

浙江 3 个自然保护区昆虫多样性及森林健康评价

刘佳敏¹, 张 慧², 黄秀凤³, 徐华潮¹

(1. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省临安市林业局, 浙江 临安 311300; 3. 浙江省富阳市林业局, 浙江 富阳 311400)

摘要: 昆虫生物多样性是森林生态系统健康的重要指标之一。对浙江省 3 个自然保护区(天目山国家级自然保护区、龙王山国家级自然保护区和百山祖国家级自然保护区)的昆虫群落多样性进行了系统研究, 通过分析昆虫群落多样性指数、均匀度、优势度与丰富度等指标对不同地区的森林环境健康状况进行了评价。结果表明: 天目山国家级自然保护区的昆虫丰富度指数变幅较大, Shannon-Weiner 指数 H 和 Simpson's 指数 D 反映的情况基本一致, 反映出天目山国家级自然保护区的昆虫群落结构相对较为合理, 稳定性较强, 其生态环境质量明显优于龙王山国家级自然保护区和百山祖国家级自然保护区。表 3 参 23

关键词: 森林生态学; 昆虫群落; 多样性; 森林健康; 森林评价; 浙江; 自然保护区

中图分类号: S718.5 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2013)05-0719-05

Insect diversity to monitor and evaluate forest environmental quality

LIU Jiamin¹, ZHANG Hui², HUANG Xiufeng³, XU Huachao¹

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Forest Enterprise of Lin'an City, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. Forest Enterprise of Fuyang City, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: Insect biodiversity is an important indicator of forest ecosystem health. A systematic study of insect community diversity in three nature reserves of Zhejiang Province: Mount Tianmu, Mount Longwang, and Mount Baishanzu, was conducted using insect diversity (Shannon-Weiner H and Simpson's D), evenness, dominance, and richness indices to evaluate different areas of forest environmental health. Results showed that the insect richness index of Mount Tianmu was greatest. Shannon-Weiner H and Simpson's D indices reflected the same situation. The insect community structure of Mount Tianmushan was more reasonable and stable supported by the all indices. So, the eco-environmental quality of Mount Tianmu was much better than Mount Longwang and Mount Baishanzu. [Ch, 3 tab. 23 ref.]

Key words: forest ecology; insect communities; diversity; forest health; forest evaluation; Zhejiang Province; nature reserves

森林健康的监测、评价与预测是林业经营和生态环境保护科学决策的基础, 对现有森林质量(即森林健康程度)进行诊断与评价, 以此来揭示森林病变原理和健康调控机制, 建立森林健康监测网络是现代林业发展的必然需求^[1-4]。生物多样性是森林健康的重要指标之一, 而昆虫多样性是生物多样性重要的组成部分^[5]。昆虫是森林生态系统的重要组成部分, 对系统运行和稳定有重要作用, 昆虫生物多样性的状况是森林生态系统健康的重要指标之一, 对科学地评价自然保护区森林生态系统保护成效有重要意义^[6]。昆虫具有其他指标无法替代的优势, 生长周期短、易采样、易识别、种群波动大、活动范围小、对环境

收稿日期: 2012-10-22; 修回日期: 2013-01-07

基金项目: 浙江省重大科技专项重点项目(2010C12029)

作者简介: 刘佳敏, 从事森林昆虫学研究。E-mail: ljmxzyz@126.com。通信作者: 徐华潮, 教授, 博士, 从事昆虫系统学及有害生物综合治理研究。E-mail: xhcinsect@zafu.edu.cn

变化敏感等,常被选作监测各种环境变化的代表类群^[1,7-12]。笔者运用多样性、均匀度、优势度、丰富度等生物多样性研究方法对浙江省3个国家级自然保护区(天目山国家级自然保护区、龙王山国家级自然保护区、百山祖国家级自然保护区)的昆虫群落多样性进行了研究,以期为森林生态系统健康监测提供理论基础和技术手段。

1 研究地区及研究方法

1.1 研究地区概况

浙江天目山国家级自然保护区地处东海之滨,位于浙江省西北部临安市境内。气候具有中亚热带向北亚热带过渡的特征,并受海洋暖湿气流的影响较深,季风强盛,四季分明,气候温和,雨水充沛,光照适宜,具有复杂多变多类型的森林生态气候。天目山自然条件优越,天然植被面积大,保存完整,森林覆盖率高,保护区内有高等植物246科974属2160种,植物资源丰富^[13-15]。

龙王山国家级自然保护区地处浙江省安吉县西南角,范围包括龙王山自然保护区、灵峰寺林场章村分场高峰庵林区、章村镇长潭村和报福镇深溪村等。属亚热带季风气候,总体特征为气候温和,雨水充沛,光照充足,四季分明。区域植被属中亚热带常绿阔叶林北部亚地带,森林植物种类丰富,计有155科666属1298种5亚种80变种,自然植被系列比较完整,类型多样,垂直分布明显^[16-17]。

百山祖国家级自然保护区位于浙江省丽水市庆元县,气候为典型的中亚热带气候,由于海拔偏高,气温偏低,雨水充沛,形成较明显的气候垂直分布带谱。景区内生物资源丰富,植被类型多样,地理环境特殊,地形地貌复杂,又因山地海拔高度的变化,形成森林植被从低海拔到山顶的下列6个植被类型:季风常绿阔叶林、常绿落叶混交林、落叶阔叶常绿针叶混交林、矮曲林、灌丛和草甸等。珍稀植物较丰富,并保存了较大面积的半原始状态的次生林^[18-19]。

1.2 研究方法

1.2.1 样地的选取 依据不同海拔及不同生境类型,设立固定样方(50 m×50 m)进行调查。

1.2.2 样本的采集 依据不同昆虫种类的习性制定相应的调查方法。膜翅目 Hymenoptera 和双翅目 Diptera 昆虫采用捕虫网随机扫网的方法;地栖性昆虫如鞘翅目 Coleoptera 和直翅目 Orthoptera 昆虫采用塑料托盘捕捉;土壤昆虫应用漏斗采集;夜间活动的趋光性昆虫以鳞翅目 Lepidoptera 昆虫为主采用灯诱的方法诱捕。在室内进行标本制作、分类和鉴定,分类鉴定结果主要参照1994-2001年昆虫科学考察结果^[20]。

1.2.3 数据统计分析方法 本研究采用反映某个群落或生境内部的种的多样性(α多样性)指数的相关计算公式进行统计分析^[14,21-22]。

Shannon-Weiner 指数: $H = - \sum_{i=1}^s P_i \lg P_i$ 。Pielou 指数(均匀度指数): $E = H / \ln S$ 。Simpson's 指数(优势度

指数): $D = 1 - \sum_{i=1}^s (N_i/N)^2$ 。其中: N_i 为种 i 的个体数, N 为群落中全部物种的个体数。 S 为物种数目, P_i 为属于种 i 的个体在全部个体中的比例。

2 结果与分析

2.1 天目山国家级自然保护区昆虫群落多样性

2.1.1 物种丰富度指数 调查结果显示:天目山国家级自然保护区昆虫丰富度指数的变幅较大,以鞘翅目最高,长翅目 Mecoptera 最低,两者相差13.51倍。缨翅目 Thysanoptera,革翅目 Dermaptera,蜚蠊目 Blattaria,直翅目,脉翅目 Neuroptera 和长翅目等丰富度指数较低;反之,鞘翅目、鳞翅目、双翅目、蜻蜓目 Odonata 和膜翅目等种类较多的目其丰富度指数则较高。另外,种数相近的鞘翅目和双翅目,由于个体数的较大差别,其丰富度指数也有较大差异。

2.1.2 多样性指数 分析结果表明:2种多样性指数 D 和 H 反映的情况基本一致(表1),鳞翅目,鞘翅目,同翅目 Homoptera,半翅目 Hemiptera,直翅目和膜翅目较高,而长翅目 Mecoptera,脉翅目和双翅目较低。群落均匀度以鳞翅目和鞘翅目为最高,脉翅目和双翅目为最低。

天目山国家级自然保护区生态系统的群落稳定性较好，物种丰富度较高。反映了天目山国家级自然保护区昆虫群落的物种丰富度，群落稳定性均较好，森林生态质量相对较好。

表 1 天目山主要昆虫类群的群落多样性指数和均匀度指数

Table 1 Diversity index and evenness index of major insect groups in Mount Tianmu

指数	直翅目 Orthoptera	缨翅目 Thysanoptera	同翅目 Homoptera	半翅目 Hemiptera	脉翅目 Neuroptera	鞘翅目 Coleoptera	长翅目 Mecoptera	双翅目 Diptera	鳞翅目 Lepidoptera	膜翅目 Hymenoptera
<i>D</i>	0.936	0.909	0.979	0.941	0.879	0.954	0.877	0.819	0.984	0.917
<i>H</i>	3.174	2.449	4.304	3.503	1.738	4.785	2.044	2.781	4.381	3.144
<i>J</i>	0.839	0.673	0.834	0.811	0.540	0.867	0.791	0.595	0.906	0.836

2.2 龙王山国家级自然保护区昆虫群落多样性

2.2.1 物种丰富度指数 调查结果表明：昆虫丰富度指数的变幅较大，以双翅目最高，脉翅目最低，两者相差 26.3 倍。绩翅目 Thysanoptera，螳螂目 Mantodea，脉翅目和长翅目的丰富度指数很低，反之，鞘翅目、鳞翅目、双翅目和膜翅目等种数较多的目丰富度指数较高。另外，种数相近的同翅目和半翅目，由于个体数的较大差别，其指数也有较大差异。

2.2.2 多样性指数 分析结果表明：2 种多样性指数 *D* 和 *H* 反映的情况基本一致(表 2)，鳞翅目、膜翅目和双翅目为最高，而以长翅目和绩翅目最低。群落均匀度以螳螂目和膜翅目为最高，长翅目、脉翅目和绩翅目为最低。由于优势种的明显程度较高，龙王山国家级自然保护区生态系统的物种丰富度、群落稳定性指数较低，表明龙王山的生态环境相对较差，更需加强保护。

表 2 龙王山主要昆虫类群的群落多样性指数和均匀度指数

Table 2 Diversity index and evenness index of major insect groups in Mount Longwang

指数	绩翅目 Plecoptera	螳螂目 Mantodea	同翅目 Homoptera	半翅目 Hemiptera	鞘翅目 Coleoptera	长翅目 Mecoptera	脉翅目 Neuroptera	鳞翅目 Lepidoptera	双翅目 Diptera	膜翅目 Hymenoptera
<i>D</i>	0.730	0.920	0.850	0.940	0.940	0.690	0.720	0.980	0.960	0.980
<i>H</i>	0.750	0.990	1.230	1.510	1.590	0.730	0.910	1.900	1.840	1.800
<i>J</i>	0.360	0.770	0.470	0.580	0.540	0.340	0.350	0.650	0.670	0.760

2.3 百山祖国家级自然保护区昆虫群落多样性

表 3 列出百山祖国家级自然保护区几类主要昆虫的多样性指数，百山祖国家级自然保护区的昆虫多样性指数和均匀度指数较高，说明百山祖国家级自然保护区生态系统中群落的稳定性较好，物种丰富度较高，优势种的明显程度较低。

表 3 百山祖主要昆虫类群的群落多样性指数和均匀度指数

Table 3 Diversity index and evenness index of major insect groups in Mount Baishanzu

指数	蜉蝣目 Ephemeroptera	直翅目 Orthoptera	同翅目 Homoptera	半翅目 Hemiptera	啮虫目 Corrodentia	鞘翅目 Coleoptera	毛翅目 Trichoptera	鳞翅目 Lepidoptera	双翅目 Diptera	膜翅目 Hymenoptera
<i>D</i>	0.920	0.940	0.950	0.940	0.650	0.960	0.960	0.990	0.970	0.980
<i>H</i>	2.690	3.150	3.740	3.640	2.840	3.760	3.550	5.490	4.740	4.190
<i>J</i>	0.900	0.650	0.910	0.550	0.650	0.830	0.660	0.730	0.830	0.890

3 结论和讨论

本研究利用相关的多样性指数分析方法，对浙江省天目山国家级自然保护区、龙王山国家级自然保护区和百山祖国家级自然保护区的昆虫群落多样性进行了研究比较。可以发现，天目山国家级自然保护区的昆虫群落结构相对较为合理，稳定性较强，反映出天目山国家级自然保护区的森林环境质量较龙王山国家级自然保护区和百山祖国家级自然保护区要好。这与我们之前利用指示性昆虫对 3 个国家级自然保护区的森林环境质量评价得出的结论是一致的(待发表)，表明该评价方法能够比较客观地反应森林的

健康状况,具有一定的科学性、客观性和可操作性,对浙江地区森林健康状况的评价具有一定的参考价值。

生物群落与环境之间保持动态平衡的稳定状态的能力,是同生态系统物种及结构的多样、复杂性呈正相关的。也就是说,生态系统的结构愈多样、复杂,则其抗干扰的能力愈强,因而也愈易于保持其动态平衡的稳定状态。这是因为在结构复杂的生态系统中,当食物链(网)上的某一环节发生异常变化,造成能量、物质流动的障碍时,可由不同生物种群间的代偿作用加以克服。因此,多样性程度的高低也是反映森林健康与否的重要特征^[8-9,23]。因此,从理论上讲,应用林内昆虫群落多样性指数能够预测林分结构变化和抗虫能力强弱。

森林生态系统是一个极为复杂的系统,因此,森林健康评价也是一个非常复杂的问题,对于森林生态系统健康的评价研究应是多方向多途径的。根据昆虫具有广泛的生物地理学和生态学探针的功能,能够积极响应生态环境的变化,通过研究昆虫群落结构、群落多样性及其变化趋势,进而实现森林环境的有效监测和评价,这一评价方法和手段具有其独特的优越性。尽管如此,在实践中依然应当加强多种方法的交互使用,实现互相补充,从而促进对整个森林生态系统环境质量评价水平的提高。

参考文献:

- [1] 肖风劲, 欧阳华, 程淑兰, 等. 中国森林健康生态风险评价[J]. 应用生态学报, 2004, **15**(2): 349 – 353.
XIAO Fengjin, OUYANG Hua, CHENG Shulan, *et al.* Forest health ecological risk assessment in China [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2004, **15**(2): 349 – 353.
- [2] 居峰, 董丽娜, 陈希, 等. 不同森林植被类型蛾类群落结构及其多样性研究[J]. 江苏林业科技, 2011, **38**(1): 2 – 11.
JU Fen, DONG Li'na, CHEN Xi, *et al.* The community structure and diversity study of moths at the different vegetation types in Zijin Mountain area [J]. *J Jiangsu For Sci Technol*, 2011, **38**(1): 2 – 11.
- [3] 巨天珍, 孟凡涛, 姚晶晶, 等. 基于 T-S 模型的神经网络在小陇山森林健康评价中的应用[J]. 广东农业科学, 2012(3): 167 – 169.
JU Tianzhen, MEN Fantao, YAO Jingjing, *et al.* Neural network based on T-S model in the application of Xiaolongshan mountain forest health assessment [J]. *Guangdong Agric Sci*, 2012(3): 167 – 169.
- [4] 张国祯, 甘敬, 朱建刚. 北京山区森林健康的多尺度评价[J]. 林业科学, 2011, **47**(6): 143 – 151.
ZHANG Guozheng, GAN Jin, ZHU Jiangang. Multi-scale health assessment of forests in mountainous regions of Beijing [J]. *Sci Silv Sin*, **47**(6): 143 – 151.
- [5] 王义平, 吴鸿, 徐华潮. 浙江重点生态地区蝶类生物多样性及其森林生态系统健康评价[J]. 生态学报, 2008, **28**(11): 5259 – 5269.
WANG Yiping, WU Hong, XU Huachao. Butterfly diversity and evaluation of forest eco-system health in important ecological areas of Zhejiang Province [J]. *Acta Ecol Sin*, 2008, **28**(11): 5259 – 5269.
- [6] 师丹, 杨伟, 蒋仕伟, 等. 四川王朗国家级自然保护区昆虫生物多样性初步研究[J]. 四川动物, 2009, **28**(5): 691 – 699.
SHI Dan, YANG Wei, JIANG Shiwei, *et al.* Preliminary research on insects biodiversity in Wanglang National Nature Reserve [J]. *Sichuan J Zool*, 2009, **28**(5): 691 – 699.
- [7] BROWN K S Jr. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring [J]. *J Insect Conserv*, 1997, **1**: 25 – 42.
- [8] 陈高, 代力民, 姬兰柱, 等. 森林生态系统健康评估(I)模式、计算方法和指标体系[J]. 应用生态学报, 2004, **15**(10): 1743 – 1749.
CHEN Gao, DAI Limin, JI Lanzhu, *et al.* Assessing forest ecosystem health (I). model method and index system [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2004, **15**(10): 1743 – 1749.
- [9] 陈高, 邓红兵, 王庆礼, 等. 森林生态系统健康评估的一般性途径探讨[J]. 应用生态学报, 2003, **14**(6): 995 – 999.
CHEN Gao, DENG Hongbing, WANG Qingli, *et al.* Approaches for assessing forest ecosystem health [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2003, **14**(6): 995 – 999.
- [10] COSTANZA R, d'ARGE R, de GROOT R, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital

- [J]. *Ecol Econ*, 1998, **25**(1): 3 – 15.
- [11] LAWTON J H. *Abstracts, 20 International Congress of Entomology* [M]. Londrina: Embrapa Soja, 2000: 1 – 107.
- [12] 马克明, 孔红梅, 关文彬, 等. 生态系统健康评价: 方法与方向[J]. 生态学报, 2001, **21**(12): 2106 – 2116.
MA Keming, KONG Hongmei, GUAN Wenbin, *et al.* Ecosystem health assessment: methods and directions [J]. *Acta Ecol Sin*, 2001, **21**(12): 2106 – 2116.
- [13] 吴鸿, 潘承文. 天目山昆虫[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 12.
- [14] 徐华潮, 吴鸿, 杨淑贞, 等. 浙江天目山昆虫物种多样性研究[J]. 浙江林学院学报, 2002, **19**(3): 350 – 355.
XU Huachao, WU Hong, YANG Shuzhen, *et al.* Insect species diversity of Mount Tianmu in China [J]. *J Zhejiang For Coll*, **19**(3): 350 – 355.
- [15] 徐华潮, 吴鸿, 赵明水, 等. 天目山自然保护区昆虫区系研究[J]. 浙江林业科技, 2003, **23**(5): 4 – 9.
XU Huachao, WU Hong, ZHAO Mingshui, *et al.* Study on insect fauna of Tianmushan National Nature Reserve [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2003, **23**(5): 4 – 9.
- [16] 吴鸿. 龙王山昆虫[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998: 10.
- [17] 吴鸿, 朱志建, 徐华潮. 浙江龙王山昆虫物种多样性研究[J]. 浙江林学院学报, 2000, **17**(3): 235 – 240
WU Hong, ZHU Zhijian, XU Huachao. Insect species diversity of Nature Reserve of Mount Longwang [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2000, **17**(3): 235 – 240.
- [18] 吴鸿. 华东百山祖昆虫[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995: 12.
- [19] 吴鸿, 徐一忠, 陈德良, 等. 浙江百山祖自然保护区昆虫区系研究[J]. 浙江林学院学报, 1997, **14**(3): 267 – 272.
WU Hong, XU Yizhong, CHEN Deliang, *et al.* On the insect fauna of Baishanzu Nature Reserve in Zhejiang [J]. *J Zhejiang For Coll*, **14**(3): 267 – 272.
- [20] 王义平, 毛晓鹏, 翁国杭, 等. 浙江乌岩岭国家级自然保护区蝴蝶多样性及其森林环境健康评价[J]. 环境昆虫学报, 2009, **31**(1): 14 – 19.
WANG Yiping, MAO Xiaopeng, WENG Guohang, *et al.* Butterfly diversity and evaluation of forest environmental health in Wuyanling of Zhejiang [J]. *J Environ Entomol*, 2009, **31**(1): 14 – 19.
- [21] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I- α 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, **2**(4): 231 – 239.
MA Keping, LIU Yuming. Measurement of biotic community diversity I- α diversity measure method (below) [J]. *Chin Biodivers*. 1994, **2**(4): 231 – 239.
- [22] 王鸿哲, 李孟楼, 张学武, 等. 生物多样性评判林分抗性研究方法 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, **32**(7): 123 – 127.
WANG Hongzhe, LI Menglou, ZHANG Xuewu, *et al.* Method for the judgement fundamentals of forestry resistance to pest by biodiversity index [J]. *J Northwest A & F Univ Natu Sci Ed*, 2004, **32**(7): 123 – 127.
- [23] 阳彬, 王熙钱, 欧阳勋志. 森林健康的概念、特征及其影响因素探析[J]. 江西林业科技, 2007(7): 26 – 29.
YANG Bin, WANG Xi-qian, OUYANG Xunzhi. Approach on the conception, characteristics and affecting factors of forest health [J]. *J Jiangxi For Sci Technol*, 2007(7): 26 – 29.