

DOI: 10.5846/stxb201403240527

顾伟, 马玲, 刘哲强, 焦玥, 王利东, 张琛, 孙虎, 孙美欧. 小兴安岭凉水自然保护区蝶类多样性. 生态学报, 2015, 35(22): - .

Gu W, Ma L, Liu Z Q, Jiao Y, Wang L D, Zhang C, Sun H, Sun M O. Study on diversity of butterflies in Liangshui nature reserves of Xiao Xing'an Mountains. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(22): - .

小兴安岭凉水自然保护区蝶类多样性

顾伟¹, 马玲^{1,*}, 刘哲强¹, 焦玥¹, 王利东¹, 张琛¹, 孙虎¹, 孙美欧²

¹ 东北林业大学, 哈尔滨 150040

² 黑龙江省带岭林业科学研究所, 伊春 153106

摘要: 2012 年—2013 年选取原始阔叶红松林、人工林、天然次生林和灌丛草甸 4 种典型植被生境, 对小兴安岭凉水自然保护区的蝶类进行了系统研究。共捕获蝶类 1438 头, 分属 7 科 47 属 76 种, 4 种植被生境中蝶类群落优势类群均为蛱蝶科, 不同生境蝶类群落相似性与生境植被类型密切相关。计算分析了 4 种植被生境中蝶类多样性指数、物种丰富度、优势度指数、均匀度指数和种-多度关系, 结果表明: 3 种森林生境蝶类多样性大于灌丛草甸, 原始阔叶红松林蝶类具有最高的多样性指数、较高的物种丰富度、均匀度指数以及最低的优势度指数, 种-多度分布为对数正态分布, 说明环境质量优越, 最适合蝶类生存和繁衍; 灌丛草甸蝶类的多样性指数、物种丰富度和均匀度指数均为最低, 而优势度指数最高, 种-多度分布为对数级数分布, 反映植物群落结构较单一, 适合各种蝶类生存和繁衍的资源不足; 天然次生林蝶类多样性指数、物种丰富度高于人工林, 均匀度小于人工林, 但前者种-多度分布为对数级数模型, 后者为对数正态模型, 说明在封山育林状态下, 对森林植被组成进行适当合理的干扰, 有利于森林的健康发展

关键词: 蝴蝶; 群落结构; 多样性; 区系; 凉水自然保护区

Study on diversity of butterflies in Liangshui nature reserves of Xiao Xing'an Mountains

GU Wei¹, MA Ling^{1,*}, LIU Zheqiang¹, JIAO Yue¹, WANG Lidong¹, ZHANG Chen¹, SUN Hu¹, SUN Meiou²

¹ Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

² Dailing Forest Sciences Institute of Heilongjiang Province, Yichun 153106, China

Abstract: Liangshui Nature Reserve lies in the eastern part of Dalidailing Mountain, a branch of the Xiao Xing'an Mountains in Heilongjiang province in the eastern part of northeast China. Characterized by low mountains and hills, the reserve is situated at the eastern edge of Eurasia. The typical temperate continental monsoon climate is characterized by long, cold, snowy winters and short, cool, rainy summers. The original broad-leaved Korean pine forest, the main forest type in the reserve, is well preserved here, with paleo-floristic and faunal elements and typical community phytogenesis. The reserve has a diversity of forest types. The butterfly species in Liangshui Nature Reserve were studied based on samples collected in four forest types: original broad-leaved Korean pine forest, plantation forest, natural secondary forest, and shrub meadow. In the survey, the net catching method was the main method to collect samples of insects, and samples were then identified in the laboratory. Seven butterfly families, 47 genera, and 76 species were identified from a total of 1438 specimens. The Nymphalidae was the dominant family in all four habitats. Analysis of similarity showed that the types of butterfly communities observed were closely related to the vegetation types. The diversity, specific richness, dominance, evenness indices, and species-abundance relationship within the four kinds of habitats were calculated and analyzed. The

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助(2572014BA06)

收稿日期: 2014-03-24; **网络出版日期:** 2015-04-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: maling63@163.com

results showed that changes in environmental quality influenced the diversity of the butterfly communities, and butterfly community diversity indices were lowest in the shrub meadow habitat. The butterfly community of the original broad-leaved Korean pine forest had the highest diversity index; the species richness and evenness indices were relatively high in this community, while the dominance index was the lowest among the four kinds of habitats. Additionally, the species rank abundance fits a lognormal distribution; this type of model shows the environment in this area is of superior quality for the survival of butterflies; the most suitable for butterflies to survive and thrive. In the shrub meadow habitat, the diversity and the species richness and evenness indices of the butterfly community were the lowest among the four kinds of habitats, while the dominance index was the highest. The species rank abundance fits a logarithmic series distribution. This type of model reflects the plant community structure of a single species. The shrub meadow habitat lacks the resources that provide suitable habitat for all kinds of butterflies to survive and thrive; the simple plant community here resulted in relatively poor habitat quality for many species. The species richness and diversity indices of the butterfly community in the natural secondary forest were higher than those in the plantation forest. Additionally, the evenness index of the butterfly community in natural secondary forest was lower than that in the plantation forest. Nevertheless, the species rank abundance of the butterfly community fits a logarithmic series distribution in the natural secondary forest while the butterfly community of the plantation forest is lognormal; that is, during afforestation, the composition of tree species in the forest changed in a way that is conducive to the healthy development of the forest.

Key Words: butterfly; community structure; diversity; fauna composition; Liangshui Nature Reserve

生物多样性是人类赖以生存的物质基础,对维持区域可持续发展具有重要的意义,研究和保护生物多样性已经成为当今世界关注的热点问题。蝶类是生物资源的重要组成部分,对环境变化极为敏感,许多种类已被公认为生态系统状况、环境质量、生境破碎化和气候变化的可靠指示物,对生态系统健康具有很好的指示作用^[1-4]。目前已经有许多研究表明,蝶类多样性与地形、植被类型、人为干扰等因素密切相关^[5-8]。黎璇等^[9]研究横断山区蝶类的垂直分布及其多样性,表明从山麓到山地上部,沿高程梯度,蝴蝶群落的差异明显。陈振宁等^[10]在青海互助北山国家森林公园蝶类多样性研究中,发现不同的生境蝶类在种类组成和个体数量上有明显差异。李密等^[11]认为海拔高度和人为干扰程度与乌云界国家级自然保护区蝴蝶物种丰富度存在显著负相关。通过对蝶类群落定点长期的动态监测,研究群落多样性的变化及其与生境变化的关系,可以对生境质量进行评价,对环境保护与生态恢复提出建设性的意见^[12]。

凉水自然保护区位于小兴安岭山脉东南部,是以红松为主的温带针阔混交林生态系统为保护对象的国家级自然保护区,区内既有小兴安岭不同类型的森林植被类型,同时也包括各种类型森林植被的不同演替阶段,是小兴安岭森林生态系统的真实缩影,对该地区蝶类群落的研究尚未见报道。为了解凉水自然保护区内蝶类种类、物种多样性及群落结构,分别在 2012 年和 2013 年对保护区内不同植被类型区域的蝶类资源进行系统的调查,探讨生境改变对蝶类群落的影响,并将其应用于森林健康状况的评价和保护区的管理,为处于生态恢复期的小兴安岭森林生态可持续发展规划、森林资源保护利用以及环境质量监测提供理论基础和科学依据。

1 研究地区与方法

1.1 研究区概况

凉水自然保护区位于小兴安岭山脉的南段达里带岭支脉的东坡,土壤为暗棕壤,植被是以红松为主的温带针阔混交林,具有明显的温带大陆性季风气候特征,冬季寒冷干燥、夏季温热多雨,年平均降水 680 mm 左右,年平均气温 $-0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,年平均最高气温 $7.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,年平均最低气温 $-6.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[13]。

本研究选取 4 种主要植被生境类型,分别为原始阔叶红松林(a 生境)、灌丛草甸(b 生境)、天然次生林(c 生境)、人工林(d 生境),其中 a 生境为小兴安岭森林植被演替顶级群落,位于保护区核心区,主要优势树种为

红松(*Pinus koraiensis*),伴生有紫椴(*Tilia amurensis*)、枫桦(*Betula costata*)、云杉(*Picea asperata*)、黄菠萝(*Phellodendron amurense*)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)、胡桃楸(*Juglans mandshurica*)等,平均植被覆盖率大于 95 %;b 生境为森林自然演替的早期阶段,位于保护区实验区,主要植物为三叶草(*Oxalis rubra*)、珍珠梅(*Sorbaria kirilowii*),伴生有旱柳(*Salix matsudana*)、白桦(*Betula platyphylla*)、毛赤杨(*Alnus sibirica*)等,平均植被覆盖率大于 90 %;c 生境为天然次生林,位于保护区缓冲区,主要植物为白桦、毛赤杨,伴生有枫桦、云杉、冷杉(*Abies fabri*)、紫椴等,平均植被覆盖率大于 85 %;d 生境为处于封山育林状态的人工林,位于保护区实验区,主要植物为云杉、红松、落叶松(*Larix gmelinii*)、白桦等,平均植被覆盖率大于 95 %。

1.2 研究方法

1.2.1 调查方法

2012 年和 2013 年 6 月中旬至 8 月末连续在凉水自然保护区内调查蝴蝶资源,20 天采集 1 次,遇雨天顺延。2012 年以调查蝴蝶的种类为主,2013 年在调查种类的同时,开展蝶类群落的多样性调查。一般选择晴朗天气,采集时间为 9:00—16:00,在保护区内根据植被生境类型选定 4 条采集线路,如图 1,每条线路 2 km,以 1.5 km/h 的速度采用网捕法结合观察记录法采集样线两边宽 2.5 m 范围内的蝶类成虫,每条样线以一个往返为一次采集,将采集到的蝴蝶装入三角袋内,记录采集时间、地点、采集人等信息,带回实验室分类统计,依据《中国蝶类志》和《中国蝴蝶分类与鉴定》等资料进行种类鉴定^[14-15]。

1.2.2 数据处理

调查数据应用 Excel 2007 和 SPSS 18 统计分析软件处理。

物种丰富度采用 Margalef 丰富度指数 $R = (S - 1) / \ln N$;优势度指数采用 Berger-Parker 优势度指数 $D = N_{\max} / N$, $N_{\max}$ 为优势种的个体数, N 为全部物种的个体

数;多样性指数采用 Shannon-Wiener 多样性指数: $H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln(P_i)$, P_i 为第 i 物种个体数占群落个体总数的比例, S 为群落物种数;均匀度指数采用 Pielou 公式: $J = H' / \ln S$, 其中 H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数^[16]。

物种相似性采用 Jaccard 相似性系数(C_s): $C_s = c / (a + b - c)$, 式中, a 为 A 生境物种数, b 为 B 生境物种数, c 为 A、B 两生境共有的物种数。根据 Jaccard 的相似性系数原理,当 C_s 为 0—0.25 时,为极不相似; C_s 为 0.25—0.5 时,为中等不相似; C_s 为 0.5—0.75 时,为中等相似; C_s 为 0.75—1.00 时,为极相似^[17]。

物种区系划分中以《中国蝶类志》和《中国蝴蝶分类与鉴定》等资料为依据,古北界和东洋界界线依据张荣祖划分的以秦岭—淮河一线为准^[18]。

2 结果与分析

2.1 不同生境蝴蝶群落的组成

调查共捕获蝶类标本 1438 头,分属 7 科 47 属 76 种。不同植被区域中蝶类群落种类及数量存在一定差异,见附录 I,种类数表现为原始林>天然次生林>灌丛草甸>人工林,个体数量表现为原始林>灌丛草甸>天

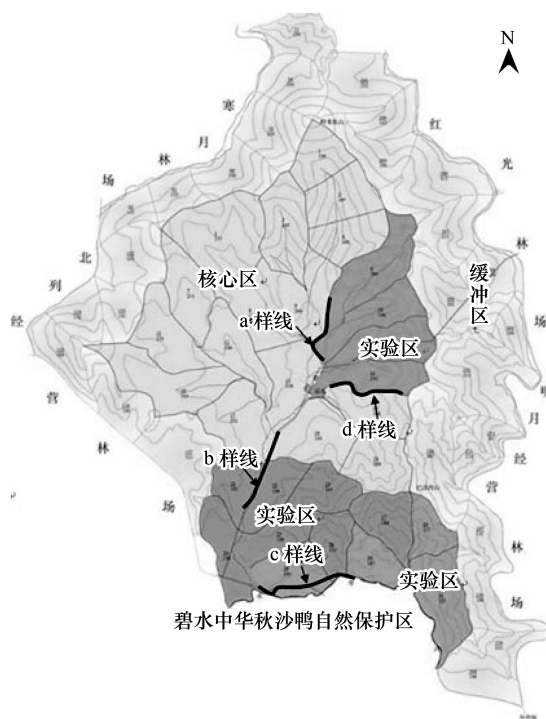


图 1 凉水自然保护区蝴蝶调查样线

Fig. 1 Research sample lines of Butterflies in Liangshui Nature Reserves

然次生林>人工林。不同植被类型区域蝶类群落组成,在科级水平上均表现为蛱蝶科(*Nymphalidae*)、粉蝶科(*Pieridae*)、眼蝶科(*Satyridae*)物种数较多。属级水平上,a生境中粉蝶属(*Pieris*)和线蛱蝶属(*Limenitis*)物种数最多(5种),b生境中变为粉蝶属和环蛱蝶属最多(4种),c生境为线蛱蝶属最多,d生境环蛱蝶属物种数最多。

各生境蝶类物种及数量分布情况表现为,a生境,绿带翠凤蝶(*Papilio maackii*)和单环蛱蝶(*Neptis rivularis*)数量较多,共占总个体数量的23.47%,为原始林生境中优势种,白钩蛱蝶(*Polygonia c-album*)、尖钩粉蝶(*Gonepteryx mahaguru*)、东方菜粉蝶(*Pieris canidia*)和啡环蛱蝶(*Neptis philyra*)为常见种,其他种类个体数量均不足5%。凤蝶科(*Papilionidae*)虽仅有1属1种,但个体数量较多为优势类群,绿带翠凤蝶在原始林生境中表现出较强的适应性。

b生境中,尖钩粉蝶所占比例最大为27.54%,是该生境中优势种,绿带翠凤蝶、绢粉蝶(*Aporia crataegi*)和阿芬眼蝶(*Aphantopus hyperanthus*)个体数量共占22.83%,为常见种,其他种类均不足5%,为稀有种。该生境中蛱蝶科属数和种数均最多,但所属种类的个体数量均较少,粉蝶科个体数量较多成为优势类群。

c生境中,中董蛱蝶(*Euphydryas intermedia*)个体数量最多为优势种,所占比例为21.25%,绿带翠凤蝶和绢粉蝶(*Aporia crataegi*)为常见种,个体数量所占比例共计17.5%,其它种类所占比例均不足5%,为稀有物种。该生境中蛱蝶科在属数、种数和个体数量上均最多,对生境的适应能力较强。

d生境中,啡环蛱蝶(*Neptis philyra*)个体数量最多为该生境优势种,所占比例为14.14%,其次为宁眼蝶(*Ninguta schrenkii*)、通珍蛱蝶(*clossiana thore*)、黄环链眼蝶(*Lopinga achine*)、朝鲜环蛱蝶(*Neptis philyroides*)、东方菜粉蝶、钩粉蝶和绿豹蛱蝶(*Argynnis paphia*),所占比例共计53.93%,为人工林生境中常见种,其它物种个体数均较少。

2.2 不同生境蝶类群落相似性

不同生境蝴蝶物种分布的相似性系数见表1。各生境间物种相似性均在0.25—0.50之间,为中等不相似,反映了各生境综合环境因子的差异性。其中生境a和b在各生境间相似性系数相对较高,为0.3913,共有种27种,a生境和b生境距离较近,且b生境为灌丛草甸相对于a生境较为空旷,同时蝴蝶有较强的扩散性,相对其它生境,a生境蝶类较容易扩散到b生境。c生境和d生境蝴蝶物种相似性最小,为0.3016,两者蝴蝶物种数差距较大,这主要是由于两者距离相对最远,同时生境植被组成上也具有较大差异。

表1 不同生境相同蝴蝶种数及相似性系数

Table 1 Number of the shared species between two habitats and similarity coefficient

生境 Habitat	a	b	c	d
a		27	26	21
b	0.3913		24	19
c	0.3514	0.3333		19
d	0.3443	0.3220	0.3016	

a;原始阔叶红松林 Original broad-leaved Korean pine forest;b;灌丛草甸 Shrub meadow;c;天然次生林 Natural secondary forest;d;人工林 Artificial forest. 下同 The same below

2.3 不同生境间蝶类多样性分析

不同植被生境间蝶类群落多样性指数大小表现为生境 $a>c>d>b$,均匀度指数表现为生境 $d>a>c>b$,丰富度指数表现为生境 $c>a>b>d$,优势度指数表现为生境 $b>c>d>a$,见表2。a生境具有最高的多样性和最低的优势度,均匀度指数和丰富度指数在4种生境中均表现出较高的水平,表明a生境适合蝶类生存的环境质量相对较好;b生境均匀度指数和丰富度指数均较小,因而多样性指数最小;c生境丰富度指数最大,均匀度指数较小,而多样性指数较大,d生境均匀度指数最大,丰富度指数最小,而多样性指数较小,说明这2种生境中蝶类群落的多样性指数受丰富度指数影响更大。全年蝶类群落分布在不同生境分布的水平结构上,多样性指数与丰富度指数($r=0.583$)和均匀度指数($r=0.582$)相关性表现为正相关,与优势度指数负相关($r=-0.552$)。

表 2 不同生境蝶类群落的多样性指数

Table 2 Diversity index of butterfly community in different habitats

生境 Habitat	多样性指数(H') Diversity index	均匀度指数(J) Evenness index	丰富度指数(R) richness index	优势度指数(D) Dominance index
a	3.1243	0.7986	7.8256	0.1279
b	2.9306	0.4885	7.5013	0.2754
c	3.0855	0.7887	8.4947	0.2125
d	2.9733	0.8579	5.9022	0.1414

不同时期蝶类群落不同生境间分布的多样性特征指数如图 2 所示,表现为 6 月中下旬多样性指数为生境 $b>c>a>d$,均匀度指数为生境 $b>a>d>c$,丰富度指数为生境 $c>b>d>a$,优势度指数为生境 $c>d>b>a$,多样性指数仅与丰富度指数表现为较大的正相关($r=0.579$);7 月中旬多样性指数为生境 $a>c>b>d$,均匀度指数为生境 $d>c>a>b$,丰富度指数为生境 $c>b>a>d$,优势度指数为生境 $b>c>a>d$,多样性指数仅与丰富度指数表现为较大的正相关($r=0.936$),与均匀度表现为较大的负相关($r=-0.655$);8 月初多样性指数为生境 $a>c>b>d$,均匀度指数为生境 $c>a>b>d$,丰富度指数为生境 $c>a>b>d$,优势度指数为生境 $d>b>c>a$,多样性指数与丰富度指数极显著正相关($r=0.996, P<0.001$),与均匀度指数均表现为较大的正相关($r=0.866$),与优势度指数表现为显著负相关($r=-0.956, P<0.05$);8 月末多样性指数为生境 $a>d>c>b$,均匀度指数为生境 $d>c>a>b$,丰富度指数为生境 $a>b>d>c$,优势度指数为生境 $b>c>a>d$,多样性指数仅与丰富度指数表现为显著的正相关($r=0.951, P<0.05$),与优势度指数表现为较大的负相关($r=-0.595$)。

2.4 不同生境蝶类群落时间动态差异

不同植被生境蝶类群落多样性指数在各月份间差异极显著($F=10.379, P=0.001$)。多样性指数时间动态如图 2 所示,各生境在整个调查期均表现为 7 月最高,此时多数蝶类寄主植物较为繁茂,温度和水分最佳,6 月和 8 月相对较低。其中 a、b 和 c 生境蝶类多样性从 7 月中旬至 8 月末逐渐降低,而 d 生境多样性指数有一定的波动变化。

各生境均匀度指数时间动态表现为:a 生境在整个调查期均较为平稳,无较大波动;b 生境从 6 月中旬至 8 月末逐渐降低,这是由于钩粉蝶等优势种群数量在 7 月和 8 月持续显著增多,优势度显著增大,群落更容易受到环境的干扰;c 生境从 6 月中旬至 7 月逐渐上升,后变化趋势较为平稳,波动较小;d 生境在整个调查期均匀度指数值波动变化较大,在 7 月中旬和 8 月末出现 2 个高峰。

各生境蝶类群落个体数量时间动态表现为:a 生境随季节变化个体数逐渐增多,到 7 月达最大值,随后逐渐减少;b 生境在整个调查期个体数量变化波动较大,在 7 月中旬和 8 月末出现 2 个高峰;c 生境个体数量从 6 月至 8 月末持续减少;d 生境在整个调查期个体数量均较少,且波动也较小。

如表 3 所示,各生境蝶类群落在时间序列上,多样性指数与丰富度指数变化趋势均表现出较强一致性($r=0.946-0.998, P<0.05$),与均匀度指数时间动态变化趋势在 a、b 生境中表现出较大的正相关,在 c 生境中相关性相对减弱,d 生境中相关性相对最小;优势度指数变化趋势与均匀度指数相反,均表现出较大的负相关($r=-0.841-0.89$)。

2.5 不同生境蝶类群落种-多度分析

种-多度变化是生物群落结构多样性的一个重要表征。在 X 轴为倍程刻度($\log_3$ 对数级数)、Y 轴为普通算术刻度的坐标系中,描绘群落种-多度曲线图,如图 3。a 生境表现为对数正态分布,即优势种和稀有种相对较少,而处于中间的物种较多,蝶类群落对生境环境的适应性较强;d 生境近似接近对数正态分布,蝶类群落表现出优势种种类数增多的特征;b 生境和 c 生境种-多度分布近似表现为对数级数模型,即生态位优先占领假说,群落中物种对资源的占有表现为第一优势种优先占领有限资源的一定部分,第二优势种又占领所余下资源的一定部分,余此类推,其中 b 生境蝶类群落表现出稀有种较多,常见种物种数和个体数量同时增多的特征,c 生境蝶类群落稀有种很多,优势种物种数很少而个体数量很多,说明群落有向单优势种群发展的趋势。

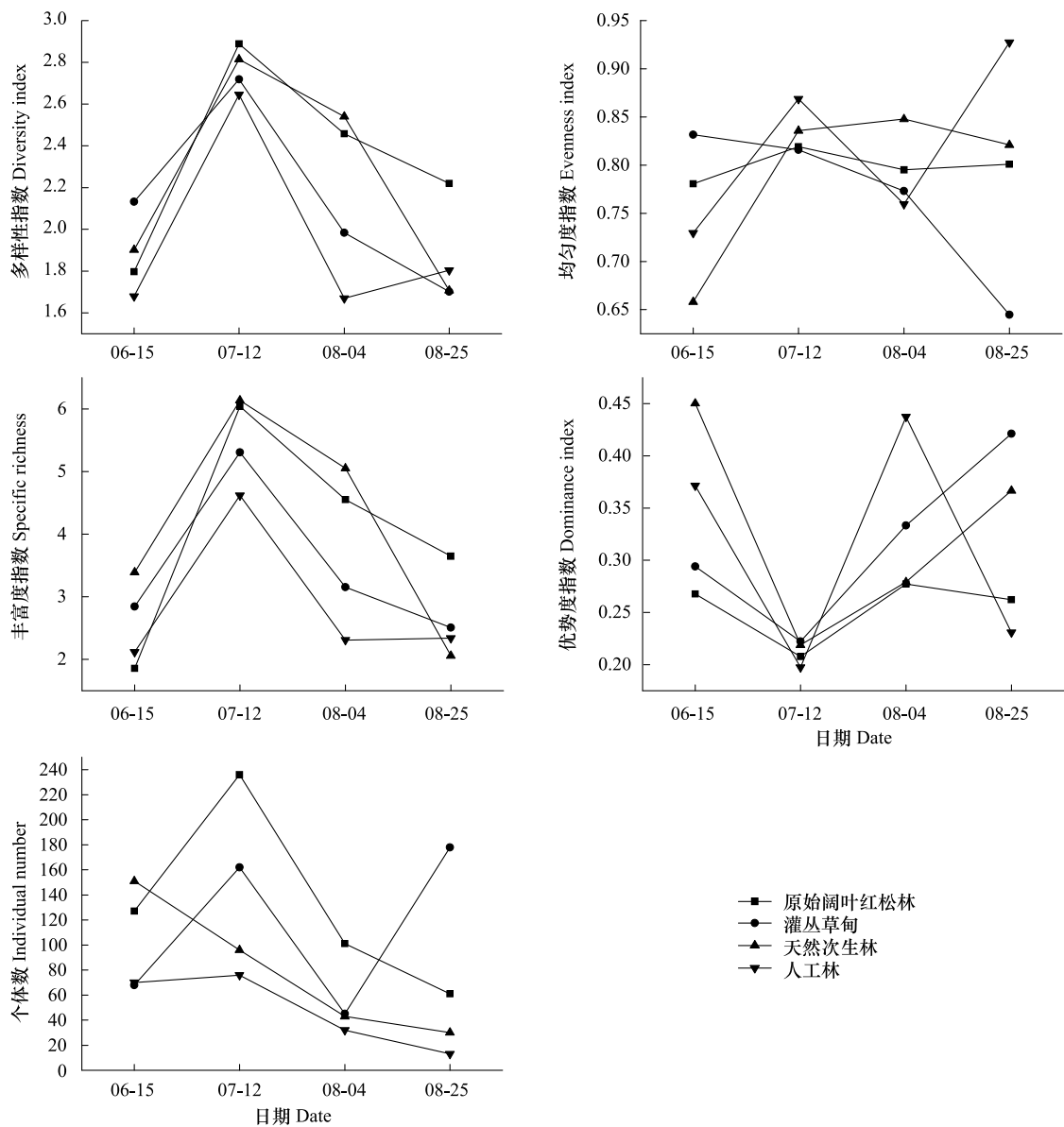


图 2 不同生境蝶类群落的多样性指数 (H')、均匀度指数 (J)、物种丰富度 (R)、优势度指数 (D) 和个体数 (N) 的时间动态
Fig. 2 Temporal dynamics of the diversity index, evenness index, specific richness, dominance index and individual number of butterfly community in different habitat
a: 原始阔叶红松林 Original broad-leaved Korean pine forest; b: 灌丛草甸 Shrub meadow; c: 天然次生林 Natural secondary forest; d: 人工林 Artificial forest. 下同 The same below

表 3 不同多样性指数间的相关系数
Table 3 Correlation coefficients (r) of different diversity indices

生境 Habitat	多样性指数 The diversity index	J	R	D	N
a	H'	0.933	0.998 **	-0.727	0.631
b	H'	0.738	0.946	-0.965 *	0.127
c	H'	0.514	0.987 *	-0.878	0.008
d	H'	0.460	0.994 *	-0.745	0.544

** $P < 0.001$; * $P < 0.05$

2.6 蝶类区系组成

对凉水自然保护区蝶类区系组成进行了划分,如表 4,76 种蝶类包括古北种 32 种,占总蝶类的 42.11 %,

其中蛱蝶科最多(17种),其它依次为眼蝶科(5种),灰蝶科(4种),粉蝶科和弄蝶科(3种);东洋种1种,占总蝶类的1.32%,仅包括灰蝶科1种;广布种43种,占总蝶类的56.58%,其中蛱蝶科最多(21种),其它依次为粉蝶科(10种),眼蝶科(5种),灰蝶科(3种),凤蝶科、绢蝶科和弄蝶科均只有1种。通过对76种蝶类区系归属及所占比例的分析可见,区系构成以古北东洋两界共有的广布种为主,说明保护区内蝶类具有古北种与东洋种相互交汇渗透的特点,且古北种与东洋种相比,数量占绝对优势,表现出很强的古北界特征,说明古北种对保护区内环境具有更强的适应性,古北种成分占主导地位,较容易向南渗透。这些特征符合保护区位于古北界中东部而受东洋界成分影响略小的特点。

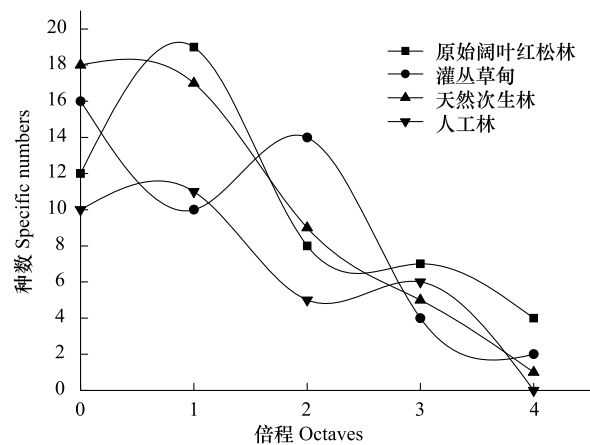


图3 不同生境蝶类群落种-多度曲线

Fig. 3 The curve of species-abundance butterfly community in different types habitat

表4 凉水自然保护区蝶类区系结构

Table 4 Faunal composition of butterflies in Liangshui Nature Reserves

科名 Family	古北种 The Palaearctic species	东洋种 The Oriental species	广布种 The widely distributed species
粉蝶科 Pieridae	3	0	10
凤蝶科 Papilionidae	0	0	1
灰蝶科 Lycaenidae	4	1	3
蛱蝶科 Nymphalidae	17	0	22
绢蝶科 Parnassiidae	0	0	1
弄蝶科 Hesperidae	3	0	1
眼蝶科 Satyridae	5	0	5
总计 The total	32	1	43
占比重 Proportion of total/%	42.11	1.32	56.58

3 结论与讨论

调查共获得蝶类7科47属76种,区系组成以古北东洋两界共有的广布种为主,古北种成分占主导地位。蝶类群落从科级组成上,蛱蝶科在各生境中物种数和个体数均最多,为保护区内蝶类科级优势类群;属级组成上,各生境优势类群虽略有差异,但均以粉蝶属、线蛱蝶属和环蛱蝶属为主,为保护区内属级优势类群,同时各生境中蝶类单种属均较多,占据较大比例(71%—85.71%),说明保护区内各生境属级多样性较高;物种组成上,原始林中以绿带翠凤蝶和单环蛱蝶为优势种,其它生境均仅有一个优势种,其中灌丛草甸和天然次生林生境中优势种群所占比例均大于20%,呈现绝对单优势种群状态。结合群落相似性分析,各生境蝶类群落均中等不相似,一定程度上反应了植被生境综合环境因子的差异。

原始林生境蝶类多样性指数最高,均匀度指数和丰富度指数在4种生境中也较高,优势度指数最低,灌丛草甸生境多样性指数、均匀度指数和丰富度指数均较低,说明前者蝶类所处环境较为优越,更为稳定的生境质量有利于蝶类的生存;人工林生境中蝶类群落多样性指数和物种丰富度较低,但均匀度指数最高,天然次生林中蝶类群落表现出相反的特征,表明在封山育林状态下,人工林和天然次生林综合生境状态存在一定差异;总体来看,保护区内蝶类群落的多样性指数与丰富度指数一致,与均匀度不一致,胡冰冰等^[12]人在天津八仙山的研究中蝶类群落也表现出相似的规律。从不同时期蝶类群落在不同生境的水平分布进一步分析发现,多样

性指数与丰富度指数相关性从6月到8月逐渐增大,表现为较大或显著地正相关,与均匀度指数的关系无明显规律,6月中旬相关性较大,7月为负相关,到8月初表现为较大的正相关,而此时多样性与丰富度的相关性在整个调查期也最大,表明8月蝶类群落的水平分布结构对整个调查期的蝶类群落结构影响较大。

通过对蝶类多样性时间动态分析,各生境蝶类群落多样性指数在各月份间差异均极显著,说明环境因子的综合变化对蝶类群落多样性影响显著。在时间序列上,多样性指数的变化与其它指数存在着密切的联系,各指数间的关系在不同作者的研究中出现不同的结果,贺达汉等^[19]认为荒漠草原昆虫群落的多样性指数与均匀度是一致的,表明群落结构是稳定的。万方浩等^[20]人研究的稻田昆虫群落则得出在不同季节,多样性指数与均匀度不一致。刘文萍等^[21]人认为蝶类群落种-多度关系表现为对数级数模型时,多样性指数与均匀度不一致,昆虫群落的种-多度曲线呈对数正态分布时,一般情况下多样性指数与均匀度一致。而在这里,原始林、灌丛草甸和天然次生林蝶类多样性指数与丰富度和均匀度指数季节动态较一致,而人工林仅与丰富度较一致。

各生境蝶类群落种-多度关系分析表明,原始林和人工林蝶类群落种-多度分布满足对数正态分布,天然次生林和灌丛草甸近似满足对数级数模型。结合以上分析表明原始林蝶类群落结构稳定,说明所处环境较为优越,适宜蝶类群落的生存发展。人工林生境蝶类群落种-多度分布近似表现为对数正态分布,而群落物种多样性指数与均匀度指数无明显一致性,尤平等^[22]人的研究认为天津七里海蛾类的种-多度曲线向左偏移,曲线虽然呈对数正态分布,但多样性指数却与均匀度不一致,在这里,蝶类群落表现出稀有种和优势物种数均增多的特征,蝶类群落趋于稳定。灌丛草甸虽多样性与均匀度和丰富度指数相关性较大,但3种指数在4种生境中均较小,且群落种-多度分布表现为对数级数分布,群落结构稳定性趋于减弱。天然次生林蝶类群落多样性指数和丰富度指数相对较高,但均匀度较小,且优势种优势度较大,群落种-多度分布表现为对数级数分布,群落结构稳定性相对较弱。

综合分析得出,保护区内各植被生境中蝶类群落物种多样性均较高,且群落结构均较为稳定,但在不同植被生境存在一定差异,原始红松林和以针叶树种为主的人工混交林蝶类群落结构稳定性相对较强,生境环境质量相对较好,灌丛草甸和阔叶次生林蝶类群落结构稳定性相对减弱,环境质量相对其他生境较差,笔者建议保护区在森林资源保护的前提下,对灌丛草甸和阔叶次生林区域的树种组成进行适当的人为干扰,增加针叶树种的比例,促进植被向原始针阔叶红松林的顶级群落发展。

参考文献 (References):

- [1] Weiss S B, White R R, Murphy D D, Ehrlich P R. Growth and dispersal of larvae of the checkerspot butterfly *Euphydryas editha*. *Oikos*, 1987, 50: 161-166.
- [2] Kremen C. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications*, 1992, 2(2): 203-217.
- [3] Kumar S, Simonson S E, Stohlgren T J. Effects of spatial heterogeneity on butterfly species richness in Rocky Mountain National Park, CO, USA. *Biodiversity and Conservation*, 2009, 18(3): 739-763.
- [4] 李秀山, 张雅林, 骆有庆, Settele J. 长尾麝凤蝶生活史、生命表、生境及保护. *生态学报*, 2006, 26(10): 3184-3197.
- [5] Saunders D A, Hobbs R J, Margules C R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, 1991, 5(1): 18-32.
- [6] Steffan D, Tschamtk T. Butterfly community structure in fragmented habitats. *Ecology Letters*, 2000, 3(5): 449-456.
- [7] Grill A, Knoflach B, Cleary D F R, Kati V. Butterfly, spider, and plant communities in different land-use types in Sardinia, Italy. *Biodiversity and Conservation*, 2005, 14(5): 1281-1300.
- [8] Inoue T. Chronosequential change in a butterfly community after clear-cutting of deciduous forests in a cool temperate region of central Japan. *Entomological Sciences*, 2003, 6(3): 151-163.
- [9] 黎璇, 袁兴中, 邓合黎. 横断山区蝶类的垂直分布及其多样性. *生态学杂志*, 2009, 28(9): 1847-1852.
- [10] 陈振宁, 曾阳, 鲍敏, 马继雄, 柯君. 青海互助北山国家森林公园不同生境的蝶类多样性研究. *生物多样性*, 2006, 14(6): 517-524.
- [11] 李密, 周红春, 谭济才, 王鹏, 刘国华. 乌云界国家级自然保护区蝴蝶物种多样性及其保护. *应用生态学报*, 2011, 22(6): 1585-1591.
- [12] 胡冰冰, 李后魂, 梁之聘, 赵铁建, 任秀柏. 八仙山自然保护区蝴蝶群落多样性及区系组成. *生态学报*, 2010, 30(12): 3226-3238.

- [13] 马建章,刘传照. 凉水自然保护区研究. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993: 18-26.
- [14] 周尧. 中国蝶类志. 郑州: 河南科学技术出版社, 2000: 93-745.
- [15] 周尧. 中国蝴蝶分类与鉴定. 郑州: 河南科学技术出版社, 1998: 1-313.
- [16] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990: 1-46.
- [17] 张鑫, 胡红英, 吕昭智. 新疆东部天山蝶类多样性及其垂直分布. 生态学报, 2013, 33(17): 5329-5338.
- [18] 张荣祖. 中国动物地理. 北京: 科学出版社, 1999: 1-502.
- [19] 贺答汉, 田畴, 任国栋, 郝峰茂, 马世谕. 荒漠草原昆虫的群落结构及其演替规律初探. 中国草地, 1988, (6): 24-28.
- [20] 万方浩, 陈常铭. 综防区和化防区稻田害虫-天敌群落组成及多样性的研究. 生态学报, 1986, 6(2): 159-170.
- [21] 刘文萍, 邓合黎. 木里蝶类多样性的研究. 生态学报, 1997, 17(3): 266-271.
- [22] 尤平, 李后魂, 王淑霞, 徐家生. 天津七里海湿地蛾类多样性. 昆虫学报, 2003, 46(5): 617-621.

附录 I 不同生境蝴蝶群落的种类与数量

Appendix I Species and individual number of butterfly community in different habitats

种类 Species	数量 Number of individuals				区系成分	
	a	b	c	d	总计 Total	Fauna composition
粉蝶科 Pieridae						
斑缘豆粉蝶 <i>Colias erate</i>	1	5	2	1	9	W
暗脉菜粉蝶 <i>Pieris napi</i>	4				4	W
菜粉蝶 <i>Pieris rapae</i>	2	12	1		15	W
大展粉蝶 <i>Pieris extensa</i>	2	3		4	9	W
东方菜粉蝶 <i>Pieris canidia</i>	30	11	4	14	59	W
黑纹粉蝶 <i>Pieris melete</i>	1	1	2	1	5	W
尖钩粉蝶 <i>Gonepteryx mahaguru</i>	41	111	7	13	172	W
绢粉蝶 <i>Aporia crataegi</i>	9	26	28		63	W
小槲绢粉蝶 <i>Aporia hippia</i>	3	3	15	2	23	W
莫氏小粉蝶 <i>Leptidea morsei</i>	1	4	1	1	7	P
突角小粉蝶 <i>Leptidea amurensis</i>			1		1	P
圆翅小粉蝶 <i>Leptidea gigantea</i>		1			1	P
云粉蝶 <i>Pontia daplidice</i>			1		1	W
凤蝶科 Papilionidae						
绿带翠凤蝶 <i>Papilio maackii</i>	67	42	28	6	143	W
灰蝶科 Lycaenidae						
雾驳灰蝶 <i>Bothrinia nebulosa</i>			1		1	P
豆灰蝶 <i>Plebejus argus</i>	3	2			5	P
红珠灰蝶 <i>Lycaeides argyrognomon</i>			1		1	P
精灰蝶 <i>Artopoetes pryri</i>			1		1	P
蓝灰蝶 <i>Everes argiades</i>	6	12	4		22	W
琉璃灰蝶 <i>Celastrina argiola</i>			1		1	W
珞灰蝶 <i>Scolitantides orion</i>			3		3	W
银灰蝶 <i>Curetis acuta</i>		1			1	O
蛱蝶科 Nymphalidae						
绿豹蛱蝶 <i>Argynnis paphia</i>	10	13	12	12	47	W
灿福蛱蝶 <i>Fabriciana adippe</i>	4	18	8	3	33	W
白钩蛱蝶 <i>Polygonia c-album</i>	51	11	2	3	67	W
小红蛱蝶 <i>Vanessa cardui</i>		1			1	W
朝鲜环蛱蝶 <i>Neptis philyroides</i>	16	9	3	15	43	W
单环蛱蝶 <i>Neptis rivularis</i>	56	9	6	2	73	W
啡环蛱蝶 <i>Neptis philyra</i>	29	12	4	27	72	W
链环蛱蝶 <i>Neptis pryri</i>	2	1	1	5	9	W
司环蛱蝶 <i>Neptis speyeri</i>			1		1	W
提环蛱蝶 <i>Neptis thisbe</i>	3		21	4	28	W
白钹朱蛱蝶 <i>Nymphalis vau-album</i>	1	5	2		8	P
朱蛱蝶 <i>Nymphalis xanthomelas</i>	3	3			6	P
中董蛱蝶 <i>Euphydryas intermedia</i>	2	1	68		71	P
孔雀蛱蝶 <i>Inachis io</i>		3	2		5	P
白斑迷蛱蝶 <i>Mimathyma schrenckii</i>	9	5		1	15	W
夜迷蛱蝶 <i>Mimathyma nycteis</i>	7				7	P
黄密蛱蝶 <i>Mellicta athalia</i>			1		1	P
黑条伞蛱蝶 <i>Aldania raddei</i>	4	6	2		12	P

续表

种类 Species	数量 Number of individuals				总计 Total	区系成分 Fauna composition
	a	b	c	d		
柳紫闪蛱蝶 <i>Apatura ilia</i>	1				1	W
曲带闪蛱蝶 <i>Apatura laverna</i>	1				1	W
细带闪蛱蝶 <i>Apatura metis</i>	1			1	2	P
紫闪蛱蝶 <i>Apatura iris</i>	9				9	P
帝网蛱蝶 <i>Melitaea diamina</i>	1				1	W
断眉线蛱蝶 <i>Limenitis homeyeri</i>			5		5	W
横眉线蛱蝶 <i>Limenitis moltrechti</i>	1				1	P
红线蛱蝶 <i>Limenitis populi</i>			1		1	P
戟眉线蛱蝶 <i>Limenitis homeyeri</i>	4	1	1		6	W
扬眉线蛱蝶 <i>Limenitis helmanni</i>	7	3	4	1	15	W
隐线蛱蝶 <i>Limenitis camilla</i>	1		3	4	8	P
折线蛱蝶 <i>Limenitis sydyi</i>	1		1		2	W
重眉线蛱蝶 <i>Limenitis amphyssa</i>			2	1	3	W
小豹蛱蝶 <i>Brenthis daphne</i>	2				2	W
伊诺小豹蛱蝶 <i>Brenthis ino</i>	1	8	2		11	P
明珍蛱蝶 <i>Clossiana oscarus</i>		1			1	P
通珍蛱蝶 <i>Clossiana thore</i>	2	1	1	17	21	P
西冷珍蛱蝶 <i>Clossiana selenis</i>		1			1	P
布网蛱蝶 <i>Araschnia burejana</i>		1		1	2	W
蛱蛱蝶 <i>Araschnia levana</i>	37	14	6	2	59	P
直纹蛱蝶 <i>Araschnia prorsoides</i>	2	1		1	4	W
绢蝶科 Parnassiidae						
冰清绢蝶 <i>Parnassius glacialis</i>		6	10		16	W
弄蝶科 Hesperidae						
豹弄蝶 <i>Thymelicus leoninus</i>			1		1	W
链弄蝶 <i>Heteropterus morpheus</i>	7	2			9	P
黄翅银弄蝶 <i>Carterocephalus palaemon</i>		1		4	5	P
宽边赭弄蝶 <i>Ochlodes ochracea</i>	3	2	1		6	P
眼蝶科 Satyridae						
阿芬眼蝶 <i>Aphantopus hyperanthus</i>	29	24	26	5	84	P
白眼蝶 <i>Melanargia halimede</i>		1	6		7	P
边纹黛眼蝶 <i>Lethe marginalis</i>				1	1	W
多眼蝶 <i>Kirinia epimenidea</i>			2		2	W
暗红眼蝶 <i>Erebia neriere</i>	2		2	4	7	P
矍眼蝶 <i>Ypthima motschulskyi</i>	23			3	26	W
黄环链眼蝶 <i>Lopinga achine</i>	2	3	2	15	22	P
斗毛眼蝶 <i>Lasiommata deidamia</i>		1			1	W
宁眼蝶 <i>Ninguta schrenkii</i>	17	1	11	17	46	W
英雄珍眼蝶 <i>Coenonympha hero</i>	3				3	P
合计 The total	524	403	321	191	1438	

a:原始阔叶红松林 Original broad-leaved Korean pine forest;b:灌丛草甸 Shrub meadow;c:天然次生林 Natural secondary forest;d:人工林 Artificial forest. P:古北种 Palaearctic species;W:广布种 Widely distributed species;O:东洋种 Oriental species