

DOI: 10.5846/stxb202105141270

杨霄,陈晓晓,袁周伟,苏迪,宋月华.轻中度石漠化地区不同土地利用类型叶蝉群落结构及动态.生态学报,2022,42(16):6790-6800.

Yang X, Chen X X, Yuan Z W, Su D, Song Y H. Community structure and dynamics of leafhopper in different land restoration types in the light-moderate rocky desertification areas. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(16): 6790-6800.

轻中度石漠化地区不同土地利用类型叶蝉群落结构及动态

杨 霄^{1,2}, 陈晓晓^{1,2}, 袁周伟^{1,2}, 苏 迪^{1,2}, 宋月华^{1,2,*}

1 贵州师范大学喀斯特研究院, 贵阳 550001

2 国家喀斯特石漠化防治工程技术研究中心, 贵阳 550001

摘要:轻中度石漠化地区生态环境较为脆弱,昆虫是生态系统中的重要角色。以叶蝉作为指示生物,在轻中度石漠化地区选取刺梨林、核桃林、玫瑰园、桃林、李子林以及草地 6 种不同土地利用类型的样地进行叶蝉标本采集,分析 6 类样地中叶蝉群落的物种组成、相似性、多样性、均匀度和丰富度等特征及其与各地要素之间的关系。同时还分析了不同月份叶蝉群落的物种组成、多样性、均匀度和丰富度等指数的变化趋势。结果如下:共鉴定叶蝉 11 亚科 52 属。拟竹叶蝉属 *Bambusananus* Li & Xing、顶斑叶蝉属 *Empoasca* Distant 和小绿叶蝉属 *Empoasca* Walsh 是各样地的优势类群,共占 69.4%。尤其是小绿叶蝉属 *Empoasca*,在不同样地中个体数都是最多,占总采集数量的 44.6%。Shannon-Wiener 多样性指数表现为:刺梨林>草地>核桃林>李子林>桃树林>玫瑰园>Pielou 均匀性指数则是:草地>刺梨林>李子林>桃树林>核桃林>玫瑰园, Simpson 优势度指数为:玫瑰园>李子林>草地>刺梨林>桃树林>核桃林。温度是影响叶蝉群落个体数量的重要环境因子之一,气压和湿度等环境因子则与之无明显相关性。结果表明在生态环境脆弱的轻中度石漠化地区,草地和刺梨林两种土地利用类型的叶蝉个体数与类群数较为丰富,是较为合适的喀斯特生态环境修复的土地利用类型,研究结果将对石漠化治理和喀斯特轻-中度石漠化地区生态恢复技术集成与示范具有重要指导意义。

关键词:叶蝉;土地利用类型;群落结构;轻中度石漠化

Community structure and dynamics of leafhopper in different land restoration types in the light-moderate rocky desertification areas

YANG Xiao^{1,2}, CHEN Xiaoxiao^{1,2}, YUAN Zhouwei^{1,2}, SU Di^{1,2}, SONG Yuehua^{1,2,*}

1 School of Karst Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China

2 State Engineering Technology Institute for Karst Desertification Control, Guiyang 550001, China

Abstract: The ecological environment is very fragile in light-moderate rocky desertification areas compared to other non-karst areas. Insects are a large group of organisms, playing a crucial and irreplaceable role in the whole ecosystem. In this study, leafhoppers as the largest group of Hemiptera, have extremely important economic significance and environmental sensitivity, thus they were selected as indicator organisms. Six different land use types were selected to collect leafhopper samples in the light-moderate rocky desertification area, including roxburgh rose forest, walnut forest, rose garden, peach forest, plum forest and grassland. The characteristics of species composition, similarity, diversity and evenness of leafhopper communities in the six different land use plots were calculated, and the relationship between the characteristics and a variety of environmental factors were also analyzed and discussed. On this foundation, the change trend of four related

基金项目:贵州省世界一流学科建设计划项目“喀斯特生态环境学科群”(黔教科研发[2019]125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);贵州省教育厅创新群体项目(黔教合 KY 字[2021]013号)

收稿日期:2021-05-14; 网络出版日期:2022-04-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: songyuehua@163.com

indexes about species composition, diversity, evenness and richness of leafhopper community in every month was further processed and analyzed. The results showed that there were 52 genera and 11 subfamilies of leafhoppers discovered in the light-moderate rocky desertification area. *Bambusananus* Li & Xing, *Empoascanara* Distant, and *Empoasca* Walsh were the dominant species of each sample plot, accounting for 69.4%. Perhaps more interestingly, the genus *Empoasca* had the largest number of individuals in each sample plot, accounting for 44.6%. Shannon-Wiener diversity index (H') on different land use types in order is: roxburgh rose forest > grassland > walnut forest > plum forest > peach forest > rose garden. Pielou evenness index (J) is: grassland > roxburgh rose forest > plum forest > peach forest > walnut forest > rose garden. In addition, Simpson dominance index (C) is: rose garden > plum forest > grassland > thorn pear forest > peach forest > walnut forest. Redundancy analysis (RDA) indicated that temperature, as one of environmental factor, has remarkable correlation, which is the dominant factor affecting the number of leafhopper community, while remaining environmental factors (air pressure and humidity) have no obvious correlation. The results of this study demonstrated that the individual numbers (N) and the population numbers (S) of leafhoppers are relatively abundant on two land use types, containing grassland and roxburgh rose forest, which are suitable for the restoration of karst ecological environment in the areas with fragile ecological environment. All in all, the research results are of great significance to the integration and demonstration of rocky desertification control and ecological restoration technology in light-moderate rocky desertification areas.

Key Words: leafhoppers; land use type; community structure; light-moderate rocky desertification

石漠化是一种土地退化过程^[1],发生在喀斯特地区的石漠化,叫做喀斯特石漠化^[2]。中国西南部的贵州省是我国喀斯特石漠化发生最严重的地区,土地退化明显。贵州大部都处于亚热带常绿阔叶林带,本应是植被茂密,物种多样性丰富的山区,在喀斯特石漠化的影响之下,呈现出“石山”的现象^[3-5]。这种自然环境对贵州省石漠化地区的社会经济发展带来了许多不利影响,因此石漠化的治理成为了石漠化地区社会经济恢复的重中之重^[6]。喀斯特石漠化的生态修复已经开展了 30 多年,并取得了明显成效,然而,目前对于石漠化生态环境修复的监测与评价仍然缺乏相关理论依据的支撑^[7-8]。

近年来,喀斯特石漠化地区关于植物群落、植物多样性以及土壤理化性质的研究进展明显,为喀斯特生态恢复提供了理论依据^[9-13]。但是动物对喀斯特石漠化恢复研究的进展较为缓慢,仅有少量对动物群落的生态响应研究^[14-16]。叶蝉作为一种植食性昆虫,在成虫和若虫阶段都以刺吸植物汁液为生,是轻中度石漠化地区的主要害虫之一,且叶蝉不能迁飞对寄主植物的依赖性较强,因此能够积极响应生态环境的变化,是一种理想的环境指示生物。近年来喀斯特轻中度石漠化地区采取了不同的土地利用及恢复模式,形成了不同的生态系统,在寄主植物和环境因子的共同作用下也就形成了不同的叶蝉群落。叶蝉群落结构组成、分布特征可作为植被恢复与生态监测的指标^[17]。目前研究喀斯特石漠化生态系统中的昆虫群落结构集中在生态环境响应^[18-19],没有对喀斯特石漠化生态治理提出决策依据。本文针对研究区内叶蝉物种多样性、群落结构组成特点、生态系统的稳定性等现实问题,通过对研究区的叶蝉标本进行采集、分类、鉴定,寻找叶蝉群落结构与多样性的动态特征,探讨叶蝉群落结构特征指数变化与示范区不同土地利用类型二者之间的耦合关系,揭示不同土地利用类型下叶蝉群落结构变化,探索较适合轻中度石漠化地区生态修复的土地利用类型,为石漠化治理技术的集成与示范提供一定的理论支撑。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区域位于贵州毕节市七星关区,海拔高度为 1500—2000 m,年均温 13℃,年均降水量 863 mm,且降水集中在夏季,是典型的亚热带季风气候^[20-21]。研究区大部分为轻中度石漠化,石漠化面积 47.35 km²,其中轻中度石漠化面积为 34.8 km²,占总石漠化面积的 73.49%,岩石裸露程度低。由于土层浅薄,示范区地形破

碎,峰丛洼地遍布,石漠化强度以潜在和轻度为主,部分为中强度石漠化,水土流失严重,土壤耕层浅薄且肥力较低,原生植被有马尾松林、草地等,而人工林包括核桃林、刺梨林等。

1.2 样地设置与采样

调查样地设置在贵州省毕节市七星关区撒拉溪镇。样地位于东经 105°09′30″—105°1′00″,北纬 27°18′00″—27°39′11″之间,见表 1,在研究区内选取 6 种不同土地利用类型的样地进行采样,6 个样地分别选在穿洞-冲锋村(刺梨林)、毛栗树(核桃林)、农场村(玫瑰园)、抬沙坝(桃树林)、竹沙凹(李子林)和潘家地(牧草)。每个样地面积为 10 m×20 m,在 2019 年 5 月到 10 月的每个月中旬在各样地采用扫网法采集叶蝉标本,尽量避开雨天采集。扫网 50 次,按“Z”字形路径来回扫取,一个往返为 1 次,每次扫网角度往返 180°,然后将采集的叶蝉成虫标本放入无水乙醇中带回实验室鉴定。在采集的过程中用手持 GPS 定位仪记录当地经纬度,采用室外温湿度测量仪测量当次采集标本时的温湿度数据。

表 1 样地基本信息
Table 1 Sample site basic information

样地 Sample plot	土地利用类型 Land use type	海拔/m Elevation/m	经度 Longitude	纬度 Latitude
穿洞-冲锋村	刺梨林	1880	105°05′52″	27°15′13″
毛栗树	核桃林	1896	105°03′55″	27°14′21″
抬沙坝	桃树林	1663	105°05′42″	27°13′32″
农场	玫瑰园	1594	105°06′29″	27°10′17″
竹沙凹	李子林	1762	105°06′15″	27°14′42″
潘家地	草地	1939	105°05′12″	27°15′48″

1.3 标本分类鉴定

标本鉴定依据《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)》《中国角顶叶蝉(半翅目:叶蝉科)》《中国离脉叶蝉》等以及相关昆虫分类学著作和期刊文献以及 3I 系统来完成^[22—25]。

1.4 数据统计与分析

1.4.1 群落优势度分析

利用 Excel 对毕节轻中度石漠化地区采集到的叶蝉科昆虫建立数据库,分析不同土地利用类型下叶蝉群落结构的差异性,并对其优势度进行分析,找到不同土地利用类型下的优势种。

1.4.2 群落多样性分析

物种多样性度量群落生态结构的功能复杂性并且与群落的稳定性相关^[26]。本研究采取物种丰富度(S)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Pielou 均匀性指数(J)和 Simpson 优势度集中性指数来分析各样点群落多样性^[27—29]。

Shannon-Wiener 多样性指数
$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i (\ln P_i)$$

式中, P_i 为第 i 物种个体数占群落个体总数的比例;

Pielou 均匀性指数
$$J = H' / \ln S$$

式中, H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数, S 为群落中物种数;

Simpson 优势集中性指数
$$C = \sum_{i=1}^S (P_i)^2$$

式中, P_i 为第 i 物种个体数占群落个体总数的比例。

1.4.3 环境因子分析

用 SPSS 26 和 Canoco 5 软件对毕节喀斯特轻中度石漠化地区温度、湿度及气压等环境因子与物种数量、

个体数等生物因子做相关性分析,找到影响物种多样性的主要环境因子。

2 结果与分析

2.1 不同土地利用类型叶蝉群落结构组成

如表 2 所示,在研究区一共获得叶蝉标本 11525 头,分属于 11 亚科 52 属,其中刺梨林 8 亚科 31 种 2072 头,核桃林 8 亚科 31 属 1300 头,桃树林 7 亚科 29 属 1543 头,玫瑰园 6 亚科 30 属 1902 头,李树林 10 亚科 33 属 2243 头,牧草地 7 亚科 25 属 2465 头。在刺梨林中顶斑叶蝉属 *Empoascanara* 和小绿叶蝉属 *Empoasca* 为优势类群,占该样地叶蝉总个体数的 63.8%,其中利川顶斑叶蝉 *E. supra* Dworakowska 为优势种,占该样地叶蝉个体总数的 49.9%;柔突叶蝉属 *Abrus* Dai & Zhang 和二叉叶蝉属 *Macrosteles* Fieber 等 9 个属为常见类群,占该样地叶蝉个体总数的 20.8%;条大叶蝉属 *Atkinsoniella* Distant 和山小叶蝉属 *Salka* Dworakowska 等 20 个属为稀有类群,占该样地叶蝉个体总数的 15.4%。核桃林中小绿叶蝉属 *Empoasca* 和横脊叶蝉属 *Evacanthus* Peletier & Serville 为优势类群,占该样地叶蝉个体总数的 71.4%;竹叶蝉属 *Bambusana* Anufriev 和拟竹叶蝉属 *Bambusananus* 等 10 属为常见类群,占该样地叶蝉个体总数的 24.5%;山小叶蝉属 *Salka* 和狭顶叶蝉属 *Angustella* Li 等 19 属为稀有类群,占该样地叶蝉个体总数的 4.1%。桃树林中小绿叶蝉属 *Empoasca*、大叶蝉属 *Cicadella* Duméril 和竹叶蝉属 *Bambusana* 为优势类群,共占该样地叶蝉个体总数的 82.7%;蒿小叶蝉属 *Eupteryx* Curtis 和顶带叶蝉属 *Exitianus* Ball 等 6 个属为常见类群,共占该样地叶蝉个体总数的 12.6%;阿小叶蝉属 *Arboridia* Zachvatkin 和米小叶蝉属 *Mitjaevia* Dworakowska 等 20 属为稀有类群,占该样地叶蝉个体总数的 4.7%。玫瑰园中小绿叶蝉属 *Empoasca* 为优势类群,占该样地叶蝉个体总数的 71.8%;边大叶蝉属 *Kolla* Distant 和大叶蝉属 *Cicadella* 等 6 属为常见类群,占该样地叶蝉个体总数的 21.0%;窄头叶蝉属 *Batracomorphus* Lewis 和阔颈叶蝉属 *Drabescoides* Kwon & Lee 等 23 属为稀有类群,占该样地叶蝉个体总数的 7.2%。李树林中小绿叶蝉属 *Empoasca* 为优势类群,占该样地叶蝉个体总数的 56.3%;横脊叶蝉属 *Evacanthus* 和拟菱纹叶蝉属 *Hishimonoides* Ishihara 等 9 属为常见类群,占该样地叶蝉个体总数的 38.8%;单突叶蝉属 *Olidiana* McKamey 和条大叶蝉属 *Atkinsoniella* 等 23 属为稀有类群,占该样地叶蝉个体总数的 4.9%。牧草地中拟竹叶蝉属 *Bambusananus*、顶斑叶蝉属 *Empoascanar* 和小绿叶蝉属 *Empoasca* 为优势类群,占该样地叶蝉个体总数的 72.0%;二叉叶蝉属 *Macrosteles* 和草叶蝉属 *Sorhoanus* Ribaut 等 6 属为常见类群,占该样地叶蝉个体总数的 16.9%;消室叶蝉属 *Chudania* Distant 和网脉叶蝉属 *Dryodurgades* Zachvatkin 等 16 属为稀有类群,占该样地叶蝉个体总数的 11.1%。

2.2 不同土地利用类型叶蝉群落丰富度和数量时间动态

不同土地利用类型和叶蝉类昆虫物种丰富度如图 1 所示,核桃林和刺梨林是物种数最为丰富的土地利用类型,均在 8 月份达到最大值,为 29 种,两地物种数最小值出现在 5 月,核桃林为 17 种,刺梨林为 16 种;桃树林物种最丰富的时间出现在 8 月,最小值则是在 10 月;玫瑰园的物种数呈现上升趋势,5 月为最小值,共 16 种,在 10 月份达到最大值 28 种;李子林在 6 月达到最大值,为 25 种,10 月份为最小值 17 种;而在草地内 8 月达到最大值,为 25 种,5 月则是最小值 9 种。草地是物种数变化最明显的土地利用类型,这可能和草的生长周期息息相关,在草未完全长成时,叶蝉种类较少,而在草地完全长成的季节则分布着较多的叶蝉类群。除玫瑰园和李子林外其余 4 种类型都是在 8 月份达到叶蝉物种数的最大值。

图 2 显示的是不同土地利用类型叶蝉个体数量随时间的变化,可以看到 6 样地叶蝉数量都是在中间几个月份达到最大值,不同的土地利用类型在不同的月份达到最大值可能与生境适宜生存的叶蝉种类的生长周期相关。草地和李子林在 9 月份达到叶蝉数量的最大值;核桃林、桃树林和刺梨林均在 8 月份达到其叶蝉数量的最大值;而玫瑰园则是在 6 月达到叶蝉数量的最大值。草地和刺梨林的叶蝉群落及数量随月份变化是最明显的,这可能和草地、刺梨的生长周期短相关。而玫瑰园和核桃林的生态环境结构较为稳定,从而叶蝉数量的变化较其他几地较小。

表 2 轻中度石漠化地区不同土地利用类型叶蝉的群落组成
Table 2 Composition of leafhopper community at different land-use types in Areas with light to moderate rocky desertification

亚科 Subfamily	属 Genera	土地利用类型 Land use type										合计 Total	多度 Abundance				
		刺梨林 Thorn pear forest	核桃林 Walnut forest	桃树林 Peach forest	玫瑰园 Rose garden	李子林 Plum forest	草地 Grassland										
角顶叶蝉亚科 Deltocephalinae	拟竹叶蝉属 <i>Bambusaranus</i>	205	++	58	++	5	+	0	45	++	911	+++	1224	+++			
	二叉叶蝉属 <i>Macrosteles</i>	46	++	43	++	5	+	9	89	++	42	++	234	++			
	尖头叶蝉属 <i>Yanocephalus</i>	3	+	0		0		36	++	14	+	1	+	54	+		
	缘毛叶蝉属 <i>Phlogothamnus</i>	1	+	0		0		0	0	0	0		1	+	+		
	斑翅叶蝉属 <i>Mimotettix</i>	9	+	0		1	+	0	0	0	0		10	+	+		
	斑翅叶蝉属 <i>Bambusana</i>	48	++	35	++	201	+++	11	+	11	+	12	+	318	++		
	吉岭叶蝉属 <i>Jilinga</i>	18	+	13	++	0		0	0	0	7	+	38	+	+		
	阿里山叶蝉属 <i>Alishania</i>	27	++	0		7	+	0	0	0	96	++	130	++	++		
	菱纹叶蝉属 <i>Hishimonus</i>	1	+	0		0		9	+	0	0		10	+	+		
	柔突叶蝉属 <i>Abrus</i>	101	++	5	+	54	++	4	+	5	+	210	++	379	++	++	
	草叶蝉属 <i>Sorhoanus</i>	26	++	4	+	2	+	7	+	7	+	44	++	90	+	+	
	多室叶蝉属 <i>Subhimalus</i>	13	+	1	+	0		0	1	+	0		15	+	+	+	
	顶带叶蝉属 <i>Exitianus</i>	17	+	0		31	++	7	+	1	+	6	+	62	+	+	
	拟菱纹叶蝉属 <i>Hishimonoides</i>	11	+	23	++	11	+	13	+	36	++	6	+	100	+	+	
	肛突叶蝉属 <i>Changuhania</i>	0		1	+	20	++	0	18	+	1	+	40	+	+	+	
	圆痕叶蝉亚科 Agallinae	木叶蝉属 <i>Phlogotettix</i>	0		1	+	2	+	1	1	+	0		5	+	+	+
		带叶蝉属 <i>Scaphoideus</i>	0		1	+	2	+	1	2	+	0		6	+	+	+
角冠叶蝉属 <i>Viridomarus</i>		0		0		1	+	2	0		0		3	+	+	+	
异滑叶蝉属 <i>Paralaeicephalus</i>		0		0		8	+	6	0		0		14	+	+	+	
锥顶叶蝉属 <i>Japananus</i>		0		0		3	+	1	0		0		4	+	+	+	
多突叶蝉属 <i>Multiproductus</i>		0		0		1	+	0	0		0		1	+	+	+	
愈叶蝉属 <i>Maestas</i>		0		0		0		1	0		0		1	+	+	+	
黑尾叶蝉属 <i>Nephotettix</i>		0		0		0		0	0		1	+	1	+	+	+	
突脉叶蝉属 <i>Durgades</i>		7	+	3	+	2	+	0	10	+	1	+	23	+	+	+	
网脉叶蝉属 <i>Dryodurgades</i>		3	+	1	+	4	+	0	3	+	3	+	14	+	+	+	
大叶蝉亚科 Cicadellinae		边大叶蝉属 <i>Kolla</i>	26	++	35	++	35	++	113	++	167	++	30	++	406	++	++
		大叶蝉属 <i>Cicadella</i>	2	+	4	+	161	+++	113	++	25	++	2	+	307	++	++
		条大叶蝉属 <i>Akinsoniella</i>	2	+	9	+	0		0	7	+	0	0	7	+	+	+
		可大叶蝉属 <i>Cofana</i>	0		0		0		0	1	+	0	0	1	+	+	+
		拟隐脉叶蝉属 <i>Sophonia</i>	15	+	17	++	0		18	+	10	+	0	0	60	+	+

续表

亚科 Subfamily	属 Genera	土地利用类型 Land use type										合计 Total	多度 Abundance
		刺梨林 Thorn pear forest	核桃林 Walnut forest	桃树林 Peach forest	玫瑰园 Rose garden	李子林 Plum forest	草地 Grassland						
横脊叶蝉亚科 Evacanthinae	消室叶蝉属 <i>Chudania</i>	2	+	4	+	0	0	1	+	2	+	9	+
	横脊叶蝉属 <i>Evacanthus</i>	121	++	193	+++	0	0	199	++	130	++	643	++
	狭顶叶蝉属 <i>Angustella</i>	0		1	+	0	0	1	+	0		2	+
片角叶蝉亚科 Idiocerinae	弯茎叶蝉属 <i>Flexocerus</i>	2	+	0		2	+	4	+	0		8	+
	铲头叶蝉亚科 Hecalinae	14	+	25	++	8	+	23	++	74	++	144	++
秀头叶蝉亚科 Stegelytrinae	单突叶蝉属 <i>Hecalus</i>	2	+	0		0		1	+	0		3	+
	窄头叶蝉属 <i>Batracomorphus</i>	0		2	+	3	+	4	+	1	+	17	+
叶蝉亚科 Iassinae	阔颈叶蝉属 <i>Drabescoides</i>	0		0		0		0		0		9	+
缘脊叶蝉亚科 Selenocephalinae	顶斑叶蝉属 <i>Empoasca</i>	1034	+++	51	++	31	++	205	++	288	+++	1624	+++
小叶蝉亚科 Typhlocybinae	山小叶蝉属 <i>Salka</i>	2	+	1	+	1	+	0		0		4	+
	米小叶蝉属 <i>Mitjaevia</i>	1	+	6	+	4	+	2	+	1	+	99	+
	克小叶蝉属 <i>Kapsa</i>	0		3	+	0		0		1	+	10	+
	白翅叶蝉属 <i>Thaia</i>	0		1	+	0		0		0		1	+
	阿小叶蝉属 <i>Arboridia</i>	0		0		1	+	0		0		3	+
	白小叶蝉属 <i>Elbelus</i>	0		0		0		0		0		1	+
	赛小叶蝉属 <i>Seriana</i>	0		0		0		0		0		1	+
	安小叶蝉属 <i>Anufrenia</i>	0		0		0		2	+	0		2	+
	小绿叶蝉属 <i>Empoasca</i>	287	+++	735	+++	914	+++	1262	+++	576	+++	5140	+++
	蒿小叶蝉属 <i>Eupteryx</i>	23	++	18	++	23	++	82	++	19	+	197	++
	辜小叶蝉属 <i>Agurichana</i>	0		2	+	0		0		0		3	+
	零小叶蝉属 <i>Limmasolla</i>	0		0		0		2	+	0		5	+
	塔叶蝉属 <i>Zyginella</i>	3	+	4	+	0		2	+	0		31	+

+: 稀有类群(<1%); ++: 常见类群(1%—10%); +++: 优势类群(>10%)

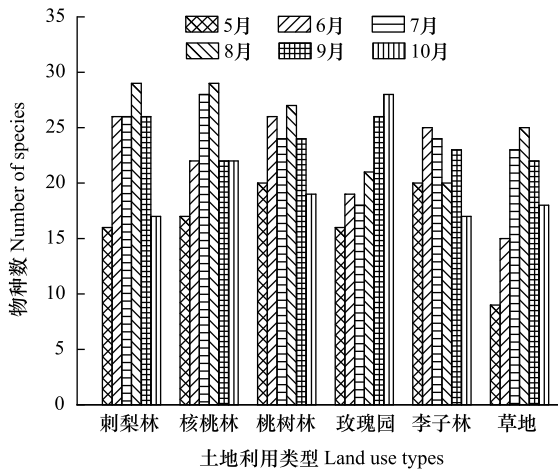


图 1 不同土地利用类型叶蝉群落种类季节变化

Fig.1 Seasonal variation of leafhopper species in different land-use types

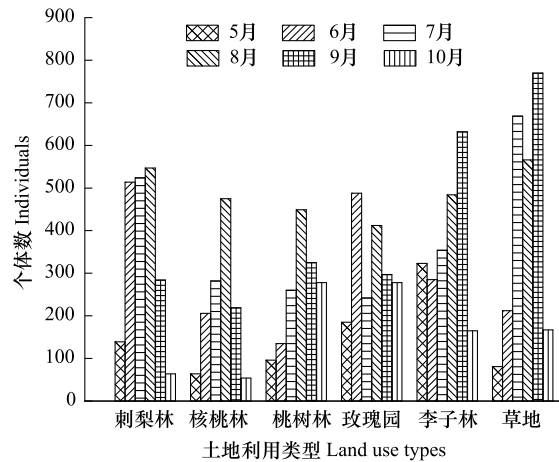


图 2 不同土地利用类型叶蝉群落数量季节变化

Fig.2 Seasonal variation of leafhopper individual number in different land-use types

2.3 叶蝉群落多样性分析

2.3.1 不同土地利用类型叶蝉群落多样性分析

由表 3 和图 3 可知,Shannon-Wiener 多样性指数 (H'):刺梨林>草地>核桃林>李子林>桃树林>玫瑰园, Pieluo 均匀性指数 (J) 则是:草地>刺梨林>李子林>桃树林>核桃林>玫瑰园, Simpson 优势度指数 (C) 为:玫瑰园>李子林>草地>刺梨林>桃树林>核桃林。刺梨林和草地的 H' 指数和 J 指数明显高于其他 4 种土地利用类型。而玫瑰园则是 H' 指数和 J 指数均为最低的土地利用类型。研究结果表明,刺梨林和草地这两种土地利用类型中叶蝉群落结构的多样性和均匀度较其他四种土地利用类型较好。

表 3 喀斯特轻-中度石漠化地区不同土地利用类型叶蝉群落多样性

Table 3 Leafhopper community diversity of different land use types in karst light to moderate rocky desertification area					
土地利用类型 Land-use type	个体数 (N) Individuals	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
玫瑰园 Rose garden	1902	30	1.293	0.374	0.468
桃树林 Peach forest	1543	29	1.564	0.416	0.223
李子林 Plum forest	2243	33	1.723	0.513	0.423
核桃林 Walnut forest	1300	31	1.732	0.407	0.145
草地 Grassland	2465	25	1.901	0.645	0.326
刺梨林 Thorn pear forest	2017	29	1.906	0.566	0.301

2.3.2 不同月份叶蝉群落多样性分析

由表 4 和图 4 可知 H' 指数 10 月>6 月>5 月>7 月>9 月>8 月, J 指数 10 月>5 月>6 月>7 月>9 月>8 月。由此可见,在不同月份下,叶蝉群落结构多样性指数 H' 和 J 指数趋于一致。而 Simpson 优势度指数 C 则呈现 8 月>9 月>5 月>7 月>6 月>10 月,该指数几乎和 H' 指数呈现相反的变化趋势。

2.4 环境因子与叶蝉个体数相关性分析

将温度、湿度和气压分别和叶蝉个体数做相关性分析。表 5、6、7,表明温度与叶蝉群落中叶蝉个体数在 $P < 0.01$ 下存在相关关系,其 Pearson 相关系数达到了 0.489,但相关性并不是特别显著。而气压和湿度两个环境因子则与叶蝉个体数之间几乎不存在相关关系。

表 4 喀斯特轻-中度石漠化地区不同月份叶蝉群落多样性

Table 4 Diversity of leafhopper communities at different months in karst areas of light and moderate rocky desertification					
月份 Month	个体数(N) Individuals	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
5	888	27	2.188	0.663	0.238
6	1840	39	2.314	0.631	0.167
7	2331	34	2.15	0.609	0.211
8	2933	40	1.726	0.467	0.332
9	2527	42	2.051	0.548	0.24
10	1006	31	2.501	0.728	0.143

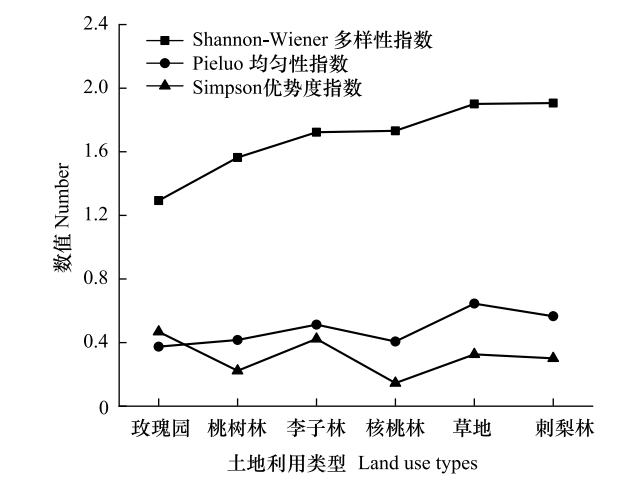


图 3 喀斯特轻-中度石漠化地区不同土地利用类型叶蝉群落多样性

Fig.3 Leafhopper community diversity of different land use types in karst light to moderate rocky desertification area

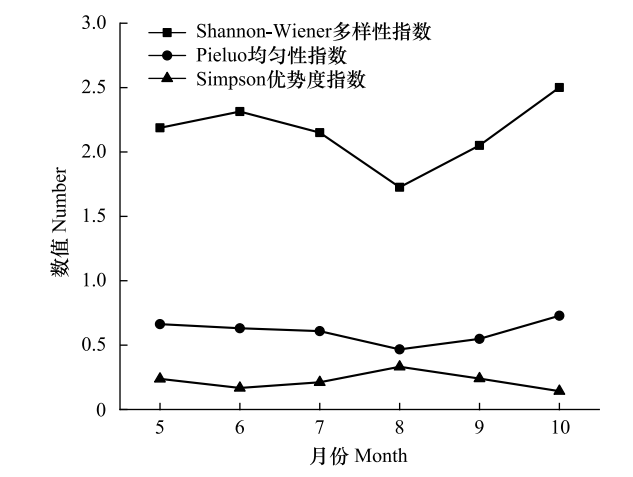


图 4 喀斯特轻-中度石漠化地区不同月份叶蝉群落多样性

Fig.4 Diversity of leafhopper communities at different months in karst areas of light and moderate rocky desertification

表 5 温度与叶蝉个体数相关性

Table 5 Correlation between temperature and number of leafhopper individuals		
	温度 Temperature	个体数 Individual number
温度 Temperature	1	0.489
个体数 Individual number	0.489	1

表 6 湿度与叶蝉个体数相关性

Table 6 Correlation between humidity and individual number of leafhoppers		
	湿度 Humidity	个体数 Individual number
湿度 Humidity	1	-0.112
个体数 Individual number	-0.056	1

2.5 不同土地利用类型叶蝉群落结构和环境因子的冗余分析

为了更好的直观的体现环境因子、多样性指数和群落结构的正负相关性,使用冗余分析法对其进行分析。图 5 表明,Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pieluo 均匀性指数(J)和温度呈明显的负相关关系,且相关性显著。个体数(N)则与温度呈典型的正相关关系。在非

表 7 气压与叶蝉个体数的相关性

Table 7 Correlation between air pressure and the number of leafhoppers		
	气压 Air pressure	个体数 Individual number
气压 Air pressure	1	0.066
个体数 Individual number	0.066	1

极端的温度情况下,温度的升高会带来叶蝉个体数的增加,符合叶蝉喜温喜光的习性。

2.6 叶蝉群落结构的相似性分析

为了直观的表明不同土地利用类型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6和表8)。图表表明,这些土地利用类型中玫瑰园和李子林的群落组成最为相似,首先聚为在一起;桃树林则和桃树林聚成一类,两个聚类团聚在一起与刺梨林和草地的聚类团之间有显著差异性。核桃林和桃树林之间距离系数约为1,相似性指数为0.743;玫瑰园和李子林距离系数约为1,相似性指数为0.487;核桃林、桃树林形成的聚类团与玫瑰园、李子林形成的聚类团之间距离系数为7,相似性指数为0.636。研究表明土地利用类型的相似性是叶蝉群类结构相似的基础,核桃林与桃树林的树木较高,与地表植被交流较小,所以叶蝉群落结构也较为相似,刺梨林和草地则都较为低矮,所以群落结构较为相似。李子林和玫瑰园之间的植被类型较复杂,杂草相对较多,导致叶蝉类群相似性最低。

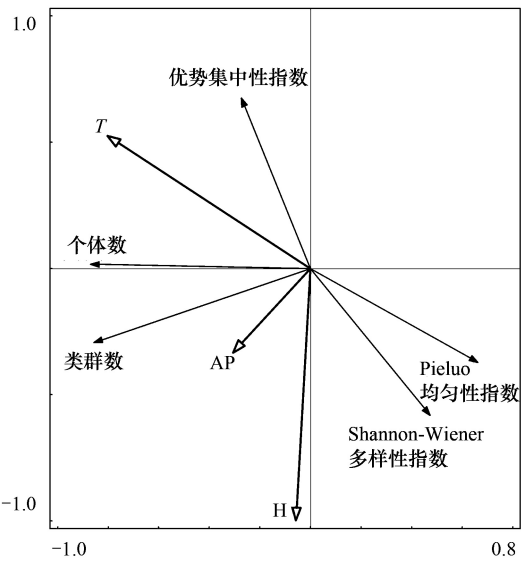


图5 轻中度石漠化地区不同土地利用类型叶蝉类群冗余分析
Fig.5 Redundancy analysis of leafhopper groups at different land use type in karst areas of light and moderate rocky desertification

T,温度 Temperature;H,湿度 Humidity;AP,气压 Air pressure

表8 轻中度石漠化地区不同土地利用类型叶蝉类群相似性矩阵

Table 8 Similarity Matrix of leafhopper groups at different land use type in karst areas of light and moderate rock desertification						
土地利用类型 Land use types	刺梨林 Roxburgh rose forest	核桃林 Walnut forest	桃树林 Peach forest	玫瑰园 Rose garden	李子林 Plum forest	草地 Grassland
刺梨林 Roxburgh rose forest		0.622	0.526	0.39	0.694	0.636
核桃林 Walnut forest	0.622		0.526	0.462	0.743	0.636
桃树林 Peach forest	0.526	0.526		0.528	0.553	0.576
玫瑰园 Rose garden	0.39	0.462	0.528		0.487	0.417
李子林 Plum forest	0.694	0.743	0.553	0.487		0.618
草地 Grassland	0.636	0.636	0.576	0.417	0.618	

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

3 讨论与结论

本研究中,共在喀斯特轻中度石漠化地区采获叶蝉11亚科52属,其中拟竹叶蝉属 *Bambusananus*、顶斑叶蝉属 *Empoasca* 和小绿叶蝉属 *Empoasca* 是各土地利用类型的优势类群,占总个体数的69.4%。尤其是小绿叶蝉属 *Empoasca*,在每个土地利用类型中个体数都是最多的属,占总个体数的44.6%。小绿叶蝉属 *Empoasca* 的个别种,如:小贯小绿叶蝉 *Empoasca onukii* Matsuda 是茶园的主要害虫之一^[30—32],而小绿叶蝉的危害性暂未在此体现,但其广步性和群落优势性值得关注。

相比其他生态环境较好的地区,轻-中度石漠化地区的叶蝉种类是较少的^[33]。进一步佐证了,昆虫群落的多样性和昆虫数目与生态环境息息相关^[34]。营造一个良好的生态环境有利于昆虫的生长发育,昆虫也能作为指示生物反映生态环境的变化。研究发现,刺梨林和草地是Shannon-Wiener多样性指数和Pielou均匀性指数较高的两种土地利用类型,因此,可以把草地和刺梨林的合理搭配种植作为喀斯特生态环境修复的一种

手段技术实施推广。刺梨林作为喀斯特石漠化恢复模式的一种环境因子对喀斯特轻-中度石漠化地区叶蝉群落结构的影响主要体现在温度上。适宜的温度有利于叶蝉的存活,是构建稳定的叶蝉群落结构的前提。极端天气和低温会导致叶蝉在卵、若虫和成虫不同阶段都会遭受威胁。而叶蝉种群数量过多则会导致虫害,故温度控制是控制叶蝉种群数量的有效方法。

研究以喀斯特轻中度石漠化地区叶蝉科昆虫为研究对象,调查了研究区内叶蝉群落的组成和分布,描述了不同土地利用类型和不同季节叶蝉群落结构的相似性和多样性,分析了温度、湿度和气压等环境因子对叶蝉群落的影响,发现了两种在喀斯特石漠化地区叶蝉群落中物种丰富度及均匀度较高的土地利用类型,为喀斯特轻-中度石漠化地区生态恢复技术集成与示范提供参考依据。由于缺乏对其他昆虫的标本采集和研究,喀斯特轻-中度石漠化地区昆虫群落定量的相关性以及昆虫群落内部的竞争与平衡机制都有待于进一步的研究。

参考文献 (References):

- [1] 熊康宁,朱大运,彭韬,喻理飞,薛建辉,李坡. 喀斯特高原石漠化综合治理生态产业技术与示范研究. 生态学报, 2016, 36(22): 7109-7113.
- [2] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨. 中国岩溶, 2002, 21(2): 101-105.
- [3] 熊康宁,李晋,龙明忠. 典型喀斯特石漠化治理区水土流失特征与关键问题. 地理学报, 2012, 67(7): 878-888.
- [4] 王世杰,李阳兵,李瑞玲. 喀斯特石漠化的形成背景、演化与治理. 第四纪研究, 2003, 23(6): 657-666.
- [5] 王世杰. 喀斯特石漠化——中国西南最严重的生态地质环境问题. 矿物岩石地球化学通报, 2003, 22(2): 120-126.
- [6] 蔡运龙. 中国西南岩溶石山贫困地区的生态重建. 地球科学进展, 1996, 11(6): 602-606.
- [7] Kobza R M, Trexler J C, Loftus W F, Perry S A. Community structure of fishes inhabiting aquatic refuges in a threatened Karst wetland and its implications for ecosystem management. Biological Conservation, 2004, 116(2): 153-165.
- [8] Midgley G F. Biodiversity and ecosystem function. Science, 2012, 335(6065): 174-175.
- [9] 盛茂银,熊康宁,崔高仰,刘洋. 贵州喀斯特石漠化地区植物多样性与土壤理化性质. 生态学报, 2015, 35(2): 434-448.
- [10] 伏文兵,严友进,王凯,胡刚,林桂桓,黄朝海. 喀斯特石漠化区治理措施对土壤质量演变的影响. 水土保持研究, 2021, 28(2): 27-32.
- [11] 程才,李玉杰,张远东,高敏,李晓娜. 石漠化地区苔藓结皮对土壤养分及生态化学计量特征的影响. 生态学报, 2020, 40(24): 9234-9244.
- [12] 胡琪娟,盛茂银,殷婕,白义鑫. 西南喀斯特石漠化环境适生植物构树细根、根际土壤化学计量特征. 植物生态学报, 2020, 44(9): 962-972.
- [13] 赵庆. 喀斯特高原石漠化区植物群落恢复过程植物功能性状与功能群动态研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2020.
- [14] 王存璐. 石漠化综合治理区两栖动物群落多样性及其生境构建与保护研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2020.
- [15] 刘青山. 石漠化综合治理区农林景观边缘土壤螨类群落响应研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2019.
- [16] 陈航. 基于土壤动物群落恢复的石漠化治理模式初探与监测评价——以贵州朝营和顶坛小流域为例[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2016.
- [17] 赵振强,熊康宁,宋月华,罗鼎,赵盼弟. 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. 环境昆虫学报, 2015, 37(3): 498-506.
- [18] 徐超. 部分植食性昆虫对孟寨小流域石漠化生境植被及人为干扰的响应[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2018.

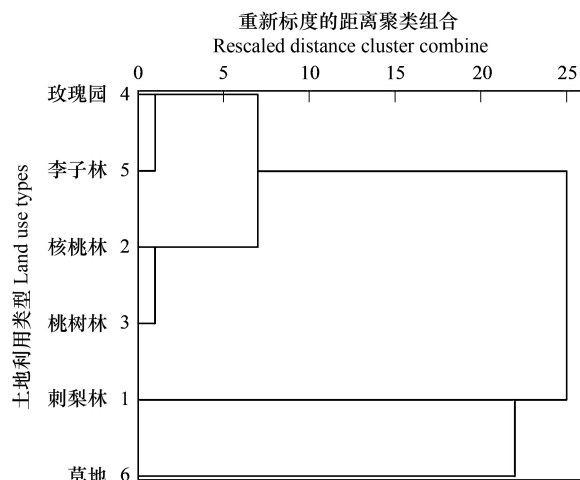


图6 轻中度石漠化地区不同土地利用类型叶蝉类群聚类分析
Fig.6 Cluster analysis of leafhopper groups at different land use type in karst areas of light and moderate rocky desertification

- [19] 赵振强. 喀斯特地区叶蝉群落结构与生物多样性对石漠化治理生态功能恢复的响应[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2015.
- [20] 王存璐. 石漠化综合治理区两栖动物群落多样性及其生境构建与保护研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2020.
- [21] 张仕豪, 熊康宁, 张俞, 季传泽, 马学威, 赖佳丽, 闵小莹. 典型石漠化生态系统演替过程优势植物种叶片功能性状特征及影响因素. 生态环境学报, 2019, 28(11): 2165-2175.
- [22] 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). 贵阳: 贵州科技出版社, 2014: 12-209.
- [23] 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. 贵阳: 贵州科技出版社, 2014: 15-168.
- [24] 李子忠, 戴仁怀, 邢济春. 中国角顶叶蝉(半翅目: 叶蝉科). 北京: 科学普及出版社, 2011: 20-203.
- [25] 李子忠, 范志华. 中国离脉叶蝉. 贵阳: 贵州科技出版社, 2017: 13-204.
- [26] 马玲, 顾伟, 丁新华, 骆有庆, 韩争伟, 吴思亮. 扎龙湿地昆虫群落结构及动态. 生态学报, 2011, 31(5): 1371-1377.
- [27] Shannon C E, Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1949: 25-56.
- [28] Pielou E C. The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Biology, 1966, 13: 131-144.
- [29] Simpson E H. Measurement of diversity. Nature, 1949, 163(4148): 688.
- [30] 冯添泉. 茶园小绿叶蝉的主要危害原因和防治对策. 农民致富之友, 2019, (15): 89-89.
- [31] 陈颖. 山区生态茶园病虫害绿色防控技术. 农家参谋, 2021, (22): 63-64.
- [32] 孙佳照, 吴筱萌, 徐悦, 张淋, 邹运鼎, 毕守东. 小贯小绿叶蝉与其主要天敌空间关系研究方法的比较. 植物保护, 2021, 47(05): 190-197.
- [33] 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. 环境昆虫学报, 2021, 43(4): 934-949.
- [34] Zhao Z, Ren B Z, Xi G S. A preliminary study on insect biodiversity of Zhuanshan lake area in Siping. Chinese Journal of Ecology, 2002, 21(3): 65-68.