

贵州兴义实蝇类昆虫多样性特征

王涛¹, 任艳玲², 杨茂发^{1,*}, 张润志^{3,*}

(1. 贵州大学昆虫研究所, 贵州山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025; 2. 贵州轻工职业技术学院, 贵阳 550025;
3. 中国科学院动物研究所, 动物进化与系统学重点实验室, 北京 100101)

摘要: 【目的】掌握贵州兴义实蝇的种类组成和不同生境中的发生规律及多样性变化。【方法】2010–2011年, 在贵州兴义5个不同生境的监测点, 采用性诱剂、食物引诱剂及被害瓜果培养法对实蝇类昆虫种类和数量进行了系统调查和监测, 并对监测数据进行分析。【结果】贵州兴义实蝇优势种包括桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel)、瓜实蝇 *B. cucurbitae* (Coquillett)、南瓜实蝇 *B. tau* (Walker) 及具条实蝇 *B. scutellata* (Hendel), 且不同年份各监测点实蝇优势种及相似性系数(0.33~0.89)存在差异; 但其年种群动态相似。聚类分析结果显示, 两个农村生境果园中实蝇种群关系最近, 城市混合果园与其他生境果园中实蝇种群关系最远; 各监测点的多样性指数在不同年份也不同, 监测的2年间 Simpson 指数、Shannon 指数和均匀度指数分别在 0.11~0.68、0.28~1.25 和 0.18~0.62 之间。【结论】贵州兴义实蝇种类丰富, 种群发生规律与气候、寄主、生态位竞争等因素有关; 相近生境混合果园诱捕到的实蝇种数和数量大于单一果园; 离城区越近, 实蝇发生期越早, 数量越大。研究结果为了解该地区实蝇种类分布以及预防实蝇危害提供了科学依据。

关键词: 实蝇; 种类组成; 优势种; 生境; 物种多样性; 种群动态; 贵州

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2015)05-0569-10

Diversity characteristics of fruit flies in Xingyi, Guizhou, southwestern China

WANG Tao¹, REN Yan-Ling², YANG Mao-Fa^{1,*}, ZHANG Run-Zhi^{3,*} (1. Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Guizhou Light Industrial Vocational College, Guiyang 550025, China; 3. Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract 【Aim】This study aims to obtain an overall knowledge of the species composition, occurrence and diversity alteration of fruit flies in Xingyi, Guizhou, southwestern China. 【Methods】The fruit flies were trapped using the methods of sex attractant, food attractant, and cultivation of infested melons to investigate and monitor the species and the number of individuals of fruit flies systemically from 2010 to 2011 in five different habitats in Xingyi, Guizhou, and all the collected data were analyzed with the related biodiversity indexes including Shannon's diversity index. 【Results】The dominant fruit fly species included *Bactrocera dorsalis*, *B. cucurbitae*, *B. tau* and *B. scutellata* in Xingyi, Guizhou, and the dominant species and similarity coefficient (0.33–0.89) varied with years and monitored sites. However, the annual population dynamics of the dominant fruit fly species was similar. The cluster analysis indicated that the relationship of the fruit fly species between two rural habitat orchards was the closest, while that between urban mixed orchards and other habitat orchards was the remotest. There were differences in the diversity indexes of the fruit fly species among different monitored sites, and the values of Simpson index, Shannon index and evenness index were 0.11–0.68, 0.28–1.25 and 0.18–0.62, respectively, in the two years monitored. 【Conclusion】Fruit fly species richness are high in Xingyi, Guizhou. The occurrence of the fruit flies is related to local climate, host plant, ecological niche competition, etc. The numbers of species and individuals of trapped fruit flies are obviously higher in the

基金项目: 贵州省科学技术基金(黔科合J字[2013]2149号); 国家质检总局重点科研项目(2014IK022)

作者简介: 王涛, 男, 1981年12月出生, 博士研究生, 研究方向为动物生态学, E-mail: 745498931@qq.com

* 通讯作者 Corresponding authors, E-mail: yangmaofa@sohu.com; zhangrz@ioz.ac.cn

收稿日期 Received: 2015-01-15; 接受日期 Accepted: 2015-03-17

habitat-similar mixed orchard than that in the mono-cultured orchard. The closer the flies to the urban, the earlier the occurrence period and the greater the amount of individuals. These results provide a scientific basis for control of fruit flies in this region.

Key words: Fruit fly; species composition; dominant species; habitat; species diversity; population dynamics; Guizhou

实蝇科(Tephritidae)是双翅目(Diptera)昆虫中最具有经济意义的昆虫类群,目前已记录近500属5000种(Clarke *et al.*, 2005) 并且还有新种不断被发现(Wang and Chen, 2002; Yu *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2012)。实蝇中很多种类是水果和蔬菜类作物的重要害虫,寄主涉及经济水果类植物24科42属,蔬菜类植物4科16属(汪兴鉴, 1995)。实蝇可以在世界绝大多数地区生存,但集中分布区主要在热带、亚热带地区,不同地理区系实蝇的种类也不相同(陈旭等, 2010)。它们的发生不仅能造成流行区内果蔬类作物的大幅度减产和经济损失,而且一旦随寄主传入适生条件优越的区域,就可能暴发成灾,酿成重大经济损失,带来难以根治的恶果,严重影响国际间果蔬贸易。很多地区进行了有害实蝇的种类调查(李伟丰等, 2008; 林明光等, 2013) 并对常见种实蝇的消长动态及气象因素对其种群动态的影响进行研究(陈鹏和叶辉, 2007; 朱春刚等, 2008; 吕欣等, 2008),有学者在海南、云南和广东部分地区进行过实蝇类群多样性的研究(陈鹏和叶辉, 2009; 李伟东等, 2010; 张永庆等, 2014) 这些研究掌握了当地实蝇种类、多样性分布及其数量的变化规律,为该区域合理调整果蔬产业布局,制定优势种实蝇防控管理措施,预防危险性实蝇的入侵起到重要作用。

兴义市位于贵州省西南部(朱士奇, 1998),是黔西南州首府,地处黔、滇、桂三省(区)结合部中心地带,跨地区甚至跨境果蔬调运极为频繁。兴义雨量充沛,日照长,亚热带及温带植物均能生长,农作物品种达530余类,是贵州乃至我国西南地区重要果蔬生产基地,生态环境极其适合实蝇生存与为害。近年来随着果蔬种植面积的进一步扩大,优良果蔬种子的引入也不断增加,为实蝇类昆虫的传播、扩散、生存与繁衍提供了十分有利的条件。目前兴义乃至黔西南州仅进行了桔小实蝇适生性分析(王涛等, 2015),关于实蝇种类及其多样性等研究未见报道,本研究以实蝇为对象,在贵州兴义不同生境典型果园设置实蝇诱捕点,研究该地区实蝇及其优势类群的种类组成、发生规律及多样性变化,并对原因进行探讨,旨在为该地区乃至西南地区的实蝇监测、防控等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查时间、地点和方法

试验于2010年1月-2011年12月在各监测点进行。研究地点位于贵州兴义,监测点选择在桔山果园、坪东果园、万峰林柑桔园、万屯杨梅园和万屯果园(表1)。

Table 1 Information of five survey sites of fruit flies

调查点 Survey site	果园类型 Orchard type	位置 Location	经度(N) Longitude	纬度(E) Latitude	海拔(m) Altitude	主要寄主 Main host plants
桔山果园 Jushan orchard	城市混合果园 Urban mixed orchard	兴义东北郊桔山镇 Jushan town, northeastern suburb of Xinyi	104°55′	25°8′	889	以柑桔为主,间有大量桃、梨、琵琶和石榴等果树和佛手瓜、南瓜、豆角、茄子、辣椒等蔬菜,面积约1 hm ²
坪东果园 Pingdong orchard	郊区混合果园 Suburb mixed orchard	兴义西北郊坪东镇 Pingdong town, northwestern suburb of Xinyi	104°51′	25°7′	871	以柑桔为主,杂有大量的桃、李、杨梅、梨、琵琶等果树和茄子、辣椒、西葫芦等蔬菜,面积约2.2 hm ²
万峰林柑桔园 Wanfenglin orange grove	郊区单一果园 Suburb mono-cultured orchard	兴义东南下五屯镇 Xiawutun town, South-east Xinyi	104°55′	25°1′	883	主要是柑桔,附近有少量佛手瓜、南瓜、茄子、辣椒等蔬菜和枇杷,面积约1 hm ²
万屯杨梅园 Wantun waxberry orchard	农村单一果园 Rural mono-cultured orchard	兴义北万屯镇 Wantun town, North Xinyi	104°55′	25°8′	863	主要是杨梅,果园边缘有少量辣椒、茄子和南瓜等蔬菜,面积约6 hm ²
万屯果园 Wantun orchard	农村混合果园 Rural mixed orchard	兴义北万屯镇 Wantun town, North Xinyi	104°55′	25°8′	860	种植有桃、李、柑桔等果树,果园边缘有少量辣椒、佛手瓜和西葫芦等蔬菜,面积约1 hm ²

诱捕采用 3 种雄性外激素引诱剂和 1 种食物诱剂。性诱剂分别是地中海实蝇诱剂(trimedlure)、甲基丁香酚(methyl eugenol) 和引诱酮(cuelure) ,均由英国 International Pheromone Systems Limited 生产,配合 Steiner 诱捕器使用。地中海实蝇诱剂为聚合柱状,初次用量为 1 粒,放入诱捕器内的小篮中,1 个月后更换诱芯和小篮;甲基丁香酚和引诱酮均为液体,与 8% 马拉硫磷(上海亚泰农资有限公司生产)混合滴到诱捕器中的脱脂棉芯上,初次用量均为 3~4 mL、按照棉芯的湿润程度,每 15~30 d 加 1 次,每次 2 mL,棉芯使用 2 个月后更新。食物诱剂采用假丝酵母硼砂丸(*Torula yeast and borax pellets*),美国 Isca Technologies, Inc. 生产。假丝酵母硼砂丸初次用量为 4 粒,溶于 400~450 mL 清水后倒入诱捕器,每 7 d 清洗诱捕器并更换一次。每个监测点设置 8 个诱捕器,每种引诱剂各 2 个,将诱捕器编号后挂在光线通透、空气流通和非阳光暴晒处,放置高度距地面 1.5 m 左右,诱捕器之间相距 10 m 以上。每 7 d 收集记录诱捕器内的实蝇 1 次,并清理诱捕器。将每次诱集获得的实蝇标本按地点、诱剂种类分别存放和统计。进行诱捕工作的同时,随机在监测果园内收集被害落果,带回实验室,置于温度 25~28℃、相对湿度 70%~75% 的生物培养箱中分别进行培养,待成虫羽化后进行种类鉴定,记录实蝇种类及数量。

1.2 标本鉴定方法

依据《实蝇类重要害虫鉴定图册》(吴佳教等, 2009)、《亚太地区寡毛实蝇》(梁广勤等, 1996)等资料在体视显微镜下对诱捕和饲养获得的成虫标本进行鉴定。

1.3 数据处理

对数据分析采用多样性指数、均匀性指数和相似性系数等参数,其计算公式如下:

(1) 多样性指数: Shannon 指数 $H' = -\sum P_i \ln P_i$;
Simpson 指数 $D = 1 - \sum [N_i(N_i - 1) / N(N - 1)]$;

(2) 均匀性指数 $J = H' / \ln S$;

(3) 相似性系数 $G = c / (a + b - c)$ 。

S 表示种类数, N 为群落总个体数, N_i 是第 i 个物种的个体数, P_i 表示第 i 个物种的个体数占群落总个体的比率,即 P_i 等于 N_i/N , a 为样方 A 的物种数, b 为样方 B 的物种数, c 为样方 A 和 B 中的共有种数,相似性评价按马克平和刘玉明(1994)的评价方法进行,即相似性指数 < 0.25 为极不相似,在 0.25~0.50 之间为中等不相似,在 0.50~0.75 之

间为中等相似,在 0.75~1.00 之间是极为相似。种群聚类分析采用组间连接法(阳含熙和卢泽愚, 1981),优势种、常见种采用李伟东等(2010)的评价方法,个体的捕获量大于总捕获量 10% 的为优势种,5%~10% 为常见种。

本研究的数据统计、处理和分析均采用 Excel 2007 和 SPSS19.0 软件完成。

2 结果

2.1 贵州兴义各监测点实蝇种类及个体数量分布

5 个监测果园 2 年共诱捕到 34 618 头实蝇,经鉴定有 12 种,均属寡鬃实蝇亚科(*Dacinae*),其中果实蝇属 *Bactrocera* 9 种,寡鬃实蝇属 *Dacus* 3 种(表 2)。5 个果园共有的实蝇种类有桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel)、南瓜实蝇 *B. tau* (Walker)、具条实蝇 *B. scutellata* (Hendel) 和瓜实蝇 *B. cucurbitae* (Coquillett); 4 个果园共有的仅桔大实蝇 *B. minax* (Enderlein); 3 个果园共有的是番石榴实蝇 *B. correcta* (Bezzi) 和丝瓜棍腹实蝇 *Dacus axanus* (Hering); 2 个果园共有的是蜜柑实蝇 *B. tsuneonis* (Miyake) 和三点棍腹实蝇 *D. trimacula* (Wang); 辣椒实蝇 *B. latifrons* (Hendel)、异颜实蝇 *B. diversa* (Coquillett) 和角丝瓜棍腹实蝇 *D. longicornis* Wiedemann 均只在 1 个果园诱捕到。

按照果园类型来分,城市混合果园诱捕到的实蝇种类最多、个体数量最大,有 12 种,共 16 936 头;其次为郊区混合果园,捕获到 9 种,共 8 257 头;郊区单一果园捕获到 7 种,共 6 042 头;农村混合果园捕获到 5 种,共 2 285 头;农村单一果园捕获到 4 种,共 1 099 头。从果园地理位置来看,实蝇种类数、种群数量有从城市到郊区再到农村逐渐减少的趋势;从果园寄主来看,混合果园实蝇的种类及数量均大于相似生境的单一果园。

2.2 贵州兴义各监测点实蝇优势种与常见种

各监测点实蝇优势类群年度间及监测点间有所差异(表 3)。2010 年,兴义实蝇优势种为桔小实蝇、瓜实蝇、南瓜实蝇和具条实蝇,分别占总捕获量的 46.11%、20.10%、18.02% 和 14.80%; 2011 年,实蝇优势种只有桔小实蝇,常见种有南瓜实蝇和具条实蝇,分别占总捕获量的 79.55%、8.33% 和 8.65%。5 个果园的优势种和常见种的组成及所占总捕获量的比例也不相同,总体来看,桔小实蝇在每个果园均为优势种,最高占比达 94.04%;瓜实蝇在 2

表 2 不同监测点实蝇种类和数量(贵州兴义 2010-2011)

Table 2 Species and numbers of individuals of fruit flies trapped at five monitoring sites in Xingyi, Guizhou in 2010 and 2011

种类 Species	桔山果园 Jushan orchard		坪东果园 Pingdong orchard		万峰林柑桔园 Wanfenglin orange orchard		万屯杨梅园 Wantun waxberry orchard		万屯果园 Wantun orchard		总计 Total	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	个体数 Number of individuals	百分比 Percentage
南瓜实蝇 <i>Bactrocera tau</i>	1 112	129	1 291	1 286	69	150	37	17	96	98	4 285	12.38
桔小实蝇 <i>B. dorsalis</i>	2 780	9 191	1 003	2 717	1 823	2 551	397	600	663	979	22 704	65.58
瓜实蝇 <i>B. cucurbitae</i>	2 679	222	74	35	42	63	12	2	99	68	3 296	9.52
桔大实蝇 <i>B. minax</i>	62	21	5	6	2	0	0	0	3	2	101	0.29
具条实蝇 <i>B. scutellata</i>	334	122	913	901	752	551	15	19	126	151	3 884	11.22
蜜柑实蝇 <i>B. tsuneonis</i>	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	8	0.02
番石榴实蝇 <i>B. correcta</i>	16	237	3	13	20	18	0	0	0	0	307	0.89
三点棍腹实蝇 <i>Dacus trimacula</i>	4	2	1	5	0	0	0	0	0	0	12	0.03
丝瓜棍腹实蝇 <i>D. axanus</i>	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	5	0.01
辣椒实蝇 <i>B. latifrons</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.00
异颜实蝇 <i>B. diversa</i>	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0.03
角丝瓜棍腹实蝇 <i>D. longicornis</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.01
总计 Total	7 010	9 925	3 291	4 966	2 709	3 333	461	638	987	1 298	34 618	100

表 3 不同监测点实蝇优势种和常见种所占百分比(贵州兴义 2010-2011)

Table 3 Percentage of the dominant species and common species of fruit flies at five monitoring sites in Xingyi, Guizhou in 2010 and 2011

监测地点 Monitoring sites	桔小实蝇 <i>Bactrocera dorsalis</i>		瓜实蝇 <i>B. cucurbitae</i>		南瓜实蝇 <i>B. tau</i>		具条实蝇 <i>B. scutellata</i>	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
桔山果园 Jushan orchard	39.66	92.60	38.22	2.24	15.86	1.30	4.76	1.23
坪东果园 Pingdong orchard	30.48	54.71	2.25	0.70	39.23	25.90	27.74	18.14
万峰林柑桔园 Wanfenglin orange orchard	67.29	76.54	1.55	1.89	2.55	4.50	27.76	16.53
万屯杨梅园 Wantun waxberry orchard	86.12	94.04	2.60	0.31	8.03	2.66	3.25	2.98
万屯果园 Wantun orchard	67.17	75.42	10.03	5.24	9.73	7.55	12.77	11.63
总计 Total	46.11	79.55	20.10	1.93	18.02	8.33	14.80	8.65

个果园中共有 2 次作为优势种、在 1 个果园中 1 次达到常见种占比,其最高占比为 38.22%;南瓜实蝇在 2 个果园中共有 3 次达到优势种、在 2 个果园中共有 3 次达到常见种占比,其最高占比为 39.23%;具条实蝇在坪东果园、万峰林柑桔园和万屯果园 3 个果园中两年均为优势种,其最高占比为 27.76%。

从果园类型来看,单一果园的优势种、常见种种类数低于混合果园。

2.3 贵州兴义各监测点实蝇发生特征

5 个果园实蝇的整体发生情况在 2010 年和 2011 年相类似,均分为 2 种情况,即全年都能诱捕到和季节性诱捕到实蝇(图 1)。桔山果园全年都能

诱捕到实蝇 坪东果园、万峰林柑桔园在 3-12 月能诱捕到实蝇,万屯果园和万屯杨梅园在 5 月至次年 11 月能诱捕到实蝇。5 月之前,各监测果园诱捕到的实蝇数量都较少,随后实蝇诱捕量逐月增长,在 7 月实蝇种群数量达较高水平,保持至 9 月份,之后实

蝇种群数量逐渐降低,至 11 月,实蝇种群数量急剧下降,呈现典型的单峰特征。整体上看,越靠近城市的监测点,全年能诱集到实蝇的时间越长,但各监测点发生高峰期相似。

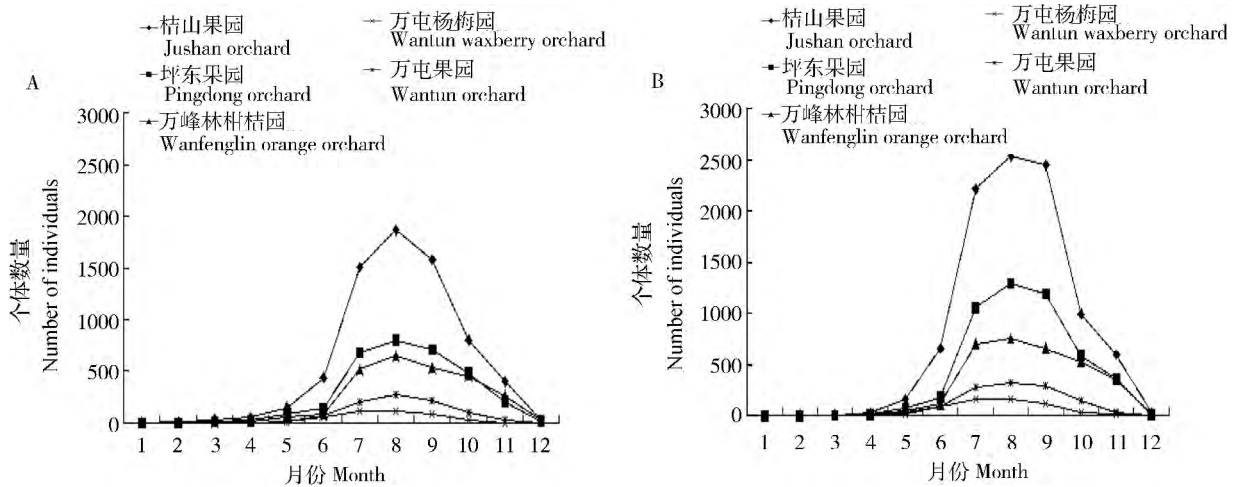


图 1 2010 (A) 和 2011 年 (B) 贵州兴义 5 个监测点实蝇种群动态

Fig. 1 Population dynamics of fruit flies at five monitoring sites in Xingyi, Guizhou in 2010 (A) and 2011 (B)

2.4 贵州兴义各监测点实蝇的相似性及聚类分析

5 个监测果园实蝇在不同年份的 Jaccard 相似系数变化较大,结果在 0.33~0.89 之间(表 4)。万屯杨梅园和万屯果园的实蝇相似程度最高,两年相似性系数均是极为相似水平;桔山果园和坪东果园、万峰林柑桔园和万屯杨梅园的实蝇相似程度次之,均为一年(2011 年)极为相似,一年(2010 年)中等相似水平;万峰林柑桔园分别和桔山果园、坪东果

园、万屯果园、坪东果园和万屯果园的实蝇相似性程度再次,两年均为中等相似水平;桔山果园和万屯果园实蝇是一年(2011 年)中等相似水平,一年(2010 年)中等不相似水平;万屯杨梅园分别和桔山果园、坪东果园实蝇的相似程度最低,两年均为中等不相似水平。总体上看,寄主类型越相似,生境越近,实蝇相似程度越高,反之则越低。

表 4 5 个监测点实蝇类群的相似性系数(贵州兴义 2010-2011)

Table 4 Similarity coefficients of fruit flies at five monitoring sites in Xingyi, Guizhou in 2010 and 2011

监测地点 Monitoring sites	桔山果园 Jushan orchard		万峰林柑桔园 Wanfenglin orange orchard		万屯杨梅园 Wantun waxberry orchard		万屯果园 Wantun orchard	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
万峰林柑桔园 Wanfenglin orange orchard	0.58	0.63						
万屯杨梅园 Wantun waxberry orchard	0.33	0.50	0.57	0.80				
万屯果园 Wantun orchard	0.42	0.63	0.71	0.67	0.80	0.80		
坪东果园 Pingdong orchard	0.67	0.89	0.67	0.56	0.50	0.44	0.63	0.56

5 个监测果园实蝇在不同年份的聚类结果有一定差异(图 2)。2010 年,万屯杨梅园与万屯果园先聚在一起,之后与万峰林柑桔园聚在一起,三者再与坪东果园聚合,最后再与桔山果园聚在一起;2011 年则是万屯杨梅园与万屯果园先聚在一起,万峰林

柑桔园与坪东果园分别聚在一起,之后二者聚在一起,最后再和桔山果园聚合。不管哪种情况,都是农村两个生境果园相似程度较高,先聚合在一起,城市混合果园与其他生境果园相似程度最低,最后再与其他果园聚合在一起。

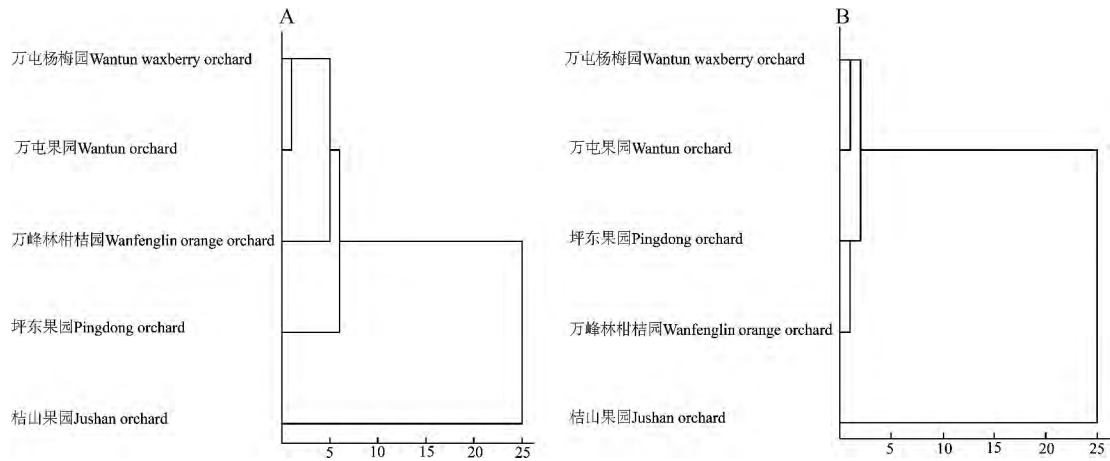


图 2 2010 (A) 和 2011 年 (B) 贵州兴义 5 个监测点实蝇聚类图

Fig. 2 Cluster diagrams of fruit fly species at five monitoring sites in Xingyi, Guizhou in 2010 (A) and 2011 (B)

2.5 贵州兴义各监测点实蝇的多样性

两年间 5 个监测果园的多样性指数有一定的延续性,但也存在差异(表 5)。5 个监测果园诱集到的实蝇物种丰富度最高是桔山果园,有 12 种;最低是万屯杨梅园,只有 4 种。年度间变化最大的是桔山果园,从 12 种降到 8 种;其次是万峰林柑桔园,从 7 种降到 5 种;坪东果园年度间也有变化,从 8 种升到 9 种;万屯杨梅园和万屯果园年度间没有变化。从总体上看,离城市越近,寄主种类多,实蝇的丰富度越高。

5 个监测果园实蝇类群 Simpson 指数两年间较为相似,除桔山果园外,其他各监测果园年度间差异不大,相对位置也没有变化。Simpson 指数最高的是坪东果园,最低的是万屯杨梅园,两年间数值分别为 0.68 和 0.60 以及 0.25 和 0.11,桔山果园则从 2010 年的第 2 位(0.67)变为 2011 年的第 4 位(0.14)。郊区混合果园的 Shannon 指数最高,表明该处实蝇种类多样性丰富,稳定程度较高;农村单一果园的 Shannon 多样性指数最小,表明该果园实蝇多样性水

平低,稳定程度最低,其多样性受外界干扰最明显。

5 个监测果园实蝇类群 Shannon 指数在两年间存在一定差异,2011 年普遍比 2010 年有所降低,Shannon 指数最高的是 2010 年桔山果园的 1.25,最低的是 2011 年万屯杨梅园 0.28;年度间变化最大的是桔山果园,从 2010 年的 1.25 降至 2011 年的 0.37;其次是万屯杨梅园,从 2010 年的 0.54 降至 2011 年的 0.28;其他果园变化不大。两年间混合果园的 Shannon 指数均排在前列,单一果园的指数排位靠后,这表明寄主种类较多的果园,其多样性高于寄主单一的果园。

5 个监测果园实蝇类群的均匀度指数均两年间表现出一定差异,除万峰林柑桔园外,其他各监测果园 2010 年的均匀度指数均大于 2011 年,但除桔山果园外,其他各监测果园年度间差异不大,相对位置也没有变化。两年间均匀度指数最大的均是万屯果园,指数分别为 0.62 和 0.51,均匀度指数最低的是 2010 年万屯杨梅园和 2011 年桔山果园。

表 5 2010-2011 年贵州兴义不同研究点实蝇类群多样性指标

Table 5 Diversity indexes of fruit fly communities at five sites in Xingyi, Guizhou in 2010 and 2011

监测地点 Monitoring sites	物种丰富度 Species richness		Simpson 指数 Simpson index		Shannon 指数 Shannon index		均匀度指数 Evenness index	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
坪东果园 Pingdong orchard	8	9	0.68	0.60	1.19	1.06	0.57	0.48
桔山果园 Jushan orchard	12	8	0.67	0.14	1.25	0.37	0.50	0.18
万峰林柑桔园 Wanfenglin orange orchard	7	5	0.47	0.38	0.82	0.75	0.42	0.46
万屯杨梅园 Wantun waxberry orchard	4	4	0.25	0.11	0.54	0.28	0.39	0.20
万屯果园 Wantun orchard	5	5	0.51	0.41	1.01	0.82	0.62	0.51

3 结论与讨论

3.1 贵州兴义实蝇种类丰富

对有害生物种类进行调查是作物布局、综合治理的重要前提,但兴义乃至黔西南州果蔬有害实蝇的系统调查未见报道,早前的研究工作主要集中于在部分果蔬、部分地区专题研究中对种类的零星记述。1980-1988年,梁广勤等(1989)对我国南方实蝇种类进行调查,记载了贵州黔西南州望谟有桔大实蝇分布;黔西南州农业志(罗仁灵,2008)记载兴义有桔大实蝇和桔小实蝇,刘清国等(2011)描述番石榴实蝇在兴义等地有分布。本次调查仅在兴义就发现包括以上3种在内的12种实蝇,极大丰富了对兴义乃至贵州果蔬实蝇的认识。

陈鹏和叶辉(2009)在与兴义纬度相近的云南保山进行实蝇调查时,仅发现桔小实蝇、南瓜实蝇、具条实蝇和瓜实蝇等4种实蝇,并且这4种实蝇就是兴义实蝇的优势种和常见种。这表明兴义实蝇种类较为丰富,与邻近省份的发生也紧密相关。兴义实蝇种类比同纬度相邻省份地区多,可能存在多方面原因:首先从宏观大的尺度上看,在全国动物地理区划中(张荣祖,1999),兴义属东洋界中印亚界,处于华中区的西部山地高原亚区和西南区的西南山地亚区交界地带,在贵州省农林昆虫地理区划中(章士美和赵泳祥,1996),兴义处于黔南水稻亚热带作物区和黔西南高原中山旱作区交界处,边缘效应导致兴义适合多区系的多种生物生存;其次从微观上看,兴义地貌构造重峦迭嶂(朱士奇,1988),溪河深切,山体破碎,高差悬殊;高原山地、盆地、丘陵、低山、河谷、台地和沟壑多种地形交错分布。使得气候的地区分布,垂直差异显著,“山上山下不同季,十里八里不同天”,立体气候明显。在大尺度上遵循纬度与气候对应关系的前提下,小范围内气温的地域分布与纬度关系较小,与海拔高度、地貌类型关系密切,在同纬度不同海拔、地貌会形成多种气候层次,有不同的动植物分布,也给不同病虫害发生奠定了良好的基础;最后从地理位置上看,兴义地处滇、桂、黔三省(区)结合部,是我国西南地区辐射滇、黔、桂的中心城市,历来就是西南地区重要的商贸中心,素有“黔桂锁钥”之称,跨地区人流及果蔬调运极为频繁,给果蔬实蝇传入创造了良好的条件。

3.2 贵州兴义实蝇优势类群普遍性和特殊性共存

有关兴义乃至黔西南州果蔬实蝇优势种及其变

动、危害的记载不多。黔西南州农业志(罗仁灵,2008)记载1979年普安江西坡茶果场柑桔因实蝇危害,减产77%。刘清国等(2011)报道,在兴义的南亚热带低热河谷番石榴种植区,番石榴实蝇世代重叠发生、可终年危害。在本研究中,桔小实蝇、南瓜实蝇、瓜实蝇和具条实蝇,在所有监测点、大部分监测时间都能诱捕到,且数量巨大,2010年和2011年分别占到诱捕总数的99.02%和98.47%。2011年,本课题组调查到桔小实蝇在桔山果园造成62%的减产,本研究也与相邻省份的结果类似,如四川实蝇监测(范京安等,2003)中优势种是南瓜实蝇和桔小实蝇,广西实蝇的调查(李伟丰,2008)捕获到最多的是桔小实蝇、瓜实蝇和南瓜实蝇,在云南西部实蝇的多样性研究中(陈鹏和叶辉,2009),桔小实蝇和南瓜实蝇是优势种。都与本研究的优势、常见种类类似。因此应加强对这4种优势种实蝇的研究与防控力度,避免暴发式增长,给果蔬生产造成严重损失。

监测2年间,各监测点实蝇优势种及其所占比例有一定的连续性,但都存在差异。郊区混合果园、郊区单一果园2年间优势种、常见种种类完全一致,农村混合果园和农村单一果园分别有1种发生变化,4个监测点优势种实蝇占比都发生了变化,基本上1个优势种占比的上升,都伴随着其他优势种占比的下降,这种情况可能是由于本研究各优势种实蝇能够诱捕到的时间重合,同时这4种优势种实蝇寄主都比较广,之间存在大量交叉,各优势种存在生态位重叠,相互之间竞争导致,这与对小黑瓢虫和刀角瓢虫的研究类似(荆英等,2004),即具有相似的营养及空间生态位,所以会产生种间竞争。城市混合果园优势种从2010年的3种变为2011年的1种,且占比变化较大,除了生态位竞争之外,2011年该果园因周边因开发而导致寄主多样性减少、管理模式变化可能也是重要因素。竞争中起作用因子及其变化情况有待于进一步研究确定。

4个优势种实蝇之外,柑桔大实蝇和番石榴实蝇也值得进一步关注。柑桔大实蝇在监测地区存在较广,能在4个果园监测到,虽然数量不多,但由于历史上曾在贵州省多地发生(梁广勤等,1989),也在本地区造成过严重危害(罗仁灵,2008),目前种群数量较少可能与当地气候、寄主种类的改变,实蝇种群内部竞争等原因有关,但还存在上升为常见种、甚至优势种的可能,应对其发生、发展情况加强关注;番石榴实蝇可能传入时间较短,虽然只在3个监

测点被诱捕到,但由于番石榴实蝇寄主范围很广(刘晓飞等,2005),可严重危害30个科60余种植物,如在印度泰米尔纳德地区,由番石榴实蝇所造成的番石榴果实受害率高达60%~80%,其危害程度远远超过桔小实蝇等实蝇类害虫。在临近省份云南的元江坝(刘晓飞和叶辉,2009),番石榴实蝇占到实蝇总数的96.4%,在本地监测期间番石榴实蝇数量增长迅速,应进一步加强研究,预防其成为优势种,造成严重危害。三点棍腹实蝇、角丝瓜棍腹实蝇、异颜实蝇、角丝瓜棍腹实蝇、蜜柑实蝇和辣椒实蝇6种实蝇多在实蝇种群数量较少时,只在少数监测点内能被诱捕到,且以上几种实蝇数量很小,每种都不足诱捕总量的0.10%,合计不到0.12%,究竟是实蝇种群数量较大时,优势种发生量大,抢占了稀有种的生态位;还是这几种实蝇只是随货物或人为偶然携带传入,并未在兴义地区形成稳定种群,有待于进一步研究确定。

3.3 贵州兴义各监测点实蝇类群发生特点和原因

在2年监测期间各监测果园实蝇的整体发生情况基本类似,这可能与本地气候、寄主和田间管理等特征有关。每年5月起,本地平均气温上升,温湿度等气候要素均处于实蝇生存、繁殖和发育适宜的区间,同时瓜果开始成熟、上市,为实蝇的发生提供了必要而充分的食物基础,实蝇数量开始急剧增加,到达一定程度后保持9月份之后,气温逐渐下降,田间瓜果逐渐减少,实蝇数量也开始下降,特别是到11月,气温急剧下降,已经不在实蝇适宜发生的区间,而且瓜果采摘基本完成,田间实蝇食物严重不足,所以实蝇种群数量急剧下降。2011年实蝇种群数量明显大于2010年,可能是气候、寄主和管理等因素综合作用的结果。

从各监测果园的位置上看,实蝇能够被诱捕到的先后顺序,以及诱捕到的实蝇种数、数量、多样性及危害严重程度均为城区>郊区>农村。实蝇被诱捕到的先后顺序与郑思宁(2013)的研究相似,出现以上结果可能是多种因素造成的。首先与温度有关。由于热岛效应,从城区到郊区再到农村,气温逐渐降低,而温度是影响实蝇越冬、发育的重要生态因子,所以城区实蝇发生较早,种类较多,数量较大;其次良好的越冬场所、充足的食物源为实蝇生存和种群扩张提供了优越的条件。城市内因取暖造成的热岛及城市边缘的很多蔬菜大棚,为寄主广泛的实蝇类害虫提供很好的越冬场所和食物;再次生态位空缺为实蝇发展创造了条件,由于生物多样性从城

市到农村逐渐升高,生态位竞争的难度也逐渐加大,这为实蝇在城市大量发生、局部地区暴发创造了条件。从郊区到农村实蝇面临生态位竞争及天敌的威胁逐渐增大,使其发展受到限制;最后是管理原因造成,跨地区调运、废弃水果的无效管理是造成实蝇疫情传入、发生的重要原因。目前随着人们生活水平的提高,每年都有大量水果通过市内果蔬市场进入家庭,跨地区调运前如果检疫不严,实蝇随果蔬调运传入或个人偶然携带传入的可能性较大。水果市场、存储场所和家庭的废弃水果往往露天存放于垃圾箱内,无任何的防疫处置措施,增加了实蝇通过感染的水果传播到附近果园的风险,如桔山果园旁300m就有大型水果蔬菜批发市场,批发市场外经常有实蝇感染果蔬被丢弃未见任何防疫处理。针对管理缺位等问题导致实蝇类害虫的发生规律,农业主管部门和检疫部门对此应予以重视,加强调查研究,制定可行措施,避免暴发实蝇疫情造成重大经济损失及不良影响。

按照果园类型来分,从诱捕到的实蝇种数、数量和多样性上看,相似生境的混合果园基本上都大于单一果园,这可能是因为混合果园的不同水果成熟期各异,寄主种类较多,有利于种群数量稳定地维持在比较高的水平,也有利于保持物种的多样性。但如果管理不善或根本不对果园进行管理,多样性丧失也可能导致有害实蝇数量大暴发。2011年桔山果园因周边开发多种寄主果树被砍伐,仅余核心区部分单一果树,寄主多样性减少后,实蝇种类减少,但优势种数量大幅增加,整体实蝇数量也有较大增长,可能与果农担心果园被征收,未在园内采取有效管理措施,大量虫害果实自生自灭,造成交叉感染,世代交叉严重,从而优势种实蝇危害加重有关。这也导致2010与2011年相比,桔山果园实蝇的种类、数量、多样性指数数值及在5个监测点间的排序变化较大。针对以上情况,应该合理调整种植结构,避免在同一果园或相邻果园种植不同成熟期的果蔬,以避免实蝇多世代交叉连续发生。同时应加强科学栽培管理,在果实生长期及时摘除树上的虫害果,清除地上落果、果实采收要彻底,虫害果和落地果应集中进行深埋、烧毁等防疫处理。还应对树冠下土壤进行处理,杀灭土中蛹和幼虫,以减少虫源。

本研究表明兴义实蝇多样性较为丰富,而且由于本研究区域自然条件复杂多样,实蝇的种类、分布和危害有别于我国及世界其他地区,实蝇的发生也因此呈现出特有的规律和特征,对本区域实蝇多样

性、不同生境分布特征及防治方面加以深入研究就极为必要。相关研究成果将为发展当地果蔬产业、预防实蝇危害提供科学依据。

致谢 在实蝇调查时,得到贵州大学昆虫研究所、贵州轻工职业学院和贵州检验检疫局等单位的支持与帮助,在数据计算时,得到中国科学院海洋研究所于仁成、孔凡洲老师的指导,在文章修改时,得到贵州大学昆虫研究所金道超老师的指导与帮助,谨此一并致谢。

参考文献 (References)

- Chen P, Ye H, 2007. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Liuku, Yunnan with an analysis of the influencing factors. *Acta Entomologica Sinica*, 50(1): 38–45. [陈鹏, 叶辉, 2007. 云南六库桔小实蝇成虫种群数量变动及其影响因子分析. 昆虫学报, 50(1): 38–45]
- Chen P, Ye H, 2009. Fruit fly diversity analysis at five regions in the western Yunnan, China. *Acta Ecologica Sinica*, 29(6): 2953–2961. [陈鹏, 叶辉, 2009. 云南西部实蝇的多样性. 生态学报, 29(6): 2953–2961]
- Chen X, Liu XF, Ye H, 2010. The major fruit fly pest species and their geographic distribution in Yunnan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 30(3): 717–725. [陈旭, 刘晓飞, 叶辉, 2010. 云南主要有害实蝇种类及区划. 生态学报, 30(3): 717–725]
- Clarke AR, Armstrong KF, Carmichael AE, Milne RJ, Raghu S, Roderick K, Yeates DK, 2005. Invasive phytophagous pests arising through a recent tropical evolutionary radiation: the *Bactrocera dorsalis* complex of tropical fruit flies. *Annual Review of Entomology*, 50: 293–319.
- Fan JA, He TJ, He WX, Long WD, Zhu J, Hu XQ, 2003. Studies on the occurrence and geographical distribution of fruit flies infecting fruits and vegetables inspected with lure in Sichuan. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 16(2): 70–73. [范京安, 何天江, 何万兴, 龙卫东, 朱军, 胡晓琼, 2003. 诱剂监测四川果蔬实蝇种类发生与生态地理分布. 西南农业学报, 16(2): 70–73]
- Jing Y, Huang J, Ma RY, Han JC, 2004. Interactive system of *Delphastus catalinae* and its competitor: interspecies competition. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 15(4): 731–733. [荆英, 黄建, 马瑞燕, 韩巨才, 2004. 小黑瓢虫与其竞争种作用系统研究: 种间竞争. 应用生态学报, 15(4): 731–733]
- Li WD, Liu FX, Zhou WC, Lin MG, Feng XS, Xu W, Han YC, 2010. Diversity of fruit fly community in Hainan Island. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 31(12): 2260–2266. [李伟东, 刘福秀, 周卫川, 林明光, 冯香善, 徐卫, 韩玉春, 2010. 海南岛实蝇群落的多样性分析. 热带作物学报, 31(12): 2260–2266]
- Li WF, Gong XZ, Huang YC, Chen YL, Huang JY, Huang SG, Chen KS, 2008. Species of fruit flies in China's Guangxi Province and their population dynamics. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 30(2): 124–128. [李伟丰, 龚秀泽, 黄永成, 陈业林, 黄建业, 黄胜光, 陈开生, 2008. 广西实蝇的种类及发生动态. 西南大学学报(自然科学版), 30(2): 124–128]
- Liang GQ, Yang GH, Liang F, Situ BL, Liang XD, 1996. Fruit Flies in the Asia-Pacific Region. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou. [梁广勤, 杨国海, 梁帆, 司徒保禄, 梁小丹, 1996. 亚太地区寡毛实蝇. 广州: 广东科技出版社]
- Liang GQ, Zhang SM, Xu W, 1989. The notes of the fruit flies in south parts of China and two newly recorded species. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 11(3): 14–20. [梁广勤, 章士美, 徐伟, 1989. 我国南方部分地区实蝇记述及2种中国新记录. 江西农业大学学报, 11(3): 14–20]
- Lin MG, Wang XJ, Zeng L, Zhang Y, Cai B, 2013. Survey of species, geographical distribution and damage of fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) in Hainan, China. *Plant Quarantine*, 27(5): 85–89. [林明光, 汪兴鉴, 曾玲, 张艳, 蔡波, 2013. 海南果蔬实蝇种类、地理分布及危害调查. 植物检疫, 27(5): 85–89]
- Liu QG, Ou ZG, Gong DY, 2011. Preliminary report on control techniques of *Bactrocera correcta* in Guava in Guizhou. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 23(5): 100–102. [刘清国, 欧珍贵, 龚德勇, 2011. 贵州番石榴果实蝇防治技术研究初报. 江西农业学报, 23(5): 100–102]
- Liu XF, Wang DM, Ye H, 2005. Overview on research of *Bactrocera correcta* (Bezzi). *Tropical Agricultural Science and Technology*, 28(4): 30–33. [刘晓飞, 王大明, 叶辉, 2005. 番石榴实蝇研究概况. 热带农业科技, 28(4): 30–33]
- Liu XF, Ye H, 2009. Distribution of the guava fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Yunnan Province. In: Proceedings of 2009 Annual Meeting of in the Entomological Society of Yunnan Province. 164–169. [刘晓飞, 叶辉, 2009. 云南番石榴实蝇分布规律研究. 见: 云南省昆虫学会2009年年会论文集. 164–169]
- Liu X, Han SC, Xu JL, Huang H, Wu H, Ou JF, Sun L, 2008. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Guangzhou, Guangdong Province, with analysis of the climate factors. *Acta Ecologica Sinica*, 28(4): 1850–1856. [吕欣, 韩诗畴, 徐洁莲, 黄鸿, 吴华, 欧剑峰, 孙力, 2008. 广州桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 发生动态及气象因子. 生态学报, 28(4): 1850–1856]
- Luo RL, 2008. Chorography of Buyi and Miao Autonomous Prefecture in Southwest Guizhou. Agricultural Chorography. Guizhou People's Publishing House, Guiyang. [罗仁灵, 2008. 黔西南布依族苗族自治州志. 农业志. 贵阳: 贵州人民出版社]
- Ma KP, Liu YM, 1994. Measurement of biotic community diversity I. α diversity (Part II). *Chinese Biodiversity*, 2(4): 231–239. [马克平, 刘玉明, 1994. 生物群落多样性的测度方法 I. α 多样性的测度方法(下). 生物多样性, 2(4): 231–239]
- Wang T, Ren YL, He SY, Zhang RZ, Yang MF, 2015. The potential geographical distribution of *Bactrocera dorsalis* based on CLIMEX and ArcGIS in Guizhou. *Journal of Environmental Entomology*, 37(3): 535–543. [王涛, 任艳玲, 何善勇, 张润志, 杨茂发, 2015. 基于 CLIMEX 和 ArcGIS 的桔小实蝇在贵州适生性研究.

- 环境昆虫学报, 37(3): 535–543]
- Wang XJ, 1995. An introduction of fruit flies (Diptera: Tephritidae) harmful to important fruits and vegetables. *Plant Quarantine*, 9(1): 20–30. [汪兴鉴, 1995. 重要果蔬类有害实蝇概论(双翅目: 实蝇科). *植物检疫*, 9(1): 20–30]
- Wang XJ, Chen XL, 2002. A revision of the genus *Gastrozona* Bezzi from China (Diptera: Tephritidae). *Acta Entomologica Sinica*, 45(4): 507–515. [汪兴鉴, 陈小琳, 2002. 中国羽角实蝇属分类研究(双翅目: 实蝇科). *昆虫学报*, 45(4): 507–515]
- Wu JJ, Liang F, Liang GQ, 2009. Atlas of Economic Fruit Flies (Diptera: Tephritidae). Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou. [吴佳教, 梁帆, 梁广勤, 2009. 实蝇类重要害虫鉴定图册. 广州: 广东科技出版社]
- Yang HX, Lu ZY, 1981. Methods of Quantitative Classification in Plant Ecology. Science Press, Beijing. [阳含熙, 卢泽愚, 1981. 植物生态学的数量分类方法. 北京: 科学出版社]
- Yu H, Deng YL, Chen NZ, 2012. A new species of subgenus *Snodacus* from Yunnan, China (Diptera: Tephritidae). *Acta Zootaxonomica Sinica*, 37(4): 834–836.
- Zhang NN, Ji QE, Chen JH, 2012. A new species of the genus *Bactrocera* Macquart from China (Diptera: Tephritidae). *Acta Zootaxonomica Sinica*, 37(1): 206–208.
- Zhang RZ, 1999. Zoogeography of China. Science Press, Beijing. [张荣祖, 1999. 中国动物地理. 北京: 科学出版社]
- Zhang SM, Zhao YX, 1996. The Geographical Distribution of Agriculture and Forestry Insects in China. China Agriculture Press, Beijing. [章士美, 赵泳祥, 1996. 中国农林昆虫地理分布. 北京: 中国农业出版社]
- Zhang YQ, Liang GW, Xu YJ, Lu YY, Xie GG, Zeng L, 2014. Diversity of Tephritidae in Nanling National Nature Reserve, Guangdong Province. *Journal of Environmental Entomology*, 36(1): 39–43. [张永庆, 梁广文, 许益鏊, 陆永跃, 谢国光, 曾玲, 2014. 广东南岭国家级自然保护区实蝇多样性研究. *环境昆虫学报*, 36(1): 39–43]
- Zheng SN, 2013. Population dynamics and density of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in different habitats. *Acta Ecologica Sinica*, 33(24): 7699–7706. [郑思宁, 2013. 不同生境中橘小实蝇种群动态及密度的差异. *生态学报*, 33(24): 7699–7706]
- Zhu CG, Zhang SF, Xia XN, 2008. The population dynamics and the correlation with environmental factors of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) occurring in the green spaces. *Acta Phytophylacica Sinica*, 35(5): 389–393. [朱春刚, 张守锋, 夏希纳, 2008. 园林绿地中桔小实蝇种群消长与环境因子的相关性. *植物保护学报*, 35(5): 389–393]
- Zhu SQ, 1988. Chorography of Buyi and Miao Autonomous Prefecture in Southwest Guizhou. Chorography of Xingyi County. Guizhou People's Publishing House, Guiyang. [朱士奇, 1988. 黔西南布依族苗族自治州志. 兴义县志. 贵阳: 贵州人民出版社]

(责任编辑: 赵利辉)