

浙江省杨梅园果蝇及其寄生性天敌种类多样性调查

王知知¹, 任少鹏², 詹乐晴¹, 吴琼¹, 黄健华¹, 陈学新^{1*}

(1. 浙江大学昆虫科学研究所, 杭州 310058; 2. 宁波市农业科学研究院, 宁波 315040)

摘要: 首次系统地调查了浙江省杨梅主要产区果蝇及其寄生性天敌种群资源, 明确了为害杨梅的果蝇主要类群及其寄生性天敌优势种类。采用形态学鉴定与 COI 分子生物学方法相结合, 分析发现我省杨梅果蝇种类主要有 6 种: 黑腹果蝇 *Drosophila melanogaster*、斑翅果蝇 *D. suzukii*、拟果蝇 *D. simulans*、高桥氏果蝇 *D. takahashii*、伊米果蝇 *D. immigrans* 和黑果蝇 *D. virile*; 浙江省杨梅果蝇寄生蜂有 9 种, 分属于 4 个科, 它们分别是茧蜂科 Braconidae 的开臂反颚茧蜂属 *Asobara*、环腹瘦蜂科 Figitidae 的丽匙胸瘦蜂属 *Ganaspis* 和小环腹瘦蜂属 *Leptopilina*、锤角细蜂科 Diapriidae 的毛锤角细蜂属 *Trichopria* 和金小蜂科 Pteromalidae 的蝇蛹金小蜂属 *Pachycrepoideus*。同时, 不同年份杨梅果园果蝇种群数量变动较大, 其中 2018 年各地区斑翅果蝇比例明显高于 2019 年。大部分地区 (杭州除外) 开臂反颚茧蜂属 *Asobara* 寄生蜂数量明显多于其他寄生蜂, 为浙江省果蝇优势寄生蜂。本文最后就各类寄生蜂生物学特性及其生防潜力进行了讨论, 旨在为杨梅果园及其他果园果蝇害虫的生物防治提供基础资料。

关键词: 杨梅; 果蝇; 斑翅果蝇; 寄生蜂

中图分类号: S476.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2020)05-0690-07

Species Diversity of *Drosophila* and the Associated Parasitoid Complex in Waxberry Orchard in Zhejiang Province

WANG Zhizhi¹, REN Shaopeng², ZHAN Leqin¹, WU Qiong¹, HUANG Jianhua¹, CHEN Xuexin^{1*}

(1. Institute of Insect Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China; 2. Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo 315040, China)

Abstract: Species diversity of *Drosophila* and the associated parasitoids was investigated at seven waxberry (*Myrica rubra*) orchards in Zhejiang province. By combining morphological identification and the mitochondrial COI gene as a molecular marker, we identified six species of *Drosophila*, i.e. *D. melanogaster*, *D. suzukii*, *D. simulans*, *D. takahashii*, *D. immigrans*, and *D. virile*. We also found nine associated parasitoid species belonging to five genera: *Asobara* (Braconidae), *Ganaspis* (Figitidae), *Leptopilina* (Figitidae), *Trichopria* (Diapriidae), and *Pachycrepoideus* (Pteromalidae). Our results showed that the population size of different *Drosophila* species varied greatly between the orchards, and the percentage of *D. suzukii* in 2018 was obviously higher than that in 2019. Among the parasitoids collected, the number of *Asobara* species in most orchards was much higher than those of the other wasps, indicating that *Asobara* is the dominant group of parasitic wasps in Zhejiang province. Furthermore, we discussed the biological control potential of each parasitoid on *Drosophila* species, especially on *D. suzukii* based on the biological characteristics.

Key words: *Myrica rubra*; Drosophilidae; *D. suzukii*; parasitic wasps

收稿日期: 2019-12-17

基金项目: 国家重点研发计划 (2017YFD0200400, 2017YFD02F100); 浙江大学农业技术推广专项资金资助

作者简介: 王知知, 博士, 副教授, E-mail: zzwwang@zju.edu.cn; *通信作者, 教授, E-mail: xxchen@zju.edu.cn。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2020.05.011

杨梅 *Myrica rubra* Siebold & Zucc. 在我国具有悠久的栽培历史,有记录的人工栽培可追溯至两千年前^[1]。浙江地区是我国杨梅主产区,其面积和产量居全国之首,全省有 90 个县(市、区)种植杨梅,种植面积 670 hm² 以上的主产区(市、区)有 35 个。截至 2011 年,全省杨梅栽培面积达 8.5 万 hm²,约占全国的三分之一,产量 43 万吨,产值近 50 亿元,在浙江水果中产值位居第一^[2]。随着杨梅产业快速发展,杨梅病虫害发生呈日益加重趋势。王华弟等^[2]报道目前浙江省杨梅常见害虫有 69 种,隶属 5 目 29 科,常见病害有 22 种。其中,果蝇科 *Drosophilidae* 的种类是杨梅采摘及贮藏过程中的主要害虫。由于杨梅果实多成熟于高温和高湿季节,果实营养丰富,因此在杨梅上果蝇的为害具有爆发性。6 月上旬开始,杨梅果蝇便从附近瓜田、菜地及其他果园迁向杨梅园;6 月中旬虫口数量渐增;至 6 月下旬采收时达到高峰。在杨梅成熟采收期,雌性果蝇产卵于杨梅果实乳柱上,幼虫在果实内部取食为害的过程中,还会引发真菌、细菌等病害,造成二次侵染^[3]。杨梅成熟采收季时间短,果实为浆果,不易清洗,采用传统的化学防治喷施农药后将直接影响杨梅果实安全性,且化学防治中使用的药剂多在杨梅上未登记,安全用药面临难题,因此寻求有效绿色防控虫害的新技术,提高杨梅品质和保证食用安全,已成为当前杨梅产业发展亟需解决的研究任务和主要攻关方向。

寄生蜂是果蝇的重要天敌,目前世界上已知有多种寄生蜂能够寄生果蝇,约 4 科 16 属 50 余种,包括幼虫期寄生的茧蜂科 *Braconidae* 和环腹瘦蜂科 *Figitidae* 种类;蛹期寄生的锤角细蜂科 *Diapriidae* 和金小蜂科 *Pteromalidae* 种类^[4]。在自然界中,果蝇寄生蜂能够有效控制果蝇种群,其寄生率可达 90%^[5]。因此,寄生蜂对于防治果蝇具有巨大的潜力。本文以果蝇及果蝇寄生蜂天敌为调查对象,深入调查了解我国果蝇寄生蜂天敌资源的多样性,确定浙江省杨梅果蝇寄生蜂的优势种群,以期为这些优势寄生蜂在实际生产中应用提供科学基础。

1 材料与方法

1.1 调查试验点

果蝇及寄生蜂调查试验地点选择在浙江 7 个杨梅主要产区:宁波慈溪(30°5'2.21" N, 121°23'57.75" E)、余姚(30°4'57.059" N, 120°59'44.49" E)、东钱湖(29°45'15.26" N, 121°39'32.89" E);台州黄岩(28°36'24.9" N, 121°08'49.4" E);温州茶山(27°56'10.9248" N, 120°43'25.86468" E)和文成(27°45'04.2" N, 119°59'04.8" E);杭州超山(30°26'10.5" N, 120°12'46.9" E)。

1.2 调查时间

2018 年、2019 年连续 2 年对以上地点杨梅园进行调查,每年分 2 个时期,第一个时期是杨梅非成熟期:4—5 月,该时期杨梅由花期转为未成熟杨梅青果;第二个时期为杨梅成熟期:6 月上旬至下旬,该时期杨梅果实成熟,进入采摘期。每个调查地点调查一个果园,且杨梅成熟期与非成熟期调查地点一致。

1.3 杨梅果园诱捕果蝇及其寄生蜂

在杨梅未成熟时在果园放置诱捕装置(直径 11 cm,高度 12 cm 圆柱形塑料盒),悬挂于离地面 70~90 cm,装置内放香蕉(半根)、葡萄(10~15 颗)、哈密瓜(3~4 块)作为诱饵。每个果园放置 50 个诱捕装置,3 周后对装置进行回收。将诱饵置于果蝇瓶中观察果蝇羽化情况并及时清理果蝇成虫。约 15 d 后观察寄生蜂羽化情况。

1.4 杨梅果园果蝇及其寄生蜂调查

在杨梅成熟期,每果园不同方位随机选取杨梅树,从不同方位枝条上各采摘 1~2 个杨梅。采摘杨梅颜色为成熟高的紫红色。单个杨梅分装至直径 6 cm 的一次性塑料盒,带回室内进行饲养,温度(25±1)℃,相对湿度 50%。记载每个果实果蝇幼虫头数,并计算单果幼虫数和危害率。约 15 d 后观察寄生蜂羽化情况,并计算寄生蜂寄生率。在采摘树上杨梅同时收集杨梅树下落果,置于果蝇瓶中观察并记录果蝇及其寄生蜂羽化情况。

1.5 果蝇及其寄生蜂种类鉴定

1.5.1 DNA 提取 参照秦丽等^[6]方法提取果蝇和寄生蜂单头个体提取 DNA:吸取 30 μL 裂解液(10 mmol/L

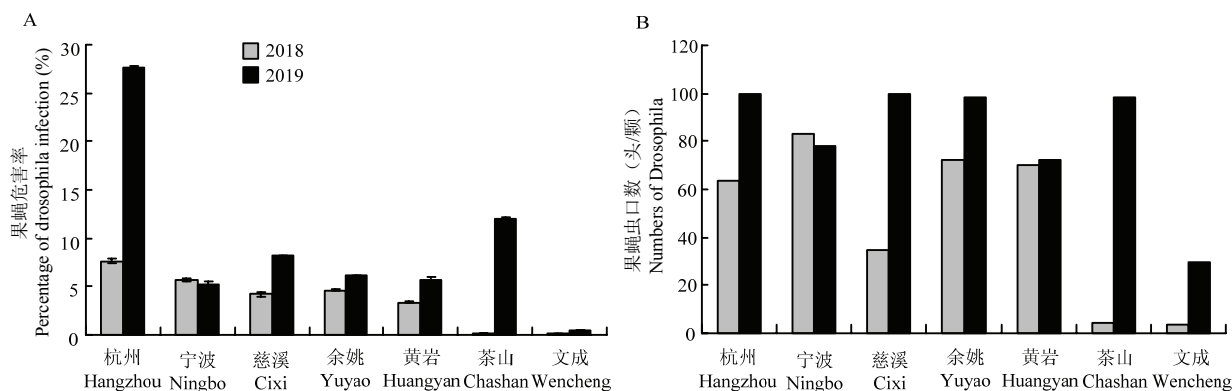
Tirs, pH 8.4; 50 mmol/L KCl, 0.45% Tween-20, 0.2% Gelatin, 0.45% NP 40, 60 $\mu\text{g/mL}$ 蛋白酶 K), 把它平均分两滴于 Parafilm 膜上, 用昆虫针挑取单头虫置于左边一滴裂解液中, 然后用灭菌的 0.2 mL PCR 管底部将虫体充分研磨匀浆, 之后将烟粉虱匀浆液吸入 0.2 mL PCR 管内, 再用移液器吸取另外一滴裂解液, 用它清洗研磨虫体处的 Parafilm 膜数次, 将清洗液与匀浆液混合后, 置于 65 $^{\circ}\text{C}$ 水浴约 60 min, 使蛋白酶 K 将细胞裂解, DNA 释放出来。随后用沸水浴 10 min 使蛋白酶 K 失活。短暂低速离心后即可用于 PCR, 或置于 -20°C 下短期保存。

1.5.2 PCR 扩增 COI 基因片段 线粒体 COI 基因由 1 对引物 (COI-F: 5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3'; COI-R: 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3') 进行 PCR 扩增, PCR 扩增使用 TaKaRa LA *Taq* (Takara Biomedical, Japan) 进行扩增, 其反应体系为 2.5 μL 10 \times LA *Taq* Buffer、2.5 μL Mg^{2+} 、2.5 μL dNTP, 0.1 μL LA *Taq* 酶, 0.2 μL DNA 模板上下游引物 (10 $\mu\text{mol/L}$) 各 0.2 μL , 加去离子水至总体积为 25 μL 。PCR 反应程序为: 96 $^{\circ}\text{C}$ 预变性 5 min; 95 $^{\circ}\text{C}$ 变性 30 s, 45~57 $^{\circ}\text{C}$ 30 s, 60 $^{\circ}\text{C}$ 2~3 min, 共 40 个循环; 最后 60 $^{\circ}\text{C}$ 延伸 10 min。PCR 产物于 1% 琼脂糖凝胶 (加 EB) 上检测, 检测结果为阳性后委托擎科生物技术公司进行测序, 最后经测序获得 COI 序列长度约为 680 bp。

2 结果与分析

2.1 浙江省杨梅主要产区果蝇多样性分析

连续两年在杨梅成熟期 (6 月上旬至下旬), 对浙江杨梅主要产区 (杭州、宁波、慈溪、余姚、黄岩、茶山和文成) 等地进行采样。通过室内饲养观察发现, 不同年份、不同杨梅产区杨梅危害率差异较大, 2018 年调查结果显示, 杭州、宁波、余姚、黄岩杨梅果蝇危害率可达 60%~80%, 而茶山和文成杨梅果蝇危害率低于 1%; 2019 年调查结果表明, 除文成外, 其他 6 个调查地点杨梅果蝇危害率高达 70%~100% (图 1A)。比较不同地区杨梅虫口数发现, 2018 年杭州超山地区单颗杨梅果蝇虫口数最高, 平均每颗杨梅虫口数约 7.6 头; 宁波、慈溪、余姚、黄岩次之, 平均每颗杨梅虫口数约 3~5 头; 茶山和文成地区每颗杨梅虫口数最低, 平均每颗杨梅虫口数小于 0.2 头 (图 1B); 2019 年调查结果, 单颗杨梅果蝇虫口数仍属杭州超山地区最高, 平均每颗杨梅虫口数约 27.64 头, 文成地区每颗杨梅虫口数最低, 为 0.52 头。



A: 果蝇危害率 The percentage of *Drosophila* infection; B: 果蝇虫口数 The mean *Drosophila* number on each *Myrica rubra*

图 1 浙江省不同地区杨梅果园果蝇危害情况

Fig. 1 The infection of *Drosophila* species on *Myrica rubra* at seven localities in Zhejiang province

利用 COI 测序对果蝇进行种类鉴定, 结果表明杨梅果园果蝇种类有黑腹果蝇 *D. melanogaster*、斑翅果蝇 *D. suzukii*、拟果蝇 *D. simulans*、高桥氏果蝇 *D. takahashii*、伊米果蝇 *D. immigrans* 和黑果蝇 *D. virilis* (图 2)。不同杨梅产区果蝇种类稍有不同, 但是大多数地区不同果蝇混合发生, 可检测到 3 种或者 3 种以上 (文成除外), 其中宁波和黄岩地区果蝇发生种类最多, 6 种果蝇均可检测到。值得注意的是, 在所有杨梅产区都有检测到黑腹果蝇和斑翅果蝇, 说明这两种果蝇是为害杨梅的主要种类 (图 2)。同时, 对斑翅果蝇发生数量进行了统计, 发现不同地区不同年份斑翅果蝇数量比例均有较大区别 (表 1): 2018 年, 斑

翅果蝇发生比例最大可达 83%（慈溪），最低约 20%（黄岩和文成），大部分地区斑翅果蝇发生比例约 60%（余姚、宁波、茶山）；2019 年，斑翅果蝇发生比例最大为 32%（文成），最低约 0（茶山）。除文成外，2019 年斑翅果蝇在各调查地区发生比例均低于 2018 年。

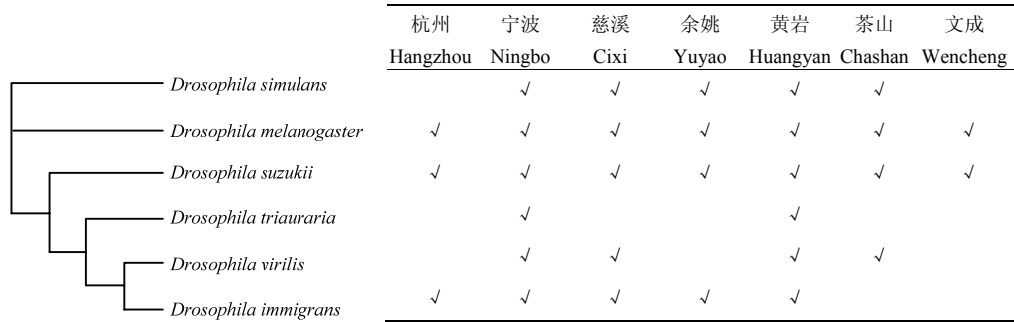


图 2 浙江省不同地区果蝇种类差异

Fig. 2 The difference of *Drosophila* species at seven localities of Zhejiang province

表 1 浙江省不同地区斑翅果蝇比例

Table 1 The percentage of *D. sukii* at seven localities of Zhejiang province

地区 Localities	2018			2019		
	果蝇总数	斑翅果蝇数量	斑翅果蝇占比	果蝇总数	斑翅果蝇数量	斑翅果蝇占比
杭州 Hangzhou	611	200	32.73%	1382	114	8.25%
宁波 Ningbo	399	254	63.66%	260	20	7.69%
慈溪 Cixi	406	338	83.25%	409	108	26.41%
余姚 Yuyao	334	222	66.47%	304	74	24.34%
黄岩 Huangyan	261	45	17.24%	286	14	4.90%
茶山 Chashan	7	5	71.43%	597	0	0.00%
文成 Wencheng	5	1	20.00%	25	8	32.00%

2.2 浙江省杨梅产区果蝇寄生蜂多样性分析

对果蝇寄生蜂诱集分 2 个阶段进行，第一个阶段在杨梅成熟前期（4 月下旬至 5 月上旬），利用香蕉、葡萄等水果作为诱饵。第二阶段是在杨梅成熟期，收集杨梅成熟果实，置于果蝇瓶中。第一个阶段寄生蜂诱集时，由于诱集时果蝇存在世代重叠现象，无法计算田间寄生蜂寄生率。对诱集到的寄生蜂进行分类，发现分属于 4 个不同的科（表 2）：茧蜂科 Braconidae、环腹瘿蜂科 Figitidae、锤角细蜂科 Diapriidae 和金小蜂科 Pteromalidae。这 4 类寄生蜂寄生果蝇的不同时期，茧蜂科和环腹瘿蜂科寄生蜂寄生幼虫期果蝇，其余两类寄生蜂均为蛹期寄生蜂。对这些寄生蜂进行统计，2018 年数据表明，除杭州外，茧蜂科寄生蜂占所诱集的寄生蜂比例虽然差异较大（40%~80%），但是显著高于其他 3 类寄生蜂（表 2）；2019 年数据表明，大部分地区（慈溪、余姚、黄岩、茶山）茧蜂科寄生蜂比例高于其他 3 类寄生蜂。值得注意的是，对杭州地区的两年调查发现少量仅茧蜂寄生蜂，其寄生蜂主要以金小蜂科和锤角细蜂科为主。利用形态学和 COI 测序对果蝇寄生蜂进行种类鉴定（表 2），结果表明，茧蜂科寄生蜂属于开臂反颚茧蜂属 *Asobara*（日本开臂反颚茧蜂 *A. japonica*、橘红开臂反颚茧蜂 *A. rufescens*、侧开臂反颚茧蜂 *A. pleuralis* 和三角开臂反颚茧蜂 *A. triangulata*）；环腹瘿蜂科寄生蜂属于小环腹瘿蜂属 *Leptopilina*（*Leptopilina* sp.）和两匙胸瘿蜂属 *Ganaspis*（黄足两匙胸瘿蜂 *G. xanthopoda* 和巴西两匙胸瘿蜂 *G. brasiliensis*）；锤角细蜂科寄生蜂为毛锤角细蜂属 *Trichopria*（食果蝇毛锤角细蜂 *T. drosophilae*）；金小蜂科寄生蜂为蝇蛹金小蜂属 *Pachycrepoideus*（蝇蛹金小蜂 *P. vindemmiae*）。第二个阶段杨梅成熟期，2018 年调查仅在黄岩杨梅中发现少量寄生蜂羽化，且为茧蜂科寄生蜂；2019 年数据表明，成熟杨梅期果蝇寄生蜂主要种类为环腹瘿蜂科和茧蜂科寄生蜂，但其寄生率较低，最高约为 6%（图 3）。

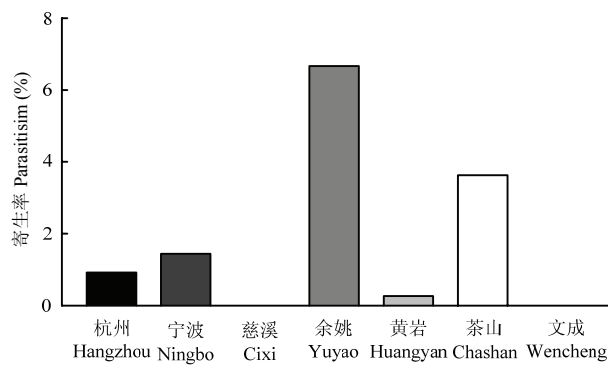


图 3 浙江省不同地区果蝇寄生蜂寄生率

Fig. 3 The parasitism rate of parasitoids at seven localities of Zhejiang province

表 2 浙江省不同地区诱集果蝇寄生蜂种类和数量

Table 2 The species of *Drosophila* parasitoids and their numbers collected at seven location of Zhejiang province

寄生蜂种类 Species of parasitoids		Accession NO.	杭州		宁波		慈溪		余姚		黄岩		茶山		文成	
			Hangzhou		Ningbo		Cixi		Yuyao		Huangyan		Chashan		Wencheng	
			2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
茧蜂科 Braconidae	日本开臂反颚茧蜂	AB456696		3	18		38	27	52	14	315	156	201	23	65	
	<i>A. japonica</i>															
	橘红开臂反颚茧蜂	AB256707			7											
	<i>A. rufescens</i>															
	三角开臂反颚茧蜂	KT835413									38					
	<i>A. triangulata</i>															
环腹瘿蜂科 Figitidae	侧开臂反颚茧蜂	AB456707									776					
	<i>A. pleuralis</i>															
	黄足丽匙胸瘿蜂	AB920761			15											
	<i>G. xanthopoda</i>															
	巴西丽匙胸瘿蜂	LC122455		43	90	22	32	7	11	11	20	15			12	3
	<i>G. brasiliensis</i>															
锤角细蜂科 Diapriidae	小环腹瘿蜂属	LC199284									6					
	<i>Leptopilina</i> sp.															
	食果蝇毛锤角细蜂	AB583599	48	48	5	4	19	4	39	3	59	29	106	2	42	27
	<i>T. drosophilae</i>															
	金小蜂科	JQ808451	23	518	17	22	8	12	25	6	17	133	9	2	20	34
	<i>P. vindemmiae</i>															

3 讨论

近年来随着杨梅产业的迅速发展、栽培品种和管理模式的改变，杨梅果蝇危害呈逐年上升趋势，已成为杨梅生产上一个突出问题。本文通过对浙江省杨梅主要产区果蝇及其寄生性天敌进行调查，采用 COI 分子生物学方法、形态学等手段进行鉴定，明确了果蝇及其寄生性天敌种类及种群动态。除温州茶山和文成地区外，其他采样地区杨梅危害率均在 60%~80%左右。根据调查时了解，茶山和文成地区采样前采取了化学农药防治措施，而其他地区采样点并没有采取防治措施，因此杭州、宁波、余姚、黄岩调查结果可充分体现果蝇发生对我省杨梅的为害程度。

浙江省已报道的杨梅果蝇种类主要有 4 种，即黑腹果蝇、拟果蝇、高桥氏果蝇和伊米果蝇，其中黑腹果蝇和拟果蝇是优势种^[7]。本文调查表明，2018 年斑翅果蝇已上升为我省杨梅果园主要为害种类，而 2019 年杨梅果园该种群占比减少，表明杨梅果园多种果蝇同时发生，种群数量变动较大。因此，对果蝇种群趋势的调查需要一个相对长的田间调查周期。此前我国其他地区虽有斑翅果蝇报道，但该害虫并未造成危害^[7,8]。斑翅果蝇因其传播速度快、范围广、为害成熟或亚成熟果实的特点，且整个幼虫期在果实内部取食，隐蔽性强，防治难度大，已对美国等全球 30 多个国家水果业造成了严重危害，并被美国、日本、澳大利亚、

新西兰、英国、德国等多个国家列为重要的检疫性害虫^[9,10]。因此, 果蝇寄生蜂特别是斑翅果蝇寄生蜂的研究近几年来才越来越多地受到关注。对本地寄生性天敌资源的调查显得尤为重要。

2013年, Guerrieri等^[11]首次在云南对斑翅果蝇寄生蜂资源进行调查, 发现开臂反颚茧蜂属 *Asobara* 寄生蜂为斑翅果蝇优势寄生蜂。经鉴定, 在云南发现的开臂反颚茧蜂属 *Asobara* 寄生蜂可分为4个新记录种 *A. elongata*, *A. mesocauda*, *A. unicolorata* 和 *A. triangulata*^[11]。随后, Girod等^[12]和 Giorgini等^[13]连续多年分别对我国云南、四川、吉林、湖北等地进行果蝇寄生蜂资源调查分析, 发现环腹瘿蜂科 Figitidae 的两种寄生蜂——巴西丽匙胸瘿蜂和日本小环腹瘿蜂 *Leptopilina japonica* 为斑翅果蝇优势寄生蜂^[12,13]。本文首次对浙江地区果蝇寄生蜂进行调查, 虽然各种寄生蜂种群丰度不一且果蝇寄生蜂寄生率普遍偏低, 但基本包含了果蝇寄生蜂四大主要类群, 且开臂反颚茧蜂属寄生蜂在部分采样地区形成了复合种群 (species complex)。与前几次调查不同的是, 本次调查发现日本开臂反颚茧蜂在中国地区的分布为优势种群。比对不同地区调查结果发现, 不同地区果蝇优势天敌种类差异较大, 造成这一差异的原因可能是由于不同地区地理位置、气候环境、生态植被等, 这为将来欧洲、北美和其他斑翅果蝇入侵地区引进天敌物种提供参考。日本开臂反颚茧蜂于1998年在日本首次发现, 并在韩国、俄罗斯等地分布^[14], 该寄生蜂是果蝇幼虫期广谱性寄生蜂。三角开臂反颚茧蜂首次发现于我国云南地区且该寄生蜂仅寄生斑翅果蝇^[11], 因此认为三角开臂反颚茧蜂更适合用于斑翅果蝇生物防治^[8]。其他果蝇幼虫寄生蜂中, 丽匙胸瘿蜂属 (巴西丽匙胸瘿蜂和黄足丽匙胸瘿蜂) 寄生蜂数量明显多于小环腹瘿蜂属寄生蜂。目前, 国内外果蝇寄生蜂中研究较多的为小环腹瘿蜂属中的布拉迪小环腹瘿蜂 *L. bouhardi* 和异腹小环腹瘿蜂 *L. heterotoma*^[15], 本次调查未发现以上两种寄生蜂。值得注意的是, 不同地区的巴西丽匙胸瘿蜂存在较大的遗传差异^[16], 从而导致不同地理种群的巴西丽匙胸瘿蜂寄生范围差异较大: 在日本鉴定的巴西丽匙胸瘿蜂种群专性寄生斑翅果蝇, 而在韩国鉴定的巴西丽匙胸瘿蜂种群属于广谱性寄生蜂, 也有报道指出巴西丽匙胸瘿蜂并不寄生斑翅果蝇^[12,17-19]。有鉴于此, 本研究鉴定到的巴西丽匙胸瘿蜂是否适用于斑翅果蝇生物防治需要进一步研究。

此前, 我国对果蝇寄生蜂天敌资源的研究主要集中于一种蛹期寄生蜂——蝇蛹金小蜂 *P. vindemmiae* (Rondani)^[20-22]。但是该寄生蜂是一种广谱性寄生蜂, 其田间对斑翅果蝇的寄生效果几乎可以忽略^[23], 这一现象体现在本次调查的大部分采样地区, 如黄岩、茶山和余姚等地, 蝇蛹金小蜂占所诱集的寄生蜂比例约为10%~20%。本研究中, 另一种蛹期寄生蜂——食果蝇毛锤角细蜂对斑翅果蝇的寄生率明显高于蝇蛹金小蜂。Trottin等^[24]在栽种草莓的温室中大量释放该寄生蜂能有效寄生斑翅果蝇蛹, 表明该种寄生蜂对斑翅果蝇的控制作用具有一定的优势。对食果蝇毛锤角细蜂寄生生物习性研究发现, 寄主体型大小对该寄生蜂产卵量、存活率以及寄生成功率均有显著的正面影响^[25,26]。因此, 在今后大量繁殖和释放及可持续控制中有很大的利用潜力, 可重点引进、保护、扩大繁殖和田间释放。综上所述, 开展斑翅果蝇原产地的寄生蜂种群资源调查和防治效果研究, 对目前农业经济生产中果蝇的持续控制工作具有重要的现实意义, 同时为优势天敌的释放、害虫生物防治的开展、自然资源的管理等提供科学依据。

致谢: 感谢温州科技职业学院闫成进博士、浙江省黄岩区果树技术推广总站站长黄茜斌在样品采集过程中给予的帮助和支持; 感谢湖南农业大学实习生刘胜、河南师范大学实习生朱睿晴对样品数据的统计; 感谢 Cornelis van Achterberg 教授对果蝇寄生蜂种类的鉴定核实。

参 考 文 献

- [1] 陈宗良. 慈溪市杨梅主要病虫害及其防治[J]. 植物保护, 1996, 23(2): 26-28.
- [2] 王华弟, 沈颖, 黄茜斌, 等. 浙江省杨梅病虫害种类与发生规律及其绿色防控技术[J]. 南方农业学报, 2017, 48(4): 640-646.
- [3] 郑金土, 张同心, 徐永江, 等. 不同成熟度杨梅果实上果蝇的动态变化[J]. 应用昆虫学报, 2015, 52(2): 470-476.
- [4] Carton Y, Bouletreau M, van Alphen J J M, et al. The *Drosophila* parasitic wasps[J]. Genetics and Biology of *Drosophila*, 1986, 3: e347-394.
- [5] Fleury F, Ris N, Allemand R, et al. Ecological and genetic interactions in *Drosophila*-parasitoids communities: a case study with *D. melanogaster*, *D. simulans* and their common *Leptopilina* parasitoids in south-eastern France[J]. Genetica, 2004, 120(1-3): 181-194.
- [6] 秦丽, 王佳, 邴孝利, 等. 利用 mtCOI-PCR-RFLP 技术鉴定中国境内九个烟粉虱隐种[J]. 昆虫学报, 2013, 56(2): 186-194.
- [7] 王华弟, 沈颖, 汪恩国, 等. 杨梅果蝇种群发生动态监测与综合防治技术研究[J]. 农学学报, 2017, 7(6): 6-14.

- [8] 蔡普默, 李萍, 谢冬生, 等. 斑翅果蝇 *Drosophila suzukii* Matsumura 生物防治研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2017, 54(5): 705-715.
- [9] Cini A, Ioriatti C, Anfora G. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management[J]. Bulletin of Insectology, 2012, 65(1): 149-160.
- [10] Diepenbrock L M, Rosensteel D O, Hardin J A, et al. Season-long programs for control of *Drosophila suzukii* in southeastern US blueberries[J]. Crop Protection, 2016, 81(1): 76-84.
- [11] Guerrieri E, Giorgini M, Cascone P, et al. Species diversity in the parasitoid genus *Asobara* (Hymenoptera: Braconidae) from the native area of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae)[J]. PLoS ONE, 2016, 11(2): e0147382.
- [12] Girod P, Borowiec N, Buffington M, et al. The parasitoid complex of *D. suzukii* and other fruit feeding *Drosophila* species in Asia[J]. Scientific Reports, 2018, 8: 29555.
- [13] Giorgini M, Wang X G, Wang Y, et al. Exploration for native parasitoids of *Drosophila suzukii* in China reveals a diversity of parasitoid species and narrow host range of the dominant parasitoid[J]. Journal of Pest Science, 2019, 92: 509-522.
- [14] Ideo S, Watada M, Mitsui H, et al. Host range of *Asobara japonica* (Hymenoptera : Braconidae), a larval parasitoid of drosophilid flies[J]. Entomological Science, 2008, 11(1): 1-6.
- [15] 周思聪, 陈佳妮, 庞兰, 等. 布拉迪小环腹瘿蜂的生物学特性及其寄生对黑腹果蝇生长发育的影响[J]. 昆虫学报, 2018, 61(9): 1040-1046.
- [16] Nomano FY, Kasuya N, Matsuura A, et al. Genetic differentiation of *Ganaspis brasiliensis* (Hymenoptera: Figitidae) from East and Southeast Asia[J]. Applied Entomology and Zoology, 2017, 52(3): 429-437.
- [17] Girod P, Lierhmann O, Urvois T, et al. Host specificity of Asian parasitoids for potential classical biological control of *Drosophila suzukii*[J]. Journal of Pest Science, 2018, 91(4): 1241-1250.
- [18] Wang X G, Nance A H, Jones J M L, et al. Aspects of the biology and reproductive strategy of two Asian larval parasitoids evaluated for classical biological control of *Drosophila suzukii*[J]. Biological Control, 2018, 121: 58-65.
- [19] Mitsui H, Kimura M T. Distribution, abundance and host association of two parasitoid species attacking frugivorous drosophilid larvae in central Japan[J]. European Journal of Entomology, 2010, 107(4): 535-540.
- [20] Chen W, He Z, Ji X L, et al. Hyperparasitism in a generalist ectoparasitic pupal parasitoid, *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae), on its own conspecifics: When the lack of resource lead to cannibalism[J]. PLoS ONE, 2015, 10(4): e0124305.
- [21] 周和锋, 郑金土, 张同心, 等. 家蝇蛹和果蝇蛹繁育的蝇蛹金小蜂对果蝇蛹的寄生比较[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(1): 194-199.
- [22] 段毕升, 郑金土, 方磊, 等. 蝇蛹金小蜂对黑腹果蝇蛹的寄生习性[J]. 热带作物学报, 2012, 33(6): 1111-1115.
- [23] Stacconi M V R, Grassi A, Dalton D T, et al. First field records of *Pachycrepoideus vindemmiae* as a parasitoid of *Drosophila suzukii* in European and Oregon small fruit production areas[J]. Entomologia, 2013, 1(1): 11-16.
- [24] Trottin Y, Paulhiac E, Zicot A, et al. Experimental studies on *Drosophila suzukii* in protected strawberry crops: biology of the pest and effectiveness of a parasitoid of pupa in field conditions[C]//Proceeding of the IOBC VIII Workshop on Integrated Soft Fruit Production. Trento, 2014, 26-28.
- [25] Zhou S, Chen J, Pang L, et al. Biological characteristics of *Leptopilina boulardi* (Hymenoptera: Figitidae) and the effects of its parasitism on the growth and development of *Drosophila melanogaster*[J]. Acta Entomologica Sinica, 2018, 61(9): 1040-1046.
- [26] Wang X G, Kacar G, Biondi A, et al. Life-history and host preference of *Trichopria drosophilae*, a pupal parasitoid of spotted wing drosophila[J]. Biocontrol, 2016, 61(4): 387-397.