



陈晓晓, 高娅蓉, 熊康宁, 宋月华. 梵净山国家级自然保护区叶蝉群落结构特征 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (4): 934-949.

梵净山国家级自然保护区叶蝉群落结构特征

陈晓晓, 高娅蓉, 熊康宁, 宋月华*

(贵州师范大学喀斯特研究院/国家喀斯特石漠化防治工程技术研究中心, 贵阳 550000)

摘要: 为了解梵净山国家级自然保护区内叶蝉群落结构组成及其变化特征, 丰富保护区昆虫物种分布数据, 对该保护区不同生境和不同垂直林带的叶蝉进行初步调查。运用统计分析、聚类分析、Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀性指数、Simpson 优势度指数, 研究了不同生境和林带中叶蝉类群的物种组成、相似性、多样性和均匀度。结果表明, 随着植被组成变化和海拔升高, 叶蝉类群在 5 种生境和 4 种林带间的分布存在较大差异, 植被组成丰富和光照条件充足的环境中, 叶蝉类群多样性增加, 植被类型单一且密度大的环境下, 叶蝉类群趋于减少。在不同生境中, 类群属级阶元数量顺序为: 灌丛 (85 属) > 林缘 (61 属) > 田地 (49 属) > 森林 (44 属) > 草坡 (33 属); 在不同海拔林带中顺序为: 亚高山灌丛草甸带 (88 属) > 常绿阔叶林带 (68 属) > 亚高山针阔混交林带 (66 属) > 常绿落叶阔叶混交林带 (39 属)。自然环境的相似性是叶蝉群落相似性的基础, 区间相似性越高, 叶蝉群落越相似, 不同生境和不同林带中自然环境存在的差异, 导致了叶蝉类群相似性的不同。在不同生境下, 灌丛和林缘的叶蝉类群组成相似性最高, 生境之间关联性最强, 而在不同林带下, 常绿阔叶林带和亚高山灌丛草甸带相似性最高。随着生境条件和林带环境的不同, 叶蝉类群的分布呈现一定的特征, 类群均匀度指数和多样性指数呈正相关, 优势度指数则相反。从田地到灌丛以及从常绿阔叶林带到亚高山灌丛草甸带, 多样性指数逐渐增大, 叶蝉类群组成在灌丛和亚高山灌丛草甸带最为丰富, 各类群的数量也相对均匀, 而田地和常绿阔叶林带的优势度指数最高, 说明其群落内物种分布较不均匀, 个体数虽最多, 但优势类群突出, 多样性指数相对较低。

关键词: 梵净山; 叶蝉; 类群组成; 群落结构

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 04-0934-16

Structure characteristics of leafhopper community in Fanjingshan National Nature Reserve

CHEN Xiao-Xiao, GAO Ya-Rong, XIONG Kang-Ning, SONG Yue-Hua* (School of Karst Science, Guizhou Normal University/State Key Laboratory Cultivation Base for Guizhou Karst Mountain Ecology Environment of China, Guiyang 550000, Guizhou Province, China)

Abstract: In order to understand the composition and variation characteristics of leafhopper community in Fanjingshan National Nature Reserve, enrich the distribution data of insect species in the study area, and conduct a preliminary investigation of leafhoppers in different habitats and different vertical forest belts in the area. Using statistical analysis, cluster analysis, Shannon-Wiener diversity index, Pielou uniformity index, and Simpson dominance index, the composition, similarity, diversity and uniformity of leafhopper groups in different habitats and forest belts were analyzed. The results showed that as the vegetation composition changed and the altitude increased, there were large differences in the distribution of

基金项目: 贵州省科技厅自然科学基金重点项目 (黔科合基础 [2018] 1411 号); 贵州省科技支撑计划项目 (黔科合支撑 [2019] 2855 号); 贵阳市科技计划项目 (筑科合同 [2020] 7-18 号)

作者简介: 陈晓晓, 女, 1995 年生, 硕士研究生, 主要研究方向为昆虫遗传多样性, E-mail: chen75595@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 宋月华, 女, 博士, 教授, 主要研究方向为喀斯特地区昆虫生物多样性, E-mail: songyuehua@163.com

收稿日期 Received: 2020-05-28; 接受日期 Accepted: 2020-07-20

leafhopper groups in five habitats and four forest belts. In an environment with rich vegetation composition and sufficient light conditions, the diversity of leafhopper groups increased. In an environment with a single vegetation type and high density, leafhopper taxa tended to decrease. In different habitats and forest belts, the order of the number of groups was shrub (85 genera) > forest margin (61 genera) > field (49 genera) > forest (44 genera) > grass slope (33 genera); in different forest belts, the order of the number of groups was Subalpine shrub and meadow belt (88 genera) > Evergreen broad-leaved forest belt (68 genera) > Subalpine coniferous and broad-leaved mixed forest belt (66 genera) > Evergreen deciduous broad-leaved mixed forest belt (39 genera). The similarity of the natural environment was the basis of the similarity of the leafhopper community. The higher of interval similarity, the more similar of leafhopper community. Differences of natural environment in different habitats and forest belts, which led to differences of similarity of leafhopper groups. Under different habitats, the leafhoppers groups in the shrub and forest margin was the most similar, and the relationship between the two habitats was the strongest. Under different forest belts, the Evergreen broad-leaved forest belt and the Subalpine shrub and meadow belt had the highest similarity. With the difference of habitat conditions and forest belt environment, the distribution of leafhopper groups exhibited certain characteristics. The groups uniformity index increased with the increase of diversity index, while the dominance index was opposite. From field to shrub and from Evergreen broad-leaved forest belt to Subalpine shrub and meadow belt, the diversity index gradually increased, and leafhopper groups were most abundant in shrub and Subalpine shrub and meadow belts, and the number of various groups was relatively uniform, while the dominance index of field and Evergreen broad-leaved forest belt was the highest. It showed that the distribution of species in the community was relatively uneven. Although the number of individuals was the largest, the dominant groups were prominent, and the diversity index was relatively low.

Key words: Fanjingshan; leafhopper; group composition; community structure

叶蝉隶属于半翅目 Hemiptera 头喙亚目 Auchenorrhyncha 叶蝉科 Cicadellidae, 主要发生在森林和草地上, 个体小, 种类众多, 以植物为食 (Morris, 1971; 郭慧芳, 2011)。叶蝉是一类危害作物、草地、林木等植物的昆虫, 常刺吸植物汁液, 导致叶片出现淡白色斑点直至枯死, 并且许多种类还传播植物病毒, 给农林业带来严重的损失 (廉振民和潘兴丽, 2008; Roddee *et al.*, 2018), 但其作为生态系统的重要组成部分, 对物质循环、能量流动及环境变化监测等方面具有特殊的生态功能。相关研究表明, 在不同区域环境、海拔和生境下昆虫群落组成和结构均有较大的差异, 该差异反映了垂直带的特征和规律、植被演替变化以及环境干扰程度等, 是重要的生态学评价指标之一 (廉振民等, 1997; 曹凤麟等, 2016; 马玲等, 2016)。

梵净山国家级自然保护区地处云贵高原向湘西丘陵的过渡地带, 是多种植物区系地理成分汇集地, 保护区内动植物种类多, 生物多样性丰富, 随着气候、地貌、海拔等自然环境的变化, 呈现

特有的分布和演化规律。叶蝉科昆虫是该区域生态系统的重要组成部分, 对保护区内叶蝉物种进行调查研究, 对不同垂直海拔林带和不同生境条件下的叶蝉类昆虫进行生物多样性统计, 并且分析其分布特征, 旨在探明该区域叶蝉群落结构特征及其与环境变化的关系, 为保护区内生态环境质量监测提供参考依据, 为叶蝉类昆虫在生物学、生态学及综合治理等研究上提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 保护区自然概况

梵净山国家级自然保护区位于贵州省铜仁市江口县、松桃县和印江县三县的交界地带, 地处 $108^{\circ}45'50'' - 108^{\circ}48'30''E$ 、 $27^{\circ}49'50'' - 28^{\circ}1'30''N$, 地势显著隆起, 是武陵山脉的最高峰, 由于受到长期侵蚀, 形成变质岩山脉地貌; 属于中亚热带季风山地湿润气候, 水热资源丰富, 气候呈现垂直变化, 并由下至上划分为中亚热带、北亚热带、南温带和中温带 4 个气候带 (牛克锋, 2014)。区

内生境类型复杂, 植被类型多样, 植被呈现垂直带谱, 主要有阔叶林、针叶林、竹林、灌丛和沼泽 5 个植被类型组, 动植物种类丰富, 是重要的生物资源基因库 (黄威廉, 2001)。

1.2 采样方法与标本处理

对 2018 年夏季 (5-8 月) 梵净山保护区内的叶蝉科昆虫进行扫网采集, 每月采集不同生境和林带上的叶蝉科昆虫, 每个地方扫网 50 次, 将采集后的标本 (不包括若虫) 保存在无水乙醇中, 记录采集信息 (时间、地点、高程、植被类型等), 并依据叶蝉发生条件将其生存生境划分为以下 5 类: 田地 (耕种庄稼的土地)、草坡 (多年生矮小草本植株密植的草地或坡地)、森林 (具有高密度树木的群落)、林缘 (在森林和草地或灌木群落之间的交错群落) 和灌丛 (矮小而丛生木本和草本植物的群落) (赵振强等, 2015); 依据海拔高度以及植被类型, 研究区划分为 4 个垂直海拔林带: 常绿阔叶林带 (I, <1 300 m)、常绿落叶阔叶混交林带 (II, 1 300~1 900 m)、亚高山针阔混交林 (III, 1 900~2 350 m)、亚高山灌丛草甸带 (IV, 2 350~2 570 m) (黄威廉, 2001)。

标本鉴定主要依据《贵州大学馆藏昆虫 (头喙类) 模式标本图志》《中国斑叶蝉和塔叶蝉 (半翅目: 叶蝉科: 小叶蝉亚科)》《中国竹子叶蝉》和《中国广头叶蝉 (半翅目: 叶蝉科)》等叶蝉分类著作及相关分类文献完成 (李子忠等, 1996, 2006, 2011, 2014, 2017; 陈祥盛等, 2012; 宋月华等, 2014; 戴仁怀等, 2018)。

1.3 数据分析与处理

1.3.1 群落优势度分析

利用 Excel 2010 软件建立梵净山自然保护区叶蝉科昆虫分布信息数据库, 以不同生境和垂直自然林带为单位, 比较分析叶蝉群落组成与分布的差异, 并分析类群的优势度。

1.3.2 群落相似性分析

根据叶蝉各属在 5 种生境、4 种垂直林带的分布数据, 剔除仅在 1 个区分布的属, 建立 PAE 矩阵, 导入 SPSS 22.0 软件中, 用最远相邻法, Jaccard 系数为度量标准, 进行层次聚类分析以及相似性分析。

1.3.3 群落多样性分析

运用 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀性指数、Simpson 优势度指数相结合来表示叶蝉群落的多样性 (Simpson, 1949; Pielou, 1966; Peet,

1974)。

(1) Shannon-Wiener 多样性指数

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (1)$$

式中: H' 为多样性指数; $P_i = n_i/N$, n_i 为第 i 属的个体数, N 为总个体数。

(2) Pielou 均匀性指数

$$J = H'/\ln S \quad (2)$$

式中 H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数, S 为属数。

(3) Simpson 优势度指数

$$C = \sum_{i=1}^S (n_i/N)^2 \quad (3)$$

式中 C 为优势度指数, n_i 为第 i 种的个体数, N 为总个体数。

2 结果与分析

2.1 叶蝉群落组成与分布

2.1.1 不同生境条件下叶蝉群落组成与优势度

在保护区内 5 种不同生境类型中共捕获叶蝉标本 4 279 头, 隶属于 15 亚科 127 属, 叶蝉标本个体数依次为田地 (1 483 头, 34.7%) > 灌丛 (1 246 头, 29.1%) > 林缘 (824 头, 19.3%) > 草坡 (491 头, 11.5%) > 森林 (235 头, 5.5%)。类群不同阶元数量顺序依次为灌丛 (14 亚科, 85 属) > 林缘 (13 亚科, 61 属) > 田地 (9 亚科, 49 属) > 森林 (12 亚科, 44 属) > 草坡 (7 亚科, 33 属)。统计分析结果表明 (表 1): 在以不同生境条件为研究基础上, 整个研究区内山小叶蝉属 *Salka* 和草叶蝉属 *Sorhoanus* 2 属为优势类群, 占总个体数的 26.4%; 柔突叶蝉属 *Abrus* 和干大叶蝉属 *Processina* 等 27 属为常见类群, 占总个体数的 51.6%; 圆痕叶蝉属 *Japanagallia* 和广头叶蝉属 *Macropsis* 等 98 属为稀有类群, 占总个体数的 22.0%。在田地生境类型中, 草叶蝉属 *Sorhoanus*、山小叶蝉属 *Salka* 和尼氏叶蝉属 *Thapaia* 3 属为优势类群, 占该生境个体数的 67.6%; 二叉叶蝉属 *Macrosteles* 和吉岭叶蝉属 *Jilinga* 等 12 属为常见类群, 占个体数的 23.8%; 条大叶蝉属 *Atkinsoniella* 和斑大叶蝉属 *Anatkina* 等 34 属为稀有类群, 占个体数的 8.5%。在草坡生境类型中, 阿里山叶蝉属 *Alishania* 和干大叶蝉属 *Processina* 2 属为优势类群, 占该生境个体数的 33.2%; 广头叶蝉属 *Macropsis*

和横脊叶蝉属 *Evacanthus* 等 12 属为常见类群, 占个体数的 59.5%; 条大叶蝉属 *Atkinsoniella* 和斑大叶蝉属 *Anatkina* 等 19 属为稀有类群, 占个体数的 7.3%。在森林生境类型中, 条大叶蝉属 *Atkinsoniella* 为优势类群, 占该生境个体数的 13.2%; 愈叶蝉属 *Maiestas* 和吉岭叶蝉属 *Jilinga* 等 26 属为常见类群, 占个体数的 77.4%; 杨小叶蝉属 *Alnetoidia* 和泰小叶蝉属 *Thailocyba* 等 17 属为稀有类群, 占个体数的 9.4%。在林缘生境类型中, 山小叶蝉属 *Salka* 和米小叶蝉属 *Mitjaevia* 2 属

为优势类群, 占该生境个体数的 30.5%; 干大叶蝉属 *Processina* 和条大叶蝉属 *Atkinsoniella* 等 17 属为常见类群, 占个体数的 52.5%; 网脉叶蝉属 *Dryodurgades* 和多脉叶蝉属 *Multinervis* 等 42 属为稀有类群, 占个体数的 17.0%。在灌丛生境类型中, 叶蝉分布无优势类群; 杨小叶蝉属 *Alnetoidia* 和优小叶蝉属 *Qadria* 等 34 属为常见类群, 占该生境个体数的 82.8%; 凸唇叶蝉属 *Erragonalia* 和凹大叶蝉属 *Bothrogonia* 等 51 属为稀有类群, 占个体数的 17.2%。

表 1 梵净山国家级自然保护区不同生境类型叶蝉的群落组成

Table 1 Composition of leafhopper community at different habitats in Fanjingshan National Nature Reserve

亚科 Subfamily	属 Genus	生境 (头) Habitat					合计 Total	多度 Grading					
		田地 (1 483)	草坡 (491)	森林 (235)	林缘 (824)	灌丛 (1 246)							
		Field	Grass slope	Forest	Forest margin	Shrub							
角顶叶蝉亚科 Deltocephalinae	柔突叶蝉属 <i>Abrus</i>	0	46	++	7	++	4	+	44	++	101	++	
	阿里山叶蝉属 <i>Alishania</i>	2	+	100	+++	0		1	+	13	++	116	++
	带叶蝉属 <i>Scaphoideus</i>	4	+	2	+	1	+	4	+	32	++	43	++
	片茎叶蝉属 <i>Acharis</i>	0		2	+	0		0		0		2	+
	二室叶蝉属 <i>Balclutha</i>	0		24	++	0		0		0		24	+
	斑翅叶蝉属 <i>Mimotettix</i>	0		1	+	0		2	+	0		3	+
	拟竹叶蝉属 <i>Bambusananus</i>	0		25	++	0		1	+	5	+	31	+
	拟二叉叶蝉 <i>Paramacrosteles</i>	0		36	++	0		0		0		36	+
	异滑叶蝉 <i>Paralaevicephalus</i>	4	+	4	+	1	+	2	+	38	++	49	++
	端突叶蝉属 <i>Branchana</i>	0		1	+	0		0		0		1	+
	菱纹叶蝉属 <i>Hishimonus</i>	0		3	+	5	++	0		0		8	+
	长角叶蝉属 <i>Longicornus</i>	3	+	2	+	0		0		1	+	6	+
	缘毛叶蝉属 <i>Phlogothamnus</i>	2	+	1	+	0		11	++	0		14	+
	多室叶蝉属 <i>Subhimalus</i>	9	+	0		1	+	17	++	2	+	29	+
	草叶蝉属 <i>Sorhoanus</i>	435	+++	0		3	++	8	+	19	++	465	+++
	小眼叶蝉属 <i>Xestocephalus</i>	1		0		0		1	+	1	+	3	+
	叉茎叶蝉属 <i>Soractellus</i>	0		0		0		1	+	0		1	+
	拟带叶蝉属 <i>Scaphotettix</i>	0		0		2	+	7	+	0		9	+
	双突叶蝉属 <i>Chlorotettix</i>	0		0		0		0		14	++	14	+
	二叉叶蝉属 <i>Macrosteles</i>	45	++	0		2	+	0		71	++	118	++
多脉叶蝉属 <i>Polyamia</i>	1	+	0		0		0		7	+	8	+	
竹叶蝉属 <i>Bambusana</i>	0		0		0		2	+	3	+	5	+	
线突叶蝉属 <i>Linella</i>	1	+	0		0		0		2	+	3	+	
类带叶蝉属 <i>Scaphoidella</i>	0		0		0		0		2	+	2	+	

续表 1 Continued table 1

亚科 Subfamily	属 Genus	生境 (头) Habitat					合计 Total	多度 Grading					
		田地(1 483) Field	草坡(491) Grass slope	森林(235) Forest	林缘(824) Forest margin	灌丛(1 246) Shrub							
	愈叶蝉属 <i>Maiestas</i>	1	+	0	3	++	0	4	+	8	+		
	吉岭叶蝉属 <i>Jilinga</i>	15		0	3	++	0	46	++	64	++		
	合板叶蝉属 <i>Connectivus</i>	0		0	0		0	7	+	7	+		
	多突叶蝉属 <i>Multiproductus</i>	1	+	0	3		0	0		4	+		
	端叉叶蝉属 <i>Amblysellus</i>	0		0	1	+	0	0		1	+		
	腹突叶蝉属 <i>Osbornellus</i>	0		0	1	+	0	0		1	+		
	大眼叶蝉属 <i>Paivanana</i>	0		0	0		1	+	0	1	+		
	裂茎叶蝉属 <i>Pinumius</i>	0		0	0		1	+	0	1	+		
	网翅叶蝉属 <i>Reticulum</i>	0		0	0		3	+	1	+	+		
	木叶蝉属 <i>Phlogotettix</i>	1	+	0	0		0	3	+	4	+		
	肛突叶蝉属 <i>Changwhania</i>	1	+	0	0		0	0	+	1	+		
	拟菱纹叶蝉属 <i>Hishimonoides</i>	1	+	0	0		0	0	+	1	+		
小叶蝉亚科 Typhlocybinae	小绿叶蝉属 <i>Empoasca</i>	0		27	++	0	19	++	16	+	62	++	
	白翅叶蝉属 <i>Thaia</i>	1	+	2	+	6	++	0	+	9	+		
	山小叶蝉属 <i>Salka</i>	413	+++	40	++	20	++	139	+++	51	+	663	+++
	三斑小叶蝉属 <i>Trimaculata</i>	0		14	++	0		0	+	14	+		
	尼氏叶蝉属 <i>Thapaia</i>	155	+++	9	++	0		39	++	1	+	204	++
	阿小叶蝉属 <i>Arboridia</i>	15	++	1	+	8	++	81	++	19	+	124	++
	斑小叶蝉属 <i>Maculosus</i>	0		4	+	0		0		4	+		
	杨小叶蝉属 <i>Alnetoidia</i>	0		3	+	1	+	15	++	25	++	44	++
	优小叶蝉属 <i>Qadria</i>	29	++	10	++	5	++	0		13	++	57	++
	克小叶蝉属 <i>Kapsa</i>	0		3	+	5	++	7	+	31	++	46	++
	戴小叶蝉属 <i>Diomma</i>	0		1	+	0		0		17	++	18	+
	迪克叶蝉属 <i>Dikraneura</i>	0		10	++	0		0		0		10	+
	顶斑叶蝉属 <i>Empoascanara</i>	26	++	2	+	9	++	23	++	3	+	63	++
	米小叶蝉属 <i>Mitjaevia</i>	0		1	+	3	++	112	+++	56	++	172	++
	斑翅叶蝉属 <i>Tautoneura</i>	28	++	1	+	0		11	++	36	++	76	++
	长柄叶蝉属 <i>Alebroides</i>	0		0		0		40	++	4	+	44	++
	零小叶蝉属 <i>Limassolla</i>	0		0		2	+	7	+	1	+	10	+
	红光叶蝉属 <i>Rufitidia</i>	60	++	0		0		0		30	++	90	++
	安小叶蝉属 <i>Anufrievia</i>	17	++	0		12	++	0		14	++	43	++
	莫小叶蝉属 <i>Motaga</i>	1	+	0		0		0		8		9	+
	新小叶蝉属 <i>Singaporea</i>	1	+	0		4	++	0		28	++	33	+
	泰小叶蝉属 <i>Thailocyba</i>	0		0		1	+	0		0		1	+

续表 1 Continued table 1

亚科 Subfamily	属 Genus	生境 (头) Habitat							合计 Total	多度 Grading	
		田地(1 483)	草坡(491)	森林(235)	林缘(824)	灌丛(1 246)					
		Field	Grass slope	Forest	Forest margin	Shrub					
	合小叶蝉属 <i>Coalitus</i>	0	0	0	8	+	106	++	114	++	
	白小叶蝉属 <i>Elbelus</i>	3	+	0	0	+	5	+	11	+	
	布雷小叶蝉属 <i>Platfusa</i>	70	++	0	0	+	0		71	++	
	酷小叶蝉属 <i>Kusala</i>	0		0	2	+	0		2	+	
	达小叶蝉属 <i>Dayus</i>	12	+	0	0	+	8	+	23	+	
	赛小叶蝉属 <i>Seriana</i>	0		0	1	+	5	+	6	+	
	网眼叶蝉属 <i>Matsumurina</i>	1	+	0	0		0		1	+	
	齿缘叶蝉属 <i>Laciniata</i>	8	+	0	0		0		8	+	
	维奥小叶蝉属 <i>Vikabara</i>	0		0	0		19	++	19	+	
	倾小叶蝉属 <i>Subvexus</i>	0		0	0		1	+	1	+	
	尼小叶蝉属 <i>Thapaia</i>	0		0	0		72	++	72	++	
	脊额叶蝉属 <i>Carinata</i>	0		0	0		3	+	3	+	
	拟白翅叶蝉属 <i>Pseudothaia</i>	0		0	0		17	++	17	+	
	膨小叶蝉属 <i>Inflatus</i>	0		0	0		19	++	19	+	
	长毛叶蝉属 <i>Plumosa</i>	0		0	0		1	+	1	+	
	菱脊叶蝉属 <i>Parathaia</i>	0		0	0		2	+	2	+	
大叶蝉亚科 Cicadellinae	干大叶蝉属 <i>Processina</i>	0		63	+++	0	0		63	++	
	条大叶蝉属 <i>Atkinsoniella</i>	14	+	0	31	+++	32	++	41	++	
	斑大叶蝉属 <i>Anatkina</i>	5	+	0	1	+	48	++	10	+	
	窗翅叶蝉属 <i>Mileewa</i>	4	+	0	19	++	1	+	2	+	
	边大叶蝉属 <i>Kolla</i>	3	+	0	8	++	7	+	14	++	
	大叶蝉属 <i>Cicadella</i>	0		0	0		9	++	0	+	
	淡翅叶蝉属 <i>Ujna</i>	11	+	0	6	++	0		25	++	
	帕叶蝉属 <i>Paratkina</i>	0		0	1	+	0		0	+	
	无僧叶蝉属 <i>Namsangia</i>	0		0	6	++	0		0	+	
	凸唇叶蝉属 <i>Erragonalia</i>	0		0	0		12	++	12	+	
	凹大叶蝉属 <i>Bothrogonia</i>	0		0	0		0		8	+	
	突额叶蝉属 <i>Gunungidia</i>	16	++	0	0		0		7	+	
	长冠叶蝉属 <i>Stenakina</i>	0		0	0		0		2	+	
圆痕叶蝉亚科 Agallinae	圆痕叶蝉属 <i>Japanagallia</i>	0		1	+	8	++	12	++	15	++
	网脉叶蝉属 <i>Dryodurgades</i>	7	+	0	0		5	+	16	++	
	多脉叶蝉属 <i>Multinervis</i>	0		0	0		1	+	0	+	
广头叶蝉亚科 Macropsinae	广头叶蝉属 <i>Macropsis</i>	7	+	6	++	0	4	+	24	++	
	横皱叶蝉属 <i>Oncopsis</i>	0		0	11	++	3	+	9	+	
	尖尾叶蝉属 <i>Pedionis</i>	0		0	0		0		1	+	

续表 1 Continued table 1

亚科 Subfamily	属 Genus	生境 (头) Habitat					合计 Total	多度 Grading	
		田地(1 483) Field	草坡(491) Grass slope	森林(235) Forest	林缘(824) Forest margin	灌丛(1 246) Shrub			
缘脊叶蝉亚科	槽胫叶蝉属 <i>Drabescus</i>	0	1 +	0	0	0	1	+	
Selenocephalinae	齿茎叶蝉属 <i>Tambocerus</i>	0	0	0	5 +	0	5	+	
	阔颈叶蝉属 <i>Drabescoides</i>	0	0	2 +	0	6 +	8	+	
横脊叶蝉亚科	横脊叶蝉属 <i>Evacanthus</i>	16 ++	45 ++	4 ++	7 +	5 +	77	++	
Evacanthinae	脊额叶蝉属 <i>Carinata</i>	0	0	0	4 +	2 +	6	+	
	斜脊叶蝉属 <i>Bundera</i>	17 ++	0	0	16 ++	13 ++	46	++	
	小板叶蝉属 <i>Oniella</i>	0	0	0	0	10 +	10	+	
	狭顶叶蝉属 <i>Angustella</i>	0	0	0	0	9 +	9	+	
	锥头叶蝉属 <i>Onukia</i>	0	0	1 +	0	0	1	+	
	拟锥头叶蝉属 <i>Onukiades</i>	1 +	0	0	0	0	1	+	
	叶蝉亚科	窄头叶蝉属 <i>Batracomorphus</i>	0	0	1 +	8 +	11 +	20	+
	Iassinae	点翅叶蝉属 <i>Gessius</i>	0	0	1 +	3 +	1 +	5	+
网脉叶蝉属 <i>Krisna</i>		0	0	0	2 +	0	2	+	
短头叶蝉属 <i>Iassus</i>		0	0	0	0	2 +	2	+	
秀头叶蝉亚科	小头叶蝉属 <i>Placidus</i>	5 +	0	14 ++	38 ++	10 +	67	++	
Stegelytrinae	片叶蝉属 <i>Thagria</i>	0	0	0	0	1 +	1	+	
耳叶蝉亚科	肖点叶蝉属 <i>Midoria</i>	0	0	0	1 +	1 +	2	+	
Ledrinae	片头叶蝉属 <i>Petaloccephala</i>	0	0	0	3 +	2 +	5	+	
	角胸叶蝉属 <i>Tituria</i>	0	0	0	0	1 +	1	+	
片角叶蝉亚科	叉突叶蝉属 <i>Balocerus</i>	0	0	0	6 +	0	6	+	
Idiocerinae	角突叶蝉属 <i>Anidiocerus</i>	0	0	0	0	4 +	4	+	
	透翅叶蝉属 <i>Hyalinocerus</i>	0	0	0	3 +	0	3	+	
隐脉叶蝉亚科	消室叶蝉属 <i>Chudania</i>	2 +	0	0	3 +	25 ++	30	+	
Nirvaninae	小板叶蝉属 <i>Oniella</i>	0	0	3 ++	2 +	0	5	+	
	拟隐脉叶蝉属 <i>Sophonia</i>	0	0	2 +	1 +	1 +	4	+	
	凹片叶蝉属 <i>Concaveplana</i>	0	0	0	1 +	0	1	+	
铲头叶蝉亚科	铲头叶蝉属 <i>Hecalus</i>	0	0	0	10 ++	0	10	+	
Hecalinae									
额垠叶蝉亚科	类痕叶蝉属 <i>Paramohunia</i>	0	0	0	0	13 ++	13	+	
Mukariinae	新痕叶蝉属 <i>Neomohunia</i>	0	0	0	0	3 +	3	+	
	条背叶蝉属 <i>Tiaobeinia</i>	0	0	4 ++	0	0	4	+	
	痕叶蝉属 <i>Mohunia</i>	6 +	0	3 ++	0	2 +	11	+	
	额垠叶蝉属 <i>Mukaria</i>	1 +	0	0	0	0	1	+	
	拟痕叶蝉属 <i>Pseudomohunia</i>	1 +	0	0	0	11 +	12	+	
离脉叶蝉亚科	单突叶蝉属 <i>Lodiana</i>	0	0	0	0	1 +	1	+	
Coelidiinae									

注: +, 稀有类群 (<1%); ++, 常见类群 (1%~10%); +++, 优势类群 (>10%)。Note: +, Rare taxa (<1%); ++, Common taxa (1%~10%); +++, Dominant taxa (>10%)。

2.1.2 不同海拔垂直林带下叶蝉群落组成与优势度

在研究区内 5 种不同海拔垂直林带, 共捕获叶蝉标本 4 278 头, 隶属于 15 亚科 127 属, 在不同海拔垂直林带中, 叶蝉标本个体数依次为常绿阔叶林带 (1 968 头, 46.0%) > 亚高山灌丛草甸带 (1 253 头, 29.3%) > 亚高山针阔混交林带 (838 头, 19.6%) > 常绿落叶阔叶混交林带 (219 头, 5.1%)。类群不同阶元数量顺序依次为亚高山灌丛草甸带 (14 亚科, 88 属) > 常绿阔叶林带 (10 亚科, 68 属) > 亚高山针阔混交林带 (14 亚科, 66 属) > 常绿落叶阔叶混交林带 (11 亚科, 39 属)。统计分析结果表明 (表 2): 在以不同海拔垂直林带环境为研究的基础上, 整个研究区内山小叶蝉属 *Salka* 和草叶蝉属 *Sorhoanus* 2 属为优势类群, 占总个体数的 26.1%; 干大叶蝉属 *Processina* 和斜脊叶蝉属 *Bundera* 等 27 属为常见类群, 占总个体数的 51.7%; 消室叶蝉属 *Chudania* 和小板叶蝉属 *Oniella* 等 98 属为稀有类群, 占总个体数的 22.2%。在常绿阔叶林带中, 草叶蝉属 *Sorhoanus* 和山小叶蝉属 *Salka* 2 属为优势类群, 占该林带个体数的 44.6%; 顶斑叶蝉属

Empoascanara 和红光叶蝉属 *Rufitidia* 等 15 属为常见类群, 占个体数的 42.0%; 窗翅叶蝉属 *Milewa* 和边大叶蝉属 *Kolla* 等 51 属为稀有类群, 占个体数的 13.4%。在常绿落叶阔叶混交林带中, 条大叶蝉属 *Atkinsoniella* 为优势类群, 占该林带个体数的 14.2%; 愈叶蝉属 *Maiestas* 和吉岭叶蝉属 *Jilinga* 等 23 属为常见类群, 占个体数的 76.7%; 窄头叶蝉属 *Batracomorphus* 和点翅叶蝉属 *Gessius* 等 15 属为稀有类群, 占个体数的 9.1%。在亚高山针阔混交林带中, 山小叶蝉属 *Salka* 和米小叶蝉属 *Mitjaevia* 2 属为优势类群, 占该林带个体数的 30.0%; 缘毛叶蝉属 *Phlogothamnus* 和多室叶蝉属 *Subhimalus* 等 17 属为常见类群, 占个体数的 51.7%; 肖点叶蝉属 *Midoria* 和片头叶蝉属 *Petalcephala* 等 47 属为稀有类群, 占个体数的 18.3%。在亚高山灌丛草甸带中, 叶蝉分布无优势类群; 圆痕叶蝉属 *Japanagallia* 和网脉叶蝉属 *Dryodurgades* 等 34 属为常见类群, 占该林带个体数的 82.4%; 横脊叶蝉属 *Evacanthus* 和脊额叶蝉属 *Carinata* 等 54 属为稀有类群, 占个体数的 17.6%。

表 2 梵净山国家级自然保护区不同海拔垂直林带叶蝉的群落组成

Table 2 Composition of leafhopper community at different vertical forest belts in Fanjingshan National Nature Reserve

亚科 Subfamily	属 Genus	垂直林带 (头) Vertical forest belt				合计 Total	多度 Grading				
		I (1 968)	II (1 253)	III (838)	IV (219)						
角顶叶蝉亚科	柔突叶蝉属 <i>Abrus</i>	50	++	7	++	4	+	44	++	105	++
Deltocephalinae	阿里山叶蝉属 <i>Alishania</i>	102	++	0		1	+	13	++	116	++
	带叶蝉属 <i>Scaphoideus</i>	6	+	1	+	4	+	32	++	43	++
	片茎叶蝉属 <i>Acharis</i>	2	+	0		0		0		2	+
	二室叶蝉属 <i>Balclutha</i>	24	++	0		0		0		24	+
	斑翅叶蝉属 <i>Mimotettix</i>	1	+	0		2	+	0		3	+
	拟竹叶蝉属 <i>Bambusananus</i>	25	++	0		1	+	5	+	31	+
	拟二叉叶蝉属 <i>Paramacrosteles</i>	36	++	0		0		0		36	+
	异滑叶蝉属 <i>Paralaevicephalus</i>	8	+	1	+	2	+	38	++	49	++
	端突叶蝉属 <i>Branchana</i>	1	+	0		0		0		1	+
	菱纹叶蝉属 <i>Hishimonus</i>	3	+	0		3	+	5	+	11	+
	长角叶蝉属 <i>Longicornus</i>	5	+	0		0		2	+	7	+
	缘毛叶蝉属 <i>Phlogothamnus</i>	3	+	0		11	++	0		14	+
	多室叶蝉属 <i>Subhimalus</i>	9	+	1	+	17	++	2	+	29	+
	草叶蝉属 <i>Sorhoanus</i>	435	+++	3	++	8	+	19	++	465	+++
	小眼叶蝉属 <i>Xestocephalus</i>	1	+	0		1	+	1	+	3	+

续表 2 Continued table 2

亚科 Subfamily	属 Genus	垂直林带 (头) Vertical forest belt				合计 Total	多度 Grading				
		I (1 968)	II (1 253)	III (838)	IV (219)						
	叉茎叶蝉属 <i>Soractellus</i>	0	0	1	+	0	1	+			
	拟带叶蝉属 <i>Scaphotettix</i>	0	2	+	7	+	0	9	+		
	双突叶蝉属 <i>Chlorotettix</i>	0	0	0	0	14	++	14	+		
	二叉叶蝉属 <i>Macrosteles</i>	45	++	2	+	0	71	++	118	++	
	多脉叶蝉属 <i>Polyamia</i>	1	+	0	0	7	+	8	+		
	竹叶蝉属 <i>Bambusana</i>	0	0	0	2	+	3	+	5	+	
	线突叶蝉属 <i>Linella</i>	1	+	0	0	0	2	+	3	+	
	类带叶蝉属 <i>Scaphoidella</i>	0	0	0	0	2	+	2	+		
	愈叶蝉属 <i>Maiestas</i>	1	+	3	++	0	4	+	8	+	
	吉岭叶蝉属 <i>Jilinga</i>	15	0	3	++	0	46	++	64	++	
	合板叶蝉属 <i>Connectivus</i>	0	0	0	0	7	+	7	+		
	多突叶蝉属 <i>Multiproductus</i>	1	+	0	0	3	+	0	4	+	
	端叉叶蝉属 <i>Amblysellus</i>	0	0	0	1	+	0	1	+		
	腹突叶蝉属 <i>Osbornellus</i>	0	0	0	1	+	0	1	+		
	大眼叶蝉属 <i>Paivanana</i>	0	0	0	0	1	+	1	+		
	裂茎叶蝉属 <i>Pinumius</i>	0	0	0	0	1	+	1	+		
	网翅叶蝉属 <i>Reticulum</i>	0	0	0	3	+	1	+	4	+	
	木叶蝉属 <i>Phlogotettix</i>	1	+	0	0	0	3	+	4	+	
	肛突叶蝉属 <i>Changwhania</i>	1	+	0	0	0	0	1	+		
	拟菱纹叶蝉属 <i>Hishimonoides</i>	1	+	0	0	0	0	1	+		
小叶蝉亚科 Typhlocybinae	小绿叶蝉属 <i>Empoasca</i>	27	++	0	0	19	++	16	++	62	++
	白翅叶蝉属 <i>Thaia</i>	3	+	0	0	6	+	0	9	+	
	山小叶蝉属 <i>Salka</i>	443	+++	20	++	139	+++	51	++	653	+++
	三斑小叶蝉属 <i>Trimaculata</i>	14	+	0	0	0	0	0	14	+	
	尼氏叶蝉属 <i>Thapaia</i>	164	++	0	0	39	++	1	+	204	++
	阿小叶蝉属 <i>Arboridia</i>	16	+	8	++	81	++	19	++	124	++
	斑小叶蝉属 <i>Maculosus</i>	4	+	0	0	0	0	0	4	+	
	杨小叶蝉属 <i>Alnetoidia</i>	3	+	1	+	15	++	25	++	44	++
	优小叶蝉属 <i>Qadria</i>	39	++	5	++	0	0	13	++	57	++
	克小叶蝉属 <i>Kapsa</i>	3	+	5	++	7	+	31	++	46	++
	戴小叶蝉属 <i>Diomma</i>	1	+	0	0	0	0	17	++	18	+
	迪克叶蝉属 <i>Dikraneura</i>	10	+	0	0	0	0	0	10	+	
	顶斑叶蝉属 <i>Empoascanara</i>	28	++	9	++	23	++	3	+	63	++
	米小叶蝉属 <i>Mitjaevia</i>	1	+	3	++	112	+++	56	++	172	++
	斑翅叶蝉属 <i>Tautoneura</i>	29	++	0	0	11	++	36	++	76	++
	长柄叶蝉属 <i>Alebroides</i>	0	0	0	0	40	++	4	+	44	++
	零小叶蝉属 <i>Limassolla</i>	0	0	2	+	7	+	1	+	10	+
	红光叶蝉属 <i>Rufitidia</i>	60	++	0	0	0	0	30	++	90	++
	安小叶蝉属 <i>Anufrievia</i>	17	+	12	++	0	0	14	++	43	++

续表 2 Continued table 2

亚科 Subfamily	属 Genus	垂直林带 (头) Vertical forest belt						合计 Total	多度 Grading		
		I (1 968)	II (1 253)	III (838)	IV (219)						
	莫小叶蝉属 <i>Motaga</i>	1	+	0		0		8	+	9	+
	新小叶蝉属 <i>Singapore</i>	1	+	4	++	0		28	++	33	+
	泰小叶蝉属 <i>Thailocyba</i>	0		1	+	0		0		1	+
	合小叶蝉属 <i>Coalitus</i>	0		0		8	+	106	++	114	++
	白小叶蝉属 <i>Elbelus</i>	3	+	0		3	+	5	+	11	+
	布雷小叶蝉属 <i>Platfusa</i>	70	++	0		1	+	0		71	++
	酷小叶蝉属 <i>Kusala</i>	0		0		2	+	0		2	+
	达小叶蝉属 <i>Dayus</i>	12	+	0		3	+	8	+	23	+
	赛小叶蝉属 <i>Seriana</i>	0		0		1	+	5	+	6	+
	网眼叶蝉属 <i>Matsumurina</i>	1	+	0		0		0		1	+
	齿缘叶蝉属 <i>Laciniata</i>	8	+	0		0		0		8	+
	维奥小叶蝉属 <i>Vikabara</i>	0		0		0		19	++	19	+
	倾小叶蝉属 <i>Subvexus</i>	0		0		0		1	+	1	+
	尼小叶蝉属 <i>Thapaia</i>	0		0		0		72	++	72	++
	脊额叶蝉属 <i>Carinata</i>	0		0		0		3	+	3	+
	拟白翅叶蝉属 <i>Pseudothaia</i>	0		0		0		17	++	17	+
	膨小叶蝉属 <i>Inflatus</i>	0		0		0		19	++	19	+
	长毛叶蝉属 <i>Plumosa</i>	0		0		0		1	+	1	+
	菱脊叶蝉属 <i>Parathaia</i>	0		0		0		2	+	2	+
大叶蝉亚科 Cicadellinae	干大叶蝉属 <i>Processina</i>	63	++	0		0		0		63	++
	条大叶蝉属 <i>Atkinsoniella</i>	14	+	31	+++	32	++	41	++	118	++
	斑大叶蝉属 <i>Anatkina</i>	5	+	1	+	48	++	10	+	64	++
	窗翅叶蝉属 <i>Mileewa</i>	4	+	19	++	1	+	2	+	26	+
	边大叶蝉属 <i>Kolla</i>	3	+	8	++	7	+	14	++	32	+
	大叶蝉属 <i>Cicadella</i>	0		0		9	++	0		9	+
	淡翅叶蝉属 <i>Ujna</i>	11	+	6	++	0		25	++	42	+
	帕叶蝉属 <i>Paratkina</i>	0		1	+	0		0		1	+
	无僧叶蝉属 <i>Namsangia</i>	0		6	++	0		0		6	+
	凸唇叶蝉属 <i>Erragonalia</i>	0		0		12	++	12	+	24	+
	凹大叶蝉属 <i>Bothrogonia</i>	0		0		0		8	+	8	+
	突额叶蝉属 <i>Gunungidia</i>	16	+	0		0		7	+	23	+
	长冠叶蝉属 <i>Stenakina</i>	0		0		0		2	+	2	+
圆痕叶蝉亚科 Agallinae	圆痕叶蝉属 <i>Japanagallia</i>	1	+	8	++	12	++	15	++	36	+
	网脉叶蝉属 <i>Dryodurgades</i>	7	+	0		5	+	16	++	28	+
	多脉叶蝉属 <i>Multinervis</i>	0		0		1	+	0		1	+
广头叶蝉亚科 Macropsinae	广头叶蝉属 <i>Macropsis</i>	13	+	0		4	+	24	++	41	+
	横皱叶蝉属 <i>Oncopsis</i>	0		11	++	3	+	9	+	23	+
	尖尾叶蝉属 <i>Pedionis</i>	0		0		0		1	+	1	+
缘脊叶蝉亚科 Selenocephalinae	槽胫叶蝉属 <i>Drabescus</i>	1	+	0		0		0		1	+
	齿茎叶蝉属 <i>Tambocerus</i>	0		0		5	+	0		5	+

续表 2 Continued table 2

亚科 Subfamily	属 Genus	垂直林带 (头) Vertical forest belt								合计 Total	多度 Grading
		I (1 968)		II (1 253)		III (838)		IV (219)			
	阔颈叶蝉属 <i>Drabescoides</i>	0		2	+	0		6	+	8	+
横脊叶蝉亚科	横脊叶蝉属 <i>Evacanthus</i>	61	++	4	++	7	+	5	+	77	++
Evacanthinae	脊额叶蝉属 <i>Carinata</i>	0		0		4	+	2	+	6	+
	斜脊叶蝉属 <i>Bundera</i>	17	+	0		16	++	13	++	46	++
	小板叶蝉属 <i>Oniella</i>	0		0		0		10	+	10	+
	狭顶叶蝉属 <i>Angustella</i>	0		0		0		9	+	9	+
	锥头叶蝉属 <i>Onukia</i>	0		1	+	0		0		1	+
	拟锥头叶蝉属 <i>Onukiades</i>	1	+	0		0		0		1	+
叶蝉亚科	窄头叶蝉属 <i>Batracomorphus</i>	0		1	+	8	+	11	+	20	+
Iassinae	点翅叶蝉属 <i>Gessius</i>	0		1	+	3	+	1	+	5	+
	网脉叶蝉属 <i>Krisna</i>	0		0		2	+	0		2	+
	短头叶蝉属 <i>Iassus</i>	0		0		0		2	+	2	+
秀头叶蝉亚科	小头叶蝉属 <i>Placidus</i>	5	+	14	++	38	++	10	+	67	++
Stegelytrinae	片叶蝉属 <i>Thagria</i>	0		0		1	+	0		1	+
耳叶蝉亚科	肖点叶蝉属 <i>Midoria</i>	0		0		1	+	1	+	2	+
Ledrinae	片头叶蝉属 <i>Petalocephala</i>	0		0		3	+	2	+	5	+
	角胸叶蝉属 <i>Tituria</i>	0		0		0		1	+	1	+
片角叶蝉亚科	叉突叶蝉属 <i>Balocerus</i>	0		0		6	+	0		6	+
Idiocerinae	角突叶蝉属 <i>Anidiocerus</i>	0		0		0		4	+	4	+
	透翅叶蝉属 <i>Hyalinocerus</i>	0		0		3	+	0		3	+
隐脉叶蝉亚科	消室叶蝉属 <i>Chudania</i>	2	+	0		3	+	25	++	30	+
Nirvaninae	小板叶蝉属 <i>Oniella</i>	0		3	++	2	+	0		5	+
	拟隐脉叶蝉属 <i>Sophonia</i>	0		2	+	1	+	1	+	4	+
	凹片叶蝉属 <i>Concaveplana</i>	0		0		1	+	0		1	+
铲头叶蝉亚科	铲头叶蝉属 <i>Hecalus</i>	0		0		10	++	1	+	11	+
Hecalinae											
额垠叶蝉亚科	类痕叶蝉属 <i>Paramohunia</i>	0		0		0		13	++	13	+
Mukariinae	新痕叶蝉属 <i>Neomohunia</i>	0		0		0		3	+	3	+
	条背叶蝉属 <i>Tiaobeinia</i>	0		4	++	0		0		4	+
	痕叶蝉属 <i>Mohunia</i>	6	+	3	++	0		2	+	11	+
	额垠叶蝉属 <i>Mukaria</i>	1	+	0		0		0		1	+
	拟痕叶蝉属 <i>Pseudomohunia</i>	1	+	0		0		11	+	12	+
离脉叶蝉亚科	单突叶蝉属 <i>Lodiana</i>	0		0		1	+	0		1	+
Coelidiinae											

注: +, 稀有类群 (< 1%); ++, 常见类群 (1% ~ 10%); +++, 优势类群 (> 10%)。I, 常绿阔叶林带 (< 1 300 m); II, 常绿落叶阔叶混交林带 (1 300 ~ 1 900 m); III, 亚高山针阔混交林带 (1 900 ~ 2 350 m); IV, 亚高山灌丛草甸带 (2 350 ~ 2 570 m)。Note: +, Rare taxa (< 1%); ++, Common taxa (1% ~ 10%); +++, Dominant taxa (> 10%)。I, Evergreen broad-leaved forest belt (< 1 300 m); II, Evergreen deciduous broad-leaved mixed forest belt (1 300 ~ 1 900 m); III, Subalpine coniferous and broad-leaved mixed forest belt (1 900 ~ 2 350 m); IV, Subalpine shrub and meadow belt (2 350 ~ 2 570 m)。

2.2 叶蝉类群的相似性

2.2.1 不同生境叶蝉类群聚集性和相似性

为直观表明不同生境间叶蝉组成的相似性, 使用层次聚类分析法对叶蝉类群组成的相似性关系进行分析(图1和表3)。结果表明, 林缘和灌丛最为接近, 首先聚为一团A, A和森林相聚后, 组成聚类团B, B再与田地形成聚类团C, 草坡与前面形成的大类群C最终相聚, 组成整个聚类团D。其中, 聚类团A内距离系数最小, 灌丛和林缘之间约为1.5, 相似性指数为1; 森林和聚类团A的距离系数次之, 约为13.5, 相似性指数为0.596; 田地和聚类团B的距离系数约为18.5, 相似性指数为0.542, 草坡与聚类团C的距离系数最大, 为25.0, 相似性指数为0.063。这表明生境的相似是叶蝉群落相似的基础, 在自然条件下, 灌丛和林缘最为相似, 草坡与其他生境相比, 其内部环境和结构更趋于简单化, 生态系统脆弱, 田地虽与其它生境截然不同, 但其间多为退耕地, 混有杂草、灌丛等植被。灌丛和林缘内叶蝉类群

的相似性最高, 物种交流最为频繁, 生境之间关联性最强, 而草坡与其他生境类型的物种交流程度最低。

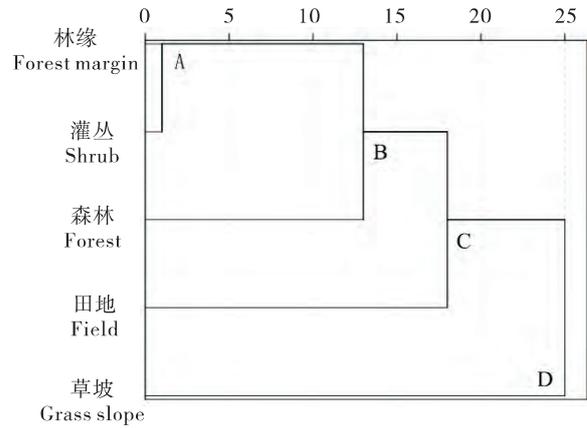


图1 梵净山国家级自然保护区不同生境类型叶蝉类群聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of leafhopper groups at different habitats in Fanjingshan National Nature Reserve

表3 梵净山国家级自然保护区不同生境类型叶蝉类群相似性矩阵

Table 3 Similarity Matrix of leafhopper groups at different habitats in Fanjingshan National Nature Reserve

生境 Habitat	田地 Field	草坡 Grass slope	森林 Forest	林缘 Forest margin	灌丛 Shrub
田地 Field		0.030	0.449	0.392	0.784
草坡 Grass slope	0.030		0.000	0.142	0.079
森林 Forest	0.449	0.000		0.581	0.611
林缘 Forest margin	0.392	0.142	0.581		1.000
灌丛 Shrub	0.784	0.079	0.611	1.000	

注: 0.75~1.0为极相似, 0.50~0.75为中等相似, 0.25~0.50为中等不相似, 0~0.25为极不相似(傅荣恕和尹文英, 1999)。表4同。Note: 0.75~1.0 was very similar, 0.50~0.75 was moderately similar, 0.25~0.50 was moderately dissimilar, 0~0.25 was very dissimilar. Same to Table 4.

2.2.2 不同海拔垂直林带叶蝉类群聚集性和相似性

对不同海拔垂直林带间叶蝉类群组成的相似性关系进行分析(图2和表4)。结果表明, 常绿阔叶林带和亚高山灌丛草甸带最为接近, 首先聚为一团a, a和亚高山针阔混交林带相聚后, 组成聚类团b, b再与常绿落叶阔叶混交林带组成整个聚类团c。其中, 聚类团a内距离系数最小, 常绿阔叶林带和亚高山灌丛草甸带之间约为1.5, 相似性指数为1; 亚高山针阔混交林带和聚类团a的距离系数次之, 约为16.5, 相似性指数为0.166; 常

绿落叶阔叶混交林与聚类团b的距离系数最大, 为25.0, 相似性指数为0.12。这表明不同林带环境的相似与否是叶蝉群落相似性大小的基础, 在自然条件下, 叶蝉具有趋光性, 常绿阔叶林带和亚高山灌丛草甸带内食物条件和透光条件最为相似, 常绿落叶阔叶混交林与其他林带相比, 生态系统脆弱, 易受人为干扰。常绿阔叶林带和亚高山灌丛草甸带的叶蝉类群相似性最高, 物种交流最为频繁, 林带之间关联性最强, 而常绿落叶阔叶混交林带与其林带的物种交流程度最低。

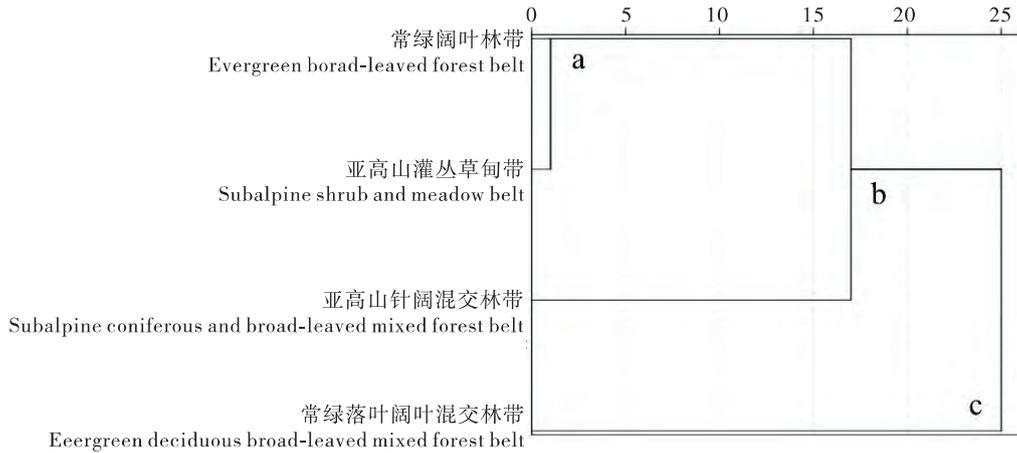


图 2 梵净山国家级自然保护区不同垂直林带叶蝉类群聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis of leafhopper groups at different forest belts in Fanjingshan National Nature Reserve

表 4 梵净山国家级自然保护区不同海拔垂直林带叶蝉类群相似性矩阵

Table 4 Similarity Matrix of leafhopper taxa at different vertical forest belts in Fanjingshan National Nature Reserve

林带 Forest belt	I	II	III	IV
I		0.035	0.332	1.000
II	0.035		0.000	0.326
III	0.332	0.000		0.897
IV	1.000	0.326	0.897	

空间分布为: 灌丛 > 森林 > 林缘 > 草坡 > 田地; *J* 指数空间分布为: 森林 > 灌丛 > 草坡 > 林缘 > 田地; *C* 指数空间分布为: 田地 > 草坡 > 林缘 > 森林 > 灌丛。结果表明, 叶蝉群落组成在灌丛最为丰富, 且各类群的数量也相对均匀, 因此其多样性指数最高。森林和林缘的多样性指数相近, 但均匀性前者较高, 与后者差异显著。田地的优势度指数最高, 说明其群落内物种分布较不均匀, 自然环境与其他生境存在差异, 个体数虽最大, 但优势类群突出, 多样性指数相对较低。研究表明, 生境条件不同, 叶蝉群落在不同生境间的分布有较大差异, 从田地到灌丛, 多样性指数和均匀度指数逐渐变大, 而优势度指数逐渐减小。

2.3 叶蝉群落多样性

2.3.1 不同生境叶蝉群落多样性

多样性计算结果显示 (表 5): 各生境 *H'* 指数

表 5 梵净山国家级自然保护区不同生境类型叶蝉群落多样性

Table 5 Diversity of leafhopper community at different habitats in Fanjingshan National Nature Reserve

生境 Habitat	个体数 (N) Individual number	类群数 (S) Genera number	Shannon-Wiener 多样性指数 (<i>H'</i>) Shannon-Wiener diversity index	Pieluo 均匀性指数 (<i>J</i>) Pieluo uniformity index	Simpson 优势度指数 (<i>C</i>) Simpson dominance index
田地 Field	1 483	49	2.324	0.597	0.181
草坡 Grass slope	491	33	2.668	0.763	0.098
森林 Forest	235	44	3.324	0.878	0.051
林缘 Forest margin	824	61	3.178	0.773	0.073
灌丛 Shrub	1 246	85	3.846	0.866	0.030

2.3.2 不同垂直海拔林带叶蝉群落多样性

多样性计算结果显示 (表 6): 各林带 *H'* 指数空间分布为: 亚高山灌丛草甸带 > 亚高山针阔混

交林带 > 常绿落叶阔叶混交林带 > 常绿阔叶林带; *J* 指数空间分布为: 常绿落叶阔叶混交林带 > 亚高山灌丛草甸带 > 亚高山针阔混交林 > 常绿阔叶林

带; C 指数空间分布为: 常绿阔叶林带 > 亚高山针阔混交林带 > 绿落叶阔叶混交林带 > 亚高山灌丛草甸带。叶蝉类群组成在亚高山灌丛草甸带最为丰富, 且各类群的数量也相对均匀, 因此其多样性指数最高。常绿落叶阔叶混交林带和亚高山针阔混交林带的多样性指数相近, 但均匀性前者较

高, 与后者有一定差异。常绿阔叶林带的优势度指数最高, 优势类群突出, 说明其群落内物种分布较不均匀, 个体数虽然最大, 但多样性指数相对较低。研究表明, 随着海拔的升高及植被带的变化, 叶蝉类群分布在不同林带间有较大差异, 而且优势度指数逐渐减小。

表 6 梵净山国家级自然保护区不同海拔垂直林带叶蝉群落多样性

Table 6 Diversity of leafhopper community at different vertical forest belts in Fanjingshan National Nature Reserve

林带 Forest belt	个体数 (N) Individual number	类群数 (S) Genera number	Shannon-Wiener 多样性指数 (H) Shannon-Wiener diversity index	Pieluo 均匀性 指数 (J) Pieluo uniformity index	Simpson 优势度 指数 (C) Simpson dominance index
I	1 968	68	2. 838	0. 673	0. 117
II	219	39	3. 199	0. 873	0. 058
III	838	66	3. 233	0. 772	0. 070
IV	1 253	88	3. 862	0. 863	0. 030

3 结论与讨论

昆虫群落的组成与结构是研究昆虫群落特征变化的重要指标之一。许多研究表明, 昆虫群落特征的变化, 是昆虫与植物长期作用的结果, 植被组成越丰富, 昆虫群落越多样 (蒋杰贤等, 2011; 李丽丽等, 2011)。本研究中, 梵净山国家级自然保护区叶蝉群落组成丰富, 仅本次初步调查就有 15 亚科, 127 属, 并且随着植被组成变化和海拔升高, 叶蝉类群在 5 种生境和 4 种林带间的分布存在较大差异, 在植被组成丰富、光照条件充足的环境中, 叶蝉类群多样性增加; 在植被类型单一且密度大的环境下, 叶蝉类群数量趋于减少。在不同生境下, 灌丛内植被组成丰富, 多为矮小而丛生的木本和草本植物, 因此分布的叶蝉类群数量最多, 物种的丰富度最大; 而在草坡内, 由于内部环境单一, 坡度较大, 多为矮小草本植株密植的草地或坡地, 所以分布的叶蝉类群数量最少; 在不同垂直林带中, 亚高山灌丛草甸带内多为低矮植物, 以杜鹃—大箭竹灌丛为主, 区内光照条件较好, 叶蝉分布数量最多, 多样性较大; 而在常绿落叶阔叶混交林带内, 常绿植物较高, 随着海拔增高, 落叶植物增加 (沈定荣等, 1985), 林间密度大, 分布的叶蝉类群最少。除了自然因素导致的群落结构变化, 人为因素也产生

一定程度的影响。田地中, 叶蝉个体数虽然最多, 但易受人类活动干扰, 其间多为退耕地, 混有杂草、灌丛等植被, 标本采集更为便利, 而植被组成较为单一, 境内生态系统不稳定, 所以分布类群种类较少。常绿落叶阔叶混交林带处于梵净山旅游景点区域, 该海拔梯度的人为干扰尤为明显 (夏常英等, 2020), 旅游设施和旅游过程带来的植被破坏、林地减少是不可避免的, 因此该林地个体数和类群数均最少。虽然自然环境差异导致群落多样性呈现不同程度的变化, 但是群落结构中优势类群、常见类群、稀有类群在整体上差异甚微, 无论是以生境还是林带为研究基础, 整个研究区内山小叶蝉属 *Salka* 和草叶蝉属 *Sorhoanus* 均为梵净山叶蝉分布的优势类群, 横脊叶蝉属 *Evacanthus*、顶斑叶蝉属 *Empoascanara*、阿小叶蝉属 *Arboridia*、山小叶蝉属 *Salka*、异滑叶蝉属 *Paralaeviccephalu*、带叶蝉属 *Scaphoideus* 均有分布。

自然环境的相似是叶蝉群落相似的基础, 区间自然环境相似性越高, 叶蝉群落越相似, 不同生境和不同林带中存在的差异, 导致了叶蝉群落相似性的不同 (刘高峰和杨茂发, 2003)。在不同生境条件下, 灌丛和林缘在植被组成和植被密度、小气候、光照等方面最为相似, 其叶蝉类群组成相似性最高, 生境之间关联性最强; 草坡与森林内部自然环境差距明显, 其中草坡内部自然环境简单, 多为矮小草本植株, 光照充足, 容易受人

类活动的影响,而森林内多为高密度树木,光照较低,生境内环境相对稳定,因此,以上二生境叶蝉群落组成相似性最低,区间关联性弱。在不同林带下,常绿阔叶林带和亚高山灌丛草甸带相似性最高,群落差异不大,两者在植被类型(草被发达)、光照条件等方面具有一定的相似性,但在植被群落类型多样化、温度、湿度等其它自然环境中差异显著。常绿阔叶林带中树种组成复杂,常绿植物多,温度较高,而亚高山灌丛草甸带植被组成较简单,以灌丛为主,随着海拔上升,温度降低。形成这种现象的原因可能是由于常绿落叶阔叶混交林带和亚高山针阔混交林带在一定程度上受人为活动的影响,其内部自然生态环境遭到破坏,原生植被逐渐减少,导致叶蝉类群多样性减少,而常绿阔叶林带和亚高山灌丛草甸带原生植被覆盖较高,所以叶蝉类群相对丰富,两者相似性高。

昆虫群落分布受植被种类和密度的直接影响。叶蝉以刺吸植物汁液为食,其发生条件与植物密切相关,植食性昆虫的多样性和植物多样性呈正相关,而光照、小气候、养分都会受到生境和林带结构层次变化的影响,进而影响植被组成的多样性(Barbler *et al.*, 2008; Taki *et al.*, 2010)。一般情况下,昆虫群落的多样性对昆虫群落的系统稳定性有明显影响,群落多样性越高,内部关系越复杂,群落环境越稳定,抗干扰的能力越强,群落的均匀度指数就高(刘德广等, 2001; 张淑莲等, 2005)。该研究表明,随着生境条件和林带环境的不同,海拔的升高和植被带的变化,叶蝉类群的分布存在较大差异,多样性指数随着均匀度指数的增大而增大,而优势度指数则相反。从田地到灌丛以及从常绿阔叶林带到亚高山灌丛草甸带,多样性指数逐渐增大,叶蝉类群组成在灌丛和亚高山灌丛草甸带最为丰富,且各类群的数量也相对均匀,而田地和常绿阔叶林带的优势度指数最高,说明其群落内物种分布较不均匀,个体数虽最大,但优势类群突出,多样性指数相对较低。

研究以梵净山国家级自然保护区内叶蝉科昆虫为研究对象,首次调查了保护区内叶蝉群落的组成和分布,阐述了不同生境和不同垂直林带中叶蝉群落结构的相似性和多样性,叶蝉群落结构的差异反映了人为活动对物种多样性的影响,为梵净山生态环境保护提供了一定参考依据,也为

梵净山其它昆虫类群的多样性研究奠定了基础,丰富了梵净山昆虫物种多样性的数据,同时该研究对理解我国区域性昆虫物种多样性的特征、动态变化和形成机制具有一定的理论意义。

致谢:感谢袁周伟、谭超、苑晓伟在野外标本采集及分类过程中给予的帮助。

参考文献 (References)

- Barbier S, Gosselin F, Balandier P. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved—a critical review for temperate and boreal forests [J]. *Forest Ecology and Management*, 2008, 254 (1): 1–15.
- Cao FL, Wang HJ, Xia JD, *et al.* Leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) community composition and diversity in different forest zones of Taibai Mountains [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2016, 31 (6): 197–203. [曹凤麟, 王宏健, 夏广东, 等. 太白山不同林带叶蝉多样性 [J]. 西北林学院学报, 2016, 31 (6): 197–203]
- Chen XS, Yang L, Li ZZ. Bamboo-feeding Leafhoppers in China [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2012: 13–89. [陈祥盛, 杨琳, 李子忠. 中国竹子叶蝉 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2012: 13–89]
- Dai RH, Li H, Li ZZ. Macropsinae from China (Hemiptera: Cicadellidae) [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House, 2018: 21–106. [戴仁怀, 李虎, 李子忠. 中国广头叶蝉(半翅目: 叶蝉科) [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2018: 21–106]
- Fu RN, Yin YW. The primitive study of soil animals in Funiu Mountain area, Henan Province [J]. *Zoological Research*, 1999, 20 (5): 396. [傅荣恕, 尹文英. 伏牛山地区土壤动物群落的初步研究 [J]. 动物学研究, 1999, 20 (5): 396]
- Guo HF. Research progress of major tea plant pests – *Empoasca vitis* Göthe [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2011, 1: 132–134. [郭慧芳. 茶树重大害虫一假眼小绿叶蝉研究进展 [J]. 江苏农业科学, 2011, 1: 132–134]
- Huang WL. The discovery of *Abies fanjingshanensis* forests and their scientific significance (English) [J]. *Guizhou Science*, 2001, 1: 1–9. [黄威廉. 梵净山冷杉林的发现及其科学意义(英文) [J]. 贵州科学, 2001, 1: 1–9]
- Jiang JX, Wan NF, Ji XY, *et al.* Diversity and stability of arthropod community in peach orchard under effects of ground cover vegetation [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22 (9): 2303–2308. [蒋杰贤, 万年峰, 季香云, 等. 桃园生草对桃树节肢动物群落多样性与稳定性的影响 [J]. 应用生态学报, 2011, 22 (9): 2303–2308]
- Li LL, Zhao CZ, Yin CQ, *et al.* Species richness of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) on natural grasslands in relation with topography in the upper reaches of Heihe River, western China analyzed with generalized additive models (GAMs) [J]. *Acta*

- Entomologica Sinica*, 2011, 54 (11): 1312–1318. [李丽丽, 赵成章, 殷翠琴, 等. 黑河上游天然草地蝗虫物种丰富度与地形关系的 GAM 分析 [J]. 昆虫学报, 2011, 54 (11): 1312–1318]
- Li ZZ, Dai RH, Xing JC. Deltocphalinae from China (Hemiptera: Cicadellidae) [M]. Beijing: Science Popularization Press, 2011: 20–203. [李子忠, 戴仁怀, 邢济春. 中国角顶叶蝉 (半翅目: 叶蝉科) [M]. 北京: 科学普及出版社, 2011, 20–203]
- Li ZZ, Fan ZH. Chinese Limaiyechan [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House, 2017: 13–204. [李子忠, 范志华. 中国离脉叶蝉 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2017: 13–204]
- Li ZZ, Jin DC. Landscape Insects on Fanjing Mountain [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House, 2006: 22–174. [李子忠, 金道超. 梵净山景观昆虫 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2006: 22–174]
- Li ZZ, Li H, Xing JC. Guizhoudaxue Guancang Kunchong (Touhuilei) Moshi Biaoben Tuzhi [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House, 2014: 15–168. [李子忠, 李虎, 邢济春. 贵州大学馆藏昆虫 (头喙类) 模式标本图志 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2014: 15–168]
- Li ZZ, Wang LM. Evacanthinae from China (Homoptera: Cicadellidae) [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House, 1996: 47–199. [李子忠, 汪廉敏. 中国横脊叶蝉 (同翅目: 叶蝉科) [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1996: 47–199]
- Lian ZM, Liang P. The diversity of grasshopper communities in Qinling–Bashan Mountainous Region [J]. *Biodiversity Science*, 1999, 7 (2): 119–122. [廉振民, 梁沛. 秦巴山区蝗虫群落多样性研究 [J]. 生物多样性, 1999, 7 (2): 119–122]
- Lian ZM, Pan XL. Research progress and perspective on genetic diversity in Hemiptera Insect [J]. *Journal of Yanan University (Natural Science Edition)*, 2008, 27 (2): 67–68. [廉振民, 潘兴丽. 半翅目昆虫中的遗传多样性研究及展望 [J]. 延安大学学报 (自然科学版), 2008, 27 (2): 67–68]
- Liu DG, Xiong JJ, Tan BL, et al. Diversity and stability analyses of arthropod community in litchi–herbage complex system [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21 (10): 1596–1601. [刘德广, 熊锦君, 谭炳林, 等. 荔枝–牧草复合系统节肢动物群落多样性与稳定性分析 [J]. 生态学报, 2001, 21 (10): 1596–1601]
- Liu GF, Yang MF. Preliminary research on community structure and diversity of soil oribatid mites in Fanjing Mountain Nature Reserve [J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2003, 1: 27–33. [刘高峰, 杨茂发. 梵净山自然保护区土壤甲螨群落结构与多样性 [J]. 山地农业生物学报, 2003, 1: 27–33]
- Liu KF. Rhinopithecus briddii on Fanjing Mountain [J]. *Journal of Tongren University*, 2014, 16 (4): 185. [牛克锋. 梵净山黔金丝猴 [J]. 铜仁学院学报, 2014, 16 (4): 185]
- Ma L, Wen RR, Jiao Y, et al. Insect diversity of different forest types in Xiaoxing'anling Mountains [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2016, 52 (2): 82–90. [马玲, 问荣荣, 焦玥, 等. 小兴安岭不同林型的昆虫多样性 [J]. 林业科学, 2016, 52 (2): 82–90]
- Morris MG. Differences between the invertebrate faunas of grazed and ungrazed chalk grassland, IV. Abundance and diversity of Homoptera–Auchenorrhyncha [J]. *Journal of Applied Entomology*, 1971, 8 (1): 37–52.
- Peet RK. The measurement of species of diversity [J]. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 1974, 5: 285.
- Pielou EC. The measurement of diversity in different types of biological collections [J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1966, 13: 131.
- Roddee J, Kobori Y, Hanboonsong Y. Multiplication and distributio of sugarcane white leaf phytoplasma transmitted by the leafhopper, *Matsumuratettix hiroglyphicus* (Matsumura) (Hemiptera: Cicadellidae), in Infected Sugarcane [J]. *Suger. Tech.*, 2018, 20 (4): 445–453.
- Shen DR, Yang JL, Zou X, et al. Vertical distribution of rat–shaped animals in Fanjing Mountain [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 1985, 1: 26–28, 8. [沈定荣, 杨炯鑫, 邹迅, 等. 梵净山鼠形动物的垂直分布 [J]. 野生动物, 1985, 1: 26–28, 8]
- Simpson EH. Measurement of diversity [J]. *Nature*, 1949, 163: 688.
- Song YH, Li ZZ. Erythroneurini and Zygineellini from China (Hemiptera: Cicadellidae: Typhlocybinae) [M]. Guiyang: Science and Technology Publishing House, 2014: 12–209. [宋月华, 李子忠. 中国斑叶蝉和塔叶蝉 (半翅目: 叶蝉科: 小叶蝉亚科) [M]. 贵阳: 科技出版社, 2014: 12–209]
- Taki H, Inoue T, Tanaka H, et al. Responses of community structure, diversity, and abundance of understory plants and insect assemblages to thinning in plantations [J]. *Forest Ecology and Management*, 2010, 259 (3): 607–613.
- Xia CY, Wu XX, Fu LZ, et al. Species diversity and floristics characteristics of vine in Fanjing Mountain area, Guizhou [J]. *Guihaia*, 2020, 40 (2): 264–271. [夏常英, 吴学学, 傅连中, 等. 梵净山地区藤本植物的多样性及区系特征 [J]. 广西植物, 2020, 40 (2): 264–271]
- Zhang SL, Zhang F, Chen ZJ, et al. Structures and diversity of insect communities under different types of vegetation rehabilitations of the Hilly and Gully Loess regions [J]. *Acta Botanica Boreali–Occidentalia Sinica*, 2005, 25 (7): 1323–1328. [张淑莲, 张锋, 陈志杰, 等. 黄土丘陵沟壑区不同植被恢复类型昆虫群落结构及多样性的研究 [J]. 西北植物学报, 2005, 25 (7): 1323–1328]
- Zhao ZQ, Xiong KN, Song YH, et al. The community structure and its diversity dynamic change of Cicadellidae in the karst plateau mountainous rocky desertification areas [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2015, 37 (3): 498–506. [赵振强, 熊康宁, 宋月华, 等. 喀斯特高原山地石漠化区叶蝉群落结构及其多样性动态变化 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37 (3): 498–506]