

EVALUACIÓN DE SPINETORAM SOBRE LA MORTALIDAD LARVARIA Y OTROS PARÁMETROS BIOLÓGICOS DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Emigdio Figueroa-Álvarez¹, Samuel Pineda-Guillermo², José Isaac Figueroa de la Rosa², Juan Manuel Chavarrieta-Yáñez² y Ana Mabel Martínez-Castillo²✉

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto tecnológico del valle de Morelia. Km 6.5 Carretera Morelia - Salamanca, C. P. 58100 Morelia, Michoacán.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km. 9.5 Carr. Morelia-Zinapécuaro. C. P. 58880 Tarímbaro, Michoacán, México.

✉ Autor de correspondencia: amabel_66@hotmail.com

RESUMEN. Spinetoram es un insecticida de la segunda generación de la familia de las espinosinas, creado a partir de una modificación química a la forma natural de los espinosinas J y L, proporciona una alternativa para el control de la principal plaga del maíz en América, *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). En este estudio, se evaluó la actividad de Spinetoram en el segundo estadio de *S. frugiperda* y se determinó su efecto sobre la mortalidad y el desarrollo de las larvas. También se evaluó el efecto del insecticida sobre la fecundidad del insecto. Las larvas fueron altamente susceptibles al insecticida, pero la supervivencia a tres concentraciones (0.5, 0.05, 0.005 mg/l) no tuvo influencia sobre el peso de la pupa y la fecundidad en comparación con el control. Por el contrario, el tiempo de desarrollo de las larvas fue significativamente mayor que en el testigo. Se concluye que aunque *S. frugiperda* es altamente susceptible al Spinetoram, pero se necesitan más estudios para conocer sus efectos secundarios.

Palabras clave: Espinosinas, gusano cogollero, maíz.

Evaluation of Spinetoram on larval mortality and others biological parameters of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

ABSTRACT. Spinetoram, an insecticide of the second generation of the family spinosynes, created from a chemical modification to the natural form of spinosynes J and L, provide an alternative for control of the major pest of maize in the Americas, the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). In this study, the activity of spinoteram on 2nd instars of *S. frugiperda* and its effects of on larval mortality and development were evaluated. In addition, the effect of the insecticide on the fecundity of the insect was evaluated. The larvae were highly susceptible to the insecticide, but the survival to three concentrations (0.5, 0.05, 0.005 mg/L) did not significant effect on the pupal weight and the fecundity compared with the control. In contrast, the development time of larvae was significantly higher than the control. We conclude that although *S. frugiperda* is highly susceptible to Spinetoram, but more studies are needed to know its secondary effects.

Keyword: Spinosynes, fall armyworm, maize.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, una de las formas más comunes de controlar plagas en los diferentes cultivos se realiza mediante la aplicación de agroquímicos; práctica que ha permitido mantener poblaciones de plagas en niveles tolerables, lo que reduce el daño al cultivo. Sin embargo, estos plaguicidas han originado riesgos y limitaciones, tales como las restricciones impuestas por los países importadores en cuanto a límites de residuos en los productos alimenticios y su impacto en la contaminación ambiental (Zamora *et al.*, 2008). El descubrimiento de nuevos insecticidas ha estado asociado a un mejor conocimiento de los diversos sitios de acción, en la mayoría de los casos se ha enfocado hacia el sistema nervioso central. Al respecto, se ha puesto atención en compuestos derivados de fuentes biológicas que actúen específicamente sobre este sitio, es el caso de las

espinosinas, las cuales son derivadas del proceso de fermentación natural del actinomiceto del suelo *Saccharopolyspora spinosa* (Mertz y Yao, 1990). Los esfuerzos de mejorar la eficacia de espinosinas mediante modificaciones a su estructura, han dado como resultado el desarrollo de un análogo semisintético derivado de las espinosinas J y L, llamado Spinetoram, este producto tiene mejores resultados de residualidad en campo a pesar de tener un perfil toxicológico similar al de Spinosad (Schirmer *et al.*, 2012).

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* es la plaga de mayor importancia en el cultivo de maíz, ya que generalmente se presenta en poblaciones elevadas (Mendoza *et al.*, 2003). En el presente estudio se evaluó el efecto de Spinetoram sobre la mortalidad larvaria y otros parámetros biológicos (desarrollo, proporción de sexos y fecundidad) de *S. frugiperda*.

MATERIALES Y MÉTODO

Cría del gusano cogollero. Los adultos se colocaron dentro de bolsas de papel y se alimentaron con una solución de miel de abeja al 15 %. Las bolsas se reemplazaron cada 24 horas a partir de que las hembras depositaron los primeros huevos. Los insectos se mantuvieron en una cámara de crecimiento a 25 ± 2 °C, 75 ± 5 % de HR y un fotoperiodo de 16:8 h (luz: oscuridad). Los huevos se colocaron en vasos de plástico transparente ($\frac{1}{2}$ l de capacidad) hasta la emergencia de las larvas. Las larvas de *S. frugiperda* se alimentaron con una dieta semisintética elaborada a partir de harina de soya, germen de trigo y levadura de cerveza.

Insecticida. Se utilizó Spinetoram (Palgus®) en emulsión concentrada de 60 g i.a/l, obtenido de la casa comercial Dow AgroSciences de México, S.A. de C.V.

Bioensayos. Para su realización se utilizaron larvas de segundo estadio de *S. frugiperda* y se empleó únicamente el insecticida antes citado a concentraciones de 1, 0.5, 0.05 y 0.005 mg/l. Cada concentración se dispersó en pequeñas gotas sobre cajas de Petri, empleando el método de contaminación por gota (Hughes y Wood, 1981). El insecticida se diluyó en agua destilada y se le agregó 0.001 % (p/v) de un colorante artificial verde (McCormick & Company Inc., Estados Unidos), para diferenciar la ingestión. Posteriormente, las larvas se transfirieron individualmente a una placa Multiwell Corning® de 24 celdas de 16.3 x 18 mm con tapa y provistas con dieta semisintética. Los bioensayos se mantuvieron bajo las mismas condiciones que la cría del insecto descrita arriba. Una placa se consideró como repetición, con un total de tres repeticiones por cada concentración. Como testigo se utilizaron larvas tratadas sólo con agua + colorante, tres placas por bioensayo.

El efecto de mortalidad sobre larvas se registró en periodos de 24 h durante ocho días. A los individuos que sobrevivieron a los tratamientos, se les dio seguimiento, registrando el tiempo de desarrollo de larvas y pupas, peso de pupas, proporción de sexos y fecundidad. El porcentaje de mortalidad de larvas y el peso de pupas se analizaron mediante un análisis de varianza (Anova) de una vía y se usó la prueba de las Diferencias Mínimas Significativas (DMS) para separación de medias. La longevidad de las larvas y pupas de individuos tratados se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis H, los percentiles 25 y 75 de cada mediana se obtuvieron de los descriptivos de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La proporción de sexos se analizó mediante la prueba G. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico IBM SPSS versión 12.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Spinetoram provocó una mortalidad larvaria en un rango de 14 a 100 %. La concentración de 1 mg provocó un incremento significativo de la mortalidad en comparación con el resto de los tratamientos ($F_{4,11} = 33.32$, $P < 0.001$). Las concentraciones intermedias (0.5 y 0.05 mg/l) no

difirieron estadísticamente (DMS, $P = 0.97$), pero ambas provocaron una mortalidad considerablemente mayor comparada con la concentración menor (0.005 mg/l) (DMS, $P < 0.01$). No se observaron diferencias entre ésta última y el testigo (Cuadro 1) (DMS, $P = 0.10$).

Cuadro 1. Prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS, $P = 0.05$) aplicada a las medias del porcentaje de mortalidad (\pm EE) de larvas de segundo estadio de *S. frugiperda* expuestas a distintas concentraciones de Spinetoram.

Concentración (mg i.a./l)	N	Porcentaje \pm EE
0	72	0.0 \pm 0.0 a
1	72	100.0 \pm 0.0 c
0.5	69	50.9 \pm 8.9 b
0.05	72	51.4 \pm 10.8 b
0.005	71	14.2 \pm 7.10 a

Valores con la misma letra no son significativamente distintos.

En México, las espinosinas se registraron para su uso principalmente contra lepidópteros plaga en 1998. Estas moléculas se han considerado como alternativas seguras para el medio ambiente y no tóxicas para mamíferos, aves, peces y varios insectos benéficos. En este estudio, una concentración de 1 mg i.a/l de Spinetoram provocó una mortalidad de 100 % en larvas de segundo estadio de *S. frugiperda*, mientras que 0.5 y 0.005 mg i.a/l ocasionaron una mortalidad de 51%, la cual fue ligeramente mayor a la observada por Méndez *et al.* (2002) con Spinosad, quienes determinaron una mortalidad de 31 % cuando las larvas del mismo estadio de *S. frugiperda* se expusieron a 0.5 ppm de insecticida. Hernández-Colorado (2013), determinaron que las larvas de tercer estadio de *S. frugiperda* fueron altamente susceptibles al Spinosad. Con la concentración de 0.39 mg l⁻¹ se logró obtener el 50 % de la mortalidad larvaria a las 48 h posteriores a la aplicación del tratamiento cuando el insecticida se aplicó sobre hojas de maíz. Osorio *et al.* (2008), evaluaron el efecto del Spinosad en larvas de tercer estadio de *Spodoptera exigua* y encontraron que una concentración 0.58 mg i.a/l incorporada a la dieta del insecto, produjo una mortalidad del 90 %. Como se señaló anteriormente, Spinetoram es un producto que puede ser más activo que Spinosad; sin embargo, este patrón puede diferir dependiendo del modo de aplicación y de la susceptibilidad entre las propias especies.

Efecto de Spinetoram sobre parámetros biológicos de *S. frugiperda*. Además de los efectos sobre la mortalidad ocasionados por las espinosinas en las larvas, también se ha registrado que pueden causar una reducción en la ganancia de peso de las mismas (Pineda *et al.*, 2006). Sin embargo, en el presente estudio no se observaron diferencias estadísticas entre los pesos de las pupas del testigo y las distintas concentraciones (intervalo de 0.1411 \pm 0.002 a 0.1498 \pm 0.004 g) ($F_{3, 171} = 2.45$, $P = 0.065$). En contraste, Yee y Toscano (1998) reportaron una disminución en el peso de las larvas de tercer y quinto estadios del gusano soldado *S. exigua*, expuestas a hojas de lechuga contaminadas con Spinosad. Este mismo efecto se observó en larvas neonatas de *Spodoptera littoralis* alimentadas con dieta semi-sintética mezclada con Spinosad (Pineda *et al.*, 2006). No se sabe con certeza la razón de este efecto aunque puede estar relacionado con la acción neurotóxica del insecticida. Es escasa la información acerca de la toxicidad de las espinosinas sobre el estado de pupa de los insectos; sin embargo, Pineda *et al.* (2004) también observaron que Spinosad no afectó a las pupas de *S. littoralis* cuando se trataron tópicamente. Posiblemente en este estudio, las larvas sobrevivientes a las concentraciones utilizadas Spinosad lograron alimentarse normalmente y esto se reflejó en una ganancia de peso similar a la que se registró en el testigo.

Por otro lado, la longevidad de las larvas y pupas se vio afectada con un incremento significativo con respecto al testigo (12.5 \pm 0.16 y 21.6 \pm 0.17, respectivamente) (Fig. 1). En el caso de las

larvas, no se observaron diferencias estadísticas entre las dos primeras concentraciones (0.5 y 0.05 mg), pero el tiempo de desarrollo fue menor en la concentración más baja (15.4 ± 0.22 días). Similarmente, en el caso de las pupas, no se observaron diferencias entre las dos primeras concentraciones, pero el tiempo de desarrollo con 0.05 mg (26.17 ± 0.64 días) no difirió de lo registrado en la concentración más baja (24.7 ± 0.30 días). Es evidente que un incremento en la duración del estado de larva es un efecto no deseable en el campo. Sin embargo, un efecto subletal también puede reflejarse en términos de mortalidad, reproducción o influir en la progenie (Gobbi *et al.*, 2000), lo cual podría provocar a su vez, una reducción de la plaga en las generaciones subsecuentes, y como consecuencia, un impacto negativo sobre la población del insecto.

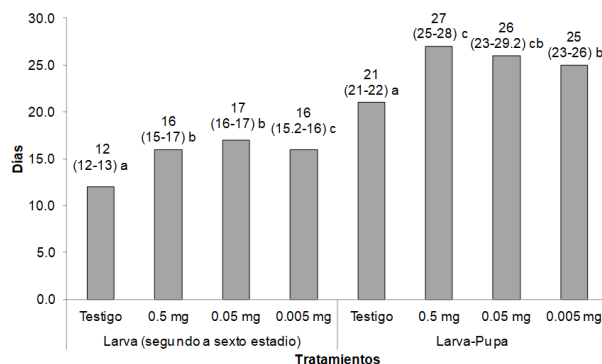


Figura 1. Medianas (percentiles 25 y 75) de la longevidad de larvas y larva-pupa de *S. frugiperda* de individuos tratados en segundo estadio con tres concentraciones de Spinetoram. Barras seguidas con la misma letra para cada estado de desarrollo no son significativamente distintas (Prueba de Kruskal-Wallis $H=112$, $P < 0.001$, para larvas; Prueba de Kruskal-Wallis $H=77.65$, $P < 0.001$, para pupas).

En relación a la proporción de hembras de *S. frugiperda* para las tres concentraciones de Spinetoram, hubo una ligera tendencia de incremento de hembras (de 52 a 60 %), pero sin un efecto entre tratamientos ($P > 0.43$ en todos los casos). La mayoría de estos valores concuerdan con otros estudios en donde la proporción de hembras de *S. frugiperda* osciló entre 42 y 64 % (Martínez *et al.*, 2003); sin embargo, son ligeramente más altos que los obtenidos por Huerta-Valdovinos (2015), quien determinó que en cuatro poblaciones distintas de *S. frugiperda* se la proporción de hembras 44 a 48 %. Es claro que para esta especie, una proporción balanceada de sexos puede considerarse una condición óptima para su reproducción.

Aunque la mediana de huevos por hembra de los individuos tratados con 0.05 [(386 (240-269.5))] y 0.005 mg/l [(295 (279-330))] de Spinetoram fue menor, no se observaron diferencias con respecto al testigo [362 (233-682)] y a la concentración 0.5 mg/l [406 (137-859)] (Prueba de Kruskal-Wallis $H = 0.5$, $P = 0.92$). Sin embargo, en un estudio paralelo (datos no publicados), se observó una disminución significativa de la producción de huevos de *S. frugiperda* en individuos expuestos como larvas a un rango de concentraciones menor al utilizado en el presente estudio (0.01 a 1.0 mg i.a/l). Debido a la importancia de este parámetro, es importante confirmar este resultado incrementando el número de parejas y el uso de distintos intervalos de concentraciones.

CONCLUSIÓN

Las larvas de *S. frugiperda* fueron altamente susceptibles al Spinetoram, pero este compuesto no afectó el peso de las pupas en los individuos sobrevivientes. La longevidad de las larvas y larva-pupa se vio afectada con un incremento con respecto al testigo. La proporción de sexos osciló entre 52 y 62 % y no se vio afectada por las concentraciones utilizadas. Asimismo, la producción de

huevos de los individuos sometidos a las concentraciones del insecticida fue similar que en el testigo.

AGRADECIMIENTOS

A la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el financiamiento del estudio.

LITERATURA CITADA

- Gobbi, A., Budia, F., Schneider, M., Del Estal, P., Pineda, S., y E. Viñuela. 2000. Acción del tebufenocida sobre *Spodoptera littoralis* (Boisduval), *Mythimna unipuncta* (Haworth) y *Spodoptera exigua* (Hübner). *Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas*, (26): 119-127.
- Hernández-Colorado, R. E. 2013. Efecto de un nucleopoliedrovirus en interacción con spinosad sobre la mortalidad larvaria y porcentaje de consumo de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 39 pp.
- Huerta-Valdovinos, F. 2015. Reproducción y desarrollo de poblaciones de campo del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), colectadas en cultivos de maíz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 36 pp.
- Hughes, P. R. and H. A. Wood. 1981. A synchronous per oral technique for the bioassay of insect viruses. *Journal of Invertebrate Pathology*, 37: 154-159.
- Martínez, A. M., Simón, O., Williams, T., and P. Caballero. 2003. Effect of optical brighteners on the insecticidal activity of a nucleopolyhedrovirus in three instars of *Spodoptera frugiperda*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 109: 139-146.
- Méndez, W. A., J-Valle, J., Ibarra, J. E., Cisneros, J., Penagos, D. I., and T. Williams. 2002. Spinosad and nucleopolyhedrovirus mixtures for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Biological Control*, 25: 195-206.
- Mendoza, R. J. L., Macias, J. C., y E. Cortez. 2003. Tecnología para mejorar la productividad del maíz en el norte de Sinaloa y su impacto económico. Folleto técnico No. 21. INIFAP-CIRNO-CEVAF. Los Mochis, Sinaloa, México. 37 pp.
- Mertz, F. P., and C. R. Yao. 1990. *Saccharopolyspora spinose* sp. nov. isolated from soil collected in a sugar mill rum still. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 40: 34-39.
- Osorio, A., Martínez, A. M., Schneider, M. I., Díaz, O., Corrales, J. L., Avilés M. C., and S. Pineda. 2008. Monitoring of beet armyworm resistance to Spinosad and Methoxyfenozide in Mexico. *Pest Management Science*, 64: 1001–1007.
- Pineda, S., Budia, F., Schneider, M.I., Gobbi, A., Viñuela, E., Valle, J., and P. Del Estal. 2004. Effects of two biorational insecticides, spinosad and methoxyfenozide, on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. *Journal of Economic Entomology*, 97: 1906-1911.
- Pineda, S., Smagghe, G., Schneider, M.I., Del Estal, P., Viñuela, E., Martínez, A. M., and F. Budia. 2006. Toxicity and pharmacokinetics of spinosad and methoxyfenozide to *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology*, 35 (4): 856-864.
- Schirmer, U., Jeschke P. and Y. M. Witschel. 2012. Modern crop protection. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Weinheim, Alemania.
- Yee, L. and C. Toscano. 1998. Laboratory evaluations of synthetic and natural insecticides on beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) damage and survival on lettuce. *Journal of Economic Entomology*, 91: 56-63.
- Zamora, M. C., Martínez, A. M., Nieto, M. S., Schneider, M.I., Figueroa, J. I., y S. Pineda. 2008. Actividad de algunos insecticidas biorracionales contra el gusano cogollero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(4): 351-357.