



Detección con feromonas de *Duponchelia fovealis* Zeller en fincas freseras de Costa Rica¹

Detection of *Duponchelia fovealis* Zeller with pheromones in strawberry farms of Costa Rica

Francisco Gonzalez-Fuentes^{2*}, Carlos Rodríguez-Chinchilla², Abelardo Jesús Arroyo-Vargas³,
Allan González-Herrera³

¹ Recepción: 5 de agosto, 2022. Aceptación: 4 de noviembre, 2022. Este estudio se realizó mediante la colaboración entre ChemTica Internacional S.A. y la Universidad Nacional de Costa Rica.

² ChemTica Internacional S.A., Heredia, Costa Rica. francisco_gonzalez@chemtica.com (autor para correspondencia; <http://orcid.org/0000-0001-8561-0411>), carlos@chemtica.com (<http://orcid.org/0000-0002-3665-1812>).

³ Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Agrarias, Laboratorio de Entomología, Heredia, Costa Rica. abearroyo27@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-5890-6786>), allsolo7@hotmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-6571-1036>).

Resumen

Introducción. *Duponchelia fovealis* Z. es una plaga en la producción de cultivos en el continente europeo y en Estados Unidos. Ha sido detectada en producción fresera en Brasil, México y en una finca en el Cantón de Vásquez de Coronado, en San José, Costa Rica. **Objetivo.** Determinar la presencia y distribución de *Duponchelia fovealis* Z. en fincas freseras de Costa Rica. **Materiales y métodos.** Durante las épocas secas del 2020-2021 y 2021-2022, trampas cebadas con la feromona de *D. fovealis* fueron colocadas en la finca del reporte inicial en Vásquez de Coronado y en otras seis fincas localizadas en las principales regiones freseras de Costa Rica: La Cima de Dota, Llano Grande, Poás y Vara Blanca. **Resultados.** El monitoreo demostró que las poblaciones más altas estuvieron establecidas en la finca de Vásquez de Coronado, mientras que se obtuvieron capturas ocasionales en fincas como en La Cima de Dota en San José y dos en Llano Grande de Cartago. **Conclusiones.** Se determinó la presencia de *D. fovealis* Z. en Costa Rica, con distribución limitada. Ante esto se sugiere un análisis de riesgo de la plaga y la implementación de medidas que disminuyan la dispersión del insecto.

Palabras clave: feromonas sexuales, polilla europea del pimiento, dinámica de poblaciones, muestreo de plagas.

Abstract

Introduction. *Duponchelia fovealis* Z. is a pest of production crops in Europe and in the United States. It has recently been detected in strawberry production in Brazil, Mexico, and in a farm in the Vásquez de Coronado canton, San José, Costa Rica. **Objective.** To determine the presence and distribution of *Duponchelia fovealis* Z. in strawberry farms in Costa Rica. **Materials and methods.** During the dry seasons of 2020-2021 and 2021- 2022, traps baited with the *D. fovealis* pheromone were placed in the initially reported farm in Vásquez de Coronado and in six other farms located in the main strawberry regions of Costa Rica: La Cima of Dota, Llano Grande, Poás, and Vara Blanca.



Results. The monitoring showed that the highest populations were established in the Vásquez de Coronado farm, while occasional captures were obtained in farms such as La Cima of Dota in San José and two in Llano Grande in Cartago.

Conclusions. The presence of *D. fovealis* Z. in Costa Rica was determined, with limited distribution. Given this, an analysis of the risk of the pest and the implementation of measures to reduce the insect's dispersal are suggested.

Keywords: sexual pheromones, European pepper moth, population dynamics, pests sampling.

Introducción

La polilla europea del pimiento, *D. fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), es un lepidóptero, originario de las costas mediterráneas y que ha sido capaz de dispersarse y colonizar las regiones templadas de Europa, Asia, África y América del Norte (Centre for Agriculture and Biosciences International, 2020). Este insecto se encontraba ausente de la región latinoamericana, sin embargo, en los años 2015-2016, se encontró en cultivos de fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.) en Brasil (Zawadneak et al., 2016; 2017) y en México (Cruz-Esteban & Rojas, 2021).

D. fovealis Zeller se ha convertido en plaga de un rango muy amplio de plantas, que comprenden desde especies acuáticas hasta especies agrícolas de alimentación humana y floricultura (Bethke et al., 2012). En países europeos, en particular en Holanda, se considera como una de las plagas más devastadoras para el cultivo de plantas en invernadero como begonia, ciclamen, kalanchoe y flores (Messelink & Van Wensveen, 2003). En los Estados Unidos, por su parte, se han observado pérdidas económicas en el cultivo de gerbera, kalanchoe, echinacea, begonia y pointsettia (Bethke et al., 2012). Dado que esta plaga ataca muchos cultivos que son comercializados a nivel internacional, la dispersión y colonización de nuevos cultivos y territorios se han favorecido, en especial hacia regiones en las que estaba ausente. La principal característica observada en el comportamiento de esta plaga es su preferencia por plantas que crecen cercanas al suelo, cultivadas con alta densidad de siembra y que favorezcan la acumulación de restos vegetales en el sustrato, al punto que en muchas ocasiones es más sencillo encontrar las larvas en el sustrato que en la misma planta. La utilización de plantas de fresa como hospederas de *D. fovealis* Zeller, se debe a que cumple con todas las características antes mencionadas. No obstante, el riesgo que representa para la fresa es elevado, se tiene evidencia de su impacto económico en la producción fresera de Italia (Bonsignore & Vacante, 2010), pero aún faltan datos para definir el que ya ha tenido en la producción en California y México (Bethke et al., 2012).

A pesar del riesgo fitosanitario que representa *D. fovealis* Z., existe poca literatura científica que describa sus hábitos, biología y manejo (Bethke et al., 2012). Se han realizado algunos trabajos prometedores sobre el uso de biocontroladores para el manejo de los estadíos más tempranos de las larvas (Messelink & Van Wensveen, 2003; Pijnakker, 2001; Poitevin et al., 2018; Silva Araujo et al., 2020). No obstante, se ha determinado que uno de los principales obstáculos para el manejo adecuado de esta plaga es que es detectable hasta que las poblaciones son demasiado altas, lo que pone en riesgo la producción, además de que su comportamiento silencioso y críptico hace que sean difíciles de detectar en los cargamentos de plantas para comercio internacional. Sin embargo, se ha descrito y usado la feromona sexual de esta polilla para el monitoreo de plagas (Molnár et al., 2018). El desarrollo comercial de esta feromona ha abierto las posibilidades para la detección temprana de la plaga, su monitoreo, la evaluación de eficacia de estrategias de acción y la determinación del riesgo que pueda representar para un país o una región. En el caso particular de México, el reconocimiento de la existencia de la plaga en fresa, se realizó mediante el uso de trampas con agua jabonosa cebadas con esta feromona (Cruz-Esteban & Rojas, 2021).

El objetivo de la presente investigación fue determinar la presencia y distribución de *Duponchelia fovealis* Z. en fincas freseras de Costa Rica.

Materiales y métodos

Identificación de especímenes

En agosto del 2019, un productor de fresa del Cantón de Vásquez de Coronado de la Provincia de San José de Costa Rica, solicitó al Laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional (UNA) de Costa Rica la identificación de una larva desconocida que estaba causando daños en frutos de fresa de la variedad “San Andreas”. La larva fue criada bajo condiciones estándar de laboratorio, de donde se obtuvo un adulto, el cual se identificó como “*Duponchelia fovealis*” mediante observación morfológica. Para esto se utilizó la herramienta en línea “Idtools” de microlepidóptera en Solanácea (Hayden et al., 2013), que permitió la comparación de diversas características morfológicas del adulto y en particular su genitalia. Las características clave comparadas fueron: la forma y orientación de los palpos labiales, el tamaño del segmento apical, el apilamiento de las venaciones Rs2 y Rs3 en las alas anteriores, la forma del uncus, la presencia del gnathos, la forma de la valva y la presencia o ausencia de appendix bursae. Luego, la muestra se llevó al Systematic Entomology Laboratory de Estados Unidos y se identificó por la especialista mundial de la familia Crambidae, Dr. Alma Solís, quien verificó la identificación inicial (E. Phillips-Rodríguez, comunicación personal, octubre, 2019).

Los individuos muestreados y recolectados con feromonas en todas las fincas durante el resto del estudio, fueron todos adultos y con indicio de corresponder a la plaga. Los insectos capturados se colocaron en frascos de vidrio para muestras entomológicas con etanol al 90 % y se enviaron al Laboratorio Central de Diagnóstico de Plagas del Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) para su identificación oficial.

Sítios de muestreo

La finca donde se recolectó e identificó la primera polilla de *D. fovealis*, se seleccionó para la observación y monitoreo de la población de polillas durante dos periodos: de noviembre del 2020 a julio del 2021 y de diciembre del 2021 a abril del 2022. De forma similar, en noviembre del 2021, en cooperación con las oficinas regionales del Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) como oficina ejecutora del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), se seleccionaron siete fincas freseras localizadas en las principales regiones freseras de Costa Rica: Poás de la provincia de Alajuela, Vara Blanca de la provincia de Heredia, Llano Grande de la provincia de Cartago y La Cima de Dota de la provincia de San José. A cada productor se le consultó sobre la familiaridad con la plaga, la variedad de fresa, prácticas del cultivo, tipo de manejo y demás información relevante, así como su disponibilidad para realizar monitoreos con feromona durante un periodo de doce semanas.

Monitoreo y observación de la presencia de *D. fovealis*

Para el monitoreo inicial de la primera finca localizada en Vásquez de Coronado, se colocaron trampas de plástico tipo “galón blanco” y trampas tipo “Universal Moth Trap” o “unitraps” con agua jabonosa y cebadas con la feromona sexual de este insecto (ChemTica Internacional S.A, Heredia, Costa Rica), la cual resulta atractiva para esta especie. De igual forma, se colocaron trampas no cebadas para descartar que los individuos capturados fueran atraídos solo por la humedad del agua jabonosa o por azar. En esta finca se realizaron evaluaciones semanales por los periodos antes mencionados. En las demás fincas se colocaron trampas tipo “galón blanco”, con y sin feromona, y de igual forma se realizaron evaluaciones semanales por un periodo de doce semanas. En todas las fincas, el agua jabonosa se renovó cada semana con cada evaluación.

Resultados

La polilla encontrada en una finca fresera en San José de Costa Rica, correspondió a la especie *D. fovealis*. Esto fue confirmado de forma positiva por los tres laboratorios que identificaron las muestras encontradas a lo largo del estudio. Las características morfológicas indicaron que las larvas encontradas dañan la fruta, luego los adultos capturados en trampas con feromona, correspondieron a la polilla europea del pimienta (Figura 1).

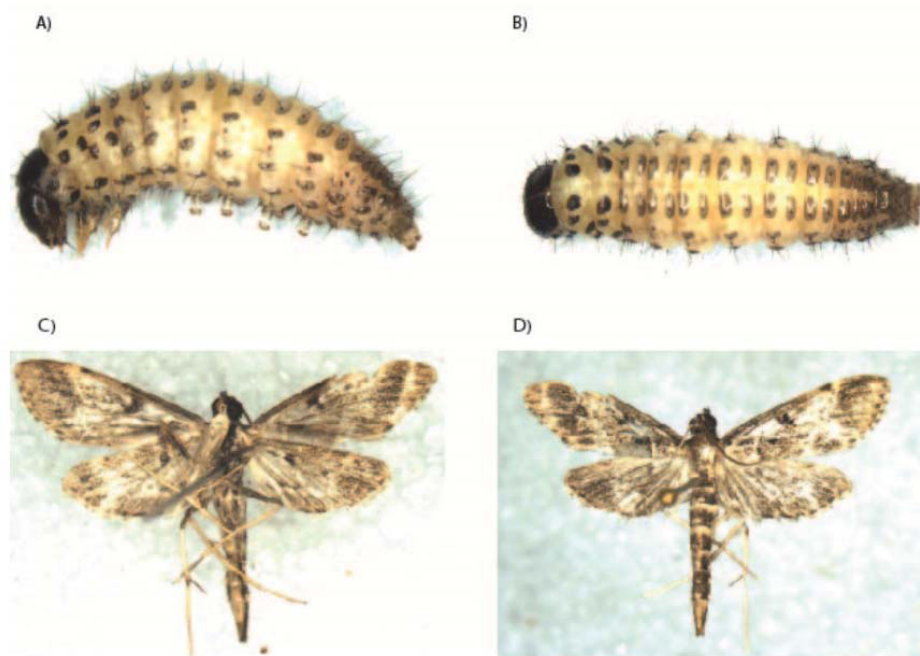


Figura 1. Fotografías de *D. fovealis* colectadas en una finca fresera del cantón de Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica: A) vista lateral de larva, B) vista dorsal de larva, C) vista ventral de adulto, D) vista dorsal de adulto. Laboratorio de Entomología, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 2019.

Figure 1. Pictures of *D. fovealis* collected from a strawberry farm of the canton of Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica: A) lateral view of larva, B) side view of larva, C) ventral view of adult, D) dorsal view of adult. Entomology Laboratory, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 2019.

La dinámica poblacional observada en la finca de Vásquez de Coronado durante los periodos de evaluación, demostró que las capturas durante el periodo 2020-2021 fueron en promedio cuatro veces más altas que las del periodo 2021-2022, cuando se comparan los meses de diciembre a abril de cada año (Figura 2).

La evaluación de las capturas en trampas colocadas en diferentes regiones freseras del país evidenció que la plaga aún se encuentra poco distribuida, dado que solo fue encontrada en el cantón de Llano Grande en tres ocasiones en dos fincas diferentes y en el cantón de Dota en una sola ocasión, esto sumado a las múltiples capturas observadas en la finca original, que levantó la alerta, localizada en Vásquez de Coronado (Cuadro 1).

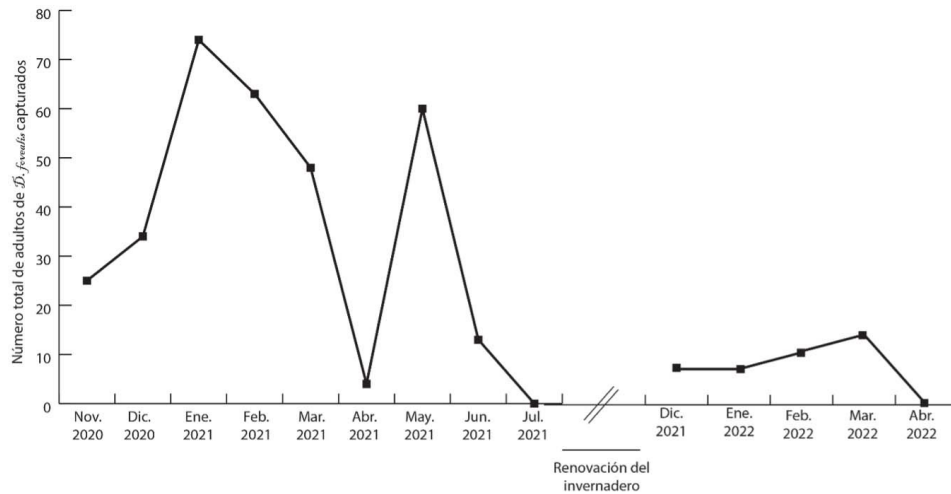


Figura 2. Número total de *D. fovealis* capturados en trampas cebadas con feromona en una finca fresera del cantón de Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica en dos periodos de cultivo de fresa (2020 – 2022). Laboratorio de Entomología, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 2020 – 2022.

Doble línea diagonal indica el periodo sin evaluación debido a renovación estructural y biológica del invernadero.

Figure 2. Total number of *D. fovealis* captured in pheromone-baited traps in a strawberry farm located in the canton of Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica during two cycles (2020 – 2022). Entomology Laboratory, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 2020 – 2022.

Double diagonal line indicates the period without monitoring due to structural and biological renovation of the greenhouse.

Cuadro 1. Características de sitios de estudio y detección de *D. fovealis* en fincas freseras de Costa Rica. Laboratorio de Entomología, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 2020 – 2022.

Table 1. Characteristics of the study sites and detection of *D. fovealis* in strawberry farms of Costa Rica. Entomology Laboratory, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 2020 – 2022.

Finca	Coordenadas	Cultivo (s) y sistema de producción	Número de semanas con al menos 1 muestra positiva para <i>D. fovealis</i>
Vásquez de Coronado	9°97'90,5"N83°98'81,7"W"	Fresa var. San Andreas, y otros cultivos bajo ambiente semi-protégido con sistema convencional	27 de 31
Poás	10°09'40,6"N84°11'52,1"W"	Fresa var. San Andreas, ambiente protegido con sistema convencional	0 de 12
Vara Blanca 1	10°10'50,7"N84°09'29,6"W"	Fresa var. San Andreas, ambiente protegido con sistema convencional	0 de 12
Vara Blanca 2	10°10'06,0"N84°09'25,1"W"	Fresa var. San Andreas, ambiente protegido con sistema convencional	0 de 12
Llano Grande 1	9°56'26,4"N83°55'18,9"W"	Fresa var. San Andreas y otros cultivos a campo abierto con sistema de producción orgánica	1 de 12
Llano Grande 2	9°56'42,7"N83°54'24,2"W"	Fresa var. San Andreas a campo abierto con sistema convencional	0 de 12
Llano Grande 3	9°56'27,5"N83°54'13,3"W"	Fresa var. San Andreas, ambiente protegido con sistema convencional	2 de 12
La Cima de Dota 1	9°40'20,3"N 83°54'11,4"W"	Fresa var. San Andreas a campo abierto con sistema convencional	1 de 12
La Cima de Dota 2	9°40'23,8"N 83°54'21,8"W"	Fresa var. San Andreas a campo abierto con sistema convencional	0 de 12

Discusión

La captura con trampas cebadas con feromona y la posterior identificación de los especímenes capturados, cumplieron un propósito doble al permitir demostrar que la plaga se encuentra presente en el territorio nacional de Costa Rica y al mismo tiempo validar el monitoreo con trampas cebadas con la feromona sexual de este insecto.

Al utilizar trampas con el semioquímico intraespecífico de esta especie, se obtuvo un grado extra de confirmación de que las capturas correspondieron a *D. fovealis*, debido a la atracción de los individuos en campo solo hacia la feromona sexual, lo cual quedó evidenciado, debido a que en ninguna de las trampas control (que contenían agua jabonosa) se capturaron individuos de *D. fovealis*, de ahí que la feromona fue necesaria para atraer estos individuos en campo. El semioquímico específico para *D. fovealis*, está constituido por tres componentes: (E)-13-octadecenal, (Z)-13-octadecenal y (Z)-11-hexadecenal, en una proporción de 10:1:0,1, respectivamente. La identidad de estos compuestos, así como sus proporciones, confieren un alto grado de especificidad para que el macho de *D. fovealis* se vea atraído hacia las hembras de la misma especie, por lo que cualquier modificación de esta combinación invalida la atracción (Molnár et al., 2018). La polilla europea del pimiento, así como muchos lepidópteros tienen sofisticados medios para asegurar la especificidad de la percepción y respuesta a sus feromonas sexuales. Investigaciones realizadas con polillas como *Helicoverpa assulta* y *Helicoverpa armigera* han mostrado que las proteínas receptoras de feromonas de estas especies varían solo en unos cuantos aminoácidos, sin embargo, estas diferencias les confieren la capacidad de discriminar entre compuestos químicos del mismo peso molecular, con los mismos o diferentes grupos funcionales e incluso hasta compuestos estereoisoméricos (Fleischer & Krieger, 2018; Yang et al., 2017).

Las poblaciones observadas en la finca de Vásquez de Coronado, mostraron una diferencia de hasta cuatro veces más altas en promedio entre el periodo pre-identificación de la plaga y su manejo post-identificación. Esto pudo deberse a que cuando se dio la alerta en el periodo 20–21 por parte del productor, la plaga se encontraba en un proceso de alto crecimiento poblacional promovido por el desconocimiento de la plaga, su biología y métodos de control. Después de julio del 2021, la finca entró en un proceso de renovación completa del material vegetativo, así como las estructuras del invernadero. Se ha mencionado que parte de las estrategias culturales para el manejo de esta plaga consisten en la búsqueda de larvas y adultos y su eliminación, la limpieza y eliminación de cualquier rastrojo o desecho vegetal remanente en el invernadero y en la adquisición de material vegetativo sano (Dias Pirovani, 2016).

En el periodo 21–22, diferentes medidas como la aplicación de insecticidas (convencionales y orgánicos) y las medidas culturales como limpieza del rastrojo del invernadero e inclusive el mismo trameo con feromonas, pudieron haber actuado de forma positiva de manera sinérgica en la disminución de la plaga en el área bajo estudio. Al igual como se reporta en Brasil, en Costa Rica, *D. fovealis* es una plaga exótica por lo que no se cuenta con insecticidas orgánicos o convencionales para su control, razón por la cual los métodos de control con mayores probabilidades de éxito son aquellos que priorizan la sanidad e higiene de los invernaderos, la interpretación de los niveles de afectación basado en las capturas en trampas y el uso de enemigos naturales (da Costa-Stuart et al., 2021).

La identificación de especímenes de *D. fovealis* en dos fincas de Llano Grande de Cartago y en la finca de Vásquez de Coronado, es debida a la poca distancia entre las dos áreas (>20 km), lo cual facilita su dispersión a través del vuelo (Brambila & Stocks, 2010). Sin embargo, la detección del individuo capturado en una de las fincas de La Cima de Dota (más de 70 km de distancia entre las otras áreas de detección), indica que es poco probable que la polilla se haya desplazado de un área a otra de manera natural, por lo que es posible que el movimiento de la polilla se diera a través del trasiego de material vegetal (Stocks & Hodges, 2015). En la producción fresera de Brasil, caso similar al observado en el país, se presume que la llegada de la plaga se debió a este tipo de movimiento, debido a la naturaleza críptica de la plaga (con capacidad de quedar ocultas en frutas, tallos, hojas,

suelos e incluso recipientes), la cual favorece la colonización de nuevos territorios para el insecto (Dias Pirovani, 2016; Zawadneak et al., 2016; 2017).

El sistema de producción (convencional u orgánico), o la tecnología (invernadero versus campo abierto), parecen no correlacionarse con la aparición de la plaga. No obstante, todas las fincas comparten una característica común y es el uso de material vegetal de fresa de la variedad “San Andreas”. Esta variedad es en su mayoría importada de España. Es plausible que la llegada de esta polilla se haya dado a través de esta ruta.

Conclusiones

La identificación de la polilla y las trampas cebadas con feromona permitieron concluir que la polilla europea del pimiento, *D. fovealis*, se encuentra presente en al menos tres de las cinco zonas freseras más importantes de Costa Rica. Se sugiere reforzar la vigilancia fitosanitaria en los viveros y semilleros de plantas que realizan estas importaciones y su posterior comercialización entre productores dentro del territorio nacional de Costa Rica, esto con el objetivo de evitar una dispersión mayor del insecto, el cual por el momento no parece haberse extendido en el territorio nacional de Costa Rica.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los ingenieros e ingenieras del Servicio Fitosanitario del Estado del Ministerio de Agricultura de Costa Rica: Nelson Morera Paniagua, Marcela Jiménez, Evelyn Cedeño, Dennis Matamoros, Arlette Muñoz y Marco Vinicio Jiménez por su amable cooperación en la realización del presente estudio. Igualmente agradecen a la Dra. Eugenie Phillips-Rodríguez por la identificación inicial de las muestras.

Referencias

- Bethke, J. A., Osborne, L. S., Stocks, S. D., Vander-Mey, B., Hodges, A. C., & Schuble, D. L. (2012). *Real and potential impact of the European Pepper Moth on ornamental plant production and agriculture*. DocPlayer. <https://bit.ly/3UdsqGa>
- Bonsignore, C. P., & Vacante, V. (2010). *Duponchelia fovealis* (Zeller): Una nuova emergenza per la fragola? *Protezione delle Colture*, 3, 40–43.
- Brambila, J., & Stocks, I. (2010, December 2nd). *Pest Alert. The European pepper moth, Duponchelia fovealis Zeller (Lepidoptera: Crambidae), a Mediterranean pest moth discovered in central Florida* (DACS-P-01752). Florida Department of Agriculture and Consumer Services. <https://bit.ly/3fgSZvz>
- Centre for Agriculture and Biosciences International. (2020). *Duponchelia fovealis (southern European marshland pyralid)*. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/20168>
- Cruz-Esteban, S., & Rojas, J. C. (2021). Pheromone-Baited Traps Confirm the Presence of *Duponchelia fovealis* in Strawberry Crops in Mexico. *Southwestern Entomologist*, 46(2), 533–536. <https://doi.org/10.3958/059.046.0224>
- da Costa Stuart, A. K., Cassilhna Zawadneak, M. A., & Pimentel, I. C. (2021). O estado da arte no manejo de *Duponchelia fovealis* em morangueiro no Brasil e no mundo. *Jornal Interdisciplinar de Biociências*, 6(2), 25–34. <https://revistas.ufpi.br/index.php/jibi/article/view/12751>

- Dias Pirovani, V. (2016). *Métodos de manejo para Duponchelia fovealis Zeller (Lepidoptera: Crambidae) na cultura do morangueiro* [Disertación doctoral, Universidade Federal do Espírito Santo]. Repósitorio do Universidade Federal do Espírito Santo. <https://bit.ly/3sJaWWv>
- Fleischer, J., & Krieger, J. (2018). Insect pheromone receptors—key elements in sensing intraspecific chemical signals. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 12, Article 425. <https://doi.org/10.3389/fncel.2018.00425>
- Hayden, J. E., Passoa, S. C., Young, J., Landry, J. F., Nazari, V., Mally, R., Somma, L. A., & Ahlmark, K. M. (2013). *Digital Identification of Microlepidoptera on Solanaceae*. Idtools. <https://idtools.org/tools/1035/index.cfm?packageID=1101&entityID=2848>
- Messelink, G., & Van Wensveen, W. (2003). Biocontrol of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Pyralidae) with soil-dwelling predators in potted plants. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 68(4a), 159–165.
- Molnár, P. B., Bognár, C., Erdei, A. L., Fujii, T., Vági, P., Jósvai, J. K., & Kárpáti, Z. (2018). Identification of the female-produced sex pheromone of an invasive greenhouse pest, the European pepper moth (*Duponchelia fovealis*). *Journal of Chemical Ecology*, 44, 257–267. <https://doi.org/10.1007/s10886-018-0928-2>
- Poitevin, C. G., Vieira Porsani, M. V., Poltronieri, A. S., Cassilha Zawadneak, M. A., & Pimentel, I. C. (2018). Fungi isolated from insects in strawberry crops act as potential biological control agents of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). *Applied Entomology and Zoology*, 53(3), 323–331. <https://doi.org/10.1007/s13355-018-0561-0>
- Pijnakker, J. (2001). *Duponchelia fovealis*, the dreaded lepidopteran of pot plants in the Netherlands (*Duponchelia fovealis*, le lepidoptere redoute des plantes en pot aux Pays-Bas.). *PHM Revue Horticole*, 429, 51–53.
- Silva Araujo, E., Benatto, A., Bühner Rizzato, F., Poltronieri, A. S., Poitevin, C. G., Zawadneak, M. A. C., & Pimentel, I. C. (2020). Combining biocontrol agents with different mechanisms of action to control *Duponchelia fovealis*, an invasive pest in South America. *Crop Protection*, 134, Article 105184. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105184>
- Stocks, S. D., & Hodges, A. (2015). *European pepper moth or Southern European marsh pyralid Duponchelia fovealis (Zeller)*. University of Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN91000.pdf>
- Yang, K., Huang, L. Q., Ning, C., & Wang, C. Z. (2017). Two single-point mutations shift the ligand selectivity of a pheromone receptor between two closely related moth species. *eLife*, 6, Article e29100. <https://doi.org/10.7554/eLife.29100.001>
- Zawadneak, M. A. C., Gonçalves, R. B., Poltronieri, A. S., Santos, B., Bischoff, A. M., Borba, A. M., & Pimentel, I. C. (2017). Biological parameters of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) reared in the laboratory on two diets. *European Journal of Entomology*, 114, 291–294. <http://doi.org/10.14411/eje.2017.035>
- Zawadneak, M. A. C., Gonçalves, R. B., Pimentel, I. C., Schuber, J. M., Santos, B., Poltronieri, A. S., & Solis, M. A. (2016). Primer registro de *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) en América del Sur. *Idesia (Arica)*, 34(3), 91–95. <http://doi.org/10.4067/S0718-34292016000300011>