

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第32卷 第16期 Vol.32 No.16 **2012**

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第32卷第16期 2012年8月 (半月刊)

## 目次

基于生物多样性保护的兴安落叶松与白桦最佳混交比例——以阿尔山林区为例·····	李菁, 骆有庆, 石娟 (4943)
中国能源消费碳排放的时空特征·····	舒娱琴 (4950)
黄土丘陵沟壑区坡面尺度土壤水分空间变异及影响因素·····	姚雪玲, 傅伯杰, 吕一河 (4961)
新疆艾比湖流域土壤有机质的空间分布特征及其影响因素·····	王合玲, 张辉国, 秦璐, 等 (4969)
雅鲁藏布江山南宽谷风沙化土地土壤养分和粒度特征·····	李海东, 沈渭寿, 邹长新, 等 (4981)
一株溶藻细菌对海洋原甲藻的溶藻效应·····	史荣君, 黄洪辉, 齐占会, 等 (4993)
种形态对黑藻和竹叶眼子菜有机酸含量的影响·····	钟正燕, 王宏镔, 王海娟, 等 (5002)
七项河流附着硅藻指数在东江的适用性评估·····	邓培雁, 雷远达, 刘威, 等 (5014)
杭州湾滨海湿地不同植被类型沉积物磷形态变化特征·····	梁威, 邵学新, 吴明, 等 (5025)
剪形臂尾轮虫形态的时空变化及其与生态因子间的关系·····	葛雅丽, 席貽龙, 马杰, 等 (5034)
太湖流域河流水质状况对景观背景的响应·····	周文, 刘茂松, 徐驰, 等 (5043)
荒漠植物白刺属4个物种的生殖分配比较·····	李清河, 辛智鸣, 高婷婷, 等 (5054)
臭氧浓度升高对香樟叶片光合色素及抗过氧化的影响及其氮素响应·····	牛俊峰, 张巍巍, 李丽, 等 (5062)
不同密度下凤仙花重要形态性状与花朵数的关系·····	田旭平, 常洁, 李娟娟, 等 (5071)
五种高速公路边坡绿化植物的生理特性及抗旱性综合评价·····	谭雪红, 高艳鹏, 郭小平, 等 (5076)
散孔材与环孔材树种枝干、叶水力学特性的比较研究·····	左力翔, 李俊辉, 李秧秧, 等 (5087)
北京城区行道树国槐叶面尘分布及重金属污染特征·····	戴斯迪, 马克明, 宝乐 (5095)
南亚热带米老排人工林碳贮量及其分配特征·····	刘恩, 刘世荣 (5103)
植物生活史型定量划分及其权重配置方法——以四棱豆生活史型划分为例·····	赵则海 (5110)
半干旱区湿地-干草原交错带边界判定及其变化·····	王晓, 张克斌, 杨晓晖, 等 (5121)
氮肥运筹对晚播冬小麦氮素和干物质积累与转运的影响·····	吴光磊, 郭立月, 崔正勇, 等 (5128)
氮肥形态对冬小麦根际土壤氮素生理群活性及无机氮含量的影响·····	熊淑萍, 车芳芳, 马新明, 等 (5138)
基于数字相机的冬小麦物候和碳交换监测·····	周磊, 何洪林, 孙晓敏, 等 (5146)
黄土高原半湿润区气候变化对冬小麦生长发育及产量的影响·····	姚玉璧, 王润元, 杨金虎, 等 (5154)
基于土地破坏的矿区生态风险评价: 理论与方法·····	常青, 邱瑶, 谢苗苗, 等 (5164)
基于生态位的山地农村居民点适宜度评价·····	秦天天, 齐伟, 李云强, 等 (5175)
氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽实验种群的影响·····	杨洪, 王召, 金道超 (5184)
6种植物次生物质对斜纹夜蛾解毒酶活性的影响·····	王瑞龙, 孙玉林, 梁笑婷, 等 (5191)
云南元江芒果园桔小实蝇成虫日活动规律及空间分布格局·····	叶文丰, 李林, 孙来亮, 等 (5199)
重庆市蝴蝶多样性环境健康指示作用和环境监测评价体系构建·····	邓合黎, 马琦, 李爱民 (5208)
<b>专论与综述</b>	
生态系统服务竞争与协同研究进展·····	李鹏, 姜鲁光, 封志明, 等 (5219)
中国沿海无柄蔓足类研究进展·····	严涛, 黎祖福, 胡煜峰, 等 (5230)
冰雪灾害对森林的影响·····	郭淑红, 薛立 (5242)
不同干扰因素对森林和湿地温室气体通量影响的研究进展·····	杨平, 全川 (5254)
采石场废弃地的生态重建研究进展·····	杨振意, 薛立, 许建新 (5264)
<b>研究简报</b>	
基于地统计学和CFI样地的浙江省森林碳空间分布研究·····	张峰, 杜群, 葛宏立, 等 (5275)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 344 \* zh \* P \* ¥70.00 \* 1510 \* 36 \* 2012-08



封面图说: 秋色藏野驴群——秋天已经降临在海拔4200多米的黄河源区, 红色的西伯利亚蓼(生于盐碱荒地或砂质含盐碱土壤)铺满大地, 间有的高原苔草也泛出了金黄, 行走在上面的藏野驴们顾不上欣赏这美丽的秋色, 只是抓紧时间, 在严冬到来之前取食, 添肥增膘以求渡过青藏高原即将到来的漫长冬天。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 16 August, 2012 (Semimonthly)

## CONTENTS

The optimum mixture ratio of larch and birch in terms of biodiversity conservation; a case study in Aershan forest area .....	LI Jing, LUO Youqing, SHI Juan (4943)
Spatiotemporal characteristics of carbon emissions from energy consumption in China .....	SHU Yuqin (4950)
Spatial patterns of soil moisture at transect scale in the Loess Plateau of China .....	YAO Xueling, FU Bojie, LÜ Yihe (4961)
The characteristics of the spatial distribution of soil organic matter and factors influencing it in Ebinur Lake Basin of Xinjiang Autonomous Region, China .....	WANG Heling, ZHANG Huiguo, QIN Lu, et al (4969)
Soil nutrients content and grain size fraction of aeolian sandy land in the Shannan Wide Valley of the Yarlung Zangbo River, China .....	LI Haidong, SHEN Weishou, ZOU Changxin, et al (4981)
Algicidal activity against <i>Proocentrum micans</i> by a marine bacterium isolated from a HABs area, South China .....	SHI Rongjun, HUANG Honghui, QI Zhanhui, et al (4993)
Effects of arsenic speciations on contents of main organic acids in <i>Hydrilla verticillata</i> and <i>Potamogeton malaianus</i> .....	ZHONG Zhengyan, WANG Hongbin, WANG Haijuan, et al (5002)
Exploration of benthic diatom indices to evaluate water quality in rivers in the Dongjiang basin .....	DENG Peiyan, LEI Yuanda, LIU Wei, et al (5014)
Phosphorus fraction in the sediments from different vegetation type in Hangzhou bay coastal wetlands .....	LIANG Wei, SHAO Xuexin, WU Ming, et al (5025)
Spatio-temporal variation of morphometric characteristics of <i>Brachionus forficula</i> in relation to ecological factors .....	GE Yali, XI Yilong, MA Jie, et al (5034)
Response of river water quality to background characteristics of landscapes in Taihu Lake basin .....	ZHOU Wen, LIU Maosong, XU Chi, et al (5043)
Reproductive allocation in four desert species of the genus <i>Nitraria</i> L. ....	LI Qinghe, XIN Zhiming, GAO Tingting, et al (5054)
Effects of elevated ozone on foliar chlorophyll content and antioxidant capacity in leaves of <i>Cinnamomum camphora</i> under enhanced nitrogen loads .....	NIU Junfeng, ZHANG Weiwei, LI Li, et al (5062)
Correlation analysis between floret numbers and important traits of <i>Impatiens balsamina</i> under different planting density .....	TIAN Xuping, CHANG Jie, LI Juanjuan, et al (5071)
Physiological characteristics and comprehensive evaluation of drought resistance in five plants used for roadside ecological restoration .....	TAN Xuehong, GAO Yanpeng, GUO Xiaoping, et al (5076)
Comparison of hydraulic traits in branches and leaves of diffuse- and ring-porous species .....	ZUO Lixiang, LI Junhui, LI Yangyang, et al (5087)
Distribution and heavy metal character of foliar dust on roadside tree <i>Sophora japonica</i> of urban area in Beijing .....	DAI Sidi, MA Keming, BAO Le (5095)
The research of carbon storage and distribution feature of the <i>Mytilaria laosensis</i> plantation in south sub-tropical area .....	LIU En, LIU Shirong (5103)
The novel methods of quantitative classification of plant life cycle forms and weight collocation; taking classification of life cycle forms of <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> as an example .....	ZHAO Zehai (5110)
Research on boundary definition and changes of wetland-dry grassland ...	WANG Xiao, ZHANG Kebin, YANG Xiaohui, et al (5121)
Differential effects of nitrogen managements on nitrogen, dry matter accumulation and transportation in late-sowing winter wheat .....	WU Guanglei, GUO Liyue, CUI Zhengyong, et al (5128)
Effects of nitrogen form on the activity of nitrogen bacteria group and inorganic nitrogen in rhizosphere soil of winter wheat .....	XIONG Shuping, CHE Fangfang, MA Xinming, et al (5138)
Using digital repeat photography to model winter wheat phenology and photosynthetic CO <sub>2</sub> uptake .....	ZHOU Lei, HE Honglin, SUN Xiaomin, et al (5146)
Impacts of climate change on growth and yield of winter wheat in the semi-humid region of the Loess Plateau .....	YAO Yubi, WANG Runyuan, YANG Jinhu, et al (5154)
Theory and method of ecological risk assessment for mining areas based on the land destruction .....	CHANG Qing, QIU Yao, XIE Miaomiao, et al (5164)
Suitability evaluation of rural residential land based on niche theory in mountainous area .....	QIN Tiantian, QI Wei, LI Yunqiang, et al (5175)
Effects of chlorantraniliprole on experimental populations of <i>Cyrtorhinus lividipennis</i> (Reuter) (Hemiptera: Miridae) .....	YANG Hong, WANG Zhao, JIN Daochao (5184)
Effects of six plant secondary metabolites on activities of detoxification enzymes in <i>Spodoptera litura</i> .....	WANG Ruilong, SUN Yulin, LIANG Xiaoting, et al (5191)
Daily activity and spatial distribution pattern of the oriental fruit fly, <i>Bactrocera dorsalis</i> (Diptera: Tephritidae) in mango orchard, Yuanjiang, Yunnan .....	YE Wenfeng, LI Lin, SUN Lailiang, et al (5199)
The establishment of the indication on environmental health of butterfly and of the environmental monitoring evaluation system in Chongqing .....	DENG Heli, MA Qi, LI Aimin (5208)
<b>Review and Monograph</b>	
Research progress on trade-offs and synergies of ecosystem services; an overview .....	LI Peng, JIANG Luguang, FENG Zhiming, et al (5219)
A review on the balanomorph barnacles in the coastal waters of China .....	YAN Tao, LI Zufu, HU Yufeng, et al (5230)
Effects of ice-snow damage on forests .....	GUO Shuhong, XUE Li (5242)
Greenhouse gas flux from forests and wetlands; a review of the effects of disturbance .....	YANG Ping, TONG Chuan (5254)
Advances in ecology restoration of abandoned quarries .....	YANG Zhenyi, XUE Li, XU Jianxin (5264)
<b>Scientific Note</b>	
Spatial distribution of forest carbon in Zhejiang Province with geostatistics based on CFI sample plots .....	ZHANG Feng, DU Qun, GE Hongli, et al (5275)



DOI: 10.5846/stxb201112211948

李菁, 骆有庆, 石娟. 基于生物多样性保护的兴安落叶松与白桦最佳混交比例——以阿尔山林区为例. 生态学报, 2012, 32(16): 4943-4949.

Li Jing, Luo Youqing, Shi J. The optimum mixture ratio of larch and birch in terms of biodiversity conservation: a case study in Aershan forest area. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(16): 4943-4949.

# 基于生物多样性保护的兴安落叶松 与白桦最佳混交比例 ——以阿尔山林区为例

李 菁, 骆有庆, 石 娟\*

(北京林业大学森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 选取内蒙古阿尔山林区 7 种不同混交比例的松桦混交林, 包括落叶松纯林、白桦纯林及 5 种不同比例的混交林为研究对象。对植物和昆虫种群丰富度、多样性进行了研究, 并对种群在乔木层混交状况梯度下的分布进行了分析。结果表明: 植物和昆虫种群分布受乔木层混交状况影响显著。同时, 郁闭度能改变其分布状况及决定于松桦比例。兴安落叶松和白桦混交比例介于 5:5 和 7:3 之间时最有利于森林多样性, 是进行林分疏伐的理想模式。

**关键词:** 兴安落叶松; 白桦; 混交比例; 经营; 生物多样性

## The optimum mixture ratio of larch and birch in terms of biodiversity conservation: a case study in Aershan forest area

LI Jing, LUO Youqing, SHI Juan\*

Key laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

**Abstract:** To find the optimum mixture ratio of larch (*Larix gmelinii*) and birch (*Betula platyphylla*), seven forest types were set in Inner Mongolia, including pure larch stand, pure birch stand, and five mixed stands with various tree proportions. Each forest type had three stands as replicates. Species richness and diversity of plant and insect populations were investigated and analyzed by traditional community investigation and manual collection. For the plant community, 88 species were recorded and the dominant communities included Compositae, Rosaceae, Ranunculaceae, Papilionaceae, Ericaceae and Pinaceae. The dominant populations were *Carex chingannensis* Litw., *Lolium perenne* L., *Fragaria orientalis* Lozinsk., *Equisetum palustre* L., *Geranium dahuricum* DC., *Galium boreale* L. while the rare populations included *Heracleum moellendorffii*, *Ligularia fischeri*, *Pedicularis rubens* and *Viola acuminata*. For the insect community, 147 species were recorded. *Lymantria dispar* L., *Loxostege sticticalis* L., *Chilo suppressalis* (walker), *Sidemia spilogramma* Rambur, Chrysomelidae, Muscidae, Staphylinidae, Eusilpha sp., Nitidulidae, *Ips subelongatus* Motschulsky were found as the dominant populations while *Tomicobia seitneri* (Ruschka) and *Sipylodes sipylus* were classified as rare speices. As the birch mixture in mixed forests increased, the species richness of plant and arthropod first increased and then decreased and peaked in L70B30 forests. The diversity of them had similar pattern as species richness. The distribution status of plant and insect populations along the gradient of birch mixture was also examined by the application of canonical correspondence analysis (CCA). The explaining environmental factors included mixture proportion (quantified by the mixture of birch),

**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目(31170613); 教育部新世纪优秀人才计划(NCET-10-0232); 北京林业大学中芬合作项目(1114201)

**收稿日期:** 2011-12-21; **修订日期:** 2012-05-08

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shi\_juan@263.net

canopy closure, stand slope and soil organic matter (%). The results showed that the distribution of plant communities was well reflected by the CCA analysis. 34.1% and 37% of the plant-environment relation was explained by axis 1 and 2, respectively. Birch mixture (BM) had significantly negative correlation with axis 1 while the canopy closure (CC) had a significantly positive correlation. In terms of the insect diversity, axis 1 and 2 explained 34.8% and 28.1% of the insect-environment relation while BM and CC also had similar correlations with axis 1 and 2. The results showed that most populations were significantly affected by the mixture status and canopy closure, which was also significantly decided by the composition status of canopy layer. In addition, the stand slope can also change their distribution status. These results also indicated that the diversity of plants and insects was highest when the mixture ratio of larch and birch was between 5:5 and 7:3, which should be the optimum mixture ratio in thinning practices. The present study is to provide theoretical base to improve the forest management, including how to quantify and control the thinning intensity. Generally, the relation of diversity and forest ecosystem stability was considered as positive which meant that the stability will increase with the diversity level. Therefore, the present study provides a new way to improve the health level of boreal forests in northeastern China. The forest manager could carry out various practices to transform the simple structure of forests, especially for the man-made forests and to keep and increase the forest health in this area.

**Key Words:** *Larix gmelinii*; *Betula platyphylla*; mixture ratio; forest management; biodiversity

多数研究者认为由多树种构成的混交林在抵御有害生物方面强于由单一树种构成的纯林,这主要基于天敌假说<sup>[1]</sup>、资源-集中性假说<sup>[2]</sup>以及联合抗性假说<sup>[3]</sup>等 3 种理论。因此,通过一定的森林经营措施将纯林改造为混交林是很多林区特别是纯林占较大比例的林区提升其林分质量的重要手段之一。

兴安落叶松-白桦混交林是我国东北地区特别是大兴安岭南南部地区的主要林分类型,对于构建北方地区绿色生态屏障、维护国家生态安全极其重要。但由于种种原因,这种林分也同时面临着树种单一、林分结构简单、林业灾害易发等问题,2001 年爆发于阿尔山林区的落叶松毛虫便是一个例子<sup>[4]</sup>。因此,对人工林和纯林进行天然化及混交化改造是提升林分对有害生物抵御能力的有效途径之一,需引起足够的重视。然而,如何合理开展森林经营和改造实践并将这些措施科学量化等并未得到深入研究。

近十年来,阿尔山林业局对纯林或混交林不断进行改造,但缺乏科学规划和量化的实施方法,因此远未达到预期效果。本研究选取兴安落叶松和白桦不同比例混交林,并根据比例将样地划分为 7 种类型,包括落叶松纯林、白桦纯林以及 5 种不同比例的混交林分。本研究通过林下植物和林间昆虫多样性的调查以考察混交状况对森林生物多样性的影响及机制。本研究假设两优势树种的混交比例能够对多样性状况产生影响,且存在一个比例能够维持较高的多样性水平,也能够增强林分对于有害生物的抵御能力。基于典范对应分析(CCA),本研究选取混交状况、林分郁闭度、林地坡度以及土壤有机质含量等作为四个环境解释因子,结合在林分中的出现状况(0/1)对植物和昆虫种群在环境梯度下的分布状况进行了探讨,以评价以混交状况为主的环境因子对种群分布的影响。本研究旨在为本地区兴安落叶松与白桦混交林这一代表性林型的经营和改造实践(如间伐、抚育等)提供一定的理论参考。

## 1 研究区域与研究方法

### 1.1 研究区域概况

阿尔山林区(119°51'—120°57'E, 47°07'—47°55'N)位于内蒙古自治区东北部,与蒙古人民共和国交界。本区地形主体为山地,海拔位于 820—1 745 m 之间。林区属寒温带湿润区,冬季严寒而漫长,植物生长期短。本林区常受西伯利亚寒流侵袭,年平均温度-3.2℃,平均降水量 452.1 mm,无霜期 100—120d。林区经营总面积  $4.84 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,有林地面积  $3.45 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,活立木总蓄积  $2.28 \times 10^7 \text{ m}^3$ ,森林覆盖率 71.3%,林区优势树种为兴安落叶松(*Larix gmelinii*)与白桦(*Betula platyphylla*)。

## 1.2 样地选取

本研究结合阿尔山林区林分组成情况,在天然林和经过人工疏伐改造的次生林内选取样地。根据林分内主要树种兴安落叶松和白桦的组成比例,将样地分为兴安落叶松纯林、白桦纯林及不同比例的混交林(混交比例包括 9:1, 7:3, 5:5, 3:7, 1:9 等 5 种)共 7 种类型,每种类型设置 3 个重复。用 L100B0 表示兴安落叶松纯林, L0B100 表示白桦纯林,其他 5 种样地分别可表示为 L90B10、L70B30、L50B50、L30B70、L10B90 等。样地的平均面积为  $1.6\text{hm}^2$  ( $0.7\text{—}4.6\text{hm}^2$ ),样地间距离至少为 3km。每种样地类型的 3 个重复均选自不同样地,并具有尽可能相似的土壤类型、地形条件以及林分条件等以避免假重复。

## 1.3 研究方法

2009 年 7 至 9 月,采用样方法对林下植被进行调查。样方大小为  $20\times 20\text{m}$ 。调查和记录项目包括海拔高度、坡度、坡向、胸径断面积、林分光环境(郁闭度),土壤有机质含量等。其中,土壤有机质含量(%)利用 Walkley 和 Black(1934)湿氧化法测定。采用五点取样法于样地中心和四周共设置 5 个大小为  $5\times 5\text{m}$  的亚样方进行灌木群落的调查。草本小样方采用同样方式设置,大小为  $1\times 1\text{m}$ 。灌草群落的调查项目包括物种、个体数、优势种群高度、平均高度及盖度等。调查时现场鉴定物种,并将未知种拍照或取样以进一步鉴定。

昆虫取样与植物群落调查同步进行,采用窗式诱捕器与夜间灯诱相结合的方法。诱捕器的十字形由有机玻璃支撑,规格为  $29.5\text{cm}\times 19.0\text{cm}\times 0.2\text{cm}$ ,收集装置为直径 23.0cm 和 17.3cm 的塑料盆,挡板与收集装置用铁片固定。收集器内放置水、盐及无味香波等用作防腐剂。每个样方内设置 3 个诱捕器,利用 1.5m 的木桩将诱捕器放置于林分内空旷向阳处,高度设为 1.3m,相邻诱捕器间距为 50m。每周进行一次收集并补充防腐剂。每个样方内设置 3 个灯诱点,每周进行一次收集以避免温湿度和降雨等环境因素的影响。鳞翅目昆虫用乙醚毒瓶麻醉后用纸包保存,其他昆虫用酒精保存。所有昆虫均鉴定至物种或形态种水平。

## 1.4 统计分析

基于对植物群落的林间调查以及对昆虫的诱集结果,本研究对其多样性进行了分析。物种丰富度即出现在某种样地类型的物种数目,物种多样性利用 Shannon-Wiener ( $H'$ ) 指数进行量化<sup>[5]</sup>。

不同样地类型植物和昆虫种群分布状况的差异用 CANOCO 4.5 (Microcomputer Power, Ithaca NY, USA, 2002) 中的典范对应分析(Canonical Correspondence Analysis, CCA)进行评估,数据采用物种在样地中的出现与否(0/1 数据),环境解释因子包括兴安落叶松与白桦比例(以白桦的比例量化即 Birch mixture, BM)、林分郁闭度(Canopy closure, CC)、林地坡度(Stand slope, SS)。

利用 SPSS 单因素方差分析(one-way ANOVA)以及 Tukey HSD 多重比较对不同样地类型生物多样性水平进行比较,显著性  $P$  值小于 0.05 被定义为均具有显著性差异。所有的计算和统计操作均在 MS excel 2007 及 SPSS 16.0 中进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 物种及群落组成

本研究共记录了 88 个植物种,隶属于 28 科 58 属。其中,物种数量较多的包括菊科 Compositae、蔷薇科 Rosaceae、毛茛科 Ranunculaceae、蝶形花科 Papilionaceae、杜鹃花科 Ericaceae 以及松科 Pinaceae 等类群。优势种群主要有兴安苔草 *Carex chingannensis* Litw.、黑麦草 *Lolium perenne* L.、东方草莓 *Fragaria orientalis* Lozinsk.、问荆 *Equisetum palustre* L.、粗根老鹳草 *Geranium dahuricum* DC.、北方拉拉藤 *Galium boreale* L. 等,在大多数样地类型内均有分布。偶见种主要有东北牛防风 *Heracleum moellendorffii*、蹄叶橐吾 *Ligularia fischeri*、红色马先蒿 *Pedicularis rubens*、鸡脚堇菜 *Viola acuminata* 等仅在 1 个或少数几个样地分布。

本研究共采集记录了 147 种昆虫,隶属于 15 目 77 科。优势类型主要有鳞翅目、鞘翅目、膜翅目和双翅目,而竹节虫目和蜉蝣目仅有 1 种。优势种群包括舞毒蛾 *Lymantria dispar* L.、草地螟 *Loxostege sticticalis* L.、二化螟 *Chilo suppressalis* (walker)、克蓑夜蛾 *Sidemia spilogramma* Rambur、叶甲 Chrysomelidae、蝇 1 Muscidae、隐翅甲 Staphylinidae、红胸埋葬甲 *Eusilpha* sp.、露尾甲 Nitidulidae、落叶松八齿小蠹 *Ips subelongatus*

Motschulsky、蚊 1 Formicidae 1、蝥 1 Pentatomidae、叶蝉 1 Cieadellidae1、草蛉 1 Chrysopidae 1 等。分布范围较小的种群主要有暗绿截尾金小蜂 *Tomicobia seitneri*(Ruschka)、棉细颈杆蝥 *Sipyloides sipylus*、蛇蛉 Raphidiidae、突眼蝇 Diopsidae 等。

## 2.2 物种丰富度及多样性

图 1 表明随着混交林分中白桦比例的升高,植物和昆虫物种数量均呈单峰状分布,纯林和近纯林水平较低,最大值均出现在 L70B30 即落叶松和白桦的组成比例在 7:3 时。此外,L50B50 林也能维持较多数量的种群。白桦纯林和落叶松纯林的种群丰富度水平最低。图 2 为物种多样性的变化趋势,与图 1 相近。多样性水平随白桦比例增加而升高,至 30% 时达到最大值,随后下降。其中,昆虫多样性在白桦纯林中达到最小值,植物多样性在落叶松纯林中达到最小值。

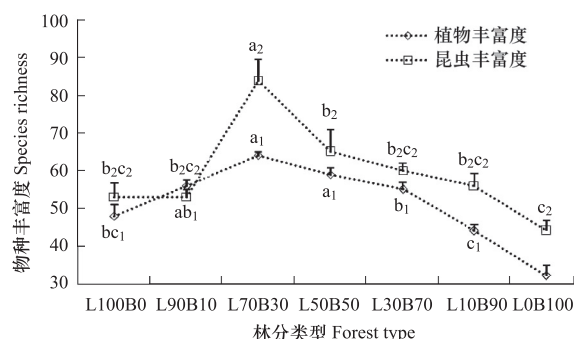


图 1 不同林型物种丰富度分布格局

Fig. 1 The species richness pattern of different forest types

上标字母若不同表示在  $\alpha=0.05$  水平上差异显著

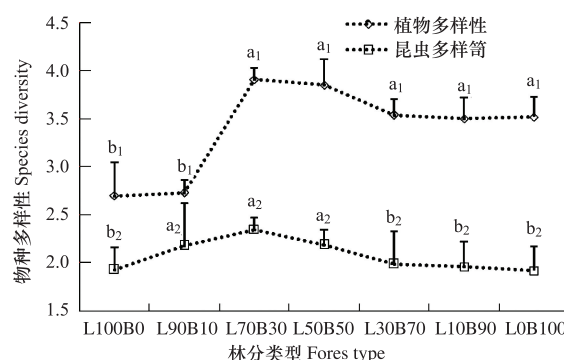


图 2 不同林型物种多样性分布格局

Fig. 2 The species diversity pattern of different forest types

上标字母若不同表示在  $\alpha=0.05$  水平上差异显著

## 2.3 排序结果

图 3 表明 CCA 第 1 轴解释了 34.1% ( $P<0.01$ ) 的植物物种-环境关系,第 2 轴解释了 37%。第 1 轴与松桦比例(BM)有显著的负相关关系( $r=-0.9442, P<0.001$ ),而与林分郁闭度(CC)呈显著正相关( $r=0.8060, P<0.001$ )。土壤有机质(OM)与第 2 轴存在显著的负相关关系( $r=-0.9408, P<0.001$ )。CC 与 BM 也存在显著的负相关关系( $r=-0.8283, P<0.001$ ),表明林分的郁闭度与林分冠层结构联系紧密。另外,由结果可知,坡度(SS)也在一定程度上影响和改变了郁闭度( $r=0.4966, P<0.05$ )。

图 4 表明 CCA 第 1 轴解释了 34.8% ( $P<0.05$ ) 的植物物种-环境关系,而第 2 轴解释了 28.1%。第 1 轴与松桦比例(BM)有显著的负相关关系( $r=-0.9378, P<0.001$ ),与林分郁闭度(CC)呈显著正相关( $r=-0.8644, P<0.001$ )。土壤有机质(OM)与第 2 轴存在显著的负相关( $r=-0.9218, P<0.001$ )。另外,CC 与 BM 也存在显著的负相关关系( $r=-0.8304, P<0.001$ ),坡度也能对郁闭度造成一定影响( $r=0.4963, P<0.05$ ),此结果与植物种群分布状况相似。

## 3 结论与讨论

典范对应分析(Canonical correspondence analysis, CCA)是由 CA/RA 修改而产生的多元分析方法,可结合多个环境因子进行分析以更好地反映群落与环境的关系,可将样方排序、种类排序及环境因子排序表示在一个图上<sup>[6]</sup>。本研究中,植物和昆虫种群的 CCA 双序图结果均表明,4 个环境因子中,兴安落叶松与白桦的混交比例和林分郁闭度对其分布具有显著影响。两者之间也有显著的相关性,表明林间的冠层结构能够对郁闭度产生一定影响。此外,坡度也可对郁闭度产生一定影响。研究表明林内光照条件对林下植被的组成和分布十分重要,主要受冠层郁闭度的影响<sup>[7]</sup>。Taki 等<sup>[8]</sup>研究指出森林生态系统中植物群落的改变会对昆虫群落产生一定影响。植物和昆虫物种多样性的分布状况证实了以上分析,植物和昆虫丰富度及多样性在兴安落叶松和白桦在混交比例为 7:3 和 5:5 时达到最大值,在两者接近或达到纯林时最低。以往学者也都进行了此类



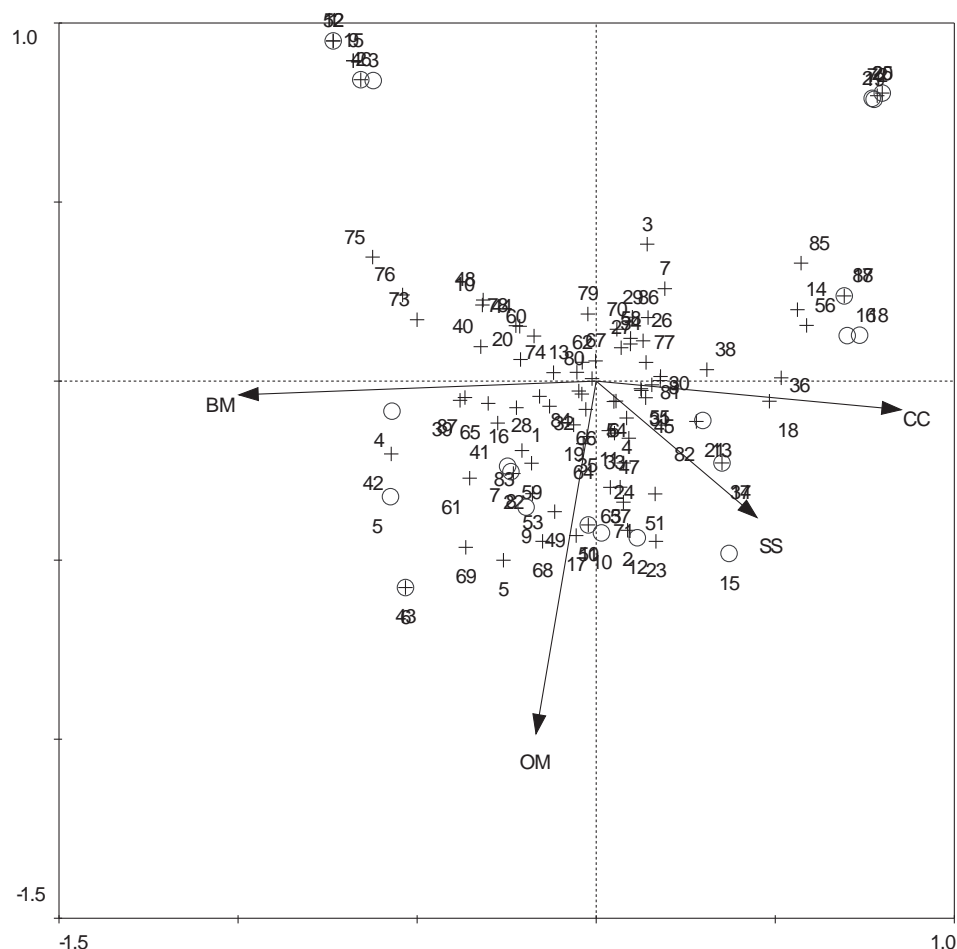


图3 植物种群 CCA 排序结果

Fig.3 CCA analysis of plant populations

十字符号表示 1-88 表示植物种;BM、CC、OM 和 SS 分别表示松桦比例、郁闭度、土壤有机质含量以及坡度;21 个样地用圆圈表示

试验并得到了相似的结论。Jobidon 等<sup>[9]</sup>依据黑云杉 *Picea Miriana* (Mill.) 在林分中的胸高断面积比例划分样地,结果表明林分在此比例达到 50% 时最有利于林下植被丰富度和多样性。基于提升林地蓄积量的目的,我国学者以杉木 *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook 和红豆树 *Ormosia hosiei* Hemsl. et Wils.<sup>[10]</sup>、红锥 *Castanopsis hystrix* A. DC.<sup>[11]</sup> 以及杂交马褂木 *Liriodendron chinese* × *L. tulipifera*<sup>[12]</sup> 的混交林作为研究对象,结果表明 3 种混交林分的最佳混交比例分别为 7:3、7:3 和 8:2。本文的研究对象为兴安落叶松和白桦,是北方森林及泰加林重要的建群树种,对我国东北地区这一代表性林型中植被和昆虫多样性的研究提供了有益补充,为深入研究奠定了一定的基础。Taki 等<sup>[8]</sup>指出昆虫群落会随植物群落的变动而受到较大影响。本研究中,光环境在落叶松纯林到白桦纯林 7 种混交状况梯度下不断变化,林分内植物群落的分布受到一定影响,昆虫群落的组成、分布以及多样性状况也随之改变,这也印证了上述研究结果。对于昆虫群落,本研究仅从群落水平上对其分布和多样性进行了考察,并未涉及优势种群或某些特定群落的变化情况。因此,需在进一步整理数据的基础上深入挖掘,力求从更微观的角度探讨昆虫群落的变化。

本研究首次针对于兴安落叶松和白桦这一重要林分类型开展了相关研究并得到初步结论,即进行林分抚育或间伐等经营措施时,需将兴安落叶松和白桦的株数比控制在 5:5 至 7:3 之间,结合经营目标和林地条件,量化和科学作业。但对于其他地区或其他针阔混交林型(包括其他针阔混交林以及两树种中任一树种与其他树种的混交林型)的最佳混交比例仍需深入探讨。

关于生物多样性与稳定性的争论至今仍在进行,主流观点认为生物多样性在一般意义上能够提高生态系



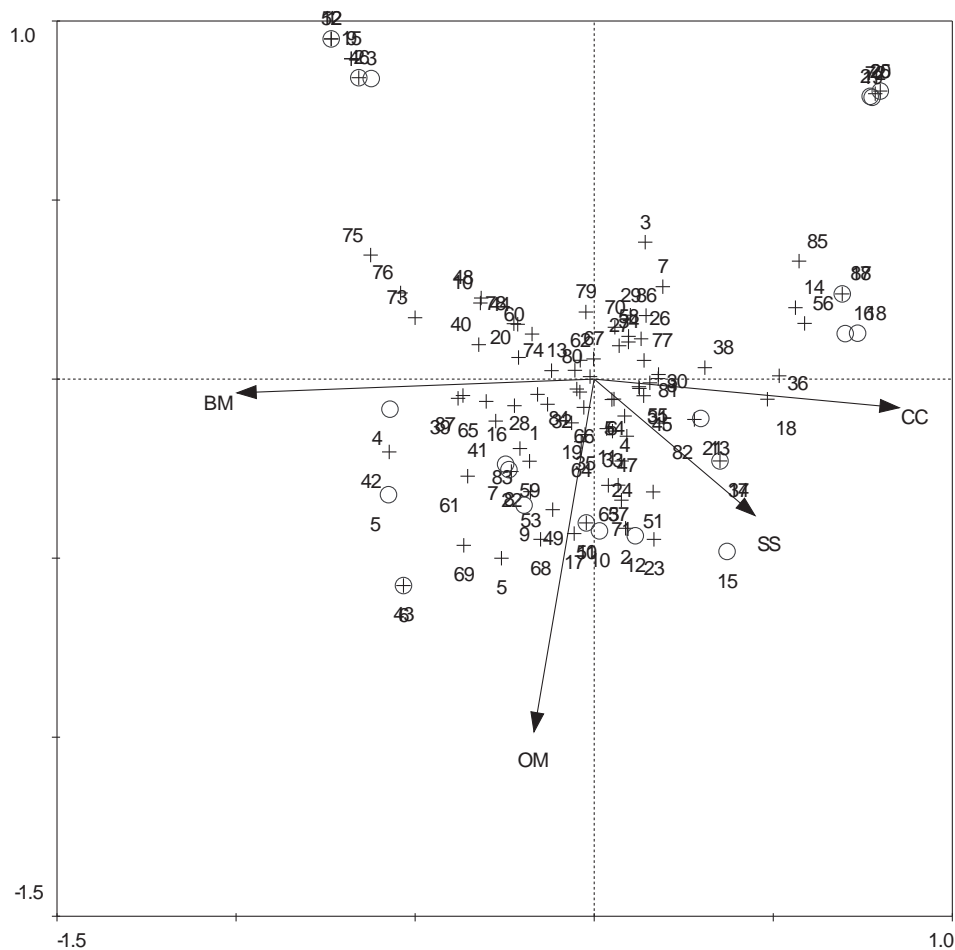


图4 昆虫种群 CCA 排序结果

Fig. 4 CCA analysis of insect populations

十字符号表示 1—147 表示昆虫物种;BM、CC、OM 和 SS 分别表示松桦比例、郁闭度、土壤有机质含量以及坡度;21 个样地用圆圈表示

统的稳定性<sup>[13]</sup>,但也有些观点认为由于稳定性内涵外延丰富,仅仅通过某些方面的研究结论较为偏颇<sup>[14]</sup>。本研究支持前一种观点即在森林生态系统中,较高的多样性水平能够促进稳定性的提高。森林生态系统对有害生物的抵御力以及受害后的恢复力是反映其稳定性的重要指标,也是衡量稳定性水平高低的标准。作为一个缺林国家,中国持续进行的大规模造林运动从根本上对这种面貌进行了改观。因此,在覆盖率达到 20% 以上、再造林难度较大的情况下,应该注重对已有林分的养护和抚育以提升林分质量,更多地发挥其生态功能。大兴安岭林区包括内蒙古自治区东北部和黑龙江省部分地区,是我国主要的林业基地之一,对于维持北方生态屏障,调节北方地区气候具有关键性作用。由于面临树种单一而产生的林分质量低下、生物灾害易发等问题,该林区加强了对林地的健康化改造,而间(疏)伐是该林区常见的一种林分改造方式。本研究的意义在于为疏伐提供量化指导,避免长期以来盲目的、粗放的间伐作业。就本林区而言,基于多样性保护的间(疏)伐应将两树种的比例控制在 5:5 和 7:3 之间。

#### References:

- [1] Root R. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). Ecological Monographs, 1973, 43(1):95-124.
- [2] Humphrey J, Hawes C, Peace A, Ferris-Kaan R, Jukes M. Relationships between insect diversity and habitat characteristics in plantation forests. Forest Ecology and Management, 1999, 113(1):11-21.

- [ 3 ] Hambäck P, Gren J, Ericson L. Associational resistance: insect damage to purple loosestrife reduced in thickets of sweet gale. *Ecology*, 2000, 81(7):1784-1794.
- [ 4 ] Zhang JS, Hao L. Occurrence of *Dendrolimus superans* in Daxing'anling of Inner Mongolia and Its Management. *Forestry science&technology*, 2002, 27:26-28.
- [ 5 ] Magurran A. Measuring biological diversity. *African Journal of Aquatic Science*, 2004, 29(2):285-286.
- [ 6 ] Barbier S, Gosselin F, Balandier P. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved — A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 2008, 254(1):1-15.
- [ 7 ] Taki H, Inoue T, Tanaka H, Makihara H, Sueyoshi M, Isono M, Okabe K. Responses of community structure, diversity, and abundance of understory plants and insect assemblages to thinning in plantations. *Forest Ecology and Management*, 2010, 259(3):607-613.
- [ 8 ] Jobidon R, Cyr G, Thiffault N. Plant species diversity and composition along an experimental gradient of northern hardwood abundance in *Picea mariana* plantations. *Forest Ecology and Management*, 2004, 198(1/3):209-221.
- [ 9 ] Weng J L. The effect of mixing proportion of *Cunninghamia lanceolata* and *Ormosia hosiei* Hemsl. et Wils. *Anhui Agriculture Science Bulletin*, 2008, 14:157-159.
- [ 10 ] Huang Y P. Study on growth increment and mixed ratio of a mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Castanopsis hystrix*. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2008, 28:271-275.
- [ 11 ] Chen F H. The effect of mixing proportion of *Cunninghamia lanceolata* and *Liriodendron Chinese*×*L. Tulipifera*. *Anhui Agriculture Science Bulletin*, 2008, 14:152-154.
- [ 12 ] McCann K. The diversity-stability debate. *Nature*, 2000, 405(6783):228-233.
- [ 13 ] Ives A, Carpenter S. Stability and diversity of ecosystems. *Science*, 2007, 317(5834):58-62.

#### 参考文献:

- [ 4 ] 张军生, 郝丽. 内蒙古大兴安岭林区落叶松毛虫发生现状及管理对策. *林业科技*, 2002, 27(2):26-28.
- [ 9 ] 翁金舜. 红豆树、杉木不同混交比例造林方式的效果研究. *安徽农学通报*, 2008, 14(19):157-159.
- [ 10 ] 黄云鹏. 杉木与红锥混交林生长量及混交比例的研究. *福建林学院学报*, 2008, 28(3):271-275.
- [ 11 ] 陈凤和. 杉木与杂种马褂木混交比例效果研究. *安徽农学通报*, 2008, 14(19):152-154.

# 《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报  
(SHENGTAI XUEBAO)  
(半月刊 1981 年 3 月创刊)  
第 32 卷 第 16 期 (2012 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 32 No. 16 (August, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元