

贵州果园实蝇科害虫种群多样性分析

叶照春¹, 金剑雪^{1*}, 周鹏², 刘刚³, 张鑫⁴,
李鸿波¹, 程英¹, 周宇航¹, 李凤良¹

(1. 贵州省农业科学院植物保护研究所, 贵阳 550006; 2. 贵州省六盘水市农业农村局种植业发展中心, 六盘水 553000; 3. 贵州省龙里县农业农村局, 龙里 551200; 4. 安顺学院农学院, 安顺 561000)

摘要 为明确贵州果园实蝇科害虫种类及多样性, 评估贵州实蝇科害虫为害风险, 保证特色果品质量及水果产业健康发展, 本研究于2019年采用性诱剂、食诱剂等方式开展了贵州果园实蝇科害虫的诱集。经过1年持续调查监测, 明确了贵州7个监测果园实蝇种类为8种, 均属寡鬃实蝇亚科Dacinae, 其中果实蝇属 *Bactrocera* 2种, 缙果实蝇属 *Zeugodacus* 5种, 寡鬃实蝇属 *Dacus* 1种; 除开阳县宅吉乡桃园具条实蝇 *Zeugodacus scutellatus* (Hendel) 数量较多外, 其余6个监测点均以橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 数量较多, 总占比为73.23%, 是贵州果园实蝇科害虫的主要优势种; 其次为南瓜实蝇 *Zeugodacus tau* (Walker), 总占比为18.51%; 而具条实蝇(4.47%)、黑漆实蝇 *Zeugodacus scutellaris* (Bezzi)(3.24%)、三点棍腹实蝇 *Dacus trimacula* (Wang)(0.46%) 占比均低于5%。在贵州西部区域六盘水市蟠龙镇猕猴桃园和黔中区域龙里县三元镇桃园诱集到越南实蝇 *Zeugodacus yoshimotoi* (Hardy)(0.02%); 在黔西南区域安龙县者贵村芒果园诱集到泰实蝇 *Bactrocera thailandica* Drew & Hancock, 总占比仅为0.07%; 另外, 在蟠龙镇和者贵村诱集到瓜实蝇 *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett)(0.0057%), 上述3种实蝇数量均较少。比较各监测点的 Simpson 优势度指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')和均匀度指数(jsw), 均以者贵村芒果园的最低, 分别为0.0997、0.2637和0.1355; 而7个监测点诱集实蝇的相似性系数(G)在0.7143~1之间, 表明各监测果园实蝇种类为中等相似, 甚至极为相似, 均以橘小实蝇为优势种, 实蝇的种群数量分布整体上呈现从贵州西南到东北逐渐降低的趋势。

关键词 实蝇; 多样性分析; 贵州; 果园

中图分类号: S436.67 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020611

Population diversity analysis of fruit fly community in Guizhou province

YE Zhaochun¹, JIN Jianxue^{1*}, ZHOU Peng², LIU Gang³, ZHANG Xin⁴,
LI Hongbo¹, CHENG Ying¹, ZHOU Yuhang¹, LI Fengliang¹

(1. Institute of Plant Protection, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China; 2. The Planting Development Center of Liupanshui Agricultural and Rural Bureau, Guizhou Province, Liupanshui 553000, China; 3. Longli Agricultural and Rural Bureau, Guizhou Province, Longli 551200, China; 4. College of Agronomy, Anshun University, Anshun 561000, China)

Abstract To determine the species and diversity of Tephritidae pests in the orchards of Guizhou province, evaluate the risk of their damages in Guizhou, and provide targeted control strategies to ensure the quality of characteristic fruits and healthy development of fruit industry, the Tephritidae pests were continuously trapped in the orchards by using sex attractants and feeding attractants in 2019. Through one-year investigation, there were eight species of fruit flies in seven orchards in Guizhou, including two species of *Bactrocera*, five species of *Zeugodacus* and one species of *Dacus*. Except for the number of *Zeugodacus scutellatus* (Hendel) in peach orchards in Zhajiji village, Kaiyang county, Guiyang city was slightly higher, *Bactrocera dorsalis* was main dominant species in the other six monitoring points, accounting for 73.23% of the total. The second was

收稿日期: 2020-11-17

修订日期: 2020-12-30

基金项目: 贵州省农业科技计划(黔科合支撑[2018]2355); 贵州省精品水果现代农业产业技术体系[GZCYTX2020-04]

致谢: 感谢中国农业大学植物保护学院昆虫系李志红教授团队对本研究中标本鉴定给予支持与帮助。

* 通信作者 E-mail: jinjianxue163@163.com

Zeugodacus tau (Walker) (18.51%). However, the proportions of *Z. scutellatus* (4.47%), *Z. scutellaris* (Bezzi) (3.24%) and *Dacus trimacula* (Wang) (0.46%) were all less than 5%. *Z. yoshimotoi* (Hardy) (0.02%) was trapped in kiwi orchard of Panlong township, Liupanshui city and peach orchard of Sanyuan township, Longli county. *B. thailandica* Drew & Hancock (0.07%) was trapped in mango orchards of Zhegui village, Anlong county, in Southwest Guizhou, and *Z. cucurbitae* (Coquillett) (0.0057%) was trapped in Panlong township and Zhegui village. The number of these three species above was relatively small. Diversity analysis showed that the Simpson dominance index (D), the Shannon-Wiener's information diversity index (H') and the evenness index (jsw) in the mango orchard of Zhegui village, Anlong county were the lowest (0.0997, 0.2637 and 0.1355, respectively). The similarity coefficients (G) of the seven monitoring locations were between 0.7143–1, indicating that the species in orchards monitored were moderately similar or even extremely similar. The dominant species of fruit fly pests in the orchards of Guizhou was *B. dorsalis*. The distribution of Tephritidae fruit fly pests generally exhibited a decreasing trend from southwest to northeast in Guizhou.

Key words fruit flies; population diversity analysis; Guizhou; orchard

实蝇(fruit fly)为双翅目 Diptera 实蝇科 Tephritidae 昆虫的统称,是双翅目昆虫中种类最多、形态变化最大的类群^[1]。已有记录的实蝇科昆虫近 500 属 5 000 种^[2-3],并且还有新种不断被发现^[4-5]。实蝇科昆虫属植食性昆虫,幼虫均为潜食性,生活于叶、芽、茎、果实、种子及菊科的花序内,有的造成虫瘿,有的潜入叶内。成虫多聚集在植物的花、果实和叶上。许多种类是作物,尤其是果实的重要害虫,其幼虫在果实内部孵化后直接取食果肉,造成果实畸形、黄化、腐烂、大量脱落等^[6-7];由于其飞行能力强,杀虫剂难以有效接触虫体,造成防治困难。此外,该类害虫的卵和幼虫极易随着运输进行长距离传播扩散。不少种类,如地中海实蝇 *Ceratitis capitata* (Wiedemann)、苹果实蝇 *Rhagoletis pomonella* (Walsh)、欧洲樱桃实蝇 *Rhagoletis cerasi* Loew 属世界检疫对象;而地中海实蝇、橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel)、瓜实蝇 *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett)、番石榴实蝇 *Bactrocera correcta* (Bezzi) 等为中国的重点检疫对象。有害实蝇寄主涉及经济水果类植物 24 科 42 属,蔬菜类植物 4 科 16 属^[8]。实蝇科害虫已然成为果树和蔬菜生产上的一类顽固性害虫,严重威胁作物的产量和质量。

在我国,对实蝇科害虫的种类调查已成为常态,许多省市都开展了实蝇科害虫的多样性分布及为害情况研究。梁广勤等对我国实蝇进行了长期的监测和调查,发现我国南方实蝇种类是以寡毛实蝇为主体,而橘小实蝇、瓜实蝇和南瓜实蝇 *Zeugodacus tau* (Walker) 是我国南方发生实蝇中的优势种。不同地区实蝇的种类和数量存在较大差异^[9]。黄月英在

2001 年—2004 年调查了福建的实蝇种类,结果表明有橘小实蝇、瓜实蝇、南瓜实蝇、具条实蝇 *Zeugodacus scutellatus* (Hendel)。其中种群密度以橘小实蝇最高,其次是瓜实蝇、南瓜实蝇;具条实蝇仅诱到少量几头^[10]。李伟丰等 2000 年—2005 年对广西实蝇科种类进行监测后得出橘小实蝇、瓜实蝇、南瓜实蝇在广西发生普遍,是广西的优势种;而后两者是桂林地区实蝇的优势种^[11]。陈旭等于 2003 年—2007 年在云南实蝇主要分布区内进行调查,发现云南主要有有害实蝇种类分布呈现明显的南北向梯度差异,有害种类有 25 种之多^[12]。林明光等于 2009 年—2012 年对海南各县市果蔬实蝇优势种、重要果实蝇寄主及为害情况等进行了深入调查和研究。结果表明,海南已知果蔬实蝇科害虫共计 18 种;橘小实蝇、瓜实蝇和南瓜实蝇在全岛均有分布;而橘小实蝇是热带果园的优势种^[13]。王涛等于 2010 年—2011 年对贵州德江、铜仁、都匀、凯里等 6 个地区果蔬实蝇进行系统监测和多样性分析,结果显示 6 个地区 2 年共诱捕到果蔬有害实蝇 14 种。各监测点的相似性系数和多样性指数均存在差异,相似性系数、Simpson 指数、Shannon 指数和均匀性指数分别在 0.25~0.80、0.11~0.68、0.28~1.25 和 0.18~0.62 之间。整体上从东北向西南逐渐递增^[14]。

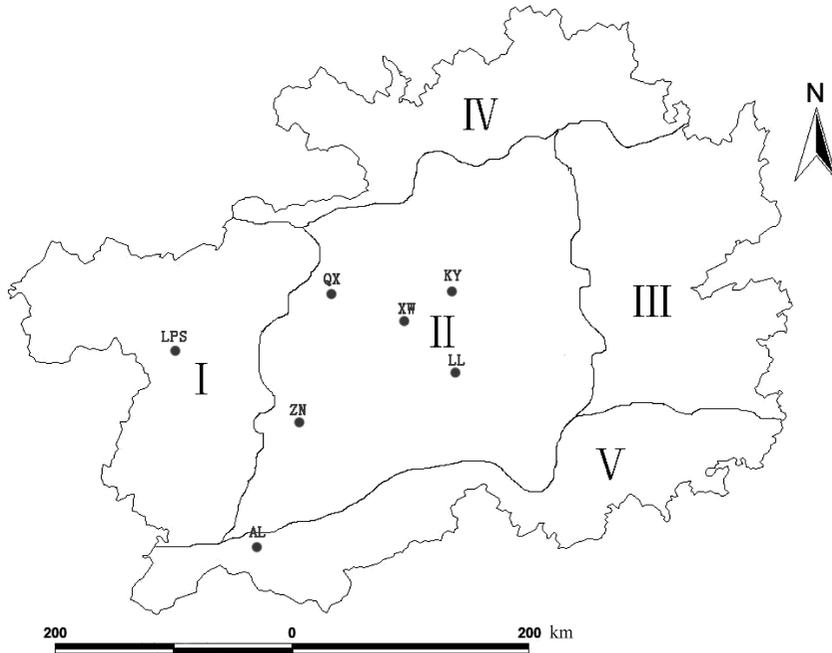
贵州自然条件较为优越,立体的山地气候明显,适宜多种水果的生长,品种涵盖了火龙果、芒果、猕猴桃、杨梅等特色水果,也包括柑橘、苹果、葡萄、梨、桃、李等大宗品种。截至 2014 年,贵州果园面积约 37.86 万 hm^2 ,产量 261.4 万 t,比 2010 年种植面

积增加了 59.86%，产量增长了 52.76%^[15]。实蝇科害虫的分布和繁殖与入侵地的气候，尤其是温度和降雨有极大关系^[16-18]。随着贵州水果产业结构的调整，特色精品水果品种种植面积的进一步扩大，为实蝇科害虫提供了丰富的寄主资源。实蝇科害虫的发生为害情况也随之备受关注。为了解贵州近几年来实蝇科害虫的发生情况及多样性，本文开展了贵州具有代表性的果园实蝇科害虫种类调查及种群多样性分析，旨在评估贵州实蝇科害虫为害的风险，为贵州水果产业虫害防控提供信息，以保证特色果品质量及水果产业的健康发展。

1 材料与方法

1.1 试验地点

根据近年来贵州水果产业结构调整的主要区域，结合贵州省几大动物地理区划分布^[19]，选择种植面积较大的果园，如六盘水市蟠龙镇(LPS)红心猕猴桃园、黔西县林泉镇(QX)贵长猕猴桃园；安龙县者贵村(AL)芒果园；镇宁县坝草村(ZN)火龙果园；修文县(XW)贵长猕猴桃园、开阳县宅吉乡(KY)桃园；龙里县三元镇(LL)桃园等 7 个地点设置监测点。详细信息见图 1、表 1。



I：黔西高原中山省；II：黔中原山丘陵省；III：黔东低山丘陵省；IV：黔北中山峡谷省；V：黔南低山河谷省。LPS：六盘水市蟠龙镇；QX：黔西县林泉镇；AL：安龙县者贵村；ZN：镇宁县坝草村；XW：修文县；KY：开阳县宅吉乡
I：Western region of Guizhou；II：Central region of Guizhou；III：Eastern region of Guizhou；IV：Northern region of Guizhou；V：Southern region of Guizhou. LPS：Panlong town, Liupanshui city；QX：Linquan town, Qianxi county；AL：Zhegui village, Anlong county；ZN：Bacao village, Zhenning county；XW：Xiuwen county；KY：Zhaiji village, Kaiyang county

图 1 贵州省动物地理区划^[19]

Fig. 1 Zoogeographical divisions of Guizhou

表 1 试验地点信息表

Table 1 The geographic information of the experiment location

序号 No.	监测地点 Monitoring site	海拔/m Altitude	经纬度 Longitude and latitude	调查点情况 Information about monitoring site	
				品种 Variety	试验面积/m ² Test area
1	六盘水市水城县蟠龙镇猕猴桃园	1 282	26°26'16"N, 105°04'53"E	红阳(套袋)	4 669
2	黔西南州安龙县者贵村芒果园	861	24°57'42"N, 105°25'42"E	青芒	4 669
3	安顺市镇宁县坝草村火龙果园	464	25°28'05"N, 105°47'16"E	京都一号	4 669
4	毕节市黔西县林泉镇猕猴桃园	1 384	27°01'08"N, 105°51'30"E	贵长	4 669
5	黔南州龙里县三元镇桃园	1 083	26°30'53"N, 107°04'18"E	艳红桃	4 669
6	贵阳市开阳县宅吉乡桃园	944	27°16'39"N, 107°06'59"E	艳红桃	4 669
7	贵阳市修文县猕猴桃园	1 270	26°49'46"N, 106°35'40"E	贵长	4 669

1.2 试验药剂

60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂(SC): 陶氏益农中国有限公司。

实蝇诱捕器(900 mL/瓶)、甲基丁香酚(methyl eugenol, ME, 单支装, 每支 2 mL)、诱蝇酮(cuelure, CuE, 单支装, 每支 2 mL)、蛋白食诱剂(1 000 mL/瓶), 均由泉州市绿普森生物科技有限公司生产。

1.3 试验方法

甲基丁香酚为黄色透明液体; 诱蝇酮为无色透明液体。两种性诱剂需配合实蝇诱捕器使用。

实蝇诱捕器分为瓶盖、瓶身两部分, 瓶盖包含防雨盖、诱集孔、棉芯及固定棉芯的卡槽。使用时, 将棉芯取出, 放入装有诱剂的容器中, 让棉芯充分浸透, 再将浸透诱剂的棉芯装入诱捕器瓶盖上的棉芯卡槽处, 旋紧瓶身。用捆绑绳将整个诱捕器悬挂安装到果树树冠下。每 30 d 左右收集诱集的实蝇, 并补充 1 次诱剂。

蛋白食诱剂: 将实蝇诱捕器进行改装。诱捕器的诱集孔部分去掉, 仅留瓶身及防雨盖, 用捆绑绳连接防雨盖及瓶身。食诱剂与水以 1:9 的比例进行稀释(防止饵料干燥), 并加入 60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂(终浓度 0.025%), 充分摇匀。将配制好的食诱剂倒入改装后的诱捕器, 使用量为每瓶 15~30 mL。每隔 5~7 d 补充 1 次食诱剂, 并收集诱集的实蝇。食诱剂使用之前需充分摇匀。

将诱捕器编号后悬挂于树冠下非阳光暴晒处(由于火龙果为肉质茎, 无树冠, 诱捕器尽可能悬挂于阴凉处), 放置高度距地面 1.5 m 左右, 每个诱捕器间相距 8~10 m, 随机放置。按上述周期收集实蝇标本, 做好标记后带回实验室进行鉴定与记录。每个监测点 3 种诱剂设置相同数量, 每种 9 瓶, 共计 27 瓶。从 2019 年 6 月开始, 按期收集每个监测点诱集的实蝇成虫, 截至 2020 年 6 月止, 持续收集 1 年的监测数据。

在各监测点果实成熟前后, 在园中随机捡拾落果带回实验室培养。

1.4 数据统计

将每次诱集获得的实蝇标本分类计数, 并用无水乙醇浸泡, 按地点、时间、诱剂种类分别存放和统计。采用 Microsoft Office Excel 2010 进行数据统计。

标本鉴定基于《实蝇类重要害虫鉴定图册》^[20]《实蝇》^[21]提供的形态鉴定特征及分子鉴定技术^[22-23]。同时, 根据 Doorenweerd 等^[24]2018 年对 932 种实蝇分类地位的最新厘定, 将南瓜实蝇、具条实蝇、瓜实蝇、越南实蝇 *Zeugodacus yoshimotoi* 等从果实蝇属 *Bactrocera* 厘定为簇果实蝇属 *Zeugodacus*。鉴于实蝇种类众多, 为确保鉴定结果的可靠性, 本研究中诱集的实蝇种类均请中国农业大学有关专家复鉴确认。

1.4.1 优势种、常见种

采用李伟东等^[25]的评价方法, 个体的捕获量占总捕获量的百分比大于 10% 的为优势种, 5%~10% 为常见种。

1.4.2 多样性指数

多样性分析分别采用 Shannon-Wiener 的多样性指数 H' 、Simpson 优势度指数 D 和 Pielou 的均匀度指数 jsw 。计算公式如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i;$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s \left[\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right];$$

$$jsw = (- \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i) / \ln S.$$

其中: S 为物种数, P_i 为物种 i 的个体数占总个体数的比例(即 n_i/N), n_i 为物种 i 的个体数, N 为群落物种个体总数。

1.4.3 相似性分析

Jaccard 相似性系数 $G = c / (a + b - c)$ 。

其中 c 指 A、B 两个样方中共有的物种数; a 指 A 样方中的物种数; b 指 B 样方中的物种数。

按 Jaccard 相似性系数原理: 相似性指数在 $0 < G < 0.25$ 范围内为极不相似, 在 $0.25 \leq G < 0.50$ 范围内为中等不相似, 在 $0.50 \leq G < 0.75$ 范围内为中等相似, 在 $0.75 \leq G < 1.00$ 范围内极为相似。

2 结果与分析

2.1 各监测点果园主要实蝇种类调查

经过 1 年的持续监测, 7 个监测点诱集到的实蝇种类有 8 种(表 2), 均属寡鬃实蝇亚科 *Dacinae*。其中果实蝇属 *Bactrocera* 2 种, 簇果实蝇属 *Zeugodacus* 5 种, 寡鬃实蝇属 *Dacus* 1 种。7 个监测点都有的实蝇种类为橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis*、南瓜

实蝇 *Zeugodacus tau*、黑漆实蝇 *Z. scutellaris*、具条实蝇 *Z. scutellatus* 和三点棍腹实蝇 *Dacus trimaculata*。在者贵村芒果园诱集到泰实蝇 *B. thailandica*；蟠龙镇猕猴桃园和三元镇桃园诱集到越南实蝇 *Z. yoshimotoi*；蟠龙镇和者贵村诱集到瓜实蝇 *Z. cucurbitae*。

按监测点分析,蟠龙镇猕猴桃园和者贵村芒果园与诱集到的实蝇种类均为 7 种;三元镇桃园诱集到 6 种;宅吉乡桃园、坝草村火龙果园、林泉镇猕猴桃园与修文县猕猴桃园诱集到的种类均为 5 种。7 个监测点诱集的实蝇总数为 52 208 头,其中数量最多的

为者贵村(21 263 头);其次为蟠龙镇(20 064 头);这两地诱集的实蝇数量占总数的 79.16%。

2.2 各监测点实蝇害虫的优势种和常见种

从诱集到的实蝇种类可知,除宅吉乡桃园具条实蝇数量稍多外,蟠龙镇猕猴桃园、者贵村芒果园、林泉镇猕猴桃园等 6 个监测点橘小实蝇均占据了主要地位,总占比为 73.23%,为主要优势种,南瓜实蝇(18.51%)亦为优势种;具条实蝇(4.47%)和黑漆实蝇(3.24%)占比均低于 5%;而三点棍腹实蝇(0.46%)、泰实蝇(0.07%)、越南实蝇(0.02%)和瓜实蝇(0.005 7%),总占比低于 1%,数量均较少(表 2)。

表 2 贵州 7 个监测点诱集的实蝇种类及数量(2019 年 6 月—2020 年 6 月)

Table 2 Species and numbers of individuals of fruit flies trapped at seven monitoring sites in Guizhou from June, 2019 to June, 2020

实蝇种类 Species	蟠龙镇猕猴桃园 Kiwifruit orchards in Panlong township		者贵村芒果园 Mango orchards in Zhegui village		坝草村火龙果园 Pitaya fruit orchards in Bacao village		修文县猕猴桃园 Kiwifruit orchards in Xiuwen county	
	诱集数量/头 Trapped fruit flies	占比/% Percentage	诱集数量/头 Trapped fruit flies	占比/% Percentage	诱集数量/头 Trapped fruit flies	占比/% Percentage	诱集数量/头 Trapped fruit flies	占比/% Percentage
橘小实蝇 <i>Bactrocera dorsalis</i>	10 226	50.97	20 165	94.84	4 294	86.43	1 522	79.15
南瓜实蝇 <i>Zeugodacus tau</i>	7 631	38.03	534	2.51	400	8.05	298	15.50
具条实蝇 <i>Z. scutellatus</i>	704	3.51	308	1.45	267	5.37	87	4.52
黑漆实蝇 <i>Z. scutellaris</i>	1 310	6.53	215	1.01	4	0.08	8	0.42
三点棍腹实蝇 <i>Dacus trimaculata</i>	184	0.92	5	0.02	3	0.06	8	0.42
泰实蝇 <i>B. thailandica</i>	0	0.00	34	0.16	0	0.00	0	0.00
越南实蝇 <i>Z. yoshimotoi</i>	8	0.04	0	0.00	0	0.00	0	0.00
瓜实蝇 <i>Z. cucurbitae</i>	1	0.005	2	0.01	0	0.00	0	0.00
总计 Total	20 064		21 263		4 968		1 923	

实蝇种类 Species	宅吉乡桃园 Peach orchards in Zhajiji village		三元镇桃园 Peach orchards in Sanyuan township		林泉镇猕猴桃园 Kiwifruit orchards in Linquan township		总计/头 Total number	总占比/% Total percentage
	诱集数量/头 Trapped fruit flies	占比/% Percentage	诱集数量/头 Trapped fruit flies	占比/% Percentage	诱集数量/头 Trapped fruit flies	占比/% Percentage		
橘小实蝇 <i>B. dorsalis</i>	419	41.65	805	65.77	799	45.40	38 230	73.23
南瓜实蝇 <i>Z. tau</i>	114	11.33	86	7.03	603	34.26	9 666	18.51
具条实蝇 <i>Z. scutellatus</i>	431	42.84	308	25.16	228	12.95	2 333	4.47
黑漆实蝇 <i>Z. scutellaris</i>	39	3.88	8	0.65	105	5.97	1 689	3.24
三点棍腹实蝇 <i>D. trimaculata</i>	3	0.30	13	1.06	25	1.42	241	0.46
泰实蝇 <i>B. thailandica</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	34	0.07
越南实蝇 <i>Z. yoshimotoi</i>	0	0.00	4	0.33	0	0.00	12	0.02
瓜实蝇 <i>Z. cucurbitae</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	0.005 7
总计 Total	1 006		1 224		1 760		52 208	

2.3 贵州果园实蝇科害虫的多样性分析

2.3.1 各监测点实蝇害虫的多样性分析

通过 1 年的诱集,7 个监测点果园诱集实蝇种

类在 5~7 种之间。从多样性指数分析,7 个监测点的 Simpson 优势度指数(D)以者贵村芒果园的最低,为 0.099 7;其余依次为坝草村火龙果园(0.243 6)<

蟠龙镇猕猴桃园(0.590 0) < 修文县猕猴桃园(0.902 3) < 林泉镇猕猴桃园(0.956 9) < 三元镇桃园(0.969 6) < 宅吉乡桃园(0.984 8)。Shannon-Wiener 的多样性指数 H' 以者贵村芒果园最低(0.263 7), 林泉镇猕猴桃园(1.218 9) 最高, 表明者贵村芒果园实蝇多样性水平低, 稳定程度最低, 其多

样性易受外界干扰, 而林泉镇猕猴桃园实蝇种类多样性丰富, 稳定程度较高。均匀度指数(j_{stw}) 分析结果显示, 7 个果园实蝇的均匀度指数的大小顺序与 Shannon 多样性指数一致(表 3)。者贵村芒果园仍为最低值, 为 0.135 5; 而林泉镇猕猴桃园实蝇的均匀度指数(0.626 4) 最高。

表 3 贵州 7 个监测点实蝇多样性指数分析(2019 年 6 月—2020 年 6 月)

Table 3 Diversity indexes of fruit fly communities at seven sites in Guizhou from June, 2019 to June, 2020

序号 No.	地点信息 Location information	多样性分析 Diversity analysis			
		物种数(S) Number of species	Simpson 指数(D) Simpson index	Shannon 指数(H') Shannon index	均匀度指数(j_{stw}) Evenness index
1	六盘水市水城县蟠龙镇猕猴桃园	7	0.590 0	1.053 5	0.541 4
2	黔西南州安龙县者贵村芒果园	7	0.099 7	0.263 7	0.135 5
3	安顺市镇宁县坝草村火龙果园	5	0.243 6	0.496 2	0.255 0
4	贵阳市修文县猕猴桃园	5	0.902 3	0.659 7	0.339 0
5	贵阳市开阳县宅吉乡桃园	5	0.984 8	1.118 0	0.574 6
6	黔南州龙里县三元镇桃园	6	0.969 6	0.909 2	0.467 3
7	毕节市黔西县林泉镇猕猴桃园	5	0.956 9	1.218 9	0.626 4

2.3.2 各监测点实蝇害虫的相似性分析

7 个监测点诱集实蝇的相似性系数(G) 在 0.714 3 ~1 之间, 表明各监测果园为中等相似, 甚至极为相似。

其中六盘水市分别与镇宁县、修文县、开阳县、龙里县及黔西县; 安龙县分别与镇宁县、修文县、开阳县、龙里县及黔西县均为中等相似; 其他地区之间均极为相似(表 4)。

表 4 贵州 7 个监测点实蝇种类相似性系数(2019 年 6 月—2020 年 6 月)

Table 4 Similarity coefficients of fruit flies at seven monitoring sites in Guizhou from June, 2019 to June, 2020

监测点 Monitoring site	蟠龙镇猕猴桃园 Kiwifruit orchards in Panlong township	者贵村芒果园 Mango orchards in Zhegui village	坝草村火龙果园 Pitaya fruit orchards in Bacao village	修文县猕猴桃园 Kiwifruit orchards in Xiuwen county	宅吉乡桃园 Peach orchards in Zhajji village	三元镇桃园 Peach orchards in Sanyuan township
者贵村芒果园 Mango orchards in Zhegui village	0.750 0					
坝草村火龙果园 Pitaya fruit orchards in Bacao village	0.714 3	0.714 3				
修文县猕猴桃园 Kiwifruit orchards in Xiuwen county	0.714 3	0.714 3	1.000 0			
宅吉乡桃园 Peach orchards in Zhajji village	0.714 3	0.714 3	1.000 0	1.000 0		
三元镇桃园 Peach orchards in Sanyuan township	0.857 1	0.625 0	0.833 3	0.833 3	0.833 3	
林泉镇猕猴桃园 Kiwifruit orchards in Linquan township	0.714 3	0.714 3	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.833 3

3 结论与讨论

结合李子忠等提出的贵州动物地理区划^[19], 此次布置的监测点中, 六盘水市属于贵州动物地理区划中“黔西高原中山省”(图 1, 下同)、镇宁、修文、龙

里、开阳、黔西等地属于“黔中山原丘陵省”, 安龙属于“黔南低山河谷省”。根据监测结果可知, 全年诱集虫量最多(21 263 头)、种类最多(7 种)的均为安龙县者贵村芒果园; 其次为六盘水市蟠龙镇猕猴桃园(20 064 头, 7 种); 再次为镇宁县坝草村火龙果园

(4 968 头, 5 种)。从调查数据分析, 贵州实蝇科害虫种群数量总体上呈现从西南到东北逐渐减少的趋势。本研究所得结果与王涛等^[14]得出的结果大致相同。宏观上, 贵州西南部属于交界地带, 根据李子忠等^[19]划分的贵州动物地理区划可知, 西南部为黔中山原丘陵省、黔西高原中山省与黔南低山河谷省交界地带, 而同时该区也是贵州水果产业结构调整的主要地带。适宜的气候、丰富的食物链极易导致该区域实蝇种群及数量的富集。

从种群诱集情况分析, 安龙县者贵村芒果园橘小实蝇占比达到 94.84%, 占据了该地的主要生态位, 成为该地绝对优势种群。从多样性的角度分析, 者贵村实蝇种群的 Simpson 优势度指数最小, 均匀度程度最低; Shannon 多样性指数最小, 多样性程度最低。而六盘水市蟠龙镇猕猴桃园, 虽然诱到的实蝇总数量仅居其后, 但 Simpson 优势度指数为 7 个监测点中的第 5 位; Shannon 多样性指数为 7 个监测点中的第 3 位, 仅次于林泉镇和宅吉乡, 可见六盘水市蟠龙镇猕猴桃园的实蝇种类多样性仍较丰富、种群较为稳定。经过 1 年的监测, 从各监测点实蝇害虫的种群消长动态可知, 橘小实蝇争夺优势生态位的能力强于其他实蝇种群, 如南瓜实蝇、具条实蝇等, 后两者的占比均远远小于 5%, 已成为稀疏种。据陈霄等报道, 2000 年在贵州全省开展了实蝇的监测工作, 经过对全省 9 个地(州、市)36 个县(市、区)的监测, 明确了贵州省的主要实蝇种类为南瓜实蝇、瓜实蝇和橘小实蝇。其中南瓜实蝇为优势种群^[26]。与本研究的对比可知, 在 19 年的时间内, 贵州省实蝇科种类虽变化不大, 但种群多样性发生了变化, 橘小实蝇已上升为贵州果园的主要优势种。

本研究中涉及的 7 个监测点海拔高度差异较大, 从镇宁县坝草村的 464 m 到黔西县林泉镇的 1 384 m。通过 1 年的监测, 海拔高度为 1 282 m 的六盘水市、861 m 的安龙县出现最高实蝇种群数量。而多样性、优势度和均匀度分析的结果显示贵州实蝇种群分布与海拔高度尚未出现某种规律。

本研究在收集实蝇的同时, 捡拾园中落果带回实验室培养。经室内培养观察, 猕猴桃落果、芒果落果中均得到羽化的橘小实蝇成虫, 尚未观察到其他种类的实蝇。笔者推断虽然在猕猴桃园、芒果园中诱集到 5~7 种实蝇, 但为害猕猴桃、芒果果实的为橘小实蝇。而在桃、火龙果的落果中尚未得到羽化的成虫。由于捡拾落果数量有限, 这部分工作仍需

进一步验证。

安龙地区橘小实蝇为害严重, 究其原因主要有以下几方面: 一是该地海拔 861 m, 位于南盘江畔, 与广西百色隔江相望, 气候宜人; 该地种植果树品种较多, 香蕉、芒果、柑橘、四月李等水果, 还有西瓜、无花果等, 生育期相互交叉, 为橘小实蝇提供了适宜的生存条件和丰富的寄主条件。二是当地农户对橘小实蝇的为害尚未引起足够重视, 对果园不进行清园处理、对有虫果不进行集中处置, 发现有虫果随意丢弃, 这加大了橘小实蝇种群数量的累积。三是将有害果带入市场销售, 这进一步增加了橘小实蝇扩散的风险。上述原因使得该地几乎成为一个向外界输出橘小实蝇的虫源地。

针对六盘水地区, 其西南部毗邻云南省, 存在频繁的果蔬调运等经贸往来活动; 同时, 近几年六盘水地区大力发展红心猕猴桃产业, 2019 年猕猴桃种植面积达 1.34 万 hm^2 , 其特殊的地理位置及种植结构的单一化为该地区实蝇入侵和扩散创造了有利条件。该地区为防控橘小实蝇对猕猴桃的为害, 近两年大力推广套袋技术, 虽然增加了成本, 但该举措确保了猕猴桃的产量和质量。尽管如此, 橘小实蝇的为害仍是产业发展的制约因素。通过 1 年的监测可知, 依靠性诱、食诱等传统方法仅可作为套袋技术的辅助措施, 可以一定程度减少橘小实蝇的种群数量, 短期内不能完全解决橘小实蝇的为害。因此, 目前面临的防控形势为进一步研发更优越、有效的防控技术提出了更高要求。

参考文献

- [1] NORRBOM A L, ZUCCHI R A, HERNÁNDEZ-ORITZ V. Phylogeny of the genera *Anastrepha* and *Toxotrypana* (Trypetinae: Toxotrypanini) based on morphology [C]// ALUJA M, NORRBOM A L, eds. Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior. Boca Raton: CRC Press, 2000: 299 - 342.
- [2] CLARKE A R, ARMSTRONG K F, CARMICHAEL A E, et al. Invasive phytophagous pests arising through a recent tropical evolutionary radiation: the *Bactrocera dorsalis* complex of tropical fruit flies [J]. Annual Review of Entomology, 2005, 50: 293 - 319.
- [3] WHITE I M, ELSON-HARRIS M M. Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics [M]. Wallingford, UK: CAB International, 1992.
- [4] 余慧, 邓裕亮, 陈乃中. 中国云南华实蝇亚属一新种记述(双翅目, 实蝇科)[J]. 动物分类学报, 2012, 37(4): 834 - 836.

- [5] 张南南, 季清娥, 陈家骅. 中国果实蝇属一新种记述(双翅目, 实蝇科, 寡鬃实蝇亚科)[J]. 动物分类学报, 2012, 37(1): 206-208.
- [6] 李人柯. 瓜实蝇的为害与防治[J]. 中国蔬菜, 1997(3): 26-27.
- [7] 江昌木, 艾洪木, 赵士熙. 不同寄主营养条件下的瓜实蝇实验种群生命表[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2006, 31(1): 24-28.
- [8] 汪兴鉴. 重要果蔬类有害实蝇概论(双翅目: 实蝇科)[J]. 植物检疫, 1995, 9(1): 20-30.
- [9] 梁广勤, 梁帆, 赵菊鹏, 等. 中国实蝇检疫研究概况[J]. 环境昆虫学报, 2008, 30(4): 361-369.
- [10] 黄月英. 福建省实蝇种类监测和寄主初步调查[J]. 亚热带农业研究, 2006, 2(1): 49-52.
- [11] 李伟丰, 龚秀泽, 黄永成, 等. 广西实蝇的种类及发生动态[J]. 西南大学学报, 2008, 30(2): 124-128.
- [12] 陈旭, 刘晓飞, 叶辉. 云南主要有害实蝇种类及区划[J]. 生态学报, 2010, 30(3): 717-725.
- [13] 林明光, 汪兴鉴, 曾玲, 等. 海南果蔬实蝇种类、地理分布及危害调查[J]. 植物检疫, 2013, 27(5): 85-89.
- [14] 王涛, 任艳玲, 张润志, 等. 贵州实蝇种类及多样性构成[J]. 植物保护学报, 2016, 43(5): 752-758.
- [15] 刘元标, 陈经国. 贵州水果产业发展现状及建议[J]. 中国热带农业, 2015(5): 11-13.
- [16] DUYCK P F, DAVID P, QUILLICI S. Climatic niche partitioning following successive invasions by fruit flies in La Réunion [J]. Journal of Animal Ecology, 2006, 75(2): 518-526.
- [17] VERA M T, RODRIGUEZ R, SEGURA D F, et al. Potential geographical distribution of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), with emphasis on Argentina and Australia [J]. Environmental Entomology, 2002, 31(6): 1009-1022.
- [18] DE MEYER M, ROBERTSON M P, MANSELL M W, et al. Ecological niche and potential geographic distribution of the invasive fruit fly *Bactrocera invadens* (Diptera, Tephritidae)[J]. Bulletin of Entomological Research, 2010, 100(1): 35-48.
- [19] 李子忠, 汪廉敏. 贵州农林昆虫志: 第 4 卷[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1992: 6-19.
- [20] 吴佳教, 梁帆, 梁广勤. 实蝇类重要害虫鉴定图册[M]. 广州: 广东科技出版社, 2009.
- [21] 梁广勤. 实蝇[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [22] 姜帆, 李志红, 梁亮, 等. 实蝇科昆虫线粒体基因组研究进展[J]. 植物检疫, 2016, 33(3): 12-17.
- [23] 姜帆. 我国检疫性实蝇分子鉴定技术体系的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
- [24] DOORENWEERD C, LEBLANC L, NORRBOM A L, et al. A global checklist of the 932 fruit fly species in the tribe Dacini (Diptera, Tephritidae) [J]. ZooKeys, 2018, 730: 19-56.
- [25] 李伟东, 刘福秀, 周卫川, 等. 海南岛实蝇群落的多样性分析[J]. 热带作物学报, 2010, 31(12): 2260-2266.
- [26] 陈霄, 陈力, 王艳, 等. 贵州省实蝇种类监测情况研讨[J]. 植物医生, 2007, 20(1): 47-49.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 120 页)

- [4] 郭井菲, 何康来, 王振营. 草地贪夜蛾的生物学特性、发展趋势及防控对策[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(3): 361-369.
- [5] 谢明惠, 钟永志, 陈浩梁, 等. 草地贪夜蛾在安徽地区越冬能力初探[J]. 植物保护, 2020, 46(3): 236-241.
- [6] 杨俊杰, 郭子平, 罗汉钢, 等. 2019 年湖北省草地贪夜蛾发生为害规律和监测技术探索[J]. 植物保护, 2020, 46(3): 247-253.
- [7] 张智, 郑乔, 张云慧, 等. 草地贪夜蛾室内种群抗寒能力测定[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 43-49.
- [8] 谢殿杰, 张蕾, 程云霞, 等. 不同饲养温度对草地贪夜蛾过冷却点和体液冰点的影响[J]. 植物保护, 2020, 46(2): 62-71.
- [9] 何莉梅, 葛世帅, 陈玉超, 等. 草地贪夜蛾的发育起点温度、有效积温和发育历期预测模型[J]. 植物保护, 2019, 45(5): 18-26.
- [10] 吴孔明, 郭予元, 韦建福, 等. 棉铃虫抗寒能力的研究[J]. 生态学报, 1997, 17(3): 298-302.
- [11] 江幸福, 罗礼智, 李克斌, 等. 甜菜夜蛾抗寒与越冬能力研究[J]. 生态学报, 2001, 21(10): 1575-1582.
- [12] 韩兰芝, 翟保平, 张孝羲. 甜菜夜蛾的抗寒力研究[J]. 植物保护学报, 2005, 32(2): 169-173.
- [13] GU Hainan. Cold tolerance and overwintering of the diamond-back moth (Lepidoptera: Plutellidae) in southeastern Australia [J]. Environmental Entomology, 2009, 38(3): 524-529.
- [14] 马春森, 马罡, 杨和平. 小菜蛾在温带地区越冬研究进展[J]. 生态学报, 2010, 30(13): 3628-3636.
- [15] 管致和. 昆虫的越冬和预测预报的关系[J]. 植物保护, 1964, 2(1): 35-37.
- [16] HOFFMAN K H. Environmental physiology and biochemistry of insects [M]. Berlin: Springer, 1985.
- [17] 张悦, 邓晓悦, 张雪艳, 等. 取食不同食物的草地贪夜蛾的过冷却点和结冰点[J]. 植物保护, 2020, 46(2): 72-77.
- [18] 罗举, 俞俊杰, 周明好, 等. 草地贪夜蛾过冷却点和结冰点的测定[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(3): 428-432.
- [19] 张同强, 张蕾, 程云霞, 等. 草地贪夜蛾耐低温能力研究[J]. 植物保护, 2021, 47(1): 176-181.
- [20] JOHNSON S J. Migration and the life history strategy of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in the western hemisphere [J]. International Journal of Tropical Insect Science, 1987, 8: 543-549.
- [21] WANG Huijun, SUN Jianqi, CHEN Huopo, et al. Extreme climate in china: facts, simulation and projection [J]. Meteorologische Zeitschrift, 2012, 21(3): 279-304.

(责任编辑: 杨明丽)