

云南西部实蝇的多样性

陈 鹏^{1,2}, 叶 辉^{1,*}

(1. 云南大学 生命科学学院, 昆明 650091; 2. 云南省林业科学院, 昆明 650204)

摘要:2005 和 2006 年, 在云南西部瑞丽、潞江坝、六库、保山、大理 5 个地区, 采用信息素引诱法及被害瓜果内实蝇收集法对 5 个地区实蝇多样性进行分析。结果表明, 5 个地区实蝇丰富度的发生模式明显分为 2 种类型: 瑞丽和潞江坝实蝇全年发生; 六库、保山和大理实蝇季节性发生; 瑞丽的实蝇种类丰富度最高, 有 20 种, 其次是潞江坝, 11 种, 而保山、大理的实蝇种类丰富度低, 分别为 4 种和 3 种; 该区域实蝇优势种为桔小实蝇(*Bactrocera dorsalis*)和南亚果实蝇(*B. tau*); 2 年实蝇多样性指数均以六库最低, 以潞江坝最高。各地实蝇种类相似性变化较大, 相似性系数在 0.15 ~ 1.00 之间。结果为了解云南西部实蝇种类分布以及预防实蝇危害提供了基础数据。

关键词: 实蝇; 多样性; 云南西部

文章编号: 1000-0933(2009)06-2953-09 中图分类号: Q145, Q968 文献标识码: A

Fruit fly diversity analysis at five regions in the western Yunnan, China

CHEN Peng^{1,2}, YE Hui^{1,*}

1 Department of Biology, College of Life Sciences, Yunnan University, Kunming 650091, China

2 Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(6): 2953 ~ 2961.

Abstract: Fruit fly species were collected through methyl eugenol-baited and cue-baited traps and from attacked fruits and melons in 2005 and 2006 at Ruili, Lujiangba, Liuku, Baoshan, and Dali in the western Yunnan. The species composition and diversity of fruit flies, and species similarity were studied, and cluster analysis was conducted. There were two occurrence patterns of the fruit fly species. One was year around occurrence at Ruili and Lujiangba, the other was seasonal occurrence at Liuku, Baoshan and Dali. The dominant species were *Bactrocera dorsalis* and *B. tau* in the five regions. The highest species richness of fruit flies was found at Ruili with 20 species, following at Lujiangba with 11 species. The lowest species richness was found at Dali with only 3 species. The lowest diversity index was found at Liuku, and the highest at Lujiangba. The similarity index of species ranged from 0.15 to 1.00. The results provided fundamental data for understanding distributions and diversity of fruit fly species and preventing from damage of the fruit flies in the western Yunnan, China.

Key Words: fruit fly species; diversity; western Yunnan

实蝇(Fruit fly)属双翅目 Diptera 实蝇科 Tephritidae, 目前, 已记录实蝇的种类超过 450 属 4300 余种^[1,2]。实蝇分布在全世界绝大多数的地区, 但主要集中分布在热带、亚热带地区, 而且不同的地理区系实蝇的种类有各自主要的种类。世界上重要的果蔬类实蝇害虫现知有 5 属, 即果实蝇属(*Bactrocera* Macquart)、寡鬃实蝇属(*Dacus* Fabricius)、小条实蝇属(*Ceratitis* Macleay)、按实蝇属(*Anastrepha* Schiner)、绕实蝇属(*Rhagoletis*

基金项目: 国家“973”重点基础研究发展计划资助项目(2003CB415100); 国家自然科学基金资助项目(30860055); 云南省应用基础研究项目(2006C0007M); 云南省技术创新人才培养计划资助项目(2007PY02-17); 教育部博士点基金资助项目(20070673004)

收稿日期: 2008-03-09; 修订日期: 2008-08-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yehui@ynu.edu.cn

Loew), 共有 50 余种^[1]。据统计, 有害实蝇的寄主涉及经济水果类植物共记 24 科 42 属, 蔬菜类植物 4 科 16 属^[3~6]。实蝇对果蔬不仅造成流行区内果蔬类作物的大幅度减产, 而且, 一旦随寄主传入适生条件优越的非疫区后, 就有随时爆发成灾的可能, 以至于酿成重大经济损失和带来难以根治的恶果^[7~11]。有关实蝇科昆虫多样性研究的相关文献很少, 仅在一些实蝇科分类研究文献中有所提及^[1], 在云南西部地区进行实蝇多样性分析, 将丰富人们对实蝇多样性知识。

云南西部系青藏高原的南延部分, 位于青藏高原东部的横断山脉核心地区, 即中国西南纵向岭谷的核心地带, 发源于横断山的怒江、澜沧江、金沙江等与云岭、高黎贡山、怒山等 5 大山系纵向相间排列, 形成了南北走向的高耸山地与深切峡谷相间排列的地貌形态^[12]。该区是反映地球演化重大事件的关键区域, 是全球生物多样性最丰富的地区之一和世界级的基因库, 其沿南北向发育、东西向分布的巨大山系和深切河谷格局, 构成了全球独特的高山峡谷景观, 是我国生物多样性保护的关键地区。云南西部昆虫区系以东洋界为主, 但由于该区地貌复杂, 昆虫区系十分复杂而多样, 是进行实蝇多样性研究的理想区域。

瑞丽、潞江坝、保山、大理、六库 5 个地区由西向东、由南向北横跨云南西部核心地带, 是云南重要果蔬生产基地^[9~12]。近年来随着果蔬种植面积的进一步扩大, 以及地区间果蔬贸易日愈频繁, 为多种实蝇昆虫的传播、扩散、生存与繁衍提供了十分有利的条件, 形成了云南西部特有的丰富多样化的实蝇生存环境。本文旨在以实蝇为对象, 在上述 5 个典型地区设置实蝇诱捕点, 研究这 5 个典型地区实蝇类群的组成及其多样性变化, 以揭示云南西部这一特殊区域实蝇种类及其数量的空间分布和数量变化, 确定当地优势实蝇种类, 为了解该地区实蝇物种多样性分布以及预防实蝇危害提供基础数据, 也为果实蝇的治理及边境海关对相应果实蝇的检疫提供基础信息。

1 研究方法

1.1 研究地概况

瑞丽地处云南最末端, 西北、西南和东南三面与缅甸接壤, 边境线长 169.8 km, 年平均气温 21℃, 年平均降雨量 1397 mm, 属典型的南亚热带湿润性季风气候^[10]。充沛的雨量和适宜的气温为许多热带亚热带瓜果生长提供了良好的条件, 使瑞丽成为云南重要的热带水果生产基地, 目前主要生产瓜果有: 芒果、桃、毛叶枣、油梨、李、番石榴、番木瓜、番荔枝、荔枝、柑桔、柠檬、梨、杨桃、橙、龙眼、连雾、枇杷、红毛丹、葡萄、小瓜、辣椒、番茄等。

潞江坝位于世界第二大峡谷——怒江大峡谷中段, 横断山脉滇西纵谷两端, 属于低纬度高原深切割低海拔地区, 全年平均气温在 21.3℃, 年平均降雨量为 751.4 mm, 蒸发量 2101.9 mm, 是中国少有的几个典型的亚热带干热河谷之一, 被誉为“天然温室”。当地主要瓜果有: 芒果、杨桃、番石榴、荔枝、柑桔、橙、龙眼、番木瓜、毛叶枣、枇杷、红毛丹、葡萄、假槟榔、油梨、李、西瓜、小瓜、辣椒、番茄等^[13]。

六库位于滇西北横断山脉的怒江峡谷地区, 该地被海拔 4 000 m 以上的高黎贡山和碧罗雪山所环抱, 处于峡谷谷底, 怒江河道成为该地区与外界相通的惟一自然通道。六库年平均气温 20℃, 年平均降水量 1 011 mm, 属典型的南亚热带湿润性季风气候。当地主要的瓜果有: 梨、柑橘、桃、苹果、木瓜、柿、石榴、葡萄等^[14]。

保山位于横断山脉滇西纵谷南端, 为断层陷落所形成的坝区, 坝区地势北高南低, 年平均气温 15.5℃, 年平均降水量 966.5 mm, 属西南季风亚热带高原气候类型, 四周被高原山地环绕, 素有“滇西粮仓”之称, 是中国连接东南亚、南亚的重要陆上通道。当地的主要瓜果种类有: 柿、桃、梨、柑橘、石榴、苹果等^[11]。

大理位于横断山脉和哀牢山脉的交接地区, 处在金沙江、红河和澜沧江水系的分水岭地带, 是一个依山傍水的高原盆地, 年平均气温为 15.1℃, 年平均降雨量 1 078.9 mm, 气候类型属低纬高原型北亚热带气候。当地的主要瓜果种类有: 果梅、桃、木瓜、苹果、柿等^[9]。

1.2 实蝇采集和鉴定

本项研究野外调查地点及其基本情况见表 1。调查果园在研究期间未施用农药, 面积均在 1 hm² 以上。于 2005~2006 年在上述每个果园设置 6 个 Steiner 诱捕器, 其中 3 个诱捕器内悬挂浸有甲基丁香酚 (Methyl eugenol) 和马拉硫磷混合液的诱芯, 另外 3 个诱捕器内悬挂浸有诱蝇酮 (Cuelure) 和马拉硫磷混合液的诱芯。

各诱捕器所捕获到的实蝇每月收取1次,所有实蝇带回实验室进行种类鉴定,同时记录各种实蝇的数目。诱捕剂每月添加1次。在进行上述工作的同时,将果园内部分落果带回实验室,单个的放置在培养皿内,培养皿用尼龙网罩住。收集、鉴定从这些受害果内羽化出来的实蝇种类,并记录各种实蝇数目。

标本鉴定基本由作者完成,部分实蝇请中国科学院动物研究所汪兴鉴先生鉴定^[5,7,15~25]。

表1 实蝇类群取样地点基本信息

Table 1 Information of each fruit fly survey site

地点 Location	果园位置 Survey site	海拔 Altitude (m)	经度 Latitude (N)	纬度 Longitude (E)	主要寄主 Main host plants
瑞丽 Ruili	姐相 Jiexiang	750	97°44'	23°55'	芒果 Mango,毛叶枣 Ber
	老城子 Laochengzi	757	97°50'	23°59'	桃 Peach,荔枝 Lichee
	货闷口岸 Huomen	760	97°53'	24°01'	
潞江坝 Lujiangba	道街 Daojie	745	98°52'	24°59'	芒果 Mango,番木瓜 Papaya
	坝湾 Bawan	706	98°52'	24°58'	杨桃 Carambola,荔枝 Lichee
六库 Liuku	赖茂村 Laimao	930	98°51'	25°49'	桃 Peach,梨 Pear,柑橘 Orange
	小沙坝 Xiaoshaba	1 002	98°50'	25°53'	柿 Persimmon,龙眼 Longan
	城区 Chengqu	925	98°51'	25°51'	
保山 Baoshan	永昌 Yongchang	1655	99°09'	25°07'	桃 Peach,梨 Pear
	翟家湾 Zhaijiawan	1675	99°18'	25°25'	柿 Persimmon,柑橘 Orange
	板桥 Banqiao	1825	99°13'	25°10'	
大理 Dali	大理 Dali	2030	100°09'	25°41'	梅 Plum,桃 Peach,梨 Pear
	下关 Xiaguan	2025	100°13'	25°35'	木瓜 Pawpaw

1.3 数据处理

多样性指标分析采用丰富度指数、多样性指数、均匀性指数和优势度指数等参数,其计算方式如下^[26]:

(1)丰富度指数

$$R = S / \ln(N)$$

(2)多样性指数

①Simpson 指数(D)

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

②Shannon-Wiener 指数(H')

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

(3)均匀性指数

$$J' = H' / \ln S$$

(4)优势度指数

$$d = n_{\max} / N;$$

优势集中性指数

$$C = \sum (n_i / N)^2$$

式中, S 为物种数, P_i 为物种*i*的个体数占群落总个体数的比例(即物种*i*的多度); n_i 为物种*i*的个体数, N 为群落物种个体总数, n_{\max} 为群落中最大的物种的个体数。用 Jaccard 公式计算各实蝇采样点类群的相似性系数,相似性指数在0~0.25范围内为极不相似,在0.25~0.5范围内为中等不相似,在0.5~0.75范围内为中等相似,在0.75~1.00范围内极为相似^[26]。种群聚类分析采用类平均法^[27]。

本文有关数据在 DPS(data processing system)数据处理系统上处理完成^[28]。

2 结果与分析

2.1 主要实蝇类群及数量

5个地区2a共捕获20种实蝇,其中,果实蝇属 *Bactrocera* 17种(属寡鬃实蝇亚科 *Dacinae*),寡鬃实蝇属 *Dacus* 2种(属寡鬃实蝇亚科 *Dacinae*),羽实蝇属 *Acrotaeniostola* 1种(属 *Ceratitidinae* 亚科)(表2)。5个地区共有的实蝇种类有:桔小实蝇、南亚果实蝇 *B. tau* 和瓜实蝇 *B. cucurbitae*。瑞丽、潞江坝和六库3地共有的实蝇有9种,分别是桔小实蝇、南亚果实蝇、瓜实蝇、颜带实蝇 *B. cilifer*、锈实蝇 *B. rubiginosus*、番石榴实蝇 *B. correcta*、黑漆实蝇 *B. scutellaris*、辣椒实蝇 *B. latifrons*。瑞丽和潞江坝共有实蝇有11种,分别为桔小实蝇、南亚果实蝇、瓜实蝇、颜带实蝇、锈实蝇、番石榴实蝇、黑漆实蝇、辣椒实蝇、具条实蝇 *B. scutellata*、柯氏华实蝇

B. hochii 和斑翅短羽实蝇 *Acrotaeniostola dissimilis*。仅在瑞丽捕获到的实蝇有 9 种, 分别为瘤胫实蝇 *B. tuberculata*、异颜实蝇 *B. diversa*、越南实蝇 *B. yoshimotoi*、人面子实蝇 *B. limbifer*、芒果实蝇 *B. occipitalis*、黑颜果实蝇 *B. diaphora*、桔大实蝇 *B. citri*、圆斑棍腹实蝇 *Dacus smieroides*、台湾棍腹实蝇 *D. apicalis*。

瑞丽捕获的实蝇种类最多为 20 种;其次为潞江坝, 捕获到 11 种实蝇;六库捕获到 9 种实蝇;保山捕获到 4 种实蝇;大理捕获到 3 种实蝇。从捕获实蝇数量看, 潞江坝捕获实蝇的个体数量最大, 数量为 13695 头;瑞丽实蝇个体数量次之, 数量为 10600 头;六库实蝇数量为 4211 头;保山和大理实蝇数量明显较少, 分别为 407 头和 314 头(表 2)。

将个体的捕获量大于总捕获量 10% 的实蝇视为优势种, 云南西部实蝇优势种为桔小实蝇和南亚果实蝇, 分别占总捕获量的 66.34%、18.12%。优势种组成及所占总捕获量的比例在 5 个地区间不尽相同。瑞丽优势种是桔小实蝇和南亚果实蝇, 捕获量分别占该地实蝇总捕获量的 63.59%、26.43%。潞江坝优势种的组成和捕获量与瑞丽相同, 捕获量分别占该地总捕获量的 66.58%、14.60%;六库优势种为桔小实蝇, 其捕获量占该地总捕获量的 75.71%;保山优势种是桔小实蝇、南亚果实蝇和瓜实蝇, 捕获量分别占该地总捕获量的 48.16%、33.17% 和 18.43%;大理优势种与保山相同, 捕获量分别占该地总捕获量的 48.73%、28.98% 和 22.29%(表 2)。

2.2 实蝇类群的季节性变化规律

5 个地区实蝇丰富度的发生月份明显分为 2 种类型: 瑞丽和潞江坝实蝇全年发生; 而六库、保山和大理实蝇季节性发生, 其中六库实蝇的发生月份为 3~12 月份, 保山为 4~11 月份, 大理为 5~11 月份(图 1)。^{2a}

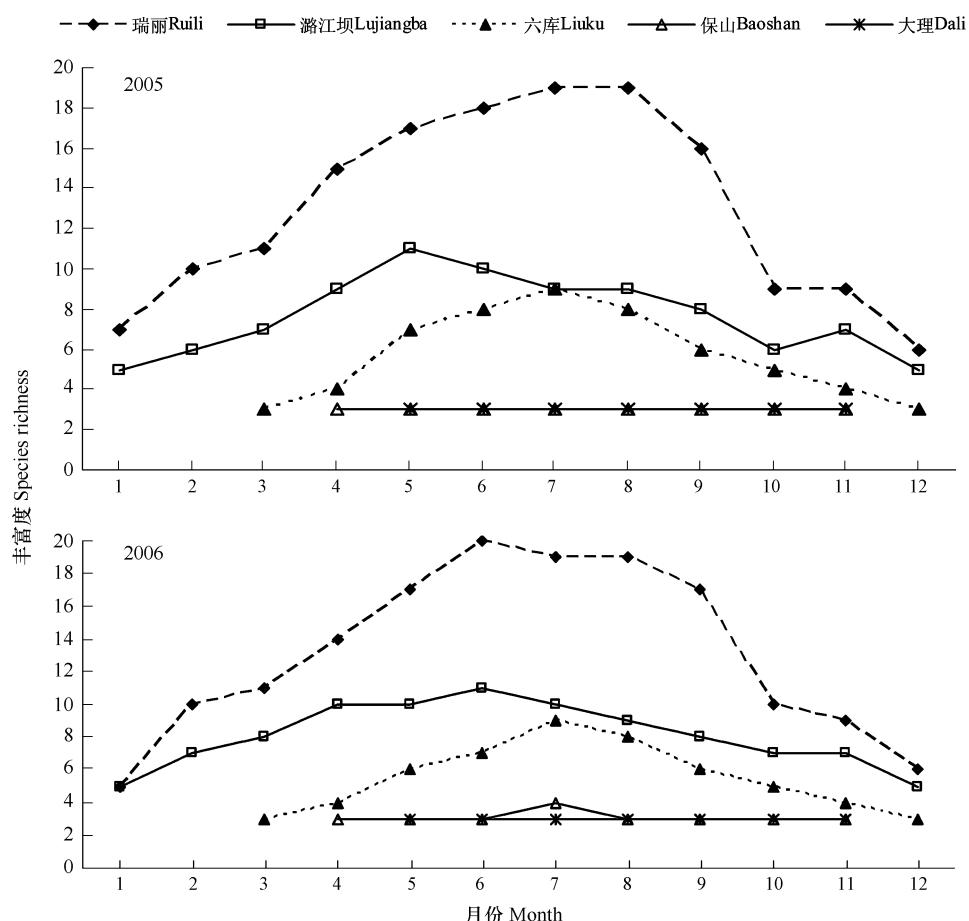


图 1 云南西部 5 个地区实蝇丰富度动态(2005, 2006 年)

Fig. 1 Dynamics of fruit fly species richness in 2005 and 2006 at Ruili, Lujiangba, Liuku, Baoshan and Dali in western Yunnan

表2 云南西部5个地区实蝇种类和数量(2005—2006年)

Table 2 Species and numbers of fruit fly obtained in 2005 and 2006 at five regions in western China

种类 Species	瑞丽 Ruili		潞江坝 Lujiangba		六库 Liuku		保山 Baoshan		大理 Dali		合计		
	2005	2006	%	2005	2006	%	2005	2006	%	2005	2006	Total	%
桔小实蝇 <i>Bactrocera dorsalis</i>	3344	3396	63.58	5254	3864	66.58	1399	1789	75.71	86	110	48.16	78
南亚果实蝇 <i>B. tau</i>	1119	1682	26.42	1022	978	14.60	137	132	6.39	76	59	33.17	42
瓜实蝇 <i>B. cucurbitae</i>	228	206	4.09	584	142	5.30	69	57	2.99	35	40	18.43	29
颤带实蝇 <i>B. ciliifer</i>	181	26	1.95	184	361	3.98	48	21	1.64	0	0	0.00	0
锈实蝇 <i>B. rubiginosus</i>	105	62	1.58	42	41	0.61	10	15	0.59	0	0	0.00	0
番石榴实蝇 <i>B. correcta</i>	113	34	1.39	432	420	6.22	120	246	8.69	0	0	0.00	0
黑漆实蝇 <i>B. scutellaris</i>	12	10	0.21	160	187	2.53	65	92	3.73	0	0	0.00	0
漾濞实蝇 <i>B. latifrons</i>	12	10	0.21	3	8	0.08	2	3	0.12	0	0	0.00	0
柯氏华实蝇 <i>B. hochii</i>	3	4	0.07	3	5	0.06	2	4	0.14	0	0	0.00	0
具条实蝇 <i>B. scutellata</i>	2	6	0.08	3	1	0.03	0	0	0.00	1	0	0.25	0
瘤径实蝇 <i>B. tuberculata</i>	1	10	0.10	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
异颜实蝇 <i>B. diversa</i>	1	3	0.04	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
黑颈果实蝇 <i>B. diaphora</i>	1	2	0.03	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
人面子实蝇 <i>B. limbifer</i>	2	3	0.05	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
芒果实蝇 <i>B. occipitalis</i>	2	2	0.04	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
桔大实蝇 <i>B. citri</i>	1	1	0.02	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
越南实蝇 <i>B. yoshimotoi</i>	2	3	0.05	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
圆斑粗腹实蝇 <i>Dacus smirnovae</i>	1	2	0.03	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
台湾粗腹实蝇 <i>D. apicalis</i>	2	2	0.04	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
甄翅短羽实蝇 <i>Acroceratiosida dissimilis</i>	2	2	0.04	1	0	0.01	0	0	0.00	0	0	0.00	0
总计 Total	10600	13695	4211	407	314	2922							

*: % 表示个体的捕获量占总捕获量的百分率 % for the percentage of the amount of each species occupied the total

5个地区间的实蝇丰富度变化服从正态分布(卡方值 = 36.6271, $p = 0.0001$), 实蝇丰富度的月变化和分布规律经 t -检验, 年度间差异不显著($t = 0.1053$, $df = 100$, $p = 0.9163$)。瑞丽实蝇类群丰富度明显分为2个时期, 12月至翌年3月份, 捕获的实蝇种类较少, 而6~8月份实蝇类群最为丰富。在潞江坝, 尽管实蝇全年发生, 但捕获的实蝇种类明显少于瑞丽, 潞江坝实蝇最丰富的时期出现在5~7月份。六库是3个实蝇季节性发生区中捕实蝇种类最多的地区, 当地实蝇最丰富的时期出现在7月份。保山和大理实蝇丰富度基本相同, 月份间无明显变化(图2)。

2.3 多样性分析

5个地区实蝇类群的Shannon-Wiener多样性指数在2005年和2006年存在一定差异。2005年Shannon-Wiener多样性指数由高到低的排序是:潞江坝>瑞丽>保山>大理>六库;而2006年Shannon-Wiener多样性指数由高到低的排序是:潞江坝>大理>保山>瑞丽>六库。潞江坝的Shannon-Wiener多样性指数在所研究的5地区中最高, 表明在潞江坝半干旱热量充足的环境, 实蝇种类多样性丰富, 而且其多样性的稳定程度最高;六库的Shannon-Wiener多样性指数最小, 表明六库实蝇多样性水平低, 而且其实蝇多样性的稳定程度最低, 揭示六库实蝇多样性受外界的干扰最明显;而瑞丽、大理、保山的Shannon-Wiener多样性指数年度间变化较大, 表明这3个地区实蝇多样性的变化受外来种群的影响明显, 揭示这3个地区的实蝇种群与外界种群交往密切, 尤其是瑞丽实蝇种群, 其受外来种群的影响率仅次于六库种群(表3)。

5个地区实蝇类群的Simpson优势度指数及Pielou均匀度指数均表现出较大差异, 但在年度间差异不明显, 2005年保山Simpson指数最高, 其次是大理; 2006年大理Simpson指数最高, 其次是保山。Simpson指数表明, 瑞丽、潞江坝和六库实蝇种类的多样性程度明显高于大理和保山。Pielou均匀度指数年度间差异不明显, Pielou指数由高到低的排序是:大理>保山>潞江坝>六库>瑞丽, 大理Pielou指数最高, 其次是保山, 瑞丽的Pielou均匀度指数最低, 结果表明, 大理和保山实蝇种类均匀度最高, 而瑞丽实蝇种类均匀度最低, 表明瑞丽实蝇种类最为丰富(表3)。

表3 云南西部5个地区实蝇类群多样性指标(2005年, 2006年)

Table 3 Diversity indexes of fruit fly species at five regions in western Yunnan, China

地区 Regions	物种丰富数 S Species richness		个体数 Individuals		Simpson 指数 J Simpson index		Shannon 指数 H Shannon index		Pielou 指数 Pielou index	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
瑞丽 RL	20	20	5134	5466	0.5242	0.5178	1.5732	1.3930	0.3640	0.3223
潞江坝 LJB	11	10	7688	6007	0.5054	0.5497	1.5793	1.7039	0.4565	0.5129
六库 LK	9	9	1852	2359	0.4166	0.4088	1.3844	1.3227	0.4367	0.4173
保山 BS	4	3	198	209	0.6360	0.6096	1.5333	1.4590	0.7666	0.9205
大理 DL	3	3	149	165	0.6127	0.6474	1.4633	1.5364	0.9233	0.9693

2.4 实蝇类群相似性分析

5个地区间实蝇的Jaccard相似系数变化较大, 年度间没有明显差异, q 值在0.15~1.00之间。其中, 瑞丽与大理、瑞丽与保山之间相似性指数小于0.25, 表明瑞丽与大理和保山的实蝇类群极不相似。瑞丽与潞江坝 q 值在0.5~0.75之间, 表明它们之间的实蝇类群为中等相似水平; 大理和保山、六库和潞江坝实蝇类群的相似性指数 q 值在0.75~1.00之间, 近于极为相似水平。

2.5 实蝇类群聚类分析

2a的聚类分析结果基本相同, 大理和保山实蝇类群首先聚为一类, 然后再与六库实蝇类群聚为一类, 3个实蝇类群再与潞江坝实蝇类群聚为一族, 瑞丽实蝇类群明显从其它4个地区中分出单独成为一支(图2), 聚类分析结果支持了相似性分析结果。

3 讨论

在所研究的5个地区中, 实蝇发生呈现两种基本模式, 即全年发生和季节性发生。瑞丽、潞江坝实蝇种类

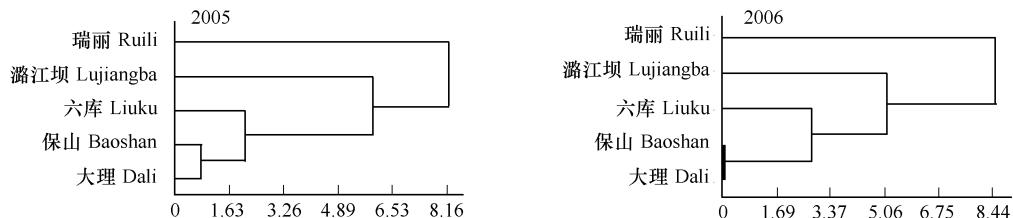


图2 实蝇类群在云南西部5个地区相似性聚类分析

Fig. 2 The cluster analysis of fruit fly species composition at five regions in western Yunnan, China

可全年发生,而六库、保山和大理实蝇种类为季节性发生。瑞丽和潞江坝年平均气温在21℃以上,1~3月份的平均气温也达17.1℃,炎热的气候及丰富的瓜果为当地实蝇的全年发生提供了必要的物质基础^[13]。而六库、保山和大理1~3月份的平均气温分别为16.7、12.7、11.2℃,冬季较低的气温限制了实蝇的生长发育,致使当地实蝇成虫未能全年捕获^[11]。

本研究发现,瑞丽、潞江坝、六库、保山、大理,实蝇类群丰富度由西南向东北逐渐递减。瑞丽实蝇有20种,潞江坝11种,六库9种,保山4种,最东边的大理只有3种。实蝇种类丰富度的这一地理分布变化趋势,一方面揭示了云南西部实蝇种类呈南北走向渐次扩散的基本规律,同时还反映了当地自然条件的纬度变化以及不同实蝇种类对当地环境的适应性特征。

表4 云南西部5个地区实蝇类群相似性系数

Table 4 Similarity coefficient of fruit fly species at five regions in western Yunnan, China

地区 Regions	瑞丽 Ruili		潞江坝 Lujiangba		六库 Liuku		保山 Baoshan	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
潞江坝 Lujiangba	0.5500	0.5000						
六库 Liuku	0.4500	0.4500	0.8182	0.9000				
保山 Baoshan	0.2000	0.1500	0.3636	0.3000	0.3000	0.3333		
大理 Dali	0.1500	0.1500	0.2727	0.3000	0.3333	0.3333	0.7500	1.0000

瑞丽位于纵向岭谷高黎贡山山脉西南侧,在5个地区中处于最西南边,其在西北、西南和东南3面与缅甸接壤,周边地势相对平坦开阔,边境线长169.8 km。瑞丽属典型的南亚热带湿润性季风气候,气流由南向北运行。从自然条件看,云南其他区域实蝇越过高黎贡山进入到瑞丽的可能性很小,而缅甸实蝇扩散或迁入到瑞丽的可能性较大。在瑞丽捕获到实蝇20种,而与瑞丽接壤的缅甸第四特区记录的实蝇12种,其中11种与瑞丽实蝇种类相同^[29]。由于桔小实蝇可以借助南来气流向北进行远距离飞行^[30],同时根据瑞丽和缅甸桔小实蝇种群遗传学研究结果,缅甸可能是瑞丽桔小实蝇种群的来源地^[31,34],显示瑞丽与缅甸的实蝇种类存在某种内在关联,瑞丽实蝇可能为外来入侵的,至少如同桔小实蝇等部分实蝇种类是从境外经历了多次入侵而进入的。因此,基于瑞丽特定的自然条件和地理位置,瑞丽有可能是缅甸实蝇进入云南的一个重要中转站,也是该区域内北部地区实蝇的主要来源地。

然而,云南西部纵向岭谷区北南走向的高黎贡山等山脉将瑞丽与云南其它地区分隔,在一定程度上限制了瑞丽实蝇进一步向云南境内的侵入。但不可忽视,云南与缅甸等东南亚国家长期而频繁的水果贸易,这对实蝇种类在云南及至中国西南地区的传播产生了一定影响,使得这一地区实蝇种类的传播和扩散除自然扩散传播外,人为原因也是导致的实蝇传播扩散的重要途径。因此,密切注意瑞丽等边境口岸实蝇种类变化,加强该地区实蝇进境检疫显得十分重要和非常必要。

从捕获量来看,潞江坝捕获实蝇个体的数量最大。分析潞江坝的自然地理不难发现,潞江坝属于低纬度高原深切割低海拔地区,地势狭窄而封闭,日照时间长,热量充足,终年无霜,适宜多种热带瓜果种植,其中以芒果、龙眼为主的优质热带水果已成为潞江坝的一项支柱产业,2003年,总产量达15 000 000 kg,其中芒果

3054000 kg, 为多种实蝇种群数量的大发生提供了有利条件^[32,33]。同时, 潞江坝两边的高大山脉在一定程度上又阻断了它与外界在东西方向上的物种交流。所以, 尽管当地实蝇个体数量高于瑞丽, 但其种类的丰富度却明显小于瑞丽。

六库地处潞江坝以北 115 km 的怒江峡谷谷底, 当地水热条件较适于许多热带和亚热带水果生长, 我们在当地共捕获 9 种实蝇昆虫。由于所处纬度较高, 冬季(11 月至翌年 4 月份)受西藏高原侵入的干冷空气影响, 空气干燥, 降雨少, 冬季较低的气温和干燥的环境, 限制了实蝇的生存, 1~3 月份未能在当地捕获到实蝇成虫。经多样性测度, 六库的 Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 优势度集中度指数在 5 个地区中均为最低, 揭示六库实蝇种类多样性水平较低, 且实蝇种类多样性的稳定程度也小于其它 4 地, 预示六库实蝇种类的多样性受外界的影响较大; 相似性分析揭示, 六库与潞江坝实蝇种类的相似性指数最大, 近于极为相似水平; 所捕获的六库实蝇种类均可在潞江坝找到; 这些均表明六库实蝇种类组成与潞江坝实蝇种类组成存在密切关联。显示, 六库实蝇种类很可能是从潞江坝扩散而来的, 而怒江河谷正是这些实蝇扩散迁移的通道^[30]。

分析六库—潞江坝一带的自然地理发现, 海拔 4000 m 以上的高黎贡山和碧罗雪山将怒江峡谷地区与山脉东西两边的地区隔离开来。而在怒江地区因青藏高原隆起产生的热力和动力作用形成的西风环流和暖湿气流大致呈南北走向, 与纵向峡谷南北走向的山脉相对应, 形成了南北的通道和东西向的屏障, 产生大尺度的“通道—阻隔”作用^[12]。在“通道—阻隔”作用效应的影响下, 怒江峡谷地区某些实蝇种类可沿河道在南北方向上交流, 而瑞丽、保山、大理等地由于山脉的阻隔, 尽管当地水果种类, 气温条件相似, 如瑞丽与潞江坝, 但这些地区的实蝇种类与怒江谷地的实蝇种类的相似性处于较低的水平。

保山和大理处在云南西部纵向峡谷较为开阔的高原坝区, 四周被群山环绕, 由于所处海拔较高, 当地水果种类较少, 加之冬季的低温, 限制了许多实蝇种类的繁育, 使得当地实蝇的发生和危害程度较低, 印证了多数实蝇分布于热带和亚热带地区^[1,5,16]。

本研究区域位于云南西部和中国西南纵向峡谷的中段, 占地约 120 000 km², 共捕获 20 种实蝇昆虫。由于本研究仅采用诱剂诱捕法(2 种实蝇诱剂)和被害瓜果内实蝇收集法, 而且调查地点也有局限, 所捕获到的 20 种实蝇可能还未真实反映当地全部实蝇种类, 实际的果实蝇种类应该会更多。即便如此, 本研究也表明, 该地区是云南乃至我国实蝇多样性最为丰富的地区之一, 在实蝇研究与防治方面应予以高度重视^[5]。但由于本研究区域自然条件复杂多样, 实蝇的种类、分布和危害明显不同于我国及世界其它地区, 实蝇的发生也因此呈现出特有的规律和特征, 考虑到该区域与实蝇重要发生地缅甸接壤, 有必要对该区域实蝇多样性加以深入研究。

References:

- [1] Clarke A R, Armstrong K F, Carmichael A E, Milne R J, Raghu S, Roderick K K, Yeates K D. Invasive phytophagous pests arising through a recent tropical evolutionary radiation: the *Bactrocera dorsalis* complex of tropical fruit flies. Annual Review of Entomology, 2005, 50: 293—319.
- [2] Thompson F C. Fruit Fly Expert Identification System and Systematic Information Database. Leiden: Backhuys Publishers, 1999: 65—251.
- [3] Chen P, Ye H. Advances in taxonomy of *Bactrocera dorsalis* complex. Chinese Bulletin of Entomology, 2007, 44(1): 41—47.
- [4] Liang G Q, Yang G H, Liang F, Situ B L, Liang X D. Fruit Flies in Asia-Pacific areas. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1996. 1—479.
- [5] Wang X J. The fruit flies (Diptera: Tephritidae) of the East Asian region. Acta Zootax. Sinica, 1996, 21(Suppl.): 1—338, 265 figs., 41pls.
- [6] Zhu Z H, Ye H, Zhang Z Y. Molecular identification of six *Bactrocera* species (Diptera: Tephritidae) based on mtDNA. Acta Entomologica Sinica, 2005, 48(3): 386—390.
- [7] Drew RAI, Raghu S. The fruit fly fauna (Diptera: Tephritidae: Dacinae) of the rainforest habitat of the Western Ghats, India. Raffles Bull. Zool., 2002, 50: 327—352.
- [8] Shi W, Ye H. Genetic differentiation in five geographic populations of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) in Yunnan Province. Acta Entomol. Sin., 2004, 47(3): 384—388.
- [9] Ye H. Distribution of the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Yunnan Province. Entmol. Sin., 2001, 8(2): 175—182.
- [10] Chen P, Ye H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and analysis of the factors influencing the population in Ruili, Yunnan Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(9): 2775—2815.
- [11] Chen P, Ye H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) along with analysis on the factors influencing the population in

- Baoshanba, Yunnan, China. Entomological Science, 2007, 10(2) : 141—147
- [12] He D M, Wu S H, Peng H, Yang Z F, Ou X K, Cui B S. A study of ecosystem changes in Longitudinal Range-Gorge region and transboundary eco-security in southwest china. Advances in Earth Science, 2005, 20(3) : 338—344.
- [13] Chen P, Ye H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Lujiangba, Yunnan. Journal of Zhejiang University (Agriculture & Life Sciences), 2007, 33 (6) : 633—640.
- [14] Chen P, Ye H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Liuku, Yunnan with an analysis of the influencing factors. Acta Entomologica Sinica, 2007, 50 (1) : 38—45.
- [15] Drew RAI. The tropical fruit flies (Diptera: Tephritidae) of the Australasian and Oceanian Region. Mem. Queensland Mus., 1989, 26 : 1—521.
- [16] Drew RAI, Hancock D L. The *Bactrocera dorsalis* complex of fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) in Asia. Bull. Entomol. Res., 1994, 2 (Suppl.) : 1—68.
- [17] Drew, RAI, Hancock D L, White I M. Revision of the tropical fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) of South-east Asia, *Dacus Fabricius*. Invert., Tax., 1998, 12 : 567—654.
- [18] Hardy D E. The fruit flies (Tephritidae: Diptera) of Thailand and bordering countries. Pacific Ins. Monogr., 1973, 31 : 1—353.
- [19] Hardy D E. The fruit flies of the Philippines (Diptera: Tephritidae). Pacific. Ins. Monogr., 1974, 32 : 1—266.
- [20] Hardy D E. Family Tephritidae. In: Delfinado M D, Hardy D E eds. A Catalog of the Diptera of the Oriental Region, 1977, Vol. 3. 44—134.
- [21] Hardy D E. The Dacini of Sulawesi (Diptera: Tephritidae). Treubia, 1982, 28 : 173—241.
- [22] Hardy D E. The fruit flies of the genus *Dacus Fabricius* of Java, Sumatra, and Lombok, Indonesia (Diptera: Tephritidae). Treubia, 1983, 29 : 1—45.
- [23] McAlpine J F. Monograph and Terminology-Adults. In: McAlpine J F, Peterson B V, Shewell G E, Teskey H J, Wood D M eds. Manual of Nearctic Diptera. Monograph No. 27, vol. 1. 1981, 9—63.
- [24] Wang X J, Chen X L. Arevision of the genus *Dacus Fabricius* from China (Diptera: Tephritidae). Acta Zootax. Sinica, 2002, 27 (3) : 631—636.
- [25] White I M, Elson-Harris M M. Fruit Flies of Economic Significance: Their Identification and Bionomics. Wallingford: CABI International & ACIAR 601 + VIpp. 1994.
- [26] Ma K P, Liu Y M. Measurement of biotic community diversity I. α diversity (Part II). Chinese Biodiversity, 1994, (2) : 231—239.
- [27] Yang H X, Lu Z Y. Methods of Quantitative Classification in Plant Ecology. Beijing: Science Press, 1981.
- [28] Tang Q Y, Feng M G. DPS Data Processing System for Practical Statistics. Beijing: Science Press, 2002. 367—373.
- [29] Deng Y L, Li Z Y, Jiang X L, Xu J, Zhang H R. investigation of fruit fly species in No. Fourth special zone of Burma. Plant Quarantine, 2005, (5) : 316—318.
- [30] Chen P, Ye H, Mu Q A. Migration and dispersal of the Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* in regions of Nujiang River based on fluorescence mark. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (6) : 2468—2476.
- [31] Shi W, Kerdelhue C, Ye H. Population genetics of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae), in Yunnan (China) based on mitochondrial DNA sequences. Environmental Entomology, 2005, 34 (4) : 977—983.
- [32] Lu Z Q, Wen D L, Lou Y Q. Elementary Discussion on Renewal and Exploitation of Tropical Crops in Lujiang Ba of Yunnan. Tropical Agricultural Science & Technology, 2005, 28 (4) : 5—9.
- [33] Ni Z G, Huang J X, Zhang L H, Wang Y Q. Renewal technic of mango veteran by changing the canopy. Tropical Agricultural Science & Technology, 2003, 26 (4) : 42—43, 45.
- [34] Chen P, Ye H. Relationship among five populations of *Bactrocera dorsalis* based on mitochondrial DNA sequences in western Yunnan, China. Journal of Applied Entomology, 2008, 132 (7) : 530—537.

参考文献:

- [3] 陈鹏,叶辉. 橘小实蝇复合体分类学研究进展. 昆虫知识, 2007, 44(1) : 41—47.
- [4] 梁广勤, 杨国海, 梁帆, 司徒保禄, 梁小丹. 亚太地区寡毛实蝇. 广州: 广东科技出版社, 1996. 1—479.
- [6] 朱振华, 叶辉, 张智英. 基于 mtDNA Cytb 的六种果实蝇的分子鉴定(双翅目: 实蝇科). 昆虫学报, 2005, 48 (3) : 386—390.
- [8] 施伟, 叶辉. 云南桔小实蝇五个地理种群的遗传分化研究. 昆虫学报, 2004, 47 (3) : 384—388.
- [12] 何大明, 吴绍洪, 彭华, 杨志峰, 欧晓昆, 崔保山. 纵向岭谷区生态系统变化及西南跨境生态安全研究. 地球科学进展, 2005, 20 (3) : 338—344.
- [13] 陈鹏, 叶辉. 云南潞江坝桔小实蝇成虫种群变动规律. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2007, 33 (6) : 633—640.
- [14] 陈鹏, 叶辉. 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, 2007, 50 (1) : 38—45.
- [26] 马克平, 刘玉明. 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, 1994, (2) : 231—239.
- [27] 阳含熙, 卢泽愚. 植物生态学的数量分类方法. 北京: 科学出版社, 1981.
- [28] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社, 2002. 367—373.
- [29] 邓裕亮, 李正跃, 蒋小龙, 许坚, 张宏瑞. 缅甸第四特区实蝇类害虫调查. 植物检疫, 2005, (5) : 316—318.
- [30] 陈鹏, 叶辉, 母其爱. 基于荧光标记的怒江流域桔小实蝇(*Bactrocera dorsalis*)的迁移扩散. 生态学报, 2007, 27 (6) : 2468—2476.
- [32] 陆自芹, 文定良, 娄予强. 云南潞江坝经济作物的更新开发与研究. 热带农业科技, 2005, 28 (4) : 5—9.
- [33] 尼章光, 黄家雄, 张林辉, 王跃全. 芒果老树换种更新技术研究初报. 热带农业科技, 2003, 26 (4) : 42—43, 45.