

# 横断山区东部四种林型地表甲虫的物种多样性

于晓东, 罗天宏, 周红章\*

(中国科学院动物研究所 北京 100080)

**摘要:** 2001年7月8~14日在横断山区东部选择皆伐后经过管理的人工次生林(MSF)、无人管理的农林区次生林(USF)、邻近天然的冷杉林(NAF)和杜鹃矮曲林(NRF)4种林型,共设置样地20块,以巴氏罐诱法收集地表甲虫的物种组成和数量数据,并以地表甲虫的种类和数量分布为属性做主成分分析和聚类分析,研究森林皆伐和管理行为对地表甲虫物种多样性的影响。共采集地表甲虫标本4292号,步甲科、埋葬甲科和隐翅虫科分别占总数46.8%、13.1%和11.4%,是数量最多的类群;金龟科、象甲科和拟步甲科的数量也各在5%以上,为常见类群。其中,步甲科的个体数量在NRF显著多于其他林型,在USF显著少于其他林型;埋葬甲科在两个天然林显著多于两个次生林;拟步甲科在NRF显著多于其他林型;花萤科在MSF和NAF显著多于USF;叩甲科在USF显著多于MSF和NAF;象甲科在NRF和MSF明显多于USF;叶甲科在NRF明显多于USF。地表甲虫的个体数量从USF、MSF、NAF到NRF逐渐增多,而均匀度指数则逐渐降低;MSF内物种丰富度和多样性指数分别显著高于USF和NRF。主成分分析和聚类分析表明,除了USF与其他林型有明显差异外,其他林型间有一定的相似性,但MSF与天然NAF间相似性较低。以上结果表明,森林砍伐后并种植人工林措施改变了该地区地表甲虫群落的物种分布格局,有助于恢复物种多样性。

**关键词:** 地表甲虫; 皆伐; 多样性; 横断山区东部

**中图分类号:** Q969.48; Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-5853(2004)01-0007-08

## Species Diversity of Litter-layer Beetles in Four Forest Types in Eastern Hengduan Mountain Region

YU Xiao-dong, LUO Tian-hong, ZHOU Hong-zhang\*

(Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

**Abstract:** Using pitfall traps, we built up 20 plots in the Eastern Hengduan Mountain Region, Southwest China, to compare the composition and distribution of litter-layer beetle communities among managed secondary forests (MSF) of plantation after clear-cutting, unmanaged secondary forests (USF) surrounding by farmland after clear-cutting, contiguous natural *Abies* forests (NAF), and contiguous natural *Rhododendron* elfin forests (NRF). Based on principal component analysis (PCA) and cluster analysis of species and individuals of litter-layer beetles, we discussed the effects of clear-cutting and management practices. A total of 4292 individuals representing 24 families were collected between July 8 and July 14, 2001. Of these, individuals of the family Carabidae take 46.8% of the total, Agrytididae 13.1%, Staphylinidae 11.4%, and Scarabaeidae, Curculionidae and Tenebrionidae each more than 5%. These six families can be considered as common groups in the study area. The individuals of Carabidae were significantly more abundant in NRF than those in the other forests, and significantly sparser in USF than those in the other forests. Agrytididae was found more frequently in two uncut natural forests than in two secondary forests after clear-cutting. More individuals of Tenebrionidae were found in NRF than those in other forests. Significantly more individuals of Cantharidae were trapped in NAF and MSF than in USF. Elateridae was found significantly more frequently in USF than in MSF and NAF. The individuals of Curculionidae were more abundant in MSF and NRF than in USF. More individuals of Chrysomelidae were trapped in NRF than in USF. Beetle capture per 100 traps per day was gradually increased from USF, MSF, NAF to NRF, but evenness was opposite. MSF had the highest species richness and diversity values. USF and NRF had the lowest values of richness and diversity, respectively. Principal component analysis and cluster analysis showed that beetle community of USF was different from

\* 收稿日期: 2003-09-04; 接受日期: 2003-11-03

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (G2000046800); 国家自然科学基金资助项目 (39970090); 中国科学院知识创新工程领域前沿项目 (KSCX3-IOZ-01); 国家基础科学人才培养基金项目 (NSFC-J0030092)

\* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: zhoulhz@panda.ioz.ac.cn

those of the other forest types; although the beetle community of MSF was similar to two uncut natural forests, the similarity between MSF and NAF was much low. Based on these results, we conclude managed plantation after clear-cutting contribute to the re-establishment of the diversity of litter-layer beetle assemblages in Eastern Hengduan Mountain Region.

**Key words:** Litter-layer beetles; Clear-cutting; Diversity; Eastern Hengduan Mountain Region

森林为人类提供了大量资源和能源。长久以来,林业部门主要是采取皆伐后种植人工林来弥补对森林的过度利用。这些措施对环境变化——物种多样性以及整个生态系统的影响受到人们的广泛关注(Lenski, 1982; Jennings et al, 1986; Niemelä et al, 1993; Duchesne et al, 1999; Heliölä et al, 2001; Magura et al, 2000)。无脊椎动物和微生物在生态系统中扮演了重要角色,是构成森林物种多样性的重要组成成分(Staddon et al, 1996)。已经证实有些类群,尤其是某些甲虫的物种组成和数量变化可以作为监测环境变化的重要指标(Klein, 1989; Eyre et al, 1996; Gibbs & Stanton, 2001)。因此,通过比较皆伐后的次生林与邻近天然原始森林的甲虫物种组成和数量差异,就能判断所采取的林业管理措施是否得当,从而指导森林管理和恢复工作。

横断山区( $97^{\circ} \sim 103^{\circ}\text{E}$ ,  $23^{\circ} \sim 33^{\circ}\text{N}$ )位于中国西南部,为南亚次大陆与欧亚大陆镶嵌交接带的东翼,是我国东部环太平洋带与西部古地中海带间的过渡地带。这里峰峦叠嶂,河流密集,呈独特的高山峡谷地貌;垂直自然带差异明显,生态条件复杂多变,生物种类丰富(Zhang et al, 1997)。长期以来,该地区的昆虫研究一直受到国内外学者的重视,是研究昆虫区系演化和特殊适应进化的理想场所(Chen, 1992, 1993)。由于横断山区地势险要,人口密度较低,因此大面积的原始森林得以保存。但在靠近边缘地势平坦的地方,部分森林被砍伐,出现了局部片断化的现象,因此该地区也是研究森林砍伐对物种多样性影响的理想场所。本文选择位于横断山区东部的四川九龙县为研究地点,以昆虫类群中种类最丰富的鞘翅目为研究对象,分析该地区地表甲虫物种组成和数量分布在森林皆伐后的次生林与邻近天然林间的差异,以揭示森林皆伐后种植人工林行为对生态系统内地表甲虫物种多样性的影响,并探讨该地区物种多样性的基本状况和变化规律。

## 1 研究样地与方法

### 1.1 研究地点

研究地区位于四川省西部甘孜州九龙县( $101^{\circ}07' \sim 102^{\circ}10'\text{E}$ ,  $28^{\circ}19' \sim 29^{\circ}20'\text{N}$ ),地处西南高山峡谷地区,位于大雪山南段、横断山区东部。属青藏高原亚湿润气候区,年平均气温  $8.8^{\circ}\text{C}$ ,年降水量 890 mm。该地区植被类型包括了天然林(主要有冷杉林和杜鹃矮曲林)和次生林(主要有林业部门种植和管理的人工次生林以及农耕区内无人管理的天然次生林),次生林是原有天然林皆伐(指将所有林木完全砍伐掉)后形成的,其主要特点见表 1。

对应这 4 种不同森林群落类型(以下简称林型),我们选择九龙县的北部(NP:海拔 3 735 ~ 4 300 m)、西部(WP:海拔 3 675 ~ 4 135 m)和东部(EP:海拔 2 120 ~ 2 665 m)作为研究地点。间距为 10 ~ 15 km,共设样地 20 块,各样地面积均大于  $2\text{ hm}^2$ (图 1)。其中 NP 和 WP 样地包括天然冷杉林样地 6 块(NAF:NP1 ~ NP4,WP2 ~ WP3)、杜鹃矮曲林样地 3 块(NRF:NP5,WP4 ~ WP5)、人工次生林样地 5 块(MSF:NP6 ~ NP9,WP1)、EP 样地仅包括农耕区次生林样地 6 块(USF:EP1 ~ EP6)。

### 1.2 取样方法和标本鉴定

地表甲虫群落的物种数量及种群密度的标本采集与数据收集采用巴氏罐诱法(Martin, 1978; Baars, 1979; Mühlenberg, 1989)。每块样地内设诱杯 50 个,诱杯间距约 1 m,诱杯放置时间约 3 ~ 6 d。具体采集方法见 Yu et al (2001, 2003)。取样时间在 2001-07-08 ~ 14(由于不涉及甲虫物种的季节变化,取样尽量在短期内完成,力求取样时间的一致性)。标本主要依据 Brues et al (1954)、Freude et al (1964)的文献初步鉴定,并对照中国科学院动物研究所标本馆馆藏定名标本,在有关专家帮助下完成鉴定。

### 1.3 数据处理与分析

数理统计比较的标本数量经过标准化处理:以样地内每 100 诱杯每天捕获的个体数量作为甲虫群落物种数量的统计数据。方差分析时,采用平方根形式转换甲虫个体数量,对数形式转换丰富度(Sokal & Rohlf, 1995)。

物种多样性分析采用 Shannon-Wiener 多样性指

数，即：

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

$P_i = n_i / N$ ，为第  $i$  种个体数占总个体数  $N$  的比率；均匀度分析采用 Pielou 指数，即  $J = H' / \ln S$ ；物种丰富度采用物种数（ $S$ ）测度（Ma & Liu，1994）。

用主成分分析（principal component analysis，PCA）对不同林型排序（Pielou，1984）。原始数据中以物种的种类和数量为行，以 20 个样地为列，构成原始矩阵。对原始数据做标准化处理，计算属性间内积矩阵，并求出内积矩阵的特征根及相对应的特征向量、各主分量的负荷量和累计贡献率，根据前二个主分量的排序坐标作图。再利用系统聚类分析对主成分分析结果进行检验（Pielou，1984）：主要根据样地内物种组成和数量分布的相异和相似程度进行归类，建立树状图。本文主要采用组间连接法（between-groups linkage），即以物种的种类和数量为原始数据，在数据标准化处理后，以欧氏距离平方（squared euclidean distance）为测度系数进

行归类。不同林型间物种多样性各项指数的比较，以及甲虫类群的单位捕获量的比较，主要通过单因素方差分析（ANOVA）和最小显著差法（LSD）进行检验。以上的数据分析使用数理统计软件 SPSS（1997）完成。

2 研究结果

2.1 类群组成及数量分布

经过初步鉴定和数量统计，共获甲虫标本 4 292 号。以步甲科数量最多，有标本 2 009 号，占 46.8%；埋葬甲科次之，有标本 562 号，占 13.1%；隐翅虫科再次之，有标本 488 号，占 11.4%，这 3 个科为数量最丰富的类群，占总数的 71%。此外，金龟科、象甲科和拟步甲科的数量也均在 5% 以上，是比较常见的甲虫类群。其他 18 科与尚未鉴定的其他甲虫合计仅占 9%，相对较少（表 2）。

在所调查的地表甲虫中，其中 5 个科的个体数量在 4 种林型的分布有显著差异（表 3）：步甲科的个体数量在杜鹃林显著多于其他林型，在农耕区次生林显著少于其他林型；埋葬甲科在两个天然林显

表 1 横断山区东部 4 种林型的特征  
Table 1 Characteristics of four types of forest investigated in Eastern Hengduan Mountain region

	NAF	NRF	MSF	USF
乔木层 Canopy tree layer				
优势树种 Dominant tree species	冷杉 <i>Abies</i>	杜鹃 <i>Rhododendron</i>	冷杉或云杉 <i>Abies</i> or <i>Picea</i>	栎、核桃楸、松、青冈 <i>Quercus</i> , <i>Juglans</i> , <i>Pinus</i> , <i>Cyclobalanopsis</i>
次优势树种 Subdominant tree species	桦、云杉、青冈、 杜鹃 <i>Betula</i> , <i>Picea</i> , <i>Cyclobalanopsis</i> , <i>Rhododendron</i>	桦、冷杉 <i>Betula</i> , <i>Abies</i>	栎、杜鹃、青冈 <i>Quercus</i> , <i>Rhododendron</i> , <i>Cyclobalanopsis</i>	桦、榆、云杉、冷杉、杜鹃 <i>Betula</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Picea</i> , <i>Abies</i> , <i>Rhododendron</i>
高度 Height ( m )	12 ~ 18	< 5	3 ~ 5	5 ~ 8
盖度 Coverage ( % )	> 70	90	< 50	50 ~ 60
郁闭度 Canopy density	高 High ( > 0.6 )	高 High ( > 0.8 )	低 Low ( 0.3 ~ 0.4 )	低 Low ( < 0.4 )
年龄 Years ( yr. )	> 100	> 100	10	10 ~ 30
密度 Density	一般 Medium	高 High	高 High	一般 Medium
灌木层 Shrub layer	稀疏 Sparse	稀疏 Sparse	稀疏 Sparse	浓密 Dense
草本层 Herb layer	稀疏 Sparse	稀疏 Sparse	浓密 Dense	浓密 Dense
枯落物 Leaf litter	厚 Thick	厚 Thick	薄 Thin	薄 Thin
土壤湿度 Soil moisture	高 High	高 High	一般 Medium	低 Low
管理 Management	无 Little	无 Little	定期除灌丛和杂草 Clear-cutting shrubs & weeds periodically	无 Little
干扰 Disturbance	低 Low	低 Low	中度 Medium	高 High

NAF：天然冷杉林（Natural *Abies* forests）；NRF：天然杜鹃矮曲林（Natural *Rhododendron* elfin forest）；MSF：经过管理的人工次生林（Managed secondary forests）；USF：无人管理的农耕区次生林（Unmanaged secondary forests）。

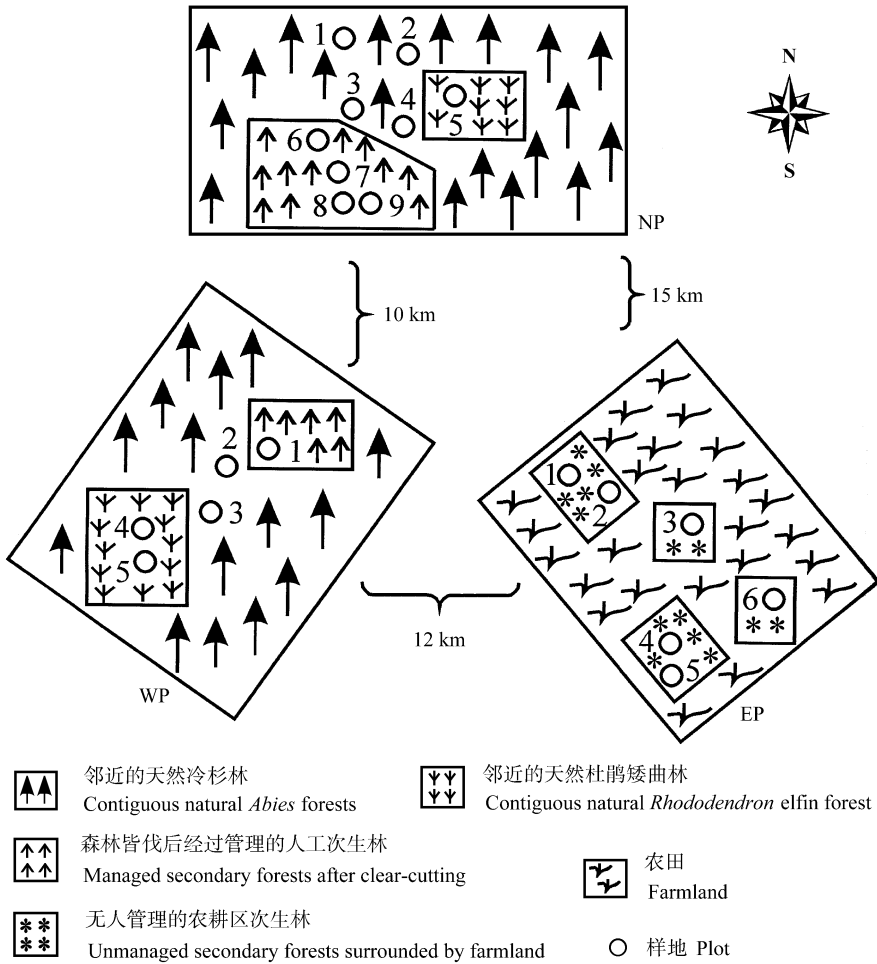


图 1 研究样地示意图

Fig.1 A draft map of the area in where this study was conducted

著多于两个次生林；拟步甲科在杜鹃林显著多于其他林型；花萤科在人工次生林和冷杉林显著多于农耕区次生林；叩甲科在农耕区次生林显著多于人工次生林和冷杉林。此外，象甲科和叶甲科的个体数量虽然在 4 种林型间无显著差异，但前者的数量在杜鹃林和人工次生林明显多于农耕区次生林；后者在杜鹃林明显多于农耕区次生林（表 3）。

## 2.2 物种多样性

比较 4 种林型间的各种多样性指数值，可以发现地表甲虫的个体数量从农耕区次生林、人工次生林、冷杉林到杜鹃林逐渐增多，并且在杜鹃林还显著多于其他 3 种林型；此外，虽然丰富度指数和多样性指数在 4 种林型间无显著差异，但在人工次生林物种丰富度和多样性指数分别明显高于农耕区次生林和杜鹃林；均匀度指数由农耕区次生林、人工次生林、冷杉林到杜鹃林逐渐降低，但无显著差异（表 4）。

## 2.3 林型间地表甲虫物种组成的相似性

物种组成和数量分布，农耕区次生林与其他林型差异较大，无相似之处，在排序图上没有重叠；人工次生林和冷杉林在整体上相似性程度很低，在排序图上仅有小部分重叠；杜鹃林与冷杉林和人工次生林都有相似之处，但与冷杉林相似程度更高，在排序图上都有部分重叠（图 2）。

系统聚类分析的结果与主成分排序的结果基本一致：农耕区次生林独立于其他 3 种林型；人工次生林、冷杉林以及杜鹃林间相互交织，交叉的部分较多，相似性较高（图 3）。

## 3 讨 论

### 3.1 类群组成和分布特点

本研究地区优势类群的组成和数量分布与邻近地区（Yu et al, 2001, 2003）相比差异较大。尽管相邻的四川蜂桶寨国家自然保护区的调查时间与本

表 2 横断山区东部 4 种林型地表甲虫各科的个体数量及比例

Table 2 Total individual number and proportions of different beetle families living in litter layer and captured in the four forest types in Eastern Hengduan Mountain Region

科 Family	森林类型 Forest types				总计 Total	百分比 ( % ) Percentage
	USF	MSF	NAF	NRF		
步甲科 Carabidae	54	458	636	861	2 009	46.8
觅葬甲科 Agyrtidae	0	44	329	189	562	13.1
隐翅虫科 Staphylinidae	68	145	145	130	488	11.4
金龟科 Scarabaeidae	180	38	49	97	364	8.5
象甲科 Curculionidae	29	74	80	66	249	5.8
拟步甲科 Tenebrionidae	29	8	71	121	229	5.3
叶甲科 Chrysomelidae	5	23	17	64	109	2.5
束翅甲科 Ischaliidae	0	36	31	1	68	1.6
花萤科 Cantharidae	0	17	31	8	56	1.3
叩甲科 Elateridae	31	3	2	12	48	1.1
球蕈甲科 Leiodidae	2	12	22	1	37	0.9
扁圆甲科 Sphaeritidae	0	0	16	0	16	0.4
蚁形甲科 Anthicidae	13	0	0	0	13	0.3
朽木甲科 Alleculidae	2	6	0	0	8	0.2
蚁甲科 Pselaphidae	3	1	2	0	6	0.1
天牛科 Cerambycidae	1	3	0	0	4	0.1
虎甲科 Cicindelidae	4	0	0	0	4	0.1
谷盗科 Trogositidae	0	0	3	0	3	0.1
阎甲科 Histeridae	2	0	0	0	2	< 0.1
瓢虫科 Coccinellidae	1	0	0	0	1	< 0.1
萤科 Lampyridae	0	0	1	0	1	< 0.1
花蚤科 Mordellidae	1	0	0	0	1	< 0.1
出尾蕈甲科 Scaphidiidae	1	0	0	0	1	< 0.1
埋葬甲科 Silphidae	0	0	1	0	1	< 0.1
其他甲虫 Other beetles	7	0	5	0	12	0.3
总计 Total	433	868	1 441	1 550	4 292	100

USF、MSF、NAF 和 NRF 同表 1 ( The meaning of USF , MSF , NAF and NRF were the same as Table 1 )

表 3 横断山区东部 4 种林型间地表甲虫个体数量<sup>1</sup>存在显著差异的类群

Table 3 Beetle families with significant differences in individuals<sup>1</sup> compared between the four forest types in Eastern Hengduan Mountain region

科 Family	均值 ± 标准误 Mean ± SE				F
	USF	MSF	NAF	NRF	
步甲科 Carabidae	5.05 ± 0.95 <sup>a</sup>	57.38 ± 7.45 <sup>b</sup>	49.59 ± 5.79 <sup>b</sup>	161.55 ± 41.09 <sup>c</sup>	11.14 **
觅葬甲科 Agyrtidae	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.25 ± 1.29 <sup>a</sup>	24.06 ± 5.53 <sup>b</sup>	29.95 ± 5.23 <sup>b</sup>	7.02 **
拟步甲科 Tenebrionidae	2.25 ± 0.60 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.17 <sup>a</sup>	4.48 ± 0.88 <sup>a</sup>	21.31 ± 3.20 <sup>b</sup>	8.60 **
花萤科 Cantharidae	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.92 ± 0.36 <sup>b</sup>	2.19 ± 0.41 <sup>b</sup>	1.55 ± 0.19 <sup>ab</sup>	3.54 *
叩甲科 Elateridae	3.08 ± 0.48 <sup>a</sup>	0.37 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.78 ± 0.83 <sup>ab</sup>	3.99 *
象甲科 Curculionidae	3.14 ± 0.30 <sup>a</sup>	9.81 ± 0.44 <sup>b</sup>	5.81 ± 1.41 <sup>ab</sup>	11.89 ± 2.65 <sup>b</sup>	2.39
叶甲科 Chrysomelidae	0.43 ± 0.07 <sup>a</sup>	2.19 ± 0.46 <sup>ab</sup>	1.14 ± 0.15 <sup>ab</sup>	8.74 ± 5.24 <sup>b</sup>	2.04

同行数据间不同上标字母表示差异显著 , \*  $P < 0.05$  , \*\*  $P < 0.01$  ( Numbers within a row followed by different superscript are significantly different ; ANOVA , LSD )

USF、MSF、NAF 和 NRF 同表 1 ( The meaning of USF , MSF , NAF and NRF were the same as Table 1 )

<sup>1</sup>每 100 诱杯每天捕获的个体数量 ( Number of individuals per 100 traps per day )

表 4 横断山区东部 4 种林型间个体数量、丰富度指数、多样性指数和均匀度指数比较

Table 4 Comparisons of index values of number of individuals , richness , diversity and evenness from four forest types in Eastern Hengduan Mountain Region

	均值 ± 标准误 Mean ± SE				F
	USF	MSF	NAF	NRF	
个体数量 Individuals	42.35 ± 7.19 <sup>a</sup>	108.18 ± 14.80 <sup>a</sup>	115.62 ± 15.00 <sup>a</sup>	294.73 ± 58.61 <sup>b</sup>	4.32 <sup>**</sup>
丰富度指数 Richness ( S )	23.19 ± 0.92 <sup>a</sup>	38.57 ± 1.75 <sup>b</sup>	29.37 ± 1.34 <sup>ab</sup>	34.72 ± 1.83 <sup>ab</sup>	2.15
多样性指数 Diversity ( H' )	2.55 ± 0.29 <sup>ab</sup>	2.90 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.48 ± 0.21 <sup>ab</sup>	2.13 ± 0.08 <sup>b</sup>	1.52
均匀度指数 Evenness ( J )	0.82 ± 0.09	0.80 ± 0.01	0.73 ± 0.05	0.61 ± 0.05	1.64

<sup>\*\*</sup> P < 0.01.

同行数据间不同上标字母表示差异显著 ( Numbers within a row followed by different superscript are significantly different )  
USF、MSF、NAF 和 NRF 同表 1 ( The meaning of USF , MSF , NAF and NRF were the same as Table 1 )

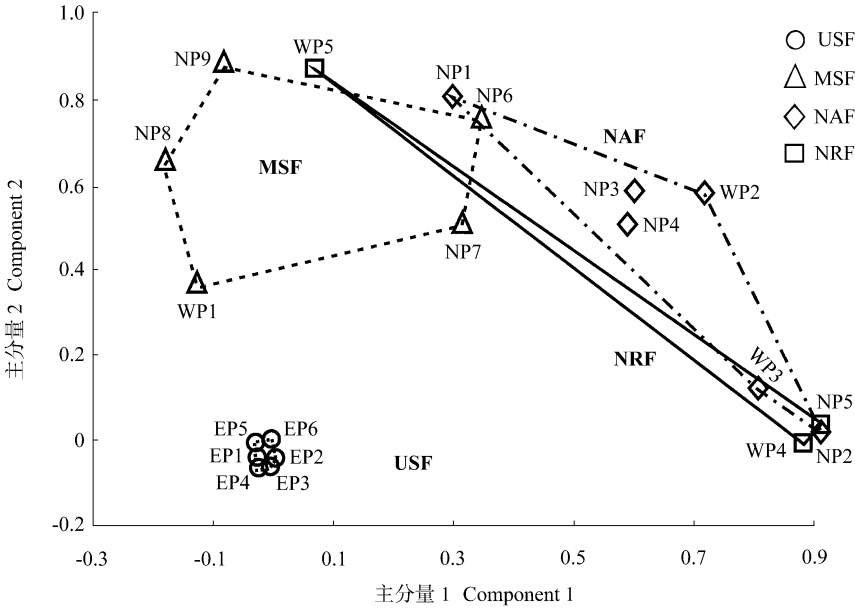


图 2 以地表甲虫的种类和数量为属性的 4 种林型的主成分排序图

Fig.2 Ordination of principal component analysis of litter-layer beetle species captured in 20 plots of four forest types

主分量 1 和 2 分别解释 23.2% 和 22.8% 的变异，样地代号同图 1 ( Component 1 and 2 explained 23.2% and 22.8% of the variations , respectively. The plot codes are the same as those in Fig.1 )  
USF、MSF、NAF 和 NRF 同表 1 ( The meaning of USF , MSF , NAF and NRF were the same as Table 1 )

研究基本一致，但该保护区和横断山区中部数量最丰富的类群均为隐翅虫科和步甲科，分别达到总数的 69% 和 67%，其中隐翅虫科的个体数量都在 40% 以上；均没有采集到觅葬甲科标本 ( Yu et al , 2001 , 2003 )。这种现象有待进一步研究。

3.2 人工次生林与其他林型地表甲虫物种多样性差异

经过管理的人工次生林地表甲虫群落的数量组成和分布特点与天然林较相似；物种多样性和均匀度指数均高于天然林，而个体数量和物种丰富度与冷杉林间相差无几。说明森林皆伐和管理措施改变

了该地区地表甲虫群落的物种分布格局，是积极和有益的，有助于恢复物种多样性。这一结果与中欧步甲科类群研究的结果相似：原始森林皆伐后，管理过的云杉种植林与邻近的天然阔叶混交林间的步甲类群组成很相似 ( Magura et al , 2000 )。森林皆伐后重新形成的次生林并没有降低物种的种类和丰度，而且在物种多样性和均匀度上还有所提高 ( Lenski , 1982 ; Jennings et al , 1986 ; Duchesne et al , 1999 )。是支持中度干扰提高物种多样性理论 ( Levin & Paine , 1974 ) 的又一个证据。

但从数量分布和主成分排序看 ,人工次生林仍

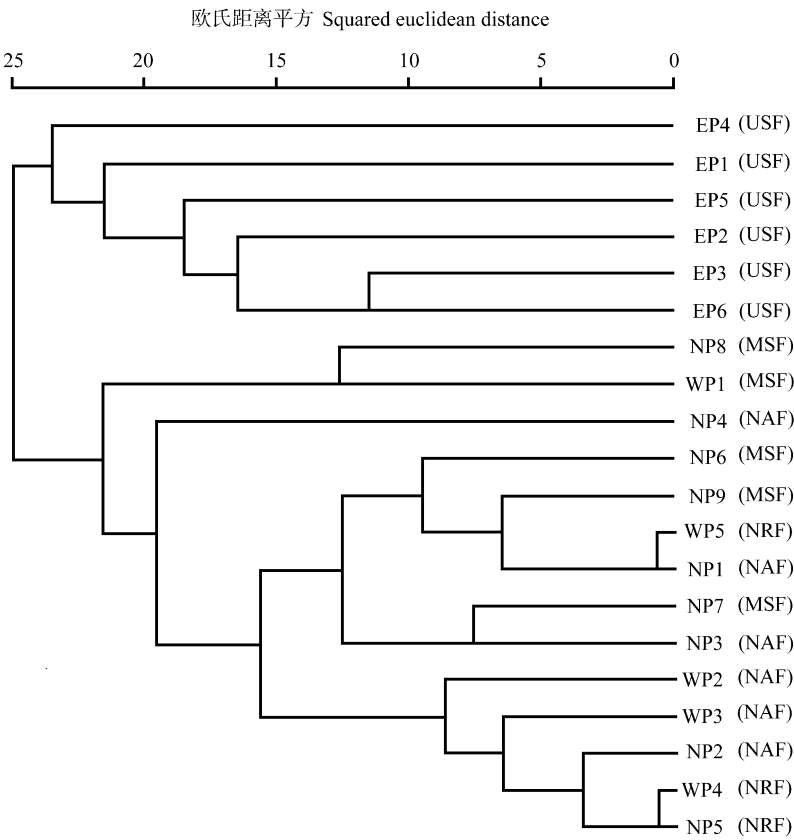


图 3 以地表甲虫的种类和数量为属性的 4 种林型的聚类分析图

Fig.3 Dendrogram of cluster analysis of litter-layer beetle species captured in 20 plots of four forest types

采用组间连接法，基于欧氏距离平方进行聚类计算，样地代号同图 1 ( Branching patterns were produced using the method of between-groups linkage , based on Squared Euclidean distance . The plot codes are the same as those in Fig.1 )

USF、MSF、NAF 和 NRF 同表 1 ( The meaning of USF , MSF , NAF and NRF were the same as Table 1 )

能与两个天然类型相区分，尚不能完全取代天然林。该地区的人工次生林是在原有天然冷杉林或杜鹃林砍伐后重新种植冷杉或云杉幼苗的基础上建立起来的幼林。虽然树种与原始天然林相同，但植株密度较高，地表覆盖层较薄；且由于幼树较矮（3 ~ 5 m），树冠层稀疏，所以极有利于林下植被的生长。在冷杉林内，植株密度稀疏，但树冠层紧密，林下只能生长喜阴的植物，灌丛和茅草相对较少，地表覆盖层较厚；在杜鹃林内，虽然树冠层较矮，但由于植株密度较高，树冠层连接紧密，因此林下和地表植被的特点与冷杉林相似，同样拥有较厚的地表覆盖层。而地表甲虫的生活和分布与生境内的

小环境以及植被特点密切相关（Epstein & Kulman，1990；Rieske & Buss，2001）。所以上述植被差异决定了人工次生林与两个天然林地地表甲虫群落类型区分开来的必然性。因此在进行生态恢复时，保护原始天然森林植被依然具有十分重要的意义。

而无人管理的农耕区次生林地地表甲虫群落组成特点、物种多样性与其他林型差异明显，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已经严重地降低了物种多样性。除此之外，海拔也可能是导致这种差异的一个重要原因。因为其他 3 种林型的样地邻近，海拔高度和环境条件相似，可比性更强，更能反映多样性变化规律。

## 参考文献：

- Baars MA. 1979. Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles [J]. *Oecologia*, **41**: 25–46.
- Bruce CT, Melander AL, Carpenter FM. 1954. Classification of insects: Keys to the living and extinct families of insects, and to the living families of other terrestrial arthropods [J]. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harv.*, **108**: 1–917.
- Chen SX. 1992. Insects of the Hengduan Mountains Region (1) [M]. Beijing: Science Press. 1–866. [陈世骧. 1992. 横断山区昆虫(第一册). 北京: 科学出版社. 1–866.]
- Chen SX. 1993. Insects of the Hengduan Mountains Region (2) [M]. Beijing: Science Press. 867–1547. [陈世骧. 1993. 横断山区昆虫(第二册). 北京: 科学出版社. 867–1547.]
- Duchesne LC, Lautenschlager RA, Bell FW. 1999. Effects of clear-cutting and plant competition control methods on carabid (Coleoptera: Carabidae) assemblages in Northwestern Ontario [J]. *Environ. Monit. Assess.*, **56**: 87–96.
- Epstein ME, Kulman HM. 1990. Habitat distribution and seasonal occurrence of carabid beetles in east-central Minnesota [J]. *Am. Mid. Nat.*, **123**: 209–225.
- Eyre MD, Lott DA, Garside A. 1996. Assessing the potential for environmental monitoring using ground beetles (Coleoptera: Carabidae) with riverside and Scottish data [J]. *Ann. Zool. Fennici*, **33**: 157–163.
- Freude H, Harde KW, Lohse G. 1964. Die Käfer Mitteleuropas (Bd. 2~12) [M]. Krefeld: Goecke and Evers.
- Gibbs JP, Stanton EJ. 2001. Habitat fragmentation and arthropod community change: Carrion beetles, phoretic mites, and flies [J]. *Ecol. Appl.*, **11**: 79–85.
- Heliölä J, Koivula M, Niemelä J. 2001. Distribution of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) across a boreal forest-clearcut ecotone [J]. *Conserv. Biol.*, **15**: 370–377.
- Jennings DT, Houseweart MW, Dunn GA. 1986. Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) associated with strip clearcut and dense spruce-fir forests of Maine [J]. *Coleopt. Bull.*, **40**: 251–263.
- Klein BC. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia [J]. *Ecology*, **70**: 1715–1725.
- Lenski RE. 1982. The impact of forest cutting on the diversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in southern Appalachians [J]. *Ecol. Entomol.*, **7**: 385–390.
- Levin SA, Paine RT. 1974. Disturbance, patch formation, and community structure [J]. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **71**: 2744–2747.
- Ma KP, Liu YM. 1994. Measurement of biotic community diversity I:  $\alpha$  diversity (Part 2) [J]. *Chin. Biodivers.*, **2**(4): 231–239. [马克平, 刘玉明. 1994. 生物群落多样性的测度方法: I.  $\alpha$ 多样性的测度方法(下). 生物多样性, **2**(4): 231–239.]
- Magura T, Tóthmérész B, Bordán ZS. 2000. Effects of nature management practice on carabid assemblages (Coleoptera: Carabidae) in a non-natural plantation [J]. *Biol. Conserv.*, **93**: 95–102.
- Martin JEH. 1978. The Insects and Arachnids of Canada. Part 1: Collecting, Preparing and Preserving Insects, Mites, and Spiders [M]. Hull: Supply and Services Canada. 1–182.
- Mühlenberg M. 1989. Freilandökologie [M]. Heidelberg: Quelle and Meyer Verlag. 1–430.
- Niemelä J, Langor D, Spence JR. 1993. Effects of clear-cut harvesting on boreal ground-beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) in western Canada [J]. *Conserv. Biol.*, **7**: 551–561.
- Pielou EC. 1984. The Interpretation of Ecological Data: A Primer on Classification and Ordination [M]. New York: John Wiley and Sons. 1–288.
- Rieske LK, Buss LJ. 2001. Influence of site on diversity and abundance of ground- and litter-dwelling Coleoptera in Appalachian oak-hickory forests [J]. *Environ. Entomol.*, **30**: 484–494.
- Sokal RP, Rohlf FJ. 1995. Biometry (Third edition) [M]. New York: Freeman. 1–887.
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Windows User's Guide [M]. Chicago: SPSS Inc.
- Staddon WJ, Duchesne LC, Trevors JT. 1996. Conservation of forest soil microbial diversity: The impact of fire and research needs [J]. *Env. Rev.*, **4**: 267–275.
- Yu XD, Zhou HZ, Luo TH. 2001. Species diversity of litter-layer beetles in Northwest Yunnan Province, Southwest China [J]. *Zool. Res.*, **22**(6): 454–460. [于晓东, 周红章, 罗天宏. 2001. 云南西北部地区地表甲虫类群多样性研究. 动物学研究, **22**(6): 454–460.]
- Yu XD, Luo TH, Zhou HZ. 2003. Species diversity of litter-layer beetles in the Fengtongzhai National Nature Reserve, Sichuan Province [J]. *Acta Entomol. Sin.*, **46**(5): 609–616. [于晓东, 罗天宏, 周红章. 2003. 四川蜂桶寨自然保护区地表甲虫类群多样性研究. 昆虫学报, **46**(5): 609–616.]
- Zhang RZ, Zheng D, Yang QY, et al. 1997. Physical Geography of Hengduanshan Mountains [M]. Beijing: Science Press. 1–151. [张荣祖, 郑度, 杨勤业, 等. 1997. 横断山区自然地理. 北京: 科学出版社. 1–151.]