



EL IMPACTO DE *Engytatus varians* (DISTANT) (HEMIPTERA: MIRIDAE) EN TOMATE DENTRO DE JAULAS EN INVERNADERO

THE IMPACT OF *Engytatus varians* (DISTANT) (HEMIPTERA: MIRIDAE) ON TOMATO INSIDE CAGES IN A GREENHOUSE

Blanca A. Esquivel-Ayala¹, Ana M. Martínez¹, José I. Figueroa¹, Luis J. Palma-Castillo¹, José L. Morales-García², Ángel Rebollar-Alviter³, Selene Ramos-Ortiz¹ y Samuel Pineda^{1*}

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Tarímbaro, Michoacán, México. ²UMSNH, Facultad de Agrobiología "Presidente Benito Juárez", Uruapan, Michoacán, México. ³Universidad Autónoma Chapingo. Centro Universitario Centro Occidente. Morelia, Michoacán, México.

*Autor de correspondencia (samuel.pineda@umich.mx)

RESUMEN

Engytatus varians (Distant) (Hemiptera: Miridae) es un depredador de diversas plagas de solanáceas, tales como lepidópteros, moscas blancas, áfidos y psílidos; sin embargo, este mirido es zoofitófago y se alimenta de partes de la planta. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los daños en rendimiento y calidad de fruto que *E. varians* causa en tomate. Se determinaron algunos parámetros biológicos de este depredador, tales como la supervivencia y longevidad de los adultos, entre otros. Hembras y machos de este depredador se colocaron por separado con o sin alimento (huevos de *Sitotroga cerealella* Oliver) en jaulas entomológicas que contenían una sección de tallo y un racimo de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero y se compararon con un testigo (jaulas sin insectos). Los adultos del depredador no causaron anillos necróticos sobre las secciones de los tallos, ni afectaron su diámetro, tampoco dejaron cicatrices de alimentación sobre los frutos. Respecto al número de frutos, de un total de cuatro cosechas, en las categorías chico y jumbo hubo una disminución significativa (~ 1.3 veces) en los tratamientos de hembras y machos sin alimento o hembras con alimento, comparados con el testigo; mientras que en la categoría primera, la disminución fue entre 1.2 y 1.6 veces en los cuatro tratamientos ensayados. El rendimiento fue significativamente menor (1.3 veces) en el tratamiento de hembras con alimento. El valor de grados Brix de los frutos fue similar (~ 4 %) en todos los tratamientos. La supervivencia y longevidad de las hembras de *E. varians* con alimento fue significativamente mayor que en los individuos de los otros tratamientos. Como conclusión, los adultos de *E. varians* no causaron daños a las secciones de los tallos y frutos de tomate ni afectaron los valores de grados Brix.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, anillos necróticos, miridos zoofitófagos, grados Brix, cicatrices de alimentación, supervivencia.

SUMMARY

Engytatus varians (Distant) (Hemiptera: Miridae) is a predator of various solanaceous pests, such as lepidopterans, whiteflies, aphids and psyllids; however, this mirid is zoophytophagous and feeds on parts of the plant as well. The aim of this study was to evaluate the damage on yield and fruit quality caused in tomato by *E. varians*. Some biological parameters of this predator were determined, such as survival and longevity of adults, among others. Females and males of this predator were placed separately with or without food (*Sitotroga cerealella* Oliver eggs) in entomological cages containing a stem section and a cluster of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits in

a greenhouse in relation to a control (cages without insects). Adults of the predator did not cause necrotic rings on the stem sections nor did they affect their diameter or produce feeding punctures on fruits. Regarding the number of fruits, out of a total of four harvests, there was a significant decrease (~ 1.3-fold) in the small and jumbo categories in the treatments of females and males without food or females with food, compared to the control, whereas in the first-class fruits the decrease was between 1.2 and 1.6-fold in the four treatments tested. Yield was significantly lower (1.3-fold) in the treatment of females with food. The Brix degrees value of the fruits was similar (~ 4 %) in all treatments. Survival and longevity of female *E. varians* with food were significantly higher than in individuals of the other treatments. As a conclusion, the *E. varians* adults did not cause damage to the stem sections and fruits of tomato nor did they affect the Brix degrees values.

Index words: *Solanum lycopersicum*, Brix degrees, feeding punctures, necrotic rings, survival, zoophytophagous mirid.

INTRODUCCIÓN

El uso de miridos zoofitófagos (Hemiptera: Bryocorinae: Dicyphini) como agentes de control biológico se realiza exitosamente desde hace aproximadamente 20 años en varios países de Europa (Pérez-Hedo *et al.*, 2020). Las especies *Nesidiocoris tenuis* (Reuter), *Dicyphus tamaninii* Wagner, *D. hesperus* (Knight) y *Macrolophus pygmaeus* Rambur se comercializan para el control de distintas especies de insectos plaga, tales como mosquitas blancas (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) y *Bemisia tabaci* (Gennadius), el trips occidental de las flores [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)], el pulgón [*Myzus persicae* (Sulzer)], el minador de la hoja del tomate [*Tuta absoluta* (Meyrick)] y varias especies de ácaros (Fantinou *et al.*, 2009; Pérez-Hedo y Urbaneja, 2016; Sanchez *et al.*, 2018).

En México el uso de miridos zoofitófagos es incipiente, las únicas especies estudiadas son *Engytatus varians* (Distant) y *D. hesperus*. En condiciones de laboratorio, durante cinco exposiciones de 48 h cada una, las hembras de *E. varians*

consumieron 74-82 % de huevos, y 28-41 y 13-24 % de larvas de primero y segundo instar, respectivamente, del gusano soldado [*Spodoptera exigua* (Hübner)] (Pineda *et al.*, 2019). De igual forma, en condiciones de invernadero, y usando una proporción de 1, 1.15 y 4 adultos/planta de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), *E. varians* redujo entre 80 y 94 % las poblaciones de ninfas y adultos de *Bactericera cockerelli* (Sulzer) (Hemiptera: Triozidae) (Pérez-Aguilar *et al.*, 2019) y *M. persicae* (S. Pineda, datos no publicados). *Dicyphus hesperus* también redujo, en la misma proporción, poblaciones de *B. cockerelli* y *B. tabaci* cuando se liberó un adulto del depredador/planta en las estaciones de otoño, invierno y verano (Calvo *et al.*, 2016); sin embargo, debido a la falta de información, en términos de costos y la posible generación de interacciones indeseables en el manejo de estas plagas, *E. varians* y *D. hesperus* aún no se comercializan en México (Calvo *et al.*, 2018; Pérez-Aguilar *et al.*, 2019).

La información sobre el potencial de los míridos zoofitófagos como agentes de control biológico es abundante (Calvo *et al.*, 2018; Mirhosseini *et al.*, 2019; Pérez-Aguilar *et al.*, 2019; van Lenteren *et al.*, 2018); sin embargo, cuando no existen presas para alimentarse, estos depredadores pueden causar diversos daños a las plantas hospederas como anillos necróticos (manchas de color marrón) sobre los tallos, raquis, peciolos y hojas; caída de flores (Silva *et al.*, 2016); así como manchas, deformación y cicatrices de alimentación sobre los frutos (Arnó *et al.*, 2010); a pesar de estos daños, la fitofagia en estas especies representa una ventaja debido a que pueden obtener agua y nutrientes de los tejidos de las plantas (Gillespie y McGregor, 2000) que, en combinación con la alimentación sobre sus presas, incrementan su supervivencia, tiempo de desarrollo, fecundidad y longevidad (Palma-Castillo *et al.*, 2019; Urbaneja *et al.*, 2005).

Al igual que otras especies de míridos zoofitófagos, *E. varians* puede alimentarse de plantas hospederas (Martínez *et al.*, 2014). Pérez-Aguilar *et al.* (2019) reportaron que este depredador causó anillos necróticos sobre las hojas y tallos de las plantas de tomate; por lo tanto, con el fin de contribuir al conocimiento de este depredador como agente de control biológico, se debe estudiar el daño que causa a la planta, su influencia en la calidad de los frutos de tomate y en el rendimiento, siendo éste uno de los objetivos del presente estudio, además de determinar la supervivencia y longevidad de los adultos de este depredador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del experimento

El experimento inició el 4 de julio de 2017 y se realizó en tomate saladette var. Moctezuma, en un invernadero de 1656 m² cubierto con plástico de polietileno y malla antiáfidos. En este invernadero se establecieron 14 hileras de plantas de tomate, cada una con 114 plantas (1.1 y 0.4 m de separación entre hileras y plantas, respectivamente). Las plantas se mantuvieron en bolsas de plástico negro (50 × 50 cm) con una mezcla de grava volcánica (0.2-5 mm) + vermiculita (1:1). Al inicio del experimento, las plantas tenían 50 días después de ser transplantadas en las bolsas de plástico.

Se utilizaron 40 jaulas experimentales (20 cm de diámetro × 35 cm de alto) cubiertas con tela organza, mismas que se adaptaron con dos círculos de PVC y postes de madera como soporte. En una de estas jaulas se incluyó la sección del tallo de una planta de tomate, así como el tercer racimo de flores presente en esta sección del tallo; posteriormente, se liberaron, separadamente, tres machos o tres hembras de *E. varians* (≤ 5 días de edad) en ausencia o presencia de alimento (huevos de *Sitotroga cerealella*). Se compararon los siguientes tratamientos: i) hembras de *E. varians* + huevos de *S. cerealella*, ii) hembras de *E. varians*, iii) machos de *E. varians* + huevos de *S. cerealella* y iv) machos de *E. varians*. También se incluyó un testigo (jaula con la sección del tallo y racimo de flores sin insectos). Los huevos de *S. cerealella* se colocaron sobre una cinta adhesiva de 2 cm² (Scotch Brand®, Minneapolis, Minnesota, EUA), que se sujetó al tallo de la planta y se reemplazó cada cuatro días. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con ocho repeticiones. La unidad experimental consistió de una jaula con tres machos o tres hembras de *E. varians* en ausencia o presencia de alimento. Los adultos del depredador se obtuvieron de una cría establecida en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Tarímbaro, Michoacán, México, bajo condiciones ambientales de laboratorio (~ 25 °C, 56 % de humedad relativa y fotoperiodo de 12:12 h luz:oscuridad).

Manejo del experimento

Durante el experimento, las plantas de tomate se fertilizaron cada 1.5 h durante 3 min con una solución nutritiva de macronutrientes [Ca(NO₃)₂, MgSO₄, KH₂PO₄, KNO₃ y K₂SO₄] y micronutrientes (hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno) (Kelatex-Multi®, México). La fertilización se realizó con un sistema de riego por goteo semi-automatizado. Las plantas de tomate se condujeron a dos tallos y se tutoraron con una cuerda de polietileno. El

tutorado de las plantas y la eliminación de brotes laterales se realizaron cada semana.

Daños, supervivencia y longevidad de *E. varians*

El impacto de los adultos de *E. varians* se determinó solamente sobre las secciones de los tallos y frutos de tomate incluidos en las jaulas experimentales descritas. Después del inicio del experimento, y hasta el 5 de octubre de 2017, se revisaron semanalmente las plantas en busca de anillos necróticos sobre las secciones de los tallos y cicatrices de alimentación sobre los frutos ocasionados por los adultos de *E. varians*; de igual forma, durante estos registros, se retiraron las ninfas existentes de la generación F_1 en los tratamientos de hembras con alimento o sin él. Después de la última (cuarta) cosecha, se midió en tres puntos diferentes el diámetro de la sección del tallo de las plantas de tomate.

Para determinar la calidad de los frutos de tomate se consideraron las variables peso y cantidad de sólidos totales (en grados Brix). Después de la cosecha, los frutos se transportaron al laboratorio de Entomología Agrícola del IIAF-UMSNH, donde se contabilizaron y pesaron individualmente en una balanza de precisión Scout Pro (Ohaus®, Parsippany, New Jersey, EUA); posteriormente, de acuerdo con su peso, los frutos se clasificaron en cuatro categorías, según adaptación del Centro de Desarrollo Tecnológico de Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura a la norma mexicana NMX-FF-031-1997-SCFI (SE, 1997): chico (≤ 70 g), segunda (71-89 g), primera (90-119 g) y jumbo (≥ 120 g). Los grados Brix se determinaron en los frutos de tomate de la primera y cuarta cosechas. La medición de los grados Brix se realizó con un refractómetro Optics Brix (Ade Advanced Optics®, Oregon City, Oregon, EUA) en el mismo fruto en dos ocasiones, la primera después de la cosecha y la segunda 10 días después, tiempo en el que los frutos se mantuvieron a 4 °C; para las determinaciones se utilizaron 0.5 mL del contenido de un fruto de tomate que se eligió al azar de cada tratamiento. El rendimiento se determinó con el peso de los frutos de las cuatro categorías mencionadas y se expresó en kg por cada cosecha.

La longevidad, el número de días que vive un individuo, supervivencia; la proporción de individuos vivos en diferentes edades o tiempos de *E. varians* se determinó de acuerdo con lo mencionado por Carey (1993); para ello, las hembras y machos de este depredador se observaron cada 24 h hasta su muerte.

Las condiciones ambientales durante el experimento se registraron con una estación meteorológica WatchDog WD 2700 (PCE Instruments®, Alicante, España) ubicada en el

interior del invernadero. El intervalo de temperatura fue de 28 a 36 °C, con mínima y máxima absolutas de 10 y 41 °C, respectivamente. El intervalo de humedad relativa fue desde 38.7 a 74.87 %, con mínima y máxima absolutas de 29.4 y 97.4 %, respectivamente.

Análisis de datos

Los datos de calidad, rendimiento, diámetro de los tallos y longevidad de los adultos de *E. varians* se analizaron a través del procedimiento de modelos lineales generalizados (GLM). Debido a que no hubo diferencias significativas entre la primera y segunda determinación de grados Brix en los frutos de la primera y cuarta cosecha ni entre las tres mediciones del diámetro de las secciones de los tallos de tomate, los datos de estas variables se analizaron como una determinación en cada caso. Las medias se separaron con la prueba LSMEANS ($P \leq 0.05$).

Los datos de supervivencia de machos y hembras de *E. varians* se analizaron con el procedimiento no paramétrico LIFETEST, a través de los estimadores de Gehan-Breslow Kaplan-Meier (K-M). Las curvas generadas se compararon con la prueba de comparación múltiple por pares de Long-Rank ($P \leq 0.05$). Todos los análisis se realizaron con el programa SAS® 9.3 (SAS Institute, 2011).

RESULTADOS

Ausencia de daños debido a *Engytatus varians*

Los adultos de ambos sexos de *E. varians*, en presencia o ausencia de alimento, no causaron anillos necróticos en las secciones de los tallos ni dejaron cicatrices de alimentación sobre los frutos de tomate; de igual forma, el diámetro de las secciones de los tallos no fue afectado en ninguno de los tratamientos ensayados ($F = 2.04$; $gl = 4$, 115; $P = 0.093$).

Calidad y rendimiento de tomate

Se realizaron cuatro cosechas cuando la planta presentó aproximadamente 90 % de frutos de tomate de color rojo. El número promedio de frutos en cada categoría/cosecha fue significativamente distinto entre tratamientos y categorías ($F = 17.46$; $gl = 19$, 60; $P \leq 0.0001$; Cuadro 1). En la categoría chico el número de frutos estuvo comprendido entre 2.25 ± 0.25 y 3.0 ± 0.0 en los cuatro tratamientos ensayados y sólo hubo diferencias significativas entre el testigo (3.25 ± 0.47) y los tratamientos de hembras y machos de *E. varians* sin alimento. En la categoría segunda el número de frutos por cosecha fue significativamente mayor en el tratamiento de machos de *E. varians* sin alimento (3.75 ± 0.25) comparado con el resto de los tratamientos, incluido

el testigo (intervalo 1.75 ± 0.25 a 2.25 ± 0.25). En la categoría primera el número de frutos fue significativamente menor en los cuatro tratamientos (intervalo 4.0 ± 0.0 a 5.25 ± 0.47), comparado con el testigo (6.5 ± 0.5). En la categoría jumbo, el número de frutos fue significativamente menor en el tratamiento de hembras de *E. varians* con alimento (4.0 ± 0.0) comparado con los demás tratamientos, incluido el testigo (intervalo 5.0 ± 0.4 a 5.50 ± 0.5).

Con respecto al contenido de sólidos solubles totales, el valor de grados Brix no fue afectado en los frutos de tomate en todos los tratamientos ensayados (intervalo 3.94 ± 0.03 a 4.0 ± 0.03 %) y no hubo diferencias significativas ($F = 0.085$; $gl = 4, 155$; $P = 0.49$) en comparación con el testigo (4.03 ± 0.05 %).

El rendimiento por cosecha fue significativamente menor ($F = 1.39$; $kg = 4, 15$; $P = 0.047$) en el tratamiento de hembras de *E. varians* con alimento (1.31 ± 0.12 kg), comparado con el testigo (1.69 ± 0.14 kg), pero no con el resto de los tratamientos (Cuadro 1).

Supervivencia y longevidad de adultos de *E. varians*

Las hembras de *E. varians* con alimento sobrevivieron significativamente más que los machos sin alimento (Log-rank test, $\chi^2 = 13.31$, $gl = 2$, $P = 0.004$), pero no de los machos y hembras de los otros dos tratamientos (Figura 1). La probabilidad de supervivencia de hembras y machos con alimento fue 100 % hasta los seis días de vida, mientras que en los individuos sin alimento (ambos sexos) no sobrepasó los cuatro días; posteriormente, la supervivencia de los adultos de *E. varians* disminuyó de acuerdo con el tratamiento y más de 50 % de los insectos murieron antes del día 10 y 16 en ausencia y presencia de alimento, respectivamente.

En relación con la longevidad, las hembras de *E. varians* en presencia de alimento vivieron (16.20 ± 1.90

d) significativamente ($F = 4.76$; $gl = 3, 84$; $P = 0.004$) más que las hembras y machos en ausencia de alimento (10.95 ± 0.96 y 9.95 ± 0.87 d, respectivamente), pero no de los machos con alimento (14.31 ± 1.16 d).

DISCUSIÓN

Los míridos depredadores se utilizan en programas de control biológico aumentativo cuando las plantas se encuentran en etapas tempranas de su desarrollo (Pérez-Hedo *et al.*, 2020). A través de su descendencia tienen la oportunidad de establecerse y ejercer un control sobre la plaga blanco; sin embargo, el uso de estas especies es controversial debido a que, por sus hábitos fitófagos, pueden causar daños a las partes vegetativas de las plantas hospederas (Pérez-Hedo y Urbaneja, 2016). En el presente estudio las hembras o machos de *E. varians*, en presencia o ausencia de alimento a base de huevos de *S. cerealella*, no causaron daños a los tallos o frutos de tomate dentro de las jaulas experimentales, lo cual puede deberse a que estas jaulas, que también contenían a los adultos del depredador, se mantuvieron en un lugar fijo de la planta de tomate, cuyos tejidos y frutos maduraban con la edad y no se dio la oportunidad de que los insectos estuvieran en contacto con tejidos apicales o frutos en formación, que es donde generalmente causan daños (Silva *et al.* 2016; van Lenteren *et al.*, 2018); además, en caso de existir, cada semana de evaluación se retiraron las ninfas presentes en los tratamientos de hembras con o sin alimento, las cuales también pueden causar daños a los tejidos de las plantas. Por otro lado, la presión del daño por los adultos del mírido sobre las plantas y frutos en los tratamientos de hembras y machos, en presencia y ausencia de alimento, fue solamente de 10 y 16 días, respectivamente; después, la cantidad de insectos disminuyó a menos de la mitad por tratamiento.

En contraste con los resultados del presente estudio, bajo condiciones de laboratorio (24 ± 1 °C, 70 ± 10 % HR y 12:12 h

Cuadro 1. Frutos de tomate cosechados por categoría (media $\pm$ EE) cuando se liberaron adultos de *Engytatus varians*, en presencia/ausencia de alimento en jaulas en invernadero.

Tratamiento	Categoría de frutos (Número de frutos/cosecha) (n [†])				Rendimiento/ Cosecha (kg)
	Chico	Segunda	Primera	Jumbo	
Testigo	3.25 ± 0.47 Bb (13)	2.25 ± 0.25 Aa (9)	6.5 ± 0.5 Cd (26)	5.0 ± 0.4 Bc (20)	1.69 ± 0.14 B
♀ con alimento	3.0 ± 0.0 ABb (12)	1.75 ± 0.25 Aa (7)	4.5 ± 0.5 ABc (18)	4.0 ± 0.0 Ac (16)	1.31 ± 0.12 A
♀ sin alimento	2.25 ± 0.25 Aa (9)	2.25 ± 0.25 Aa (9)	5.25 ± 0.47 Bb (21)	5.5 ± 0.5 Bb (22)	1.63 ± 0.11 AB
♂ con alimento	2.5 ± 0.28 ABa (10)	2.0 ± 0.0 Aa (8)	4.75 ± 0.47 ABb (19)	5.25 ± 0.47 Bb (21)	1.51 ± 0.13 AB
♂ sin alimento	2.25 ± 0.25 Aa (9)	3.75 ± 0.25 Bb (15)	4.0 ± 0.0 Ab (16)	5.25 ± 0.25 Bc (21)	1.59 ± 0.07 AB

Medias con letras iguales en cada columna (mayúsculas) y fila (minúsculas, para el caso del parámetro categoría de frutos) no son estadísticamente diferentes (GLM, LSMEAN; $P > 0.05$). [†]número total de frutos obtenidos en las cuatro cosechas en cada categoría.

luz:oscuridad), las ninfas o adultos de *Campyloneuropsis infumatus* (Carvalho), *M. basicornis* y *E. varians* afectaron a las plántulas o frutos de tomate en desarrollo (Silva *et al.*, 2016). El confinamiento de las plántulas o frutos de tomate en un espacio pequeño (tubo de PVC de 20 × 5 cm), así como la ausencia de presa y alta densidad del depredador (20 ninfas o adultos/plántula y cuatro ninfas o adultos/fruto), pudo incrementar la fitofagia de estas especies de míridos. De igual forma, bajo condiciones de invernadero (entre 21 y 26 °C y entre 61 y 84 % HR), *E. varians* (Pérez-Aguilar *et al.*, 2019), *D. hesperus* (Shipp y Wang, 2006), *N. tenuis* (Sanchez *et al.*, 2018) y *M. pygmaeus* (Alomar *et al.*, 2006; Castañé *et al.*, 2003) causaron anillos necróticos sobre hojas y tallos, o cicatrices de alimentación o deformación de frutos de tomate, melón (*Cucumis melo* L.), calabaza (*Cucurbita pepo* L.) o pepino (*Cucumis sativus* L.). En estos estudios la liberación de estos depredadores se realizó a diferentes densidades (entre 1 y 5 individuos/planta) y se observó que el número de anillos necróticos sobre hojas y tallos o cicatrices sobre los frutos fue inversamente proporcional al tamaño de la población de la presa disponible; sin embargo, *C. infumatus*, *M. basicornis* y *M. pygmaeus* no afectaron a las hojas o frutos de tomate o calabaza (Castañé *et al.*, 2003; van Lenteren *et al.*, 2018); por lo tanto, las diferencias en los daños causados, así como la intensidad de los mismos, puede ser debido a las condiciones experimentales, especie y estado de desarrollo de la planta hospedera, así como especie,

estado de desarrollo y densidad del depredador y de la disponibilidad de presas.

El valor de grados Brix en los frutos de tomate fue muy similar (~ 4 %) en todos los tratamientos, incluido el testigo. En otro estudio, el único donde se ha determinado la influencia del hábito fitófago de los míridos depredadores sobre el contenido de azúcares, Mirhosseini *et al.* (2019) reportaron que en condiciones de invernadero el contenido de azúcares fue 1.4 y 1.3 veces mayor en el testigo sin insectos comparado con los tratamientos donde se liberó a *N. tenuis* contra la plaga *T. absoluta*.

Los daños causados por los míridos zoofitófagos a las hojas, tallos y frutos pueden impactar en el rendimiento del cultivo de tomate (Moerkens *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2016). En este estudio, el rendimiento obtenido en el tratamiento de hembras de *E. varians* + huevos de *S. cerealella* fue, aunque mínimo (una diferencia de 0.38 kg/cosecha), significativamente menor que en el testigo, lo cual posiblemente se debe a que, en las cuatro cosechas, se obtuvieron menos frutos en comparación con el testigo. En un modelo para explicar la relación entre la alimentación sobre la planta y presas consumidas por depredadores zoofitófagos, Gillespie y McGregor (2000) mencionaron que la alimentación sobre la planta aumenta con la depredación; por lo tanto, no se puede descartar la posibilidad de que las hembras de *E. varians* que tuvieron

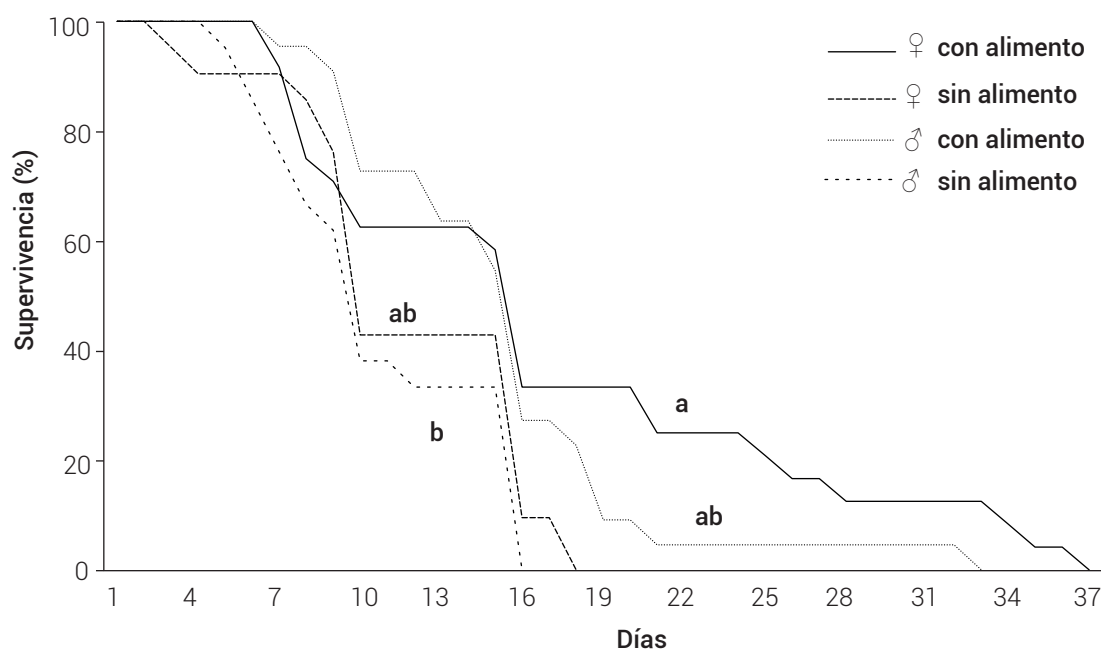


Figura 1. Supervivencia de adultos de *Engytatus varians*, en presencia o ausencia de alimento (huevos de *Sitotroga cerealella*) en jaulas en invernadero. Sobre las líneas, letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

acceso a los huevos de *S. cerealella* se hayan alimentado de las flores y, como consecuencia, causar la caída de las mismas y evitar la formación de frutos, como sucedió con *N. tenuis* y *M. pygmaeus* sobre este mismo cultivo (Sanchez, 2009; Sanchez *et al.*, 2018).

A pesar de su hábito fitófago, el uso de miridos depredadores, en combinación con otros agentes de control biológico, ha generado mayores rendimientos en el cultivo de tomate. En este cultivo, el rendimiento fue significativamente mayor cuando se liberó a *D. hesperus* en combinación con los parasitoides *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) o *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich) (Hymenoptera: Aphelinidae) para el control de *B. cockerelli* y *B. tabaci*, respectivamente, que cuando se liberó al depredador solamente (Calvo *et al.*, 2018). De igual forma, el rendimiento fue mayor cuando se liberó a *C. infumatus* y *M. basicornis* que cuando se liberó solamente *E. varians* para el control de *T. absoluta* (van Lenteren *et al.*, 2018); sin embargo, en estos estudios citados, la liberación de los adultos de estos enemigos naturales se realizó en plantas previamente infestadas con los insectos plaga, los cuales sirvieron de presa u hospedero. Esto difiere del presente estudio donde se liberaron los adultos (machos o hembras) de *E. varians*, en ausencia o presencia de alimento a base de huevos de *S. cerealella*; por lo tanto, dentro de un programa de control biológico, el manejo de la alimentación de estos enemigos naturales es muy importante para maximizar sus beneficios como depredadores y minimizar sus riesgos como fitófagos (van Lenteren *et al.*, 2018). Al respecto, *N. tenuis*, *D. hesperus* y *E. varians* se establecieron en cultivos de tomate, bajo condiciones de invernadero, en ausencia de presas, cuando se les proporcionó durante 2-5 semanas huevos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) (Calvo *et al.*, 2016; Pérez-Hedo y Urbaneja, 2016) o cuando fueron provistos con una solución de azúcar al 8.5 % como alimento suplementario (Pérez-Aguilar *et al.*, 2019).

La probabilidad de supervivencia de las hembras y machos de *E. varians* fue, en general, mayor cuando tuvieron acceso a alimento. Esto puede atribuirse a dos factores. Primero, los depredadores zoofitófagos, como es el caso de esta especie, requieren de la presa o de algún alimento suplementario para completar su desarrollo, así como para establecerse e incrementar su supervivencia en los cultivos (Mirhosseini *et al.*, 2019; Pérez-Aguilar *et al.*, 2019); por lo tanto, el alimento a base de huevos de *S. cerealella* incrementó la supervivencia de los adultos de *E. varians*; en contraste, en los tratamientos de ambos sexos que no tuvieron acceso a alimento, la planta de tomate, por sí sola, no aportó los nutrientes requeridos para sobrevivir por largos periodos de tiempos, como sucedió en *N. tenuis* (Urbaneja *et al.*, 2005). Segundo, 10 días después del

inicio del experimento se aplicó una mezcla del fungicida-acaricida Tools® (52 % de azufre elemental; Valent, Ciudad de México, México) + el insecticida Engeo® (12.62 % de tiametoxam + 9.49 % de lambda cialotrina; Syngenta Agro, San Luis Potosí, México) sobre las plantas de tomate para el control de *B. tabaci*, *T. vaporariorum*, *B. cockerelli*, *M. persicae* y los ácaros *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) y *Aculops lycopersici* (Masse) (Acari: Eriophidae). En ese día se observó una disminución de ~60 % de ambos sexos de *E. varians* en los tratamientos que no tuvieron acceso a alimento, lo que puede ser atribuido a la mortalidad causada por el insecticida Engeo® (Pérez-Aguilar *et al.*, 2018). En contraste, la disminución de machos y hembras que tuvieron acceso a alimento fue menor (28 y 38 %, respectivamente). Como consecuencia de la nutrición obtenida de los huevos de *S. cerealella*, estos individuos pudieron almacenar mayor energía, misma que invirtieron para contrarrestar la toxicidad del compuesto (Simpson y Raubenheimer, 2001).

CONCLUSIONES

Los adultos de *E. varians* no causaron daños significativos a los tallos y frutos de tomate cuando se evaluaron en jaulas dentro de un invernadero, ni afectaron la concentración de grados Brix; sin embargo, hubo una reducción en el número de frutos en cada categoría y en el rendimiento, pero en ambos casos dependió del tratamiento. En general, las hembras y machos con alimento vivieron más que aquellos individuos (ambos sexos) que no tuvieron acceso al alimento. Se deben realizar más estudios similares para verificar la ausencia de daño.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor de este estudio recibió una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-México para realizar sus estudios de Maestría en Ciencias. A la Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y al Centro de Desarrollo Tecnológico del Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, Morelia, Michoacán, por el financiamiento y facilidades brindadas, respectivamente, para realizar esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Alomar O., J. Riudavets and C. Castañé (2006) *Macrolophus caliginosus* in the biological control of *Bemisia tabaci* on greenhouse melons. *Biological Control* 36:154-162, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.08.010>
- Arnó J., C. Castañé, J. Riudavets and R. Gabarra (2010) Risk of damage to tomato crops by the generalist zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae). *Bulletin of Entomological Research* 100:105-115, <https://doi.org/10.1017/S0007485309006841>

- Calvo F. J., A. Torres-Ruiz, J. C. Velázquez-González, E. Rodríguez-Leyva and J. R. Lomeli-Flores (2016) Evaluation of *Dicyphus hesperus* for biological control of sweet potato whitefly and potato psyllid on greenhouse tomato. *BioControl* 61:415-424, <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9719-2>
- Calvo F. J., A. Torres-Ruiz, E. J. González and M. B. Velázquez (2018) The potential of *Dicyphus hesperus* as a biological control agent of potato psyllid and sweet potato whitefly in tomato. *Bulletin of Entomological Research* 108:765-772, <https://doi.org/10.1017/S0007485318000020>
- Castañé C., O. Alomar and J. Riudavets (2003) Potential risk of damage to zucchinis caused by mirid bugs. *International Organisation for Biological and Integrated Control (IOBC)/West Palaearctic Regional Section (WPRS) Bulletin* 26:135-138.
- Carey J. R. (1993) *Applied Demography for Biologist with Special Emphasis on Insects*. Oxford University Press. New York, USA. 206 p.
- Fantinou A. A., D. C. Perdiki, P. D. Labropoulos and D. A. Maselou (2009) Preference and consumption of *Macrolophus pygmaeus* preying on mixed instar assemblages of *Myzus persicae*. *Biological Control* 51:76-80, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.06.006>
- Gillespie D. R. and R. McGregor (2000) The functions of plant feeding in the omnivorous predator *Dicyphus hesperus*: water places limits on predation. *Ecological Entomology* 25:380-386, <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2000.00285.x>
- Martínez A. M., M. Baena, J. I. Figueroa, P. Del Estal, M. Medina, E. Guzmán-Lara y S. Pineda (2014) Primer registro de *Engytatus varians* (Distant) (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) en México y su depredación sobre *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae): una revisión de su distribución y hábitos. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)* 30:617-624, <https://doi.org/10.21829/azm.2014.30381>
- Mirhosseini M. A., Y. Fathipour, M. Soufbaf and G. V. P. Reddy (2019) Implications of using two natural enemies of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) toward tomato yield enhancement. *Bulletin of Entomological Research* 109:617-625, <https://doi.org/10.1017/S0007485318000998>
- Moerkens R., E. Berckmoes, V. Van Damme, N. O. Parra, I. Hanssen, M. Wuytack, ... and R. De Vis (2016) High population densities of *Macrolophus pygmaeus* on tomato plants can cause economic fruit damage: interaction with pepino mosaic virus? *Pest Management Science* 72:1350-1358, <https://doi.org/10.1002/ps.4159>
- Palma-Castillo L. J., L. V. Mena-Mociño, A. M. Martínez, S. Pineda, B. Gómez-Ramos, J. M. Chavarrieta-Yáñez y J. I. Figueroa (2019) Diet and growth parameters of the zoophytophagous predator *Engytatus varians* (Hemiptera: Miridae). *Biocontrol Science and Technology* 29:901-911, <https://doi.org/10.1080/09583157.2019.1614531>
- Pérez-Aguilar D. A., M. Araújo Soares, L. Clepf Passos, A. M. Martínez, S. Pineda and G. A. Carvalho (2018) Lethal and sublethal effects of insecticides on *Engytatus varians* (Heteroptera: Miridae), a predator of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ecotoxicology* 27:719-728, <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1954-0>
- Pérez-Aguilar D. A., A. M. Martínez, E. Viñuela, J. I. Figueroa, B. Gómez, S. I. Morales, ... and S. Pineda (2019). Impact of the zoophytophagous predator *Engytatus varians* (Hemiptera: Miridae) on *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) control. *Biological Control* 132:29-35, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.12.009>
- Pérez-Hedo M. and A. Urbaneja (2016) The zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis*: a successful but controversial biocontrol agent in tomato crops. In: *Advances in Insect Control and Resistance Management*. A. R. Horowitz and I. Ishaaya (eds.). Springer International Publishing. Cham, Switzerland. pp:121-138, https://doi.org/10.1007/978-3-319-31800-4_7
- Pérez-Hedo M., Ch. Riahi and A. Urbaneja (2020) Use of zoophytophagous mirid bugs in horticultural crops: current challenges and future perspectives. *Pest Management Science* <https://doi.org/10.1002/ps.6043>
- Pineda S., O. Hernández-Quintero, Y. B. Velázquez-Rodríguez, E. Viñuela, J. I. Figueroa, S. I. Morales and A. M. Martínez-Castillo (2019) Predation by *Engytatus varians* (Distant) (Hemiptera: Miridae) on *Bactericera cockerelli* (Sulzer) (Hemiptera: Triozidae) and two *Spodoptera* species. *Bulletin of Entomological Research* 110:270-277, <https://doi.org/10.1017/S0007485319000579>
- Sanchez J. A. (2009) Density thresholds for *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera: Miridae) in tomato crops. *Biological Control* 51:493-498, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.09.006>
- Sanchez J. A., E. López-Gallego, M. Pérez-Marcos, L. G. Perera-Fernández and M. J. Ramírez-Soria (2018) How safe is it to rely on *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) as a biocontrol agent in tomato crops? *Frontiers in Ecology and Evolution Agroecology* 6:132, <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00132>
- SAS Institute (2011) *SAS/STAT® 9.3 User's Guide*. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 8621 p.
- SE, Secretaría de Economía (1997) NMX-FF-031-1997-SCFI. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - hortalizas frescas - tomate - (*Lycopersicon esculentum* Mill.) - especificaciones. Secretaría de Economía. México, D. F. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/1998/nmx-ff-031-1998.pdf> (Agosto 2021).
- Shipp J. L. and K. Wang (2006) Evaluation of *Dicyphus hesperus* (Heteroptera: Miridae) for biological control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse tomato. *Journal of Economic Entomology* 99:414-420, <https://doi.org/10.1093/jee/99.2.414>
- Silva D. B., V. H. P. Bueno, F. J. Calvo and J. C. van Lenteren (2016) Do nymphs and adults of three neotropical zoophytophagous mirids damage leaves and fruits of tomato. *Bulletin of Entomological Research* 107:200-207, <https://doi.org/10.1017/S0007485316000778>
- Simpson S. J. and D. Raubenheimer (2001) The geometric analysis of nutrient-allelochemical interactions: a case study using locusts. *Ecology* 82:422-439, <https://doi.org/10.2307/2679870>
- Urbaneja A., G. Tapia and P. Stansly (2005) Influence of host plant and prey availability on developmental time and survivorship of *Nesidiocoris tenuis* (Het.: Miridae). *Biocontrol Science and Technology* 15:513-518, <https://doi.org/10.1080/09583150500088777>
- van Lenteren J. C., V. H. P. Bueno, F. J. Calvo, A. M. Calixto and F. C. Montes (2018) Comparative effectiveness and injury to tomato plants of three neotropical mirid predators of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology* 111:1080-1086, <https://doi.org/10.1093/jee/toy057>

