

文章编号: 1000-5692(2006)03-316-07

云南元谋干热河谷直翅目昆虫多样性初步研究

李巧^{1,2}, 陈又清³, 陈祯², 郭萧², 廖琼², 赵剑², 李昆^{3,4}

(1. 西南林学院 保护生物学学院, 云南 昆明 650224; 2. 国家林业局云南元谋荒漠生态系统定位研究站, 云南 元谋 651300; 3. 北京林业大学 生物科学与技术学院 北京 100083; 4. 中国林业科学研究院 资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224)

摘要: 在云南省元谋干热河谷采用网扫法对 10 种生态系统中的直翅目 Orthoptera 多样性进行调查, 共采集直翅目昆虫标本 349 号, 计 25 种。物种丰富度及 Shannon Wiener 多样性指数最高的是石榴 *Punica granatum* 林, 最低的是明油子 *Dodonaea angustifolia*-扭黄茅 *Heteropogonetea contortus* 灌草丛。明油子-扭黄茅灌草丛和云南松 *Pinus yunnanensis* 林优势度较高, 均匀度较低。右尾和方法的排序结果显示, 许多样地之间群落多样性不可比较, 石榴林的直翅目群落多样性高于除芒果 *Mangifera indica* 林以外的任何群落, 云南松林和明油子-扭黄茅灌草丛多样性最低。Jaccard 指数显示出印楝 *Azadirachta indica*-久树 *Schleichera oleosa* 和石榴林的相似性最大, 云南松-栎 *Quercus* 林和云南松林之间相似性最低; Morisita-Horn 指数显示龙眼 *Dimocarpus longan* 林和石榴林的相似性最大, 云南松-栎林和明油子-扭黄茅灌草丛的相似性最低; 定性分析的结果能更好地反映群落间的相似性。系统聚类分析将 10 个样地的直翅目群落分为 5 种类型, 云南松-栎林生境稳定, 恢复时长达 30 余年的云南松林生境比较稳定, 恢复时间仅 5 a 的印楝-明油子林生境趋于稳定, 其余样地生境不稳定, 明油子-扭黄茅灌草丛生境退化, 有必要对其进行植被恢复。图 2 表 4 参 22

关键词: 昆虫学; 直翅目; 群落多样性; 多样性排序; 相似性; 干热河谷

中图分类号: Q968.1 **文献标识码:** A

生物多样性是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和, 是人类生存的物质基础^[1]。直翅目 Orthoptera 多样性作为生物多样性的重要组成部分之一, 其研究日益丰富, 尤以物种多样性和群落多样性研究最为突出^[2~11]。直翅目中的蝗虫在自然界中可生活在多种景观与植被类型中, 对各种自然环境与生态条件具有极为广泛的适应性, 其生态种对自然景观或生境的原貌兴衰与变迁具有一定的指示作用^[12]。国外有研究显示, 可以用蝗虫作为生物指示物来评价干扰对无脊椎动物的影响及退化生态系统的生态恢复^[13]。云南元谋干热河谷位于滇中高原中北部(25°23'~26°06'N, 101°35'~102°06'E), 属严重生态脆弱区^[14]。其直翅目昆虫多样性研究尚属空白。该研究以元谋干热河谷直翅目类群作为研究对象, 揭示不同植被类型的自然与人工生态系统直翅目群落的多样性, 比较不同生境直翅目类群间相似性, 为地区生物多样性编目提供基础数据, 并探索性评价人工生态系统的

收稿日期: 2005-09-28; 修回日期: 2005-12-12

基金项目: “十五”国家科学技术攻关项目(2001BA510B03); “十五”云南省科学技术攻关项目(2001NG55)

作者简介: 李巧, 副教授, 博士研究生, 从事森林昆虫学等研究。lqfcb@126.com。通讯作者: 李昆, 研究员, 从事植被恢复学等研究。E-mail: cailikun@163.com

生态恢复效果。

1 研究地及调查方法

在 10 种不同植被类型的自然与人工生态系统中设置样地。自然生态系统包括: (I) 云南松 *Pinus yunnanensis*- 栎 *Quercus* 林, (II) 牛筋条 *Dichotomanthus tristaniaecarpa*- 黄荆 *Vitex negundo* 林, (III) 明油子 *Dodonaea angustifolia*- 扭黄茅灌 *Heteropogonetea contortus* 草丛, 前 2 种植被类型在干热河谷区小面积分布, 第 3 种则分布广泛。人工生态系统包括: (IV) 云南松林, (V) 印楝 *Azadirachta indica*- 明油子林, (VI) 木豆 *Cajanus cajan*- 余甘子 *Phyllanthus emblica* 林, (VII) 印楝- 久树 *Schleichera oleosa* 林, (VIII) 芒果 *Mangifera indica* 林, (IX) 龙眼 *Dimocarpus longan* 林及 (X) 石榴 *Punica granatum* 林。这 7 种人工植被类型在干热河谷区零星分布。其中, 云南松林恢复时间长达 30 a 以上; 印楝-明油子林及 3 种经济林均为退耕地造林, 造林时间 2~11 a; 芒果林造林时间最长; 石榴林最短; 木豆-余甘子林和印楝-久树林为荒山造林, 时间分别为 5 a 和 3 a。

利用网扫法在每个样地内随机采集标本。于 2004 年 6~8 月进行 3 次调查, 鉴定及分析采集标本。根据《蝗虫分类学》及相关资料^[15~18] 将标本鉴定到亚科、属、种。

群落内的多样性测度采用物种丰富度指数、物种多样性指数和均匀度指数^[19]。物种丰富度指数采用物种丰富度 *S*, 即物种的数目, 以及 Margalef 指数; 物种多样性指数采用 Shannon-Wiener 指数; 物种优势度采用 Simpson 优势度指数; 均匀度指数采用 Pielou 指数和 Alatalo 指数; 运用 Patil 和 Taillie 的右尾和方法对 10 个样地的直翅目多样性进行排序^[20]。群落间的多样性测度分别采用 Jaccard 指数进行群落相似性定性测度, 采用 Morisita-Horn 指数进行定量测度。运用 SPSS 统计软件对 10 个样地的直翅目群落进行聚类分析。Jaccard 指数、Morisita-Horn 指数利用 Estimate S 7.50 软件计算^[21]。

2 结果与分析

2.1 主要类群及数量

经过初步鉴定和数量统计, 共采获直翅目昆虫标本 349 号, 共计 25 种(表 1)。其中, 蝗总科 Acridoidea 瘤锥蝗科 Chrotogonidae 2 属 2 种, 锥头蝗科 Pygomorphae 1 属 1 种, 斑腿蝗科 Cantantopidae 5 属 5 种, 斑翅蝗科 Oedipodidae 6 属 7 种, 网翅蝗科 Arcypteridae 1 属 1 种, 剑角蝗科 Acididae 2 属 3 种; 蟋蟀总科 Grylloidea 蛉蟋科 Trigonidiidae 1 属 1 种, 蟋蟀科 Gryllidae 1 属 1 种; 蚱总科 Tetrigoidea 蚱科 Tetrigidae 1 属 1 种; 螞蟓总科 Tettigonionidea 露螞科 Phaneropteridae 1 属 2 种, 织娘科 Mecopodidae 1 属 1 种, 草螞科 Conocephalidae 1 属 2 种。

表 1 2004 年在元谋干热河谷 10 个样地采集的直翅目类群和标本数量

Table 1 Species and quantity of Orthopterans in the 10 sample plots of Yuanmou dry-hot valleys in 2004

序号	种类	各样地类型的标本数量									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	黄星蝗 <i>Aularches miliaris</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	云南蝗 <i>Yunanites coriacea</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	短额负蝗 <i>Atractomor sinensis</i>	0	1	0	1	0	0	1	1	2	11
4	日本黄脊蝗 <i>Patanga japonica</i>	0	5	0	0	0	0	15	2	16	6
5	西姆拉斑腿蝗 <i>Catantops simlae</i>	0	6	0	0	3	1	2	0	10	5
6	长角直斑腿蝗 <i>Stenocatantops splendens</i>	0	1	0	0	9	1	1	1	26	9
7	大斑外斑腿蝗 <i>Xenocatantops humilis</i>	1	4	0	13	0	1	1	0	10	5
8	云南棒腿蝗 <i>Tylotropidius yunnanensis</i>	1	0	2	0	5	0	4	2	2	2
9	踵蝗 <i>Pternoscirta</i> sp.	0	0	1	0	1	0	2	0	4	2
10	黄股车蝗 <i>Gastrimargus parvulus</i>	0	0	1	1	6	0	0	0	1	0
11	芒康绿纹蝗 <i>Aiobpus markanensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12	元谋金沙蝗 <i>Kinshaties yuanmowensis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

续表 1

序号	种类	各样地类型的标本数量									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
13	疣蝗 <i>Trilophidia annulata</i>	0	1	0	0	1	0	3	0	1	2
14	条纹暗蝗 <i>Dnopherula taeniatus</i>	0	2	29	0	5	1	15	1	0	1
15	暗蝗 <i>Dnopherula</i> sp.	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0
16	佛蝗 <i>Phlaeoba</i> sp.	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
17	剑角蝗 <i>Acrida</i> sp.	1	1	0	0	1	1	3	2	3	7
18	墨蛉蟋 <i>Homaeoxipha</i> sp.	0	0	0	9	5	0	3	2	2	3
19	双斑蟋 <i>Gryllus bimaculatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
20	平背蚤 1 <i>Isopsera</i> sp. 1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
21	平背蚤 2 <i>Isopsera</i> sp. 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	优草蚤 1 <i>Euconocphalus</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
23	优草蚤 2 <i>Euconocphalus</i> sp. 2	0	0	0	1	0	3	2	1	0	1
24	纺织娘 <i>Mecopoda elongata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
25	楚雄微翅蚱 <i>Ahlatettix chuxiongensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1

2.2 物种多样性分析

2.2.1 物种丰富度分析 根据物种丰富度值, 石榴林中直翅目物种丰富度最高, 印楝-久树林次之, 明油子-扭黄茅灌草丛最低(表2)。反映出人工生态系统中的石榴林具有最丰富的直翅目类群, 而天然次生的明油子-扭黄茅灌草丛, 由于植被组成单一, 其直翅目类群不及云南松林、印楝-明油子林等一些人工生态系统。石榴林的直翅目类群以生活于农田草本植物上的短额负蝗占优势, 反映出其直翅目群落仍保留着农田的特点。Margalef 指数反映的结果较为相似: 石榴林丰富度最高, 印楝-久树林次之, 明油子-扭黄茅灌草丛最低。但是, 物种丰富度值直接反映出各样地物种数目的区别, 未能体现相同物种数目情况下个体数量的差异; 而 Margalef 指数用物种数目与个体总数的一定数学关系来测度, 反映出物种数目随样方增大而增大的速率, 能体现出物种数目相同的样地之间丰富度的差异。

2.2.2 物种多样性指数比较 石榴林中直翅目 Shannon-Wiener 物种多样性指数最高, 芒果林次之, 明油子-扭黄茅灌草丛最低(表2), 反映出恢复时间最短的石榴林的直翅目物种多样性最丰富, 恢复时间较长的云南松林多样性贫乏。3种自然生态系统的多样性均较贫乏, 尤以明油子-扭黄茅灌草丛物种多样性最低。

2.2.3 物种优势度及均匀度分析 10种生态系统内直翅目的优势度指数及均匀度指数表现出一定差异(表2)。明油子-扭黄茅灌草丛 Simpson 优势度指数最高, 云南松林较高, 其余8种类型的优势度均较低, 其中, 石榴林优势度最低。Pielou 指数和 Alatalo 指数都反映出芒果林均匀度最高, 云南松-栎林

表2 2004年元谋干热河谷10个样地采集的直翅目个体数量以及物种多样性指数的计算

Table 2 Abundance and diversity of Orthopterans in the 10 sample plots of Yuanmou dry-hot valley in 2004

样地类型	个体数	物种丰富度	Margalef 指数	Shannon-Wiener 指数	Simpson 指数	Pielou 均匀度指数	Alatalo 均匀度指数
I	10	7	2.606	1.834	0.180	0.943	0.866
II	21	8	2.299	1.819	0.193	0.875	0.811
III	34	5	1.134	0.614	0.734	0.381	0.429
IV	29	7	1.782	1.440	0.310	0.740	0.690
V	38	11	2.749	2.112	0.143	0.880	0.827
VI	9	7	2.731	1.831	0.185	0.941	0.840
VII	54	14	3.259	2.122	0.175	0.804	0.642
VIII	13	9	3.119	2.138	0.124	0.973	0.941
IX	79	12	2.517	1.971	0.188	0.793	0.698
X	60	15	3.419	2.434	0.105	0.899	0.819

及木豆-余甘子林次之, 明油子-扭黄茅灌草丛最低。其余样地的均匀度排序出现不同, 是因为 Pielou 指数受到样本大小的强烈影响, 而 Alatalo 指数对样本大小不敏感所致。3 种指数均反映出明油子-扭黄茅灌草丛和云南松林直翅目群落的优势度较高而均匀性较低。

2.3 多样性排序

用不同的多样性指数对一组群落进行比较时会得出不同的顺序^[20]。该研究中就出现了这种情况, 如石榴林中直翅目的物种丰富度、Margalef 指数、Shannon-Wiener 指数均最高, Simpson 优势度指数最低, 而 Pielou 指数和 Alatalo 指数却低于 E 果林等, 致使群落间多样性的排序出现了矛盾。为解决这一矛盾, 作者采用刘灿然和马克平推荐的 Patil 和 Taillie 的右尾和方法对 10 个样地的直翅目群落多样性进行排序(图 1)。

从排序图可以看出, 石榴林和 E 果林的多样性轮廓线相交, 表明这 2 种生态系统的直翅目群落是不可比较的; 而与其他样地的多样性轮廓线不相交, 且位于它们之上, 表明石榴林直翅目群落的多样性高于除 E 果林以外的任何群落。而明油子-扭黄茅灌草丛的多样性轮廓线不与其他样地相交, 且位于最下方, 表明其多样性在所有样地中最低。云南松林的多样性轮廓线基本不与其他样地相交, 仅位于明油子-扭黄茅灌草丛的多样性轮廓线之上, 显示出其多样性仅高于明油子-扭黄茅灌草丛而低于其他样地。另外, 还可看出, 天然次生的云南松-栎林与牛筋条-黄荆林之间不可比较, 印楝-明油子林和木豆-余甘子林之间不可比较, 而印楝-明油子林多样性大于牛筋条-黄荆林, 木豆-余甘子林多样性大于云南松-栎林。

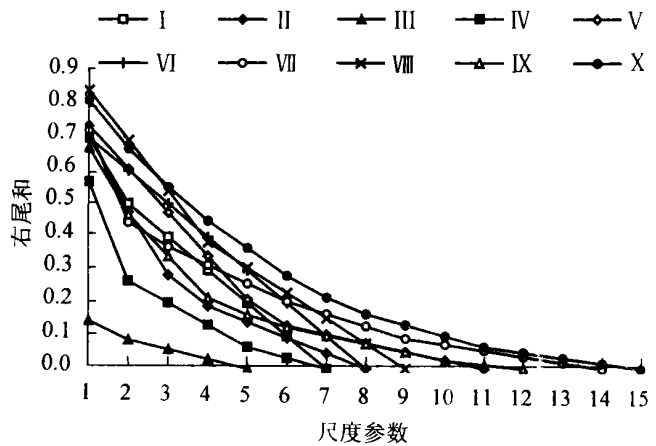


图 1 运用右尾和法对元谋干热河谷 10 个样地进行多样性排序

Figure 1 Diversity ordering of 10 sample plots in Yuanmou dry-hot valley using right-tail sum method

2.4 群落相似性分析

2.4.1 群落相似性定性分析

Jaccard 相似性系数显示, 印楝-久树林和石榴林的相似性在 10 个样地中最大, 为极相似水平; 印楝-久树林和 E 果林、印楝-久树林和龙眼林、 E 果林和石榴林、龙眼林和石榴林之间 q 值为

0.500~0.750, 为中等相似水平; 其他样地之间为中等不相似或极不相似水平, 以云南松-栎林和云南松林之间相似性最低(表 3)。

2.4.2 群落相似性定量分析 Morisita-Horn 相似性指数显示: 龙眼林和石榴林的直翅目类群之间相似性最大, 牛筋条-黄荆林和龙眼林次之, 印楝-久树林和 E 果林居第 3 位, 云南松-栎林和明油子-扭黄

表 3 元谋干热河谷 10 个样地直翅目群落的 Jaccard 相似系数 (q 值)

Table 3 Jaccard similarity coefficients (q) of Orthopterans communities in the 10 sample plots of Yuanmou dry-hot valley

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
II	0.154								
III	0.091	0.083							
IV	0.077	0.154	0.091						
V	0.200	0.357	0.333	0.125					
VI	0.154	0.455	0.182	0.364	0.357				
VII	0.167	0.571	0.188	0.235	0.471	0.375			
VIII	0.143	0.417	0.167	0.231	0.333	0.308	0.643		
IX	0.188	0.538	0.214	0.267	0.533	0.333	0.625	0.400	
X	0.158	0.533	0.176	0.222	0.529	0.353	0.813	0.600	0.588

茅灌草丛之间相似性最低(表4)。

2.5 直翅目群落聚类分析

根据各样地中直翅目种类的存在情况,运用SPSS软件,选择欧氏距离和近邻法对10个样地进行系统聚类分析,结果以树状图显示(图2)。

取距离为2.449,将直翅目群落分为5种类型:①生境稳定的群落,其多样性和丰富度居中,优势度低而均匀度高,如云南松-栎林,短翅型种类云南蝗占有一定优势;②生境退化的群落,其多样性和丰富度低,优势度高而均匀度低,如明油子-扭黄茅灌草丛,个体较小的条纹暗蝗占明显优势;

表4 元谋干热河谷10个样地直翅目群落的Morisita-Horn相似性系数

Table 4 Morisita-Horn similarity coefficients of Orthopteran communities in the 10 sample plots of Yuanmou dry-hot valley

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
II	0.128								
III	0.013	0.175							
IV	0.183	0.353	0.002						
V	0.114	0.291	0.286	0.205					
VI	0.118	0.378	0.197	0.279	0.417				
VII	0.083	0.619	0.534	0.116	0.408	0.310			
VIII	0.202	0.370	0.174	0.258	0.546	0.379	0.667		
IX	0.103	0.671	0.007	0.268	0.600	0.363	0.429	0.461	
X	0.164	0.592	0.041	0.321	0.499	0.377	0.421	0.660	0.709

③生境比较稳定的群落,其多样性和丰富度偏低,优势度居中而均匀度高,如云南松林,大斑外斑腿蝗和墨蛉蟋占优势;④生境趋于稳定的群落,其各项多样性指数水平居中,如印楝-明油子林,长角直斑腿蝗和黄股车蝗占优势;⑤生境不稳定的群落,其多样性和丰富度高,优势度较低而均匀度较高,如石榴林等,日本黄脊蝗、短额负蝗、长角直斑腿蝗及西姆拉斑腿蝗占优势。

3 结论与讨论

研究显示,元谋干热河谷直翅目昆虫多样性贫乏,印证了元谋干热河谷生态严重脆弱的结论^[14]。在元谋干热河谷10种生态系统中直翅目昆虫以蝗总科占绝对优势。群落多样性测定指标是度量一个群落或一个地区群落多样性的重要依据,不同学者推崇不同的多样性指数^[19,22]。该文在进行群落多样性比较中运用了多个较常用的指数,以便于不同地区、不同类型的研究结果的比较。物种丰富度值和Mangalef指数均反映出石榴林丰富度最高,印楝-久树林次之,明油子-扭黄茅灌草丛最低,而Margalef指数较物种丰富度能更好地体现出10个样地间丰富度的差异。

Shannon-Wiener指数反映的结果体现了直翅目多样性与植被性质以及与植被恢复时间长短的关系:天然次生的植被支持较低多样性,恢复时间较短的人工植被支持较高的多样性。云南松-栎林直翅目多样性较低,该结果与藤兆乾^[1]对山东直翅目的研究相吻合。物种优势度及均匀度分析反映出明油子-扭黄茅灌草丛和云南松林直翅目群落多样性较低,分析中出现了与多样性指数分析不尽一致的情况。运用Patil和Taillie的右尾和方法对10个样地的直翅目群落多样性的排序结果显示,许多样地之间群落多样性不可比较,石榴林直翅目群落的多样性高于除芒果林以外的任何群落,明油子-扭黄茅灌草丛多样性最低,云南松林仅高于明油子-扭黄茅灌草丛而低于其他样地。Jaccard相似性系数的定性分析与Morisita-Horn相似性系数的定量分析结果不太一致。该研究中定性分析的结果能更好地反映

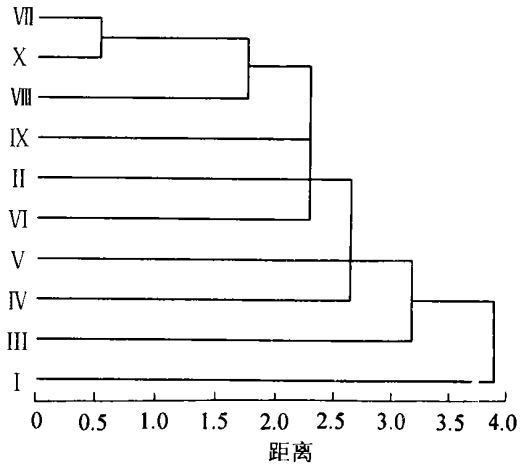



图2 元谋干热河谷10个样地直翅目群落聚类
Figure 2 Cluster combined of Orthopteran communities in the 10 sample plots in Yuanmou dry-hot valley

群落间的相似性。欧氏距离和近邻法进行的系统聚类分析将 10 个样地的直翅目群落分为 5 种类型, 云南松-栎林生境稳定, 明油子-扭黄茅灌草丛生境退化, 恢复时间长达 30 a 以上的云南松林生境比较稳定, 恢复时间仅 5 a 的印楝-明油子林生境趋于稳定, 其余样地生境不稳定。7 种人工生态系统中, 云南松林已经成功恢复; 以速生树种印楝和乡土灌木明油子进行混交而形成的人工生态系统, 恢复状况较好; 而木豆-余甘子林及印楝-久树林尚处于恢复初期, 龙眼林、果林和石榴林由于经营的需要, 农药使用频繁, 林下的草本及地被物层维持了较高的直翅目昆虫多样性, 从控制蝗虫危害的角度来看, 尚未恢复的人工林及经济林是应该实行监测的对象。这些生态系统需要继续恢复。

从不同生态系统直翅目多样性的差异中, 可以窥出直翅目昆虫群落随植物群落演替而相应变化的痕迹: 在植被恢复初期, 由于栖境和食料的增加, 直翅目群落处于建立和发展阶段, 种类和数量增加, 致使多样性较高; 随着恢复时间的持续, 一些树种适应了生境, 另一些被淘汰, 植物群落趋于稳定, 而直翅目的类群也发生改变, 原先占优势的草栖类和地栖类将渐渐失去优势, 甚至一些种类消失, 致使多样性下降, 种群变小。零星分布的牛筋条-黄荆林和广泛分布的明油子-扭黄茅灌草丛均属自然生态系统, 而后者物种多样性最低, 这与李巧等对元谋干热河谷象甲群落多样性的调查结果一致(另文发表)。因此, 有必要对处于退化阶段的明油子-扭黄茅灌草丛进行植被恢复。

蝗虫的生态种是指不同生态地理地带或不同景观的特定生境栖居的蝗虫类群, 许多蝗种可以作为不同自然景观的指示种^[12]。该研究发现, 在退耕地和荒山上进行植被恢复, 恢复初期直翅目群落的组成比较相似, 其中日本黄脊蝗占有一定优势, 长角直斑腿蝗、西姆拉斑腿蝗及大斑外斑腿蝗等亦占据一定优势。能否以其中的一种或几种作为生态恢复尚未成功的指示种, 以其存在与否或存在度的多寡作为判别指标等, 尚需进一步研究。

致谢: 云南省元谋县林业局森防站冯永刚、李从富、李庆元及赵志华等参加了外业调查, 中山大学昆虫学研究所梁铭球教授和西南林学院保护生物学学院欧晓红教授帮助鉴定部分标本, 深表谢意!

参考文献:

- [1] 马克平, 钱迎倩. 生物多样性保护及其研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 1998, 4(1): 95-99.
- [2] 刘大胜, 林育真. 济南地区直翅目昆虫群落多样性[J]. 生态学杂志, 2000, 19(5): 30-34.
- [3] 康乐. 放牧干扰下的蝗虫-植物相互作用关系[J]. 生态学报, 1995, 15(1): 1-11.
- [4] 邱星辉, 李鸿昌. 大针茅草原蝗虫的群落结构和能流研究[J]. 生态学报, 1997, 17(1): 18-22.
- [5] 颜忠诚, 陈永林. 内蒙锡林河流域不同生境中蝗虫种类组成的分析[J]. 昆虫学报, 1997, 40(3): 271-275.
- [6] 黄春梅, 杨龙. 西双版纳热带雨林环境变化对蝗虫区系成分和物种多样性的影响[J]. 生物多样性, 1998, 6(2): 122-131.
- [7] 欧晓红, 伍晓蕾, 陈方, 等. 云南高原牧区草场主要危害性蝗虫[J]. 中国草地, 1999(5): 57-59.
- [8] 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.
- [9] 黄文忠, 李艳红, 张剑锋, 等. 海南南湾自然保护区蝗虫多样性的研究[J]. 昆虫天敌, 1996, 18(3): 131-138.
- [10] 刘缠民. 陕西北部蝗虫群落多样性及生境片段化对其的影响研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2000.
- [11] 藤兆乾. 山东直翅目(Orthoptera)昆虫多样性研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2002.
- [12] 陈永林. 蝗虫生态种及其指示意义的探讨[J]. 生态学报, 2001, 21(1): 156-158.
- [13] 赵跃龙. 中国脆弱生态环境类型分布及其综合整治[M]. 北京: 中国环境出版社, 1999.
- [14] ANDERSEN A N, LUDWING J A, LOWE L M, et al. Grasshopper biodiversity and bioindications in Australian tropical savannas: responses to disturbance in Kakadu National Park[J]. *Austral Ecol*, 2001, 26: 213-222.
- [15] 郑哲民. 蝗虫分类学[M]. 西安: 陕西师范大学出版社, 1993.
- [16] 郑哲民, 夏凯龄. 中国动物志: 昆虫纲 第 10 卷 直翅目 蝗总科 斑翅蝗科 网翅蝗科[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [17] 梁铭球, 郑哲民. 中国动物志: 昆虫纲 第 12 卷 直翅目 蚱总科[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [18] 黄复生. 海南森林昆虫[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [19] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法(I)。多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231-

239.

- [20] 刘灿然, 马克平. 多样性排序: 方法与实例[J]. 植物生态学报, 2002, 26(增刊): 63-67.
- [21] GOLWELL R K. Estimate S: *Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples*, Version 7.5 [EB/OL]. [2005-09-10]. <http://purl.oclc.org/estimates>.
- [22] 王贵霞, 李德荣, 许景伟, 等. 温带森林群落多样性的测度方法比较评述[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(4): 486-491.

Orthopteran diversity in Yuanmou dry-hot valley of Yunnan

LI Qiao^{1,2}, CHEN You-qing³, CHEN Zhen², GUO Xiao², LIAO Qiong², ZHAO Jian², LI Kun^{3,4}

(1. School of Conservation Biology, Southwest Forestry College, Kunming 650224, Yunnan, China; 2. Desert Ecosystem Research Station, State Forestry Administration, Yuanmou, 651300, Yunnan, China; 3. College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 4. Research Institute of Resource Insects, The Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: Orthopteran diversities of 10 ecosystems were investigated by sweep netting method in dry-hot valley of Yuanmou, Yunnan. 349 orthopteran samples including 25 species were collected. Among them, *Acridoidea* was the most abundant, with 19 species occupying 76.0% of the total species. *Punica granatum* plantation was richest in species, while *Dodonaea angustifolia-Heteropogonetai contortus* scrub and grass clump were poorest in species by species richness *S* and Margalef index. The maximum of Shannon-Wiener diversity index was found in the *Punica granatum* plantation, and the minimum was in the scrub and grass clump. The Orthopterans diversity was lower in *Pinus yunnanensis* plantation and the scrub and grass clump by Shannon-Wiener index, Simpson index, Pielou index and Atatalo index. With diversity ranking using Patil and Taillie's right-tail-sum method, the diversity of many sample communities couldn't be compared with each other. The diversity in the *Punica granatum* plantation was higher than others except the *Mangifera indica* plantation, and the diversity was lowest in *Pinus yunnanensis* forest and the scrub and grass clump. *Azadirachta indica-Schleichera oleosa* plantation and *Punica granatum* plantation had the greatest similarity coefficient showed by Jaccard indices, The smallest similarity coefficient was found in *Pinus yunnanensis* plantation and *Pinus yunnanensis-Quercus* forest. *Dimocarpus longan* plantation and *Punica granatum* plantation had the greatest, while *Pinus yunnanensis-Quercus* forest and the scrub and grass clump had the smallest similarity coefficient showed by Morista-Horn indices. Jaccard indices were more efficient than Morista-Horn indices in this study. The Orthopterans communities in the 10 sample plots were divided into 5 types using cluster analysis. The habitat of *Pinus yunnanensis-Quercus* forest was stable. Through more than 30 years' restoration, *Pinus yunnanensis-Quercus* forest was relative stable. *Azadirachta indica-Dodonaea angustifolia* plantation was becoming stable after 5 years' restoration. Others were not stable. The scrub and grass clump were degraded, and their vegetation needed to be restored [Ch, 2 fig. 4 tab. 22 ref.]

Key words: entomology; Orthoptera; community diversity; diversity ranking; similarity; dry-hot valley