



Hembra de *Phytoseiulus persimilis* depredando araña roja (*Tetranychus urticae*).

¿Pueden los ácaros fitoseidos inducir respuestas defensivas de las plantas de interés para el control biológico?

La araña roja, *Tetranychus urticae* Koch (Prostigmata: Tetranychidae), es una especie polífaga y cosmopolita, plaga clave de los cítricos, especialmente de los clementinos (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.) en nuestras condiciones de cultivo. Estudios realizados por nuestro grupo han mostrado que los patrones naranja amargo, *Citrus aurantium* L. (Sapindales: Rutaceae), y mandarino Cleopatra, *C. reshni* Hort. ex Tan., muestran resistencia y sensibilidad extrema a *T. urticae*, respectivamente. Además, las plantas de naranja amargo infestadas por este tetraníquido se convierten en repelentes para la araña, mientras que las de Cleopatra se hacen repelentes. En este estudio, hemos extendido nuestra investigación hacia los efectos que produce en estos dos patrones el fitoseido zoofitófago más abundante en este sistema, *Euseius stipulatus*, para el que hemos podido demostrar que también induce respuestas de defensa en las plantas, siendo este el primer caso descrito para un fitoseido.

Cruz-Miralles, Joaquín¹, Cabedo-López, Marc¹, Vacas, Sandra², Navarro-Llopis, Vicente², Pérez-Hedo, Meritzell^{1,3}, Flors, Víctor⁴ y Jaques, Josep A.¹

¹ Unitat Associada d'Entomologia Agrícola UJI-IVIA, Departament de Ciències Agràries i del Medi Natural, Universitat Jaume I (UJI), Castelló de la Plana, España.

² Centro de Ecología Química Agrícola - Instituto Agroforestal del Mediterráneo. Universitat Politècnica de València, València, España.

³ Unitat Associada d'Entomologia Agrícola UJI-IVIA, Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA), Centre de Protecció Vegetal i Biotecnologia, Montcada, España.

⁴ Integración Metabólica y Señalización Celular, Departament de Ciències Agràries i del Medi Natural, Universitat Jaume I (UJI), Castelló de la Plana, España.

Los principales enemigos naturales de la araña roja son los ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata). En el caso concreto de nuestros cítricos, *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot), *Neoseiulus californicus* (McGregor) y *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) son las especies más abundantes (Aguilar-Fenollosa y col. 2011), a los que se atribuye un papel clave en la regulación de las poblaciones de araña (Aguilar-Fenollosa y col. 2011; Pérez-Sayas y col., 2015). Estos depredadores tienen diferentes especializaciones alimenticias, desde depredadores selectivos especialistas del género *Tetranychus*, como por ejemplo *P. persimilis*, a generalistas omnívoros, como *E. stipulatus*, para el que se sospecha que es capaz de picar y alimentarse de la planta (Adar y col. 2012). El especialista en la familia Tetranychidae *N. californicus* ocuparía una posición intermedia, pero sin alimentarse directamente de la planta. Estas dietas podrían tener consecuencias tanto sobre su comportamiento frente a los volátiles inducidos por *T. urticae*, como sobre su capacidad de producir cambios en la planta donde se encuentren y que conlleven la producción de nuevos volátiles.

En el presente trabajo se estudia el efecto del patrón (naranja amargo y mandarina Cleopatra) sobre la inducción de defensa en la planta por parte del único depredador presumiblemente zoofitófago de entre los mencionados más arriba, *E. stipulatus*. Para ello hemos llevado a cabo una serie de ensayos de elección utilizando un olfactómetro 'Y' (Figura 1), donde sometemos a los ácaros a dos fuentes de olor para que escojan. El objetivo principal de este estudio es analizar el comportamiento de los fitoseidos y de *T. urticae* frente a los dos genotipos de cítrico ocupados o no, ya sea por *T. urticae* o por el depredador generalista *E. stipulatus*, además del olor de ambos sin la presencia de la planta. Nuestra hipótesis inicial es que debido al tipo de alimentación de *E. stipulatus*, este se comporte y desencadene respuestas defensivas en las plantas similares a las observadas en *T. urticae*.



Figura 1. Olfactómetro 'Y'. Cada una de las especies de ácaro estudiadas se liberan en la base de la 'Y', de forma individual para que el ácaro se desplace y elija entre los dos brazos, donde se colocan distintas fuentes de olor: aire limpio frente a *T. urticae* o *E. stipulatus*, plantas infestadas o no por *T. urticae* o *E. stipulatus*.

Comportamiento de la comunidad de ácaros frente a plantas inducidas por *T. urticae*

Cuando se analizó el comportamiento de *T. urticae*, tal como habíamos visto antes (Agut y col., 2014), ésta siempre prefirió Cleopatra frente a amargo, independientemente del estado de infestación. Además, se corroboró la repelencia del amargo infestado y la atracción de Cleopatra infestado.

En los experimentos donde se contrastaron ambos genotipos sin infestación previa de *T. urticae*, los tres depredadores prefirieron al naranja amargo independientemente de su grado de especialización. Al comparar el mismo genotipo, infestado o no, los depredadores siempre prefirieron plantas infestadas por *T. urticae*. Contrariamente a lo observado para *T. urticae*, los tres depredadores siempre prefirieron el olor de su presa. Esto sugiere que estos depredadores detectan al herbívoro de que se alimentan. Este comportamiento cambió cuando los fitoseidos tuvieron que elegir entre los dos patrones infestados con *T. urticae*. El generalista *E. stipulatus*, igual que su presa, prefirió Cleopatra mandarina mientras que los otros dos fitoseidos no

mostraron preferencia y se dirigieron indistintamente a cualquiera de los dos patrones. Estos resultados demuestran que los olores de la presa son clave y los únicos importantes para *P. persimilis* y *N. californicus*, mientras que para *E. stipulatus*, los olores de la planta son tan importantes como los de la presa. Puesto que los volátiles de naranja amargo son atractivos para los tres fitoseidos, y en particular los de naranja infestado para los dos más voraces (*P. persimilis* y *N. californicus*), mientras que estos no atraen a la araña, estos resultados abren la puerta al posible uso de estos volátiles para manipular las poblaciones de estos ácaros para su gestión de forma más sostenible (estos resultados se exponen largamente en Cabedo-López y col., 2019).

Comportamiento de la comunidad de ácaros frente a plantas inducidas por *E. stipulatus*

Sorprendentemente, a pesar de que el olor del fitoseido resultó repelente para *T. urticae*, al comparar un mismo patrón, infestado o libre de *E. stipulatus*, *T. urticae* fue atraída por los patrones infestados. Esta preferencia se vio también al estudiar el

comportamiento frente a ambos patrones infestados, ya que *T. urticae* no tuvo preferencia para ninguno de ellos. Estos resultados nos indican que *E. stipulatus* es capaz de pasar desapercibido para la araña, lo cual puede contribuir a su eficacia en el control de infestaciones iniciales de *T. urticae*, antes de que sus colonias se protejan mediante telarañas. Además, esta atracción podría explotarse para manipular las poblaciones de *T. urticae*.

Cuando analizamos el comportamiento de *E. stipulatus* frente a con-específicos, pudimos ver como su propio olor no resultó repelente. Además, cuando pudo elegir entre amargo con o sin fitoseido, *E. stipulatus* huyó de las plantas ocupadas por con-específicos. Por contra, para Cleopatra, ocurrió lo contrario y las plantas infestadas por con-específicos resultaron atractivas. Finalmente, cuando pudo elegir entre Cleopatra y amargo, ambos infestados, *E. stipulatus* eligió las plantas de Cleopatra. Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de los volátiles de planta para este depredador, ya que el sentido de sus preferencias por sus con-específicos

cambia en función del patrón. De hecho, pudimos comprobar como los dos patrones producen distintas mezclas de volátiles al infestarse por *E. stipulatus*, y hay que remarcar aquí que estas mezclas además son distintas de las producidas en los mismos patrones por *T. urticae*. Esto se relacionó también con la activación de distintas vías de resistencia por parte de este ácaro presumiblemente zoofitófago. Este hallazgo constituye la primera evidencia de que los fitoseidos son capaces de provocar respuestas de defensa de la planta, probablemente por su fitofagia, que pueden afectar a sus presas más allá de la depredación.

Para el caso de los otros dos fitoseidos, el olor de *E. stipulatus* sin planta fue atrayente para *N. californicus* y repelente para *P. persimilis*. Estos comportamientos cambiaron cuando intervinieron las plantas de cítrico, observando igual que con *E. stipulatus*, como Cleopatra resultó atractivo para *N. californicus*, mientras que el amargo fue repelente. Finalmente, no hubo preferencia por parte de *P. persimilis* a plantas infestadas por *E. stipulatus*. Estos resultados confirman que la especialización alimenti-

cia de los fitoseidos y los olores de las plantas modulan las preferencias de estos ácaros. Nuevamente, estas preferencias podrían ofrecer nuevas posibilidades para manipular sus poblaciones. Estos resultados se exponen con mayor detalle en Cruz-Miralles y col. (2019).

Conclusiones

Nuestros resultados proporcionan la evidencia de que la respuesta de las cuatro especies de ácaros incluidos en este estudio depende del genotipo de la planta y se modula por sus hábitos alimentarios, así como por la presencia del ácaro en la planta. El depredador generalista *E. stipulatus*, que parece estar adaptado para picar planta, induce respuestas defensivas que son distintas dependiendo del genotipo de la planta. Estas respuestas pueden afectar a las poblaciones de araña roja de los cítricos a través de efectos mediados por las plantas. Estos resultados abren nuevas oportunidades para mejorar los métodos de control de plagas de forma más sostenible mediante la utilización de semioquímicos para manipular tanto a la araña como a los fitoseidos.

Bibliografía

- ! Adar, E., Inbar, M., Gal, S., Doron, N., Zhang, Z. Q., and Palevsky, E. (2012). Plant-feeding and non-plant feeding phytoseiids: differences in behavior and cheliceral morphology. *Exp. Appl. Acarol.* 58:341-357.
- Aguilar-Fenollosa, E., Ibáñez-Gual, M. V., Pascual-Ruiz, S., Hurtado, M., and Jacas, J. A. (2011). Effect of ground-cover management on spider mites and their phytoseiid natural enemies in clementine mandarin orchards (I): bottom-up regulation mechanisms. *Biol. Control.* 59:158-170.
- Agut, B., Gamir, J., Jacas, J. A., Hurtado, M., and Flors, V. (2014). Different metabolic and genetic responses in citrus may explain relative susceptibility to *Tetranychus urticae*. *Pest Manag. Sci.* 70:1728-1741.
- Cabedo-López, M., Cruz-Miralles, J., Vacas, S., Navarro-Llopis, V., Pérez-Hedo, M., Flors, V., and Jaques, J. A. (2019). The olfactory responses of natural enemies in citrus depend on plant genotype, prey presence, and their diet specialization. *J. Pest Sci.* doi: org/10.1007/s10340-019-01107-7.
- Cruz-Miralles, J., Cabedo-López, M., Pérez-Hedo, M., Flors, V., and Jaques, J. A. (2019). Zoophytophagous mites can trigger plant-genotype specific defensive responses affecting potential prey beyond predation: the case of *Euseius stipulatus* and *Tetranychus urticae* in citrus. *Pest Manag. Sci.* doi: 10.1002/ps.5309.
- Pérez-Sayas, C., Pina, T., Gómez-Martínez, M. A., Camañes, G., Ibáñez-Gual, M. V., Jaques, J. A., and Hurtado, M. A. y col. (2015). Disentangling mite predator-prey relationships by multiplex PCR. *Molecular Mol. Ecology Ecol. Resources.*, 15:, 1330-1345.