

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2014.03.002

水果害虫铃木氏果蝇的入侵及其防控研究进展

任路明¹, 秦胜楠¹, 丁心婷¹, 万方浩^{1,2}, 褚 栋^{1*}

¹ 青岛农业大学农学与植物保护学院, 山东省植物病虫害综合防控重点实验室, 山东 青岛 266109;

² 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193

摘要: 近年来, 铃木氏果蝇作为一种重要的水果害虫引起了国内外的广泛关注。该虫已传入美洲、欧洲许多国家并不断扩散蔓延, 对当地水果造成严重危害; 该果蝇在我国的危害也呈逐年加重的趋势。本文主要结合国内外有关铃木氏果蝇的研究结果, 综述了其生物入侵过程, 分析了其生物入侵特点, 重点介绍了国外针对铃木氏果蝇的物理机械防治、生物防治、化学防治等技术的最新研究成果。现有研究成果表明: 铃木氏果蝇生态适应性强, 扩散迅速, 危害严重; 加强铃木氏果蝇的入侵生物学研究, 对于该害虫的综合治理具有重要意义。

关键词: 铃木氏果蝇; 生物入侵; 入侵生物学; 入侵过程; 防控

Research on the invasion and control of a fruit insect pest, *Drosophila suzukii* (Matsumura)

Lu-ming REN¹, Sheng-nan QIN¹, Xin-ting DING¹, Fang-hao WAN^{1,2}, Dong CHU^{1*}

¹ Key Laboratory of Integrated Crop Pest Management of Shandong Province, College of Agronomy and Plant Protection, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109, China; ² State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China

Abstract: In recent years, *Drosophila suzukii*, has become an important fruit pest worldwide. The pest has been introduced into many countries in Europe and Americas during the recent years. This pest caused serious harm to the local fruit production. Meanwhile, the damage caused by this pest in China has been becoming more and more serious. According to the research progress on *D. suzukii*, the invasion process, the invasion characteristics, and management measures including physical control, biological control, and chemical control of the pest were reviewed. The research progress showed that *D. suzukii* has strong ecological adaptability, rapid spreading ability, and can cause severe damage. The future research on the invasion biology of this fruit fly is needed, which will be helpful to the integrated management of this pest.

Key words: *Drosophila suzukii*; biological invasion; invasion biology; invasion process; prevention and control

铃木氏果蝇 *Drosophila suzukii* (Matsumura) [又被称为斑翅果蝇 (spotted wing drosophila, SWD)] 属双翅目果蝇科 (Diptera: Drosophilidae), 是一种重要水果害虫 (于毅等, 2013)。该害虫在亚洲许多地区早有记载 (Kanzawa, 1936; Lin *et al.*, 1977; Sidorenko, 1992; Toda, 1991; Walsh *et al.*, 2011), 但其原产地尚不明确。在中国, 黑腹果蝇复合种至少有 67 种, 其中铃木氏果蝇是分布最广的物种之一, 目前至少在黑龙江、山东、浙江、广西、贵

州、西藏、台湾等 22 个省 (自治区) 发现了该虫 (钱远槐等, 2006; Lin *et al.*, 1977); 在新疆也具有很大的定殖可能性 (马聪慧等, 2014)。近年来, 该虫的危害呈现不断加重的趋势 (代侃韧, 2013)。铃木氏果蝇将卵产于果皮下, 外表可见的损坏状仅有产卵孔, 卵孵化后以幼虫蛀食为害, 引起果实软化以至变褐腐烂; 该虫还可能作为植物病原物的载体, 例如, 褐腐病 (monilinia brown rots) 和灰腐病 (botrytis rots) 的扩散蔓延可能与该虫的传播有关 (Cini *et*

收稿日期 (Received): 2014-06-11 接受日期 (Accepted): 2014-07-23

基金项目: 青岛市科技发展计划项目 (13-1-3-108-nsh); 青岛农业大学科技创新项目; 国家级大学生创业创新训练计划项目 (201410435041); 泰山学者建设工程专项经费

作者简介: 任路明, 女。研究方向: 农业有害生物检疫与入侵生物学。E-mail: mingxin09190123@sina.com

* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: chinachudong@sina.com

al., 2012)。铃木氏果蝇能对水果生产造成巨大的经济损失 (Goodhue *et al.*, 2011), 20 世纪 30 年代, 该虫在日本一些葡萄和樱桃基地引起的损失分别高达 80% 和 100% (Biosecurity Australia, 2010; Kanzawa, 1939)。

目前, 铃木氏果蝇已传入美洲和欧洲的许多国家并造成严重危害, 引起了世界各国许多学者的广泛关注。2012 年 8 月韩国大邱召开的第 24 届国际昆虫学大会上, 铃木氏果蝇生物学与控制研究被单独作为一个学术专题进行讨论 (于毅等, 2013)。有关铃木氏果蝇在 2011 年之前的入侵情况已有报道 (林清彩等, 2013; Cini *et al.*, 2012; Hauser, 2011)。

在生物入侵研究领域, 研究入侵种的入侵生态过程具有重要意义 (褚栋等, 2012)。本文主要结合近年来国内外对铃木氏果蝇的研究成果, 剖析该

虫的入侵生态过程及其特点, 进一步综述该虫的最新防控技术, 旨在为其综合治理提供借鉴。

1 铃木氏果蝇的分布与入侵

铃木氏果蝇最早于 1916 年在日本山梨县草莓果园中发现 (孙鹏等, 2011), 有可能于 20 世纪初被引入日本 (Kanzawa, 1936)。随后, 在朝鲜、韩国 (Chung, 1955; Kang & Moon, 1968)、印度 (Parshad & Duggal, 1965)、中国 (Lin *et al.*, 1977)、尼泊尔 (Toda, 1991)、俄罗斯远东地区 (Sidorenko, 1992)、巴基斯坦 (Amin ud Din *et al.*, 2005)、孟加拉国 (Pansa *et al.*, 2011)、缅甸 (Toda, 1991) 和泰国 (Okada, 1976) 等地区或国家均记录了铃木氏果蝇 (图 1)。

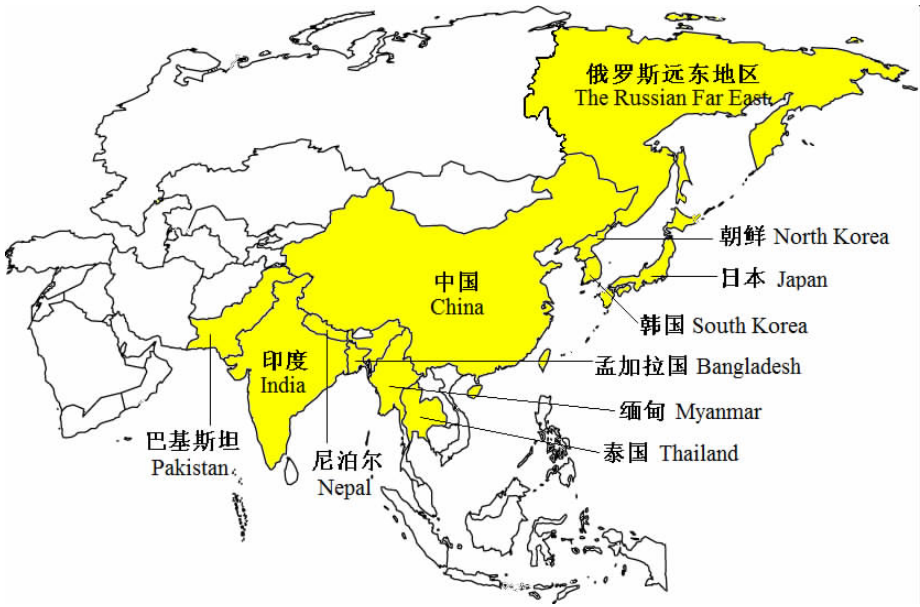


图 1 铃木氏果蝇的早期记载地分布情况
Fig. 1 Global distribution of *D. suzukii* based on the early records

1.1 铃木氏果蝇入侵美洲

在北美洲, 1980 年美国夏威夷首次发现铃木氏果蝇 (Kaneshiro, 1983)。1997 年, 在中美洲的哥斯达黎加捕获到大量的铃木氏果蝇 (Calabria *et al.*, 2012)。在南美洲, 1998 年厄尔瓜多零星出现了铃木氏果蝇 (Calabria *et al.*, 2012)。但此后的 10 余年间, 一直没有该虫在美洲扩散及危害的相关报道。2008 年在美国本土加利福尼亚沃森维尔地区首次发现铃木氏果蝇, 随后该虫相继在美国本土其他地区、加拿大、墨西哥等地被发现 (图 2)。

2009 年, 在美国的俄勒冈州、华盛顿州、佛罗里达州以及加拿大的不列颠哥伦比亚省发现铃木氏果蝇的传入 (EPPO, 2010; Steck *et al.*, 2009)。

2010 年, 在美国的北卡罗来纳州、南卡罗来纳州、密歇根州、密西西比州、路易斯安那州、犹他州, 以及加拿大的安大略省发现铃木氏果蝇 (Burrack *et al.*, 2012; Isaacs *et al.*, 2010; OMAFRA, 2013)。

2011 年, 在弗吉尼亚州、蒙大纳州、宾夕法尼亚州、新泽西州、威斯康星州、马里兰州、康涅狄格州, 以及墨西哥等地发现铃木氏果蝇 (Burrack *et al.*,

2012; Freda & Braverman, 2013; Lee *et al.*, 2011; Maier, 2012)。

2012 年,在美国的田纳西州、肯塔基州、阿肯色州、科罗拉多州、爱达荷州、伊利诺斯州、印第安纳州、爱荷华州、明尼苏达州、德克萨斯州,以及加拿大的魁北克省发现铃木氏果蝇 (Berry, 2012; Bur-

rack *et al.*, 2012; Saguez *et al.*, 2013)。

2013 年,在美国的北达科他州 (Department of Agriculture, 2014) 和密苏里州 (Pinero, 2014) 首次发现铃木氏果蝇;同年,在南美洲巴西的新韦内扎、埃雷欣、维拉玛丽亚等地相继发现该虫 (Depira *et al.*, 2014)。

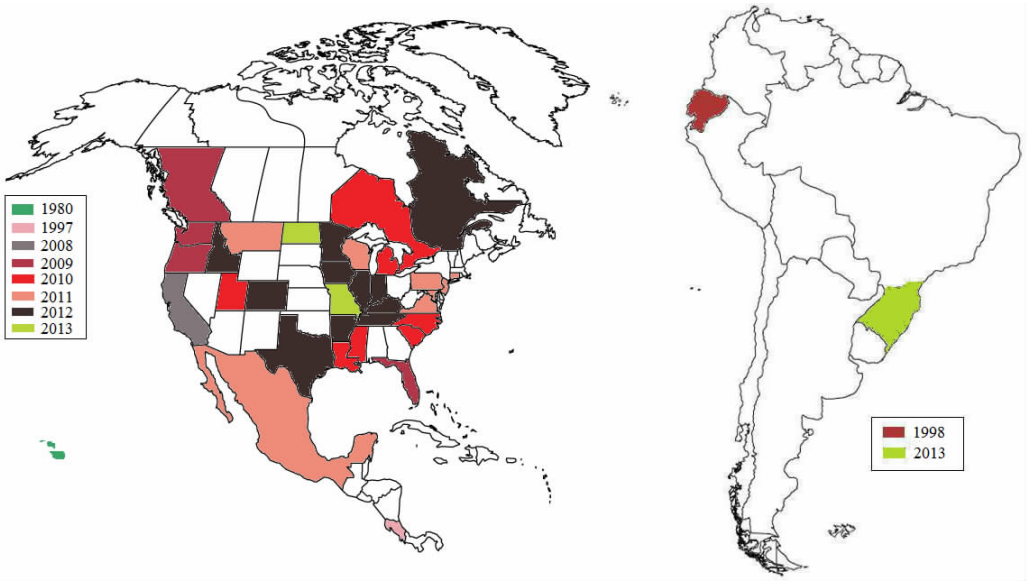


图 2 铃木氏果蝇在美洲的入侵地分布以及首次捕获时间

Fig. 2 Distribution of *D. suzukii* in the Americas and the dates of first capture

1.2 铃木氏果蝇入侵欧洲

在欧洲,2008 年秋季首次在西西班牙发现铃木氏果蝇的传入。随后,该虫在欧洲各地不断扩散蔓延 (图 3)。

2009 年 8 ~ 9 月在法国发现铃木氏果蝇 (Calabria *et al.*, 2012);同年 9 月,在意大利特伦蒂诺省发现该虫 (Grassi *et al.*, 2009)。

2010 年,在斯洛文尼亚 (Seljak, 2011)、克罗地亚 (Rossi Stacconi *et al.*, 2013)、葡萄牙 (Reign of Terroir, 2010) 等地发现铃木氏果蝇。

2011 年,在德国的巴登-符腾堡州、巴伐利亚州和莱茵兰-法耳茨州 (Mortelmans *et al.*, 2012),以及奥地利 (Rossi Stacconi *et al.*, 2013)、比利时 (Mortelmans *et al.*, 2012) 和瑞士 (Baroffio *et al.*, 2014) 发现铃木氏果蝇的传入。

2012 年,在英国和荷兰发现铃木氏果蝇 (Rossi Stacconi *et al.*, 2013),同年 9 月又在匈牙利首次捕获到该虫 (Kiss *et al.*, 2013)。

2 铃木氏果蝇的入侵特点

铃木氏果蝇的入侵过程表明,作为一个成功入

侵的外来种,其具有极强的生态适应性与扩散能力,同时具有巨大的危害性。

2.1 生态适应性强

铃木氏果蝇寄主范围广,为害具有隐蔽性,温度适应性强,繁殖力高,这为该害虫的传入与定殖奠定了生物学与生态学基础。(1)铃木氏果蝇能够危害草莓、樱桃等多达 18 个科 60 多种水果 (孙鹏等, 2011),且其寄主植物通常都以高密度单一模式种植,这使得该害虫的种群数量能够快速增长;野生寄主和观赏植物可能会作为其逃避害虫治理的庇护所,同时为其提供了再侵染源和越冬场所 (Klick *et al.*, 2012)。(2)受铃木氏果蝇危害的水果在幼虫活动之前仍保持表面健康完整,虫蛀很难被发现,这也为该虫的入侵创造了有利条件。(3)铃木氏果蝇生存和繁殖的适宜气候条件范围较为宽泛,雌虫产卵的适宜温度为 10 ~ 32 ℃,雄虫的生殖力可忍受的温度最高达 30 ℃ (David *et al.*, 2005)。铃木氏果蝇可以在西班牙盛夏时节存活,也可以在日本高寒地区存活,这说明该虫可能会承受更高或更低的温度 (Cini *et al.*, 2012)。因而,铃

木氏果蝇被认为是既具耐热性又具耐寒性的物种,这使得其容易传入与定殖。(4)铃木氏果蝇具有极强的繁殖力。雌虫能够持续产卵 10 ~ 59 d,其产卵

量总数最高可达 600 粒,其年发生代数高达 7 ~ 15 代(Cini *et al.*,2012)。例如,在日本一年可发生 13 代,在美国加州一年发生 3 ~ 10 代(熊伟等,2014)。

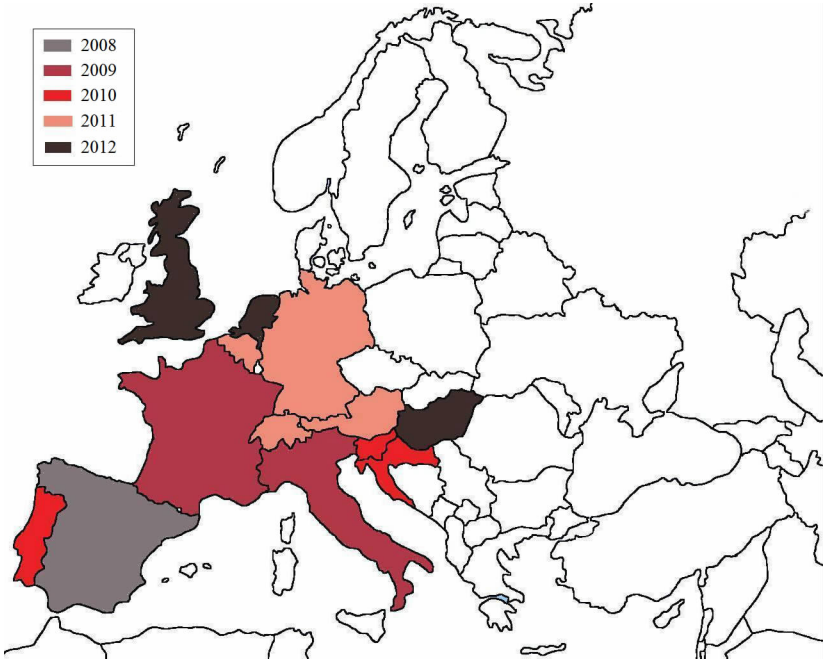


图 3 铃木氏果蝇在欧洲的入侵地分布以及首次捕获时间
Fig. 3 Distribution of *D. suzukii* in Europe and the dates of first capture

2.2 扩散迅速

在美国,2008 年在加利福尼亚沃森维尔地区首次发现铃木氏果蝇,到第 2 年该虫就已蔓延至加利福尼亚州的 20 多个县(Hauser *et al.*,2009)。2011 年 8 月在美国康涅狄格州首次检测到铃木氏果蝇,而在同一年内该虫就席卷了整个新英格兰地区(包括缅因州、新罕布什尔州、佛蒙特州、马萨诸塞州、罗德岛州、康涅狄格州等 6 个州)(Maier,2012)。

在意大利,2009 年 9 月仅在特伦蒂诺省某果园内的水果中采集到铃木氏果蝇幼虫和几只成虫(Grassi *et al.*,2009),而 2010 ~ 2011 年,在意大利的皮埃蒙特、瓦莱达奥斯塔、伦巴第、威尼托、艾米利亚-罗马涅、利古里亚、马尔凯和坎帕尼亚均发现了该虫(Franchi & Barani,2011; Griffo *et al.*,2012; Pansa *et al.*,2011; Süß & Costanzi,2011)。

在法国,2009 年 8 ~ 9 月仅在蒙彼利埃、滨海阿尔卑斯省以及第戎等地发现该虫(Calabria *et al.*,2012),而 2010 ~ 2011 年,则从科西嘉岛到法兰西岛都有该虫的侵入记录(Mandrin *et al.*,2010; Weydert & Bourgouin,2011)。

外来种的成功入侵往往是一个链式过程,一般

包括传入、定殖、潜伏、扩散与危害等几个阶段。上述铃木氏果蝇在美国、意大利、法国等地区的入侵过程表明,铃木氏果蝇具有极强的扩散能力,几乎没有潜伏期。该虫的快速扩散可能与其具有高度的扩散潜力相关(Hauser,2011):一方面,铃木氏果蝇成虫具有较强的飞翔能力,可主动扩散危害;另一方面,铃木氏果蝇幼虫为害具有隐蔽性,可能会随被害水果被动扩散。这种为害方式不仅有利于该虫的传入,而且更为重要的是有利于该虫进一步的扩散蔓延(Calabria *et al.*,2012)。据推测,由国际贸易引起的被动扩散很有可能是铃木氏果蝇蔓延的主要原因(Westphal *et al.*,2008)。

2.3 危害严重

受铃木氏果蝇危害后的果实,不能食用和销售,完全失去商品价值,严重影响各大经济果区的生产效益。例如,在美国加州,2008 年发现铃木氏果蝇后,樱桃等作物受害率为 30%,而在 2009 年由该虫危害水果引起的产量损失则上升至 80%(Bolda *et al.*,2010; Walsh *et al.*,2011)。更有甚者,在美国的加利福尼亚州、俄勒冈州和华盛顿州某些种植区由铃木氏果蝇危害造成的产量损失高达 100%

(EPPO, 2010)。

2010 年在法国南部的滨海阿尔卑斯省区域由铃木氏果蝇危害草莓作物造成的损失率高达 80% (Lee *et al.*, 2011)。在意大利的特伦蒂诺省由该虫危害树莓作物造成的损失也高达 80% (Richard *et al.*, 2010), 2010 和 2011 年该地区的水果产业经济损失分别约为 50 万和 300 万美元 (Cini *et al.*, 2012)。

3 铃木氏果蝇的防控

目前,我国主要研究了铃木氏果蝇的农业防治、物理机械防治、化学防治技术。(1)农业防控措施主要包括果树品种布局、清理果园、加强果园管理、增强果树抗性等(代侃韧, 2013; 林清彩等, 2013)。(2)物理机械防控措施主要包括利用糖醋液或/和粘虫色板混合防控铃木氏果蝇(熊伟等, 2014)。(3)化学防控主要包括用 40% 辛硫磷乳油 1500 倍液或 90% 敌百虫晶体 1000 倍液或 0.1% 阿维菌素 RG 药剂全面喷洒果园地面;在果实成熟之前用 1.82% 胺氯菊酯烟剂按 1:1 兑水进行地面喷雾,熏杀成虫;果实收获前喷施有机磷杀虫剂;果实收获后用清源保水剂对树上喷雾(毕万新等, 2014; 林清彩等, 2013)。

在国外,由于铃木氏果蝇具有极强的危害性和入侵性,美国成立了铃木氏果蝇协作组,并启动了铃木氏果蝇综合防治计划(张开春等, 2014);欧洲和地中海植物保护组织以及美国、澳大利亚、新西兰等先后对该虫发布预警或将其列入检疫性有害生物名单中(孙鹏等, 2011)。除了检疫措施外,国外近年来在铃木氏果蝇的物理机械防治、生物防治和化学防治等技术方面主要做了以下工作。

3.1 物理机械防治

根据铃木氏果蝇的趋化性,可以利用发酵作用及其相关产物(乙酸、乙醇等)对该虫进行诱捕(Cha *et al.*, 2012; Kleiber *et al.*, 2014)。葡萄汁有孢汉逊酵母可作为针对铃木氏果蝇更具吸引力的选择性诱饵(Hamby *et al.*, 2012)。从发酵诱饵挥发物中分离出来的 4 个组分的化学合成诱剂(乙酸、乙醇、乙偶姻和甲硫基丙醇)可以替代发酵诱饵,有效诱捕铃木氏果蝇。另外,在溺水剂中加入少量的肥皂可以降低表面张力,提高诱捕率,加入硼酸可抑制微生物的生长(Cha *et al.*, 2014)。

诱捕器的改进不仅可以提高铃木氏果蝇的诱捕量,而且可以提高该害虫初发期的监测灵敏度和监测效率(Lee *et al.*, 2012)。一般使用 2 种诱捕器:圆球形和杯形。圆球形装置中 1/3 是黄色不透明的底部,2/3 是透明的顶盖,底部有一个向内凹陷的直径为 5 cm 的开口以吸引昆虫进入,底部可以储存溺水剂;杯形装置是一个带有透明塑料盖的透明塑料杯,其容量大小可依情况而定,在杯身靠近顶盖的地方有小孔(Cha *et al.*, 2013)。

3.2 生物防治

用于防控铃木氏果蝇的生防治剂有多种,包括病原物(如真菌、细菌、病毒等)与天敌昆虫(捕食者和寄生蜂等)(Cini *et al.*, 2012)。在病原物方面, Naranjo-Lázaro *et al.* (2014)利用体外生物测定法评价了铃木氏果蝇对 4 种病原真菌菌株(玫烟色棒束孢 Pf21、Pf17、Pf15,绿僵菌 Ma59)的易感性,结果显示 4 种病原菌的防效分别为 85%、60%、57% 和 12%,因此可以筛选铃木氏果蝇病原真菌菌株作为生防制剂。此外,Unckless (2011)从一些果蝇种类中分离出 DNA 病毒,这一发现为利用病毒病原体控制铃木氏果蝇的研究奠定了基础(Cini *et al.*, 2012)。

在天敌昆虫方面,学者研究了日本地区几种铃木氏果蝇寄生蜂的生物学特性(Ideo *et al.*, 2008; Mitsui *et al.*, 2007),其中膜翅目环腹蜂科中的 1 种寄生蜂表现出较高的寄生率和对铃木氏果蝇幼虫的高的专性寄生水平。在美国,近年来发现黑腹果蝇的 1 个主要寄生性天敌也可寄生铃木氏果蝇(Brown *et al.*, 2011)。在欧洲,相关研究发现有 2 种具有广泛寄主的蛹寄生蜂对铃木氏果蝇有寄生作用(Chabert *et al.*, 2012)。

3.3 化学防治

果实受到铃木氏果蝇侵害后以杀虫剂防治为主,近期研究表明杀虫效果较好的药剂分别为有机磷杀虫剂、拟除虫菊酯杀虫剂和多杀菌素杀虫剂(Timmeren & Isaacs, 2013)。通常在茎叶形成期用拟除虫菊酯,收获前 7~14 d 用多杀菌素,收获前 3~7 d 用有机磷药剂;或者,在果实变色期用拟除虫菊酯,采收前 7 d 左右用多杀菌素或有机磷药剂(Haviland & Beers, 2012)。Walse *et al.* (2012)用 $48 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 溴甲烷熏蒸处理采收后的果实 3 h (18 °C

±0.5℃)也能很好地控制铃木氏果蝇。

4 展望

铃木氏果蝇具有很强的入侵性,近年来传入欧美等地区并不断扩散蔓延,对入侵地的水果生产造成毁灭性的影响。目前,该害虫仍在以惊人的速度向世界各地传播蔓延,在不久的将来很可能就会遍布全球,世界各大经济果区的生产、贸易将面临严重的威胁。同时,近年来该虫在我国的危害呈现不断加重的趋势,因而急需加强有关铃木氏果蝇的研究。

当前,铃木氏果蝇入侵种群的来源尚不清楚,揭示该害虫的入侵来源对于断绝其入侵途径、引入天敌因子,以及探明该害虫的入侵机制等方面具有重要意义。此外,通过分析其为害机理可进一步指导其防控工作。在果蝇属的3000多种记录种中仅发现有2种果蝇可为害健康的成熟或亚成熟果实,铃木氏果蝇即为其中一种(Bolda,2009)。研究表明,铃木氏果蝇与多种腐生于寄主植物的酵母菌种之间有互利共生关系(Hamby *et al.*,2012; Starmer, 1981),酵母菌可以作为铃木氏果蝇重要的营养来源,而铃木氏果蝇可以作为酵母菌的传播媒介,这一关系是否是铃木氏果蝇为害机理之一尚需进一步研究。

有关铃木氏果蝇的防控措施也需进一步加强研究,如对铃木氏果蝇具有良好控制效果的生防因子(病毒、寄生蜂等)如何大规模生产应用,许多在实验室条件下防控效果良好的措施如何进一步推广应用等。铃木氏果蝇的卵和幼虫在1.67℃恒温或更低温度下持续处理96h,会全部死亡(Kanzawa,1939)。因此可以将低温处理应用于果实采后的检疫除害处理中。

参考文献

毕万新,侯庶恪,刘海军,王赫,孙洪英,孙宝国,应建华. 2014. 1%阿维菌素RG防治樱桃果蝇效果初报. 中国植保导刊, 34(3): 60-61, 8.

褚栋,潘慧鹏,国栋,陶云荔,刘佰明,张友军. 2012. Q型烟粉虱在中国的入侵生态过程及机制. 昆虫学报, 55(12): 1399-1405.

代侃韧. 2013. 长安区樱桃果蝇发生规律及防控技术. 陕西林业科技, (5): 88-90.

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, 25(10): 75-78.

马聪慧,温俊宝,何善勇. 2014. 樱桃果蝇(*Drosophila suzukii*)对新疆的风险分析. 中国农学通报, 30(16): 286-294.

钱远槐,刘艳玲,李守涛,杨勇,曾庆韬. 2006. 中国黑腹果蝇种组的组成与分布. 湖北大学学报, 28(4): 397-402.

孙鹏,廖太林,袁克,师振华,纪睿,陈集翰,吴军. 2011. 水果害虫——斑翅果蝇. 植物检疫, 25(6): 45-47.

熊伟,寇琳羚,向波,伍加勇,李文杰,杨灿芳,熊静丹,杨家茂. 2014. 糖醋液与不同颜色粘虫板组合诱杀樱桃果蝇实验. 中国南方果树, 43(1): 67.

于毅,王静,陶云荔,国栋,褚栋. 2013. 铃木氏果蝇不同地理种群中 *Wolbachia* 的检测和系统发育分析. 昆虫学报, 56(3): 323-328.

张开春,闫国华,郭晓军,王晶,张晓明,周宇. 2014. 斑翅果蝇(*Drosophila suzukii* Matsumura)研究现状. 果树学报, 31(4): 717-721.

Amin ud Din M, Mazhar K, Haque S and Ahmed M. 2005. A preliminary report on *Drosophila* fauna of Islamabad (Capita, Pakistan). *Drosophila Information Service*, 88: 6-7.

Baroffio C A, Richoz P, Fischer S, Kuske S, Linder C and Kehrli P. 2014. Monitoring *Drosophila suzukii* in Switzerland in 2012. *Journal of Berry Research*, 4(1): 47-52.

Berry J A. 2012. *Pest Risk Assessment: Drosophila suzukii; Spotted Wing Drosophila (Diptera: Drosophilidae) on Fresh Fruit from the USA*. <http://www.phytosanitary.info/information/pest-risk-assessment/drosophila-suzukii-spotted-wing-drosophila-diptera-drosophilidae>.

Biosecurity Australia. 2010. *Draft Pest Risk Analysis Report for Drosophila suzukii*. Canberra: Biosecurity Australia.

Bolda M. 2009. *Update on the Cherry Vinegar Fly, Drosophila suzukii, Now Known as the Spotted Wing Drosophila*. <http://ucanr.org/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=1483>.

Bolda M P, Goodhue R E and Zalom F G. 2010. Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. *Agricultural Resource Economics*, 13(3): 5-8.

Brown P H, Shearer P W, Miller J C and 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*. <http://esa.confex.com/esa/2011/webprogram/Paper59733.html>.

Burrack H J, Smith J P, Pfeiffer D G, Koehler G and Laforest J. 2012. Using volunteer-based networks to track *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) an invasive pest of fruit crops. *Journal of Integrated Pest Management*, 3(4): B1-B5.

Calabria G, Máca J, Bächli G, Serra L and Pascual M. 2012. First records of the potential pest species *Drosophila suzukii*

- (Diptera: Drosophilidae) in Europe. *Journal of Applied Entomology*, 136(1/2): 139–147.
- Cha D H, Adams T, Rogg H and 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, Adams T, Werle C T, Sampson B J, Adamczyk Jr J J, Rogg H and Landolt P J. 2014. A four-component blend of fermented bait volatiles is attractive to spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Pest Management Science*, 70: 324–331.
- Cha D H, Hesler S P, Cowles R S, Vogt H, Loeb G M and 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, Royet M, Eslin P and Gibert P. 2012. Ability of European parasitoids (Hymenoptera) to control a new invasive Asiatic pest, *Drosophila suzukii*. *Biological Control*, 63: 40–47.
- Chung Y J. 1955. Collection of wild *Drosophila* on Quelpart Island, Korea. *Drosophila Information Service*, 29: 111.
- Cini A, Ioriatti C and 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.
- David J R, Araripe L O, Chakir M, Legout H, Lemos B, Pétavy G, Rohmer C, Joly D and Moreteau B. 2005. Male sterility at extreme temperatures: a significant but neglected phenomenon for understanding *Drosophila* climatic adaptations. *Journal of Evolutionary Biology*, 18: 838–846.
- Department of Agriculture. 2014. *Spotted Wing Drosophila*. <http://www.nd.gov/ndda/pest/spotted-wing-drosophila>.
- Depira M, Poppe J L, Schmitz H J, De Toni D C and Valente V L S. 2014. The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in the South American continent. *Journal of Pest Science*, 87: 379–383.
- EPPO. 2010. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). https://www.eppo.int/QUARANTINE/Alert_List/insects/drosophila_suzukii.htm.
- Franchi A and Barani A. 2011. Un nuovo agente di danno per frutta e vite in Emilia. *Notiziario Fitopatologico*, 2: 14.
- Freda P J and Braverman J M. 2013. *Drosophila suzukii*, or spotted wing drosophila, recorded in Southeastern Pennsylvania, U. S. A. *Entomological News*, 123(1): 71–75.
- Goodhue R E, Bolda M, Farnsworth D, Williams J C and 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, Palmieri L and Giongo L. 2009. Nuovo fitofago per i piccoli frutti in Trentino. *Terra Trentina*, 55(10): 19–23.
- Griffo R, Frontuto A, Cesaroni C and Desantis M. 2012. L'insetto *Drosophila suzukii* sempre più presente in Italia. *L'Informatore Agrario*, 68(9): 56–60.
- Hamby K A, Hernández A, Boundy-Mills K and 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.
- 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.
- Hauser M, Gaimari S and Damus M. 2009. *Drosophila suzukii* new to North America. *Fly Times*, 43: 12–15.
- Haviland D R and 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): 2–6.
- Ideo S, Watada M, Mitsui H and Kimura M T. 2008. Host range of *Asobara japonica* (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid of drosophilid flies. *Entomological Science*, 11: 1–6.
- Isaacs R, Hahn N, Tritten B and Garcia C. 2010. *Spotted Wing Drosophila: A New Invasive Pest of Michigan Fruit Crops*. <http://www.ipm.msu.edu/uploads/files/SWD/E-3140.pdf#search=Spotted+wing+drosophila%3A+a+new+invasive+pest+of+Michigan+fruit+crops>.
- Kaneshiro K Y. 1983. *Drosophila* (*Sophophora*) *suzukii* (Matsumura). *Proceedings of Hawaiian Entomological Society*, 24: 179.
- Kang Y S and Moon K W. 1968. *Drosophilid fauna* of six regions near the demilitarized zone in Korea. *Korean Journal of Zoology*, 11: 65–68.
- Kanzawa T. 1936. Studies on *Drosophila suzukii* Mats. *Japanese Plant Protection (Tokyo)*, 23(1/3): 66–70.
- Kanzawa T. 1939. Studies on *Drosophila suzukii* Mats. Kofu, Yamanashi Agriculture Experiment Station 49 pp. *Review of Applied Entomology*, 29: 622.
- Kiss B, Lengyel G, Nagy Z and Kárpáti Z. 2013. First record

- of spotted wing drosophila [*Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931)] in Hungary. *Novenyvedelem*, 49(3): 97–99.
- Kleiber J R, Uelius C R, Lee J C, Suckling D M, Qian M C and Bruck D J. 2014. Attractiveness of fermentation and related products to spotted wing drosophila (Diptera: Drosophilidae). *Environmental Entomology*, 43: 439–447.
- Klick J, Yang W, Hagler J and Bruck D. 2012. Using protein marker technology to determine spotted wing drosophila movement between border and field// *Proceedings of the 71st Annual Pacific Northwest Insect Management Conference*. http://www.ipmnet.org/PNWIMC/2012_PNW_Conference_Proceedings%20and%20Agenda.pdf#search=Using+protein+marker+technology+to+determine+spotted+wing+drosophila+movement+between+border+and+field%E3%80%81.
- Lee J C, Bruck D J, Dreves A J, Lioriatti C, Vogt H and Baufeld P. 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 A, Haviland D R, Isaacs R, Richardson T A, Shearer P W, Stanley C A, Walsh D B, Walton V M, Zalom F G and Bruck D J. 2012. Evaluation of monitoring traps for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in North America. *Journal of Economic Entomology*, 105: 1350–1357.
- Lin F J, Tseng H C and Lee W Y. 1977. A catalogue of the family Drosophilidae in Taiwan (Diptera). *Quaternary Journal of Taiwan Museum*, 30: 345–372.
- Maier C T. 2012. First detection and widespread distribution of the spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), in Connecticut in 2011. *Entomological Society of Washington*, 114: 329–337.
- Mandrin J F, Weydert C and Trotin-Caudal Y. 2010. Un nouveau ravageur des fruits: *Drosophila suzukii*. Premiers dégâts observés sur cerises. *Infos-Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes*, 266: 29–33.
- Mitsui H, Van Achterberg K, Nordlander G and Kimura M T. 2007. Geographical distributions and host associations of larval parasitoids of frugivorous Drosophilidae in Japan. *Journal of Natural History*, 41: 1731–1738.
- Mortelmans J, Casteels H and Beliën T. 2012. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): a pest species new to Belgium. *Belgian Journal of Zoology*, 142: 143–146.
- Naranjo-Lázaro J M, Mellín-Rosas M A, González-Padilla V D, Sánchez-González J A, Moreno-Carrillo G and Arredondo-Bernaly H C. 2014. Susceptibility of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) to entomopathogenic fungi. *Southwestern Entomologist*, 39(1): 201–203.
- Okada T. 1976. New distribution records of the Drosophilids in the oriental region. *Mak Unagi*, 8: 1–8.
- OMAFRA. 2013. *Spotted Wing Drosophila in Ontario*. Ontario, Canada: Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs.
- Pansa M G, Frati S, Baudino M, Tavella L and Alma A. 2011. Prima segnalazione di *Drosophila suzukii* in Piemonte. *Protezione delle Colture*, 2: 108.
- Parshad R and Duggal K K. 1965. Drosophilidae of Kashmir, India. *Drosophila Information Service*, 40: 44.
- Pinero J. 2014. *Monitoring Systems in Place for Brown-marmorated-stink-bug-and-spotted-wing-drosophila for 2014*. <http://ipm.missouri.edu/ipcm/2014/5/Brown-Marmorated-Stink-Bug-and-Spotted-Wing-Drosophila/>.
- Reign of Terroir. 2010. *Spotted Wing Drosophila Update*. <http://reignofterroir.Com/2010/09/22/spotted-wing-drosophila-update-sept-23/>.
- Richard B, Peter B, Alberto G, Jose Maria G C, Martin H, Tracy H, Jonathan K, Philippe R and Eppo. 2010. *Pest risk Analysis for: Drosophila suzukii*. http://capra.eppo.org/files/examples/1/Drosophila_suzukii.pdf#search=Pest+risk+analysis+for%3A+Drosophila+suzukii.+Pratique.
- Rossi Stacconi M V, Grassi A, Dalton D T, Miller B, Ouantar M, Loni A, Lioriatti C and Walton V M. 2013. First field records of *Pachycrepoideus vindemiae* as a parasitoid of *Drosophila suzukii* in European and Oregon small fruit production areas. *Entomologia*, 1 (e3): 11–16.
- Saguez J, Lasnier J and Vincent C. 2013. First record of *Drosophila suzukii* in Quebec vineyards. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 47(1): 69–72.
- Seljak G. 2011. Spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura), a new pest of berry-fruit in Slovenia. *Sadjarstvo*, 22(3): 3–5.
- Sidorenko V S. 1992. New and unrecorded species of Drosophilidae from Soviet Far East (Diptera, Brachycera). *Spixiana*, 15: 93–95.
- Starmer W T. 1981. A comparison of *Drosophila* habitats according to the physiological attributes of the associated yeast communities. *Evolution*, 35(1): 35–53.
- Steck G J, Dixon W and Dean D. 2009. *Spotted Wing Drosophila, Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), a Fruit Pest New to North America. Pest Alert. Florida Department of Agriculture and Consumer Service, Division of Plant Industry.

- Süss L and Costanzi M. 2011. Presence of *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera Drosophilidae) in Liguria (Italy). *Journal of Entomological and Acarological Research*, 42: 185 – 188.
- Timmeren S V and 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.
- Toda M J. 1991. Drosophilidae (Diptera) in Myanmar (Burma) VII. The *Drosophila melanogaster* species group, excepting the *D. montium* species subgroup. *Oriental Insects*, 25(1): 69 – 94.
- Unckless R L. 2011. A DNA virus of *Drosophila*. *PloS ONE*, 6: e26564.
- Walse S S, Krugner R and 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 C, Bruck D J, Walton V M, O'Neal S D and 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.
- Westphal M I, Browne M, Mackinnon K and Noble I. 2008. The link between international trade and the global distribution of invasive alien species. *Biological Invasions*, 10: 391 – 398.
- Weydert C and Bourgouin B. 2011. *Drosophila suzukii* menace l'arboriculture fruitière et les petits fruits. Point de situation sur cette mouche, ravageur nouveau et déjà très nuisible, et ce qu'on peut faire contre elle. *Phytoma*, 650: 16 – 20.

(责任编辑:杨郁霞)

