

紫胶林-农田复合生态系统甲虫群落多样性

李 巧¹, 陈又清^{2,*}, 陈彦林¹, 严伟伟¹, 王思铭²

(1. 西南林学院 保护生物学学院, 昆明 650224; 2. 中国林业科学研究院 资源昆虫研究所, 昆明 650224)

摘要:在云南绿春县牛孔乡采用网扫法调查了紫胶林-农田复合生态系统(LPFE)中稻田(I)、旱地(II)、天然紫胶林(III)、人工紫胶林(IV)的甲虫群落。采集标本 3569 号, 隶属 26 科 358 种; 象甲科种类最丰富, 占全部种类的 17.0%; 瓢虫科数量最丰富, 占个体总数的 22.9%。虎甲科、隐翅甲科等物种数和个体数量在 I~IV 中的分布没有明显差异; 而叩甲科、粗角叩甲科、朽木甲科、伪叶甲科、瓢虫科、天牛科、负泥虫科、叶甲科和象甲科等有明显差异。LPFE、I、III 和 IV 甲虫物种多度分布符合对数级数模型, II 符合分割线段模型。I~IV 的甲虫多样性为: III > IV > I > II。指出了栖息于植物上的甲虫群落能度量不同土地利用生境的差别, 不同类群的甲虫对于生境的指示作用不同: 叩甲等可以指示农田和林地的差异, 而朽木甲、天牛、叶甲和象甲可以用于指示天然林和人工林生境的差别。LPFE 具有区域内土地利用方式多样化的特点, 对维持甲虫的多样性水平具有积极作用。III 在当地生物多样性保护中具有重要作用, II 在系统中具有很低的多样性。

关键词:混农林生态系统; 鞘翅目; 物种多度; 农业土地利用; 紫胶虫

文章编号: 1000-0933(2009)07-3872-10 中图分类号: Q968 文献标识码: A

Diversity of beetle assemblages in lac-plantation-farmland ecosystem

LI Qiao¹, CHEN You-Qing^{2,*}, CHEN Yan-Lin¹, YAN Wei-Wei¹, WANG Si-Ming²

¹ Faculty of Conservation Biology, Southwest Forestry College, Kunming 650224, China

² Research Institute of Resources Insects, CAF, Kunming 650224, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(7): 3872 ~ 3881.

Abstract: Beetle assemblages were investigated by sweep netting in paddy field (I), dry land (II), natural forest (III), and plantation forest (IV) in lac-plantation-farmland ecosystem (LPFE) in Lvchun County, Yunnan Province. A total of 3569 beetles were captured, belonging to 358 species, 21 families. Among those beetles, Curculionidae has most species, comprising 17.0% of the total number, and Coccinellidae has most individuals, comprising 22.9%. For Cicindelidae, Staphylinidae, Meloidae, Nitidulidae, Lathridiidae, Cryptophagidae, Scarabaeidae, Bostrychidae, Hispididae and Scolytidae, the difference between both species and individual in I—IV was not significant, while it was significant for Elateridae, Throscidae, Alleculidae, Lagriidae, Coccinellidae, Cerambycidae, Crioceridae, Chrysomelidae and Curculionidae. The Log-series model could well fit to the species-abundance distribution of beetle assemblages in LPFE, I, III and IV, and Broken-stick model could well fit to that in II. The diversity at the species level in I—IV was in the order: III > IV > II = I, while it was III > IV > II > I, at the family level. If the results from the species-abundance were considered, it was III > IV > I > II. It was suggested that the difference between the different land-use habitats could be indicated by using plant-inhabiting beetle assemblages. Different kinds of beetle had different role in the indication, the difference between farm-land and forest could be indicated by Elateridae, Throscidae, etc. The difference between natural forest and plantation forest could be indicated by Alleculidae, Cerambycidae, Chrysomelidae and Curculionidae, and the habitat change could be found through the long time monitor to them. The land-use in LPFE was different and diverse, and it played an active role in maintaining the beetle diversity. Especially, natural forest was more important for the local

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金重点资助项目(riricaf200801z)

收稿日期: 2008-12-16; 修订日期: 2009-03-30

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cyqcac@yahoo.com.cn

biodiversity conservation, while the diversity in dry land was lower, and how to change it during the land utilization, is need to consider for managers.

Key Words: agroforestry ecosystem; Coleoptera; species-abundance; agricultural land uses; *Kerria* spp.

紫胶林-农田生态系统是由紫胶虫(*Kerria* spp.)、紫胶虫寄主树和周围的农田共同形成的一种混农林生态系统,广泛分布于西南山区。该系统在解决农林争地矛盾、协调资源合理利用等方面发挥着重要作用。已有基础研究主要以紫胶虫、寄主植物为研究对象,揭示了紫胶虫与其寄主植物的协同进化表现^[1~3];或是对紫胶虫生境蜘蛛群落进行报导,显示出蜘蛛群落不因紫胶虫放养干扰而减少^[4];还有研究认为紫胶虫生境对生物多样性保护和农业生态系统安全可能具有保障作用^[5,6]。然而,在群落生态甚至生态系统层面上进行研究论证几乎空白。鞘翅目(Coleoptera)甲虫是昆虫纲(Insecta)中最庞大、最具多样性的类群之一,全世界分布有350 000余种,我国已记载种类尚不足10 000种;多数种类为植食性,其中包括一些重要的农林害虫;一些是捕食性种类,可以用做生物防治的对象;还有腐食性、粪食性、尸食性和寄生性的种类等等^[7]。国内的研究多集中在栖息于地表的甲虫上^[8~11],这些研究显示出地表甲虫多样性受到生境类型、农林业活动等人为了干扰的强烈影响,而对于栖息于植物上的甲虫群落的研究相对较少^[12~14];国外甲虫群落的研究涉及地表甲虫^[15~20]、生活于腐木上的甲虫^[21,22]、栖息于植物上的甲虫^[23~25]和整个甲虫群落^[26],其研究已从单纯的群落水平甲虫多样性分析拓展到从景观尺度考察甲虫多样性的变化。

为探索紫胶林-农田复合生态系统对当地生物多样性保护的意义,对该生态系统中的节肢动物群落进行了系统调查,本文是对甲虫群落调查的结果。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

调查样地位于云南省绿春县牛孔乡(22°53'N,101°56'E)海拔1000~1300 m地段。在紫胶林-农田复合生态系统中根据不同土地利用类型,选择3个方位(WP西向、EP东向和SP南向),设置4个类型样地I~IV,每个样地有3~4个样点(图1)。样地年平均温度不低于18℃,年雨量在1500 mm以下,相对湿度50%~80%,土壤多为红色粘土,酸碱度pH 5.5~6.5^[2]。各样地大小约1 hm²。I为水稻田,3月下旬~8月中旬为种植季节,其余时间闲置;种植前半月左右进行翻地以待耕作。II为旱地,以种植玉米为主,3月下旬~8月中旬为种植季节,于5月下旬进行中耕除草,其余时间为闲置地,在种植前半月左右将秸秆和杂草等进行焚烧,并进行翻地以待耕作。III为天然紫胶林,以思茅黄檀(*Dalbergia szemaoensis*)为主要树种,平均树高9 m,平均胸径19 cm,郁闭度0.6,草本以紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)占优势,腐殖质较少,于2002年开始人工放养紫胶虫。IV为人工紫胶林,于2001~2002年在退耕地上造林,造林树种为南岭黄檀(*Dalbergia balansae*),平均树高7 m,平均胸径11 cm,郁闭度0.7,草本植物中

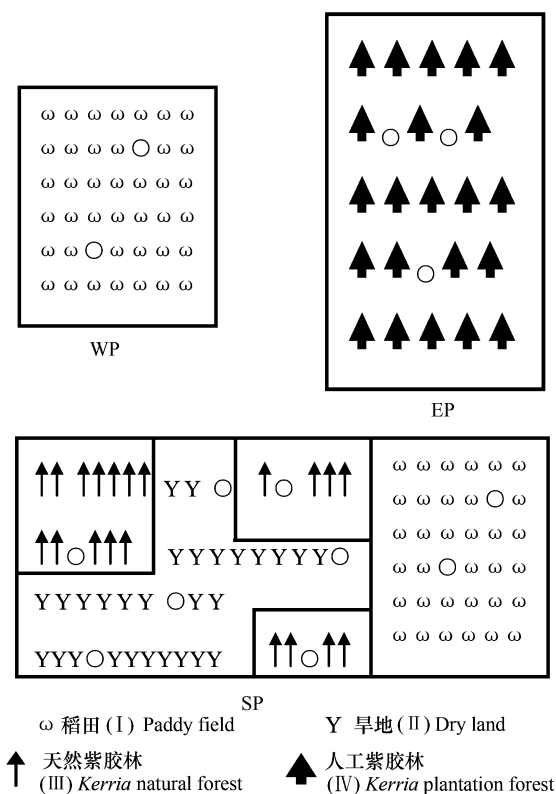


图1 研究样地示意图

Fig. 1 A draft map of the areas in which study was conducted
O表示取样点;其中样地EP与WP相距1km,WP与SP相距6km,EP与SP相距5km;O means a sample plot. Ep and WP is far away about 1km, WP and SP is about 6km, and EP and SP is about 5km

飞机草(*Chromolaena odorata*)占优势,于2005年开始人工放养云南紫胶虫(*Kerria yunnanensis*)。

1.2 调查及分析方法

于2006~2007年利用网扫法(柄长115cm、直径为40cm的捕虫网)在各样地内进行甲虫群落调查,每隔半月1次,共调查24次,将采集到的所有甲虫成虫标本用75%酒精保存,根据相关资料^[27,28]进行分科鉴定及优势种鉴定;利用RTU^[29]进行种类估计,在形态种^[30]基础上进行数量统计。

根据各样地各物种的实际数量进行物种多度分布分析,按倍程对数据进行分组,利用对数级数模型、对数正态模型和分割线段模型^[31,32]对各样地甲虫群落物种分布曲线进行拟合,通过模型拟合精度的对比确定最佳物种多度模型,利用Excel进行数据分析和处理。

根据昆虫个体数占群落中总虫数的百分率大小统计该昆虫的优势度^[33]。甲虫优势科依据甲虫个体或种类数量占群落个体或种类总数的百分比确定:>10%为优势种;5%~10%之间为常见种。群落多样性测度采用物种丰富度、Shannon-Wiener多样性指数、Simpson优势度指数、Pielou均匀度指数^[34]。本文Shannon-Wiener指数为: $H' = -\sum P_i \ln P_i (i = 1, 2, 3, \dots, S)$;Simpson优势度指数为: $C = \sum P_{i^2} (i = 1, 2, 3, \dots, S)$;Pielou指数为: $Jsw = (-\sum P_i \ln P_i) / \ln S (i = 1, 2, 3, \dots, S)$,式中 N 为所有种类的个体数量之和, S 为物种数目, P_i 为第 i 个种类的个体数量和 N 之比。24次数据进行合并处理,利用SPASS13.0中的One-way ANOVA程序对各组数据进行方差分析和LSD多重比较。

2 结果与分析

2.1 物种-多度分布

经过初步鉴定和数量统计,共采集鞘翅目甲虫标本3569号。根据紫胶林-农田生态系统内甲虫群落及调查样点各物种的个体数与个体总数,用 $\log_3$ 标尺对数据进行并组,倍程1、2、3、4等分别对应个体数为1、2~4、5~13、14~40等的物种,根据并组后的数据进行物种多度分布曲线绘制。结果如图2。

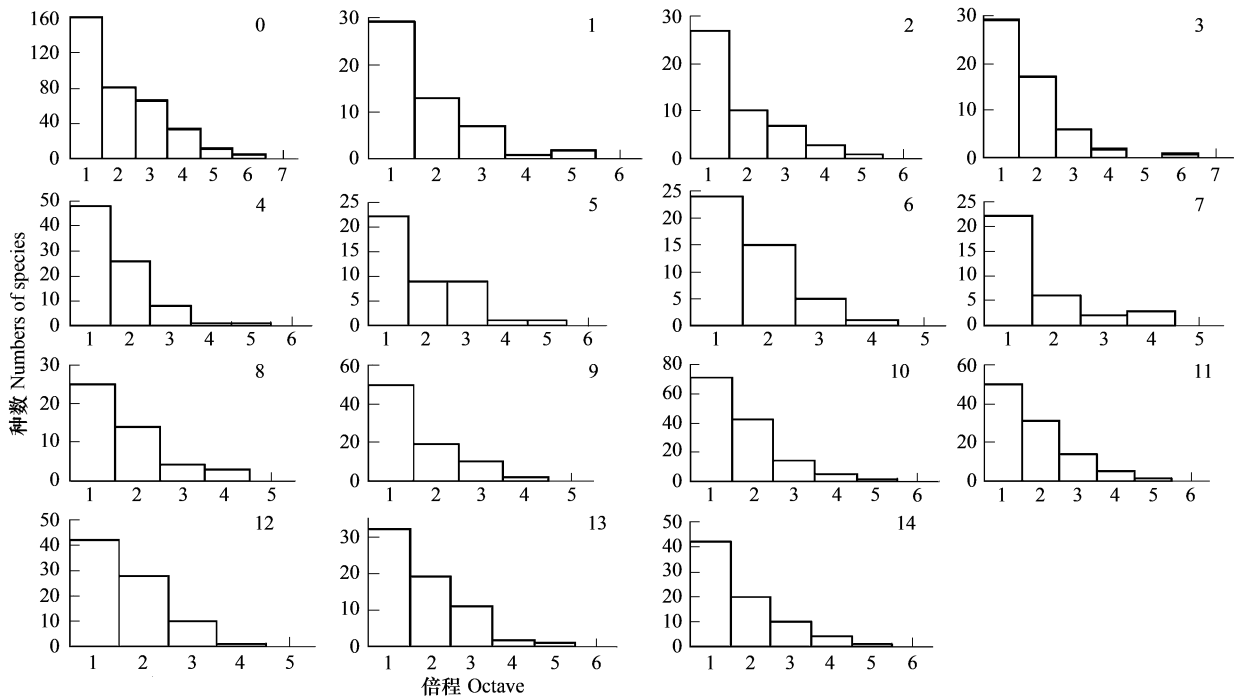


图2 紫胶林-农田生态系统及不同土地利用生境甲虫物种多度曲线

Fig. 2 The curve of species-abundance for beetle assemblages in lac-plantation-farmland ecosystem and in different land-use habitats

0, 1~4, 5~8, 9~11, 12~14 分别表示紫胶林-农田生态系统、稻田、旱地、天然紫胶林和人工紫胶林甲虫物种多度曲线 0, 1~4, 5~8, 9~11, 12~14 are respectively the curve of species-abundance for beetle assemblages in lac-plantation-farmland ecosystem, paddy field, dry land, natural forest, and plantation forest

比较紫胶林-农田生态系统、稻田、旱地、天然紫胶林和人工紫胶林甲虫物种多度曲线,根据倍程数的大小以及每一倍程内物种数的大小,可以看出紫胶林-农田生态系统甲虫群落物种及生物量比较丰富,稀疏种在群落中占据明显优势,富集种较少;稻田甲虫群落物种不丰富,但生物量较大;旱地甲虫群落不同地块间多度变化较大,总体表现为物种不丰富,生物量也较小;天然紫胶林甲虫群落在整个系统中物种最丰富,生物量最大;人工紫胶林甲虫群落物种较丰富,生物量也较大。

分别运用对数级数模型、对数正态模型和分割线段模型对紫胶林-农田生态系统、稻田、旱地、天然紫胶林和人工紫胶林甲虫物种多度曲线进行拟合,结果显示紫胶林-农田生态系统、稻田、天然紫胶林和人工紫胶林甲虫物种多度曲线用对数级数模型进行拟合效果优于对数正态模型和分割线段模型,而旱地甲虫物种多度曲线用分割线段模型进行拟合效果优于对数正态模型和对数级数模型;在稻田、天然紫胶林和人工紫胶林中,天然紫胶林甲虫物种多度曲线拟合对数级数模型的符合度最大,人工紫胶林次之,稻田在三者中符合度最小(表 1)。

2.2 甲虫类群分析

2.2.1 各科物种数比较

经过 1 年的调查,在紫胶林-农田复合生态系统共采集鞘翅目甲虫 26 科 358 种(表 2)。其中象甲科种类最丰富,占全部种类的 17.0%;叶甲科和瓢虫科次之,分别占 14.5%、13.4%;天牛科、叩甲科和肖叶甲科的种类在 5%~10% 之间,其余科均低于 5%。各样地中,稻田甲虫群落在种类上以瓢虫科种类最丰富,叶甲科次之,象甲科居第 3;旱地也以瓢虫科种类最丰富,叶甲科和肖叶甲科次之;天然紫胶林以叶甲科种类最丰富,象甲科次之,瓢虫科和天牛科居第 3;人工紫胶林以瓢虫科和叶甲科种类最丰富,叩甲科次之,象甲科居第 3。

对紫胶林-农田复合生态系统甲虫群落中不同科在各样地中的物种数进行方差分析和多重比较,结果见表 2。

不同科在各样地中的种类分布显示,在组成紫胶林-农田复合生态系统甲虫群落的 26 科中,有包括拟步甲科等在内的 13 科甲虫种类在不同土地利用生境中的分布没有明显差异,而其余 13 科的在不同土地利用生境中的分布有明显差异。其中,朽木甲科、象甲科和叶甲科种类在天然紫胶林中的分布明显多于其它样地;肖叶甲科在天然紫胶林中的分布明显多于稻田;瓢虫科在稻田中的分布明显多于旱地和天然紫胶林;粗角叩甲科在稻田中的分布明显多于旱地;步甲科在天然紫胶林中的分布明显多于旱地;负泥虫科在天然紫胶林中的分布明显多于农田(包括稻田和旱地);伪叶甲科和天牛科在林地的分布明显多于农田,其中天牛科在天然紫胶林中的分布明显多于人工紫胶林;扁股花甲科在人工紫胶林的分布明显多于农田;花萤科在人工紫胶林的分布明显多于稻田;叩甲科在人工紫胶林的分布明显多于农田,其在天然紫胶林的分布明显多于旱地。

2.2.2 各科个体数量比较

在紫胶林-农田复合生态系统中,数量最丰富的是瓢虫科,占个体总数的 22.9%;叶甲科次之,占 23.3%;肖叶甲科、拟步甲科和象甲科的数量在 5%~10% 之间,其余科均不足 5%。从各样地的情况来看,稻田甲虫

表 1 紫胶林-农田复合生态系统不同生境甲虫物种多度分布模型

Table 1 Model of species-abundance for beetle assemblages in lac-plantation-farmland ecosystem and in different habitats

序号 Number	物种多度分布模型 Model of species-abundance	自由度 df	R^2	χ^2
0	$S = 98.7294 \ln(1 + N/98.7294)$	38	0.9024	49.1417
1	$S = 19.9458 \ln(1 + N/19.9458)$	8	0.7945	14.1175
2	$S = 18.4177 \ln(1 + N/18.4177)$	9	0.7897	14.6609
3	$S = 18.6513 \ln(1 + N/18.6513)$	10	0.8035	18.3511
4	$S = 39.6472 \ln(1 + N/39.6472)$	7	0.8901	12.1373
5	$Ni = 4.36 \sum [1/(S-i)]$	8	0.4668	8.7482
6	$Ni = 2.56 \sum [1/(S-i)]$	8	0.7960	5.1686
7	$Ni = 3.36 \sum [1/(S-i)]$	6	0.5074	12.0748
8	$Ni = 3.02 \sum [1/(S-i)]$	5	0.6412	6.4425
9	$S = 45.1562 \ln(1 + N/45.1562)$	8	0.9049	13.6750
10	$S = 58.4454 \ln(1 + N/58.4454)$	12	0.9945	13.8950
11	$S = 44.8918 \ln(1 + N/44.8918)$	11	0.9488	7.2303
12	$S = 32.8342 \ln(1 + N/32.8342)$	12	0.8850	20.3147
13	$S = 28.6098 \ln(1 + N/28.6098)$	11	0.9305	13.6335
14	$S = 47.4358 \ln(1 + N/47.4358)$	9	0.9791	4.3694

0,1~4,5~8,9~11,12~14 分别表示紫胶林-农田生态系统、稻田、旱地、天然紫胶林和人工紫胶林甲虫物种多度曲线 0,1~4,5~8,9~11,12~14 are respectively the curve of species-abundance for beetle assemblages in lac-plantation-farmland ecosystem, paddy field, dry land, natural forest, and plantation forest

群落在个体数量上以瓢虫科占极突出优势,叶甲科占次要优势;旱地以瓢虫科、叶甲科和拟步甲科共同占据一定优势;天然紫胶林以叶甲科占突出优势,拟步甲科、朽木甲科和象甲科等多个科占据一定优势;人工紫胶林以叶甲科占突出优势,瓢虫科和肖叶甲科等占据一定优势(表3)。

表2 紫胶林-农田复合生态系统鞘翅目各科物种数及其在各样地中的分布

Table 2 Species number of different families and its distribution in the sample plots in lac-plantation-farmland ecosystem

科名 Families	物种数 Species number	优势度 Dominance(%)	甲虫群落 Beetle assemblages M $\pm$ SD			
			I	II	III	IV
扁股花甲科 Eucinetidae	1	0.28	0.0 $\pm$ 0.0a	0.0 $\pm$ 0.0a	0.3 $\pm$ 0.6ab	0.7 $\pm$ 0.6b
步甲科 Carabidae	11	3.07	2.3 $\pm$ 1.0ab	1.3 $\pm$ 0.5a	4.3 $\pm$ 1.5b	3.0 $\pm$ 2.0ab
虎甲科 Cicindelidae	9	2.51	1.8 $\pm$ 0.5a	1.3 $\pm$ 1.0a	1.7 $\pm$ 1.5a	1.3 $\pm$ 0.6a
芫菁科 Meloidae	2	0.56	1.3 $\pm$ 0.5a	2.3 $\pm$ 2.5a	1.0 $\pm$ 0.0a	1.3 $\pm$ 0.6a
隐翅甲科 Staphylinidae	4	1.12	0.5 $\pm$ 1.0a	0.0 $\pm$ 0.0a	0.3 $\pm$ 0.6a	0.3 $\pm$ 0.6a
蚁甲科 Pselaphidae	2	0.56	0.3 $\pm$ 0.5a	0.3 $\pm$ 0.5a	1.0 $\pm$ 1.0a	0.0 $\pm$ 0.0a
叩甲科 Elateridae	27	7.54	4.3 $\pm$ 2.6ab	1.0 $\pm$ 0.8a	6.0 $\pm$ 3.0bc	9.0 $\pm$ 4.0c
粗角叩甲科 Throscidae	4	1.12	1.5 $\pm$ 1.0a	0.3 $\pm$ 0.5b	0.7 $\pm$ 0.6ab	0.7 $\pm$ 0.6ab
朽木甲科 Alleculidae	10	2.79	0.5 $\pm$ 0.6a	1.3 $\pm$ 1.3a	4.7 $\pm$ 1.5b	2.7 $\pm$ 1.0a
吸木虫科 Cryptophagidae	1	0.28	0.0 $\pm$ 0.0a	0.0 $\pm$ 0.0a	0.3 $\pm$ 0.6a	0.3 $\pm$ 0.6a
薪甲科 Lathridiidae	1	0.28	0.5 $\pm$ 0.6a	0.5 $\pm$ 0.6a	1.0 $\pm$ 0.0a	0.3 $\pm$ 0.6a
伪叶甲科 Lagriidae	12	3.35	0.8 $\pm$ 0.5a	0.8 $\pm$ 1.0a	4.3 $\pm$ 0.6b	3.7 $\pm$ 1.2b
拟步甲科 Tenebrionidae	6	1.68	2.8 $\pm$ 1.0a	2.0 $\pm$ 0.0a	2.7 $\pm$ 1.2a	2.3 $\pm$ 1.2a
瓢虫科 Coccinellidae	48	13.41	15.0 $\pm$ 3.5a	10.3 $\pm$ 3.6b	8.7 $\pm$ 1.5b	10.3 $\pm$ 1.5ab
露尾甲科 Nitidulidae	1	0.28	0.3 $\pm$ 0.5a	0.0 $\pm$ 0.0a	0.0 $\pm$ 0.0a	0.0 $\pm$ 0.0a
花萤科 Cantharidae	6	1.68	0.5 $\pm$ 0.6a	1.0 $\pm$ 1.4ab	2.3 $\pm$ 1.5ab	2.7 $\pm$ 1.2b
金龟科 Scarabaeidae	14	3.91	2.3 $\pm$ 2.2a	2.0 $\pm$ 1.6a	2.3 $\pm$ 1.2a	2.3 $\pm$ 1.5a
长蠹科 Bostrychidae	1	0.28	0.0 $\pm$ 0.0a	0.0 $\pm$ 0.0a	0.3 $\pm$ 0.6a	0.0 $\pm$ 0.0a
天牛科 Cerambycidae	31	8.66	2.0 $\pm$ 1.4a	2.0 $\pm$ 0.8a	8.7 $\pm$ 1.5b	6.3 $\pm$ 1.2c
负泥虫科 Crioceridae	14	3.91	1.0 $\pm$ 0.8a	2.0 $\pm$ 1.2a	6.3 $\pm$ 3.1b	3.7 $\pm$ 1.2ab
肖叶甲科 Eumolpidae	24	6.70	3.3 $\pm$ 2.2a	4.5 $\pm$ 1.9ab	7.0 $\pm$ 1.0b	4.3 $\pm$ 0.6ab
龟甲科 Cassidae	12	3.35	2.0 $\pm$ 2.8a	0.8 $\pm$ 0.5a	4.0 $\pm$ 2.6a	0.7 $\pm$ 0.6a
叶甲科 Chrysomelidae	52	14.53	10.3 $\pm$ 1.3a	4.5 $\pm$ 2.5a	19.3 $\pm$ 10.7b	10.0 $\pm$ 0.0a
铁甲科 Hispididae	3	0.84	0.8 $\pm$ 0.5a	0.3 $\pm$ 0.5a	0.7 $\pm$ 1.2a	0.7 $\pm$ 0.6a
象甲科 Curculionidae	61	17.04	6.0 $\pm$ 1.4a	3.8 $\pm$ 0.5a	16.7 $\pm$ 9.3b	8.3 $\pm$ 3.2a
小蠹科 Scolytidae	1	0.28	0.3 $\pm$ 0.5a	0.0 $\pm$ 0.0a	0.3 $\pm$ 0.6a	0.0 $\pm$ 0.0a

注: I ~ IV 分别表示稻田、旱地、天然紫胶林、人工紫胶林; 不具备相同字母表示在 $P < 0.05$ 水平上显著。M 表示平均值, SD 表示标准差
I ~ IV was paddy field, dry land, natural forest, and plantation forest. Data with different letters indicated significant difference at 0.05 levels. M means average value, and SD means standard deviation

对紫胶林-农田复合生态系统甲虫群落中不同科在各样地中个体数量进行方差分析和多重比较, 结果见表3。

不同科在各样地中的个体数量分布显示, 在组成紫胶林-农田复合生态系统甲虫群落的26科中, 有14科的个体数量在不同土地利用生境中的分布没有明显差异, 如肖叶甲科、步甲科、金龟科、小蠹科等等; 而其余12科的个体数量在不同土地利用生境中的分布有明显差异。其中, 瓢虫科和粗角叩甲科在稻田中的数量明显多于其它样地; 负泥虫科、伪叶甲科、蚁甲科和朽木甲科在天然紫胶林中的分布明显多于其它样地; 叶甲科在天然紫胶林中的分布明显多于旱地; 拟步甲科在天然紫胶林中的分布明显多于人工紫胶林和稻田, 而其在稻田中的分布还明显低于旱地; 叩甲科在人工紫胶林中的分布明显多于旱地; 龟甲科在天然紫胶林中的分布明显多于旱地和人工紫胶林; 天牛科在天然紫胶林和人工紫胶林中的分布明显多于稻田和旱地; 象甲科在天然紫胶林中的分布明显多于稻田和旱地。

表 3 紫胶林-农田复合生态系统鞘翅目各科个体数及其在样地中的分布

Table 3 Individual number of different families and its distribution in the sample plots in lac-plantation-farmland ecosystem						
科名 Families	个体数 Individual number	优势度 Dominance (%)	甲虫群落 beetle assemblages M ± SD			
			I	II	III	IV
扁股花甲科 Eucinetidae	7	0.20	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	1.3 ± 2.3a	1.0 ± 1.0a
步甲科 Carabidae	78	2.19	6.5 ± 5.7a	1.8 ± 1.0a	8.7 ± 4.0a	6.3 ± 5.0a
虎甲科 Cicindelidae	64	1.79	5.5 ± 5.3a	1.3 ± 1.0a	3.3 ± 3.1a	9.0 ± 7.9a
芫菁科 Meloidae	124	3.47	2.8 ± 1.0a	7.0 ± 10.2a	24.3 ± 32.6a	4.0 ± 4.4a
隐翅甲科 Staphylinidae	5	0.14	0.8 ± 1.5a	0.0 ± 0.0a	0.3 ± 0.6a	0.3 ± 0.6a
蚁甲科 Pselaphidae	38	1.06	0.3 ± 0.5a	0.8 ± 1.5a	11.3 ± 9.9b	0.0 ± 0.0a
叩甲科 Elateridae	143	4.01	5.8 ± 5.4ab	2.0 ± 2.2a	11.7 ± 10.3ab	25.7 ± 24.0b
粗角叩甲科 Throscidae	57	1.60	12.3 ± 7.1a	0.3 ± 0.5b	1.3 ± 1.5b	1.0 ± 1.0b
朽木甲科 Alleculidae	133	3.73	0.5 ± 0.8a	2.3 ± 3.2a	37.0 ± 26.5b	3.7 ± 3.5a
吸木虫科 Cryptophagidae	4	0.11	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	1.0 ± 1.7a	0.3 ± 0.6a
薪甲科 Lathridiidae	35	0.98	0.8 ± 1.0a	0.5 ± 0.6a	5.3 ± 4.2a	4.7 ± 8.1a
伪叶甲科 Lagriidae	68	1.91	0.8 ± 0.5a	0.8 ± 1.0a	14.3 ± 7.6b	6.3 ± 1.5a
拟步甲科 Tenebrionidae	279	7.82	6.5 ± 3.7a	25.5 ± 19.1bc	37.7 ± 6.4b	12.7 ± 4.2ac
瓢虫科 Coccinellidae	832	23.31	132.8 ± 46.1a	29.8 ± 15.8b	21.0 ± 13.7b	39.7 ± 11.0b
露尾甲科 Nitidulidae	1	0.03	0.3 ± 0.5a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a
花萤科 Cantharidae	37	1.04	0.5 ± 0.6a	1.5 ± 1.9a	4.7 ± 5.5a	5.0 ± 2.0a
金龟科 Scarabaeidae	60	1.68	5.3 ± 5.1a	3.5 ± 4.4a	4.3 ± 1.5a	4.0 ± 1.7a
长蠹科 Bostrychidae	1	0.03	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.3 ± 0.6a	0.0 ± 0.0a
天牛科 Cerambycidae	114	3.19	2.0 ± 1.4a	2.8 ± 1.3a	18.3 ± 7.6b	13.3 ± 6.4b
负泥虫科 Crioceridae	87	2.44	1.5 ± 1.7a	2.8 ± 2.0a	15.7 ± 5.0b	7.7 ± 6.5a
肖叶甲科 Eumolpidae	322	9.02	16.5 ± 18.1a	17.5 ± 10.2a	23.7 ± 15.0a	38.3 ± 38.2a
龟甲科 Cassidae	47	1.32	2.8 ± 4.3ab	0.8 ± 0.5a	10.0 ± 8.5b	1.0 ± 1.0a
叶甲科 Chrysomelidae	817	22.89	63.5 ± 16.3ab	29.8 ± 11.6a	86.7 ± 44.7b	61.3 ± 40.5ab
铁甲科 Hispididae	12	0.34	1.8 ± 1.7a	0.3 ± 0.5a	0.7 ± 1.2a	0.7 ± 0.6a
象甲科 Curculionidae	200	5.60	7.5 ± 1.7a	6.5 ± 1.9a	36.0 ± 28.8b	12.0 ± 7.2ab
小蠹科 Scolytidae	4	0.11	0.8 ± 1.5a	0.0 ± 0.0a	0.3 ± 0.6a	0.0 ± 0.0a

I ~ IV 分别表示稻田、旱地、天然紫胶林、人工紫胶林; 不具备相同字母表示在 $P < 0.05$ 水平上显著。M 表示平均值, SD 表示标准差 I ~ IV was paddy field, dry land, natural forest, and plantation forest. Data with different letters indicated significant difference at 0.05 levels. M means average value, and SD means standard deviation

紫胶林-农田复合生态系统甲虫群落中不同科在样地中物种数和个体数量的方差分析和多重比较显示,虎甲科、隐翅甲科、芫菁科、露尾甲科、薪甲科、吸木虫科、金龟科、长蠹科、铁甲科和小蠹科等 10 科甲虫无论是物种数还是个体数量,在不同土地利用生境中的分布都没有明显差异;而叩甲科、粗角叩甲科、朽木甲科、伪叶甲科、瓢虫科、天牛科、负泥虫科、叶甲科和象甲科等 9 科甲虫无论是物种数还是个体数量,在不同土地利用生境中的分布都有明显差异,其中朽木甲科在天然紫胶林中的物种和个体数量分布都明显多于其它样地。

2.3 物种多样性分析

分别在种级水平和科级水平对样地甲虫群落的多样性指标进行统计分析,结果见下表。

表 4 显示,在种级水平上,样地 I 的甲虫群落个体数和物种数居第 3,优势度最高,均匀性和多样性最低;样地 II 的甲虫群落个体数和物种数最少,优势度仅低于样地 I,均匀性较高,多样性略高于样地 I;样地 III 的甲虫群落个体数和物种数最丰富,优势度最低,均匀性较高,多样性最高;样地 IV 的甲虫群落个体数和物种数较丰富,优势度较低,均匀性最高,多样性居第 2。方差分析及多重比较结果显示,样地之间以上各项指标均存在显著差异,旱地甲虫个体数量显著低于天然紫胶林和稻田,天然紫胶林甲虫物种数量显著高于其它生境,稻田甲虫群落优势度显著高于天然紫胶林和人工紫胶林,天然紫胶林和人工紫胶林甲虫多样性显著高于稻田和

旱地,稻田甲虫群落均匀性显著低于其它生境。由于 S 值和 H 值显示出不太一致的结果,综合其它指标在统计学上的意义,调查样地鞘翅目群落多样性的排序应为:Ⅲ > IV > II = I。

表 4 紫胶林-农田复合生态系统样地甲虫群落多样性指标

Table 4 Indices of beetle assemblages in the sample plots in lac-plantation-farmland ecosystem

甲虫群落 beetle assemblages		个体数 Individuals M ± SD	物种丰富度 Species richness S M ± SD	Simpson 指数 Simpson index M ± SD	Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index M ± SD	Pielou 指数 Pielou evenness index M ± SD
种级水平 Species level	I	277.3 ± 49.5a	59.750 ± 16.419ac	0.141 ± 0.084a	2.920 ± 0.468a	0.717 ± 0.089a
	II	137.0 ± 33.1b	41.500 ± 5.916c	0.087 ± 0.032ab	3.050 ± 0.310a	0.819 ± 0.056b
	III	379.3 ± 146.1a	104.667 ± 27.301b	0.043 ± 0.003b	3.860 ± 0.145b	0.835 ± 0.016b
	IV	258.0 ± 53.0ab	74.333 ± 8.327a	0.052 ± 0.022b	3.637 ± 0.295b	0.844 ± 0.078b
科级水平 Family level	I	277.3 ± 49.5a	16.500 ± 2.646ab	0.306 ± 0.068a	1.673 ± 0.257a	0.598 ± 0.066a
	II	137.0 ± 33.1b	14.750 ± 1.258a	0.185 ± 0.035b	2.005 ± 0.147b	0.746 ± 0.053b
	III	379.3 ± 146.1a	20.000 ± 3.464b	0.116 ± 0.018b	2.470 ± 0.167c	0.828 ± 0.026b
	IV	258.0 ± 53.0ab	18.333 ± 1.528ab	0.162 ± 0.016b	2.232 ± 0.151bc	0.768 ± 0.045b

不具备相同字母表示在 $P < 0.05$ 水平上显著; M 表示平均值, SD 表示标准差 Data with different letters indicated significant difference at 0.05 levels; M means average value, and SD means standard deviation

在科级水平上,各样地甲虫群落各项指标的大小变化和种级水平上的表现一致,显示出天然紫胶林甲虫群落多样性最高、稳定性最强,人工紫胶林次之,旱地居第 3,稻田甲虫群落多样性最低、稳定性最差。方差分析及多重比较结果也显示出样地之间各项多样性指标均存在显著差异,但与种级水平的表现不太一致:在物种丰富度上仅旱地和天然林之间存在显著差异,天然紫胶林甲虫多样性显著高于稻田和旱地,稻田甲虫群落优势度显著高于其它生境而均匀度和多样性显著低于其它生境。综合各项指标,调查样地鞘翅目群落在科级水平上多样性排序应为:Ⅲ > IV > II > I。如果充分考虑各指标在统计学上的意义,则排序变为:Ⅲ = IV = II > I。

比较各样地甲虫群落在种级水平和科级水平上的各多样性指标,除 Pielou 均匀度指数结果一致外,其余指标如物种丰富度、Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 优势度指数等都反映出不同的结果。而这些指标之间彼此并不一致,如在种级水平上,稻田甲虫群落的均匀度显著低于旱地,但其优势度并不显著高于旱地。对物种丰富度这一指标而言,科级水平上的仅反映出天然紫胶林和旱地之间存在显著差异,而种级水平上反映出天然紫胶林和其它样地之间均存在显著差异,同时人工紫胶林和旱地之间亦存在显著差异;显然,种级水平上的物种丰富度反映出更多更细致的信息。但 Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 优势度指数却恰恰相反,在种级水平上,这 2 个指数反映出较少的信息。因此,在研究甲虫群落多样性时,应该同时在种级水平和科级水平上进行考察。

3 讨论

南亚热带山地农林复合系统甲虫研究未见报道,国内关于甲虫的研究主要集中在地表甲虫上,而对于栖息于植物上的甲虫群落的研究相对较少,这主要是由于甲虫类群庞大,许多类群的系统分类尚未完成,种类鉴定十分困难。国外学者将 RTU 和形态种运用到生物多样性研究中的做法值得学习。RTU (Recognizable Taxonomic Units) 指可识别的分类单元^[29],形态种 (Morphospecies) 是指形态上不同的可识别的表示为假定种的有机体^[30]。许多研究表明,比较昆虫群落特点、监测昆虫群落结构变化不需要完成种级水平的分类^[25,35,36]。

从已有的栖息于植物上的甲虫群落报道来看,元谋干热河谷不同人工林甲虫有 18 科 71 种^[14];深圳市梧桐山甲虫群落以叶甲总科和金龟总科为主,有 107 种,占全部种类的 60.5%^[12];香港嘉道理农场次生林区甲虫有 45 科 231 种,以蛀木性为主^[13];而紫胶林-农田生态系统中甲虫有 26 科 358 种,排除采集因素的差异,紫胶林-农田生态系统甲虫群落多样性居于中等水平。然而从多度分布格局来看,紫胶林-农田生态系统、稻田、

天然紫胶林和人工紫胶林甲虫物种多度分布符合对数级数模型,体现出紫胶林-农田生态系统受到了干扰,环境比较恶劣;而旱地甲虫群落物种多度分布符合分割线段模型,体现出人为干扰致使生境的生物多样性处于极端不饱和的状态。多样性和多度的研究表现出不同土地利用生境甲虫群落的多样性水平应为:天然紫胶林 > 人工紫胶林 > 稻田 > 旱地。

紫胶林-农田复合生态系统甲虫群落受到系统内土地利用方式的强烈影响。天然紫胶林只是在生产紫胶过程中收放紫胶进行相关的活动,包括对寄主植物修枝整形,铲除寄主植物周边杂草、藤本植物,挂放紫胶虫种胶,收获紫胶等等。在云南紫胶虫一个世代周期(约 6 个月)的其他时期并无人为干扰。人工紫胶林的紫胶生产方式与天然紫胶林相似,但寄主植物单一,目前多数紫胶林只有 1~2 种植物,且密度达到 1000 株/hm²,是天然紫胶林寄主植物密度的 4~5 倍,林下抚育强度大,基本无灌木杂草。农田和旱地虽然有较长的轮歇周期,但由于耕作的目的,利于甲虫栖息、取食、繁殖的生境条件较差。调查的结果显示甲虫多样性随土地利用强度的增加而降低。

甲虫类群多,对由人类导致的环境变化敏感,以甲虫作为指示生物来评价栖境质量、度量栖境的差别,以及研究人为活动对昆虫多样性的影响在国外比较丰富^[37,38]。本研究表明,不同土地利用生境的甲虫群落在个体数量、物种丰富度 *S* 值、Shannon-Wiener 指数值、Simpson 优势度指数值和 Pielou 均匀度指数值等各指标上均存在显著差异,其对栖境的敏感超过了较之低等的蝗虫^[39]及蜡象^[40]等。栖息于植物上的叩甲、粗角叩甲、朽木甲、伪叶甲、瓢虫、天牛、负泥虫、叶甲和象甲等 9 类甲虫在农田和林地的分布具有显著差异,反映出农林业用地对甲虫群落结构的影响,尤其是朽木甲、天牛、叶甲和象甲,可以用于指示天然林和人工林生境的差别:天然林生境具有种类更丰富的天牛、叶甲和象甲,数量和种类都丰富的朽木甲。拟步甲是荒漠地区昆虫区系的主要组成成分之一,被称为沙漠的“典型宿主”和土壤沙化程度轻重的“指示虫类”^[41],紫胶-粮食复合系统旱地中拟步甲科占有一定优势,预示破坏森林植被,粗放耕作旱地的潜在危险。

在混农林系统中,许多类群的甲虫在非农业栖境中出现,在农业用地中扩散,这种迁移与距离无关,而与植被类型有关,因而保留一定面积的非农业用地对维护地域性甲虫多样性及害虫天敌类群具有重要作用^[42]。天然紫胶林与其他 3 种土地利用方式中甲虫多样性的比较结果,也说明了它对保护当地甲虫多样性的重要作用。由于粮食生产的重要性以及紫胶的价值提升,以紫胶虫寄主植物为主要树种的天然次生林的面积日益缩小,取而代之的是树种单一、造林密度高的紫胶纯林和旱地农田。这一趋势对于维护西南山区甲虫生物多样性和保护当地物种十分不利。在土地利用中如何平衡发展和保护,值得土地管理者思考。

References:

- [1] Chen Y Q, Wang S Y. The influence on plants nutrient contents parasitized by *Kerria lacca*. Chinese Bulletin of Entomology, 2006, 43(5): 691—695.
- [2] Chen Y Q, Wang S Y. Effects of host plants on natural population of *Kerria yunnanensis* (Hemipterae: Kerridae). Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(4): 761—765.
- [3] Chen Y Q, Wang S Y. Geographic distribution of *Kerria yunnanensis* Ou et Hong (Hemiptera: Kerridae) and the role of ecological factors. Acta Entomologica Sinica, 2007, 50(2): 521—527.
- [4] Chen Y L, Chen Y Q, Li Q, Zhang Y, Zhou X Y. Preliminary study on the spider community in *Kerria* spp. ecosystem. Journal of Fujian College of Forestry, 2008, 28(2): 179—183.
- [5] Saint-Pierre C, Ou B R. Lac host-trees and the balance of agroecosystems in south Yunnan, China. Economic Botany, 1994, 48(1): 21—28.
- [6] Sharma K K, Jaiswal A K, Kumar K K. Role of lac culture in biodiversity conservation: issues at stake and conservation strategy. Current Science, 2006, 91(7): 894—898.
- [7] Yang X K. Coleoptera: Phytophaga. In: Zheng L Y, Gui H eds. Insect Classification. Nanjing: Nanjing Normal University Press, 1999. 651.
- [8] Yu X D, Luo T H, Yang J, Zhou H Z. Diversity of ground-dwelling beetles (Coleoptera) in Larch Plantation with different stages of reforestation in Wolong Natural Reserve, Southwestern China. Zoological Research, 2006, 27(1): 1—11.
- [9] Yu X D, Luo T H, Zhou H Z, Yang J. Influence of edge effect on diversity of ground-dwelling beetles across a forest-grassland ecotone in Wolong Natural Reserve, Southwest China. Acta Entomologica Sinica, 2006, 49(2): 277—286.

- [10] Yang L H, Zheng F K. Diversity of ground-dwelling beetles in Xiaozhaizigou Nature Reserve, Sichuan. *Sichuan Journal of Zoology*, 2007, 26(4): 733—737.
- [11] Zhang Q, Zheng F K, Zhong Z Y. Diversity of litter-layer beetles in Wuyishan Nature Reserve, Jiangxi Province. *Sichuan Journal of Zoology*, 2008, 27(1): 3—6.
- [12] Jia F L, Liang G Q, Chen Z Y, Pang H, Xie W C, Chen L E, Ye G D. Species diversity of beetles of Mt. Wutongshan. *Biodiversity Science*, 2000, 8(2): 169—171.
- [13] Zhang B L, Zhang Y, Liao J, Gary W J A, Liu S J, Lu W H. Diversity comparisons of beetles (Insecta: Coleoptera) between impact flight trap and ultraviolet light trap in the secondary forest at Kadoorie Farm, Hong Kong. *Biodiversity Science*, 2004, 12(3): 301—311.
- [14] Li Q, Chen Y Q, Liu F Y, Guo X, Chen Z, Fu W. Diversity comparisons of beetles (Insecta: Coleoptera) between plantation forests in dry-hot valleys in Yuanmou. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(1): 46—50.
- [15] Brose U. Island biogeography of temporary wetland carabid beetle communities. *Journal of Biogeography*, 2003, 30(6): 879—888.
- [16] Hoffman A L, Wiens J A. Scaling of the tenebrionid beetle community and its environment on the Colorado shortgrass steppe. *Ecology*, 2004, 85(3): 629—636.
- [17] Verdú J R, Moreno C E, Sánchez-Rojas G, Numa C, Galante E, Halfpeter G. Grazing promotes dung beetle diversity in the xeric landscape of a Mexican Biosphere Reserve. *Biological Conservation*, 2007, 140(3—4): 308—317.
- [18] McQuillan P B, Fitzgerald M, Bridle K. An overview of the epigeic beetle communities inhabiting mixed-enterprise farms in southern Australia. In: *Ecological Society of Australia Perth, Perth*. 2007.
- [19] Radtke M G, Fonseca C R V, Williamson G B. Forest fragment size effects on dung beetle communities? *Biological Conservation*, 2008, 141(3): 613—614.
- [20] Matyukhin A V, Gongalskii K B. Home range size in two darkling beetle species (Coleoptera, Tenebrionidae) from Southern Kazakhstan. *Entomological Review*, 2008, 87(9): 1232—1237.
- [21] McGeoch M A, Schroeder M, Ekblom B, Larsson S. Saproxylic beetle diversity in a managed boreal forest: importance of stand characteristics and forestry conservation measures. *Diversity and distributions*, 2007, 13(4): 418—429.
- [22] Abrahamsson M, Lindbladh M, Rönnerberg J. Influence of butt rot on beetle diversity in artificially created high-stumps of Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 2008, 255(8—9): 3396—3403.
- [23] Řehounek J. Comparative study of the leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in chosen localities in the district of Nymburk. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas Rerum Naturalium, Biologica*, 2002, 40: 123—130.
- [24] Bouchard P, Lesage L, Goulet H, Bostanian N J, Vincent C, Zmudzinska A, Lasnier J. Weevil (Coleoptera: Curculionoidea) Diversity and abundance in two Quebec vineyards. *Annals of the Entomological Society of America*, 2005, 98(4): 565—574.
- [25] Gordon C E, McGill B, Ibarra-Núñez G, Greenberg R, Perfecto I. Simplification of a coffee foliage-dwelling beetle community under low-shade management. *Basic and Applied Ecology*, 2008.
- [26] Ewers R M, Didham R K. Pervasive impact of large-scale edge effects on a beetle community. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 2008, 105(14): 5426—5429.
- [27] Bruce C T, Melander A L, Carpenter F M. *Classification of Insects*. 1954. Translated by Xiao C Y, Cheng Z H, Shang Y Z, Zheng L Y. Beijing: Science Press, 1959.
- [28] Tsai B H. *Classification of insects (II)*. Beijing: Science Press, 1973.
- [29] Oliver I, Beattie A J. A possible method for the rapid assessment of biodiversity. *Conservation Biology*, 1993, 7(3): 562—568.
- [30] Burger J C, Redak R A, Allen E B, Rotenberry J T, Allen M F. Restoring Arthropod communities in coastal sage scrub. *Conservation Biology*, 2003, 17(2): 460—467.
- [31] Sun R Y. *Principles of Animal Ecology (3rd)*. Beijing: Beijing Normal University Press, 2001.
- [32] Peng S L, Ying Z Y, Ren H, Guo Q F. Advances of the study on species abundance pattern. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(8): 1590—1605.
- [33] Term Examined and Approved Committee of National Science and Technology. *Chinese terms in entomology 2000*. Beijing: Science Press, 2001.
- [34] Ma K P, Liu Y M. Measurement of biotic community diversity I. α diversity (Part 2). *Biodiversity Science*, 1994, 2(4): 231—239.
- [35] Li Q. Diversity comparisons of Curculionidae between 9 subtypes of vegetation in Xishuangbanna Nature Reserve. *Biodiversity Science*, 2006, 13(1): 73—78.
- [36] Lassau S A, Hochuli D F. Testing predictions of beetle community patterns derived empirically using remote sensing. *Diversity and Distributions*, 2007, 14(1): 138—147.
- [37] Li Q, Chen Y Q, Guo X, Chen Y L. Arthropod as bioindicator for assessing the success of ecological restoration. *Journal of Central South Forestry University*, 2006, 26(3): 117—122.

- [38] Yu X D, Luo T H, Zhou H Z. Effects of forestry practices and forest fragmentation on beetle diversity and conservation strategies. *Acta Entomologica Sinica*, 2006, 49(1): 126–136.
- [39] Li Q, Chen Y Q, Chen Y L, Chen Z. Diversity of grasshopper community in lac plantation-farmland ecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(3): 729–735.
- [40] Li Q, Chen Y Q, Chen Y L. Diversity of heteropteran communities in lac plantation-farmland ecosystem. *Journal of Yunnan University*, 2009, 31(2): 208–216.
- [41] Ren G D, Yu Y Z. The characteristics of composition and distribution of darkling beetles from deserts and semideserts of China. *Journal of Hebei University(Natural Science Edition)*, 1999, 19(2): 176–183.
- [42] Petit S, and Burel F. Effects of landscape dynamics on the metapopulation of a ground beetle (Coleoptera, Carabidae) in a hedgerow network. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1998, 69:243–252.

参考文献:

- [1] 陈又清, 王绍云. 紫胶蚧寄生对寄主植物营养成分的影响. *昆虫知识*, 2006, 43(5): 691~695.
- [2] 陈又清, 王绍云. 不同寄主植物对云南紫胶虫自然种群的影响. *应用生态学报*, 2007, 18(4): 761~765.
- [3] 陈又清, 王绍云. 胶蚧属昆虫的自然分布扩散及地理起源(半翅目:胶蚧科). *昆虫分类学报*, 2007, 50(2): 521~527.
- [4] 陈彦林, 陈又清, 李巧, 章彦, 周兴银. 紫胶虫生境蜘蛛群落的初步研究. *福建林学院学报*, 2008, 28(2): 179~183.
- [7] 杨星科. 鞘翅目:多食亚目. 见郑乐怡, 归鸿主编:昆虫分类. 南京:南京师范大学出版社, 1999. 651.
- [8] 于晓东, 罗天宏, 杨建, 周红章. 卧龙自然保护区落叶松林不同恢复阶段地表甲虫的多样性. *动物学研究*, 2006, 27(1): 1~11.
- [9] 于晓东, 罗天宏, 周红章, 杨建. 边缘效应对卧龙自然保护区森林-草地群落交错带地表甲虫多样性的影响. *昆虫学报*, 2006, 49(2): 277~286.
- [10] 杨丽红, 郑发科. 四川小寨子沟自然保护区地表甲虫多样性. *四川动物*, 2007, 26(4): 733~737.
- [11] 张倩, 郑发科, 钟志宇. 江西武夷山自然保护区地表甲虫多样性. *四川动物*, 2008, 27(1): 3~6.
- [12] 贾凤龙, 梁铭球, 陈振耀, 庞虹, 谢委才, 陈里娥, 叶桂栋. 梧桐山甲虫物种多样性. *生物多样性*, 2000, 8(2): 169~171.
- [13] 张兵兰, 张茵, 廖婕, Gary WJA, 刘绍基, 卢文华. 香港嘉道理农场次生林区碰撞诱捕网和黑光灯捕虫器采集所得鞘翅目甲虫多样性比较. *生物多样性*, 2004, 12(3): 301~311.
- [14] 李巧, 陈又清, 刘方炎, 郭萧, 陈祯, 付文. 元谋干热河谷不同人工林中鞘翅目甲虫多样性比较. *生态学杂志*, 2007, 26(1): 46~50.
- [27] 布鲁斯, 梅兰德, 卡宾特. 昆虫的分类. 1954. 肖采瑜, 程振衡, 尚雅珍, 郑乐怡译. 北京: 科学出版社, 1959.
- [28] 蔡邦华. 昆虫分类学(中册). 北京:科学出版社, 1973.
- [31] 孙儒泳. 动物生态学原理(第3版). 北京:北京师范大学出版社, 2001.
- [32] 彭少麟, 殷祚云, 任海, 郭勤峰. 多物种集合的种-多度关系模型研究进展. *生态学报*, 2003, 23(8): 1590~1605.
- [33] 昆虫学名词审定委员会. 昆虫学名词 2000. 北京: 科学出版社, 2001.
- [34] 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(4): 231~239.
- [35] 李巧. 西双版纳自然保护区9种植被亚型象甲科多样性比较. *生物多样性*, 2006, 13(1): 73~78.
- [37] 李巧, 陈又清, 郭萧, 陈彦林. 节肢动物作为生物指示物对生态恢复的评价. *中南林学院学报*, 2006, 26(3): 117~122.
- [38] 于晓东, 罗天宏, 周红章. 林业活动和森林片断化对甲虫多样性的影响及保护对策. *昆虫学报*, 2006, 49(1): 126~136.
- [39] 李巧, 陈又清, 陈彦林, 陈祯. 紫胶林-农田复合生态系统蝗虫群落多样性. *应用生态学报*, 2009, 20(3): 729~735.
- [40] 李巧, 陈又清, 陈彦林. 紫胶林-农田复合生态系统蝽类昆虫群落多样性. *云南大学学报*, 2009, 31(2): 208~216.
- [41] 任国栋, 于有志. 中国荒漠半荒漠地区拟步甲的组成和分布特点. *河北大学学报(自然科学版)*, 1999, 19(2): 176~183.