

## ***Drosophila suzukii*: conhecer para melhor combater**

Célia Mateus<sup>1</sup>, Maria do Céu Godinho<sup>2</sup> e Elisabete Figueiredo<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Av. da República, Quinta do Marquês, 2780-157 Oeiras

<sup>2</sup>Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Santarém, Quinta do Galinheiro, S. Pedro, Apartado 310, 2001-904 Santarém

<sup>3</sup>Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa

<sup>4</sup>LEAF - Centro de Investigação em Agronomia, Alimentos, Ambiente e Paisagem, Laboratório Associado TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa

### **Resumo**

*Drosophila suzukii* (Matsumura) ou “drosófila-da-asa-manchada” é uma espécie que dispensa apresentações, devido aos prejuízos que tem vindo a causar em várias culturas, principalmente nas de pequenos frutos. Tal como aconteceu em 2016, no último Colóquio Nacional de Produção de Pequenos Frutos, faz-se aqui uma atualização do conhecimento sobre esta espécie, através da análise de trabalhos de investigação realizados entre 2016 e 2021. O objetivo é conhecermos melhor a praga e as mais recentes propostas para monitorização e controlo. Pretende-se contribuir para uma produção sustentável de pequenos frutos em quantidade e qualidade e ir ao encontro do interesse dos produtores e consumidores.

**Palavras-chave:** drosófila-da-asa-manchada, pequenos frutos, Proteção Integrada

### **Abstract**

#### ***Drosophila suzukii*: know to better fight**

*Drosophila suzukii* (Matsumura) is a well-known species, causing severe losses in several crops, especially in berry crops. In 2016, in the last national conference on berries production, we summarized the knowledge on *D. suzukii* existing by that time. Now we are doing the same, considering the literature published from 2016 to 2021. The aim is to better know this species and the most recent methods developed for its monitoring and control. We intend to contribute to a sustainable production of quality berry fruits taking into account the interests of farmers and consumers.

**Keywords:** spotted-wing-drosophila, berry fruits, Integrated Pest Management

### **Introdução**

Em 2008, *Drosophila suzukii* invadiu a Europa e a América e dispersou-se por vários países. Esta espécie também é conhecida por “drosófila-da-asa-manchada”. Contudo, este nome engana: por vezes os machos não têm manchas nas asas. É assim preferível chamá-la pelo seu nome científico.

*Drosophila suzukii* também chegou a Portugal. Demos por ela em 2011.

Chegou e instalou-se. De norte a sul do país, *D. suzukii* encontrou um clima adequado e o seu alimento preferido: os pequenos frutos.

Instalou-se e está para ficar. Vamos ter de aprender a partilhar os pequenos frutos com esta drosófila. Contudo, a fatia que lhe calha ainda é muito grande. As perdas de produção são ainda muito altas. Há que as reduzir.

Como as larvas atacam o fruto pouco antes da colheita, não há substâncias ativas que permitam o cumprimento do intervalo de segurança e sejam eficazes. Assim, os inseticidas que são usados, além de serem tóxicos também estão a perder eficácia, de tanto os usarmos. Há que encontrar e optar por outras soluções.

Por todo o mundo, há equipas de investigação a estudar esta praga. Nada como conhecer o inimigo para melhor o combater: como é que ele vive, do que gosta e quais as suas fraquezas. Sabendo isto, conseguimos gerir as populações a nosso favor e desenvolver técnicas para vigiarmos e controlarmos melhor a praga. Investe-se, em especial, naquelas técnicas que não utilizam os inseticidas, ou que os usam pouco, o menos possível. Algumas delas entraram, recentemente, no mercado, outras vêm a caminho. Além de eficientes contra a praga, é preciso que, do ponto de vista técnico, sejam utilizáveis no campo e, claro, economicamente viáveis. Há, ainda, métodos usados desde sempre, fruto do conhecimento dos nossos antepassados, que estão a ser reabilitados e adaptados a esta nova praga. Caíram erradamente em desuso, mas estão a revelar-se muito úteis.

No anterior Colóquio Nacional de Produção de Pequenos Frutos, realizado em 2016, apresentámos um trabalho sobre o que a comunidade científica sabia sobre *D. suzukii* naquela altura (Mateus et al., 2016). Neste colóquio de 2021, apresentamos uma atualização, ou seja, os conhecimentos alcançados, desde então, até aos dias de hoje, ao nível da morfologia e bioecologia da espécie, monitorização e meios de proteção das culturas. Esperamos que seja útil e que contribua para que se produzam pequenos frutos de qualidade e de um modo mais sustentável.

*Drosophila suzukii* chegou, instalou-se, está para ficar, mas irá vencer? No campo e no laboratório, está-se a trabalhar para que isso não aconteça.

## **Dados sobre morfologia e bioecologia de *D. suzukii***

### Morfologia

No inverno, devido às baixas temperaturas, podem desenvolver-se adultos de um “morfotipo de inverno”. São indivíduos escuros (com mais melanina) e aclimatados a esta estação do ano, com atividade a baixas temperaturas, maior tolerância ao frio e atraso na maturidade reprodutiva (Toxopeus et al., 2016; Renkema et al., 2018; Stockton et al., 2019). Este morfotipo é diferente do de verão (ou “morfotipo estival”) não só na cor (mais escura), como também no maior tamanho das asas (Shearer et al., 2016). Os dois morfotipos podem ser diferenciados pela razão entre o comprimento da asa e o comprimento da tibia posterior (Tran et al., 2020). Em Portugal, o morfotipo de inverno foi observado no Norte, mas não no Sudoeste Alentejano (Figueiredo et al., 2021), provavelmente por ter invernos menos rigorosos. Contudo, convém chamar a atenção que aí, no inverno e noutras estações do ano, podem observar-se drosófilas escuras, em que as fêmeas apresentam um ovíscapto mais robusto do que *D. melanogaster* (a mosca-do-vinagre comum), mas muito menos desenvolvido do que *D. suzukii*. Além disto, os machos, nas patas anteriores, apresentam dois pentes com pêlos bastante mais grossos do que *D. suzukii* e perpendiculares à direção da pata, ao contrário de *D. suzukii*. Estas outras drosófilas pertencem ao grupo de *D. obscura* (Figueiredo et al., 2021).

### Alimentação

As larvas alimentam-se de hidratos de carbono e de microorganismos que encontram no interior dos frutos, como é o caso das leveduras. Estes microorganismos constituem uma fonte proteica essencial ao desenvolvimento larvar (Lewis & Hamby, 2019).

Quanto aos adultos, os hidratos de carbono são cruciais para a sua sobrevivência e fecundidade. Na primavera, os adultos quando emergem possuem poucas reservas de glicogénio e açúcar. Nessa estação, o pólen, néctar e outros produtos açucarados que existem nas flores e nos frutos, fornecem nutrientes essenciais à sua sobrevivência e à maturação reprodutiva (Kaçar et al., 2016; Tochen et al., 2016a; Wiman et al., 2016). É também possível que as larvas e os adultos de *D. suzukii* se alimentem em cogumelos existentes no campo, na primavera (Drummond et al., 2019).

### Localização

As larvas desenvolvem-se dentro dos frutos, onde as fêmeas adultas inseriram os ovos. As pupas poderão estar dentro do fruto ou no solo. Woltz & Lee (2017) encontraram 82 a 93% das pupas no solo. As larvas deixam-se cair dos frutos e enterram-se, logo que entram em contacto com o solo. Quase todas o fazem a pouca profundidade: até cerca de 1 cm de profundidade (Renkema & Devkota, 2017; Hooper & Grieshop, 2020). Contudo, é de salientar que este valor deve ser tomado como uma referência sem carácter absoluto, já que o tipo de solo (textura, compactação e capacidade de retenção de água) deverá influenciar a profundidade a que as larvas se enterram.

Nas plantas de framboesa, os adultos encontram-se preferencialmente nos frutos que estão na parte mais baixa das plantas e mais no seu interior (Rice et al., 2017a). Aí poderão encontrar um microclima mais favorável, além de que aí, os frutos estão mais protegidos do consumo pelas aves. Nas plantas de amora, a infestação de larvas também é maior no interior da canópia do que nas zonas mais expostas (Diepenbrock & Burrack, 2016). Verificou-se ainda que, na cultura de framboesa, os adultos eram mais abundantes nas linhas de bordadura do que nas linhas mais interiores (Rice et al., 2017a).

### Parâmetros biológicos

Nos insetos, a temperatura ambiental condiciona vários parâmetros biológicos como, por exemplo, a taxa de desenvolvimento, a fecundidade, fertilidade e a consequente abundância populacional. Quando a temperatura atinge valores causadores de stress térmico (valores muito altos ou muito baixos), estes parâmetros são reduzidos ou mesmo comprometidos e, em última análise, a sobrevivência dos indivíduos é posta em causa. Cada espécie tem a sua própria tolerância térmica, que é diferente nos machos e fêmeas, nos vários estados de desenvolvimento de um indivíduo (ovo, larva, pupa ou adulto), e que depende da humidade relativa a que o indivíduo está sujeito e, também, da duração do stress térmico (Enriquez & Colinet, 2017, 2019; Green et al., 2019). A tolerância dos insetos a temperaturas-limite pode ser aumentada através da “aclimação térmica”. Por exemplo, se uma fêmea de *D. suzukii* sofrer um choque de calor antes da postura, os seus ovos serão mais resistentes ao calor e numa situação de excesso de temperatura terão maior probabilidade de originarem adultos do que os provenientes de fêmeas que não sofreram esse choque térmico (Green et al., 2019). Na natureza, este processo de aclimação é dinâmico e complexo, com oscilações de maior ou menor duração dos diferentes choques térmicos, o que conduz a um impacto diferente na sobrevivência a temperaturas-limite (Stockton et al., 2018). Isto é importante para explicar que não devemos estranhar que diferentes estudos (em laboratório ou no campo) cheguem a conclusões diferentes quanto às temperaturas-limite de sobrevivência de uma mesma espécie.

A mesma relatividade deve ser dada aos valores alcançados para outros parâmetros biológicos, em diferentes estudos. Não devem ser considerados como valores

estanques, absolutos, mas sim orientadores da atuação de quem lida com esta espécie, no campo.

De acordo com os estudos de Ryan et al. (2016), a temperatura ótima para o desenvolvimento (desde ovo a adulto) é de 28,2°C e para a reprodução é de 22,9°C. Verificaram também não haver emergência de adultos a temperaturas inferiores a 8,1°C ou superiores a 30,9°C. Com adultos submetidos a temperaturas de -5°C a 5°C, durante 42 dias, 50% de mortalidade na população estudada ocorria a 4,9°C. Estes autores verificaram, ainda, que 38% das fêmeas fecundadas antes de uma exposição prolongada ao frio produziram descendência viável. Os autores sugeriram (tal como Rossi-Stacconi et al., 2016) que as fêmeas têm capacidade de armazenar esperma para ser utilizado quando as condições climáticas forem mais adequadas ao desenvolvimento da descendência e numa altura em que eventualmente haverá poucos machos ativos. Há evidência da sobrevivência dos indivíduos desta espécie, no campo, a temperaturas inferiores a -10°C durante vários dias (Thistlewood et al., 2018).

Verificou-se uma redução da reprodução quando os adultos foram submetidos a temperaturas equivalentes às do verão em Portugal e incapacidade de reprodução a 33°C. Contudo, observou-se capacidade de recuperação uma semana após o tratamento térmico (em laboratório) (Evans et al., 2018). O stress térmico por temperaturas elevadas durante o desenvolvimento reduz a emergência de adultos e reduz a longevidade e a fertilidade dos sobreviventes: as fêmeas que se desenvolveram a 30°C tinham ovários mais pequenos e os machos tinham menos esperma (Green et al., 2019).

Nas montanhas do nordeste de Itália, ocorreu emergência de adultos quando a temperatura média nas três semanas anteriores tinha sido de, pelo menos, 11,1°C. Em laboratório, a postura e desenvolvimento larvar ocorreu a temperaturas acima dos 11,6°C, o que indica que a espécie “funciona” bem a baixas temperaturas (Tonina et al., 2016).

Abaixo dos 0°C, a sobrevivência das pupas diminui significativamente e é pouco provável a diapausa juvenil (Stockton et al., 2018).

Em laboratório, o aumento da humidade relativa corresponde a um aumento da fecundidade e longevidade. As taxas de reprodução e de crescimento populacional são elevadas a 94% de HR (Tochen et al., 2016b). Estes autores verificaram também que com um ambiente de 82 e 94% de HR, as fêmeas tinham maior número de ovos em relação às fêmeas sujeitas a 71% de HR.

### Dinâmica populacional

Na Catalunha e na Califórnia, a maior abundância populacional ocorre na primavera e no outono (Arnó et al., 2016; Wang et al., 2016). Na região de Trento, uma zona montanhosa no norte de Itália, *D. suzukii* é mais abundante no verão e no outono (Rossi-Stacconi et al., 2016).

Nas regiões com invernos relativamente amenos, os adultos de *D. suzukii* estão ativos durante o inverno, principalmente as fêmeas, que têm maior sobrevivência a baixas temperaturas (Rossi-Stacconi et al., 2016). Mas, em regiões com invernos muito rigorosos, com temperaturas inferiores a 0°C durante vários dias, não foi detetada atividade da espécie nos meses de inverno (Zhai et al., 2016). No norte dos EUA e no Canadá, ainda se detetou alguma atividade nesta estação do ano (Thistlewood et al., 2018), o que é atribuído às temperaturas não tão rigorosas registadas no solo e em locais de abrigo (Stockton et al., 2019).

Esta questão dos microclimas no inverno foi também levantada por Kaçar et al. (2016), que sugeriram que, em condições naturais, ovos e larvas alojados no interior dos frutos terão maior sobrevivência no inverno, tal como as pupas enterradas no solo.

As fêmeas que sobrevivem no inverno estão frequentemente em diapausa reprodutiva, com os órgãos reprodutores atrofiados (Zerulla et al., 2015) ou, pelo menos, sem ovos maduros (Wang et al., 2016). As fêmeas em diapausa reprodutiva são mais tolerantes ao frio (Zhai et al., 2016), pelo que este fenómeno constitui uma proteção para os indivíduos quando o inverno é muito rigoroso. Na região de Trento, na primavera, as fêmeas já estão em condições de realizarem postura (Grassi et al., 2018). Mais a sul, na Catalunha, de janeiro a junho, os adultos são principalmente fêmeas já com ovos maduros, prontos a “serem postos”; no outono as fêmeas também têm ovos maduros, mas em menor número (Arnó et al., 2016).

Nas regiões com verões quentes e secos, as populações aparentemente desaparecem ou, pelo menos, têm poucos indivíduos (Wang et al., 2016), devido à elevada mortalidade (Eben et al., 2017) e escassa reprodução (Evans et al., 2018). Eventualmente, nessas condições, os adultos podem ser menos detetados em armadilhas devido a uma baixa atividade de voo.

Quando as condições climáticas são extremas, a espécie deverá refugir-se em zonas abrigadas, como por exemplo em construções humanas ou em zonas florestais, e recorrer a hospedeiros aí existentes (Rossi-Stacconi et al., 2016; Wang et al., 2016; Briem et al., 2018, Wollmann et al., 2019). Em campos de framboesa, próximos de zonas florestais, detetou-se a praga mais cedo, na primavera; durante o período cultural não se registou uma influência desta vizinhança na abundância da praga, mas no outono, nessas zonas limítrofes registaram-se mais adultos do que na cultura, o que sugere a presença de hospedeiros alternativos e o seu papel de refúgio durante o inverno (Pelton et al., 2016).

#### Atividade diária

A atividade de voo de *D. suzukii* apresenta uma curva bimodal: é mais intensa durante o crepúsculo, ou seja, de manhã cedo e ao fim da tarde (Evans et al., 2017; Van Timmeren et al., 2017). Contudo, em dias quentes e secos essa curva é unimodal, porque não ocorre o pico de atividade de voo da tarde; só se regista o pico matinal (Van Timmeren et al., 2017). Os fatores envolvidos na ritmicidade do voo diário estão em estudo, incluindo as interações sociais (Shaw et al., 2019a), mas sabe-se que a atividade de voo é influenciada, principalmente pela intensidade luminosa, temperatura e humidade relativa. Segundo Evans et al. (2018), é possível que, nas horas de mais calor, os adultos se refugiem nas zonas florestais envolventes aos campos de mirtilo estudados. São zonas mais sombrias, frescas e húmidas. Estes autores colocam a hipótese de que, mais tarde, durante o crepúsculo, quando a temperatura é mais baixa e os níveis de humidade relativa mais elevados, os adultos se deslocam para a cultura, onde ocorre a postura. A migração para zonas florestais que se encontram na proximidade das culturas também foi registada por Tait et al. (2020).

Outras atividades, como a postura, pupação e emergência dos adultos, também apresentam uma periodicidade diária, condicionada, pelo menos em parte, pelos fatores ambientais acima referidos (Hamby et al., 2016; Evans et al., 2017; Shaw et al., 2018).

#### Plantas hospedeiras

Esta espécie tem muitas plantas hospedeiras (ver, por exemplo, em Cloonan et al., 2018). É uma lista em permanente atualização. Uma são culturas agrícolas e outras são espécies vegetais espontâneas, que constituem hospedeiros alternativos.

Lee et al. (2015) apresentam uma vasta lista de hospedeiros alternativos. A maioria são plantas produtoras de bagas. Trabalhos realizados na Europa apontam para: *Bryonia cretica*, *Prunus mahaleb*, *Rosa canina*, *Rubus ulmifolius*, *Sambucus nigra*, *Solanum*

*chenopodioides*, *Solanum dulcamara*, e *Solanum nigrum*, em Espanha (Arnó et al., 2016); *Viscum album*, na Alemanha (Briem et al., 2016); *Daphne mezereum*, *Lonicera alpigena*, *Lonicera caerulea*, *Lonicera nigra*, *Lonicera xylosteum*, *Rubus caesius*, *Rubus saxatilis*, *Sambucus nigra*, e *Sambucus racemose*, em Itália (Tonina et al., 2016); os géneros *Cornus*, *Prunus*, *Rubus*, *Sambucus* e *Vaccinium*, e ainda *Ficus carica*, *Frangula alnus*, *Phytolacca americana* e *Taxus baccata*, em Itália, Holanda e Suíça (Kenis et al., 2016); e algumas outras em França (Poyet et al., 2015).

A presença de várias culturas hospedeiras, com diferentes períodos de maturação, numa região, promove a manutenção da praga, porque esta encontra permanentemente recursos alimentares. As populações vão migrando entre hospedeiros à medida que estes vão estando na fase de maturação adequada para a postura e desenvolvimento da praga (Wang et al., 2019) ou mesmo alimentando-se em frutos maduros feridos ou sobremaduros, caídos no solo (Kaçar et al., 2016). De igual modo, a presença de hospedeiros alternativos próximo dos campos de cultura conduz a níveis populacionais mais elevados nas culturas (Klick et al., 2016; Drummond et al., 2019).

### Seleção e utilização dos frutos

*D. suzukii* tem a capacidade de fazer a postura e se desenvolver em diferentes fases de maturação do morango, incluindo quando os frutos ainda estão verdes. Aparentemente, a preferência por um ou outro estado de maturação depende da cultivar, da firmeza do fruto e do brix (Arnó et al., 2016). Na cultivar Albion, quando há possibilidade de escolha, a postura parece fazer-se preferencialmente em frutos maduros (Bernardi et al., 2017). Também em framboesas e mirtilos, a infestação é maior quando os frutos estão maduros, menor nos frutos em amadurecimento, e mínima ou nula nos frutos verdes (Lee et al., 2016).

Bernardi et al. (2017) observaram que a presença de uma lesão no tegumento do morango não aumentou a ocorrência de postura. Na acerola, a emergência de adultos é maior nos frutos sãos (Mendonça et al., 2019). Contudo em frutos rijos, em que a força necessária à penetração do ovíscapo da fêmea é grande, a postura faz-se principalmente nos frutos danificados. É o caso do pêssego, nectarinas, ameixa, pêra, uva, romã, maçã, diospiro e citrinos (Shrader, 2017; Wang et al., 2019). Também *Aronia melanocarpa* é hospedeira se estiver danificada (Hietala-Henschell et al., 2017). Os “lingoberries” também estão praticamente a salvo de infestação se estiverem intactos (Litle et al., 2016).

Nos bagos de uva, ocorre o desenvolvimento de *D. suzukii*, de ovo a adulto (Shrader, 2017), mas estes não parecem constituir um bom substrato para esse processo, possivelmente devido aos elevados níveis de ácido tartárico: é mais demorado e emergem menos adultos (Wang et al., 2019). As feridas provocadas pelas fêmeas, ao inserirem os ovos nos bagos de uva, constituem portas de entrada de patogénios que são prejudiciais à produção de uva para vinho (Shrader, 2017).

Uma elevada densidade de ovos de *D. suzukii* num fruto reduz a sobrevivência dos indivíduos que aí se desenvolvem, resultando em menos adultos emergidos. Comparando a postura em 10 cultivares de cereja, verificou-se que as fêmeas preferiram fazer a postura nos frutos maiores (Wang et al., 2019). O Brix pareceu não ter efeito na sobrevivência, mas é possível que afete outros parâmetros biológicos desta espécie, como o tamanho dos indivíduos e o tempo que demora o desenvolvimento de ovo a adulto.

## **Vigilância de *D. suzukii* e estimativa do risco**

### O procedimento

Uma boa vigilância da cultura permite detetar a presença da praga antes de ocorrer a infestação das culturas (Cha et al., 2018). Avaliar a abundância (Rossi-Stacconi et al., 2016) e detetar zonas iniciais de infestação, antes de ocorrer dispersão na cultura é um aspeto chave a considerar. Deste modo, é possível otimizar a aplicação dos meios de proteção.

Para além da observação direta da cultura, recorre-se muito às armadilhas. Estas têm vindo a ser desenvolvidas para serem mais atrativas e seletivas. É também essencial saber interpretar os resultados das capturas nas armadilhas, para, corretamente, se avaliar a abundância da praga numa parcela (Briem et al., 2018).

### Iscos atrativos e seletivos

A “ecologia química” de *D. suzukii* tem sido um alvo privilegiado de estudo. Identificam-se os compostos voláteis que ela utiliza para detetar e selecionar as plantas hospedeiras e os parceiros de acasalamento, a sua origem e interação (Akasaka et al., 2017; Frewin et al., 2017; Cha et al., 2018; Cloonan et al., 2018, 2019; Pinero et al., 2019; Willbrand & Pfeiffer, 2019). De realçar o poder atrativo de algumas leveduras, dependente da sua espécie e estirpe e do meio utilizado no seu crescimento (Lasa et al., 2019).

Com este conhecimento, têm-se desenvolvido iscos atrativos e seletivos para utilização em armadilhas (Frewin et al., 2017; Cha et al., 2018; Cloonan et al., 2018, 2019; Renkema et al., 2018). No mercado, já estão disponíveis várias marcas.

No âmbito dos iscos caseiros, para além dos “tradicionais”, à base de vinagre de maçã ou soluções açucaradas fermentadas (com leveduras), têm sido experimentados outros, como por exemplo sumos de frutos ou soluções com aromatizantes sintéticos frutais (banana, morango ou goiaba) (Khan et al., 2019; Pinero et al., 2019).

A seletividade é importante, porque para além de reduzir o impacto sobre outras espécies, facilita a contabilização, no campo, dos indivíduos capturados. A identificação dos machos é facilitada pelas marcas conspícuas nas asas, que a maioria possui, mas a identificação das fêmeas é mais complicada, mesmo para técnicos experientes (Shrader, 2017). Também por cá, em Portugal, se tem realizado trabalho exploratório para esclarecer quais os voláteis que estão na base do comportamento de atração da espécie (Venda, et al., 2021).

### O “design” das armadilhas

Para se desenvolver uma boa armadilha, não basta ter um bom isco, é preciso que os odores atrativos saiam e se dispersem. Acrescem, ainda, as pistas visuais atrativas. Ou seja, há que ter em conta o “design do dispositivo-armadilha”: o seu formato, tamanho, cor(es), assim como o número, tamanho e localização das aberturas de saída dos odores (Rice et al., 2016; Lasa et al., 2017; Cloonan et al., 2018; Kirkpatrick et al., 2018). Também se tem investido no desenvolvimento de difusores para controlo da taxa e homogeneidade da libertação dos odores (Larson et al., 2020).

O desenvolvimento e avaliação da eficácia de armadilhas secas (sem líquido) está em curso. São armadilhas mais fáceis de manusear e de manter (Kirkpatrick et al., 2018; Larson et al., 2020).

E também se testa a combinação design-isco, trocando os iscos às armadilhas comerciais, utilizando os de outras marcas (Harmon et al., 2019).

### Fatores que influenciam as capturas em armadilhas

Os resultados dos estudos de eficácia dos vários tipos de armadilhas muitas vezes são discrepantes e, por vezes, até contraditórios entre si. É que há vários fatores a influenciarem as capturas. Para além do isco e do design dos dispositivos, há ainda que ter em conta a localização das armadilhas dentro das parcelas; o tipo e estado de maturação da cultura; a vizinhança; as condições climáticas; o estado fisiológico dos indivíduos; e a própria abundância da praga (Briem et al., 2018; Cha et al., 2018; Jaffe et al., 2018. Thistlewood et al., 2018). Por exemplo, a preferência desta espécie pelas cores varia consoante a cor de fundo (dada pelo solo e pelo substrato vegetal subjacente) (Kirkpatrick et al., 2016), ou seja, é influenciada pelo contraste (Litle et al 2019). O estado de maturação reprodutora das fêmeas é outro fator: Clymans et al. (2019) concluíram que as fêmeas maduras (no verão) em busca de substratos de postura eram atraídas principalmente por odores de frutos, enquanto que as que estavam em busca de alimento rico em proteínas (primavera e outono) orientavam-se preferencialmente para odores de fermentações. As armadilhas colocadas nas parcelas de pequenos frutos junto às bordaduras, quando estas são áreas florestais, são as que capturam mais indivíduos (Burrack & Bhattarai, 2015; Renkema et al., 2018).

Quando se utiliza mais do que um tipo de armadilhas numa mesma parcela, deve-se ter em conta a possibilidade de haver interação entre armadilhas (Frewin et al., 2017).

### **Meios de proteção das culturas em relação a *D. suzukii***

#### Utilização de inseticidas

Até agora, os inseticidas têm sido a principal ferramenta no combate à *D. suzukii*. A toxicidade de inseticidas comerciais e de produtos naturais utilizados na proteção de culturas, suas formulações, técnicas e condições de aplicação têm sido amplamente testados. Também se tem investido em aumentar o contacto dos indivíduos com os inseticidas, numa estratégia de atração-morte, em que se combinam inseticidas com produtos atrativos em dispositivos ou “bait stations”. As tentativas, sucessos e fracassos estão documentados em Diepenbrock et al. (2016), Pérez & Molina (2016), Andreatza et al. (2017), Cahenzli et al. (2018), Mori et al. (2017), Rice et al. (2017b), Saeed et al. (2018), Klick et al. (2019), Shaw et al. (2019b), Sial et al. (2019), Stockton et al. (2020), entre outros. Entre os atrativos em estudo está a levedura *Hanseniaspora uvarum* (Mori et al. 2017), mais precisamente os voláteis por ela produzidos. Ela participa na fermentação das uvas aquando da produção do vinho, e *D. suzukii* tem uma forte ligação a ela. Biachi et al. (2020) testaram a eficácia e persistência de uma formulação contendo um inseticida e a levedura em causa, com bons resultados.

O efeito inseticida (que provoca a morte) pode ser causado por produtos diferentes dos inseticidas convencionais: açúcares não nutritivos, como o eritritol e a eritrose, revelaram uma ação inseticida relevante sobre esta espécie (Choi et al., 2017).

#### Meios de proteção alternativos

Outros meios de proteção sem recurso aos inseticidas também estão a ser desenvolvidos. As soluções mais bem-sucedidas acabam por aparecer disponíveis no mercado, quando técnica e economicamente viáveis.

Tenta-se afetar negativamente uma ou mais fases (estados) do ciclo evolutivo de *D. suzukii*, explorando as suas fragilidades biológicas e de comportamento. Ovos, imaturos (larvas e pupas) e adultos são o alvo. Quanto à exposição de ovos e larvas, é de notar que apesar de se ter registado ovoviviparidade nesta espécie, ela é facultativa e tudo indica ser muito pouco frequente (Wang et al., 2016). Assim, quando planeamos a

estratégia de controlo de *D. suzukii* devemos considerá-la ovípara, ou seja, o desenvolvimento dos seus ovos ocorre, pelo menos em grande parte, já no exterior das fêmeas.

I- Quando o alvo são os ovos e os imaturos

As estratégias mais exploradas correspondem à proteção biológica e à proteção cultural.

Na Ásia, região de origem de *D. suzukii*, tem-se estudado a eficácia de parasitoides autóctones, quer parasitoides larvares quer os de pupas (Daane et al., 2016; Guerrieri et al., 2016; Girod et al., 2018 a,b,c; Wang et al., 2020). Na Europa e nos EUA, procurou-se identificar quais os inimigos naturais dos drosofilídeos autóctones que também teriam capacidade de agir sobre *D. suzukii* (Mazzetto et al., 2016; Wang et al., 2016; Knoll et al., 2017; Zengin & Karaca, 2019).

Em Itália, os parasitoides larvares aí detetados, *Leptopilina boulardi* e *L. heterotoma* (Hymenoptera: Figitidae), causam elevada mortalidade nas larvas de *D. suzukii*, mas não se conseguem desenvolver nelas. Já os parasitoides de pupas aí existentes, *Pachycrepoideus vindemiae* (Hymenoptera: Pteromalidae), *Trichopria drosophilae* (Hymenoptera: Diapriidae), *Vrestovia fidenas* e *Spalangia erythromera* (Hymenoptera: Pteromalidae) conseguem multiplicar-se em *D. suzukii* (Knoll et al., 2017; Mazzetto et al., 2016). Na Turquia, *P. vindemiae* é o parasitoide mais abundante e também existem: *L. heterotoma* e *Ganaspis xanthopoda* (Hymenoptera: Figitidae) (Zengin e Karaca, 2019). Alerta-se que *P. vindemiae* se revelou suscetível ao spinosade, o inseticida atualmente mais usado contra *D. suzukii* (Cossentine & Ayyanath, 2017).

O parasitoide de pupas *T. drosophilae* tem sido muito estudado. Detetaram-se diferenças nas taxas de parasitismo entre diferentes estirpes regionais do parasitoide (Knoll et al., 2017). Até 40 m de distância em relação ao ponto de largada dos parasitoides, ocorreu parasitismo sobre *D. suzukii* e verificou-se uma redução significativa na emergência de adultos desta praga num raio de 10m (Rossi-Stacconi et al., 2018a). Este parasitoide mostrou preferência por *D. suzukii* em relação a *D. melanogaster* (Häussling et al., 2021). Estes dados são importantes para se acautelar a origem dos parasitoides a largar; para se definir a localização dos pontos de largada dos parasitoides numa parcela; e para otimizar-se a sua produção em massa. Largadas aumentativas efetuadas em áreas circundantes às culturas, quando estas ainda não apresentavam sinais de infestação, deram resultados interessantes (Rossi-Stacconi et al., 2018b). Verificou-se não haver um benefício significativo quando se combinou *T. drosophilae* com *L. boulardi*, de tal modo que Gonzalez et al. (2019), numa avaliação custo-benefício, aconselharam que as largadas tivessem somente o primeiro parasitoide.

Os predadores generalistas *Orius majusculus* (Heteroptera: Anthocoridae), *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae), *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) aparentemente não conseguem capturar larvas jovens de *D. suzukii* dentro dos frutos; contudo, mostraram capacidade de predação sobre ovos, larvas maiores e pupas, quando não completamente inseridos nos frutos (com a exceção de *Orius* não conseguirem capturar as pupas) (Englert e Herz, 2019).

Woltz & Lee (2017) quantificaram o impacto dos parasitoides e predadores naturais sobre larvas de *D. suzukii* (mortalidade de 19- 49%) e sobre pupas no solo (mortalidade de 61 a 91%). Encontraram estafilínídeos dentro de morangos infestados com *D. suzukii* e aranhas em mirtilos infestados. Estes predadores foram vistos a alimentar-se da praga no campo. Salienta-se, ainda, que estes autores observaram formigas a desenterrar pupas de *D. suzukii* do solo e a transportá-las.

Análises ao conteúdo estomacal de predadores capturados em parcelas de pequenos frutos revelaram que 43% dos dermápteros capturados (principalmente forficulídeos) se tinham alimentado de *D. suzukii*, o mesmo tendo acontecido a 16% dos heterópteros (maioritariamente nabídeos), 21% das aranhas de teia e 8% das aranhas caçadoras ativas (Wolf et al., 2018). Também recorrendo à presença de DNA de presas no interior dos predadores, Sario et al. (2021) acrescentaram à lista de predadores mais dois grupos: os aracnídeos opiliões e os neurópteros hemerobiídeos.

Também se explora a possibilidade de se utilizarem bactérias, fungos, vírus e nemátodes entomopatogénicos contra larvas e pupas de *D. suzukii*. Testam-se estirpes comerciais e estirpes experimentais. Há resultados promissores, mas faltam ainda estudos em maior escala, para além dos ensaios em laboratório (Cuthbertson e Audsley 2016; Garriga et al., 2018; Shower et al., 2018; Ibouh et al. 2019; Lee et al., 2019; Foye e Steffan, 2020; Mastore et al., 2021). A sua eficácia contra a praga é importante, mas há que garantir também que a introdução artificial destes organismos nas parcelas não interfere com o normal desenvolvimento dos inimigos desta e de outras pragas aí existentes naturalmente ou por introdução artificial.

A colheita frequente dos frutos é outra estratégia. Verificou-se que os frutos colhidos diariamente ou a cada dois dias apresentavam significativamente menos larvas de *D. suzukii* do que os colhidos a cada três dias (Leach et al., 2018).

Os frutos caídos no chão, inúteis para a produção, devem ser apanhados, desinfestados e enterrados/cobertos. É que se estiverem infestados, constituem mais uma fonte de adultos na cultura. Noble et al. (2017) colocaram frutos infestados com ovos, larvas e pupas de *D. suzukii* em recipientes de plástico hermeticamente fechados. Os indivíduos morreram no decurso de uma fermentação de três dias, a temperaturas médias de 15 a 23° C, e em que se esgotou o oxigénio. Posteriormente, verificaram que estes restos fermentados continuavam atrativos para *D. suzukii*, pelo que não devem ser deixados expostos, ao ar livre, já que podem ser reinfestados. Estes autores sugeriram que, após a desinfestação por fermentação, estes resíduos fossem enterrados (a 10 cm de profundidade) ou misturados (x9 volumes) com solo ou fibra de coco. Leach et al. (2018) obtiveram bons resultados de desinfestação, colocando os frutos em sacos transparentes fechados durante 32h.

Caso não se proceda à desinfestação dos resíduos de frutos, estes devem ser enterrados a maior profundidade. Como já foi referido, as larvas enterram-se no solo, a pequena profundidade, para pupar. Os adultos recém-emergidos ganham vida livre desenterrando-se, mas têm a capacidade de o fazer partindo de uma maior profundidade. Hooper e Grieshop (2020) concluíram que 48 cm de profundidade garante que os adultos (praticamente) não conseguem sair do solo (99% de redução de emergência). Contudo, para facilitar o trabalho aos produtores, os autores sugeriram que o enterramento seja feito a pelo menos 24 cm de profundidade, o que confere uma redução de emergência de adultos de mais de 95%. Chama-se, mais uma vez, a atenção de que o tipo do solo deverá ter influência nesta mortalidade, pelo que estes valores são suscetíveis de variações.

Também se tem apostado em estratégias culturais que criem microclimas com elevadas temperaturas e baixas humidades relativas, as quais são desfavoráveis ao desenvolvimento e sobrevivência de *D. suzukii*. Para este feito, Rendon et al. (2020) testaram coberturas de solo, em mirtilo, nomeadamente tela de polipropileno preto, aparas de madeira e serradura. Os resultados não foram consistentes/ conclusivos, mas houve redução da abundância de *D. suzukii* quando se utilizou a cobertura de polipropileno por baixo das plantas: forma-se uma barreira entre a planta e o solo, que impede que as larvas se enterrem e pupem, interrompendo-se assim o ciclo evolutivo. Acresce que se essa

cobertura for escura, a temperatura atingida à sua superfície também contribui para a morte das larvas que aí caem (Woltz & Lee, 2017).

Os estudos de Sampson et al. (2017) também revelaram que o regulador de crescimento lufenurão, inibidor da síntese de quitina, quando incorporado em determinadas concentrações na dieta alimentar desta praga ou em tratamentos aos frutos, reduz substancialmente a sobrevivência de imaturos e a pupação. Framboesa tratada com estratos comerciais de *Sophora flavescens* (Fabaceae) e de alho causaram uma redução significativa da infestação dos frutos, sugerindo efeito na viabilidade dos ovos e/ ou no desenvolvimento larvar (Pérez & Mateus, 2018).

Outra abordagem é a genética - é mais uma área em desenvolvimento. Taning et al. (2016) utilizaram RNAi para silenciar genes de larvas de *D. suzukii*, causando-lhe a morte: testaram tipos de RNA e as formulações capazes de fazer chegar esse material genético aos indivíduos-alvo. Também nesta linha da manipulação genética está o trabalho de Murphy et al. (2016), onde se alterou geneticamente leveduras naturalmente existentes nas culturas, no campo, e muito atrativas para *D. suzukii*. As larvas que as ingeriram viram a sua sobrevivência negativamente afetada.

## II- Quando o alvo são os adultos

Em relação aos adultos, para além de estratégias que lhes causem diretamente a morte, podemos também interferir nas suas atividades normais como a locomoção ou a reprodução (por exemplo, reduzir a atividade de postura das fêmeas). É também possível desviá-los da cultura ou impedir o acesso a ela.

Todo o trabalho de desenvolvimento de armadilhas e respetivos iscos, que foi acima apresentado, tem utilidade quando se pretende causar a morte aos adultos, numa estratégia de captura em massa. Acresce que, por vezes, os compostos testados com vista à obtenção de iscos revelam-se, afinal, repelentes e são úteis numa outra estratégia: a de repelência-atração (“push-pull”). Os adultos são desviados da cultura (por repelência) e atraídos para armadilhas ou plantas atrativas colocadas no exterior da cultura (Alkema et al., 2019). Ulmer et al. (2020) verificaram que *D. suzukii* é muito atraída pela planta *Pyracantha coccínea*, onde coloca os seus ovos, mas onde 100% das larvas acabam morrer, resultando em 40% de redução da presença desta praga na cultura vizinha de morangueiro. Renkema et al. (2016) observaram um efeito repelente do óleo de menta em relação a *D. suzukii*. Estes compostos podem ser incorporados em matrizes líquidas ou matrizes gelatinosas (Tait et al., 2018; Rossi-Stacconi et al., 2020). Neste jogo de manipular a deslocação dos adultos, pode-se também utilizar a preferência dos adultos por umas cultivares em relação a outras (tema acima desenvolvido).

Os adultos de *D. suzukii* são predados por larvas do neuróptero *Chrysoperla carnea* (Englert e Herz, 2019) e por adultos do díptero *Coenosia attenuata* (E. Figueiredo, obs. pess.) e são infetados mortalmente por alguns fungos (Cossentine et al., 2016; Becher et al., 2018). O nemátode *Steinernema carpocapsae* também revelou um efeito negativo interessante sobre os adultos (Garriga et al., 2020).

Com a poda e a condução da cultura pode-se aumentar a circulação do ar (reduzindo a humidade relativa na cultura) e reduzir o ensombramento (Schoneberg et al., 2021), criando-se, assim, condições menos favoráveis e menos atrativas para esta espécie.

A aplicação de redes de exclusão em estufas, quando aplicadas antes da praga entrar na cultura, de um modo geral, tem mostrado bons resultados na redução das infestações (Leach et al., 2016; Alnajjar et al., 2017; Ebbenga et al., 2019; Stockton et al., 2020). Contudo, este método apresenta várias limitações, como por exemplo, a dificuldade técnica em manter a estanquicidade; a alteração das condições climáticas no

interior, nomeadamente o aumento da humidade relativa; a redução de polinizadores e inimigos naturais; o custo da rede e da sua aplicação, entre outros fatores. Eventualmente, este método será mais apropriado na produção de pequena escala, de nicho (Schoneberg et al., 2021).

Observou-se uma redução em 52% nos ovos postos em mirtilos tratados com silicato de cálcio. Estes frutos apresentavam uma maior firmeza e a força requerida para inserção do oviscapto das fêmeas era maior do que nos frutos não tratados (Lee et al., 2016). Têm vindo a ser identificados outros produtos que, quando aplicados nos frutos, reduzem a taxa de postura por parte das fêmeas. É o caso de geosmina e de 1-octen-3-ol, em framboesa (Wallingford et al., 2016a, 2016b, 2018); produtos minerais como caulino,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ , clinoptilolita e enxofre em pó, em mirtilo (Pérez & Molina, 2016; Cahenzli et al., 2018); caulino, silicato de potássio e fungos entomopatogénicos, em uva (Ibouh et al. 2019); e extratos de plantas *Actinidia* sp., em mirtilo (Keesey et al., 2019). Ressalva-se que em alguns trabalhos, não é claro se estamos perante um efeito sobre a atividade de postura ou se as fêmeas são repelidas em relação aos frutos.

A constituição química da cutícula de *D. suzukii* está em estudo, com o intuito de se detetarem fragilidades nessa barreira protetora, que possam ser utilizadas para combater a espécie (Wang et al., 2020).

Testa-se também a possibilidade de se provocarem alterações genéticas nos adultos que os conduzam à morte, tal como referido acima para as larvas, ou que reduzam a locomoção e reprodução por RNA ou microRNA (Murphy et al., 2016; Taning et al., 2016; Buchman et al., 2018). Acrescenta-se ainda uma outra estratégia em estudo, a libertação de machos esterilizados por radiações, que competindo com os sãos, reduzam a descendência de uma população na geração seguinte (Lanouette et al., 2017).

### Considerações finais

*Drosophila suzukii* tem provocado prejuízos avultados e quem tem de lidar com esta praga diariamente quer soluções. Atualmente, já não chega as soluções serem eficientes - têm de ser sustentáveis. Para tal, é necessário conhecer a fundo, o mais possível, a biologia, ecologia e comportamento da espécie, testar metodologias de controlo do ponto de vista técnico, e avaliar a sua eficácia e os impactos ecológico e económico decorrentes da sua utilização. É essencial um diálogo permanente entre quem está no terreno, produtores e técnicos, e os investigadores. O trabalho de investigação faz-se em laboratório, onde as condições são controladas para melhor se conseguir avaliar cada fator em jogo. Mas também se faz no campo, nas condições naturais, onde os indivíduos estão sujeitos a vários fatores ambientais em simultâneo (climáticos, biológicos e outros), os quais interagindo, se vão alterando, dificultando o nosso entendimento dos processos, mas onde a realidade acontece.

O número de trabalhos sobre *D. suzukii* que têm sido publicados nos últimos anos, a nível mundial, mostram que andamos à procura de soluções. O processo tem sido lento, como o é sempre a investigação, condicionada pelo estudo e pelos recursos humanos e financeiros disponíveis. É preciso uma pandemia que afete a nossa saúde para tudo seja exponenciado, incluindo a colaboração entre laboratórios.

Erradicar esta espécie das nossas regiões não está a ser equacionado, de tão irrealista que é. Tenta-se, sim, gerir a sua presença, de modo a reduzir as populações e assim reduzir os estragos. Há várias linhas de investigação que estão em curso. Estuda-se a bioecologia e comportamento de *D. suzukii*, a sua monitorização, estimativa do risco e os vários meios de proteção das culturas, no âmbito da proteção química, biológica, cultural, biotécnica e genética. A experiência mostra-nos que integrar diferentes meios

de proteção, em regra, permite controlar melhor as pragas. E nunca é de mais salientar que além das soluções técnicas que estão a ser desenvolvidas, há que “escutar” a Natureza que ainda persiste nas parcelas intervencionadas pelo homem (aqui na forma de culturas agrícolas) e que nos pode ajudar. E na lista de “ajudas”, logo à cabeça vêm os auxiliares que aí existem naturalmente.

Neste trabalho, concentrámo-nos na fase de produção, tendo ficado de fora a proteção na pós-colheita. Não apresentamos todos os trabalhos publicados, meta difícil de alcançar, mas tentámos trazer aqui os que melhor ilustram as linhas de investigação em curso e os resultados já alcançados - as soluções atuais e as que estão para vir.

### Referências bibliográficas

- Akasaka, N. et al. 2017. Polyamines in brown rice vinegar function as potent attractants for the spotted wing drosophila. *J. Bioscience Bioengineering* 123:78–83.
- Alkema, J.T. et al. 2019. Context-dependence and the development of push-pull approaches for integrated management of *Drosophila suzukii*. *Insects* 10: 454.
- Alnajjar, G. et al. 2017. Behavioral and preventative management of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) in Maine wild blueberry (*Vaccinium angustifolium* Aiton) through attract and kill trapping and insect exclusion-netting. *Int. J. Entomol. Nematol.* 3: 51–61.
- Andreazza, F. et al. 2017. *Drosophila suzukii* in southern neotropical region: current status and future perspectives. *Neotrop. Entomol.* 46: 591–605.
- Arnó, J. et al. 2016. Population dynamics, non-crop hosts, and fruit susceptibility of *Drosophila suzukii* in Northeast Spain. *J. Pest Sci.* 89: 713–723.
- Becher, P.G. et al. 2018. Infection of *Drosophila suzukii* with the obligate insect pathogenic fungus *Entomophthora muscae*. *J. Pest Sci.* 91:781–787.
- Bernardi, D. et al. 2017. Susceptibility and Interactions of *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in Damaging Strawberry. *Neotropical Entomol.* 46:1–7.
- Biachi, F. et al. 2020. Persistence of a yeast-based (*Hanseniaspora uvarum*) attract-and-kill formulation against *Drosophila suzukii* on grape leaves. *Insects* 11: 810.
- Briem, F. et al. 2016. An invader supported by a parasite: mistletoe berries as a host for food and reproduction of spotted wing drosophila in early spring. *J. Pest Sci.* 89:749–759.
- Briem, F. et al. 2018. Explorative data analysis of *Drosophila suzukii* trap catches from a seven-year monitoring program in southwest Germany. *Insects* 9: 125.
- Buchman, A. et al. 2018. Synthetically engineered *Medea* gene drive system in the worldwide crop pest *Drosophila suzukii*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 115: 4725–4730.
- Burrack, H.J. & Bhattarai, K.A.S. 2015. Tracking the movement of spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii*) over space and through time to improve management programs. Final Report, North Carolina State University.
- Cahenzli, F. et al. 2018. Screening of 25 different natural crop protection products against *Drosophila suzukii*. *J. Appl. Entomol.* 142: 563-577.
- Cha, D.H. et al. 2018. Comparison of commercial lures and food baits for early detection of fruit infestation risk by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *J. Econ. Entomol.* 111: 645–652.
- Choi M. et al. 2017. Effect of non-nutritive sugars to decrease the survivorship of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *J. Insect Physiol.* 99: 86–94.
- Cloonan, K.R. et al. 2018. Advances in the chemical ecology of the spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii*) and its applications. *J. Chem. Ecology* 44: 922-939.

- Cloonan, K.R. et al. 2019. Laboratory and field evaluation of host-related foraging odor-cue combinations to attract *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *J. Econ. Entomol.* 112: 2850–2860.
- Clymans, R. et al. 2019. Olfactory preference of *Drosophila suzukii* shifts between fruit and fermentation cues over the season: Effects of physiological status. *Insects* 10: 200.
- Cossentine, J. & Ayyanath M. 2017. Limited protection of the parasitoid *Pachycrepoideus vindemiae* from *Drosophila suzukii* host-directed spinosad suppression. *Entomol. Exp. Appl.* 164: 78-86.
- Cossentine, J. et al. 2016. Impact of acquired entomopathogenic fungi on adult *Drosophila suzukii* survival and fecundity. *Biological Control* 103:129-137.
- Cuthbertson, A. & Audsley, N. 2016. Further screening of entomopathogenic fungi and nematodes as control agents for *Drosophila suzukii*. *Insects* 7: 24.
- Daane, K. et al. 2016. First exploration of parasitoids of *Drosophila suzukii* in South Korea as potential classical biological agents. *J. Pest Sci.* 89: 823–835.
- Diepenbrock, L.M. & Burrack, H.J. 2016. Variation of within-crop microhabitat use by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blackberry. *J. Appl. Entomol.* 141: 1-7.
- Diepenbrock, L.M. et al. 2016. Season-long programs for control of *Drosophila suzukii* in southeastern U.S. blueberries. *Crop Protection* 81: 76-84.
- Drummond, F. et al. 2019. Population dynamics of spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii* (Matsumura)) in Maine Wild Blueberry (*Vaccinium angustifolium*). *Insects* 10: 205.
- Ebbenga, D.N. et al. 2019. Evaluation of exclusion netting for spotted-wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) management in Minnesota wine grapes. *J. Econ. Entomol.* 112: 2287-2294.
- Eben, A. et al. 2017. Response of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to extreme heat and dryness. *Agric. Forest Entomol.* 20: 113–121.
- Englert, C. & Herz, A. 2019. Acceptability of *Drosophila suzukii* as prey for common predators occurring in cherries and berries. *J. Appl. Entomol.* 143: 387–396.
- Enriquez, T. & Colinet, H. 2017. Basal tolerance to heat and cold exposure of the spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Peer J* 5: e3112.
- Enriquez, T. & Colinet, H. 2019. Cold acclimation triggers major transcriptional changes in *Drosophila suzukii*. *BMC Genomics* 20:413.
- Evans, R.K. et al. 2017. Diel periodicity of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) under field conditions. *PLoS One* 12 (2): e0171718.
- Evans, R.K. et al. 2018. Impact of short- and long-term heat stress on reproductive potential of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae). *J. Thermal Biology* 78: 92-99.
- Figueiredo, E., Godinho, M.C., Alexandre, P., Mendonça, T., Valério, E., Mexia, A. 2021. O contributo do FruitFlyProtect para proteção contra a drosófila-de-asa-manchada. *Revista da APH* 141:28-29.
- Foye, S. & Steffan, S. 2020. A rare, recently discovered nematode, *Oscheius oniricii* (Rhabditida: Rhabditidae), kills *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) within fruit. *J. Econ. Entomol.* 113, 1047–1051.
- Frewin, A. et al. 2017. Evaluation of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *J. Econ. Entomol.* 110: 1156–1163.
- Garriga Oliveras, A. et al. 2018. Is *Drosophila suzukii* as susceptible to entomopathogenic nematodes as *Drosophila melanogaster*? *J. Pest Sci.* 91: 789–798.

- Garriga Oliveras, A. et al. 2020. Soil emergence of *Drosophila suzukii* adults: a susceptible period for entomopathogenic nematodes infection. *J. Pest Sci.* 93: 639–646.
- Girod, P. et al. 2018a. The parasitoid complex of *D. suzukii* and other fruit feeding *Drosophila* species in Asia. *Scientific Report* 8: 11839.
- Girod, P. et al. 2018b. Development of Asian parasitoids in larvae of *D. suzukii* feeding on blueberry and artificial diet. *J. Appl. Entomol.* 142: 483–494.
- Girod, P. et al. 2018c. Host specificity of Asian parasitoids for potential classical biological control of *Drosophila suzukii*. *J. Pest Sci.* 91:1241-1250.
- Gonzalez Cabrera et al. 2019. Single and combined release of *Trichopria drosophilae* (Hymenoptera: Diapriidae) to control *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Neotropical Entomology* 48: 949-956.
- Grassi, A. et al. 2018. Seasonal Reproductive Biology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Temperate Climates. *Environ. Entomol.* 47:166-174.
- Green, C.K. et al. 2019. Impact of heat stress on development and fertility of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae). *J. Insect Physiol.* 114: 45–52.
- Guerrieri, E. et al. 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.
- Hamby, K. et al. 2016. Biotic and abiotic factors impacting development, behavior, phenology, and reproductive biology of *Drosophila suzukii*. *J. Pest Sci.* 89: 605–619.
- Harmon, D.S. et al. 2019. Evaluation of Monitoring Traps and Lures for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Berry Plantings in Florida. *Insects* 10: 313.
- Häussling, B. et al. 2021. The preference of *Trichopria drosophilae* for pupae of *Drosophila suzukii* is independent of host size. *Scientific Report* 11: 995.
- Hietala-Henschell, K. et al. 2017. Susceptibility of *Aronia (Aronia melanocarpa)* to *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *J. Kansas Entomol. Soc.* 90: 162-170.
- Hooper, H. & Grieshop, M.J. 2020. Postharvest burial of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) infested fruit waste reduces adult emergence. *Environ. Entomol.* 49: 59- 65.
- Ibouh, K. et al. 2019. Biological control of *Drosophila suzukii*: efficacy of parasitoids, entomopathogenic fungi, nematodes and deterrents of oviposition in laboratory assays. *Crop protection* 125: 104897.
- Jaffe, B.D. et al. 2018. Multistate comparison of attractants and the impact of fruit development stage on trapping *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in raspberry and blueberry. *Environ. Entomol* 47: 935–945.
- Kaçar, G. et al. 2016. Overwintering survival of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and the effect of food on adult survival in California’s San Joaquin Valley. *Environ. Entomol.* 45: 763–771.
- Keesey, I.W. et al. 2019. Plant-based natural product chemistry for integrated pest management of *Drosophila suzukii*. *J. Chem. Ecology* 45: 626–637.
- Kenis, M. et al. 2016. Non-crop plants used as hosts by *Drosophila suzukii* in Europe. *J. Pest Sci.* 89: 735–748.
- Khan, M.S. et al. 2019. Bait attractants based on artificial fruit-essence for trapping and monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) females in Peshawar-Pakistan. *Phytoparasitica* 47:179–184.
- Kirkpatrick, D.M. et al. 2016. Alightment of spotted wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) on odorless disks varying in color. *Environ. Entomol.* 45:185–191.

- Kirkpatrick, D.M. et al. 2018. Development of a novel dry, sticky trap design incorporating visual cues for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol. 111:1775-1779.
- Klick, J. et al. 2016. Distribution and activity of *Drosophila suzukii* in cultivated raspberry and surrounding vegetation. J. Appl. Entomol. 140: 37–46.
- Klick, J. et al. 2019. Testing a novel attract-and-kill strategy for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) management. J. Insect Sci. 19: 3.
- Knoll, V. et al., 2017. Seasonal and regional presence of hymenopteran parasitoids of *Drosophila* in Switzerland and their ability to parasitize the invasive *Drosophila suzukii*. Scientific Report 7: 40697.
- Lanouette, G. et al. 2017. The sterile insect technique for the management of the spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*: establishing the optimum irradiation dose. PLoS ONE 12(9): e0180821.
- Larson, N. et al. 2020. Controlled-release dispenser and dry trap developments for *Drosophila suzukii* detection. Front. Ecol. Evol. 8: 45.
- Lasa, R. et al. 2017. Improved capture of *Drosophila suzukii* by a trap baited with two attractants in the same device. PLoS ONE 12 (11): e0188350.
- Lasa, R. et al. 2019. Yeast species, strains, and growth media mediate attraction of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Insects 10: 228.
- Leach, H. et al. 2016. Exclusion netting delays and reduces *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) infestation in raspberries. J. Econ. Entomol. 109: 2151–2158.
- Leach, H. et al. 2018. Rapid harvest schedules and fruit removal as non-chemical approaches for managing spotted wing drosophila. J. Pest Sci. 91: 219–226.
- Lee, J.C. et al. 2015. Infestation of wild and ornamental noncrop fruits by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 108: 117–129.
- Lee, J.C. et al. 2016. Characterization and manipulation of fruit susceptibility to *Drosophila suzukii*. J. Pest. Sci. 89: 771–780.
- Lee, J.C. et al. 2019. Biological control of spotted-wing drosophila- current and pending tactics. J. Integr. Pest Manag. 10: 1–9.
- Lewis, M.T. & Hamby, K.A. 2019. Differential impacts of yeasts on feeding behavior and development in larval *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Scientific Report 9:13370.
- Little, C.M. et al. 2016. Susceptibility of selected boreal fruits and berries to the invasive pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Pest Manag. Sci. 73: 160–166.
- Little, C.M. et al. 2019. Color preference of the spotted wing Drosophila, *Drosophila suzukii*. Scientific Reports 9: 16051.
- Mastore, M. et al. 2021. Susceptibility of *Drosophila suzukii* larvae to the combined administration of the entomopathogens *Bacillus thuringiensis* and *Steinernema carpocapsae*. Scientific Report 11: 8149.
- Mateus, C., Teixeira, R., Godinho, M.C., Figueiredo, E. 2016. *Drosophila suzukii* (Matsumura): que perspectivas de controlo desta praga à luz dos últimos conhecimentos? Actas Portuguesas de Horticultura, 26: 133-148.
- Mazzetto, F. et al. 2016. *Drosophila* parasitoids in northern Italy and their potential to attack the exotic pest *Drosophila suzukii*. J. Pest Sci. 89: 783-850.
- Mendonça, L.P. et al. 2019. Host potential and adaptive responses of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to Barbados Cherries. J. Econ. Entomol. 112: 3002–3006.
- Mori, B.A. et al. 2017. Enhanced yeast feeding following mating facilitates control of the invasive fruit pest *Drosophila suzukii*. J. Appl. Ecol. 54: 170–177.

- Murphy, K.A. et al. 2016. Ingestion of genetically modified yeast symbiont reduces fitness of an insect pest via RNA interference. *Scientific Report* 6: 22587.
- Noble, R. et al. 2017. Fermentation for disinfesting fruit waste from *Drosophila* Species (Diptera: Drosophilidae). *Environ. Entomol.* 46: 939–945.
- Pelton, E. et al. 2016. Earlier activity of *Drosophila suzukii* in high woodland landscapes but relative abundance is unaffected. *J. Pest Sci.* 89: 725–733.
- Pérez Guerrero, S. & Mateus, C. 2018. Field evaluation of commercial plant extracts against *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in raspberry. *Int. J. Pest Manag.* 65: 53-58.
- Pérez Guerrero, S. & Molina, J.M. 2016. Laboratory approach to the use of sulphur and kaolin as preventive control against *Drosophila suzukii*. *Spanish J. Agric. Research* 14: e10SC01.
- Pinero, J.C. et al. 2019.  $\beta$ -cyclocitral synergizes the response of adult *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to fruit juices and isoamyl acetate in a sex dependent manner. *Scientific Reports* 9:10574.
- Poyet, M. et al. 2015. The wide potential trophic niche of the asiatic fruit fly *Drosophila suzukii*: The key of its invasion success in temperate Europe? *PLoS ONE* 10(11): e0142785.
- Rendon, D. et al. 2020. Mulching as a cultural control strategy for *Drosophila suzukii* in blueberry. *Pest. Manag. Sci.* 76: 55-66.
- Renkema, J.M. et al. 2016. Plant essential oils and potassium metabisulfite as repellents for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Scientific Report* 6: 21432.
- Renkema, J.M. & Devkota, S. 2017. Pupation depth of spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii*) and effects of field sanitation in Florida strawberries. *Acta Hort.* ISHS 1156: 849-855.
- Renkema, J.M. et al. 2018. Trapping system comparisons for and factors affecting populations of *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* in winter-grown strawberry. *Pest Manag. Sci.* 74: 2076–88.
- Rice, K. et al. 2016. Behavioral responses of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to visual stimuli under laboratory, semifield, and field conditions. *Environ. Entomol.* 45:1480-1488.
- Rice, K.B. et al. 2017a. Spotted Wing *Drosophila* Prefer Low Hanging Fruit: Insights into Foraging Behavior and Management Strategies. *J. Insect Behav.* 30: 645–661.
- Rice, K. et al. 2017b. Development of an attract-and-kill strategy for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): evaluation of attracticidal spheres under laboratory and field conditions. *J. Econ. Entomol.* 110: 535–542.
- Rossi-Stacconi, V.M. et al. 2016. Multiple lines of evidence for reproductive winter diapause in the invasive pest *Drosophila suzukii*: useful clues for control strategies. *J. Pest Sci.* 89:689–700.
- Rossi Stacconi, M.V. et al. 2018a. Host location and dispersal ability of the cosmopolitan parasitoid *Trichopria drosophilae* released to control the invasive spotted wing *Drosophila*. *Biol. Control* 117: 188–196.
- Rossi Stacconi, M.V. et al. 2018b. Augmentative releases of *Trichopria drosophilae* for the suppression of early season *Drosophila suzukii* populations. *BioControl* 64: 9–19.
- Rossi Stacconi, V.M. et al. 2020. Gumming up the works: field tests of a new food-grade gum as behavioral disruptor for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *J. Econ. Entomol.* 113: 1872-1880.
- Ryan, G.D. et al. 2016. Thermal tolerances of the spotted-wing *Drosophila* *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *J. Econ. Entomol.* 109: 746–752.

- Saeed, N. et al. 2018. Temperature alters the response to insecticides in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *J. Econ. Entomol.* 111: 1306–1312.
- Sampson, B. et al. 2017. Ingestible insecticides for spotted wing drosophila control: a polyol, Erythritol, and an insect growth regulator, Lufenuron. *J. Appl. Entomol.* 141: 8-18.
- Sario, S., Santos, C., Gonçalves, F., Torres, L. 2021. DNA screening of *Drosophila suzukii* predators in berry field orchards shows new predatory taxonomical groups. *PLoS ONE* 16: e0249673.
- Schöneberg, T. et al. 2021. Cultural control of *Drosophila suzukii* in small fruit- current and pending tactics in the U.S. *Insects* 12: 172.
- Shaw, B. et al. 2018. Recording and reproducing the diurnal oviposition rhythms of wild populations of the soft- and stonefruit pest *Drosophila suzukii*. *PLoS ONE* 13(10): e0199406.
- Shaw, B. et al. 2019a. Control of daily locomotor activity patterns in *Drosophila suzukii* by the circadian clock, light, temperature and social interactions. *J. Biol. Rhythms* 34: 463-481.
- Shaw, B. et al. 2019b. Insecticide control of *Drosophila suzukii* in commercial sweet cherry crops under cladding. *Insects* 10: 196.
- Shawer R. et al. 2018. Insecticidal Activity of *Photorhabdus luminescens* against *Drosophila suzukii*. *Insects* 9: 148.
- Shearer, P.W. et al. 2016. Seasonal cues induce phenotypic plasticity of *Drosophila suzukii* to enhance winter survival. *BMC Ecology* 16:11.
- Shrader, M.E. 2017. *Drosophila suzukii* (matsumura) (Diptera: Drosophilidae): risk assessment for an invasive vinegar fly in Virginia vineyards. Tese de Doutoramento. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Sial, A.A. et al. 2019. Evaluation of organic insecticides for management of spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii*) in berry crops. *J. Appl. Entomol.* 143: 593-608.
- Stockton, D.G. et al. 2018. Phenotypic plasticity promotes overwintering survival in a globally invasive crop pest, *Drosophila suzukii*. *Insects* 9: 105.
- Stockton, D.G. et al. 2019. Interactions between biotic and abiotic factors affect survival in overwintering *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Environ. Entomol.* 48:454-464.
- Stockton, D.G. et al. 2020. Factors affecting the implementation of exclusion netting to control *Drosophila suzukii* on primocane raspberry. *Crop Protection* 135: 105191.
- Tait, G. et al. 2018. A food-grade gum as a management tool for *Drosophila suzukii*. *Bull. Insectology* 71: 295-307.
- Tait, G. et al. 2020. *Drosophila suzukii* daily dispersal between distinctly different habitats. *Entomol. Generalis* 40: 25–37.
- Taning, C.N. et al. 2016. Oral RNAi to control *Drosophila suzukii*: laboratory testing against larval and adult stages. *J. Pest Sci.* 89: 803–814.
- Thistlewood, H.M.A. et al. 2018. Spatial analysis of seasonal dynamics and overwintering of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in the Okanagan-Columbia Basin, 2010–2014. *Environ. Entomol.* 47: 221–232.
- Tochen, S. et al. 2016a. Impact of floral feeding on adult *Drosophila suzukii* survival and nutrient status. *J. Pest Sci.* 89:793–802.
- Tochen, S. et al. 2016b. Humidity affects populations of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberry. *J. Appl. Entomol.* 140: 47–57.
- Tonina, L. et al. 2016. Development of *Drosophila suzukii* at low temperatures in mountain areas. *J. Pest Sci.* 89: 667–678.

- Toxopeus, J. et al. 2016. Reproductive arrest and stress resistance in winter-acclimated *Drosophila suzukii*. *J. Insect Physiol.* 89: 37-51.
- Tran, A.K. et al. 2020. Morphometric criteria to differentiate *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) seasonal morphs. *PLoS ONE* 15(2): e0228780.
- Ulmer, R. et al. 2020. The firethorn (*Pyracantha coccinea*), a promising dead-end trap plant for the biological control of the spotted-wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*). *Biol. Control* 150: 104345.
- Van Timmeren, S. et al. 2017. Diurnal activity of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in highbush blueberry and behavioral response to irrigation and application of insecticides. *Environ. Entomol.* 46: 1106–1114.
- Venda, A.F., Figueiredo, A.C., Godinho, M.C. 2021. Voláteis de frutos de *Rubus idaeus* L. e utilização dos seus extratos aquosos na captura da *Drosophila suzukii*. *Revista da APH* 141: 32.
- Wallingford, A.K. et al. 2016a. Behavioral response of spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumura, to aversive odors and a potential oviposition deterrent in the field. *Pest Manag. Sci.* 72: 701–706.
- Wallingford, A.K. et al. 2016b. Field evaluation of an oviposition deterrent for management of spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*, and potential nontarget effects. *J. Econ. Entomol.* 109: 1779–1784.
- Wallingford, A.K. et al. 2018. Evaluating a push–pull strategy for management of *Drosophila suzukii* Matsumura in red raspberry. *Pest Manag. Sci.* 74: 120-125.
- Wang, X.G. et al. 2016. Population dynamics and ecology of *Drosophila suzukii* in Central California. *J. Pest Sci.* 89: 701–712.
- Wang, X.G. et al. 2019. Temporal dynamics of host use by *Drosophila suzukii* in California’s San Joaquin Valley: implications for area-wide pest management. *Insects* 10: 206.
- Wang, Y. et al. 2020. Transcriptional control of quality differences in the lipid-based cuticle barrier in *Drosophila suzukii* and *Drosophila melanogaster*. *Front. Genet.* 11: 887.
- Willbrand, B. & Pfeiffer, D. 2019. Brown rice vinegar as an olfactory field attractant for *Drosophila suzukii* (Matsumura) and *Zaprionus indianus* Gupta (Diptera: Drosophilidae) in Cherimoya in Maui, Hawaii, with implications for attractant specificity between species and estimation of relative abundance. *Insects* 10: 80.
- Wiman, N.G. et al. 2016. *Drosophila suzukii* population response to environment and management strategies. *J. Pest Sci.* 89: 653–665.
- Wolf, S. et al. 2018. A simple and cost-effective molecular method to track predation on *Drosophila suzukii* in the field. *J. Pest Sci.* 91: 927–935.
- Wollmann, J. et al. 2019. Population dynamics of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in berry crops in southern Brazil. *Neotropical Entomol.* 48: 699–705.
- Woltz, J.M. & Lee, J.C. 2017. Pupation behavior and larval and pupal biocontrol of *Drosophila suzukii* in the field. *Biological Control* 110: 62-69.
- Zengin, E. & Karaca, I. 2019. Dynamics of trapped adult populations of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) and its parasitoids in Uşak Province, Turkey. *Egyptian J. Biol. Pest Control* 29: 43.
- Zerulla, F.N. et al. 2015. On the overwintering ability of *Drosophila suzukii* in South Tyrol. *J. Berry Res.* 5: 41–48.
- Zhai, Y. et al. 2016. Adult reproductive diapause in *Drosophila suzukii* females. *J. Pest Sci.* 89: 679–688.

# 35 Actas Portuguesas de Horticultura

## VI Colóquio Nacional da Produção de Pequenos Frutos Oeiras, 2021



*"A sustentabilidade da produção de pequenos frutos"*

**Ficha Técnica:**

---

**Título:** VI Colóquio Nacional da Produção de Pequenos Frutos

**Coleção:** Actas Portuguesas de Horticultura nº 35

**Propriedade e Edição:** Associação Portuguesa de Horticultura

**Editores:**

Ana Cristina Ramos

Maria da Graça Palha

Pedro Brás de Oliveira

**Composição e Grafismo:** Francisco Barreto

**Grafismo da capa:** Paulo Jorge de Jesus Carvalho

**ISBN:** 978-972-8936-42-6

**Data de publicação:** dezembro, 2022

