



RESEARCH ARTICLE



Effect of antibiosis, antixenosis and natural variation of trichomes of wild and commercial tomato species on the development of *Bactericera cockerelli*

Efecto de antibiosis, antixenosis y la variación natural de tricomas de especies silvestres y comerciales en tomate sobre el desarrollo de *Bactericera cockerelli*

Adela Nazareth García-Sánchez¹ ; Ernesto Cerna Chávez¹ ; Mariana Beltrán Beache² ; Yisa María Ochoa Fuentes¹ ; Juan Carlos Delgado Ortiz^{1*} 

¹ Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, CP. 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

² Centro de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agronomía, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Posta Zootécnica, C.P. 20700. Jesús María, Aguascalientes, México.

* Corresponding author: jdelgado@conacyt.mx; moe_788@hotmail.com (J. C. Delgado Ortiz).

Received: 19 May 2023. Accepted: 27 November 2023. Published: 17 December 2023.

Abstract

Bactericera cockerelli is an economically relevant pest of solanaceous crops. The presence of leaf trichomes that certain wild species have constitutes important genetic resources for plant breeding programs in terms of resistance to pests. In this study, the influence of leaf trichomes of wild species and commercial tomato cultivars on the preference, development and fecundity of *B. cockerelli* was evaluated. The results showed that wild species were less preferred by the psyllid than commercial cultivars. Insects showed a lower settlement percentage in *S. habrochaites* compared to the other species. Regarding survival, the lowest percentage developed in *S. habrochaites* with 24% and *S. arcanum* with 40%. The lowest oviposition average was found in *S. habrochaites* with two eggs, which did not hatch, in addition to being the only species that showed the presence of glandular trichomes type IV (113.86 ± 48.1) and VIc (27.3 ± 2.3) per mm², and its presence was negatively correlated with the number of perched adults. *S. arcanum* was another species that negatively influenced the behavior and development of the insects; however, these attributes were not due to the presence of trichomes. The defense mechanisms expressed by *S. habrochaites* and *S. arcanum* towards *B. cockerelli* can be used as a resource for gene introgression for the management of this pest by reducing its biological potential.

Keywords: Antixenosis; antibiosis; preference; resistance; wild tomatoes; tomato psyllid.

Resumen

Bactericera cockerelli es una plaga económicamente relevante para cultivos de solanáceas. La presencia de tricomas foliares con la que cuentan ciertas especies silvestres constituye importantes recursos genéticos para programas de fitomejoramiento en términos de resistencia a plagas. En este estudio se evaluó la influencia de los tricomas foliares de especies silvestres y cultivares comerciales de tomate en la preferencia, desarrollo y fecundidad de *B. cockerelli*. Los resultados mostraron que las especies silvestres fueron menos preferidas por el psílido que los cultivares comerciales. Los insectos mostraron un porcentaje de asentamiento menor en *S. habrochaites* en comparación con las demás especies. En cuanto a la supervivencia, el menor porcentaje se desarrolló en *S. habrochaites* con el 24% y *S. arcanum* con un 40%. La media de oviposición más baja se encontró en *S. habrochaites* con dos huevos, los cuales no eclosionaron, además, de ser la única especie que mostró la presencia de tricomas glandulares tipo IV (113,86 ± 48,1) y VIc (27,3 ± 2,3) por mm², asimismo su presencia se correlacionó negativamente con el número de adultos posados. *S. arcanum* fue otra especie que influyó negativamente en el comportamiento y desarrollo del insecto, sin embargo, estos atributos no fueron a causa de la presencia de tricomas. Los mecanismos de defensa manifestados por *S. habrochaites* y *S. arcanum* hacia *B. cockerelli* pueden ser utilizados como recurso de introgresión de genes para el manejo de esta plaga al reducir su potencial biológico.

Palabras clave: Antixenosis; antibiosis; preferencia; resistencia; tomates silvestres; psílido del tomate.

DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.041>

Cite this article:

García-Sánchez, A. N., Cerna Chávez, E., Beltrán Beache, M., Ochoa Fuentes, Y. M., & Delgado Ortiz, J. C. (2023). Efecto de antibiosis, antixenosis y la variación natural de tricomas de especies silvestres y comerciales en tomate sobre el desarrollo de *Bactericera cockerelli*. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 501-509.

1. Introducción

El psílido del tomate *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Trioziidae), es considerado una de las plagas más importantes en solanáceas y otros cultivos de importancia agrícola (Vereijssen, 2020). La especie es originaria de Norteamérica y actualmente se distribuye desde Canadá, Estados Unidos, México, y varios países de Centroamérica, hasta Nueva Zelanda y Australia (Walker et al., 2015; Olaniyan et al., 2020) probablemente por la movilización de material vegetal contaminado a través del comercio internacional (Thomas et al., 2011). El insecto, provoca daño directo en los cultivos por su herbivoría al succionar la savia de las plantas (Molki et al., 2019). En altas infestaciones, el daño secundario puede ser causado por la excreción de azúcares que promueven el crecimiento de hongos en forma de fumagina, la cual bloquea la luz solar y reduce la fotosíntesis (Prager et al., 2018). Aunado a lo anterior, esta especie es vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso) la cual provoca pérdidas significativas por la reducción del rendimiento y calidad del producto. Este patógeno es el agente causal del "permanente" del tomate, "zebra chip" en papa y el "variegado del chile" (Delgado-Ortiz et al., 2019; Workneh et al., 2020).

El manejo del complejo vector-patógeno se realiza principalmente mediante aplicaciones constantes de insecticidas químicos, sin embargo, la mayoría de estos compuestos son costosos y su uso excesivo puede contribuir al incremento de la resistencia al ingrediente activo, además provocan efectos adversos en organismos no objetivo (Szczepaniec et al., 2019).

Las estrategias para alterar el comportamiento y desarrollo de *B. cockerelli* pueden reducir el aumento de la población y por lo tanto limitar sus daños en los cultivos, además de contribuir al manejo de CaLso al reducir la cantidad de adultos infecciosos (Avila et al., 2019).

Las plantas solanáceas pueden producir una amplia gama de metabolitos secundarios que pueden afectar a las poblaciones de artrópodos (Panizzon et al., 2022), los mecanismos de resistencia en especies silvestres de tomates son asociados con la presencia de tricomas foliares (glandulares o no glandulares) y con el tipo de sustancia que estos almacenan como acilazúcares, metilcetonas y sesquiterpenos (Marchant et al., 2020; Wang et al., 2021; Moghe et al., 2023), los cuales actúan como defensas físicas y químicas que afectan negativamente el comportamiento y la aptitud biológica de los herbívoros (Rodríguez-López et al., 2020; Paudel et al., 2022).

Mora et al. (2022), en la selección de 52 especies silvestres de *Solanum* (papas), obtuvieron como resultado la identificación de una accesión resistente a *Candidatus Liberibacter solanacearum* y varias muestras tolerantes. La accesión resistente fue *S. berthaultii* que dentro de sus cualidades presenta densos tricomas glandulares en la superficie adaxial (12 tricomas/mm²) y abaxial (7 tricomas/mm²) de hojas; además de sugerir que esta característica pueda ser la responsable de la reducción de la fecundidad y supervivencia de *B. cockerelli*.

Diversos artículos mencionan la resistencia de diferentes especies silvestres de tomate a diversas taxas de artrópodos fitófagos (lepidópteros, hemípteros y ácaros) con base en el efecto antibiótico y antixenótico ocasionado por los tricomas glandulares foliares, principalmente del tipo IV y VIc y a los aleloquímicos que contienen (Eigenbrode et al., 2019; Savi et al., 2019; Garzón-Tiznado et al., 2020; Wang et al., 2021; Paudel et al., 2022; Almeida et al., 2023). En cuanto a la respuesta conductual de *B. cockerelli*, frente a la defensa manifestada por los tipos de tricomas de la planta huésped, se ha estudiado solo en algunas especies del género *Solanum*. Levy & Tamborindeguy (2014) demostraron que *S. habrochaites* es repelente y tóxico para los psílidos en comparación con *Solanum lycopersicum* debido a la presencia de tricomas glandulares tipo IV y VIc. Dawood & Snyder (2020), asocian estos efectos antagonísticos de *S. habrochaites* a distintos sesquiterpenos como lo son el 7-epi-zingibereno, 9-hidroxi zingibereno y 9-hidroxi,10,11-epoxi-zingibereno.

Los estudios sobre especies de tomate resistentes a *B. cockerelli* son reducidos y se enfocan principalmente a distintas accesiones de *S. habrochaites*, por lo que aún existe el potencial de evaluar otras especies silvestres. El objetivo del presente estudio es conocer el efecto de antibiosis y antixenosis producido por especies silvestres y cultivares comerciales de tomate hacia *B. cockerelli* y su relación con la presencia y tipo de tricomas foliares.

2. Metodología

Obtención de *Bactericera cockerelli*. Los insectos utilizados en el presente estudio se obtuvieron de una cría de *B. cockerelli* con infección positiva a CaLso, establecida en jaulas entomológicas con un suministro constante de plantas de tomate *S. lycopersicum* cv. Floradade como dieta. Esta cría se ha mantenido desde el año 2019 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila a una temperatura de 23 ± 1 °C; con fotoperiodo de 14:10 horas (luz/oscuridad) (Levy et al., 2011).

Obtención y preparación del material vegetal. Se emplearon especies silvestres de tomate, las cuales fueron donadas por el Tomato Genetics Resource Center (TGRC) de la Universidad de California, Davis, E.E.U.U. Los cultivares comerciales fueron adquiridos a través de un proveedor de insumos agrícolas (Tabla 1).

Tabla 1

Especies de *Solanum* utilizadas en los bioensayos

Especies	Accesión/Cultivar
<i>Solanum lycopersicum</i>	cv. Floradade cv. Rio Grande
<i>Solanum habrochaites</i>	LA0407
<i>Solanum pimpinellifolium</i>	LA3158
<i>Solanum arcanum</i>	LA2157
<i>Solanum peruvianum</i>	LA3640

Se germinaron 30 semillas de cada especie silvestre y de los cultivares comerciales, en charolas de poliestireno con 100 cavidades y 11 cc de volumen en cada alvéolo. Como sustrato se utilizó una mezcla húmeda de peat moss y perlita (50:50 v/v). Cuando las plántulas alcanzaron aproximadamente 20 cm de altura medida desde los cotiledones y presentaron de 3 a 4 hojas verdaderas, se realizó el trasplante en bolsas de plástico con una mezcla de sustrato peat moss y perlita (70:30 v/v). Las plantas fueron fertilizadas diariamente con diferentes porcentajes de la solución Steiner (1961), de acuerdo con Roque et al. (2021).

Evaluación de la antixenosis. Para este ensayo se fabricaron 5 jaulas entomológicas de 60×60×60 cm. A cada jaula se le colocó una planta de cada especie en su interior con una distribución aleatoria. Posteriormente a cada jaula se le introdujeron 40 hembras jóvenes de *B. cockerelli* obtenidas de la cría (Figura 1A), previamente sexadas bajo las características morfológicas de la terminalia de los adultos (Vargas-Madríz et al., 2013). Las hembras se colocaron sobre la base de una caja petri

ubicada en el centro interior de la jaula. Las jaulas permanecieron bajo invernadero en las condiciones previamente mencionadas. El diseño experimental constó de cinco jaulas como repeticiones, con la distribución de los genotipos completamente al azar. Se contabilizó el número de hembras posadas y huevos ovipositados en cada genotipo a las 24 y 48 horas después de la infestación.

Evaluación de la antibiosis. Se realizó una prueba de no elección (Figura 1B) para contabilizar huevos ovipositados y para comparar la tasa demográfica de *B. cockerelli* entre las distintas especies genotipo de tomate conforme a la metodología propuesta por Rodríguez-López et al. (2020) con algunas modificaciones.

Se utilizaron cuatro plantas de cada genotipo con un desarrollo de 40 días después del trasplante (ddt). A cada planta se le colocaron cuatro cajas clip (Luna-Cruz et al., 2011) de manera aleatoria a las cuales se les introdujeron tres hembras recién copuladas (12 hembras por planta) durante un periodo de 24 horas. Transcurrido el tiempo los insectos fueron retirados y se contabilizaron las oviposiciones. Posteriormente se realizó una cohorte de cincuenta huevos por planta. A partir de ello se contabilizó diariamente el número de huevos eclosionados, ninfas en desarrollo en cada instar y los adultos emergidos.

Para verificar la fertilidad de los adultos sobrevivientes, se confinó una pareja de *B. cockerelli* durante 48 h, dentro de una caja clip en plantas de la misma especie correspondiente a la que emergieron con un desarrollo de 40 ddt, conformando cuatro cajas por tratamiento. Al transcurrir el tiempo estipulado, se retiraron los insectos y se realizó un conteo de los huevos ovipositados. Finalmente se observó diariamente el desarrollo del huevo hasta la eclosión.

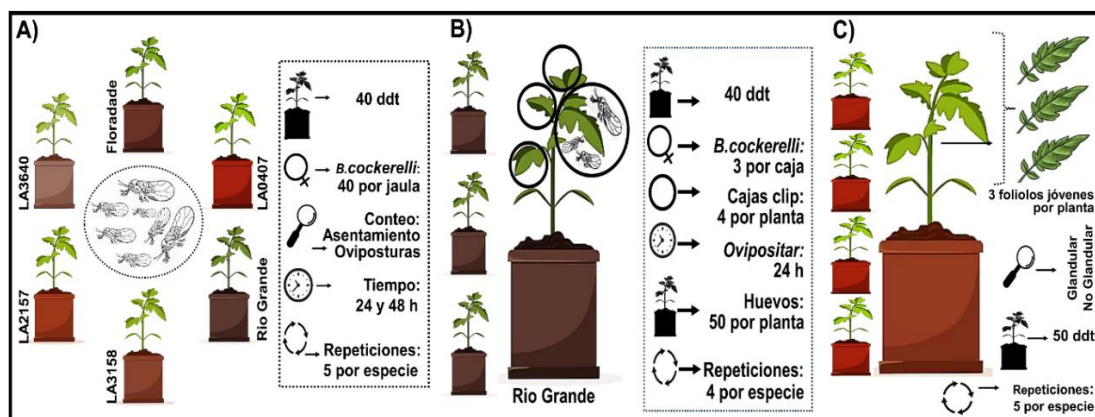


Figura 1. Diseños experimentales de los ensayos de (A) antixenosis, (B) antibiosis, y (C) caracterización de tricomas.

Caracterización cuantitativa y cualitativa de los tricomas foliares. Se utilizó la metodología propuesta por de Oliveira et al. (2018), con algunas modificaciones. Se seleccionaron cinco plantas de cada especie genotipo con desarrollo de 50 ddt. A cada planta se le tomó una muestra de tres foliolos pertenecientes a la tercera hoja debajo del ápice, haciendo un total de 15 foliolos por tratamiento (Figura 1C). Se realizaron microfotografías mediante microscopio electrónico de barrido (JCM-6000, JEOL, Tokio, Japón). Se conformaron discos foliares de aproximadamente 10 mm de diámetro de cada foliolo, los cuales se adhirieron en el portaobjetos para fotografiarlas. Se contabilizó el número de tricomas glandulares y no glandulares de la superficie adaxial presentes en un área de 1 mm². Para mantener la homogeneidad en los conteos, únicamente se consideró la lámina foliar excluyendo las nervaduras y los márgenes de la hoja. Los tricomas presentes en lo foliolos de cada especie silvestre/cultivar se clasificaron conforme a la literatura de Channarayappa et al. (1992).

Análisis estadísticos. Los datos obtenidos en las pruebas de antixenosis, antibiosis y la cuantificación de cada tipo de los tricomas foliares, fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y para la separación de medias se realizó la prueba de Tukey (p = 0,05) con el programa estadístico SAS versión 9.1; además de realizarse un análisis de correlación de Pearson con el programa estadístico SAS versión 9.1.

3. Resultados y discusión

En la prueba de antixenosis el comportamiento de las hembras de *B. cockerelli* difirió entre las especies silvestres/cultivares comerciales. Los insectos mostraron una preferencia de asentamiento significativamente mayor hacia *S. lycopersicum* cv. Floradade, a las 24 y 48 h (39,34% y 36,19% respectivamente) en comparación con los demás tratamientos. En contraste, *S. habrochaites* fue la que presentó la menor cantidad de asentamientos a las 24 h sin diferencia estadística con *S. arcanum*. En cambio, a las 48 h, *S. habrochaites* presentó numéricamente el menor número de asentamientos, aunque sin diferencias significativas con *S. arcanum* y *S. peruvianum* (Tabla 2).

En cuanto a la preferencia de oviposición, los resultados muestran diferencias significativas entre las especies/cultivares comerciales. *S. habrochaites* registró estadísticamente el menor número de oviposturas a las 24 y 48 horas (7,66 ± 1,15 y 14,67 ± 7,50 huevos/planta respectivamente) después de la liberación. Los resultados coinciden con lo reportado por Levy & Tamborindeguy (2014) quienes compararon el asentamiento de *B. cockerelli* entre *S. lycopersicum* y *S. habrochaites*, encontrando que más del 87% de los adultos prefirieron el cultivar comercial para asentamiento y oviposición. En contraste, estos autores no observaron oviposturas en *S. habrochaites*, esto puede deberse a que en este estudio se utilizó una accesión diferente.

Tabla 2

Medias de asentamientos y oviposición de *B. cockerelli* en las especies silvestres/cultivares de tomate en condiciones de libre elección

Especie/cv	Asentamiento (No. hembras/planta)		Oviposición (No. huevos/planta)	
	24 h	48 h	24 h	48 h
cv. Floradade	14,40 ± 3,64 ^a	11,80 ± 4,43a	22,66 ± 6,42a	117,33 ± 69,61a
cv. Río Grande	8,00 ± 1,41b	6,00 ± 1,87b	18 ± 6,92ab	55 ± 13,22abc
LA3158	5,60 ± 2,50c	6,00 ± 3,08b	13,33 ± 7,63ab	20 ± 17,32c
LA3640	4,60 ± 3,20c	4,60 ± 3,43bc	10,66 ± 4,16b	101,67 ± 54,84ab
LA2157	3,00 ± 1,73cd	3,60 ± 2,50bc	10,33 ± 3,51b	44,67 ± 6,11bc
LA0407	1,00 ± 0,70d	0,60 ± 0,54c	7,66 ± 1,15c	14,67 ± 7,50d
P-valor	0,01	0,01	0,0484	0,0266

LA3158: *S. pimpinellifolium*, LA3640: *S. peruvianum*, LA2157: *S. arcanum* y LA0407: *S. habrochaites*. * Medias con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey; p < 0,05).

Tabla 3

Número de individuos en las diferentes etapas de desarrollo de *B. cockerelli* en las especies silvestres y cultivares comerciales

Especie/cv	Etapa de desarrollo							
	Ninfa 1	Ninfa 2	Ninfa 3	Ninfa 4	Ninfa 5	Adulto	Hembras	Macho
Floradade	12,42 ± 0,32 ^a	11,33 ± 0,82a	11,33 ± 0,82a	11,33 ± 0,82a	11,25 ± 0,74a	11,25 ± 0,74a	6 ± 0,55a	5,25 ± 1,66a
Río Grande	12,34 ± 0,77 ^a	11,5 ± 0,79a	11,42 ± 0,96a	10,92 ± 0,69a	10,92 ± 0,69a	10,83 ± 0,58a	5,33 ± 0,82ab	5,5 ± 0,43a
LA3158	11,92 ± 0,42ab	9 ± 0,1b	7,5 ± 0,43b	7,5 ± 0,43b	7,25 ± 0,57b	6,75 ± 0,99b	3 ± 0,1cd	3,84 ± 0,84ab
LA3640	10,92 ± 1,53ab	9,17 ± 1,29b	7,83 ± 1,85b	6,5 ± 0,79b	6,33 ± 0,98bc	6,75 ± 0,74b	3,92 ± 1,07bc	2,83 ± 1,35bc
LA2157	11,73 ± 0,21ab	9,33 ± 0,69b	6,12 ± 0,59bc	5,10 ± 0,28c	5,10 ± 0,28c	5,04 ± 0,33c	2,31 ± 0,55cd	2,73 ± 0,52bc
LA0407	10,17 ± 1,23b	7,58 ± 0,88b	4,16 ± 0,69c	2,58 ± 0,32d	2,5 ± 0,43d	2,58 ± 0,32d	1,66 ± 0,61d	0,92 ± 0,42c
P- valor	0,0148	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

LA3158: *S. pimpinellifolium*, LA3640: *S. peruvianum*, LA2157: *S. arcanum* y LA0407: *S. habrochaites*. *Medias con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey; p < 0,05).

En el efecto de antibiosis, la supervivencia de *B. cockerelli* hasta el estado adulto fue estadísticamente distinta a las demás especies y cultivares (Tabla 3), los cultivares Floradade y Rio Grande presentaron alrededor del 88% de supervivencia, seguido de las especies *S. pimpinellifolium* y *S. peruvianum* con 56%. *S. arcanum* manifestó un 40%, mientras que *S. habrochaites* presentó el menor porcentaje con 24%. Supervivencias semejantes, han sido manifestadas en otras especies silvestres como *S. cheesmaniae* accesión 'V1037238' y *S. pimpinellifolium* accesión 'V1010049' con 33,46% y 35,91% de individuos vivos que alcanzaron el estado adulto respectivamente. Rodríguez-López et al. (2020); reportan que en la accesión 'ABL 10-4' de *S. pimpinellifolium*, se ha asociado a una supervivencia reducida de *T. vaporariorum* en etapas tempranas del desarrollo del insecto; mientras que la alta supervivencia en etapas tardías de desarrollo se asocia a una adaptación a la producción de acilazúcares de las ninfas que sobrevivieron en las primeras etapas. Mayo-Hernández et al. (2019) sugieren que *B. cockerelli* prefiere establecerse y desarrollarse en plantas que favorezcan su desarrollo y crecimiento, como Floradade; y evita las plantas que no proporcionen una condición óptima como las especies silvestres. La proporción sexual de *B. cockerelli* sobrevivientes se mantuvo en promedio de 1: 0,9 hembras – machos. A su vez, la especie silvestre que más prolongó el tiempo de desarrollo de los estadios inmaduros para completar el ciclo completo fue *S. habrochaites* con casi 23 días, la tendencia fue similar en *S. arcanum* y *S. pimpinellifolium* con alrededor de 21 días; similar a lo reportado por Cerna-Chávez et al. (2018), 22 días de duración total del ciclo biológico en un cultivar comercial; aunque esto es posiblemente debido a las condiciones en que se realizó ese experimento. En los dos cultivares comerciales el ciclo biológico del insecto se completó en menor tiempo, con un promedio de 19 días y siendo estadísticamente diferentes a los demás tratamientos (Tabla 4). Yang et al. (2010) mencionan que, a una temperatura de 26 °C, el desarrollo de las ninfas es precoz aproxi-

madamente con 19,6 días. Sin embargo, *S. peruvianum* (LA3640) resultó ser la especie que más acortó la duración total del ciclo, con un promedio de 17 días (Tabla 4). Liu & Trumble (2007) sugieren que el hospedero es un factor clave que altera el tiempo de desarrollo del psílido. Yang & Liu (2009) encontraron que los estadios inmaduros *B. cockerelli* se desarrollaron más rápido (24 días) cuando se alimentaron de berenjena; sin embargo, cuando la dieta es de pimiento el ciclo total se incrementó a 26 días.

La fertilidad de las hembras que se desarrollaron desde huevo hasta la etapa adulta, en cada uno de los genotipos difirieron estadísticamente (Tabla 5). En el cultivar Floradade y Rio Grande la media cercana a los 45 huevos, con una media de eclosión de 43 ninfas aproximadamente. En el caso de la especie *S. pimpinellifolium* y *S. peruvianum* la media fue de aproximada a 40 huevos de los cuales solo cerca de 34 eclosionaron. La tendencia manifestada por estas tres especies coincide con lo reportado por Yang & Liu (2009) quienes encontraron una tasa media de 47 huevos. En *S. arcanum* se presentó solo la mitad de los huevos que, en las dos especies anteriores, de los cuales solo eclosionaron 12 ninfas. Por último, la oviposición más baja se presentó en *S. habrochaites*, con solo 2 huevos de los cuales ninguno eclosiono. Este resultado concuerda con lo reportado por Avila et al. (2019), quienes en *S. habrochaites* solo encontraron un huevo, el cual no eclosiono.

Tabla 5

Oviposturas y número de eclosiones en los distintos genotipos de tomate

Especie/cv	Huevos	Eclosión
Floradade	45,07 ± 0,76a	43,25 ± 1,22a
Rio Grande	45,92 ± 2,85a	43,90 ± 1,98a
LA3158	39,38 ± 0,67b	33,89 ± 0,34b
LA3640	40,22 ± 0,08b	33,91 ± 0,19b
LA2157	19,83 ± 0,76c	11,83 ± 0,28c
LA0407	2,50 ± 0,08d	0,0 ± 0,0d
p - valor	0,0001	0,0001

LA3158: *S. pimpinellifolium*, LA3640: *S. peruvianum*, LA2157: *S. arcanum* y LA0407: *S. habrochaites*. *Medias con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey; p < 0,05).

Tabla 4

Tiempo de desarrollo (días) de los estadios inmaduros de *B. cockerelli* en especies silvestres y cultivares comerciales

Especie/cv	Ninfa 1	Ninfa 2	Ninfa 3	Ninfa 4	Ninfa 5	Ciclo Completo
Floradade	4,5 ± 0,53bc	3,62 ± 0,52bc	37,5 ± 0,46a	3,5 ± 0,53a	3,62 ± 0,52b	19,00 ± 1,19c
Rio Grande	4,00 ± 0,1c	4,00 ± 0,5abc	3,63 ± 0,52a	3,75 ± 0,46a	3,87 ± 0,35ab	19,25 ± 1,03c
LA3158	4,87 ± 0,35ab	4,00 ± 0,53abc	4,13 ± 0,64a	4,12 ± 0,64a	3,86 ± 0,35ab	21,00 ± 0,75b
LA3640	4,25 ± 0,46bc	3,13 ± 0,83c	3,5 ± 0,53a	3,5 ± 0,76a	3,5 ± 0,93b	17,87 ± 1,73d
LA2157	5,25 ± 0,46a	4,37 ± 0,52ab	3,87 ± 0,35a	4,00 ± 0,1a	4,00 ± 0,53ab	21,50 ± 1,19ab
LA0407	5,37 ± 0,52a	4,62 ± 0,74a	4,13 ± 0,35a	4,12 ± 0,35a	4,62 ± 0,51a	22,87 ± 0,99a
p - valor	0,0001	0,0001	0,0679	0,042	0,0059	0,0001

LA3158: *S. pimpinellifolium*, LA3640: *S. peruvianum*, LA2157: *S. arcanum* y LA0407: *S. habrochaites*. *Medias con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey; p < 0,05).

En la mayoría de los genotipos de tomate se observó la presencia de un tipo de tricoma no glandular junto con un tipo glandular, a excepción de *S. habrochaites* el cual presentó dos tipos de tricomas glandulares (Figura 1).

La mayor densidad de tricomas no glandulares se observó en *S. peruvianum* con tricomas tipo II ($80,7 \pm 2,73$), seguido de la variedad *S. pimpinellifolium* el cual presentó tricomas del tipo Vb ($57,5 \pm 2,4$). Del mismo modo *S. arcanum*, mostró la presencia de tricomas tipo II, al igual que *S. peruvianum*, aunque en menor cantidad que este ($23 \pm 0,54$). En los cultivares comerciales Floradade y Rio Grande,

se encontró la presencia de tricomas tipo Vb ($33,8 \pm 2,1$). Lo anterior concuerda con lo reportado por Fernández-Muñoz et al. (2003) quienes reportaron que el cultivar comercial 'Moneymaker' presenta tricomas no glandulares del tipo V ($17,3 \pm 1,2$), y escasos tricomas glandulares del tipo VIa ($3,5 \pm 0,2$).

Para los tricomas glandulares, la mayoría de las especies presentaron tricomas tipo VIa, teniendo mayor cantidad de estos los cultivares comerciales. Por otro lado, *S. habrochaites* fue la única accesión que mostró la presencia de tricomas glandulares tipo IV ($113,86 \pm 48,1$) y VIc ($27,3 \pm 2,3$).

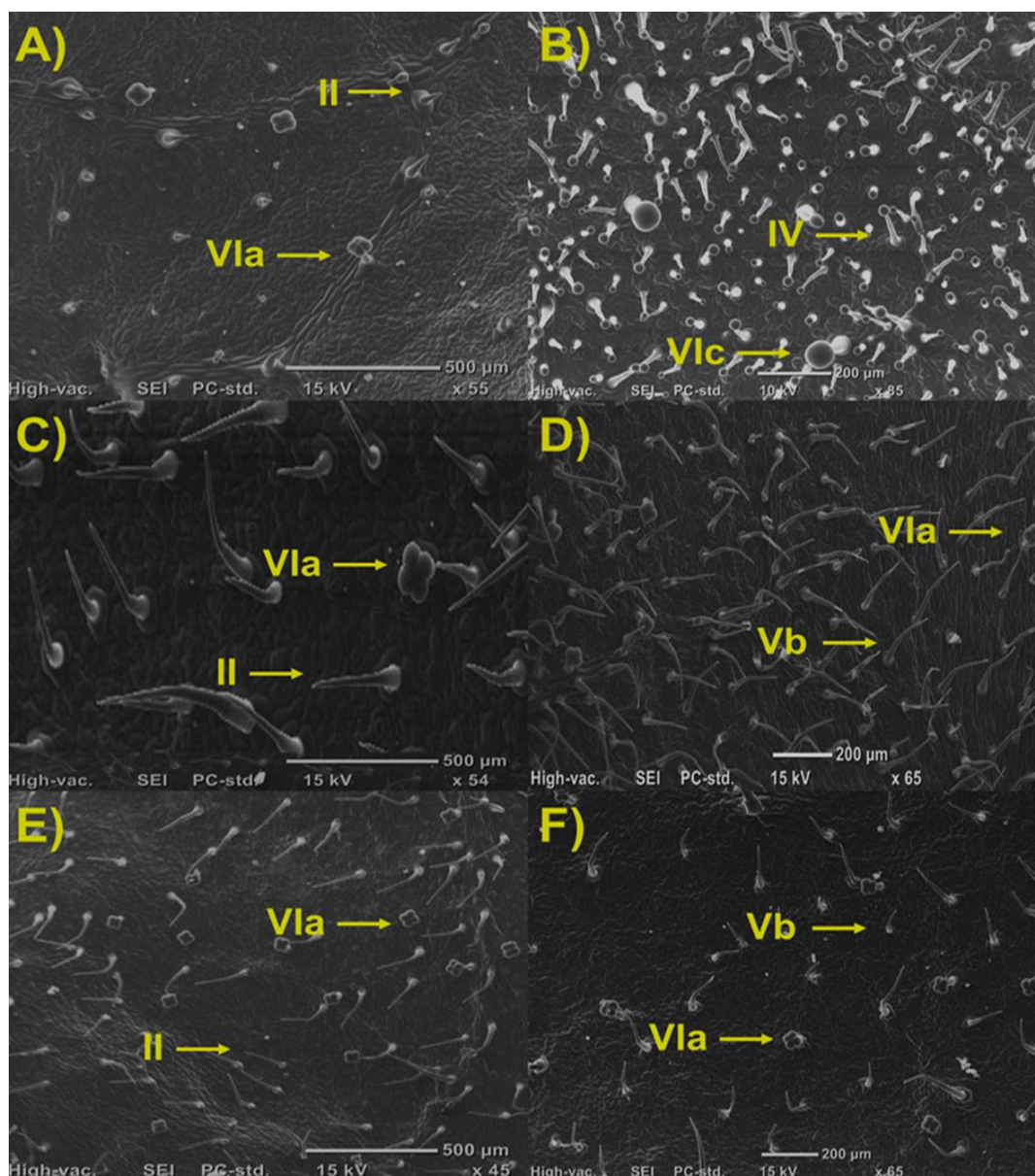


Figura 1. Densidad y tipos de tricomas en hojas de *Solanum* spp. A) *S. arcanum*. B) *S. habrochaites*. C) *S. peruvianum*. D) *S. pimpinellifolium*. E) *lycopersicum* cv. Rio Grande. F) *lycopersicum* cv. Floradade. Tricomas no glandulares: II y Vb; Tricomas glandulares: IV, VIa y VIc.

Rakha et al. (2017) determinaron que altas densidades de tricomas tipo IV, presentes en algunas especies silvestres como *S. galapaguense* se asocian con la producción de acilazúcares, los cuales reducen de forma significativa la cantidad de huevos, ninfas y adultos de mosca blanca. **Marchant et al. (2020)** aluden que las plantas de tomate cultivadas también pueden producir acilazúcares, pero en niveles muy bajos. **Bai & Lindhout (2007)** mencionan que los cultivares comerciales poseen menos del 5% de la variación genética con la cual contaban sus parientes silvestres, es decir el 95% de esa variación, se ha perdido en el transcurso del tiempo durante el proceso de domesticación. Es por ello que son considerados más susceptibles al daño causado por insectos fitófagos.

Alba et al. (2009), utilizando la variedad silvestre *S. pimpinellifolium*, observaron que la araña roja, se cubrían progresivamente con los exudados tóxicos liberados por tricomas del tipo IV, a medida que deambulan por la hoja. Por lo tanto, los autores señalan que no solo la secreción sino también la densidad y distribución del tricoma tipo IV, podrían ser importantes para afectar negativamente las poblaciones de los artrópodos.

La presencia de tricomas glandulares del tipo VIa ejerció una correlación negativa altamente significativa en cuanto al asentamiento de las hembras y significativa para las oviposuras de las mismas, a las 48 horas. Del mismo modo, se encontró una fuerte correlación conjunta entre tricomas glandulares del tipo VIa con tricomas tipo IV y VIc. En cuanto a la presencia de tricomas no glandulares y el afecto antixenótico, se encontró que tricomas del tipo II, III y Vb, ejercieron una correlación negativa no significativa (Tabla 6).

En esta investigación, la incidencia de *B. cockerelli* correlacionada inversamente con la presencia de tricomas glandulares, sugiere que los mismos, limitan o previenen el establecimiento de los psílidos. **Sánchez-Peña et al. (2006)** reportaron que plantas

de tomate con mayor número de tricomas del tipo IV y VI manifiestan una correlación negativa con el asentamiento de *Bemisia*. A su vez, **Bleeker et al. (2012)** encontraron que la abundancia de tricomas del tipo VI se correlaciona negativamente con la preferencia y oviposición de *Bemisia tabaci* (biotipo Q), *Tetranychus evansi*, *Manduca sexta* y *Leptinotarsa decemlineata*.

Por otra parte, **De Oliveira et al. (2018)** señalan que los aleloquímicos presentes en los tricomas del tipo IV y VIc de un cruce interespecífico entre *S. habrochaites* var. *hirsutum* accesión PI-127826 y *S. lycopersicum* cv. Redenção, tienen efectos antagónicos sobre el comportamiento y la biología de *Tetranychus urticae*. De forma semejante, **Dawood & Snyder (2020)** demostraron que el 7-epizingibereno, 9-hidroxi zingibereno y 9-hidroxi,10,11-epoxi-zingibereno, que se encuentra en las secreciones de tricomas glandulares de ciertas accesiones de *S. habrochaites*, son componentes altamente repelentes hacia la araña roja.

Particularmente, la no preferencia que manifestó *B. cockerelli* hacia *S. arcanum* en nuestro estudio, no puede ser atribuida a la presencia de tricomas glandulares y por ende a la excreción de compuestos químicos que actúen como repelentes. **McDowell et al. (2011)** reportan que tanto la diversidad como la cantidad de tricomas en esta especie son extremadamente limitadas. Sin embargo, **Rossi et al. (1998)**, **Nombela et al. (2003)** y **Jablonska et al. (2007)** manifiestan que *S. arcanum* posee distintos factores de resistencia como el gen *Mi*; presente en la epidermis, en las capas del mesófilo o en ambas, lo que confieren resistencia a organismos de diferente taxón como: *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita*, y *M. javanica*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Bemisia tabaci* haplotipos B y Q. Se plantean distintas posibilidades sobre la forma en que *Mi* confiere resistencia, no obstante, estos mecanismos siguen sin estar claros, además estos podrían diferir para cada tipo de plaga (**Heinz & Zalom, 1995**).

Tabla 6

Correlación del tipo de tricomas y el efecto de antixenosis

Especie/cv	II	III	IV	Vb	VIa	VIc	VII	A48	OVI48	
Especie/cv	1,00									
II	-0,19 ^{NS}	1,00								
III	-0,39 ^{NS}	-0,25 ^{NS}	1,00							
IV	0,65 ^{**}	-0,26 ^{NS}	-0,20 ^{NS}	1,00						
VB	-0,24 ^{NS}	-0,39 [*]	-0,30 ^{NS}	-0,30 ^{NS}	1,00					
VIA	-0,83 ^{**}	-0,31 ^{NS}	0,53 ^{**}	-0,58 ^{**}	0,22 ^{NS}	1,00				
VIC	0,65 ^{**}	-0,26 ^{NS}	-0,20 ^{NS}	0,99 ^{**}	-0,30 ^{NS}	-0,58 ^{**}	1,00			
VII	0,37 [*]	0,08 ^{NS}	-0,19 ^{NS}	-0,19 ^{NS}	-0,29 ^{NS}	-0,18 ^{NS}	-0,19 ^{NS}	1,00		
A48	-0,69 ^{**}	-0,15 ^{NS}	0,08 ^{NS}	-0,48 ^{**}	0,42 [*]	0,65 ^{**}	-0,48 ^{**}	-0,14 ^{NS}	1,00	
OVI48	-0,44 [*]	0,17 ^{NS}	0,08 ^{NS}	-0,39 [*]	0,18 ^{NS}	0,41 [*]	-0,38 [*]	-0,17 ^{NS}	0,68 ^{**}	1,00

A48: Efecto de antixenosis a las 48hr; OVI48: Oviposuras a las 48hr; NS: No significativo; **: Altamente significativo; *: Significativo.

Estas investigaciones respaldan la idea de que el grado de repelencia puede diferir entre los metabolitos exudados por las plantas y los factores de resistencia que poseen. Dichos compuestos parecen repeler a los insectos antes de posarse sobre el huésped. **Bleeker et al. (2012)** plantean la hipótesis de que los metabolitos secundarios son señales utilizadas por los artrópodos para reconocer plantas tóxicas, lo que indica que el insecto percibe la planta como un huésped inadecuado para sí mismo o su descendencia. Sin embargo, es necesario investigar los mecanismos involucrados en la repelencia y toxicidad.

4. Conclusiones

De acuerdo con los resultados, una alta densidad de tricomas glandulares del tipo IV y VIc presentes en *S. habrochaites* proporcionan altos niveles de resistencia a *B. cockerelli* al reducir los niveles de asentamiento, aumentar su nivel de mortalidad y por alargar su ciclo biológico. Por otro lado, *S. arcanum* mostró un buen nivel de resistencia hacia este insecto, sin embargo, no pueden ser atribuidos a la presencia de tricomas glandulares. En contraste los cultivares comerciales Floradade y Rio Grande, fueron preferidos por *B. cockerelli* para ovipositar, alimentarse y desarrollarse. Por lo tanto, los resultados sugieren que los mecanismos de defensa de las cuatro especies silvestres de tomate, particularmente los de *S. habrochaites* contra *B. cockerelli* incluyen la antixenosis y la antibiosis. Estas accesiones son fuentes potenciales de factores de resistencia que pueden usarse en programas de mejoramiento con fines de resistencia para cultivares comerciales de tomate. Estudios posteriores pueden ser enfocados en la transducción de genes provenientes de *S. arcanum* y *S. habrochaites* en cultivares comerciales, ya que ambas especies manifestaron distintos mecanismos de defensa al alterar negativamente el comportamiento, desarrollo y fertilidad de *B. cockerelli*.

Declaración de intereses

Los autores declaran que no tienen intereses en conflicto.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por la beca proporcionada al primer autor; así como el apoyo al Proyecto 1048 del programa Investigadoras e Investigadores por México.

ORCID

A. N. García-Sánchez  <https://orcid.org/0009-0006-2453-5802>
 E. Cerna Chávez  <https://orcid.org/0000-0003-2263-4322>
 M. Beltrán Beache  <https://orcid.org/0000-0002-3109-9360>
 Y. M. Ochoa Fuentes  <https://orcid.org/0000-0001-7859-8434>
 J. C. Delgado Ortiz  <https://orcid.org/0000-0003-4899-9995>

Referencias bibliográficas

- Alba, J. M., Montserrat, M., & Fernández-Muñoz, R. (2009). Resistance to the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) by acylsucroses of wild tomato (*Solanum pimpinellifolium*) trichomes studied in a recombinant inbred line population. *Exp. Appl. Acarol.*, *47*, 35–47. <https://doi.org/10.1007/s10493-008-9192-4>
- Almeida, K. C. de, Resende, J. T. V. de, Hata, F. T., Oliveira, L. V. B., & Neto, J. G. (2023). Characterization of *Solanum* sp. Lycopersicon section for density and types of leaf trichomes and resistance to whitefly and tomato pinworm. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, *310*, 111746. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111746>
- Avila, C. A., Marconi, T. G., Viloria, Z., Kurpis, J., & Del Rio, S. Y. (2019). *Bactericera cockerelli* resistance in the wild tomato *Solanum habrochaites* is polygenic and influenced by the presence of *Candidatus Liberibacter solanacearum*. *Sci. Reports*, *9*, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50379-7>
- Bai, Y., & Lindhout, P. (2007). Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future? *Ann. Bot.*, *100*, 1085–1094. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm150>
- Bleeker, P. M., Mirabella, R., Diergaarde, P. J., VanDoorn, A., Tissier, A., et al. (2012). Improved herbivore resistance in cultivated tomato with the sesquiterpene biosynthetic pathway from a wild relative. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, *109*, 20124–20129. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1208756109>
- Cerna-Chávez, E., Hernández-Bautista, O., Ochoa-Fuentes, Y. M., Landeros-Flores, J., Aguirre-Uribe, L. A., & Hernández-Juárez, A. (2018). Morphometric of immatures and life tables of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Trioziidae) from populations of Northeastern Mexico. *Rev. Colomb. Entomol.*, *44*, 53–60. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6543>
- Channarayappa, S. G., Muniyappa, V., & Frist, R. H. (1992). Resistance of Lycopersicon species to Bemisia tabaci, a tomato leaf curl virus vector. *Can. J. Bot.*, *70*, 2184–2192. <https://doi.org/10.1139/b92-270>
- Dawood, M. H., & Snyder, J. C. (2020). The Alcohol and Epoxy Alcohol of Zingiberene, Produced in Trichomes of Wild Tomato, Are More Repellent to Spider Mites Than Zingiberene. *Front. Plant Sci.*, *11*, 1. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00035>
- de Oliveira, J. R. F., de Resende, J. T. V., Maluf, W. R., Lucini, T., de Lima Filho, R. B., de Lima, I. P., & Nardi, C. (2018). Trichomes and allelochemicals in tomato genotypes have antagonistic effects upon behavior and biology of tetranychus urticae. *Front. Plant Sci.*, *9*, 1132. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01132>
- Delgado-Ortiz, J. C., Beltrán-Beache, M., Cerna-Chávez, E., Aguirre-Uribe, L. A., Landeros-Flores, J., Rodríguez-Pagaza, Y., & Ochoa-Fuentes, Y. M. (2019). *Candidatus Liberibacter solanacearum* patógeno vascular de solanáceas: Diagnóstico y control. *TIP Rev. Espec. en Delgado-Ortiz, J. C. et al. Candidatus Lib. solanacearum patógeno Vasc. solanáceas Diagn* *22*, 1–12. <https://doi.org/10.22201/fez.23958723e.2019.0.177>
- Eigenbrode, S. D., Trumble, J. T., & Jones, R. A. (2019). Resistance to Beet Armyworm, Hemipterans, and Liriomyza spp. in Lycopersicon Accessions. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, *118*, 525–530. <https://doi.org/10.21273/jashs.118.4.525>
- Fernández-Muñoz, R., Salinas, M., Álvarez, M., & Cuartero, J. (2003). Inheritance of resistance to two-spotted spider mite and glandular leaf trichomes in wild tomato *Lycopersicon pimpinellifolium* (Jusl.) Mill. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, *128*, 188–195. <https://doi.org/10.21273/jashs.128.2.0188>
- Garzón-Tiznado, J. A., Lugo-Lujan, J. M., Hernández-Verdugo, S., Medina-López, R., Velarde-Félix, S., Portillo-Loera, J. J., & Retes-Manjarrez, J. E. (2020). Antixenosis of Mexican Landrace and Wild Tomato Populations to *Bemisia tabaci*. *Southwest. Entomol.*, *45*, 501–510. <https://doi.org/10.3958/059.045.0218>
- Heinz, K. M., & Zalom, F. G. (1995). Variation in Trichome-Based Resistance to Bemisia argentifolii (Homoptera: Aleyrodidae) Oviposition on Tomato. *J. Econ. Entomol.*, *88*, 1494–1502. <https://doi.org/10.1093/JEE/88.5.1494>

- Jablonska, B., Ammiraju, J. S. S., Bhattarai, K. K., Mantelin, S., De Iarduya, O. M., Roberts, P. A., & Kaloshian, I. (2007). The Mi-9 Gene from *Solanum arcanum* Conferring Heat-Stable Resistance to Root-Knot Nematodes Is a Homolog of Mi-1. *Plant Physiol*, *143*, 1044–1054. <https://doi.org/10.1104/PP.106.089615>
- Levy, J., Ravindran, A., Gross, D., Tamborindeguy, C., & Pierson, E. (2011). Translocation of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*”, the Zebra Chip Pathogen in Potato and Tomato. *Phytopathology*, *101*, 1285. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-11-0121>
- Liu, D., & Trumble, J. T. (2007). Comparative fitness of invasive and native populations of the potato psyllid (*Bactericera cockerelli*). *Entomol. Exp. Appl.*, *123*, 35–42. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00521.x>
- Luna-Cruz, A., Lomeli-Flores, J. R., Rodríguez-Leyva, E., Ortega-Arenas, L. D., & Huerta de La Peña, A. (2011). Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Acta zoológica mexicana*, *27*(3), 509–526.
- Marchant, W. G., Legaree, S., Smeda, J. R., Mutschler, M. A., & Srinivasan, R. (2020). Evaluating acylsugars-mediated resistance in tomato against *Bemisia tabaci* and transmission of tomato yellow leaf curl virus. *Insects*, *11*, 842.
- Mayo-Hernández, J., Ramírez-Chávez, E., Molina-Torres, J., Guillén-Cisneros, M.D.L., Rodríguez-Herrera, R., et al. (2019) Effects of *Bactericera cockerelli* Herbivory on Volatile Emissions of Three Varieties of *Solanum lycopersicum*. *Plants*, *8*, 509. <https://doi.org/10.3390/plants8110509>
- McDowell, E. T., Kapteyn, J., Schmidt, A., Li, C., Kang, J. H., et al. (2011). Comparative functional genomic analysis of solanum glandular trichome types. *Plant Physiol*, *155*, 524–539. <https://doi.org/10.1104/pp.110.167114>
- Moghe, G., Irfan, M., & Sarmah, B. (2023). Dangerous sugars: Structural diversity and functional significance of acylsugar-like defense compounds in flowering plants. *Curr. Opin. Plant Biol.*, *73*, 102348. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2023.102348>
- Molki, B., Ha, P. T., Cohen, A. L., Crowder, D. W., Gang, D. R., Omsland, A., Brown, J. K., & Beyenal, H. (2019). The infection of its insect vector by bacterial plant pathogen “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” is associated with altered vector physiology. *Enzyme Microb. Technol.*, *129*, 109358
- Mora, V., Ramasamy, M., Damaj, M. B., Irigoyen, S., Ancona, V., Avila, C. A., Vales, M. I., Ibanez, F., Mandadi, K. K. (2022). Identification and Characterization of Potato Zebra Chip Resistance Among Wild *Solanum* Species. *Front Microbiol.*, *27*(13), 857493. doi: 10.3389/fmicb.2022.857493
- Nombela, G., Williamson, V. M., & Muñoz, M. (2003). The root-knot nematode resistance gene Mi-1.2 of tomato is responsible for resistance against the whitefly *Bemisia tabaci*. *Mol. Plant-Microbe Interact.*, *16*, 645–649.
- Olianiyan, O., Rodríguez-Gasol, N., Cayla, N., Michaud, E., & Wratten, S. D. (2020). *Bactericera cockerelli* (Sulc), a potential threat to China’s potato industry. *J. Integr. Agric.*, *19*, 338–349.
- Panizzon, F. C., Vilela de Resende, J. T., Lima-Filho, R. B., de Pilati, L., Gomes, G. C., Roberto, S. R., & Da-Silva, P. R. (2022). Development of BC3F2 Tomato Genotypes with Arthropod Resistance Introgressed from *Solanum habrochaites* var. *hirsutum* (PI127826). *Hortic.*, *8*, 1217. <https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE8121217>
- Paudel, S., Felton, G. W., & Rajotte, E. G. (2022). Anti-Herbivore Resistance Changes in Tomato with Elevation. *J. Chem. Ecol.*, *48*, 196–206. <https://doi.org/10.1007/s10886-021-01341-3>
- Prager, S. M., & Trumble, J. T. (2018). Psyllids: Biology, Ecology, and Management. In *Sustain. Manag. Arthropod Pests Tomato* (Chapter 7): 163–181. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00007-3>
- Rakha, M., Boubba, N., Ramasamy, S., Regnard, J. L., & Hanson, P. (2017). Evaluation of wild tomato accessions (*Solanum* spp.) for resistance to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) based on trichome type and acylsugar content. *Genet. Resour. Crop Evol.*, *64*, 1011–1022. <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0421-0>
- Rodríguez-López, M. J., Moriones, E., & Fernández-Muñoz, R. (2020) An Acylsucrose-Producing Tomato Line Derived from the Wild Species *Solanum pimpinellifolium* Decreases Fitness of the Whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. *Insects*, *11*, 616. <https://doi.org/10.3390/insects11090616>
- Roque, A., Delgado-Ortiz, J. C., Beltrán-Beache, M., Ochoa-Fuentes, Y., & Cerna-Chávez, E. (2021). Parámetros agronómicos del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) inoculado con “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” y tratados con fosfitos. *Ecosistemas y Recur. Agropecu.* *8*. <https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2552>
- Rossi, M., Goggin, F. L., Milligan, S. B., Kaloshian, I., Ullman, D. E., & Williamson, V. M. (1998). The nematode resistance gene Mi of tomato confers resistance against the potato aphid. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, *95*, 9750–9754. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.17.9750>
- Sánchez-Peña, P., Oyama, K., Núñez-Farfán, J., Foroní, J., Hernández-Verdugo, S., Márquez-Guzmán, J., & Garzón-Tiznado, J. A. (2006). Sources of resistance to whitefly (*Bemisia* spp.) in wild populations of *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Dunal) spooner G.J. Anderson et R.K. Jansen in Northwestern Mexico. *Genet. Resour. Crop Evol.*, *53*, 711–719. <https://doi.org/10.1007/s10722-004-3943-9>
- Savi, P. J., Moraes, G. J. D., Junior, A. L. B., Melville, C. C., Carvalho, R. F., Lourenção, A. L., & Andrade, D. J. (2019). Impact of leaflet trichomes on settlement and oviposition of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in African and South American tomatoes. *Syst. Appl. Acarol.*, *24*, 2559–2576.
- Szcepaniec, A., Varela, K. A., Kiani, M., Paetzold, L., & Rush, C. M. (2019). Incidence of resistance to neonicotinoid insecticides in *Bactericera cockerelli* across Southwest U.S. *Crop Prot.*, *116*, 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.11.001>
- Thomas, K. L., Jones, D. C., Kumarasinghe, L. B., Richmond, J. E., Gill, G. S. C., & Bullians, M. S. (2011). Investigation into the entry pathway for tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli*. *New Zeal. Plant Prot.*, *64*, 259–268. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2011.64.6008>
- Vargas-Madriz, H., Bautista-Martínez, N., Vera-Graziano, J., García-Gutiérrez, C., & Chavarrín-Palacio, C. (2013). Morphometrics of Eggs, Nymphs, and Adults of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae), Grown on Two Varieties of Tomato Under Greenhouse Conditions. *Florida Entomologist*, *96*(1), 71–79. <https://doi.org/10.1653/024.096.0110>
- Vereijssen, J. (2020). Ecology and management of *Bactericera cockerelli* and *Candidatus Liberibacter solanacearum* in New Zealand. *J. Integr. Agric.*, *19*, 333–337. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62641-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62641-9)
- Walker, P. W., Allen, G. R., Tegg, R. S., White, L. R., & Wilson, C. R. (2015). The tomato potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc, 1909) (Hemiptera: Triozidae): A review of the threat of the psyllid to Australian solanaceous crop industries and surveillance for incursions in potato crops. *Austral Entomol.*, *54*, 339–349. <https://doi.org/10.1111/AEN.12129>
- Wang, F., Park, Y. L., & Gutensohn, M. (2021). Epidermis-Specific Metabolic Engineering of Sesquiterpene Formation in Tomato Affects the Performance of Potato Aphid *Macrosiphum euphorbiae*. *Front. Plant Sci.*, *12*, 3052. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.793313>
- Workneh, F., Trees, J. L., Paetzold, L., Badillo-Vargas, I. E., & Rush, C. M. (2020). Impact of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ haplotypes on sprout emergence and growth from infected seed tubers. *Crop Prot.*, *105*462. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105462>
- Yang, X. B., & Liu, T. X. (2009). Life history and life tables of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on eggplant and bell pepper. *Environ. Entomol.*, *38*, 1661–1667. <https://doi.org/10.1603/022.038.0619>
- Yang, X. B., Zhang, Y. M., Hua, L., & Liu, T. X. (2010). Life history and life tables of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae) on potato under laboratory and field conditions in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *J. Econ. Entomol.*, *103*, 1729–1734. <https://doi.org/10.1603/EC10083>