

Abono líquido e insecticidas para el control de *Spodoptera frugiperda* y rendimiento de maíz

Spodoptera frugiperda and corn yield control by liquid fertilizers and insecticides

Percy Díaz-Chuquizuta¹ ,
Edison Hidalgo-Melendez¹ ,
Oniel Jeremias Aguirre-
Gil² ,
Ofelia Andrea Valdés-
Rodríguez^{3*} 

¹Estación Experimental Agraria El Porvenir. Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Jr. Martínez de Compañón 1035, Tarapoto, CP. 22200. San Martín, Perú.

²Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho". Rua Quirino de Andrade 215, Sao Paulo, Brasil.

³El Colegio de Veracruz. Carrillo Puerto 26, Col Centro, CP 91000. Xalapa, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: dra.valdes.colver@gmail.com

Nota científica

Recibida: 14 de marzo 2022

Aceptada: 24 de octubre 2022

Como citar: Díaz-Chuquizuta P, Hidalgo-Melendez E, Aguirre-Gil OJ, Valdés-Rodríguez OA (2022) Abono líquido e insecticidas para el control de *Spodoptera frugiperda* y rendimiento de maíz. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 9(3): e3311. DOI: 10.19136/era.a9n3.3311

RESUMEN. El objetivo del estudio fue determinar la respuesta de *Spodoptera frugiperda* y el rendimiento del maíz ante aplicaciones de abono líquido de origen bovino (Biol) con insecticidas biológicos y sintéticos. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho tratamientos (control, Biol, *Beauveria bassiana*, aceite de Neem, Spinosad, Biol con *B. bassiana*, Biol con aceite de Neem y Biol con Spinosad). Se utilizó ANOVA y comparaciones de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para evaluar resultados. Los menores porcentajes de incidencia de *S. frugiperda* se obtuvieron con Spinosad ((20.40%) y Biol con Spinosad (12.87%); mientras que el control presentó una incidencia del 65.86% ($p < 0.05$). Los mayores rendimientos se obtuvieron con Biol, aceite de Neem, Biol con *B. bassiana* y Biol con aceite de Neem, con 8.15, 7.97, 7.52 y 7.37 t ha⁻¹, respectivamente ($p \geq 0.05$); el menor rendimiento se obtuvo al aplicar Biol con Spinosad ($p < 0.05$).

Palabras clave: Aceite de Neem, *Beauveria bassiana*, biol, Spinosad, *Zea mays*.

ABSTRACT. This study aims to determine the response of *Spodoptera frugiperda* and corn yield to the applications of bovine liquid fertilizer (Biol) mixed with biologic or synthetic insecticides. A complete randomized block design composed of eight treatments (control, Biol, *Beauveria bassiana*, Neem oil, Spinosad, Biol with *B. bassiana*, Biol with Neem oil, and Biol with Spinosad) was used. Data was analyzed by ANOVA and media comparisons by the Tukey method ($p \leq 0.05$). The lowest percentages of incidence of *S. frugiperda* were obtained with the application of Spinosad (20.40%) and Biol with Spinosad (12.87%), while the control had 65.86% of incidence ($p < 0.05$). The highest average corn yields were obtained with Neem oil, Biol, Biol with *B. bassiana*, and Biol with Neem oil, achieving 8.15, 7.97, 7.52, and 7.37 t ha⁻¹, respectively.

Key words: Neem oil, *Beauveria bassiana*, biol, Spinosad, *Zea mays*.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más importantes en la alimentación avícola, porcina y productos alimenticios para la nutrición humana, ubicándose en segundo lugar de importancia económica, con una producción mundial de 1 100 millones de toneladas métricas aproximadamente (García 2019, Sandhu y Irmak 2020). Pero la productividad actual no satisface la demanda de alimentos ante una población mundial en crecimiento (Bailey-Serres et al. 2019). En Perú, el maíz es el cultivo de agricultura familiar de mayor superficie sembrada, con 450 000 hectáreas actualmente; de las cuales cerca del 60% corresponde al amarillo duro con 198 563 unidades agropecuarias (Narro et al. 2022).

Los principales problemas de producción se atribuyen a pérdidas de fertilidad del suelo por las deficientes prácticas culturales que aceleran la disminución de la materia orgánica, lo que afecta las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Bolo et al. 2020). Adicionalmente, el precio de los fertilizantes minerales hace que se incremente el costo de producción de los cultivos haciéndolos inviables para los pequeños productores, lo que les limita para poder realizar una adecuada nutrición al cultivo (García-Gonzales et al. 2020).

El déficit nutricional hace que las plantas se debiliten y reduzcan su crecimiento, mientras que el exceso de nutrientes puede disminuir la producción de lignina y hacer plantas más suculentas, lo que se relaciona con una baja resistencia a enfermedades (Sieiro et al. 2020). Se ha documentado también que la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados puede aumentar la tolerancia de las plagas a los insecticidas, lo que provoca un mayor uso de los mismos en todo el mundo (Hu et al. 2022).

Por lo tanto, es necesario considerar el uso y manejo de abonos orgánicos, por ser una alternativa sostenible para mejorar la productividad agrícola mediante la incorporación de nutrientes, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg); así como fitohormonas, ácidos húmicos, fúlvicos y microorganismos benéfi-

cos para el suelo (Ayil-Gutiérrez et al. 2018). Lo cual contribuye con el crecimiento vegetal, el uso eficiente de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico, y mejora los parámetros de calidad de las cosechas y la protección frente a plagas y enfermedades al estimular la producción de metabolitos secundarios (Espinosa-Antón et al. 2020, Beyer et al. 2021, Ramírez-Gerardo et al. 2021). Por otro lado, el insecto *Spodoptera frugiperda*, conocido como gusano cogollero, es una de las plagas más importantes del cultivo de maíz en América Latina (Pérez et al. 2019). Su éxito de propagación se debe a que en un solo ciclo de cultivo, pueden haber más de dos generaciones (Ramírez-Cabral et al. 2020). El daño foliar que ocasiona puede reducir el rendimiento de grano en 15.5% en maíces tolerantes y 32.9% en maíces susceptibles (Reséndiz et al. 2018, Pérez et al. 2019, Huanuqueño et al. 2021). Para controlar la infestación que ocasiona *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz los agricultores utilizan el control químico como única alternativa (Pérez et al. 2019).

No obstante, el uso de insecticidas sintéticos en la agricultura ocasiona un desequilibrio ambiental al contaminar suelo y agua (Hernández-Trejo et al. 2022). Por lo que deben implementarse alternativas de manejo agroecológico para esta plaga (Harrison et al. 2019, Pérez et al. 2019). Estas alternativas pueden incluir el uso de insecticidas botánicos (Ayil-Gutiérrez et al. 2018), biológicos (Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty et al. 2021) y los bioles. Los bioles se consideran excelentes abonos foliares, que estimulan la resistencia contra el ataque de insectos y enfermedades y reemplazan en gran parte a los fertilizantes químicos (Jiménez-Esparza et al. 2019). Ante esta situación, se plantea que las mezclas de abono líquido de origen bovino (Biol) con insecticidas de origen biológico y sintético tienen un efecto positivo sobre el control de *S. frugiperda* y el rendimiento del maíz amarillo en un sistema de producción pequeño o familiar. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue determinar la respuesta de la mezcla de Biol con insecticidas de origen vegetal, biológico y sintético en el control de *S. frugiperda* y el rendimiento del cultivo de maíz amarillo duro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El estudio se realizó en la Estación Experimental Agraria El Porvenir (EEA El Porvenir), localizada a 76° 18' 46" LO y 6° 35' 28" LS, con altura sobre el nivel del mar de 232 m, provincia de San Martín, distrito de Juan Guerra, Perú. El clima se considera bosque seco tropical (Bs-T) de acuerdo con la clasificación de Holdridge (Aybar-Camacho y Lavado-Casimiro 2017). Los datos meteorológicos fueron tomados de la estación meteorológica de la EEA El Povenir. Para conocer las características del suelo se colectaron sub muestras de 10 puntos al azar en zigzag, con un barreno en "T" de 50 cm, las cuales se homogenizaron para extraer una muestra de 1 kg que se llevó al laboratorio de Suelos, Agua y Foliar de la EEA El Porvenir para determinar los siguientes parámetros: textura de suelo (mediante el método del hidrómetro), pH (mediante potenciómetro en suspensión suelo agua relación 1:2.5), conductividad eléctrica (mediante conductímetro en suspensión suelo agua relación 1:2.5); P disponible (método de Olsen modificado $\text{NaHCO}_3 = 0.5 \text{ M}$, pH 8.5), K intercambiable (estimado con el método de $(\text{NH}_4)\text{CH}_3 - \text{COOH} = 1\text{N}$, pH 7 Absorción Atómica), materia orgánica y N (mediante el método de Walkley y Black).

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron abono líquido bovino (Biol) (144 L ha^{-1}), *Beauveria bassiana* (3 kg ha^{-1} , concentración de conidios de $4.6 \times 10^{10} \text{ g}^{-1}$), aceite de Neem (300 mL ha^{-1}), Spinosad (100 mL ha^{-1}), mezclas de Biol (144 L ha^{-1}) + *B. bassiana* (3 kg ha^{-1}), Biol (144 L ha^{-1}) + aceite de Neem (300 mL ha^{-1}), Biol (144 L ha^{-1}) + Spinosad (100 mL ha^{-1}) y un control (sin aplicación de sustancia alguna).

Siembra y aplicación de tratamientos

Se utilizó semilla de la variedad de maíz amarillo duro Marginal 28-T (registro N° 036 INIPA) generada por la EEA El Porvenir. La siembra se

realizó en los meses de enero a junio del año 2020, por tener mayor presencia de lluvias. Se colocaron tres semillas por punto de siembra a profundidad de 5 cm aproximadamente. El distanciamiento entre líneas y entre plantas fue de 0.8 y 0.4 m, respectivamente. Las plantas excedentes se eliminaron a los 20 días después de la siembra, quedando dos plantas por punto de siembra, para una densidad de población de $62\,500 \text{ plantas ha}^{-1}$. Cada parcela tenía un área de 16 m^2 (5.0 m de largo, 3.2 m de ancho). La aplicación de los tratamientos se realizó dos veces, con un pulverizador costal, cuando las larvas de *S. frugiperda* se encontraban en segundo instar (25 y 35 días después de la siembra).

Manejo del cultivo

El control de malezas se realizó con herbicida glifosato a dosis de 2 L ha^{-1} . Antes de la cosecha, se realizaron dos controles manuales de malezas. Se realizaron cuatro riegos por inundación a todos los tratamientos. La cosecha de las dos líneas internas de los bloques se realizó de forma manual cuando el maíz se encontraba en madurez fisiológica (120 días).

Parámetros evaluados

La evaluación del porcentaje de incidencia de *S. frugiperda* se realizó antes y después de la aplicación de los tratamientos, 25 y 36 días después de la siembra, respectivamente. El porcentaje de incidencia se obtuvo mediante el registro del número de plantas en los surcos de las parcelas centrales con presencia de daño reciente y el total de plantas evaluadas. La medición se realizó en los surcos centrales de la parcela. La eficacia se calculó con la fórmula de Henderson y Tilton empleada por Dadther-Huaman *et al.* (2020), utilizada cuando la infestación inicial (o densidad inicial) de la plaga es heterogénea entre las unidades de observación empleadas en el ensayo. $PE_{HT} = 100 \times (1 - (N_t \times N'_0 / N_0 \times N'_t))$; donde PE_{HT} es el porcentaje de eficiencia de Henderson - Tilton, N_t es la infestación o densidad relativa de la plaga en la unidad de observación en la que se evalúa el pesticida a t días después de la aplicación, N_0 es la infestación o densidad relativa de la plaga

en la unidad de observación del ensayo en la que se evalúa el pesticida inmediatamente antes de su aplicación, N'_0 es la infestación o densidad relativa de la plaga en la unidad de observación control o testigo antes de las aplicaciones, y N'_t es la infestación o densidad relativa de la plaga en la unidad de observación control o testigo (en las que no se ha realizado aplicación) el día t después de las aplicaciones.

Para calcular el rendimiento de grano (RG) en $t \text{ ha}^{-1}$ se aplicó la fórmula $RG = PCC \times MS \times G \times FC \times 1.14$, donde PCC es el peso (kg) de campo corregido del total de las mazorcas cosechadas en la parcela, MS es el porcentaje de materia seca calculado con base en la muestra de grano de cinco mazorcas recién cosechadas, G es el porcentaje de grano obtenido como el cociente entre el peso de grano y el de mazorca, FC es el factor de conversión para extrapolar el rendimiento en el tamaño de la parcela útil (7.68 m^2) a 1.0 ha , y 1.14 es el factor para pasar el rendimiento de materia seca de grano a rendimiento con 14% de humedad comercial (Alonso-Sánchez et al. 2020, Huanuqueño et al. 2021).

El peso de campo se corrigió con la fórmula $PCC = [(PI - (0.3 \cdot PI) / PCP) + 0.3] \cdot PC$. Donde PCC es el peso de campo corregido (kg), PI es el número de puntos de siembra por parcela, PCP es el número de plantas cosechadas por parcela, 0.3 es el factor de corrección de fallas por pérdida de plantas por parcela y PC es el peso de campo (kg).

Análisis de datos

Los análisis estadísticos se ejecutaron con el software R para Windows v. 4.1.0. La normalidad se determinó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Levene se usó para determinar la homogeneidad de varianzas ($p \leq 0.05$). Los datos se analizaron mediante ANOVA unidireccional, seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones edafoclimáticas

Durante el experimento la temperatura media fue de $26.00 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1.36 \text{ }^\circ\text{C}$ y la humedad atmosférica

de $85.40 \pm 5.83\%$, siendo adecuadas para el maíz amarillo duro, al promover mayor crecimiento celular y producción de materia seca bajo estas condiciones (INIA 2020). La precipitación acumulada fue de 548.10 mm , que está dentro del rango de 500 a 800 mm necesario durante el ciclo del maíz para alcanzar rendimientos cercanos a las 9.10 t ha^{-1} (Inzunza-Ibarra et al. 2018, Alonso-Sánchez et al. 2020). Se registraron dos puntos altos de precipitación, 47.10 mm a los cuatro días después de la siembra y 52.80 mm en inicio de antesis, siendo favorables para el maíz, ya que una precipitación menor a 40 mm durante la antesis reduce el rendimiento del grano hasta en 40% (Mendoza-Pérez et al. 2016, Greaves y Wang 2017). De acuerdo con el laboratorio de suelo, agua y foliar, el suelo tiene un pH ligeramente ácido (5.95), nivel de salinidad despreciable (0.30 dS m^{-1}), contenido medio de fósforo (10.80 ppm), bajo contenido de potasio intercambiable (56.70 ppm), contenido medio de materia orgánica (2.37%) y nitrógeno (0.12%), y textura franco arcillosa. En relación con la acidez del suelo, el rango óptimo de pH para el cultivo de maíz está entre 5.50 a 6.50 , donde existe disponibilidad de la mayoría de los nutrientes para sus procesos fisiológicos (INIA 2020). Mientras que la salinidad no fue una limitante, debido a que el maíz tolera hasta 2 dS m^{-1} , por lo que los resultados indican que el suelo fue adecuado para el crecimiento del maíz (Sangoquiza et al. 2021).

Para *S. frugiperda* las condiciones ambientales también fueron favorables, por presentarse temperatura media y humedad atmosférica dentro de los $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ y $80 \pm 5\%$, respectivamente; ya que estas condiciones permiten tener mayor cantidad de generaciones durante el año.

Tratamientos y control de *S. frugiperda*

La incidencia de *S. frugiperda* fue diferente entre tratamientos ($F = 12.38$, $df = 7$, $\text{total} = 21$, $p < 0.001$). Los menores porcentajes de incidencia se obtuvieron con la combinación de Biol más Spinosad y Spinosad solo, que fueron estadísticamente diferentes al aceite de Neem solo y al control (Tabla 1). La eficiencia de control de *S. frugiperda* ($F = 13.10$, $df = 7$, $\text{total} = 21$, $p < 0.001$) fue mayor

cuando se utilizó Biol con Spinosad y Spinosad solo, respectivamente; asimismo, estos tratamientos fueron estadísticamente superiores al Biol con aceite de Neem, aceite de Neem solo y el control. La mayor eficiencia del Spinosad se puede atribuir a que actúa por vía oral o por contacto, ocasionando problemas digestivos y de alimentación a las larvas, que mueren dentro de 24 horas (Morales et al. 2013) o disminuyen su desarrollo (Okuma et al. 2018). Mientras que, otros insecticidas, como el Lufenuron no se recomiendan por generar una resistencia genética (Nascimento et al. 2016). El Spinosad tiene eficacia comprobada en control de insectos de la Familia Noctuidae, reportando hasta un 88% de eficacia en concentraciones de 120 g L⁻¹ contra larvas de *S. frugiperda* (Pérez et al. 2019). También se reporta que el Spinosad tiene mayor toxicidad para atacar plagas y menor toxicidad para insectos benéficos (Kranthi 2021).

Tabla 1. Valores promedio de variables incidencia y eficiencia de cada tratamiento usado en el control de *Spodoptera frugiperda*.

| Tratamientos | Incidencia (%) | Eficiencia (%) |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Biol | 32.05 ^{bc} | 41.49 ^{bc} |
| Biol + Aceite de Neem | 35.94 ^{bc} | 32.45 ^c |
| Biol + <i>Beauveria bassiana</i> | 35.6 ^{bc} | 35.41 ^{bc} |
| Aceite de Neem | 46.09 ^{ab} | 15.89 ^{cd} |
| Spinosad | 20.40 ^{cd} | 64.47 ^{ab} |
| <i>Beauveria bassiana</i> (Bb) | 32.6 ^{bc} | 39.91 ^{bc} |
| Biol + Spinosad | 12.87 ^d | 75.97 ^a |
| Control | 56.29 ^a | 0.00 ^d |

Valores promedios con letras distintas es una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD, $p \leq 0.05$).

Por otro lado, al comparar los tratamientos solos y en mezclas con el abono líquido, destaca que la combinación de Biol con Aceite de Neem fue 16.56% más eficiente que el aceite de Neem solo, aunque ambos fueron estadísticamente similares (Tabla 1), del mismo modo el Biol con Spinosad fue 11.5% más efectivo que el Spinosad solo, aunque ambos fueron estadísticamente similares. Estos resultados pueden deberse a que el Biol aportó nutrientes a las plantas, lo que a su vez incrementó su resistencia a las plagas (Das et al. 2017). Mientras que la baja eficacia de *B. bassiana* se atribuye a que las larvas de *S. frugiperda* fueron menos susceptibles por encontrarse en el segundo instar al momento

de la aplicación de los tratamientos. Al respecto, Valverde et al. (2020) reportan que en los estadíos larvales cinco y seis de *S. frugiperda* el tratamiento con *Beauveria bassiana* mostró eficacia del 100%, decayendo su eficacia para los primeros instares larvales. La menor eficiencia con el aceite de Neem posiblemente se deba a que la azadiractina actúa como disuasivo de la alimentación para *S. frugiperda* (Montenegro et al. 2018). Esto posiblemente se debe a la destrucción de la estructura del intestino medio, como ocurre con *S. litura* (Shu et al. 2018). Por lo que la azadiractina no provoca mortalidad rápida, pero sí afecta la alimentación, el crecimiento, la metamorfosis, longevidad y fecundidad de los insectos (Figueroa et al. 2019), lo que en subsecuentes muestreos podría haberse observado, de haberse realizado estos.

Tratamientos y rendimiento del maíz

Los tratamientos con Spinosad y Biol con Spinosad tuvieron los valores más bajos en peso de mazorca y rendimiento (Tabla 2) después del control. El peso de mazorca fue diferente entre tratamientos ($F = 325.04$, $df = 7$, $total = 21$, $p < 0.001$), con 196 y 185 g, en los tratamientos que utilizaron Neem y Biol, respectivamente; siendo estos dos estadísticamente similares ($p > 0.05$). Asimismo, el rendimiento promedio fue diferente entre tratamientos ($F = 110.99$, $df = 7$, $total = 21$, $p < 0.001$), con 8.15, 7.97, 7.52 y 7.37 t ha⁻¹ para Biol, Neem, Biol con *B. bassiana* y Biol con Neem, respectivamente, siendo estos cuatro estadísticamente similares ($p > 0.05$).

En relación con el Biol y el aceite de Neem, los resultados demuestran que estos compuestos son suficientes para alcanzar los mayores rendimientos de maíz amarillo duro bajo un sistema de producción familiar. Esto se puede explicar debido a que el aceite de Neem puede contener 1.1% de nitrógeno, 2.0% de fósforo y 1.1% de potasio (Ibrahim et al. 2018), por lo que aporta nutrientes al cultivo de maíz. Otras investigaciones reportan que el aceite de Neem aumenta la altura del maíz (Gutiérrez-García et al. 2010), lo que sugiere una estimulación del crecimiento. En el caso del Biol, el efecto positivo se puede explicar por los nutrientes por contener 0.01% de nitrógeno, 39.40% de fósforo, 0.15% de potasio, 0.40% de zinc

Tabla 2. Valores promedio de variables de rendimiento de cada tratamiento usado en el control de *Spodoptera frugiperda*.

| Tratamientos | Peso de mazorca (g) | Rendimiento (t ha ⁻¹) |
|---------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Biol | 185.00 ^{ab} | 8.15 ^a |
| Biol + Aceite de Neem | 176.51 ^b | 7.37 ^a |
| Biol + Beauveria bassiana | 180.47 ^b | 7.52 ^a |
| Neem | 196.00 ^a | 7.97 ^a |
| Spinosad | 141.14 ^d | 6.27 ^b |
| Beauveria bassiana (Bb) | 153.44 ^c | 6.47 ^b |
| Biol + Spinosad | 90.81 ^e | 4.19 ^c |
| Control | 76.99 ^f | 3.18 ^d |

Valores promedios con letras distintas es una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD, $p \leq 0.05$).

y metabolitos secundarios producto de la digestión anaeróbica del estiércol bovino (Das et al. 2017, García-Gonzales et al. 2020), que al alcanzar el suelo promueve la actividad microbiana nativa, el reciclaje de nutrientes y mejora sus propiedades químicas, lo cual es aprovechado por las raíces del maíz (Epelde et al. 2018).

Sin embargo, es importante destacar que el Spinosad, tanto individualmente como en combinación con Biol, proporciona menores pesos de mazorca y rendimiento del maíz. En este caso, se sugiere que el Spinosad afecta de forma negativa la actividad de los microorganismos contenidos en el Biol y también los microorganismos nativos cuando llega al suelo, dificultando la absorción de nutrientes por parte del maíz, ya que la exposición a plaguicidas influye en la diversidad bacteriana del suelo (Chang et al. 2021). Se reporta un efecto significativo de Spinosad a dosis recomendadas de 200 ml ha⁻¹, sobre comunidades bacterianas, las lombrices de tierra y otros microorganismos, afectando su crecimiento y proliferación hasta en un 70%, aun después de recibir dosis por debajo de la recomendada (Sekulić et al

2020, De Bernardi et al. 2022).

La aplicación de aceite de Neem, y abonos de origen animal (Biol) son alternativas viables para incrementar el rendimiento, garantizar la seguridad alimentaria y reducir la dependencia de insumos externos de alto costo en los sistemas de producción familiar de maíz. La aplicación de Spinosad solo o mezclado con Biol puede controlar la incidencia de larvas de segundo instar de *Spodoptera frugiperda*, pero su uso reduce el rendimiento del grano del maíz amarillo duro. Mientras que la aplicación de aceite de Neem y Biol, aunque tienen menor eficiencia de control contra *S. frugiperda*, permiten alcanzar los más altos rendimientos.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo técnico del Programa Nacional de Investigación de Maíz de la Estación Experimental Agraria El Porvenir: Melbin Mendoza Paredes, Pedro Mendoza Paredes, Marco Tenazoa Flores y Jorge Torres Paredes.

LITERATURA CITADA

- Alonso-Sánchez H, Tadeo-Robledo M, Espinosa-Calderón A, Zaragoza-Esparza J, López-López C (2020) Productividad del agua y rendimiento de maíz bajo diferente disponibilidad de humedad. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11: 1005-1016.
- Aybar-Camacho C, Lavado-Casimiro W (2017) Atlas de zonas de vida del Perú: guía explicativa. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Nota Técnica N° 003. Lima, Peru. 27p.
- Ayil-Gutiérrez BA, Sánchez-Teyer LF, Vazquez-Flota F, Monforte-González M, Tamayo-Ordóñez Y, Tamayo-Ordóñez MC, Rivera G (2018) Biological effects of natural products against *Spodoptera* spp. Crop Protection

114: 195-207.

- Bailey-Serres J, Parker JE, Ainsworth EA, Oldroyd GED, Schroeder JI (2019) Estrategias genéticas para mejorar el rendimiento de los cultivos. *Naturaleza* 575: 109-118.
- Beyer A, Taype E, Joyo G (2021) Abonos orgánicos y niveles de materia orgánica bajo condiciones de invernadero en Ica, Perú. *Aporte Santiaguino* 14: 21-30.
- Bolo J, Reynoso A, Cosme R, Arone G, Calderón C (2020) La aplicación combinada de abonos orgánicos mejora las propiedades físicas del suelo asociado al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Scientia Agropecuaria* 11: 401-408.
- Chang X, Sun Y, Zhao L, Li X, Yang S, Weng L, Li Y (2021) La exposición a fomesafen altera la microbiota intestinal y la fisiología de la lombriz de tierra *Pheretima guillelmi*. *Quimiosfera* 284: 131290. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.131290.
- De Bernardi A, Marini E, Casucci C, Tiano L, Marcheggiani F, Ciani M, Comitini F, Taskin E, Puglisi E, Vischetti C (2022) Ecotoxicological effects of a synthetic and a natural insecticide on earthworms and soil bacterial community. *Environmental Advances* 8: 100225. DOI: 10.1016/j.envadv.2022.100225.
- Dadther-Huaman H, Machaca-Paccara A, Quispe-Castro R (2020) Eficacia de nueve métodos de control de *Oregmomyza peruviana* (Granara de Willink & Diaz) (Hemiptera: Coccoidea: Eriococcidae) en *Vitis vinifera* L. 'Negra Criolla' y 'Quebranta'. *Scientia Agropecuaria* 11: 95-103.
- Das S, Jeong ST, Das S, Kim PJ (2017) Composted cattle manure increases microbial activity and soil fertility more than composted swine manure in a submerged rice paddy. *Frontiers in Microbiology* 8: 1702. DOI: 10.3389/fmicb.2017.01702.
- Epelde L, Jauregi L, Urra J, Ibarretxe L, Romo J, Goikoetxea I, Garbisu C (2018) Characterization of composted organic amendments for agricultural use. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2: 44. DOI: 10.3389/fsufs.2018.00044.
- Espinosa-Antón A, Hernández-Herrera R, González González M (2020) Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biología Vegetal* 20: 257-282.
- Figueroa AM, Castro EA, Castro HT (2019) Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Acta Biológica Colombiana* 24: 58-66.
- García-Gonzales E, Díaz-Chuquizuta P, Hidalgo-Meléndez E, Aguirre OJ (2020) Respuesta del cultivo de maíz a concentraciones de estiércol bovino digerido en clima tropical húmedo. *Manglar* 17: 203-208.
- García M (2019) Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *accharum officinarum* L. (Poaceae) "caña de azúcar", *Zea mays* L. (Poaceae) "maíz" y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) "espárrago" en el valle Chicama, Perú. *Arnaldoa* 26: 793-814.
- Greaves GE, Wang YM (2017) Effect of regulated deficit irrigation scheduling on water use of corn in southern Taiwan tropical environment. *Agricultural Water Management* 188:115-125.
- Gutiérrez-García SC, Sánchez-Escudero J, Pérez-Domínguez JF, Carballo-Carballo A, Bergvinson D, Aguilera-Peña MM (2010) Efecto del nim en el daño ocasionado por el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en tres variables agronómicas de maíz resistente y susceptible. *Acta Zoológica Mexicana* 26: 1-16.
- Harrison DR, Thierfelder C, Baudron F, Chinwada P, Midega C, Schaffner U, Van den Berg J (2019) Agroecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: Providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest. *Journal of Environmental Management* 243: 318-330.

- Hernández-Trejo A, López-Santillán JA, Estrada-Drouaillet B, Reséndiz-Ramírez Z, Varela-Fuentes SE, Coronado-Blanco JM, Malvar RA (2022) Maize tolerance to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) leaf damage and insecticide application. *Agro Productividad* 15: 23-31.
- Hu L, Sun Z, Xu C, Wang J, Mallik AU, Gu C, Chen D, Lu L, Zeng R, Song Y (2022) High nitrogen in maize enriches gut microbiota conferring insecticide tolerance in lepidopteran pest *Spodoptera litura*. *iScience* 25: 103726. DOI: 10.1016/j.isci.2021.103726.
- Huanuqueño E, Tió G, Romero C, Joyo G, Hinojosa Y (2021) Fluctuación poblacional de insectos plaga y su relación con el rendimiento de grano en 16 genotipos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en el distrito de Campo Verde, Ucayali, Perú. *Revista Chilena de Entomología* 47: 625-637.
- Huanuqueño H, Zolla G, Jimenez J (2021) Selección de líneas S1 de maíz morado reventón basado en el análisis de segregación de caracteres de valor. *Scientia Agropecuaria* 12: 535-543.
- Ibrahim D, Danmalam AA, Salihu AI, Jajere UM (2018) Influence of locally sourced additives on Neem plant organic fertilizer quality in Samaru, Zaria, Kaduna State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 22: 1167-1170.
- INIA (2020) Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú. 139p.
- Inzunza-Ibarra M, Villa-Castorena MM, Catalán-Valencia EA, López-López R, Sifuentes-Ibarra E (2018) Rendimiento de grano de maíz en déficit hídrico en el suelo en dos etapas de crecimiento. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41: 283-290.
- Jiménez-Esparza LO, Decker-Campuzano FE, González-Parra MM, Mera-Andrade R (2019) Abonos orgánicos una alternativa en el desarrollo de cormos de orito (*Musa acuminata* AA). *Journal of the Selva Andina Biosphere* 7: 54-62.
- Kranthi KR (2021) La retención de yemas florales de aparición temprana sentará bases firmes para el manejo del gusano rosado de la cápsula en India. *The ICAC Recorder* 39: 52-60.
- Kuzhuppillymyal-Prabhakaranakutty L, Ferrara-Rivero FH, Tamez-Guerra P, Gómez-Flores R, Rodríguez-Padilla MC, Ek-Ramos MJ (2021) Effect of *Zea mays-Beauveria bassiana* seed treatment on *Spodoptera frugiperda*. *Applied Sciences* 11: 2887. DOI: 10.3390/app11072887.
- Mendoza-Pérez C, Sifuentes-Ibarra E, Ojeda-Bustamante W, Macías-Cervantes J (2016) Respuesta del maíz regado por gravedad al riego deficitario controlado. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* 8: 29-40.
- Montenegro IJ, Del Corral S, Diaz GN, Carpinella MC, Mellado M, Madrid AM, Villena J, Palacios SM, Cuellar MA (2018) Antifeedant effect of polygodial and drimenol derivatives against *Spodoptera frugiperda* and *Epilachna paenulata* and quantitative structure-activity analysis. *Pest Management Science* 74: 1623-1629.
- Morales J, Muñoz L, Rodríguez D, Cantor F (2013) Acción combinada de feromona sexual y de avispa *Apanteles gelechiidivoris* para el control de *Tuta absoluta* en cultivos de tomate bajo invernadero. *Acta Biológica Colombiana* 19: 175-184.
- Narro LA, Chávez A, Jara TW, Narro TP, Medina AE, Cieza I, Díaz P, Alvarado R, Escobal F (2022) Tecnologías disponibles para incrementar la producción de maíz en Perú. *Avances en Ciencias e Ingenierías* 14(1). DOI: 10.18272/aci.v14i1.2507.
- Nascimento A, Farias J, Bernardi D, Horikoshi R, Omoto C (2016) Genetic basis of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to the chitin synthesis inhibitor lufenuron. *Pest Management Science* 72: 810-815.

- Okuma DM, Bernardi D, Horikoshi RJ Bernardi O, Silva AP, Omoto C (2018) Inheritance and fitness costs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to Spinosad in Brazil. *Pest Management Science* 74: 1441-1448.
- Pérez E, Neira M, Calderón C (2019) Alternativas ecológicas en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria* 10: 541-550.
- Ramírez-Cabral N, Medina-García G, Kumar L (2020) Increase of the number of broods of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) as an indicator of global warming. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 19(1): 1-16. DOI: 10.5154/r.rchsza.2020.11. 0.
- Ramírez-Gerardo MG, Vázquez-Villegas S, Méndez-Gómez GI, Mejía-Carranza J (2021) Caracterización de abonos orgánicos aplicados a cultivos florícolas en el sur del Estado de México. *CienciaUAT* 16(1): 150-161.
- Reséndiz Z, López JA, Estrada B, Osorio E, Pecina JA, Mendoza MC, Reyes CA (2018) Aptitud combinatoria y resistencia al daño foliar de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en germoplasma de maíz nativo de Tamaulipas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9: 81-93.
- Sandhu R, Irmak S (2020) Performance assessment of hybrid-maize model for rainfed, limited and full irrigation conditions. *Agricultural Water Management* 242: 106402. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106402.
- Sangoquiza CA, Viera Y, Yáñez CF, Zambrano JL (2021) Efecto del estrés salino sobre el crecimiento de plántulas de maíz variedad "Tayuyo" en condiciones *in vitro*. *Centro Agrícola* 48: 14-23.
- Sekulić J, Stojanović M, Trakić T, Popović F, Tsekova R (2020) Effects of the Modern Biorational Insecticide Spinosad on the Earthworm *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Annelida: Clitellata). *Acta Zoologica Bulgarica* 15: 71-77.
- Shu B, Zhang J, Cui G, Sun R, Yi X, Zhong G (2018) Azadirachtin affects the growth of *Spodoptera litura* Fabricius by inducing apoptosis in larval midgut. *Frontiers in Physiology* 89: 153-168.
- Sieiro GL, González AN, Rodríguez EL, Rodríguez M (2020) Efecto de los macroelementos primarios en la susceptibilidad a enfermedades. *Centro Agrícola* 47: 66-74.
- Valverde A, Cornejo A, Carbajal K, Cordova HV, Jacobo S (2020) Importancia de los entomopatógenos en el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* (Smith) en el cultivo del maíz morado. *REBIOL* 42: 206-217.