

DOI: 10.5846/stxb201501140116

问荣荣, 马玲, 刘哲强, 焦玥, 顾伟, 满子源, 刘雪英. 小兴安岭森林恢复期不同植被区域蛾类组成及其多样性. 生态学报, 2016, 36(15): - .
Wen R R, Ma L, Liu Z Q, Jiao Y, Gu W, Man Z Y, Liu X Y. Diversity and species composition of moths in different forests types at different stages of restoration on Xiaoxing'an Mountain, Northeast China. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(15): - .

小兴安岭森林恢复期不同植被区域蛾类组成及其多样性

问荣荣, 马玲*, 刘哲强, 焦玥, 顾伟, 满子源, 刘雪英

东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040

摘要: 为了研究小兴安岭地区不同植被类型的森林恢复区域和原始林区域的蛾类群落结构和多样性, 对位于凉水自然保护区的 4 个典型区域的蛾类群落进行了系统调查。共采集蛾类标本 56079 号, 隶属于 28 科 598 种, 其中夜蛾科、尺蛾科为优势类群, 豆卷叶野螟、头橙荷苔蛾、一色兜夜蛾等为小兴安岭地区优势种。对蛾类群落的种-多度关系分析得知, 四个区域均符合对数正态分布假说。多样性指数分析表明, 多样性和均匀度均为 $IV > III > II > I$; 优势集中性指数为 $I > III > II > IV$ 。相似性分析和群落排序结果表明各植被恢复区域与原始林蛾类群落均存在差异, 但差异不大。研究认为小兴安岭地区蛾类赖以生存的生态系统稳定, 环境条件良好。

关键词: 蛾类; 群落结构; 多样性; 种-多度; 群落相似性; 凉水自然保护区

Diversity and species composition of moths in different forests types at different stages of restoration on Xiaoxing'an Mountain, Northeast China

WEN Rongrong, MA Ling*, LIU Zheqiang, JIAO Yue, GU Wei, MAN Ziyuan, LIU Xueying

School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

Abstract: We determined moth community structure and diversity in different forest types, including both restoration areas and primeval forests, in the Xiaoxing'an Mountains. We systematically investigated the moth communities in four typical forest types (natural mixed conifer-hardwood forest, planted and secondary growth forest, natural hardwood forest, and virgin Korean pine [*Pinus koraiensis*] forest) in the Liangshui Natural Reserve. We collected 56,079 specimens of 598 species, belonging to 28 families of Lepidoptera. Noctuidae, Geometridae, Pyralidae, Notodontidae, and Tortricidae were the dominant families, and *Pleuroptya ruralis* (Scopoli), *Ghoria gigantea* (Oberthür), *Cosmia unicolor* (Staudinger), *Hydrillodes funeralis* Warren, and *Yponomeuta evonymellus* (Linnaeus) were the dominant species. Xiaoxing'an Mountains and Changbai Mountains had similar forest habitats and accordingly, the dominant moth groups were similar. Noctuidae, Geometridae, Pyralidae and Notodontidae were the dominant families in both of these mountains, and all 27 families of moths found in Changbai Mountains, except Oecophoridae, were collected during our survey. Furthermore, we collected more than 100 individuals for most of the dominant species in the Changbai Mountains, including *Hypomecis punctinalis conferenda* (Butler), *Deileptenia ribeata* (Clerck), *Clostera albosigma curtuloides* Erschoff, *Tethea ampliata* (Butler), *Diarsia canescens* (Butler), and *Anaplectoides virens* (Butler). The Changbai Mountains, however, was host to the largest number of individuals of Geometridae and there were differences in the dominant species between the two places. The

基金项目: 国家科技部国家科技支撑计划课题(2012BCA01B00); 东北林业大学学术名师项目; 国家自然科学基金项目(30870394); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2572014BA06)

收稿日期: 2015-01-14; **网络出版日期:** 2015-00-00

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

species-abundance analysis for moth communities depicted a curve in accordance with the log-normal hypothesis and goodness of fit was strong ($R^2 > 0.9240$). We used common indices of diversity for the moth community. The individual number was $II > I > III > IV$, the diversity index and the evenness index were $IV > III > II > I$, and the dominant concentration index was $I > III > II > IV$. The diversity index was significantly correlated with the dominant concentration index ($r = -0.7 \sim -0.974$, $p < 0.05$), but it was not significantly correlated with the evenness index ($r = 0.173 \sim 0.471$, $p > 0.05$). Polar ordination and community similarity analysis indicated that the moth community structure of all forest restoration areas differed little from that of the primeval forest area. We concluded that the environmental conditions the moths depend on in the Xiaoxing'an Mountains are stable and that the ecological and environmental quality has been well preserved. There were, however, differences in the insect community structure and natural environment between different forest restoration areas and the primeval forest. Compared with the primeval forest, the restoration areas had more individuals and more dominant species. Therefore, it is necessary to focus on pest monitoring of *Pleuroptya ruralis* (Scopoli), *Ghoria gigantea* (Oberthür), *Cosmia unicolor* (Staudinger), *Hydrillodes funeralis* Warren, *Yponomeuta evonymellus* (Linnaeus). The natural mixed conifer-hardwood stands had the greatest abundance of dominant species (i.e., lowest evenness) and the lowest diversity of the moth communities surveyed, which might be a consequence of the low diversity of vegetation.

Key Words: moth; community; diversity; species abundance; community similarity; Liangshui Natural Reserve

森林生态系统是陆地生态系统中面积最大、最重要的自然生态系统,昆虫作为森林生态系统的一个重要组成部分,其种群数量变化和行为变动与森林生态系统密切相关,选择昆虫作为森林生态系统评价的指示性生物有着极大的应用潜力^[1]。鳞翅目是昆虫纲中第二大目,是农林害虫中种类最多的一个目,蛾类约占鳞翅目昆虫的 90%^[2]而且食性大多为植食性,与生境中植物群落有着密切的联系,同时也是食物网中的重要环节。

小兴安岭林区是我国重点林区之一,也是中国天然林生态系统的核心区域之一。黑龙江凉水国家级自然保护区坐落于小兴安岭东南端,达里带岭支脉的东坡。区内森林类型多样,既有处于演替顶级状态的原始红松林,又有处于不同演替阶段的次生林以及红松、落叶松、云杉等树种的人工林,几乎囊括了小兴安岭山脉的所有森林类型。凉水国家级自然保护区是小兴安岭林区开发前的真实缩影,具有很高的科学研究价值。众多学者对凉水自然保护区植被以及土壤等的研究已日渐成熟,但对昆虫的研究还刚刚起步^[3-6],还未曾有学者对蛾类群落结构进行调查。

本研究根据植被类型的不同,选取了小兴安岭凉水自然保护区内处于森林恢复期的不同植被区域与未受人类活动干扰的原始红松林共 4 个区域进行采样,调查分析各区域蛾类群落结构动态,分析不同恢复区域与原始林区域之间蛾类群落的差异。旨在为森林恢复区的保护和资源分配提供昆虫方面的基础数据,并为其环境质量监测提供依据,进而为小兴安岭地区生物多样性保护、森林生态可持续发展规划提供理论基础。

1 研究区域和研究方法

1.1 样地选取

根据小兴安岭地区凉水自然保护区的原始林和不同植被类型恢复区域,选择了 4 个典型样地进行研究。分别为天然针阔混交林恢复区域(Ⅰ)、人工次生林恢复区域(Ⅱ)、天然阔叶林恢复区域(Ⅲ)、原始红松林区域(Ⅳ)。各植被恢复区域均为封山育林状态下恢复 50 年的森林类型,其中,样地(Ⅰ)为经择伐的天然林,树种组成为 6 云 3 白 1 冷,优势树种平均年龄 130 年,平均胸径 28cm;样地(Ⅱ)为人工林,树种组成 5 云 3 冷 2 白,优势树种平均年龄 58 年,平均胸径 23cm;样地(Ⅲ)为皆伐后天然恢复的阔叶混交林,树种组成 3 白 2 椴 1 红 1 色 1 云 1 水 1 枫,优势树种平均年龄 55 年,平均胸径 29cm。原始林实验样地(Ⅳ),树种组成为 7 红 1 冷 1 椴 1 榆,优势树种平均年龄 220 年,平均胸径 38cm。各样地土壤类型均为暗棕壤。

1.2 研究方法

调查采样时间为 2014 年 6 月 1 日至 2014 年 9 月 15 日,各样地均每 20d 调查一次,遇不良天气顺延。调查方法为灯诱法,灯诱时间为 19:30—23:30,诱集灯为 450W 高压汞灯,幕布采用 1.5×1.5m² 白色幕布。在各样地边缘随机选取样地,用支架将诱虫灯挂于幕布前 15cm 处,利用蛾类的趋光性原理于样地边缘诱集昆虫,并在诱集灯下放铺放白纸以收集落在地面的昆虫。将诱集到的昆虫用装有乙酸乙酯毒瓶毒杀,带回室内,分类制作标本后鉴定其种类并记录每种昆虫数量。

大部分蛾类标本(包括所有优势种)均鉴定到种,部分难于鉴定的标本鉴定到科。所有标本保存在东北林业大学凉水自然保护区昆虫标本室。

1.3 数据处理

实验数据采用 Excel 2010 和 SPSS19.0 等统计分析软件处理。

多样性分析主要采用以下指数:个体总数 $N = \sum_{i=1}^s n_i$ (n_i 为每个物种的个体数); Shannon 多样性指数 $H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln(P_i)$ (P_i 为第 i 种物种占群落物种总数的比率, S 为群落物种数); Simpson 优势度集中性指数 $C = \sum_{i=1}^s (P_i)^2$ (P_i 为第 i 种物种占群落物种总数的比率, S 为群落物种数); 均匀度 Pielou 指数 $J = H' / \ln S$ (H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数, S 为物种丰富度); Berger-Parker 优势度指数: $I = N_{\max} / N$ ($N_{\max}$ 为优势类群个体数量, N 为个体总数)。

种-多度分析采用 X 轴为倍程刻度(log₃ 对数级数), Y 轴为普通算术刻度的坐标系,以蛾类昆虫个体数为横坐标,蛾类种类数为纵坐标,描绘种-多度曲线图。

相似性分析采用 Jaccard 系数 $I = a / (a + b + c)$ (a 为两个样方共有种数, b 为存在于样方 j 但不存在于样方 k 的种数, c 为存在于样方 k 但不存在于样方 j 的种数)。群落的排序采用极点排序法,通过排序将各样点昆虫群落作为点,并且用各群落属性作为坐标轴,在二维空间中按照各昆虫群落的相似关系将其排列。

2 结果与分析

2.1 不同植被区域蛾类群落组成

实验共采集到蛾类昆虫标本 56079 号,隶属于 28 科 598 种。其中夜蛾科(226 种)、尺蛾科(121 种)为小兴安岭地区蛾类优势类群,分别占总种数的 37.8% 和 20.2%。螟蛾科(54 种)、舟蛾科(45 种)、卷蛾科(40 种)的种类也较多。从各类群个体数量上来看,夜蛾科(20646 头)和螟蛾科(14410 头)数量最多,分别占总个体数的 36.8% 和 25.7%,其次为尺蛾科(5851 头)和灯蛾科(3721 头)。巢蛾科虽然只有 3 种,但是由于区域 II 7 月中旬稠李巢蛾和苹果巢蛾的大量发生,总数量在所有科中居第五位。

从科级阶元来看,各区域中蛾类科级分布差异不显著。区域 I 有 20 个科,区域 II 和区域 III 均有 23 个科。区域 IV 有 25 个科,在所有区域中居第一位,且草蛾科、网蛾科、长角蛾科等科只在区域 IV 中出现,他们可能是该生境的专属科。综合不同植被区域蛾类的物种数和个体数来看,各区域均以夜蛾科为主,尺蛾科次之,各区域中各科分布差异不显著。

在区域 I 中,各优势科的相对多度排序为夜蛾科(39.40) > 螟蛾科(32.48) > 灯蛾科(9.52) > 尺蛾科(7.08); 区域 II 中为夜蛾科(35.09) > 螟蛾科(23.37) > 巢蛾科(16.49) > 尺蛾科(8.73); 区域 III 中为夜蛾科(33.75) > 螟蛾科(28.45) > 尺蛾科(10.55) > 灯蛾科(6.85); 区域 IV 中为夜蛾科(42.25) > 尺蛾科(19.63) > 螟蛾科(15.34) > 灯蛾科(6.50)。夜蛾科在各个区域中所占比例均最高,且所占比例相近,受植被类型影响较小。灯蛾科、毒蛾科和舟蛾科等科在不同区域中相对多度分布也比较均匀。尺蛾科在原始林区域所占比例最高,相对多度比其他林型高约 10%。螟蛾科在三个植被恢复区域(区域 I—III)中所占比例均位居第 2 位,在原始林中个体数量所占比例明显小于其他区域;区域 II 中巢蛾科个体数所占比例为 16.49%,明显高于其他区域。

螟蛾科和巢蛾科的在各区域中个体数量分布受优势种个体数量的影响比较大,原始林区域相比各恢复区域植被类型丰富,昆虫群落内部网更为复杂,能够有效抑制蛾类优势种的爆发,控制其个体数量。

表 1 不同植被区域蛾类群落的数量结构

Table 1 Insect communities in different areas in Liangshui Reserve												
种类 Species	I		II		III		IV		合计 Total			
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	R	N	R
波纹蛾科 Thyatiridae	6	100	8	233	7	681	6	206	8	1.3	1220	2.2
蚕蛾科 Bombycidae	1	12	1	32	1	28	1	18	1	0.2	90	0.2
草蛾科 Ethmiidae	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.2	1	0.0
巢蛾科 Yponomeutidae	3	147	3	2856	3	175	2	46	3	0.5	3224	5.7
尺蛾科 Geometridae	83	1065	93	1512	85	1523	99	1751	121	20.2	5851	10.4
刺蛾科 Limacodidae	3	12	4	39	5	39	3	27	5	0.8	117	0.2
大蚕蛾科 Saturniidae	4	40	5	66	4	86	3	43	5	0.8	235	0.4
灯蛾科 Arctiidae	14	1432	16	721	18	988	13	580	18	3.0	3721	6.6
毒蛾科 Lymantriidae	15	621	15	428	14	680	15	294	18	3.0	2023	3.6
钩蛾科 Drepanidae	4	323	4	206	5	176	5	70	5	0.8	775	1.4
冠翅蛾科 Ypsolophidae	0	0	0	0	2	4	1	3	2	0.3	7	0.0
虎蛾科 Agaristidae	0	0	1	8	1	6	1	1	1	0.2	15	0.0
举肢蛾科 Stathmopodidae	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0.2	1	0.0
卷蛾科 Tortricidae	20	176	28	303	18	180	26	380	40	6.7	1039	1.9
枯叶蛾科 Lasiocampidae	9	62	8	67	8	99	9	47	10	1.7	275	0.5
瘤蛾科 Nolidae	1	1	2	3	2	9	3	20	4	0.7	33	0.1
箩纹蛾科 Brahmaeidae	1	4	1	7	1	15	1	2	1	0.2	28	0.0
麦蛾科 Gelechiidae	1	1	1	11	0	0	2	7	3	0.5	19	0.0
螟蛾科 Pyralidae	32	4888	40	4049	38	4105	34	1368	54	9.0	14410	25.7
木蠹蛾科 Cossidae	0	0	1	1	2	7	1	1	2	0.3	9	0.0
鞘蛾科 Coleophoridae	1	13	1	25	1	5	1	16	1	0.2	59	0.1
蓑蛾科 Psychidae	1	2	0	0	1	2	0	0	1	0.2	4	0.0
天蛾科 Sphingidae	16	106	18	114	16	208	12	103	19	3.2	531	0.9
网蛾科 Thyrididae	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.2	1	0.0
夜蛾科 Noctuidae	165	5929	165	6080	170	4870	124	3767	226	37.8	20646	36.8
羽蛾科 Pterophoridae	0	0	1	1	1	1	1	2	1	0.2	4	0.0
长角蛾科 Adelidae	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.2	1	0.0
舟蛾科 Notodontidae	32	473	34	560	35	543	27	164	45	7.5	1740	3.1
合计 Total	412	15047	451	17323	438	14430	393	8919	598	100	56079	100

S:种数 Species;N:个体数 Individuals,R:相对多度 Relative abundance

2.2 不同植被区域蛾类群落的优势种类

实验调查发现,豆卷叶野螟、头橙荷苔蛾、一色兜夜蛾、阴亥夜蛾、稠李巢蛾个体数均大于 2000 头,高于其他种,为小兴安岭地区优势种。但不同区域优势种略有差异,各优势种优势度见表 2。豆卷叶野螟在各森林恢复期实验区域 I、II、III 中优势度指数均为最高,而原始林实验区域 IV 中优势度指数最高的是阴亥夜蛾。稠李巢蛾仅在区域 II 中为优势种,且优势度指数较高,在其他区域数量较少。区域 IV 相对区域 I、II、III 优势种较少,且各优势种优势度指数之间相对更接近。

2.3 不同植被区域蛾类群落的种-多度关系

在群落调查中,往往得到许多个体数很少的罕见种和几种个体数很多的富集种,而种-多度关系可以反映群落中各物种分享可利用资源的方式,比较各物种的相对重要性^[7]。对蛾类种-多度关系处理,经拟合^[8]分析,在随机生态位假说、生态位优先占领假说和对数正态分布假说三个模型中,四个区域均更接近于对数正态

分布假说,在这样的群落里,十分富集的物种和很稀有的物种都较少,而处于中间状态的物种较多。

表 2 不同植被区域蛾类优势种的优势度
Table 2 Dominance index of the dominant moth species in different areas in Liangshui Reserve

种名 Species	优势度指数 Dominance index				合计 Total
	I	II	III	IV	
豆卷叶野螟 <i>Pleuroptya ruralis</i> (Scopoli)	0.2499	0.1460	0.2029	0.0586	0.1753
头橙荷苔蛾 <i>Ghoria gigantea</i> (Oberthür)	0.0750	0.0266	0.0369	0.7170	0.0450
一色兜夜蛾 <i>Cosmia unicolor</i> (Staudinger)	0.0429	0.0636	0.0090	1.6587	0.0448
阴亥夜蛾 <i>Hydrillodes funeralis</i> Warren	0.0463	0.0378	0.0153	1.3971	0.0438
稠李巢蛾 <i>Yponomeuta evonymellus</i> (Linnaeus)	0.0069	0.1226	0.0087	0.046	0.0427
仑狭翅夜蛾 <i>Hermonassa arenosa</i> (Butler)	0.0155	0.0315	0.0550	2.7250	0.0301
白斑兜夜蛾 <i>Cosmia restituta</i> Walker	0.0106	0.0354	0.0094	3.2385	0.0225
大红裙扁身夜蛾 <i>Amphipyra monolitha</i> Guenée	0.0371	0.0110	0.0209	0.2295	0.0204
舞毒蛾 <i>Lymantria dispar</i> (Linnaeus)	0.0173	0.0106	0.0256	1.2469	0.0164
宽太波纹蛾 <i>Tethea ampliata</i> (Butler)	0.0019	0.0063	0.0389	1.2673	0.0148

按 Preston^[9]方法分别对 4 区域蛾类多度进行对数正态分布模型拟合^[10],结果见图 1。经拟合得出四区域种-多度曲线公式为: I , $S(R) = 105e^{-[0.36(R-1)]^2}$, $R^2 = 0.9958$; II , $S(R) = 117e^{-[0.44(R-2)]^2}$, $R^2 = 0.9958$; III , $S(R) = 100e^{-[0.38(R-2)]^2}$, $R^2 = 0.9240$; IV , $S(R) = 119e^{-[0.51(R-2)]^2}$, $R^2 = 0.9421$,其中 S(R)为第 R 倍程的理论种数,R 为倍程数,e 为是自然对数函数的底, R^2 为拟合优度。

按公式 $S_T = S_0 \text{SQRT}(\pi) / \alpha$ ^[11]估计小兴安岭蛾类总种类数为 687 种。

2.4 不同植被区域蛾类群落多样性指数分析

从表 3 可以看出,各森林恢复区域蛾类个体总数均明显高于原始林区域,人工次生林 II 个体总数最多,其次为天然针阔混交林 I 和天然阔叶林 III,这可能与原始林区域在长期的自然演替的过程中形成了稳定的昆虫群落,群落中天敌昆虫和植食性昆虫比例适当,各昆虫之间相互制约,能够很好的抑制优势种的爆发,因此也制约了蛾类优势种的个体数量。

表 3 不同植被区域蛾类多样性特征指数
Table 3 Characteristic indices of insect community diversity in different areas

区域 Areas	个体总数 Individual number	多样性指数 Diversity index	均匀度指数 Evenness index	优势集中性指数 Dominant concentration index
I	15407	3.9191	0.6506	0.0780
II	17323	4.1386	0.6769	0.0497
III	14430	4.3966	0.7229	0.0520
IV	8919	4.6177	0.7730	0.0264

各区域多样性指数均较高,多样性指数和均匀度指数大小次序为原始红松林 IV>天然阔叶林 III>人工次生林 II>天然针阔混交林 I;优势集中性指数与多样性指数大小次序大致相反,天然针阔混交林 I>天然阔叶林 III>人工次生林 II>原始红松林 IV。总体上说原始红松林 IV 中蛾类多样性水平最高,并且蛾类各种类之间数量分布相对最为均衡;天然针阔混交林 I 蛾类优势种明显,其多样性在几个区域中相对较差。植物群落对昆虫的多样性有着重要的影响,蛾类昆虫多数是植食性的,显示了与植物更高的相关性^[12]。几个植被区域中,原始林区域在长期的自然演替过程中形成了更加稳定多样的植被环境,天然阔叶林区域林分类型多样有白桦、椴树、红松、云杉等多种主要组成树种,因此两个林型多样性各指数位居前两位。

昆虫群落均匀度、优势集中性和个体数都是决定多样性的重要参数,本实验中多样性指数与均匀度指数不一致($r = 0.173 - 0.471$, $P > 0.05$),与优势集中性指数显著负相关($r = -0.7 - -0.974$, $P < 0.05$)或相关性不显

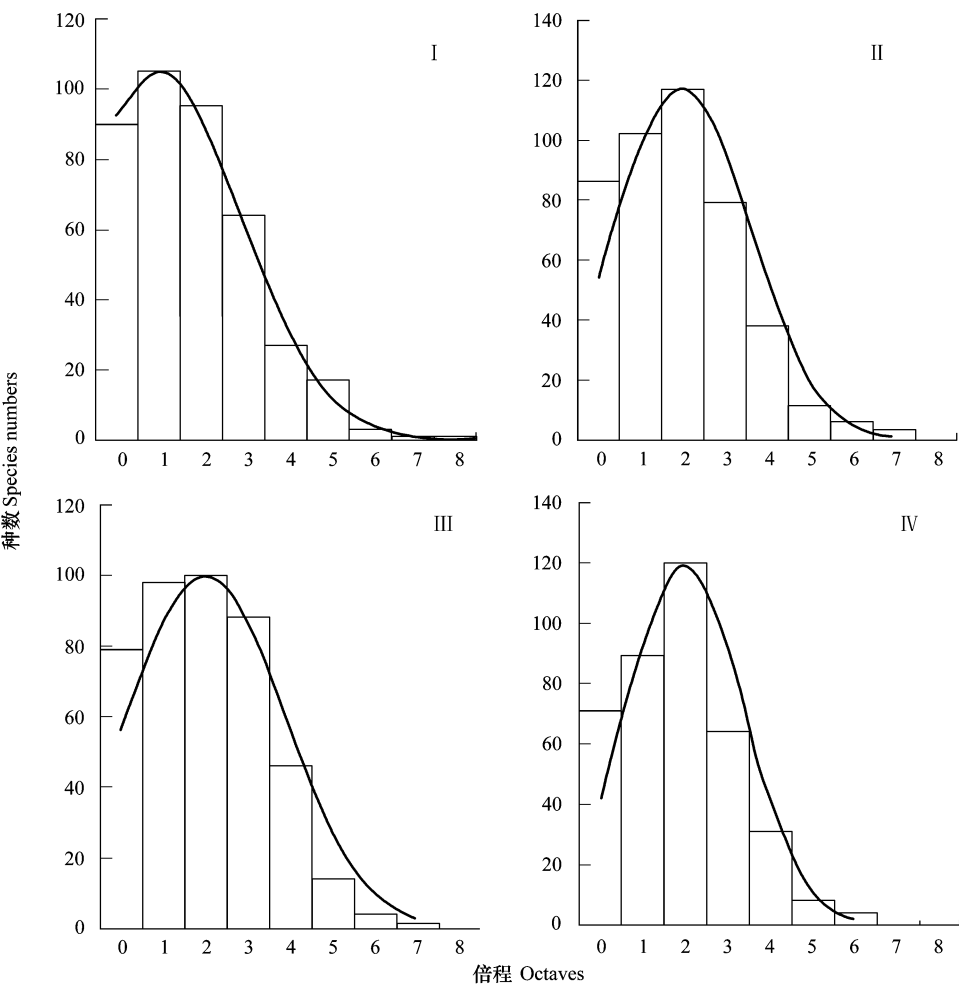


图1 不同植被区域蛾类群落种-多度曲线

Fig.1 The curve of species abundance of the moths in different areas in Liangshui Reserve

著(原始林区域Ⅳ, $r=-0.759,P>0.05$),与物种数不一致($r=0.397-0.669,P>0.05$)或一致(原始林区域Ⅳ, $r=0.821,P<0.05$)。

2.5 不同植被区域蛾类群落的相似性分析

各区域间蛾类群落的相似性系数见表4,从表中可以看出,各区域相似性系数分布在0.5470—0.6764之间,SI均大于0.5。根据Jaccard^[13]的相似性系数原理,相似系数SI的大小反映两地区间物种相似程度,各区域之间的相似性水平较高,处于中等相似水平。由此可见各区域蛾类类群相近,这主要是因为凉水自然保护区多年的封山育林,使各恢复区域都得到了良好的保护,环境条件良好,均接近未受人为干扰的原始林红松林区域。

表4 不同植被区域蛾类群落的相似性系数

Table 4 Index of community similarity of the months in different areas									
区域 Areas	I	II	III	IV	区域 Areas	I	II	III	IV
I	—	0.6764	0.6621	0.5470	III			—	0.5739
II		—	0.6667	0.6034	IV				—

2.6 不同植被区域蛾类群落的排序

采用极点排序法计算得到各群落的相关数值,对各区域蛾类群落进行排序。从图2的排序结果可以看出,3个恢复区域之间蛾类群落较为靠近,而与原始红松林区域距离较大。其中,天然阔叶林恢复区域与原始

红松林区域之间蛾类群落差异最大,人工次生林恢复区域与原始林区域差异最小。

3 结论与讨论

通过灯诱法对凉水自然保护区蛾类系统调查发现,小兴安岭地区蛾类种类繁多,数量丰富。凉水自然保护区已知蛾类 28 科 598 种,其中夜蛾科、尺蛾科为小兴安岭地区蛾类优势类群,其次为螟蛾科、舟蛾科、卷蛾科。豆卷叶野螟、头橙荷苔蛾、一色兜夜蛾、阴亥夜蛾、稠李巢蛾等为小兴安岭地区优势种。原始林区域优势度最高的种与区域 I、II、III 不同,且与其他区域相比各优势种优势度指数之间相对更为接近,无某种蛾类大量发生。这与原始林中自然环境良好,植被类型丰富,天敌昆虫与植食性昆虫比例均衡密切相关,而森林生态系统组成多样性和结构复杂性是实现森林生态系统对病虫害自我调控功能的基础条件^[14-15]。

小兴安岭地区和长白山地区森林植被相近,均具有阔叶红松林的原始林区域和处于不同恢复期的次生林和人工林区域,而森林植被类型是决定蛾类物种和数量的主要因素^[16],转化性高的植食性昆虫的多样性受生境内植物组成的影响^[17]。小兴安岭地区蛾类优势类群与众多学者^[18-21]对长白山阔叶红松林蛾类组成研究结果相近,在长白山采集到的蛾类 27 科中,除织蛾科外,在本实验中均有获得,并且均以夜蛾科、尺蛾科、螟蛾科、舟蛾科、灯蛾科等为优势科。长白山地区蛾类优势种,如尘尺蛾 *Hypomecis punctinalis conferenda* (Butler)、枞灰尺蛾 *Deileptenia ribeata* (Clerck)、短扇舟蛾 *Clostera albosigma curtuloides* Erschoff、阿泊波纹蛾 *Tethea ampliata* (Butler)、灰歹夜蛾 *Diarsia canescens* (Butler)、黄绿组夜蛾 *Anaplectoides virens* (Butler) 等在本实验中均有获得,且个体数目均大于 100。但长白山地区以尺蛾科个体数和物种数量最为丰富,而本调查发现小兴安岭地区蛾类以夜蛾科最为占优;两地蛾类昆虫的优势种不同,本调查中所采集到的优势种中仅有仓狭翅夜蛾 *Hermonassa arenosa* (Butler) 在长白山蛾类优势种报道中有提及。虽然小兴安岭地区和长白山地区的主要森林类型相近,但是两地森林主要树种组成比例以及林下植被的不同和各蛾类类群对两地环境条件的长期适应造成了两地蛾类组成有一定的差异。

对四个区域进行种-多度分析均表明,小兴安岭地区蛾类种-多度关系比较接近对数正态分布假说,符合这种分布的群落多属于环境条件较好、物种丰富而分布又比较均匀的群落^[7]。尤平等^[22]对天津湿地蛾类种-多度进行分析,发现七里海和鸭淀符合对数正态分布假说,环境质量好;而团泊洼、北大港和独流减河接近生态位优先占领假说,生态环境较差。杨向东等^[23]研究冀西北坝上地区蛾类接近与对数正态分布,也表明该地蛾类群落环境良好。四个区域昆虫群落对数正态分布模型拟合优度均较高,这说明凉水自然保护区经过多年的封山育林和合理的保护措施,原始林区域和森林恢复区域均有着优越的环境条件,适合多种物种共存,昆虫群落结构稳定。

对四个区域多样性分析发现,各森林恢复区域蛾类个体总数均明显高于原始林区域,这可能是由于原始林区域植被类型丰富,昆虫群落内部网络关系复杂,可以有效抑制蛾类优势种的大量发生。原始林区域多样性指数相对较高,优势集中性指数相对较低同样支持这一论述。天然针阔混交林区域多样性、均匀度较其他区域均较差,而且优势种更加明显,因此需要加强对其环境的保护和蛾类优势种的监测,防止虫害的发生。原始林区域Ⅳ物种多样性与蛾类物种数和个体数均保持一致,但各植被恢复区域相关性不明显,因为多样性的高低除了要考虑物种数外,还要注意均匀度的影响^[24]。均匀度对多样性的影响,不同学者研究结构不一致。贺达汉等^[25]认为荒漠草原昆虫群落均匀度和多样性指数一致,说明群落结构稳定;侯沁文^[26]等研究历山保护区蛾类多样性与均匀度不一致,但环境条件优越。本研究中,蛾类多样性与均匀度指数不一致,但与

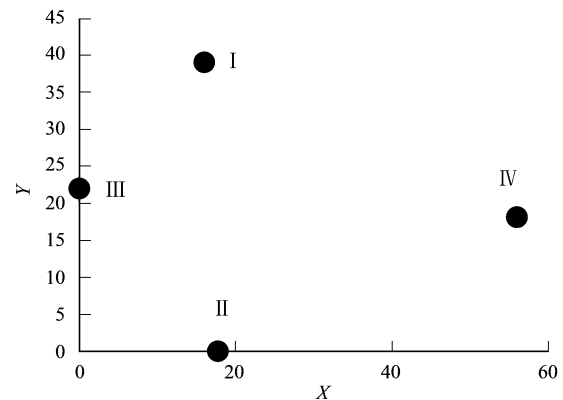


图 2 不同植被区域蛾类群落极点排序

Fig.2 Polar ordination of moth communities

Simpson 优势度集中性指数高度一致,说明优势种的数量对群落多样性指数也有一定的影响。

昆虫群落的极点排序结果可以直观地反映区域间环境条件关系^[27]。从不同区域蛾类群落的极点排序,可以直观地看出原始红松林和其他区域距离较大,说明小兴安岭地区各植被恢复区域与原始林均存在着环境差异,但各区域之间的相似性系数均大于 0.5,各区域之间蛾类群落结构差异不大,群落稳定性较高。天然阔叶林恢复区域与原始红松林区域之间距离最大,说明二者之间蛾类群落差异最大,这可能是因为原始红松林林分类型以针叶林为主,蛾类寄主植物与由阔叶树组成的天然阔叶林区域差异较大。尤平等^[22]研究也发现蛾类群落和植被类型有一定的相关性。

综合以上结果分析,种类众多、数量丰富的昆虫是森林生态系统的中物种多样性的重要组成部分,把蛾类可以作为指示物种来监测环境变化是可行的。总体来说,凉水自然保护区,经过多年合理的保护措施,各区域昆虫多样性水平较高,昆虫群落结构稳定,有着优越的环境条件,多年的森林恢复措施效果显著。但各森林恢复区域的昆虫群落结构和自然环境与原始林之间依然存在着差异,森林生态系统受到破坏之后再恢复需要很长的时期。与原始林相比,各恢复区域蛾类优势种类多且数量偏高,因此需要对豆卷叶野螟、一色兜夜蛾等蛾类寄主植物进行监控,防止虫害发生。天然针阔混交林区域和人工次生林区域相对与其他区域,植被组成略显单一,蛾类优势种更为明显,多样性较低,通过采取合理措施,调整林分结构、丰富林下植被,增加天敌昆虫调节昆虫间捕食和竞争关系,进而控制蛾类优势种数量。

参考文献 (References):

- [1] Akutsu K, Khen C V, Toda M J. Assessment of higher insect taxa as bioindicators for different logging-disturbance regimes in lowland tropical rain forest in Sabah, Malaysia. *Ecological Research*, 2007, 22(4): 542-550.
- [2] 郑乐怡, 归鸿. 昆虫分类. 南京: 南京师范大学出版社, 1999: 805-806.
- [3] 顾伟, 马玲, 刘哲强, 焦玥, 王利东, 张琛. 凉水自然保护区不同林型地表甲虫物种多样性. *东北林业大学学报*, 2014, (1): 131-135.
- [4] 殷秀琴, 吴东辉, 韩晓梅. 小兴安岭森林土壤动物群落多样性的研究. *地理科学*, 2003, 23(3): 316-322.
- [5] 安静超, 殷秀琴. 小兴安岭凉水自然保护区土壤昆虫群落特征及多样性研究. *东北师大学报: 自然科学版*, 2010, 42(3): 139-144.
- [6] 刘哲强, 马玲, 焦玥, 张静, 曹传旺, 顾伟, 满子源, 张曼胤. 小兴安岭森林恢复期典型人工林与原始林昆虫群落结构动态. *应用生态学报*, 2015, 26(2): 555-562.
- [7] 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.
- [8] 刘梦雪, 刘佳佳, 杜晓光, 郑小刚. 亚高寒草甸不同生境植物群落物种多度分布格局的拟合. *生态学报*, 2010, 30(24): 6935-6942.
- [9] Preston F W. The commonness, and rarity, of species. *Ecology*, 1948, 29: 254-283.
- [10] Guo X G, Wu D, Meng X Y, Dong W G, Qian T J. Species abundance distribution of ectoparasitic gamasid mites on *Rattus flavipectus*. *Journal of Pathogen Biology*, 2006, 1(1): 15-19.
- [11] May R M. Patterns of species abundance and diversity //Cody M L, Diamond J M, eds. *Ecology and Evolution of Communities*. Cambridge: Harvard University Press, 1975: 81-120.
- [12] 朱慧, 彭媛媛, 王德利. 植物对昆虫多样性的影响. *生态学杂志*, 2008, 27(12): 2215-2221.
- [13] Jaccard P. Distribution de la flore alpine: dans le bassin des dranses et dans quelques régions voisines. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 1901, 37(140): 241-272.
- [14] 曾凡勇, 孙志强. 森林生态系统中植食性昆虫与寄主的互作机制、假说与证据. *生态学报*, 2014, 34(5): 1061-1071.
- [15] 梁军, 朱彦鹏, 孙志强, 张星耀. 森林生态系统组成和结构与病虫害防治. *中国森林病虫*, 2012, 31(5): 7-12.
- [16] Usher M B, Keiller S W J. The macrolepidoptera of farm woodlands: determinants of diversity and community structure. *Biodiversity & Conservation*, 1998, 7(6): 725-748.
- [17] Lepš J, Novotný V, Basset Y. Habitat and successional status of plants in relation to the communities of their leaf-chewing herbivores in Papua New Guinea. *Journal of Ecology*, 2001, 89(2): 186-199.
- [18] 贾玉珍, 张春雨, 赵秀海, 孟庆繁, 夏富才. 长白山红松阔叶林不同恢复阶段蛾类组成和多样性研究. *应用与环境生物学报*, 2008, 14(5): 630-634.
- [19] 孟庆繁, 高文韬, 刘生冬. 长白山北坡针叶林带蛾类多样性. *东北林业大学学报*, 2008, 36(3): 60-62.
- [20] 王珍, 姬兰柱, 张悦, 易雪梅. 长白山三种林型对蛾类群落结构和多样性的影响. *生态学杂志*, 2012, 31(5): 1214-1220.
- [21] 刘生冬, 孟庆繁, 高文韬. 长白山自然保护区北坡蛾类的多样性. *东北林业大学学报*, 2007, 35(10): 51-53.

-
- [22] 尤平, 李后魂. 天津湿地蛾类丰富度和多样性及其环境评价. 生态学报, 2006, 26(3): 629-637.
- [23] 杨向东, 董建臻, 李瑞军, 张立峰, 黄亚群. 冀西北坝上地区灯下蛾类群落结构特征. 生态学报, 2010, 30(15): 4234-4240.
- [24] 马玲, 顾伟, 丁新华, 骆有庆, 韩争伟, 吴思亮. 扎龙湿地昆虫群落结构及动态. 生态学报, 2011, 31(5): 1371-1377.
- [25] 贺答汉, 田畴, 任国栋, 郝峰茂, 马世瑜. 荒漠草原昆虫的群落结构及其演替规律初探. 中国草地, 1988, 11(6): 24-28.
- [26] 侯沁文, 白海艳, 铁军, 边高鹏, 史宝忠. 山西历山国家级自然保护区不同演化阶段林型蛾类多样性. 应用昆虫学报, 2014, 51(5): 1310-1319.
- [27] 韩争伟, 马玲, 曹传旺, 张静, 王步勇. 太湖湿地昆虫群落结构及多样性. 生态学报, 2013, 33(14): 4387-4397.