

Bioinsecticidas para el control de *Zabrotes subfasciatus* Boheman y la calidad de semilla en frijol

Ana Patricia Raygoza-Martínez¹

Sergio A. Rodríguez-Herrera²

Francisco Cervantes-Ortiz²

J. Guadalupe García-Rodríguez¹

Daniel Rodríguez-Mercado¹

Mariano Mendoza-Elos^{1*}

1 Instituto Tecnológico Roque. Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato, México. AP. 508. CP. 38110. (garcia-2956@yahoo.com.mx; darodriguez@itroque.edu.mx).

2 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Domicilio conocido, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. (serroh90@live.com.mx; frcervantes@itroque.edu.mx).

*Autor para correspondencia: mmendoza66@hotmail.com.

Resumen

El frijol es el segundo cultivo más importante en México para consumo humano. Durante su almacenamiento se han registrado pérdidas arriba del 35% debido al ataque de gorgojos para los que el control químico representa el método más común. Se han realizado grandes esfuerzos en la búsqueda de métodos de control natural. El objetivo de este trabajo fue evaluar en tres variedades de frijol (Negro, Peruano y Flor de Mayo) el efecto del uso de polvos vegetales (*Eucalyptus globulus* y *Tagetes erecta*) con dos métodos de secado (natural y liofilizado) en la mortalidad del gorgojo pinto del frijol (*Zabrotes subfasciatus*) así como el efecto en la calidad de semilla. Se evaluó la mortalidad a las 24, 48, 72 y 96 h. Diferencias estadísticas se mostraron entre variedades y polvos vegetales, no así para dosis y métodos de secado. La más alta mortalidad acumulada fue la observada con el eucalipto con 71.41%, mientras, que el cempasúchitl alcanzó 52.93%. La semilla tratada con polvos alcanzó el 87% de germinación, mientras que el testigo fue de 88%.

Palabras clave:

Eucalyptus globulus, *Tagetes erecta*, *Zabrotes subfasciatus*, calidad de semilla, polvos vegetales.



Introducción

Al 31 de julio, en el ciclo otoño-invierno 2022-2023, se cosecharon 203 375 ha, lo que representó un avance de 99.9% respecto de las siembras, en las que se han obtenido 244 664 t. Sinaloa ha generado 92 535 t, 37.8% del total del ciclo; Nayarit 69 246 t, 28.3%; Chiapas 27 125, 11.1%; Veracruz 18 826, 7.7% y el resto de las entidades 36 933 t, 22.7% del total (SIAP, 2023).

Se calcula un consumo de 1 013 t y un inventario final de 83 000 t, para abastecer 1.0 meses (SIAP, 2023). Los precios muestran comportamientos diferenciados. En julio de 2023, el precio medio rural de frijol pinto fue de \$12.63 pesos kg^{-1} , similar al pagado el mes precedente y 33.1% inferior al pagado en el mismo mes de 2022. El referente de frijol al mayoreo fue de \$25.29 pesos kg^{-1} , 1.2% menor al registrado en el mes previo y 11.9% mayor respecto de julio de 2022. En tanto, el precio pagado por el consumidor quedó en \$41.30 pesos kg^{-1} , 3.6% más que el observado el pasado junio y 19.4% superior en comparativo anual (SIAP, 2023).

Condiciones climáticas adversas, principalmente de sequía en importantes regiones productoras, afectaron la producción mundial de frijol durante 2019, mientras que en 2020 logró recuperarse a 27.5 millones de toneladas, volumen obtenido en 34.8 millones de hectáreas cultivadas con esta leguminosa, de acuerdo con información de la FAO. Los principales países productores y consumidores, India, Myanmar y Brasil, continúan impulsando la producción mundial de frijol.

Con un consumo mundial de alrededor de 25 millones de toneladas, el consumo per cápita registra tendencia estable en los últimos cinco años y se ubica en 2.46 kg por persona por año. En Brasil es de alrededor de 12.7 kg, en India de 4 kg, en Myanmar de 2.8 kg, en Estados Unidos de América 1.8 kg y en México de 7.8 kg, según estimaciones de la FAO. Aproximadamente 16% de la producción mundial se comercializa en el mercado internacional.

En México, el frijol es el tercer cultivo de mayor importancia por la superficie sembrada, con 7.9% del total en el año agrícola, en tanto que ocupó la décima posición por el valor de la producción agrícola nacional, con una participación de 2.4% en 2020. En una superficie cosechada de 1.6 millones de hectáreas en el año agrícola 2021, 87.2% de temporal y 12.8% de riego, se obtuvieron 1 176 millones de toneladas, lo que significó un incremento de 11.3% con respecto a la producción del año agrícola 2020.

Mayor cantidad de precipitación en las principales regiones de temporal favoreció principalmente la recuperación de los rendimientos promedio por unidad de superficie, por lo que la producción nacional creció por segundo año consecutivo luego de la fuerte afectación por la sequía registrada en 2019. El 73.2% de la producción se obtuvo en el ciclo Primavera-verano y 26.8% en el ciclo otoño-invierno (O-I). Las variedades de Frijol Negro, Pinto y Azufrado/Peruano son las de mayor participación en la producción nacional. Cinco entidades federativas participaron en conjunto con 68.2% de la producción nacional: Zacatecas (29.9%), Sinaloa (13%), Durango (10.5%), Chihuahua (8.9%) y Nayarit (6%).

El rendimiento promedio en riego se ubicó en 1.76 t ha^{-1} y en temporal en 590 kg ha^{-1} . Por su parte, el consumo de frijol en México durante el ciclo comercial oct. 2020-sep. 2021 se estima en 1 061 millones de toneladas. El 9% de este volumen fue abastecido con frijol importado, proveniente principalmente de Estados Unidos de América. Durante los primeros once meses de 2021 México importó 177.5 miles de toneladas de frijol y exportó 37.2 miles de toneladas (FAO, 2022).

La conservación y protección de este grano durante el almacenamiento constituye una necesidad alimenticia, social y económica. Hace más de dos décadas se estimaba que el 5-10% de la producción mundial de granos alimenticios se perdía a causa de insectos de almacén, lo que en ese entonces podría ayudar a alimentar a 130 millones de personas anualmente (FAO, 1999). Para América Central y México se han estimado pérdidas poscosecha que alcanzan hasta 35% de frijol almacenado (Nava-Pérez *et al.*, 2010).

La especie que causa mayor daño al frijol almacenado es el gorgojo mexicano (*Zabrotes subfasciatus*) (Boheman)], orden Coleóptera, familia Chrysomelidae, subfamilia Bruchinae (De Franca, 2012). El deterioro del grano de frijol como consecuencia del ataque de estos insectos

sucede cuando las larvas se alimentan de las semillas, causando daños a los cotiledones. Los granos son cubiertos de huevos y presentaron perforaciones que corresponden a las cámaras de alimentación de los insectos, lo que causa una significativa pérdida de peso.

Existen varias alternativas técnicas y de manejo que se han implementado para reducir las pérdidas poscosecha, principalmente durante el almacenamiento del grano de frijol (López-Monzón *et al.*, 2016). El aumento en las importaciones y disminución en las exportaciones es consecuencia de que las condiciones climatológicas del país no han favorecido la producción interna, aunado al tipo de cambio y a que la leguminosa se encuentra libre de arancel para países con los cuales México no tiene tratado comercial, diversas naciones han logrado aumentar su participación en el mercado nacional, reflejándose así en el volumen adquirido del mercado externo (SIAP, 2023).

El objetivo de esta investigación fue evaluar en tres variedades de frijol, Negro, Peruano y Flor de Mayo el efecto de polvos vegetales (*Eucalyptus globulus* y *Tagetes erecta*) con dos métodos de secado (natural y liofilizado) en el control del gorgojo pinto, así como el efecto en la calidad de semilla.

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de sanidad de semillas del Instituto Tecnológico de Roque, se recolectaron 244 tallos de plantas de cempasúchitl, *Tagetes erecta*, al azar provenientes de un cultivo en el municipio de Comonfort y Valle de Santiago, Guanajuato, México, en noviembre del año 2019. Para el método de liofilizado las hojas y flores de las plantas se colocaron en tubos falcón de 50 ml en un ultracongelador (Thermo Scientific® Modelo 931 Series TSE), a -80 ± 1 °C, durante tres semanas, después se colocaron en una liofilizadora (Scientz® -18N) a una presión de 15 kPa y temperatura final de 22 ± 2 °C.

Para el método de secado natural a temperatura ambiente, las hojas y flores de las plantas se colocaron en bolsas de plástico negro y se colocó el material por espacio de 48 h a temperatura ambiente hasta que el material presentaba una consistencia crujiente al tacto. Se molieron ambos materiales, liofilizado y secado natural, uno en molino marca Krups® y un molino del tipo ciclónico UDY® modelo Cyclone SDMPUCM, para su almacenaje se colocaron en recipientes herméticos.

Para la reproducción de gorgojo *Zabrotes subfasciatus* Boheman fueron colocados 500 adultos sin sexar por 700 g de frijol variedad mayocoba, en recipientes de plástico de 1 000 ml tapados con tela de organza en una cámara bioclimática (VWR S/P, Sheldon MFG, Inc. Modelo 3025T) una temperatura de 28 ± 2 °C y fotoperiodo de 12:12. Cuatro semanas después se obtuvo la generación F2 de la cual se tomaron 10 gorgojos adultos y se colocaron en recipiente de plástico de 256 ml con tapa, el cuál contenían 100 g de semilla de cada variedad de frijol (Flor de Mayo, Peruano y Frijol Negro) propiedad del banco de germoplasma del INIFAP, Celaya; asimismo, se produjeron bajo su mismo paquete tecnológico de producción de frijol, a los que se les adicionó las dosis del polvo vegetal correspondiente (Cuadro 1), se agitaron de forma manual durante 30 s, para homogenización (Cerna *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Polvos vegetales y concentración de eucalipto y cempasúchitl.

Polvo vegetal	Dosis	Método de secado
Eucalipto	0.5 g	Liofilizado
	1 g	Natural
Cempasúchitl	0.5 g	Liofilizado
	1 g	Natural

Para cuantificar la mortalidad (M) del gorgojo se utilizó el método descrito por Mazzonetto (2002), los conteos se realizaron en un periodo de 24, 48, 72 y 96 h. La corrección de la mortalidad se realizó mediante la fórmula descrita por Abbott (1925). $MC = \frac{\text{Mortalidad entre tratamiento} - \text{Mortalidad en testigo}}{100 - \text{Mortalidad en testigo}} \times 100$. Donde: MC= es la mortalidad corregida.

Calidad fisiológica de semilla: para las pruebas de calidad fisiológica se tomaron 50 semillas de cada bioensayo previamente almacenado, de estas 25 semillas se utilizaron para la prueba de germinación estándar y 25 para cama de arena. Con la prueba de germinación estándar se registró el porcentaje de germinación (PG); con la prueba de cama de arena el porcentaje de emergencia; (PE) velocidad de emergencia (VE); índice de vigor de semilla II (IVII). Para los conteos se utilizó la metodología descrita por ISTA (2005).

Diseño experimental: el diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial de cuatro factores en cuatro repeticiones. Los caracteres evaluados para mortalidad de gorgojo fueron mortalidad a las 24, 48, 72 y 96 h, mortalidad acumulada a los 48, 72 y 96 h. Por lo que respecta a la calidad de semilla, los caracteres evaluados fueron porcentaje de germinación (PG); porcentaje de emergencia (PE); velocidad de emergencia (VE); e índice de vigor II (IVII). Los datos registrados de cada una de las variables estudiadas se sometieron al análisis de varianza (Anova) con una comparación de medias de DMS ($\alpha \leq 0.05$). Para los análisis se utilizó el paquete estadístico Sas versión 9.3 (Sas Institute, 2011).

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se presentan los cuadrados medios para mortalidad de *Z. subfasciatus* por día y mortalidad acumulada a las 24, 48, 72 y 96 h de exposición, se examinaron diferencias significativas en la mortalidad por día y mortalidad acumulada en todos los tiempos de exposición por efecto de las variedades, mientras que para los métodos de secado (liofilizado y natural) tienen efecto significativo en la supervivencia del gorgojo en estudio a las 24, 72 y 96 h, mientras que en la mortalidad acumulada se observaron diferencias a las 48 y 96 h de exposición. Los polvos vegetales tienen efecto significativo en la mortalidad por día y acumulada de *Z. subfasciatus* en todos los tiempos de exposición evaluados.

Cuadro 2. Cuadrados medios de las variables para mortalidad de gorgojo *Zabrotes subfasciatus* en 24, 48, 72 y 96 h en Frijol Negro, Flor de Mayo y Peruano con dos métodos de secado y dos dosis de polvos vegetales en 2019.

Fuente de variación	Mortalidad (h)				Mortalidad acumulada (h)		
	24	48	72	96	48	72	96
Variedad	121.11 ^{**}	3.51 [*]	4.07 [*]	49.38 ^{**}	83.65 ^{**}	50.18 ^{**}	12.74 [*]
Método de secado	2.8 [*]	0.46 ^{ns}	8.24 [*]	3.25 [*]	3.32 [*]	0.22 ^{ns}	1.17 [*]
Polvos vegetales	100.55 ^{**}	80.71 ^{**}	90.32 ^{**}	54.22 ^{**}	218.03 ^{**}	313.38 ^{**}	377.99 ^{**}
Dosis	0.01 ^{ns}	7.4 [*]	0.01 ^{ns}	0.56 ^{ns}	1.75 [*]	0.21 ^{ns}	0.72 ^{ns}
Var x MS	1.16 [*]	0.04 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.71 ^{ns}	1.83 [*]	1.76 [*]
Var x PV	45.98 ^{**}	7.07 [*]	7.55 [*]	12.9 [*]	42.71 ^{**}	16.72 ^{**}	6.14 [*]
Var x dosis	0.2 ^{ns}	1.15 ^{ns}	1.99 [*]	0.26 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.99 ^{ns}	0.34 ^{ns}
MS x PV	1.85 [*]	2.63 [*]	2.24 [*]	8.24 [*]	0.83 ^{ns}	0.07 ^{ns}	1.36 [*]
MS x dosis	3.9 [*]	0.02 ^{ns}	0.43 ^{ns}	5.31 [*]	0.88 ^{ns}	1.39 [*]	0.01 ^{ns}
PV x dosis	0.03 ^{ns}	1.89 [*]	0.47 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.47 ^{ns}	0.39 ^{ns}	1.38 [*]
Var x MS x PV	0.5 ^{ns}	5.22 [*]	0.19 ^{ns}	0.06 ^{ns}	3.02 [*]	1.75 [*]	2.1 [*]
Var x PV x dosis	1.08 [*]	0.32 ^{ns}	0.68 ^{ns}	1.07 ^{ns}	0.68 ^{ns}	1.48 [*]	0.34 ^{ns}
MS x PV x dosis	0.98 [*]	0.45 ^{ns}	1.77 [*]	1.85 [*]	0.86 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.45 ^{ns}
Var x MS x PV x dosis	0.46 ^{ns}	0.45 ^{ns}	1.54 [*]	0.04 ^{ns}	0.4 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.29 ^{ns}
Error	1.11	2.43	2.05	2.14	2.19	1.84	1.62

Fuente de variación	Mortalidad (h)				Mortalidad acumulada (h)		
	24	48	72	96	48	72	96
CV	39.77	50.43	46.07	57.68	35.16	24.69	20.18

*, * = significancia estadística al 0.01 y 0.05 respectivamente; ^{ns} = no significativo.

En la interacción método de secado por polvo vegetal hubo diferencias significativas salvo en la mortalidad acumulada a las 48 y 72 h. La interacción variedad por dosis no muestra diferencias excepto en porcentaje de mortalidad a las 96 h, la interacción método de secado por dosis presentó diferencias significativas en las 24 h en el porcentaje de mortalidad y a las 96 h de exposición fue significativo para ambos porcentajes, el efecto de los polvos vegetales por dosis únicamente presentó diferencias significativas en la mortalidad a las 48 h y en la mortalidad acumulada a las 96 h.

En la interacción de las tres variables en estudio, variedad por método de secado por polvo vegetal se percibieron diferencias significativas en mortalidad a las 48 h y en la mortalidad acumulada a las 48, 72 y 96 h, mientras que para la interacción variedad por polvo vegetal por dosis solamente mostró diferencias significativas en la mortalidad a las 24 h y en la mortalidad acumulada a las 72 h.

En el Cuadro 3 se presentan los cuadrados medios para las variables porcentaje de germinación (PG); porcentaje de emergencia (PE); velocidad de emergencia (VE); e índice de vigor II (IVII), donde se contemplaron diferencias altamente significativas en cada una de las variables evaluadas para variedad, también se analizaron diferencias significativas en porcentaje de emergencia e índice de vigor para los métodos de secado; sin embargo, para polvos vegetales se observaron diferencias significativas para porcentaje de germinación, porcentaje de emergencia, velocidad de emergencia e índice de vigor II, para el efecto de la dosis solo se observaron diferencias en porcentaje de germinación.

Cuadro 3. Cuadrados medios de porcentaje de germinación, porcentaje de emergencia; velocidad de emergencia e índice de vigor II (IV II) evaluadas en Frijol Negro, Flor de Mayo y Peruano con dos métodos de secado, dos polvos vegetales y dos dosis, en 2019.

Fuente de variación	PG	PE	VE	IV II
Variedad	7 542.98 ^{**}	1 756.31 ^{**}	171.8 ^{**}	41 792.38 ^{**}
Método de secado	0.39 ^{ns}	189.7 [*]	0.12 ^{ns}	6 929.17 [*]
Polvos vegetales	178.27 [*]	448.66 [*]	13.27 [*]	3 610.4 [*]
Dosis	498.77 [*]	7.32 ^{ns}	0.18 ^{ns}	43.32 ^{ns}
Var x MS	455.41 [*]	843.19 [*]	2.67 [*]	4 169.58 [*]
Var x PV	537.86 [*]	723.4 [*]	21.58 [*]	1 162.14 [*]
Var x dosis	342.26 [*]	46.29 ^{ns}	0.29 ^{ns}	452.29 ^{ns}
MS x PV	154.98 [*]	1069.19 [*]	6.44 [*]	966.62 [*]
MS x dosis	37.78 ^{ns}	77.2 [*]	2.77 [*]	467.06 ^{ns}
PV x dosis	278.88 [*]	408.71 [*]	0.1 ^{ns}	2 103.41 [*]
Var x MS x PV	96.95 ^{ns}	343.72 [*]	4.23 [*]	1 384.52 [*]
Var x PV x dosis	160.89 ^{ns}	142.53 [*]	0.52 ^{ns}	1 378.14 [*]
MS x PV x dosis	13.62 ^{ns}	401.55 [*]	4.72 [*]	1 784.14 [*]
Var x MS x PV x dosis	160.58 ^{ns}	321.17 [*]	1.57 ^{ns}	1 198.52 [*]
Error	259.85	137.02	3.8	1 347.73
CV	21.02	15.7	14.5	24.54

PG= porcentaje de germinación; PE= porcentaje de emergencia; VE= velocidad de emergencia; IVII= índice de vigor II;

^{**}, * = significancia estadística al 0.01 y 0.05 de probabilidad; ^{ns} = no significativo.

En las interacciones en donde intervienen las variedades con métodos de secado y polvos vegetales se presentaron diferencias significativas para todas las variables de estudio. Referente

a la interacción variedades por dosis solo se presentaron diferencias en porcentaje de germinación, en la interacción método de secado por polvos vegetales se observaron diferencias significativas en cada una de las variables, para métodos de secado por dosis sólo se registraron diferencias significativas en porcentaje de emergencia e índice de vigor II, en la interacción polvo vegetal por dosis arroja diferencias significativas en las variables a excepción de velocidad de emergencia que no muestra diferencias, en las interacciones variedad por método de secado por polvo vegetal y método de secado por polvo vegetal por dosis se observaron diferencias significativas en las variables excluyendo germinación que se mostró no significativa, para las interacciones variedad por polvo vegetal por dosis y variedad por método de secado por polvo vegetal por dosis se observaron diferencias significativas únicamente para porcentaje de emergencia e índice de vigor II.

En el Cuadro 4 se muestran diferencias significativas entre las variedades, donde el Frijol Negro alcanzó su mayor porcentaje de mortalidad a las 24 h con 19.57% mientras que para las variedades Flor de Mayo y Peruano solamente alcanzaron el 2.48% en promedio, lo que representa 88% más de mortalidad. Flor de Mayo y Peruano registraron el mayor porcentaje de mortalidad a las 72 h con 9.55% y 10.19%, respectivamente.

Cuadro 4. Comparación de medias DMS ($\alpha = 0.5$) para mortalidad por conteo y por día a 24, 48, 72 y 96 h y mortalidad acumulada a 48, 72 y 96 h, Roque, Celaya, Guanajuato, 2019.

Variedad	Mortalidad por conteo (h)				Mortalidad acumulada (h)		
	24	48	72	96	48	72	96
Flor de Mayo	2.63b	8.02a	9.55a	9.17a	11.33b	23.41b	34.9b
Peruano	2.35b	8.14a	10.19a	9.3a	11.33b	23.7b	36.34b
Negro	19.57a	11.06a	7.23a	1.36b	32.33a	44.12a	47.11a
	Método						
Liofilizado	7.28a	9.36a	10.65a	5.16a	18.42a	29.31a	38.18a
Natural	5.8a	8.68a	7.68b	6.68a	15.9a	30.19a	40.46a
	Mortalidad por día						
Sin polvos	0.78c	2.59c	1.9b	1.29b	3.38c	6.84c	9.36c
Eucalipto	15.58a	18.42a	16.72a	7.79a	38.18a	59.4a	71.41a
Cempasúchitl	7.39b	9.36b	12.53a	10.72a	18.95b	35.98b	52.93b
	Dosis						
0.5 g	6.47a	10.45a	9.17a	6.2a	18.07a	30.19a	40.2a
1 g	6.57a	7.68a	9.04a	5.6a	16.22a	29.31a	38.43a

Para la mortalidad acumulada la variedad de Frijol Negro alcanzó el 40% de mortalidad a las 72 h y para las 96 h 47.11%, mientras que las variedades Flor de Mayo y Peruano se agruparon estadísticamente igual y a las 96 h apenas habían alcanzado el 34.9% y 36.34%, respectivamente. Estos resultados pueden obedecer al efecto de antibiosis que confiere la cantidad de una proteína denominada arcelina en los cotiledones según lo señalado por Harmsen *et al.* (1987); Miranda *et al.* (2002) que ha sido la responsable del efecto de resistencia al ataque de *Zabrotes subfasciatus*. Por su parte Guzmán *et al.* (1995) indicaron que el efecto protector en frijol está dado por el contenido de lectinas que en su estudio se mostraron más altos en la variedad Flor de Mayo.

En la comparación de medias por métodos de secado para mortalidad por día y la acumulada, en la que se observa que no existen diferencias entre métodos de secado para las variables evaluadas, con excepción de la mortalidad a las 72 h donde se observan valores de mortalidad más altos para el liofilizado con 10.65% comparado con el método natural que sólo registró 7.68%.

Por lo que se refiere, a la mortalidad acumulada a las 96 h, sólo el método natural había alcanzado a ese tiempo de exposición el 40%. Al respecto, Paez *et al.* (1990); Lagunes (1994) establecieron como criterio que son prometedores los tratamientos de polvos vegetales que muestren mortalidad

superior al 40% en este estudio se resaltó que los polvos liofilizados no lograron alcanzar este umbral en promedio, por lo que se deben preferir los polvos preparados bajo el método de secado natural además de presentar una opción más asequible para los agricultores.

Por otro lado, las medias obtenidas por polvo vegetal para mortalidad por día y mortalidad acumulada, se observó que los valores más altos se registraron para el eucalipto que a las 48 h de exposición casi había logrado el 40% de mortalidad, a las 72 h de exposición registró el 59.4% y para las 96 h había alcanzado el 71.41% de mortalidad acumulada, mientras que el cempasúchitl solamente alcanzó el 52.93% de mortalidad acumulada a las 96h de exposición, lo que representa 25.87% más de supervivencia de *Z. subfasciatus* en la aplicación de cempasúchitl.

Estos resultados son congruentes con los obtenidos por Nava *et al.* (2010) que utilizó extracto acuoso de eucalipto para control de *Acanthoselides obtectus* con 61.57% y 74.44% a los 3 y 6 días de aplicación respectivamente comparados con este estudio en el que el eucalipto mostró 71.41% de mortalidad acumulada a las 96 h. Asimismo, este estudio coincide con el realizado por Issa *et al.* (2011) con extractos de ajo en *Sitophilus* a 96 h de exposición en el que observaron que a medida que el extracto está en contacto con el gorgojo por periodos prolongados aumenta la mortalidad del mismo.

Para las dosis en mortalidad por día y mortalidad acumulada se muestran en el Cuadro 2, donde no se encontraron diferencias significativas en los tiempos de exposición, por lo tanto, es recomendable utilizar la dosis más baja de 0.5 g, que representa una proporción de 5 k de polvo vegetal por cada tonelada de semilla, con ello se reducen costos y se tienen los mismos efectos que con la utilización de la dosis más alta de 1 g. Al respecto, Shaaya *et al.* (1997) mencionan que el uso de altas dosis de aceites vegetales puede ocasionar detrimentos severos en la germinación que los hace no apropiados para el control de plagas de almacén en semilla. Paul *et al.* (2009) afirman que la mortalidad de *Z. subfasciatus* varía hasta en un 20% a las 24 y 48 h de exposición según la dosis de polvo vegetal utilizada.

Al respecto, Ortega-Nieblas *et al.* (2014) señalan que a mayores dosis de aceite esencial de orégano la mortalidad en *Z. subfasciatus* se veía incrementada, así como, se disminuía el tiempo de exposición para lograr el 100% de la mortalidad. Por su parte, Lagunes (1994) quien señaló que, en la actualidad, los polvos vegetales representan una alternativa para el control de estos insectos plagas. Adicionalmente, se debe considerar lo advertido por Isman (2006) quien indicó que el principal beneficio de los pesticidas naturales puede ser el obtenido bajo esquemas de agricultura poco tecnificada y en países en desarrollo quienes no pueden costear la compra de pesticidas sintéticos, pero también en la agricultura orgánica.

En la Cuadro 5 se observó que la calidad de la semilla tiene comportamiento diferente entre variedades. El PG es mayor en el Frijol Negro con 93.72%, el Peruano y Flor de Mayo no alcanzaron el 90% de porcentaje de germinación (PG). La ISTA (2005) apuntó como PG mínimo de germinación en semillas 85%; sin embargo, González (1995) señaló que las semillas tratadas con polvos vegetales que no superaron el 90% de germinación no pueden para ser comercializadas como semillas.

Cuadro 5. Comparación de medias DMS ($\alpha= 0.5$) para las variables porcentaje de emergencia, velocidad de emergencia, índice de vigor II y porcentaje de germinación por polvo vegetal. Roque, Celaya, Guanajuato, 2019.

Variedad	PG	PE	VE	IVII
Flor de Mayo	79.44c	90.13a	15.28a	127.74b
Peruano	88.91b	88.17a	11.5c	183.15a
Negro	93.72a	83.34b	13.37b	137.85b
		Método		
Liofilizado	87.53a	87.92a	13.35a	156.5a
Natural	87.58a	86.6a	13.41a	142.65b

Variedad	PG	PE	VE	IVII
		Polvo		
Sin polvo	88.68a	88.71a	13.91a	153.64ab
Eucalipto	87.49a	87.49ab	13.38ab	155.48a
Cempasúchitl	86.48a	85.29b	12.86b	139.62b
		Dosis		
0.5 g	86.49a	87.39a	13.35a	149.03a
1 g	88.61a	87.13a	13.42a	150.13a

PG= porcentaje de germinación; PE= porcentaje de emergencia; VE= velocidad de emergencia; IVII= índice de vigor II.

La menor tasa de germinación en el caso de Flor de Mayo (79.44) puede deberse a que esta variedad tiene mayor adherencia de la testa a los cotiledones por lo que la imbibición es lenta (Powell *et al.*, 2005) por tanto el porcentaje de germinación disminuye y se retrasa. (El manejo agronómico y de nutrición fue de acuerdo con el paquete tecnológico del INIFAP. La variedad Flor de Mayo y Peruano se agruparon estadísticamente igual para el PE con 89.15% en promedio, lo que representó 6.51% más que lo observado en el Frijol Negro para el que se registró 83.34%.

El retraso en el PE observado en el Frijol Negro puede obedecer a que ésta variedad contiene mayor cantidad de flavonoides que restringen la germinación de la semilla (Debeaujon *et al.*, 2000). Para la VE, se observó nuevamente que las tres variedades en estudio se comportaron de manera diferente. Para éste caso, la variedad Flor de Mayo registró 15.28, el Negro 13.37 y el Peruano 11.5, como se pudo advertir que existió una diferencia de 24.7% entre la VE más alta y la más baja.

Las diferencias entre parámetros evaluados de calidad de semilla pueden atribuirse a las características propias de cada genotipo como es la testa, el color y el tamaño de la semilla (Rangel *et al.*, 2011). Para el índice de vigor (IVII), se advirtió que los dos grupos estadísticos, el Frijol Peruano registró 183.15 y en las variedades Negro y Flor de Mayo 137.85 y 127.74, respectivamente. Por lo anterior, el Frijol Peruano registró 27.49% más que el promedio de las otras dos variedades en estudio.

Los resultados obtenidos en el IVII son congruentes con lo señalado por Gholami *et al.* (2009) quienes indicaron que la ventaja del mayor tamaño de una semilla es que produce plántulas con mayor tasa de crecimiento que las analizadas con semillas pequeñas, tal es el caso del Frijol Peruano. Para los métodos de secado las variables de calidad de semilla solo se observaron diferencias significativas en el IVII, en este caso se encontró que la semilla tratada con polvos vegetales liofilizados fue la más vigorosa con 156.5, lo que representa 8.8% más que los polvos secados al natural.

Es necesario resaltar que el PG registrado para ambos métodos de secado superó el 85% que es el valor fijado por la ISTA, sin embargo, González (1995) señaló que las semillas tratadas con polvos vegetales que no superan el 90% de germinación no pueden para ser comercializadas como semillas. En cuanto a los polvos el PE, el testigo registró 88.71% y en un segundo grupo estadístico el cempasúchitl con 85.29% mostraron diferencias significativas. Mismo comportamiento se registró para la VE, variable para la que el testigo registró 13.91 y 12.86 para el cempasúchitl. Para el IVII el valor más alto se observó en los tratamientos con polvo vegetal de eucalipto y en un segundo grupo estadístico el cempasúchitl con 139.62.

En los resultados se observó que, para las cuatro variables de calidad evaluadas, los valores registrados en la aplicación de cempasúchitl son los más bajos. Estos resultados son consistentes con los registrados por Santos *et al.* (2015) al evaluar extractos acuosos, hidroetanólicos y etanólicos de *Tagetes erecta* y *Tagetes patula* aplicados a semillas de *Lactuca sativa* en tres concentraciones, en los resultados se percibió que a mayor concentración de extractos de *Tagetes*, las semillas disminuían el PG a 0% comparando con un testigo que registró 98%, derivado de éstos resultados señalaron que las especies del género *Tagetes* contienen diversos compuestos capaces de interferir directamente en la germinación y crecimiento de plántula de otras especies.

Al respecto, Hernández *et al.* (2006) reportaron que semillas tratadas con diferentes aceites vegetales disminuyeron la germinación y se observó una reducción hasta del 50% en la altura de plántula, el peso fresco y seco de plántula se reduce de 35 a 45%. Es importante señalar que, de acuerdo con los estándares internacionales, las semillas tratadas con polvos vegetales que muestran valores menores al 90% en germinación no podrían comercializarse como semilla (González, 1995). Sin embargo, para una agricultura poco tecnificada o para agricultores de subsistencia, valores de germinación arriba del 70% son aceptables. En el presente estudio, ningún tratamiento alcanzó el 90% de PG.

Conclusiones

El método de secado y la dosis de los polvos vegetales utilizados no influyeron en los resultados de mortalidad, por lo que, es recomendable utilizar los polvos secados al natural y con la dosis de 0.5 g para reducir costos. Al aplicar polvo vegetal de eucalipto en semilla de frijol, se alcanzó el 71.41% de mortalidad acumulada de *Zabrotes subfasciatus* a las 96 h de exposición mientras que con cempasúchitl solo se registró 52.93%. Por lo tanto, el efecto del eucalipto es 25.87% más efectivo comparado con el cempasúchitl, a través de las variedades de frijol. En la semilla promedio de las variedades en este estudio con los polvos vegetales registró 87% de PG en promedio; por lo tanto, es apta para siembra en agricultura no tecnificada o agricultura tradicional

Bibliografía

- 1 Abbott, W. S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Economic Entomology*. 18(2):265-267.
- 2 Cerna, Ch. E.; Landeros, F. J.; Ochoa, F. Y. M.; Guevara, A. L.; Badi, Z. M. and Olalde, P. V. 2010. Evaluación de aceites y extractos vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* y su efecto en la calidad de semilla de maíz. *Revista FCA UNCuyo*. 42(1):135-145.
- 3 Debeaujon, I.; Leon-Kloosterziel, K. M. and Koornneef, M. 2000. Influence of the testa on seed dormancy, germination and longevity in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*. 122(2):403-414.
- 4 De Franca, S. M.; Vargas-Oliveira, A. B.; Esteves-Filho, A. B. and Moura-Oliveira, C. 2012. Toxicity and repellency of essential oils to *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) in *Phaseolus vulgaris* L. *Acta Amazónica*. 42(3):381-386.
- 5 FAO. 2022. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Alimentación Panorama alimentario frijol. <https://sursureste.org.mx/wp-content/uploads/2023/01/Panorama-Agroalimentario-Frijol-2022.pdf>. 227 p.
- 6 FAO. 1999. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Alimentación, nutrición y agricultura. 2ª. Ed. Roma, Italia, Dirección de Información de la FAO. 56 p.
- 7 Gholami, A.; Sharafi, S.; Ghasemi, S.; and Sharafi, A. 2009. Pinto bean seed reserve utilization and seedling growth as affected by seed size, salinity and drought stress. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 7(2):411-414.
- 8 González, H. R. 1995. El maíz y su conservación. Ed. Trillas. México. DF. 399 p.
- 9 Guzmán, M. S. H.; Marín, J. A.; Castellanos, J. Z. and González-Mejía, E. 1996. Relationship between physical and chemical characteristics and susceptibility to *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera:Bruchidae) and *Acanthoscelides obtectus* (Say) in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *J. Stores Prod. Res.* 32(1):53-58.
- 10 Harmsen, R.; Bliss, F. A.; Cardona, C.; Posso, C. E. y Orborn, T. C. 1987. Transferring genes for arcelin protein from wild to cultivated beans: implications for bruchid resistance. *Annual Report (USA). Bean Improvement Cooperative*. 31(1):54-55.

- 11 Hernández, C. G.; Facio, P. E.; Guerrero, R. E. y Vázquez, M. B. 2006. Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky por productos naturales en semillas de maíz. *Entomología Mexicana*. 1003-1005 pp.
- 12 Isman, M. B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51(1):45-66.
- 13 Issa, U. S.; Afun, J. V. K.; Mochiah, M. B.; Owusu-Akyaw, M. and Braimah, H. 2011. Effect of some local botanical materials for the oppressions of weevil populations. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 1(3):270-275.
- 14 ISTA. 2005. International Seed Testing Association. International rules for seed testing. Zurich, Switzerland. 243 p.
- 15 Lagunes, T. A. 1994. Extractos de polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. 35 p.
- 16 López-Monzón, C. E.; Tobar-Tomas, W. V. y Ventura-Gómez, A. L. 2016. Controles alternativos para el gorgojo del frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera:Bruchidae). *Ciencia, Tecnología y Salud*. 3(2):149-156.
- 17 Mazzonetto, F. 2002. Efecto de genótipos de feijoeiro e de pós de origen vegetal sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) e *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col.: Bruchidae). Piracicaba. Tesis Doutorado, Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'. Universidad de Sao Paulo. 134 p.
- 18 Miranda, J. E.; Toscano, L. C. y Fernandes, M. G. 2002. Evaluación de resistencia de diferentes genotipos de *Phaseolus vulgaris* a *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). *Sanidad Vegetal, Plagas*. 28(4):571-576.
- 19 Nava, P. E.; Gastélum, H. P.; Camacho, B. J. E.; Valdez, T. B.; Bernal, R. B. y Herrera, F. E. 2010. Utilización de extractos de plantas para el control de gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say.) en frijol almacenado. Universidad Autónoma Indígena de México. El Fuerte, Sinaloa. 37-43 pp.
- 20 Ortega-Nieblas, M. M.; Robles-Burgueño, M. R.; Acedo-Félix, E.; González-León, A.; Morales-Trejo, A. y Vázquez-Moreno, L. 2011. Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de orégano (*Lippia palmeri* S. Wats). *Revista Fitotecnia Mexicana*. 34(1):11-17.
- 21 Paul, U. V.; Lossini, J. S.; Edwards, P. J. and Hilbeck, A. 2009. Effectiveness of products from four locally grown plants for the management of *Acanthoscelides obtectus* (Say) and *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: *Bruchidae*) in stored beans under laboratory and farm conditions in Northern Tanzania. *J. Stores Prod. Res.* 45(1):97-107.
- 22 Páez, A.; Lagunes, A. y Carrillo, J. L.; Rodríguez, J. C. 1990. Polvos vegetales y materiales inertes para el combate del gorgojo *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: *Curculionidae*) en maíz almacenado. *Agrociencia*. 3(1):35-46.
- 23 Powell, A. A.; Corbineau, F.; Franca-Neto, J.; Lechappe, J.; Mesterhazy, A.; Pritchard, H. W. and Tarp, G. 2005. Towards the future in seed production, evaluation and improvement. *Seed Science and Technology*. 33(2):265-281.
- 24 Rangel-Lucio, J. A.; Juárez-Goiz, J. M.; García-Moya, E.; Fernández-Andrés, M. D.; Rodríguez-Hernández, C. y Alvarado-Bárceñas, E. 2011. Oleorresina de jícama y calidad de semilla de frijol infestada con *Acanthoscelides obtectus* Say. *Agron. Mesoam.* 22(1):109-16.
- 25 SAS Institute Inc. 2011. Institute INC. Statistical Analysis Systems Institute. *Sas/Stat user's guide, version 9.1th Ed.* Cary (NC). 5 136 p.

- 26 Santos, P. C.; Santos, V. H. M.; Mecina, G. F.; Andrade, A. R.; Fegueiredo, P. A.; Moraes, V. M. O.; Silva, L. P. and Silva, M. G. 2015. Phytotoxicity of *Tagetes erecta* L. and *Tagetes patula* L. on plant germination growth. *South African Journal of Botany*. 100:114-121.
- 27 Shaaya, S. K.; Kostjukovski, M.; Eilberg, J. and Sukprakarn, C. 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*. 33(1):7-15.
- 28 SIAP. 2023. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/856677/Frijol-Agosto.pdf>.



Bioinsecticidas para el control de *Zabrotes subfasciatus* Boheman y la calidad de semilla en frijol

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 October 2024
Date accepted: 01 January 2025
Publication date: 10 February 2025
Publication date: Jan-Feb 2025
Volume: 16
Issue: 1
Electronic Location Identifier: e3086
DOI: 10.29312/remexca.v16i1.3086

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

Eucalyptus globulus

Tagetes erecta

Zabrotes subfasciatus

calidad de semilla

polvos vegetales

Counts

Figures: 0

Tables: 5

Equations: 0

References: 28

Pages: 0