

Desarrollo de resistencias para plantas huésped de sandía desde fuentes silvestres (*Citrullus colocynthis*) contra mosca blanca

Alvin M. Simmons, Amnon Levi (USDA, Agricultural Research Service, U.S. Vegetable Laboratory, Charleston, South Carolina, USA. Correo electrónico: alvin.simmons@ars.usda.gov).

La mosca blanca del complejo *Bemisia tabaci* representa una plaga a escala mundial. Los miembros de este grupo de especies, conocidos también como biotipos, tienen el mismo fenotipo, pero genéticamente son diferentes. El 'grupo' mosca blanca se alimenta de un amplio abanico de especies de plantas (más de 1.000). Dentro del mismo, la especie *B. tabaci* Medio Oriente-Asia Menor 1 (MEAM1, por sus siglas en inglés; también denominada «biotipo B») es responsable de la mayoría de los problemas relacionados con la mosca blanca a nivel mundial en la agricultura. El grado de aceptación y la actividad de *B. tabaci* varía ampliamente dependiendo de las diferentes plantas huésped y del tipo de cultivares dentro de una misma especie de cultivo. Sus plantas huésped pueden ser desde 'muy receptivas' a 'moderadamente' o 'poco receptivas'. Además, esta mosca transmite un gran número de virus a las plantas. Por otro lado, los agricultores pueden usar la resistencia de la planta huésped a las plagas como estrategia para reducir el uso de plaguicidas en la producción de sus cultivos.

En nuestro departamento hemos efectuado una investigación en torno a muestras de sandía silvestre con resistencia a la mosca blanca como parte de un esfuerzo más general encaminado a mejorar la protección de los cultivares de la sandía contra enfermedades y plagas. Aunque la base genética de la sandía comercial (*Citrullus lanatus*) es estrecha, existe una amplia diversidad genética dentro de las especies *Citrullus*. Algunos genotipos de la especie de la sandía del desierto *C. colocynthis* muestran resistencia ante la mosca blanca. Hemos podido cruzar esta especie silvestre con la sandía cultivada y producir semillas viables. Tanto la antibiosis como la antixenosis (no preferencia) y la tolerancia de las plantas desempeñan un papel en la resistencia a la mosca blanca en los genotipos silvestres. Se han llevado a cabo estudios de campo, en invernadero y en laboratorio, y se ha incluido una técnica de monitoreo en 'tubo Y' a fin de obtener análisis rápidos del comportamiento, la oviposición y la supervivencia de la mosca blanca. En comparación con la sandía cultivada, esta planta emite un olor desagradable para el ser humano, es resistente al estrés biótico y abiótico, e impide la actividad de la mosca blanca. Estamos realizando una valoración de los mecanismos de resistencia y de la mejora de la sandía cultivada con esta fuente silvestre de germoplasma.

PALABRAS CLAVE: sandía, cultivar de planta, resistencia de la planta, mosca blanca.

INTRODUCCIÓN

El complejo de la especie de mosca blanca *Bemisia tabaci* se alimenta de más de 1.000 especies vegetales y representa un problema a escala mundial (Abd-Rabou & Simmons, 2010). Sus plantas huésped pueden ser desde muy receptivas a moderadamente o poco receptivas (Abd-Rabou & Simmons, 2010). La mosca blanca puede transmitir más de 100 virus de plantas (Jones, 2003). La sandía cultivada tiene una base genética estrecha (Levi y col., 2001) y es susceptible de sufrir muchas plagas y enfermedades, entre ellas, la mosca blanca. La sandía del desierto *C. colocynthis* representa una posible fuente de resistencia a la mosca blanca (Simmons & Levi, 2002). Existe una gran distancia genética entre la sandía cultivada y la *C. colocynthis* silvestre (Levi y col., 2013); sin embargo, los cruces entre estas dos especies producen una progenie fértil (Levi y col., 2017). Como parte de un esfuerzo global encaminado a mejorar la resistencia de la sandía cultivada ante enfermedades y plagas, estamos llevando a cabo una investigación en torno a la resistencia de las plantas centrándonos en el caso de la sandía frente a la mosca blanca.

Materiales y métodos

Muestras vegetales y de mosca blanca

La especie *C. colocynthis* es una sandía silvestre perenne (nombre común: sandía amarga, tuer, coloquintida, entre otros) que se produce en los desiertos del norte de África, del suroeste de Asia, Asia Central y en la cuenca mediterránea (Buran, 1985; Dane y col., 2006). El género *Citrullus* se compone de especies diploides ($2n = 22$) (Shimotsuma, 1963). Todas las plantas tienen su origen en semillas de la colección del USDA, Servicio de Investigación Agrícola, Unidad de Conservación de Recursos Genéticos de Plantas, en Georgia (EE. UU.) y de la Organización de Investigación Agrícola, Israel Gene Bank. Los ensayos se han realizado mediante la 'accesión' de semillas de tres especies: *C. lanatus* var *lanatus* (cultivares 'Charleston Gray', 'Sugar Baby' y 'Black Diamond' como controles adecuados), *C. colocynthis* y *C. citroides* (Imagen 1). Las plantas se han cultivado en invernadero y en campo. La investigación se ha efectuado con moscas blancas *B. tabaci* MEAM1 provenientes de una colonia de invernadero criada en diversos cultivos vegetales diferentes de la sandía.

Ensayos

Con objeto de obtener una información general acerca de la ocurrencia de no preferencia entre los genotipos de *Citrullus* se ha utilizado un ensayo de detección masiva (Simmons y Levi, 2002). A partir de la 3ª hoja desde la posición terminal, el tallo de cada hoja se ha colocado en un dispositivo de riego por capilaridad (sistema *wick*). Se han expuesto ejemplares de mosca blanca adulta en una pequeña habitación con medio ambiente controlado (26° C, 15 horas de luz y 9 horas de oscuridad) durante 24 horas. Se ha registrado el número de huevos y de adultos en cada hoja (Imagen 2). Para un ensayo adicional, se ha realizado una selección de los genotipos que parecían relativamente poco atractivos para la mosca blanca. Desde que hace más de 90 años un científico del USDA descubrió por primera vez el tradicional olfatómetro horizontal (McIndoo, 1926), este dispositivo se ha usado como herramienta para detectar la respuesta de los insectos a los olores. Se ha utilizado un olfatómetro horizontal en 'tubo Y' para realizar una doble elección de olores de hojas de un cultivar adecuado (Charleston Gray), frente al de hojas de diferentes *Citrullus* spp. silvestres. Dado que las moscas blancas no dan buenas respuestas en olfatómetros horizontales (Coffey y col., 2015), hemos



Imagen 1. Superficie foliar superior de genotipo de sandía salvaje (*Citrullus colocynthis*).



Imagen 2. Dorso foliar en sandía cultivada con ejemplar adulto de mosca blanca.

recogido datos adicionales en un ensayo vertical (descrito por Coffey y col., 2016, e ilustrado en la Imagen 3). Este ensayo ha permitido la obtención de pruebas rápidas en torno a la atracción relativa, la oviposición y la supervivencia de la mosca blanca; además, se han realizado otros ensayos en invernadero y en laboratorio. Se ha utilizado cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y microextracción en fase sólida del espacio de cabeza (HP-SPME) en combinación con cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) para analizar los perfiles químicos de hojas y los compuestos orgánicos volátiles de genotipos seleccionados. Con objeto de realizar cruzamientos intraespecíficos e interespecíficos, se han llevado a cabo polinizaciones manuales entre las 07.00 y

las 10.00 h. tras la recolección de flores masculinas de cada planta donadora de polen a fin de polinizar flores femeninas de la planta receptora cultivada en invernadero y en campo.

Resultados y discusión

Durante el transcurso de nuestra investigación, hemos concluido que la antibiosis, la antixenosis (no preferencia) y la tolerancia contribuyen a la resistencia de *Citrullus* ante la mosca blanca. Se ha observado en el ensayo para cribado masivo de elección libre que las moscas blancas son las que experimentan una mayor atracción, las que ponen más huevos y las que viven más tiempo en los genotipos de las especies que contienen sandía

cultivada (*C. lanatus*, var *lanatus*). La preferencia y la supervivencia de los tipos silvestres en la especie *C. amarus* (= *C. citroides*) han sido moderadas. Sin embargo, la puesta de huevos, la atracción y la supervivencia han sido menores en los tipos silvestres de la especie *C. colocynthis*.

Con respecto a los genotipos de cada especie, la aceptación y el comportamiento de la mosca blanca ha sido diferente según el genotipo, pero ha quedado claro que *C. colocynthis* se presenta como la fuente de resistencia más prometedora ante la mosca blanca. Por lo tanto, nos hemos centrado en *C. colocynthis*. Hemos tenido éxito en la realización de cruzamientos interespecíficos entre cultivares de *C. lanatus*, var *lanatus*, y las especies silvestres de *C. colocynthis* y hemos obtenido semillas viables (Levi y col., 2013, 2017). Los ensayos de elección libre son herramientas viables para el cribado general, pero los ensayos sin elección son importantes, pues simulan mejor el uso que llevan a cabo los productores. Dada su amplia gama de acogida, no nos sorprende ver su rango de aceptación y actividad en muchas de las accesiones estudiadas. El grado de infestación de mosca blanca es importante porque una incidencia reducida disminuye tanto la probabilidad de daños como la transmisión de virus a las plantas. Todavía nos encontramos en proceso de desentrañar los volátiles y el perfil químico de las hojas de los genotipos silvestre en comparación con los de los cultivares. Hemos encontrado derivados fenólicos de ácido cafeico o ferúlico que son únicos en *C. colocynthis*, y hemos apreciado que el contenido total de flavonoides ha sido superior en *C. colocynthis*, frente a los cultivares de sandía (Ogbuji y col., 2013).



Imagen 3. Dispositivo de 'tubo Y vertical' para la orientación y la oviposición de la mosca blanca.

Los enfoques de gestión de plagas con los que se consigue una reducción de las aplicaciones de pesticidas llevan aparejadas la disminución de preocupación por los residuos de los plaguicidas en los alimentos y la reducción del impacto ambiental negativo y de los costos de producción (Yiridoe y col., 2005; Falguera y col., 2012). Además de su resistencia a la mosca blanca, algunos de los genotipos de *C. colocynthis* ofrecen resistencia a los ácaros de araña (Lopez y col., 2005; Cantu, 2014), a una variedad de ácaros (Kousik y col., 2007), a oídio (raza *Podosphaera xanthii* 2W) (Tetteh y col., 2010) y a la cepa del virus anular de papaya de la sandía (*papaya ringspot virus*, PRSV-W) (Levi y col., 2016). PRSV-W se transmite a través de áfidos o mecánicamente.

Conclusiones

Son varios los genotipos de *C. colocynthis* con resistencia a la mosca blanca. Aunque existen importantes barreras reproductivas entre las especies de *Citrullus*, podemos realizar cruces interespecíficos y producir semillas viables para mejorar la sandía cultivada.

Agradecimientos: Deseamos mostrar nuestro agradecimiento a los diversos colaboradores que se mencionan como coautores en publicaciones conjuntas en la bibliografía que se presenta a continuación. La mención de nombres de productos o de fabricantes solo tiene fines documentales y no implica aprobación alguna por parte de los autores o del USDA.

BIBLIOGRAFÍA

- Abd-Rabou, S., Simmons, A.M. 2010. Survey of reproductive host plants of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Egypt, including new host records. *Entomological News* 121(5), 456-465.
- Burkill, H.M. 1985. *The useful plants of west tropical Africa*. 2nd ed. Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- Cantu, H. 2014. An evaluation of watermelon (*Citrullus* spp.) germplasm for additional sources of resistance to the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). MS Thesis, University of Nebraska, Lincoln.
- Coffey, J.L., Simmons, A.M., Shepard, B.M., Tadmor, Y., Levi, A. 2015. Potential sources of whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) resistance in desert watermelon (*Citrullus colocynthis*) Germplasm. *HortScience* 50, 13-17.
- Coffey, J.L., Simmons, A.M., Shepard, B.M., Levi, A. 2016. Vertical Y-tube assay for evaluation of arthropod response to plant materials. *Journal of Agricultural and Urban Entomology* 32, 7-12.
- Dane, F., Liu, L., Zhang, C. 2006. Phylogeography of the bitter apple, *Citrullus colocynthis*. *Genet. Resource Crop Evolution* 54, 327-336.
- Falguera, V., Aliguer, N., Falguera, M. 2012. An integrated approach to current trends in food consumption: Moving toward functional and organic products? *Food Control* 26, 274-281.
- Jones, D.R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology* 109, 195-219.
- Kousik, C.S., Shepard, B.M., Hassell, R., Levi, A., Simmons, A.M. 2007. Potential sources of resistance to broad mites (*Polyphagotarsonemus latus*) in watermelon germplasm. *HortScience*. 42, 1539-1544.

- Levi, A., C.E. Thomas, A.P. Keinath, and T.C. Wehner. 2001. Genetic diversity among watermelon (*Citrullus lanatus* and *Citrullus colocynthis*) accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution* 48, 559-566.
- Levi, A., Thomas, C.E., Thies, J.A., Simmons, A.M., Ling, K., Harrison Jr, H.F. 2006. Novel watermelon breeding lines containing chloroplast and mitochondrial genomes derived from the desert species *Citrullus colocynthis*. *HortScience* 41, 463-464.
- Levi, A., Thies, J.A., Wechter, W.P., Harrison, H.F., Simmons, A.M., Reddy, U.K., Nimmakayala, P., Fei, Z. 2013. High frequency oligonucleotides: targeting active gene (HFO-TAG) markers revealed wide genetic diversity among *Citrullus* spp. accessions useful for enhancing disease or pest resistance in watermelon cultivars. *Genet. Resource Crop Evolution* 60, 427-440.
- Levi, A., Coffey, J., Massey, L., Guner, N., Oren, E., Tadmor, Y., Ling, K. 2016. Resistance to *Papaya ringspot virus*-watermelon strain (PRSV-W) in the desert watermelon *Citrullus colocynthis*. *HortScience* 51, 4-7.
- Levi, A., Simmons, A.M., Massey, L., Coffey, J., Wechter, W.P., Jarret, R.L., Tadmor, Y., Nimmakayala, P., Reddy, U.K. 2017. Genetic diversity in the desert watermelon *Citrullus colocynthis* and its relationship with *Citrullus* species as determined by high-frequency oligonucleotides-targeting active gene markers. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 142(1), 47-56.
- Lopez, R., Levi, A. Shepard, B.M., Simmons, A.M., Jackson, D.M. 2005. Sources of resistance to two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) in *Citrullus* spp. *HortScience* 40, 1661-663.
- McIndoo, N.E. 1926. An insect olfactometer. *Journal of Economic Entomology*. 19, 545-571.
- Ogbuji, K., McCutcheon, G.S., Simmons, A.M., Snook, M.E., Harrison, H.F., Levi, A. 2013. Partial leaf chemical profiles of a desert watermelon species (*Citrullus colocynthis*) and heirloom watermelon cultivars (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*). *HortScience*. *HortScience* 47: 580-584. 2012.
- Shimotsuma, M. 1963. Cytogenetic and evolutionary studies in the genus *Citrullus*. *Seiken Zihou* 15, 24-34.
- Simmons, A.M., Levi, A. 2002. Sources of whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) resistance in *Citrullus* for the improvement of cultivated watermelon. *Journal of American Society of Horticultural Science* 3, 581-584.
- Tetteh, A.Y., Wehner, T.C., Davis, A.R. 2010. Identifying resistance to powdery mildew race 2W in the USDA-ARS watermelon germplasm collection. *Crop Science*, 50, 933-939.
- Yiridoe, E.K., Bonti-Ankomah, S., Martin, R.C. 2005. Comparison of consumer perceptions and preference toward organic versus conventionally produced foods: A review and update of the literature. *Renewable Agriculture and Food Systems* 20, 193-205.



Coloquio AESaVe sobre “Las (malas) hierbas y la provisión de servicios ecosistémicos” Su papel en la cadena trófica de polinizadores y hormigas granívoras

24 de octubre de 2017. 16h - SALA DE ARMAS. PAMPLONA

La presencia de malas hierbas en los cultivos suele ir asociada a una visión peyorativa, reflejada por su competencia, nocividad o infestación; sin embargo en determinados casos, actúan como elementos dentro del agrosistema proveyendo servicios al mismo. Ciertas especies permiten, gracias a sus coloridas inflorescencias, la provisión de alimento para una alta diversidad de polinizadores; otras, con sus semillas, aportan alimento para especies granívoras como las hormigas y, recíprocamente, éstas permiten una significativa reducción del banco de diásporas presentes en el suelo. Estos dos ejemplos se expondrán como representativos de la interrelación existente entre las (malas) hierbas y otros organismos beneficiosos para el propio sistema.

El uso de franjas vegetales para favorecer la diversidad de insectos polinizadores

Dra. Elisa Viñuela. Catedrática de Entomología de la Universidad Politécnica de Madrid

La actividad de las hormigas granívoras en la reducción del banco de semillas de malas hierbas
Dr. Jordi Recasens. Catedrático de Botánica Agrícola y Malherbología. Universitat de Lleida

(A continuación, a las 18h tendrá lugar la asamblea AESAVE 2017)