuos de *S. zeamais*, los que luego de 24 horas fueron contados en cada una de las placas, para ver si preferían el trigo solo o tratado con polvo de *P. boldus*. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones y cada grupo de tratamiento fue repetido tres veces en el tiempo para disminuir el error experimental (Park *et al.*, 2004). Los resultados permitieron calcular un índice de repelencia (IR) (Mazzonetto y Vendramim, 2003).

$$IR = \frac{2G}{G + P}$$

Donde IR = índice de repelencia, G = porcentaje de insectos en el tratamiento, P = porcentaje de insectos en el testigo, siendo el polvo vegetal neutro si IR = 1, atrayente si IR > 1 y repelente si IR < 1.

EFECTO INSECTICIDA

La metodología seleccionada para evaluar el efecto insecticida fue la propuesta por Tavares y Vendramim (2005). Las pruebas se realizaron colocando 15 g de cada cultivar de trigo en placas petri plásticas, los cuales fueron posteriormente mezclados manualmente con el polvo de *P. boldus* en concentraciones de 0,5%, 1% y 2% (p/p). Luego, cada placa se infestó con 10 parejas de insectos que fueron diferenciados mediante el criterio de Halstead (1963). Finalmente, las placas fueron ubicadas en una cámara bioclimática en las mismas condiciones indicadas para la reproducción masiva de insectos. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones

y cada grupo de tratamientos fue repetido tres veces en el tiempo para disminuir el error experimental (Park *et al.*, 2004).

MORTALIDAD

La mortalidad se evaluó a los 15 días de realizada la infestación y se cuantificaron los adultos vivos y muertos de cada tratamiento. Luego del conteo, las placas se devolvieron a la cámara de cría sin los insectos. El porcentaje de mortalidad fue corregido con la fórmula de Abbott (1925), que elimina la mortalidad natural producida en el testigo y no sobredimensiona el efecto del tratamiento.

EMERGENCIA DE INSECTOS ADULTOS (F1)

Debido a las características del ciclo de *S. zeamais*, la emergencia de insectos (F1) se evaluó a los 55 días de realizada la infestación considerando como 100% la emergencia del testigo.

PÉRDIDA DE PESO Y GERMINACIÓN DEL GRANO

La pérdida de peso del grano fue evaluada a los 55 días a partir de la infestación, la cual se obtuvo de la diferencia entre el peso inicial (15 g) y el peso final al día de la evaluación. Con el objetivo de evaluar si el polvo de *P. boldus* afectaba la germinación de los granos se realizó una prueba de germinación. A los 55 días a partir de la infestación de cada tratamiento y el testigo se escogieron al azar 50 semillas, las que se hicieron germinar durante siete días en placas petri acondicionadas con una toalla de papel húmeda.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental para repelencia y preferencia fue completamente al azar, mientras que para la evaluación de las propiedades insecticidas fue completamente al azar con un arreglo factorial de 3x8, formado por los factores; concentración de polvo de *P. boldus* con tres niveles (0,5%, 1% y 2% p/p) y cultivar de trigo con ocho niveles. Los valores porcentuales fueron transformados utilizando la fórmula $\sqrt{x/100}$ (Gomez y Gomez, 1984) y los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y a un test de comparación de

medias Tukey con un nivel de confianza del 95% utilizando el software Statistical Analysis System (SAS) versión 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PRUEBA DE PREFERENCIA

Al estudiar la preferencia de *S. zeamais* en los ocho cultivares de trigo evaluados se observó que este los infestó todos, siendo Ciko el con menor preferencia con un 3,8% y Huañil el más atractivo con un 18% de las preferencias de los insectos (Cuadro 1), encontrándose diferencias significativas entre estos cultivares. No obstante, ambos tratamientos no presentaron diferencias estadísticas con los restantes cultivares evaluados en el bioensayo, lo que implica una alta variabilidad en la preferencia del insecto y que ningún cultivar es especialmente atractivo.

PRUEBA DE REPELENCIA

Al analizar los resultados de repelencia se determinó que los polvos de *P. boldus* son repelentes a *S. zeamais* en todos los cultivares y concentraciones (Cuadro 2). El valor del índice de repelencia indica

que el mejor resultado se obtuvo a la concentración de 0,5% (p/p) en el cultivar Fama con un índice de repelencia de 0,12. Los resultados obtenidos concuerdan con Núñez (2005), quien utilizando polvos de esta planta para proteger semillas de maíz al 1% y 2% (p/p) logró un índice de repelencia de 0,55 y 0,60 respectivamente.

EFFECTO INSECTICIDA

El análisis de varianza para el arreglo factorial de las propiedades insecticidas determinó significancia sólo para algunas de las variables evaluadas. En el análisis de las concentraciones de polvo de *P. boldus* se registraron diferencias significativas para mortalidad, emergencia de insectos adultos, pérdida de peso y germinación del grano, mientras que en el de los cultivares de trigo se obtuvieron diferencias significativas sólo en la emergencia de insectos adultos. Finalmente, la interacción concentración x cultivar fue significativa solamente cuando se evaluó esta última variable (Cuadro 3).

MORTALIDAD

En el Cuadro 4 se puede observar que todos los tratamientos produjeron un porcentaje de mortalidad

Cuadro 1

Preferencia de *S. zeamais* en ocho cultivares de trigo bajo condiciones de laboratorio.

Cultivar	Porcentaje de insectos por cultivar (%)* (N=100)
Ciko	3,80 b
Coyan	9,00 ab
Domo	7,10 ab
Fama	14,60 ab
Huañil	18,00 a
Maqui	12,70 ab
Nobo	16,11 ab
Tamoi	8,70 ab
C. V. (%)	33,45

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

Cuadro 2

Índice de repelencia de ocho cultivares de trigo mezclados con polvo de *P. boldus* en concentraciones de 0,5%, 1% y 2% (p/p) contra *S. zeamais* en laboratorio.

Cultivar	Concentración (%)		
	0,50	1,0	2,0
Ciko	0,42	0,96	0,16
Coyan	0,50	0,58	0,40
Domo	0,56	0,74	0,66
Fama	0,12	0,30	0,22
Huañil	0,60	0,72	0,18
Maqui	0,50	0,90	0,52
Nobo	0,66	0,46	0,38
Tamoi	0,44	0,46	0,90

* IR = 1 planta neutra, IR > 1 planta atrayente, IR < 1 planta repelente.

Cuadro 3

Cuadrados medios, error y coeficiente de variación para las variables evaluadas en el efecto insecticida del polvo de *P. boldus* contra *S. zeamais* en laboratorio.

Fuente de variación	Mortalidad	Emergencia	Pérdida de peso del grano	Germinación granos
Concentración	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*
Cultivar	0,920	0,001*	0,270	0,442
Concentración × Cultivar	0,979	0,002*	0,622	0,880
Error	0,006	0,004	0,002	0,010
Coeficiente Variación (%)	5,670	4,180	7,840	15,310

* Significativo, Prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Cuadro 4

Porcentaje de mortalidad en laboratorio de adultos de *S. zeamais* en ocho cultivares de trigo, mezclados con polvo de *P. boldus* en concentraciones de 0,5%, 1% y 2% (p/p).

Cultivar	Concentración (%)**			Promedio Cultivar *
	0,5	1	2	
Ciko	84,20	100	100	94,73 a
Coyan	85,13	100	100	95,04 a
Domo	85,13	100	100	95,04 a
Fama	87,40	100	100	95,80 a
Huañil	84,27	100	100	94,76 a
Maqui	88,20	100	100	96,07 a
Nobo	82,30	100	100	94,10 a
Tamoi	88,83	100	100	96,28 a
Promedio	85,68 b	100 a	100a	–

* Tratamientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente. Tukey ($P \leq 0,05$).

** Tratamientos con igual letra en la fila no difieren estadísticamente. Tukey ($P \leq 0,05$).

superior al 80%, llegando incluso a un 100% en el caso de las concentraciones más altas. De acuerdo al criterio propuesto por Silva *et al.*, (2003a), que clasifica como prometedores aquellos polvos vegetales que presenten una mortalidad superior al 50%, se puede señalar que todos los tratamientos evaluados son prometedores. En la concentración de 0,5% (p/p) se registró un porcentaje de mortalidad promedio de 85,6%, no habiendo diferencia significativa entre los diferentes cultivares. A su vez, las concentraciones

mayores (1% y 2% (p/p)) alcanzaron un 100% de mortalidad en todos los cultivares y tampoco se encontraron diferencias significativas entre ellas. Sin embargo, sí se detectaron diferencias significativas entre la concentración 0,5% (p/p) con 1% y 2% (p/p). Luego, al analizar la interacción cultivar × concentración no se encontraron diferencias significativas, lo que indica que el efecto de mortalidad se debe principalmente a la concentración y no a alguna característica de los cultivares.

Los resultados obtenidos concuerdan con los de Páez *et al.* (1990) y Silva *et al.* (2003a), quienes indican una mortalidad de 100% y 99%, respectivamente, a una concentración de 1% (p/p). Los valores también son similares a los de Silva *et al.* (2003a y 2005) y Pérez (2004), quienes para la misma concentración señalan valores de 50,2%, 82% y 98% respectivamente, los cuales están sobre el umbral establecido de 50% de mortalidad.

La alta mortalidad del insecto registrada con la concentración 0,5% (p/p), en comparación a otras investigaciones (Silva *et al.*, 2003a, 2005 y 2006), puede deberse a la fecha de cosecha del material vegetal, ya que Pérez (2004) demostró que marzo es un mes donde el polvo de follaje de *P. boldus* tiene un alto efecto tóxico, obteniendo valores de mortalidad de 98% para la concentración 0,5% (p/p) y de 100% para concentraciones más altas.

EMERGENCIA DE INSECTOS ADULTOS (F1)

La emergencia de insectos adultos (F1) fue la única variable donde la interacción cultivar × concentración fue significativa, lo que establece que estos factores no son independientes y que el porcentaje de emergencia es dependiente de la

concentración de polvo de *P. boldus* y del cultivar que se utilice (Cuadro 3).

En la concentración de 0,5% (p/p) se puede observar que aunque hubo emergencia en todos los cultivares, esta no superó el 30% en relación al testigo, no encontrándose diferencias significativas entre cultivares. Sin embargo, entre las concentraciones, sí hubo diferencias significativas, siendo 0,5% estadísticamente distinta de 1% y 2% (p/p) (Cuadro 5).

Los resultados muestran que a excepción del cultivar Nobo, que registró un 1,09% de emergencia, todos los cultivares en las concentraciones de 1% y 2% (p/p) no presentaron emergencia de adultos de *S. zeamais* (0%). Estos valores difieren con los de Silva *et al.* (2003a), quien obtuvo una emergencia de 28,8% en la concentración 1% (p/p), pero concuerdan con los de Páez *et al.* (1990), Silva *et al.* (2003a y 2005) y Pérez (2004) que obtuvieron emergencias de 0% con concentraciones de 1% y 2% (p/p) de polvo de *P. boldus*. También se puede ver claramente que los resultados de emergencia de insectos presentan una relación inversa con la mortalidad de insectos, ya que los tratamientos que registraron menor mortalidad mostraron una mayor emergencia de insectos.

La disminución de la emergencia podría explicarse por un efecto inhibitorio en la oviposición por

parte de las hembras de *S. zeamais* debido a que al encontrarse el grano cubierto por polvo, la hembra no recibe el estímulo necesario para oviponer (Silva *et al.*, 2004) o tal vez mueren antes de depositar sus huevos en el grano (Silva *et al.*, 2003b).

PÉRDIDA DE PESO Y GERMINACIÓN DEL GRANO

El grano tratado con *P. boldus* tuvo una pérdida de peso promedio de 0,27, 0,01 y 0 g en las concentraciones de 0,5%, 1% y 2% (p/p) respectivamente, mientras que en el testigo la pérdida de peso fue de 1,71 g, valor que presenta diferencias estadísticas con las tres concentraciones de polvo de *P. boldus*. En el caso de los cultivares, para esta variable, no se observaron diferencias significativas, pero entre las concentraciones nuevamente 0,5% fue estadísticamente diferente de 1% y 2% (p/p) (Cuadro 6).

Al analizar la interacción cultivar x concentración no se encontraron diferencias significativas entre ellos, indicando al igual como sucedió en la mortalidad que estos factores son independientes. Los resultados concuerdan con los de Silva *et al.* (2003a, 2003b y 2005) quienes obtuvieron pérdidas de peso entre 0,14% y 1,7% para esta variable al 1% y 2% (p/p).

Cuadro 5

Porcentaje de emergencia, en laboratorio, de *S. zeamais* en ocho cultivares de trigo mezclados con polvo de *P. boldus* en concentraciones de 0,5%, 1% y 2% (p/p).

Cultivar	Concentración (%)			
	Testigo	0,5	1,0	2,0
Ciko	100 aA	13,02 aB	0,00 bC	0,00 aC
Coyan	100 aA	6,57 aB	0,00 bC	0,00 aC
Domo	100 aA	3,83 aB	0,00 bC	0,00 aC
Fama	100 aA	9,48 aB	0,00 bC	0,00 aC
Huañil	100 aA	17,23 aB	0,00 bC	0,00 aC
Maqui	100 aA	13,23 aB	0,00 bC	0,00 aC
Nobo	100 aA	17,05 aB	1,09 aC	0,00 aC
Tamoi	100 aA	26,41 aB	0,00 bC	0,00 aC

* Letras mayúsculas diferentes indican diferencia significativa entre columnas para cada concentración Tukey ($P \leq 0,05$)

** Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa entre filas para cada cultivar Tukey ($P \leq 0,05$).

Cuadro 6

Pérdida de peso de ocho cultivares de trigo mezclados con polvo de *P. boldus* en concentraciones de 0,5%, 1% y 2% (p/p) e infestados con *S. zeamais*.

Cultivares	Concentración (%) **				Promedio Cultivar*
	Testigo	0,5	1,0	2,0	
Ciko	1,90	0,06	0,00	0,00	0,02 a
Coyan	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00 a
Domo	1,36	0,50	0,00	0,00	0,16 a
Fama	1,66	0,00	0,00	0,00	0,00 a
Huañil	2,00	0,33	0,00	0,00	0,11 a
Maqui	1,96	0,30	0,00	0,00	0,10 a
Nobo	1,43	0,66	0,07	0,00	0,24 a
Tamoi	1,86	0,33	0,00	0,00	0,11 a
Promedio	1,71 a	0,27 b	0,01 c	0,00c	—

** Tratamientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente. Tukey ($P \leq 0,05$).

* Tratamientos con igual letra en la fila no difieren estadísticamente. Tukey ($P \leq 0,05$).

Los resultados anteriores permiten inferir que a mayor mortalidad del insecto se produce una menor emergencia (F1) y por ende una menor pérdida de peso del grano. Esto se debe a que todo el desarrollo larval del insecto se lleva a cabo dentro del grano, alimentándose de buena parte de este y obviamente mientras menor sea la cantidad de insectos menor será el número de granos dañados. Otra razón por la que se podría producir una baja pérdida de peso en los diferentes cultivares de trigo, es que los metabolitos secundarios del polvo de *P. boldus* serían desfavorables para el insecto, inhibiendo su alimentación u oviposición.

En la evaluación de la germinación, los granos tratados con polvo de *P. boldus* presentaron diferencias significativas en todas las concentraciones con el testigo, ya que al 0,5%, 1% y 2% (p/p) los valores fueron de 57,1%, 40,4% y 27,1% respectivamente, valores significativamente menores al testigo que alcanzó un 75,8% de germinación (Cuadro 7). Al analizar la interacción entre los cultivares y concentraciones no se encontraron diferencias significativas entre ellos, lo que representa, al igual como sucedió en la mortalidad y pérdida de peso, que estos factores son independientes.

Cuadro 7

Porcentaje de germinación de ocho cultivares de trigo tratados con polvo de *P. boldus* en concentraciones de 0,5%, 1% y 2% (p/p) para el control en laboratorio de *S. zeamais*.

Cultivar	Concentración (%) **				Promedio Cultivar*
	Testigo	0,5	1,0	2,0	
Ciko	73,3	60,00	33,33	30,00	41,11 a
Coyan	80,0	60,00	43,33	30,00	44,44 a
Domo	76,7	56,67	50,00	23,33	43,33 a
Fama	73,3	56,67	33,33	26,67	38,89 a
Huañil	73,3	56,67	40,00	30,00	42,22 a
Maqui	73,3	60,00	36,37	30,00	42,22 a
Nobo	73,3	50,00	43,33	16,67	36,33 a
Tamoi	83,3	56,67	43,33	30,00	43,33 a
Promedio	75,80 a	57,10 b	40,40 c	27,10 d	—

* Tratamientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente. Tukey ($P \leq 0,05$).

** Tratamientos con igual letra en la fila no difieren estadísticamente. ($P \leq 0,05$).

En cuanto a los distintos cultivares se pudo observar que, en general, los porcentajes de germinación fueron bajos, no registrándose diferencias significativas entre ellos, lo cual permite señalar que la concentración del polvo de *P. boldus* es un factor determinante, ya que a mayor concentración existe también una mayor reducción en la germinación de los granos, tal vez a causa de un efecto fitotóxico. Esto último podría deberse a que según Schrickel y Bittner (2001), *P. boldus* contiene compuestos fenólicos, los cuales, según Valencia (1995), pueden actuar como inhibidores de la germinación de las semillas, afectando el proceso de transporte de membrana y de algunos tipos de hormonas del crecimiento.

Es importante destacar que en las concentraciones más altas de polvo de *P. boldus* se produce una relación inversa entre la mortalidad de *S. zeamais* y la germinación del trigo, lo cual sugiere la existencia de algún compuesto que afecta tanto a los insectos como a los granos. Estos resultados son similares a los de Pérez (2004), quien obtuvo para polvo de *P. boldus* proveniente de follaje colectado en el mes de marzo valores de 63,3% y 43,3% de germinación en las concentraciones de 0,5% y 1% (p/p) respectivamente. Sin embargo, ambos resultados difieren con los obtenidos por Silva *et al.* (2003b y 2005) cuyas investigaciones no mostraron diferencias significativas con respecto al testigo. Debido a que la germinación disminuye a medida que la concentración aumenta, sería recomendable usar la concentración de 1% (p/p), puesto que es igual de efectiva en su efecto insecticida que la concentración de 2% (p/p), pero tiene la ventaja de presentar un menor efecto inhibitorio en la germinación (Pérez, 2004).

CONCLUSIONES

El polvo de *P. boldus* protege eficazmente el grano de trigo de *S. zeamais*

El polvo de *P. boldus* afecta la germinación de los cultivares evaluados.

El polvo de *P. boldus* tiene efecto repelente sobre *S. zeamais*.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue financiada por el proyecto 2004.121.008-1.0 de la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción (DIUC).

LITERATURA CITADA

- ABBOTT, W.S. 1925.** A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.
- CELIS, J., K. KUNADU. 1992.** Pest control by non-chemical methods and reduced levels of chemicals in grain storage. A review. *Agro-Sur*, 20: 56-65.
- GERDING, M. 2007.** Plagas del trigo y su control. p. 157-175. *In*. M. MELLADO (Ed.). El trigo en Chile. Cultura, ciencia y tecnología. Colección libros INIA N° 21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chillán. Chile.
- GOMEZ, K., A. GOMEZ. 1984.** Statistical procedures for agricultural research. John Wiley and Sons. New York. USA. 704 p.
- HAGSTRUM, D., P. FLINN. 1996.** Integrated pest management. p. 399-408. *In*: B. Subramanyan, and D. W. Hagstrum (Eds.). Integrated management of insects in stored products. Marcel Dekker, New York, USA.
- HALSTEAD, D.G.H. 1963.** External sex differences in stored-products Coleoptera. *Bulletin of Entomological Research*, 54: 119-134.
- JOBET, C. 2007.** Mejoramiento genético del trigo. p. 201-280. *In*. M. Mellado (Ed.). El trigo en Chile. Cultura, ciencia y tecnología. Colección libros INIA N° 21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chillán. Chile.
- LARRAÍN, P. 1994.** Manejo integrado de plagas en granos almacenados. IPA La Platina 81:10-16.
- MAREGGIANI, G. 2001.** Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. *Manejo Integrado de Plagas*, 60: 22-30.
- MAZZONETTO, F., J.D. VENDRAMIM. 2003.** Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. *Neotropical Entomology* 32(1):145-149.
- NÚÑEZ, P. 2005.** Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos de *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* Mol. solos y en mezcla con carbonato de calcio. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción. 29 p.
- OBENG-OFORI, D., CH. REICHMUTH. 1997.** Bioactivity of eugenol, a major component of essential oil of *Ocimum suave* (Wild.) against four species of stored-product coleopteran. *International Journal of Pest Management* 43(1): 89-94.
- PÁEZ, A., A. LAGUNES, J.L. CARRILLO, J.C. RODRÍGUEZ. 1990.** Polvos vegetales y minerales para el combate del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera:Curculionidae) en maíz almacenado. *Agrociencia* (México)1: 35-46.
- PARK, D.S., C. PETERSON, S. ZHAO, J. COATS. 2004.** Fumigation toxicity of volatile natural and synthetic cyanohydrins to stored-product pests and activity as soil fumigants. *Pest Management Science* 60: 833-838.
- PÉREZ, F. 2004.** Variación anual de las propiedades insecticidas de *Peumus boldus* sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción. 32 p.
- PROCOPIO, S.D, J.D. VENDRAMIM., J. RIBEIRO, J. BARBOSA. 2003.** Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae) *Ciência e Agrotecnologia* 27(6): 1231-1236.
- REES, P. 1996.** Coleoptera. p. 1-40. *In* B. Subramanyam, and D. Hagstrum (eds.) Integrated management of insects in stored products. Marcel Dekker, New York, USA.
- RODRIGUEZ, C., G. SILVA, J.D. VENDRAMIM. 2003.** Insecticidas de origen vegetal. p. 87-112. *In* Silva, G., R., Hepp (eds). Bases para el manejo racional de insecticidas. Universidad de Concepción-Fundación para la Innovación Agraria. Chillán. Chile.
- SCHRICKEL, S., M. BITNER. 2001.** La salud en nuestras manos, plantas medicinales en Chile, riqueza natural y científica. Editorial y Gráfica Lama. Concepción, Chile. 217 p.
- SILVA G., A. LAGUNES, J.C. RODRÍGUEZ, D. RODRÍGUEZ. 2001.** Insecticidas vegetales; una vieja nueva opción en el manejo de insectos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 66: 4-12.
- SILVA G., D., PIZARRO, P. CASALS, M., BERTI. 2003a.** Evaluación de plantas medicinales en polvo para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. *Revista Brasileira de Agrociencia*, 9: 383-388.
- SILVA G., A. LAGUNES, J.C. RODRÍGUEZ. 2003b.** Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. *Ciencia e Investigación Agraria*, 30(3):153-160.
- SILVA, G., P. GONZALEZ, R. HEPP, M. TAPIA. 2004.** Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos inertes. *Agrociencia* (México) 38: 529-536.
- SILVA, G., O. ORREGO, R. HEPP, M. TAPIA. 2005.** Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 40: 11-17.
- SILVA, G., R. HEPP, M. TAPIA., P. CASALS., G.BUSTOS, F. OSSES. 2006.** Evaluación de Boldo (*Peumus boldus* Molina) y cal para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Agrociencia* (México) 40: 219-228.
- TAVARES, M., J. VENDRAMIM. 2005.** Bioatividade de Erva de Santa Maria, *Chenopodium ambrosioides* L., sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera:Curculionidae). *Neotropical Entomology*, 34(2): 319-323.
- VALENCIA, C. 1995.** Fundamentos de Fotoquímica. Editorial Trillas. México. 236 p.
- VOGEL, H., I. RAZMILIC, U. DOLL. 1997.** Contenido de aceite esencial y alcaloides en diferentes poblaciones de boldo (*Peumus boldus* Mol.). *Ciencia e Investigación Agraria* 24: 1-6.
- WEAVER, D., B. SUBRAMANYAM. 2000.** Botanicals. p. 303-320. *In*: Subramanyan, B. and D. W. Hagstrum (Eds.). Alternatives to pesticides in stored-product IPM. Kluwer Academics Publishers. Boston. USA.
- WHITE, N. 1995.** Insects, mites and insecticides in stored grain ecosystems p. 123-168. *In*: D. Jayas, N. White, and W. Muir (Eds.) Stored grain ecosystems. Marcel Dekker, New York, USA.