

Artículo de revisión

Métodos de control para *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae); una nueva plaga de frutales que se está extendiendo mundialmente

Control methods for *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae); a new pest of fruit that is spreading worldwide

L.A. Escudero Colomar

IRTA, Protección Vegetal Sostenible, Estación Experimental Agrícola Mas Badia. La Tallada d'Empordà S/N. 17134, Girona, España. E-mail: adriana.escudero@irta.es

Resumen

Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae), es una plaga invasiva con un gran impacto económico en la producción de frutos rojos. Su control es obligado, puesto que puede causar gravísimos daños a la producción. El monitoreo de sus poblaciones y la utilización de modelos predictivos del desarrollo poblacional son el punto de partida de cualquier programa de control. Actualmente, el principal método utilizado es el uso de insecticidas, aunque se están estudiando varias otras posibilidades que permitan el diseño de un programa de manejo integrado de plagas para cada uno de los cultivos afectados. En este artículo, se revisa el conocimiento disponible hasta el momento sobre el monitoreo, modelos predictivos, insecticidas, entomopatógenos, control biológico, trampas y atrayentes, repelentes, control cultural y tratamientos poscosecha.

Palabras clave: *Drosophila* de alas manchadas; Monitoreo; Modelos predictivos; Control químico; Control biológico; Atraente; Trampa; Control cultural; Manejo integrado de plagas.

Abstract

Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae), is an invasive pest with a great economic impact on the production of soft fruits. Its control is compulsory, since it can cause serious damage to production. The population monitoring and the use of predictive models of its development are the starting point of any control program. Currently, insecticides are the main used method, although several other possibilities are in development. The combination of all of them will allow the design of an integrated pest management program for each of the affected crops. In this article, the available knowledge so far on monitoring, predictive models, insecticides, entomopathogens, biological control, traps and attractants, repellents, cultural control and postharvest treatments is reviewed.

Keywords: Spotted wing *Drosophila*; Monitoring; Predictive models; Chemical control; Biological control; Attractant; Trap; Cultural control; Integrated pest management.

Introducción

Drosophila suzukii (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), es una nueva plaga endémica del sudeste asiático que ha colonizado rápidamente Europa, Norteamérica y Sudamérica (CABI, 2016). Fue detectada en el 2005, en Ecuador (Hauser, 2011) y en el 2008 en California (EEUU), Cataluña (España) y la Toscana (Italia) (Caprile *et al.*, 2010; Raspi *et al.*, 2011; Calabria *et al.*, 2012).

El insecto coloca sus huevos debajo de la piel de frutos maduros o en proceso de maduración, de los cuales nace una larva que se alimenta de

la pulpa, produciendo la pérdida de turgencia de los frutos y quitándoles su valor comercial (Rota Stabelli *et al.*, 2013). Los ataques de la plaga a parcelas de frutales comerciales causan cuantiosas pérdidas económicas cuando no son controlados. Además, los orificios correspondientes a las puestas de huevos favorecen las infecciones secundarias por patógenos que contribuyen a incrementar las pérdidas. Bolda *et al.* (2010) cuantificaron en 511 millones de dólares la pérdida total producida por *D. suzukii* en los cultivos de frutos rojos (fresa, cereza, frambuesa, arándanos y moras) afectados en las regiones del oeste de Estados Unidos (Cali-

fornia, Oregon y Washington) en 2008, asumiendo una pérdida media de 30 %. Posteriormente, Walsh *et al.* (2011) demostraron, en base al uso exclusivo de insecticidas, que resulta mucho más oneroso no controlar la plaga que controlarla.

El control y manejo de las poblaciones de *D. suzukii* en parcelas comerciales bajo la normativa de Producción Integrada es un reto, pero es especialmente complejo en parcelas que producen bajo la normativa de Agricultura Orgánica.

El primer factor a tener en cuenta para el diseño de una estrategia de control es la polifagia del insecto. Se han registrado numerosos hospedantes tanto cultivados como silvestres; estos últimos tienen un papel muy importante en su diseminación (Bolda *et al.* 2010; Goodhue *et al.*, 2011; Cini *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2015; Brien *et al.*, 2016; Klick *et al.*, 2016). El segundo factor a considerar es su rápido desarrollo, puesto que necesita solo de 8 días a 25 °C para completar un ciclo completo de huevo a huevo (Tochen *et al.*, 2014). El tercer factor que a veces condiciona o determina el método de control a utilizar, es el mercado y sus requerimientos, debido a que actualmente existe tolerancia “cero” para la fruta infestada con esta plaga.

En el presente trabajo se presenta una revisión del conocimiento generado hasta el momento sobre el monitoreo y el uso de modelos predictivos, así como de diversos métodos para controlar sus poblaciones en parcelas comerciales de frutales incluyendo el uso de insecticidas, entomopatógenos, enemigos naturales, atrayentes alimenticios y trampas, repelentes, métodos culturales y tratamientos poscosecha.

Monitoreo y modelos predictivos

Para poder decidir el método de control a utilizar en el manejo de cualquier plaga, es imprescindible conocer los niveles poblacionales presentes en las parcelas. La utilización de trampas cebadas con algún tipo de atrayente es el método más utilizado en el manejo integrado de plagas. *Drosophila suzukii* necesita ser cuidadosamente monitoreada todo el año tanto en plantaciones comerciales, como en hospedantes alternativos presentes en el bosque, sobre todo si éste colinda con parcelas de frutales (Harris *et al.*, 2014, Lee *et al.*, 2015). Los diversos materiales a utilizar se detallan más adelante en “Trampas y atrayentes”.

Asimismo, es muy importante conocer la diná-

mica poblacional de la plaga, la cual depende de las características climáticas de cada zona. Walton *et al.* (2016) encontraron que en zonas con temperaturas invernales más frías, las capturas de adultos en trampas se registraron mucho más tarde en la siguiente campaña. Además, estudios desarrollados en Oregon y California sugieren que *D. suzukii* pasa el invierno como adulto. Aunque la biología detallada de hibernación aún no se conoce, hay cada vez más indicios de que la plaga puede buscar refugio para evitar las temperaturas frías de invierno ayudando a la supervivencia de los adultos durante los períodos desfavorables (Dalton *et al.*, 2011; Walsh *et al.*, 2011).

Además del monitoreo del vuelo de los adultos, también se pueden determinar los niveles de infestación de la fruta. Sin embargo, hay autores que consideran a este método poco práctico, debido a que aún no se ha determinado el número de muestras necesarias para establecer con exactitud el nivel de infestación de toda una parcela (Walton *et al.*, 2016). Una manera de determinar el porcentaje de infestación es observar la presencia de huevos en algunos frutos como en las cerezas, debido a que del orificio de puesta sobresalen los filamentos de respiración del huevo que, con ayuda de una lupa cuentahilos de 10X son perfectamente visibles. En otros frutos como frutillas, frambuesas o moras, los huevos son muy difíciles de detectar, por lo cual el porcentaje de infestación se realiza haciendo el recuento de larvas presentes en los mismos. Dreves *et al.* (2014) recomiendan preparar una solución saturada de sal o de azúcar con agua caliente y sumergir en la misma los frutos, preferiblemente abiertos o ligeramente aplastados, para permitir que la solución saturada impregne la pulpa e irrite las larvas, las que saldrán del fruto y podrán ser recogidas dado que flotan en la superficie del agua. De esta manera, se procede al recuento de las mismas para obtener el número de larvas por kg de fruta.

Finalmente, los modelos predictivos basados en los grados-día funcionan mejor para plagas con una alta sincronidad y pocas generaciones por año (Wiman *et al.*, 2014). Los modelos realizados para *D. suzukii* sugieren que sus tiempos de generación son cortos, con una tasa reproductiva alta y con un gran solapamiento generacional (Tochen *et al.*, 2014; Wiman *et al.*, 2014). Por lo tanto, estos modelos, son una herramienta adicional para el diseño de una estrategia de control.

Control Químico

Debido a los cuantiosos daños registrados en la producción desde el inicio de la colonización de la plaga, tanto en EEUU como en Europa se han realizado y realizan estudios sobre la eficacia de los insecticidas disponibles en el mercado y aceptados en las normativas de producción integrada, como en producción orgánica de frutos rojos. Dichos estudios han mostrado que un número limitado de materias activas se pueden utilizar en el control de *D. suzukii* en producción integrada y muy pocas en producción orgánica, como se detalla a continuación.

En general, los productos que mostraron ser más eficaces sobre el insecto adulto son aquellos de amplio espectro, como algunos piretroides y organofosforados (Beers *et al.*, 2011; Haviland y Beers, 2012; Van Timmeren e Isaacs, 2013; Cuthbertson *et al.*, 2014a). Un estudio realizado en laboratorio sobre la eficacia de 17 materias activas aplicadas directamente sobre el adulto de *D. suzukii*, mostró que ocho de ellos (piretroides bifentrin, beta-ciflutrin, permetrina y zeta-cipermetrina, los organofosforados malatión y diazinón y las spinosinas, spinosad y spinetoram) tuvieron un 100 % de mortalidad, mientras que el resto de productos estudiados obtuvieron eficacias variables, aunque todos significativamente diferentes del control sin tratar (Bruck *et al.*, 2011). En el mismo estudio, los autores reportaron diferencias significativas en la mortalidad entre machos y hembras, siendo significativamente mayor la mortalidad de los machos, sobre todo en los tratamientos con aceite de soja y piretrinas. El grupo de los neonicotinoides, mostró una menor eficacia, aunque se observaron efectos subletales sobre los insectos adultos (Bruck *et al.*, 2011). En general, estos productos son menos utilizados, puesto que pueden tener efectos perjudiciales para artrópodos beneficiosos, sobre todo si se utilizan en aplicaciones foliares (He *et al.*, 2012). Las spinosinas (spinosad y spinetoram) también han sido reportadas como eficaces (Beers *et al.*, 2011; Bruck *et al.*, 2011; Haviland y Beers, 2012) aunque su uso está limitado respecto del número de aplicaciones por año permitidos por cultivo y huerto para evitar resistencias (Van Timmeren e Isaacs, 2013).

Bruck *et al.* (2011) mostraron que el clorantraniliprole ofrecía un nivel de eficacia aproximada del 20 % en aplicaciones directas al insecto pero, más recientemente, otro estudio de laboratorio demos-

tró que dicha materia activa también aplicada tópicamente puede alcanzar eficacias de hasta un 80 % de mortalidad en insectos adultos (Cuthbertson *et al.*, 2014a). Respecto del cyantraniliprole, Diepenbrock *et al.* (2016) determinaron, en un exhaustivo estudio de campo comparando diferentes estrategias de tratamiento, que si bien este producto no mató un alto porcentaje de adultos tras el contacto con el mismo, sí redujo la infestación en los frutos, mientras que el contacto prolongado produjo una mortalidad significativa en los bioensayos.

En estudios de eficacias en campo, la materia activa alfa-cipermetrina proporcionó un 100 % de control para adultos de *D. suzukii* hasta 14 días después del tratamiento, el malatión también proporcionó casi el 100 % de control hasta un máximo de 10 días y más del 80 % de control a los 14 días, lo que fue significativamente mayor que los otros tratamientos estudiados (spinetoram, spinosad y acetamiprid) (Bruck *et al.*, 2011). Los productos basados en spinosina (spinosad y spinetoram) proporcionaron un control del 88 % hasta 3 días después del tratamiento. Sin embargo, el nivel de control disminuyó rápidamente hasta los 14 días posteriores al tratamiento. El acetamiprid, fue significativamente diferente del control no tratado solamente hasta el día 3 después del tratamiento (Bruck *et al.*, 2011).

Respecto de las materias activas disponibles para producción orgánica, el producto comercial Pyganic® basado en una piretrina natural, ofreció eficacias medias de un 79 % \pm 20 % y en los ensayos de campo se necesitaron numerosas aplicaciones para controlar la plaga puesto que su residualidad en campo fue muy baja (Bruck *et al.*, 2011). Las formulaciones en cebo de las spinosinas también están disponibles, pero no fueron muy eficaces para *D. suzukii* (Walsh *et al.*, 2011). Sin embargo, la adición a estas materias activas de un cebo basado en la mezcla de azúcar y levadura aumentó significativamente la mortalidad de individuos adultos (Knight *et al.*, 2013). Recientemente, un estudio mostró resultados prometedores al agregar un fago estimulante (sacarosa) a las aplicaciones insecticidas realizadas en campos de arándanos, consiguiendo un menor número de emergencia de larvas de las muestras de frutos recolectados en campos tratados con este sistema en comparación con la de campos tratados con el sistema convencional o no tratados (Cowles *et al.*, 2015). En agricultura orgánica, las materias activas disponibles son muy pocas, por lo cual, es imprescindible la

alternancia de las mismas para evitar resistencias.

Entomopatógenos

Los nemátodos entomopatógenos *Steinernema carpocapsae* (Weiser), *S. feltiae* (Filipjev) y *S. kraussei* (Steiner) (Rhabditida: Steinernematidae) podrían causar decrecimiento de las poblaciones, puesto que se observaron diferencias significativas en la mortalidad cuando los adultos fueron tratados directamente con estos organismos en comparación a cuando fueron tratados con agua en ensayos de laboratorio (Cuthbertson *et al.*, 2014b). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la emergencia de moscas adultas en los frutos tratados con dichos organismos y el control tratado con agua (Cuthbertson *et al.*, 2014b). En otro estudio en el que se probaron los nemátodos: *Heterorhabditis bacteriophora* Oswego (Rhabditida: Heterorhabditidae), *S. feltiae* y *S. carpocapsae*, se concluyó que todos mostraron tasas de infección bajas y que no fueron capaces de afectar la supervivencia de *D. suzukii* (Woltz *et al.*, 2015).

Respecto de hongos entomopatógenos, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Clavicipitaceae) causó un 44 % de mortalidad de adultos después de 7 días de tratamiento, mientras que *Lecanicillium muscarium* Zare y Gams (Hypocreales: Cordycipitaceae) apenas sobrepasó el 30 % (Cuthbertson *et al.*, 2014b). En otro estudio, observaron que la aplicación directa de *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) sobre las hembras adultas obtuvo una mortalidad significativamente más alta que la del testigo sin tratar, mientras que la aplicación directa de *B. bassiana* y de *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brawn y Smith (Eurotiales: Trichocomaceae) no obtuvo una mortalidad significativamente diferente del control y menos del 1 % de las moscas esporularon (Woltz *et al.*, 2015).

Poblaciones de *D. suzukii* con la raza *wSuz* de la bacteria endosimbiótica *Wolbachia* fueron encontradas en EEUU y Europa. La prevalencia media de infección encontrada en las poblaciones europeas fue del 46 % (Cattel *et al.*, 2016), mientras que en las de EEUU fue del 17 % (Hamm *et al.*, 2014), aunque en ninguno de estos trabajos se encontraron pruebas de incompatibilidad citoplasmática inducida por *wSuz*. Por lo cual, de momento, esta raza no se podría utilizar en una estrategia de control basada en la incompatibilidad citoplasmática bidireccional. También han sido

aislados de *Drosophila* spp, ADN virus (Unckless, 2011), encontrándose que éstos están relacionados con otros virus utilizados para el control de plagas, aunque aún no se han reportado resultados de su uso.

Control biológico

Varios himenópteros de los géneros *Ganaspis* y *Leptopilina* (Hymenoptera: Figitidae), *Trichopria* (Hymenoptera: Diapriidae) y *Asobara* (Hymenoptera: Braconidae) han sido reportados parasitando *D. suzukii* en su zona de origen (Mitsui *et al.*, 2007; Ideo *et al.*, 2008; Mitsui y Kimura, 2010; Kasuya *et al.*, 2013; Nomano *et al.*, 2015; Guerrieri *et al.*, 2016). Así también, en diversas partes de Europa y EEUU se han citados varias especies parasitando *D. suzukii*, *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae), *Leptopilina boulardi* (Barbotin, Carton y Kelner-Pillault) y *L. heterotoma* (Thomson) (Cynipoidea: Figitidae: Eucoilinae), *Trichopria drosophilae* (Perkins) (Hymenoptera: Diapriidae) (Brown *et al.*, 2011; Cuch-Arguimbau *et al.*, 2013; Rossi Stacconi *et al.*, 2013; Rossi Stacconi *et al.*, 2015). Sin embargo, aún no existe un consenso general sobre la eficacia de los mismos en el control de *D. suzukii*. Por un lado, Chabert *et al.* (2012) encontraron que los parasitoides de larvas resultaron poco efectivos dada la capacidad de *D. suzukii* de desarrollar una fuerte respuesta inmune que evita que el parasitoide se desarrolle hasta el estado adulto. Por otro lado, Rossi-Stacconi *et al.* (2013) obtuvieron tasas altas de parasitismo sobre *D. suzukii* utilizando la población de *L. heterotoma*. *Pachycrepoideus vindemmiae* es la única especie que ha sido encontrada espontáneamente parasitando pupas de *D. suzukii* en las nuevas áreas invadidas por la plaga (Brown *et al.*, 2011; Cuch-Arguimbau *et al.*, 2013; Rossi Stacconi *et al.*, 2013). Esta especie es un ectoparasitoide generalista y ampliamente distribuida en el mundo que ataca a más de 60 especies de moscas, incluyendo tefrítidos de frutales y varias especies del género *Drosophila* (Wang y Messing, 2004; Ovruski *et al.*, 2000, 2006), aunque presenta la desventaja de que puede ser un hiperparasitoide de otros himenópteros braconídeos (Wang y Messing, 2004).

Respecto de los depredadores, se han reportado varias especies del género *Orius* (Hemiptera: Anthocoridae), de hábitos alimenticios generalistas, alimentándose de larvas de *D. suzukii* en

frambuesas y fresas (Walsh *et al.*, 2011; Arnó *et al.*, 2012). En estudios de laboratorio con adultos de *Orius insidiosus* (Say) sobre arándanos infestados con larvas de *D. suzukii*, se observó que el depredador fue capaz de reducir el desarrollo de la plaga en un 12 %; sin embargo, dicha eficacia no se mantuvo cuando los ensayos se replicaron con arándanos en macetas ni en ramas embolsadas en campo (Woltz *et al.*, 2015). Cuthberston *et al.* (2014b) determinaron que, *Orius laevigatus* (Fieber) y *O. majusculus* (Reuter) eran capaces de depredar adultos de *D. suzukii* con respuestas significativamente mayores que las del control. También observaron que *O. majusculus* prefería, significativamente más, depredar hembras que machos. Estos autores también comprobaron en laboratorio que *Anthocoris nemoralis* (Fabricius) (Hemiptera: Anthocoridae) era capaz de depredar adultos de *D. suzukii*, significativamente más que el control, y también, significativamente, más a los machos. Estudios desarrollados en laboratorio utilizando *Labidura riparia* Pallas (Dermaptera: Labiduridae) mostraron que este insecto puede depredar las larvas y las pupas de *D. suzukii* de los cultivos cuyos frutos estén en contacto o cerca del suelo como las fresas (Gabarra *et al.*, 2015). Mientras que Woltz *et al.* (2015) determinaron que, la especie de estafilínido, *Dalotia* (= *Atheta*) *coriaria* (Coleoptera: Staphylinidae) no fue capaz de reducir el desarrollo de la plaga con respecto al control, cuando se le ofrecían arándanos infestados con larvas de *D. suzukii*. Similares resultados obtuvieron Cuthberston *et al.* (2014b), quienes, también determinaron que la especie de ácaro *Hypoaspis miles* Berlese (Mesostigmata: Laelapidae) no se alimenta ni de larvas ni de pupas de *D. suzukii*. Sin embargo, Renkema *et al.* (2015) determinaron que *D. coriaria* era capaz de consumir larvas, pero no pupas de *D. suzukii* y que la depredación de larvas disminuía a medida que la larva aumentaba de estadio.

Trampas y atrayentes

En concordancia con la familia a la que pertenece, Drosophilidae, *D. suzukii* se siente atraída por sustancias dulces fermentadas como el vino y el vinagre (Kanzawa, 1939; Lee *et al.*, 2012; Landolt *et al.*, 2012a, b; Grassi *et al.*, 2015) así como por una comunidad de especies de levaduras (Hamby *et al.*, 2012). Sin embargo, estas sustancias son inespecíficas, atrayendo además a varias especies

de Drosophilidae y a otras familias de dípteros así como a lepidópteros, himenópteros y coleópteros (Zhu *et al.*, 2003; Qian *et al.*, 2013; Knight *et al.*, 2011; Escudero-Colomar, 2015). Kleiber *et al.* (2014), mostraron que el agregado de varias sustancias volátiles de frutas al vinagre de sidra (ácido acético, acetato de etilo, metanol, etanol, propionato de fenilo y butirato de fenilo), tampoco incrementó la capacidad de atracción del vinagre e incluso algunas sustancias convirtieron la mezcla en un repelente. En estudios sobre la respuesta electrofisiológica y de comportamiento de la especie a diferentes volátiles de vino y vinagre, se observó que cuatro compuestos presentes en ambos, ácido acético, etanol, acetoina y metionol, eran más atractivos para *D. suzukii* que las soluciones originales de vino y/o vinagre en condiciones ambientales específicas (Cha *et al.*, 2012). Con estos datos, los mismos autores, desarrollaron un atrayente sintético combinando dichos compuestos al que llamaron “SWD lure” y que resultó, en algunos de los ensayos, significativamente más atractivo que el vinagre de sidra, mientras que no hubieron diferencias significativas cuando se comparó con las mezclas de vinagre de vino, jugo de uva y etanol, ni con vino tinto mezclado con vinagre de sidra (Cha *et al.*, 2013). Más del 50 % de las Drosophilidae capturadas por el atrayente sintético SWD LURE fueron *D. suzukii*, y dado que el vinagre de sidra captura entre un 26-31 % de esta especie, es claro que el atrayente sintético es más selectivo (Burrack *et al.*, 2015; Escudero-Colomar, 2015). Dicho atrayente está comercializado por la empresa Trécé bajo el nombre Pherocon SWD® (Adair, OK USA) (Trécé Inc., 2016). En ensayos desarrollados en otras zonas se encontró que dicha mezcla sintética era menos atractiva que los estándares utilizados: vinagre de sidra mezclado con melaza de remolacha, vinagre de sidra mezclado con vino tinto o sustancias proteicas enriquecidas con otros compuestos formuladas en productos comerciales, SuzukiiTrap® (Bioiberica, Barcelona, España) y Suzzii® (Ao Midori biocontrol, Barcelona, España) (Escudero-Colomar, 2015; Ioriatti *et al.*, 2015). Burrack *et al.* (2015) encontraron que las capturas con el atrayente sintético se correlacionaban bien con las tasas de infestación en fruta y que todos los cebos probados, excepto el vinagre de sidra, capturaban *D. suzukii* al menos una semana antes de la detección de larvas en los frutos, por lo cual podía ser usado para temporizar los tratamientos. Otros investigadores,

encontraron que algunas bacterias lácticas como *Oenococcus oeni* Dicks Dellaglio y Collins 1995 (Leuconostocaceae) incrementaban la capacidad de atracción de las mezclas de vinagre de sidra y vino tinto, en ciertas condiciones ambientales (Guzzon *et al.*, 2015). En un estudio reciente sobre la respuesta de *D. suzukii* a diferentes compuestos procedentes de frutos, se determinó que 29 compuestos provocaron una respuesta antenal clara y que los mismos estaban comprendidos en los grupos de ésteres, alcoholes, monoterpenos, ácidos, aldehídos, ketonas, aromáticos, terpenoides irregulares y sesquiterpenos, siendo los ésteres y alcoholes los que mostraron mayor actividad (Revadi *et al.*, 2015b). Los mismos autores estudiaron especialmente el acetato de isoamilo y observaron que había una respuesta dosis-dependiente del insecto, sobre todo en hembras fecundadas.

Otra alternativa para el control biorracional de plagas es la utilización de feromonas sexuales para producir una disrupción en la comunicación entre machos y hembras. Se conoce que uno de los compuestos de la feromona sexual para otras especies de *Drosophila* es el acetato cis-11-octadecenilo. Este compuesto es producido por los machos para atraer hembras y tiene un corto alcance de actuación (Symonds y Wertheim, 2005). Sin embargo, *D. suzukii* no produce este compuesto, aunque es capaz de detectarlo y, paradójicamente, su detección por parte de la hembra desalienta los esfuerzos de apareamiento (Dekker *et al.*, 2015). La mayor actividad de apareamiento es por la mañana, y la eliminación de las antenas de los machos detiene el proceso de apareamiento (Revadi *et al.*, 2015a). Estos hallazgos con respecto al comportamiento de apareamiento de la especie, pueden sentar las bases para el desarrollo de nuevos métodos de control de la plaga.

Con respecto al tipo de trampas utilizadas para contener el atrayente, los primeros estudios al inicio de la invasión de la plaga en EEUU y Europa, fueron realizados utilizando vinagre de manzana como cebo (Lee *et al.*, 2012), lo que pudo haber influido en los resultados, dada la muy baja especificidad del mismo. En estudios posteriores, se observó que las trampas coloreadas, amarillas, rojas o negras fueron las que mostraron mayor eficacia en la captura de adultos, mientras que las transparentes o blancas tuvieron una eficacia significativamente menor (Lee *et al.*, 2013; Basoalto *et al.*, 2013; Escudero-Colomar, 2015). Además, Renkema *et al.* (2014), encontraron que las cap-

turas aumentaban con el área total de orificios de entrada a la trampa y con la superficie de líquido expuesto dentro de la misma.

Se han realizado algunos ensayos de captura masiva como método de control, utilizando trampas y atrayentes. En uno de ellos, desarrollado en China y, utilizando entre 24-40 trampas por ha (60-100 trampas/acre) cebadas con vinagre de sidra, se obtuvo una reducción de las poblaciones (Lee *et al.*, 2011b). Por su parte, Hampton *et al.* (2014) determinaron que las trampas para captura masiva se tienen que colocar en todo el perímetro de la parcela a una distancia no mayor de 5 m entre sí. Además, sugieren que, para aumentar la eficacia de las mismas, se rocíe el exterior de cada trampa con un insecticida con o sin cebo atrayente, ya que sólo 10-30 % de las moscas que se posan en una trampa entran en ella y mueren.

Repelentes

La N,N-Dietil-meta-toluamida, conocida como DEET, es el ingrediente más habitual de los repelentes de insectos. Krause-Pham y Ray (2015), demostraron que también lo es para *D. suzukii*. Por su parte, Wallingford *et al.* (2016) encontraron, en ensayos de laboratorio, que *D. suzukii* fue repelida por olores atractivos para ella en presencia de octenol y geosmina. El efecto repulsivo del octenol se mostró en el campo con una reducción de la oviposición y, como resultado, las tasas de daños fueron menores en un área de alrededor de 10 cm de los difusores de octenol. Ninguno de los dos compuestos fue atractivo para la especie. Estos autores también encontraron que *D. suzukii* no se vio afectada por la presencia de benzaldehído, como sí ocurre con *D. melanogaster*. Estudios de comportamiento han demostrado que la respuesta a olores puede estar influenciada por la concentración. Por ejemplo, Kleiber *et al.* (2014) mediante ensayos en jaulas de campo, reportaron que trampas con concentraciones entre 55-550 µL de acetato de etilo capturaban mucho menos *D. suzukii* que las que llevaban concentraciones de 5.5 µL. Renkema *et al.* (2016), probaron en laboratorio la respuesta de *D. suzukii* a mechas de algodón empapadas con jugo de frambuesa y cada uno de los siguientes 20 aceites esenciales de plantas: geranio (*Pelargonium asperum* o *P. graveolens* (L.)), menta (*Mentha x piperita* L.), jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe), eucalipto (*Eucalyptus radiata* Spreng.), citronela (*Cymbopogon winterianus*

Jowitt), lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.), romero (*Rosmarinus officinalis* L.), tomillo (*Thymus vulgaris* L. (thymol chemotype)), tuja del Canadá (*Thuja occidentalis* L.), abeto balsámico (*Abies balsamea* (L.) Mill.), picea blanca (*Picea glauca* (Moench) Voss), y pino blanco americano (*Pinus strobus* L.). Todos los aceites esenciales, excepto el de pino blanco americano, mostraron una repelencia estadísticamente significativa para el macho; y todos ellos, menos el abeto balsámico mostraron una acción significativamente repelente hacia la hembra (Renkema *et al.*, 2016). El aceite de menta fue especialmente efectivo hasta 6 días después de iniciado el experimento. Este aceite esencial está compuesto principalmente por los monoterpenoides mentol y mentona. El aceite de tomillo fue el que causó la mortalidad de machos más elevada (Renkema *et al.*, 2016). Los mismos autores también probaron la respuesta de la plaga al metabisulfito de potasio, encontrando que el mismo no causó repelencia a *D. suzukii*.

Dado que muchos aceites esenciales están permitidos como aditivos alimentarios, pueden ser usados como un medio seguro de protección de la fruta, aplicable en ambos sistemas de producción, convencional y orgánico.

Los resultados obtenidos con compuestos repelentes son muy prometedores, aunque factores tales como la dosis, persistencia, volatilidad y la disponibilidad y costo del producto serán importantes en su formulación comercial, mientras que la determinación de mecanismos eficaces de dispersión para la aplicación de estos compuestos en el campo será crucial para el éxito.

Recubrimientos comestibles para la fruta, uno de cera (Primafresh®) y otro de cera con caolín (Raynox®), fueron probados en laboratorio, para arándanos y frambuesas y se observó que disminuían la puesta de huevos, el desarrollo larvario y la emergencia de los adultos. Sin embargo, uno de los problemas principales es conseguir una cobertura de frutos uniforme en el campo (Swoboda-Bhattarai y Burrack, 2014). La tierra de diatomeas sola y la mezclada con piretrinas y butóxido de piperonilo (Perma-Guard® D-21) no fueron eficaces protegiendo arándanos del ataque de *D. suzukii* (Gerdemann y Tanigoshi, 2011).

Control cultural y tratamientos poscosecha

Las medidas profilácticas para el control de *D. suzukii* son las comunes a otros dípteros plaga que

atacan cultivos. Una acción básica es la destrucción de los frutos una vez terminada la cosecha, tanto si han caído a tierra como si aún permanecen en la planta (Dreves *et al.*, 2011). El objetivo principal de esta acción es la destrucción de las larvas y las pupas que puedan quedar en los frutos. Para conseguir esta destrucción, una vez acumulada en un sitio soleado toda la fruta remanente en el campo después de finalizada la cosecha, se aplica el método de solarización, cubriendo esta fruta con plástico y sellando dicha cubierta para favorecer la acción del sol. Este método ha mostrado ser muy efectivo, al igual que la simple colocación de toda la fruta atacada en una bolsa de plástico y luego sellada (Caprile *et al.*, 2011; Dreves, 2014; Hampton *et al.*, 2014).

Otro método que se recomienda para evitar elevados daños por la plaga, es la recolección de la fruta apenas madura y a intervalos frecuentes y, al final de la temporada, recoger y destruir los restos de las ramas que puedan haberse desprendido de la planta durante la recolección o durante la poda (Liburd y Iglesias, 2013). Sin embargo, la eliminación de la fruta no comercial o las recolecciones tempranas y frecuentes, pueden ser prohibitivas por su costo económico tanto por el tiempo como la mano de obra necesarios para llevarlos a cabo (Piñero y Byers, 2013).

Hampton *et al.* (2014), basándose en la dinámica poblacional de la plaga en la costa oeste de EEUU, concluyeron que plantar variedades de recolección temprana puede ser una medida de gran ayuda en la disminución de las pérdidas por la plaga. Dentro de cada cultivo hay variedades que son más o menos susceptibles (Lee *et al.*, 2011a; Burrack *et al.*, 2013; Kinjo *et al.*, 2013) y, antes de elegir la variedad a plantar, es conveniente estudiar no sólo la susceptibilidad de la misma, sino también su época de recolección, para evitar, en lo posible, que coincida con los picos poblacionales de la plaga.

En algunos cultivos de alto valor económico y en huertos orgánicos, donde los métodos químicos están muy restringidos, se están utilizando sistemas físicos de exclusión de las plantaciones, utilizando mallas plásticas. El primer estudio sobre este método de control fue publicado en japonés en los años 30 del siglo pasado y en él se explica que la malla con aberturas más pequeñas que 0,98 mm evitaba con éxito la entrada de *D. suzukii* (Kawase y Uchino, 2005). Cormier *et al.* (2014), reportaron que una malla de una abertura de 1 mm

x 0,6 mm fue muy eficaz previniendo el daño sobre arándanos, aunque en la segunda pasada de la cosecha los contenidos de azúcares de la fruta fueron significativamente menores que los del control. Más recientemente, Riggs (2015), encontró que la malla de 80 gr era significativamente mejor que la de 60 gr protegiendo el cultivo del ataque de *D. suzukii* y Schattman *et al.* (2015), además de señalar que las mallas eran eficaces, calcularon el costo de su utilización, incluyendo en el mismo el enlentecimiento de las tareas normales del huerto debido a las mallas. Estos autores, recomiendan el uso de estas cubiertas en variedades altamente susceptibles o que se recolectan en los periodos de picos poblacionales de la plaga. Además, concluyeron que su costo es elevado y que, dependiendo del tipo de cultivo y variedad a proteger, cada agricultor debe evaluar si dicho costo se compensa con las posibles pérdidas si no se utilizara este método.

Con respecto a los tratamientos poscosecha, el primer estudio publicado fue la utilización de bromuro de metilo en frutilla (Walse *et al.*, 2012). Los autores observaron que la tolerancia del insecto al producto aumentaba con la edad y probaron las dosis con los estadios más tolerantes. Concluyeron que, fumigaciones comerciales de 3 h a una dosis de bromuro de metilo de 48 mg/l y a una temperatura de la pulpa de fresa ≥ 18 °C, fueron eficaces contra *D. suzukii* a niveles de un Probit 9 de acuerdo a las normas fitosanitarias cuarentenarias. Por lo cual, este producto puede ser útil para tratar fresas destinadas a mercados restrictivos de esta plaga, como Australia, en donde es una plaga de cuarentena y exigen este tipo de tratamientos para permitir la entrada de frutos. Follet *et al.* (2014), estudiaron la utilización de irradiación de la fruta fresca en tratamientos cuarentenarios para eliminar las larvas y las pupas de *D. suzukii*. Al igual que en el estudio anterior, comprobaron que la tolerancia a la irradiación aumentaba con la edad y el estado de desarrollo y concluyeron que una dosis de radiación de 80 Gy aplicada al último estadio pupal (el más tolerante) impidió con éxito su desarrollo hasta adulto. No se observaron supervivientes entre los 33.086 individuos tratados, los cuales fueron estudiados hasta la etapa adulta en F1. Esto cumpliría con los requisitos de “tolerancia cero” para el acceso al mercado.

Conclusión

El diseño de un programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) requiere el conocimiento de la biología y ecología de la plaga, la dinámica poblacional en sus hospedantes cultivados y en los no cultivados y, si es posible, en el uso de modelos predictivos. Los sistemas comerciales de atrayentes y trampas existentes para el monitoreo de *D. suzukii* ofrecen un buen nivel de selectividad y permiten detectar la plaga en etapas tempranas, lo cual, unido a la utilización de modelos predictivos, posibilita un seguimiento bastante preciso del desarrollo poblacional. La utilización de variedades precoces y/o de baja sensibilidad a *D. suzukii* así como el saneamiento de fruta en el campo, son una gran herramienta para reducir los daños. Los métodos de barreras físicas, como el uso de mallas plásticas que aíslan el cultivo, son eficaces, aunque costosos, y dependerá de la rentabilidad del cultivo para que su aplicación sea o no económicamente viable. En cuanto al uso de repelentes y al control biológico, pueden ser útiles y ser integrados en un sistema de MIP, aunque aún se necesita más investigación en ambos. La alternancia de materias activas y mecanismos de acción en los insecticidas que han mostrado eficacia contra la especie, es una medida esencial para asegurar un buen control de la plaga y evitar la generación de resistencia. La captura masiva se puede utilizar complementada con algunas aplicaciones de insecticidas, ayudando a un menor uso de los mismos. Todos estos métodos pueden combinarse en un sistema de MIP, el que dependerá del cultivo a proteger, dado que las medidas difieren entre los cultivos afectados, ya sea por las materias activas insecticidas autorizadas en cada uno o por la rentabilidad de la especie o variedad a proteger, que permitiría o no el uso de algunos métodos, actualmente onerosos.

Agradecimientos

Al Departament d’Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya, por financiar los estudios de la autora sobre *D. suzukii* citados en este trabajo.

Bibliografía

Arno J., Riudavets J., Gabarra R. (2012). Survey of host plants and natural enemies of *Drosophila suzukii* in

- an area of strawberry production in Catalonia (north-east Spain). International Organization for Biological and Integrated Control- West Palaearctic Regional Section (IOBC-WPRS) Bulletin 80: 29-34.
- Basoalto E., Hilton R., Knight A. (2013). Factors affecting the efficacy of a vinegar trap for *Drosophila suzukii*. Journal of Applied Entomology 137: 561-570.
- Beers E.H., Van Steenwyk R.A., Shearer P.W., Coates W.W., Grant J.A. (2011). Developing *Drosophila suzukii* management programs for sweet cherry in the western United States. Pest Management Science 67: 1386-1395.
- Bolda M., Goodhue R.E., Zalom F.G. (2010). Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. Agricultural and Resource Economics Update 13(3): 5-8.
- Brien F., Elben A., Gross J., Vogt H. (2016). An invader supported by a parasite: Mistletoe berries as a host for food and reproduction of Spotted Wing drosophila in early spring. Journal of Pest Science 1-11.
- Brown P.H., Shearer P.W., Miller J.C., Thistlewood H.M.A. (2011). The discovery and rearing of a parasitoid (Hymenoptera: Pteromalidae) associated with spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* in Oregon and British Columbia. Ecological Society of America Annual Meetings, 13-16 Noviembre, Reno, Estados Unidos.
- Bruck D.J., Bolda M., Tanigoshi L., Klick J., Kleiber J., DeFrancesco J., Gerdeman B., Spitler H. (2011). Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops. Pest Management Science 67: 1375-1385.
- Burrack H.J., Fernandez G.E., Spivey T., Kraus D.A. (2013). Variation in selection and utilization of host crops in the field and laboratory by *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera:Drosophilidae), an invasive fruigivore. Pest Management Science 69: 1173-1180.
- Burrack H.J., Asplen M., Bahder L., Collins J., Drummond F.A., Guédot C., Isaacs R., Johnson D., Blanton A., Lee J.C., Loeb G., Rodriguez-Saona C., van Timmeren S., Walsh D., McPhie D.R. (2015). Multistate comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* in blueberries and caneberries. Environmental Entomology 44(3): 704-712.
- CABI (2016). *Drosophila suzukii* (spotted wing drosophila). In: Invasive Species Compendium Datasheets, maps, images, abstracts and full text on invasive species of the world, <http://www.cabi.org/isc/datasheet/109283>, consult: junio 2016.
- Calabria G., Maca J., Bachli G., Serra L., Pascual M., (2012). First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. Journal of Applied Entomology 136: 139-147.
- Caprile J., Van Steenwyk R., Haviland, D. (2010). Spotted Wing Drosophila (*Drosophila suzukii*). <http://ipm.ucanr.edu/EXOTIC/drosophila.html>, consulta: junio 2016.
- Caprile J., Flint M.L. Bolda M.P., Grant J.A., Van Steenwyk R., Haviland D. (2011). Spotted wing drosophila. University of California, Pest Notes, State-wide Integrated Pest Management Program. Pub. No. 74158.
- Cattel J., Kaur R., Gibert P., Martinez J., Fraimout A., Jiggins F., Thibault A., Siozios S., Anfora G., Miller W., Rota-Stabelli O., Mouton L. (2016). Wolbachia in European Populations of the Invasive Pest *Drosophila suzukii*: Regional Variation in Infection Frequencies. PLoS ONE 11 (1): e0147766.
- Cha D.H., Adams T., Rogg H, Landolt P.J. (2012). Identification and field evaluation of fermentation volatiles from wine and vinegar that mediate attraction of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. Journal of Chemical Ecology 38: 1419-1431.
- Cha D.H., Hesler S.P., Cowles R.S. Vogt H., Loeb G.M., Landolt P.J. (2013). Comparison of a synthetic chemical lure and standard fermented baits for trapping *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Environmental Entomology 42: 1052-1060.
- Chabert S., Allemand R., Poyet M., Eslin P., Gibert P. (2012). Ability of European parasitoids (Hymenoptera) to control a new invasive Asiatic pest, *Drosophila suzukii*. Biological Control 63: 40-47.
- Cini A., Ioriatti C., Anfora G. (2012). A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. Bulletin of Insectology 65 (1): 149-160.
- Cormier D., Veilleux J., Firlej A. (2014). Exclusion net to control spotted wing Drosophila in blueberry fields. International Organization for Biological and Integrated Control (IOBC) Bulletin 109:181-184.
- Cowles R.S., Rodriguez-Saona C., Holdcraft R., Loeb G.M., Elsensohn J.E., Hesler S.P. (2015). Sucrose improves insecticide activity against *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Journal of Economic Entomology 108 (2): 640-653.
- Cuch-Arguimbau N., Escudero-Colomar L.A., Forshage M., Pujade-Villar J. (2013). Identificadas dos especies de Hymenoptera como probables parasitoides de *Drosophila suzukii* en una plantación ecológica de cerezos en Begues. Phytoma España 247: 42-49.
- Cuthbertson A.G.S., Collins D.A., Blackburn L.F., Audsley N., Bell H.A. (2014). Preliminary Screening of Potential Control Products against *Drosophila suzukii*. Insects 5: 488-498.
- Cuthbertson A.G.S., Blackburn L.F., Audsley N. (2014). Efficacy of Commercially Available Invertebrate Predators against *Drosophila suzukii* Insects 5: 952-960.
- Dalton D.T., Walton V.M., Shearer P.W., Walsh D.B., Caprile J., Isaacs R. (2011). Laboratory survival of *Drosophila suzukii* under simulated winter conditions of the Pacific Northwest and seasonal field trap-

- ping in five primary regions of small and stone fruit production in the United States. *Pest Management Science* 67: 1368-1374.
- Dekker T., Revadi S., Mansourian S., Ramasamy S., Lebreton S., Becher P.G., Angeli S., Rota-Stabelli O., Anfora G. (2015). Loss of *Drosophila* pheromone reverses its role in sexual communication in *Drosophila suzukii*. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 282: 20143018. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.3018>
- Diepenbrock L.M., Olivieri D., Rosensteel D., Hardin J.A., Sial A.A., Burrack H.J. (2016). Season-long programs for control of *Drosophila suzukii* in south-eastern U.S. blueberries. *Crop Protection* 81:76-84.
- Dreves A.J., Cave A., Lee J. (2014). Detailed guide for testing fruit for the presence of spotted wing (SWD) larvae. En: Oregon State University Extension, OSU Extension Service Pub. No. 9096, Pp 9.
- Dreves A.J. (2014). Minimize spotted wing drosophila (SWD) by practicing proper sanitation. En: Oregon State University Extension, OSU Extension Service http://uspest.org/swd/pubs/SWD_Backyard_Sanitation_10-14-2014.pdf, consulta: junio 2016.
- Escudero-Colomar L.A. (2015). Estudios desarrollados sobre los métodos biotécnicos disponibles para el seguimiento y control de *Drosophila suzukii* en ESPAÑA. *Phytoma España* 269: 20-24.
- Follett P. A., Swedman A., Price D.K. (2014). Postharvest Irradiation Treatment for Quarantine Control of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Fresh Commodities. *Journal of Economic Entomology* 107 (3): 964-969.
- Gabarra R., Riudavets J., Rodríguez G., Pujade-Villar J., Arnó J. (2015). Prospects for the biological control of *Drosophila suzukii*. *BioControl* 60:331-339.
- Gerdeman B.S., Tanigoshi L.K. (2011). Biology and management of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) in small fruits in the Pacific Northwest. *International Organization for Biological and Integrated Control (IOBC) Bulletin* 70:129-136.
- Goodhue R.E., Bolda M., Farnsworth D., Williams J.C., Zalom F.G. (2011). Spotted wing drosophila infestation of California strawberries and raspberries: economic analysis of potential revenue losses and control costs. *Pest Management Science* 67: 1396-1402.
- Grassi A., Anfora G., Maistri S., Gottardello A., Maddalena G., De Cristofaro A., Savini G., Ioriatti C. (2015). Development and efficacy of Droskidrink, a food bait for trapping *Drosophila suzukii*. *International Organization for Biological and Integrated Control- West Palaearctic Regional Section (IOBC/WPRS) Bulletin*, 109: 197-204.
- Guerrieri E., Giorgini M., Cascone P., Carpenito S., van Achterberg C. (2016). Species Diversity in the Parasitoid Genus *Asobara* (Hymenoptera: Braconidae) from the Native Area of the Fruit Fly Pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Plos One* 11(2): e0147382.
- Guzzon R., Anfora G., Grassi A., Ioriatti C. (2015). Un nuovo ed efficace attrattivo per la cattura di *Drosophila suzukii* basato su ceppi di *Oenococcus oeni*. 38th World Congress of Vine and Wine, 5-10 Julio, Mainz, Alemania.
- Hamb K.A., Hernández A., Boundy-Mills K., Zalom F.G. (2012). Associations of yeasts with spotted-wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*; Diptera: Drosophilidae) in cherries and raspberries. *Applied and Environmental Microbiology* 78: 4869-4873.
- Hamm C.A., Begun D.J., Vo A., Smith C.C.R., Saelao P., Shaver, A.O., Jaenike, J.; Turelli, M. (2014). *Wolbachia* do not live by reproductive manipulation alone: infection polymorphism in *Drosophila suzukii* and *D. subpulchrella*. *Molecular Ecology* 23:4871-4885.
- Hampton E., Koski C., Barsoian O., Faubert H. Cowles R.S., Alm S.R. (2014). Use of early ripening cultivars to avoid infestations and mass trapping to manage *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in *Vaccinium corymbosum* (Ericales: Ericaceae). *Journal of Economic Entomology* 107:1849-1857.
- Harris D.W., Hamby K.A., Wilson H.E., Zalom F.G. (2014). Seasonal monitoring of *Drosophila suzukii* in a mixed fruit production system. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 17: 857-864.
- Hauser M. (2011). A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in the continental United states, with remarks on their identification. *Pest Management Science* 67: 1352-1357.
- Haviland D.R., Beers E.H. (2012). Chemical control programs for *Drosophila suzukii* that comply with international limitations on pesticide residues for exported sweet cherries. *Journal of Integrated Pest Management*. 3 (2): 1-6
- He Y., Zhao J., Zheng Y., Desneux N., Wu K. (2012). Lethal effect of imidacloprid on the coccinellid predator *Serangium japonicum* and sublethal effects on predator voracity and on functional response to the whitefly *Bemisia tabaci*. *Ecotoxicology* 21: 1291-1300.
- Ideo S., Watada M., Mitsui H., Kimura M.T., (2008). Host range of *Asobara japonica* (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid of drosophilid flies. *Entomological Science* 11: 1-6.
- Ioriatti C., Boselli M., Carudo S., Galassi T., Gottardello A., Grassi A., Tonina L., Vaccari, G., Mori N. (2015). Approcio integrato per la difesa dalla *Drosophila suzukii*. *Frotticoltura* 4:32-36.
- Kanzawa T. (1939). Studies on *Drosophila suzukii*. Mats. Yamanashi Agricultural Experiment Station, Kofu, Japón. (Resumen en inglés en *Review of Applied Entomology* 29: 622).
- Kasuya N., Mitsui H., Ideo S., Watada M., Kimura M.

- (2013). Ecological, morphological and molecular studies on *Ganaspis* individuals (Hymenoptera: Figitidae) attacking *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Applied Entomology and Zoology* 48: 87-92.
- Kawase S., Uchino K. (2005). Effect of mesh size on *Drosophila suzukii* adults passing through the mesh. *Annual Report of the Kanto-Tosan Plant Protection Society* (52), 99-101.
- Kinjo H., Kunimi Y., Ban T., Nakai M. (2013). Oviposition Efficacy of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on Different Cultivars of Blueberry. *Journal of Economic Entomology* 106(4): 1767-1771.
- Kleiber J.R., Unelius C.R., Lee J.C., Suckling D.M., Qian M.C., Bruck D.J. (2014). Attractiveness of fermentation and related products to spotted wing drosophila. *Environmental Entomology* 43(2): 439-447.
- Klick J., Yang W.Q., Walton V.M., Dalton D.T., Hagler J.R., Dreves A.J., Lee J.C., Bruck D.J. (2016). Distribution and activity of *Drosophila suzukii* in cultivated raspberry and surrounding vegetation. *Journal of Applied Entomology* 140: 37-46.
- Knight A.L., Light D.M., Trimble R.M. (2011) Identifying (E)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene plus acetic acid as a new lure for male and female codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology* 40: 420-430.
- Knight A., Yee W., Hilton R. (2013). Developing a new bait for spotted-wing *Drosophila* in organic cherry production. *Acta Horticulturae* 1001:147-152. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.1001.15
- Krause Pham C., Ray A. (2015). Conservation of Olfactory Avoidance in *Drosophila* Species and Identification of Repellents for *Drosophila suzukii*. *Scientific Reports* 5:11527 DOI: 10.1038/srep11527.
- McDermott L.N., Nickerson L. (2014). Evaluation of insect exclusion and mass trapping as cultural controls of spotted wing *Drosophila* in organic blueberry production. *New York Fruit Quarterly* 22(1): 25-28.
- Landolt P.J., Adams T., Rogg H. (2012). Trapping spotted wing *Drosophila*, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) with combinations of vinegar and wine, and acetic acid and ethanol. *Journal of Applied Entomology* 136:148-154.
- Landolt P.J., Adams T., Davis T., Rogg H. (2012). Spotted wing *Drosophila*, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), trapped with combinations of wines and vinegars. *Florida Entomologist* 95: 326-332.
- Lee J.C., Bruck D.J., Edwards D., Haviland D.R., Van Steenwyk R., Yorgey B.M. 2011. The susceptibility of small fruits and cherries to the spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Pest Management Science* 67 (11): 1358-1367.
- Lee J.C., Bruck D.J., Dreves A.J. (2011). In focus: spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, across perspectives. *Pest Management Science* 67: 1349-1351.
- Lee J. C., Burrack H.J., Barrantes L.D., Beers E.H., Dreves A.J., Hamby K., Haviland D. R., Isaacs R., Richardson T., Shearer P., Stanley C.A., Walsh D.B., Walton V.M., Zalom F.G., Bruck D.J. (2012). Evaluation of Monitoring Traps for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in North America. *Journal of Economic Entomology* 105: 1350-1357.
- Lee J.C., Shearer P.W., Barrantes L.D., Beers E.H, Burrack H.J., Dalton D.T., Dreves A.J., Gut L.J., Hamby K.A., Haviland D.R., Isaacs R., Nielsen A.L., Richardson T., Rodríguez-Saona C., Stanley C., Walsh D., Walton V. M., Yee W.L., Zalom F.G., Bruck D. (2013). Trap designs for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Environmental Entomology* 42: 1348-1355.
- Lee J.C., Dreves A.J., Cave A.M., Kawai S., Isaacs R., Miller J., van Timmeren S., Bruck D. (2015). Infestation of wild and ornamental noncrop fruits by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Annals of the Entomological Society of America* 108(2): 117-129.
- Liburd O.E., Iglesias L.E. (2013). Spotted Wing *Drosophila*: Pest Management Recommendations for Florida Blueberries. En: University of Florida IFAS Extension, <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN99800.pdf>, consulta: junio 2016.
- Mitsui H., Van Achterberg K., Nordlander G., Kimura M.T. (2007). Geographical distributions and host associations of larval parasitoids of frugivorous *Drosophilidae* in Japan. *Journal of Natural History* 41: 1731-1738.
- Mitsui H., Kimura M.T. (2010). Distribution, abundance and host association of two parasitoid species attacking frugivorous drosophilid larvae in central Japan. *European Journal of Entomology* 107: 535-540.
- Nomano F.Y., Mitsui H., Kimura M.T. (2015). Capacity of Japanese *Asobara* species (Hymenoptera; Braconidae) to parasitize a fruit pest *Drosophila suzukii* (Diptera; Drosophilidae). *Journal of Applied Entomology* 139 (1-2): 105-113.
- Ovruski S.M., Aluja M., Sivinski J., Wharton R.A. (2000). Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the Southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. *Integrated Pest Management Reviews* 5: 81-107.
- Ovruski S.M., Oroño L.E., Nuñez-Campero S., Schliserman P., Albornoz-Medina P., Bezdjian L.P., van Nieuwenhove G.A., Martin C.B. (2006). A review of hymenopterous parasitoid guilds attacking *Anastrepha* spp. and *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Argentina. 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance. 10-15 septiembre, Salvador, Brasil. Pp 113-125.
- Piñero J. C., Byers P. (2013). Integrated Pest Management of spotted wing drosophila with empha-

- sis in high-tunnel grown, fall-bearing primocane raspberries. En: Integrated Pest Management, Missouri University, <http://ipm.missouri.edu/MEG/2013/8/Integrated-Pest-Management-of-Spotted-Wing-Drosophila-with-Emphasis-in-High-Tunnel-Grown-Fall-Bearing-Primocane-Raspberries/>, consulta: junio 2016.
- Qian K., Zhu J.J., Sims S.R. (2013). Identification of volatile compounds from a food-grade vinegar attractive to house flies (Diptera: Muscidae). *Journal of Economic Entomology* 106: 979-987.
- Raspi A., Canale A., Canovai R., Conti B., Loni A., Strumia F. (2011). Insetti delle aree protette del comune di San Giuliano Terme. Felici Editore, San Giuliano Terme, Pisa, Italia.
- Renkema J.M., Telfer Z., Garipey T., Hallett R.H. (2015). *Dalotia coriaria* as a predator of *Drosophila suzukii*: functional responses, reduced fruit infestation and molecular diagnostics. *Biological Control* 89: 1-10.
- Renkema J.M., Wright D., Buitenhuis R., Hallett R.H. (2016). Plant essential oils and potassium metabisulfite as repellents for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Scientific Reports* 6:21432. DOI: 10.1038/srep21432
- Revadi S., Lebreton S., Witzgall P., Anfora G., Dekker T., Becher P.G. (2015). Sexual behavior of *Drosophila suzukii*. *Insects* 6:183-196.
- Revadi S., Vitagliano S., Rossi-Stacconi M.V., Ramasamy S., Mansourian S., Vrhovsek U., Becher P.G., Mazzoni V., Tota-Stabelli O., Angeli S., Dekker T., Anfora G. (2015). Olfactory responses of *Drosophila suzukii* females. *Physiological Entomology* 40:54-64.
- Riggs D.I.M. (2015). Using Exclusion Netting to Manage Spotted Wing *Drosophila* in Blueberries. <http://www.hort.cornell.edu/grower/nybga/swd/pdfs/Management-Cultural/Using%20Exclusion%20Netting%20to%20Manage%20SWD%20in%20Blueberries.pdf>, consulta: junio 2016.
- Rossi Stacconi M.V., Grassi A., Dalton D.T., Miller B., Ouantar M., Loni A., Ioriatti C., Walton V.M., Anfora G. (2013). First field records of *Pachycrepoideus vindemiae* as a parasitoid of *Drosophila suzukii* in European and Oregon small fruit production areas. *Entomologia* 1: 11-16.
- Rossi Stacconi M.V., Buffington M., Daane K., Dalton D.T., Grassi A., Kaçar G., Miller B., Miller J.C., Basler N., Ioriatti C., Walton V.M., Wiman N.G., Wang X., Anfora G. (2015). Host stage preference, efficacy and fecundity of parasitoids attacking *Drosophila suzukii* in newly invaded areas. *Biological Control* 84: 28-35.
- Rota-Stabelli O., Blaxter M., Anfora G. (2013). Quick Guide: *Drosophila suzukii*. *Current Biology* 23: 8-9.
- Schattman R., Izzo V., Chen Y.H. (2015). Exclusion Netting for Managing Spotted Wing *Drosophila* on Berry Farms in the Northeastern United States. En: Agroecology and Rural Livelihoods Group, University of Vermont, No 3, Pp 16. http://www.uvm.edu/~agroecol/ARLG3_SWD.pdf, consulta: junio 2016.
- Swoboda-Bhattarai K.A., Burrack H.J. (2014). Influence of edible fruit coatings on *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) oviposition and development. *International Journal of Pest Management* 60(4): 279-286.
- Symonds M.R.E., Wertheim B. (2005). The mode of evolution of aggregation pheromones in *Drosophila* species. *Journal of Evolutionary Biology* 18: 1253-1263.
- Timmeren S., Isaacs R. (2013). Control of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, by specific insecticides and by conventional and organic crop protection programs. *Crop Protection* 54: 126-133.
- Tochen S., Dalton D., Wiman N., Hamm C., Shearer P., Walton V. (2014). Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. *Environmental Entomology* 43(2): 501-510.
- Trécé.INC. (2016). En http://www.trece.com/PDF/Phe-rocon_SWD_flyer.pdf, consulta junio 2016.
- Unckles R.L. (2011). A DNA virus of *Drosophila*. *PLoS One* 6(10): e26564.
- Walse S.W., Krugner R., Tebbets J.S. (2012). Postharvest treatment of strawberries with methyl bromide to control spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 15: 451-456
- Walsh D.B., Bolda M.P., Goodhue R.E., Dreves A.J., Lee, J., Bruck D.J., Walton V.M., O'Neal S.D., Zalom F.G. (2011). *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *Journal of Integrated Pest Management*, 2(1): 1-7.
- Walton V.M., Burrack H.J., Dalton D.T., Isaacs R., Wiman N., Ioriatti C. (2016). Past, present and future of *Drosophila suzukii*: distribution, impact and management in United States berry fruits. *Acta Horticulturae* 1117:87-94. DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1117.16.
- Wang X.G., Messing R.H. (2004) The ectoparasitic pupal parasitoid, *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hym., Pteromalidae), attacks other primary tephritid fruit fly parasitoids: host expansion and non-target impact. *Biological Control* 31: 227-236.
- Wallingford A.K., Hesler S.P., Chaa D.H., Loeb G.M. (2016). Behavioral response of spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumura, to aversive odors and a potential oviposition deterrent in the field. *Pest Management Science* 72: 701-706.
- Wiman N.G., Walton V.M., Dalton D.T., Anfora G., Burrack H.J., Chiu J.C., Daane K.M., Grassi A., Miller B., Tochen S., Wang X., Ioriatti C. (2014). Integrating temperature-dependent life table data into a

- matrix projection model for *Drosophila suzukii* population estimation. Plos One 9(9): e106909.
- Woltz J.M., Donahue K.M., Bruck D.J., Lee J.C. (2015). Efficacy of commercially available predators, nematodes and fungal entomopathogens for augmentative control of *Drosophila suzukii*. Journal of Applied Entomology 139: 759-770.
- Zhu J., Park, K.C., Baker T.C. (2003) Identification of odors from overripe mango that attract vinegar flies, *Drosophila melanogaster*. Journal of Chemical Ecology 29: 899-909.