RESISTENCIA DE GENOTIPOS DE MAÍZ A *Tetranychus urticae* KOCH Y SU EFECTO EN LA SUSCEPTIBILIDAD DEL ÁCARO A PLAGUICIDAS

RESISTANCE OF MAIZE GENOTYPES TO *Tetranychus urticae* KOCH AND ITS EFFECT ON MITE SUSCEPTIBILITY TO PESTICIDES

Tomás Arroyo-García[1], Francisco Cervantes-Ortiz[1], J. Guadalupe García-Rodríguez[1], Dulce M. Zarate-Lara[1] y José F. Rodríguez-Rodríguez[2]*

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Roque, Celaya, Guanajuato, México. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México.

**Autor de correspondencia* (francisco_azul@live.com.mx)

RESUMEN

El maíz es considerado el principal alimento para la población en México, ya que forma parte de la canasta básica, y es un componente importante en el suministro a los sectores industrial y ganadero. Una amenaza importante para el cultivo de maíz es la araña roja de dos puntos (*Tetranychus urticae*), cuyo ataque debilita y provoca enfermedades en las plantas cuando se alimenta, lo cual llega a mermar la producción de grano. Su capacidad para desarrollar resistencia a los plaguicidas utilizados para su control dificulta su manejo; ante ello, una alternativa es el uso de plantas resistentes, lo que ayudaría a reducir la dependencia de los acaricidas. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de materiales de maíz en el desarrollo de la araña roja y, a su vez, la manera en que esto se traduce en la susceptibilidad de este ácaro a plaguicidas. Se evaluaron cinco genotipos de maíz (TecNM 86-Celaya, TecNM 144-R56, TecNM 93-DK, TecNM 96-Celaya y Criollo Celaya). Se determinó el tiempo de desarrollo de cada uno de los estadios de *T. urticae*, y se midieron caracteres morfológicos de hoja como grosor, dureza y número de tricomas. En cuanto al efecto de los genotipos en la susceptibilidad a plaguicidas, se estableció una colonia de araña roja, cuyos individuos se criaron en los genotipos de maíz en estudio, hasta llegar a F_3, las moléculas activas evaluadas fueron abamectina, naled, bifetrina y lambda cyhalotrina. La mortalidad se registró a las 48 h. Los resultados mostraron que el genotipo TecNM 144-R56 fue en el que se presentó el ciclo de vida más largo con una media de 14.38 días, mientras que en TecNM 96-Celaya se registró el valor más bajo con 10.68 días. El genotipo TecNM 86-Celaya fue el material en el que presentó la menor CL_{50} para todos los principios activos en estudio; por su parte, los genotipos TecNM 144-R56 y TecNM 93-DK duplicaron la CL_{50} en comparación con el material más susceptible.

Palabras clave: *Zea mays*, caracteres agronómicos, plaguicidas, resistencia genética.

SUMMARY

Maize is considered the main staple food for the population in Mexico, as it is part of the basic food basket, and it is an important component in the supply to the industrial and livestock sectors. A major threat to maize crops is the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*), whose attack weakens and causes disease in the plants when fed, which in turn reduces grain production. Its ability to develop resistance to the pesticides used for its control makes its management difficult; an alternative is the use of resistant plants, which would help reduce dependence on acaricides. The objective of this study was to evaluate the effect of maize materials on the development of spider mites and, in turn, how this translates into the susceptibility of this mite to pesticides. Five maize genotypes (TecNM 86-Celaya, TecNM 144-R56, TecNM 93-DK, TecNM 96-Celaya and Criollo Celaya) were evaluated. The development time of each stage of *T. urticae* was determined, and leaf morphological traits such as thickness, hardness, and number of trichomes were measured. Regarding the effect of genotypes on pesticides susceptibility, a red spider colony was established, whose individuals were raised on the maize genotypes until reaching F_3. The active molecules evaluated were abamectin, naled, bifethrin, and lambda cyhalothrin. Mortality was recorded at 48 h. Results showed that the TecNM 144-R56 genotype presented the longest life cycle, with an average of 14.38 days, while in TecNM 96-Celaya the lowest value recorded at 10.68 days. Genotype TecNM 86 Celaya was the material in which the lowest LC_{50} was presented for all the active ingredients under study, while the TecNM 144-R56 and TecNM 93 DK genotypes doubled the LC_{50} compared to the most susceptible material.

Index words: *Zea mays*, agronomic traits, genetic resistance, pesticides.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es de gran importancia en México por sus aportaciones productivas, socioeconómicas y culturales (Lagunes-Domínguez *et al*., 2018). Se caracteriza por poseer una amplia gama de variedades (SIAP, 2019). Los principales países productores de maíz son Estados Unidos de América, China, Brasil y Argentina, mientras que México ocupa el sexto lugar a nivel mundial, aportando el 1.84 % del total de la producción (FAO, 2024). En México los estados que lideran la producción de maíz son Sinaloa (24 %), Jalisco (12 %), Michoacán (7 %), Estado de México (6 %) y Guanajuato (6 %) (SIAP, 2024). Uno de los principales problemas que hace que la producción de maíz se vea comprometida es la presencia de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), un ácaro de carácter polífago, que ataca cultivos anuales, perennes y ornamentales (Maldonado-Michel *et al*., 2022). Para el cultivo de maíz se han llegado a presentar pérdidas de hasta 40 % de materia seca cuando la planta se destinada a ensilaje y de 21 % en grano

Recibido: 27 de enero de 2025
Aceptado: 05 de mayo de 2025
DOI: https://doi.org/10.35196/rfm.2025.2.125

(Ndiaye *et al*., 2022). La estrategia de control predominante ha sido la aplicación de acaricidas sintéticos (Fathipour y Maleknia, 2016); sin embargo, el mal uso de acaricidas de origen químico para el control de ácaros llega a causar contaminación al medio ambiente (Tabet *et al*., 2018). Se ha reportado el desarrollo de poblaciones resistentes, debido a que *T. urticae* acorta su ciclo de vida, una elevada tasa de reproducción, partenogénesis arrenotoca, amplia gama de hospederos y estrategias de hibernación (Adesanya *et al*., 2021). Actualmente, a nivel mundial se tiene registro de 558 casos de resistencia a 96 ingredientes activos (Mota-Sánchez y Wise, 2024). Una alternativa para reducir las aplicaciones en campo es el uso de variedades resistentes al ataque de artrópodos; los efectos de la resistencia varietal pueden presentarse a través de tres fenómenos: antibiosis, antixenosis y tolerancia, o bien por la combinación de éstos (Rocandio *et al*., 2022). La antibiosis involucra la reducción de la capacidad reproductiva, longevidad o supervivencia de los individuos, la antixenosis modifica el comportamiento (Fahim *et al*., 2020) y la tolerancia se relaciona con la capacidad de la planta para recuperarse después de un ataque (Agut *et al*., 2018). Por otro lado, se ha demostrado que la resistencia a plaguicidas puede ser inducida por la planta hospedera, a causa de la presencia de metabolitos secundarios, que son consumidos por los herbívoros al momento de alimentarse, lo que ocasiona que los artrópodos se vuelvan tolerantes a los ingredientes activos (Alyokhin y Chen, 2017). El objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto de genotipos de maíz en el desarrollo de *T. urticae* y su efecto en la resistencia a acaricidas.

MATERIALES Y METODOS

Sitio experimental

La investigación se realizó en el Laboratorio de Entomología del Campo Experimental Bajío del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Celaya, Guanajuato, México, ubicado en las coordenadas geográficas 20° 34′ 43.58″ N y -100° 49′ 11.81″ O, a una altitud de 1752 msnm.

Colonia de ácaros

Se estableció una colonia madre de *T. urticae* en condiciones de invernadero, la recolecta del material biológico se realizó en lotes experimentales del cultivo de fresa en el TecNM-Roque, se recolectaron hojas infestadas de ácaros y se colocaron en bolsas de papel del Número 10, se trasladaron al invernadero de entomología del INIFAP y se transfirieron a plantas de frijol, variedad Flor de Junio de 45 días de edad, sembradas y mantenidas en condiciones de invernadero; los ácaros se reprodujeron hasta la F_3, con la finalidad de tener individuos suficientes para su estudio. La idenficación de los ácaros se realizó de acuerdo con lo descrito por Auger *et al*. (2013).

Material vegetal

Se evaluaron cinco materiales de maíz: TecNM 86-Celaya, TecNM 144-R56, TecNM 93-DK, TecNM 96-Celaya y Criollo Celaya, desarrollados por el Programa de Mejoramiento Genético del Tecnológico de Roque.

Manejo agronómico

La siembra se realizó en el mes de mayo de forma manual colocando tres semillas en contenedores de plástico de 5 L, como sustrato se utilizó una mezcla de peat most y lombricomposta (70:30). Los riegos se realizaron según los requerimientos de la planta, manteniendo la humedad del sustrato a capacidad de campo, como fuente de fertilizante se empleó sulfato de amonio, dosificando a 5 g por planta a los 15 días después de la emergencia y se les dio seguimiento hasta la etapa de V6.

Estudio del efecto de genotipos de maíz en el desarrollo de *T. urticae*

Para estandarizar la edad de los ácaros se utilizó la técnica de hoja de arena (Abou-Setta y Childers, 1987), con ayuda de un pincel de pelo de camello del número 000, se transfirieron 20 hembras grávidas a hojas de maíz de 3 cm^2 de cada uno de los genotipos a evaluar, colocadas en una placa Petri de 9 cm de diámetro provista con papel absorbente saturado con agua destilada, se dejaron ovipositar durante 24 h en condiciones controladas (28 ± 2 °C, 14:10 h luz:oscuridad y HR 40 %); transcurrido este tiempo, se estandarizó a 10 el número de huevos por hoja y cada 24 h se tomó registro del tiempo de desarrollo de cada fase de *T. urticae* (huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto) desde huevo hasta la muerte del adulto. Las observaciones se realizaron con ayuda de un estereoscopio de 40x (Marca Zeiss, modelo Stemi DV4, Jena, Alemania). El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cuatro repeticiones, donde una placa Petri con un recuadro de hoja y 10 ácaros fue considerada como la unidad experimental.

Caracteres morfológicos de genotipos de maíz

Para determinar los caracteres morfológicos (grosor y dureza, y número de tricomas) de las hojas de los genotipos de maíz se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones, considerando una planta como unidad experimental. Se tomó como referencia la hoja media de la planta y se realizaron tres mediciones, en la parte basal, media y apical de la hoja. El grosor de la hoja

se midió con ayuda de un vernier digital, para la dureza se utilizó un penetrómetro de bolsillo y para el número de tricomas se recortaron cuadros de 1 cm^2 y con el apoyo de un estereoscopio de 40x, marca Zeiss, modelo Stemi DV4, se contabilizó el número de tricomas.

Colonia madre de ácaros por genotipo de maíz

Para determinar el efecto de la planta hospedera sobre la resistencia a acaricidas se establecieron colonias de *T. urticae* por cada genotipo en estudio, las cuales se criaron en jaulas entomológicas de 50 × 50 × 80 cm y fueron alimentadas con plantas del genotipo correspondiente, se mantuvieron en cría hasta la tercera generación (F_3).

Pruebas de susceptibilidad a plaguicidas

Se evaluaron cuatro plaguicidas de diferente grupo toxicológico (abamectina, naled, bifetrina y lambda cyhalotrina), cada principio activo se evaluó a cinco concentraciones en un intervalo de mortalidad de 5 a 95 %, para lo cual se realizaron pruebas preliminares (ventana biológica) para determinar las concentraciones en estudio, y el testigo absoluto que consistió en agua destilada más adherente (1 mL L^{-1}). Los bioensayos se realizaron por el método 004 propuesto por el IRAC (2024), se recortaron cuadros de hoja de maíz de 2 cm^2 y se trataron con las soluciones en estudio de cada insecticida realizando inmersión de hoja durante 5 s, se dejaron secar durante 30 min y se colocaron de forma individual en placas Petri acondicionadas con papel absorbente saturado en agua y con un pincel de pelo de camello del número 000 se transfirieron 10 ácaros de *T. urticae.* La mortalidad se registró a las 48 h posterior al inicio del experimento. El diseño experimental usado fue completamente al azar con cuatro repeticiones, cada unidad experimental estuvo representada por una caja Petri con un recuadro de hoja con 10 ácaros.

Análisis estadístico

Una vez obtenidos los valores del tiempo de desarrollo de *T. urticae* y los caracteres agronómicos de cada material, se realizó una prueba de normalidad de Shapiro Wilk para determinar el comportamiento de los datos; posteriormente, se realizó análisis de varianza y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la separación de las medias. Los análisis estadísticos fueron realizados en el programa R-studio, versión 4.4.1 (R Core Team, 2024).

Con los datos obtenidos en los bioensayos se realizó una corrección de mortalidad con la fórmula de Abbott (1925); posteriormente, se realizó un análisis Probit (Finney, 1971) para determinar la curva de respuesta concentración-mortalidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Cuadro 1) para el tiempo de desarrollo de cada una de las fases de *T. urticae* en genotipos de maíz muestra diferencia significativa para huevo, larva, adulto y total de días, mientras que las fase de protoninfa y deutoninfa no presentaron diferencia entre los materiales en estudio.

En el Cuadro 2 se observan las pruebas de medias para cada etapa de desarrollo de *T. urticae* en genotipos de maíz, donde se muestran diferencias estadísticas en las fases de huevo, larva, adulto y el total. En la fase de huevo, TecNM 96-Celaya obtuvo la media más alta de 4 días y Criollo Celaya produjo el valor más bajo con 3.52 días. En lo que se refiere al estadio larval, Criollo Celaya presentó el periodo de desarrollo más largo con 2.86 días y TecNM 96-Celaya reportó el tiempo más corto con 1.74 días. Para la fase de adulto TecNM 93-DK sobresalió con una media de 2.69 días; por su parte, Criollo Celaya mostró el valor más bajo con una media de 1.48 días; en lo que se refiere a los días totales de desarrollo desde huevo hasta la muerte del adulto, TecNM 144-R56 presentó la media más alta con 14.38 días y TecNM 96-Celaya registró el menor tiempo con 10.68 días. Estos resultados son similares a los reportados por Puspitarini *et al.* (2021), quienes reportaron tiempos de desarrollo no mayores de 12.37 de araña roja en diferentes cultivares de fresa. Por su parte, Osman *et al.* (2019) en un estudio realizado sobre la respuesta biológica de la araña roja a diferentes hospederos como frijol (*Phaseolus vulgaris*), pepino (*Cucumis sativus*), tomate (*Solanum lycopersicum*) y chile (*Capsicum annuum*), reportaron tiempos de desarrollo menores de 11 días desde huevecillo hasta adulto.

En el Cuadro 3 se muestra el análisis de varianza de los caracteres agronómicos, donde se señalan diferencias significativas entre los materiales en estudio para las variables grosor, dureza y número de tricomas.

El Cuadro 4 presenta la comparación de medias de los caracteres agronómicos de los diferentes genotipos de maíz. Para el grosor de hoja el material TecNM 144-R56 mostró la media más alta con un valor de 0.54 mm; en cambio, TecNM 96-Celaya registró el menor grosor con 0.26 mm. TecNM 144-R56 presentó la mayor dureza con 0.70 kg cm^{-2}; por su parte, el Criollo Celaya mostró el menor valor con 0.37 kg cm^{-2}. En cuanto al número de tricomas, el Criollo Celaya registró la mayor cantidad con 25.83 tricomas cm^{-2}, a diferencia del TecNM 144-R56 que obtuvo la densidad más baja con 13.12 tricomas cm^{-2}.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza del tiempo de desarrollo de cada una de las fases de *Tetranychus urticae* en genotipos de maíz.

Líneas	G.L.	Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Adulto	Total
Genotipos	4	0.1578*	0.6779*	0.6740	0.996	1.3789**	7.711*
Error	15	0.0435	0.2492	0.3374	0.4895	0.2411	2.099
Total	19	0.2013	0.9271	1.0114	1.4855	1.62	8.81
C.V. (%)	-	5.61	20.93	23.98	30.42	22.70	11.15

G.L.: grados de libertad, C.V.: coeficiente de variación. * y **: significancia estadística con P ≤ 0.01 y **P ≤ 0.001, respectivamente.

Cuadro 2. Comparación de medias de las fases de desarrollo de *Tetranychus* urticae en diferentes genotipos de maíz.

Genotipo	Media ± DE					
	Huevo (Días)	Larva (Días)	Protoninfa (Días)	Deutoninfa (Días)	Adulto (Días)	Total (Días)
TecNM 96-Celaya	4.00 ± 0.08 a	1.74 ± 0.65 b	1.75 ± 0.53 a	1.60 ± 0.42 a	1.58 ± 0.41 bc	10.68 ± 1.42 b
Criollo Celaya	3.52 ± 0.05 b	2.86 ± 0.32 a	2.77 ± 0.36 a	2.45 ± 0.88 a	1.48 ± 0.42 c	13.08 ± 1.03 ab
TecNM 86-Celaya	3.68 ± 0.39 ab	2.31 ± 0.68 ab	2.45 ± 0.81 a	2.28 ± 0.71 a	2.41 ± 0.57 abc	13.15 ± 1.8 ab
TecNM 93-DK	3.82 ± 0.20 ab	2.54 ± 0.35 ab	2.37 ± 0.72 a	2.17 ± 0.85 a	2.69 ± 0.66 a	13.61 ± 1.66 ab
TecNM 144-R	3.55 ± 0.10 ab	2.45 ± 0.32 ab	2.75 ± 0.28 a	2.98 ± 0.50 a	2.64 ± 0.27 ab	14.38 ± 0.99 a

Medias con letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05), DE: desviación estándar.

Chen *et al*. (2022), en un estudio realizado sobre el efecto de caracteres físicos de las hojas de híbridos de maíz en la resistencia al ataque de *T. urticae*, reportaron una correlación positiva entre la densidad de tricomas y la cantidad de ácaros; sin embargo, el espesor de la hoja correlacionó negativamente, demostrando así que los tricomas juegan un papel importante en la resistencia varietal. Por su parte, Taleei *et al*. (2021) realizaron un estudio sobre la defensa directa de plantas de frijol contra el ácaro de dos manchas y encontró que los rasgos relacionados con los tricomas en las hojas atraparon e impidieron el movimiento, la alimentación y la reproducción de *T. urticae*; por lo tanto, estas características disminuyeron el daño al área foliar en el frijol. En relación con lo anterior, Belete (2018) mencionó en su estudio de mecanismos de defensa ante insectos plaga que los rasgos estructurales de la planta, tales como la cera de la superficie de la hoja, los tricomas, el espesor de la pared celular y la lignificación, forman la primera barrera física para la alimentación de los insectos, mientras que los metabolitos secundarios actúan como toxinas afectando el crecimiento, el desarrollo y la digestibilidad.

En el Cuadro 5 se observan las concentración letales medias (CL_{50}) de plaguicidas de diferente grupo toxicológico contra *T. uticae*. Para abamectina, el material que presentó la CL_{50} más baja fue TecNM-86 Celaya con un valor de 1.331 ppm; por su parte, las líneas TecNM 96-Celaya y TecNM 144-R registraron la CL_{50} mayor con 2.948 y 3.321 ppm, arrojando factores de resistencia de 2.214 y 2.495, respectivamente, en relación con TecNM 86-Celaya.

En lo que respecta al insecticida Naled, TecNM 86-Celaya presentó la CL_{50} menor con 2284 ppm, mientras que los genotipos TecNM 144-R y TecNM 93-DK registraron la CL_{50} más alta con 3189 y 4208 ppm con un factor de resistencia de 1.396 y 1.842, respectivamente, en comparación con TecNM 86-Celaya. En la evaluación de la CL_{50} de lambda cyhalotrina para *T. urticae* mantenida en líneas de maíz, el material que presentó la CL_{50} más baja fue TecNM 86-Celaya con 21.791 ppm, mientras que los genotipos TecNM 144-R y TecNM 93-DK registraron las CL_{50} más altas con 57.008 y 76.775 ppm, respectivamente, lo que da como resultado una proporción de resistencia de 2.616 y 3.523 con respecto a TecNM 86-Celaya.

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza de los caracteres agronómicos de genotipos de maíz.

Líneas	G.L	Grosor	Dureza	Número de tricomas
Líneas	4	0.03223***	0.04227***	86.61**
Error	10	0.002	0.00276	13.28
Total	14	0.034	0.045	99.89
C.V. (%)	-	12.106	10.09	18.988

G.L: Grados de libertad, C.V: Coeficiente de variación, * y **: significancia estadística con P ≤ 0.001 y P ≤ 0.0001, respectivamente.

Cuadro 4. Comparación de medias de los caracteres agronómicos de los genotipos de maíz bajo estudio.

Genotipos	Media ± DE		
	Grosor de hoja (mm)	Dureza de hoja (kg cm^{-2})	Número de tricomas (Tricomas cm^{-2})
TecNM 86-Celaya	0.42 ± 0.05 a	0.55 ± 0.02 b	14.52 ± 2.02 b
TecNM 144-R56	0.54 ± 0.08 a	0.70 ± 0.08 a	13.12 ± 1.38 b
TecNM 93-DK	0.47 ± 0.00 a	0.48 ± 0.05 bc	22.71 ± 2.06 ab
TecNM 96-Celaya	0.26 ± 0.05 b	0.49 ± 0.06 bc	19.75 ± 3.96 ab
Criollo Celaya	0.45 ± 0.02 a	0.37 ± 0.00 c	25.83 ± 6.35 a

Medias con letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05), DE: desviación estándar.

Cuadro 5. Concentraciones letales medias de plaguicidas de diferente grupo toxicologico para *Tetranychus urticae* criada en genotipos de maíz.

Genotipos	Abamectina		Naled		Lambda cyhalotrina		Bifetrina	
	CL_{50} (LFI-LFS) (ppm)	PR	CL_{50} (LFI-LFS) (ppm)	PR	CL_{50} (LFI-LFS) (ppm)	PR	CL_{50} (LFI-LFS) (ppm)	PR
TecNM 86-Celaya	1.33 (0.64-2.07)	-	2,284 (1,408-3,343)	-	21.79 (5.75-77.96)	-	7.28 (0.98-48.63)	-
TecNM 93-K	1.40 (0.33-2.72)	1.05	4,208 (3,254-5,878)	1.84	76.77 (58.40-107.07)	3.52	13.79 (2.85-186.99)	1.89
Criollo Celaya	2.17 (1.24-3.54)	1.63	2,756 (1,943-3,721)	1.21	31.37 (22.68-44.38)	1.44	10.18 (1.22-291.78)	1.40
TecNM 96-Celaya	2.94 (0.73-34.83)	2.21	2,400 (1,213-4,023)	1.05	30.66 (11.99-93.28)	1.41	16.46 (4.30-215.64)	2.26
TecNM 144-R	3.32 (2.21- 5.21)	2.50	3,189 (2,793-3,640)	1.40	57.00 (44.16-76.33)	2.62	16.52 (6.61-62.40)	2.27

LFI: límite fiducial inferior, LFS: límite fiducial superior, PR: proporción de resistencia (CL_{50} del genotipo X/CL_{50} del genotipo menor).

Para bifetrina, el material TecNM 86-Celaya presentó el valor más bajo con 7.28 ppm; por su parte, los genotipos TecNM 96-Celaya y TecNM 144-R registraron el valor más alto con 16.46 y 16.52 ppm, lo que resulta en un factor de resistencia de 2.26 y 2.27 veces más con respecto a TecNM 86-Celaya.

Estudios previos demuestran que la planta hospedera puede variar la susceptibilidad de las plagas a los compuestos tóxicos, debido a la diversidad y cantidad de aleloquímicos presentes (Gordon, 1961); posteriormente, una serie de investigaciones han confirmado esta teoría, donde se menciona que, dependiendo del hospedero, se pueden activar mecanismos enzimáticos de resistencia que se encargan de desintoxicar los compuestos xenobióticos del organismo de la plaga (Alyokhin y Chen, 2017), así como mutaciones en el transcriptoma, desencadenando mecanismos de resistencia genética (Clemens *et al.*, 2016). Por su parte, Dermauw *et al.* (2013) reportaron un aumento transcripcional del 7.5 % de

genes expresados cuando una población susceptible de *T. urticae* mantenida en frijol se adaptó a un hospedero alternativo (tomate), los perfiles transcripcionales de los ácaros adaptados en tomate mostraron una similitud a los de poblaciones resistentes a plaguicidas; sin embargo, cuando evaluaron la respuesta a acaricidas observaron que las poblaciones de tomate se comportaron de forma similar a las poblaciones de frijol (susceptibles) para milbemectina y tebufenpyrad, mientras que se presentó una reducción en la susceptibilidad a bifetrina, óxido de fenbutatina y piridaben. Por su parte, Njiru *et al.* (2023) reportaron una reducción en la toxicidad de 4.4 y 3.3 veces para cianopirafeno y ciflumetofeno en una población de *T. urticae* criada en tomate, en comparación con una línea mantenida en frijol. Por otro lado, Islam (2019) reportó una reducción en la toxicidad de abamectina en poblaciones de *T. urticae* adaptadas a cultivos de papaya (*Carica papaya*) y jute (*Corchorus capsularis*) en comparación con la línea de frijol. Cerna-Chávez *et al.* (2016), en un estudio realizado sobre la susceptibilidad a insecticidas de *Bemisia tabaci* biotipo B alimentada en diferentes hospederos, observaron una disminución en la toxicidad entre el cultivo de tomate y su maleza alternativa (*Solanum nigrum*), con valores de CL_{50} de 24.44 y 177.76 ppm, respectivamente.

CONCLUSIONES

El material TecNM 96-Celaya acorta el ciclo de vida de *T. urticae* en 3.7 días y presenta el grosor de hoja 2.07 veces menor que el resto de los materiales evaluados, por lo que se puede considerar como un genotipo susceptible al ataque del ácaro, ya que al presentar ciclos de vida cortos hay mayor número de generaciones por ciclo de cultivo; por su parte, los materiales TecNM 144-R y TecNM 93-DK alargaron el tiempo de desarrollo en 3.7 y 2.9 días, respectivamente, y presentaron una mayor dureza; por lo anterior, se consideran materiales tolerantes a *T. uticae*; sin embargo, los individuos criados en TecNM 96-Celaya registran mayor susceptibilidad a los plaguicidas, mientras que las poblaciones de ácaros mantenidos en TecNM 144-R y TecNM 93-DK presentaron mayor resistencia a los ingredientes activos en estudio. Los materiales TecNM 144-R, TecNM 93-DK y TecNM 96-Celaya pueden ser incluidos en programas de manejo integrado de plagas de *T. uticae* como una alternativa para reducir el número de aplicaciones de plaguicidas químicos

BIBLIOGRAFÍA

Abbott W. S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18:265-267, https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a

Abou-Setta M. M. and C. C. Childers (1987) A modified leaf arena technique for rearing phytoseiid or tetranychid mites for biological studies. *The Florida Entomologist* 70:245-248, https://doi.org/10.2307/3495156

Adesanya A. W., M. D. Lavine, T. W. Moural, L. C. Lavine, F. Zhu and D. B. Walsh (2021) Mechanisms and management of acaricide resistance for *Tetranychus urticae* in agroecosystems. *Journal of Pest Science* 94:639-663, https://doi.org/10.1007/s10340-021-01342-x

Agut B., V. Pastor, J. A. Jaques and V. Flors (2018) Can plant defense mechanisms provide new approaches for the sustainable control of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*? *International Journal of Molecular Sciences* 19:614-634, https://doi.org/10.3390/ijms19020614

Alyokhin A and Y. H. Chen (2017) Adaptation to toxic hosts as a factor in the evolution of insecticide resistance. *Current Opinion in Insect Science* 21:33-38, https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.04.006

Auger P. A. Migeon, E. A. Ueckermann, L. Tiedt and M. Navajas (2013) Evidence for synonymy between *Tetranychus urticae* and *Tetranychus cinnabarinus* (Acari, Prostigmata, Tetranychidae): review and new data. *Acarologia* 53:383-415, https://doi.org/10.1051/acarologia/20132102

Belete T. (2018) Defense mechanisms of plants to insect pests: from morphological to biochemical approach. *Trends in Technical & Scientific Research* 2:555584, https://doi.org/10.19080/TTSR.2018.02.555584

Cerna-Chávez E., Y. Martínez-Martínez, J. Landeros-Flores, L. Aguirre-Uribe, V. Sánchez-Valdes, M. Cepeda-Siller... y Y. M. Ochoa-Fuentes (2016) Variación en la susceptibilidad a insecticidas de *Bemisia tabaci* biotipo B alimentada sobre diferentes hospederos. *Phyton-International Journal of Experimental Botany* 85:256-261.

Chen Y. F., S. Wang, J. R. Zhao, W. Ren, Z. Shi, N. Di and D. C. Jin (2022) Effects of leaf physical characters of maize hybrid Jingke 968 on the resistance to *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Environmental Entomology* 44:229-235, https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-0858.2022.01.26

Clements J., S. Schoville, N. Peterson, Q. Lan and R. L. Groves (2016) Characterizing molecular mechanisms of imidacloprid resistance in select populations of *Leptinotarsa decemlineata* in the Central Sands region of Wisconsin. *PLoS ONE* 11:e0147844, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147844

Dermauw W., N. Wybouw, S. Rombauts, B. Menten, J. Vontas, M. Grbić, ... and T. Van Leeuwen (2013) A link between host plant adaptation and pesticide resistance in the polyphagous spider mite *Tetranychus urticae*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110:113-122, https://doi.org/10.1073/pnas.1213214110

Fahim S. F., F. M. Momen and E. S. M. El-Saiedy (2020) Life table parameters of *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) on four strawberry cultivars. *Persian Journal of Acarology* 9:43-56, https://doi.org/10.22073/pja.v9i1.54771

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2024) FAOSTAT. Cultivos y productos de ganadería. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL (Septiembre 2024).

Fathipour Y. and B. Maleknia (2016) Mite predators. *In:* Ecofriendly Pest Management for Food Security. Omkar (ed.). Academic Press. San Diego, California, USA. pp:329-366, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803265-7.00011-7

Finney D. J. (1971) Probit Analysis. 3rd edition. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 120 p.

Gordon H. T. (1961) Nutritional factors in insect resistance to chemicals. *Annual Review of Entomology* 6:27-54, https://doi.org/10.1146/annurev.en.06.010161.000331

IRAC, Insecticide Resistance Action Committee (2024) IRAC susceptibility test method 004. Insecticide Resistance Action Committee. Brussels, Belgium. https://irac-online.org/methods/panonychus-ulmi-tetranychus-species-adults/ (March 2024).

Islam T. (2019) Host plant-induced susceptibility of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) to some reduced-risk acaricides. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 14:11-15, https://doi.org/10.3844/ajabssp.2019.11.15

Lagunes-Domínguez A., J. Vilaboa-Arroniz, D. E. Platas-Rosado, G. López-Romero y A. Alonso-López (2018) Evaluación de diferentes niveles de composta como estrategia de fertilización en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Agro Productividad* 11:32-36.

Maldonado-Michel M. A., R. Muñiz-Valencia, A. L. Peraza-Campos, H. Parra-Delgado and W. Chan-Cupul (2022) Acaricidal, ovicidal and fagoinhibition activities of seed extracts from *Swietenia humilis* against *Tetranychus urticae* under laboratory conditions. *Industrial Crops and Products* 177:114494, https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114494

Mota-Sánchez D. and J. C. Wise (2024) The arthropod pesticide resistance database. Michigan State University. East Lansing, Michigan, USA. http://www.pesticideresistance.org (October 2024).

Ndiaye B., A. B. Joutei and R. Lahlali (2022) Managing spider mites in corn: a review. *Moroccan Journal of Agricultural Sciences* 3:19-28, https://doi.org/10.5281/zenodo.8042542

Njiru C., M. Vandenhole, W. Jonckheere, N. Wybouw and T. Van Leeuwen (2023) The host plant strongly modulates acaricide resistance levels to mitochondrial complex II inhibitors in a multi-resistant field population of *Tetranychus urticae*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 196:105591, https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105591

Osman M. A., Z. M. Al Dhafar and A. M. Alqahtani (2019) Biological responses of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* to different host plant. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 52:1229-1238, https://doi.org/10.1080/03235408.2019.1703299

Puspitarini R. D., I. Fernando, R. Rachmawati, M. S. Hadi and A. Rizali (2021) Host plant variability affects the development and reproduction of *Tetranychus urticae*. *International Journal of Acarology* 47:381-386, https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1915377

R Core Team (2024) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

Rocandio-Rodríguez M., J. A. Torres-Castillo, M. C. Juárez-Aragón, J. C. Chacón-Hernández, Y. R. Moreno-Ramírez, S. G. Mora-Ravelo, ... and F. Reyes-Zepeda (2022) Evaluation of resistance of eleven maize races (*Zea mays* L.) to the red spider mite (*Tetranychus merganser*, Boudreaux). *Plants* 11:1414, https://doi.org/10.3390/plants11111414

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2019) Maíz grano. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Ciudad de México. https://www.gob.mx/agricultura%7Cdgsiap/es/articulos/maiz-grano (Junio 2025).

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2024) Panorama Agroalimentario. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Ciudad de México. 207 p.

Tabet V. G., M. R. Vieira, G. L. M. Martins and C. G. N. M. de Sousa (2018) Plant extracts with potential to control of two-spotted spider mite. *Arquivos do Instituto Biológico* 85:e0762015, https://doi.org/10.1590/1808-1657000762015

Taleei A., M. Khanjani and R. Maali-Amiri (2021) Direct defense of common bean accessions against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.) attack. *Iranian Journal of Field Crop Science* 52:25-36, https://doi.org/10.22059/ijfcs.2020.285372.654626