

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2019.04.001

葡萄园果蝇的发生及综合防治研究进展

代晓彦^{1,2}, 吴新颖¹, 翟一凡², 刘 莎², 陈 浩², 史红梅¹, 刘 洁^{1*}, 高欢欢^{1,2*}
¹山东省葡萄研究院, 山东 济南 250100; ²山东省农业科学院植物保护研究所, 山东 济南 250100

摘要: 果蝇因种类多、分布广、寄主广、繁殖力强, 世代历期短, 近年已成为葡萄的重要害虫之一。葡萄果蝇幼虫不仅蛀食果实, 导致果实逐渐软化以致变褐色, 还能导致微生物的二次侵染, 诱发酸腐病, 严重影响葡萄的品质和产量。现已发现危害葡萄的果蝇有 7 种, 其中以黑腹果蝇为优势种, 其次为斑翅果蝇和叔白颜果蝇。在山东地区, 7 月初是斑翅果蝇和叔白颜果蝇的发生高峰期, 而黑腹果蝇发生高峰期为 8—9 月上旬。就不同葡萄品种来说, 黑腹果蝇成虫对 4 个葡萄品种巨峰、马奶、无核白和红提的嗜好程度无显著差异, 幼虫对红提的嗜好程度显著高于巨峰、马奶和无核白; 斑翅果蝇和叔白颜果蝇对于金手指等早熟品种以及果皮较薄的葡萄品种具有更强的趋性。本文依据葡萄园主要果蝇的种类、生物特征、生活习性、发生规律 and 危害习性, 并从农业防治、物理防治、化学防治和生物防治等方面总结分析了其综合防治措施, 以期对葡萄园果蝇的可持续控制提供理论和技术支持。

关键词: 葡萄; 果蝇; 生物学特性; 危害习性; 综合防治

Research progresses on occurrence and control of *Drosophila* in vineyard

DAI Xiaoyan^{1,2}, WU Xinying¹, ZHAI Yifan², LIU Sha², CHEN Hao², SHI Hongmei¹,
LIU Jie^{1*}, GAO Huanhuan^{1,2*}
¹Shandong Academy of Grape, Ji'nan, Shandong 250100, China;
²Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Ji'nan, Shandong 250100, China

Abstract: *Drosophila* species had the biological characteristics of species diversity, wide distribution and hosts, strong reproduction and short generation period. In recent years, *Drosophila* species had become one of the most important pests in grape berries. Seven species of *Drosophila* have been found in the vineyards. The dominant *Drosophila* species were *D. melanogaster*, *D. suzukii* and *D. triauraria*. *D. suzukii* and *D. triauraria* occurred in the ripening stage of early-maturing grape variety, which could cause the softening and browning of fruits. The number of *D. melanogaster* reached the peak in the post-maturation stage of grape, which was one of reasons for sour-rotten symptoms and seriously affected the quality and yield of grapes. The tendency of fruit flies to grape was closely related to the grape varieties and *Drosophila* species. For example, there was no significant difference for the tendency of the *D. melanogaster* adult to grape varieties mentioned in previous studies. However, *D. suzukii* and *D. triauraria* had stronger tendency to early ripening varieties such as 'Gold Finger' and the grape varieties with thinner skins. Moreover, the comprehensive strategies of controlling fruit flies were analyzed from many aspects, such as agricultural control, physical control, chemical control and biological control, which can provide the theoretical and technical support for the control of *Drosophila* species in vineyards.

Key words: grape; *Drosophila*; biological characteristics; harmful habits; integrated control

葡萄是重要的经济林果之一, 在全世界果树栽培中占有重要地位, 其产量和栽培面积长期位居世界水果生产前列, 2016 年底, 中国葡萄栽培面积已达 81 万 hm², 产量为 1374.5 万 t, 产量居世界首位, 栽培面积位居世界第二(王世平和李勃, 2019)。从我国果树种植结构来说, 我国葡萄栽培面积位居

苹果、梨、桃后的第四位。葡萄营养价值高、适应性强、易丰产、结果早、经济效应好(张晓萍等,2009),但随着葡萄种植面积的扩大和栽培品种的增多,害虫危害日渐突出,其中葡萄果蝇已成为危害葡萄等浆果类水果果实的主要害虫之一(高欢欢等,2018;刘洪坤,2017;路绍杰和孙玉胜,2005)。葡萄果蝇属双翅目 Diptera 果蝇科 Drosophilidae,该科共有 3700 多种,分属 65 个属,我国约有 30 个属(满孝明等,2016)。关于果蝇在葡萄上的发生、危害及防治措施报道已有不少,目前主要集中于黑腹果蝇 *Drosophila melanogaster* Meigen 的相关研究,对于葡萄园中其他果蝇的系统研究较少。

为此,笔者通过查阅文献、实地调查总结了葡萄中主要果蝇种类的发生规律、形态特征、为害习性及综合防治措施,以期为该虫的可持续综合防治提供支持。

1 葡萄果蝇的种类及形态特征

现已发现为害葡萄的果蝇有 7 种,分别为黑腹果蝇、斑翅果蝇 *D. suzukii* (Matsumura)、叔白颜果蝇 *D. triauraria* Bock & Wheeler、伊米果蝇 *D. immigrans* Sturt、海德氏果蝇 *D. hydei* (Sturtevant)、筋果蝇 *D. funebris* (Fabricius) 和鳞翅花果蝇 *Scaptodrosophila cluniceus* (Duda),其中危害葡萄的优势物种主要是黑腹果蝇、斑翅果蝇和叔白颜果蝇(高欢欢等,2018),其他 4 种果蝇在整个生长季节均会发生,但数量较少,不会对葡萄的栽培生产造成影响,因此本文主要针对黑腹果蝇、斑翅果蝇和叔白颜果蝇 3 种优势种群进行综合分析。

1.1 黑腹果蝇

黑腹果蝇的卵白色,长约 0.5 mm,长椭圆形,腹面扁平,一端具有 2 条丝线。雌虫体长约 2.95 mm,腹部背面有 5 条明显的间断黑色条纹,腹部背板后缘黑带中央不断开,腹部末端呈尖锥状,腹面可见 6 节腹节,背面有 5 条明显黑色条纹,前足第 1 跗节无性梳。雄虫体型小,腹部末端圆钝,腹部背面可见腹节 4 节,腹部背面有 3 条明显的黑纹,两前足第一跗节具有一黑色性梳(刘坤,2014)。

1.2 斑翅果蝇

斑翅果蝇又称铃木氏果蝇、樱桃果蝇,英文名称 Spotted wing drosophila (SWD)(林清彩等,2013)。斑翅果蝇的卵白色,长椭圆形,头部有 2 条细长的丝带,其长度大于黑腹果蝇丝带长度;雄虫前翅前缘顶

角处有明显的黑斑,雌虫没有黑斑;雄虫前足第一跗节和第二跗节分别有一簇性梳(Bock & Wheeler, 1972; Kikkawa & Peng, 1938; Parshad & Paika, 1965);雌蝇的产卵管坚硬狭长,呈镰刀状,黑褐色,一侧有许多小锯齿,腹末具黑褐色环纹(Hauser, 2011; Okada, 1956; Parshad & Paika, 1965)。

1.3 叔白颜果蝇

叔白颜果蝇体长约 2.95 mm,腹部背板后缘黑带中央不断开。雌虫腹部末端呈尖锥状,腹面可见 6 节腹节,背面有 4 条明显黑色条纹,前足第一腹节无性梳,产卵器呈浅色,有不明锯齿,其硬化程度介于黑腹果蝇和斑翅果蝇之间。雄性体型小,腹部末端圆钝,腹部腹面可见腹节 5 节,腹部背面有 4 条明显的黑纹,两前足第一跗节上具有 2 列黑色浓密的性梳。

2 葡萄果蝇的危害症状

葡萄果蝇种类多、分布广、寄主广、繁殖力强、世代历期短,是世界性害虫(戚行江,2014),对成熟水果香味有明显的趋性。但黑腹果蝇、斑翅果蝇和叔白颜果蝇的危害特点并不完全相同。

黑腹果蝇喜食腐烂或者有机机械损伤的果实,对此类果实中的乙醇和酵母具有较强的趋性(Deitrich, 2004; Devineni & Heberlein, 2013),在加重葡萄腐烂的同时引起多种细菌和真菌的复合侵染。黑腹果蝇在产卵、爬行、取食的过程中还可传播病菌,引发葡萄酸腐病。该病蔓延速度快,可造成葡萄大量减产,严重时绝产。所以黑腹果蝇是酸腐病传播的重要媒介昆虫(高欢欢等,2018;王忠跃等,2004),其防治对葡萄的栽培生产有重要意义。

斑翅果蝇成虫产卵于果皮皮下。卵孵化后在果实内蛀食危害,果实变褐软化,影响果实品质,并且还可吸引黑腹果蝇以及造成病原菌侵染,引发严重的经济损失(Bolda *et al.*, 2010),相比于绿色的果实或者过于成熟的果实,斑翅果蝇更偏好在刚开始成熟变色的水果上产卵(Lee *et al.*, 2011),这是因为斑翅果蝇产卵管为较硬的锯齿状,并且对新鲜水果中丰富的糖类、维生素和其他碳水化合物具有更强烈的趋性(Begon, 1983)。其特殊的危害特点和分布的广泛性使其成为重要的世界检疫性害虫。

目前,叔白颜果蝇对于果实的危害状并不明显,但在葡萄园中的大量存在说明其取食部位并不局限于果实。

3 果蝇的生活习性

葡萄果蝇一年可发生 10~13 代。果蝇以蛹、成虫在果园地表 1~3 cm 处、烂果内越冬(刘洪坤, 2017; 刘坤, 2014)。山东地区 5 月份春季气温回升到 15 ℃ 时, 葡萄果蝇开始出现, 7 月初是斑翅果蝇和叔白颜果蝇的发生高峰期, 早中熟葡萄果实大量成熟时危害严重, 而黑腹果蝇发生高峰期为 8—9 月上旬, 发生在果实成熟后期(高欢欢等, 2018)。不同地区葡萄果蝇的发生时间不同, 四川地区, 4 月初开始出现葡萄果蝇, 5 月下旬—6 月上旬、9 月中旬—10 月上旬是果蝇发生高峰期(刘洪坤, 2017)。

黑腹果蝇在 25 ℃ 下的繁殖能力最强, 种群增长最快, 卵期 1~2 d, 幼虫期 4~5 d, 蛹期 3~5 d。成虫交尾时间集中在 21:30—23:00, 持续 5~20 min, 交尾后具有梳理头部和尾部的行为。常将卵产在果肉表面上, 每次产 2~8 粒, 平均产卵量最高达 375.4 粒。幼虫喜在葡萄梗、玻璃器皿壁等较硬地方化蛹并且有聚集现象。成虫羽化时间集中在 4:30—7:30。发育历期随温度升高而缩短, 在 15、20、25 和 30 ℃ 条件下, 平均发育发育历期分别为 41.31、21.73、9.76 和 7.28 d, 高温 35 ℃ 条件下, 不能发育为成虫(张治军等, 2013)。黑腹果蝇成虫对不同水果的嗜好程度依次是葡萄、苹果、香蕉、桃、梨, 而幼虫对葡萄和香蕉的嗜好程度显著高于梨、桃和苹果; 就不同葡萄品种来说, 成虫对 4 个葡萄品种巨峰、马奶、无核白和红提的嗜好程度无显著差异, 但对不同损伤时间的葡萄嗜好程度有显著差异, 损伤时间越久, 成虫对其的嗜好程度越高, 幼虫对红提的嗜好程度显著高于巨峰、马奶和无核白(张鹏飞等, 2010; 张治军等, 2013)。

斑翅果蝇在 20~25 ℃ 的活动性最强, 当温度超过 30 ℃ 时, 活动性降低, 发育历期缩短, 产卵量下降, 寿命减短。斑翅果蝇平均致死低温 -0.8 ℃, 平均致死高温 32 ℃(林清彩等, 2013)。常温下(25 ℃)从卵发育到成虫需要 8~14 d, 卵期 1~3 d, 蛹期 4~16 d, 成虫羽化后 2~3 d 开始交配, 成虫可存活 20~61 d。雌虫繁殖能力强, 每次产卵 1~3 粒, 日产卵 6~7 粒, 平均一生产卵量最高可达 516 粒(吴军等, 2013; Kanzawa, 1939), 但是在 13 ℃ 时雌虫不产卵, 最适宜的产卵温度为 22~25 ℃(吴军, 2013)。斑翅果蝇的发育历期与温度密切相关, 随温度的升高, 发育历期缩短, 15 ℃ 时平均发育历期

30 d, 18 ℃ 时 19 d, 22 ℃ 时 14 d, 25 ℃ 和 28 ℃ 时 10 d(张治军, 2013; Walsh *et al.*, 2011)。斑翅果蝇和叔白颜果蝇对于金手指等早熟品种以及果皮较薄的葡萄品种具有更强的趋性。

4 防治方法

4.1 农业防治

葡萄园果蝇发生前期, 应及早清除葡萄园杂草和残株枯枝败叶, 集中烧毁或者深埋, 阻断成虫迁飞取食的食物链, 减少虫源基数; 摘除受害腐烂果实, 清理落地残果, 营造不利于果蝇栖息的生态环境(倪福清, 2009); 加强肥水管理, 定期修剪, 培养健壮的树势(苏玲等, 2017); 合理种植, 在栽培过程中, 应尽量避免早中熟品种与晚熟品种的混种(高欢欢等, 2018)。

4.2 物理防治

果蝇成虫个体小, 幼虫在果实内危害, 发生时不易被察觉, 成虫诱杀技术是果园果蝇防治的重要手段之一(孙道旺等, 2005)。利用果蝇的趋光性和趋化性进行诱杀防治, 既能降低防治费用, 减少农药污染, 又能保护生态环境。已有大量研究表明, 利用糖醋液诱杀法防治效果较好。诱集时每亩设置 60~90 个杯型糖醋夜诱捕器, 两两间隔 10~12 m, 糖醋诱剂的使用量在诱捕器中 3~5 cm 深度为宜, 糖、醋、红酒和水按 2:1:2:5 的比例配制, 诱集瓶的诱集孔径为 6 mm, 颜色为红色或橙色, 在诱集液中加入酵母, 诱集时间在 18:00—20:00, 以上措施均能增强诱集效果(李德友等, 2011; 单立平等, 2008; 王云鹏等, 2018; 伍苏然, 2007; 伍苏然等, 2007; 熊伟等, 2014; 徐芳玲等, 2012)。

另外, 果蝇对黄色、绿色、蓝色最为敏感, 选择黄色、绿色、蓝色等 3 种颜色的混合板组合, 可更加有效地防控葡萄果蝇(熊伟等, 2014)。防虫网覆盖也是有效的防治方法, 王华帝等(2017)利用防虫网覆盖栽培杨梅, 对果蝇的防治效果达 93% 以上, 该方法能阻断果蝇对杨梅的危害, 因此可利用防虫网覆盖葡萄防治果蝇。葡萄套袋也可降低果蝇的危害, 也是一种很好的防治果蝇措施(徐霞和唐季云, 2005)。

4.3 化学防治

林清彩等(2016)研究表明, 甲维盐和多杀霉素对斑翅果蝇和黑腹果蝇成虫及幼虫均有高效毒杀作用, 实际应用时可以在果蝇危害发生初期喷施这

2 种杀虫剂,成虫 1 h 后死亡率达 85% 以上,并且这 2 种杀虫剂对果蝇的持效期较长,为 5~14 d;葡萄收获以后可再次施用该杀虫剂以降低翌年发生基数。氟啶脲、联苯菊酯、啉虫脒和除虫菊酯对果蝇也有较高的毒杀作用,在实际应用中几种杀虫剂可以混合交替使用。

但是长期循环使用化学杀虫剂会导致农药残留、果蝇抗药性倍增,且化学药剂本身对环境和人畜都易产生一些不良的影响,大量天敌昆虫被杀伤,削弱了天敌昆虫的自然控制能力,因此,发展其他有效安全的防治方法有重要意义(Wang *et al.*, 2016)。王花等(2012)采用植物性杀虫剂 0.6% 苦内酯水剂进行防治,防治效果达到 92.8% 以上;徐莉等(2007)发现生姜精油对果蝇成虫有较强的急性毒性;黄雪峰等(2013)测定了 4 种植物源农药对果蝇的影响,结果表明,藜芦碱在葡萄果蝇防治中具有较好的应用前景。

4.4 生物防治

利用病原微生物、天敌昆虫等生物手段可持续控制葡萄果蝇种群。斑翅果蝇的寄生蜂种类有 21 种,国外利用且研究较多的主要是幼虫寄生蜂隆脊瘦蜂 *Leptopilina heterotoma* (Thomson)、反颚茧蜂 *Asobara* sp. 和蛹寄生蜂蝇蛹金小蜂 *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani、锤角细蜂(Chabert *et al.*, 2012; Cini *et al.*, 2012; Kasuya *et al.*, 2013)。但根据 Stacconi *et al.* (2015) 田间试验结果,蝇蛹金小蜂对果蝇的寄生效果几乎可以忽略,且蝇蛹金小蜂是一种广谱性寄生蜂,甚至会寄生一些益虫,并且这种寄生蜂对经济和生态的影响还不清楚。Trottin *et al.* (2014) 在温室草莓大棚中大量释放锤角细蜂,能有效寄生斑翅果蝇和黑腹果蝇蛹,因此,锤角细蜂对果蝇的控制作用有一定优势,可重点引进、保护、扩大繁殖和田间释放应用。

利用捕食性天敌昆虫防治果蝇在国外有相关的研究,国内还没相关的研究报道。目前在国外已有报道鞘翅目 Coleoptera 蚁形隐翅甲 *Atheta coriaria* Kraatz 和半翅目 Hemiptera 花蝽科 Anthocoridae 在一定程度上能捕食果蝇(Cuthbertson *et al.*, 2014a; Karamanis *et al.*, 2015; Woltz *et al.*, 2016)。Annette *et al.* (2015) 称普通草蛉 *Chrysoperta carnea* Stepnens 不同龄期的幼虫在实验室条件下也能捕食果蝇的卵和蛹,而蜘蛛类和蚂蚁也能取食果蝇幼虫。找到高效

且能工厂化繁育的捕食性天敌,是今后的发展方向。

利用病原微生物防治果蝇主要集中在已经商业化的产品防治效果研究,主要有线虫和真菌的利用。Cuthbertson *et al.* (2014b) 曾用锯蜂线虫 *Steinernema kraussei* Steiner 处理斑翅果蝇,发现果蝇蛹的死亡率达 50% 以上,而用嗜菌异小杆线虫 *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar 防治斑翅果蝇,其幼虫死亡率高达 95%,表明嗜菌异小杆线虫对控制斑翅果蝇具有一定的潜力。国外应用真菌防治果蝇的研究中,将球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* (Bals.) 的产品直接喷在果蝇成虫上,死亡率高达 80% (Cuthbertson *et al.*, 2014b; Woltz *et al.*, 2016); Naranjo-Lázaro *et al.* (2014) 应用玫烟色棒束孢 *Isaria fumosorosea* Wize 和金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* (Metch) 处理果蝇,发现每种真菌的几个菌系对果蝇均有很好的防治效果,由此可见,已经商业化的虫生真菌产品对果蝇种群有显著的抑制作用,在田间应用中有巨大的潜力

5 结论与展望

果蝇是葡萄、杨梅、樱桃的主要害虫(倪福清, 2009; 王云鹏等, 2018), 近几年酸腐病在我国北京、四川、山东、河南等地普遍发生,导致葡萄园减产 70% 以上。酸腐病的典型症状就是在果实内及烂果周围伴有果蝇幼虫及成虫危害(王忠跃等, 2004)。由于果蝇虫体小、繁殖力强、危害隐蔽,导致监测难、防控难。因此,应加强果蝇的系统性研究,进一步阐明影响果蝇种群动态的关键因子,找出果蝇不同虫期的最佳防控措施,为葡萄安全生产提供技术保障。

做好葡萄果蝇的防控应坚持“预防为主,综合防治”的植保方针,主要从以下几个方面进行研究与探讨。①加强对葡萄果蝇的系统监测,探明葡萄果蝇发生的消长规律,及早预测害虫的发生,做好预防工作。②加强绿色防控技术,目前,使用糖醋诱剂是葡萄果蝇综合治理技术的关键,糖醋诱剂液在国内已比较成熟,操作简单,并且能降低防治费用,减少农药对葡萄的污染,是一项很好的防治技术。另外,葡萄园挂防虫网和葡萄套袋,也是一项值得深入实践探索的技术。③探讨生物防治技术,加强对天敌昆虫的人工饲养、繁殖与释放技术的研究,改善果园生态环境,为天敌昆虫创造适宜的生活环境,充分发挥天敌控制作用。

参考文献

- 高欢欢, 朱国平, 吕召云, 杨立英, 刘莎, 王咏梅, 2018. 不同葡萄品种间果蝇的动态发生规律. 中外葡萄与葡萄酒 (1): 20-25.
- 黄雪峰, 吴梅香, 罗佳, 吴宗晟, 范青海, 2013. 4种植物源农药对食用菌重要害虫黑腹果蝇的生物活性测定. 热带作物学报, 34(4): 747-750.
- 李德友, 陈小均, 袁洁, 胡吉峰, 2011. 樱桃果蝇生物学特性观察及其防治药剂的筛选. 贵州农业科学, 39(8): 92-94.
- 刘洪坤, 2017. 葡萄园果蝇田间发生动态及诱捕技术. 北方园艺 (6): 137-139.
- 刘坤, 2014. 甜樱桃果蝇发生与防治的研究进展. 北方果树 (3): 1-3.
- 林清彩, 王圣印, 周成刚, 于毅, 2013. 铃木氏果蝇研究进展. 江西农业学报 (10): 75-78.
- 路绍杰, 孙玉胜, 2005. 葡萄常见病虫害的危害症状及防治措施. 烟台果树 (3): 19-20.
- 林清彩, 于毅, 尹园园, 郑礼, 来守国, 翟一凡, 2016. 几种杀虫剂对两种常见樱桃果蝇室内毒力测定和田间药效试验. 北方园艺 (17): 114-119.
- 满孝明, 周昊, 谭秀梅, 刘续坤, 周洪旭, 2016. 胶东果园果蝇发生动态调查. 中国植保导刊, 36(12): 54-57.
- 倪福清, 2009. 东魁杨梅果蝇的发生规律与综合防治. 现代农业科技 (22): 145-146.
- 戚行江, 2014. 杨梅病虫害及安全生产技术. 北京: 中国农业科学技术出版社.
- 单立平, 黄茜斌, 施祖华, 2008. 杨梅果蝇引诱剂的初筛. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 34(6): 635-640.
- 苏玲, 杨阳, 于向荣, 汤小宁, 张加魁, 2017. 济南地区鲜食葡萄的栽培问题及对策研究. 中国农业信息 (20): 75-77.
- 孙道旺, 曹继芬, 杨明英, 杨红映, 杨美兰, 杨家鸾, 严位中, 2005. 0.3%印楝素乳油防治杨梅果蝇药效试验及持效期评价. 农药, 44(11): 525-526.
- 王花, 杨瑞斌, 马建芳, 2012. 樱桃果蝇综合防治试验. 山西果树 (6): 45.
- 王华帝, 沈颖, 汪恩国, 黄茜斌, 徐志宏, 2017. 杨梅果蝇种群发生动态监测与综合防治技术研究. 农学学报, 7(6): 6-14.
- 王世平, 李勃, 2019. 中国设施葡萄发展概况. 落叶果树, 51(1): 1-5.
- 王云鹏, 高欢欢, 马宁, 刘倩, 翟一凡, 陈浩, 郑方强, 于毅, 2018. 基于糖醋酒液的不同诱集方法对樱桃园果蝇诱集效果研究. 山东农业科学, 50(2): 112-115, 118.
- 王忠跃, 刘崇怀, 潘兴, 2004. 葡萄酸腐病及防治. 果农之友 (3): 32-33.
- 吴军, 廖太林, 孙鹏, 师振华, 陈集翰, 2013. 斑翅果蝇生物学特性研究. 植物检疫, 27(5): 36-41.
- 伍苏然, 2007. 樱桃果蝇田间诱捕方法比较. 云南农业大学学报, 22(5): 776-778.
- 伍苏然, 李江涛, 李正跃, 陶玫, 徐志强, 马光亮, 肖春, 2007. 不同方法对杨梅园果蝇田间诱集防治效果比较. 山地农业生物学报, 26(4): 365-368.
- 熊伟, 寇琳玲, 向波, 伍加勇, 李文杰, 杨灿峰, 2014. 糖醋液与不同颜色黏虫板组合诱杀樱桃果蝇效果试验. 中国南方果树, 43(1): 67-69.
- 徐芳玲, 谢莉华, 龙培仲, 2012. 不同引诱剂对蓝莓果蝇田间诱捕效果研究. 中国南方果树, 41(6): 66.
- 徐莉, 毛杰, 唐启义, 程家安, 祝增荣, 2007. 生姜精油对黑腹果蝇的急性毒性分析. 应用生态学报, 18(8): 1827-1831.
- 徐霞, 唐季云, 2005. 葡萄套袋对果实病虫害的控制效果及降低农药残留的作用. 安徽农学通报, 11(6): 76-77.
- 张鹏飞, 毛玉蕊, 杨晓华, 孟琳琳, 王进忠, 魏艳敏, 2010. 黑腹果蝇的一些生物学特性观察. 北京农学院学报, 25(1): 16-19.
- 张晓萍, 王良, 倪卫华, 2009. 无公害葡萄安全生产技术操作规程. 上海农业科技 (5): 87-88.
- 张治军, 酆卫弟, 贝亚维, 章金明, 戚行江, 吕要斌, 2013. 温度对黑腹果蝇生长发育、繁殖和种群增长的影响. 浙江农业学报, 25(3): 520-525.
- BOCK I R, WHEELER M R, 1972. *The Drosophila melanogaster species group* // WHEELER M R. Studies in genetics. Austin: University of Texas Publication: 1-102.
- BOLDA M P, GOODHUE R E, ZALOM F G, 2010. Spotted wing *Drosophila*: potential economic impact of a newly established pest. *Agricultural Resource Economy*, 13(3): 5-8.
- BEGON M, 1983. *Yeasts and Drosophila* // The genetics and biology of *Drosophila*. London: Academic Press: 345-384.
- CHABERT S, ALLEMAND R, POYET M, ESLIN P, GIPERT P, 2012. Ability of European parasitoids (Hymenoptera) to control a new invasive Asiatic pest, *Drosophila suzukii*. *Biological Control*, 63(1): 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.
- CUTHBERTSON A G, BLACKBURN L F, AUDSLEY N, 2014a. Efficacy of commercially available invertebrate predators against *Drosophila suzukii*. *Insects*, 5(4): 952-960.
- CUTHBERTSON A G S, COLLINS D A, BLACKBURN L F, AUDSLEY N, BELL H A, 2014b. Preliminary screening of

- potential control products against *Drosophila suzukii*. *Insects*, 5(2): 488–498.
- DEITRICH R A, 2004. Acetaldehyde: déjà vu du jour. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 65: 557–572.
- DEVINENI A V, HEBERLEIN U, 2013. The evolution of *Drosophila melanogaster* as a model for alcohol research. *Annual Review of Neuroscience*, 6: 121.
- 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(11): 1352–1357.
- KIKKAWA H, PENG F T, 1938. *Drosophila* species of Japan and adjacent localities. *Japanese Journal of Zoology*, 7: 507–552.
- KANZAWA T, 1939. Studies on *Drosophila suzukii* Mats. *Journal of Plant Protection*, 23: 66–70, 127–132, 183–191.
- KASUYA N, MITSUI H, IDEO S, WATADA M, KIMURA M T, 2013. Ecological, morphological and molecular studies on *Ganaspis individualis* (Hymenoptera: Figitidae) attacking *Drosophila suzukii*, (Diptera: Drosophilidae). *Applied Entomology and Zoology*, 48(1): 87–92.
- KARAMANIS N, CARVALHOSILVA D, CHAM J, 2015. *Dalotia coriaria* as a predator of *Drosophila suzukii* functional responses, reduced fruit infestation and molecular diagnostics. *Biological Control*, 89(16): 1–10.
- LEE J C, BRUCK D J, CURRY H, EDWARDS D, HAVILAND D R, STEENWYK R A V, YOTGEY B M, 2011. The susceptibility of small fruits and cherries to the spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Pest Management Science*, 67(11): 1358–1367.
- NARANJO-LÁZARO J M, MELLÍN-ROSAS M A, GONZÁLEZ-PADILLA V D, SÁNCHEZ-GONZÁLEZ J A, MORENO-CARRILLO G, ARREDONDO-BERNAL H C, 2014. Susceptibility of *Drosophila suzukii*, Matsumura (Diptera: Drosophilidae) to entomopathogenic fungi. *South Western Entomologist*, 39(1): 201–203.
- OKADA T, 1956. *Systematic study of Drosophilidae and allied families of Japan*. Japan: Gihodo Publishing Company.
- PARSHAD R, PAIKA I J, 1965. *Drosophilid survey of India. II. Sophophora (Drosophila)*. *Research Bullin Panjab University Research Journal*, 15: 225.
- ROSSI STACCONI M V, BUFFINGTON M, DAANE K M, GRASSI A, KACAR G, MILLER B, MILLER J C, BASER N, LORIATTI C, WALTON V M, WIMAN N G, WANG X G, ANFORA G F, 2015. Host stage preference, efficacy and fecundity of parasitoids attacking *Drosophila suzukii* in newly invaded areas. *Biological Control*, 84: 28–35.
- TROTTIN Y, PAULHIAC E, ZICOT A, 2014. *Experimental studies on Drosophila suzukii in protected strawberry crops: biology of the pest and effectiveness of a parasitoid of pupa in field conditions*// Proceeding of the IOBC VIII Workshop on Integrated Soft Fruit Production. Trento, University of Trento: 123–127.
- WALSH D B, BOLDA M P, GOODHUE R E, DREVES A J, LEE J, BRUCK D J, 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.
- WANG X G, KAÇAR G, BIONDI A, DAANE K M, 2016. Life-history and host preference of *Trichopria drosophilae*, a pupal parasitoid of spotted wing drosophila. *Biocontrol*, 61(4): 387–397.
- WOLTZ J M, DONAHUE K M, BRUCK D J, LEE J C, 2016. Efficacy of commercially available predators, nematodes and fungal entomopathogens for augmentative control of *Drosophila suzukii*. *Journal of Applied Entomology*, 139: 759–770.

(责任编辑:郭莹)