

DOI: 10.5846/stxb201312273043

侯沁文, 铁军, 白海艳. 山西蟒河猕猴国家级自然保护区蛾类多样性. 生态学报, 2014, 34(23): 6954-6962.

Hou Q W, Tie J, Bai H Y. Preliminary investigation on the moths diversity in Manghe Rhesus Monkeys National Nature Reserve in Shanxi. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(23): 6954-6962.

山西蟒河猕猴国家级自然保护区蛾类多样性

侯沁文¹, 铁 军^{1,2}, 白海艳^{1,2,*}

(1. 长治学院生物科学与技术系, 长治 046011; 2. 太行山生态与环境研究所, 长治 046011)

摘要: 选择山西蟒河猕猴国家级自然保护区针阔叶混交林、阔叶落叶林、杂木林和灌木林 4 种植被类型为调查样地来初步了解蛾类群落结构及多样性。共采集蛾类标本 4709 只, 隶属 24 科 184 种, 其中螟蛾科种类和个体数量最多。在 4 种植被类型中, 灌木林的蛾类种数最多, 有 20 科 132 种, 灌木林中螟蛾科为优势科; 阔叶落叶林中最少, 14 科 74 种, 尺蛾科为优势科; 针阔叶混交林和杂木林居中, 其中前者优势科不明显, 后者以草螟科占优势。对 4 种植被类型中蛾类物种丰富度、多度、多样性和均匀度指数进行了计算和分析, 结果表明: 蛾类的多度指数在阔叶落叶林中显著低于其余 3 种植被类型; 蛾类的丰富度、多样性和均匀度指数在灌木林中均最高, 在针阔叶混交林和杂木林中则相近。蛾类种-多度曲线在针阔叶混交林、杂木林和灌木林中符合对数正态分布模型, 而在阔叶落叶林中不符合对数正态分布模型。

关键词: 植被类型; 蛾类多样性; 群落结构; 蟒河猕猴自然保护区; 山西

Preliminary investigation on the moths diversity in Manghe Rhesus Monkeys National Nature Reserve in Shanxi

HOU Qinwen¹, TIE Jun^{1,2}, BAI Haiyan^{1,2,*}

1 Department of Biological Sciences and Technology, Changzhi University, Changzhi 046011, China

2 Ecological and Environmental Research Institute of Taihang Mountain, Changzhi 046011, China

Abstract: The Manghe Nature Reserve is located in the south of Yangcheng County in Shanxi Province, China (35°12'—35°17'N, 112°22'—112°31'E) and it is 33 km long. It belongs to the southern warm temperate deciduous broad-leaved forest zone. It is an area which transforms from warm temperate deciduous broad-leaved vegetation to subtropical evergreen and deciduous broad-leaved vegetation. The Manghe Provincial Nature Reserve was authorized by the Shanxi Provincial People's Government in 1983, and the reserve was designated by the State Council of the People's Republic of China in 1988. It is a forest and wildlife reserve whose main protection objects are rhesus monkeys and subtropical vegetation. The rhesus monkey is listed as a class II protected species in China. Protection zones of wild rhesus monkeys in China belong to the north limit of its natural geographic distribution and this distribution area accounts for 40% of the Manghe Provincial Nature Reserve. On account of the abundant natural and cultural scenery, the reserve has increasingly attracted tourists. With the rapid development of tourism however, its vegetation has been damaged by unreasonable exploration and imperfect management. This affects a large number of insects living in the Manghe National Nature Reserve rhesus protection zone, especially the moth community. To gain insight into the structure and dynamics of the insect community in the Manghe National Nature Reserve rhesus protection zone, the species richness and diversity of the moth community were investigated based on collections in four vegetation types: mixed coniferous and broad-leaved forest, broad-leaved deciduous forest,

基金项目: 山西省自然科学基金项目(2011011033-3; 2012011034-6); 山西省高校人文社科重点研究基地资助项目(2012331)

收稿日期: 2013-12-27; **修订日期:** 2014-08-28

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

miscellaneous wood forest, and shrub land from June to August in 2012. A total of 4709 moth specimens were collected, of which 184 species from 24 families were identified. Pyralidae was the dominant family, with the most species and individuals. The highest number of moth species was in shrub land, with 132 species from 20 families, of which Pyralidae was dominant, while the least was in the broad-leaved deciduous forest, with 74 species from 14 families, of which Geometridae was dominant. It was moderate in mixed coniferous and broad-leaved forest and miscellaneous wood forest, among which, the dominant family was Crambidae in the latter, but a dominant family was not obvious in the former. The species richness, abundance, diversity and evenness index of moths in the four vegetation types were calculated and analyzed. The results showed that the moth richness index of the broad-leaved forest was lowest, and that the richness, diversity index and evenness index was highest in shrub land but moderate in mixed coniferous and broad-leaved forest and miscellaneous wood forest. Species abundance curves of moths conformed to the lognormal distribution except in the broad-leaved deciduous forest. The Euclidean distance clustering results first divided miscellaneous wood forest and shrub land into one category, which then combines with mixed coniferous and broad-leaved forest, and then with the broad-leaved deciduous forest. The chi-square distance clustering results clustered the mixed coniferous and broad-leaved forest, miscellaneous wood forest and shrub land and then the broad-leaved deciduous forest. It is extremely important to make better use of the Manghe Nature Reserve resources and this study will provide valuable information for studying and protecting them.

Key Words: vegetation type; moth diversity; community structure; Manghe Rhesus Monkeys Nature Reserve; Shanxi

生物多样性是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和,包括动物、植物、微生物和它们所拥有的基因以及它们与其生存环境形成的复杂生态系统,它随地理位置、气候条件、地理历史过程和人为活动等会发生明显的变化^[1]。由于人类不断采伐和多种方式的干扰,对生物多样性产生了深刻的影响,导致物种数减少、物种丰富度变化和特有种濒危^[2-3]。生态环境的变化是蛾类群落减少的主要原因,蛾类生存所需要的寄主植物大量减少,加之人为滥用农药,使得生境进一步破坏,更缩小了蛾类的生存空间。同时蛾类对生境的变化也很敏感,具有广谱生物地理学和生态学探针功能^[4],蛾类种类和数量可以预示温带森林的环境质量。因此,蛾类有望成为温带森林中指示鳞翅目物种多样性和森林植被组成变化的指示类群^[5]。除此之外,蛾类也是重要的自然资源,在自然保护区中生活着种类众多、数量巨大的蛾类昆虫,它们是保护区生态系统中物种多样性的重要组成部分,在保护区环境的物质和能量流动与转化中起着不可忽视的作用。因此,掌握自然保护区蛾类的动态规律,及其与自然保护区环境变化的关系,及时应用于自然保护区的保护和监测中,在合理利用和保护国家自然保护区资源方面发挥着积极的作用。

山西蟒河猕猴国家级自然保护区是地处中条山东端,以保护猕猴和亚热带植被为主的森林和野生动物类型自然保护区。多年来,对保护区内植物的研究较多,主要集中在植物区系、植物资源、植物生态(包括重要经济植物以及国家重点保护的植物)等方面^[6-7],对动物的研究主要针对猕猴以及鸟类^[8],对昆虫的研究尤其是对蛾类昆虫资源及其生态学等方面的研究少之又少。

鉴于此,对山西蟒河猕猴国家级自然保护区蛾类昆虫资源开展调查,在此基础上对不同生境的蛾类群落结构及其多样性特征进行分析,旨在通过探讨蛾类多样性对生境类型的生态响应,从蛾类群落结构及其多样性变化等角度,为评估保护区森林生态系统的健康状况提供科学依据,为保护区的长期发展规划和保护区内物种多样性保护提供一定的理论基础。

1 研究地概况

蟒河猕猴国家级自然保护区,位于山西省的东南部,中条山东端,距晋城阳城县 30 km。东经 112°22'10"—112°31'35",北纬 35°12'50"—37°17'20"。东起三盘山,西至指柱山,南至河南济源省界,北至花园岭。海拔最高达 1572 m,最低 520 m,总面积约

5600 hm²。蟒河一带冬季温和,夏季凉爽,年平均气温为 14 ℃,无霜期 180 d,年降水量 500—800 mm,空气湿润,受季风影响不大,适宜各种动植物生存。

保护区四周环山,中间谷地,境内沟壑纵横,地形复杂,气候多样,植物种类较丰富。据报道,蟒河猕猴国家级保护区种子植物有 882 种,隶属 102 科 391 属,分别占山西省种子植物总科数的 75.9%,总属数的 62.3%,总种数的 52.4%^[9]。在本区的区系成分中,属种数量较多的科有(以属数多少为序)菊科(Compositae)、禾本科(Gramineae)、唇形科

(Labiatae)、蔷薇科(Rosaceae)、豆科(Leguminosae)、毛茛科(Ranunculaceae)、十字花科(Cruciferae)和百合科(Liliaceae)等。它们在该地区的区系组成中占有重要作用。

2 研究方法

2.1 调查方法

选择山西蟒河自然保护区针阔叶混交林、阔叶落叶林、杂木林和灌木林 4 种植被类型为样地进行研究,4 个样地的植物组成见表 1。

表 1 样地植被类型及植物组成
Table 1 The vegetation types and the plant composition of the sample plots

植被类型 Vegetation types	植物组成 Plant composition	
	木本植物 Woody plants	草本植物 Herb plants
针阔叶混交林 Mixed coniferous and broad-leaved forest	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	
	红桦 <i>Betula albo-sinensis</i>	
	槲栎 <i>Quercus aliena</i>	石竹 <i>Dianthus chinensis</i>
	鹅耳枥 <i>Carpinus tureczaninowii</i>	紫菀 <i>Aster tataricus</i>
	小叶鹅耳枥 <i>Carpinus stipulata</i>	地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i>
	槲子栎 <i>Quercus baronii</i>	披针叶苔草 <i>Carex lanceolata</i>
	黄栌 <i>Cotinus coggygia</i>	轮叶黄精 <i>Polygonatum verticillatum</i>
	接骨木 <i>Sambucus williamsii</i>	鹿药 <i>Maianthemum japonicum</i> 等
阔叶落叶林 Broad-leaved deciduous forest	石生悬钩子 <i>Rubus saxatilis</i> 等	
	鹅耳枥、槲栎、栓皮栎 <i>Quercus variabilis</i>	
	构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	凤毛菊 <i>Saussurea japonica</i>
	稠李 <i>Padus avium</i>	三脉紫菀 <i>Aster ageratoides</i>
	黄栌、黄刺玫 <i>Rosa xanthina</i>	贝加尔唐松草 <i>Thalictrum baicalense</i>
杂木林 Miscellaneous wood forest	杭子梢 <i>Campylotropis macrocarpa</i>	华北楼斗菜 <i>Aquilegia yabeana</i> 等
	五味子 <i>Schisandra chinensis</i> 等	
	野核桃 <i>Juglans cathayensis</i>	
	旱柳 <i>Salix matsudana</i>	博落回 <i>Macleaya cordata</i>
	金银忍冬 <i>Lonicera maackii</i>	糙苏 <i>Phlomis umbrosa</i>
	小叶鼠李 <i>Rhamnus parvifolia</i>	唐松草 <i>Thalictrum aquilegiifolium</i> var. <i>sibiricum</i>
	山茱萸 <i>Cornus officinalis</i>	川续断 <i>Dipsacus asper</i>
	南蛇藤 <i>Celastrus orbiculatus</i>	白屈菜 <i>Chelidonium majus</i>
	陕西荚蒾 <i>Viburnum schensianum</i>	旋覆花 <i>Inula japonica</i> 等
	三裂绣线菊 <i>Spiraea trilobata</i>	
灌木林 Shrubbery	杠柳 <i>Periploca sepium</i> 等	
	连翘 <i>Forsythia suspensa</i> 、黄栌	毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i>
	灰栒子 <i>Cotoneaster acutifolius</i>	夏至草 <i>Lagopsis supina</i>
	胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	毛地黄 <i>Digitalis purpurea</i>
	荆条 <i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i>	委陵菜 <i>Potentilla chinensis</i>
	接骨木、白刺花 <i>Sophora davidii</i>	茜草 <i>Rubia cordifolia</i>
	土庄绣线菊 <i>Spiraea pubescens</i> 等	蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>
		酸模 <i>Rumex acetosa</i>
		鹅绒藤 <i>Cynanchum chinense</i> 等

2012 年 6—8 月对蛾类进行诱捕采集。每两日调查 1 次,遇天气不良,则顺延一日。每种植被类型各设 3 个样点,样点间距离>50 m,调查方法为灯诱,

变频汽油发电机(HS1000IS)发电,诱集灯为白色 250 W 高压汞灯,幕布选用 210 cm×150 cm 的白化纤布,灯诱时间为 20:00—24:00。用竹竿把幕布挂

于诱集灯后方 15 cm 处,清除幕布四周 4—5 m 范围内的杂草,采集所有落于幕布前后面的蛾类。为鉴定方便,大小蛾类分开采集,大型蛾类使用毒瓶,小型蛾类使用指形管,用乙酸乙酯作为毒杀剂,杀死的蛾类放于储虫瓶(管)中,尽量避免摇动,并注明采集时间、地点及采集人。每天早上将收回的虫体针插、干燥,放置于昆虫盒内。继而按科分类整理后,带回实验室进一步鉴定。

分类鉴定到种,鉴定主要依据《中国动物志·舟蛾科》^[10]、《中国动物志·夜蛾科》^[11]、《中国经济昆虫志·夜蛾科(二)》^[12]、《中国经济昆虫志·夜蛾科(四)》^[13]、《中国动物志·毒蛾科》^[14]、《中国动物志·枯叶蛾科》^[15]、《河南昆虫志·刺蛾科、枯叶蛾科、舟蛾科、灯蛾科、毒蛾科、鹿蛾科》^[16]、《中国动物志·尺蛾科、尺蛾亚科》^[17]、《中国动物志·灯蛾科》^[18]等。所有采集的蛾类标本均保存在长治学院昆虫标本室内。

2.2 数据分析

2.2.1 多样性分析

物种丰富度(S):每个样地中出现的物种数。多度(N):个体总数。多样性指数分别采用 Simpson 指数(D)、Shannon-Wiener 指数(H')、Brillouin 指数(H)和 McIntosh 指数(D_{Mc})。

Simpson 指数公式:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s \left[\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right] \quad (1)$$

式中, n_i 为抽样中第 i 个物种的个体数量, N 为抽样中所有物种的个体总和, s 为物种总数^[19]。

Shannon-Wiener 指数公式:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln(P_i) \quad (2)$$

式中, P_i 是第 i 种的个体比例,即 $P_i = \frac{N_i}{N}$, N_i 是第 i 种的个体数, N 为全部物种的个体总数^[19]。

Brillouin 指数公式:

$$H = \frac{1}{N} \ln \left(\frac{N!}{n_1! n_2! n_3! \cdots n_i!} \right) \quad (3)$$

式中, n_1 为抽样中第 1 个物种的个体数量, n_2 为抽样中第 2 个物种的个体数量, n_3 为抽样中第 3 个物种的个体数量,如此类推, N 为抽样中所有物种的个体总和^[19]。

McIntosh 指数公式:

$$D_{Mc} = (N - \sqrt{\sum_{i=1}^s n_i}) / (N - \sqrt{N}) \quad (4)$$

式中, n_i 为抽样中第 i 个物种个体数量, N 为抽样中所有物种个体总和, S 为物种数。

均匀度(J')采用 Pielou 公式:

$$J' = H' / \ln S \quad (5)$$

式中, H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数, S 为群落中物种数^[19]。

2.2.2 对数正态模型参数估计

对数正态分布模型为:

$$S_{(R)} = S_0 \exp(-\alpha^2 R^2) \quad (6)$$

式中, $S_{(R)}$ 是第 R 倍频程中的物种数量, S_0 是对数正态分布的众数倍频程物种数, α 是与分布有关的参数^[19]。

2.2.3 群落相似性指标

卡方距离(d_{ij}):

$$d_{ij} = \sum \{ (x_{ik} - e_{ijk})^2 / e_{ijk} + (x_{jk} - e_{jik})^2 / e_{jik} \} \quad (7)$$

式中, $e_{ijk} = (x_{ik} - x_{jk}) T_i / T_{ij}$, $T_i = \sum_{k=1}^m x_{ik}$, $T_{ij} = T_i + T_j$ ($k = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$)^[19]。

欧氏距离(d_{ij}):

$$d_{ij} = \sqrt{\sum (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (8)$$

式中, d_{ij} 为 i 群落与 j 群落之间的欧氏距离; X_{ik} 为 i 群落第 k 个指标的值; X_{jk} 为 j 群落第 k 个指标的值^[20]。

3 结果

3.1 蛾类群落物种组成

在 4 种植被类型样地中共捕获蛾类 4709 只,隶属 24 科 184 种,其中螟蛾科物种数和个体数最多,有 26 种 950 只,分别占总种数和总个体数的 14.1% 和 20.2%。其次是尺蛾科,有 25 种 698 只,所占比例分别为 13.6% 和 14.8%。草螟科物种数仅次于尺蛾科,为 22 种,个体数量却高于前者,为 739 只,占全部个体总量的 15.7%。部分科只有 1 种,如网蛾科、斑蛾科、鞘蛾科和木蠹蛾科等。

从不同林型的蛾类群落组成来看,针阔叶混交林中有 20 科 100 种,优势种群不明显;阔叶落叶林中有 14 科 74 种,其中尺蛾科(20.3%)占优势地位,其次是夜蛾科 13.5%;杂木林中有 18 科 102 种,其中草螟科(17.6%)和夜蛾科(15.7%)二者占绝对优势,其次是螟蛾科(13.7%);灌木林中有 20 科 132 种,其

中螟蛾科 (25.2%) 数量占绝对优势,其次是夜蛾科 (15.5%),尺蛾科 (13.6%) 次之。

从蛾类各科水平来看,螟蛾科在 4 种植被类型中物种数和个体数都最高。其中,灌木林的物种数和个体数皆最多,有 22 种 357 只;阔叶落叶林的螟蛾科种数最少,有 9 种;针阔叶混交林个体数量最少,有 145 只。仅次于螟蛾科的是尺蛾科,在灌木林的种数最多,有 16 种,在杂木林中种数最少,有 10 种。第三为草螟科,在杂木林中种数及个体数都最

多,有 18 种 232 只。还有部分科的蛾类种类很少,如木蠹蛾科只出现在针阔叶混交林中,鞘蛾科和斑蛾科只出现在灌木林中,均为 1 种。刺蛾科和枯叶蛾科除了阔叶落叶林之外,在其它植被类型中都有出现,但不超过 3 种。羽蛾科和展足蛾科在针阔叶混交林和杂木林中出现,不超过 3 种。鹿蛾科除了杂木林,在其它植被类型中均出现。麦蛾科在 4 种植被类型中均为 1 种,其它蛾类在不同植被中种数大致相当。

表 2 4 种植被类型中各科蛾类物种丰富度与多度

Table 2 Richness and abundance of moth of different families in four vegetation types

科名 Families	A		B		C		D		合计 Total		比例 Proportion/%	
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
舟蛾科 Notodontidae	11	110	8	171	8	65	13	128	17	474	9.2	10.1
夜蛾科 Noctuidae	12	150	10	255	16	130	14	219	18	754	9.8	16.0
灯蛾科 Arctiidae	7	40	6	48	7	47	10	64	12	199	6.5	4.2
卷蛾科 Tortricoidae	10	84	7	50	10	42	13	78	16	254	8.7	5.4
毒蛾科 Lymantriidae	2	20	1	30	2	32	5	54	4	136	2.2	2.9
尺蛾科 Geometridae	12	94	15	289	9	122	16	193	25	698	13.6	14.8
螟蛾科 Pyralidae	13	145	9	232	14	256	22	357	26	950	14.1	20.2
草螟科 Crambidae	9	98	8	223	18	232	11	146	22	739	12.0	15.7
天蛾科 Sphingidae	4	33	3	78	5	56	6	89	12	256	6.5	5.4
刺蛾科 Limacodidae	2	17	0	0	2	21	3	29	4	67	2.2	1.4
鹿蛾科 Ctenuchidae	1	2	1	1	0	0	2	4	2	7	1.1	0.1
蚕蛾科 Bombycidae	2	5	3	12	1	6	3	11	2	34	1.1	0.7
大蚕蛾科 Saturniidae	2	12	1	23	1	8	2	15	2	58	1.1	1.2
细蛾科 Gracilariidae	1	2	0	0	0	0	3	12	5	14	2.7	0.3
网蛾科 Thyrididae	1	1	0	0	0	0	1	2	1	3	0.5	0.1
斑蛾科 Zygaenidae	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0.5	0.0
枯叶蛾科 Lasiocampidae	2	5	0	0	1	10	1	1	2	16	1.1	0.3
羽蛾科 Pterophoridae	3	6	0	0	1	7	0	0	2	13	1.1	0.3
木蠹蛾科 Cossidae	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2	0.5	0.0
潜蛾科 Lyonetiidae	0	0	0	0	2	3	1	1	2	4	1.1	0.1
展足蛾科 Heliodinidae	2	3	0	0	2	3	0	0	2	6	1.1	0.1
麦蛾科 Gelechiidae	1	1	1	2	1	1	1	1	2	5	1.1	0.1
菜蛾科 Plutellidae	2	4	1	1	2	5	3	7	3	17	1.6	0.4
鞘蛾科 Coleophoridaea	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	0.5	0.0
总计	100	834	74	1415	102	1046	132	1414	184	4709	100.0	100.0

A: 针阔叶混交林 Mixed coniferous broad-leaved forest; B: 阔叶落叶林 Broad-leaved deciduous forest; C: 杂木林 Miscellaneous wood forest; D: 灌木林 Shrubby; S: 种数 Species number; N: 个体数 Individuals number

3.2 种-多度关系

分别对 4 个植物群落中的蛾类多度进行对数正态分布模型拟合及参数估计,结果见表 3 和图 1。由表 3 可知,针阔叶混交林群落 ($P=0.517$)、灌木林群落 ($P=0.939$) 和杂木林群落 ($P=0.613$) 均表现为对

数正态模型,其中灌木林群落是最优符合;说明这三类群落均环境条件优越、物种丰富度高。其中,灌木林群落环境条件最优越,蛾类丰富度最大,而优势种却最少,处于中间物种较多,说明灌木林群落中蛾类寄主资源总量最大,优势种和稀有种较少。针阔叶

混交林群落类似于杂木林群落,蛾类种数较少,说明这两种植被中蛾类寄主资源总量较小。阔叶落叶林蛾类多度不符合对数正态模型 ($P < 0.05$),物种数量最少。从图 1 可以看出,阔叶落叶林中处于中间的物种在逐步消亡,而优势种数量在增加,这种现象除了和该植被类型中植物种类少有关系外,还和其环

境条件变化有一定关系。

经拟合得出针阔叶混交林、杂木林和灌木林蛾类种与多度曲线公式分别为 $S_{(R)} = 25\exp(-0.64^2 R^2)$, 物种估计为 103 种; $S_{(R)} = 31\exp(-0.76^2 R^2)$, 物种估计为 102 种; $S_{(R)} = 27\exp(-0.63^2 R^2)$, 物种估计为 133 种。

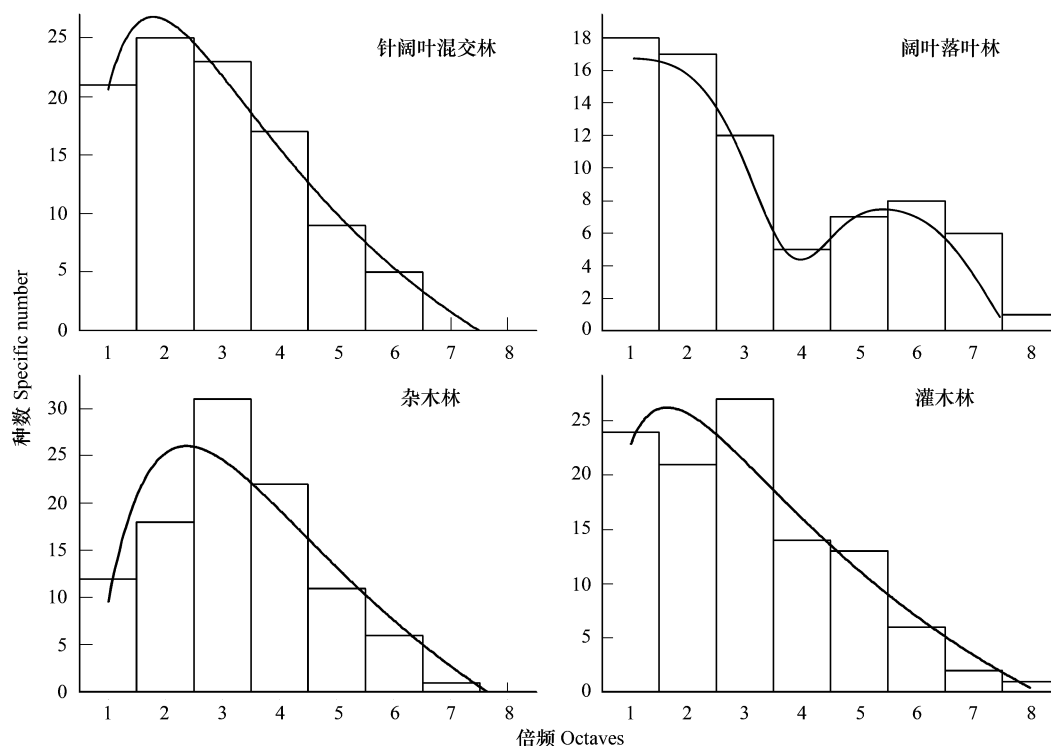


图 1 4 种植被类型中蛾类群落种-多度曲线

Fig.1 Species-abundance curves for moths in four vegetation types

表 3 4 种植被类型中蛾类多度对数正态分布模型参数估计

Table 3 Parameter estimation of the moth abundance lognormal distribution model in four vegetation types

植被类型 Vegetation type	种数 Species number	个数 Number	α	物种估计 Species estimate	χ^2	df	p
针阔叶混交林 Mixed coniferous and broad-leaved forest	100±12	830±25	0.637	103	3.253	4	0.517
阔叶落叶林 Broad-leaved deciduous forest	74±8	1415±34	0.786	79	13.217	6	0.039
杂木林 Miscellaneous wood forest	101±13	991±27	0.763	102	1.257	5	0.939
灌木林 Shrubby	132±18	1272±26	0.634	133	3.572	5	0.613

3.3 蛾类群落的多样性和均匀度

多样性指数分别采用 Simpson 指数 (D)、Shannon-Wiener 指数 (H')、Brillouin 指数 (H) 和 McIntosh 指数 (D_{Mc}), 计算结果见表 4。

从总体来看,4 种不同植被类型蛾类群落多样性与均匀度是一致的,但 H' 和 H 的区分度较好, D 和 D_{Mc} 的区分度较差,可见用 Shannon-Wiener 指数和

Brillouin 指数来描述蛾类群落的多样性更为合适。相比而言,灌木林的蛾类多样性指数和均匀度最高,而阔叶落叶林的蛾类多样性指数和均匀度指数最低,说明灌木林中蛾类的寄主植物种类最丰富、数量多,而阔叶落叶林中蛾类的寄主植物种类少,环境条件比较单一。总的来说,在相同气候条件下,蛾类群落多样性受到植被种类的影响。同时也表明蛾类对

环境具有敏感性,蛾类群落的变化表明蛾类所处环境的变迁。

表 4 4 种植物类型中蛾类多样性和均匀度
Table 4 Moth diversity and evenness in four vegetation types

植被类型 Vegetation type	种数 Species number	个体数 Number	多样性 diversity				均匀度 Evenness
			<i>D</i>	<i>H'</i>	<i>H</i>	<i>D_{Mc}</i>	
针阔叶混交林 Mixed coniferous and broad-leaved forest	100±12 b	830±25 d	0.9727 a	5.7463 b	5.4612 b	0.8712 ab	0.8649 b
阔叶落叶林 Broad-leaved deciduous forest	74±8 c	1415±34 a	0.9525 b	4.9144 c	4.7791 c	0.8017 c	0.6914 d
杂木林 Miscellaneous wood forest	101±13 b	991±27 c	0.9784 a	5.5838 b	5.3636 b	0.8273 b	0.8113 c
灌木林 Shrubbery	132±18 a	1272±26 b	0.9728 a	5.9646 a	5.7032 a	0.8774 a	0.8958 a

D: Simpson 指数; *H'*: Shannon-Wiener 指数; *H*: Brillouin 指数; *D_{Mc}*: McIntosh 指数

3.4 蛾类群落聚类分析

采用欧氏距离和卡方距离两种方式,用最短距离法进行聚类,结果见图 2。从欧氏距离聚类结果来看,杂木林和灌木林首先聚为一类,然后与针阔叶混交林聚在一起,最后再与阔叶落叶林聚类;而从卡方距离聚类结果来看,杂木林、灌木林和针阔叶混交林聚在一起,最后再与阔叶落叶林聚类。说明杂木林、

灌木林和针阔叶混交林的蛾类群落组成相似,而与阔叶落叶林的蛾类群落相似性较低。可见,杂木林、灌木林和针阔叶混交林的蛾类群落所处环境条件相近,环境保护得相对较好,群落结构稳定。相反,由于植被类型单一且受外界因素的影响,阔叶落叶林的蛾类群落所处环境条件正在不断变化,群落结构也变得不稳定,其中一些物种已经消亡^[21-22]。

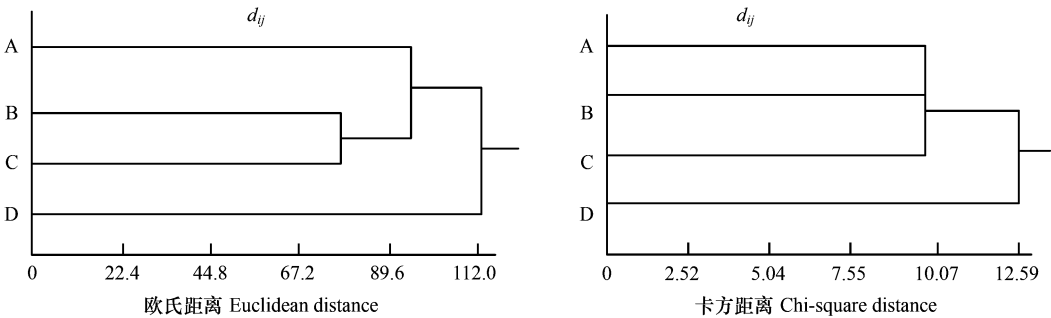


图 2 蛾类群落欧氏距离和卡方距离聚类图
Fig.2 Clustering graph of euclidean distance and chi-square distance for moth community
A: 针阔叶混交林; B: 阔叶落叶林; C: 杂木林; D: 灌木林

4 分析与讨论

4.1 不同植被类型蛾类群落物种组成

蛾类各科在 4 种不同植被类型中的比例分配有所不同。在针阔叶混交林中优势种群不明显,螟蛾、夜蛾、尺蛾、舟蛾、卷蛾和草螟蛾的种数在 10—13 种;在阔叶落叶林中尺蛾占绝对优势,相对前者,螟蛾种数减少,而草螟蛾种数增加;在杂木林中草螟蛾占绝对优势,其次是夜蛾;在灌木林中螟蛾数量占绝对优势,其次是尺蛾,再其次是夜蛾。在这 4 种植被类型中,阔叶落叶林蛾类种类最少,只有 74 种,而数量最多,尤其是尺蛾数量明显多于其它 3 个群落。

这种现象除了可能和植被类型有关外,还可能是受到外界因素的影响,植物群落结构受到干扰而逐步演化,其内的昆虫群落也与植物群落共同演化发展,优势类群明显,而其他类群则可能受抑,其中一部分物种灭亡^[22]。各植被类型蛾类群落结构差异较大,分类阶元越低,蛾的种类、数量、优势种类及优势个体比例受环境影响越大。植物种类与蛾类种类、数量呈正相关,即植物群落越复杂,则蛾类群落越复杂,但是优势种数及优势个体比例却越低。

4.2 蛾类群落的种-多度关系

群落指标主要包括种类数、种群数量、多样性指数、均匀度等衡量群落稳定性的重要指标。在判定

森林生态系统的健康状态时,多数学者认为,在健康的生态系统中,多样性-多度关系常呈对数正态分布;而在恶劣条件下,多样性-多度格局常常有所变化且不再表现为这种情况;多样性和丰度分布偏离对数正态分布越远,群落或其所在的生态系统就越不健康^[23]。在多样性-多度关系的基础上,再结合昆虫群落的种类数、种群数量、多样性指数和均匀度等指标,往往能够提供生态系统偏离健康状态程度的依据。本文也认为阔叶落叶林中蛾类多样性指数受均匀度影响,是由于种-多度关系趋向于生态位优先占领假说,个体数量不呈对数正态分布。表明了阔叶落叶林环境条件不稳定,群落结构变化大,生态系统偏离健康状态。而针阔叶混交林、杂木林和灌木林群落的种-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。说明针阔叶混交林、杂木林和灌木林群落环境比较好,生态系统健康状况良好,未出现退化的趋势。认为平衡稳定的群落多度曲线通常服从对数正态分布^[24]。符合对数正态分布的群落多属于环境条件优越,物种丰富度高的群落^[20]。种-多度关系对于检测无脊椎动物对森林干扰的反应比多样性指数能提供更多的信息^[25]。

4.3 蛾类群落的多样性

均匀度和丰富度(物种数)是与多样性指数密切相关的两个参数。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^[26]。稻田昆虫群落则在不同季节多样性指数与均匀度不一致^[27]。相同气候条件下,蛾类群落多样性受到植被多样性的影响,同时也表明蛾类昆虫对环境的敏感性,相反,蛾类群落的变化表明蛾类昆虫所处环境的变迁^[20,28]。在美国选取保护较好的山林及破坏较为严重,植被较为混杂的地区进行调查,发现尺蛾科多样性在受干扰地区明显增加,分析认为毗邻生境中昆虫的扩散活动是造成这种现象的部分原因,而且结果中较高的单个数量的物种数也预示着那些路过物种的比例较高^[29]。蟒河猕猴国家级自然保护区不同植被类型中蛾类的多样性指数与均匀度表现为正相关或弱的正相关,但是落叶阔叶林中蛾类种类最少,数量最多且均匀指数最低,其中尺蛾科种类和数量也是最多的,说明该生态环境受到的干扰最严重,生态环境正趋于恶化。

4.4 植被与蛾类的相关性

植被是反映保护区生态环境的重要标志,是保

护区蛾类生存的重要依据。植被种类越丰富,则蛾类种类就越多;植被资源越丰富,种的个体数就越多。不同林型蛾类群落组成的变化主要是蛾类各科在不同林型间的变化所导致^[30]。说明蛾类群落种类与数量和植被有相关性。从蛾类总物种丰富度和蛾类个体总数上看,灌木林中蛾类种类数量明显高于其它植被类型,针阔叶混交林和杂木林则蛾类种类相差无几,但个体数量后者明显多于前者,可能是由于这两种植被类型植物丰富度相似,而植物资源量后者远多于前者造成的^[22,31]。不同的植被状况和气候条件的各种组成产生了各林带间多样性参数的较大差异,表明了蛾类对微环境的敏感性,这与尤平等人的结论相一致,说明把蛾类作为环境变化的指示物是可行的^[19]。有关蟒河猕猴国家级保护区植被与蛾类群落定量的相关性,有待进一步研究。

References:

- [1] Zhang X B, Pan J Z, Gao B J. Research progress and perspective of genetic diversity in insect. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 2009, 24(4): 433-438, 444-444.
- [2] Choi S W, Park M R N, Kim H. Differences in moth diversity in two types of forest patches in an agricultural landscape in Southern Korea-effects of habitat heterogeneity. Journal of Ecology and Field Biology, 2009, 32(3): 183-189.
- [3] Zhang X, Hu H Y, Lu Z Z. Butterfly diversity and vertical distribution in eastern Tianshan Mountain in Xinjiang. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(17): 5329-5338.
- [4] Samways M J. Insects in biodiversity conservation: some perspectives and directives. Biodiversity and Conservation, 1993, 2(3): 258-282.
- [5] Zhang J L, Li H F. Biodiversity of nature reserve in QinLing. Chinese Biodiversity, 1997, 5(2): 155-156.
- [6] Zhang G P, Zhang J G, Ru W M. Study on the structure of *Taxus mairei* community and population in Manghe, Shanxi. Journal of Shanxi University: Natural Science Edition, 2003, 26(2): 169-172.
- [7] Zhang Y B, Zhang F, Zhao Y S, Fan M X. Analysis on the flora of seed plants in Manghe Nature Reserve, ShanXi. Bulletin of Botanical Research, 2003, 23(4): 500-506.
- [8] Zhao Y S, Tian S W, Tian D Y, Ru L J. A Study on the reproductive ecology of *Carduelis sinica* in Manghe Natural Reserves, Shanxi. Journal of Shanxi University: Natural Science Edition, 2000, 23(2): 168-171.
- [9] Tian S W, Zhang J, Zhang Q X. Study report on vegetation Manghe Nature Reserve. Journal of Taiyuan Normal University: Natural Science Edition, 2012, 11(4): 142-144.
- [10] Wu C S, Fang C L. Fauna Insects of China, vol. 31. Lepidoptera: Notodontidae. Beijing: Science Press, 2003.
- [11] Chen Y X. Fauna Insects of China, vol. 16. Lepidoptera: Noctuidae. Beijing: Science Press, 1999.
- [12] Zhu H F, Yang J K, Lu J R, Chen Y X. Economic Insect Fauna

- of China, vol. 6. Lepidoptera: Noctuidae (2th part). Beijing: Science Press, 1964.
- [13] Chen Y X. Economic Insect Fauna of China, vol. 32. Lepidoptera: Noctuidae(4th part). Beijing: Science Press, 1985.
- [14] Zhao Z L. Fauna Insects of China, vol. 30. Lepidoptera: Lymantriidae. Beijing: Science Press, 2003.
- [15] Liu Y J, Wu C S. Fauna Insects of China, vol. 47. Lepidoptera: Lasiocampidae. Beijing: Science Press, 2006.
- [16] Wu C S, Fang C L. Insects of Henan. Lepidoptera: Limacodidae, Lasiocampidae, Notodontidae, Noctuidae, Liparidae, Amatidae. Beijing: Science Press, 2010.
- [17] Han H X, Xue D Y. Fauna Insects of China, vol. 54. Lepidoptera: Geometridae Geometrinae. Beijing: Science Press, 2011.
- [18] Fang C L. Fauna Insects of China, vol. 19, Lepidoptera: Noctuidae. Beijing: Science Press, 2000.
- [19] Tang Q Y, Feng M G. DPS Data Processing System-Experimental Design, Statistical Analysis and Modeling. Beijing: Science Press, 2006.
- [20] You P, Li H H. Species richness and diversity of moth communities in Tianjin Wetlands; implications for environmental management. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(3): 629-637.
- [21] Jia Y Z, Zhao X H, Meng Q F. Insect diversity along a successional gradient in conifer and broad-leaved mixed forests in Changbai Mountain. *Acta Entomologica Sinica*, 2009, 52(11): 1236-1243.
- [22] Wang Z, Ji L Z, Zhang Y, Yi X M. Moth community structure and diversity in three forest types in Changbai Mountains of Northeast China. *Chinese Journal of Ecology*, 2012, 31(5): 1214-1220.
- [23] Zhang H Y, Ou X H. Using insect for indicator to monitor and assess forest ecosystem health. *World Forestry Research*, 2006, 19(4): 22-25.
- [24] May R M. Theoretical Ecology: Principles and Applications. Oxford: Blackwell, 1981.
- [25] Hawes J, Da C, Motta S, Overal W L, Barlow J, Gardner T A, Peres C A. Diversity and composition of amazonian moths in primary, secondary and plantation forests. *Journal of Tropical Ecology*, 2009, 25(3): 281-300.
- [26] He D H, Tian C, Ren G D, Hao F M, Ma S Y. A preliminary study on the community structure of desert forage grassland. *Grassland of China*, 1988, 10(6): 24-28.
- [27] Wang F H, Chen C M. Studies on the structure of the rice pest-natural enemy community and diversity under IPM area and chemical control area. *Acta Ecologica Sinica*, 1986, 6(2): 159-170.
- [28] Liu W P, De H L. The butterfly diversities in Muli Sichuan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(3): 266-271.
- [29] Brehm G, Fiedler K. Diversity and community structure of geometrid moths of disturbed habitat in a montane area in the Ecuadorian Andes. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 2005, 38: 1-14.
- [30] Huang Z L. The interactions of population dynamics of *Thalassodes quadraria* and the plant community structure and climate factors in Dinghushan. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, 19(3): 24-27, 31-31.
- [31] Meng L, Li B P. Guild structure and species diversity of insects in saltcedar woodlands in Xinjiang, West China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 25(2): 189-193.
- ### 参考文献:
- [1] 张学卫, 潘建芝, 高宝嘉. 昆虫遗传多样性研究及展望. *河北林果研究*, 2009, 24(4): 433-438, 444-444.
- [3] 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.
- [5] 张金良, 李焕芳. 秦岭自然保护区群的生物多样性. *生物多样性*, 1997, 5(2): 155-156.
- [6] 张桂萍, 张建国, 茹文明. 山西蟒河南方红豆杉群落和种群结构研究. *山西大学学报: 自然科学版*, 2003, 26(2): 169-172.
- [7] 张殷波, 张峰, 赵益善, 樊敏霞. 山西蟒河自然保护区种子植物区系研究. *植物研究*, 2003, 23(4): 500-506.
- [8] 赵益善, 田随味, 田德雨, 茹李军. 蟒河自然保护区金翅雀的繁殖生态学研究. *山西大学学报: 自然科学版*, 2000, 23(2): 168-171.
- [9] 田随味, 张军, 张青霞. 蟒河自然保护区植被考察报告. *太原师范学院学报: 自然科学版*, 2012, 11(4): 142-144.
- [10] 武春生, 方承莱. 中国动物志昆虫纲(第三十一卷, 鳞翅目: 舟蛾科). 北京: 科学出版社, 2003.
- [11] 陈一心. 中国动物志昆虫纲(第十六卷, 鳞翅目: 夜蛾科). 北京: 科学出版社, 1999.
- [12] 朱弘复, 杨集昆, 陆近仁, 陈一心. 中国经济昆虫志(第六册, 鳞翅目: 夜蛾科)(二). 北京: 科学出版社, 1964.
- [13] 陈一心. 中国经济昆虫志(第三十二册, 鳞翅目: 夜蛾科)(四). 北京: 科学出版社, 1985.
- [14] 赵仲冬. 中国动物志昆虫纲(第三十卷, 鳞翅目: 毒蛾科). 北京: 科学出版社, 2003.
- [15] 刘友樵, 武春生. 中国动物志昆虫纲(第四十七卷, 鳞翅目: 枯叶蛾科). 北京: 科学出版社, 2006.
- [16] 武春生, 方承莱. 河南昆虫志(鳞翅目: 刺蛾科、枯叶蛾科、舟蛾科、灯蛾科、毒蛾科、鹿蛾科). 北京: 科学出版社, 2010.
- [17] 韩红香, 薛大勇. 中国动物志昆虫纲(第五十四卷, 鳞翅目: 尺蛾科 尺蛾亚科). 北京: 科学出版社, 2011.
- [18] 方承莱. 中国动物志昆虫纲(第十九卷, 鳞翅目: 灯蛾科). 北京: 科学出版社, 2000.
- [19] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统—实验设计、统计分析 & 模型优化. 北京: 科学出版社, 2006.
- [20] 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.
- [21] 贾玉珍, 赵秀海, 孟庆繁. 长白山针阔混交林不同演替阶段的昆虫多样性. *昆虫学报*, 2009, 52(11): 1236-1243.
- [22] 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.
- [23] 张红玉, 欧晓红. 以昆虫为指示物种监测和评价森林生态系统健康初探. *世界林业研究*, 2006, 19(4): 22-25.
- [26] 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, 10(6): 24-28.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [30] 黄忠良. 樟翠尺蛾种群动态与植物群落结构及气候因子的关系. *生态学杂志*, 2000, 19(3): 24-27, 31-31.
- [31] 孟玲, 李保平. 新疆柽柳林地昆虫群落取食功能团结构及物种多样性研究. *生态学杂志*, 2006, 25(2): 189-193.