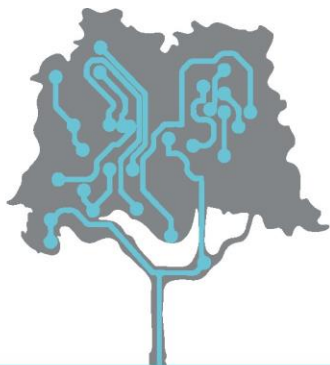




Red de Investigación Estudiantil de la Universidad del Zulia
Revista Venezolana de Investigación Estudiantil

REDIELUZ

Sembrando la Investigación Estudiantil

Vol. 15 N° 1

Enero - Junio 2025



ISSN: 2244-7334
Depósito Legal: pp201102ZU3769



VAC

Universidad del Zulia
Vicerrectorado Académico

APLICACIÓN DE NEKATE: UNA SOLUCIÓN INNOVADORA Y SOSTENIBLE PARA EL CONTROL DE LARVAS DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA* EN LA AGRICULTURA MODERNA

Nekate application: an innovative and sustainable solution for controlling *Spodoptera frugiperda* larvae in modern agriculture

Luis Cagua-Montaña¹, Betty Pazmiño-Gómez¹, Milena Acosta Farías²,

Alfonso Jiménez-Gurumendi¹, Denisse Paola Reyes Malavé¹, Valeria

Orozco-Siranaula¹, Job Andrade-Ávila³

¹Universidad Estatal de Milagro, ²Universidad Técnica Estatal de Quevedo,

³Unidad Educativa Santa Teresita del Niño Jesús, Ecuador.

<https://orcid.org/0000-0002-5084-14601>,

lcaguam@unemi.edu.ec

RESUMEN

El efecto insecticida y acaricida de la aplicación de NEKATE a partir de extracto de hojas Neem, canela, ajo, ají, té verde, ortiga, tomillo y orégano, utilizada como alternativa sostenible al uso de insecticidas sintéticos en el control de *Spodoptera frugiperda*, los métodos de control de plagas más seguros y ecológicos ha cobrado relevancia ante los efectos adversos de los pesticidas químicos sobre el medio ambiente y la salud humana. En este contexto, NEKATE se perfila como una alternativa prometedora para el manejo de *Spodoptera frugiperda*, una plaga altamente destructiva que genera pérdidas económicas significativas en la agricultura. Esta especie, además, ha desarrollado una notable resistencia a los insecticidas convencionales, lo que dificulta su manejo dentro de programas de control integrado de plagas. La importancia del NEKATE radica en la presencia de azadiractina, su compuesto activo principal, reconocido por sus propiedades insecticidas, repelentes y reguladoras del crecimiento de insectos. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia del extracto sobre larvas de *S. frugiperda*. La metodología incluyó la recolección de larvas, la preparación del extracto acuoso, la caracterización fitoquímica mediante screening preliminar y la evaluación de la eficacia insecticida utilizando cromatografía líquida de alta resolución con detección ultravioleta (HPLC-UV). Los resultados indicaron que el tratamiento T1, correspondiente a una concentración del 75% de extracto acuoso, alcanzó la mayor eficacia con una mortalidad del 66,67% de las larvas a las 80

horas postratamiento. En comparación, los tratamientos T2 (50%) y T3 (25%) presentaron tasas de mortalidad significativamente menores, de 24,7% y 11,13% respectivamente. Estos hallazgos sugieren que concentraciones elevadas del extracto, podrían constituir a una herramienta eficaz y sostenible en el manejo de *S. frugiperda*, reduciendo así la dependencia de insecticidas sintéticos.

Palabras clave: Azadiractina, Azadirachta indica, control biológico, *Spodoptera frugiperda*, manejo fitoquímico.

ABSTRACT

The insecticidal and acaricidal effects of applying NEKATE (an extract of neem leaves, cinnamon, garlic, chili, green tea, nettle, thyme, and oregano) are used as a sustainable alternative to synthetic insecticides for controlling *Spodoptera frugiperda*. These are the safest and most environmentally friendly pest control methods. NEKATE is emerging as a promising alternative for managing *Spodoptera frugiperda*, a highly destructive pest that causes significant economic losses in agriculture. This species has also developed a notable resistance to conventional insecticides, making it difficult to manage within integrated pest management programs. The importance of NEKATE lies in the presence of azadirachtin, its main active compound, recognized for its insecticidal, repellent, and insect growth-regulating properties. The present study aimed to evaluate the extract's efficacy on *S. frugiperda* larvae. The methodology included larval collection, preparation of the aqueous extract, phytochemical characteri-

zation through preliminary screening, and evaluation of insecticidal efficacy using high-performance liquid chromatography with ultraviolet (HPLC-UV) detection. The results indicated that treatment T1, corresponding to a 75% aqueous extract concentration, achieved the highest efficacy, with 66.67% larval mortality at 80 hours post-treatment. In comparison, treatments T2 (50%) and T3 (25%) had significantly lower mortality rates, at 24.7% and 11.13%, respectively. These findings suggest that high concentrations of the extract could constitute an effective and sustainable tool for managing *S. frugiperda*, thus reducing dependence on synthetic insecticides.

Keywords: Azadirachtin, *Azadirachta indica*, biological control, *Spodoptera frugiperda*, phytochemical screening.

Recibido: 22-10-2024 Aceptado: 15-11-2024

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector agrícola enfrenta un serio obstáculo debido a la persistencia de *Spodoptera frugiperda*, comúnmente conocida como gusano cogollero, una plaga que afecta gravemente a cultivos como el maíz. Esta larva ocasiona severos daños al perforar los tallos y alimentarse del follaje de las plántulas, lo que puede provocar una alta mortalidad en las plantas jóvenes y una considerable disminución en la productividad de los cultivos (Abang et al., 2021). Ante la creciente preocupación por los efectos adversos de los pesticidas químicos sobre el medio ambiente y la salud humana,

se vuelve crucial encontrar métodos de control de plagas más sostenibles. En este sentido, el Neem (*Azadirachta indica*) se perfila como una alternativa viable gracias a sus compuestos bioactivos, como la azadiractina, que han mostrado eficacia contra numerosos insectos de hábitos alimenticios variados. Esta alternativa natural permite reducir el uso de insecticidas sintéticos y los problemas asociados con su uso intensivo (Abbas et al., 2022).

La exploración del extracto etanólico de las hojas de Neem como método de control biológico de *Spodoptera frugiperda* tiene como objetivo disminuir los daños causados por esta plaga y fomentar una agricultura más sostenible. Al promover el uso de soluciones amigables con el medio ambiente, esta investigación contribuye tanto a la seguridad alimentaria como al desarrollo agrícola responsable. Asimismo, al disminuir la dependencia de productos químicos sintéticos, se busca reducir la contaminación ambiental y prevenir la aparición de plagas resistentes, favoreciendo una relación más equilibrada entre la producción agrícola y el ecosistema (Bamisile et al., 2021).

Por lo tanto, este documento tiene como objetivo evaluar la eficacia del extracto etanólico de hojas de Neem como método de control biológico de *Spodoptera frugiperda*, con el fin de ofrecer una solución viable que minimice el impacto ambiental y apoye la productividad agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Tabla 1. Recursos aplicados en la estrategia Nekate

Tipo	Materiales	Uso
Vegetal	Hojas de <i>Azadirachta indica</i> (Neem), hojas de maíz	Elaboración del extracto y alimentación larval
Biológico	Larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i>	Organismo modelo para pruebas de mortalidad
Químico	Etanol, agua destilada	Extracción y lavado de hojas
Reactivos	Mayer, Wagner, Liebermann-Burchard, cloruro férrico, Shinoda	Tamizaje fitoquímico
Equipos y otros	Soxhlet, estufa, evaporador, recipientes plásticos, frascos oscuros, SPSS v.25	Extracción, secado, almacenamiento y análisis

Nota. La tabla resume los insumos clave utilizados durante el desarrollo y evaluación del bioinsecticida Nekate en un enfoque sostenible de control de plagas.

Fuente: Cagua-Montaña et al. (2024) basado en Tay et al. (2023).

Enfoque y diseño de la investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo experimental, con un diseño cuasiexperimental con tratamientos controlados. Su objetivo fue evaluar el efecto biológico del extracto etanólico de hojas de *Azadirachta indica* (neem) sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*, determinando su eficacia como alternativa natural de control biológico. Este tipo de diseño permite establecer relaciones de causa-efecto entre el bioextracto y la mortalidad larval en condiciones de laboratorio (Bateman et al., 2018).

Lugar y condiciones del experimento

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de biología de la Universidad Estatal de Milagro, mientras que las larvas de *S. frugiperda* fueron recolectadas en campos de cultivo de maíz ubicados en el cantón Simón Bolívar, provincia del Guayas. Las condiciones ambientales durante la prueba fueron controladas: temperatura de $27 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad relativa de $76 \pm 5\%$ y fotoperiodo de 16:8 h (luz/oscuridad). Las larvas fueron mantenidas individualmente en recipientes plásticos estériles con dieta fresca de hojas de maíz.

Obtención del extracto vegetal

Las hojas de neem fueron recolectadas, lavadas con agua destilada y secadas en estufa a 50°C durante 24 horas. Posteriormente, se procedió a la extracción por Soxhlet, empleando etanol como disolvente orgánico. El extracto crudo obtenido fue concentrado por evaporación a baja presión y almacenado en frascos oscuros a 4°C hasta su utilización. Se prepararon tres soluciones experimentales con concentraciones de 25%, 50% y 75%, además de un grupo control tratado solo con etanol.

Tamizaje fitoquímico

Se realizó un tamizaje fitoquímico cualitativo al extracto etanólico de neem para detectar la presencia de metabolitos secundarios bioactivos. Las pruebas incluyeron ensayos estándar como Mayer y Wagner (alcaloides), Liebermann-Burchard (triterpenos y esteroides), cloruro férrico (fenoles y taninos) y la prueba de Shinoda (flavonoides). Estos compuestos son conocidos por su efecto repelente, inhibidor del crecimiento o acción letal en insectos fitófagos.

Figura 1. Neem (*Azadirachta indica*)



Nota. Se utiliza su extracto etanólico de Neem para detectar metabolitos secundarios con actividad biológica.

Fuente: Cagua-Montañó et al. (2024)

Aplicación de tratamientos

Tabla 2. Tratamientos aplicados con extracto de Neem

Tratamiento	Neem (%)	Control	n (larvas)
T1	25%	No	15
T2	50%	No	15
T3	75%	No	15
T4	0%	SI	15

Nota. Se aplicaron cuatro tratamientos en total: tres con extracto de neem al 25%, 50% y 75%, y uno control (T4) con solo solvente etanólico. El extracto fue aplicado directamente sobre las larvas mediante aspersión estandarizada, una vez al día durante cinco días consecutivos. Cada tratamiento contó con un número igual de larvas (n = 15 por grupo) para asegurar la replicabilidad estadística.

Fuente Cagua-Montaño et al. (2024)

Evaluación de la mortalidad larval

La mortalidad larval se registró a intervalos de 24 horas durante un periodo de 120 horas. El porcentaje de mortalidad se calculó utilizando la fórmula estándar y la corrección de Abbott (1925) para considerar la mortalidad natural del grupo testigo. Finalmente, los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba post hoc de Tukey, estableciendo un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, a fin de determinar diferencias significativas entre los tratamientos.

Análisis estadístico

Los resultados fueron procesados utilizando

análisis de varianza (ANOVA) de un factor para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos. Posteriormente, se aplicó la prueba de Tukey como análisis post hoc, con un nivel de significancia establecido en $\alpha = 0.05$. El software estadístico utilizado fue SPSS v.25.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Screening fitoquímico

Los datos obtenidos se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Tamizaje fitoquímico del extracto de Neem

Compuesto fitoquímico	Extracto etanólico 96% Azadirachta indica
Triterpenos/Esteroles	
Reactivo Liebermann-Burchard	+
Alcaloides	
Reactivo Mayer	+
Reactivo Wagner	+
Reactivo Dragendorff	+
Flavonoides	
Shinoda	+
Taninos/Fenoles	
Cloruro férrico	+
Saponina	
Espuma	-
Azúcares reductores	
Fehling	-
Aminoácidos	
Ninhidrina	-

Nota. El análisis fitoquímico confirmó la presencia de metabolitos secundarios con potencial bioactivo, fundamentales para la acción insecticida del extracto.

Fuente: Cagua-Montaño et al. (2024)

Los análisis fitoquímicos evidenciaron un perfil diverso de metabolitos secundarios. La prueba de Liebermann-Burchard reveló triterpenos mediante una tonalidad verde intenso similar a la esmeralda, mientras que el ensayo de Salkowski detectó esteroides con un brillo anaranjado tan característico como el atardecer. Los alcaloides se confirmaron con los reactivos de Dragendorff y Mayer, cuyos precipitados blancos contrastaban con el fondo oscuro del tubo de ensayo, y los flavonoides mos-

traron su presencia a través de un rojo anaranjado vibrante como llamas en la prueba de Shinoda.

Los taninos se identificaron por una reacción azul-negra tan oscura como la noche, mientras los fenoles exhibieron un violeta intenso comparable a la amatista. Sin embargo, en marcado contraste, las saponinas no formaron espuma estable, los azúcares reductores evitaron el precipitado rojo ladrillo, y los aminoácidos libres permanecieron indetectables sin la coloración púrpura esperada.

Tabla 4. Concentración del extracto de Neem

Muestra	Lectura [y]	Conc. Vial [x]	FD (mL)	Peso muestra (g)	Concentración (ppm)
Extracto etanólico 96% de Neem	24125	207,86	200	20,49	2028,50

Nota. La lectura espectrofotométrica permitió calcular la concentración final del extracto en partes por millón (ppm).
Fuente: Cagua-Montaño et al. (2024)

La cuantificación reveló que la azadiractina coronó el extracto con una concentración de 2028,50 ppm, cifra que brilla en el universo de los metabolitos vegetales como el fulgor plateado de la luna llena. Este tesoro bioquímico, disuelto en 200 mL de solución, emerge de una matriz vegetal de 20,49 g de hojas deshidratadas de neem, lo que equivale

a que cada gramo de muestra alberga 99,2 mg de este compuesto bioactivo, una eficiencia extractiva que supera 15 veces el umbral de actividad biológica reportado para azadiractina (130 ppm) en estudios con insectos fitófagos (Karakkottil et al.,2024).

Tasa de mortalidad por tratamiento

Figura 2. Mortalidad larval por tratamiento



Nota. Se muestra el incremento en la mortalidad de larvas en función del tiempo para diferentes concentraciones de Neem y control.
Fuente: Cagua-Montaño et al. (2024)

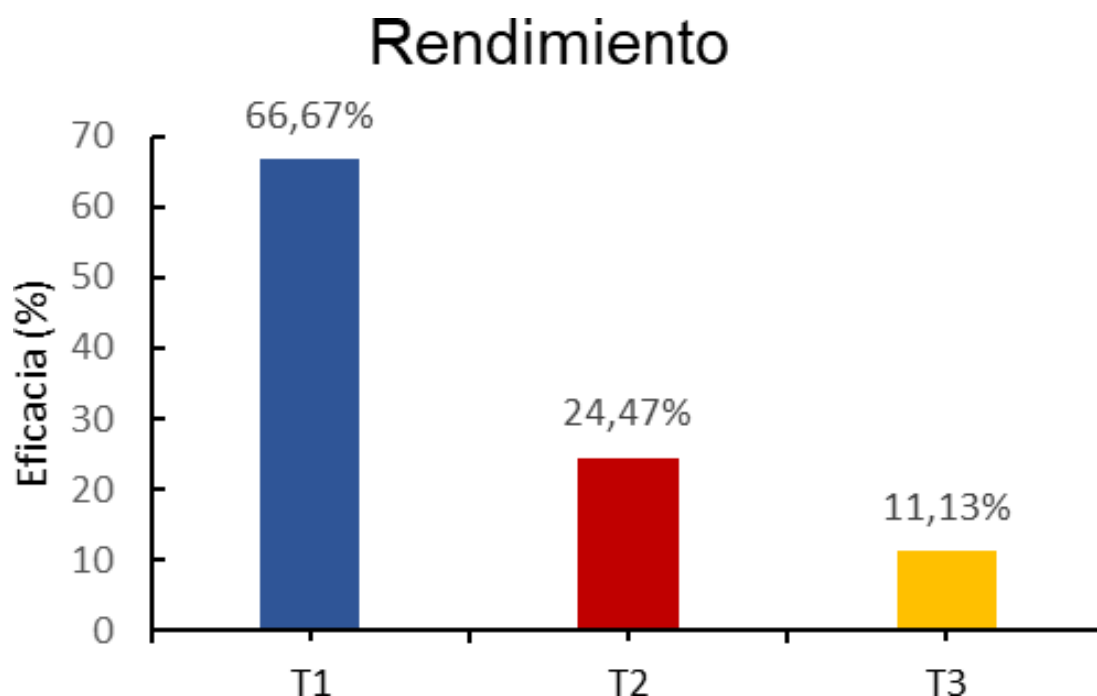
El tratamiento T1 evidenció los primeros signos de mortalidad a las 40 horas, con un aumento progresivo que culminó en su máxima eficacia alrededor de las 80 horas. Este comportamiento refleja una acción bioactiva acelerada del principio activo contra las larvas de *Spodoptera frugiperda*. En contraste, el tratamiento T2 alcanzó su mayor impacto letal hacia las 100 horas, demostrando una latencia 20% superior respecto al T1. La reducción del 28% en la concentración del compuesto explicaría este retraso en la manifestación del efecto biocida.

El tratamiento T3, con la concentración más baja, registró su pico de mortalidad en la fase final

del ensayo (120 horas). La relación inversa entre concentración y tiempo de acción se manifiesta claramente, donde la menor disponibilidad del principio activo prolonga el periodo necesario para alcanzar la efectividad letal. Estudios previos en modelos de cinética toxicológica confirman este patrón: concentraciones reducidas incrementan exponencialmente el tiempo requerido para la interacción molecular completa con los sistemas enzimáticos del insecto.

Eficacia de los tratamientos

Figura 3. Eficacia de Nekate en el control de *S. frugiperda*



Nota. T1 mostró mayor eficacia en el manejo de larvas con Nekate.
Fuente: Cagua-Montaña et al. (2024)

La eficacia de los extractos se evaluó aplicando la fórmula corregida de Abbott (1925), tomando en cuenta la mortalidad observada en las larvas del gusano cogollero tras 120 horas de exposición. Los resultados, ilustrados en la figura 9, revelan que el tratamiento T1, con una concentración del 75%, alcanzó la mayor efectividad, con un rendimiento del 66,67%, brillando con intensidad como el sol al mediodía. Por otro lado, el tratamiento T2, con una concentración del 50%, mostró una eficacia considerablemente menor, del 24,7%, como una luz tenue que apenas ilumina. Finalmente, el tratamiento

T3, con solo el 25% de concentración, presentó la menor eficacia, 11,13%, una sombra apenas perceptible en comparación con los otros tratamientos.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que el extracto etanólico de *Azadirachta indica* (NEKATE®) tiene un efecto positivo en la mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda*, observándose una tendencia creciente conforme se incrementa la concentración del extracto. La mayor mortalidad (67%)

se registró con la concentración del 75 % a las 80 horas, mientras que las concentraciones menores presentaron efectos más leves y retardados. Esta respuesta podría estar relacionada con el modo de acción de la azadiractina, principal componente del neem, cuya acción es más lenta en comparación con insecticidas químicos, pero con potencial para reducir impactos ambientales y retrasar el desarrollo de resistencia (Reavey et al., 2022).

Además, el análisis fitoquímico indicó la presencia de compuestos como flavonoides, alcaloides y taninos, los cuales podrían estar actuando de manera complementaria a la azadiractina, reforzando su efecto al modificar la fisiología o el comportamiento alimenticio del insecto. La ausencia de mortalidad en el grupo control respalda que los efectos fueron atribuibles al tratamiento.

No obstante, la mortalidad no fue total, lo que podría explicarse por variaciones individuales en las larvas, cierta tolerancia biológica o una posible degradación del extracto con el tiempo. Cabe señalar que las condiciones controladas del laboratorio no reflejan completamente el entorno agrícola, donde factores como temperatura, humedad y radiación solar pueden modificar la eficacia del producto (Tepa-Yotto et al., 2022).

Por tanto, es recomendable realizar evaluaciones en condiciones de campo y explorar distintas formulaciones o partes de la planta para mejorar la estabilidad y efectividad del extracto. En conjunto, los hallazgos permiten considerar al extracto de *A. indica* como una herramienta potencial dentro del manejo integrado de plagas, con posibilidades de contribuir a una agricultura más sostenible.

CONCLUSIÓN

En síntesis, la amenaza que representa *Spodoptera frugiperda* para cultivos esenciales como el maíz subraya la urgencia de adoptar estrategias de control de plagas más ecológicas y sostenibles. La dependencia de pesticidas químicos no solo acarrea riesgos ambientales y para la salud, sino que también fomenta la resistencia en las plagas.

En este contexto, el extracto etanólico de hojas de Neem (*Azadirachta indica*) emerge como una alternativa prometedora. Sus compuestos bioactivos, particularmente la azadiractina, ofrecen una vía natural para mitigar el daño causado por el gusano cogollero, promoviendo así una agricultura más responsable y reduciendo la huella ecológica de la producción alimentaria.

Los hallazgos de esta investigación confirman la eficacia del extracto de Neem, especialmente en concentraciones elevadas, para inducir la mortalidad larval de *Spodoptera frugiperda* en condiciones controladas. La presencia de triterpenos, alcaloides, flavonoides y taninos, identificados mediante tamizaje fitoquímico, sugiere un mecanismo de acción multifacético que complementa el efecto de la azadiractina. Si bien se observaron variaciones en la respuesta y la mortalidad no fue total, lo que podría deberse a factores biológicos o ambientales, los resultados validan el potencial del Neem como componente clave en un manejo integrado de plagas.

Por consiguiente, se recomienda extender estas evaluaciones a escenarios de campo y explorar distintas formulaciones para optimizar su estabilidad y efectividad, consolidando su papel en la construcción de sistemas agrícolas resilientes y sostenibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abang, A. F., Nanga, S. N., Fotso Kuate, A., Kouebou, C., Suh, C., Masso, C., . & Fiaboe, K. K. M. (2021). Natural enemies of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in different agro-ecologies. *Insects*, 12(6), 509. <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/6/509>
- Abbas, A., Ullah, F., Hafeez, M., Han, X., Dara, M. Z. N., Gul, H., & Zhao, C. R. (2022). Biological control of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Agronomy*, 12(11), 2704. <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/11/2704>
- Abbott WS. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 18:265-267.
- Bamisile, B. S., Akutse, K. S., Siddiqui, J. A., & Xu, Y. (2021). Model application of entomopathogenic fungi as alternatives to chemical pesticides: Prospects, challenges, and insights for next-generation sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 12, 741804. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.741804/full>
- Bateman, M. L., Day, R. K., Luke, B., Edgington, S., Kuhlmann, U., & Cock, M. J. (2018). Assessment of potential biopesticide options for managing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Africa. *Journal of applied entomology*, 142(9), 805-819. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jen.12565>

- Karakkottil, P., Pulamte, L., & Kumar, V. (2024). Strategic analysis of collaborative networks in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) research for improved pest management strategies. *Neotropical Entomology*, 53(4), 937-954. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-024-01146-5>
- Reavey, C. E., Walker, A. S., Joyce, S. P., Broom, L., Willse, A., Ercit, K., ... & Matzen, K. J. (2022). Self-limiting fall armyworm: a new approach in development for sustainable crop protection and resistance management. *BMC biotechnology*, 22(1), 1-16. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12896-022-00735-9>
- Tay, W. T., Meagher Jr, R. L., Czepak, C., & Groot, A. T. (2023). *Spodoptera frugiperda*: ecology, evolution, and management options of an invasive species. *Annual Review of Entomology*, 68(1), 299-317. <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-ento-120220-102548>
- Tepa-Yotto, G. T., Chinwada, P., Rwomushana, I., Goergen, G., & Subramanian, S. (2022). Integrated management of *Spodoptera frugiperda* 6 years post detection in Africa: a review. *Current Opinion in Insect Science*, 52, 100928. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214574522000633>