

大巴山北坡地表甲虫的物种多样性*

贺春霞^{1,2} 杜沛宜^{1,3} 于晓东¹ 罗天宏¹ 吴捷¹ 赵彩云¹ 周红章^{1,*}

(¹中国科学院动物研究所中国科学院动物进化与系统学重点实验室, 北京 100101; ²中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100193; ³中国农业大学生物学院, 北京 100193)

摘要 采用巴氏罐诱法取样, 对大巴山北坡3种主要林型(林区人工林、农耕区天然次生林和农耕区人工林)地表甲虫的类群组成、数量分布进行了分析, 并采用对应趋势分析和聚类分析法, 研究了3种林型地表甲虫类群组成和数量分布的相似性. 结果表明: 2002年8月9—13日, 研究区共捕获地表甲虫1094号, 其中, 隐翅虫科和叶甲科分别占40.59%和33.18%, 步甲科、球蕈甲科、金龟科、象甲科、蚁甲科和缨甲科均各占1%以上, 这8科地表甲虫是该地区常见的类群; 地表甲虫的个体数量从林区人工林、农耕区天然次生林到农耕区人工林依次减少; 农耕区人工林的科丰富度指数明显低于林区人工林和农耕区天然次生林. 大巴山北坡农耕区天然次生林地表甲虫的类群组成和数量分布与林区人工林差异明显, 农耕区人工林与林区人工林和农耕区天然次生林各有部分相似性.

关键词 地表甲虫 生物多样性 大巴山

文章编号 1001-9332(2009)06-1459-06 **中图分类号** Q16 Q968.2 **文献标识码** A

Species diversity of ground-dwelling beetles on northern slope of Daba Mountain, China. HE Chun-xia^{1,2}, DU Pei-yi^{1,3}, YU Xiao-dong¹, LUO Tian-hong¹, WU Jie¹, ZHAO Cai-yun^{1,2}, ZHOU Hong-zhang¹ (¹Chinese Academy of Sciences Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; ²College of Agriculture and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China; ³College of Biological Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2009, 20(6): 1459-1464

Abstract By using pitfall trapping, the species composition and quantitative distribution of ground-dwelling beetles in man-made plantations in forest farm (MPFF), secondary natural forests in farmland (SFF), and man-made plantations in farmland (MPF) on northern slope of Daba Mountain were analyzed, and detrended correspondence analysis and cluster analysis were adopted to study the similarity of the species composition and quantitative distribution of the beetles among the three forest types. 1094 individuals of ground-dwelling beetles were captured in August 9-13th, 2002. Of these beetles, Staphylinidae and Chrysomelidae accounted for 40.59% and 33.18% of the total, respectively, and Carabidae, Leiodidae, Scarabaeidae, Curculionidae, Ptiliidae, and Pselaphidae each took more than 1% of the total. These eight families were considered as the common-occurring groups in the study area. The individuals of ground-dwelling beetles decreased from MPFF to SFF to MPF, and the family richness was obviously lower in MPF than in MPFF and SFF. The family composition and abundance of the beetles were significantly different between MPFF and SFF, but partial similarity was observed between MPF and other two forest types.

Key words ground-dwelling beetles biodiversity Daba Mountain

生物多样性研究是当前生物学界的研究热点之一^[1]. 利用昆虫作为生物指示类群研究物种多样性的变化与空间格局, 已成为生物多样性研究的一个

重要方面^[2-3]. 森林是生物多样性保护和保存的重要场所, 人为活动对森林的影响也直接影响森林的生物多样性. 近年来, 研究森林中的昆虫生物多样性, 并以其作为生物指示探讨森林及生态环境的变化趋势愈来愈受到重视并取得了长足进展^[4-6]. 鞘翅目是昆虫纲中种类和数量最丰富的类群之一, 其中, 甲虫种类的数量变化可作为监测环境变化的重

* 国家自然科学基金项目(30670285)和国家基础科学人才培养基金项目(J030092)资助.

** 通讯作者. E-mail: zhouch@ioz.ac.cn

2008-11-17 收稿, 2009-03-11 接受.

要指标^[7-10].

大巴山是汉江支流以东的山脉,呈西北-东南走向,为鄂西北山地的主体^[11].大巴山位于东洋区到古北区的过渡地带,地势复杂,森林植被变化多、类型丰富,特异性明显,在此研究物种多样性的变化格局及其对植被林相的特殊适应性具有重要的科学意义.近年来,周红章等^[12]和于晓东等^[13-14]已在该地区开展了一系列野外调查,并选择若干昆虫类群为代表深入分析了该区的物种多样性格局与变化;李义明等^[15-17]进行了小型兽类等方面的研究.相对于神农架自然保护区而言,对大巴山其他地区生物多样性的研究则较少.为此,本研究对大巴山北坡不同林型中甲虫物种组成、数量变化和差异程度进行了比较分析,旨在明确人类活动对甲虫物种多样性的影响,期为我国的森林植被恢复、脆弱植被类型的保护、乃至整个自然生境的保护提供昆虫学方面的支持.

1 研究地区与研究方法

1.1 自然概况

研究区位于陕西省安康市镇平县和平利县(31°47'—32°01' N, 109°19'—109°32' E),地处大巴山北麓.该区属北亚热带湿润气候,年均气温 12℃~15.7℃,降雨量 750~1200 mm,日照时数 1440~1840 h,无霜期 210~270 d.其气候类型具有显著的南北过渡特点.该区森林资源十分丰富,有桦(*Betula* sp.)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、冷杉(*Abies* sp.)林等发育良好的原始森林,也有大面积的次生林,森林中生存着丰富且类群各异的动物,包括白熊、白猿、金丝猴等珍贵的保护动物.

1.2 采样点的设定

根据研究区森林的恢复和保护情况,选择 3 个采样点. 1) 千家坪林场,位于平利县八仙镇,以人工林为主(MPF),植被类型主要包括针叶林[以冷杉和油松(*Pinus tabulaeformis*)林为主],阔叶混交林(以桦和油松为主)、阔叶混交林(以矮林为主,密度较低),乔木层高度 5~10 m,盖度 70%~80%、郁闭度约 0.6 树龄 20 a 以上,灌木层矮小、稀疏,枯落物层厚度 2 cm,该采样点所受干扰较少,设 8 个样地; 2) 曙坪乡,位于镇坪县西南的农耕区,以退化的天然次生林为主(SFF),植被类型主要包括阔叶混交林[以青冈(*Fagus* spp.)和漆树(*Toxicodendron* sp.)为主]和针阔混交林(以油松和青冈为主),乔木层高度小于 5 m,盖度约 0.2~0.4 树龄不到 10 a 密度较高,灌木层稀疏,枯落物层厚度约 1 cm,该采样点受干扰程度中等,设 5 个样地; 3) 大和镇,位于镇坪县东

南的农耕区,以人工林为主(MPF),植被类型主要包括油松林、阔叶矮林(或灌丛)、杉木林、栎(*Quercus* spp.)林和阔叶混交林,乔木层高度不到 10 m,盖度约 50%、郁闭度较低(约 0.2~0.4)、树龄约 20 a 灌木层稀疏,基本没有枯落物,受人为干扰(主要为农事活动)较严重,人为的保护和管理措施不够,设 8 个样地.每个样地至少 5 hm².

1.3 取样方法和标本鉴定

2002 年 8 月 9—13 日,采用巴氏罐诱法^[18]采集标本.每块样地设诱杯 50 个,诱杯间距 1 m,诱集时间为 2~4 d.具体采集方法见文献[19].依据 Brues 等^[20]和郑乐怡等^[21]的方法对标本进行初步鉴定,并对照中国科学院动物研究所馆藏标本,在有关专家的帮助下完成标本鉴定.

1.4 数据处理

由于不同样地的诱集时间不同,因此将文中数据进行标准化处理,以每个样地每 2 d 捕获的个体数量作为研究区甲虫群落物种数量的统计数据.

物种多样性指数采用 Shannon-Wiener 多样性指数(H'),其计算公式如下:

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

式中: P_i 为第 i 类群占样地群落中总个体数的比例^[22].

均匀度指数(J)采用 Pielou 指数^[22],其计算公式如下:

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

式中: S 为丰富度指数,用各样地所具有的地表甲虫的单元(科)数表示^[23].

采用对应趋势分析(detrended correspondence analysis DCA)在科级水平上对不同林型中地表甲虫群落组成和数量分布的相似性进行排序,再利用系统聚类分析对排序结果进行检验,建立树状图^[24].采用 Kruskal-Wallis 非参数方差分析(U 检验)方法(non-parametric Kruskal-Wallis analysis of variance U test)和 Tukey 多重比较(Tukey post-hoc pairwise comparisons)^[25]对不同林型中地表甲虫物种多样性的各项指数以及地表甲虫各优势类群的数量分布差异性进行比较.以上分析均使用 SPSS 统计软件完成^[26],使用 PAST 统计软件进行 DCA 排序^[27]和聚类分析.

2 结果与分析

2.1 大巴山北坡地表甲虫的类群组成及数量分布

本次采集共获地表甲虫标本 1094 号,其中,隐

表 1 大巴山北坡 3种林型地表甲虫各科的个体数量及比例

Tab 1 Number of individuals and proportion of ground-dwelling beetles in three forest types on northern slope of Daba Mountain

科 Family	森林类型中的个体数量 Individuals in different plantations			总计 Total	百分比 Percentage
	M PFF	SFF	MPF		
隐翅虫科 Staphylinidae	363	48	33	444	40.59
叶甲科 Chrysomelidae	335	6	22	363	33.18
步甲科 Carabidae	60	33	3	96	8.78
球蕈甲科 Leiodidae	45	7	7	59	5.39
金龟科 Scarabaeidae	6	20	13	39	3.56
象甲科 Curculionidae	11	13	7	31	2.83
蚁甲科 Pselaphidae	12	3	1	16	1.46
缨甲科 Ptiliidae	15	0	0	15	1.37
花萤科 Cantharidae	6	0	0	6	0.55
出尾蕈甲科 Scaphidiidae	1	4	1	6	0.55
叩甲科 Elateridae	1	3	0	4	0.37
朽木甲科 Alleculidae	1	2	0	3	0.27
伪叶甲科 Lagriidae	2	0	0	2	0.18
露尾甲科 Nitidulidae	2	0	0	2	0.18
埋葬甲科 Silphidae	2	0	0	2	0.18
天牛科 Cerambycidae	2	0	0	2	0.18
苔甲科 Scydmaenidae	1	0	1	2	0.18
大蕈甲科 Erotylidae	0	2	0	2	0.18
总计 Total	865	141	88	1094	100

M PFF: 林区人工林 Man-made plantations in forest fam; SFF: 农耕区天然次生林 Secondary forests in farmland MPF: 农耕区人工林 Man-made plantations in farmland 下同 The same below.

表 2 研究区不同林型地表甲虫优势类群个体数量的比较

Tab 2 Comparisons of individuals of the abundant beetle groups among different forest types in the study area (mean±SE)

科 Family	M PFF	SFF	MPF	U值 U value
隐翅虫科 Staphylinidae	22.69±4.69a	9.60±1.99b	4.13±11.39b	10.58
叶甲科 Chrysomelidae	20.94±5.62a	1.20±0.37b	2.75±1.52b	9.79
步甲科 Carabidae	3.75±1.09a	6.60±3.59ab	0.38±0.26ac	9.65
球蕈甲科 Leiodidae	2.81±0.52	1.40±0.87	0.88±0.44	5.53
金龟科 Scarabaeidae	0.38±0.21a	4.00±0.89b	1.63±0.63a	10.04
象甲科 Curculionidae	0.69±0.30	2.60±1.54	0.88±0.44	0.99
蚁甲科 Pselaphidae	0.75±0.23	0.60±0.60	0.13±0.13	5.48
缨甲科 Ptiliidae	0.94±0.87	0.00±0.00	0.00±0.00	3.41

同行不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters with the same row indicated significant difference at 0.05 level

翅虫科 (Staphylinidae) 标本 444 号, 占 40.59%, 叶甲科 (Chrysomelidae) 363 号, 占 33.18%, 是该地区数量最丰富的地表甲虫类群; 另外, 步甲科 (Carabidae) 和球蕈甲科 (Leiodidae) 的数量均超过 5%, 金龟科 (Scarabaeidae)、象甲科 (Curculionidae)、蚁甲科 (Pselaphidae) 和缨甲科 (Ptiliidae) 的数量均超过 1%, 为该地区数量较丰富的地表甲虫类群 (表 1)。

在研究区地表甲虫数量较丰富的类群中, 隐翅虫科 ($U = 10.58, P < 0.01$) 和叶甲科 ($U = 9.79, P < 0.01$) 在林区人工林的分布极显著多于农耕区的天然次生林和人工林; 步甲科在农耕区天然次生林的分布极显著多于农耕区人工林 ($U = 9.65, P < 0.01$), 其在林区人工林的分布介于两者之间; 金龟科在农耕区天然次生林的分布极显著多于林区人工林和农耕区人工林 ($U = 10.04, P < 0.01$, 表 2)。

2.2 大巴山北坡地表甲虫的物种多样性

由表 3 可以看出, 大巴山北坡林区人工林的地表甲虫个体数量极显著多于农耕区的天然次生林和人工林 ($U = 12.19, P < 0.01$), 林区人工林和农耕区天然次生林地表甲虫的丰富度指数则极显著大于农耕区人工林 ($U = 10.29, P < 0.01$), 林区人工林地表甲虫的均匀度指数显著小于农耕区的天然次生林和人工林 ($U = 7.33, P < 0.05$)。其中, 林区人工林的个体数量较多、丰富度指数较高、多样性指数较低, 而农耕区人工林的地表甲虫个体数量较少、丰富度较低、多样性指数较低, 农耕区天然次生林的多样性指数、丰富度指数和均匀度指数均较高 (表 3)。

2.3 大巴山北坡不同林型地表甲虫的相似性

以研究区地表甲虫种类及个体数量为属性对 3 种林型进行 DCA 排序的结果显示: 林区人工林的地表甲虫种类和个体数量与农耕区天然次生林间差

表 3 研究区 3 种林型地表甲虫的个体数量、丰富度指数、多样性指数和均匀度指数

Tab 3 Individuals richness index, diversity index and evenness index of ground-dwelling beetles captured in three forest types of the study area (mean ± SE)

林型 Forest type	个体数量 Individuals	丰富度指数 Richness index (S)	多样性指数 Diversity index (H')	均匀度指数 Evenness index (J)
M PFF	53.75 ± 8.60a	7.63 ± 0.53a	1.31 ± 0.09	0.64 ± 0.03Aa
SFF	28.20 ± 4.72b	6.20 ± 0.97a	1.42 ± 0.14	0.80 ± 0.03Bb
M PF	11.00 ± 3.70b	3.50 ± 0.68b	0.96 ± 0.20	0.75 ± 0.12Bb
U 值 U value	12.19	10.29	3.11	7.33

同列不同字母表示差异显著 (P < 0.05) Different letters with the same column indicated significant difference at 0.05 level

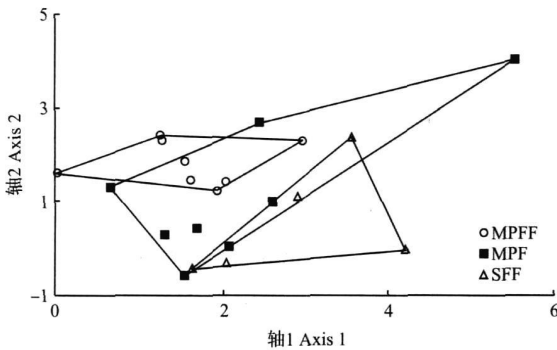


图 1 以研究区地表甲虫的种类和数量为属性的 3 种林型 21 个样地的对应趋势分析排序图

Fig 1 Ordination of detrended correspondence analysis of ground-dwelling beetle species and individuals captured in 21 plots of three plantations in the study area

轴 1 和轴 2 分别解释了 19% 和 16% 的变异 Axis 1 and Axis 2 explained 19% and 16% of the variation, respectively MPFF 林区人工林 Man-made plantations in forest farm; SFF 农耕区天然次生林 Secondary forests in farmland; MPF 农耕区人工林 Man-made plantations in farmland 下同 The same below.

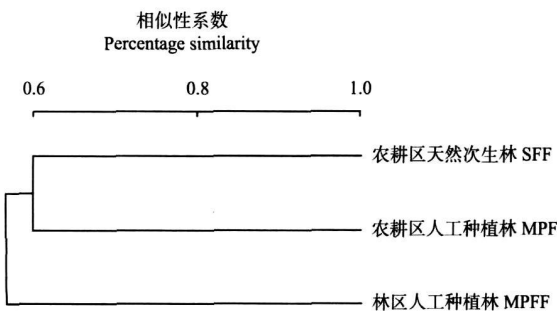


图 2 以研究区地表甲虫的种类和数量为属性的 3 种林型的聚类分析图

Fig 2 Dendrogram of cluster analysis of ground-dwelling beetle species and individuals captured in three plantations of the study area

异显著, 没有重叠区域; 农耕区人工林与林区人工林和农耕区天然次生林分别有部分重叠, 前者与后 2 个林区各有部分相似性, 但与农耕区天

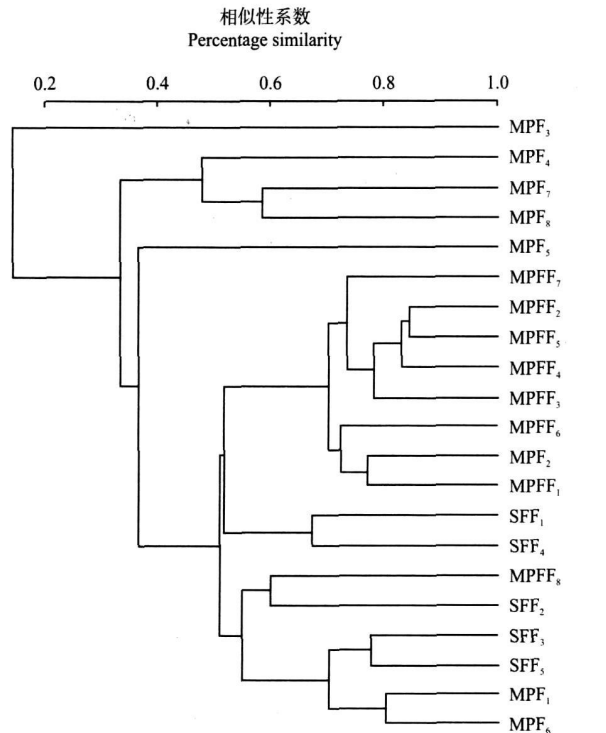


图 3 以研究区地表甲虫的种类和数量为属性的 3 种林型 21 个样地的聚类分析图

Fig 3 Dendrogram of cluster analysis of ground-dwelling beetle species and individuals captured in 21 plots of three plantations of the study area

图中的下标表示样地号 Subscript in the dendrogram indicated the label of plots

然次生林的相似性更高 (图 1)。

以研究区地表甲虫种类及个体数量为属性对 3 种林型进行聚类分析的结果表明: 林区人工林与农耕区 2 种林型的相似性均较低, 而农耕区 2 种林型间的相似性较高 (图 2), 与 DCA 排序的结果基本一致。以大巴山北坡地表甲虫的类群和数量为属性对 3 种林型 21 个样地进行聚类分析的结果显示, 林区人工林与农耕区天然次生林基本上可分为两组, 差异性较大, 而农耕区人工林与其他 2 个林型各有交叉, 说明该林型与其他 2 个林型都有部分相似性, 但与农耕区天然次生林的交叉更多, 相似性更高 (图 3)。

3 讨 论

3.1 大巴山北坡地表甲虫的类群组成和数量分布

大巴山北坡地处亚热带气候区, 该区地表甲虫优势类群的组成和数量分布与神农架自然保护区相似。本研究区地表甲虫数量最多的地表甲虫类群为隐翅虫科和叶甲科, 分别占总数的 40.6% 和 33.2%, 步甲科占 8.8%; 神农架自然保护区数量最多的地表甲虫类群为隐翅虫科、步甲科和叶甲科, 分

别占总数的 34.4%、13.4% 和 11.7%; 蚁甲科、象甲科和金龟科均为大巴山 (7.8%) 和神农架自然保护区 (7.2%) 的优势类群^[12]; 其他优势类群在这两地所占比例则略有差异, 这种差异除地区间差异所致以外, 还可能与采用方法的不同有关, 周红章等^[12]除主要采取巴氏罐诱法外, 还采用了扫网、土网筛和灯诱等辅助方法。

与本研究区相距较远, 但同属于亚热带地区的横断山区 (以四川峰桶寨自然保护区和九龙地区为例) 相比较, 大巴山地区和横断山区地表甲虫的组成和数量分布存在较大差异, 后者地表甲虫数量最多的类群为隐翅虫科、步甲科和拟步甲科, 分别占总数的 39.6%、29.3% 和 8.9%^[12, 19], 两地差异较大的原因可能主要源于地区差异。

3.2 大巴山北坡地表甲虫多样性和群落组成

在研究区 3 种林型中, 林区人工林地表甲虫的个体数量和丰富度最高, 这可能与环境特征的复杂性有关^[28-29]。以往研究表明, 地表甲虫的丰富度和数量与林内的微生境 (尤其是林冠层和枯落物等环境因子) 密切相关^[4, 30-31]。由于林区人工林的植被类型较丰富、垂直结构较复杂、郁闭度较高、枯落物层较厚, 导致该区地表甲虫的丰富度和数量较高; 而农耕区人工林和天然次生林的人为干扰较严重, 植被密度较低、灌木层较疏、枯落物层较薄, 导致该林区地表甲虫的个体数量和丰富度相对较低。由此可见, 种植人工次生林有利于物种的保护和增加物种多样性, 但是, 人工林在保护物种、增加物种多样性方面尚不能完全取代天然林^[10], 人工林的后期管理和保护对于恢复森林的物种多样性仍非常重要。

3.3 大巴山北坡地表甲虫的群落相似性

大巴山北坡的林区人工林与农耕区天然次生林地表甲虫的差异性较大, 而农耕区人工林地表甲虫虽然与这 2 种林型都有一定的相似性, 但与农耕区天然林的相似性更高。有研究发现, 在经过管理的人工林进行森林恢复的幼林内, 甲虫的物种组成与邻近成熟天然林的相似程度很高^[10, 30, 32-34]。而本研究中农耕区天然次生林地表甲虫的类群组成和数量分布与林区人工林的差异显著, 其原因可能是人为干扰所致。由于农田环境结构单一、耕作活动频繁, 使得农耕区天然次生林的片断化严重, 森林的自然环境遭到严重破坏, 因此物种多样性急剧下降。有研究发现, 无人管理的农耕区次生林地表甲虫的群落组成特点、物种多样性与其他林型差异显著, 个体数量和丰富度明显低于其他林型, 说明农牧活动引起的

森林片断化不利于支持较多物种共存^[10, 19, 30-31], 与本研究结果一致。

森林生态系统的变化将直接影响森林的生物多样性。因此, 保护生物多样性就必须保护好森林资源。对于未被破坏的原始森林应继续维持其原始面貌; 而在森林恢复工作中, 在砍伐后的原林区种植人工林更有利于物种多样性的保护和恢复, 且人工林应尽量模仿天然森林的布局, 需具有一定的规模和面积, 并加强对人工林的保护和管理, 以减少或免受人类活动的影响。

参考文献

- [1] Ma K-P (马克平), Mi X-C (米湘成), Wei W (魏伟), et al. On progresses in biodiversity researches // Li W-H (李文华), Zhao J-Z (赵景柱), eds Review and Prospect of Ecological Researches. Beijing Meteorological Press, 2004: 110-125 (in Chinese)
- [2] Zhou H-Z (周红章). Species and species diversity. *Biodiversity Science* (生物多样性), 2000, 8(2): 215-226 (in Chinese)
- [3] Zhou H-Z (周红章), Yu X-D (于晓东), Luo T-H (罗天宏), et al. How does species diversity change? Spatio-temporal patterns and scales. *Biodiversity Science* (生物多样性), 2000, 8(3): 325-336 (in Chinese)
- [4] Yu X-D (于晓东), Luo T-H (罗天宏), Zhou H-Z (周红章). Effects of forestry practices and forest fragmentation on beetle diversity and conservation strategies. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2006, 49(1): 126-136 (in Chinese)
- [5] Yu XD, Luo TH, Zhou HZ. Distribution of carabid beetles among 40-year-old regenerating plantations and 100-year-old naturally regenerated forests in Southwestern China. *Forest Ecology and Management*, 2008, 255: 2617-2625
- [6] Staddon W J, Duchesne LC, Trevors JI. Conservation of forest soil microbial diversity: The impact of fire and research needs. *Environmental Reviews*, 1996, 4: 267-275
- [7] Klein BC. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. *Ecology*, 1989, 70: 1715-1725
- [8] Eyre MD, Lott DA, Gasile A. Assessing the potential for environmental monitoring using ground beetles (Coleoptera: Carabidae) with riverside and Scottish data. *Annales Zoologici Fennici*, 1996, 33: 157-163
- [9] Gibbs JP, Stanton EJ. Habitat fragmentation and arthropod community change: Carrion beetles, phoretic mites and flies. *Ecological Applications*, 2001, 11: 79-85
- [10] Yu X-D (于晓东), Luo T-H (罗天宏), Zhou H-Z (周红章). Species diversity of litter-layer beetles in four forest types in Eastern Hengduan Mountain Region. *Zoological Research* (动物学研究), 2004, 25(1): 7-14 (in Chinese)

- [11] Ren M-E (任美镔), Bao H-S (包浩生). Natural Regions of China and Their Exploitation. Beijing Science Press, 1992 (in Chinese)
- [12] Zhou H-Z (周红章), Yu X-D (于晓东), Luo T-H (罗天宏), et al. Insect abundance and environmental effects in Shennongjia Natural Reserve, Hubei Province. *Biodiversity Science* (生物多样性), 2000, **8**(3): 262-270 (in Chinese)
- [13] Yu X-D (于晓东), Zhou H-Z (周红章), Luo T-H (罗天宏). Habitat distribution and species diversity of *Carabus* and *Cychus* in Shennongjia Nature Reserve, Hubei Province. *Biodiversity Science* (生物多样性), 2001, **9**(3): 214-221 (in Chinese)
- [14] Yu X-D (于晓东), Zhou H-Z (周红章), Luo T-H (罗天宏). Species diversity of litter-layer beetles in Northwest Yunnan Province, Southwest China. *Zoological Research* (动物学研究), 2001, **22**(6): 454-460 (in Chinese)
- [15] Li Y-M (李义明), Xu L (许龙), Ma Y (马勇), et al. The species richness of Nonvolant Mammals in Shennongjia Nature Reserve, Hubei Province, China. Distribution patterns along elevational gradient. *Biodiversity Science* (生物多样性), 2003, **11**(1): 1-9 (in Chinese)
- [16] Li Y-M. The effect of forest clear-cutting on habitat use in Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*) in Shennongjia Nature Reserve, China. *Primates*, 2004, **45**: 69-72
- [17] Li Y-M, Wu Z-J, Duncan R. Seasonal variation of diet and food availability in a group of Sichuan snub-nosed monkeys in Shennongjia Nature Reserve, China. *American Journal of Primatology*, 2006, **68**: 217-233
- [18] Baars MA. Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles. *Oecologia*, 1979, **41**: 25-46
- [19] Yu X-D (于晓东), Luo T-H (罗天宏), Zhou H-Z (周红章). Species diversity of litter-layer beetles in the Fengtongzhai National Nature Reserve, Sichuan Province. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2003, **46**(5): 609-616 (in Chinese)
- [20] Bues CT, Melander AL, Carpenter FM. Classification of insects. Keys to the living and extinct families of insects and to the living families of other terrestrial arthropods. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 1954, **108**: 1-917
- [21] Zheng L-Y (郑乐怡), Gui H (归鸿). Insects Classification. Nanjing: Nanjing Normal University Press, 1999 (in Chinese)
- [22] Pielou EC. Ecological Diversity. New York: Wiley, 1975
- [23] Ma K-P (马克平), Li Y-M (刘玉明). Measurement of biotic community diversity. I. α diversity (Part 2). *Biodiversity Science* (生物多样性), 1994, **2**(4): 231-239 (in Chinese)
- [24] Zhang J-T (张金屯). Methods in Quantitative Vegetation Ecology. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1995 (in Chinese)
- [25] Sokal RR, Rohlf FJ. Biometry. New York: W. H. Freeman and Company, 1981
- [26] SPSS Inc. SPSS Base 7.5 for Windows User's Guide. Chicago: SPSS Inc, 1997
- [27] Hammer J, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, **4**: 1-9
- [28] Murdoch WW, Evans FC, Peterson CH. Diversity and pattern in plants and insects. *Ecology*, 1972, **53**: 819-829
- [29] Southwood TRE, Brown VK, Reader PM. The relationship of plant and insect diversities in succession. *Biological Journal of the Linnean Society*, 1979, **12**: 327-348
- [30] Yu X-D (于晓东), Luo T-H (罗天宏), Yang J (杨建), et al. Diversity of ground-dwelling beetles (Coleoptera) in larch plantation with different stages of reforestation in Wolong Natural Reserve, Southwest China. *Zoological Research* (动物学研究), 2006, **27**(1): 1-11 (in Chinese)
- [31] Yu X-D (于晓东), Luo T-H (罗天宏), Zhou H-Z (周红章), et al. Influence of edge effect on diversity of ground-dwelling beetles across a forest-grassland ecotone in Wolong Natural Reserve, Southwest China. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2006, **49**(2): 277-286 (in Chinese)
- [32] Yu X-D (于晓东), Zhou H-Z (周红章), Luo T-H (罗天宏). Composition and seasonal dynamics of litter-layer beetle community in Dongling Mountain Region, North China. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2002, **45**(6): 785-793 (in Chinese)
- [33] Yu X-D (于晓东), Zhou H-Z (周红章), Luo T-H (罗天宏). Distribution patterns and their seasonal changes of *Carabus* beetles in Dongling Mountain region near Beijing. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2002, **22**(10): 1724-1733 (in Chinese)
- [34] Luo T-H (罗天宏), Yu X-D (于晓东), Zhou H-Z (周红章). Species diversity of sarcosaprophagous beetles (Coleoptera) in larch plantations at different stages of reforestation in Wolong Natural Reserve, Southwestern China. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2006, **49**(3): 461-469 (in Chinese)

作者简介 贺春霞,女,1984年生,硕士研究生.主要从事昆虫生理生化及进化适应机理研究,发表论文1篇. E-mail: hechunxiacat@yahoo.cn

责任编辑 杨弘