

中国科技核心期刊  
中国林业核心期刊

ISSN 1671-3168  
CN 53-1172/S

# 林业调查规划

FOREST INVENTORY AND PLANNING



林业调查规划

第48卷 第3期  
Vol.48 No.3

二〇二三年五月

第48卷 第3期  
Vol.48 No.3

2023 3

云南省林业调查规划院 主办  
西南地区林业信息中心

# 林业调查规划

LINYE DIAOCHA GUIHUA

# Forest Inventory and Planning

(双月刊 1976年创刊)  
第48卷第3期(总第255期)2023年5月

(Bimonthly, Started in 1976)  
Vol. 48 No. 3 (Sum No. 255) May 2023

主办单位 云南省林业调查规划院  
西南地区林业信息中心

Sponsored by: Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning,  
Southwest Forestry Information Centre

## 《林业调查规划》编辑委员会

主任委员 胡宗华  
副主任委员 温庆忠  
委员 (按姓氏笔画排序)  
王卫斌 王生 邓喜庆 孔德昌 龙廷位  
艾建林 刘扬 许易琦 华朝朗 陈文红  
张子翼 宋永俊 邹光启 杨光照 宋劲忻  
余昌元 张程程 吴霞 周小平 欧光龙  
岳彩荣 金璞 施化云 钟明川 胡宗华  
秋新选 陶晶 曹顺伟 温庆忠 董建昌  
赖兴会 瞿林

## Editorial Board of Forest Inventory and Planning

Director of the Board: HU Zonghua  
Associate Director of the Board: WEN Qingzhong  
Members:  
WANG Weibin, WANG Sheng, DENG Xiqing, KONG Dechang,  
LONG Tingwei, AI Jianlin, LIU Yang, XU Yiqi, HUA Chaolang,  
CHEN Wenhong, ZHANG Ziyi, SONG Yongjun, ZOU Guangqi,  
YANG Guangzhao, SONG Jinxin, YU Changyuan, ZHANG Chengcheng,  
WU Xia, ZHOU Xiaoping, OU Guanglong, YUE Cairong,  
JIN Ying, SHI Huayun, ZHONG Mingchuan, HU Zonghua,  
QIU Xinxuan, TAO Jing, CAO Shunwei, WEN Qingzhong,  
DONG Jianchang, LAI Xinghui, QU Lin

## 《林业调查规划》编辑部

主编 胡宗华  
副主编 许易琦  
编辑部成员 刘平书 许易琦 陈旭  
杨焱熔 张瑞君

## Editorial Department of Forest Inventory and Planning

Chief Editor: HU Zonghua  
Associate Editor: XU Yiqi  
Editor: LIU Pingshu, XU Yiqi, CHEN Xu,  
YANG Junrong, ZHANG Ruijun

英文责编 杨焱熔

English Editor in Charge: YANG Junrong

编辑出版 《林业调查规划》编辑部

地址 昆明市人民东路289号  
云南省林业调查规划院

邮编 650051

电话 0871-63318347; 63332538

传真 0871-63318347

电子信箱 ynfip@vip.163.com

http://www.yunnanforestry.cn:8099/ch/index.aspx

印刷 昆明锦润印刷有限公司

国内发行 中国邮政集团公司云南省分公司

订购 全国各地邮政局

中国标准连续出版物号 ISSN 1671-3168  
CN 53-1172/S

广告经营许可证号 5300004000093

国内定价 20.00元(全年120.00元)

Edited & Published by:

Editorial Department of Forest Inventory and Planning

Address: 289 East Renmin Road, Kunming, China

Post Code: 650051

Tel: 86-0871-63318347; 63332538

Fax: 86-0871-63318347

Email: ynfip@vip.163.com

http://www.yunnanforestry.cn:8099/ch/index.aspx

Printed by: Kunming Jinrun Printing Co., Ltd.

Distributed by: Yunnan Branch of China Post Group Co., Ltd.

Subscription Office: Post Bureau of China

ISSN 1671-3168  
CN 53-1172/S

Ad. Licence: 5300004000093

Price(abroad): 5.00 dollars(30.00 dollars yearly)

# 林业调查规划

第 48 卷 第 3 期

(总第 255 期)

2023 年 5 月

## 目 次

### ●森林经理

- 基于 ASD 与 Hyperion 高光谱数据的主要针叶树种分类研究..... 胡振华 张乔艳(1)  
4 种绿化造林面积验收方法的比较研究..... 王 奇,付卓新(7)  
云南省岩溶地区石漠化土地动态变化研究..... 阮方佑,吴 宁,安 科,任晓东,彭正武,余正才(13)

### ●研究与探索

- 1992-2021 年抚仙湖海口水生态环境指标  $COD_{Mn}$  变化趋势及影响因素研究..... 贺克雕(19)  
不同处理方式对八角莽草酸和茴香油含量的影响..... 黄梦娇,符韵林(25)  
义乌市建设用地空间格局变化及驱动力分析..... 虞献军,岁秀珍,朱忠军,陈 浩(29)

### ●3S 技术应用

- 基于 GIS 的洛阳市旅游度假区气候舒适度分析..... 冉 晨(36)  
基于 GIS 的澳洲坚果在云南适宜种植区划分研究..... 王翠华,文涌彬,任万竹(46)  
北斗卫星定位系统在森林航空消防中的应用..... 刘晓曦(50)

### ●自然保护地

- 五道峡自然保护区锐齿榿栎群落物种组成与群落特征研究  
..... 刘苗苗,邓正斌,李怀祥,任 帅,祝文龙,汪正祥(53)  
基于 InVEST 模型的北京市延庆区自然保护地生境质量评估..... 岳建兵,胡理乐(59)  
广东省自然保护地破损山地现状及生态修复对策研究..... 李纪友,徐期瑚,朱宏伟(67)

### ●森林土壤

- 城市绿地土壤酸碱度特征分析..... 李超明,汪瑞军(72)  
不同干扰类型下的白桦次生林土壤理化性质研究..... 于晓雨,铁 牛,萨如拉,呼日查(78)

### ●森林保护

- 北京市杨树溃疡病病原真菌防治研究..... 李大瑞,贾 刚,孙致源(85)  
基于 MaxEnt 模型预测日本松干蚧在贵州省的潜在分布..... 周 宇,陈 波,周菁婧,陈春旭(92)  
巍山县核桃蚜虫天敌优势种研究..... 谢青海,杨进波,易小光,字红军,杨月红,杨士达(97)

### ●森林资源管理

- 基于 MapGIS 的林业地理信息栅格图像数据矢量化方法..... 陈和彦,张礼娜,巫金明(101)  
青海省格尔木市名木"将军树"价值评估..... 贾东瑾,任 枫,刘翔宇(104)  
桐梓县林地质量等级评定与合理利用分析..... 郑先容,江均其(109)

对曲靖市公益林生态效益补偿机制的思考 ..... 沈柳青,段薇,赵俊(115)

### ●森林动物

湛江市中澳友谊花园鸟类多样性研究 ..... 吴晓东,陈浩荣,罗雨薇(120)

基于红外相机的云南无量山国家级自然保护区南涧段野生动物调查 ..... 时国彩(126)

### ●生态建设

碳中和战略下林业碳汇引入生态修复司法之效能探究 ..... 晋海,刘新虎(130)

信息产业创新生态系统的测评与提升 ..... 刘静(137)

陕西省农业面源污染与农业经济发展关系实证研究 ..... 张孟傲,康健,张亚晴(143)

### ●森林经营

广西桉树林下植被抚育现状调查与分析

..... 王会利,何福英,陆星任,农慧,宋贤冲,苏寒,付军,覃鹏飞,曹继钊(148)

疏伐对促进红松果林生长与结实的影响研究 ..... 杨吉江,杨军,肖锐,杨凯(153)

罗定市林下经济发展模式与生态扶贫效益研究 ..... 叶剑锋,陆康英,刘喻娟,卢紫君(158)

### ●森林培育

大兴安岭不同冻土活动层对兴安落叶松生长和更新的影响 ..... 刘雅楠,铁牛,刘洋(162)

不同处理对神黄豆种子发芽的影响 ..... 保华,贺圆,管朝旭,黄键,马双陆,徐云红(169)

武定县湿加松引种试验初探 ..... 李春文(175)

云南红河州 19 个草品种适应性栽培试验 ..... 杨忠伟,普静和,李宏伟,胡永军,陈建功,傅涛,何汉凤(178)

### ●论坛

基于 CiteSpace 的《林业调查规划》期刊 2018—2022 年刊载文献的可视化研究 ..... 刘允杰,许易琦(182)

活立木市场交易价格影响因素研究 ..... 邓伟芬,蒋天久,陈明,林露花,吴联杯(188)

河南省园林花境竞赛及城市花境建设探析 ..... 梁文玉,孔德政(192)

### ●森林公园

场所精神在带状公园设计中的体现手法研究 ..... 卜其珍,苏维,王鑫(196)

云南章凤国家森林公园范围调整研究 ..... 罗怀秀,晁增华,陶晶,李泽,杨忠兴(202)

普达措国家公园森林生态系统服务价值评估与分析 ..... 赵玉堂(208)

### ●园林

洛阳市高架桥桥阴光照特征与绿化建议 ..... 王鑫,苏维,卜其珍,张鹏发(214)

黔南州传统村落植物景观营造研究 ..... 孙连群,黄雪雯,蒙彭帅(222)

人居语境下的历史园林植物景观保护与发展模式研究 ..... 施皓(227)

云南普泽黑地形地貌 ..... 张正友摄(封面)

高山流水 ..... 许易琦摄(封底)

## Contents

### ●Forest Management

- Classification of Major Coniferous Tree Species Based on ASD and Hyperion Hyperspectral Data ..... HU Zhenhua, ZHANG Qiaoyan(1)
- Comparative Analysis of Four Acceptance Methods for Afforestation Area ..... WANG Qi, FU Zhuoxin(7)
- Dynamic Change of Rocky Desertification Land in Karst Area of Yunnan Province ..... RUAN Fangyou, WU Ning, AN Ke, REN Xiaodong, PENG Zhengwu, YU Zhengcai(13)

### ●Research and Exploration

- Trend and Influence Factors of COD<sub>Mn</sub> at Haikou Section of Fuxian Lake from 1992 to 2021 ..... HE Kediao(19)
- Effects of Different Treatment Methods on Contents of *Illicium verum* Shikimic Acid and Fennel Oil ..... HUANG Mengjiao, FU Yunlin(25)
- Spatial Pattern Change and Driving Force of Construction Land in Yiwu City ..... YU Xianjun, SUI Xiuzhen, ZHU Zhongjun, CHEN Hao(29)

### ●3S Technology Application

- Climate Comfort Analysis of Luoyang Tourist Resort Based on GIS ..... RAN Chen(36)
- Classification of Suitable Planting Areas for *Macadamia ternifolia* in Yunnan Based on GIS ..... WANG Cuihua, WEN Yongbin, REN Wanzhu(46)
- Application of Beidou Satellite Positioning System in Aviation Forest Fire Protection ..... LIU Xiaoxi(50)

### ●Natural Protected Areas

- Species Composition and Community Characteristics of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* in Wudaoxia Nature Reserve ..... LIU Miaomiao, DENG Zhengbin, LI Huaixiang, REN Shuai, ZHU Wenlong, WANG Zhengxiang(53)
- Assessment of Habitat Quality of Natural Protected Areas Based on InVEST Model in Yanqing District of Beijing ..... YUE Jianbing, HU Lile(59)
- Current Situation and Ecological Restoration Countermeasures of Damaged Mountains in Natural Protected Areas of Guangdong Province ..... LI Jiyou, XU Qihu, ZHU Hongwei(67)

### ●Forest Soil

- Characteristics of Soil pH in Urban Green Spaces ..... LI Chaoming, WANG Ruijun(72)
- Soil Physical and Chemical Properties of *Betula platyphylla* Secondary Forest under Different Disturbance Types ..... YU Xiaoyu, TIE Niu, SA Rula, HU Richa(78)

### ●Forest Conservation

- Pathogenic Fungi Prevention and Control of Poplar Canker Disease in Beijing ..... LI Darui, JIA Gang, SUN Zhiyuan(85)
- Potential Distribution of *Matsucoccus matsumurae* in Guizhou Based on MaxEnt Model ..... ZHOU Yu, CHEN Bo, ZHOU Jingjing, CHEN Chunxu(92)
- Dominant Species of Natural Enemies of Aphid Damaged on *Juglans sigillata* in Weishan County ..... XIE Qinghai, YANG Jinbo, YI Xiaoguang, ZI Hongjun, YANG Yuehong, YANG Shida(97)

### ●Forest Resource Management

- Vectorization Technology of Forestry Geographic Information Raster Image Data Based on MapGIS ..... CHEN Heyan, ZHANG Lina, WU Jinming(101)
- Value Evaluation of Famous Wood "General Tree" in Golmud City of Qinghai Province ..... JIA Dongjin, REN Feng, LIU Xiangyu(104)
- Assessment and Reasonable Utilization of Forest Land Quality Grade in Tongzi County ..... ZHENG Xianrong, JIANG Junqi(109)

Ecological Benefit Compensation Mechanism of Public Welfare Forest in Qujing City  
..... SHEN Liuqing, DUAN Wei, ZHAO Jun(115)

### ●Forest Animal

Bird Diversity of Sino–Australian Friendship Garden in Zhanjiang ..... WU Xiaodong, CHEN Haorong, LUO Yuwei (120)

Investigation of Wildlife Species in Nanjian Section of Yunnan Wuliangshan National Nature Reserve Based on  
Infrared Camera ..... SHI Guocai(126)

### ●Ecological Construction

Effectiveness of Forestry Carbon Sinks in Introduction of Ecological Restoration Justice under Carbon Neutral Strategy  
..... JIN Hai, LIU Xinhui(130)

Evaluation and Improvement of Information Industry Innovation Ecosystem ..... LIU Jing(137)

Empirical Study on Relationship between Agricultural Non–point Source Pollution and Agricultural Economic  
Development in Shaanxi Province ..... ZHANG Hejing, KANG Jian,ZHANG Yaqing(143)

### ●Forest Operation

Present Situation Investigation and Analysis of Understory Vegetation Management of *Eucalyptus* Plantation in Guangxi  
..... WANG Huili, HE Fuying, LU Xingren, NONG Hui, SONG Xianchong, SU Han, FU Jun, QIN Pengfei,CAO Jizhao(148)

Effect of Thinning on Promoting the Growth and Fruiting of *Pinus koraiensis* Fruit Forest  
..... YANG Jijiang, YANG Jun, XIAO Rui, YANG Kai(153)

Under–forest Economy Development Mode and Benefit Analysis of Ecological Poverty Alleviation in Luoding City  
..... YE Jianfeng, LU Kangying, LIU Yujuan, LU Zijun(158)

### ●Forest Cultivation

Effects of Different Permafrost Active Layers on Growth and Regeneration of *Larix gmelinii*  
..... LIU Yanan, TIE Niu, LIU Yang(162)

Effects of Different Treatments on Seed Germination of *Cassia agnes*  
..... BAO Hua, HE Yuan, GUAN Chaoxu, HUANG Jian,MA Shuanglu, XU Yunhong(169)

Preliminary Study on Introduction Experiment of *Pinus elliottii* × *P. caribaea* in Wuding County  
..... LI Chunwen(175)

Adaptable Cultivation Experiment of 19 Grass Varieties in Honghe Prefecture of Yunnan Province  
..... YANG Zhongwei, PU Jinghe, LI Hongwei, HU Yongjun, CHEN Jiangong, FU Tao, HE Hanfeng(178)

### ●Forum

Visual Study of Literature Published in *Forest Inventory and Planning* from 2018 to 2022 Based on CiteSpace  
..... LIU Yunjie, XU Yiqi(182)

Factors Affecting Transaction Price of Living Timber Market  
..... DENG Weifen, JIANG Tianjiu, CHEN Ming, LIN Luhua, WU Lianbei(188)

Garden Flower Border Competition and Urban Flower Border Construction in Henan  
..... LIANG Wenyu,KONG Dezheng(192)

### ●Forest Park

Embodiment Techniques of Place Spirit in Design of Linear Parks ..... BU Qizhen, SU Wei, WANG Xin(196)

Scope Adjustment of Zhangfeng National Forest Park in Yunnan Province  
..... LUO Huaixiu, CHAO Zenghua, TAO Jing, LI Ze, YANG Zhongxing(202)

Evaluation and Analysis of Forest Ecosystem Services Value in Pudacuo National Park ..... ZHAO Yutang(208)

### ●Landscape Architecture

Light Characteristics and Greening Suggestions under Viaduct in Luoyang City  
..... WANG Xin, SU Wei,BU Qizhen,ZHANG Pengfa(214)

Construction of Plant Landscape in Traditional Villages of Qiannan Prefecture  
..... SUN Lianqun, HUANG Xuewen, MENG Pengshuai(222)

Protection and Development Model of Historical Garden Plant Landscape in Residential Context  
..... SHI Hao(227)

Terrain and Landform of Puzhehei in Yunnan ..... Photographed by ZHANG Zhengyou (Front Cover)

Lofty Mountains and Flowing Water ..... Photographed by XU Yiqi( Back Cover)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.001

# 基于 ASD 与 Hyperion 高光谱数据的主要针叶树种分类研究

胡振华, 张乔艳

(贵州省国有扎佐林场, 贵州 贵阳 550000)

**摘要:**以云南省香格里拉市为研究区,对 ASD 光谱仪实测的 4 种针叶树种光谱数据采用包络线去除法、光谱一阶微分法和光谱二阶微分法 3 种波段选择方法得到 Hyperion 高光谱影像数据的分类特征波段,采用最大似然法、支持向量机 2 种分类方法对所选的特征波段开展树种识别分类,对原始影像采用光谱角填图分类方法作对比实验。结果表明,基于 ASD 数据的光谱一阶波段选择方案的支持向量机分类方法精度最高,总体分类精度为 81.95%,Kappa 系数为 0.725 1。采用 ASD 实测光谱数据能有效指导 Hyperion 进行树种分类,基于数据尺度和换算方式,一阶微分更适合特征波段选择;与传统的数理统计分类方法和光谱特征分类方法相比,基于机器学习的方法如支持向量机等在高光谱遥感分类中具有更大的应用潜力。

**关键词:**树种识别分类;ASD 数据;Hyperion 数据;特征波段选择;支持向量机

中图分类号:S791;Q433.4 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0001-06

引文格式:胡振华,张乔艳. 基于 ASD 与 Hyperion 高光谱数据的主要针叶树种分类研究[J]. 林业调查规划,2023,48(3):1-6,12. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.001

HU Zhenhua, ZHANG Qiaoyan. Classification of Major Coniferous Tree Species Based on ASD and Hyperion Hyperspectral Data[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(3):1-6,12. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.001

## Classification of Major Coniferous Tree Species Based on ASD and Hyperion Hyperspectral Data

HU Zhenhua, ZHANG Qiaoyan

(Zhazuo State-owned Forest Farm, Guiyang 550000, China)

**Abstract:** Taking Shangri-La City, Yunnan Province as the study area, the spectral data of four coniferous species measured by ASD spectrometer were selected by three band selection methods of continuum removal method, spectral first-order differentiation method and spectral second-order differentiation method to obtain the classification characteristic bands of Hyperion data. The classification methods of maximum likelihood method and support vector machine were used to identify and classify the selected feature bands, and the classification method of spectral angle mapping was used to compare the original image. The results showed that the support vector machine classification method based on ASD data for the first-order spectral band selection scheme had the highest accuracy, with the overall classification accuracy of 81.95% and Kappa coefficient of 0.725 1. The measured spectral data of ASD could effectively guide Hyperion to classify tree species, and the first-order differentiation was more suitable for feature

收稿日期:2022-03-15.

基金项目:贵州省林业科研项目(黔林科合J字[2022]21号;黔林科合J字[2021]01号).

第一作者:胡振华(1991-),男,云南大理人,硕士,工程师. 主要从事 3S 技术在林业上的运用研究. Email:1183238478@qq.com

band selection due to data scale and conversion method; compared with traditional mathematical statistics classification methods and spectral feature classification methods, machine learning-based methods such as support vector machine had greater application potential in hyper spectral remote sensing classification.

**Key words:** forest species identification; ASD data; Hyperion data; feature band selection; support vector machine

对森林树种准确识别分类是开展森林经营和管理的基础,对森林可持续经营具有重要意义<sup>[1]</sup>。传统的树种识别调查主要依赖于人工目视判别,存在费时耗力,且很难短时间获取宏观尺度数据等问题<sup>[2-3]</sup>。遥感技术因其周期短、探测范围广、可对比等优点,正逐渐成为森林树种识别分类的重要手段。由于多光谱遥感的光谱分辨率低,对于在同一波长范围内反射率光谱曲线比较相近的树种很难进行精确识别<sup>[4-5]</sup>,而高光谱能对树种在遥感影像上细微的差异进行分析,从而为树种识别研究提供扎实的理论基础<sup>[6-7]</sup>。但目前由于高光谱数据波段数量多,邻近波段相关性高,容易产生修斯(Hughes)现象,从而导致分类精度不高<sup>[8]</sup>,且由于受研究对象、研究地点等因素影响,同一种分类方法在不同研究中的表现也存在较大差异。为此,本研究以高寒山区 4 个常见针叶树种为研究对象,采用 ASD 地面光谱仪实测数据指导 Hyperion 高光谱影像数据特征波段选择,通过最大似然和支持向量机等分类方法,探讨基于实测光谱数据指导 Hyperion 高光谱数据对高寒山区优势树种的识别能力,适用于高寒山区针叶树种识别分类方法,进而为该区域森林经营管理提供相应的决策帮助。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

本研究区位于云南省西北部,香格里拉市中部偏西地区。纵跨格咱乡、建塘镇、五境乡和上江乡 4 个乡镇,区域内森林植被类型主要以寒温性针叶林为主,由亚热带常绿阔叶林植被区向青藏高原高寒植被区过渡。本研究所选取的云杉、冷杉、云南松、高山松为区域内常见的优势树种。

### 1.2 ASD 非成像高光谱数据

采用美国 Analytical Spectral Devices (ASD) 公司生产的 FieldSpec4 遥感地物波谱仪来获取香格里拉市高山栎、高山松、云冷杉和云南松 4 种树种的叶片光谱反射率数据。FieldSpec4 波谱仪的波段范围为 350~2 500 nm,扫描时间为 100 ms,波长精度 0.5

nm。数据测量时间、获取范围均与 Hyperion 影像数据一致。研究对象为上述 4 个常见树种,采集样本时每种树种选择 10 株林木,每株林木选择 6 组作为样本,即每个树种测 60 组样本,4 个树种共 240 个样本实测数据。

### 1.3 Hyperion 成像高光谱数据

本研究所用的 Hyperion 数据来源于 USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) 网站,属于 L1R 级数据,时间为 2015 年 11 月。行列号为 132-40。空间分辨率为 30 m,包含 242 个波段,波长范围在 356~2 577 nm 范围。所处位置位于香格里拉森林覆盖率较高区域。云量覆盖为 0%~9%,太阳方位角为 131.642°,太阳高度为 29.436°。

### 1.4 样地数据获取

由于高光谱影像空间分辨率为 30 m,像元对应实际地物多样,难以准确获得纯树种的像元信息,导致分类精度不高。本研究以 Hyperion 影像数据像元尺度(对应实地面积 900 m<sup>2</sup>)为标准,在影像所处研究区进行对应面积实际地物的样地数据调查。每个树种至少选择 30 个样地,每个样地的实际面积均大于 30 m×30 m,保证每个样地对应影像尺度大于 1 个像元。共设置 136 个样地点(高山栎 34 个、高山松 31 个、云冷杉 37 个、云南松 34 个)作后续分类的训练样本。

### 1.5 数据预处理

数据的预处理主要包括 Hyperion 高光谱影像和 ASD 实测光谱数据两个方面。

#### 1.5.1 Hyperion 数据预处理

由于本研究选用的是 Hyperion 的 L1R 级产品数据,即只经过辐射定标,未经过其他预处理的高光谱影像数据,在传感器接收数据过程中会受到地形、大气以及传感器自身等因素的影响,使得获取的图像不准确<sup>[9]</sup>。为了使其更好地反应真实地表信息来进行树种识别研究,需要对影像进行预处理分析,包括对数据进行未定标以及水汽影响波段的去除、坏线和条纹的修复、Smile 效应的修复、大气校正、几何校正等<sup>[10-11]</sup>。



### 1.5.2 ASD 实测光谱数据预处理

由于数据的获取是调查员手持 FieldSpec4 野外光谱分析仪进行树木部位光谱信息获取,存在光线和噪声等外部因素和机器或人为等内在因素影响,需对数据进行异常值去除、数据去噪、均值化等处理,使其反射率等采集信息值更适用于图像解译。

## 2 研究方法

### 2.1 基于 ASD 数据的 Hyperion 影像特征波段选择

ASD 数据是实地直接获取不同树种叶片尺度的光谱反射信息,能更准确地获得树种的连续光谱曲线特性,从而改善识别精度,对于目前的成像高光谱数据树种识别分类研究而言,仅仅通过影像信息来进行分类方法的探讨远远不足,对 ASD 数据的地物光谱差异信息提取分析,进行成像高光谱数据特征波段指导选择,可以更直接地对不同树种间的差异波段信息进行分析来改善分类精度。

#### 2.1.1 光谱曲线微分法

在 ASD 光谱差异曲线特征研究中,采用微分求导,可以通过数学计算原理,对原有的差异信息进行细微识别,从而准确地对不同地物在波谱曲线上的差异信息进行区分<sup>[12]</sup>。更主要的是,对光谱曲线进行求导分析不仅可以去除本身数据带有的基线和背景干扰,还能在波谱曲线上分辨难以区分的重合区域,从而提高分辨率和灵敏度进行有效差异波段选择。本研究基于平滑处理后的光谱均值数据,对其采用目前较为常用的一阶求导、二阶求导变换处理。其计算公式为:

$$d'(R_i) = \frac{R_{i+1} - R_i}{\Delta i} \quad (1)$$

$$d''(R_i) = \frac{d}{d\lambda} \left( \frac{d'(R_i)}{\Delta i} \right) = \frac{R_{i+2} - 2R_{i+1} + R_i}{(\Delta i)^2} \quad (2)$$

式中: $d'(R_i)$ 、 $d''(R_i)$  分别为一阶、二阶求导微分值; $R_i$ 、 $R_{i+1}$ 、 $R_{i+2}$  分别为第  $i$ 、 $i+1$ 、 $i+2$  波段的原始光谱反射率值。

基于上述原理,将数据在 ViewSpecPro 6.0 软件下进行光谱微分变换,通过对其差异值进行分析得到差异波段区间,并在影像预处理的基础上,依据对应波长的原则对 Hyperion 高光谱影像进行特征波段选择(表 1)。

#### 2.1.2 包络线去除法

由于 ASD 原始光谱反射曲线去除包络线后可准确高效地反映地物光谱曲线的吸收特性,其结果

表 1 不同区间所包含的波段

Tab. 1 Bands in different intervals

处理方法	差异区间/nm	对应高光谱影像波段
微分一阶	514~522	17
	717~725	37
	1140~1148	100
	1312~1320	117
	2189~2197	204
	2341~1239	219
	2381~2389	223
	微分二阶	524~532
	687~695	34
	728~736	38
	1110~1118	97
	1150~1158	101
	1332~1340	119
	2280~2288	213
	2331~2339	218

对于植被光谱曲线而言,能有效增强植被的光谱反射特征<sup>[13]</sup>。通过对 4 个树种实测光谱均值数据进行包络线去除分析,再将反射率数据归一化到 0~1 范围,并对其进行差异信息提取,得到不同数据差异较大区间,选取差异值较大的区间波段为特征波段(图 1)。

对高山松等 4 个树种包络线去除后的光谱曲线进行分析,选出波段范围在 483~497 nm, 555~563 nm, 636~644 nm, 656~664 nm, 717~725 nm, 1 170~1 178 nm, 1 312~1 320 nm, 1 705~1 713 nm, 1 765~1 773 nm, 2 078~2 086 nm, 2 209~2 217 nm 的波段区间为差异值较大区间,对应的 Hyperion 影像数据波段为 14、21、29、31、37、93、117、156、162、193、206。

### 2.2 分类方法

目前高光谱影像的分类主要立足于两个角度:(1)基于数理统计变换模型分类方法,也就是目前常说的基于特征维的研究,主要以高光谱图像为随机变量,采用数学统计模型的方法对高光谱多波段数据进行多维度随机向量分类。(2)基于光谱特征分析的分类方法,该类方法主要立足于不同目标地物的光谱特征信息,通过不同的匹配算法或模型对目标地物的特有光谱特性进行匹配比较来完成分类研究。随着高光谱分类研究的日益深入,使得高光谱分类逐步趋向于机器化、数据挖掘化和知识化

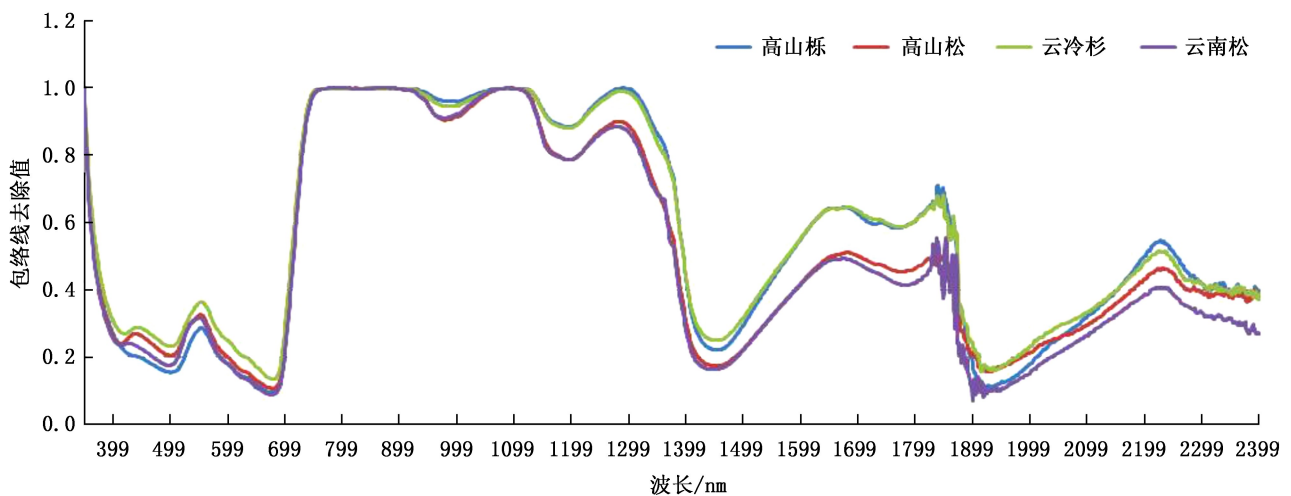


图 1 对 4 个树种包络线去除曲线

Fig. 1 Curve of continuum removal of four species trees

研究<sup>[14-15]</sup>。在这些热点研究方法中,神经网络和支持向量机也日趋成熟。基于现有的分类现状和前人的研究基础,本研究从传统影像分类方法中选取基于数理统计特征的最大似然分类法和基于光谱特征的光谱角填图法,以及目前相对分类效果较好的支持向量机法作为本研究的分类方法<sup>[16]</sup>。通过不同方案的波段选择和不同角度的分类方法运用来进行树种识别分类结果精度比对,为高光谱影像在高寒地区树种精细识别研究提供新思路。

### 2.2.1 最大似然法

最大似然法也称极大似然估计法,是数学分类中常说的贝叶斯判别分类,是一种基于统计的分类方法。由著名统计学家罗纳德·费雪提出,是目前应用最为广泛的分类方法<sup>[17-18]</sup>。其主要原理是假设所有像元亮度值符合正态区间分布,以训练样本数据计算似然度,通过似然度将其余待区像元划分到不同的概率区间,最终完成像元分类。该方法属于基于统计变换的监督分类方法,需要对每一类别目标地物选取一定数量的训练样本,使得计算机有一定的先验知识,再对每种训练样区数据进行信息统计,得到相应的判别标准才能完成分类。本研究的训练样本主要基于样地数据的 136 个实测样地数据对 4 个树种进行分类识别。

### 2.2.2 支持向量机

支持向量机分类(support vector machine, SVM)是 Corinna Cortes 和 Vapnik 等于 1995 年提出的一种建立在数理统计学基础上的智能学习分类方法<sup>[19]</sup>。通过将各个像元值进行统计分析,利用核心函数寻找对不同目标地物具有较大识别能力的支持向量,

依据这些区分向量进行分类器搭建,使得类与类之间可区分间隙达到最大化,从而得到较高的分类效果。其主要核心步骤为:

1) 定义最优超平面:先将遥感影像视为多维数据空间,采用线性一元一次方程定义分类超平面,计算所有样本方程到函数的距离间隔,从中寻找到间隔距离最大的样本向量平面即为最优超平面。

2) 核函数的选定:支持向量机的分类优势就是通过非线性变换将特征向量变换到一个高维特征空间,而这个变换的核心就是核函数。目前支持向量机的核函数包括多项式核函数、高斯径向基核函数、S 型核函数(Sigmoid)等。由于高斯径向基函数既可以较好地讲影像数据投影到高纬度空间,进而非线性处理类别和最优向量之间的关系实现分类;又可以在较小的参数容量情况下进行分类,从而提高了支持向量机分类的运算速率,故本研究选择高斯径向基函数为核函数开展研究。

### 2.2.3 光谱角填图法

光谱角填图法是一种基于光谱信息的监督分类方法,将不同光谱数据视为空间向量,通过计算向量夹角原理来进行端元光谱与参考光谱匹配分析。该方法的主要原理为:充分利用光谱信息来建立端元光谱,并对像元矢量角度进行计算,以夹角大小为划分主要依据<sup>[20]</sup>。从原理示意图(图 2)可以看出参照波谱和测试波谱之间的关系。

$\theta$  的大小是像元识别的关键,其取值范围为 0~90,越小或者趋近于 0 时表明二者之间有较好的匹配性,相反越接近于直角,则表明二者之间无很好的相似性。具体计算公式为:

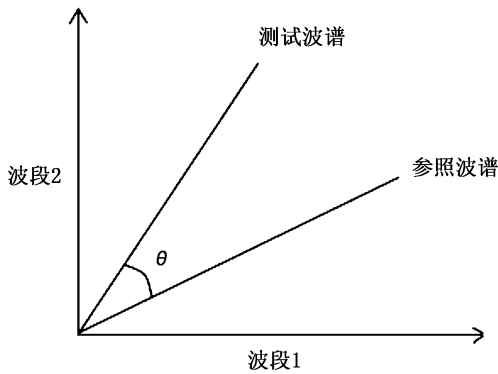


图 2 光谱角填图法示意图

Fig. 2 Illustration of spectral angle mapping method

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{\vec{t} \cdot \vec{r}}{\|\vec{t}\| \cdot \|\vec{r}\|} \right)$$

$$= \cos^{-1} \left( \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot r_i}{\sqrt{\left( \sum_{i=1}^n t_i^2 \right) \left( \sum_{i=1}^n r_i^2 \right)}} \right) \quad (3)$$

式中:  $t$  和  $r$  分别代表测试波谱和参照波谱向量信息。

依据向量夹角求算原则即可得到上述方程。从计算过程也可以反映出光谱角填图法在影像分类中的优点:即其计算的是向量与向量的角度,因此在分类过程中能有效避免其余因素(光照强度等)的影响。

本研究基于 ENVI 遥感软件对 Hyperion 影像数据进行光谱角填图分类研究。通过最小噪声分类变换(即正反两次 MNF 变换),判定波段区间域是否平稳进行特征波段选择(本研究选取前 15 个波段为特征波段)。其次是 PPI 值的计算,所谓的 PPI 值即为像元纯净指数(pixel purity index),是为了寻找纯净像元而进行的迭代运算。通过对极值像元次数的记录来不断进行像元纯度的提炼,形成其他干扰较少的高纯度像元影像。通过反复实验对比,本研究选择那些 DN 值大于 6 的点作为纯净像元点生成感兴趣区。再次是进行 N 维可视化分析,N 维可视化器通过将高维度散点图投影到二维平面空间,动画进行演示波段进行交互式分析的能力,从而简易科学地进行光谱端元的选择。本研究基于计算后得到的感兴趣区,在可视化散点图中选择散点高度聚集区域得到纯净像原值。通过与实地数据相结合得到本研究 4 个树种的纯净像元值。最后立足于不同树种端元光谱数据的获取,采用光谱角分类原理进行分类,得到最终分类结果。

### 3 分类评价与结果

#### 3.1 分类精度评价方法

本研究采用混淆矩阵法对上述分类方法进行精度评价,混淆矩阵法是用矩阵形式将分类像元和检验像元信息进行陈列。在矩阵中,每一行的数值代表精度验证样本中某种地物类型的像元数量,每一列中的数值代表在分类结果中某种地物类型的像元值数量,在矩阵中位于对角线上的数值即为每种地物类型被正确分类的像元数量<sup>[21]</sup>。本研究将 136 个实地调查数据作为精度验证的地表真实样本数据。对上述不同研究方法得到的遥感分类结果采用混淆矩阵法进行精度评价分析,其主要依赖于以下几个评价指标进行精度验证:

1) 总体分类精度:即正确像元数占总像元数的百分比:

$$R_A = \frac{\sum_{k=1}^n P_{kk}}{P} \quad (4)$$

式中: $R_A$  为整体分类精度; $n$  为地物类型数量; $P$  为总共像元数; $P_{kk}$  为得到正确分类的像元数,即混淆矩阵中位于对角线上的数值。

2) Kappa 系数:用于验证的地表真实样本像元数之和乘以混淆矩阵中对角线上所有数值之和,再减去各种地类中地表真实样本像元数与该地类中参与分类的像元总数之积之后,再除以地表真实样本像元总数的平方减去各类中地表真实样本像元总数与该类中参与分类像元总数之积。其计算公式为:

$$K = \frac{N \sum_k^x - \sum_k^x k \sum_k^x k}{N^2 - \sum_k^x k \sum_k^x k} \quad (5)$$

式中: $K$  为 Kappa 系数; $N$  为地表真实验证样本的像元总数; $k$  为地物类型数量。 $K$  系数值越高,分类精度越准确。

#### 3.2 结果

为客观地反映 ASD 地面实测数据对 Hyperion 高光谱影像数据特征分类波段选择的指导性,基于 136 个实测样地训练样本,本研究采用光谱角填图法对 Hyperion 高光谱原始影像进行 4 个树种的分类研究。具体分类结果详见表 2。

为探究不同角度分类方法对特征波段分类结果的差异性,本研究对基于 ASD 实测数据选择的 Hyperion 特征波段分别进行最大似然和支持向量机 2

表 2 原始影像光谱角填图法最终分类结果混淆矩阵

Tab. 2 Confusion matrix of the image classification results of spectral angle mapping method

原始光谱 角填图	地表真实样本				制图 精度	用户 精度
	高山栎	高山松	云冷杉	云南松		
高山栎	23868	11974	5934	2701	61.25	53.66
高山松	5847	185397	15294	2850	81.76	88.54
云冷杉	4051	9709	154335	2506	80.59	90.47
云南松	2966	6420	6032	24649	73.07	61.52
总计	38969	226750	191510	33733		
总体分类精度:72.08%				Kappa 系数:0.5804		

种方法进行分类。并对其进行分类结果评价,具体结果详见表 3。

表 3 分类结果

Tab. 3 Classification results

波段选择方法	最大似然法		支持向量机	
	总体精度 /%	Kappa 系数	总体精度 /%	Kappa 系数
光谱一阶微分	75.34	0.63	81.95	0.7251
光谱二阶微分	73.21	0.61	76.71	0.6481
包络线去除法	74.17	0.62	77.48	0.6617

通过对上述分类指标结果进行分析,基于 ASD 数据指导后的 Hyperion 特征波段分类结果的精度和 Kappa 系数值均优于基于影像分类的光谱角填图分类方法,且在所有分类方法中,基于支持向量机分类方法比基于最大似然分类方法效果更好,其中一阶微分在该区域对针叶树种的分类结果最佳。

## 4 结 论

本研究立足于目前高光谱研究在树种识别的现状,以高山栎、高山松、云冷杉和云南松 4 种香格里拉主要针叶树种为研究对象,基于 Hyperion 高光谱影像数据和 ASD 实测数据为数据源,对 ASD 数据进行包络线去除、一阶微分、二阶微分 3 种方法后指导 Hyperion 数据进行分类特征波段选择。最后通过采用最大似然法、支持向量机法、光谱角填图 3 种分类方法进行分类结果探究,得出以下结论:

1) 基于支持向量机分类方法普遍优于最大似然分类方法和光谱角填图法,表明与传统的基于数

理统计分类方法和基于光谱特征分类方法相比,支持向量机法在高光谱遥感分类中具有更大潜力。

2) 对所采用的分类方法结果进行分析,可得出基于 ASD 数据指导的分类特征波段选择方法在分类效果上均优于仅通过 Hyperion 影像特征的光谱角分类方法,表明通过以 ASD 数据进行特征方法处理后指导高光谱影像进行分类特征波段的方式能有效提高研究区内主要针叶树种的分类精度。

3) 对所有的分类方法结果进行分析,可得到基于 ASD 数据的一阶微分波段选择方案的支持向量机分类方法精度最高,识别效果最好。表明对 ASD 实测数据进行一阶变换后,所反映的树种差异波长区间较为准确,对树种区分效果最好。也反映出二阶微分与包络线去除方法在波长尺度上分类过于精细与对应影像波长存在一定偏差。

## 参考文献:

- [1] SHANG X, CHISHOLM L A. Classification of Australian native forest species using hyperspectral remote sensing and machine learning classification algorithms [C]//IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2014, 7(6): 2481-2489.
- [2] 李华玉, 陈永富, 陈巧, 等. 基于遥感技术的森林树种识别研究进展[J]. 西北林学院学报, 2021, 36(6): 220-229.
- [3] 吕晶, 金日, 朱卫红, 等. 基于遥感技术的森林树种精细分类研究进展与展望[J]. 延边大学农学学报, 2022, 44(4): 17-23.
- [4] 赵磊. 基于高光谱遥感数据的森林树种分类关键技术研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2021.
- [5] 张丽云. 基于高光谱遥感数据的森林树种分类[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- [6] 栗旭升, 李虎, 陈冬花, 等. 联合 GF-5 与 GF-6 卫星数据的多分类器组合亚热带树种识别[J]. 林业科学, 2020, 56(10): 93-104.
- [7] 樊雪, 刘清旺, 谭炳香. 基于机载 PHI 高光谱数据的森林优势树种分类研究[J]. 国土资源遥感, 2017, 29(2): 110-116.
- [8] 吴艳双, 张晓丽. 结合多尺度纹理特征的高光谱影像面向对象树种分类[J]. 北京林业大学学报, 2020, 42(6): 91-101.
- [9] 谭炳香, 李增元, 陈尔学, 等. EO-1 Hyperion 高光谱数据的预处理[J]. 遥感信息, 2005(6): 36-41.
- [10] 张雨晨, 张廷斌, 易桂花, 等. 高光谱遥感影像的 FLAASH 模块大气校正与评价[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(10): 38-40.

(下转第 12 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.002

## 4 种绿化造林面积验收方法的比较研究

——以张家口地区为例

王 奇, 付卓新

(国家林业和草原局林草调查规划院, 北京 100714)

**摘要:**为有效解决大规模绿化造林面积验收精度差、效率低,成果信息化、可视化程度低的问题,以张家口地区为例,对比分析 4 种常用绿化造林面积验收方法。结果表明,奥维互动地图软件勾绘验收和利用无人机技术验收是适用性较强的两种方法。当地势平缓,地标地物明显时,奥维互动地图软件勾绘验收方法灵活、准确、易操作;当地形复杂,造林地块多位于山区、沟壑地带时,无人机技术验收精度高、外业劳动强度低,成果信息化、可视化程度高。

**关键词:**绿化造林;验收方法;面积测量;GPS;奥维互动地图软件;无人机技术;张家口地区

中图分类号:S725.3 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0007-06

引文格式:王奇,付卓新.4 种绿化造林面积验收方法的比较研究[J].林业调查规划,2023,48(3):7-12.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.002

WANG Qi, FU Zhuoxin. Comparative Analysis of Four Acceptance Methods for Afforestation Area——A Case Study of Zhangjiakou Region[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 7-12. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.002

## Comparative Analysis of Four Acceptance Methods for Afforestation Area

——A Case Study of Zhangjiakou Region

WANG Qi, FU Zhuoxin

(Academy of Forestry Inventory and Planning, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China)

**Abstract:** In order to effectively solve the problems in the large-scale afforestation area acceptance, such as poor accuracy, low efficiency, and low degree of information and visualization, this paper comparatively analyzed four commonly used acceptance methods for afforestation area based on the case of Zhangjiakou region. The results showed that the Ovital map and unmanned aerial vehicle were the suitable methods with strong applicability. When the local terrain is gentle and the landmarks are obvious, the acceptance method of the Ovital map is flexible, accurate and easy to operate. When the local terrain is complex and the afforestation plots are mostly located in mountainous areas and ravines, the acceptance method of unmanned aerial vehicle is a better choice with a high acceptance accuracy, low labor intensity, and the acceptance results are informationized and visualized with high degree.

**Key words:** afforestation; acceptance method; area measurement; GPS; Ovital map; unmanned aerial vehicle; Zhangjiakou region

收稿日期:2021-12-23.

第一作者:王奇(1988-),男,北京人,工程师.主要从事森林资源调查监测和评估工作.

近年来,我国大力开展绿化造林工作,习近平总书记连续 9 年参加首都义务植树活动,全国森林覆盖率稳步提高,已由上世纪 80 年代的 12% 增长到如今的 23.04%。为切实保障大规模绿化造林效果,面积验收是大规模绿化造林的重要工作任务。一般来说,林业项目常用的面积验收方法主要包括传统仪器测量、全球定位系统(GPS)以及近年来出现的奥维互动地图软件勾绘法和无人机测量法。目前,4 种绿化造林面积验收方法在实践工作中均被广泛使用,但其适用性仍然缺少对比研究。鉴于此,以张家口地区为例,通过对比分析 4 种常见面积验收方法,提出不同绿化造林面积验收方法的优势与不足,为大规模绿化造林面积验收提供借鉴。

## 1 研究背景

绿化造林面积直接影响到造林工程量的核算。如何保证大规模绿化造林面积验收精度,提高面积验收效率,增加面积验收成果的信息化,这对绿化造林面积验收方法和技术手段提出了更高要求,传统、繁琐、低效率的造林面积测量方法已不能满足现代林业工程需要,信息化、多元化、立体化、可视化的验收方法正逐渐走上舞台。

目前对于造林绿化面积验收的研究主要以探索和推广新技术为主,对于从实际应用的角度考虑如何选择适当的验收方法研究较少。笔者在张家口地区多次主持、参与了区(县)级的绿化造林工程验收工作,对于常用的绿化造林面积验收方法有一定的认识和了解。现将几种常用的面积验收方法从验收精度、工作效率、验收成本、验收成果应用 4 个方面进行比较,从实际应用的角度为后续的绿化造林验收工作提供理论支持。

## 2 张家口地区绿化造林面积验收现状

张家口市位于北京西北方向,外接内蒙古和山西,不仅是京津冀水源涵养功能区,更是我国北方阻挡风沙南侵的重要生态屏障,地理区位和生态功能极其重要。加快该区域绿化造林步伐,改善生态环境,提高生态服务功能,对推进京津冀协同发展,筹办 2022 年冬奥会,实现碳达峰、碳中和目标具有极其重要的战略意义。冬奥筹办工作启动以来,仅崇礼区就新增造林面积 4.92 万  $\text{hm}^2$ ,森林覆盖率达到 67%。

张家口市地势西北高、东南低,阴山山脉横贯中

部,将张家口市划分为坝上、坝下两大部分。坝上高原区属内蒙古高原的南缘,占张家口总面积的 1/3;坝下低中山盆地地势西北高,东南低,山峦起伏,沟谷纵横<sup>[1]</sup>。张家口市近年来大力开展绿化造林工作,绿化造林工程的标准和要求虽然较以往均有很大提升,但社会各界关注的重点却只限于栽植苗木的规格和种类,对于绿化造林工程验收的要求和标准还停留在比较基础和粗糙层面。随着绿化造林工程规模的发展,造林面积越来越大,造林地块越来越多,尤其是经过多年的绿化造林工作后,集中成片、连续的宜林地越来越少,绿化造林地块也呈现细碎状。绿化造林工程实施后,需要由第三方对绿化造林工程进行全面验收,核实工程的实施情况,包括苗木栽植种类、规格、数量和位置信息等,这其中最重要的是面积验收。

## 3 4 种绿化造林面积验收方法

### 3.1 传统测量仪器方法

传统林业确定面积的方法主要有 3 种,包括地形图勾绘、皮尺或测绳丈量、罗盘仪闭合导线测量。地形图勾绘确定面积方法,在地形地物较为明显、地块面积较大时误差较小,不适用于小面积或地形地物不明显的地块。皮尺或测绳丈量确定面积的方法只适用于小面积地块,在进行测量时,要先进入地块内部,不仅费时费力,而且测量精度无法保障。罗盘仪闭合导线测量方法不受地块面积、地形地物的限制,同时又比皮尺和测绳丈量的方法节约时间,在测量时,存在闭合误差,对测量结果是否精确能够有效掌握<sup>[2]</sup>。总体来说,以上几种传统测量仪器方法设备成本低,但测量过程较为繁琐,适用性不高,而且需要一定的操作经验和技术水平,测量工作效率不高,测量成果信息化程度较低。

### 3.2 全球定位系统(GPS)方法

全球定位系统(global positioning system, GPS)是一种以人造地球卫星为基础的无线电导航的定位系统。林业行业常用的 GPS 仪器有手持式 GPS 和精度更高的差分 GPS(DGPS),两种 GPS 均可以实现对某一闭合区域面积的求测。

在大规模绿化造林面积验收工作中使用较多的是手持式 GPS,其原理是利用航迹实时记录功能,采取航迹绕测或记录航点的方法来实现面积测量。因需要测量人员手持 GPS 绕测地块,所以实际的工作效率受地形的复杂程度和天气状况影响较大。当地形较为平缓、简单时,测量效率高;当地形较为复杂

时,例如山区、沟壑等地貌,测量效率较低。遇绿化造林地块内栽植情况复杂,存在建筑物、裸岩等未施工区域时,因需要扣除未施工面积,要单独绕测未施工区域。

手持式 GPS 的单点定位精度为 7~15 m,面积测量精度与测量地块面积大小有关,在测量面积大于 2 000 m<sup>2</sup> 区域时,其测量误差可控制在 3% 以内,对于面积比较小的地块,手持式 GPS 的测量误差较大<sup>[3]</sup>。

### 3.3 奥维互动地图软件勾绘方法

随着科技的进步,智能手机、平板电脑的推广,北京元生华网公司基于 Google API 与 Sogou API 开发出了奥维互动地图跨平台地图浏览器,进而形成了奥维互动地图软件。奥维互动地图软件融合了谷歌卫星图, GPS 功能,支持导入多种格式的信息数据,实现了 3S 技术融合应用,对比常规调查工作需要随身携带地形图与 GPS 等多种图件与设备,大幅提高了工作效率<sup>[4]</sup>。

具体操作方法也简单直观,在加载四维地球卫星图后,利用软件的实时定位功能进行勾绘、绕测造林地块,最后使用软件计算勾绘面积。外业工作结束后,还可以通过软件将数据导入电脑中,方便下一步工作。相较于手持式 GPS,奥维互动地图软件能够通过卫星图直观地看到建筑物、裸岩等地物的位置和分布,现场核实后,可在图中直接扣除,无需单独绕测,极大地提高了栽植情况复杂地块的面积验收效率。使用奥维互动地图软件在野外测量后,还可以用软件将勾绘的图形导入电脑中,通过 ArcGIS 软件对比卫星图进行修补,完善测量边界,能够极大地降低测量误差,提高精度。使用奥维互动地图软件来测量地块面积,具有灵活、便捷、直观的优势,但因同样要大量进行野外作业,工作效率也受到天气因素的影响。

测量精度受卫星图分辨率影响,奥维互动地图卫星图在 20 级层面的分辨率为 0.27 m<sup>[5]</sup>。由于造林地块一般地处偏远,奥维互动地图的卫星图往往达不到 20 级层面,一般在 18 层以内,而且影像的更新较慢,影像与现地匹配度无保障,测量误差至少可控制在 5 m 以内。

### 3.4 利用无人机技术开展造林面积验收方法

无人机(unmanned aerial vehicle, UAV)或更广义上的无人机系统(unmanned aerial system, UAS),是指其上未载有操作人员或飞行员的飞行器。随着社会各界对无人机的深入研究,无人机技术也从最初的军事领域逐步发展到了包括林业调查等多个民

用领域。无人机依据不同的标准可划分为不同种类,常见的分类可按照结构和起降方法分为固定翼式无人机和旋翼式无人机<sup>[6]</sup>。固定翼式无人机操作简单,在执行飞行任务时巡航速度快,有效覆盖范围广、续航时间长,适合执行大范围的造林地面积验收。小型旋翼式无人机具有良好的机动性和操作便利性,具有较强的抗风性能,但是在执行任务时飞行速度较低、动力需求大,续航时间短,覆盖面积有限,适合作为固定翼式飞机航拍的补充手段,验收跨界和变更地块。

利用无人机技术开展造林验收的实施步骤主要包括现场踏查、无人机航拍、正射影像生产、造林验收因子判读、现地核实与补充调查等内容。应用无人机开展造林验收重点解决了造林面积圈测难度大、精度低,跨界或变更造林地随意性强、验收难等难题,将大量的野外测量工作改在室内进行,不仅极大地降低了山区复杂地形条件下造林验收工作的外业劳动强度,也减少了天气因素对野外工作的影响,提高了整体验收工作效率和精度。

利用无人机技术开展造林面积验收前,需掌握绿化造林地块的位置信息和分布情况,便于申请空域和规划航飞路线,减少无效面积。无人机航拍的测量精度与影像的分辨率有关,可根据验收的具体情况选择影像分辨率,常用无人机航拍的分辨率可达厘米级。张家口地区的绿化造林工程种植穴整地方法一般为穴坑或鱼鳞坑,整地规格多为 60 cm × 50 cm × 40 cm,通过航拍后种植穴的分布和位置非常清晰,在光线和天气情况较好的条件下甚至可以看到栽植的苗木。

## 4 4种绿化造林面积验收方法的比较

影响造林面积验收的因素有很多,这里从实际应用的角度考虑主要因素,包括验收精度、工作效率、验收成本和验收成果应用。验收精度是验收工作的核心内容,关系到验收工作的质量。工作效率关系到验收工作的进度,影响到验收合同的履约情况。对于验收成本,站在经济实用的角度,根据造林绿化项目的实际情况来选择面积验收方法,才能保证面积验收工作的质量和进度,外业人员每日的差旅费用包括住宿费用标准 350 元/d(实际住宿费用支出以发票为准),伙食交通补助标准 180 元/d,野外普查津贴 60 元/d,每人每天外业成本约为 590 元,车辆租用费用 300 元/d(车辆为 SUV,不包括油费、司机),人均外业测量面积工作量(综合考虑平

缓地区和山区分布)约 53~67 hm<sup>2</sup>/d。验收成果的应用关系到下一步绿化造林成果上图、入库,报告图件,绿化造林成果展示等,是将验收结果信息化、可

视化的关键步骤,也是业主衡量验收工作的主要途径。张家口地区绿化造林面积验收常用方法的比较如表 1。

表 1 张家口地区 4 种绿化造林面积验收方法比较

Tab. 1 Comparison of four acceptance methods for afforestation area in Zhangjiakou

常用验收方法	验收精度	工作效率	验收成本	验收成果应用	适用情况
传统测量仪器方法	测量存在闭合误差,可以很直观地知道结果是否准确	目前已形成一套系统、完整的方法,但步骤繁多,工作效率较低,需要一定的操作经验和技术水平	成本主要为测量人员的差旅费用,外业时间越久,成本费用越高	验收成果多为纸质版,不利于绿化造林成果入库和展示	适用于以森林资源调查为目的的小面积地块
全球定位系统(GPS)方法	手持式 GPS 在测量面积大于 2 000 m <sup>2</sup> 的区域时,其测量误差可控制在 3% 以内,对于面积比较小的地块误差较大,为 10 m 左右	面积测量的方法为航迹或航点绕测。当绿化造林地块边界清晰,地形平缓时,工作效率较高;当地形复杂,地块边界不规则,地块内存在未栽植情况时,工作效率较低。野外工作期间受天气因素影响较大	成本主要为测量人员的差旅费用,外业时间越久,成本费用越高	验收成果可通过软件导入电脑,形成验收地块图,显示绿化造林面积和位置信息	适用于地形平缓,造林地块内部清晰、完整的绿化造林工程验收
奥维互动地图软件勾绘方法	手机导航功能定位精度能够控制在 5~10 m。现场定位后,根据周围的地标地物和高精度影像底图对地块进行修补、完善,奥维互动地图卫星图在 20 级层面的分辨率为 0.27 m,但由于造林地块一般地处偏远,奥维互动地图的卫星图往往达不到 20 级层面,一般在 18 层以内,误差至少可控制在 5 m 以内	面积测量方法与手持 GPS 方法类似,需要对边界进行绕测。当地块边界清晰,地形平缓时,可通过卫星图直接勾绘,工作效率较高;当地形复杂,地块边界不规则时,工作效率较低。与手持 GPS 方法相比,当地块内存在未栽植情况时,可核对现地情况后,根据卫星图直接勾绘扣除面积,无需单独绕测。野外工作期间,受天气因素影响较大	软件可免费在常见智能手机上运行。成本主要为测量人员的差旅费用,外业时间越久,成本费用越高	验收成果可以通过软件导入电脑,结合卫星图可用于验收成果上图,显示地块面积和位置信息	适用于地形平缓、简单,地标地物明显的绿化造林工程验收
利用无人机技术开展造林面积验收方法	无人机航拍精度可选择性较高,根据栽植苗木的规格选择影像的分辨率即可,一般精度可达厘米级	利用无人机技术开展造林面积验收,可将大量的外业测量工作改在室内进行,具有速度快、精度均匀、劳动强度低、不受天气因素影响的优点,验收工作效率较高	根据造林地块的集中程度和航拍影像分辨率的不同,价格为 30~75 元/hm <sup>2</sup> 。成本优势在于获得航拍影像后,可在室内根据设计图纸进行勾绘,将大量的外业工作转为内业,可大幅降低人员劳动成本	验收成果和航拍影像均可通过加工处理,用于验收报告、成果上图,不仅能够显示地块面积和位置信息,还能够直观地看到造林绿化成果,便于向社会各界宣传展示	适用于有设计图纸或造林地块矢量图,地形较为复杂的绿化造林工程验收

在面积测量方面,传统测量仪器方法工作效率较低,不适合当前张家口地区的大面积、多地块工程化造林面积验收工作;手持式 GPS 测量方法局限性较大,张家口地区地形复杂,平原、山区、沟壑交错,造林地块内部情况不一,存在各种未栽植情况,使用手持式 GPS 测量面积效率较低,精度无保障;奥维互动地图软件勾绘方法较为灵活,与手持式 GPS 相比,更加直观,工作效率更高,但受天气因素影响较大;利用无人机技术开展验收工作的精度和效率都

很高,但需要扎实的内业工作和前期投入。

在测量成果下一步应用方面,传统测量仪器方法的测量成果仅能以纸质版存档,不便于展示和调用;手持式 GPS 测量方法的测量成果为航迹或航点,虽然也能够显示造林地块的位置信息,但不够直观,内业处理工作量大;奥维互动地图软件勾绘方法的测量成果可通过软件导入电脑中,造林地块的位置信息很直观,但由于卫星图更新缓慢,会存在造林地块内部影像仍为荒山荒地的情况,不便于宣传展



示;使用无人机航拍后的影像结果不仅可以直观地显示造林地块的位置信息,还可看到绿化苗木栽植情况,便于下一步造林地块上图和绿化宣传工作,是将绿化造林成果实现立体化、信息化、可视化的保障。

## 5 典型案例和应用分析

### 5.1 典型案例

在2016年宣化区利用中国农业发展银行贷款建设储备林基地项目检查验收工作中,采用的面积验收方法以奥维互动地图软件勾绘方法为主,以手持式GPS方法为辅。2016年宣化区储备林项目设计造林面积7382.38 hm<sup>2</sup>,涉及13个乡镇,共28个标段,根据面积和造林地块分布,共投入15人组成验收项目组,外业工作由2016年11月24日至12月20日完成,期间包括人员食宿、差旅、租用车辆等,验收外业工作共持续了26 d。

在2017年宣化区利用中国农业发展银行贷款建设储备林基地项目检查验收第二标段工作中,采用无人机技术开展造林面积验收,先进行内业勾绘,再进行现场复核为主,以奥维互动地图软件勾绘和手持式GPS方法为辅。2017年宣化区储备林项目验收第二标段设计造林面积9135.93 hm<sup>2</sup>,涉及6个乡镇,共49个标段,根据面积和造林地块分布,共投入15人组成验收项目组,外业工作由2017年12月6日至12月25日完成,期间包括人员食宿、差旅、租用车辆等,验收外业工作共持续了15 d。

### 5.2 案例应用比较

2017年宣化区的储备林项目与2016年储备林项目相比,虽然涉及的乡镇少了,项目实施范围相对集中了,但是设计面积、标段和地块数量均增加了。验收方法由奥维互动地图软件勾绘转变为利用无人机技术开展造林面积验收,极大地提高了野外工作效率,降低了野外工作强度,缩短了外业工作时间,避免了天气因素的影响。在缩短野外工作强度的同时,还提高了造林面积验收精度,增加了造林绿化验收成果的可视化和信息化,使得业主、施工方对于造林地块的情况一目了然,也更加认可验收结果。

为对比奥维互动地图软件勾绘和利用无人机技术开展面积验收两种方法的优劣,选取了同一地块进行比较分析(图1,图2)。

图2中红色线条为验收人员勾绘的绿化造林地块小班边界。可以看出,同样是在1:1500的比例尺下,利用无人机航拍影像可以更直观地看到绿化

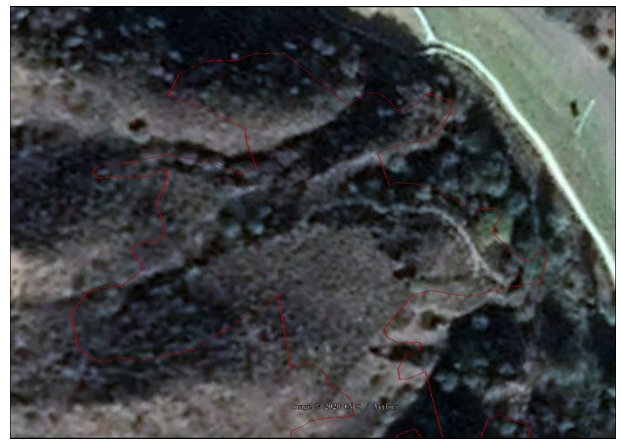


图1 奥维互动地图卫星图(1:1500)  
Fig.1 Ovi map satellite image (1:1500)

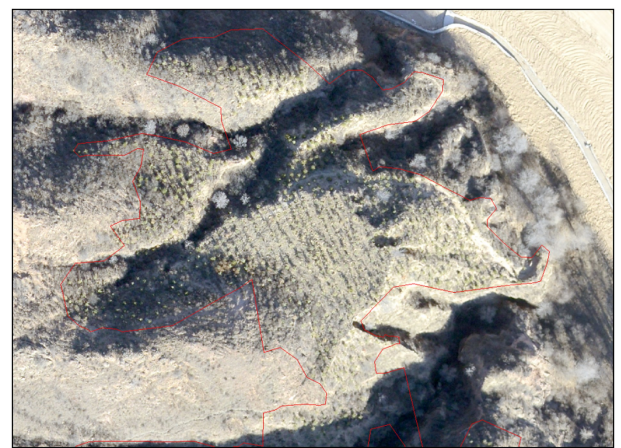


图2 无人机航拍影像图(1:1500)  
Fig.2 Aerial image of UAV (1:1500)

造林地块边界和苗木栽植情况,验收人员只需在现场核对地块边界即可;奥维互动地图卫星图影像分辨率较差,不易通过卫星图分辨地块边界,而且因卫星图影像未及时更新,无法直观地看出绿化造林痕迹,需要验收人员在现场进行绕测核实。

## 6 结论

1)传统测量仪器方法因其繁琐的操作方法和诸多使用限制,已不适用于类似张家口地区的大规模绿化造林工程面积验收,可作为样方面积测量方法使用。手持式GPS测量方法适用广泛、门槛低,但当前绿化造林地块面积大小不一,栽植情况复杂,测量时精度无保障,测量工作效率较低,受天气因素影响较大,人工成本高。

2)当造林地块位置分散,地势较平缓,地块周围有明显的地标地物时,可使用奥维互动地图软件

来勾绘面积。通过借助汽车、摩托车等交通工具,快速记录地块拐点坐标信息,可有效提高野外工作效率,降低劳动成本。内业工作时可利用明显的地标地物作为参考,在计算机平台修补勾绘图形,再通过 ArcGIS 软件计算即可得到地块面积。对于地块面积较小,周围无明显边界的复杂地形地块测量精度无保障。

3) 当造林地块位置相对集中,地形较为复杂,外业人员工作强度大,测量精度难以保障时,可利用无人机技术航拍测量,将大量外业工作转变成内业工作,从而提高测量精度,增加工作效率,降低外业人员劳动强度。航拍影像成果可广泛用于下一步成果入库、展示和宣传。大规模绿化造林验收时,可先使用固定翼无人机进行全面航拍,内业勾绘后开展现地核实工作,遇到地块变更、跨界时可使用小型旋翼无人机航拍作为补充,验收方法灵活、快捷。

**参考文献:**

[1] 徐超. 张家口地区复杂地形冬季山谷风特征观测分析[J]. 低碳世界, 2019, 9(12): 297-298.

[2] 赵学荣, 傅文华, 杨李军. 罗盘仪闭合导线测量确定退耕地面积的新方法[J]. 林业实用技术, 2003(11): 17-18.

[3] 吴文友, 刘培超. 手持 GPS 测量林地面积的应用[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(1): 69-71.

[4] 张冲. 浅谈奥维互动地图在实际测量中的应用[J]. 大科技, 2018(27): 233.

[5] 马宇晓, 高向峰, 杨旭超, 等. 《奥维互动地图》交叉定位坐标的精度分析[J]. 科学技术创新, 2019(32): 124-125.

[6] 张军国, 闫浩, 胡春鹤, 等. 无人机在林业中的应用及前景展望[J]. 林业工程学报, 2019, 4(1): 15-23.

责任编辑: 许易琦

(上接第 6 页)

[11] DATT B, MCVICAR T R, VAN NEIL T G, et al. Preprocessing EO-1 Hyperion hyperspectral data to support the application of agricultural indexes[J]. IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing, 2003, 41(6): 1246-1259.

[12] 陈尔学, 李增元, 谭炳香, 等. 高光谱数据森林类型统计模式识别方法比较评价[J]. 林业科学, 2007, 43(1): 84-89.

[13] KOKALY R F, CLARK R N. Spectroscopic determination of leaf biochemistry using band-depth analysis of absorption features and stepwise multiple linear regression[J]. Remote Sensing of Environment, 1999, 67(3): 267-287.

[14] 陈尔学, 李增元, 谭炳香, 等. 高光谱数据森林类型统计模式识别方法比较评价[J]. 林业科学, 2007, 43(1): 84-89.

[15] 王璐, 范文义. 基于高光谱遥感数据的森林优势树种组织识别[J]. 东北林业大学学报, 2015, 43(5): 134-137.

[16] 侯逸晨, 赵鹏祥, 杨伟志, 等. 基于 SVM 的资源三号影像林地分类及精度评价研究[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(1): 180-185.

[17] BENEDIKTSSO J A, SWAIN P, ESROY O K. Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1990, 28: 540-542.

[18] EDIRIWICKREMA J, KHORRAM S. Hierarchical maximum-likelihood classification for improved accuracies[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1997, 35(4): 810-836.

[19] VAPNIK V, LEVIN E, LE C Y. Measuring the VC dimension of a learning machine[J]. Neural Computation, 1994, 6(5): 851-876.

[20] 李明泽, 张培赢. 基于 SAM 算法的遥感影像湿地植被分类[J]. 森林工程, 2015, 31(2): 8-13.

[21] 任冲, 鞠洪波, 张怀清, 等. 多源数据林地类型的精细分类方法[J]. 林业科学, 2016, 52(6): 54-65.

责任编辑: 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.003

## 云南省岩溶地区石漠化土地动态变化研究

阮方佑,吴宁,安科,任晓东,彭正武,余正才  
(云南省林业调查规划院昆明分院,云南昆明650200)

**摘要:**将云南省岩溶地区第四次石漠化监测成果与第一次监测进行对比分析研究。结果表明,2006—2021年16年间,云南省石漠化土地面积减少116.86万 $\text{hm}^2$ ,减少40.56%,年均减少7.30万 $\text{hm}^2$ ,年均减少率为2.53%;云南省石漠化土地面积呈下降趋势,石漠化程度减轻趋势明显。国家和地方实施的石漠化综合治理工程、森林抚育工程、长江珠江防护林工程、生态公益林建设、退耕还林(草)工程等生态修复类工程在石漠化土地面积及程度变化中起到主要作用。

**关键词:**岩溶地区;石漠化土地;动态变化;生态修复;云南省

中图分类号:[S719];P931.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0013-06

引文格式:阮方佑,吴宁,安科,等.云南省岩溶地区石漠化土地动态变化研究[J].林业调查规划,2023,48(3):13-18.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.003

RUAN Fangyou, WU Ning, AN Ke, et al. Dynamic Change of Rocky Desertification Land in Karst Area of Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 13-18. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.003

## Dynamic Change of Rocky Desertification Land in Karst Area of Yunnan Province

RUAN Fangyou, WU Ning, AN Ke, REN Xiaodong, PENG Zhengwu, YU Zhengcai  
(Kunming Branch of Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650200, China)

**Abstract:** The results of the fourth rocky desertification monitoring in karst areas of Yunnan Province were compared and analyze with the first monitoring. The results showed that from 2006 to 2021, the area of rocky desertification in Yunnan Province decreased by 1.1686 million  $\text{hm}^2$ , a decrease of 40.56%, with an average annual decrease of 73 000  $\text{hm}^2$  and an average annual decrease rate of 2.53%; the land area of rocky desertification showed a downward trend, and the degree of rocky desertification decreased obviously. The state and local governments have implemented forest and grass management and protection projects, and ecological restoration projects such as the comprehensive control project on rocky desertification, the forest tending project, the shelterbelt project along the Yangtze River and Pearl River, the construction of ecological public forest, and the project of returning farmland to forest (grassland) have played a leading role in the change of the area and degree of rocky desertification land.

**Key words:** karst area; rocky desertification land; dynamic change; ecological restoration; Yunnan Province

石漠化(rocky desertification)是指在热带、亚热带湿润半湿润、半干旱气候条件和岩溶极其发育的

自然背景下,受人为活动干扰,使地表植被遭受破坏,造成土壤严重侵蚀,基岩大面积裸露,砾石堆积

收稿日期:2022-01-03;修回日期:2022-02-20.

第一作者:阮方佑(1970-),男,云南陆良人,高级工程师.从事林业和草原调查规划工作. Email:893211885@qq.com

的土地退化现象,是岩溶地区土地退化的极端形式。岩溶地区土地石漠化是土地退化、生态恶化的一种极端形式,被称为“生态癌症”。严重的石漠化土地,不仅加剧水土流失,恶化生态环境,引发自然灾害,压缩人民群众的生存与发展空间,也严重制约地区经济社会的可持续发展,对区域国土生态安全和生态文明建设构成严重威胁。通过对云南省岩溶地区 4 次的石漠化监测成果的对比分析,对云南省岩溶地区石漠化动态变化的直接和间接原因进行研究,旨在为科学合理制定云南省岩溶地区石漠化防治对策、管理决策等提供科学依据。

## 1 石漠化土地动态监测情况

云南省岩溶地区石漠化土地动态监测范围是纳入国家同步动态监测的 65 个县,经 2006 年、2011 年、2016 年、2021 年 4 次监测,第一次监测主要以基础调查为主,第二次至第四次在第一次监测数据基础上进行动态监测。监测间隔期内,岩溶监测区范围保持不变,监测县级行政单位与上期保持一致,乡级行政单位与上期基本保持一致,只是存在部分乡镇拆分与合并的情况。

2006 年进行岩溶地区第一次石漠化监测,监测面积为 791.25 万 $\text{hm}^2$ ,而 2011 年进行的岩溶地区第二次石漠化监测,监测面积为 794.56 万 $\text{hm}^2$ ,比第一次岩溶区监测面积增加 3.31 万 $\text{hm}^2$ 。其主要原因是石林、陆良、会泽、宣威、华宁、镇雄等县前期部分监测乡内的岩溶石漠化土地存在漏划,按国家规定作为新增图斑纳入监测范围,但不纳入前期动态变化分析。2016 年进行的岩溶地区第三次石漠化监测,监测面积为 794.13 万 $\text{hm}^2$ ,较第二次监测范围减少 0.43 万 $\text{hm}^2$ ,占第二次监测范围的 0.05%。其原因是云南省界有调整,该次监测使用了国家林业和草原局石漠化监测中心提供的最新省界,在此基础上数据由北京 54 坐标转为西安 80 坐标,对岩溶地区土地进行了面积求算,各县的面积有一些误差,但均在允许值之内。经二次微调后,第三次监测的岩溶土地面积为 794.13 万 $\text{hm}^2$ ,较第一次岩溶区监测面积增加 2.88 万 $\text{hm}^2$ ,岩溶区监测面积变动率为 0.40%。第四次调查范围包括云南省第三次石漠化调查的 65 个县,新增《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035 年)》中长江上中游岩溶石漠化综合治理工程中云南境内的 11 个县(含完成省级调查县 10 个)及云南省自行组织开展省级调查的石漠化严重、面积较大、集中连片的 12

个县,最终确定本次云南省调查县为 88 个,为了数据的可比性,第四次调查数据采用纳入国家监测的 65 个县的数据,岩溶土地面积 797.31 万 $\text{hm}^2$ ,较前期调查范围增加了 3.18 万 $\text{hm}^2$ ,岩溶区监测面积变动率为 0.40%,其原因是由于第四次调查技术标准的变化,第四次调查使用了最新国土三调界线,新增部分调查范围,对比分析具有可比性。

## 2 石漠化土地动态变化

### 2.1 石漠化土地面积动态变化分析

间隔期 2006—2021 年内,岩溶地区针对纳入国家监测的 65 个县共开展了 4 次石漠化监测,岩溶土地石漠化状况由 2006 年石漠化土地面积 288.14 万 $\text{hm}^2$ ,潜在石漠化土地 172.57 万 $\text{hm}^2$ ,非石漠化土地 330.54 万 $\text{hm}^2$ ,转变为 2021 年石漠化土地面积 171.28 万 $\text{hm}^2$ ,潜在石漠化土地 251.74 万 $\text{hm}^2$ ,非石漠化土地 374.29 万 $\text{hm}^2$ 。石漠化、潜在石漠化、非石漠化土地面积 16 年变动率分别为 -40.56%、45.88% 和 13.24%,年均变化分别为 -2.53%、2.86% 和 0.83%。云南省石漠化土地监测结果动态变化及变化趋势见表 1 和图 1。

表 1 云南省石漠化土地监测结果动态变化

Tab. 1 Dynamic changes in monitoring results of rocky desertification land in Yunnan Province 万 $\text{hm}^2$

年度	监测区土地	石漠化	潜在石漠化	非石漠化
2006 年	791.25	288.14	172.57	330.54
2011 年	794.56	283.98	177.10	333.48
2016 年	794.13	235.19	204.17	354.77
2021 年	797.31	171.28	251.74	374.29
2021 年与 2006 年相比	6.06	-116.86	79.17	43.75
变动率/%	0.77	-40.56	45.88	13.24

### 2.2 石漠化程度动态变化分析

间隔期 2006—2021 年内,石漠化土地面积减少 116.86 万 $\text{hm}^2$ ,变动率为 -40.56%。其中,轻度石漠化面积减少 5.95 万 $\text{hm}^2$ ,变动率为 -6.69%;中度石漠化面积减少 66.88 万 $\text{hm}^2$ ,变动率为 -49.03%;重度石漠化面积减少 34.14 万 $\text{hm}^2$ ,变动率为 -70.61%;极重度石漠化面积减少 9.89 万 $\text{hm}^2$ ,变动率为 -68.59%。

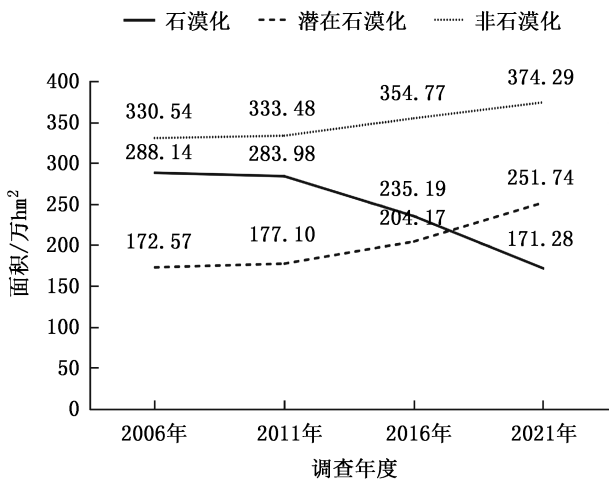


图 1 云南省石漠化土地动态变化趋势

Fig. 1 Dynamic change trends of rocky desertification land in Yunnan Province

轻度石漠化、中度石漠化、重度石漠化和极重度石漠化面积 16 年间变化分别为-0.42%、-3.06%、-4.41%和-4.29%。云南省石漠化程度动态变化见表 2。

表 2 云南省石漠化程度动态变化

Tab. 2 Dynamic changes of rocky desertification degree in Yunnan Province 万 hm<sup>2</sup>

年度	轻度石漠化	中度石漠化	重度石漠化	极重度石漠化	合计
2006 年	88.96	136.41	48.35	14.42	288.14
2011 年	137.40	111.98	25.00	9.60	283.98
2016 年	113.11	97.26	19.07	5.75	235.19
2021 年	83.01	69.53	14.21	4.53	171.28
2021 年与 2006 年相比	-5.95	-66.88	-34.14	-9.89	-116.86
变动率/%	-6.69	-49.03	-70.61	-68.59	-40.56

### 2.3 植被覆盖类型、植被综合盖度动态变化

#### 1) 植被覆盖类型动态变化

2006—2021 年监测期内,岩溶地区植被覆盖类型形成由无植被或简单植被群落结构向复植被群落结构演变的趋势。其中乔木型面积增加 183.23 万 hm<sup>2</sup>,增加 104.16%;灌木型面积减少 2.58 万 hm<sup>2</sup>,减少 1.76%;草丛型面积减少 15.10 万 hm<sup>2</sup>,减少 23.17%;作物型面积增加 124.58 万 hm<sup>2</sup>,增加 170.40%;无植被型面积减少 303.23 万 hm<sup>2</sup>,减少 98.75%。

植被覆盖类型为乔木型和作物型面积增加,草丛型和无植被型面积减少,期内大量的植被覆盖类型为草丛型和无植被型的土地转化为乔木型和灌木

型,说明岩溶地区植被质量在监测期内呈上升趋势,植被群落结构正逐步向更高级演变,石漠化发生率在逐步降低。云南省岩溶土地植被覆盖类型动态变化见表 3。

表 3 云南省岩溶土地植被覆盖类型动态变化

Tab. 3 Dynamic changes of vegetation cover types in karst area of Yunnan Province 万 hm<sup>2</sup>

年度	乔木型	灌木型	草丛型	作物型	无植被型
2006 年	175.91	146.79	65.18	73.11	307.08
2016 年	292.57	174.74	37.27	259.21	7.17
2021 年	359.14	144.21	50.08	197.69	3.85
2021 年与 2006 年相比	183.23	-2.58	-15.10	124.58	-303.23
变动率/%	104.16	-1.76	-23.17	170.40	-98.75

#### 2) 植被综合盖度动态变化

监测间隔期内岩溶地区植被综合盖度总体呈上升趋势。岩溶地区平均植被综合盖度由 2006 年的 49.2% 上升到 2021 年第四次监测时的 59.9%,提高了 10.7%,年均提高 0.7%。

### 3 石漠化土地的演变

根据第四次石漠化调查结果分析,截至 2021 年底,全省 65 个原调查县顺向演变类型面积总计为 73.94 万 hm<sup>2</sup>,占可比面积的 9.27%;稳定型面积 713.13 万 hm<sup>2</sup>,占可比面积的 89.44%;逆向演变类型面积 10.23 万 hm<sup>2</sup>,占可比面积的 1.28%,顺向演变类型比逆向演变类型面积多 63.71 万 hm<sup>2</sup>。在顺向演变类型中,明显改善型面积为 58.00 万 hm<sup>2</sup>,占顺向演变类型面积的 78.45%;轻微改善型面积为 15.94 万 hm<sup>2</sup>,占顺向演变类型面积的 21.55%。监测间隔期内石漠化面积在减少、石漠化程度在降低,石漠化正朝顺向方向演变。

### 4 石漠化土地动态变化原因分析

#### 4.1 动态变化直接原因

##### 4.1.1 在石漠化土地和潜在石漠化土地实施林草管护类工程项目

云南省石漠化土地和潜在石漠化土地面积 423.02 万 hm<sup>2</sup>,实施林草管护类工程土地面积 221.36 万 hm<sup>2</sup>,占 52.33%,其中,天然林资源保护工程面积 105.73 万 hm<sup>2</sup>;生态公益林保护工程面积 54.88 万 hm<sup>2</sup>;草原生态保护补助奖励面积 27.89 万

hm<sup>2</sup>;其他管护工程面积 32.86 万 hm<sup>2</sup>。实施这些管护类工程使石漠化土地和潜在石漠化土地的林草植

被得到修生养息和有效保护。云南省石漠化土地和潜在石漠化土地管护类工程见表 4。

表 4 云南省石漠化土地和潜在石漠化土地管护类工程统计

Tab. 4 Statistics of management and protection projects for rocky desertification land and potential rocky desertification land in Yunnan Province

管护类工程	石漠化					潜在石漠化	合计
	轻度	中度	重度	极重度	小计		
天然林资源保护工程	22.18	5.29	1.27		28.74	76.99	105.73
生态公益林保护工程	9.75	5.09	1.35	0.23	16.42	38.46	54.88
草原生态保护补助奖励	5.18	12.89	4.22	1.10	23.39	4.50	27.89
其他管护工程	5.50	3.54	0.26	0.05	9.35	23.51	32.86
合计	42.61	26.81	7.10	1.38	77.90	143.46	221.36

4.1.2 实施各类生态修复类工程

2006—2021 年监测期内,云南省在岩溶地区实施各类生态修复类工程的总土地面积为 67.14 万 hm<sup>2</sup>,其中,石漠化综合治理工程面积 34.31 万 hm<sup>2</sup>,占 51.10%;森林抚育工程面积 9.17 万 hm<sup>2</sup>,占 13.66%;长江珠江防护林工程 6.21 万 hm<sup>2</sup>,占 9.24%;生态公益林建设 5.49 万 hm<sup>2</sup>,占 8.18%;退耕还林(草)工程 4.11 万 hm<sup>2</sup>,占 6.12%;农业综合开发工程 2.81 万 hm<sup>2</sup>,占 4.18%;自然保护区建设工程 1.39 万 hm<sup>2</sup>,占 2.07%;速生丰产林工程 0.92 万 hm<sup>2</sup>,占 1.37%;中央财政造林补贴面积 0.16 万 hm<sup>2</sup>,占 0.24%;其他重点工程 2.57 万 hm<sup>2</sup>,占 3.83%。云南省岩溶地区生态修复各类工程面积见表 5。

表 5 云南省岩溶地区生态修复类工程土地面积统计

Tab. 5 Land area statistics of ecological restoration projects in karst areas of Yunnan Province

生态修复类工程	石漠化	潜在石漠化	非石漠化	合计
石漠化综合治理工程	11.23	17.89	5.19	34.31
森林抚育工程	1.40	6.82	0.95	9.17
长江珠江防护林工程	2.42	2.77	1.02	6.21
生态公益林建设	0.44	1.88	3.17	5.49
退耕还林(草)工程	1.37	1.35	1.39	4.11
农业综合开发工程	1.10	0.75	0.96	2.81
自然保护区建设工程	0.03		1.36	1.39
速生丰产林工程	0.67	0.08	0.17	0.92
中央财政造林补贴	0.10	0.05	0.01	0.16
其他重点工程	1.23	0.80	0.54	2.57
合计	19.99	32.39	14.76	67.14

通过生态修复各类工程项目的实施,云南省石

漠化土地治理程度为:基本治理 238.20 万 hm<sup>2</sup>,中等治理 33.33 万 hm<sup>2</sup>,初步治理 59.96 万 hm<sup>2</sup>,治理失败 5.97 万 hm<sup>2</sup>,已治理面积共计 331.49 万 hm<sup>2</sup>,云南省石漠化土地治理程度见表 6。

表 6 云南省岩溶地区石漠化土地治理程度统计

Tab. 6 Control degree of rocky desertification land in karst areas of Yunnan Province

治理程度	石漠化	潜在石漠化	非石漠化	合计
治理失败	5.90	0.07		5.97
初步治理	59.20	0.76		59.96
中等治理	32.78	0.54	0.01	33.33
基本治理	0.02	174.50	63.68	238.20
合计	97.90	175.87	63.69	337.46

国家和地方实施林草管护类项目,石漠化综合治理工程、森林抚育工程、长江珠江防护林工程、生态公益林建设、退耕还林(草)工程等生态修复类工程在石漠化土地面积及程度变化中起到了主导作用。岩溶区生态环境明显改善,逐步建设成一个功能稳定、结构合理的生态系统,使生态环境逐步趋于良性循环;经济效益显著提高,着力促进生态价值向经济价值转换,增加了群众收入;社会效益逐步显现,营造良好的生态环境、投资环境、发展环境,推动乡村振兴起到有效的促进作用,实现了石漠化综合治理重点县生态环境和经济的可持续发展,维护社会的和谐稳定。

4.1.3 自然修复

以实施林草生态重点工程为依托,通过封山管护、封山育林育草等林草措施,实施农村能源结构调整,减少人对山林的依赖,减轻对岩溶土地植被的破

坏,降低土地的承载压力,促进了石漠化地区植被的自然修复,前期石漠化状况、程度逐年降低,自然修复石漠化土地共计 52.65 万 $\text{hm}^2$ 。

#### 4.1.4 工程建设

间隔期内,在石漠化区域实施工程建设,如水库建设、道路建设、城镇建设等工程建设,导致石漠化土地减少,根据本期调查数据统计,属于工程建设发生变化的石漠化土地面积共计 11.29 万 $\text{hm}^2$ 。

#### 4.1.5 灾害和人为破坏因素

间隔期依然存在部分岩溶地区土地发生退化演变,总面积为 10.23 万 $\text{hm}^2$ ,其中,退化加剧型面积为 2.08 万 $\text{hm}^2$ ,退化严重加剧型面积为 8.16 万 $\text{hm}^2$ 。通过分析部分岩溶土地发生退化演变的原因主要有以下两方面:

1) 灾害因素,主要是地质灾害(滑坡、泥石流等)、灾害气候,如小范围局部地区的雨雪冰冻灾害、干旱等导致石漠化逆向演替。

2) 人为破坏因素,其中主要是火烧、工业污染、不当经营方式等因素,但人为破坏因素和规模均呈现大幅下降趋势。

### 4.2 动态变化间接原因

#### 4.2.1 建立健全森林和草原督查长效机制

云南省建立了“天地空”一体化森林和草原督查体系,打击毁林草专项行动,森林和草原督查案件查处、林草资源综合监测、林草监测核查执法全覆盖等常态化工作,有效遏制了破坏石漠化土地林草资源的违法违规行为,减少石漠化土地的逆向演替。

#### 4.2.2 农村能源结构优化调整

通过实施农村能源工程,农村能源结构逐渐趋向多元化,薪材比重逐年下降,间接地保护了石漠化地区林草植被。

1) 云南加大改造农村电网力度,于 2012 年 10 月提前实现全省户户通电,城乡实现同网同价,有力促进了农民减负和农村发展。农村居民用电价格由约 0.9 元/度下降到目前的约 0.36 元/度,电价的下调,使大量的村民生产生活逐渐以用电为主,各种节能型家电进入农村家庭,加上家电下乡等各种国家优惠政策的实施,使电能在农村中占主导地位。

2) 提高商品型与高新型能源比重。农村大力推广以沼气、太阳能热水器和小型光伏发电为主题的新型能源和液化气等商品型能源,据统计,截至 2021 年底,共完成沼气池 29.5 万户,按一口 8  $\text{m}^3$  的沼气池年产沼气 450  $\text{m}^3$  以上,节约薪材相当于 0.35  $\text{hm}^2$  薪炭林地一年的生长量,相当于每年减少薪炭

林消耗 10.3 万 $\text{hm}^2$ 。同时,实施太阳能热水器 19.59 万台的农村能源建设,间接地减少薪材在农村能源结构中的比重。

3) 积极推进节柴灶、节煤炉等设施,提高能源利用效率。截至 2021 年底,云南省岩溶地区共完成节柴灶 48.56 万户,目前农村配置节柴灶具的农户数超过 70%,多功能节柴灶与传统柴灶相比可节约用柴 50%以上,有效地减少了石漠化地区的薪材消耗,节约了大量的生物质能源,为石漠化区域植被生态修复奠定了坚实基础。

#### 4.2.3 岩溶地区城镇化率提高了农村劳动力人口的劳务输出

土地石漠化的根本原因是人口密度过大,岩溶地区的人口密度达 159 人/ $\text{km}^2$ ,远超岩溶土地的生态合理承载量。加之岩溶地区城乡经济相对较差,村民对森林资源,特别是对用材林、薪材的采伐,以满足日益增加的物质和能源的需要特别强烈,造成岩溶地区巨大生态压力。

近年来,随着国家经济的发展,岩溶地区通过推进当地城镇化建设,提高城镇化率,2021 年云南省城镇化率为 51.05%,比 2006 年提高了 20.55%,农村居民到附近的县城、昆明及广东等沿海城市打工人口数量日益增加,各地政府部门也通过各种方式积极促进当地劳动力的劳务输出,带来了农村家庭收入的增加,使农村家庭增加了电器、太阳能热水器的支出,使农村能源结构得到优化,减少了对岩溶地区生态的破坏。

#### 4.2.4 其他政策的实施

##### 1) 教育科技扶贫治理石漠化

义务教育的全面实施解决了农村家庭子女上学的教育费用,既减少家庭负担和土地压力,又提高岩溶石漠化地区农村子女教育水平,提升劳动人口教育水平与外出就业升学比例,减少石漠化土地承载力;科技治理石漠化依靠农村农业生产良种普及率,主要是玉米、马铃薯的良种化,提高单产,减少广种薄收面积,减少盲目开荒垦殖面积,森林植被得到保护。

##### 2) 旅游收入反哺农村治理石漠化

利用特色岩溶景观,如石林县石林喀斯特、丘北县普者黑峰林湖盆、湿地、建水泸西溶洞群、玉龙雪山等发展旅游业,既增加农村人口的非农就业,增加特色农林果牧生态产品与民族民俗文化产品,开展农村家庭旅游接待服务,改变农村农民单一收入来源和就业,又通过保护岩溶地质地貌景观恢复植被,

实现石漠化区经济、社会、政治、生态、文化全面协调的石漠化治理。通过喀斯特旅游收入反哺石漠化地区农村、农业、农民,有效治理石漠化,实现了森林植被恢复、生物多样性保护、岩溶水源地保护的协同。

### 3) 云南省争当全国生态文明建设排头兵

云南省委、省政府始终高度重视石漠化综合治理工作,先后出台了加速林业发展、木本油料林产业发展,山区综合开发、低效林改造、森林云南建设等一批政策创新、措施有力、含金量高、操作性强的文件,把石漠化综合治理作为构建西南生态安全屏障的重大措施,加快森林云南、争当全国生态建设排头兵的主要抓手,形成了有关部门合力推进,社会各界共同参与的工作格局,强有力地推动了云南省石漠化综合治理工作的顺利开展。

## 5 结论与讨论

### 5.1 结论

在 2006—2021 年石漠化土地监测间隔期内,国家与地方政府实施的林草管护类项目,如石漠化综合治理工程、森林抚育工程、长江珠江防护林工程、生态公益林建设、退耕还林(草)工程等生态修复类工程,在石漠化土地面积及程度变化中起到了主导作用。岩溶地区的植被结构得到明显改善,植被覆盖率逐年增加,石漠化土地面积逐年净减少,石漠化程度逐年减轻,石漠化状况总体上呈现好转态势,石漠化防治取得了显著成绩。

### 5.2 讨论

云南省第四次石漠化调查范围新增了 23 个县,共调查了 88 个县,据调查结果统计:石漠化土地 212.85 万  $\text{hm}^2$ ,石漠化土地绝对面积仍很大,此外还有潜在石漠化土地 342.97 万  $\text{hm}^2$ ,石漠化仍是岩溶地区的重要生态问题。岩溶生态系统非常脆弱,石漠化土地基岩裸露度高,缺土少水,土层瘠薄,治理难度大,奋进新时代,提高岩溶地区森林和草原质量,分区施策进行土地石漠化治理模式研究,这是林草人的使命。此外,云南省脱贫攻坚的 88 个县中有 56 个县有石漠化土地分布,虽已脱贫,但这些仍属老、少、边、穷地区,边治理、边破坏现象在石漠化地区仍存在。因此,今后要以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,认真践行习近平生态文明思想,坚定贯彻“绿水青山就是金山银山”的发展理念,推进石漠化防治工作向纵深发展。

### 参考文献:

[1] 云南省林业和草原局. 云南省岩溶地区第四次石漠化

调查报告[R]. 2022.

- [2] 吴宁,李世成,任晓东,等. 云南石漠化[M]. 北京:中国林业出版社,2020.
- [3] 吴照柏,但新球,吴协保,等. 岩溶地区石漠化土地动态变化与原因分析[J]. 中南林业调查规划,2013,32(2): 62-66.
- [4] 赵玲华,太佩荣. 曲靖市岩溶地区第二、第三次石漠化监测结果对比分析[J]. 绿色科技,2018(16): 146-147,149.
- [5] 陈贵友. 喀斯特地区石漠化综合治理的经验与启示研究[J]. 绿色科技,2018(16): 148-149.
- [6] 张云,周跃华,常恩福. 云南省石漠化问题初探[J]. 林业经济,2010(5): 72-74.
- [7] 刘拓,周光辉,但新球. 中国岩溶石漠化[M]. 北京:中国林业出版社,2009.
- [8] 天海川. 云南岩溶地区石漠化综合治理见成效[N]. 经济日报,2011-04-22(4).
- [9] 屠玉麟. 贵州土地石漠化现状及成因分析[C]//李箐. 石灰岩地区开发治理. 贵阳:贵州人民出版社,1996.
- [10] 皇甫江云. 西南岩溶地区草地石漠化动态监测与评价研究——以贵州省晴隆县为例[D]. 北京:北京林业大学,2014.
- [11] 苏维词,周济祚. 贵州喀斯特山区的“石漠化”及防治对策[J]. 长江流域资源与环境,1995,4(2): 177-182.
- [12] 王德炉,朱守谦,黄宝龙. 石漠化的概念及其内涵[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2004,28(6): 87-90.
- [13] 国家林业和草原局. 喀斯特石漠化地区植被恢复技术规程:LY/T 1840-2019[S]. 2020.
- [14] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. 中国岩溶,2002,21(2): 101-105.
- [15] 赖兴会. 云南石漠化的生态特征及其危机表现[J]. 林业调查规划,2004,29(2): 80-82.
- [16] 国家林业局. 岩溶地区石漠化状况公报[N]. 中国绿色时报,2006-06-23.
- [17] 王宇,张贵. 滇东岩溶石山地区石漠化特征及成因[J]. 地球科学进展,2003,18(6): 933-938.
- [18] 任海. 喀斯特山地生态系统石漠化过程及其恢复研究综述[J]. 热带地理,2005,25(3): 195-200.
- [19] 李阳兵,王世杰,容丽. 关于喀斯特石漠化和石漠化概念的讨论[J]. 中国沙漠,2004,24(6): 689-695.
- [20] 云南省林业厅. 云南省岩溶地区第三次石漠化监测报告[R]. 2016.
- [21] 孔德昌,瞿林,任晓东,等. 基于生态空间保护的云南省石漠化土地现状及生态修复策略[J]. 林业调查规划,2022,47(4): 160-165.

责任编辑: 许易琦



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.004

# 1992—2021 年抚仙湖海口水生态环境指标 $COD_{Mn}$ 变化趋势及影响因素研究

贺克雕

(云南省水文水资源局, 云南 昆明 650106)

**摘要:**为探明水生态环境指标——高锰酸盐指数突变特征、变化趋势及其影响因素,采用 Mann-Kendall 检验法对高锰酸盐指数变化趋势、突变特征进行研究,运用 SPSS 软件分析主要水文要素和经济社会指标与高锰酸盐指数的关系。结果表明,1992—2021 年,抚仙湖海口断面高锰酸盐指数总体呈显著上升趋势,年均上升 0.027 mg/L,近年浓度接近 2.0 mg/L。高锰酸盐指数在研究时段内发生 3 次突变,1994 年、1996 年突变不显著,2021 年突变极其显著。抚仙湖水位经历了上升、平稳、下降、上升、下降的变化过程,多年平均蒸发量约为多年平均降水量的 1.4 倍,蒸降比高时水位呈下降趋势。流域人口密度、蒸发量、水位可解释抚仙湖海口断面高锰酸盐指数变化的 65.0%,人口密度、蒸发量与海口断面高锰酸盐指数呈正相关,水位与海口断面高锰酸盐指数呈负相关。流域人口密度、蒸发量、水位是海口断面高锰酸盐指数的主要影响因子,人口密度的影响程度最大。

**关键词:**水生态环境指标;高锰酸盐指数( $COD_{Mn}$ );突变趋势;水文要素;蒸降比;抚仙湖海口

中图分类号:X171.5;X524 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0019-06

引文格式:贺克雕. 1992—2021 年抚仙湖海口水生态环境指标  $COD_{Mn}$  变化趋势及影响因素研究[J]. 林业调查规划,2023,48(3):19-24. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.004

HE Kediao. Trend and Influence Factors of  $COD_{Mn}$  at Haikou Section of Fuxian Lake from 1992 to 2021[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(3):19-24. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.004

## Trend and Influence Factors of $COD_{Mn}$ at Haikou Section of Fuxian Lake from 1992 to 2021

HE Kediao

(Yunnan Hydrology and Water Resources Bureau, Kunming 650106, China)

**Abstract:** In order to study the mutation characteristics, trend and influence factors of  $COD_{Mn}$ , the Mann-Kendall test was used to study the trend and mutation characteristics of  $COD_{Mn}$ , and the relationship between main hydrological factors, economic and social indicators and  $COD_{Mn}$  was analyzed by SPSS software. The results showed that  $COD_{Mn}$  at Haikou section of Fuxian Lake showed a significant increasing trend, with an average annual increase of 0.027 mg/L from 1992 to 2021, and the concentration was close to 2.0 mg/L in recent years.  $COD_{Mn}$  mutated three times during the study period, with insignificant mutation in 1994 and 1996, and extremely significant mutation in 2021. The water level of Fuxian Lake experienced a changing process of rising, leveling off, falling, rising and falling. The average annual evaporation was about 1.4 times of average annual precipitation, and the water level showed a decreasing trend when the evapora-

收稿日期:2022-04-04.

第一作者:贺克雕(1983-),女,贵州盘州人,博士,高级工程师.从事水环境水生态监测及研究. Email:14204254@qq.com

tion-precipitation ratio was high. Population density, evaporation and water level can explain 65.0% of the variation of  $COD_{Mn}$  at Haikou section of Fuxian Lake. Population density and evaporation are positively correlated with  $COD_{Mn}$ , while water level is negatively correlated with  $COD_{Mn}$ . Population density, evaporation and water level are the main influence factors. The greatest one is population density.

**Key words:** water ecological environment indicators;  $COD_{Mn}$ ; mutation trend; hydrological elements; evaporation-precipitation ratio; Haikou section of Fuxian Lake

抚仙湖是深水型湖泊,换水周期长,处于中龄化阶段,湖容和平均水深位列云南省湖泊之首<sup>[1]</sup>。湖泊长期保持 I 类水质,近几年水位持续下降,部分主要水生态环境指标浓度呈上升趋势,对湖泊稳定保持 I 类水质造成威胁,对抚仙湖生态安全产生潜在影响。抚仙湖水生态环境质量好坏直接关乎珠江流域的可持续发展。高锰酸盐指数( $COD_{Mn}$ )是反映水体中有机污染物和无机可氧化物质污染程度的常用指标,高锰酸盐指数越高,水体受有机污染程度越大,是备受关注的水质指标之一。近年来,抚仙湖海口断面的高锰酸盐指数已逼近 I 类标准限值 2 mg/L,有超 I 类的风险,因此,探究高锰酸盐指数变化趋势及其影响因素,对抚仙湖的生态环境保护具有重要意义。很多学者开展了高锰酸盐指数相关研究。兰静等<sup>[2]</sup>分析了 2004 年以来长江中下游干流水体高锰酸盐指数的时空变化,得出研究区域各江段高锰酸盐指数浓度受沿程点面源、水文因素等影响变化较大。刘乾甫等<sup>[3]</sup>对西江干流高锰酸盐指数的变化特征及其与其他水质指标的关系进行了探究。何虎军等<sup>[4]</sup>对南充市嘉陵江干流高锰酸盐指数和氨氮动态变化及影响因素的研究表明,环境条件的改变会对高锰酸盐指数产生影响。林兰钰等<sup>[5]</sup>对全国地表水高锰酸盐指数污染特征进行分析,认为污染较重的断面与水资源短缺、高锰酸盐指数接纳量高有直接关系。目前,关于高锰酸盐指数的研究一部分集中在分布特征、时空变化、与其他水质指标的相关性等方面,更多的是关于高锰酸盐指数的测定<sup>[6-9]</sup>,关于深水湖泊高锰酸盐指数变化趋势以及从水文要素、经济社会指标等角度探究对其变化的影响的文献报道较少。本文拟以抚仙湖海口断面为研究对象,探究高锰酸盐指数的突变特征、变化趋势及其影响因素,以期对抚仙湖生态环境保护、水资源管理提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

抚仙湖位于云南省玉溪市境内,跨澄江、江川和

华宁三县,距离省会昆明 60 km;抚仙湖流域地理位置为东经 102°45'~103°00',北纬 24°17'~24°46',为云南高原抬升过程中形成的断陷型深水湖泊,属珠江流域南盘江水系。抚仙湖片区处于滇中湖群五大湖泊(抚仙湖、星云湖、杞麓湖、阳宗海和滇池)的中心部位,东邻南盘江,南与星云湖相连,并与杞麓湖流域相隔,西望滇池流域,北接阳宗海流域。抚仙湖水深量大,为我国第二深淡水湖,蓄水量在淡水湖中排名第三,与上游相隔 2.5 km 的星云湖形成“姊妹湖”。抚仙湖湖岸线长 100.8 km,集水面积 674.69 km<sup>2</sup>。当湖面高程 1 722.5 m 时,水面面积 216.6 km<sup>2</sup>,相应湖泊蓄水量为 206.2 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,湖长约 31.4 km,湖最宽处约 11.8 km,最大水深 158.9 m,平均水深 95.2 m<sup>[10]</sup>。有大小入湖河流 103 条,大多是间歇性的小山溪,流程短。海口河是历史上唯一的明河出水口,隔河是抚仙湖出流改道后的出湖河流之一,抚仙湖水经隔河泄入星云湖。抚仙湖流域水资源主要靠降雨地表径流补给。

### 1.2 数据来源

分析数据为 1992—2021 年抚仙湖海口断面水质监测数据;抚仙湖—星云湖流域内 11 个雨量站的逐年降水量;澄江海口站的逐年蒸发量和逐年平均水位。数据均来源于云南省水文水资源局。1992—2021 年人口和 GDP 数据来源于玉溪市统计年鉴。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 Mann-Kendall 检验法

Mann-Kendall 检验方法是一种非参数方法,样本不需要遵从一定的分布,也不受少数异常值的干扰,计算比较简便。采用 Mann-Kendall 检验法<sup>[11-16]</sup>对抚仙湖海口高锰酸盐指数变化趋势和突变进行分析。

#### 1) 趋势检验

Mann-Kendall 是关于观测值序列的秩次和时序的秩相关检验,而非数据本身,将时间序列数据  $H_0$  假设为  $n$  个独立的、随机变量同分布的样本  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , 计算检验统计量  $S$ :

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

式中:sgn( $x_j - x_i$ )为符号函数,分别为 1、0、-1。当  $n > 8$ ,数据系列服从独立且同分布的假设时, $S$  服从正态分布,其均值为 0,方差  $\text{Var}(S) = n(n-1)(2n-5)/18$ 。

统计值  $Z$  计算公式为:

$$Z = \begin{cases} (S - 1) / \sqrt{\text{Var}(S)}, S > 0 \\ 0, S = 0 \\ (S + 1) / \sqrt{\text{Var}(S)}, S < 0 \end{cases} \quad (2)$$

对于给定的置信水平  $\alpha$ ,当  $|Z| < Z_{\alpha}/2$  时,序列趋势不显著;当  $|Z| > Z_{\alpha}/2$  时,序列趋势显著。 $Z > 0$  时,序列呈上升趋势; $Z < 0$  时,序列呈下降趋势。当  $|Z|$  大于等于 1.28、1.64 和 2.33 时,表示分别通过置信度为 90%、95% 和 99% 的显著性检验。

衡量趋势大小的指标用倾斜度  $\beta$  表示,计算公式为:

$$\beta = \text{median}[(x_j - x_i)/(j - i)] \quad (3)$$

$1 < i < j < n$

式中:median 表示中位值; $\beta$  为正值时表示上升趋势, $\beta$  为负值时表示下降趋势。

### 2) 突变分析

对具有  $n$  个样本量的时间序列  $x$  构造一秩序列:

$$S_k = \sum_{i=1}^k r_i \quad (4)$$

$$r_i = \begin{cases} 1, x_i > x_j \\ 0, \end{cases} \quad j = 1, 2, \dots, i$$

秩序列  $S_k$  是第  $i$  时刻数值大于  $j$  时刻数值个数的累计数。在时间序列随机独立的假定下,定义统计量:

$$UF_k = \frac{S_k - E(S_k)}{\sqrt{\text{Var}(S_k)}} \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

式中: $UF_1 = 0, E(S_k); \text{Var}(S_k)$  为累计数  $S_k$  的均值和方差; $x_1, x_2, \dots, x_n$  相互独立且有相同连续分布时, $E(S_k) = n(n+1)/4, \text{Var}(S_k) = n(n-1)(2n+5)/72$ 。

$UF_i$  为标准正态分布,是按时间序列  $x$  顺序  $x_1, x_2, \dots, x_n$  计算出的统计量序列,给定显著性水平  $\alpha$ ,查正态分布表,若  $|UF_i| > U_{\alpha}$ ,则表明序列存在明显的趋势变化。按时间序列  $x$  逆序  $x_n, x_{n-1}, \dots, x_1$ ,再重复上述过程,同时使  $UB_k = -UF_k (k = n, n-1, \dots, 1), UB_1 = 0$ 。

绘制  $UF_k$  和  $UB_k$  曲线图,若  $UF_k$  或  $UB_k$  的值大于 0,序列呈上升趋势,小于 0 则呈下降趋势。当其

超过临界直线时,表明上升或下降趋势显著。超过临界线的范围确定为出现突变的时间区域。如果  $UF_k$  和  $UB_k$  两条曲线出现交点,且交点在临界线之间,那么交点对应的时刻便是突变开始的时间。给定 0.05 显著性水平及 0.01 极显著水平,即  $U_{\alpha(0.05)} = \pm 1.96, U_{\alpha(0.01)} = \pm 2.58$ ,突变趋势判别标准见表 1。

表 1 突变趋势判别标准

Tab. 1 Judgment criteria of the mutations

$UF_k$	$UF_k > 2.58$	$1.96 < UF_k < 2.58$	$0 < UF_k < 1.96$	$-1.96 < UF_k < 0$	$-2.58 < UF_k < -1.96$	$UF_k < -2.58$
突变趋势	极显著上升	显著上升	不显著上升	不显著下降	显著下降	极显著下降

### 1.3.2 高锰酸盐指数变化与影响因素的关系分析

选择多元线性回归模型来定量表达高锰酸盐指数与影响因子之间的联系及密切程度。多元线性回归的一般数学模型为:

$$y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_m \cdot x_m + c \quad (6)$$

式中: $y$  为因变量; $x_j (j = 1, 2, \dots, m)$  为  $m$  个不同的自变量; $a$  为截距; $b_j (j = 1, 2, \dots, m)$  为  $m$  个对应的回归系数; $c$  为随机误差,一般假定其服从正态分布。

为了消除量纲不同和数量级的差异带来的影响,进行多元回归前要对自变量和因变量进行标准化,公式为:

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{\sigma} \quad (7)$$

式中: $Z$  为标准化值; $X$  为指标值; $\bar{X}$  为算术平均值; $\sigma$  为标准差。

## 2 结果与分析

### 2.1 抚仙湖海口断面高锰酸盐指数变化趋势

从年际变化看,抚仙湖海口断面高锰酸盐指数呈波动上升趋势,1992 年的 0.96 mg/L 是研究时段内的最小值,2005 年达到 I 类标准限值 2.0 mg/L,之后稍有下降,而后继续上升,至 2013 年出现最大值 2.3 mg/L,2013—2016 年均大于 2.0 mg/L,单项水质指标评价均为 II 类,2017—2021 年小于 2.0 mg/L,但呈上升趋势,接近 2.0 mg/L(图 1)。

对抚仙湖海口断面 1992—2021 年高锰酸盐指数进行 Mann-Kendall 趋势检验结果(表 2)显示,高锰酸盐指数总体呈显著上升趋势,统计值  $Z$  大于 2.33,

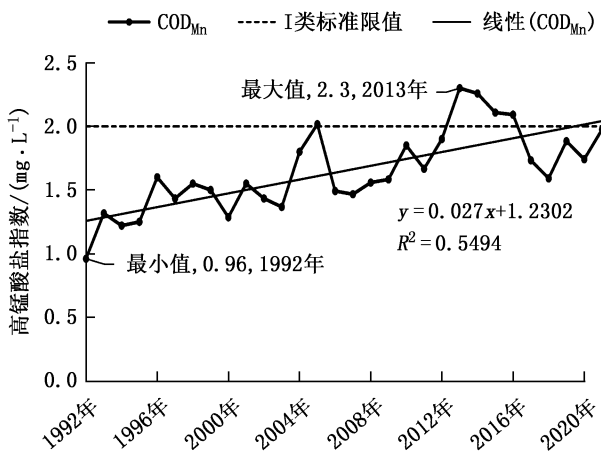


图 1 抚仙湖海口断面高锰酸盐指数年际变化

Fig. 1 Interannual variation of COD<sub>Mn</sub> at Haikou section of Fuxian Lake

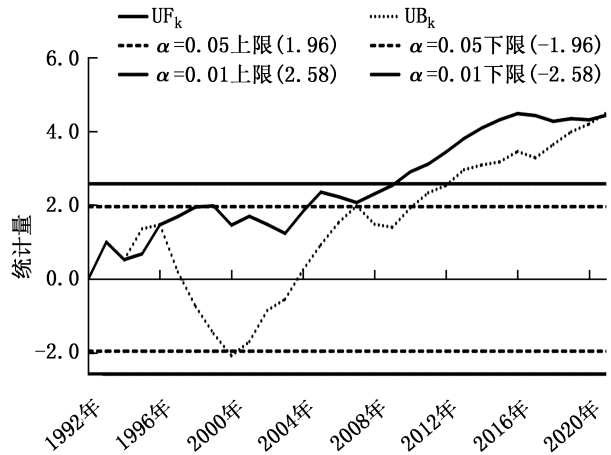


图 2 抚仙湖海口断面高锰酸盐指数突变分析

Fig. 2 Mutation analysis of COD<sub>Mn</sub> at Haikou section of Fuxian Lake

表 2 抚仙湖海口断面高锰酸盐指数 Mann-Kendall 趋势检验结果

Tab. 2 Mann-Kendall trend test results of COD<sub>Mn</sub> at Haikou section of Fuxian Lake

指标	统计值 Z	P(双侧)	趋势	显著水平	$\beta$
COD <sub>Mn</sub>	4.67	0.00	显著上升	0.01	0.027

通过了置信度为 99% 的显著性检验,说明高锰酸盐指数在 0.01 水平上显著上升。引入 Kendall 倾斜率  $\beta$  来估算趋势的变化幅度,研究时段内,抚仙湖海口断面的高锰酸盐指数年均上升 0.027 mg/L。

### 2.2 抚仙湖海口断面高锰酸盐指数突变分析

采用显著水平 ( $\alpha=0.05$ ,  $UF_k$  临界值为  $\pm 1.96$ ) 与极显著水平 ( $\alpha=0.01$ ,  $UF_k$  临界值为  $\pm 2.58$ ) 对高锰酸盐指数进行 Mann-Kendall 突变趋势分析,绘制 COD<sub>Mn</sub> 正向统计量  $UF_k$  和反向统计量  $UB_k$  曲线图,突变分析结果(图 2)表明,高锰酸盐指数在研究时段内有 3 个突变点,1994 年开始突变,发生突变后高锰酸盐指数持续上升,1996 年发生第二次突变,这两次突变点均位于显著信度线 ( $\alpha=0.05$ ) 之间,说明突变不显著;第二次突变后,  $UF_k$  曲线持续上升,至 2004 年突破了  $\alpha=0.05$  的临界值区域,2009 年突破了  $\alpha=0.01$  的临界值区域,2021 年发生了第三次突变,这一突变点超出极显著信度线  $\alpha=0.01$  的上限,表明突变极其显著。

### 2.3 抚仙湖主要水文要素变化特征

1992—2021 年,抚仙湖平均降水量 911.0 mm,最大年降水量为 1994 年的 1 301.6 mm,最小年降水

量为 2011 年的 682.1 mm;平均蒸发量为 1 301.2 mm,最大年蒸发量为 2014 年的 1 487.2 mm,最小年蒸发量为 2018 年的 1 087.4 mm;平均水位 1 722.09 m,最高年平均水位为 2008 年的 1 723.05 m,最低年平均水位为 2014 年的 1 720.78 m。抚仙湖水位经历了上升(1993—1997 年)、平稳(1997—2009 年)、下降(2009—2014 年)、上升(2014—2018 年)、下降(2018—2021 年)的变化过程(图 3)。研究时段内多年平均蒸发量是多年平均降水量的 1.4 倍,2009—2014 年平均水位显著下降期间,平均蒸降比达 1.8,最高为 2012 年的 2.1;1993—1997 年、2014—2018 年水位上升期间,平均蒸降比均为 1.3;1997—2009 年水位平稳期间平均蒸降比为 1.4,与多年平均蒸降比一致。

### 2.4 高锰酸盐指数变化的影响因子解析

为了定量分析水文要素和主要经济社会指标对高锰酸盐指数变化的影响,把高锰酸盐指数年均值作为因变量,年均降水量、年均蒸发量、年平均水位、流域人口密度、人均 GDP 作为自变量,对自变量和因变量数据进行标准化后,采用 SPSS 进行逐步多元回归分析,建立高锰酸盐指数与影响因子的多元线性回归模型,基于多元线性回归方程的调整  $R^2$  (可决系数)来判断影响因子对高锰酸盐指数的影响程度,根据回归系数的大小来判断各影响因子对高锰酸盐指数影响的大小。根据回归结果(表 3),流域人口密度、蒸发量、水位可解释抚仙湖海口断面高锰酸盐指数变化的 65.0%。人口密度、蒸发量与海口断面高锰酸盐指数呈正相关,水位与海口断面高锰酸盐指数呈负相关,在 3 个指标中,人口密度对抚仙湖海口断面高锰酸盐指数变化的影响程度最大。

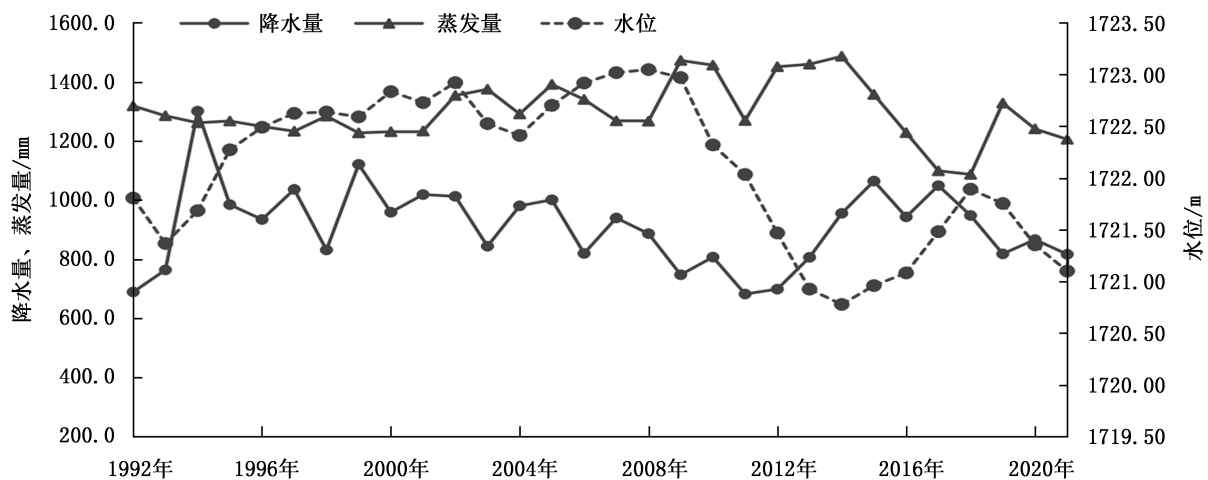


图3 抚仙湖主要水文要素变化

Fig. 3 Variations of main hydrological elements in Fuxian Lake

表3 高锰酸盐指数回归模型参数

Tab. 3 Regression model parameters of  $COD_{Mn}$ 

断面名称	$a$ (截距)	$b_1$ (人口密度)	$b_2$ (蒸发量)	$b_3$ (水位)	调整 $R^2$
抚仙湖海口	0.041	0.571	0.343	-0.268	0.650

### 3 讨论

抚仙湖总体水质保持优良,与径流区森林的涵养水源、保持水土功能有着密切联系<sup>[17-18]</sup>,尤其是1998年国家实施天然林保护计划和退耕还林政策后,抚仙湖流域的森林植被得到了很大恢复,面积有所增加<sup>[19]</sup>。植被恢复是生态系统功能恢复的前提和基础<sup>[20]</sup>,林业生态建设在湖泊环境保护和治理中发挥了重要作用<sup>[21]</sup>。流域森林植被会对降雨、蒸发等<sup>[22-23]</sup>产生影响,进而影响水文过程和水生态环境质量。1992—2021年,抚仙湖海口断面高锰酸盐指数变化经历了几次较大波动。1993年,抚仙湖被省政府确定为省级旅游度假区,澄江县旅游业全面发展;2011—2014年,抚仙湖旅游处于快速发展阶段,全力推进旅游重大项目建设<sup>[24]</sup>,人均GDP快速增长,抚仙湖旅游资源95%集中在沿湖区域<sup>[25]</sup>,很难将游览区、休闲区与生活服务区分离,容易造成对湖泊水质的影响<sup>[26]</sup>;2014年后进行了突破转型。2014—2018年间,抚仙湖蒸发量明显下降,水位明显上升,而2018年后抚仙湖流域经济增长速度猛增,呈指数级增长,这可能是抚仙湖海口断面高锰酸盐指数从1993年开始快速增大,2013年出现最大值,2014年后开始下降,而2018年后又呈

上升趋势的主要影响因素。其间,抚仙湖流域自2009年遭遇了5年连旱,降水量连续5年偏少,蒸发量增大,周边群众生活生产用水困难,纷纷向抚仙湖提水,2009—2014年抚仙湖水位急剧下降,这可能是2009年高锰酸盐指数突破 $\alpha = 0.01$ 的临界值区域呈显著上升趋势的主要原因。兰静等<sup>[2]</sup>研究提出河流水力情势及周边人类活动是高锰酸盐指数含量高低的重要影响因素,黄金良等<sup>[27]</sup>认为人口密度、建设用地比例是影响流域水质的主要因素。研究时段内,抚仙湖流域人口密度持续增长,城镇化水平快速提升,2012年后进入快速城镇化阶段,人们的生活方式和消费结构均发生了较大变化,多元回归分析中,人口密度的回归系数最大,人口密度是影响抚仙湖海口断面高锰酸盐指数显著上升的主要因素。因此,缓解抚仙湖流域人口压力对解决湖泊水质变化具有重要意义<sup>[28]</sup>。

近年来,抚仙湖降水量下降,蒸发量上升,使得水位持续下降,使仅靠降水补给的湖盆受到较大影响,蓄水量减少,湖泊自净能力受到影响,加之人口密度持续上升,使高锰酸盐指数上升。高锰酸盐指数是地表水水质评价的一个重要指标,也是水体富营养化评价指标之一。高锰酸盐指数的上升会引起营养状态指数的增大,影响湖泊营养化进程,使湖泊水质受到威胁,水质变化又会影响水生态系统的演变,进而对水生态环境质量和水生态安全造成威胁。因此,要高度关注高锰酸盐指数的变化趋势,加强湖泊管理保护,控制流域人口规模,保障湖泊生态水位,复苏湖泊生态环境,永葆湖泊生机活力。

## 4 结 论

1992—2021 年,抚仙湖海口断面高锰酸盐指数总体呈显著上升趋势,年均上升 0.027 mg/L,近年浓度接近 2.0 mg/L;高锰酸盐指数在研究时段内发生 3 次突变,1994 年、1996 年突变不显著,2021 年突变极其显著;抚仙湖水位经历了上升、平稳、下降、上升、下降的变化过程,多年平均蒸发量约为多年平均降水量的 1.4 倍,蒸降比高时水位呈下降趋势;流域人口密度、蒸发量、水位可解释抚仙湖海口断面高锰酸盐指数变化的 65.0%,是海口断面高锰酸盐指数的主要影响因子;人口密度、蒸发量与海口断面高锰酸盐指数呈正相关,水位与海口断面高锰酸盐指数呈负相关,人口密度的影响程度最大。

## 参考文献:

- [1] 贺克雕,高伟,段昌群,等.滇池、抚仙湖、阳宗海长期水位变化(1988—2015 年)及驱动因子[J].湖泊科学,2019,31(5):1379-1390.
- [2] 兰静,吴云丽,娄保锋,等.2004 年以来长江中下游干流水体高锰酸盐指数时空变化分析[J].湖泊科学,2021,33(4):1112-1122.
- [3] 刘乾甫,赖子尼,李跃飞,等.2017—2018 年西江干流水体高锰酸盐指数的变化特征及环境质量评价[J].中国水产科学,2019,26(6):1194-1204.
- [4] 何虎军,张柳青,黎云祥,等.南充市嘉陵江干流高锰酸盐指数和氨氮动态变化及影响因素[J].四川环境,2018,37(6):95-101.
- [5] 林兰钰,张建辉,周磊,等.2008—2013 年全国地表水高锰酸盐指数污染特征分析[J].中国环境监测,2014,30(5):47-51.
- [6] 李亚琴,翟世明,范力,等.高锰酸盐指数消解条件的数学模型研究[J].中国测试,2022,48(11):82-87.
- [7] 姚志鹏,陈鹏,陈亚男,等.影响地表水高锰酸盐指数自动监测数据准确性的因素[J].中国环境监测,2022,38(5):203-208.
- [8] 明东,韩丽娟.浅析准确测定高锰酸盐指数的条件[J].广东化工,2022,49(14):182-183,173.
- [9] 戴琴琴.不同的测定方法对水体高锰酸盐指数检测的应用优势对比[J].吉林水利,2022(4):32-41.
- [10] 《云南河湖》编纂委员会.云南河湖[M].昆明:云南科技出版社,2010:20-21.
- [11] 刘聚涛,方少文,冯倩,等.基于 Mann-Kendall 法的湖泊稳态转换突变分析[J].中国环境科学,2015,35(12):3707-3713.
- [12] 陈泽榕.Mann-Kendall 检验法在新西河水库富营养化趋势分析的应用研究[J].安徽农学通报,2019,25(2-3):99-100,145.
- [13] 金丹娟,施思,王云,等.基于 Mann-Kendall 检验分析里敏水库水质变化趋势研究[J].环境科学与管理,2017,42(9):144-147.
- [14] BUSHRA P, SWAPAN T, SHAHFAHAD, et al. Analyzing trend and forecasting of rainfall changes in India using nonparametrical and machine learning approaches [J]. Scientific Reports, 2020, 10:10342.
- [15] FATEMEH F, ALI H. Hydrochemical evaluation of river water quality—a case study: Horroud River [J]. Applied Water Science, 2017(7):4725-4733.
- [16] DIRESS Y T, TESFA G A, WORKINEH T A, et al. Climate change impact on hydro-climatic variables of Ribb watershed, Tana sub-basin, Ethiopia [J]. Applied Water Science, 2023, 13:35.
- [17] 付文林,张丽仙.抚仙湖、星云湖、杞麓湖径流区森林资源评价及经营管理建议[J].林业调查规划,2012,37(5):55-59.
- [18] 杨钟学,奎燕,鲍绍辉,等.抚仙湖径流区 4 种典型森林凋落物水源涵养功能研究[J].林业建设,2020(3):29-33.
- [19] 刘阳,吴钢,高正文.云南省抚仙湖和杞麓湖流域土地利用变化对水质的影响[J].生态学杂志,2008,27(3):447-453.
- [20] 陈俊松,赵磊磊,刘永杰,等.抚仙湖流域典型植被群落分布特征及植被恢复建议[J].亚热带水土保持,2022,34(4):6-10.
- [21] 朱能勋.浅析云南省九大高原湖泊水污染林业生态治理[J].林业调查规划,2012,37(4):99-103.
- [22] 曾学梅.云南石林岩溶区不同植被类型的生态水文效应研究[D].昆明:云南师范大学,2020.
- [23] 赵文玥,吉喜斌.干旱区稀疏树木冠层降雨截留蒸发的研究进展与展望[J].地球科学进展,2021,36(8):862-879.
- [24] 傅求妹.湖泊资源背景下的旅游小镇开发模式研究——以云南抚仙湖海口镇概念性旅游规划为例[D].昆明:昆明理工大学,2019.
- [25] 秦源.云南澄江抚仙湖生态旅游发展战略研究[D].昆明:昆明理工大学,2020.
- [26] 李新艳.抚仙湖-星云湖试验区生态建设与旅游发展共生研究[D].昆明:云南大学,2010.
- [27] 黄金良,黄亚玲,李青生,等.流域水质时空分布特征及其影响因素初析[J].环境科学,2012,33(4):1098-1107.
- [28] 高伟,陈岩,徐敏,等.抚仙湖水质变化(1980—2011 年)趋势与驱动力分析[J].湖泊科学,2013,25(5):635-642.

责任编辑:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.005

## 不同处理方式对八角莽草酸和茴香油含量的影响

黄梦娇<sup>1,2</sup>, 符韵林<sup>1</sup>

(1. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530004; 2. 广西国有六万林场, 广西 玉林 537000)

**摘要:**为研究不同处理方式对八角莽草酸和茴香油含量的影响,以广西壮族自治区国有六万林场的八角果为原料,莽草酸和茴香油含量为指标,采用水蒸气蒸馏法提取莽草酸和茴香油,高效液相色谱法(HPLC)检测莽草酸含量,气相色谱法检测茴香油中主要成分含量。研究表明,不同处理方式对莽草酸和茴香油含量影响不同。莽草酸含量最高的处理方式是 100℃ 开水杀青后晒干,为 9.64%;含量最低的处理方式是微波杀青后烘干,为 7.35%。茴香油含量最高的处理方式是薄膜包住杀青后晒干,为 4.23%;含量最低的处理方式是 100℃ 开水杀青后烘干,为 3.12%。不同方式处理八角所提取茴香油中茴脑含量均在 90% 以上。

**关键词:**杀青;晒干;烘干;八角;莽草酸含量;茴香油含量;水蒸气蒸馏法;高效液相色谱法

中图分类号:S753.1;R284.2 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0025-04

引文格式:黄梦娇,符韵林. 不同处理方式对八角莽草酸和茴香油含量的影响[J]. 林业调查规划,2023,48(3): 25-28,108. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.005

HUANG Mengjiao, FU Yunlin. Effects of Different Treatment Methods on Contents of *Illicium verum* Shikimic Acid and Fennel Oil[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 25-28, 108. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.005

## Effects of Different Treatment Methods on Contents of *Illicium verum* Shikimic Acid and Fennel Oil

HUANG Mengjiao<sup>1,2</sup>, FU Yunlin<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Guangxi University, Nanning 530004, China;  
2. Guangxi State-owned Liuwan Forest Farm, Yulin, Guangxi 537000, China)

**Abstract:** In order to study the effects of different treatment methods on contents of *Illicium verum* shikimic acid and fennel oil, *Illicium verum* in Guangxi State-owned Liuwan Forest Farm was used as raw material, shikimic acid and fennel oil were extracted by steam distillation, the content of shikimic acid and fennel oil were detected by high performance liquid chromatography (HPLC) and the content of main components in fennel oil were detected by gas chromatography. The results showed that different treatments had different effects on the contents of shikimic acid and fennel oil. The highest content of shikimic acid was 9.64% by green-killing with boiling water at 100℃ and drying; the lowest content was 7.35% by microwave green-killing and drying. The highest content of fennel oil was 4.23% by wrapping in film and drying in the sun; the lowest content was 3.12% by drying after green-killing with boiling water at 100℃. The content of anethole in fennel oil extracted from *Illicium verum* by several methods was above

收稿日期:2021-12-16.

第一作者:黄梦娇(1987-),女,广西博白人,硕士,工程师.研究方向为八角深加工与利用. Email:1013740753@qq.com

责任作者:符韵林(1977-),男,广西玉林人,教授.研究方向为木材科学. Email:fylin@126.com

90%.

**Key words:** green-killing; drying in the sun; drying; *Illicium verum*; shikimic acid content; fennel oil content; steam distillation; high performance liquid chromatography

八角 (*Illicium verum* Hook. f.) 又名八角茴香、大料等, 主要分布在我国广西、广东、云南等省<sup>[1-3]</sup>。八角不仅是家庭必备的调料, 还是重要的药食同源经济物质<sup>[4-6]</sup>。八角是一年开花和结果两次、花果同存的树种, 其果含有丰富的莽草酸和茴香油。目前八角的深加工利用研究主要集中在提取八角莽草酸、茴香油以及一些活性成分等方面<sup>[7-8]</sup>。莽草酸具有较广泛的作用, 有较强的镇痛作用, 可抑制血小板聚集, 也是抗病毒药物“达菲”的有效成分原料<sup>[9]</sup>。为研究不同处理方式对八角果所含莽草酸和茴香油含量的影响, 以六万林场河嵩分场所采八角为研究对象, 采用水蒸气蒸馏法提取和测定不同处理方式对八角茴香油和莽草酸含量变化的影响, 并采用气相色谱法检测茴香油主要成分的含量, 以期为八角种植户在处理八角果时提供参考, 也为八角深加工生产提取莽草酸提供相应的理论依据。

## 1 研究区概况

研究区位于六万林场, 属六万大山大爽山区, 六万林场位于八角南带, 地处东经 109°41'~110°00', 北纬 22°25'~22°38'。东西横跨 30 km, 南北纵距 70 km, 整个地形由西南向东北渐低, 属低山、丘陵地貌, 占林场总面积的 94.37%。林场地处北回归线以南, 属南亚热带季风气候, 气温温和, 光热丰富, 雨量充沛, 雨热同季, 全年日照时数在 1 280 h 以上, 降雨季节分配不均, 干湿季节明显, 年均温在 21~22℃, 年降雨量 1 500~1 800 mm, 相对湿度约 79%。六万林场独特的气候环境和立地条件, 使得六万大红八角味香、果美而享誉国内外。目前, 六万林场已注册有“六万山”牌大红八角商标, 建有六万大山四季香海八角产业(核心)示范区, 成立广西六万山生物科技有限公司实现对八角的深加工。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

#### 2.1.1 试验样品

八角生果采摘于广西国有六万林场河嵩分场, 采摘后放冰箱保存, 并及时进行样品处理。

#### 2.1.2 试剂

甲醇(色谱级), 上海星可高纯溶剂有限公司;

磷酸(色谱级), 成都市科隆化学品有限公司; 莽草酸标品, 由广西六万山生物科技有限公司实验室提供。

### 2.1.3 实验仪器和主要仪器

主要实验仪器见表 1。

表 1 实验仪器和设备表

Tab. 1 List of experimental instruments and equipment

设备名称	规格(型号)	生产厂家
高效液相色谱仪	LC-20A	日本岛津
气相色谱仪	gc2014	日本岛津
电子分析天平	FA2204N	上海菁海仪器有限公司
电子天平	ATAY	福建省屿区埭头镇电子天平有限公司
循环水真空泵	SHZ-III型	上海亚荣生化仪器厂
超声波清洗器	KQ-250B	天津市泰斯特仪器有限公司
电子调温电热套	98-1-B	天津市泰斯特仪器有限公司
加热恒温鼓风干燥箱	DHG-9036A	上海精宏实验设备有限公司

高效液相检测仪: 型号 LC-20A; 色谱柱 CO-1000; 流动相为甲醇: 0.1% 磷酸水溶液(98:2); 检测波长 201 nm; 流速 0.95 mL/min; 柱温 35.8℃; 检测时间 20 min; 进样量 20 μL。

气相色谱仪: 色谱柱 hp-5(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm); 升温程序为初始温度 60℃, 保持 1 min, 5℃/min 升至 160℃, 保持 4 min, 5℃/min 升至 210℃, 保持 5 min, 运行时间 40 min; 载气(He)流速 1.0 mL/min; 进样口 250℃, 检测器温度 280℃, 进样量 0.1 μL, 分流比 50:1。

## 2.2 方法

### 2.2.1 样品处理方法

将采摘回来的八角鲜果混合后, 平均分成 8 份, 分别按照以下方式进行处理。

1) 直接晒干: 将八角鲜果平铺在托盘上, 放于太阳底下晒干。

2) 80℃ 开水杀青后晒干: 将八角鲜果置于盆中, 加入 80℃ 热水, 搅拌, 八角鲜果变色后迅速捞



起,平铺于托盘,置于太阳底下晒干。

3) 100℃开水杀青后晒干:将八角鲜果置于盆中,加入100℃热水,搅拌,八角鲜果变色后迅速捞起,平铺于托盘,置于太阳底下晒干。

4) 薄膜包住杀青后晒干:将八角鲜果平铺在托盘上,用塑料薄膜包住八角果置于太阳底下杀青,八角果变色后掀开薄膜,直接晒干。

5) 直接烘干:将八角鲜果平铺在托盘上,放进烘干机干燥。

6) 80℃杀青后烘干:将八角鲜果置于盆中,加入80℃热水,搅拌,八角鲜果变色后捞起,平铺于托盘,放进烘干机干燥。

7) 100℃杀青后烘干:将八角鲜果置于盆中,加入100℃热水,搅拌,八角鲜果变色后捞起,平铺于托盘,放进烘干机干燥。

8) 微波杀青后烘干:将八角鲜果平铺在托盘上,放进微波炉杀青至八角果变色后放进烘干机干燥。

### 2.2.2 标准溶液的配制

用电子分析天平准确称取莽草酸对照样0.0519 g,莽草酸对照品由六万林场生物公司车间自行生产,并且经过专业检测机构鉴定,莽草酸纯度为99.6%。然后用瓶装娃哈哈纯净水溶解并定容至100 mL容量瓶中,配成浓度为0.000519 g/mL的莽草酸标准溶液。

### 2.2.3 莽草酸提取

采用水蒸气蒸馏法提取八角莽草酸<sup>[10-12]</sup>,称取八角干果50 g,破碎后放入1000 mL圆底烧瓶中,加入水350 mL,蒸馏2.5 h,加热蒸馏结束后收集茴香油和烧瓶中提取液,重复上述操作。将两次蒸馏出的提取液合并,待浸提液冷却至室温后用纯净水定容至1000 mL。用1 mL规格移液管准确吸取试样1 mL移入100 mL容量瓶中,稀释至100 mL。最后用0.45 μm滤膜过滤,收集滤液作为样品溶液待测。莽草酸含量( $C_1, %$ )计算公式为:

$$C_1 = \frac{C_0 \times V \times 100}{M} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $C_0$ 表示莽草酸提取液浓度(g/mL); $V$ 表示提取液体积(g); $M$ 表示八角干果质量(g)。

### 2.2.4 八角茴香油提取

采用水蒸气蒸馏法提取八角茴香油,气相色谱法检测其主要成分<sup>[13-15]</sup>。提取方法同2.2.3,每一次加热结束后,收集两次蒸馏出的茴香油,称重。装入带盖子玻璃瓶中,存放于阴凉、干燥处,待测。茴

香油含量( $C_2, %$ )计算公式为:

$$C_2 = \frac{m}{M} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $m$ 表示提取的茴香油质量(g); $M$ 表示八角干果质量(g)。

## 3 结果与分析

### 3.1 标准曲线的绘制

用移液管准确吸取莽草酸标准溶液2.0、4.0、6.0、8.0、10.0、12.0 mL至100 mL容量瓶,瓶装娃哈哈纯净水定容至100 mL,配成待测样液。然后用1 mL的微量进样针吸取各浓度待测样液20 μL,重复进样3次,测定高效液相色谱峰的峰面积平均值,以标准溶液的浓度为横坐标,标准品的峰面积平均值为纵坐标,计算得出回归方程为 $y = 6E + 10x + 40797$ ,线性系数 $R^2 = 0.9996$ (图1)。

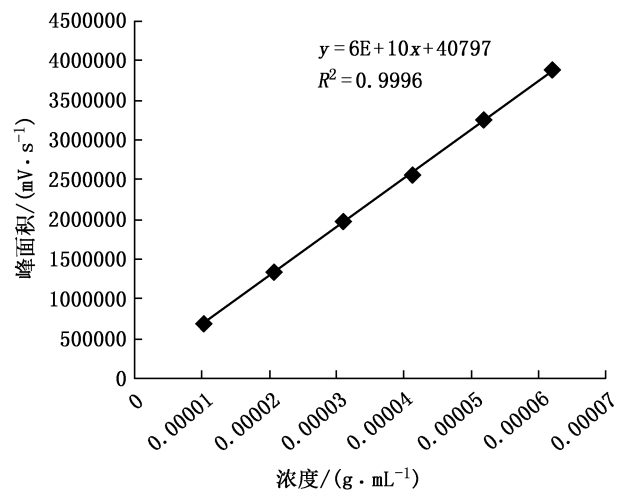


图1 莽草酸的标准曲线

Fig. 1 Standard curve of shikimic acid

### 3.2 莽草酸含量的测定

不同处理方式对八角莽草酸含量影响如图2所示。

由图2可知,不同处理方式对八角莽草酸含量影响不同。对比晒干和烘干的方式,莽草酸含量最高的处理方式是100℃开水杀青后晒干,其次是100℃开水杀青后烘干,莽草酸含量最低的处理方式是微波杀青后烘干。说明经开水杀青后的八角,不管是烘干还是晒干,其莽草酸含量均高,因为100℃开水杀青过的八角,高温杀青处理后有利于莽草酸提取;直接晒干处理的莽草酸含量也较高,但是直接

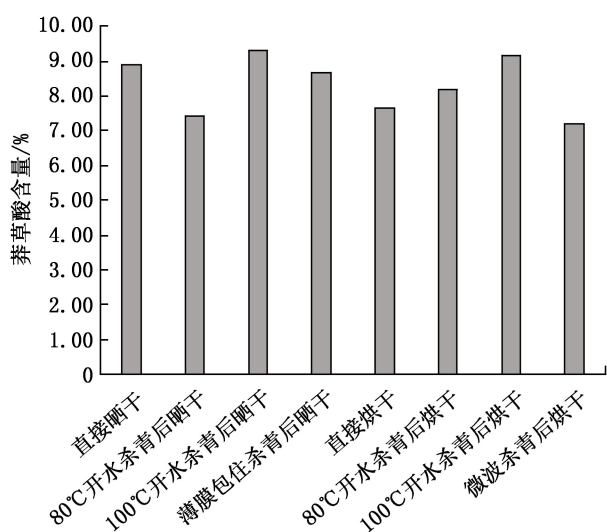


图 2 不同处理方式对八角莽草酸含量影响

Fig. 2 Content of shikimic acid in *Illicium verum* with different treatment methods

晒干的八角果色差于杀青的八角果果色,大红八角也是经杀青后晒干得来,更具有市场优势,能卖到更高价格。因此八角种植户采摘八角后,要根据实际需求情况选择合适的处理方式,以便达到最大收益。

对比杀青温度对莽草酸含量的影响,80°C 开水杀青的处理方式相较 100°C 开水杀青,莽草酸含量低,因为温度 80°C 不能充分提取莽草酸,且所需时间长,易使八角果色出现焖黄现象。因此,采摘八角后可选用 100°C 开水杀青,果色较好且莽草酸含量高。

### 3.3 茴香油及其主要成分的含量测定

不同处理方式对八角茴香油及其主要成分含量的影响如表 2 所示。

由表 2 可知,采用不同处理方式,茴香油含量均在 3% 以上,含量最高的处理方式是薄膜包住杀青后晒干,为 4.23%;茴香油含量最低的处理方式是 100°C 开水杀青后烘干,为 3.12%;采用开水杀青的处理方式茴香油含量较低,因为薄膜包住八角果杀青,不利于茴香油挥发,而经开水杀青的八角果,不管是 80°C 还是 100°C 的开水,杀青时由于温度的原因,茴香油挥发后浮在水面上,损失了一部分八角茴香油,导致茴香油含量降低。从茴香油的主要成分方面看,经过几种方式处理茴香油均不含芳樟醇和草蒿脑成分,只含茴脑成分,茴脑含量均在 90% 以上,含量最高的处理方式是直接晒干,为 98.23%;含量最低的处理方式是 80°C 开水杀青后烘干,为 91.50%。八角果茴香油含量与茴脑含量间无相关性。

表 2 八角茴香油及其主要成分含量测定结果

Tab. 2 Determination of main components in *Illicium verum* fennel oil

处理方式	含量/%			
	茴香油	芳樟醇	草蒿脑	茴脑
直接晒干	3.86	0	0	98.23
80°C 开水杀青后晒干	3.53	0	0	92.15
100°C 开水杀青后晒干	3.21	0	0	94.50
微波杀青后晒干	3.61	0	0	93.10
薄膜包住杀青后晒干	4.23	0	0	98.90
直接烘干	4.03	0	0	96.20
80°C 开水杀青后烘干	3.76	0	0	91.50
100°C 开水杀青后烘干	3.12	0	0	93.58

## 4 结 论

1) 以莽草酸为标品,制作标准溶液,测定高效液相色谱峰的峰面积平均值,计算得出回归方程为  $y = 6E + 10x + 40797$ ,相关系数  $R^2 = 0.9996$ 。

2) 不同处理方式会影响八角果莽草酸含量。采用开水杀青的处理方式,不管是烘干和晒干,其莽草酸含量均较高,但晒干需投入大量的人工和场地,且受天气的影响较大,天气不好易发生堆积发霉现象,同时在不停翻晒中会使八角果破碎;烘干处理方式不受天气影响,可随时处理,但烘干需较高的成本和仪器维护。因此八角种植户在采摘八角后,要根据实际情况选用合适的处理方式,以便获得较高的经济收益。

3) 采用不同的处理方式,八角茴香油含量差异较大,若生产上是以提取茴香油为主,可采用薄膜杀青,尽量不采用开水杀青的处理方式,因为开水杀青会损失部分茴香油,导致茴香油含量降低。八角茴香油主要成分检测结果表明,不管采用何种处理方式,茴香油主要成分均不含芳樟醇和草蒿脑,只含茴脑,且茴脑含量均高于 90%,说明茴香油质量不错。

## 参考文献:

[1] 黄锁义. 八角研究的新进展[J]. 国外医学地理分册, 2010, 31(2): 82-85.  
 [2] 李伟, 曹庸. 八角茴香及其提取物莽草酸的研究进展[J]. 江苏调味副食品, 2004, 4(3): 1-2.  
 [3] 庞雪龙, 张戎睿, 杨磊, 等. 莽草酸研究进展[J]. 黑龙江医药, 2011, 25(5): 700-702.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.006

## 义乌市建设用地空间格局变化及驱动力分析

虞献军<sup>1</sup>, 岁秀珍<sup>1,2</sup>, 朱忠军<sup>1</sup>, 陈浩<sup>1,2</sup>

(1. 义乌市勘测设计研究院, 浙江 义乌 322000; 2. 义乌市大地数字测绘有限公司, 浙江 义乌 322000)

**摘要:**依据 2008 年 Landsate 5TM、2014 年和 2019 年 Landsate 8OIL 的 3 期遥感影像资料,运用遥感平台,采取面向对象的分类方法获取义乌市近 11 年建设用地数据,采用 GIS 空间统计与景观指数分析方法,宏观研究义乌市 2008—2019 年建设用地空间格局变化。结果表明,2008—2019 年间,义乌市建设用地的变化速度达 5.55 m<sup>2</sup>/a,各镇街的面积扩张处于持续增长状态,不同镇街的建设用地变化速度和相对变化率不同;建设用地的图斑数、最大斑块指数逐步增加;2008—2019 年建设用地的重心转移方向出现先向东北方向后向西南方向偏移的特征。对人口,经济,政策等因素分析表明,人口的快速增长、经济发展的多样化和政策诱导是建设用地变化的主要驱动力。

**关键词:**建设用地;空间格局;驱动力;景观指数;重心转移;义乌市

中图分类号:TU984.2;Q186.4 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0029-07

引文格式:虞献军,岁秀珍,朱忠军,等.义乌市建设用地空间格局变化及驱动力分析[J].林业调查规划,2023,48(3):29-35. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.006

YU Xianjun, SUI Xiuzhen, ZHU Zhongjun, et al. Spatial Pattern Change and Driving Force of Construction Land in Yiwu City[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3):29-35. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.006

## Spatial Pattern Change and Driving Force of Construction Land in Yiwu City

YU Xianjun<sup>1</sup>, SUI Xiuzhen<sup>1,2</sup>, ZHU Zhongjun<sup>1</sup>, CHEN Hao<sup>1,2</sup>

(1. Yiwu Design and Research Institute of Exploration and Surveying, Yiwu, Zhejiang 322000, China;  
2. Yiwu Geodetic Digital Surveying and Mapping Co., Ltd., Yiwu, Zhejiang 322000, China)

**Abstract:** According to the remote sensing image data of Landsate 5TM in 2008, Landsate 8OIL in 2014 and 2019, the data of construction land in Yiwu in recent 11 years were obtained by using the remote sensing platform and object-oriented classification method, and the spatial pattern changes of construction land from 2008 to 2019 were studied macroscopically by using GIS spatial statistics and landscape index analysis methods. The results showed that the change rate of construction land in Yiwu reached 5.55 m<sup>2</sup>/a from 2008 to 2019, the area expansion of each town was in a continuous growth state, and the change rate and relative change rate of construction land in different towns and streets were different; the number of patches and the maximum patch index of construction land gradually increased; the center of gravity of construction land shifted first towards the northeast and then towards the southwest. The analysis of population, economy and policy factors showed that rapid population growth, diversification of economic devel-

收稿日期:2021-12-20.

第一作者:虞献军(1974-),男,浙江金华人,工程师.主要从事遥感与GIS以及数字城市空间框架研究. Email:474509652@qq.com

opment, and policy guidance were the main driving force of construction land change.

**Key words:** construction land; spatial pattern; driving force; landscape index; transfer of center of gravity; Yiwu City

近年来,为了满足经济发展的需要,土地利用方式越来越多样化,建设用地日益增加成为城市发展的主流。城市规模的扩大化(城市化)已成为经济发展的一个重要标志。在经济快速发展的同时,城市规模快速扩展,城镇化进程也随之飞速增加<sup>[1-3]</sup>。目前,国内外学者对城市扩展进行了大量的有关研究,钱志友等采用 Landsat TM 影像对南京市城市扩张特征及其形态演变进行了定量分析<sup>[4]</sup>,魏亚男基于景观格局指数分析,主要从类型与景观两个层面对济南主城区变化进行分析<sup>[5]</sup>,王小龙等采用面向对象的支持向量机分类方法对朝鲜建设用地进行时空分析<sup>[6]</sup>。李国庆等利用 Landsat 8 卫星影像,以陕西省延安麻塔流域为研究对象,采用景观指数评估麻塔流域的景观破碎化程度<sup>[7]</sup>。本研究在其他学者的研究基础上,采用义乌市 2008 年、2014 年和 2019 年遥感影像,对影像进行综合加工处理,采取面向对象的分类方法获取义乌市近 11 年建设用地数据,提取其建设用地信息的动态变化情况,依据义乌市近 11 年的农转用、供地、人口数据及其它空间属性数据、景观格局指数、空间重心转移模型等,采用 GIS 空间分析及数理统计方法,了解义乌市城市化水平发展最快的近 11 年来的城市建设用地空间变化,为义乌市生态环境保护和新型城镇扩张奠定基础,同时为义乌市相关学科研究提供参考。

## 1 研究区概况与数据处理

### 1.1 研究区概况

浙江省金华市县级市义乌市位于金衢盆地东部,义乌市辖 14 个镇街,地理位置为东经 119°49′~120°17′,北纬 29°2′~29°33′。东阳市位于义乌市东部,南紧邻永康市和武义县,西部与金东区和兰溪市接壤,浦江县、诸暨市连接义乌市北部。义乌市属于丘陵地带,四周环山,市域最高山脉为大寒尖,高约 925.6 m,最低山脉为位于义乌市大陈江边的瓦摇头。水系发达,义乌江是义乌市最长的河流,此外还有大陈江、洪巡溪等构成义乌市水网。义乌市交通四通八达,公路、铁路与航空运输等承载着义乌市物流运输,为义乌市的物流提供了便捷。

### 1.2 数据来源及预处理

采用的 TM 数据下载于地理空间数据云平台,为了避免裸露地物对建设用地的干扰,能够较清楚地辨别各类地物,下载时所选择的影像拍摄季节选择 4—8 月份,影像选取时选择无云覆盖或者云覆盖度小于 2% 的时段,影像质量相对比较高,能够达到研究标准。影像数据来源于 Landsat 5TM 和 Landsat 8OLI。前者 TM 影像年份为 2008 年,后者 TM 影像年份为 2014 年和 2019 年,影像分辨率均为 30 m,与 Landsat 5 不同的是 Landsat 8 还包含一个 15 m 的全色波段。为了后期对比分析,需将每期影像均定义到相同的基准面上。3 期影像所包含的预处理包含大气校正,辐射定标、色彩均衡,影像镶嵌和裁剪等,进行波段重组后利用波段 4、3、2 假彩色合成,得到 3 期假彩色影像数据(图 1)。

## 2 研究方法

### 2.1 建设用地的图像识别提取

本研究采用基于面向对象的层次分类方法<sup>[8-11]</sup>对建设用地进行提取。影像的分割尺度极其重要,选取合适的尺度是为了确保具有相同光谱特征的对象重新组成一个新的对象,利用对象组成的光谱特征、几何特征及纹理等特征实现对地物的识别。此外,通过分层(树状结构),层层分割,一步步细化地物,达到目标地物的识别。另外,通过分层的谱系关系,逐步分割、细化类型,以多尺度的对象拟合进行目标识别(建设用地提取采用 Definiens 公司 Ecognition 图像处理软件,影像分割尺度 20)。为减少分类误差,建设用地决策树建立采取最短建树、最大类型划分的原则,指标的选取以地物的提取为目的,选取 NDVI、DEM、NDWI 等,利用分层决策树,不断过滤非建设用地信息,达到提取建设用地纯信息(图 2)。

### 2.2 建设用地的空间结构变化研究

#### 2.2.1 建设用地的变化速度

为了将某种土地利用类型的变化速度定量化,引入了土地利用动态度<sup>[12-13]</sup>,其在预测将来土地利用发展趋势和土地利用变化在某一区域上的差异具有重要意义。建设用地的动态度可表达某特定区域

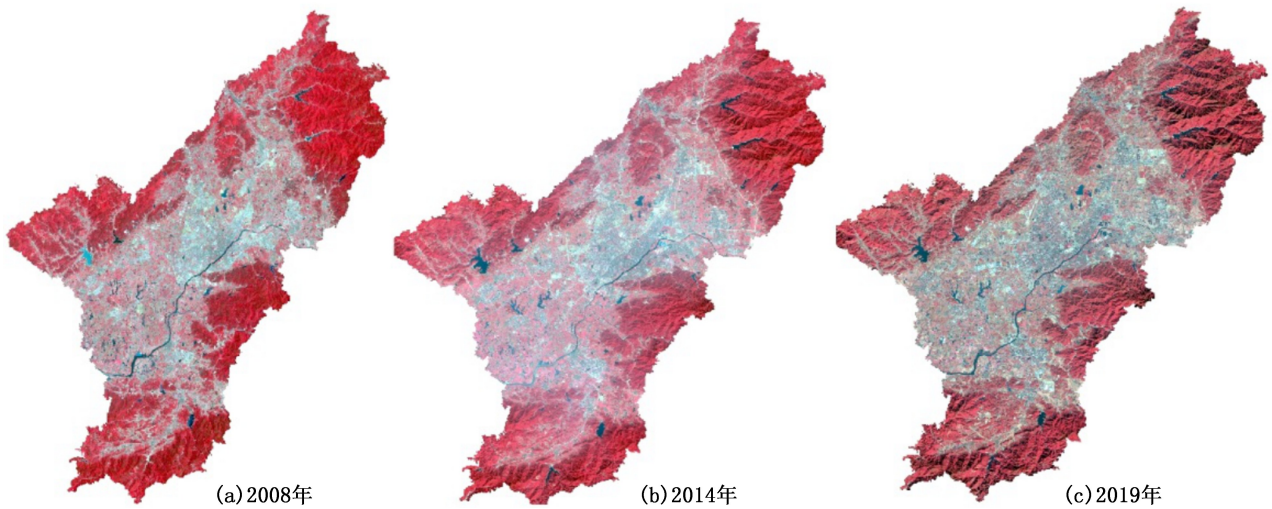


图 1 义乌市 2008、2014、2019 年假彩色影像  
Fig. 1 False color image of Yiwu in 2008, 2014 and 2019

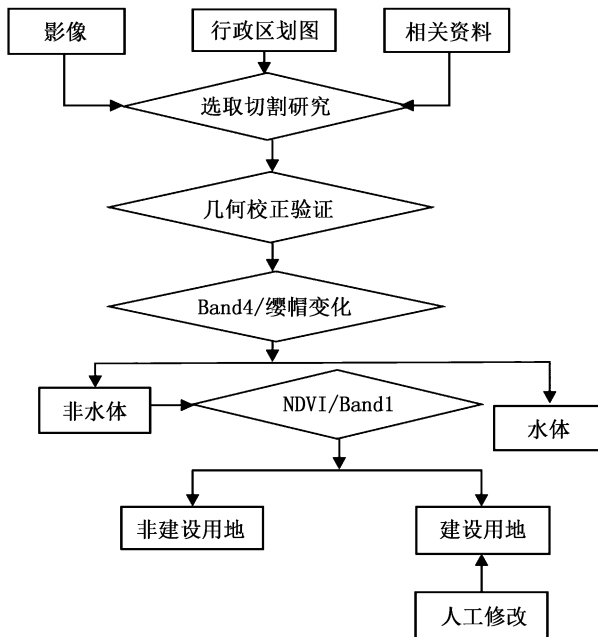


图 2 建设用地提取流程  
Fig. 2 Framework of construction land extraction

特定时间范围内建设用地变化情况,公式表达为:

$$P = \frac{M_b - M_a}{M_a \times S} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $M_a$ 、 $M_b$  分别为建设用地分析初期及分析末期的数量; $S$  为研究时间区间长度。当  $S$  表达为某一年时, $P$  为研究时间区间段内建设用地的数量变化度。

### 2.2.2 建设用地利用的相对变化率

在某一特定区域,为了将该区域某一土地利用类型数量变化体现出来,可以引入土地利用类型相对变化率。某一区域某一特定土地利用类型相对变

化率可表示为:

$$T = \frac{|G_b - G_a| \times N_a}{G_a \times |N_b - N_a|} \quad (2)$$

式中: $G_a$ 、 $G_b$  分别为建设用地分析期初及分析期末的面积; $N_a$ 、 $N_b$  分别代表研究区某特定土地利用类型分析期初及分析期末的面积。

### 2.2.3 建设用地的空间变化模型

以建设用地重心变化情况来衡量建设用地在时间空间上的动态变化情况。第  $t$  年建设用地分布重心计算公式为:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ii} \times X_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ii}} \quad (3)$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ii} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ii}} \quad (4)$$

式中: $X_t$ 、 $Y_t$  分别表示第  $t$  年建设用地分布的重心坐标; $C_{ii}$  表示第  $i$  个图斑的面积; $X_i$ 、 $Y_i$  分别表示第  $i$  个图斑几何中心坐标; $n$  表示研究区内图斑个数的总和。通过比较研究期初和研究期末建设用地的分布重心,可以得到研究时段内建设用地的空间变化规律。

### 2.3 景观格局指数

景观格局指数是一种统计指标,主要反映受城市化影响所导致的类型的演变,是重要的分析手段。为定量分析义乌市建设用地景观格局变化的原因,在已有研究的基础上,按照一定的规则选取景观指标<sup>[14]</sup>。利用 Fragstats4 进行下述指标计算:

1)图斑个数(NP):所有建设用地斑块个数。当  $NP=1$  时,则体现该类型建设用地只有一个图斑

组成。计算公式为:

$$NP = \sum n_i \quad (5)$$

2) 斑块密度 (PD): 衡量每个单位面积的图斑个数, 方便在不同大小景观之间进行对比分析。计算公式为:

$$PD = \frac{n_i}{A} (1000) (100) \quad (6)$$

式中: A 为某一类型景观总面积。

3) 最大斑块指数 (LPI): 表示最大图斑对所有景观的影响程度, 代表建设用地在城市中的主要影响。计算公式为:

$$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100) (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (7)$$

4) 景观形状指数 (LSI): 对景观元素形状的不规则情况进行描述, 当 LSI = 1 时, 则表示景观中只含有一个图斑, 形状比较规则; 图斑的个数越多, 形状就越复杂化, 结果也相对比较大。计算公式为:

$$LSI = \frac{0.25 \sum_{k=1}^m e_{ik}^*}{\sqrt{A}} \quad (8)$$

### 3 建设用地空间格局变化与驱动力因素分析

#### 3.1 建设用地变化空间分布特征

义乌市建设用地空间分布特征见图 3, 建设用地总量统计见图 4。

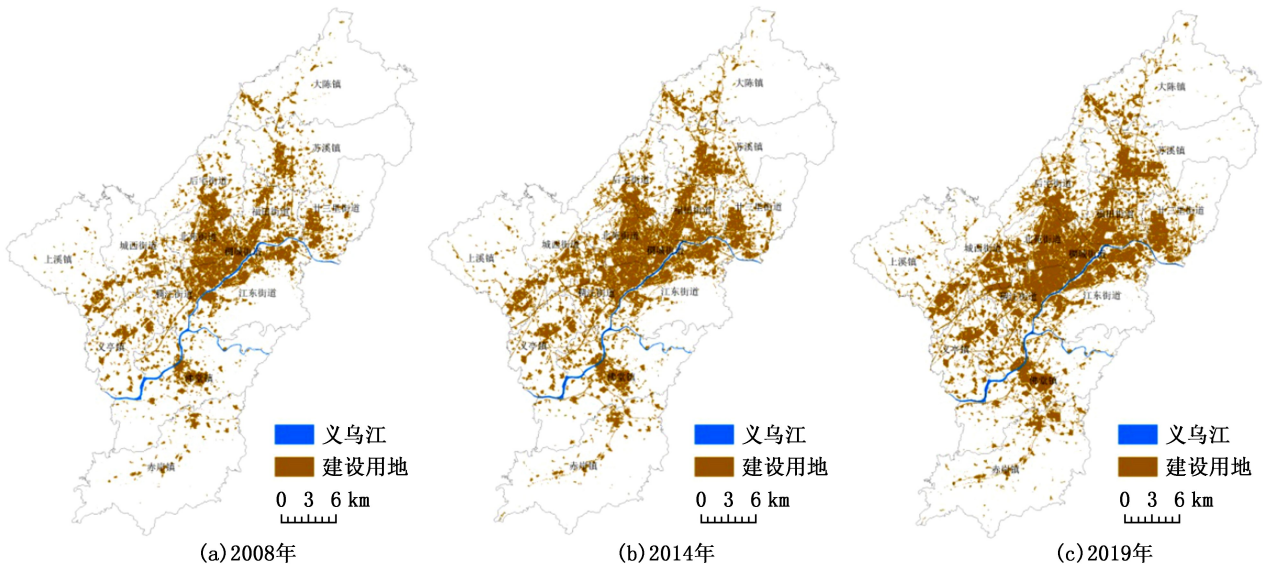


图 3 义乌市建设用地空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of construction land in Yiwu

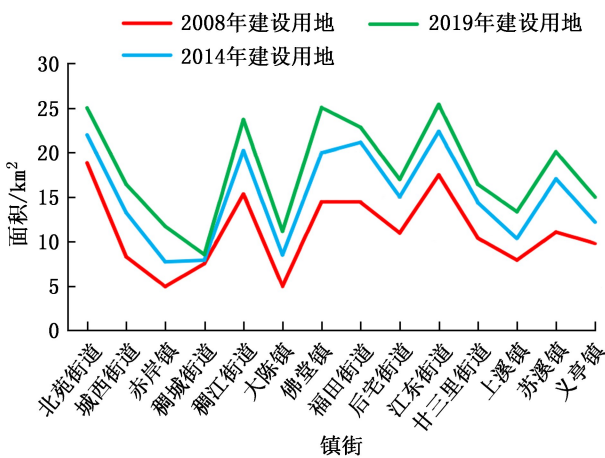


图 4 义乌市建设用地总量统计

Fig. 4 Statistics of total construction land in Yiwu

通过面向对象 (ecognition) 的提取方法得到 3 期不同的义乌市建设用地空间分布数据 (图 3)。义乌市 2008 年建设用地面积约为 156 km<sup>2</sup>, 2014 年约为 212 km<sup>2</sup>, 2019 年约为 251 km<sup>2</sup>。

从图 3 可以看出, 建设用地的分布是以稠城街道为辐射中心向其他镇街外延扩张, 由于稠城街道是老城区辖区范围小, 故稠城街道建设用地总量与其他镇街相比总量相对比较小。

从图 4 可以看出, 在 3 年中 14 个镇街建设用地总量有一定规律, 与年份成正比例关系。建设用地总量占比相对比较大的镇街为北苑街道、江东街道, 建设用地总量占比相对较小的镇街为赤岸镇、大陈镇, 这与每个镇街所处的地理位置有很大关系, 大

陈镇、赤岸镇分布在义乌市最北端和最南端,多为山区地带,不利于土地开发利用。

义乌市建设用地 2008—2019 年相对变化比较大(图 5),义乌市 2008—2014 年建设用地增加总量约为 56 km<sup>2</sup>,2014—2019 年建设用地增加总量约为 39 km<sup>2</sup>,随着时间推移,特别是近几年,义乌市处于有机更新状态,建设用地的增加速度有所减缓(图 6)。

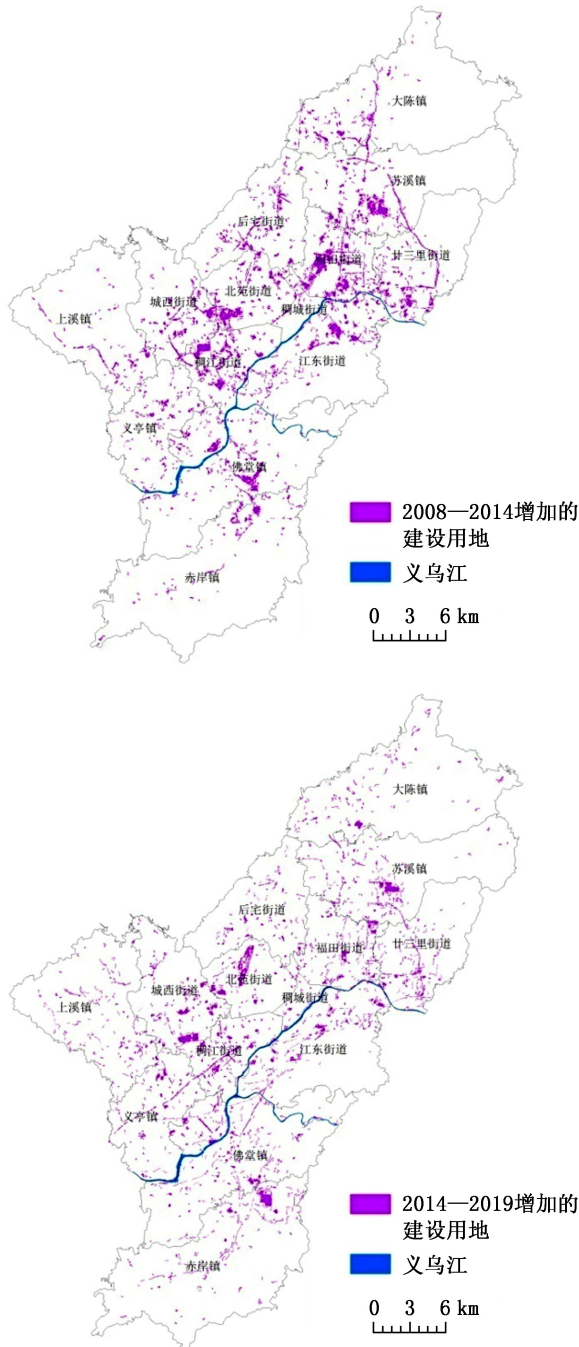


图 5 义乌市建设用地变化空间分布  
Fig. 5 Spatial distribution of construction land changes in Yiwu

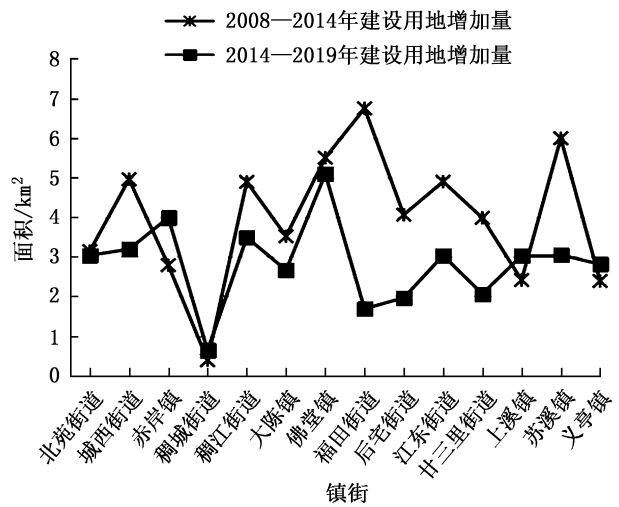


图 6 义乌市建设用地变化总量统计  
Fig. 6 Statistics of total change of construction land in Yiwu

从图 6 可以看出,2008—2014 年建设用地变化最大的镇街为福田街道、其次为苏溪镇,变化最小的为稠城街道,其次为上溪镇。2014—2019 年建设用地变化最大的为佛堂镇,变化最小的依然是稠城街道。随着外来人口的迁入、城市居住环境的改善以及政策诱导等导致建设用地呈现不同的变化。

### 3.2 建设用地变化速度、相对变化率及空间重心转移

根据公式(1)计算,义乌市建设用地变化速度达 5.55。

从图 7 可以看出,2008—2019 年间,赤岸镇、大陈镇建设用地的变化速度大于其他镇街。由于城市内部建设用地基本处于饱和状态,只能开发其他镇街来满足城市发展需要,反之稠城街道建设用地变化速度最小,这主要是由于稠城街道属于老城区,在这 11 年间能够新增的建设用地比较少。

根据公式(2)计算出建设用地相对变化率,稠城街道、北苑街道的相对变化率最大,从图 7 中明显可见,建设用地的变化速度与建设用地的相对变化率呈负相关关系。义乌市建设用地主要呈郊区城市化和向其他镇街蔓延两种增长形式。

从 2008—2019 年建设用地重心空间位置可以看出(图 8),义乌市建设用地重心在这 11 年间波动不大,建设用地的重心始终围绕市政府移动。2008 年建设用地重心距市政府约 1.4 km,2008—2014 年间,义乌市发展方向集中在福田街道和苏溪镇,导致建设用地的重心向东北方向偏移 254 m。2014—2019 年义乌市的发展向稠江街道和城西街道方向,导致建设用地重心又向西南方向偏移 352 m。

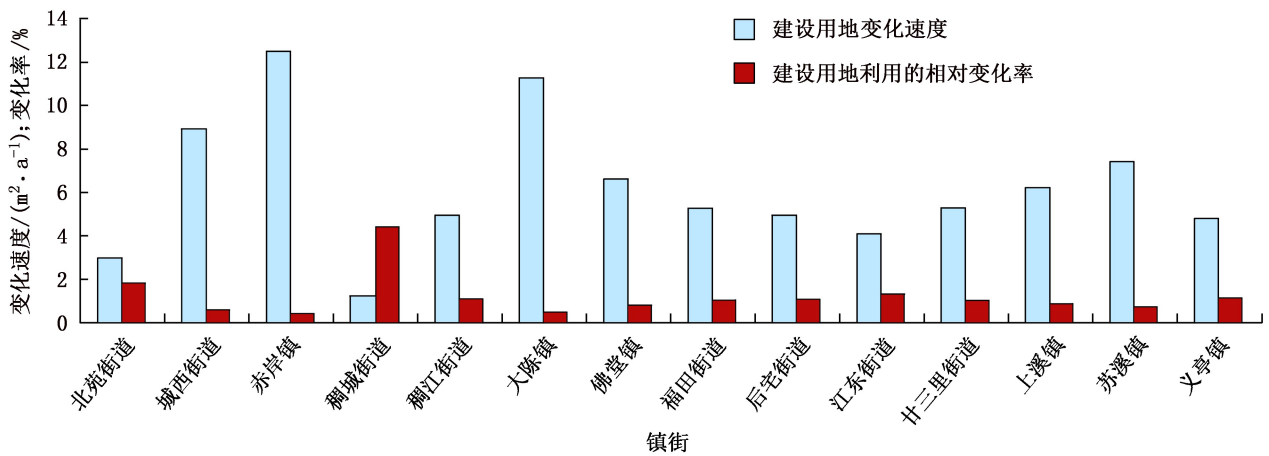


图 7 建设用地变化速度和相对变化率

Fig. 7 Change speed and relative change rate of construction land

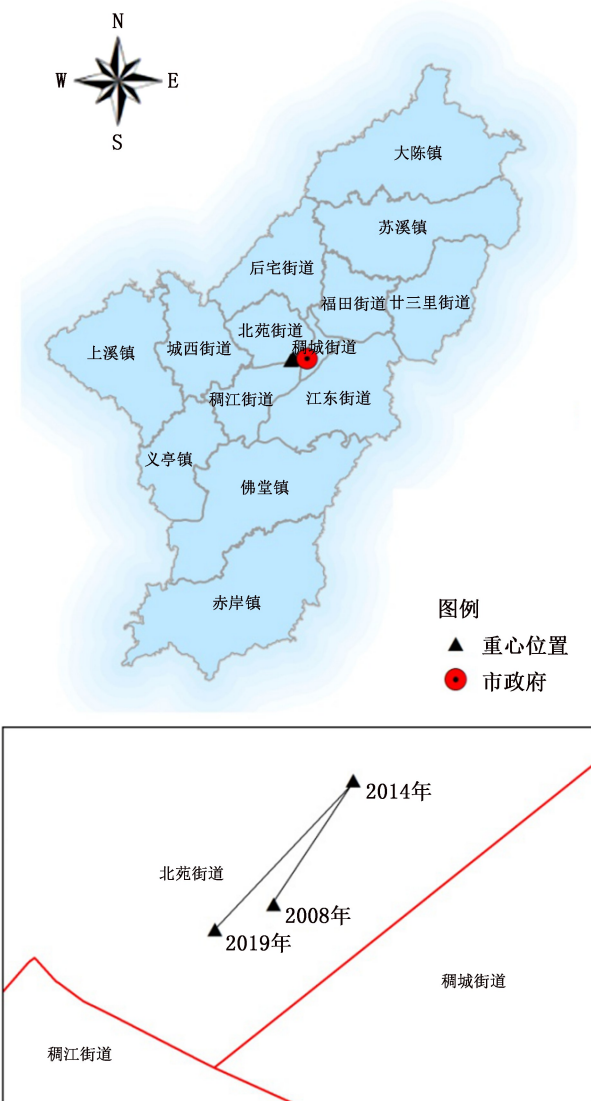


图 8 2008—2019 年建设用地重心分布

Fig. 8 Center of gravity distribution of construction land from 2008 to 2019

### 3.3 建设用地景观格局变化

义乌市 2008—2019 年建设用地景观指数分析如表 1 所示。

表 1 2008 年、2014 年、2019 年景观指数变化

Tab. 1 Changes of landscape index in 2008, 2014 and 2019

年份	景观指数			
	图斑个数 (NP)	斑块密度 (PD)	最大斑块指数 (LPI)	景观形状指数 (LSI)
2008 年	2177	1.39	41.72	1.0904
2014 年	2674	1.26	60.12	1.0143
2019 年	3233	1.28	82.79	1.0885

2008 年、2014 年、2019 年这 3 个年份不同的景观指数分别呈现不同的变化趋势。图斑个数反映出建设用地破碎化程度,从表 1 中可以看出,受人类活动的影响,随着时间的推移,建设用地的破碎化程度越来越大。斑块密度大小即建设用地密度大小,与图斑总数和建设用地总面积有一定关系,2008 年建设用地密度和建设用地景观形状指数要大于其他年份。最大斑块指数呈逐渐上升趋势,表明建设用地总面积越来越大,主城区面积越来越大,建设用地的主导地位处于上升趋势。

### 3.4 建设用地变化的驱动力因素分析

#### 3.4.1 人口因素

近 10 年来,义乌市经济的快速发展吸引了大量外来人口的流入,常住人口增加 62 万余人,增长速度达 50.68%,处于浙江人口总量第一大县级市的



地位。为了人民生活水平的提高,生活的便利,必然会刺激建设用地的增加。

### 3.4.2 经济因素

2009—2019年间农地转为建设用地总面积约为45.95 km<sup>2</sup>,供地总面积约为59.27 km<sup>2</sup>,这些土地通过占用农地转为建设用地,多用于经济发展,国民生活水平得到提高,如交通运输、住宅用地、公共设施等。由于产业结构的调整,工业化进程加快,建设用地的产出效益远远大于其他类型土地,必然导致建设用地数量越来越大。

### 3.4.3 政策制度

政府的决策制度在建设用地变化中起着重要作用,其影响并引领社会经济活动,并进一步影响着土地开发利用方式。为了改善居民生产生活水平、生态空间环境、集约利用土地,政府出台城市有机更新政策,老城区有机更新,农村有机更新的实施导致建设用地内部结构发生很大变化,使得义乌市建设用地的扩张速度和强度呈先快速增加后缓慢扩张的局势。

## 4 结 论

在2008年、2014年、2019年的Landsat TM影像的基础上研究了义乌市建设用地的空间格局,并进行了驱动力因素分析,得出如下结论:

1)义乌市建设用地的扩张速度和强度呈先快速增加后缓慢扩张局势,2008—2019年建设用地增加量达95 km<sup>2</sup>,2008—2014年建设用地变化最大的镇街为福田街道,2014—2019年建设用地变化最大的镇街为佛堂镇,变化最小的镇街为稠城街道。

2)义乌市11年来建设用地变化速度达5.55 m<sup>2</sup>/a,建设用地的变化速度出现明显的区域差异,2008—2019年间,赤岸镇、大陈镇建设用地变化速度大于其他镇街的变化速度。建设用地的变化速度与建设用地的相对变化率呈负相关关系。由于经济发展区域性差异导致建设用地的重心始终围绕市政府移动,先向东北方向移动,后向西南方向移动。

3)对义乌市建设用地3个年份景观指数分析结果,义乌市建设用地斑块越来越多,最大斑块指数越来越大,表明建设用地的破碎化程度越来越大,建设用地总面积越来越大,主城区的面积越来越大,建设用地的主导地位处于上升趋势。

4)建设用地的变化受人口、经济、政策制度3方面的影响,人口的增加、经济的快速增长和政策制度的诱导促进了义乌市建设用地的变化。

### 参考文献:

- [1] 牛方曲,刘卫东,宋涛,等.城市群多层次空间结构分析算法及其应用——以京津冀城市群为例[J].地理研究,2015,34(8):1447-1460.
- [2] PUERTAS O L, HENRIQUEZ C, MEZA F J. Assessing spatial dynamics of urban growth using an integrated land use model. Application in Santiago Metropolitan Area, 2010—2045[J]. Land Use Policy, 2014, 38: 415-425.
- [3] 吝涛,李新虎,张国钦,等.厦门岛城市空间扩张特征及其影响因素分析[J].地理学报,2010,65(6):715-726.
- [4] 钱志友,符海月,王妍,等.2004—2016年南京市城市扩张及形态演变特征[J].国土资源遥感,2019,31(2):149-156.
- [5] 魏亚男,张元朋.城市发展推动下的济南市景观格局变动研究——基于2007—2017年景观格局指数分析[J].林业调查规划,2020,45(1):32-36.
- [6] 王小龙,闫浩文,周亮,等.利用SVM分类Landsat影像的朝鲜主要城市建设用地时空特征分析[J].国土资源遥感,2020,32(4):163-171.
- [7] 李国庆,黄菁华,刘冠,等.基于Landsat8卫星影像土地利用景观破碎化研究——以陕西省延安宝塔流域为例[J].国土资源遥感,2020,32(3):121-128.
- [8] 钱七静,谢瑞,张磊,等.面向对象的土地覆盖信息提取方法研究[J].遥感技术与应用,2005,20(3):338-342.
- [9] 陈云浩,冯通,史培军,等.基于面向对象和规则的遥感影像分类研究[J].武汉大学学报信息科学版,2006,31(4):316-320.
- [10] 徐涛,谭宗坤,闫小平.面向对象的都市水体信息提取方法[J].地理空间信息,2010(3):64-66.
- [11] 岁秀珍,阮仁宗,马荣华,等.面向对象的多尺度水体信息提取[J].地理空间信息,2012(6):72-75.
- [12] 王秀兰,包玉海.土地利用动态变化研究方法探讨[J].地理科学进展,1999,18(1):81-87.
- [13] 曹隆坤,张加恭,王婉如.城市边缘区土地利用变化的研究——以广州市黄埔区为例[J].江西农业学报,2008,20(2):138-141.
- [14] PAN T, DENG S L, CHI Z, et al. Urban land-cover dynamics in arid China based on high-resolution urban land mapping products[J]. Remote Sensing, 2017, 9(7): 730.

责任编辑:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.007

## 基于 GIS 的洛阳市旅游度假区气候舒适度分析

冉 晨

(洛阳市气象局,河南 洛阳 471000)

**摘要:**选取 1971—2020 年洛阳市的 9 个气象站点的月数据,分别对 50 年间的舒适度指数进行统计分析和空间可视化,从时空演变的角度对洛阳市旅游气候的舒适度实现精细化评估。结果表明,各舒适度指数的舒适月集中分布于 4—5 月和 9—10 月,在 50 年间,温湿指数逐年上升,着衣指数逐年下降,风效指数和综合舒适度指数在春、秋和冬季逐年上升,夏季呈平稳波动下降趋势。在空间分布上,温湿指数为东北高、西南低的空间格局,风效指数呈西南部和东北部低,东南部至西北部高的带状分布趋势,着衣指数为东北低、西南高的空间格局。综合舒适度最佳时间为 4 月和 10 月,主要分布于洛阳市东北部区域;5 月和 9 月舒适度较好,以西南部的栾川和东北区域为主。洛阳市的气候趋于暖湿化,舒适度在 50 年间呈波动上升趋势。

**关键词:**气候舒适度;空间分布;温湿指数;风效指数;着衣指数;综合舒适度;洛阳市

中图分类号:Q142.2;P208 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0036-10

引文格式:冉晨. 基于 GIS 的洛阳市旅游度假区气候舒适度分析[J]. 林业调查规划,2023,48(3):36-45.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.007

RAN Chen. Climate Comfort Analysis of Luoyang Tourist Resort Based on GIS[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(3):36-45. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.007

## Climate Comfort Analysis of Luoyang Tourist Resort Based on GIS

RAN Chen

(Luoyang Meteorological Bureau, Luoyang, Henan 471000, China)

**Abstract:** The monthly data of 9 meteorological stations in Luoyang from 1971 to 2020 were selected to carry out statistical analysis and spatial visualization of the comfort index in the past 50 years. From the perspective of temporal and spatial evolution, the comfort degree of Luoyang's tourist climate was carefully evaluated. The results showed that the comfort months of each comfort index were concentrated in April to May and September to October. In the past 50 years, the temperature and humidity index increased year by year, the clothing index decreased year by year, the wind efficiency index and the comprehensive comfort index increased year by year in spring, autumn and winter, and showed a steady fluctuation and decreasing trend in summer. In terms of spatial distribution, the temperature and humidity index was high in the northeast and low in the southwest, the wind efficiency index was low in the southwest and northeast, and high in the southeast and northwest, and the clothing index was low in the northeast and high in the southwest. The best time of comprehensive comfort was in April and October, which mainly distribu-

收稿日期:2021-12-27.

基金项目:洛阳市气象局气象科学技术研究项目(LQ202006).

第一作者:冉晨(1973-),女,河南洛阳人,工程师.主要研究方向为应用气象.

ted in the northeast area of Luoyang; the comfort level was good in May and September, and Luanchuan in the west and south and Northeast China are the main areas. The climate of Luoyang tended to be warm and humid, and the comfort level showed a fluctuating rising trend in the past 50 years.

**Key words:** climate comfort; spatial distribution; temperature and humidity index; wind efficiency index; clothing index; comprehensive comfort level; Luoyang

气候条件是影响人类生活舒适和身体健康的主要因素之一,因此,气候是娱乐和旅游环境的重要基础条件。旅游气候舒适度评价起源于气候舒适性研究,随着旅游产业的发展以及对舒适性气候的追求,气候舒适度评价逐渐成为旅游气候学研究的热点问题。早在1966年, Terjung W H等<sup>[1]</sup>提出了气候舒适度指数(comfort index, CI)的概念,并对美国大陆的人居气候舒适情况进行了评估;1973年 Oliver J E在裸露实验的基础上建立了风寒指数测评标准<sup>[2]</sup>,加拿大气象局建立了舒适性指数测评的标准模型<sup>[3]</sup>。我国旅游气候研究主要针对中小尺度区域进行气候舒适度分析,以长时间序列的气象数据为主,韩蓓蓓等<sup>[4]</sup>通过华山气象站数据对旅游气候舒适度进行时空特征评价,李东等<sup>[5]</sup>基于近50年的气象数据分析了乌鲁木齐市综合旅游气候舒适度。在我国大小城市之间,孔钦钦等<sup>[6]</sup>通过通用热气候指数分析了我国12个重点旅游城市的气候舒适度及其近50年间的变化趋势,孙根年等<sup>[7]</sup>基于30°N和35°N线各19个城市分析了气候舒适度与地形三级阶梯的关系,徐静等<sup>[8]</sup>、马丽君等<sup>[9]</sup>分别以秦皇岛和我国东部沿海区域的26个热点城市为主要研究区域,基于气候舒适度评价模型,划分舒适度的时空差异与适宜旅游活动等级和时段。除针对气象数据进行分析外,部分学者运用地理信息系统空间分析方法针对甘肃省庆阳市<sup>[10]</sup>、河南省南阳市<sup>[11]</sup>、浙江省丽水市<sup>[12]</sup>等在空间分布上对气候舒适度进行直观呈现,并对气候舒适度年内分布、空间分布、季节分布和旅游资源稀缺性进行分析。刘艳霞等<sup>[13]</sup>对温湿指数模型进行改进,利用MODIS地表温度和大气降水量数据,在较大尺度范围内分析气候舒适度的时空演变。随着遥感和地理信息技术的发展和气候舒适度评价的逐步成熟,韦夷等<sup>[14]</sup>利用VBA可视化编程语言和GIS工具开发了针对旅游区舒适度的评价系统,在空间上将目标区域的舒适度进行可视化处理,在生态旅游方面具有指导意义。邱粲等<sup>[15]</sup>依据海拔高程,对气候舒适度进行空间上的精细化评估,是对区域气候舒适度评价的精准化表达的进步,是气候舒适度的发展趋势。

本文选取洛阳市9个县级行政区设立的气象站点1971—2020年间气象数据,以温湿指数、风效指数和着衣指数为评价指标,对多年四季的指数进行线性拟合,运用样条插值法对各指标进行数据空间可视化,以此对洛阳市整体旅游气候舒适度进行时空变化分析,并在现有基础上做出精细化评价,以期对洛阳市旅游业的发展规划以及决策者管理区域旅游业提供借鉴。

## 1 研究区概况

洛阳市地处中原,位于黄河中游,地势西南高,东北低,跨越中国第二阶梯与第三阶梯的交界带,行政区划内的海拔高差相对较大,山川丘陵广布,占洛阳市面积的86.24%,地形复杂多样,河渠密布,分属长江、黄河与淮河三大水系。洛阳市属暖温带大陆性季风气候,四季分明,雨热同期。

2019年末,洛阳市总人口717.02万人,其中常住人口692.22万人,洛阳市地区生产总值5034.9亿元,三次产业结构为4.9:46.3:48.8,其中第三产业比重很大,景区、度假区等相关服务类行业的发展尤为重要,而气候舒适度正是影响居民出行、休闲娱乐的重要因素,故气候舒适度的精细化评价对洛阳市旅游业的发展具有一定的参考价值。

洛阳市下辖1个县级市、8个县、6个区,本文以洛阳市9个县级行政区设立的气象站点为主(6个区以孟津为准),9个气象站分别为栾川、洛宁、孟津、汝阳、嵩县、新安、偃师、伊川、宜阳。

## 2 资料来源与研究方法

### 2.1 资料来源

选取的9个气象站点的气象数据源于洛阳市气象局,其中有2个基本站和7个一般站,气象数据包括气象站号、时间、经纬度、月平均气温(°C)、月平均风速(m/s)、月降水量(mm)、月平均相对湿度(%)和月日照时间(h)。为保证数据的时效性和连续性,选用1971—2020年共50年的长序列时间跨度数据,并对部分气象要素缺失的数据与县气象局

进行核验补充,以保证计算和评价结果的准确度。

## 2.2 研究方法

国内学者对气候舒适度研究的计算模型和方法大同小异,气候舒适度评价技术和方法也不断完善,丁玲玲等<sup>[16]</sup>认为着衣指数对旅游气候舒适度影响不大,邱黎等<sup>[15]</sup>认为风效指数即可反映当地气候特点对人体的综合影响,故本文采用温湿指数、风效指数和着衣指数为评价指标,综合舒适度指数参照张可心等<sup>[10]</sup>采用专家打分法与层次分析法确定的权重值,增大风效指数的权重,减小着衣指数的权重,以此计算洛阳市的综合舒适度指数。

### 2.2.1 温湿指数

温湿指数(简称 THI)是通过温度和湿度的组合来反映人体与周边环境的热量交换,是人类气候舒适感受的首要指标,计算公式为:

$$THI = (1.8t + 32) - 0.55(1-f)(1.8t - 26) \quad (1)$$

式中: $t$ 为气温( $^{\circ}\text{C}$ ); $f$ 为相对湿度(%).

气温的改变直接影响到人体内热量的散发快慢;湿度的高低则决定了人体的热代谢和水盐代谢速度。

### 2.2.2 风效指数

风效指数(简称 WEI)是依据风寒指数(WCI)演变而来的,计算公式为:

$$WEI = - (10\sqrt{v} + 10.45 - v) \times (33 - t) + 8.55s \quad (2)$$

式中: $v$ 为风速( $\text{m/s}$ ); $t$ 为气温( $^{\circ}\text{C}$ ); $s$ 为日照时数( $\text{h/d}$ ).

### 2.2.3 着衣指数

着衣指数(简称 ICL)是综合了气温、风速、太阳辐射等多种因素对人体的影响,提出人们可以通过穿衣来改变气候带来的不舒适情况。计算公式为:

$$ICL = \frac{33 - t}{0.155H} - \frac{H + aR\cos\alpha}{(0.62 + 19.0\sqrt{v})H} \quad (3)$$

式中: $t$ 为某一评价时段的平均温度,本文选取月平均气温( $^{\circ}\text{C}$ ); $H$ 为人体代谢率的75%,文中取轻活动量下的代谢率,此时 $H = 87 \text{ W/m}^2$ ;  $a$ 为人体对太阳辐射的吸收情况, $a = 0.06$ ;  $R$ 为垂直阳光在单位面积土地上所接收的太阳辐射, $R = 1367 \text{ W/m}^2$ ;  $\alpha$ 是太阳高度角, $\alpha = 90^{\circ} - (\text{当地纬度} - \text{正午太阳直射点纬度})$ ,正午太阳直射点纬度分别选取春秋分、夏至、冬至日的太阳直射点; $v$ 为风速( $\text{m/s}$ ).

### 2.2.4 综合舒适指数

旅游气候综合舒适指数是根据公众调查评分和

层次分析法确定温湿指数、风效指数和着衣指数权重,温湿指数赋值月迹线变化较大,穿衣指数赋值次之、风效指数赋值变化较小,由此建立旅游气候舒适度的综合评价计算模型。计算公式为:

$$CCI = aTHI + bWEI + cICL \quad (4)$$

式中:CCI代表综合舒适指数;THI、WEI、ICL分别代表温湿指数、风效指数、着衣指数; $a$ 、 $b$ 、 $c$ 分别代表温湿指数、风效指数和着衣指数的赋值, $a = 0.6$ , $b = 0.3$ , $c = 0.1$ 。

### 2.2.5 空间插值分析

样条函数有两种类型,分别为规则样条函数方法和张力样条函数方法。规则样条函数方法(REGULARIZED)是产生平滑的表面和平滑的一阶导数,使用可能位于样本数据范围之外的值来创建渐变的平滑表面;张力样条函数方法(TENSION)是根据建模现象的特征调整表面的硬度,其使用受样本数据范围约束更为严格的值来创建不太平滑的表面。本文的样条函数法最适合生成平缓变化的表面,例如:高程、地下水位高度或污染程度。

样条函数插值法优于内插法表现在:表面必须恰好经过数据点;表面必须具有最小曲率,即通过表面上每个点获得的表面的二阶导数项平方的累积总和必须最小。由于指数值区间划分舒适度较为严格,故本文选用张力样条函数方法,将指数数据控制在一定范围内,运用 ArcGIS 10.5 进行计算,以精准呈现舒适度指数的空间分布状况。

### 2.2.6 指数等级标准

基于人体感觉的温湿指数、风效指数和着衣指数的分级标准见表1。

为实现精准化评价,将指数值的划分精确至两位小数,其中,温湿指数在55.10~70范围为人体感觉最佳状态,风效指数介于-800~-200.10范围为相对舒适范围,薄厚适中的衣物对应的着衣指数为0.5~1.49。

## 3 结果与分析

### 3.1 舒适度指数变化

基于洛阳市的9个气象站在1971—2020年间的气温、风速、相对湿度等数据,分别计算温湿指数、风效指数和着衣指数,将其月平均指数分组为4个季节,季节划分为春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)和冬季(12—2月),对近50年的各指数进行统计与线性拟合分析。

表 1 温湿指数、风效指数和着衣指数的等级标准及赋值

Tab. 1 Rating standards and assigned values for temperature and humidity index, wind efficiency index and clothing index

温湿指数	人体感觉	风效指数	人体感觉	着衣指数	穿着衣服	设定符号
≤40	很冷,极不舒适	≤-1200	极冷	≥2.5	羽绒或毛皮衣	e
40~45	寒冷,不舒适	-1200~-1000.1	冷风	1.8~2.49	便服加厚实外套	d
45.1~55	偏冷,较舒适	-1000~-800.1	稍冷风	1.5~1.79	冬季常用服装	c
55.1~60	清凉,舒适	-800~-600.1	凉风	1.3~1.49	春秋常用服装	b
60.1~65	凉,非常舒适	-600~-300.1	舒适风	0.7~1.29	衬衫和常用便服	A
65.1~70	暖,舒适	-300~-200.1	暖风	0.5~0.69	轻便的夏服	B
70.1~75	偏热,较舒适	-200~-50.1	暖热风	0.3~0.49	短袖开领衫	C
75.1~80	闷热,不舒服	-50~80	热风	0.1~0.29	热带单衣	D
≥80	极其闷热,极不舒服	≥80	炎热风	≤0.1	超短裙	E

3.1.1 温湿指数

经统计分析,洛阳市 1971—2020 年的逐月温湿指数介于 31.18~81.67 范围,温湿指数在一年中,由春季到冬季呈现先上升后下降的趋势,夏季最高,冬季最低,春秋适中。由表 1 可知,温湿指数介于 55~70 范围属于人体感觉舒适阶段,在近 50 年间,9

地累计共有 1 781 个月的温湿指数在舒适范围内,占月总量的 33%,集中分布于 4 月、5 月、9 月和 10 月,而在部分地区的舒适月份有所延迟或缩短,以栾川最为明显。

对 1971—2020 年各季节的区域平均温湿指数进行统计,结果如图 1 所示。

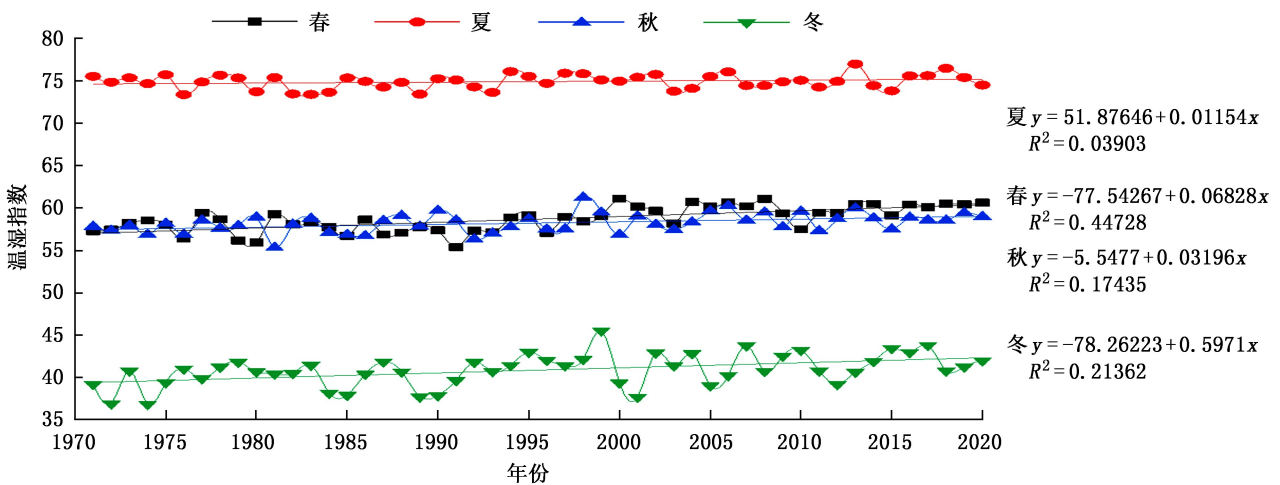


图 1 洛阳市温湿指数及变化趋势

Fig. 1 Change trend of temperature and humidity index in Luoyang

由图 1 看出,洛阳市的温湿指数在 50 年间呈波动上升趋势,整体趋势显示洛阳市趋于暖湿化,春季与冬季的上升幅度较为显著,夏季和秋季的上升幅度较小,冬季温湿指数波动最大,春秋两季次之,夏季最为平稳。

3.1.2 风效指数

对于风效指数,洛阳市近 50 年的逐月风效指数介于-906.66~5.39 范围,在一年中,由春季到冬季

呈先上升后下降趋势,与温湿指数相同。由表 1 可知,风效指数介于-800~-200 范围属于人体感觉舒适阶段,在近 50 年间,9 地累计共有 3 680 个月的风效指数在舒适范围内,占月总量的 68%,集中分布于春、秋和冬季,夏季由于气温高,主要为暖热风和热风,舒适度相对较低。

对 1971—2020 年各季节的区域平均风效指数进行统计,结果如图 2 所示。

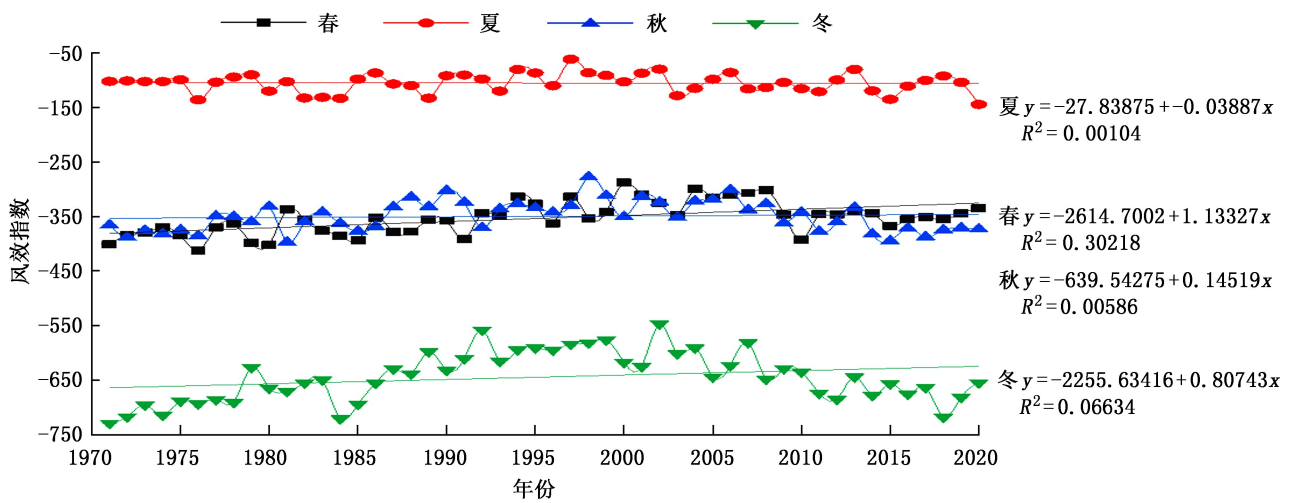


图 2 洛阳市风效指数及变化趋势

Fig. 2 Change trend of wind efficiency index in Luoyang

从图 2 看出,洛阳市的风效指数在 50 年间变化幅度较小,整体无明显趋势,在春、秋和冬季呈波动上升趋势,其中春季上升幅度最大,秋季升幅最小,而夏季的风效指数呈平稳波动下降趋势,春季的上升幅度较为显著。波动幅度中,冬季风效指数波动最大,呈先上升后下降趋势,2002 年时达到最高值,1971 年为最低值。

3.1.3 穿衣指数

洛阳市近 50 年的逐月穿衣指数介于 0.20 ~ 2.67 范围,在一年中,由春季到冬季呈先下降后上

升趋势,夏季最低,冬季最高,春秋适中。由表 1 可知,穿衣指数介于 0.5~1.4 范围属于人体感觉舒适阶段,在近 50 年间,9 地累计共有 2 355 个月的穿衣指数在舒适范围内,占月总量的 44%,集中分布于 4 月、5 月、9 月和 10 月,7 月和 8 月由于气温高,以短袖开领衫或热带单衣为主,冬季由于气温低,穿着主要为便服加厚实外套或羽绒服或毛皮衣,舒适度相对较低。

对 1971—2020 年各季节的区域平均穿衣指数进行统计,结果如图 3 所示。

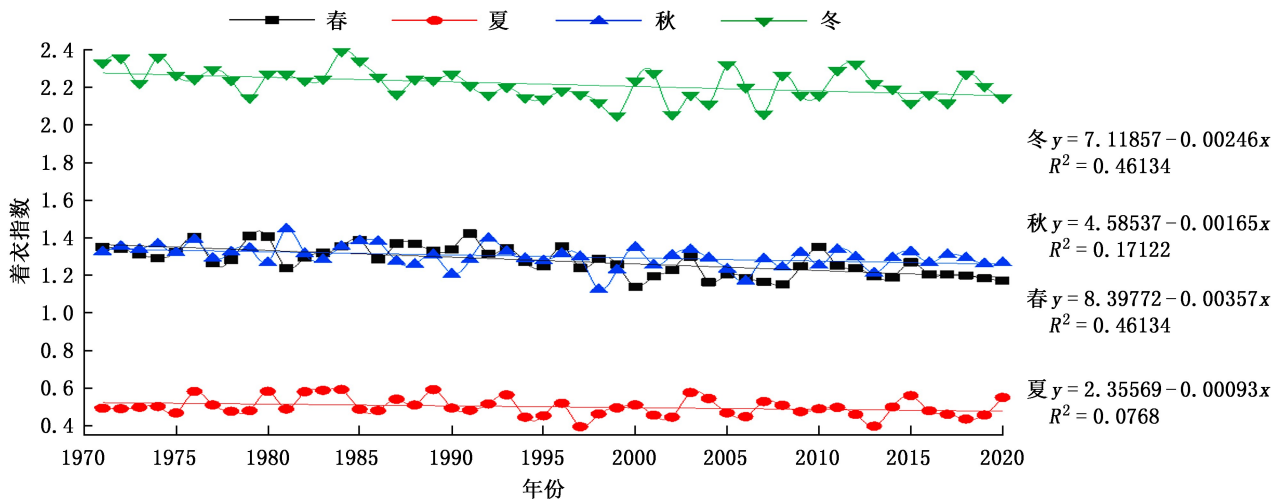


图 3 洛阳市穿衣指数及变化趋势

Fig. 3 Changing trend of clothing index in Luoyang

从图 3 看出,洛阳市的穿衣指数在 50 年间呈波动下降趋势,整体趋势显示洛阳市趋于温暖,穿衣数量和厚度均在下降,冬季与春季的下降幅度较秋季

和夏季明显,冬季穿衣指数于 1998 年之前波动幅度较小,1998 年之后波动幅度增大,夏季穿衣指数最为平稳。

### 3.2 舒适度指数空间分布

对洛阳市 9 个气象站点的 50 年平均气候舒适度指数进行季节划分,挑选其中最具代表性的月份,对 1 月、4 月、7 月和 10 月的温湿指数、风效指数、着衣指数和综合舒适度指数进行空间插值,结合等值线对洛阳市的旅游气候舒适度进行空间分布分析。

#### 3.2.1 温湿指数

利用 1971—2020 年 1 月、4 月、7 月和 10 月的温湿指数绘制洛阳市温湿指数空间分布图(图 4)。

由图 4 可知,洛阳市近 50 年间的平均温湿指数形成东北高、西南低的空间格局。与地形相关,西南地区多山脉丘陵分布,东北部以平原为主,城市建筑面积相对集中,海拔因素与城市热岛效应相结合,致使温湿差异明显。在 4 个典型月份中,7 月的温湿指数等值线相较于其他 3 个月份更为密集,温湿指数在东北和西南部分区域的差异较大,全年中的高温月份,仅有栾川区域为偏热,感受较舒适,洛宁、嵩县等其他区域均为闷热,而伊川和偃师附近区域为高值区,人体感受更加不舒服;在全年气温较低的 1 月,由于汝阳的温湿指数稍高,且偃师的温湿指数较低,温湿指数的等值线由宜阳和新安向东南延伸,形成中部偏西北的带状区域,但由于 1 月最高温湿指数低于 40,所以洛阳区域感受均为极不舒适;相较于 1 月和 7 月,4 月和 7 月的温湿指数相对适中,其中 4 月的偃师、伊川和宜阳感受凉爽,属于非常舒适区域,7 月除洛阳的西南边缘地区感受偏冷外,其余区域均为令人感受清凉的舒适区。

#### 3.2.2 风效指数

利用 2017—2020 年 1 月、4 月、7 月和 10 月的风效指数绘制洛阳市风效指数空间分布图(图 5)。

由图 5 可知,洛阳市风效指数在空间分布上呈西南部最低、东北部较低、东部较高、东南部至西北部高的带状分布趋势。其中,1 月的等值线相较于其他 3 个月更为密集,风效指数在南北空间上的差异相对较大,作为全年低气温的月份,嵩县区域为舒适风,洛宁、栾川和汝阳等其他区域为凉风,1 月整体区域均为舒适风;4 月的风效指数值比 1 月整体偏高,但同样在嵩县形成高值区,为暖风,其他区域为舒适风;全年气温较高的 7 月,由于伊川和偃师的风效指数升高,等值线向东北延伸,形成由西北向中部进而转向东北的带状高值区,为热风,其他区域为暖热风,处于舒适范围内;10 月时,嵩县与洛宁的风效指数分别形成了高值区,为暖风,依此为中心,数值向南北两侧逐渐降低,为舒适风,人体感受最佳。

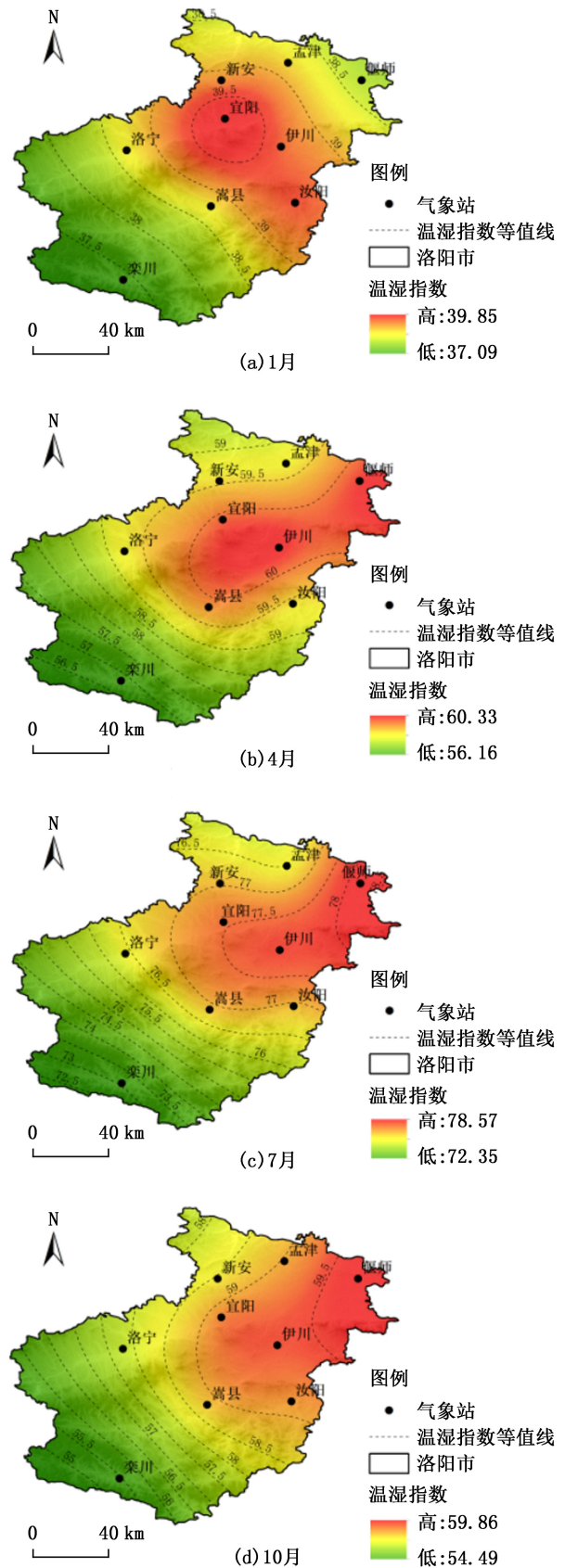


图 4 洛阳市温湿指数空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of temperature and humidity index in Luoyang

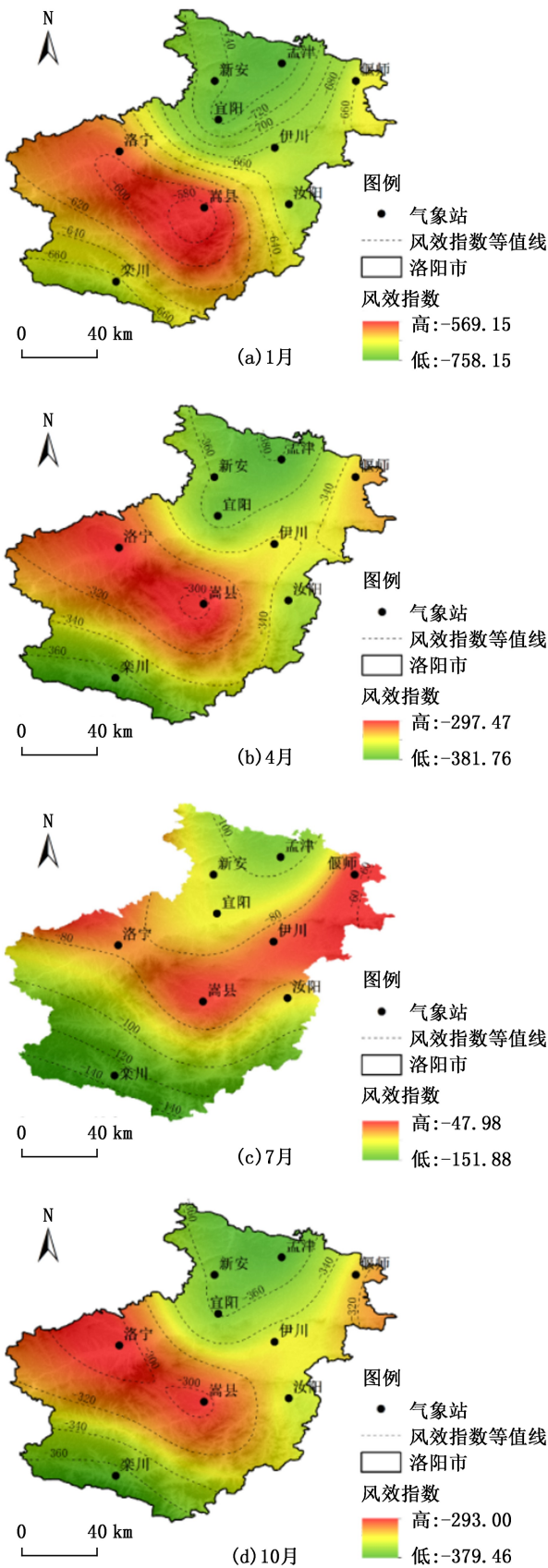


图 5 洛阳市风效指数空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of wind efficiency index in Luoyang

### 3.2.3 穿衣指数

利用 2017—2020 年 1 月、4 月、7 月和 10 月的穿衣指数绘制洛阳市穿衣指数空间分布图(图 6)。

由图 6 可知,洛阳市近 50 年间的平均穿衣指数在空间上形成东北低、西南高的空间格局,与气温形成相关关系,气温越高,穿衣指数越低,穿着衣物越薄,而西南地区气温相对较低,穿着衣物相对较厚。在 4 个典型月份中,同温湿指数相似,7 月的穿衣指数等值线相对更为密集,穿衣指数等值线在东北区域稀疏,西南部分区域则沿着西北东南方向密集排布,故西南区域穿衣指数的相对差异较大,7 月为全年中的高温月份,户外活动的人穿着衣物相对较薄,其中栾川区域适宜穿轻便的夏服,属于舒适范围内,而洛宁、嵩县等其他区域感受偏热,适宜穿短袖开领衫;1 月由于孟津、新安和偃师的穿衣指数稍高,穿衣指数以嵩县为中心,在洛宁、宜阳、伊川和汝阳区域形成了等值线闭合的低值区域,整体来看,由于气温低,洛阳市整体适宜穿便服加厚外套;4 月和 7 月的穿衣指数介于 1.2~1.5 范围,其中 4 月的栾川、7 月的栾川和新安适宜穿春秋常用服装,其他区域较暖,适宜穿衬衫和常用便服,均为舒适的感受区域。

### 3.3 综合舒适度指数

为实现旅游气候舒适度精细化评价,基于洛阳市 1971—2020 年间的月温湿指数、风效指数和穿衣指数数值,运用公式(4)对综合舒适度指数进行计算,并将月平均指数按四季划分,得到近 50 年的四季指数变化及其线性拟合结果(图 7)。

经统计分析,洛阳市 1971—2020 年逐月综合舒适度指数介于 27.00~-194.85 范围,与温湿指数和风效指数相同,由春季到冬季呈先上升后下降趋势。

对各季节的区域平均综合舒适度指数进行线性拟合,春季与冬季综合舒适度指数的上升幅度较为显著,秋季的上升幅度较小,夏季为微小幅度下降,斜率近似于水平,冬季的指数波动幅度最大,春秋两季次之,夏季最为平稳。洛阳市的综合舒适度指数在 50 年整体呈波动上升趋势,由此说明洛阳市的旅游气候舒适度波动上升,趋势向好。

根据 1971—2020 年洛阳市 9 个气象站的观测资料,依据公式(1)、(2)、(3)及各指数值设定的区间符号,分别计算出各区县月平均温湿指数、风效指数和穿衣指数,其对应设定的代码组合见表 2。

从各区县的温湿指数、风效指数和穿衣指数组合情况来看,洛阳市在 4—5 月和 9—10 月适宜出行和旅游,感受较为舒适。4 月,在偃师、伊川和宜阳人



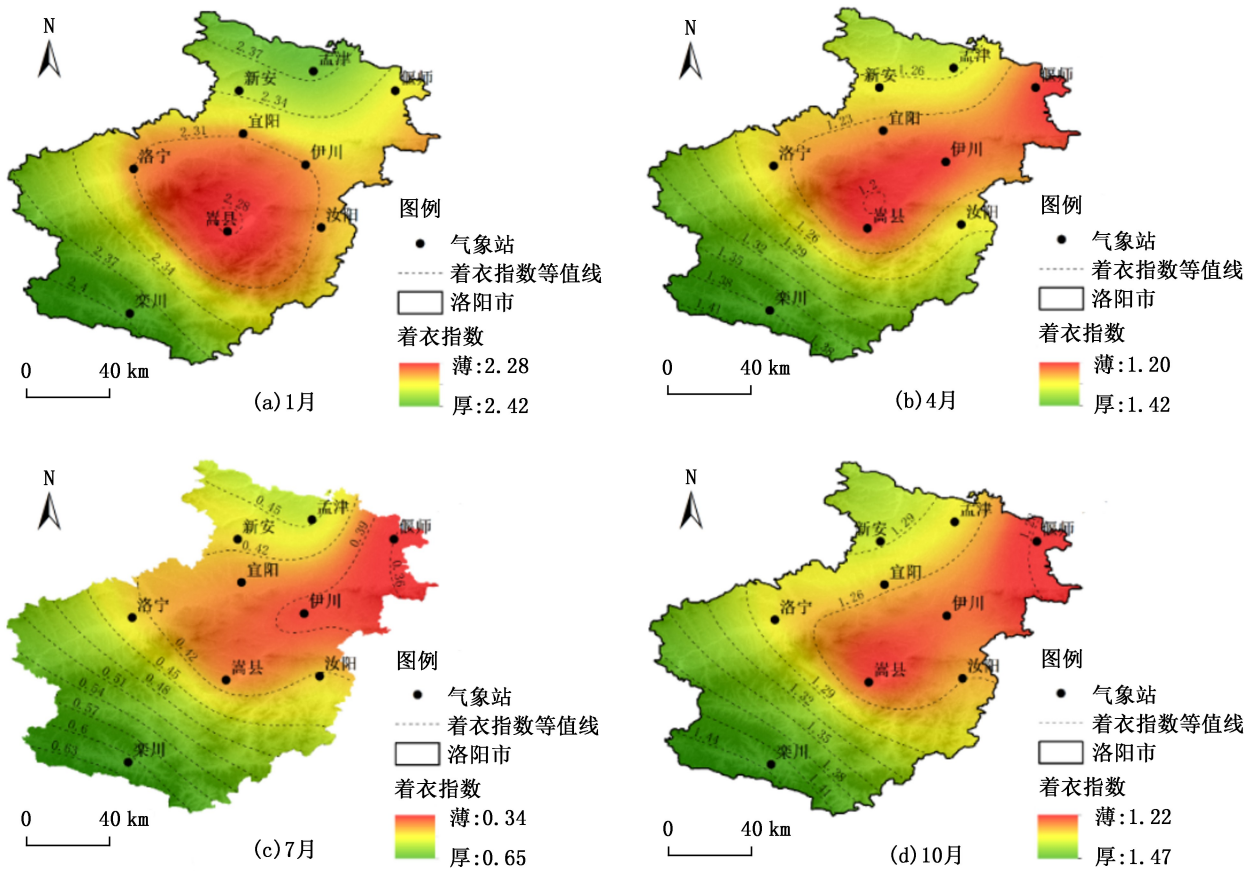


图 6 洛阳市穿衣指数空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of clothing index in Luoyang

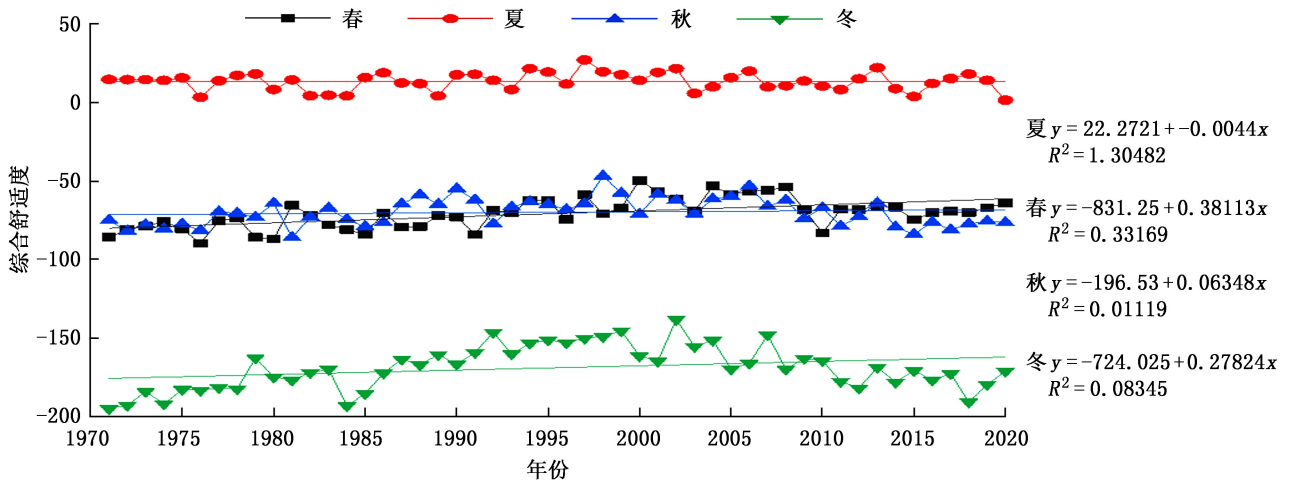


图 7 洛阳市综合舒适度指数及变化趋势

Fig. 7 Change trend of comprehensive comfort index in Luoyang

体感受的舒适度最佳,气温凉爽,舒适风,穿着轻便;而 1 月气温低,感受为极不舒适的寒冷,除嵩县为舒适风外,其余区域均为凉风,穿着厚实,舒适度较差。

3 月作为不舒适至舒适的过渡月份,各指数值均向舒适区间靠近,2—4 月由寒冷转为偏冷,进而

转向舒适清凉;凉风转为舒适风;穿着由厚实的外套转为冬季常用服,进而转向衬衫和常用便服;而 11 月与之相反,由舒适的月份向不舒适过渡。

在夏季的 3 个月中,洛阳市均受到不同程度的温度和风速等因素的影响,舒适度在 6—8 月有所降

表 2 各区县的月平均温湿指数、风效指数和穿衣指数

Tab. 2 Monthly average temperature and humidity index, wind efficiency index, and clothing index of each district and county

气象站	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
栾川	ebd	dbd	cAd	bAb	ABA	BCA	CCB	CCA	ABA	bAb	cAd	dbd
洛宁	ebd	dAd	cAc	bAA	BCA	CCB	DCC	CCB	BCA	bBA	cAc	dAd
孟津	ebd	dbd	cAc	bAA	BBA	CCB	DCC	CCB	BBA	bAA	cAd	dbd
汝阳	ebd	dbd	cAc	bAA	BBA	CCB	DCC	DCB	BBA	bAA	cAc	dbd
嵩县	eAd	dAd	cAc	bBA	BCA	CCB	DCC	DCB	BCA	bBA	cAc	dAd
新安	ebd	dbd	cAc	bAA	BBA	CCB	DCC	DCB	BBA	bAA	cAc	dbd
偃师	ebd	dbd	cAc	AAA	BCA	CCC	DCC	DCC	BCA	bAA	cAc	dbd
伊川	ebd	dbd	cAc	AAA	BBA	CCC	DCC	DCC	BBA	bAA	cAc	dbd
宜阳	ebd	dbd	cAc	AAA	BBA	CCB	DCC	DCC	BBA	bAA	cAc	dbd

低,在春季至秋季之间,舒适度出现小范围“山谷”状波动,人体感受多为偏热、闷热、较不舒适,暖热风,适宜穿着轻便的夏服和短袖开领衫。

在5月和9月中,洛宁、嵩县和偃师的人体感受指向为暖热风,其他地区为较舒适的暖风;栾川的温湿感受为非常舒适,凉爽宜人,而其他区域感受舒适、温暖;穿衣无区域差异,均适宜较薄的衬衫或便服。

在4月和10月中,除4月的偃师、伊川和宜阳温湿指数指向为凉、非常舒适外,其余区域的人体感受均为清凉、感受舒适;除去温湿指数,4月和10月的孟津、汝阳和新安的人体感受指向为舒适风,适宜穿轻便的衬衫、便服,而4月的洛宁、10月的偃师、伊川和宜阳与前三区域相同;嵩县在4月和10月均为暖风,宜穿着衬衫、便服,而洛宁10月的舒适度与之相同;栾川于4月和10月的人体感受为舒适风,受海拔等因素影响,气温较低,宜穿春秋常用服。

## 4 结 论

以洛阳市 1971—2020 年 9 个气象站点的月数据,对气候舒适度各指数进行舒适月份统计,分别对 50 年间四季的舒适度指数趋势进行拟合,并结合 GIS 空间插值对典型月份的多年平均指数进行空间可视化,得到以下结论:

1) 温湿指数和穿衣指数的舒适月集中分布于 4 月、5 月、9 月和 10 月,主要受夏季和冬季气温的影响,舒适月主要在春秋两季;风效指数则集中分布于 1—4 月和 10—12 月,5 月和 9 月也有大量分布,夏季受闷热风的影响,舒适月相对较少。

2) 在 50 年间,温湿指数整体呈波动上升趋势,春季与冬季的上升幅度较为显著;穿衣指数呈波动下降趋势,冬季与春季的下降幅度较明显;风效指数和综合舒适度指数在春、秋和冬季呈波动上升趋势,春季的上升幅度较为显著,夏季呈平稳波动下降趋势,其中风效指数下降趋势较大。

3) 受地形和海拔因素影响,温湿指数形成东北高、西南低的空间格局;风效指数在空间分布上呈西南部 and 东北部低,东南部至西北部高的带状分布趋势;穿衣指数与温湿指数相反,在空间上形成东北低、西南高的空间格局,气温越高,穿衣指数越低,穿着衣物越薄。

4) 洛阳市舒适度最佳时间为 4 月,主要集中于偃师、伊川和宜阳为主的东北部较小范围区域内,其余东北部次之;10 月舒适度很好,主要分布于洛阳市东北部区域;5 月和 9 月舒适度较好,其中栾川的舒适度优于其他区域,其次为东北区域,再次是洛宁、嵩县和伊川。

5) 在全球变暖的趋势下,洛阳市的气候也逐渐趋于暖湿化,综合舒适度指数在 50 年间整体呈波动上升趋势,由此说明洛阳市的旅游气候舒适度波动上升、趋势向好,为游客外出旅行、休闲娱乐提供了良好的气候条件,有利于洛阳市旅游业的长足发展。

## 5 讨 论

由于获取洛阳市气象站的数据是以月为单位,不足之处是在统计分析和评价旅游气候舒适度时无法计算至各旬的指数值,但本文将舒适度指数划分标准精确至小数点后 2 位小数,提高了指数分段精

度,在此9个气象站共5400个月数据的基础上,对气候舒适度各指数进行舒适月份统计,对四季指数变化的趋势进行拟合,并结合GIS技术,对典型月份的多年平均指数进行空间可视化,利用等值线的走向和排列情况进行空间舒适度分析,由此从时空角度对洛阳市旅游气候的舒适度实现精细化评估。

对于洛阳市的旅游气候舒适度研究成果相对较少,本文对其近50年间的气候舒适度进行评价发现,洛阳市的气候趋于暖湿化,利于旅游业的发展,对于夏季舒适度较差区域,可在较高海拔区域依山而建旅游度假区,冬季可开发冰雪娱乐项目等。

### 参考文献:

- [1] TERJUNG W H. Physiologic climates of the contentions United States: A bioclimatic classification based on man[J]. *Annals A A G*, 1966, 5(1): 141-179.
- [2] OLIVER J E. Climate and man's environment: an introduction to applied climatology[M]. New York: John Wiley & Sons. Inc, 1973: 195-206.
- [3] HOUGHTON D D. Handbook of applied meteorology[M]. New York: John Wiley & Sons. Inc, 1985: 778-811.
- [4] 韩蓓蓓,陈兴全,李东,等. 华山旅游气候舒适度时空变化分析[J]. *气象与环境科学*, 2014, 37(2): 80-84.
- [5] 李东,杨兆萍,时卉,等. 乌鲁木齐市旅游气候与旅游气候舒适度分析[J]. *干旱区研究*, 2014, 31(3): 404-409.
- [6] 孔钦钦,葛全胜,席建超,等. 中国重点旅游城市气候舒适度及其变化趋势[J]. *地理研究*, 2015, 34(12): 2238-2246.
- [7] 孙根年,余志康. 中国30°N、35°N线城市气候舒适度与地形三级阶梯的关系[J]. *干旱区地理*, 2014, 37(3): 447-457.
- [8] 徐静,卢宛梅,刘志刚,等. 1966—2018年秦皇岛气候舒适度时空变化特征[J]. *气象与环境学报*, 2020, 36(3): 80-86.
- [9] 马丽君,孙根年,王洁洁. 中国东部沿海沿边城市旅游气候舒适度评价[J]. *地理科学进展*, 2009, 28(5): 713-722.
- [10] 张可心. 1981—2018年庆阳市气候舒适度特征分析及评价[J]. *干旱区地理*, 2020, 43(5): 1270-1277.
- [11] 陈建新,易伟霞,祝晓红. 基于GIS的南阳旅游舒适度分析[J]. *气象与环境科学*, 2020, 43(3): 109-115.
- [12] 张建国,唐笛扬,潘心禾. 丽水市旅游气候舒适度时空特征分析[J]. *林业与生态科学*, 2020, 35(4): 464-470.
- [13] 刘艳霞,冯莉,田慧慧,等. 中国气候舒适度时空分布特征分析[J]. *地球信息科学学报*, 2020, 22(12): 2338-2347.
- [14] 韦夷,胡慧敏. 基于GIS的生态旅游舒适度评价系统研究[J]. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2021, 52(1): 149-152.
- [15] 邱黎,曹洁,林隆超,等. 基于GIS的山东省旅游气候舒适度精细化评估[J]. *资源科学*, 2013, 35(12): 2501-2506.
- [16] 丁玲玲,傅辉,张弢. 汉江流域旅游气候舒适度的变化特征分析[J]. *重庆师范大学学报(自然科学版)*, 2016, 33(5): 165-170.

责任编辑: 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.008

## 基于 GIS 的澳洲坚果在云南适宜种植区划分研究

王翠华<sup>1</sup>, 文涌彬<sup>2</sup>, 任万竹<sup>1</sup>

(1. 云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051; 2. 元谋县羊街镇人民政府, 云南 元谋 651300)

**摘要:**为促进云南省澳洲坚果产业持续发展,利用 GIS 技术将 7 个气候要素和 DEM 网格图叠加分析,划分澳洲坚果在云南种植的最适宜、次适宜和不适宜区。结果表明,最适宜区面积 57 939 km<sup>2</sup>,占云南省国土面积的 14.7%;次适宜区面积 63 977 km<sup>2</sup>,占云南省国土面积的 16.2%。澳洲坚果可种植区域为文山州、红河州、普洱市、德宏州、临沧市、保山市、西双版纳州及玉溪南部地区,主要为云南热带、亚热带地区的河谷地带、低海拔山地区域。

**关键词:**澳洲坚果;地理信息系统;适生区划分;云南省

中图分类号:S721;S664;P208 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0046-04

引文格式:王翠华,文涌彬,任万竹.基于 GIS 的澳洲坚果在云南适宜种植区划分研究[J].林业调查规划,2023,48(3):46-49. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.008

WANG Cuihua, WEN Yongbin, REN Wanzhu. Classification of Suitable Planting Areas for *Macadamia ternifolia* in Yunnan Based on GIS[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 46-49. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.008

## Classification of Suitable Planting Areas for *Macadamia ternifolia* in Yunnan Based on GIS

WANG Cuihua<sup>1</sup>, WEN Yongbin<sup>2</sup>, REN Wanzhu<sup>1</sup>

(1. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China;

2. Yangjie Township People's Government, Yuanmou, Yunnan 651300, China)

**Abstract:** In order to promote the sustainable development of *Macadamia ternifolia* industry in Yunnan Province, seven climatic elements and DEM grid map were superimposed and analyzed by using GIS technology, and the thematic map of the most suitable, sub-suitable and unsuitable areas for *Macadamia ternifolia* planting in Yunnan was divided. The results showed that the most suitable area was 57 939 km<sup>2</sup>, accounting for 14.7% of the land area of Yunnan Province; the sub-suitable area covered an area of 63 977 km<sup>2</sup>, accounting for 16.2%. *Macadamia ternifolia* can be planted in Wenshan Prefecture, Honghe Prefecture, Pu'er City, Dehong Prefecture, Lincang City, Baoshan City, Xishuangbanna Prefecture and the south of Yuxi City in Yunnan, mainly in the river valleys and low-altitude mountainous areas with tropical and subtropical climate in Yunnan.

**Key words:** *Macadamia ternifolia*; geographic information system; division of suitable areas; Yunnan Province

澳洲坚果(*Macadamia ternifolia* F. Muell.)又被称之为夏威夷果等,属山龙眼科、澳洲坚果属,是一

种常绿乔木,双子叶植物。澳洲坚果主要引种于云南和广西,在四川、贵州、广东、海南等省也有引种试

收稿日期:2021-12-06;修回日期:2022-06-10.

第一作者:王翠华(1987-),男,云南元谋人,工程师.从事林业调查规划工作. Email:675049866@qq.com

责任作者:任万竹(1967-),女,云南昆明人,高级工程师.从事林业调查规划工作.

种成功报道<sup>[1]</sup>。云南省引进澳洲坚果以来,开展了许多初步的引种试验,试验的结果促进了澳洲坚果新兴产业的发展,但未对澳洲坚果的适生区进行划分,在种植选址上比较盲目。所以,明确地划定澳洲坚果的适生区域,对提升云南省澳洲坚果产业的发展空间极其重要。

基于GIS技术应用,通过点插值和面状空间数据融合,获取7个气候生态因子和DEM网格图数据,通过空间分析和统计结果,划分出澳洲坚果云南适宜种植区,有助于制定科学合理的产业发展规划,促进产业健康稳步发展。

## 1 研究现状

我国引进澳洲坚果突破重重难关,经过多年的试验观测和试种研究,已取得了重大突破。云南云澳达公司<sup>[2]</sup>从引进的60个品种中选育出农试660、农试741、农试788、农试246、农试344、农试508优良品种,通过了品种审定,作为林木良种在云南省适宜种植区进行推广。

近年来,GIS技术应用于研究适生区划分越来越广泛,如付小勇等<sup>[3]</sup>采用GIS技术对云南西南桦种植气候生态适宜度进行精细化分区,为西南桦人工林的合理种植布局提供了建议。秦公伟等<sup>[4]</sup>运用判断矩阵法、线性加权求和法、GIS空间分析法和层次聚类分析法,基于地形数据、气候数据和土壤数据等11个指标,进行陕西省蓝莓生长的潜在适生区划研究。运用GIS技术,通过多种空间数据的利用,对影响植物生长的生态因子进行空间叠加分析,可区划出植物在一定区域范围内的最适宜区、次适宜区和不适宜区。

## 2 研究方法

### 2.1 资料收集

本次研究采用云南省130个气象站记录的点数据和全球气候数据网下载的面状空间数据进行插值并融合。采用了云南省年均温、最冷月均温、最热月均温、

年最低温、年最高温、年均降雨量和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温7个气象数据和云南省数字高程模型(DEM)栅格数据。

### 2.2 指标体系建立

查阅澳洲坚果的生境资料及国内的分布情况资料,选取与澳洲坚果生长发育密切相关海拔和气候因子,建立其气候生态适宜性区划指标体系。

1) 年平均气温( $T_a$ ): 温度是影响澳洲坚果生长分布的主要生态因子之一。其生长要求年均温在 $17^{\circ}\text{C}$ 以上<sup>[5]</sup>。

2) 最冷月平均气温( $T_1$ )和最热月平均气温( $T_2$ ): 澳洲坚果在高于 $30^{\circ}\text{C}$ 的环境下,生长会严重受阻, $10^{\circ}\text{C}$ 以下停止生长。成龄树只能短期承受 $-4.0\sim -5.6^{\circ}\text{C}$ 低温。

3)  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温(AAT): 积温是研究植物的生长发育对热量要求的一种指标,也是评价一个地区热量资源的依据。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温是表征地区热量的标尺,常作为气候区划和农业气候区划的热量指标<sup>[6]</sup>。云南省 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 $900\sim 8220^{\circ}\text{C}$ ,其中高于 $6000^{\circ}\text{C}$ 地区都适宜澳洲坚果生长。

4) 极端最低温( $T_{\min}$ )和极端最高温( $T_{\max}$ ): 澳洲坚果成年果树只能忍受短时的 $-5.6^{\circ}\text{C}$ 左右的低温<sup>[7]</sup>,能短暂忍受极端最高温 $39^{\circ}\text{C}$ 。开花期如果多日 $36^{\circ}\text{C}$ 以上高温,会使花粉干死或不授粉,造成开花不结果<sup>[5]</sup>。

5) 降雨量: 澳洲坚果适宜在干湿季明显的热带和温暖无霜的亚热带地区栽培,年降水量为 $1100\sim 1500\text{mm}$ ,不适宜在年降水量低于 $1000\text{mm}$ 且无灌条件的地区种植。

6) 海拔: 澳洲坚果种植一般在海拔高度 $800\text{m}$ 以下,而在云南省海拔在 $1400\text{m}$ 以下地区都能正常生长。

选取以上8个关键生态因子作为区划指标来划分云南省澳洲坚果适宜种植区。区划指标具体情况见表1。

### 2.3 区划方法

在适生性分析中,常用的分区方法有集优法、数理统计分析法、模糊数学法等<sup>[8]</sup>。采用集优法进行

表1 澳洲坚果种植气候生态适宜性区划指标

Tab. 1 Classification indicators of suitable areas for *Macadamia ternifolia* planting

适宜度区域	$T_a/^{\circ}\text{C}$	$T_1/^{\circ}\text{C}$	$T_2/^{\circ}\text{C}$	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温/ $^{\circ}\text{C}$	$T_{\min}/^{\circ}\text{C}$	$T_{\max}/^{\circ}\text{C}$	降雨量/mm	海拔/m
最适宜区	20~25	>10	25~28	>6000	>3	<36	>1200	<1400
次适宜区	18~20 或 25~30	7~10	>28~35	5000~6000	-5~3	36~39	1000~1200	1400~1800
不适宜区	>30 或 <18	<7	>35	<5000	<-5	>39	<1000	>1800

澳洲坚果种植适宜区区划是一种较好的分区方法<sup>[9]</sup>。利用 ArcGIS(版本 10.2)软件将 8 个生态因子的栅格图层按照表 1 指标进行分级并赋值,最适宜区赋值 2,次适宜区赋值 1,不适宜区赋值 0。将 8 个已分级图层叠加相乘分析得到新图值,从 0 至 256,所有 0 值都为不适宜区,超过 128 为最适宜区,其他为次适宜区。

### 3 结果与分析

#### 3.1 适宜区域分布

根据区划指标体系,采用 GIS 制图及地理信息可视化的方法,分析得出种植气候生态适宜性区划的分布图(图 1),可直观看出云南省澳洲坚果适宜种植区主要分布于北纬 25°以南地区。适宜种植区(包括最适宜区和次适宜区)分布北线呈开口向上的斜勾弧形曲线,分布北线由师宗、丘北、文山、蒙自、个旧、建水、石屏、新平、景东、云县、凤庆、昌宁、隆阳区和泸水市北端行政界线构成。

适宜区分布涉及文山州、红河州、普洱市、德宏州、临沧市、保山市、西双版纳州、玉溪市、怒江州等 9 个州(市)。

#### 3.2 气候生态适宜区区域区划结果

云南澳洲坚果种植气候生态适宜区主要分布在云南南部热带和亚热带地区,其中最适宜区面积 57 939 km<sup>2</sup>,占云南省国土面积的 14.8%;次适宜区面积 63 977 km<sup>2</sup>,占云南省国土面积的 16.2%。云南省各地州(市)澳洲坚果种植气候生态适宜区域区划结果见表 2。

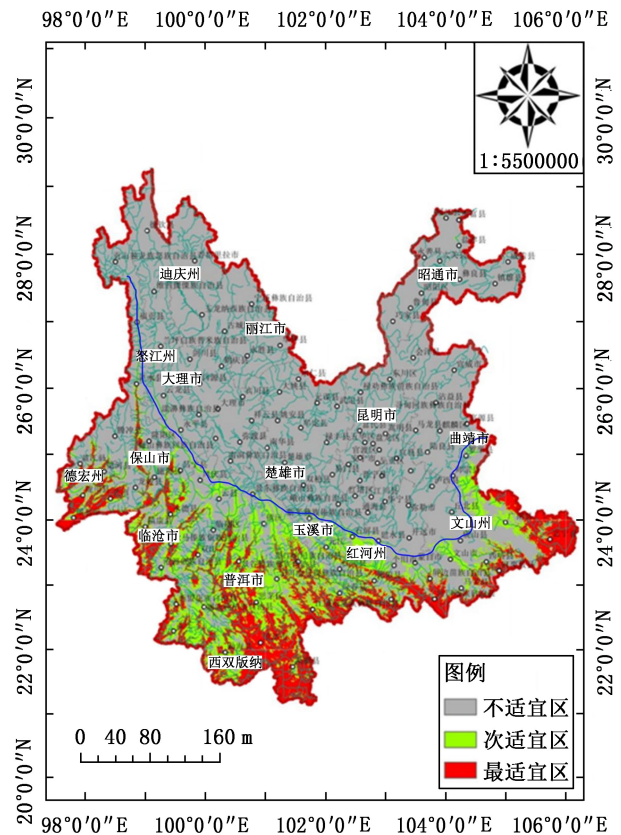


图 1 基于 GIS 的云南澳洲坚果种植气候生态适宜区分布

Fig. 1 Division of *Macadamia ternifolia* planting suitable areas in Yunnan based on GIS

#### 3.2.1 最适宜区

根据区划结果得出,云南澳洲坚果最适宜区主要位于文山州、红河州、玉溪市、普洱市、西双版纳州、

表 2 云南澳洲坚果种植气候生态适宜区域区划结果

Tab. 2 Zoning results of suitable areas for *Macadamia ternifolia* planting in Yunnan

州(市)	次适宜区		最适宜区		次适宜区域描述	最适宜区描述
	面积 /km <sup>2</sup>	占国土面积比例/%	面积 /km <sup>2</sup>	占国土面积比例/%		
普洱	23934	45.75	13681	26.15	全市海拔 1200~1800 m 地区	澜沧江、小黑江、威远江和勐戛河流域,海拔 800~1400 m
临沧	8538	30.22	5041	17.84	海拔 1400~1800 m 的河谷地带	永康河,南捧河、南汀河、南皮河,海拔 1000~1400 m
红河	8041	21.07	7096	18.59	红河流域,石屏、建水县,海拔 1000~1600 m	红河流域,金平、绿春县,海拔 300~1200 m
文山	6845	18.31	9382	25.10	西洋河、清水江流域,海拔 1400~1600 m	富宁、麻栗坡,海拔 800~1200 m
西双版纳	6104	27.51	14724	66.36	勐海县,全州海拔 1400~1700 m 地区	全州海拔 800~1300 m 地区
保山	2854	12.32	2430	10.49	怒江流域,海拔 1200~1600 m	施甸县东南部、龙陵县,海拔 800~1100 m
德宏	2501	18.53	5088	37.71	南底河流域,海拔 1000~1500 m	大盈江、龙川江、芒市河、瑞丽南部地带,海拔 800~1000 m
玉溪	2056	11.45	135	0.75	新平县、元江县,海拔 1500~1800 m 地区	元江县少部分地区,海拔 1100~1400 m
怒江	878	4.79	267	1.46	怒江流域,海拔 1500~1800 m	怒江南部流域,海拔 1200~1500 m

临沧市、德宏州、保山市、怒江州。最适宜区面积最大3个州市分别是西双版纳州、普洱市和文山州。

西双版纳州最适宜区面积达到14 724 km<sup>2</sup>,景洪市、勐腊县、勐海县大部分地区均可种植。西双版纳全境为热带气候,年均温达到18~20℃,降水在1 135 mm以上,非常适宜种植澳洲坚果。

普洱市最适宜区面积为13 681 km<sup>2</sup>,主要分布于澜沧江流域、思茅区的小黑江和普洱大河流域、景谷县的威远江和勐戛河流域、江城河谷和孟连县南部地带。受亚热带季风气候的影响,分布区冬季温暖,常年无霜,年均温达20℃,年降雨量1 100~2 780 mm,年无霜期在315 d以上。

文山州最适宜区是东部的富宁县,南部的麻栗坡县和广南县。海洋性气候比较明显,年温差小,日温差大,春温高于秋温,无霜期长,霜雪少。年平均气温12.0~23.1℃,≥10℃积温4 500~7 500℃,年降水量为1 000 mm。

红河州最适宜区主要分布于红河流域的金平县和绿春县,属于亚热高原型湿润带季风气候河谷地带,年平均气温为23.4℃,年平均降雨量大。德宏州最适宜种植区为大盈江、龙川江、芒市河流域,以及瑞丽市南部地带。临沧市最适宜区集中于永德县永康河流域,镇康县南捧河流域,耿马县南汀河、南皮河流域,双江县澜沧江、小黑江流域。保山市分布区沿着怒江流域,主要在龙陵县和施甸县东南部。

以上区域日照充足、降水充沛,夏季无高温炎热,冬季寒害及霜冻天气少,气候整体湿热,是云南澳洲坚果的重点造林区,在大面积营造澳洲坚果人工林基地选址时应重点考虑。

### 3.2.2 次适宜区

次适宜区域有玉溪市新平县和元江县海拔1 500~1 800 m的地区、曲靖市罗平县和师宗县海拔1 100~1 700 m地区、怒江州怒江流域海拔1 500~1 800 m地区、保山市怒江流域海拔1 200~1 600 m地区、迪庆州澜沧江流域少部分零散地区。

澳洲坚果次适宜区受地形、海拔影响大,垂直气候特点明显,有些海拔过低地区在极端年份会出现夏季过干干旱的情况,有些海拔较高的地区冬季会发生冻害现象,这对于澳洲坚果的生长有一定程度的影响。

### 3.2.3 不适宜区

云南澳洲坚果不适宜区有昆明市、丽江市、楚雄州、昭通市、曲靖市、大理州、迪庆州、玉溪北部、红河东北部、文山西北部以及怒江州除怒江河谷以外地区,气候主要表现为寒温带高原山地气候、亚热带高原山地

气候、干热河谷气候、热带气候。该区或因热量资源不足,致使澳洲坚果有机物积累量少,植株矮小;或因降水偏少,蒸发量大,生境干热,相对湿度不足,导致澳洲坚果出现脱水现象,果实产量受影响。并且,地形地貌复杂的区域小气候特征比较突出,在旱季的3—4月份降水量太少,会影响澳洲坚果开花;冬季低温过低,会出现霜冻和冰凌冻害现象,植株越冬困难,偶尔有倒春寒灾害发生,不适宜澳洲坚果生长。

## 4 小 结

GIS高新技术为获取澳洲坚果种植区提供了快捷、高效的新方法,使适宜性区划更细致、更合理。

区划结果准确反映了云南澳洲坚果种植所需热量、温度及水分等要素条件,为推广种植澳洲坚果提供了适宜区域。

云南受亚热带季风气候和热带雨林气候影响,热区面积大的滇南、滇西南、滇东南的中低河谷和海拔800~1 600 m的山区雨、热充足,基本无冻害和霜害,是发展澳洲坚果产业的理想区域,也是澳洲坚果的重点造林区。

## 参考文献:

- [1] 云南澳洲坚果产业调研组. 云南省澳洲坚果产业发展现状、存在问题及建议[J]. 热带农业科技, 2007, 30(1):10-14.
- [2] 陈剑英,王敬波. 标准化生产促进澳洲坚果产业发展[J]. 云南林业, 2013, 34(6):53.
- [3] 付小勇,杨建荣,刘永刚. 基于GIS云南西南桦气候生态适宜性区划[J]. 西部林业科学, 2014(6):104-108.
- [4] 秦公伟,张静,王艳龙. 基于GIS的陕南蓝莓潜在适生区域研究[J]. 甘肃农业大学学报, 53(5):115-123.
- [5] 莫蕤,韦芳,苏春芹,等. 右江河谷引种澳洲坚果的农业气候条件分析及种植措施[J]. 现代农业科技, 2008(18):119-120.
- [6] 李世奎. 中国农业气候区划[J]. 自然资源学报, 1987(1):73-85.
- [7] 岳海,李国华,李国伟,等. 澳洲坚果不同品种耐寒特性的研究[J]. 园艺学报, 2010, 37(1):31-38.
- [8] WARWICK S I, PHILLIPS D, ANDREWS C. Rhizome depth: the critical factor in winter survival of *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Johnsongrass) [J]. Weed Research, 1986, 26(6):381-388.
- [9] 韩湘玲. 农业气候学[M]. 太原:山西科学技术出版社, 1999:16-188.

责任编辑:刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.009

## 北斗卫星定位系统在森林航空消防中的应用

刘晓曦

(应急管理部南方航空护林总站,云南 昆明 650021)

**摘要:**为监督各航空护林站飞机的飞行安全,严把飞机放行关,及时掌握航空护林飞机飞行动态,基于我国近年来新组网的北斗卫星导航系统,构建了北斗卫星航空消防定位系统,实现了对森林航空消防作业飞机的实时监控和动态监管,达到了设计目标。

**关键词:**森林航空消防;北斗卫星定位系统;飞行定位;动态监视

中图分类号:S762.6;P208 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0050-03

引文格式:刘晓曦.北斗卫星定位系统在森林航空消防中的应用[J].林业调查规划,2023,48(3):50-52.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.009

LIU Xiaoxi. Application of Beidou Satellite Positioning System in Aviation Forest Fire Protection[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 50-52. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.009

## Application of Beidou Satellite Positioning System in Aviation Forest Fire Protection

LIU Xiaoxi

(Southern Air Forest Protection Station of Emergency Management Department, Kunming 650021, China)

**Abstract:** In order to supervise the flight safety of aircrafts in air forest protection stations, strictly control the clearance of aircrafts, and timely grasp the flight dynamics of air forest protection aircrafts, Beidou Satellite Aviation Fire Protection Positioning System was constructed based on the newly networked Beidou Satellite Navigation System in recent years, which realized the real-time monitoring and dynamic supervision of air forest fire protection aircrafts, and achieved the design goal.

**Key words:** forest aviation fire protection; Beidou Satellite Positioning System; flight positioning; dynamic monitoring

### 1 北斗卫星定位系统在森林航空消防中应用的背景及意义

随着森林航空消防业务范围的不断扩大和森林航空消防飞机数量的不断增加,对森林航空消防安全生产、作业飞机的监视提出了更高的要求。南方航空护林总站承担整个南方 18 省(区、市)的森林消防航管任务,经过多年努力,成绩显著,森林航空

消防已成为南方地区森林防火的一项重要手段。从早期的森林航空消防飞机巡护预警为主到单架直升机直接灭火为主,再到现在的多驾直升机机群灭火,森林航空消防飞机在森林火灾扑救中的作用凸显,甚至成为扑灭一些重大森林火灾的决定性力量,走出了一条符合我国南方地区特点的护林防火道路,为森林防火事业开创了新的局面。以 2021 年为例,

收稿日期:2021-11-10.

第一作者:刘晓曦(1990-),男,云南腾冲人,工程师。从事航空护林调度、直升机场建设、航管项目建设等工作。



南航总站在南方 13 个省(区、市)34 个航站(局)、基地部署飞机 50 架(次),共计飞行 2 751 架次 5 194 h33 min,参与扑救林火 110 起,其中对 108 起林火实施吊桶灭火。

2019 年以前,南方森林航空消防总站的飞行管理主要是依靠电话通信来进行,飞机升空后其飞行动态无法实时掌握。森林火灾多数发生在偏远山区,存在着通信不畅的问题,同时飞机经常在偏远山区作业,时常处于雷达盲区无法监视,地面不能对飞机实施有效监视和调度。随着业务范围的不扩大和森林航空消防飞机数量的不断增加,对森林航空消防安全生产、作业飞机的监视及指挥提出了更高的要求。为监督各航空护林站的飞行安全,严把飞机放行关,及时掌握各航空护林飞机飞行动态,坚决杜绝违规飞行,迫切需要采用一套系统来对森林航空消防作业飞机进行监控。

## 2 北斗卫星航空消防定位系统组建

### 2.1 北斗卫星导航系统简介

北斗卫星导航系统简称北斗系统,英文缩写为 BDS,由空间段、地面段和用户端三大部分组成。空间段包括 5 颗地球静止轨道(GEO)卫星和 30 颗非地球静止轨道(Non-GEO)卫星<sup>[1]</sup>。其中 30 颗非静止卫星包括 3 颗倾斜地球同步轨道(IGSO)以及 27 颗中圆地球轨道(MEO)卫星<sup>[2]</sup>。GEO 卫星轨道高度 35 786 km,分别定点于东经 58.75°、80°、110.5°、140°和 160°;MEO 卫星轨道高度 21 528 km,轨道倾角 55°;IGSO 卫星轨道高度 35 786 km,轨道倾角 55°。

2018 年 12 月,北斗三号基本系统即可以为全球提供定位、导航、授时等服务;2019 年 9 月,北斗系统正式为全球展开服务;2019 年 11 月 5 日,我国发射第 49 颗导航卫星,北斗三号系统轨道组网顺利完成<sup>[3]</sup>;2020 年 7 月,北斗三号全球卫星导航系统正式开通,我国完成北斗卫星导航系统全系统组网。

### 2.2 北斗卫星航空消防定位系统建设

本系统主要是利用我国自主研发的北斗系统结合高清地图显示技术,应用于森林航空消防作业飞机的实时飞行定位、动态监视及调度指挥,提高飞行安全监管,实现对作业飞机的有效监控。

#### 2.2.1 系统建设目标

本系统是综合运用国防科技最新成果——北斗卫星导航定位系统、GPS 全球定位系统等,实现了高精度定位、飞行实时监控指挥调度等功能,综合了

计算机网络、地理信息系统(GIS)、计算机数据库系统等先进技术,将森林航空消防飞机飞行状态实时监控情况通过屏幕进行显示,以提升南航总站对森林航空消防飞机的安全监管水平。

#### 2.2.2 系统组成设计

北斗卫星航空消防定位系统由三大部分组成(图 1):总站航管调度中心、机载卫星通讯导航系统、航站航管分中心。

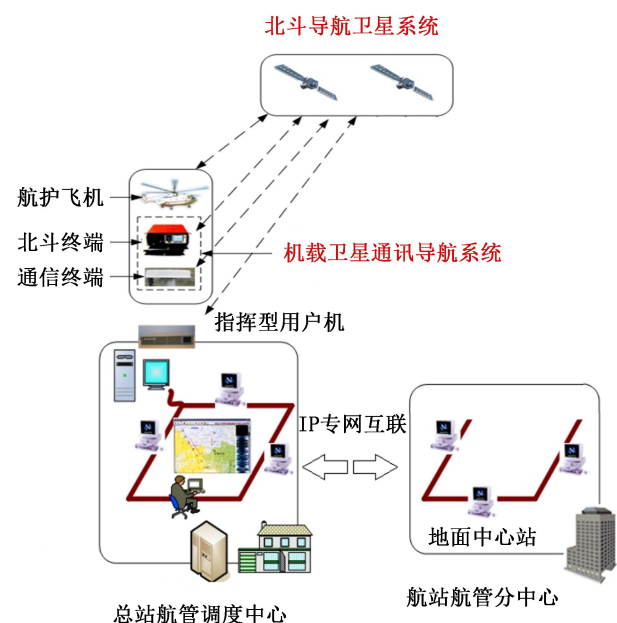


图 1 北斗卫星航空消防定位系统组成

Fig. 1 Composition of Beidou Satellite Aviation Fire Protection Positioning System

北斗卫星定位导航终端设备装载到森林航空消防飞机上,在飞机运动时,系统自动将当时定位信息通过安装在地面的指挥机实时传输到总站航管调度中心,并且在电子地图上形成实时轨迹,迅速直观地显示飞机的位置和运动方向等动态信息,总站航管调度中心再将这些信息分发到各航站航管分中心。飞机动态信息采集主要依靠北斗机载端和指挥机。

#### 1) 北斗机载端

北斗机载端主要由北斗三频天线、WIFI 模块、GPRS 模块、北斗收发模块、电源模块、自研北斗控制板模块组成。

北斗控制模块包括一片 CPU,一个 WIFI 模块和电源电路,其中 CPU 完成对北斗 1 和 BD2 串口数据的接收处理,同时建立 WIFI 和控制端平台的数据交换。具体功能为:完成对北斗模块的初始化,完

成默认设置中通过北斗 1 转发 BD2 的定位信息;识别设备正常工作状态,并给出指示灯显示;识别 WIFI 传来的信息,根据 WIFI 传来数据的要求,通过 WIFI 发送 BD2 定位信息或接收、发送北斗 1 的短信息内容。

机载端设备安装方法为:复合材料的飞机,如“小松鼠”,可把机载端的天线和电池一起放入机舱;金属材料的飞机,如“M-171”,需要订制机载端天线的支架,并且电源和天线之间的连接线要根据具体机型确认线的长度(如“M-171”需要 11 m 长的连接线);特殊机型的飞机,需要调研后确定安装方案。

## 2) 指挥机

指挥型用户机是“北斗一号”系统用户终端的一种,包括指挥机和北斗天线。其不仅可完成本机的定位、通信和授时功能,还可对注册过的其它所属用户进行信息接收和通播。北斗解码模块将定位数据或者通讯数据以及校验位进行加密处理,发送到卫星。指挥端接收到北斗卫星发送过来的数据包,通过解码模块进行解码,根据校验判断数据是否完整,若数据完整则进一步判断其是定位数据还是通讯数据,最后将数据信息通过 WCF 服务通讯存入数据库。

## 3 系统应用效果

2021 年度,南方航空护林总站航护系统安装北斗卫星航空消防定位设备 20 余套(次),安装机型涵盖 K-32、M-171、K-MAX、AS-350 等主要作业机型,效果达到预期。北斗卫星定位系统迅速直观地显示了森林航空消防飞机的位置和运动方向等实时动态信息(见图 2),实现了对森林航空消防作业飞机的实时监控。仅 2021 年航期,本北斗卫星定位系统就对执行包括冕宁 4·20、丽江玉龙石头乡、大理凤仪东山等 20 余起森林火灾扑救任务的飞机进行



图 2 飞行动态及运行轨迹

Fig. 2 Flight dynamics and trajectory

了有效监控。

## 4 结 语

北斗卫星航空消防定位系统的投入使用,把作业飞机的动态信息通过显示屏直观地显示出来,实现了对飞机的实时飞行定位和动态监管,弥补了偏远地区雷达监管短板,提升了南航总站对飞机的安全监管水平,也为今后航空应急救援指挥平台建设提供了基础数据支撑。

## 参考文献:

- [1] 辛宇鹏. 北斗卫星导航系统在军用飞机上的应用[J]. 航空航天, 2016(2): 36-37.
- [2] 刘若林. 基于北斗卫星导航系统的差分定位应用的研究[J]. 通信电源技术, 2020(4): 37-44.
- [3] 王淑慧. 北斗卫星导航系统的应用终端检测技术研究[J]. 技术应用, 2020(4): 202-203.

责任编辑: 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.010

## 五道峡自然保护区锐齿槲栎群落物种组成与群落特征研究

刘苗苗<sup>1</sup>, 邓正斌<sup>3</sup>, 李怀祥<sup>1</sup>, 任帅<sup>1</sup>, 祝文龙<sup>1</sup>, 汪正祥<sup>1,2</sup>

(1. 湖北大学资源环境学院, 湖北武汉 430062; 2. 区域开发与环境影响湖北省重点实验室, 湖北武汉 430062;  
3. 五道峡国家级自然保护区管理局, 湖北保康 441600)

**摘要:**锐齿槲栎是广泛分布于我国暖温带和亚热带山地中海拔地段的主要优势种,以五道峡国家级自然保护区内的锐齿槲栎群落为研究对象,通过种群年龄结构及数量动态变化,生活型谱及生长模型方面的研究,分析五道峡国家级自然保护区锐齿槲栎群落特征。结果表明,锐齿槲栎龄级结构中,个体数量在Ⅲ~Ⅵ龄级占比最大,种群中低龄个体数量充足;种群数量动态指数显示锐齿槲栎种群呈现增长趋势,但种群稳定性差且抗干扰能力较弱;生活型谱分析发现,占比最高的属于高位芽植物,且呈随海拔升高占比逐渐降低的趋势,植物生活型谱大致呈现“L”型;生长模型的研究表明,三次函数模型的决定系数 $R^2$ 达到最大值,且经过T检验,表明三次函数模型可以很好地用来拟合锐齿槲栎胸径—树高的关系。建议在原地保护的基础上进行科学的管理,并充分调动群众的积极性,为种群营造稳定的生存环境,促进种群的长期发展。

**关键词:**锐齿槲栎;五道峡自然保护区;龄级结构;数量动态;生活型谱;生长模型

中图分类号:S759.9;S992.18;S718.542 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0053-06

引文格式:刘苗苗,邓正斌,李怀祥,等.五道峡自然保护区锐齿槲栎群落物种组成与群落特征研究[J].林业调查规划,2023,48(3):53-58,213. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.010

LIU Miaomiao, DENG Zhengbin, LI Huaixiang, et al. Species Composition and Community Characteristics of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* in Wudaoxia Nature Reserve[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 53-58, 213. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.010

### Species Composition and Community Characteristics of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* in Wudaoxia Nature Reserve

LIU Miaomiao<sup>1</sup>, DENG Zhengbin<sup>3</sup>, LI Huaixiang<sup>1</sup>, REN Shuai<sup>1</sup>,  
ZHU Wenlong<sup>1</sup>, WANG Zhengxiang<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Hubei University, Wuhan 430062, China;  
2. Hubei Provincial Key Laboratory of Regional Development and Environmental Response, Wuhan 430062, China;  
3. Wudaoxia National Nature Reserve Administration, Baokang, Hubei 441600, China)

**Abstract:** *Quercus aliena* var. *acutiserrata* is a major dominant species widely distributed in mid altitude areas of warm temperate and subtropical mountains in China. This paper selected the *Quercus aliena* var. *acutiserrata* community in Wudaoxia National Nature Reserve as the research object to preliminary analyze the characteristics of community by the study of population age structure and quantity dynamics, life form

收稿日期:2022-01-10.

基金项目:湖北省中央引导地方科技发展专项(2019ZYD050);五道峡动植物样方样线调查与规划专项(214002001004).

第一作者:刘苗苗(1999-),女,陕西安康人,硕士.主要从事植物多样性研究. Email:15129470328@163.com

责任作者:汪正祥(1966-),男,湖北武汉人,博士,教授.主要从事生物多样性保护研究. Email:wangzx66@hubu.edu.cn

spectra, and growth models. The results showed that in the age-class structure of *Quercus aliena* var. *acutiserrata*, the proportion of individual numbers in the III-VI age class was the highest, and the number of young individuals in the population was sufficient; The population dynamic index showed that the population of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* presented an increasing trend, but the population stability was poor and the anti-interference ability was weak; The life form spectrum analysis found that the highest proportion belonged to high bud plants, and the ratio showed a gradual decrease with the increase in altitude, and the plant life form spectrum roughly showed an “L” shape; The study of the growth model showed that the coefficient of determination  $R^2$  of the cubic function model reached the maximum value, and the T test showed that the cubic function model could be used to fit the relationship between the DBH and the height of *Quercus aliena* var. *acutiserrata*. This paper recommended to conduct scientific management on the basis of in situ conservation and fully mobilize the enthusiasm of the masses to create a stable living environment for the population and promote the long-term development of the population.

**Key words:** *Quercus aliena* var. *acutiserrata*; Wudaoxia Nature Reserve; age structure; quantity dynamics; life form spectrum; growth model

锐齿槲栎属于壳斗科 (Fagaceae) 栎属 (*Quercus* L.) 的落叶乔木, 树高可达 30 m, 主要分布在我国湖北、陕西、河北、山西、辽宁东南部等地区<sup>[1-2]</sup>。一些学者对锐齿槲栎进行了相关研究, 陈志刚等<sup>[3-4]</sup>分析了林隙与林下环境对锐齿槲栎种群更新的影响, 并在神农架地区研究了锐齿槲栎种群更新与区域的生物多样性保护。全玉琴等<sup>[5]</sup>研究了秦岭中段锐齿槲栎天然次生林群落物种多样性。孙怡洁等<sup>[6]</sup>研究了宝天曼自然保护区锐齿槲栎林短期的动态变化。任学敏<sup>[7]</sup>对太白山锐齿槲栎次生林下乔木更新特征进行了研究。湖北省保康县五道峡国家级自然保护区出现大片原生锐齿槲栎林, 但目前对其研究鲜见报道。通过对五道峡自然保护区锐齿槲栎林种群结构与动态变化, 生活型谱及生长模型的研究, 进一步揭示锐齿槲栎林群落学特征, 为更好地保护五道峡自然保护区原生锐齿槲栎林提供科学支撑。

## 1 研究区概况

五道峡国家级自然保护区 (以下简称“保护区”) 位于湖北省襄阳市保康县境内, 地理位置为 31°45'23"~31°37'46"N, 111°5'44"~111°27'58"E, 总

面积 20 860 hm<sup>2</sup>。五道峡国家级自然保护区属于北亚热带大陆性季风气候, 全年均温 8.5℃, 极端最低温 -21.5℃, 极端最高温 35℃, 降雨多集中在夏季, 年均降水量在河谷和低山丘陵地带约为 900 mm。保护区热量丰富, 800 m 以上海拔高度地区无霜期平均为 210 d, 且无霜期具有随海拔每升高 100 m 减少 6 d 的变化规律。保护区内植被的垂直分布规律明显, 主要植被类型以常绿、落叶阔叶混交林为主, 具有中亚热带山地的典型植被类型特征, 保存着比较完整的天然及次生林资源, 是许多古老植物种属的“避难所”。

通过样地调查与分析, 发现五道峡保护区锐齿槲栎林主要分布在海拔 1 400~1 700 m 范围内。分别于海拔 1 430 m (S<sub>1</sub>)、1 680 m (S<sub>2</sub>) 和 1 690 m (S<sub>3</sub>) 处共设置 3 个样地, 样地概况如表 1 所示。

## 2 研究方法

### 2.1 样方设置与调查

在五道峡国家级自然保护区锐齿槲栎分布集中地带设置 3 个 20 m × 20 m 样地, 通过植物社会学<sup>[8]</sup>的方法和结合典型样方设置方法, 每一个样地由 4 个

表 1 五道峡自然保护区锐齿槲栎样地概况

Tab. 1 Overview of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* plots in Wudaoxia Nature Reserve

样地号	海拔/m	经度	纬度	坡度/(°)	坡位	坡向
S <sub>1</sub>	1430	111°16'39.36"E	31°41'1.06"N	15	台地	东南 15°
S <sub>2</sub>	1480	111°7'51.45"E	31°43'13.62"N	10	台地	东南 10°
S <sub>3</sub>	1490	111°7'49.61"E	31°43'13.7"N	35	斜坡, 中坡	东北 30°

10 m × 10 m 乔木样方(T),样地对角线位置的 2 个 10 m × 10 m 的灌木样方(S),4 个角及中心位置的 5 个 1 m × 1 m 草本样方(H)组成,共计 12 个乔木样方、6 个灌木样方和 15 个草本样方(图 1)。记录样方内出现的所有物种,以及建群种锐齿槲栎的数量、胸径、树高等数据;同时记录主要环境因子,包括经纬度、海拔、坡度、坡向、坡位等。

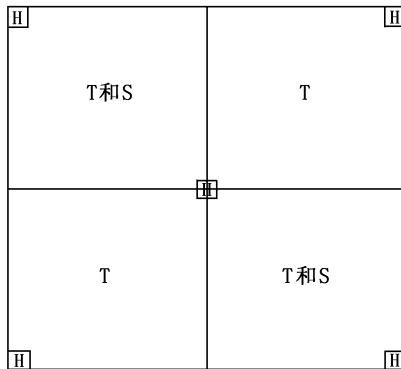


图 1 样方设置

Fig. 1 Sampling plots setting

## 2.2 数据处理

### 2.2.1 种群年龄结构及数量变化动态

种群的实际年龄相对胸径较难获取,本研究采用胸径级代替年龄级的方法。根据锐齿槲栎生活特征和野外调查数据特点,将锐齿槲栎种群以 5 cm 为步长划分为 9 个大小级,即第 I 级为 0~5 cm,第 II 级为 5.1~10 cm,以此类推。(I 级:幼龄,II~III 级:低龄,IV~V 级:中龄,VI~VII 级:高龄,VIII~IX 级:老龄)统计每个龄级锐齿槲栎个体数,以及各龄级分布状况。

种群的数量变化动态分析使用陈晓德<sup>[9]</sup>的方法,根据胸径结构和数量动态指数,计算锐齿槲栎种群总体数量动态变化指数  $V_{pi}$  (不考虑外部干扰)和  $V'_{pi}$  (考虑随机干扰)以及随机干扰风险极大值  $P$  (即种群结构对随机干扰的敏感性指数),进行种群结构及动态分析。

### 2.2.2 Raunkiaer 生活型系统及生活型谱分析

根据野外调查数据,统计样地中出现的全部植物种类,记录整体群落植物名录,根据 Raunkiaer 生活型<sup>[10]</sup>分类系统确定每种植物的生活型,求得每类生活型物种在全部物种数中的占比,编写各样地植物生活型谱。某一生活型物种的百分率( $P$ )具体计算公式为:

$$P = n_1 / N \times 100\% \quad (1)$$

式中: $n_1$  表示该区本生活型的植物种数; $N$  表示该区全部植物的种数。

### 2.2.3 锐齿槲栎胸径与树高相关模型研究

树高和胸径是进行植物群落调查时两个重要的指标,树高和胸径也是林分的重要因子<sup>[11]</sup>。锐齿槲栎在保护区分布范围较广,数量也较多,胸径测量较易,但树高测量难度较大,且费时耗力。根据实地调查所得到的胸径、树高数据,选取 9 种常见的回归模型分析锐齿槲栎胸径与树高间的关系,找到最适合锐齿槲栎胸径—树高的生长模型,为探究五道峡国家级自然保护区锐齿槲栎生长规律提供依据。

## 3 研究结果

### 3.1 群落物种组成

在五道峡自然保护区锐齿槲栎林样地中共记录植物物种 126 种,隶属于 48 科、85 属,其中乔木 21 种、灌木 47 种、草本 58 种。保护区内锐齿槲栎多分布在山脊或缓坡的中上部,群落结构较简单,乔木层除锐齿槲栎外主要伴生种还有枹栎 (*Quercus serrata*)、四照花 (*Cornus kousa* subsp. *chinensis*)、青榨槭 (*Acer davidii*)、尾叶樱桃 (*Cerasus dielsiana*)、鹅耳枥 (*Carpinus turczaninowii*) 等。灌木层主要物种有山胡椒 (*Lindera glauca*)、二翅六道木 (*Abelia macrotera*)、西南卫矛 (*Euonymus hamiltonianus*) 等。草本层盖度不大,但种类相对较多,主要物种有紫萼 (*Hosta ventricosa*)、单生莓 (*Rubus simplex*)、浅圆齿堇菜 (*Viola davidii*)、黑花紫菊 (*Notoseris melanantha*)、六叶葎 (*Galium hoffmeisteri*)、苔草 (*Carex* sp.)、中日金星蕨 (*Parathelypteris nipponica*) 等。

### 3.2 年龄结构

种群年龄结构在一定程度上反映出种群发展动态及趋势,其分布变化体现了种群与生存环境之间的密切关系以及种群自我更新生长的能力。在森林群落研究中,树木的年龄与胸径成正比<sup>[12]</sup>。采用径级结构代替年龄结构,用径级结构比例(%)指标表示不同龄级所占比例。根据划分的径级,统计样地中锐齿槲栎各个径级个体数,见表 2。

通过对锐齿槲栎几个代表样地各层分析发现,锐齿槲栎林中 I、II 级苗木数量少,III、IV、V 级苗木数量多。苗木多为实生苗,根据典型锐齿槲栎样地统计结果(表 2)表明,锐齿槲栎种群处于 I 级的个体有 1 株,II 级有 1 株,III 级有 15 株,IV 级有 30 株,V 级有 19 株,VI 级有 11 株,VII 级有 8 株,VIII 级有 4 株,IX 级有 2 株。经统计得出,种群中低龄级个体数

表 2 锐齿槲栎代表样地径级结构分析

Tab. 2 Analysis of the diameter class structure of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* representative plots

项目	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	VI 级	VII 级	VIII 级	IX 级
胸径/cm	≤5.0	5.1~10.0	10.1~15.0	15.1~20.0	20.1~25.0	25.1~30.0	30.1~35.0	35.1~40.0	≥40.1
总株数/株	1	1	15	30	19	11	8	4	2

很充足,样地中锐齿槲栎种群个体主要集中在 III~VI 龄级,占比可达 82.42%,但幼龄个体数占比较小,锐齿槲栎种群 I 和 II 龄级仅占总数的 2.2%,表明锐齿槲栎种群的幼龄个体数量不足。种群个体数从 VII 龄级后逐渐减少,高老龄个体数也逐渐减少,总体呈下降趋势。

### 3.3 锐齿槲栎种群动态指数分析

种群是构成群落的基本单位,其结构不仅能直接影响群落结构,而且能客观地体现群落的发展趋势,反映种群与环境间的相互关系,对阐明种群生态特性、更新对策乃至群落的形成及其稳定性等都具有重要意义<sup>[13-14]</sup>。

为了对锐齿槲栎种群结构特征进行更准确的评价,采用种群数量动态量化指数 ( $V_i$ ,%) 方法分析锐齿槲栎种群各个龄级的结构动态变化。分析结果显示,锐齿槲栎种群在  $V_1$  龄级中呈现出稳定的结构,种群动态量化指数  $V_1$  等于 0,  $V_2$  为 -47%,  $V_3$  为 -0.5%,均小于 0,说明种群在 II~III 龄级表现出衰退的结构动态关系,  $V_4 \sim V_5$  分别为 36.7%、26.67%、10%、13%、7%、7%,均大于 0,种群在此龄级中表现出增长的结构动态关系。总体来看,种群呈现“稳定、衰退、增长”的动态变化。进一步计算锐齿槲栎种群总体数量动态变化指数,结果显示,锐齿槲栎种群  $V_{pi}(16.14\%) > V'_{pi}(1.93\%) > 0$ ,这说明锐齿槲栎种群属于增长型种群,而随机干扰风险极大值  $P_{极大} = 0.11$ ,表明锐齿槲栎种群对外界随机干扰均具有较高的敏感性。

### 3.4 Raunkiaer 系统生活型及生活型谱分析

依据 Raunkiaer 生活型系统,调查研究区样地内共有高位芽植物 96 种,占比高达 76.38%,在样地中占绝对主导地位;地上芽植物 16 种,占比 12.61%,占比仅次于高位芽植物所占比率,位于第二;地面芽植物 9 种,占比 7.1%,一年生植物 5 种,占比 4.0%,调查样地中未统计到隐芽植物(表 3,表 4 和图 2)。由此可见,本保护区锐齿槲栎群落中种子植物以高位芽植物占优势,充分反映本区属于夏季高温多雨、冬季温和干燥的温湿多湿型气候<sup>[13-14]</sup>。

表 3 锐齿槲栎林植物生活型(株数)

Tab. 3 Plant life forms of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* forest in Wudaoxia Nature Reserve 株

样地编号	物种总数	高位芽植物	地上芽植物	地面芽植物	隐芽植物	一年生植物
S1	53	34	9	6	0	4
S2	59	49	5	4	0	1
S3	60	52	4	3	0	1

表 4 锐齿槲栎林不同海拔高度植物生活型谱

Tab. 4 Plant life form spectrum at different altitudes in *Quercus aliena* var. *acutiserrata* forest

海拔/m	占比/%				
	高位芽植物	地上芽植物	地面芽植物	隐芽植物	一年生植物
1430	64.15	16.98	11.32	0	7.55
1680	83.05	8.47	6.78	0	1.69
1690	86.67	6.67	5.00	0	1.67

由表 3、表 4 可以看出,各海拔段植物生活型谱均以高位芽植物和地上芽植物为主,高位芽植物占绝对优势,其次是地上芽植物,一年生植物在 3 个海拔高度均有,但占比不大。不同海拔高度,种群生活型谱存在差异,即随着海拔升高,群落中高位芽植物虽仍占主导地位,但占比有所变化,随着海拔升高逐渐增加,峰值出现在海拔 1490 m 处;地上芽植物占比呈现随海拔升高逐渐减少趋势;地面芽植物和地上芽植物占比变化趋势相同,均表现出随海拔升高而减小;一年生植物在海拔 1430 m 出现最多,占比随海拔升高而减小。从图 2 可以看出,3 个样地锐齿槲栎群落 Raunkiaer 生活型谱大致呈“L”型分布。

### 3.5 锐齿槲栎胸径—树高生长模型研究

通过做胸径—树高关系的散点图观察其分布及变化趋势,再进行树高一胸径模型拟合,使用 SPSS 软件进行回归分析,锐齿槲栎胸径和树高关系的相关曲线和方程见图 3,表 5。

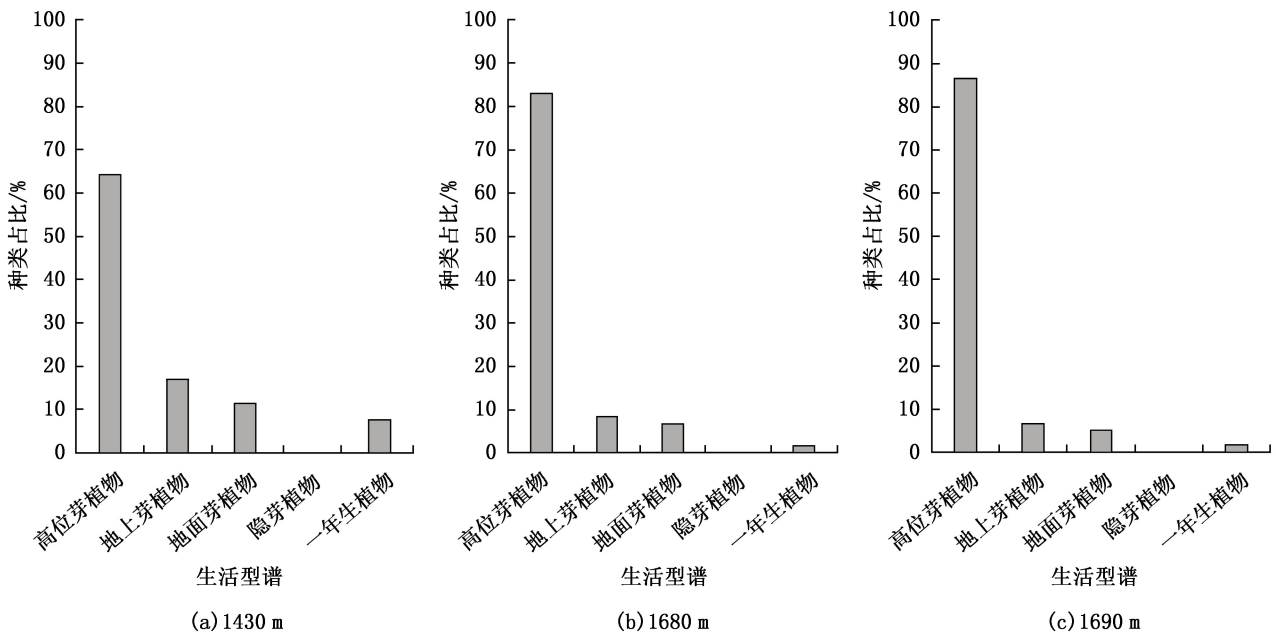


图 2 不同海拔高度样地 Raunkiaer 生活型谱

Fig. 2 Raunkiaer life form spectrum of the sample plots at different altitudes

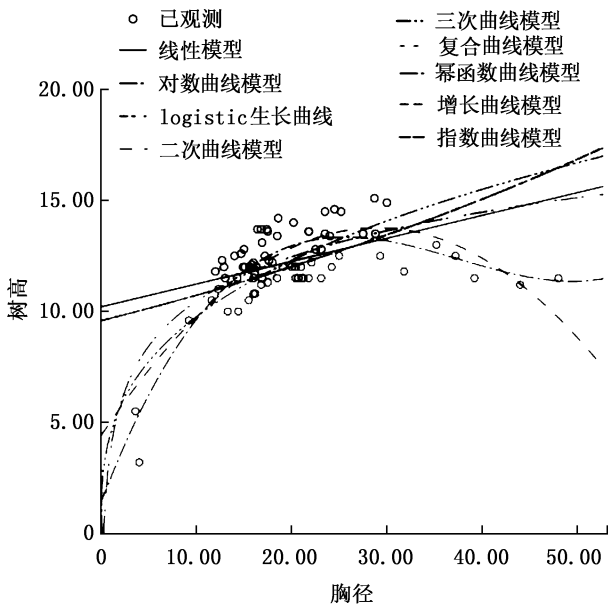


图 3 锐齿槲栎胸径—树高相关曲线

Fig. 3 Correlation curve diagram of DBH-height of *Quercus aliena var. acutiserrata*

由表 5 可以看出, 8 种曲线模型  $P$  值 ( $P = 0 < 0.05$ ) 均达到显著相关, 说明锐齿槲栎胸径—树高相关性极好, 其中, 三次函数模型的决定系数  $R^2 = 0.391$ , 函数模型表达式:  $y = 1.126x - 0.033x^2 + 0.0003x^3 + 1.398$ , 在 8 种曲线模型中达到最大值, 拟合效果最佳, 认为是拟合锐齿槲栎胸径—树高的最佳模型。

表 5 锐齿槲栎胸径—树高 8 种曲线拟合结果

Tab. 5 Fitting results of eight curves of DBH-height of *Quercus aliena var. acutiserrata*

模型	回归方程	决定系数 $R^2$	F 值	P 值
线性模型	$y = a + bx$	0.118	12.030	0.00
对数曲线模型	$y = a + b \ln(x)$	0.265	32.520	0.00
二次曲线模型	$y = ax^2 + bx + c$	0.362	25.270	0.00
三次曲线模型	$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$	0.391	18.800	0.00
幂函数曲线模型	$y = ax^b$	0.331	44.510	0.00
增长曲线模型	$z = \exp(a + bx)$	0.134	0.134	0.00
指数曲线模型	$y = a \exp(bx)$	0.125	0.125	0.00
logistic 生长曲线	$y = a / (1 + b \exp(-cx))$	0.125	0.125	0.00

对选取的三次函数模型进行 T 检验, 将拟进行检验的胸径值代入求得树高预测值, 结果表明, 锐齿槲栎树高实测值与三次函数模型预测值无显著差异。 ( $P = 0.341 > 0.05$ ), 进一步说明三次函数模型可以很好的拟合胸径—树高的关系。

#### 4 结论与讨论

锐齿槲栎林是五道峡国家级自然保护区内典型的落叶阔叶林植被, 主要分布于海拔 1400~1700 m 的山脊或缓坡的中上部。群落盖度大, 锐齿槲栎处于群落的最高层, 林下灌木层和草本层较简单。在

五道峡自然保护区所调查的锐齿槲栎样地中,共统计到植物物种 126 种,与张娥等<sup>[15]</sup>在崩尖子自然保护区锐齿槲栎林统计到的 75 种物种乔木层种类相当,灌木和草本层较崩尖子自然保护区种类更多,植物科和属组成更丰富。锐齿槲栎种群各龄级中,Ⅰ、Ⅱ级苗木数量少,Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级苗木数量多。经统计得出,样地中锐齿槲栎种群个体主要集中在Ⅲ~Ⅵ龄级,占比高达 82.42%,Ⅰ和Ⅱ龄级仅占总数的 2.2%,说明种群中低龄级个体数很充足,幼龄个体数占比较少。这与太白山锐齿槲栎林更新结果相似<sup>[7]</sup>。总体来看,随着径级的增大,个体数逐渐减小,分析原因可能是:小径级的个体通常在群落中表现为幼树或乔木层下的灌木树种,个体较小,而原始森林群落中,郁闭度较大且其他环境因子较均一,这就导致个体较小的幼树能接受到的光照、营养等都处在弱势地位;个体间也可能存在竞争关系,加之再遇上恶劣的天气或病虫害,植株很难通过强烈的环境筛向下一龄级过渡,此外,野外实际调查发现,确实存在胸径范围在幼龄阶段的个体出现枯木、倒木现象,但不存在龄级缺失的现象,说明五道峡自然保护区锐齿槲栎林属于稳定的种群,且种群数量动态分析表明,种群动态量化指数大于零,更加说明锐齿槲栎种群表现为稳定型种群。

在 3 个样地中高位芽植物占比最高,占绝对主导地位,反映出本区温热多湿型的气候特点;地上芽植物和地面芽植物次之;一年生植物占比最小。本研究调查区域中未统计到隐芽植物,原因可能在于五道峡保护区锐齿槲栎群落生境水热条件较充分,抑制了隐芽植物生长。不同海拔的植物生活型谱有所不同,随着海拔升高,高位芽植物占比逐渐增加,地上芽植物和地面芽植物占比呈现随海拔升高逐渐递减趋势;一年生植物占比虽小,但不存在缺失现象,3 个样地植物生活型谱大致呈现“L”型。

胸径—树高生长模型研究中,8 种曲线模型,无论是哪一种曲线模型,胸径—树高均表现出显著相关( $P=0$ ),说明样地中锐齿槲栎种群胸径—树高相关性极好,而三次函数模型决定系数最大,拟合效果最佳,通过 T 检验,是适合锐齿槲栎胸径—树高生长的最优模型。

总之,本研究中通过对五道峡自然保护区锐齿槲栎林中植物种类组成、种群年龄结构及动态分析、生活型谱及相关生长模型研究,初步揭示了五道峡自然保护区天然锐齿槲栎林群落学特征,对于进一步探究五道峡自然保护区植物群落的保护等问题有重要意义和参考价值。而为更好地保护锐齿槲栎种群,保护区存在大量的锐齿槲栎原生林,有的林地距

离村庄较近,周边村民较多,应该采取一定的防护措施,原地保护,减少对其生境地造成破坏;在原地保护的基础上进行科学管理,适当进行择伐,促进林下幼树更新,使各个龄级始终保持一定的个体数,维持种群稳定。定期开展对样地样方的监测,重点监测锐齿槲栎生长状况、植被演替格局以及人类活动干扰等,下一步需增加样地样方数量,涵盖范围更全面,比较分析更详细。

## 参考文献:

- [1] 吴中伦. 中国森林[M]. 北京:中国林业出版社,2000.
- [2] 康永祥,张景群,陈铁山,等. 秦岭天然锐齿槲栎林群落区系研究[J]. 西北植物学报,1999,19(5):32-36.
- [3] 陈志刚,樊大勇,张旺锋,等. 林隙与林下环境对锐齿槲栎和米心水青冈种群更新的影响[J]. 植物生态学报,2005,50(3):254-260.
- [4] 陈志刚. 神农架锐齿槲栎种群更新与区域生物多样性保护对策[D]. 北京:中国科学院研究生院(植物研究所),2004:21-22.
- [5] 仝玉琴,王军利,韩振江,等. 秦岭中段锐齿槲栎天然次生林群落的物种多样性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(2):69-78.
- [6] 孙怡洁,李镇江,路阳,等. 宝天曼国家级自然保护区锐齿槲栎林短期动态变化[J]. 河南农业大学学报,2020,54(6):962-969,1008.
- [7] 任学敏,朱雅,陈兆进,等. 太白山锐齿槲栎林乔木更新特征及其影响因子[J]. 林业科学,2019,55(1):11-21.
- [8] 汪正祥,雷耘,FUJIWARA K,等. 亚热带山地亮叶水青冈林的群落分类及物种组成与更新[J]. 生物多样性,2006,14(1):29-40.
- [9] 陈晓德. 植物种群与群落结构动态量化分析方法研究[J]. 生态学报,1998,18(2):214-218.
- [10] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海:华东师范大学出版社,2001:114-116.
- [11] 王小明,李凤日,贾炜玮,等. 帽儿山林场天然次生林阔叶树种树高—胸径模型[J]. 东北林业大学学报,2013,41(12):116-120.
- [12] PENG C,ZHANG L,LIU J,et al. Developing and validating nonlinear height-diameter models for major tree species of Ontario's boreal forests[J]. Northern Journal of Applied Forests,2001,18(3):87-94.
- [13] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海:华东师范大学出版社,2001:114-116.



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.011

## 基于 InVEST 模型的北京市延庆区自然保护地生境质量评估

岳建兵<sup>1</sup>, 胡理乐<sup>2</sup>

(1. 国家林业和草原局野生动物保护监测中心, 北京 100714; 2. 国家林业和草原局林草调查规划院, 北京 100714)

**摘要:**采用 InVEST 模型, 选取生境质量和生境退化风险两个指标, 分析北京市延庆区生境质量空间分布特征; 通过莫兰指数与 ArcGIS 软件结合, 揭示两个生境指标的冷热点覆盖区; 探究生境质量、生境退化风险与不同类型自然保护地间的关系。研究表明: 延庆区生境质量东北部、西北部和东南部较高, 西南部部分区域生境质量较低, 生态退化风险从东北向西南呈升高趋势, 各类自然保护地生境质量指数均高于 0.9, 且均高于全区均值(0.834 2); 自然保护地内生境热点较少, 生境退化风险热点主要集中在西南部城区, 东北和东南部也有零星分布; 不同类型保护地之间生境退化风险存在一定差异, 其中湿地公园退化风险高于其他类型, 需要强化对湿地公园的规划和管理, 减少人为活动的干扰。

**关键词:**自然保护地; 生境质量; 生境退化风险; InVEST 模型; 热点分析; 北京市延庆区

中图分类号: S759.9; S718.53; S711 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0059-08

引文格式: 岳建兵, 胡理乐. 基于 InVEST 模型的北京市延庆区自然保护地生境质量评估[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 59-66. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.011

YUE Jianbing, HU Lile. Assessment of Habitat Quality of Natural Protected Areas Based on InVEST Model in Yanqing District of Beijing[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 59-66. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.011

## Assessment of Habitat Quality of Natural Protected Areas Based on InVEST Model in Yanqing District of Beijing

YUE Jianbing<sup>1</sup>, HU Lile<sup>2</sup>

(1. Center for Wildlife Protection and Monitoring, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China; 2. Academy of Forestry and Grassland Inventory and Planning, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China)

**Abstract:** The InVEST model was used to analyze the spatial distribution characteristics of habitat quality in Yanqing District of Beijing by selecting two indicators of habitat quality and habitat degradation risk; the cold and hot spot coverage areas of the two habitat indexes were revealed based on Moran's I and ArcGIS software; the relationship between habitat quality, habitat degradation risk and different types of natural protected areas was discussed. The results showed that the habitat quality in the northeast, northwest and southeast of Yanqing District was higher than that in the southwest, the ecological degradation risk increased from northeast to southwest, and the habitat quality indexes of various natural protected areas was higher than 0.9, and higher than the average value of the whole region (0.834 2); there were few habitats hot spots in natural protected area, and the habitat degradation risk hot spots were mainly concentrated in the southwest urban area, and sporadically distributed in the northeast and southeast. ; there were certain differences in habitat degradation risks among different types of natural protected areas, with

收稿日期: 2021-12-16.

第一作者: 岳建兵(1976-), 男, 山西忻州人, 硕士, 高级工程师. 主要从事自然保护地和野生动植物研究工作. Email: yuejianbing2008@sina.com

wetland parks having a higher risk of degradation than other types. Therefore, this paper suggested to strengthen the planning and management of wetland parks to reduce human interference.

**Key words:** natural protected area; habitat quality; ecological degradation risk; InVEST model; hot spot analysis; Yanqing District

自然保护地在维护国土生态安全、建设生态文明、实现美丽中国过程中具有重要地位<sup>[1]</sup>。在过去的数十年中,人类频繁的活动干扰导致土地利用的剧烈变化,进而促使大范围的生境破碎化,生物多样性丧失,生态系统服务功能下降,人类福祉遭受严重威胁<sup>[2]</sup>。为解决这一广泛存在的问题,我国从国家到地方政府陆续建立各种类型的自然保护地,以保护生物多样性,维持生态系统功能<sup>[3-4]</sup>,并于党的十九大进一步提出“建立以国家公园为主体的自然保护地体系”,又于2019年6月印发《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》。相关研究也表明,建立自然保护地,在保护生物多样性、提高生态系统服务功能、维持生态系统健康、提供优质生态产品等方面起到关键作用<sup>[5-7]</sup>。自1956年开始,我国自然保护地体系逐步完善,数量不断增加,类型丰富多样,但不可避免地自然保护地建设和管理过程中存在诸多问题,如各部门间竞相圈地、管理上分割分治、顶层设计不够等<sup>[6]</sup>。为此,自然资源部及国家林业和草原局通过对自然保护地进行整合,在解决一些历史遗留问题的同时,使得自然保护地的空间布局进一步优化<sup>[6]</sup>。新的历史时期,构建自然保护地体系、加强自然保护地规划和管理以及明确自然保护地对保护生态环境的有效性显得至关重要。

为了表征人类活动与生态环境之间的关系,通常选用生境质量作为替代指标来评估生态环境保护状况,该方法具有一定的有效性和普适性<sup>[8]</sup>。近年来,国外相关学者利用生境质量指标从洲际、国家、区域等不同尺度针对生态环境状况开展了大量研究工作<sup>[9-11]</sup>,其研究结果一致认为生境质量是一种能够有效评估生态环境状况的有效替代指标。国内相关学者也从不同尺度(流域、区域、自然保护区等)开展了生境质量研究<sup>[12-21]</sup>,但大部分工作偏向于揭示其时空变化特征,对自然保护地的生境质量及二者之间的关系研究相对较少。Myers(1988)在研究热带雨林地区时,为了分析其受到的威胁程度,首次提出“热点”这一概念,用于识别物种丰富度高、特有性强或极具威胁性的区域<sup>[22]</sup>。随后,“热点”成为分析特殊区域生物多样性受到严重威胁和表征生境质量的直观有效方法。该方法能够有效地对生物

多样性保护规划及管理进行改进<sup>[23]</sup>,同时国内学者也将其运用到了省级尺度的生境质量分析<sup>[24]</sup>。

延庆区作为首都西北重要的生态屏障,多年来坚定不移地实施生态文明发展战略,牢固树立“两山”理念,持续加大生物多样性保护力度,通过自然保护区、湿地公园建设,加强区域范围内的生境质量提升和生物多样性保护。截至目前,延庆区共有5类15处自然保护地(表1),其中自然保护区10处、森林公园2处、湿地公园1处、地质公园1处、风景名胜1处,总面积达97 041.96 hm<sup>2</sup><sup>[25]</sup>,占全区国土面积的48.67%,远高于北京市自然保护区的面积比例(22%)。延庆区保护地数量居北京市各区第一,占北京市保护地数量的近20%,保护地面积居北京市各区第二,约占北京市保护地面积的26%。由此可见,延庆区自然保护地规模在北京市自然保护地中占有重要位置。

表 1 延庆区自然保护地

Tab. 1 Natural protected areas in Yanqing District

序号	自然保护地名称	级别	批准年代	面积/hm <sup>2</sup>
1	松山国家级自然保护区	国家级	1985年	6213.0
2	野鸭湖市级湿地自然保护区	市级	1999年	6873.0
3	玉渡山区级自然保护区	区级	1999年	9082.6
4	莲花山区级自然保护区	区级	1999年	1256.8
5	大滩区级自然保护区	区级	1999年	15432.0
6	金牛湖区级自然保护区	区级	1999年	1243.5
7	白河堡区级自然保护区	区级	1999年	7973.1
8	太安山区级自然保护区	区级	1999年	3682.1
9	龙庆峡—松山—古崖居风景名胜区	市级	2000年	22300.0
10	朝阳寺市级木化石自然保护区	市级	2001年	2050.0
11	北京延庆硅化木国家地质公园	国家级	2002年	14140.0
12	八达岭国家森林公园	国家级	2005年	2940.0
13	北京野鸭湖国家湿地公园	国家级	2006年	283.4
14	莲花山森林公园	市级	2011年	2210.0
15	水头区级自然保护区	区级	2017年	1362.5

虽然延庆区近些年来在自然保护地建设、生境质量提升及生物多样性保护方面取得了一定成效,但这些举措对其生境质量的保护和改善并未得到及时评估,不同保护地类型的优缺点尚未获得充分认识,区域相关威胁与保护规划和管理也未很好地联系起来。因此,研究和评估北京市延庆区自然保护地生境质量,对于生态环境保护及自然保护地管理具有重要参考意义。为了有效评估延庆区自然保护地对生态环境的影响,本研究运用 InVEST 模型结合莫兰指数,对该区域生境质量和生境退化风险空间分布格局进行分析,识别生境冷热点区域,探讨研究区生境质量和生境退化风险及其冷热点与不同类型自然保护地间的关系。

### 1 研究区概况

延庆区地处北京市西北部,地理位置为北纬 40°16'~40°47',东经 115°44'~116°34',北东南三面环山,西临官厅水库的延庆八达岭长城小盆地,即延怀盆地,延庆位于盆地东部,全境平均海拔约 500 m,生态环境优良,是首都西北重要的生态屏障。其中,山区面积占 72.8%,平原面积占 26.2%,水域面积占 1%。延庆区属大陆性季风气候,属温带与中温带、半干旱与半湿润带的过渡带。气候冬冷夏凉,年均降水量约 500 mm,年均温 8℃,最热月份气温比承德低 0.8℃,是著名的避暑胜地,有北京“夏都”的美誉。延庆区土地利用类型和自然保护地空间分布如图 1 所示;延庆区生境质量主要威胁因子空间分布如图 2 所示。

### 2 数据与方法

#### 2.1 数据来源

选取 2015 年分辨率为 30 m 的土地利用数据,来源于中科院地理所,根据实际情况将研究区土地利用类型整合为林地、草地、耕地、水域、建设用地和未利用土地等 6 个类型。道路(铁路、公路)数据来自全国地理信息资源目录服务系统(<http://www.webmap.cn>)的 1:250 000 全国基础地理信息库。延庆区自然保护地数据(边界、级别、类型)来源于北京市园林绿化局。与本研究相关的空间数据主要在 ArcGIS 10.2 中完成,生境质量计算结果在 InVEST 3.6 模型中处理得到。

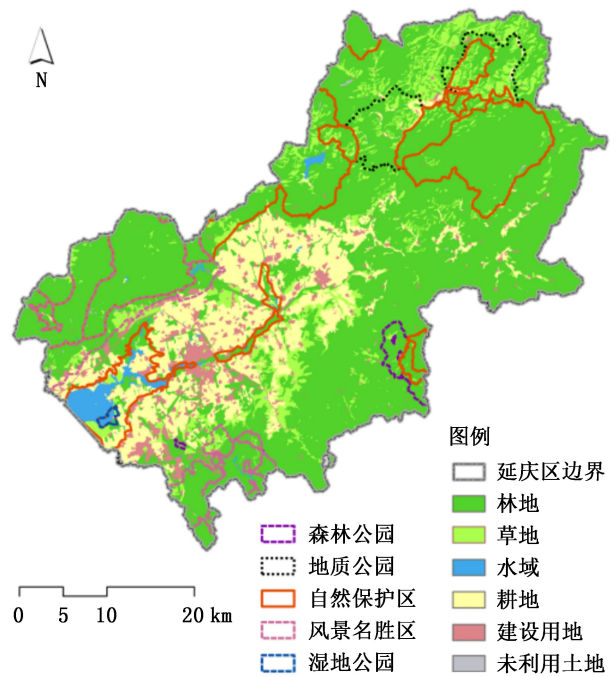


图 1 延庆区土地利用类型和自然保护地空间分布  
Fig. 1 Spatial distribution of land use types and natural protected areas in Yanqing District

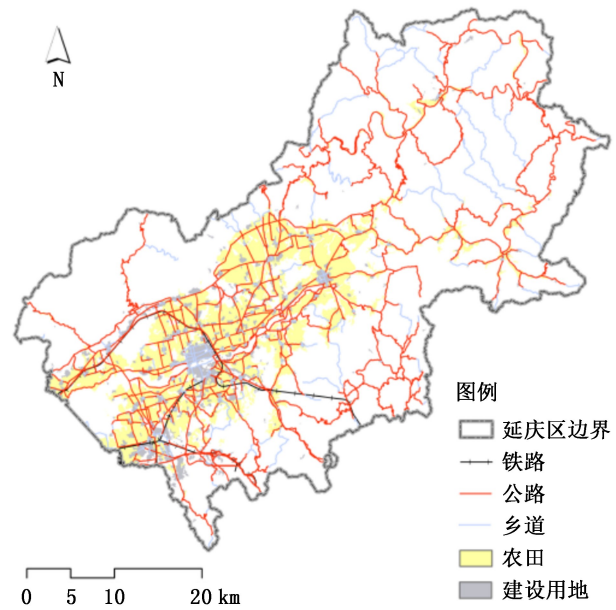


图 2 延庆区生境质量主要威胁因子空间分布  
Fig. 2 Spatial distribution of main threat factors of habitat quality in Yanqing District

#### 2.2 研究方法

##### 2.2.1 生境质量评估

本研究采用 InVEST 模型,选取生境质量指数和生境退化风险指数对延庆区生境质量进行评估。生境质量指数往往用来综合表征区域各类环境

因子,假设物种栖息地质量较高的区域其丰富度也较高,而栖息地质量和面积的降低对应区域的物种也将下降<sup>[26]</sup>,因此,生境质量指数的大小可作为生物多样性评估指标<sup>[27]</sup>,并能够判别生态系统的承载力和生产力。生境质量指数可在 InVEST 模型中进行计算,模型根据不同区域受威胁的敏感程度来判定其受到外部环境影响的大小,进而判别不同区域生境退化风险的高低。

物种栖息地的生境质量取决于所处区域的特点和受威胁程度,不同区域类型的生境质量数值可能相似,但其生境适宜度和受威胁程度各有差异,如果只单一采用生境质量指数进行评估,则可能会低估生境的威胁影响<sup>[24]</sup>。那么此时应考虑生境退化风险指数,其代表的是区域物种受到各类环境因子总的威胁程度。

因此,本研究综合考虑生境质量指数和生境退化风险指数来评估研究区生境质量。计算公式为:

$$D_{xj} = \sum_{r=1}^R \sum_{y=1}^{Y_r} \left( \frac{W_r}{\sum_{r=1}^R W_r} \right) r_y i_{rxy} \beta_x S_{jr} \quad (1)$$

$$Q_{xj} = H_j \left( 1 - \frac{D_{xj}^2}{D_{xj}^2 + k^2} \right) \quad (2)$$

式(1)中: $D_{xj}$  为生境类型  $j$  中栅格  $x$  的生境退化风险指数; $y$  为威胁因子  $r$  下的栅格; $r_y$  用于判断栅格  $y$  是否提供威胁源  $r$ ; $W_r$  为威胁因子  $r$  具有的威胁权重; $\beta_x$  为栅格  $x$  在社会、法律和物理保护水平下威胁因子的可达性,取值介于 0 和 1,取值越大表明可达性越高; $S_{jr}$  为地类  $j$  对威胁因子  $r$  的敏感系数,取值介于 0 和 1,取值越接近 1 表示越敏感; $i_{rxy}$  为来源于栅格  $x$  的威胁因子  $r$  对栅格  $y$  的影响。

式(2)中: $Q_{xj}$  为生境类型  $j$  中栅格  $x$  的生境质量; $H_j$  为生境类型  $j$  的生境适宜度; $k$  为半饱和常数,在生境质量分析中一般设为 0.5<sup>[28]</sup>。

受不同威胁因子影响, $i_{rxy}$  在空间上存在线性衰减和指数衰减两种情况。计算公式为:

$$i_{rxy} = 1 - \frac{d_{xy}}{d_{rmax}} \quad (\text{线性衰减}) \quad (3)$$

$$i_{rxy} = e^{-2.99 \times \frac{d_{xy}}{d_{rmax}}} \quad (\text{指数衰减}) \quad (4)$$

式(3)中: $d_{xy}$  是栅格  $x$  和  $y$  之间的线性距离; $d_{rmax}$  是威胁  $r$  的最大影响距离。

综合相关研究<sup>[17,20,29-31]</sup>和专家意见,得到威胁因子参数和威胁敏感度参数(表 2,表 3)。

表 2 威胁因子参数

Tab. 2 Threat factor parameters

威胁因子	最大作用距离/km	权重	衰减函数
耕地	8.0	0.6	线性
铁路	2.5	0.6	指数
建设用地	10.0	1.0	指数
公路	2.0	0.6	指数
乡道	1.0	0.4	线性

表 3 不同土地类型对威胁因子的敏感度参数

Tab. 3 Sensitivity parameters of different land types to threat factors

地类名称	生境适宜度	耕地	铁路	城区	裸地	公路	乡道
森林	1.0	0.60	0.9	1.00	0.7	0.7	0.5
草地	0.9	0.45	0.9	0.65	0.6	0.6	0.4
湿地	1.0	0.70	0.8	0.90	0.5	0.8	0.5
耕地	0.3	0	0.5	0.50	0.4	0.7	0.4
建设用地	0	0	0	0	0	0	0
未利用土地	0.01	0	0.2	0	0	0	0

对研究区涉及的自然保护地类型的可达性参数  $\beta_x$  进行赋值。其中,研究区自然保护地主要分为两大类(自然保护区、自然公园)5 小类(自然保护区、森林公园、湿地公园、地质公园、风景名胜区)。将自然保护区(核心区、缓冲区和试验区)的可达性值分别设为 0.2、0.5 和 0.8;将自然公园(森林公园、湿地公园、地质公园和风景名胜区)的可达性值均设为 0.8;其他区域可达性值均设为 1。

### 2.2.2 生境热点与冷点分析

由特定指标的高密度簇来表示其特征区域,称之为热点,反之称为冷点<sup>[32]</sup>。本研究利用 ArcGIS 10.2 中“聚类 and 异常值分析”工具实现基于空间分析和空间关联的 local Moran's I 算法<sup>[33]</sup>,进而对研究区热点和冷点进行分析。通过软件识别,根据像素的簇/离群点类型来体现空间相似性或空间差异性。最终将研究区生境质量指数和生境退化风险指数分为 5 种类型:“HH”为由高值包围的更高值区,“LH”为由高值包围的低值区域,“HL”为由低值包围的高值区域,“LL”为由低值包围的更低值区域,“N”为无显著异常。其中“HH”和“HL”为热点区域,“LH”和“LL”为冷点区域。

### 3 结果与分析

#### 3.1 生境质量和生境退化风险指数空间分布格局

延庆区生境质量指数平均值为 0.834 2(表 4),高值区主要集中在东北部、西北部和东南部的山区(图 3(a)),这些区域海拔较高,土地利用类型以森林为主,植被覆盖度较高,生态环境条件相对较好,人口密度小;但在高值区也存在生境质量指数较低的小部分区域,呈带状分布,主要因为在道路附近受威胁影响所致。中值区主要分布于环延庆城区的城乡结合地带,该区域由山地向平原过渡,地形较为平缓,以草地或耕地为主要土地利用类型。低值区主

要集中于西南部的城区,建设用地比重大,人口密集,人为活动频繁。

延庆区生境退化风险指数平均值为 0.027 5,从东北向西南呈升高趋势(图 3(b)),西北部有少部分区域属低值区。高值区集中分布于延庆区西南部的城区及环城区周边,该区域人类活动频繁,对生境的威胁较为集中。低值区主要分布于东北部及西北小部分植被覆盖度较高,人为干扰少,自然保护地相对集中区域。从总体来看,延庆区生境质量指数均值高于 0.8,生境退化风险指数均值低于 0.1,因此,延庆区生态环境质量整体较好。

表 4 不同类型自然保护地生境质量和生境退化风险指数均值

Tab. 4 Mean value of habitat quality and habitat degradation risk indexes in different types of natural protected areas

项目	全区	非保护地	自然保护区	森林公园	湿地公园	地质公园	风景名胜区
生境质量指数	0.8342	0.7657	0.9485	0.9855	0.9418	0.9454	0.9611
生境退化风险指数	0.0275	0.0363	0.0106	0.0196	0.0525	0.0044	0.0183

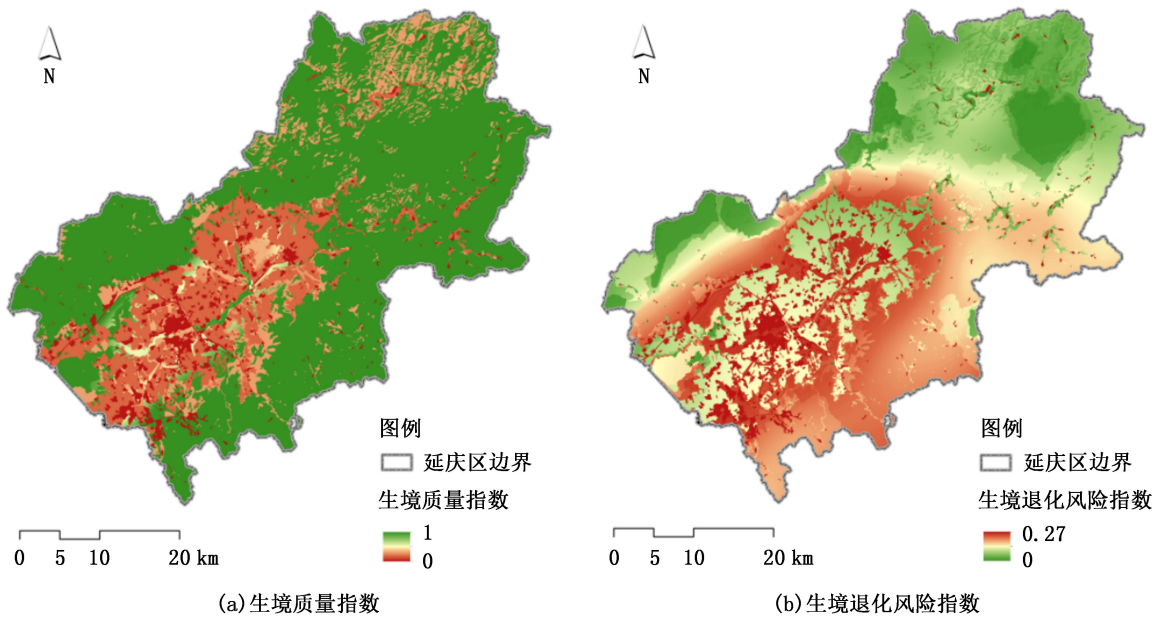


图 3 延庆区生境质量和生境退化风险指数空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of habitat quality and habitat degradation risk indexes in Yanqing District

延庆区非保护地区域生境质量指数(0.765 7)低于全区均值;自然保护区的生境质量指数整体较高,不同类型保护地之间差异不大,数值均在 0.9 以上,其中森林公园最高(0.985 5)。

延庆区非保护地区域生境退化风险指数(0.036 3)高于全区均值。自然保护区的生境退化风险指数整体较低,但不同类型保护地之间存在一定差异。其

中,地质公园最低(0.004 4);湿地公园最高(0.052 5),且高于全区平均水平;自然保护区(0.010 6)、森林公园(0.019 6)和风景名胜区(0.018 3)这三种保护地类型基本接近。

#### 3.2 生境质量和生境退化风险指数冷热点分析

不同保护地类型生境质量和生境退化度及其热点、冷点覆盖率见表 5,图 4。

延庆区生境质量热点覆盖区域较少(0.04%) (表 5),零星分布在人类活动频繁城区(图 4(a));冷点覆盖区(16.83%)明显高于热点区,在西南部城区集中连片分布,在东北部山区道路附近有带状

或零星分布(图 4(b))。生境退化风险热点区(5.21%)分布较为明显,主要集中在西南部城区,东北和东南部也有零星分布;由于覆盖面积较小,冷点区(0.04%)则分布不明显。

表 5 不同保护地类型生境质量和生境退化度及其热点、冷点覆盖率  
Tab. 5 Hot spot and cold spot coverage rate of habitat quality and degradation in different types of natural protected areas

项目	类型	全区	非保护地	自然保护区	森林公园	湿地公园	地质公园	风景名胜区	%
生境质量指数	热点覆盖率	0.04	0.07	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	
	冷点覆盖率	16.83	27.14	5.44	0.68	6.22	3.12	3.42	
生境退化风险指数	热点覆盖率	5.21	8.62	1.01	0.91	1.71	0.60	1.83	
	冷点覆盖率	0.04	0.06	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	

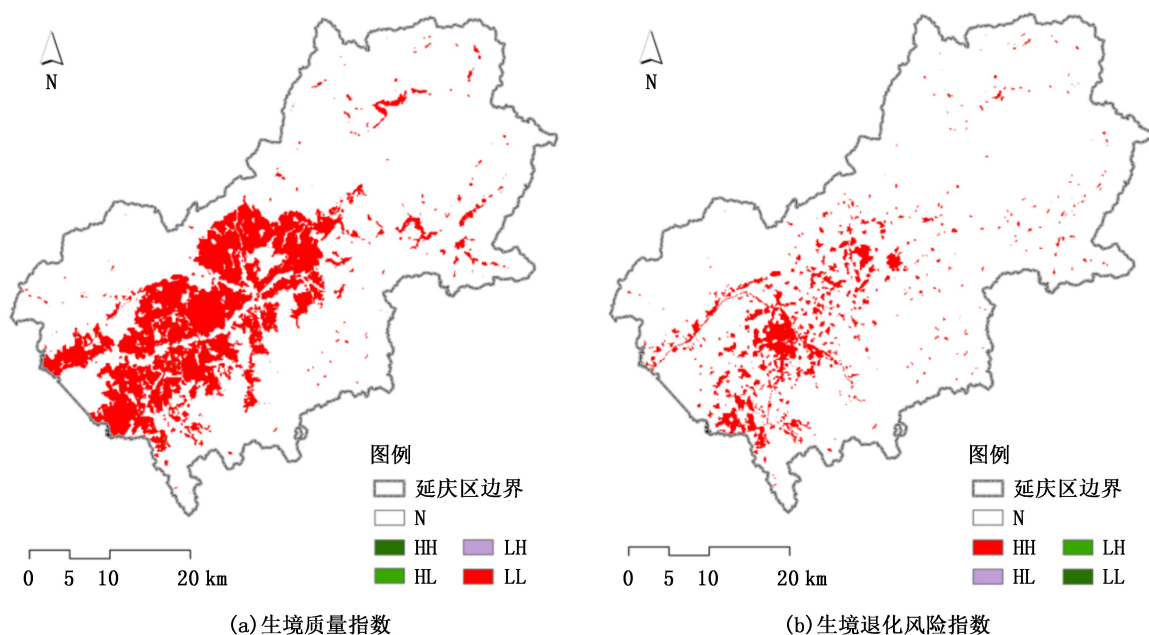


图 4 延庆区生境质量和生境退化风险指数冷、热点空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of cold and hot spots of habitat quality and habitat degradation risk indexes in Yanqing District

延庆区非保护地区域的生境质量冷热点覆盖率均高于全区平均水平。各类保护地生境质量热点覆盖率基本接近,均为较低水平(接近或少于 0.02%);但冷点覆盖率存在一定差异,湿地公园冷点覆盖率(6.22%)最高,森林公园冷点覆盖率最低(0.68%)。

延庆区非保护地区域生态退化冷热点覆盖率均高于全区均值。各类保护地生境退化风险热点覆盖率存在一定差异,风景名胜区热点覆盖率(1.83%)略高于其他集中保护地类型。各类保护地生境退化风险冷点覆盖率均较低(接近或少于 0.02%)。

## 4 讨论

### 4.1 不同区域生境质量的差异

相关研究结果表明,生境质量与人类活动有着直接关系,人口密度高、人类活动频繁、离威胁源更近的区域,其生境质量明显低于其它区域,这与国内外相关学者的研究基本一致<sup>[12,17,34]</sup>。延庆区西南部生境质量较低,生境退化风险较高,主要因为该区域以城镇为主,道路网密集,人口相对集中,存在着各种威胁影响因素,对生境干扰较大。延庆区东北部、西北部和东南部生境质量较高,生境退化风险较

低,主要因为这些区域以山地和森林为主,植被覆盖度较高,自然保护地相对集中,生态环境条件较好,人为等其他威胁因子较少。通过近些年的不断努力,延庆区自然保护地面积已占到全区国土面积的48.67%,因此,这些区域的生物多样性将在可预期的情况下得到有效保护。

#### 4.2 不同类型保护地生境退化风险的差异

无论从地区、国家或全球范围,自然保护地对生物多样性保护的积极作用都已达成共识,而且生境质量和生境退化风险的相关研究也很好解释了这一点<sup>[35-37]</sup>,同时也表明了生境的高退化风险和来自人为的高压力之间存在相关性<sup>[38-39]</sup>。延庆区不同类型保护地之间生境退化风险存在一定差异,其中湿地公园退化风险高于其他类型。其他保护地类型中,如自然保护区有核心区和缓冲区,对人为的可达性有极强的限制,威胁影响较少;森林公园主要以森林生态系统为主,植被覆盖率高,物种丰富,稳定性强;地质公园中的一些存在基础,形成年代久远,具备一定的抗干扰能力;因此,这些保护地类型生境退化风险相对较低。湿地公园成立相对较晚,且其内部存在一定比例的耕地和建设用地等,干扰因子较多,因此生境退化风险较高。

#### 4.3 生境质量和退化风险的热点

热点分析经常被用来研究要素的空间分布问题,主要判断某要素在空间分布上存在统计意义上显著的高值或低值<sup>[40]</sup>,同时也能很好地识别和解释区域内生境质量高低的聚集或离散分布<sup>[24,41]</sup>。延庆区自然保护地区域内生境质量和生境退化风险的热点覆盖率均低于非保护地区;各类型保护地生境质量热点覆盖率基本接近,均为较低水平;生境退化风险热点区分布较为明显,主要集中在西南部城区,东北和东南部也有零星分布。综上所述,延庆区自然保护地内生境热点较少,这可能是由于整体环境较好,均为高值,所以不存在明显的热点。

## 5 结 论

本研究基于 InVEST 模型,通过较高分辨率的土地利用数据,引入生境质量和生境退化风险两个指标,并运用区域冷热点分析方法探讨生境质量、生境退化风险与各自然保护地类型的关系,得出以下主要结论:

1) 延庆区生境质量东北部、西北部和东南部较高,生境退化风险较低;西南部部分区域生境质量较低,生境退化风险较高;生态退化风险从东北向西南

呈升高趋势。

2) 延庆区自然保护地内生境热点较少;生境退化风险热点主要集中在西南部城区,东北和东南部也有零星分布。

3) 延庆区不同保护地类型的生境质量整体较高,差异不大,但不同类型保护地之间生境退化风险存在一定差异,其中湿地公园退化风险高于其他类型。今后延庆区需要强化对湿地公园的规划和管理,减少人为活动的干扰。

## 参考文献:

- [1] 唐小平,蒋亚芳,刘增力,等. 中国自然保护地体系的顶层设计[J]. 林业资源管理,2019(3):1-7.
- [2] HADDAD N M, BRUDVIG L A, CLOBERT J, et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems [J]. *Science Advances*, 2015, 1(2): 1-9.
- [3] 马克平. 当前我国自然保护区管理中存在的问题与对策思考[J]. 生物多样性, 2016, 24(3): 249-251.
- [4] 朱彦鹏,王伟,罗建武,等. 在建设国家公园体制下加强自然保护区综合管理[J]. 环境保护, 2016, 44(18): 53-55.
- [5] GRAY C L, HILL S L L, NEWBOLD T, et al. Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide [J]. *Nature Communications*, 2016, 28(7): 12306.
- [6] 高吉喜,刘晓曼,周大庆,等. 中国自然保护地整合优化关键问题[J]. 生物多样性, 2021, 29(3): 290-294.
- [7] 高吉喜,徐梦佳,邹长新. 中国自然保护地70年发展历程与成效[J]. 中国环境管理, 2019, 11(4): 25-29.
- [8] STEPHENS P A, PETTORELLI N, BARLOW J, et al. Management by proxy? The use of indices in applied ecology [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2015, 52: 1-6.
- [9] MAES J, PARACCHINI M L, ZULIAN G, et al. Synergies and trade-offs between ecosystem service supply, biodiversity, and habitat conservation status in Europe [J]. *Biological Conservation*, 2012, 155: 1-12.
- [10] SALLUSTIO L, DE T A, STROLLO A, et al. Assessing habitat quality in relation to the spatial distribution of protected areas in Italy [J]. *Journal of Environmental Management*, 2017, 201: 129-137.
- [11] BERGLUND M, JACOBI M N, JONSSON P R. Optimal selection of marine protected areas based on connectivity and habitat quality [J]. *Ecological Modelling*, 2012, 240: 105-112.
- [12] 巩杰,马学成,张玲玲,等. 基于 InVEST 模型的甘肃白龙江流域生境质量时空分异 [J]. 水土保持研究, 2018, 25(3): 191-196.

- [13] 钟莉娜,王军. 基于 InVEST 模型评估土地整治对生境质量的影响[J]. 农业工程学报,2017,33(1):250-255.
- [14] 刘春艳,朱康文,刘吉平. 三峡库区重庆段土地覆盖和生物多样性功能演化及预测[J]. 农业工程学报,2017,33(19):258-267.
- [15] 顾羊羊,黄贤峰,邹长新,等. 沅江源自然保护区生境质量变化遥感监测[J]. 生态与农村环境学报,2019,35(6):764-772.
- [16] 刘园,周勇,杜越天. 基于 InVEST 模型的长江中游经济带生境质量的时空分异特征及其地形梯度效应[J]. 长江流域资源与环境,2019,28(10):2429-2440.
- [17] 梁晓瑶,袁丽华,宁立新,等. 基于 InVEST 模型的黑龙省生境质量空间格局及其影响因素[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2020,56(6):864-872.
- [18] 武丹,李欢,艾宁,等. 基于 CA-Markov 的土地利用时空变化与生境质量预测——以宁夏中部干旱区为例[J]. 中国生态农业学报(中英文),2020,28(12):1969-1978.
- [19] 奥勇,蒋嶺峰,白召弟,等. 基于格网 GIS 的黄河流域土地生态质量综合评价[J]. 干旱区地理,2022,45(1):164-175.
- [20] 景晓玮,赵庆建. 基于 InVEST 模型的贵州省生境质量时空变化研究[J]. 国土与自然资源研究,2021(5):1-5.
- [21] 王军,严有龙,王金满,等. 闽江流域生境质量时空演变特征与预测研究[J]. 生态学报,2021,41(14):5837-5848.
- [22] MYERS N. Threatened biotas: "Hot spots" in tropical forests[J]. Environmentalist, 1988, 8:187-208.
- [23] SCHROTER M, REMME R P. Spatial prioritisation for conserving ecosystem services: Comparing hotspots with heuristic optimization[J]. Landscape Ecology, 2016, 31:431-450.
- [24] 赵晓同,王建,苏军德,等. 基于 InVEST 模型和莫兰指数的甘肃省生境质量与退化度评估[J]. 农业工程学报,2020,36(18):301-308.
- [25] 北京市园林绿化局,北京市自然保护地基本情况[EB/OL]. [http://yllhj.beijing.gov.cn/ztxx/zrbhd/202010/t20201029\\_2124812.shtml](http://yllhj.beijing.gov.cn/ztxx/zrbhd/202010/t20201029_2124812.shtml).
- [26] TERRADO M, SABATER S, CHAPLIN-KRAMER B, et al. Model development for the assessment of terrestrial and aquatic habitat quality in conservation planning[J]. Science of the Total Environment, 2016, 540:63-70.
- [27] SHARP R, DOUGLASS J, WOLNY S, et al. InVEST 3. 8. 9 user's guide[M/OL]. [2020-06-01]. <http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/>.
- [28] 陈永国,刘维军,荣月静,等. 基于土地利用与植被覆盖度的大通北川河源区自然保护区生境质量评估[J]. 水土保持研究,2020,27(6):332-337,393.
- [29] 白健,刘健,余坤勇,等. 基于 InVEST-Biodiversity 模型的闽江流域生境质量十年变化评价[J]. 林业勘察设计,2015(2):5-12.
- [30] 刘智方,唐立娜,邱全毅,等. 基于土地利用变化的福建省生境质量时空变化研究[J]. 生态学报,2017,37(13):4538-4548.
- [31] 徐丹丹,侯光雷,董凯凯,等. 基于参照基准的湿地生物多样性保护成效区域对比评估[J]. 湿地科学,2018,16(2):120-129.
- [32] HARTIGAN J A. Clustering Algorithms; John Wiley & Sons [J]. Science, 1918, 47(3):100.
- [33] ANSELIN L. Local indicators of spatial association d LISA [J]. Geographical Analysis, 1995, 27:93-115.
- [34] NEWBOLD T, HUDSON L N, HILL S L, et al. Global effects of landuse on local terrestrial biodiversity[J]. Nature, 2015, 520(7545):45-50.
- [35] 薛达元,蒋明康. 中国自然保护区对生物多样性保护的贡献[J]. 自然资源学报,1995,10(3):286-292.
- [36] GELDMANN J, BARNES M, COAD L, et al. Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines [J]. Biological Conservation, 2013, 161:230-238.
- [37] 欧阳志云,杜傲,徐卫华. 问题与对策:我国生物多样性格局与自然保护地体系建设[J]. 人与生物圈,2018(5):42-43.
- [38] RIVIECCIO R, SALLUSTIO L, PAOLANTI M, et al. Where landuse changes occur: Using soil features to understand the economic trends in agricultural lands [J]. Sustainability, 2017, 9(1):20.
- [39] 刘雪华,靳强. 秦岭中段南坡 NDVI 格局与生境质量变化研究[J]. 林业调查规划,2008,33(3):8.
- [40] 刘春芳,王川,刘立程. 三大自然区过渡带生境质量时空差异及形成机制——以榆中县为例[J]. 地理研究,2018,37(2):419-432.
- [41] 彭建,吴见,徐飞雄,等. 基于价值评估的黄山生境质量时空演变特征分析[J]. 生态学报,2021,41(2):665-679.

责任编辑:许易琦



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.012

## 广东省自然保护地破损山地现状及生态修复对策研究

李纪友,徐期瑚,朱宏伟

(广东省林业调查规划院,广东 广州 510520)

**摘要:**自然保护地破损山地包括自然保护地内废弃的矿山、石场、泥口和裸露的道路边坡等。自然保护地破损山地生态修复,可改善生态环境,保护生物多样性,提升景观质量,促进人与自然和谐共生。基于广东省自然保护地破损山地的现状,分析了全省自然保护地破损山地生态修复存在的问题,并从保护生态环境和生物多样性的角度,针对边坡、土壤、水环境、植被和景观等修复提出相应的对策,以期为自然保护地破损山地生态修复提供借鉴。

**关键词:**生态修复;破损山地;自然保护地;生物多样性;广东省

中图分类号:S759.9;X171.4 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0067-05

引文格式:李纪友,徐期瑚,朱宏伟.广东省自然保护地破损山地现状及生态修复对策研究[J].林业调查规划,2023,48(3):67-71. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.012

LI Jiyu, XU Qihu, ZHU Hongwei. Current Situation and Ecological Restoration Countermeasures of Damaged Mountains in Natural Protected Areas of Guangdong Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 67-71. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.012

## Current Situation and Ecological Restoration Countermeasures of Damaged Mountains in Natural Protected Areas of Guangdong Province

LI Jiyu, XU Qihu, ZHU Hongwei

(Guangdong Forestry Survey and Planning Institute, Guangzhou 510520, China)

**Abstract:** Damaged mountains of natural protected areas include abandoned mines, stone fields, mud mouth and exposed road slopes in natural protected areas. Ecological restoration of damaged mountain in natural protected areas can improve the ecological environment, protect biodiversity, enhance the landscape quality, and promote the harmonious coexistence of man and nature. Based on the current situation of damaged mountains in Guangdong natural protected areas, the existing problems in ecological restoration of damaged mountains were analyzed, and from the perspective of protecting the ecological environment and biodiversity, the countermeasures of slope restoration, soil restoration, water environment restoration, vegetation restoration and landscape restoration were put forward, in order to provide reference for ecological restoration of damaged mountains in natural protected areas.

**Key words:** ecological restoration; damaged mountains; natural protected areas; biodiversity; Guangdong Province

生态环境是人类赖以生存和发展的基础,在经济社会快速发展的今天,不合理的开发利用活动导

致生态环境遭到破坏,严重威胁着人类社会的协调可持续发展,因此保护生态环境尤为重要,生态修复

收稿日期:2021-12-28;修回日期:2022-04-20.

基金项目:广东省 2020 年生态林业建设专项(20301).

第一作者:李纪友(1976-),男,河南信阳人,高级工程师.主要从事林业调查规划设计和自然保护地调查监测等工作.

成为全球生态领域研究的热点<sup>[1]</sup>。自然保护地作为生态建设的核心载体,在维护国家生态安全中居于首要地位,要切实加强自然保护地建设,以自然恢复为主,辅以必要的人工措施,分区分类开展受损自然生态系统修复<sup>[2]</sup>。广东省有各种类型自然保护地共计 1 359 处,约占全国保护地数量的 13%,总面积 294.52 万  $\text{hm}^2$ ,约占全国自然保护地面积的 1.7%<sup>[3]</sup>,是全省生态系统最完整、生物多样性最丰富、珍稀野生动植物分布最集中的区域,成为广东省重要的生态屏障和生态根基。但由于历史原因,一些自然保护区的实验区、缓冲区和自然公园内尚存在一些破损山地,如废弃的矿山、石场、泥口和裸露的道路边坡等,破坏了自然保护地的生态和野生动植物栖息地。研究自然保护地破损山地现状,分析广东省自然保护地破损山地生态修复存在的问题,并采取相应的生态修复对策,对于改善自然保护地生态环境,保护生物多样性,提升自然保护地景观质量,促进人与自然和谐共生具有十分重要的意义。

## 1 研究区域

为摸清自然保护地破损山地现状,对广东省自然保护地破损山地开展生态调查。根据《自然保护区总体规划技术规程》(GB/T 20399—2006)、《广东省自然保护区建设技术指引(试行)》(2020 年 5 月印发)和《森林公园总体设计规范》(LY/T 5132—95)等规定,生态恢复一般在自然保护区实验区、缓冲区和自然公园进行;自然保护区核心区一般禁止人为活动。因此,本研究区域为自然保护区的实验区和缓冲区以及自然公园,不包含自然保护区核心区。

## 2 技术路线

生态调查的内容主要有破损山地生境条件、植被特点、威胁因子、区域社会经济现状等。主要通过遥感数据分析、资料收集和现场调查等形式获取调查数据,在获取破损山地现状数据后,对破损山地生态状况进行 SWOT 分析,综合评判分析生态系统退化程度、退化原因,识别生态修复存在的主要问题等,评估生态系统退化的可修复性并确定修复对策。

## 3 自然保护地破损山地现状

### 3.1 不同区域破损山地状况

通过生态调查,广东省自然保护地破损山地总面积为 808.0  $\text{hm}^2$ ,其中:废弃矿山 52.0  $\text{hm}^2$ ,废弃石

场 115.8  $\text{hm}^2$ ,泥口 147.2  $\text{hm}^2$ ,裸露道路边坡 493  $\text{hm}^2$ 。在 4 种破损山地中,裸露道路边坡面积最大,占破损山地总面积的 61.0%。

将广东省分为四大区域,不同区域自然保护地破损山地状况见表 1。

表 1 不同区域自然保护地破损山地状况

Tab. 1 Damaged mountains of natural protected areas in different regions  $\text{hm}^2$

区域位置	废弃 矿山	废弃 石场	泥口	裸露道 路边坡	合计
珠三角地区	0	55.4	1.0	316.4	372.8
粤北地区	38.7	42.7	131.2	51.8	264.4
粤东地区	4.0	15.0	15.0	50.0	84.0
粤西地区	9.3	2.7	0	74.8	86.8
合计	52.0	115.8	147.2	493.0	808.0

注:珠三角地区包括广州、深圳、中山、珠海、佛山、东莞、惠州、肇庆和江门 9 个市;粤北地区包括韶关、清远、梅州、河源 4 个市;粤东地区包括潮州、汕头、揭阳和汕尾 4 个市;粤西地区包括湛江、茂名、阳江和云浮 4 个市。

从表 1 可知,珠三角区域内自然保护地破损山地 372.8  $\text{hm}^2$ ,占破损山地总面积的 46.1%;粤北区域内自然保护地破损山地面积 264.4  $\text{hm}^2$ ,占破损山地总面积的 32.7%;粤东区域内自然保护地破损山地面积 84.0  $\text{hm}^2$ ,占破损山地总面积的 10.4%;粤西区域内自然保护地破损山地面积 86.8  $\text{hm}^2$ ,占破损山地总面积的 10.7%。由此可见,广东省各区域内自然保护地均有破损山地,珠三角区域内自然保护地破损山地面积最大。

### 3.2 不同级别破损山地状况

将自然保护地按级别分为国家级、省级、市级和县级 4 个级别,不同级别自然保护地破损山地状况见表 2。

表 2 不同级别自然保护地破损山地状况

Tab. 2 Damaged mountains of natural protected areas in different levels  $\text{hm}^2$

自然保护地级别	废弃 矿山	废弃 石场	泥口	裸露道 路边坡	合计
国家级	16.5	26.9	3.1	117.7	164.2
省级	19.3	47.1	116.9	122.3	305.6
市级	6.2	3.7	0	14.2	24.1
县级	10.0	38.1	27.2	238.8	314.1
合计	52.0	115.8	147.2	493.0	808.0

国家级自然保护地破损山地面积 164.2 hm<sup>2</sup>,占破损山地总面积的 20.3%;省级自然保护地破损山地面积 305.6 hm<sup>2</sup>,占破损山地总面积的 37.8%;市级自然保护地破损山地面积 24.1 hm<sup>2</sup>,占破损山地总面积的 3.0%;县级自然保护地破损山地面积 314.1 hm<sup>2</sup>,占破损山地总面积的 38.9%。由此可见,全省各级别自然保护地中均有破损山地分布,其中县级自然保护地破损山地面积最大。

### 3.3 不同功能区破损山地状况

按自然保护区不同功能区统计(自然公园不设分区),自然保护区的缓冲区、实验区和自然公园均存在不同程度的人类活动。不同功能区自然保护地破损山地状况见表 3。

表 3 不同功能区自然保护地破损山地状况  
Tab. 3 Damaged mountains of natural protected areas in different functional areas hm<sup>2</sup>

类别	不同功能区	废弃矿山	废弃石场	泥口	裸露道路边坡	合计
自然保护区	缓冲区	6.0	0	0	11.9	17.9
	实验区	33.0	38.5	129.6	79.5	280.6
自然公园	-	13.0	77.3	17.6	401.6	509.5
合计		52.0	115.8	147.2	493.0	808.0

从表 3 可知,自然公园破损山地面积 509.5 hm<sup>2</sup>,占破损山地总面积的 63.1%;自然保护区缓冲区破损山地面积 17.9 hm<sup>2</sup>,占破损山地总面积的 2.2%;自然保护区实验区破损山地面积 280.6 hm<sup>2</sup>,占破损山地总面积的 34.7%。总体来看,广东省自然公园破损山地面积最大,自然保护区中实验区破损山地面积较多。

## 4 生态修复存在问题

### 4.1 边坡立地条件差

#### 4.1.1 坡面自然生态条件恶劣

破损山地中裸露边坡面积最大,其中大部分为岩质边坡。边坡表层土壤贫瘠或是裸露的岩石,缺少植被生长所必需的土壤环境;同时裸露边坡保水功能差,含有的营养物质少,植被根系很难从边坡中吸收足够的水分及养分供其正常生长。

#### 4.1.2 部分边坡坍塌严重

由于广东省气候为热带、亚热带季风海洋性气候,夏天雨量充沛,而开挖后的边坡未及时采取防护措施,土壤和养分因雨水冲刷严重流失,进一步导致

植被衰退和固土能力下降,最终引起部分边坡水土流失和坍塌等地质灾害。坍塌边坡修复技术复杂,工程量和投资额较大,加大了边坡生态恢复的困难。

### 4.2 土壤受损严重

矿山、石场、泥口和裸露边坡,使原来的地面表土受到破坏,成为坚硬的裸露地或矿(石)渣地,土壤结构性差,植被难以生长。部分破损山地土壤还受到污染,有机质含量及植物必需的养分元素(尤其是氮、磷、钾)缺乏,重金属含量超标,不利于植物生长和其他生物活动,生态恢复十分困难。

### 4.3 植被严重退化或消失

破损山地最严重问题之一是植被严重退化或消失。受人为开发活动影响,原生植被被砍伐或破坏,森林植被为残次林,局部区域甚至没有植被,退化为裸露荒地,野生动植物生境受到破坏,生态和景观效果十分差。

## 5 生态修复对策

### 5.1 生态修复方式确定

根据生态退化程度,生态修复可采用自然恢复、人工辅助恢复和人工修复 3 种方式。自然保护区核心区一般禁止人为活动,因此核心区内生态修复采用自然恢复的方式。本研究范围为自然保护区的实验区、缓冲区和自然公园,从广东省自然保护地破损山地现状和存在问题来看,自然保护地破损山地是由于人类开发活动造成的,其生态系统受到严重破坏,很长时期内不能进行自我修复。因此,本研究范围内的自然保护地破损山地主要采取人工修复方式,进行重建式修复,以加速生态系统正向演替。

### 5.2 生态修复措施

#### 5.2.1 边坡修复

##### 1) 土质边坡修复

对于整体较稳定的土质边坡修复,主要通过坡面处理结合坡面复绿的方法来实现。坡面处理可采用边坡比法、削坡平台法等。边坡比法适用边坡高度一般不超过 12 m 的边坡,削坡平台法适用边坡高度 12 m 以上的边坡。坡面处理要求清除坡面浮石和其他杂物,对坡面局部小凹坑和孔洞等进行填塞,使边坡坡面覆土平整稳固,以保证边坡稳定和施工安全。土质边坡复绿可采取人工植草、挂网植草、喷播植草、植生带(毯)等措施。

##### 2) 石质边坡修复

石质边坡一般较稳定,但是坡面自然生态条件恶劣。因此石质边坡修复重点是如何复绿。石质边

坡复绿要因地制宜,根据不同的立地条件采取不同工艺措施,对 70° 以上的陡坡坡面主要采用飘台种植槽法绿化技术,对 70° 以下较缓坡面主要采用挂铁丝网客土喷播绿化技术,对石壁上有微凹地形或破碎裂隙的发育环境采用燕巢法绿化技术<sup>[4]</sup>。挂铁丝网客土喷播绿化要注意科学配制基质,为植物生长发育提供足够营养。采用飘台种植槽法和燕巢法,其植被选择应以藤本植物优先,利用藤本植物下爬上垂垂直绿化特性达到快速复绿的效果。由于石质坡面缺少水分,因此石质边坡复绿施工时要加强浇水养护或安装滴灌系统,确保高温天气下新栽植的植物能有充足的水分供给,提高植被成活率。

### 3) 坍塌边坡修复

坍塌边坡一般为土质边坡,此类边坡要通过坡面加固和植被复绿相结合的措施进行修复。对于塌方不高的边坡,先对边坡按一定坡比进行削坡和坡面压实处理,然后采用框格客土绿化技术进行修复。框格绿化技术在边坡上应用能有效减缓和分散雨水冲刷的速度和力度,对边坡起到良好的防护作用;同时框格能为植被提供稳定、良好的生长环境,达到快速复绿效果。对于坍塌高度较大的边坡,由于地质安全风险较大,需采用稳定长久的工程技术,如现浇钢筋砼框架植草技术,主要是利用钢筋砼框架梁及锚杆或预应力锚索与周围土体固定形成一个复合结构来达到防护坡面和消除塌方、滑坡等地质灾害的目的。现浇钢筋砼框架格构锚固结构可与绿化防护措施相结合,如在格构框架内植草,在稳固边坡的同时,还起到绿化边坡环境的作用<sup>[5]</sup>。格构框架内植草可采用挂网植草、喷播植草等绿化技术,以达到快速复绿和改善生境效果。

### 4) 辅助修复措施

在进行边坡修复时,还需施加一些辅助措施,如排水措施和覆盖措施等,才能达到最佳的修复效果。排水措施是在坡面顶部设置截水沟,坡面设置急流槽,坡底设置排水沟,有效地将坡面雨水引入沟渠,减少水土流失,防止径流和汇水对坡面基质和修复初期植物的冲刷,保证坡面基质的长期稳定。覆盖措施是在边坡复绿初期用无纺布覆盖坡面,防止雨水冲刷和大风吹蚀,起到保水保温作用,促进种子萌发、生长。

## 5.2.2 土壤修复

自然保护区破损山地土壤的理化性质恶化,养分流失;部分土壤有毒有害物质增多,不利于植被恢复,需对土壤进行改良。土壤修复是山地生态景观恢复最重要的环节之一,是植被复绿的基础。对于

石质边坡和贫瘠土质边坡土壤修复,主要利用各种绿化技术所配制的基质材料进行改良。基质主要成份为壤土、有机质、缓释型长效复合肥、保水剂、土壤调节剂、各种有益菌群等,为植物生长提供必需的土壤和养分条件,植物依靠基质生长发育。因此基质材料的科学配制十分关键。对于非边坡的较平缓废弃山地,土壤修复先要清除和治理污染源,然后采用物理改良法、化学改良法和植物改良法等。破损山地重度污染或受损严重,土层过薄甚至完全没有土壤层,植被难以生长,常采用物理改良法中的客土法改良基质。化学改良法适用于地表有一定表土或表面覆土经改良可以供植物生长的土壤。植物改良能降低重金属的迁移扩散,改善废弃土基质的结构和肥力。植物改良法常采用固氮植物如豆科植物等。土壤改良法可单独采用一种方法,也可几种改良方法结合使用,以提高土壤修复效果。

## 5.2.3 水环境修复

自然保护区破损山地对水环境的影响表现为对地表水和地下水的破坏和污染。水环境的修复首先要对水质污染源进行治理和清除,然后再对水环境进行修复。对于过度采水造成的地表水缺乏、地下水位下降,可通过实施引水工程,改善缺水状况。地表水、地下水的污染可通过湿地植物净化技术和人工湿地净化技术修复。具体做法是综合采用多种生态重建措施,如挖深垫浅法,将水资源较多的地方挖深,用来蓄积污水,通过在污染水体中种植吸污能力强、耐受性好的水生植物,利用植物的生物吸收作用、植物与微生物的协同作用、植物与藻类的竞争作用达到去污净化的目的<sup>[6]</sup>。挖出来的泥土堆置岸边或浅水中,形成亲水的滩涂或人工生态岛。岸边滩涂缓坡入水,岸边种植垂柳、水杉等,浅水处种植芦苇、香蒲、荷花等水生植物。修复后的滩涂具有雨水过滤和净化功能,可对绿地自身及周边硬化区域的雨水径流进行渗透、调蓄、净化,通过自然渗透来恢复水生态和水的自然循环<sup>[7]</sup>。人工生态岛能恢复湿地生态自然景观,成为各类鱼虾及虫蛙的生态天堂和繁衍栖息地,能尽快形成丰富而稳定的生态系统。

## 5.2.4 植被修复

山地开发导致原来的植被受到砍伐和破坏,成为残次林,局部区域成为裸露荒地。因此破损山地要进行植被修复,对低效林进行更新改造,在裸露荒地处进行人工造林,在浅水处种植水生植物。植被修复要遵循适地适树的原则,乔、灌、草相结合。在植被修复过程中,为避免太人工化的植物配置和营造,可借鉴

邻近未受干扰植物群落组成、结构特征和演替规律<sup>[8]</sup>,构建与环境融合的植被景观。植被修复过程中,树种选择十分关键。树种选择耐贫瘠、耐干旱和根系发达的品种,要以乡土树种为主,避免使用外来树种;同时加强检验检疫,杜绝使用感染病虫害的苗木,严格防范外来物种入侵风险。如广东地区乔木可选择乌桕、枫香、木荷、马尾松、冬青、相思等,灌木可选用夹竹桃、野牡丹、毛杜鹃、山毛豆、桃金娘、朱缨花等,藤本可选用地锦、葛藤、首冠藤、常春油麻藤、爬山虎、炮仗花等;草本可选用黑莎草、蟛蜞菊、百喜草、香根草、狗牙根、类芦等本土适生植物。树种配置可分区域设置,一片区域以某一种观赏价值高的植物为骨干树种,选择色叶变化丰富的植被相搭配,重建富有自然气息和具有可观赏性的阔叶混交林。有水域的山地可同时考虑水生植物以及植物群落演替规律,增植禾本科、豆科、菊科等地方性湿地植物,由此形成多样化的群落结构,创造出有价值的动植物栖息地环境及丰富的视觉体验<sup>[7]</sup>,同时吸引各种动物到此栖居,以修复和重建完整的生态景观系统。植被修复后要做好后期抚育管护工作,以提高植被成活率和绿化效果。

### 5.2.5 景观修复

自然保护地破损山地严重破坏了原有的自然景观,采用景观重构法进行修复,同时将景观修复贯穿于边坡修复、土壤修复、水环境修复和植被修复全过程中,各项景观修复要充分考虑景观协调性和可观赏性。具体做法是根据破损山地地形、地貌特点,通过配置景观植物设计多个景观节点和营造多重景观空间,如边坡修复以配置开花灌木为主,形成赏花区;岩质边坡修复配置绿色藤本植物为主,形成观叶区;水域修复采用多种水生植物,形成湿地景观;平缓的土质边坡和平地,则合理搭配乔、灌、草不同层次的植被,既建立稳定的植物群落,又营造良好的植物景观效果。各项修复中的人工设施要通过植被修复设计进行装饰和掩盖,并与周围景观环境融为一体;植被选择应优先采用乡土树种,充分注意乔、灌、草不同层次以及植物色彩相搭配,既要有观叶树种也要有赏花树种,以增强景观层次和丰富度,打造多树种、多色彩、多层次、多功能的阔叶混交林。

## 6 结 论

1)自然保护地破损山地生态修复是自然保护地生态修复的重要内容之一,日益受到人们的重视。通过采取系统的生态修复对策,恢复该地区自然生态基底,构建健康稳定的生态体系,改善该地区的地

质面貌和生态环境,提高生态恢复力,增加生态效益、社会效益和经济效益<sup>[9]</sup>。从保护生态环境和生物多样性的角度,重点对野生动植物的生境进行修复,提出边坡、土壤、水环境、植被和景观修复等措施,对广东省自然保护地破损山地生态修复具有一定借鉴作用。

2)本研究主要针对自然保护区实验区、缓冲区和自然公园内破损山地的生态修复,而核心保护区内的破损山地主要依靠生态系统进行自然恢复。在自然保护区实验区、缓冲区和自然公园内进行生态修复时,要注意将人工修复对自然保护地生态系统的影响降低到最低,以避免因生态修复又带来新的生态破坏。

3)自然保护地破损山地生态修复与非保护地破损山地生态修复相比,须考虑的因素更多,如生物多样性、野生动物栖息地和政策法规等,难度较大。因此,在自然保护地破损山地生态修复过程中,要充分调查其生境条件、植被特点和威胁因子等,有针对性地选取和细化生态修复对策。同时要重视生态修复是一个漫长而复杂的过程,要加强生态修复后的跟踪监测与评估,并根据各种变化调整优化生态修复对策,确保生态修复效果的可持续性。

## 参考文献:

- [1] 魏甫. 海南白石岭生态修复示范区规划研究[J]. 中南林业调查规划, 2017, 36(2): 63-68.
- [2] 新华社. 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2019(19): 16-21.
- [3] 樊晶, 杨志刚, 郭盛才, 等. 广东省自然保护地空间分布特征研究[J]. 林业与环境科学, 2021, 37(6): 111-117.
- [4] 周琼, 许建新, 秦永宏, 等. 黄石市岩质边坡生态修复综合技术应用探讨[J]. 水土保持, 2011(2): 36-38.
- [5] 秦凤艳, 戈海玉. 格构锚固结构在安徽省高速公路边坡防护中的应用[J]. 地下水, 2009, 31(141): 156-157.
- [6] 邓正苗, 谢永宏, 陈心胜, 等. 洞庭湖流域湿地生态修复技术与模式[J]. 农业现代化研究, 2018, 39(6): 994-1008.
- [7] 陈圣泓. 城市滨河地区生态修复与生境营造——以烟台鱼鸟河为例[J]. 中国园林, 2015(5): 64-67.
- [8] 杨翠霞, 张成梁, 刘禹伯, 等. 矿区废弃地近自然生态修复规划设计[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(17): 269-272.
- [9] 朱湾, 马亮, 施德刚, 等. 历史遗留采矿废弃地生态修复设计——以晋北煤炭基地宁武煤田为例[J]. 中国煤炭, 2021, 47(9): 8-15.

责任编辑: 陈旭

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.013

## 城市绿地土壤酸碱度特征分析

——以南京市为例

李超明<sup>1</sup>, 汪瑞军<sup>2</sup>

(1. 东南大学 建筑学院, 江苏 南京 210096; 2. 合肥工业大学 建筑与艺术学院, 安徽 合肥 230601)

**摘要:**以绿地空间的详细划分为基础,通过大量实测数据的采集与分析,以南京市为例拓展城市绿地土壤酸碱度研究的广度和深度。研究表明,绿地土壤具有整体偏碱的特征,绿地空间形态的丰富变化在一定程度上引起了土壤 pH 的差异化表现。基于数据分析总结出时空连续性、地形和平面形态 3 个影响因素,讨论其各自成因与影响方式。作为土壤环境的重要指标,酸碱度不仅直接影响植被生长,还是各种生物、化学反应的关键调控因子。

**关键词:**土壤酸碱度;城市绿地;空间类型;时空连续性;地形变化;平面形态

中图分类号:S731.2;S714.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0072-06

引文格式:李超明,汪瑞军.城市绿地土壤酸碱度特征分析——以南京市为例[J].林业调查规划,2023,48(3):72-77.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.013

LI Chaoming, WANG Ruijun. Characteristics of Soil pH in Urban Green Space——A Case Study of Nanjing City[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 72-77. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.013

## Characteristics of Soil pH in Urban Green Space

——A Case Study of Nanjing City

LI Chaoming<sup>1</sup>, WANG Ruijun<sup>2</sup>

(1. College of Architecture, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. College of Architecture and Art, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230601, China)

**Abstract:** Based on the detailed division of green space, through the collection and analysis of a large amount of measured data, this paper selected Nanjing as an example to expand the breadth and depth of the research on the soil pH of urban green space. The research results indicated that the soil of green space had the characteristics of being generally alkaline, and the rich changes in the spatial form of the green space also caused the differential performance of soil pH to a certain extent. Based on data analysis, this paper summarized three influencing factors of temporal and spatial continuity, topography and plane form, and discussed the respective causes and influence methods. As an important indicator of the soil environment, pH not only directly affects the growth of vegetation, but also is a key regulator of various biological and chemical reactions.

**Key words:** soil pH; urban green spaces; space type; temporal and spatial continuity; topographic change; plane form

收稿日期:2022-01-20.

基金项目:国家自然科学基金重点项目(51838003).

第一作者:李超明(1985-),男,安徽绩溪人,硕士,助理工程师.主要从事数字景观实验与分析研究. Email:103008909@seu.edu.cn

责任编辑:汪瑞军(1986-),男,安徽宣城人,博士,讲师.主要从事风景园林规划与设计、城市绿地生态、绿色基础设施方面的研究.

Email:ruijun1986@outlook.com

酸碱度是土壤环境的重要属性之一,其本质是土壤溶液中各种离子种类和浓度变化的结果。自然环境中土壤酸碱度主要由成土母质、气候、动植物与微生物和土壤的互动关系等因素决定,形成过程缓慢且稳定,表现出一定的地域分布特征。城市环境中土壤受人为活动影响强烈,包含酸碱度在内的土壤属性具有显著的异质性特征,并主要体现在两个尺度层面,首先是与周边山林地、农用地的整体差异,其次是城市内部不同区域间的变化。城市建设的主要人工材料水泥、砖块和混凝土等都会向与之接触的土壤中释放钙离子,从而提升土壤的 pH 值,产生碱化效应<sup>[1]</sup>,而土地利用类型的变化会影响该过程的作用程度,产生土壤酸碱度在空间上的分化<sup>[2-4]</sup>。

绿地是城市环境中开放土壤的主要分布区域,这里的“开放”是相对于被人工设施封闭于地表之下的土壤而言。绿地土壤不仅维持着植物的生长,也是城市环境中重要的生物基因库和繁殖场所,并可发挥过滤、缓冲和物质转化等多种生态作用,而土壤的酸碱度是影响这些功能表达的重要因素。我国幅员辽阔,地区间气候、地形、地质等因素的差异塑造出多样的土壤属性,在酸碱度上整体呈现北碱南酸的变化,众多研究表明城市绿地土壤亦符合此特征,并在不同程度上表现出相对城郊土壤的碱化<sup>[5-8]</sup>。而对于绿地内部土壤酸碱属性的变化目前的研究稍显不足,大多只针对于几种主要绿地类型的整体比较,缺乏从绿地空间变化上对土壤酸碱度差异进行具体分析。本文将在笔者及其团队对南京市主城区绿地土壤综合属性抽样调查的基础上,重点分析和讨论酸碱度指标调查结果,包括数据分布特征、与绿地空间变化的关系以及与土壤属性的关系等内容,以提升对城市绿地环境特征的认识,为各种与绿地相关的科研、设计工作提供理论支持。

## 1 调查内容与方法

调查工作首先对城市绿地空间进行分类,着重于空间的典型性和差异性以及绿地设计与建设中的应用关系(表 1)。主要空间类型包括 6 种。

1) 公园绿地根据地形和营建方式上的差异又分为平地公园和山体公园两种,前者多属于不同年代的辟地新建,后者则是在原有山体及其植被基础上的改造,随着城市的扩张,此类公园在多山及丘陵地区具有较高的普遍性。

表 1 城市绿地空间分类

Tab. 1 Classification of urban green spaces

主要空间类型	次级空间类型	
公园绿地	平地公园	密林、疏林、草地
	山体公园	陡坡、中坡、缓坡、平坡、汇水点
居住区绿地	建筑阴区、建筑阳区、集中绿地	
单位附属绿地	建筑阴区、建筑阳区、集中绿地	
滨水绿地	岸上地、驳岸坡地、临水区、湿地	
广场绿地	片状绿地、中型绿地、树池	
道路绿带	东西向、南北向	

2) 居住区绿地和单位附属绿地的布局特征相似,组团中心的集中绿地和围绕建筑的带状绿地构成了主要两种绿地形态,因受建筑遮阴的影响,后者又可分为阴区和阳区两种典型空间。

3) 滨水绿地的内部划分以竖向和与水体的关系为依据,湿地指频繁被水淹没,以耐水或水生植物栽植为主的滨水区域,临水区指自然驳岸邻近水位线的位置,与湿地类似,其土壤受水体影响较大。

4) 广场绿地内部形态变化丰富,从面积和空间塑造上大致可分为常位于外围或中心区域面积较大的片状绿地、面积中等以池壁围合的中型绿地以及以独株乔木栽植为主的树池。道路绿带的标准化程度较高,根据城市道路走向的主要特征分为南北向和东西向两类。

调查样点的选择除考虑空间差异外还关注了时间因素,样点所在绿地建设完成均在 10 年以上,环境特征相对稳定。具体的调查方式分为现场采样和实验室分析两个阶段,根据样点绿地的空间特征,现场采样采用梅花形、W 形和线形等多种布点形式,取样深度为 20 cm,各测点土样充分混合、风干、过筛后作为该样点样品进行实验室测量,测量采用电位法由 pH 计完成,并辅以试纸校验。每种主要空间类型的调查样点均超过 50 个,共完成近 400 份样品的测量。

## 2 结果分析

### 2.1 绿地土壤 pH 整体特征分析

各主要绿地空间类型的样点数据分析如表 2 所示。

表 2 主要绿地空间类型土壤 pH 描述性统计  
Tab. 2 Descriptive statistics of soil pH for major green space types

主要空间类型	平均数	中位数	最大值	最小值	变异系数
公园绿地	6.52 ± 0.91	6.91	7.69	4.10	0.139
居住区绿地	7.46 ± 0.43	7.61	8.07	6.32	0.057
单位附属绿地	7.39 ± 0.56	7.58	7.87	5.08	0.076
滨水绿地	7.54 ± 0.22	7.60	7.84	7.01	0.029
广场绿地	7.51 ± 0.27	7.57	7.97	6.85	0.036
道路绿带	7.82 ± 0.23	7.85	8.24	6.93	0.029

平均水平上(兼顾平均值与中位数),除公园绿地外基本属于碱性范畴,而公园绿地的变异系数显著高于其它类型,说明其内部次级空间之间的差异较大。南京市地处宁镇山脉西端,表现出低山缓岗的地形特征,自然土壤以下蜀黄土母质上发育的黄棕壤为主<sup>[9]</sup>,pH 主要集中在 5.0~6.5<sup>[10]</sup>。抽样调查的城郊稻田土和山林地土也表现为酸性,前者均值为 6.18,后者均值为 5.70。城市建设所产生的碱化作用在绿地土壤中表现明显。

样点数据的 pH 区间分布情况如图 1 所示。

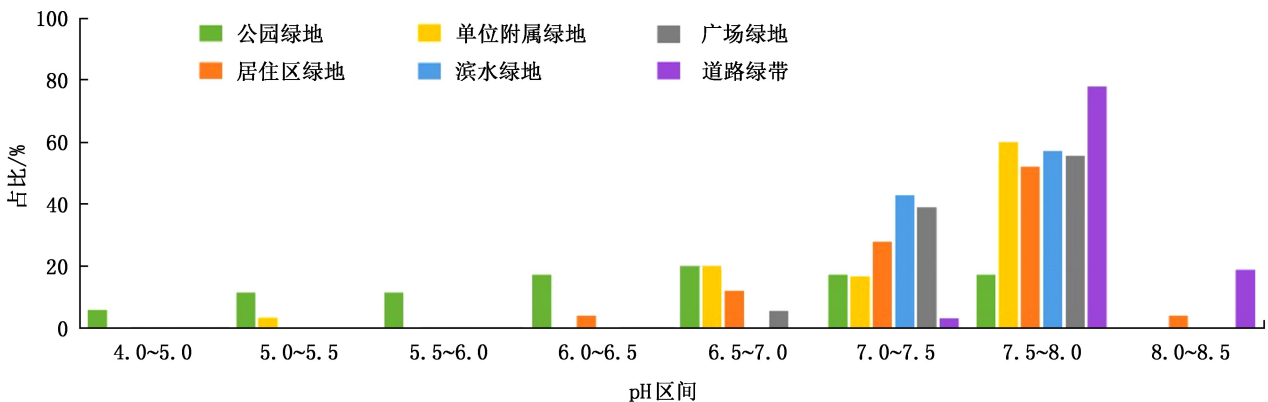


图 1 主要绿地空间类型样点土壤 pH 区间分布比较

Fig. 1 Comparison of soil pH interval distribution in main green space types of sampling points

公园绿地的分布跨度较大且相对均匀,其他类型均在 7.5~8.0 区间拥有超过 50%的样点占比,道路绿带有近 20%的样点超过 8.0。次级空间类型的比较中(图 2),道路绿带的 2 种均值最高,东西向为 7.87,南北向为 7.77,山体公园陡坡均值最小,为 5.15。广场绿地中的片状绿地及以左类型均值超过

7.5,占类型数的 47.83%,山体公园所含 5 种类型的均值小于 6.5,占比为 21.74%,中性类型数占比为 30.43%。与主要类型相比,次级类型的空间特征性更高,因此,图 2 所表现出的不仅仅是类型间的客观差异,还反映出一些 pH 变化与空间特征之间关系的端倪。

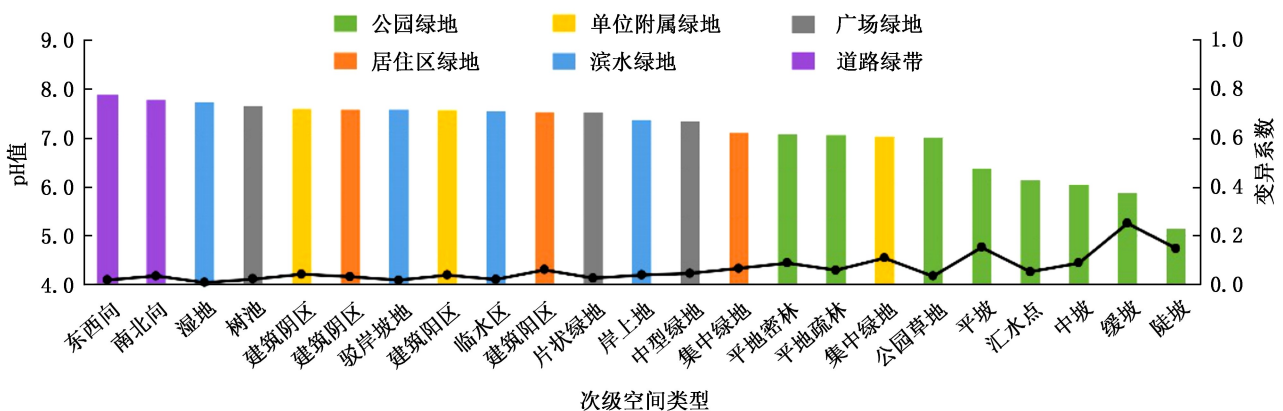


图 2 次级绿地空间类型土壤 pH 均值及变异系数比较

Fig. 2 Comparison of soil pH mean and coefficient of variation for secondary green space types



## 2.2 土壤 pH 与绿地空间特征的关系

### 2.2.1 时空连续性

时空连续性是绿地空间本身的发展特征之一,包含两个层面的表现,一个是作为绿地或自然属性用地的连续性,另一个是绿地内部空间组成与结构演进的连续性。二者在不同程度或空间尺度上反映出人类建设活动的干预,而不同绿地因功能和空间形态上的变化在时空连续性上往往存在较大差异,并能进一步引起土壤酸碱度的变化。主要绿地类型中公园绿地的时空连续性整体上较高,土壤酸碱度更接近区域自然土壤,道路、广场绿地不仅在建成时间上相对较晚,更是各种改建、更新活动的重点对象,土壤受扰动较强,更易混入大量碱性物质。公园绿地内部山体公园与平地公园的比较尤其能够表现出时空连续性的影响,无论是用地类型变更还是内部空间稳定性所表征的连续性,山体公园都要高于平地公园。包括地形因素所引起的开发难度以及空间文脉传承、城市生态建设等方面的原因,都使得山体公园成为城市建成基底内部保持区域原生生态特征的重要斑块。

如表 3 所示,山体公园调查样点的平均水平显著低于平地公园,属于典型酸性范畴,且有 68.18% 的样点 pH 值低于 6.5。

表 3 不同类型公园绿地土壤 pH 描述性统计

Tab. 3 Descriptive statistics of soil pH in different types of park green spaces

公园绿地	平均数	中位数	最大值	最小值	变异系数
山体公园	5.98 ± 0.93	5.92	7.55	4.10	0.155
平地公园	7.05 ± 0.47	7.13	7.69	6.02	0.066

### 2.2.2 地形变化

在对山体公园的调查中,参考森林调查的一般方法按坡度将绿地内部空间分为平坡、缓坡、中坡和陡坡<sup>[11-12]</sup>,并分别布置样点,具体划分方式为:<8°为平坡、≥8°~15°为缓坡、≥15°~25°为中坡、≥25°~50°为陡坡。各坡度类型样点的土壤 pH 均值按坡度从大到小依次为 5.15、6.04、5.87 和 6.37,缓坡稍小外,整体存在一定程度上逐渐增大的趋势。进一步对样点数据的分析表明,陡坡样点与其它坡度样点在 0.05 水平上差异显著 ( $F = 5.032, P = 0.034$ ),土壤 pH 值与坡度变化在 0.05 水平上呈显著负相关 ( $r = -0.526$ , 图 3)。

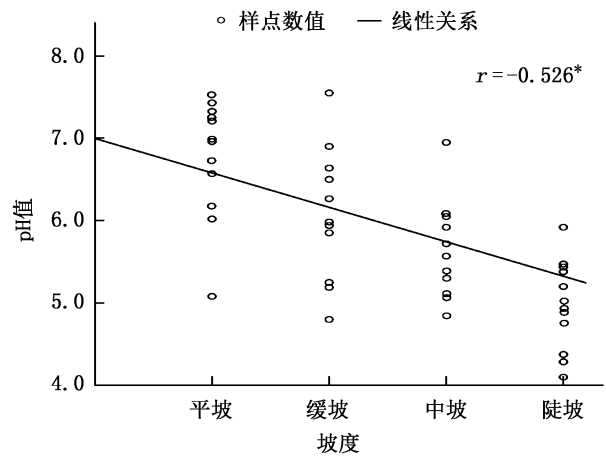


图 3 坡度与土壤 pH 的线性关系分析

Fig. 3 Linear relationship between slope and soil pH

城市山体公园大都植被结构完整,生长良好,调查样点基本属于常绿落叶阔叶密林或偏密林,植物空间特征相近,土壤 pH 与坡度变化的关系很有可能是受到淋溶作用的影响。雨水在空气中运动可吸收部分 CO<sub>2</sub>,微含酸性,入渗后再与土壤中有有机质与矿物质分解产生的各种酸类混合,进一步增强了酸性。入渗过程可将石灰质等可溶盐类溶解转移,较难移动的氧化铁质与黏粒则被带入下层土壤,该过程被称为淋溶,长期淋溶作用会形成表土淋溶层,表现出粘粒含量低,酸性强、质地较粗的特征。我国南方地区降雨丰富,较强的土壤淋溶是广泛酸性土壤形成的重要原因之一<sup>[13]</sup>。相同降雨条件下,地势越高,坡度越大区域受径流冲刷严重,土壤水下向与侧向的移动更强,淋溶作用程度更大<sup>[14]</sup>。数据分析虽然反映出土壤 pH 与坡度的关联性,但不同坡度的实际差异并不大,中坡、缓坡和平坡的平均水平均在酸性范畴内,差值未超过 0.5,对植物生长的影响很小,值得注意的是陡坡这一空间类型,其土壤不仅酸性程度高,还具有低水、低肥的特征<sup>[15]</sup>,综合土壤环境严苛,对于植物的适应要求较高。

### 2.2.3 平面形态

平面形态的变化是绿地空间差异的主要表现形式之一,尤其对于中小尺度。城市土壤碱化的主因是人为扰动引起的建筑材料碱性物质的释放,而绿地的边界几乎都是由硬质设施限定的,理论上平面形态狭小的绿地受影响的程度更大。调查数据在一定程度上呼应了这种基于成因分析的推论。道路绿带形态狭长,形成了较高的边界长度与面积比(边缘密度),土壤整体受碱化作用影响较大,pH 平均水平与碱性样点占比均高于其他绿地类型。此外,

道路绿带具有标准化、规则化且绿化模式相对统一的特征,宽度成为突出的变量参数,为分析绿地平面形态与土壤 pH 的关系创造了良好条件。绿带宽度与土壤 pH 值的相关性分析表明,二者在 0.05 水平上显著负相关( $r = -0.373, P = 0.036$ ),两组变量数据的拟合分析中对数曲线的拟合优度最高,如图 4 所示,宽度在 2 m 以内时曲线的斜率较大,大于 4 m 时渐近平缓,说明宽度增加对土壤碱化的负向作用在绿带较窄时更为明显。绿带过窄时,两侧道路基础往往会形成对土层的下界面封闭,施工过程中建设废料也更易混入,这些都会加深碱性物质的释放而对土壤酸碱环境产生影响,宽度增加会对此产生一定的缓解作用,但作用程度会逐渐减弱。

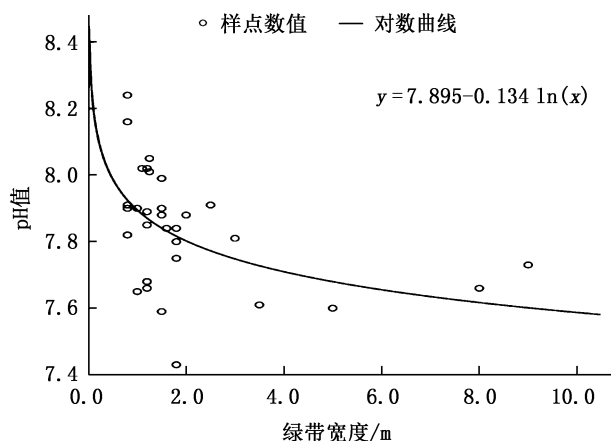


图 4 绿带宽度与土壤 pH 的曲线拟合分析

Fig. 4 Curve fitting of green belt width and soil pH

在其它一些平面形态上存在显著内部分化的绿地类型中,相应的数据比较也能反映出绿地平面形态变化与土壤 pH 的关系。居住区与单位附属绿地内部的建筑阴区与阳区绿地紧贴建筑基础呈条带状布局,而集中绿地则大多呈块状,面积较大。居住区绿地中,集中绿地 pH 均值为 7.11,建筑阴区为 7.58,阳区为 7.53,方差分析显示各样点组间存在显著差异 ( $F = 3.656, P = 0.043$ ),多重比较中集中绿地在 0.05 水平上与建筑阴区 ( $P = 0.017$ ) 和建筑阳区 ( $P = 0.030$ ) 差异显著。单位附属绿地中,集中绿地 pH 均值为 7.02,建筑阴区为 7.59、阳区为 7.56,3 组数据间同样存在显著差异 ( $F = 3.848, P = 0.034$ ),多重比较中集中绿地在 0.05 水平上与建筑阴区 ( $P = 0.020$ ) 和建筑阳区 ( $P = 0.027$ ) 差异显著。广场绿地中树池的 pH 最高,均值为 7.65,中型绿地最小,均值为 7.34,片状绿地为 7.51,方差分析

结果为  $F = 3.958, P = 0.042$ ,树池与中型绿地在 0.05 水平上差异显著 ( $P = 0.014$ )。

### 3 讨论

城市土壤与自然环境中在各种自然力作用下发育的土壤不同,人为活动的干预,包括干预的方式、程度都会改变土壤的结构和属性,造成稳定性的下降和复杂性的提升,而这种变化本身就是城市土壤的重要特征。土壤是绿地植物生长的主要生境因子之一,对栽植与管养工作的顺利开展影响较大,尽管可以根据需求进行土壤改良,但一定是建立在对城市土壤发展特征及其中规律性因素充分认知的基础上,否则难以做到有的放矢以及对投入成本的管控。

土壤碱化是城市生态系统物质流动的结果,不仅直接关系到绿地植物的生长和表现,作为关联条件还会影响到其他土壤属性的变化,其中以养分元素的有效性转化较为突出。土壤中各种盐离子在不同的酸碱环境中稳定性各不相同,例如  $\text{NH}_4^+$  在碱性土壤中易转化成  $\text{NH}_3$  挥发,  $\text{NO}_3^-$  在强酸环境中易转化成气态的  $\text{N}_2$ , 而磷在中性环境中有效性最高,偏酸或偏碱都会增强其难溶性与吸附性<sup>[16]</sup>。图 5 为主要养分元素有效性与土壤 pH 的关系<sup>[17]</sup>,对于多数元素来说土壤偏碱会降低其有效性。

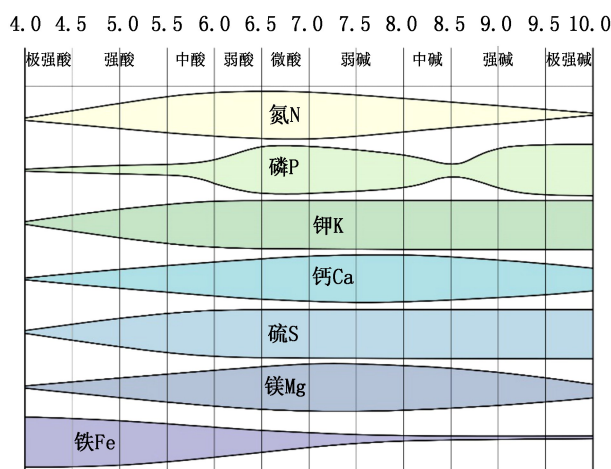


图 5 土壤 pH 与主要养分元素有效性关系

(改绘自 Truog, E. (1946). Soil reaction influence on availability of plant nutrients<sup>[17]</sup>)

Fig. 5 Relationship between soil pH and availability of major nutrient elements (redrawn from Truog, E. (1946). Soil reaction influence on availability of plant nutrients)

虽然城市绿地土壤整体上具有碱化趋势,但从

本文的研究可以发现,绿地类型及其空间特征的差异能够对土壤 pH 产生影响,并形成一定程度的分化。与土壤酸碱度相关联的因素有很多,包括土壤母质、温度、降雨、植被、土壤微生物等,本研究根据现实环境调查所做的分析,实际上是对综合因素影响结果的揭示,属于侧重于应用性的研究,而并非实验性。空间因素并不直接作用于土壤 pH,而是通过影响物质流动与分配过程产生间接效果。相关结论及其进一步的研究不仅有助于在植物景观营建中科学地践行适地适树原则,绿地空间特征的影响还能从设计层面辅助于土壤 pH 调节,例如适当增加道路绿带宽度能够缓解土壤碱化过程。

#### 4 结 论

通过大量实测数据的采集与分析,文章讨论了城市绿地土壤酸碱度特征,包括 pH 与绿地空间变化的关系。研究表明,城市绿地土壤 pH 具有整体偏碱和内部差异性的双重表现。主要绿地类型中公园绿地、居住区绿地和单位附属绿地的平均水平呈中性,滨水、广场及道路绿地平均水平呈碱性。公园绿地样点 pH 分布跨度较大,且酸性样点占比更高,包含中性与酸性次级空间类型;道路绿带样点 pH 几乎全部处于碱性区间,次级空间类型也均属于碱性范畴;其他几种类型均以碱性样点占比居高,且均包含碱性与中性次级空间类型。根据数据分析总结出 3 个与土壤 pH 相关联的绿地空间特征:时空连续性、地形与平面形态。时空连续性主要反映的是整体的人为干预强度,在山体公园中表现较为明显,高连续性使其更多地表现出区域自然土壤的酸碱特征;地形对土壤 pH 的影响体现在坡度变化上,分析显示,其与 pH 呈显著负相关,实际表现上陡坡的特异性比较明显;平面形态狭小的绿地更易受到建筑材料碱性物质释放的影响而具有较高的土壤 pH 值,该现象在居住区、单位附属、广场和道路绿地内部空间形态分化中均有所体现。

本研究聚焦于土壤 pH,研究对象基本涵盖了城市绿地的主要类型,并从空间差异出发对各类型进行进一步的细分,相较以往研究,调查与分析的广度和深度均有所提升。作为高自然属性的城市空间,绿地是城市生态系统的重要组成部分,是各种生态功能发生与表达的空间载体,对于绿地各方面生态特征的了解有助于营建过程精细化与生态化的提升,为建设生态城市、公园城市提供科学基础。

#### 参考文献:

- [1] 李艾洵,张顺然. 城市园林绿化的土壤困境及突围[J]. 园林,2015(6):58-61.
- [2] CHON H T, AHN J S, JUNG M C. Seasonal variations and chemical forms of heavy metals in soils and dusts from the satellite cities of seoul, Korea [J]. Environmental Geochemistry and Health, 1998, 20: 77-86.
- [3] PARK S J, CHENG Z, YANG H, et al. Differences in soil chemical properties with distance to roads and age of development in urban areas [J]. Urban Ecosystems, 2010, 13(4): 483-497.
- [4] NORRA S, FJER N, LI F, et al. The influence of different land uses on mineralogical and chemical composition and horizonation of urban soil profiles in Qingdao, China [J]. Journal of Soils and Sediments, 2008, 8(1): 4-16.
- [5] 邓琳,杜楠楠,王纯岩. 齐齐哈尔城市绿地土壤肥力质量评价[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017(17): 171-175.
- [6] 司志国,彭志宏,俞元春,等. 徐州城市绿地土壤肥力质量评价[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2013, 37(3): 60-64.
- [7] 陈雪,郎春燕. 成都市城市绿地土壤理化性质研究[J]. 广东微量元素科学, 2011, 18(6): 52-57.
- [8] 管东生,何坤志,陈玉娟. 广州城市绿地土壤特征及其对树木生长的影响[J]. 环境科学研究, 1998(4): 53-56.
- [9] 徐柏忠,罗汝英,李佳荣. 江苏省类黄土丘陵地的土壤类型及其分布规律[J]. 土壤学报, 1993, 30(2): 191-198.
- [10] 王志刚,赵永存,廖启林,等. 近 20 年来江苏省土壤 pH 值时空变化及其驱动力[J]. 生态学报, 2008(2): 720-727.
- [11] 中华人民共和国水利部. 水土保持综合治理规划通则: GB15772-2008-T[S]. 北京:中国标准出版社, 2009.
- [12] 吴照柏. 森林资源规划设计调查中地形因子自动提取初探[J]. 中南林业调查规划, 2007(3): 51-53.
- [13] 范业宽,叶坤和. 土壤肥科学[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2002: 31-32.
- [14] 郭义达,李通. 中华万有文库教育卷·中学地理词典[M]. 北京:中国人民公安大学出版社, 1998.
- [15] 汪瑞军,成玉宁. 城市山体公园地形对生境条件的影响——以南京市为例[J]. 亚热带资源与环境学报, 2020, 15(3): 24-31, 38.
- [16] MILLER J. Soil pH affects nutrient availability [EB/OL] [2020-03-03]. <https://extension.umd.edu/learn/soil-ph-affects-nutrient-availability>.
- [17] TRUOG E. Soil reaction influence on availability of plant nutrients [J]. Soil Science Society of America Proceedings, 1946, 11: 305-308.

责任编辑:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.014

## 不同干扰类型下的白桦次生林土壤理化性质研究

于晓雨<sup>1</sup>, 铁牛<sup>1,2</sup>, 萨如拉<sup>1</sup>, 呼日查<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学 林学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古林业科学研究所, 内蒙古 呼和浩特 010019)

**摘要:** 研究内蒙古大兴安岭地区不同干扰类型下白桦次生林土壤理化性质特征, 在内蒙古根河市选取 3 种干扰类型的白桦次生林样地的不同土层土壤作为研究对象, 对土壤理化性质进行测量分析, 探究不同干扰类型对土壤理化性质的影响。研究表明, 白桦次生林在不同干扰方式下土壤理化性质存在显著差异。其中人工条带改造后的白桦次生林土壤 pH 值增大, 火烧后白桦次生林容重增大, 土壤有机碳、全氮、全磷、全钾、速效磷、速效钾含量在人工条带改造后显著增高, 采伐干扰样地白桦次生林样地土壤含水量、速效氮含量最高。不同干扰类型的白桦次生林样地土壤理化性质间相关性不同。人工条带改造干扰样地白桦次生林土壤综合指数较高, 火干扰样地白桦次生林土壤综合指数较低。

**关键词:** 大兴安岭; 白桦; 次生林; 干扰类型; 土壤; 理化性质

中图分类号: S792.153; S714.2 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0078-07

引文格式: 于晓雨, 铁牛, 萨如拉, 等. 不同干扰类型下的白桦次生林土壤理化性质研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 78-84. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.014

YU Xiaoyu, TIE Niu, SA Rula, et al. Soil Physical and Chemical Properties of *Betula platyphylla* Secondary Forest under Different Disturbance Types[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 78-84. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.014

### Soil Physical and Chemical Properties of *Betula platyphylla* Secondary Forest under Different Disturbance Types

YU Xiaoyu<sup>1</sup>, TIE Niu<sup>1,2</sup>, SA Rula<sup>1</sup>, HU Richa<sup>1</sup>

(1. Forestry College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China;

2. Inner Mongolia Academy of Forestry, Hohhot 010019, China)

**Abstract:** To study soil physical and chemical properties of *Betula platyphylla* secondary forest under different disturbance types in the Greater Khingan Mountains of Inner Mongolia, this paper selected different soil layers of three disturbance types in sample plots of Genhe City, tested and analyzed the soil physical and chemical properties, and explored the impact of different disturbances on soil physical and chemical properties. The results showed that the soil physical and chemical properties of *Betula platyphylla* secondary forest were significantly different under different disturbance types. The mean value of soil pH value in the secondary forest disturbed by artificial strip transformation increased, the bulk density of the secondary forest disturbed by fire increased, the content of soil organic carbon, total nitrogen, total phosphorus, total potassium, available phosphorus, and available potassium increased significantly disturbed by artificial

收稿日期: 2022-01-14.

基金项目: 内蒙古自治区科技计划项目(2020GG0067).

第一作者: 于晓雨(1998-), 女, 内蒙古呼伦贝尔人, 硕士研究生. 研究方向为退化生态系统的土壤修复过程. Email: yuxiaoyu1998@163.com

责任作者: 铁牛(1973-), 男, 内蒙古兴安盟人, 博士, 教授. 研究方向为土壤生态学. Email: wangtieniu@126.com

strip transformation, and the soil water content and available nitrogen content disturbed by logging were the highest. The correlation of soil physical and chemical properties of *Betula platyphylla* secondary forest under different disturbance types was different. The soil comprehensive index of the secondary forest disturbed by the artificial strip transformation was higher, while that disturbed by fire was lower.

**Key words:** Greater Khingan Mountains; *Betula platyphylla*; secondary forest; disturbance type; soil; physical and chemical properties

火干扰是影响森林生态系统功能、土壤结构和地球化学循环的主要方式,也是影响林分更新的主要因子<sup>[1]</sup>。火烧引起森林表层土壤温度升高,土壤入渗率降低<sup>[2]</sup>,进而影响土壤养分循环<sup>[3]</sup>。人为干扰将使土壤理化性质发生变化,改变土壤含水量、pH等<sup>[4]</sup>。近年,国内外许多研究表明不同干扰对土壤理化性质具有显著影响<sup>[5]</sup>。采伐干扰是重要的人为干扰方式,采伐林木后,土壤和植被均遭到破坏,使原有的土壤功能发生改变,阻碍土壤养分循环,土壤中菌根和微生物活动也受到限制,长期影响土壤功能和结构并改变林下土壤的理化性质<sup>[6-10]</sup>,进而影响地上林木的生长发育。林下土壤是森林生态系统的重要组成部分,为林木生长提供必需的营养物质。长期维持并提高森林土壤肥力可提高森林生态系统的稳定性,促进林业可持续发展。以大兴安岭地区不同干扰类型的白桦次生林样地土壤为研究对象,通过设置不同干扰类型样地并在不同土壤剖面取样调查,对其土壤理化性质特征进行研究,探究不同干扰类型的白桦次生林与土壤理化性质间的相互关系,将对大兴安岭白桦次生林的恢复更新以及保护具有重要意义。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

研究区选在内蒙古自治区呼伦贝尔根河市,位

于大兴安岭北段西坡,地理坐标为东经 120°12'~122°55',北纬 50°20'~52°30',东与鄂伦春自治旗为邻,西与额尔古纳市接壤,南连牙克石市,北接黑龙江省大兴安岭地区漠河市、呼中区。南北直线距离最长达 240.4 km,东西直线距离最宽达 198.8 km,总面积 2.001 万 km<sup>2</sup>。根河是中国纬度最高的城市之一,平均海拔 800 m。年均降水量 500 mm,主要集中在 6—9 月,年均温 -5.3℃,极端低温 -58℃,年封冻期 210 d 以上,森林覆盖率 75%。土壤为棕色针叶林土,质地较轻,含砂粒及石砾较多,土壤呈酸性,pH 为 4.5~6.5,上部土层较酸,下部土层呈微酸至中性。优势树种为兴安落叶松 (*Larix gmelinii*),并伴生有白桦 (*Betula platyphylla*)、山杨 (*Populus davidiana*) 等乔木。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 样地设置

样地设于内蒙古自治区呼伦贝尔根河市,选取研究区内 3 种不同干扰类型的白桦次生林样地:火干扰样地 (H1、H2) 两块,人工条带改造干扰样地 (M1、M2) 两块,采伐干扰样地 (S1、S2、S3、S4) 4 块,共 8 块 30 m × 30 m 样地,在样地内进行每木调查。记录各样地的经纬度、海拔、坡度、坡向、坡位等地形信息。样地基本情况见表 1。

#### 1.2.2 土壤样品采集与测定

土壤样品采集时间为 2020 年 8 月,在根河市所

表 1 不同干扰类型样地的白桦次生林固定样地基本概况

Tab. 1 General situation of fixed plots in *Betula platyphylla* secondary forest under different disturbance types

样地	经纬度	平均海拔 /m	坡向	坡度 /(°)	郁闭度	平均树高 /m	平均胸径 /cm	株树密度 /(株·hm <sup>-2</sup> )
M1	121°03'23.180"E,50°34'31.036"N	705.1	东坡	8.0	0.600	16.36	14.63	2500
M2	121°03'22.005"E,50°34'32.309"N	710.0	东坡	8.0	0.600	13.27	7.81	2175
H1	121°40'5.39"E,51°5'47.66"N	940.0	东坡	4.0	0.300	5.29	6.49	675
H2	121°40'5.33"E,51°5'47.02"N	950.0	东坡	2.3	0.440	7.22	5.96	525
S1	121°32'20.536"E,50°54'36.154"N	969.0	西南坡	2.0	0.760	17.69	13.69	2000
S2	121°32'20.880"E,50°54'36.73"N	972.6	西坡	2.0	0.642	17.69	19.28	1675
S3	121°32'19.513"E,50°54'19.892"N	740.0	西南坡	2.0	0.643	10.68	7.69	1875
S4	121°32'15.55"E,50°54'18.61"N	910.0	西南坡	4.5	0.600	9.78	8.68	1800

选研究区内选取的 8 块 30 m × 30 m 固定样地中, 每块样地内按对角线三点挖取土壤剖面, 各样点垂直分层(0~10 cm 和 10~20 cm) 采集土壤样品, 共 48 份, 各土壤样品过直径 2 mm 筛网, 去除可见的植物物质和小石子, 用样品袋编号密封, 并取环刀土用于土壤含水量和容重的测定。将新鲜土壤带回实验室, 整理后用于理化性质的测定。

理化性质的测定方法与仪器如表 2 所示。

表 2 土壤理化性质测定方法与仪器

Tab. 2 Determination methods and instruments for soil physical and chemical properties

理化性质	测定方法与仪器
含水量(SWC)	环刀烘干法
容重(BD)	环刀烘干法
pH	电位测定法
有机质含量	重铬酸钾法
全氮含量	高氯酸—硫酸消化法, 开氏定氮仪
全磷含量	高氯酸—硫酸消化法, 分光光度计
全钾含量	氢氟酸—高氯酸消化法, 原子吸收仪
速效氮含量	氯化钠溶液浸提, 开氏定氮仪
速效磷含量	碳酸氢钠溶液浸提, 分光光度计
速效钾含量	醋酸铵溶液浸提, 原子吸收仪
机械组成	激光粒度分布仪法

### 1.2.3 统计方法

1) 采用 one-way ANOVA, 分析不同干扰类型白桦次生林土壤氮组分、磷组分、钾组分及 pH 间的差异性, 显著性水平设为 0.05。土壤理化性质相关性通过 Pearson 双尾检验法进行分析。运用 Excel 2016 整理数据, 使用软件 SPSS 23.0 进行数据统计分析。

2) 采用升型(公式(1))、降型分布函数(公式(2))公式, 利用软件 SPSS 23.0 计算各个因子的主成分贡献率、累计贡献率, 根据主成分的分析结果来确定各个因子载荷。公式分别为:

$$F(X_i) = (X_i - X_{i\min}) / (X_{i\max} - X_{i\min}) \quad (1)$$

$$F(X_{ii}) = (X_{i\max} - X_i) / (X_{i\max} - X_{i\min}) \quad (2)$$

式中:  $F(X_i)$  为各土壤因子隶属度值;  $X_i$  为土壤各因子的值;  $X_{i\max}$  为第  $i$  项土壤因子中的最大值;  $X_{i\min}$  为第  $i$  项土壤因子中的最小值。

土壤质量因子权重计算公式为:

$$W_i = C_i / \sum_{i=1}^n C_i \quad (3)$$

式中:  $C_i$  为第  $i$  项土壤质量因子的因子载荷。

计算土壤各隶属度, 采用综合指标值 SQI 的计算公式, 计算不同干扰类型下白桦次生林土壤质量, 公式为:

$$SQI = \sum_{i=1}^n W_i \times F(X_i) \quad (4)$$

## 2 结果与分析

### 2.1 不同干扰类型样地白桦次生林土壤理化性质特征

#### 2.1.1 土壤有机碳特征

不同干扰类型样地白桦次生林 0~10 cm 土层内土壤有机碳含量在垂直方向变化规律为随着土层的加深, 不同干扰类型下白桦次生林土壤有机碳含量均呈减少趋势, 说明白桦次生林土壤有机碳具有表层富集性(图 1)。

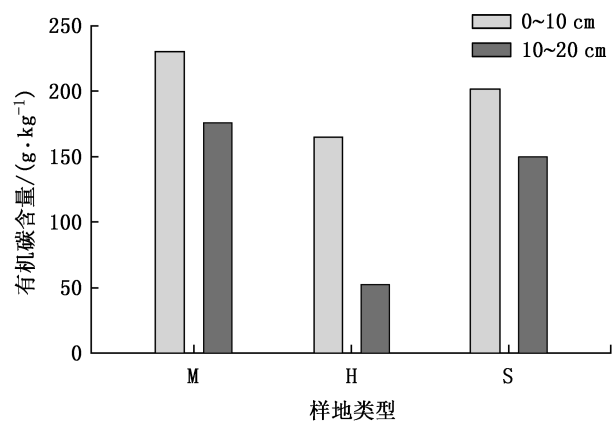


图 1 不同干扰类型样地白桦次生林土壤有机碳含量  
Fig. 1 Soil organic carbon content of *Betula platyphylla* secondary forest under different disturbance types

3 种干扰类型样地白桦次生林土壤有机碳含量无显著性差异, 在 0~10 cm、10~20 cm 土层内有机碳含量大小依次为: 人工条带改造干扰样地(M) > 采伐干扰样地(S) > 火干扰样地(H)。土壤有机碳含量特征表现: 随着林下枯落物的增加和分解, 白桦次生林的更新恢复, 补充了土壤表层有机质<sup>[11-12]</sup>。可见人工条带改造干扰有利于林下土壤有机物质的增加, 而火干扰则相反。

#### 2.1.2 不同干扰类型样地白桦次生林其他土壤理化性质特征

不同干扰类型样地白桦次生林其他土壤理化性质统计见表 3, 表 4。

由表 3 可知, 研究区内不同干扰类型样地白桦次生林在 0~10 cm、10~20 cm 土层土壤 pH 均表现为

表 3 不同干扰类型样地白桦次生林土壤物理性质  
Tab. 3 Soil physical properties of *Betula platyphylla* secondary forest under different disturbance types

样地类型	土层厚度 /cm	pH	土壤容重 /( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	含水量 /%	总孔隙度 /%
M	0~10	6.31±0.15a	0.95±0.09ab	33.24±6.28a	73.16±3.49a
	10~20	6.46±0.15a	0.71±0.12b	41.00±5.57a	64.30±4.54a
H	0~10	5.36±0.24b	1.62±0.28ab	23.13±11.13a	47.10±10.69b
	10~20	5.61±0.17b	1.40±0.18ab	33.5±5.57a	39.13±6.86b
S	0~10	5.27±0.39ab	1.32±0.37a	42.63±13.67a	58.96±13.98ab
	10~20	5.49±0.37ab	1.09±0.36a	49.75±12.27a	50.36±13.52ab
F 值	0~10	13.86	4.16	2.53	4.18
	10~20	14.60	5.84	5.39	5.85
P 值	0~10	<0.001	0.009	0.059	0.008
	10~20	<0.001	0.002	0.053	0.002

注:不同小写字母表示各指标在同一土层不同干扰样地白桦次生林的差异显著性( $P < 0.05$ )。下同。

弱酸性,在 0~10 cm、10~20 cm 土层土壤 pH 均表现为:人工条带改造干扰样地 > 火干扰样地 > 采伐干扰样地,在垂直方向上,同一干扰类型样地白桦次生林土壤 pH 会随着土壤深度的增加而增加,整个研究的土壤剖面中,采伐干扰和火干扰样地的白桦次生林土壤 pH 显著低于人工条带改造干扰样地的白桦次生林( $P < 0.05$ )。可见,人工条带改造干扰将引起林分 pH 值的明显上升。在 0~10 cm、10~20 cm 土层土壤 BD 值均表现为:火干扰样地 > 采伐干扰样地 > 人工条带改造干扰样地,火干扰样地的白桦次生林 BD 值显著高于人工条带改造干扰样地的白桦次生林( $P < 0.05$ )。火干扰样地白桦次生林土壤含水量最低,采伐干扰样地白桦次生林土壤含水量最高。在 0~10 cm、10~20 cm 土层深度土壤含水量均表现为:采伐干扰样地 > 人工条带改造干扰样地 > 火干扰样地,3 种干扰类型样地白桦次生林土壤含水量并无显著性差异。其中土壤容重越大的含水量越小。在 0~10 cm、10~20 cm 土层土壤总孔隙度均表现为:人工条带改造干扰样地 > 采伐干扰样地 > 火干扰样地。

表 4 不同干扰类型样地白桦次生林土壤化学性质

Tab. 4 Soil chemical properties of *Betula platyphylla* secondary forest under different disturbance types

样地类型	土层厚度 /cm	有机质 /( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全氮 /( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全磷 /( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全钾 /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效氮 /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效磷 /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效钾 /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
M	0~10	133.40±13.31a	1.35±0.33a	1.71±0.08a	23.57±1.42a	20.80±2.00b	50.92±9.85a	364.15±28.76a
	10~20	101.94±9.03a	1.07±0.13a	1.64±0.11a	24.46±1.15a	10.52±2.46b	29.40±11.56a	451.80±146.76a
H	0~10	95.79±68.37a	0.45±0.30b	0.87±0.27b	22.98±2.63a	24.23±4.07ab	36.89±23.86a	182.65±97.15b
	10~20	30.52±12.11a	0.18±0.05b	0.83±0.25b	24.32±0.54a	16.34±2.66ab	19.73±12.59a	216.42±87.49b
S	0~10	116.74±78.76a	0.80±0.65ab	0.80±0.46b	22.73±3.99a	29.49±5.06a	36.22±23.15a	315.56±135.38ab
	10~20	86.90±69.59a	0.55±0.53ab	0.82±0.41b	23.59±5.46a	24.14±4.51a	24.27±24.81a	353.53±130.13ab
F 值	0~10	4.03	4.36	3.29	1.39	4.84	0.73	2.25
	10~20	7.15	6.07	4.80	1.26	6.98	0.59	2.55
P 值	0~10	0.100	0.007	0.003	0.276	0.040	0.650	0.004
	10~20	0.100	0.001	0.004	0.330	0.001	0.760	0.008

由表 4 可知,在 0~10 cm、10~20 cm 土层土壤有机质含量均表现为:人工条带改造干扰样地 > 采伐干扰样地 > 火干扰样地,且在垂直方向上土壤有机质含量随土层的加深显著减少,3 种干扰类型样地土壤有机质含量无显著性差异。在 0~10 cm、10~20 cm 土层内土壤全氮含量均表现为:人工条带改造干扰样地 > 采伐干扰样地 > 火干扰样地,人工条带改造干扰显著高于采伐干扰( $P < 0.05$ ),且在垂

直方向上,土壤全氮含量随土层的加深显著减少;在 0~10 cm、10~20 cm 土层内土壤全磷含量均表现为:人工条带改造干扰样地 > 火干扰样地 > 采伐干扰样地,人工条带改造干扰显著高于火干扰和采伐干扰( $P < 0.05$ ),且在垂直方向上,全磷含量随土层的加深显著减少;表层土壤全钾含量在 3 种干扰下无显著性差异,在 0~10 cm、10~20 cm 土层内全钾含量大小依次为:人工条带改造干扰样地 > 火干扰样地 > 采

伐干扰样地,且随着土层的加深而升高。由表 4 可知,在 0~10 cm、10~20 cm 土层土壤速效氮含量均表现为:采伐干扰样地 > 火干扰样地 > 人工条带改造干扰样地,火干扰显著高于人工条带改造干扰( $P < 0.05$ ),且在垂直方向上,速效氮含量随着土层的加深而减少;3 种干扰条件下白桦次生林土壤表层速效磷含量间不存在显著性差异,在 0~10 cm、10~20 cm 土层内速效磷含量大小均表现为:人工条带改造干扰样地 > 采伐干扰样地 > 火干扰样地,且在垂直方向上,速效磷含量随着土层的加深显著降低,大约

是上层土壤的 1/2;在 0~10 cm、10~20 cm 土层土壤速效钾含量均表现为:人工条带改造干扰样地 > 采伐干扰样地 > 火干扰样地,在土壤表层速效钾含量人工条带改造干扰显著大于火干扰( $P < 0.05$ ),且在垂直方向上,速效钾含量随着土层的加深而显著升高。

## 2.2 不同干扰类型样地白桦次生林土壤理化性质相关性分析

对不同干扰类型样地白桦次生林土壤理化性质进行相关性分析,结果见表 5。

表 5 不同干扰类型样地白桦次生林土壤理化性质相关性分析

Tab.5 Correlation of soil physical and chemical properties of *Betula platyphylla* secondary forest under different disturbance types

理化性质	有机碳	全氮	全磷	全钾	速效氮	速效磷	速效钾	容重	孔隙度	pH
有机碳	1									
全氮	0.742 **	1								
全磷	0.443 *	0.649 **	1							
全钾	-0.796 **	-0.523 **	-0.318	1						
速效氮	0.292	-0.084	-0.161	-0.437 *	1					
速效磷	0.419 *	0.384	0.722 **	-0.383	0.130	1				
速效钾	0.393	0.406 *	0.524 **	-0.149	0.389	0.357	1			
容重	-0.635 **	-0.784 **	-0.593 **	0.482 *	-0.096	-0.310	-0.586 **	1		
总孔隙度	0.624 **	0.733 **	0.591 **	-0.473 *	0.102	0.296	0.583 **	-0.974 **	1	
pH 值	0.300	0.504 *	0.582 **	0.107	-0.392	0.222	0.568 **	0.535 **	-0.542 **	1

注:\*\*表示在 0.01 级别(双尾),相关性极显著。\*表示在 0.05 级别(双尾),相关性显著。

如表 5 可知,土壤有机碳与土壤容重和全钾呈极显著负相关( $P < 0.01$ ),与全氮、总孔隙度呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),与全磷、速效磷表现显著正相关( $P < 0.05$ );土壤全氮与全钾、容重呈极显著负相关( $P < 0.01$ ),与全磷、总孔隙度呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),与速效钾表现显著正相关( $P < 0.05$ );土壤全磷与容重呈极显著负相关( $P < 0.01$ ),与速效磷、速效钾、总孔隙度呈极显著正相关( $P < 0.01$ );土壤全钾与速效氮、总孔隙度表现显著负相关( $P < 0.05$ ),与容重表现显著正相关( $P < 0.05$ );速效钾与容重呈极显著负相关( $P < 0.01$ ),与总孔隙度呈极显著正相关( $P < 0.01$ );土壤容重与总孔隙度呈极显著负相关( $P < 0.01$ )。

## 2.3 不同干扰类型样地白桦次生林的土壤质量综合评价

不同干扰类型样地白桦次生林的土壤理化性质有显著区别,用统计分析方法计算土壤肥力综合指标值<sup>[11]</sup>,进而比较不同干扰类型的白桦次生林土壤质量。通过公式(1)、(2)计算得出各土壤因子的隶

属度值(表 6)。选择 0~20 cm 土层土壤有机碳、全磷、全氮、全钾、速效氮、pH 作为土壤质量因子。各土壤化学因子的计算使用升型分布函数;土壤物理因子的计算使用降型分布函数。

表 6 不同干扰类型样地白桦次生林各土壤因子隶属度值  
Tab.6 Membership degree of soil factors in *Betula platyphylla* secondary forest under different disturbance types

样地类型	土层深度/cm	有机碳	全氮	全磷	全钾	速效氮	pH
M	0~10	0.575	0.811	0.482	0.232	0.544	0.083
	10~20	0.087	0.369	0.479	0.905	0.677	0.712
H	0~10	0.125	0.348	0.448	0.399	0.372	0.554
	10~20	0.603	0.063	0.028	0.357	0.669	0.192
S	0~10	0.314	0.390	0.434	0.656	0.364	0.598
	10~20	0.674	0.304	0.209	0.346	0.634	0.495

选取土壤因子: X1(pH)、X2(有机碳)、X3(全氮)、X4(全磷)、X5(全钾)、X6(速效氮)。使用软



件 SPSS 23.0 计算不同土壤因子的累积贡献率以及权重系数,以代表其重要程度。不同干扰类型下白桦次生林土壤因子的方差贡献率见表 7,可知前两

个主成分的方差累积贡献率达到 73.551%,可包含所有土壤因子的绝大部分信息,然后计算得出各土壤因子权重。

表 7 方差贡献率

Tab. 7 Variance contribution rate

成分	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	特征根	方差百分比	累积贡献率/%	特征根	方差百分比	累积贡献率/%	总计	方差百分比	累积贡献率/%
X1	2.712	45.203	45.203	2.712	45.203	45.203	2.712	45.193	45.193
X2	1.701	28.348	73.551	1.701	28.348	73.551	1.701	28.358	73.551
X3	0.728	12.128	85.679						
X4	0.473	7.885	93.564						
X5	0.234	3.901	97.465						
X6	0.152	2.535	100.000						

通过 SPSS 23.0 计算方差贡献率以及累积贡献率时,将获得主成分 1、2 的载荷数数值,把载荷数数值带入公式(3)中,得出权重值(表 8)。

表 8 载荷数数值和指标权重

Tab. 8 Load number and index weight

因子	主成分 1	主成分 2	权重值	因子	主成分 1	主成分 2	权重值
X1	-0.646	0.579	0.006	X4	-0.479	-0.734	0.310
X2	0.811	-0.028	0.156	X5	-0.120	0.858	0.096
X3	0.922	-0.071	0.187	X6	0.737	0.290	0.245

各土壤因子的隶属度值及权重代入公式(4)可得出不同干扰类型样地白桦次生林土壤质量的平均综合指标值 SQI,如图 2。

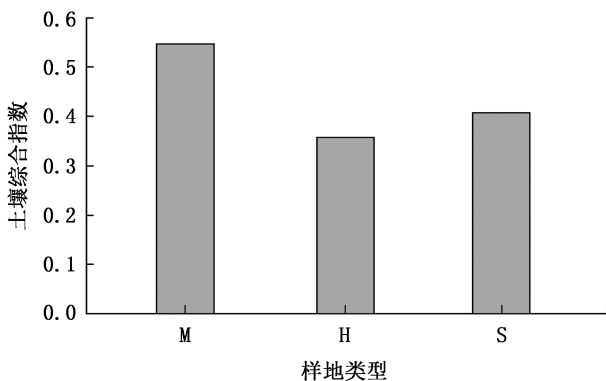


图 2 土壤综合指数

Fig. 2 Soil composite index

由图 2 可知,人工条带改造干扰样地白桦次生

林土壤综合指数为 0.55,火干扰采伐干扰样地白桦次生林土壤综合指数分别为 0.36 和 0.41。土壤综合指数代表土壤质量的高低,结果表明,人工条带改造干扰样地白桦次生林土壤质量最好,火干扰样地白桦次生林土壤质量最差。

### 3 结论与讨论

1)不同干扰类型样地白桦次生林土壤理化性质存在一定差异性。人工条带改造干扰样地白桦次生林土壤 pH 值、总孔隙度、有机碳、全氮、全磷、全钾、速效磷、速效钾均值最高,火干扰样地白桦次生林容重最大,采伐干扰样地白桦次生林土壤含水量、速效氮均值最高。由此可知人工条带改造干扰和采伐干扰样地白桦次生林土壤肥力相对较优,火干扰样地白桦次生林土壤肥力相对较差。

2)Pearson 相关性分析表明,土壤有机碳与土壤物理性质以及 N、P、K 等元素含量均存在不同程度的相关性。

3)通过计算土壤综合指数,得出人工条带改造干扰样地白桦次生林土壤综合指数较高、火干扰样地白桦次生林土壤综合指数较低,人工条带改造干扰样地白桦次生林土壤质量最好,火干扰样地白桦次生林土壤质量最差。

有研究表明最合适植物生长的土壤 pH 为 5.2~6.8,可见该研究区内 3 个样地土壤 pH 较适合植物生长。森林进行采伐后硝化作用增强,土壤中酸性物质得到积累,导致土壤表层 pH 逐渐减小<sup>[12]</sup>。火干扰后森林土壤 pH 一般呈上升趋势,说明土壤碱性增强了,这是因为经过火干扰后,灰分中 K<sup>+</sup>、Ca<sup>+</sup>、Mg<sup>+</sup>等输

入土壤,从而中和了土壤的酸性根物质<sup>[13]</sup>。土壤容重方面有研究表明,人为干扰下土壤压实作用显著,使容重增大,并且土壤养分含量分布不均,可以说明人为干扰对土壤养分变化具有较大影响<sup>[14]</sup>。火干扰使土壤容重加大。土壤容重对火干扰的响应大于人为干扰,火干扰后使土壤斥水性增大<sup>[15]</sup>。

与第二次国家土壤养分含量分级标准<sup>[16]</sup>对照可知,研究区内土壤有机碳与全量养分含量均处于全国中上水平,钾元素含量最高;速效钾含量较高,速效氮、速效磷含量中等。火干扰对土壤全氮含量无显著影响,土壤全钾含量对于 3 种干扰的响应并不明显,与甘静静等<sup>[17]</sup>研究结果一致。人为干扰将影响土壤速效氮含量,土壤速效磷含量对于 3 种干扰的响应并不明显。火干扰在森林土壤物理和化学性质的变化中发挥重要作用,火干扰对表层土壤理化性质的影响较大<sup>[18]</sup>。

土壤理化性质相关性分析结果表明土壤各元素间有机物质积累与循环过程关系紧密,且有机物质积累有助于改善土壤的结构及土壤养分状况<sup>[19-20]</sup>,使得土壤质量变好。根据计算出的土壤 SQI 值可知人工条带改造干扰下白桦次生林土壤质量较高,火干扰下白桦次生林土壤质量相对较低。

根据以上研究结果,建议在今后的经营过程中,在火干扰或采伐干扰下林地植被恢复过程中,根据土壤肥力情况和干扰后的林地土壤养分消耗情况,科学合理地制定森林经营管理方法,使土壤与林下植被和林木协同发展,发挥土壤巨大优势。本研究只对一段时间内不同干扰类型下白桦次生林土壤养分进行研究,干扰类型仅是影响土壤质量的因素之一,气候条件、林分因子、土壤微生物多样性等同为重要因素,所以进行土壤质量评价时要多方面考虑。要进一步系统地研究土壤养分消耗及植被恢复情况,后期可为不同干扰类型下次生林样地人工恢复土壤肥力提供科学依据及有效措施。

## 参考文献:

- [1] CERTINI G. Effects of fire on properties of forest soils: A review[J]. *Oecologia*, 2005, 143(1): 1-10.
- [2] ROBICHAUD P R, HUNGERFORD R D. Water repellency by laboratory burning of four northern rocky mountain forest soils[J]. *Journal of Hydrology*, 2000(9): 207-219.
- [3] 赵彬,孙龙,胡海清,等. 兴安落叶松林火后对土壤养分和土壤微生物生物量的影响[J]. *自然资源学报*, 2011, 26(3): 450-459.
- [4] WEI C, SONG X, CHEN J. Sensitivity analysis of swat model on changes of landscape pattern: A case study from LaoGuanhe watershed in Danjiangkou reservoir area[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(2): 517-525.
- [5] 李晓明,韩霖昌,李娟. 典型半干旱区土壤盐分高光谱特征反演[J]. *光谱学与光谱分析*, 2014, 34(4): 1081-1084.
- [6] 秦远好,谢德体,魏朝富,等. 土壤生态环境对游憩活动冲击的响应研究[J]. *水土保持学报*, 2006, 20(3): 61-65.
- [7] 庞学勇,刘庆,刘世全,等. 人为干扰对川西亚高山针叶林土壤物理性质的影响[J]. *应用与环境生物学报*, 2002, 8(6): 583-587.
- [8] 许忠学,张登清,高文韬,等. 不同采伐方式对林地土壤养分的影响[J]. *吉林林学院学报*, 1996, 12(2): 109-115.
- [9] 郑丽凤,周新年,巫志龙,等. 天然林不同强度采伐 10 a 后林地土壤理化性质分析[J]. *林业科学研究*, 2008, 21(1): 106-109.
- [10] 巫志龙,周新年,郑丽凤,等. 天然林择伐 10 a 后林地土壤理化性质研究[J]. *山地学报*, 2008, 26(2): 180-184.
- [11] 鞠敏睿. 不同土地类型土壤质量评价[J]. *水土保持应用技术*, 2016(6): 1673-5366.
- [12] 于楠楠,马世明,刘瑞龙,等. 内蒙古苏木山华北落叶松人工林土壤养分变化规律[J]. *干旱区资源与环境*, 2019, 33(11): 190-194.
- [13] 周瑞莲,张普金,徐长林. 高寒山区火烧土壤对其养分含量和酶活性的影响及灰色关联分析[J]. *土壤学报*, 1997, 34(1): 89-96.
- [14] LUUK F, FILOMENA D, IRMGARD E. A conceptual framework for the assessment of multiple functions of agro-ecosystems: A case study of Trásos Montes olive groves[J]. *Journal of Rural Studies*, 2008, 25(1): 141-155.
- [15] GIOVANNINI G, LUCCHESI S, GIACHETTI M. Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility[J]. *Soil Science*, 1988, 146(4): 255-261.
- [16] 全国土壤普查办公室. 中国土壤普查技术[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [17] 甘静静. 木荷次生林林地土壤特性与林木生长关系研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2014.
- [18] 殷秀琴,宋博,邱丽丽. 红松阔叶混交林凋落物土壤动物土壤系统中 N、P、K 的动态特征[J]. *生态学报*, 2007(1): 129-133.
- [19] 纪文婧,程小琴,韩海荣,等. 山西太岳山好地方典型植被类型土壤理化特征[J]. *生态学杂志*, 2016, 35(1): 141-148.
- [20] 高君亮,罗凤敏,高永,等. 农牧交错带不同土地利用类型土壤碳氮磷生态化学计量特征[J]. *生态学报*, 2019, 39(15): 5594-5602.

责任编辑: 陈旭

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.015

## 北京市杨树溃疡病病原真菌防治研究

李大瑞, 贾刚, 孙致源

(国家林业和草原局调查规划设计院, 北京 100013)

**摘要:** 杨树溃疡病是一种常见的重要病害, 其致病病原菌包括真菌和细菌, 世界上报道的杨树溃疡病病原菌超 10 种。以北京市大兴、通州、顺义、昌平、房山等 5 个区共 10 个苗圃基地的杨树树苗为调查对象, 对北京市平原地区的杨树苗圃溃疡病进行了调查, 分离了其病原真菌; 研究了杨树溃疡病发病病症特征及发生规律, 并对杨树真菌性溃疡病的防治进行了药剂筛选。

**关键词:** 北京; 杨树; 溃疡病; 真菌; 杀菌剂

中图分类号: S763.15; S792.11 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0085-07

引文格式: 李大瑞, 贾刚, 孙致源. 北京市杨树溃疡病病原真菌防治研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 85-91.  
doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.015

LI Darui, JIA Gang, SUN Zhiyuan. Pathogenic Fungi Prevention and Control of Poplar Canker Disease in Beijing[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3); doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.015

## Pathogenic Fungi Prevention and Control of Poplar Canker Disease in Beijing

LI Darui, JIA Gang, SUN Zhiyuan

(Academy of Forest Inventory and Planning, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100013, China)

**Abstract:** Poplar canker disease is a common and main disease, its pathogens include fungi and bacteria. More than 10 pathogens of poplar canker disease were reported in the world. This paper investigated the canker disease of poplar trees in 10 nursery gardens from 5 areas in Beijing such as Daxing, Tongzhou, Shunyi, Changping and Fangshan, isolated the main pathogenic fungi, studied the pathogenic regularity and characteristic of poplar canker disease and selected the fungicides that could be used to control poplar canker disease.

**Key words:** Beijing; poplar; canker disease; fungi; fungicide

世界杨树树种有 100 多种。统计显示, 全球范围内共有 300 余种病原菌侵染杨树, 我国有 130 余种杨树病原菌存在, 其中以溃疡病(canker)多见且严重。杨树溃疡病是杨树病害中较严重的一种, 主要表现为枝干病害。我国西北、华北、东北和南部均有杨树苗圃, 多发杨树溃疡病。杨树溃疡病在感病品种

上的发病率高达 81%~99%, 死亡率达 29%~51%<sup>[1]</sup>。

杨树病害类型较多, 较常见的主要有烂皮病、叶斑病、溃疡病、叶黑星病等。杨树真菌性溃疡病也被称为水泡型溃疡病, 危害对象主要为刚移植成功的幼树枝干。真菌性溃疡病的病斑主要有水疱型和枯斑型<sup>[2]</sup>, 对幼苗的危害极大, 不但致病率极高, 并且

收稿日期: 2021-12-16.

基金项目: 国家自然科学基金项目(41801026); 河南科技大学博士启动基金(13480061).

第一作者: 李大瑞(1989-), 男, 北京人, 工程师. 研究方向为森林培育. Email: 498576173@qq.com

责任作者: 贾刚(1989-), 男, 山东济南人, 工程师. 研究方向为森林培育.

一旦发病,病斑面积常覆盖大量枝干表面。在我国,引起杨树真菌性溃疡病的常见真菌病原菌有茶蔗子葡萄座腔菌(*Botryosphaeria ribis* Grossenb. et Duggar)和污黑腐皮壳菌(*Valsa sordida* Nit)。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

本研究所选区域为北京市平原地区,主要包括大兴、通州、顺义、昌平、房山等 5 个城市发展新区。5 个城市新区各选择 2 个苗圃,每个苗圃面积 1~10 hm<sup>2</sup>,共计约 135 hm<sup>2</sup>。

### 1.2 调查时间和地点

2019 年 5、9 月份,对 5 个城市发展新区的 10 个苗圃进行详细调查,每个苗圃的温室苗圃和田间苗圃各随机抽样 10 株,记录真菌种类,进行防治性实验,并评估防治实验结果。

### 1.3 试验路线与方法

#### 1.3.1 苗圃主要病原真菌种类调查

样品采集:杨树溃疡病菌采集部位主要是树干上的树皮。随机进行三点采样,每株树苗采集 3 份样品。

真菌的分离纯化:取 30.0 g 树皮称重,加入装有玻璃珠和 270 mL 无菌水的三角瓶中,摇匀 30 min 作为稀释样本。每个稀释梯度和倒置培养设置 3 个重复。细菌培养为 30℃ 培养 2 d,真菌培养为 28℃ 培养 5~7 d,然后计算微生物数量。

真菌鉴定:制备 PDA、PSA、CMA、杨树树皮汁 4 种培养基,分别接种分离培养的菌株,放于 25℃ 培养箱中培养。通过接种环刮取表面菌丝,近紫外光(波段约在 360 nm)照射和 12 h 暗交替培养,诱导产孢菌株产生子实体。观察和测量各病原菌培养物繁殖体及其分生孢子的形态、大小<sup>[3]</sup>。

#### 1.3.2 病菌致病性测定

将分离的各个菌种进行接种培养,菌饼接种直径为 5 mm,用保鲜膜和脱脂棉包裹。各菌株接种 3 根杨树枝条,各样本接种不少于 2 个菌点。同时,以未接种菌种的 PDA 培养基作为阴性对照组。从第 10 天起,每隔 10 d 取下包膜和保湿棉,检查并记录样本情况,测量变化区域大小。对人工接种芽的发生率进行了修正,分为 5 个等级:Ⅰ级为不受影响;Ⅱ级为轻度起病,病斑直径 6.1~8.0 mm;Ⅲ级为中度起病,病斑直径 8.1~10.0 mm;Ⅳ级为起病明显,病斑直径超过 10.0 mm;Ⅴ级为病变围绕茎部,接种

芽死亡。

#### 1.3.3 室内抑菌试验

以聚生小穴壳为试验菌种,选取以下 3 种药剂:70% 甲基硫菌灵,供试浓度 600、300、150、75、37.5 mg/L;15% 噻枯唑,供试浓度 200、100、50、25、12.5 mg/L;60% 多菌灵,供试浓度为 600、300、150、75、37.5 mg/L。采用生长速率法测定各药剂对溃疡病菌丝生长的抑制率<sup>[4]</sup>。

#### 1.3.4 发病严重程度调查

在 3—5 月和 7—9 月期间,随机调查了不同苗圃的杨树幼苗 200 株。统计患病杨树及其病害级数,并开展杨树发病情况和病害指数的差异比较。病害分级程度为:0 级,健康或未感染;1 级,有明显病变,但病变横径不超过茎周的 1/3;2 级,病变横径大于或等于茎周的 1/3,小于 2/3;3 级,病变横径大于或等于茎周的 2/3,但小于茎周;4 级,病灶围绕躯干。发病率( $P$ )计算公式<sup>[5]</sup>为:

$$P = n_1/n \times 100\%$$

式中: $n_1$  表示感病株数; $n$  表示调查植物总数。

#### 1.3.5 发病症状调查

从溃疡病开始发生时起,根据调查时间定期观察溃疡的发生情况,并对症状进行调查。在苗圃内选择 8 株易感苗进行标记。根据病害植株从 1 株到 8 株不等,并调查溃疡病的症状(包括病变的颜色、部位、方位、是否围绕主干及病变的长度),统计分析发病率。

#### 1.3.6 主要真菌性溃疡病发病数量及症状调查

在各苗圃抽取 100 个样本进行真菌分离鉴定。从 3 月 10 日春季开始,每 7~10 d 进行一次调查。调查范围为 1.0 m 或 1.0 m 以上的溃疡病斑,刷上红漆,并统计发病次数。自 10 月开始进行下一次调查,沿主干下部,标记在 1.5 m 的高度,只调查新病灶和复发灶上新的塌陷的样本,调查于 11 月底结束。

#### 1.3.7 药物防治实验

选取顺义区平原造林的一个苗圃进行防治实验,设立药物防治组和对照组。在病原菌抗性基础上,药物防治组在发病初期前(4 月上旬)施用 15% 噻枯唑药剂,再于发病盛期前(5 月中旬)施用 15% 噻枯唑 30 倍液,采取普通背负式喷雾器进行喷雾防治。对照组未采取相关防治措施,观察一个生长期并对每组 50 株幼苗进行检测,比较杨树幼苗发病率的情况。

## 2 结果与分析

### 2.1 杨树溃疡病病症特征

通过对实验样地的实地调查,4月初出现杨树水疱型、烂皮型溃疡病病症特征(图1)。



图1 杨树溃疡病症状

Fig. 1 Symptoms of poplar canker disease

病变病症集中表现为木质部和韧皮部间的组织,从茎的基部开始,呈上下发展趋势,病变与健康

部分界线明显。聚生小穴壳菌引起的水疱型病变早期表现为浅黄褐色椭圆形,病斑色泽后期呈重棕色,梭形,延伸至整个茎周;金黄壳囊孢菌引起的烂皮型病变表现为中心轻度凹陷,软腐,酒糟味,典型湿腐,随着发病时间的延长,病情逐渐转变为干腐;镰刀菌引起的溃疡病早起病变组织形态类似镰刀霉症状,但菌斑色泽较镰刀菌偏深,内部黄褐色并椭圆放大,病灶周边为绛紫色或深紫色。

### 2.2 杨树溃疡病病斑变化情况

以2019年3—7月的调查为主,在3月15日、4月10日以及5月7日进行病斑情况调查,统计各样地的病理特征变化及其发展趋势,见表1。

由表1可知,样地1、2、3、5、6杨树树皮外观呈干涩分裂状,内部潮湿霉烂,树皮伤害很大,无小黑点;样地4、7、8杨树溃疡病病变扩散迅速,树皮损伤小,病变上有小黑点,可引起主干地上部分死亡。病理性症状分为两种主要类型,早期症状表现为环形、水渍、长椭圆形,后期发展成溃疡样或梭形。病灶主要出现在正侧,阴面及侧面少见病变。因此推断出日常阳光照射会导致杨树溃疡病病症的发展和加重,特别是晒伤。样本中病变位置随着观测时间的延长而产生新的变化,样本1、2、3、5、6的发病区域颜色变化最明显,从淡金色不断加深,最终表现为深棕色。样本4、7、8初始病变区域表面颜色呈深棕色和深橘色,但随着时间推移,由原来的深色逐渐转变为浅灰色。

表1 杨树溃疡病病斑的变化情况

Tab. 1 Lesion changes of poplar canker disease

编号	病斑变化		
	3月15日	4月10日	5月7日
1	淡金色病理结构,周边呈黄绿色,呈东南朝向,另外边缘相对较长,环绕病斑中心	周边混色区域表现为上下发展,不再围绕树周	深黑色,可见多个小病斑连成一片,近圆形,部分大的病斑中间凹陷
2	周边呈浅黄色,呈西南朝向,其中周边浅黄色部分较长,可围绕1周	深褐色,周边呈水渍状,环中心部分围绕树周呈淡金色	暗黄色,软腐状,接近圆形,可见中间凹陷
3	病灶颜色表现为深土色,水渍状,病理结构呈椭圆形,呈西南朝向,主要分布在茎基部	深灰偏褐色,水渍状,其余未改变	仅颜色加深,其余未有明显变化
4	颜色表现为深橘色,周边为黑色,病理结构呈长圆形,呈东南朝向,主要分布在茎基部	灰褐色,可见凹陷,且凹陷处干硬,围绕主茎	灰白色,呈梭形连成一片,分布较为广泛
5	颜色表现为深棕色,外表表现为溃疡态势,外观近似于椭圆,呈东南朝向,多数分布在茎基部	病斑颜色加深,病灶位置内陷且干硬,其余变化不大	棕灰色,向上下扩展性生长,外观表现为椭圆形,其余未见明显变化
6	颜色表现为棕黑色,外观近似于椭圆形,病变部位呈凹陷状,呈东南朝向,分布于茎基部	灰白色,边缘部分为黑色,病斑中间凹陷,上部呈隆起状	土灰色,周边表现为深棕色,可见树皮开裂,病斑不再向上下扩展
7	颜色表现为深棕色,外观近似于椭圆形,病斑中间稍凹陷,呈东南朝向,分布于茎基部	灰白色,呈带状分布,病变部位干硬,且散布诸多小黑点	灰白色,广泛分布小黑点
8	颜色表现为深棕色,外观表现为梭形,呈东南朝向,分布于茎基部	颜色由深棕色转浅灰色,病灶位置性状干涩,呈梭形凹陷	颜色未发生明显变化,呈较大的带状分布,病变中央散布小黑点,环绕主茎

### 2.3 杨树溃疡病的发病程度

在同年的 5、9 月以苗圃为单位,针对不同海拔、小气候的杨树幼龄林全面深入地调查相同病症的发病程度,每种性质苗圃均调查 20 株,病情指数和发病率的对比结果见表 2。

表 2 杨树苗圃溃疡病的发病程度

Tab. 2 Incidence of canker disease in poplar nurseries

月份	苗圃	感病程度/株					发病率 /%	病情 指数
		0 级	1 级	2 级	3 级	4 级		
3—5 月	温室	18	0	1	1	0	16.3	3.81
	田间	11	1	2	4	2	45.0	31.25
7—9 月	温室	19	1	0	0	0	4.0	1.30
	田间	14	2	2	1	1	6.2	1.86

2019 年 5 月,田间苗圃杨树溃疡病发病率较高。5 月,大棚苗圃和田间苗圃的发病率分别为 16.3% 和 45.0%,病害指数分别为 3.81 和 31.25。温室苗圃虽然也有病害发生,但发病率较低。9 月杨树苗溃疡病的发病程度明显较 5 月低,9 月温室苗圃、田间苗圃的发病率分别为 4.0% 和 6.2%,病情指数达到 1.30 和 1.86。原因可能为 5 月前期,天气仍较为寒冷,易使杨树苗圃树苗受冻,降低树苗的生长态势,进而降低了树苗抵抗病原菌的抗性,导致发病严重。

### 2.4 病原真菌种类调查结果

根据菌落培养性状镜检情况,杨树溃疡病菌病原菌有 4 种。

聚生小穴壳(*Dothiorella gregaria*):在菌落培养基上生长迅速,菌落呈灰色,泉状。生长速度为 12.8 mm/d。病原菌引起水疱型溃疡(图 2)。其有性阶段为茶藨子葡萄座腔菌(*Botrosphaeria dothidea*)。



图 2 聚生小穴壳的培养特征

Fig. 2 Culture characteristics of *Dothiorella gregaria*

杨细盾霉(*Coniothyrium populinum*):菌落在灰褐色培养基上外观表现蓬松,生长速度为 9.3 mm/d。病原菌主要引起圆斑型溃疡(图 3)。

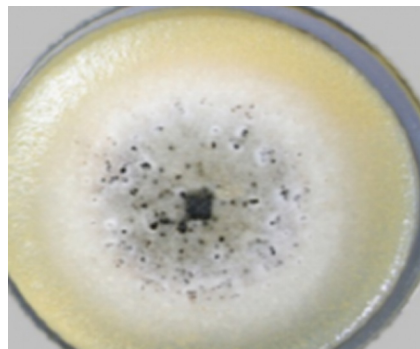


图 3 杨细盾霉的培养特征

Fig. 3 Culture characteristics of *Coniothyrium populinum*

金黄壳囊孢(*Cytospora chrysosperma*):在 PDA 培养基内菌落外观表现为中心散发型放射状,深灰色至浅灰色,生长速率为 8.9 mm/d。该病菌引起烂皮型溃疡病(图 4)。



图 4 金黄壳囊孢的培养特征

Fig. 4 Culture characteristics of *Cytospora chrysosperma*

镰刀菌(*Fusarium* sp.):在 PDA 培养基上菌落蓬松,淡粉色至淡紫色,生长速度为 7.6 mm/d。两株菌株在 PSA 和杨树树皮汁培养基上均未产生孢子(图 5)。

### 2.5 菌种鉴定结果

聚生小穴壳、杨细盾霉、金黄壳囊孢、镰刀菌 4 种菌种进行 PCR 菌种鉴定,结果见表 3,图 6 和图 7。

电泳条件:3  $\mu$ L 样品 + 1% 琼脂糖凝胶,750 bp 条带浓度为 60 ng/3  $\mu$ L,显示为加亮带,其余条带浓度均为 30 ng/3  $\mu$ L。电泳方向从右向左<sup>[6]</sup>。

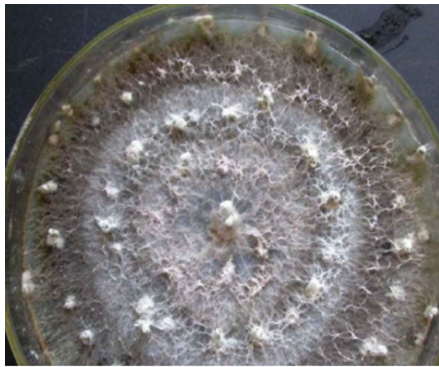


图 5 镰刀菌的培养特征

Fig. 5 Culture characteristics of *Fusarium* sp.

### 2.6 真菌致病力结果分析

聚生小穴壳样本在培育 30 d 后病斑直径平均值为  $(10.4 \pm 2.6)$  mm, 远高于其他真菌培养样本, 相同培养时间内聚生小穴壳的致病性强于其他真菌, 其次是镰刀菌, 直径为  $(8.4 \pm 1.4)$  mm, 再次是金黄壳囊孢, 直径为  $(7.2 \pm 1.3)$  mm, 以及杨细盾霉, 直径为  $(6.3 \pm 1.5)$  mm。t 检验结果表明, 各种致病菌的致病力间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

### 2.7 室内抑菌试验结果分析

4 种真菌进行室内抑菌试验, 每种真菌培养 6 d。根据实验数据, 得到各试验药剂的毒力回归方程、

表 3 真菌鉴定 Blast 结果

Tab. 3 Blast results of fungal identification

项目	最大分值	总体分值	查询范围/%	E 值	识别/%	编号
聚生小穴壳分离 NW376 18S 核糖体 RNA 基因	1018	1018	100	0	99	EU6222481
杨细盾霉菌株 CBS 823.68 大亚基核糖体 RNA 基因	1423	1423	100	0	99	MH8709571
金黄壳囊孢分离 NW236 18S 核糖体 RNA 基因	1042	1042	80	0	100	EU6222481
镰刀菌菌株 M1a 28S 核糖体 RNA 基因	4442	4442	100	0	100	MG1935461

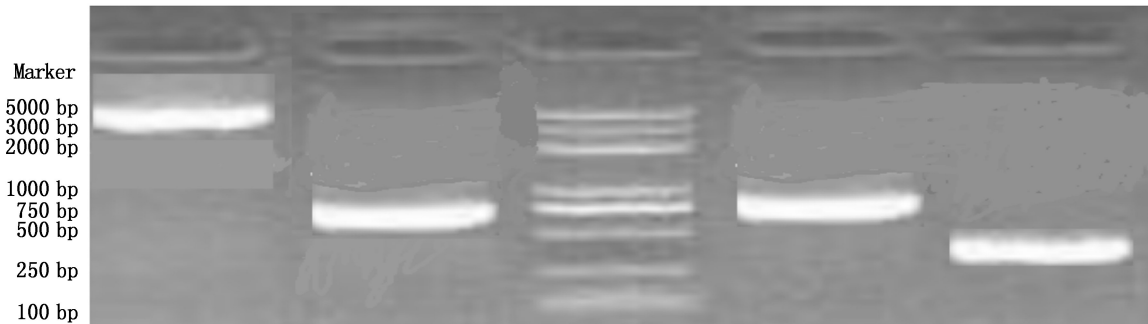


图 6 琼脂糖凝胶电泳检测 PCR 产物

Fig. 6 Detection of PCR products by agarose gel electrophoresis

相关系数( $r$ )、斜率( $k$ )、 $EC_{50}$  值如图 8~图 11, 表 4~表 5 所示<sup>[7]</sup>。浓度 15% 噻枯唑  $EC_{50}$  值小于 30 mg/L, 显示其对病原菌生长于扩散有良好的抑制效果; 浓度 70% 甲基硫菌灵  $EC_{50}$  值为 90~240 mg/L, 显示抗菌效果一般; 浓度 60% 多菌灵  $EC_{50}$  值为 419.41 mg/L, 抗菌效果较好。

### 2.8 不同季节杨树溃疡病危害情况

不同季节对各杨树苗圃进行调查, 结果见表 6。

通过两次调查发现杨树溃疡病在各苗圃发生较普遍, 各苗圃间发病率未见明显差异 ( $P > 0.05$ ), 但普遍 10 月溃疡病的发生率要明显低于 6 月。

### 2.9 苗圃防治实验结果

结果显示, 通过使用 15% 噻枯唑进行杨树幼苗真菌性溃疡病防治, 其发病率明显低于对照组。药物防治组杨树幼苗真菌性溃疡病发病率 24%, 对照组发病率 56%。

## 3 结 论

本研究中试验区域为北京市平原地区, 且选择部分苗圃作为研究对象, 样本较为局限。更详细地了解溃疡病病原真菌的菌株在北京市组成, 还需要进行更深层次的研究。在阅读相关参考文献后, 将

聚生小穴壳 (*Dothiorella gregaria*)

1 ggggggttct ttccagggtt gttccgggct ggcccgatcc tcccacccit tgttgaacta
61 cctctgttgc ttggcgggce ggggttcc ttccgggccc cccctcccgg gggggsttgc
121 cagcgccgcg cagaggacca tcaaaccca gtcagtaaac gatgcagtct gaaaaacatt
181 taataaacta aaactttcaa caacggatct ctgtttctgc gcatcgatga agaaccgac
241 gaaatcgcat aagtaatgtg aattgcagaa ttcaagtaac catcgaaatct ttgaaccgac
301 attgcccctt ttgtattccc gaaggcgatg cctgttcgag cgtcattaca accctcaagc
361 tctgcttggg attggcacc gtccttttgc ggcggcctc aaagacctcg gggstggcgt
421 cttgcctcaa gctgtagaga acatacatct cgttcggag cgcaggggct ccccggcgg
481 acgaaccttc gaaactttc tcaagggtga cctcgatga gtagggata ccrytkwmy
541 ttwagcatat caataagcgg aggaa

杨细盾霉 (*Coniothyrium populinum*)

1 gcatatcaataagcggagaaaagaacaacagggttgccttagtaacggcgagtgaaaggcaacag
71 ctcaaatitgaaactggcgtctttggcgtcagattgttaatttgcagaggccctttggcattggcgc
141 ggtccaagtcttggaaacaggagctcacagggtgagaatccgtacgttggctgctgactttaccgt
211 gtaagcccttcgacagtcgagttgttgggaatgcagcttaaatgggagtaaatitcttctaaag
281 ctcaaatctggccagagaccgatagccacaagtagatgatcgaagatgaaaacacatttggaaag
351 agtataaaagcagtgaaattgttaaaaggaagccttgcagcagacttgcctgtattgtctcatccg
421 ggtttttaccgggtgcaactctctataggcagccagcatcagtttggcggttggataaaggctctgt
491 catgtacctcttccgggaaacttataggagacacatcgaacagcctggactgaggtccgcgca
561 tctctaggatctggcgttaaggctgaagcggcctcttgaaacacggaccaaggagctcaactct
631 atgcaagtttgggttcaagccggagcgttaagaaatgaacggagggtggaaaccttccgggttgc
701 accatcgacgatcctgatgtcttcgggagtttagtaagacatagcttgggaccocgaagatgg

金黄壳囊孢 (*Cytospora chrysosperma*)

1 ctccgttagtgaactcggaggatstrtkcykmygmecscaggcggccaccagaacccctttgtg
71 aacttataccttactgttccctggcgcagtcggcccccctggggcccccctcctggaggagcaggc
141 aegccggcccaaacctaaccttctttttacactgaaacctcgaagaataaacataaatgaatcaaac
211 tttcaacaacggatctctgttctggcatcgatgaagaacgcagcgaatcgataagtaagtgaatt
281 gcaaatcagtgatcatgaactttgaacgcacatctgcctctgttattccggaggcagtcgctg
351 ttcaagcctcattcaacccctcaagcctggccttggatggggcactgcctgtaaaaggcaggccctga
421 aatcagtgccagctcggcagcaccggcagcagtagttaaaccctcgtctggaagccctggcgtg
491 gcccctgcttaaccccccaactctgaaaattgcaacctcgatcaggttaaggaatccccctgaactta
561 agcatatcaataagcggaggaa
582 tgaactatgcttgaatagggtgaagccagaggaaactcgtgtggaggctcgcagcggttctgaagtcgaa
652 atcagctgcaaatttggccataggggcaagaaactaatcgaactatcagtagctgttctcggca

镰刀菌一种 (*Fusarium sp.*)

1 agcgtcttagcggcgtattctccacggcgtcgaagcggctggttattttccgcta
71 ttgtaattcaacacagagcgggtcaaatcctttgcagacgacttagctgtgcaaacggctcgttaagc
141 agtagagtagccttgttttagcatctcgtgaggtaagccgtcctcgcctcgatttcccaatgggtt
211 ctccgattttccggagactttaggggttgggttttttctgatgtgctctccggaccgggtgcca
281 ggttagtcagtttagacttttggaaatcgattcgtcagcttggcggcagcagctgtcgggttgg
351 tggacggtcagggttagctcctggacatgctcgttgcagatcagctcagggccggcctgtcgc
421 atgtgtatgtctcggctcagggtagcgtttgttcttggccaattttagtctcggctcccgctg
491 ccagagtaggggggtccaggtaggtacaggttagcagcttagatttggctcagctcggaggtcga
561 tccggctgggatctgacactgtgaaacagatgcagcgggttaggttagctagtttctcctc
631 caggttgcgatttggacagatattggcttaggttagcctcagggttaggttagaattcagatttcg
701 ccaacgatttctgtgggttagttaggttagcaggttagcagatctctcggccagctacttctg
771 tggctgtagtcgattttttgttttgcctactatgaatttttgcgaaatcaaaagtggctcgg
841 ccgctggcgtcgtccggctcgaacatcgtcgggttacatagagaggagtaaacggccgg
911 gggccatcgcagctgcccggtagttaaagttaaaagtgttaagagcggctgtcggcgtgc
981 tatctcgggagagaattatctggagtgctgggttagcgggaagacttggacgagcttggccggg
1051 ggtctggcctggattctggttgggttaggttagcgttagatagatgagtagtctagggttagt
1121 tctgtatatagtatgggggttaggttagctggaacccgttttccactcgc
1191 occcttagtcaggaggagcagatcttggcggcggcgggttaggttagccttaattaacgatta
1261 atctgtcactctaggtaggtgaaatctcatatattctgatcacttttggtaagagggtgt
1331 ctgtgagatggcaaaaagtcaatgtagaattatattgtatttgcgaaagtgggtgaaattg
1401 atccgctttccgcacagatgagacagctttgaggtccatgagatgcaacttccgagacacc
cgttaccaccatgtttgttggcctcctgtgcccctccaggccgggataagtagaagattgt
1541 ttagggtaggttggccaggtccagggttaggtgcccgaatccgtcaatccgcttgaatcgaagga
1611 tctagggttagtcgaatcgggtcagggttagcactctcaccctcgaatggcttaccggtagt
cttcaatcgcctcagctccggcaggacctcgcagcagcgggaccacctccatcggattcc
1751 gcaaatagccggtatagcacttttgaaaaatcgtgcaaaatgggttttgggttgggtggcc
1821 tggattttttgttttccatacaaatgaatttgggaaataaaaagtggccaccagggcag
1891 gctgcccggcactaaaacggctcggagggtatagagaaggagcaaatccggcggagcctgaa
1961 taggacaacccggcgagcaacctctcagttatcagatctgcagacttccactcgtgtcctc
2031 agcttgcaggctccgctcggcggggggttcataggtctgtagctcgaactccacgaactgca
2101 ccggctgacagcgtactgggatcctgttagatcagctcggcttgcctggaacctagcag
2171 ctctggatgactggccgtggcttagacctgaacctgagcaacgggagtaacctctcggc
2241 accgaaatggtagaagcggctgctgctcctccttggggccctcaagccaccctccaccagc
2311 tggctcggcggcagccctgggaaatttagagggggaaaggcggattgcccagcgggtgtt
2381 cctccgacctcactcgaaga

图 7 4 种真菌序列

Fig. 7 Four fungal sequences

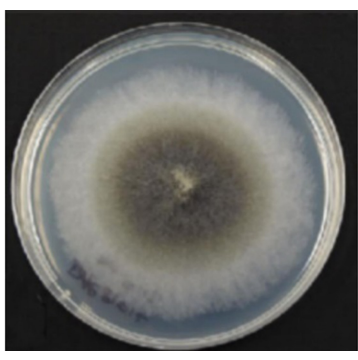


图 8 15%噻枯唑处理后聚生小穴壳

Fig. 8 Dothiorella gregaria by 15% thiocloprid treatment



图 9 15%噻枯唑处理后金黄壳囊孢

Fig. 9 Cytospora chrysosperma by 15% thiocloprid treatment

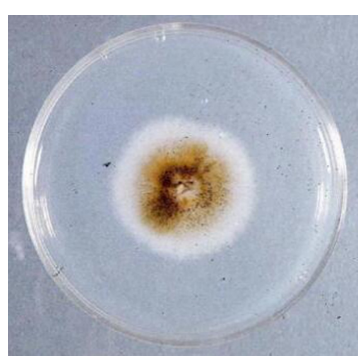


图 10 15%噻枯唑处理后杨细盾霉

Fig. 10 Coniothyrium populinum by 15% thiocloprid treatment

表 4 室内抑菌试验结果

Tab. 4 Indoor antibacterial test results

Table with 6 columns: 药剂名称 (Agent Name), 药剂浓度 / (mg · L<sup>-1</sup>) (Agent Concentration), 药剂对数 (Agent Count), 处理菌落生长直径 /mm (Treated Colony Diameter), 抑菌率 /% (Inhibition Rate), 机率值 (Probability Value). Rows include 70%, 15%, and 60% concentrations of 甲基硫菌灵 (Methylthiophanate) and 多菌灵 (Carbendazim), plus a 对比样本 (Control Sample) row.

Fig. 8 Dothiorella gregaria by 15% thiocloprid treatment



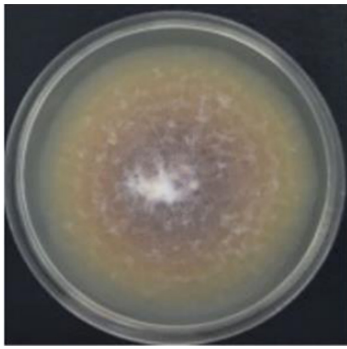


图 11 15%噻枯唑处理后镰刀菌  
Fig. 11 *Fusarium* sp. by 15% thiacloprid treatment

表 5 药剂抗菌效果

Tab. 5 Antibacterial effect of drugs

药剂	毒力回归方程	相关系数 (r)	斜率值 (k)	EC <sub>50</sub> 值 / (mg · L <sup>-1</sup> )
15%噻枯唑	y = 4.4396 + 0.3848x	0.9766	0.3848	28.62
70%甲基硫菌灵	y = 3.3999 + 0.7542x	0.9864	0.7542	132.28
60%多菌灵	y = 3.4645 + 0.5896x	0.9802	0.5896	402.56

表 6 不同季节杨树溃疡病危害情况 (n = 200)

Tab. 6 Hazard situation of poplar canker disease in different seasons

调查地点	6 月		10 月	
	株数	发病率/%	株数	发病率/%
大兴	20	10.0	15	7.55
通州	25	12.5	15	7.50
顺义	22	11.0	12	6.00
昌平	24	12.0	10	5.00
房山	22	11.0	11	5.50

乙蒜素和戊唑醇等防治真菌类的药物列入下一步研究中。除药剂外,还应在基因层面进行更深入的研究,如 β-tubulin 序列鉴定结果与 ITS 序列的鉴定结果一致,然而这两种 DNA 序列的试菌株系统发育树并不一致。因此,基于基因层面的苗种抗性研究,将是未来的研究方向。

参考文献:

[1] 张扬,叶建仁,赵阳,等. 红绒盖牛肝菌发酵条件及对杨树溃疡病的防治效果[J]. 森林与环境学报,2016,36(4):397-403.  
[2] 郭意明. 浅谈东北地区杨树病虫害的防治技术[J]. 农民致富之友,2018(7):194.

[3] 姜自如,张刚龙,曹支敏,等. 陕西省杨树溃疡病菌地理种群研究[J]. 西北林学院学报,2012,27(2):102-108.  
[4] 廖旺姣,邹东霞,薛振南,等. 桉树小新壳梭孢梢枯病菌室内药剂毒力测定[J]. 林业科技开发,2014,28(4):116-118.  
[5] 马迪,郑换琴,王桂清,等. 国槐苗期溃疡病发生规律研究[J]. 辽宁林业科技,2017(6):1-5,32.  
[6] 吴玉鹏,赵晓梅. 不同产地库尔勒香梨萼端黑斑病原菌的分离鉴定[J]. 新疆农业科学,2018,55(1):116-122.  
[7] 魏敏,于淑晶,丁国华,等. 姜黄炭疽病的病原菌鉴定及杀菌剂对其室内生物活性测定[J]. 农药,2020,59(6):455-458.  
[8] ABDULRAHMAN R A, ASADOLLAH B A, KAIVAN K, et al. Cryptosphaeria canker of *Populus nigra* caused by *Cryptosphaeria pullmanensis*, a new threat to poplar industry in Iran [J]. Journal of Phytopathology, 2017, 165(6):387-396.  
[9] REN J H, YE J R, LIU H, et al. Isolation and characterization of a new *Burkholderia pyrrocinia* strain JK-SH007 as a potential biocontrol agent [J]. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 2011, 27(9):2203-2215.  
[10] JACOBS K A, REHNER S A. Comparison of cultural and morphological characters and ITS sequences in anamorphs of botryosphaeria and related taxa [J]. Mycologia, 1998, 90(4):601.  
[11] ABBASI K, ABBASI S, FOTOUHIFAR K B, et al. Study of genetic diversity in *Cytospora chrysosperma* isolates obtained from walnut trees in Iran using inter simple sequence repeat (ISSR) markers [J]. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 2015, 48(4):327-335.  
[12] YANG M, ZHAI L, XIAO F, et al. Characterization of a novel victorivirus isolated from the phytopathogenic fungus *Botryosphaeria dothidea* [J]. Archives of Virology, 2019, 164(6):1-9.  
[13] MOHAMMAD A A. Development of a colorimetric loop-mediated isothermal amplification assay for the visual detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* [J]. Horticultural Plant Journal, 2019, 5(3):129-136.  
[14] KIMURA M. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences [J]. Journal of Molecular Evolution, 1980, 16(2):111-120.  
[15] KJØLLER R, ROSENDAHL S. Detection of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales) in roots by nested PCR and SSCP (single stranded conformation polymorphism) [J]. Plant and Soil, 2000, 226(2):189-196.

责任编辑: 陈旭

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.016

## 基于 MaxEnt 模型预测日本松干蚧在贵州省的潜在分布

周宇<sup>1</sup>, 陈波<sup>2</sup>, 周菁婧<sup>2</sup>, 陈春旭<sup>1</sup>

(1. 遵义市林业科学研究所, 贵州 遵义 563000; 2. 遵义市林业综合服务中心, 贵州 遵义 563000)

**摘要:** 日本松干蚧 (*Matsucoccus matsumurae*) 是我国危险性林业有害生物之一, 其种群严重危害松林安全。为探究日本松干蚧分布和扩散规律, 通过实地调查日本松干蚧分布和虫口密度, 并基于最大熵 (MaxEnt) 模型预测了日本松干蚧在贵州的潜在分布。结果显示, 模型预测结果较好地反映日本松干蚧在贵州省的分布情况, 日本松干蚧主要分布在遵义市中南部区域, 其中汇川区、新蒲新区、绥阳县是日本松干蚧的高分布区, 红花岗区为中分布区, 播州区、桐梓县、正安县为低分布区; 年温度变化范围和年均降水量是影响日本松干蚧分布的重要环境变量; 虫口密度调查统计显示, 日本松干蚧在遵义市的平均虫口密度为 25 头/10 cm<sup>2</sup>; 日本松干蚧将继续扩大分布范围, 具有向四周辐射扩散的趋势, 未来可能在遵义形成全面分布格局, 须加强对分布区日本松干蚧的防治。

**关键词:** MaxEnt 模型; 日本松干蚧; 潜在分布; 贵州省; 环境变量

中图分类号: S763.15; S792.11 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0092-05

引文格式: 周宇, 陈波, 周菁婧, 等. 基于 Maxent 模型预测日本松干蚧在贵州省的潜在分布[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 92-96. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.016

ZHOU Yu, CHEN Bo, ZHOU Jingjing, et al. Potential Distribution of *Matsucoccus matsumurae* in Guizhou Based on Max-Ent Model [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 92-96. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.016

## Potential Distribution of *Matsucoccus matsumurae* in Guizhou Based on MaxEnt Model

ZHOU Yu<sup>1</sup>, CHEN Bo<sup>2</sup>, ZHOU Jingjing<sup>2</sup>, CHEN Chunxu<sup>1</sup>

(1. Zunyi Academy of Forestry, Zunyi, Guizhou 563000, China;

2. Zunyi Forestry Comprehensive Service Center, Zunyi, Guizhou 563000, China)

**Abstract:** *Matsucoccus matsumurae* was one of the national dangerous forestry pests, seriously endangering the safety of pine forests. To explore the distribution and diffusion patterns of *Matsucoccus matsumurae*, the distribution and population density of *Matsucoccus matsumurae* were investigated on site, and the potential distribution of *Matsucoccus matsumurae* in Guizhou was predicted based on the Maximum Entropy (MaxEnt) model. The results showed that the model well reflected the distribution of *Matsucoccus matsumurae* in Guizhou, which were mainly distributed in the south-central area of Zunyi, Huichuan, Xintu, and Suiyang had become the high distribution areas with serious damages, Honghuagang was the medium distribution areas, and Bozhou, Tongzi and Zheng'an were lowly-distributed areas; the influence of temperature annual range and annual precipitation were most critical; the insect density statistics showed that the average insect density was 25 heads/10 cm<sup>2</sup> in Zunyi; *Matsucoccus matsumurae* would continue to

收稿日期: 2021-12-24.

基金项目: 贵州省林业局林业优秀青年人才培养专项资金项目(黔林科合 J 字[2021]11 号).

第一作者: 周宇(1994-), 男, 贵州毕节人, 硕士研究生. 主要从事森林保护研究. Email: 1151556864@qq.com

expand and spread around to form a comprehensive distribution pattern in Zunyi in the future. So prevention and control of *Matsucoccus matsumurae* in distribution areas should be strengthened.

**Key words:** MaxEnt model; *Matsucoccus matsumurae*; potential distribution; Guizhou Province; environmental variables

日本松干蚧 *Matsucoccus matsumurae* (Kuwana. ), 属节肢动物门 (Arthropoda)、昆虫纲 (Insecta)、半翅目 (Hemiptera)、松干蚧科 (Matsucoccidae)、松干蚧属 (*Matsucoccus*), 1903 年于日本东京首次发现, 后传入中国, 并在我国辽宁、吉林、山东、江苏、上海、浙江、安徽等省市虫害成灾, 2013 年被列入全国危险性林业有害生物名单<sup>[1]</sup>。日本松干蚧主要以若虫刺吸松树枝、干部, 造成松树生长不良, 针叶枯黄, 芽梢枯萎, 树皮卷曲翘裂, 枝条软化向下垂弯, 严重时导致松林干枯和次生性虫害发生, 林木成片死亡<sup>[2]</sup>。日本松干蚧自 2014 年入侵贵州以来, 种群快速扩散, 导致大片松林枯死, 给贵州省林业经济、森林生态系统造成严重损失。

随着生物入侵现象愈加严重, 生态位模型预测在生物多样性保护的多个领域得到开拓和应用<sup>[3]</sup>, 其中外来有害生物的分布预测逐渐成为当代入侵生物学研究的重要领域。目前常用预测外来物种潜在分布的生态位模型主要有遗传算法 (GARP) 模型、最大熵 (MaxEnt) 模型、领域 (DOMAIN) 模型、生态位因子分析 (ENFA) 模型和基于生物气候的 BIOCLIM 模型等, 但每种生态位模型的实用性均不同<sup>[4]</sup>。Elith 等<sup>[5]</sup>基于 16 种生态位模型对 226 个物种的适生区预测效果进行比较研究, 认为模型类型选择与物种属性具有相关性。其后有学者发现, MAXENT 模型无论从预测效果还是应用方便性等方面, 均较 GARP 模型优异<sup>[6]</sup>。张海涛等<sup>[7]</sup>应用 4 个生态位模型对入侵物种福寿螺进行预测, 同样指出 MaxEnt 模型相对于其他模型预测效果最好。除此以外, Max-Ent 模型还应用于松材线虫<sup>[8]</sup>、小蔗螟<sup>[9]</sup>、舞毒蛾<sup>[10]</sup>等物种的预测, 均取得较好效果。

目前, 对于日本松干蚧潜在分布预测研究, 仅有 2005 年李红梅等<sup>[11]</sup>使用 GARP 生态位模型预测了日本松干蚧在我国的地理分布, 结果表明日本松干蚧的潜在分布区非常广, 主要分布在黑龙江、内蒙古、山西、陕西、河北、北京、天津、河南、四川、重庆、西藏、湖北、湖南、江西、广东、福建、广西、海南、台湾、新疆等 20 个省、市、自治区, 虽然预测范围为全国大区域, 但由于分布数据较少, 可能对模型预测结果的可靠性有所影响。为了摸清日本松干蚧的潜在

分布范围和扩散规律, 基于 MaxEnt 模型预测日本松干蚧在贵州的潜在分布区域, 分析其在贵州的扩散趋势, 为日本松干蚧的风险预警和科学防控提供参考和依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 虫口密度统计

在贵州省已知分布区<sup>[12]</sup>内设置样地 (30 m × 30 m) 调查虫口密度, 采用双对角线取样法在样地随机选取 10 株标准株进行调查。主干调查面积为 5 cm × 2 cm, 同时在每株样树上剪取树冠从上到下第 3 盘 (即 3 年生) 不同方向枝条各一段, 枝条长度为 10 cm 以上, 现场检查活虫数, 记录统计数和发生地经纬度。也可将树皮剥下, 连同枝条放入袋内, 做好标签, 带回室内镜检。同一类型可重复 3~5 个。平均虫口密度 ( $\rho$ , 头/10 cm<sup>2</sup>) 计算公式为:

$$\rho = N/S \quad (1)$$

式中:  $N$  表示调查面积内活虫总数;  $S$  表示调查面积。

### 1.2 日本松干蚧分布点数据

分布数据来源于实地调查日本松干蚧虫口密度的发生地经纬度, 将获得的分布点数据用 Google Earth 核实地理坐标信息, 删除重复和定位不准确的分布数据, 获得 169 条分布点数据。为减少空间自相关<sup>[13]</sup>, 在 ArcGIS 10.2 中利用 Data management 生成 0.1° × 0.1° 的网格, 并只选取网格内离中心最近的 1 条分布点数据为有效分布数据, 最后获得有效分布数据 87 条, 数据转换为 MaxEnt 模型要求的 csv 格式。

### 1.3 环境图层数据

从世界气候数据库 Wordclim (<http://www.wordclim.org/>) 下载 1950—2000 年世界气候的环境变量图层 (分辨率为 30", 包括 19 个生物气候变量图层和 1 个海拔变量图层)。本研究选取贵州省行政辖区为调查范围, 利用 Arcgis 10.2 软件中的 Extract 工具提取贵州省行政辖区的环境变量图层数据用于后续分析。

### 1.4 模型分析

将全部的环境变量图层数据 (ASCII 格式) 和日本松干蚧分布点数据 (csv 格式) 导入 MaxEnt 软件,

构建 MaxEnt 模型。MaxEnt 模型参数设置:最大迭代次数为 2 000, Bootstrap 重复运算 10 次, 开启 Random seed, 勾选绘制响应曲线与刀切法 (Jackknife) 功能以分析影响日本松干蚧分布的环境变量。将 80% 的日本松干蚧分布点数据用于模型的构建和预测 (训练数据), 其余 20% 的数据用于模型检验 (测试数据)。MaxEnt 模型软件将自动绘制 ROC 曲线 (receiver operating characteristic curve) 并计算曲线下面积 AUC (areas under the receiver operating characteristic curves) 以对模型的拟合效果进行评价。AUC 的取值范围为 0~1, AUC < 0.5 表明模型预测效果很差, AUC 值为 0.6~0.9 表明模型预测效果中等, AUC > 0.9 则表明模型预测效果很好。

### 1.5 分布等级划分

MaxEnt 模型的预测结果采用分布概率值 (0~1) 来表示物种在预测分布区中分布的适宜性, 其中 0 表示不适宜, 1 表示非常适宜。依据 MaxEnt 模型预测的日本松干蚧分布的适宜程度, 选用 ArcGIS 软件中的 Reclass 工具, 选择自然分割法 (natural breaks) 划分日本松干蚧 4 个分布等级 (无分布区、低分布区、中分布区、高分布区)。为了更加直观体现日本松干蚧分布结果, 通过运用 Arcgis 10.2 软件将结果栅格化处理后映射到贵州省行政区底图上。

## 2 结果与分析

### 2.1 模型精确度评估检验

利用 Arcgis 10.2 软件对分布点进行空间自相关分析, 避免了因样本分布点高度重合影响模型预测准确性。根据受试者工作特征曲线 (图 1) 可知, AUC 平均值为 0.995, 标准差为 0.001, 显著高于随机分布模型预测值 (0.5), 表明 MaxEnt 模型预测结果可靠, 较好地预测了适宜日本松干蚧潜在分布区域。

### 2.2 影响日本松干蚧分布的主要环境变量

对环境变量贡献率进行分析, 结果见表 1。

从表 1 可知, 年温度变化范围 (34.6%)、年均降水量 (22.7%)、最干月降水量 (9.3%)、降水量季节性变异系数 (8.1%)、海拔 (6.9%)、最湿月降水量 (6.2%)、温度季节变化 (5%)、最湿季降水量 (4.9%)、昼夜温差月均值 (1.4%)、昼夜温差与年温差比值 (0.4%)、最暖季降水量 (0.3%)、最冷季降水量 (0.1%) 是日本松干蚧分布模型的主要环境变量, 其中年温度变化范围和年均降水量对日本松干蚧的分布具有显著影响 (图 2)。年温度变化范围在 22.2~31.2℃ 时适宜日本松干蚧分布, 年均降水

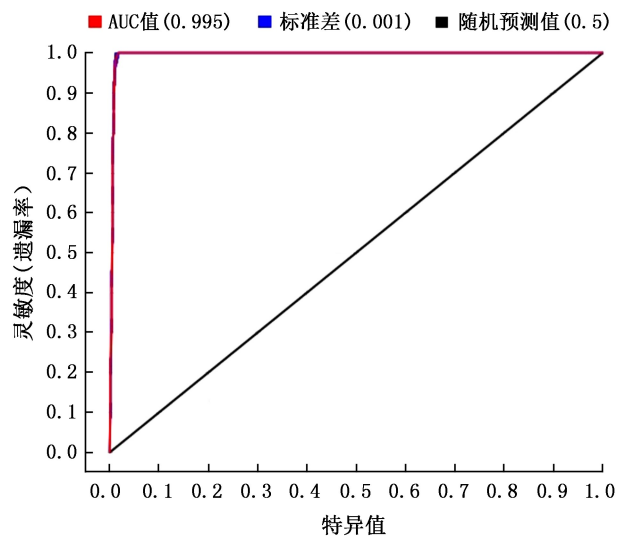


图 1 受试者工作特征曲线 (ROC)  
Fig. 1 Receiver operating characteristic curve (ROC)

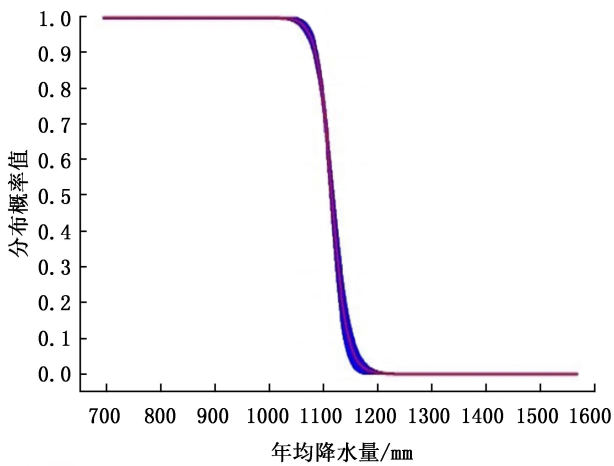
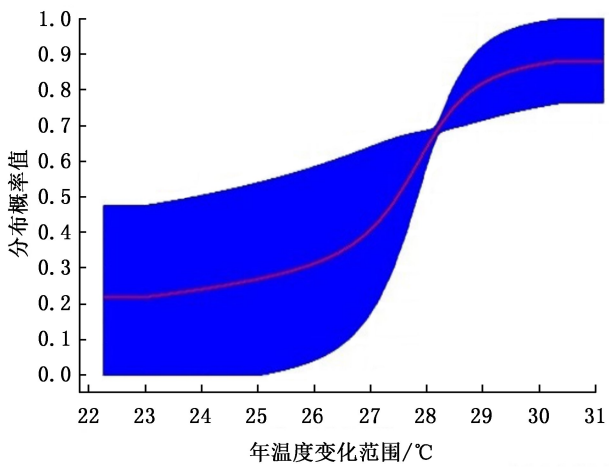
表 1 环境变量  
Tab. 1 Environmental variables

序号	环境变量	贡献率 /%	序号	环境变量	贡献率 /%
1	年均温	0	10	最暖季均温	0
2	昼夜温差月均值	1.4	11	最冷季均温	0
3	昼夜温差与年温差比值 (Bio2/Bio7)	0.4	12	年均降水量	22.7
4	温度季节变化	5.0	13	最湿月降水量	6.2
5	最热月份最高温	0	14	最干月降水量	9.3
6	最冷月份最低温	0	15	降水量季节性变异系数	8.1
7	年温度变化范围 (Bio5~Bio6)	34.6	16	最湿季降水量	4.9
8	最湿季均温	0	17	最干季降水量	0
9	最干季均温	0	18	最暖季降水量	0.3
			19	最冷季降水量	0.1
			20	海拔	6.9

量在 700~1 150 mm 时适宜日本松干蚧分布。

### 2.3 日本松干蚧的潜在分布预测

日本松干蚧在贵州的潜在分布区域如图 3 所示。从图 3 可以看出, 日本松干蚧在贵州省的潜在分布区主要集中在贵州北部暨遵义市辖区的中南部区域。汇川区几乎全区、新蒲新区西北区域、绥阳县南部区域处于高中分布区, 其中汇川区发生面积最大, 危害十分严重; 绥阳县次之, 新蒲新区发生面积最小。红花岗区北部和中部、绥阳县南部区域处于中分布区, 播州区北部、桐梓县东南部、绥阳县与正安县交界区域处于低分布区。



注:红色代表平均值,蓝色代表标准差。

图 2 分布概率与环境变量的响应曲线  
Fig. 2 Response curves of presence probability and environmental variables

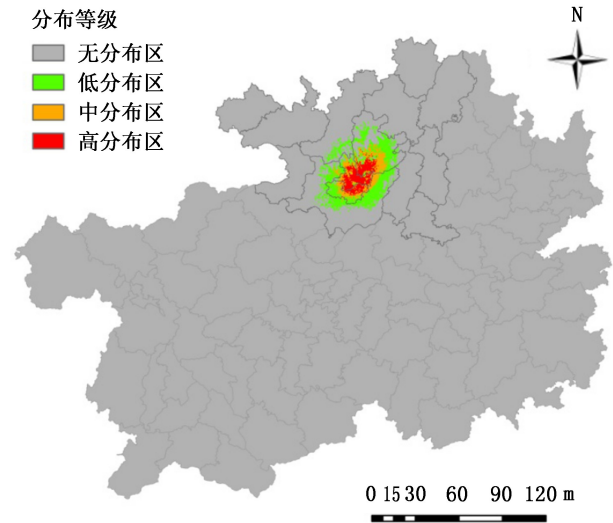


图 3 日本松干蚧在贵州的潜在分布区域  
Fig. 3 Potential distribution of *Matsucoccus matsumurae* in Guizhou

为了进一步验证日本松干蚧分布预测模型的准确性,通过实地野外调查发现,日本松干蚧实际分布在遵义市新蒲新区、汇川区、绥阳县等 3 县(区),见表 2。

日本松干蚧在遵义市发生面积达 3 941.2 hm<sup>2</sup>,占遵义市林地面积的 0.2%,其中轻度危害 875.2 hm<sup>2</sup>,中度危害 224.3 hm<sup>2</sup>,重度危害 2 841.7 hm<sup>2</sup>。根据样地虫口密度调查统计发现,日本松干蚧平均虫口密度达 25 头/10 cm<sup>2</sup>,汇川区和绥阳县部分松林危害严重,而这三县(区)交界处是日本松干蚧集中分布区,与预测结果中的高分布区高度重合。

表 2 样地虫口密度调查统计

Tab. 2 Statistics of insect population density in sample plots

序号	地点	经度	纬度	优势树种	平均虫口密度 / (头 · 10 <sup>-1</sup> · cm <sup>-2</sup> )	灾害程度
1	汇川区泗渡镇金田村	106°59'16"	27°55'11"	马尾松	35	重度
2	汇川区高坪街道排军村	106°58'29"	27°50'22"	马尾松	32	重度
3	汇川区高坪街道仁江村	106°58'50"	27°52'13"	马尾松	21	中度
4	汇川区董公寺街道金星社区	106°57'37"	27°47'48"	马尾松	30	重度
5	绥阳县蒲场镇板仓坝	107°5'30"	27°51'27"	马尾松	37	重度
6	绥阳县风华镇高原村	107°7'29"	27°52'48"	马尾松	33	重度
7	绥阳县风华镇龙光村	107°8'22"	27°53'53"	马尾松	24	中度
8	绥阳县风华镇龙牙村	107°7'50"	27°54'07"	马尾松	21	中度
9	新蒲新区新蒲街道新浦村	107°6'19"	27°44'17"	马尾松	11	轻度
10	新蒲新区新蒲街道三坝村	107°1'29"	27°43'12"	马尾松	6	轻度

### 3 结论与讨论

日本松干蚧作为我国林业危险性有害生物,其主要寄主为马尾松,生态需求较为稳定,迁移能力较强,生态位较为保守,符合物种生态位模型预测条件<sup>[14]</sup>,因此可利用生态位模型预测日本松干蚧的潜在分布。MaxEnt 模型的优点是在物种分布点较少的情况下仍有较高的预测准确率,所以目前被广泛用于入侵物种及检疫性害虫的潜在分布研究<sup>[15]</sup>。

本研究基于 MaxEnt 模型预测的 AUC 值为 0.995,显著高于随机预测值(0.5),说明模型预测准确度高,预测结果可靠。为进一步验证模型预测的准确性,随机选取 10 个样地进行实地考察,在调查中发现 10 个样地均有日本松干蚧分布,日本松干蚧的实际分布与模型预测结果高度重合,表明 Max-Ent 模型预测对于日本松干蚧的防治具有较高的参考价值。

日本松干蚧自 2014 年入侵贵州以来,一直未被明确诊断,直至 2019 年大片松林被严重危害才引起相关部门重视,田茂娟等<sup>[12]</sup>首次报道了在贵州省发现日本松干蚧,并认为日本松干蚧能够在西南地区建立种群并迅速传播蔓延。本研究结果表明日本松干蚧虽只分布在遵义市汇川区、新蒲新区以及绥阳县 3 个县(区),但其平均虫口密度已达 25 头/10 cm<sup>2</sup>,虫害较为严重。因此,随着全球气候变暖,贵州省气候条件有利于日本松干蚧种群扩张,其分布范围很可能向红花岗区、播州区、桐梓县、正安县等低分布区扩散蔓延,从而在遵义市形成全面入侵的分布格局。

为避免贵州省林业经济和森林生态系统遭受严重破坏,必须重视日本松干蚧虫害的防治,严格监测日本松干蚧的入侵趋势。对已发生虫害的地区采取有效的防止措施,以及对日本松干蚧尚未入侵但具有较高入侵风险的地区进行早期预警监测,从而控制日本松干蚧进一步扩散。

#### 参考文献:

- [1] 国家林业和草原局. 国家林业局 2013 年第 4 号公告[EB/OL]. (2013-01-19). <http://www.forestry.gov.cn/>.
- [2] 田茂娟,喻三鹏,张念念,等. 日本松干蚧在贵州的风险

分析报告[J]. 贵州林业科技,2021,49(3):34-38.

- [3] 朱耿平,刘国卿,卜文俊,等. 生态位模型的基本原理及其在生物多样性保护中的应用[J]. 生物多样性,2013,21(1):90-98.
- [4] 周宇,袁雪颖,杨子轩,等. 福寿螺入侵中国的扩散动态及潜在分布[J]. 湖泊科学,2018,30(5):1379-1387.
- [5] ELITH J, GRAHAM C H, ANDERSON R P, et al. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data[J]. *Ecography*, 2006, 29(2):129-151.
- [6] 王运生. 生态位模型在外来入侵物种风险评估中的应用研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2007.
- [7] 张海涛,罗渡,牟希东,等. 应用多个生态位模型预测福寿螺在中国的潜在适生区[J]. 应用生态学报,2016,27(4):1277-1284.
- [8] 韩阳阳,王焱,项杨,等. 基于 Maxent 生态位模型的松材线虫在中国的适生区预测分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2015,39(1):6-10.
- [9] 赵清,高新悦,蔡波,等. 基于 Maxent 模型的检疫性害虫小蔗螟在中国的潜在分布预测[J]. 植物检疫,2022(1):77-82.
- [10] 王艳君,高泰,石娟. 基于 Maxent 模型对舞毒蛾全球适生区的预测及分析[J]. 北京林业大学学报,2021,43(9):59-69.
- [11] 李红梅,韩红香,薛大勇. 利用 GARP 生态位模型预测日本松干蚧在中国的地理分布[J]. 昆虫学报,2005,48(1):95-100.
- [12] 田茂娟,喻三鹏,张念念,等. 贵州首次发现的日本松干蚧生物学特性研究[J]. 环境昆虫学报,2021(6):1435-1445.
- [13] WALTARI E, HIJMANS R J, PETERSON A T, et al. Locating pleistocene refugia: Comparing phylogeographic and ecological niche model predictions[J]. *Plos One*, 2007, 2(7):e563.
- [14] WIENS J J, GRAHAM C H. Niche conservatism: Integrating evolution, ecology, and conservation biology[J]. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 2005, 36(1):519-539.
- [15] 刘博,覃伟权,阎伟. 基于 Maxent 模型的小巢粉虱在中国的潜在地理分布[J]. 环境昆虫学报,2019,41(6):1276-1286.

责任编辑:陈旭

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.017

## 巍山县核桃蚜虫天敌优势种研究

谢青海<sup>1</sup>, 杨进波<sup>2</sup>, 易小光<sup>2</sup>, 字红军<sup>1</sup>, 杨月红<sup>1</sup>, 杨士达<sup>2</sup>

(1. 巍山县林业和草原局, 云南 巍山 672401; 2. 云南格瑞生物科技有限公司, 云南 弥渡 675601)

**摘要:**为明确本地区核桃蚜虫天敌发生情况,找到科学指导预测预报、利用自然天敌、开展天敌昆虫防控蚜虫依据,通过设立监测试验区,研究其种群动态及自然天敌的发生情况,明确了蚜虫发生高峰期 of 5 月下旬到 6 月初,全年仅一个高峰期,其天敌主要为异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)、七星瓢虫(*Coccinella septempunctata*)、龟纹瓢虫(*Propylaea japonica* (Thunberg))、黑带食蚜蝇(*Episyrphus balteatus* De Geer)、烟蚜茧蜂(*Aphidius gifuensis* Ashmead)、饰草蛉属昆虫(*Semachrysa*),瓢虫科昆虫为主要优势天敌,异色瓢虫是优势度指数为 0.4947 的优势种;异色瓢虫种群同蚜虫种群具有紧密的跟随作用,种群数量先随蚜虫数量的增加而增加,又随蚜虫数量下降而下降,迟于蚜虫发生数量达到峰值,符合捕食性天敌对害虫的跟随效应。

**关键词:**核桃;蚜虫;优势天敌;烟蚜茧蜂;巍山县

中图分类号:S763.306.4;S792.13 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0097-04

引文格式:谢青海,杨进波,易小光,等.巍山县核桃蚜虫天敌优势种研究[J].林业调查规划,2023,48(3):97-100,211. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.017

XIE Qinghai, YANG Jinbo, YI Xiaoguang, et al. Dominant Species of Natural Enemies of Aphid Damaged on *Juglans sigillata* in Weishan County[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 97-100, 211. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.017

## Dominant Species of Natural Enemies of Aphid Damaged on *Juglans sigillata* in Weishan County

XIE Qinghai<sup>1</sup>, YANG Jinbo<sup>2</sup>, YI Xiaoguang<sup>2</sup>, ZI Hongjun<sup>1</sup>, YANG Yuehong<sup>1</sup>, YANG Shida<sup>2</sup>

(1. Weishan Forestry and Grassland Bureau, Weishan, Yunnan 672401, China;

2. Yunnan Gerui Biotechnology Co., Ltd., Midu, Yunnan 675601, China)

**Abstract:** In order to clarify the occurrence of natural enemies of *Juglans sigillata* aphid, find scientific guidance for prediction and utilizing natural enemies to prevent and control of aphids, this study established a monitoring experimental area to study the population dynamics and the occurrence of natural enemies. The results showed that the peak period of aphid occurrence was from late May to early June, and there was only one peak period throughout the year. The main natural enemies were *Harmonia axyridis*, *Coccinella septempunctata*, *Propylaea japonica* (Thunberg), *Episyrphus balteatus* De Geer, *Aphidius gifuensis* Ashmead and *Semachrysa*. The Coccinellidae was the dominant natural enemy, and *Harmonia axyridis* was the dominant species with a dominance index of 0.4947. The population of *Harmonia axyridis*

收稿日期:2021-11-08;修回日期:2021-11-09.

第一作者:谢青海(1972-),男,云南巍山人,高级工程师.主要从事林业和草原有害生物防治检疫工作. Email:2847301274@qq.com

责任作者:易小光(1983-),男,四川金堂人.主要从事农林害虫天敌防治工作. Email:253336605@qq.com

had a close following effect with the population of aphids. The population number first increased with the number increase of aphids, and then decreased with the number decrease of aphids, which reached the peak later than the occurrence of aphids, and was consistent with the following effect of predator pests.

**Key words:** *Juglans sigillata*; aphid; dominant natural enemy; *Aphidius gifuensis* Ashmead; Weishan County

巍山县位于云南省西南部,是典型的亚热带地区。全县有国土面积 21.87 万  $\text{hm}^2$ ,核桃栽植面积 6.13 万  $\text{hm}^2$ 。大面积核桃纯林的出现,伴生许多核桃有害生物,其中蚜虫危害较为普遍。巍山县为害核桃蚜虫主要为斑蚜科黑斑蚜(*Chromaphis juglandicola*)<sup>[1]</sup>。2016 年以来,年危害面积高达 2 667  $\text{hm}^2$ ,成为全县核桃的主要虫害之一。蚜虫通过刺吸嫩芽、嫩梢汁液,破坏核桃植株细胞组织正常生长发育,造成树势衰弱,并可引发煤污病的发生,对核桃品质、产量影响极大,防控好蚜虫成为提高核桃产值的关键因子之一。

自然界中蚜虫的天敌有草蛉、瓢虫、食蚜蝇、蚜茧蜂、蚜霉菌等,对蚜虫有着不同控制作用。陈友吾等<sup>[2]</sup>研究表明,浙江省美国山核桃的蚜虫天敌以瓢甲科居多;阿克旦·吾外士等<sup>[3]</sup>对和田县果农间作模式下核桃主要害虫和天敌种类及种群动态研究表明,核桃害虫包括核桃黑斑蚜的捕食性天敌以草蛉为主,发生量平均达 360 头/株。

本文针对巍山县核桃树上蚜虫及其天敌发生情况设立监测试验区,进行跟踪调查研究,开展蚜虫与天敌种类及消长情况的研究,为科学防控核桃蚜虫提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验时间

2020 年 3 月—2021 年 6 月。

### 1.2 试验地点

云南省大理州巍山县南诏镇新村大凹核桃园(25°10'41"N、100°22'4"E,海拔 2 001 m),该地属高原季风气候。试验区面积 3.33  $\text{hm}^2$ 。

### 1.3 材料

漾濞泡核桃(*Juglans sigillata* Dode)树龄 15 年及以上,有蚜虫危害,长势一致、管理水平接近的核桃林分。

### 1.4 试验方法

#### 1.4.1 试验区划

试验区范围设 3 个实验样地,每个样地面积 2 500  $\text{m}^2$ 。

#### 1.4.2 调查方法

1) 定点调查:采用“Z”字取样法,每个样地取 5 个样方,每个固定样方选取 5 株核桃树,每株定点调查 20 枝叶梢(每棵树所选枝条粗细一致,每叶梢为 8~11 个叶片),统计树梢上面蚜虫及其天敌的种类及数量。每隔 10 天调查 1 次。

2) 粘虫黄板调查:每个样地悬挂黄色粘虫板 5 块进行诱捕。每半个月更换一次粘虫板。替换下来的粘虫板覆盖上透明的保鲜膜带回室内进行蚜虫天敌数量统计、蚜虫天敌种类鉴别。粘虫板购于北京中捷四方生物科技公司,规格为 25 cm × 20 cm。

#### 1.4.3 天敌优势种的确定

根据各种天敌种群在整个天敌群落中的优势度来确定其优势种。采用 Berger-Parker 优势度指数( $d$ )来计算<sup>[4]</sup>:

$$d = N/N_{\max} \quad (1)$$

式中: $N$  为群落内单个物种的种群数量; $N_{\max}$  为群落内全部物种的种群数量之和。

#### 1.4.4 数据统计分析方法

数据采用 Excel 进行整理,使用统计软件 SPSS 16.0 进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 核桃蚜虫天敌的种类及优势度比较

2020—2021 年对巍山县南诏镇核桃园内蚜虫天敌种类进行田间调查和室内鉴定。结果表明,蚜虫天敌种类分属 4 个目,4 个科。其中捕食性天敌为鞘翅目的异色瓢虫(*Harmonic axyridis*)、七星瓢虫(*Coccinella septempunctata*)、龟纹瓢虫(*Propylaea japonica* (Thunberg)),双翅目的黑带食蚜蝇(*Episyrphus balteatus* De Geer),脉翅目的饰草蛉属(*Semachrysa*);寄生性天敌为烟蚜茧蜂(*Aphidius gifuensis* Ashmead)。

利用 Berger-Parker 优势度计算捕食性天敌的优势度指数,结果表明,异色瓢虫优势度指数为 0.494 7,七星瓢虫优势度指数为 0.252 6,龟纹瓢虫优势度指数为 0.178 9,黑带食蚜蝇优势度指数为 0.047 4,烟蚜茧蜂科优势度指数为 0.015 8,饰草蛉



属优势度指数为 0.0105。因此可以确定,蚜虫天敌以捕食性天敌为主,捕食性天敌的优势种为异色瓢虫。以上详见表 1。

表 1 巍山县核桃蚜虫天敌的种类及优势度

Tab. 1 Species and dominance of natural enemies of *Juglans sigillata* aphid in Weishan County

目	科	属/种	个体数 N	优势度 d
鞘翅目 Coleoptera	瓢虫科 Coccinellidae	异色瓢虫	94	0.4947
		七星瓢虫	48	0.2526
		龟纹瓢虫	34	0.1789
双翅目 Diptera	食蚜蝇科 Syrphidflies	黑带食蚜蝇	9	0.0474
		烟蚜茧蜂	3	0.0158
膜翅目 Hymenoptera	蚜茧蜂科 Aphidiidae	饰草蛉属	2	0.0105
脉翅目 Neuroptera	草蛉科 Chrysopidae			

### 2.2 异色瓢虫的种群动态

2020—2021 年异色瓢虫种群发生动态见图 1 所示。

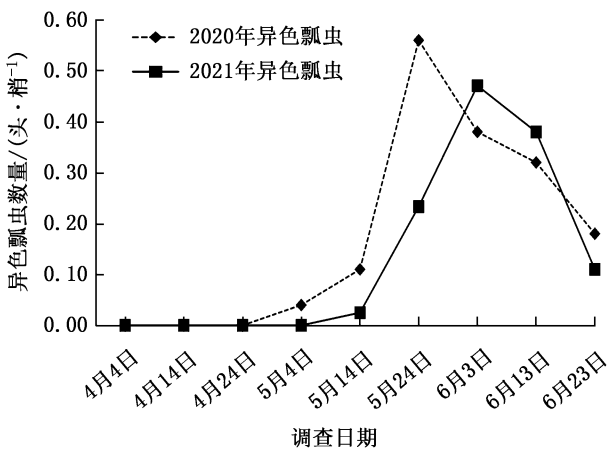


图 1 2020—2021 年异色瓢虫的种群动态

Fig. 1 Population dynamic of *Harmonic axyridis* adults from 2020 to 2021

由图 1 可以看出,2020—2021 年异色瓢虫发生数量均形成 1 个峰值。2020 年峰值早于 2021 年,在 5 月 24 日对应发生量为 0.56 头/梢,2021 年峰值在 6 月 3 日,对应发生量为 0.47 头/梢;在 4 月 24 日前,异色瓢虫发生量均为 0,在 5 月 24 日前,2020 年异色瓢虫发生数量均高于 2021 年同期;5 月 24

日后,2020 年异色瓢虫减退速率高于 2021 年同期,在 6 月 23 日时发生数量略高于 2021 年。调查显示,4 月 24 日前核桃嫩叶逐步展开,蚜虫发生数量很少,故异色瓢虫数量也很少;6 月 13 日后,由于雨季来临,连续降雨加上核桃叶逐渐成熟,蚜虫发生数量减少,在 7 月到 9 月均零星发生,异色瓢虫数量也逐步减少。

### 2.3 异色瓢虫对蚜虫的跟随效应

异色瓢虫与蚜虫种群发生动态关联性见图 2 所示。

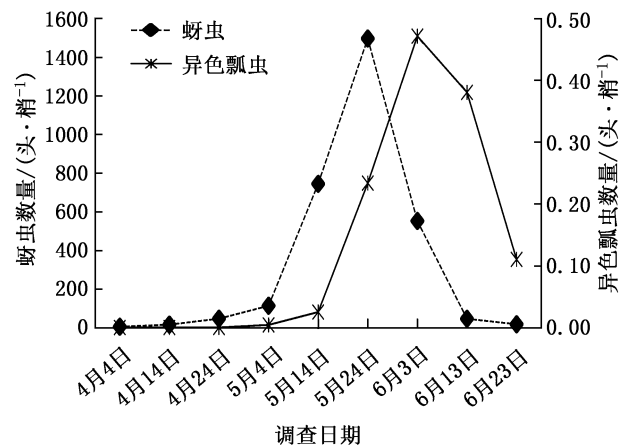


图 2 异色瓢虫与蚜虫的种群动态

Fig. 2 Populations dynamic of *Harmonic axyridis* and aphid

由图 2 可以看出,异色瓢虫种群与蚜虫种群具有明显的关联。蚜虫从 4 月底开始逐步增加,到 5 月下旬出现峰值,其发生数量已接近 1500 头/梢,随后逐步下降,至 6 月中旬减少到 45.20 头/梢。异色瓢虫同蚜虫的跟随作用紧密,种群数量先随蚜虫数量的增加而增加,随蚜虫数量下降而下降;5 月上旬初始发生,5 月中旬大幅上升,在 6 月初达到峰值,迟于蚜虫峰值出现,此时异色瓢虫对蚜虫的益害比达到了 1:58。异色瓢虫发生的这个高数值,正值异色瓢虫若虫孵化扩散期,调查时可见大量卵块、若虫,因此随着异色瓢虫若虫数量的增加,蚜虫发生数量也相应地减少。结果表明,异色瓢虫对蚜虫发生在时间和数量上具有明显的跟随现象,而且对蚜虫的发生具有一定的抑制作用。

### 3 结论与讨论

蚜虫作为巍山县核桃树主要的害虫之一,了解其自然天敌及优势种的发生情况,对于保护和利用

本地自然天敌以及开展天敌昆虫生物防治具有重要意义。通过连续的野外监测,得到巍山县典型核桃园区蚜虫自然天敌种类及其发生动态。结果表明,本地区的蚜虫在 5 月下旬到 6 月初达到危害峰值,全年发生呈一个高峰;主要天敌由异色瓢虫、七星瓢虫、龟纹瓢虫、食蚜蝇、草蛉、烟蚜茧蜂组成,以瓢虫科为优势天敌,以异色瓢虫为优势种。异色瓢虫与蚜虫发生在时间和数量上具有明显的跟随现象,随蚜量增加而增加,下降而下降,符合捕食性天敌对害虫的滞后效应现象,且异色瓢虫对蚜虫的发生具有一定的抑制作用。

异色瓢虫同蚜虫的跟随现象非常明显,同阿克旦·吾外士等<sup>[3]</sup>、朱晓峰等<sup>[5]</sup>、李学军<sup>[6]</sup>等研究中的表现一致,即天敌昆虫均推迟于害虫达到峰值。

降水对蚜虫种群影响巨大。杜春花<sup>[7]</sup>等指出,降雨量是影响灯下昆虫群落多样性变化的主因;李学军<sup>[6]</sup>等研究表明,多雨、植株老化、高温、蚜霉菌作用等因素引起蚜虫数量下滑。巍山县雨季较长,长期降水导致蚜虫全年仅一个峰值。本研究中蚜虫在 5 月下旬到 6 月初达到危害峰值,与新疆阿瓦提县蚜虫危害高峰期在 6 月上中旬和 8 月上旬<sup>[8]</sup>,山西西山地区在 6 月、8 月份不同<sup>[9]</sup>,表明不同地域的核桃蚜虫发生情况不同。近年来雨季来临时期变化大,也导致 2020—2021 年蚜虫危害高峰期变化。在新的气候条件下,有害生物的发生正慢慢发生变化,对连续多年害虫和天敌发生情况还需要持续监测研究。

核桃园全程未使用杀虫剂,表明巍山县南诏镇在自然条件下核桃园内具有丰富的天敌昆虫资源,连续两年跟踪研究说明依靠天敌昆虫能够控制蚜虫危害,可以避免蚜虫爆发成灾,是理想的开展天敌昆虫生物防治实施地。

我国林业害虫生物防治实践中,对于本地天敌昆虫的利用较为普遍<sup>[10]</sup>,如白蛾周氏啮小蜂防治美国白蛾<sup>[11-12]</sup>。云南省天敌昆虫研究起步较早<sup>[13-14]</sup>,但目前仅烟蚜茧蜂<sup>[15]</sup>、管式肿腿蜂、花绒寄甲(*Dastarcus helophoroides* Fairmaire)<sup>[16-17]</sup> 3 种天敌昆虫在农、林业生产中有应用。广大科研工作者在漾濞泡核桃杂交育种、栽培管理技术、产品加工利用等方面进行了大量研究工作<sup>[18]</sup>,但对有害生物的天敌防治应用研究还比较薄弱。冯丹<sup>[1]</sup>等对危害云南省核桃的有害生物进行了系统调查,陈鹏<sup>[19-20]</sup>等在楚雄州大姚县、曲靖陆良县核桃示范园释放管氏肿腿蜂、花绒寄甲防控天牛,其它害虫的天敌防控应用

研究有待进一步加强。

蚜虫天敌均以瓢甲科居多,与陈友吾等<sup>[2]</sup>对浙江省美国山核桃园研究一致,与阿克旦·吾外士等<sup>[3]</sup>对新疆和田果农间作模式下核桃园内草蛉为主的捕食性天敌的研究结果不一致,表明在不同地区的不同品种核桃园内,蚜虫的优势天敌种类也不同。异色瓢虫在不同生境下均为优势天敌,如豆田<sup>[6]</sup>、茶园<sup>[21]</sup>,且异色瓢虫对核桃黑斑蚜捕食能力强于七星瓢虫<sup>[22]</sup>,在核桃上防控黑斑蚜具有巨大应用前景。

核桃园主要害虫及天敌的种类、主要害虫及次要害虫的更迭可能受到地理环境、气候条件、栽植品种、周围植被、果园管理、病虫害防治等多种因素影响。

任志勇等<sup>[23]</sup>、康斌等<sup>[24]</sup>对甘肃核桃研究表明,海拔高的县区相对海拔低的病虫害种类较少,且发生轻。巍山县拥有红河和澜沧江两大水系,海拔高低和地形地貌差异很大,本次研究地点位于红河水系,对县内其它条件下的害虫及天敌发生情况还需要进一步研究。

本次研究核桃树龄均在 15 年及以上,调查对象以下部枝条为主,对于核桃蚜虫在不同树龄上的空间分布相关性还有待将来更深入的研究。

## 参考文献:

- [1] 冯丹,袁瑞玲,王艺璇,等. 云南省核桃主要有害生物名录[J]. 安徽农业科学,2016,44(28):11-14.
- [2] 陈友吾,叶华琳,沈建军,等. 浙江省美国山核桃害虫及天敌资源调查[J]. 浙江林业科技,2015,35(1):54-59.
- [3] 阿克旦·吾外士,刘建,图荪江·伊敏托合提,等. 果农间作模式下核桃主要害虫、天敌及其田间消长规律研究[J]. 新疆农业科学,2013(4):655-661.
- [4] ALATALO R V. Problems in the measurement of evenness in ecology[J]. Oikos,1981(37):199-204.
- [5] 朱晓锋,宋博,徐兵强,等. 间作作物对核桃黑斑蚜及主要天敌种群的影响[J]. 环境昆虫学报,2015,37(6):1170-1175.
- [6] 李学军,郑国,王淑贤,等. 大豆蚜自然天敌种群动态及其控蚜作用研究[J]. 应用昆虫学报,2011(6):1613-1624.
- [7] 杜春花,袁瑞玲,王艺璇,等. 云南山地核桃林灯下昆虫多样性分析[J]. 西部林业科学,2019(6):48-52.
- [8] 徐金虹. 阿瓦提县核桃主要病虫害绿色防控技术[J]. 农村科技,2017(10):42-44.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.018

# 基于 MapGIS 的林业地理信息栅格图像数据矢量化方法

陈和彦<sup>1</sup>, 张礼娜<sup>1</sup>, 巫金明<sup>2</sup>

(1. 云南省临沧澜沧江省级自然保护区云县管护分局, 云南 云县 675800;

2. 云县地方产业发展服务中心, 云南 云县 675800)

**摘要:** 在林业工作中, 进行制图、评价和决策分析时, 矢量数据是必不可少的数据源, 但有时获得矢量数据必须从纸质介质上获得。通过扫描纸质图件, 获得软件可以识别、处理的栅格图像数据, 使用 MapGIS 矢量化功能结合使用 ArcGIS 软件进行数据处理, 可以方便、快捷和准确地获得矢量化数据。文章对这一过程进行了分析和论述。

**关键词:** MapGIS; 矢量化; 林业制图; 纸质图; 栅格图像数据

中图分类号: TN911.73; P208 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0101-03

引文格式: 陈和彦, 张礼娜, 巫金明. 基于 MapGIS 的林业地理信息栅格图像数据矢量化方法[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 101-103. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.018

CHEN Heyan, ZHANG Lina, WU Jinming. Vectorization Technology of Forestry Geographic Information Raster Image Data Based on MapGIS[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 101-103. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.018

## Vectorization Technology of Forestry Geographic Information Raster Image Data Based on MapGIS

CHEN Heyan<sup>1</sup>, ZHANG Lina<sup>1</sup>, WU Jinming<sup>2</sup>

(1. Yunxian Branch of Lancang River Nature Reserve Administration, Yunxian, Yunnan 675800, China;

2. Yunxian Local Industry Development Service Center, Yunxian, Yunnan 675800, China)

**Abstract:** In forestry work, vector data is an indispensable data source for mapping, evaluation and decision-making analysis, but sometimes vector data must be obtained from paper media. By scanning paper maps, raster image data that the software can identify and process can be obtained. By using MapGIS vectorization function combined with ArcGIS software for data processing, vectorized data can be obtained conveniently, quickly and accurately.

**Key words:** MapGIS; vectorization; forestry mapping; paper map; raster image data

GIS 技术在林业工作中得到了广泛应用, 目前主要是用于进行林草资源监测、规划设计、制图和决策分析等。当前主流 GIS 软件主要有美国 ERSI 公司的 ArcGIS 和国产的 MapGIS。虽然 ArcGIS 软件功能强大, 但某些功能模块未必符合国内的应用标准和习惯, 而 MapGIS 软件设计与应用标准和习惯

符合国内各行业要求, 值得推广应用。

### 1 MapGIS 软件平台下的应用

MapGIS 是中国地质大学开发的通用的工具型地理信息系统软件, 其可以对空间数据进行采集、存储、检索、分析和图形显示, 可以制作出具有出版精

收稿日期: 2021-07-14; 修回日期: 2021-08-10.

第一作者: 陈和彦(1973-), 男, 云南云县人, 高级工程师. 主要从事森林资源管理工作.

责任作者: 巫金明(1973-), 男, 云南云县人, 高级工程师. 主要从事农林资源产业发展服务工作.

度的、十分复杂的地形图和地质图等各类专题地图。它的功能设计符合中国地图制图工艺,能够正确处理地图要素的压盖避让以及河流线的渐变,可以方便地进行地图文字排版注释,能够自动生成标准的图框,进行各种地理坐标的变换,方便设计、定义线型、图符,填充花纹和色谱,用户可以“所见即所得”的方式向各种不同的图形设备输出图形<sup>[1]</sup>。

当前林业领域主要是运用 GIS 软件进行森林资源调查和管理,具体包括各种森林类型面积和蓄积的统计、分析、查询、数据更新、动态监测、林业规划和森林经营管理等<sup>[2]</sup>。在进行规划设计、制图和决策分析等工作时,矢量数据是必不可少的,比如地形图、林相图、土壤分布图、降雨量分布图等的数据。有时候,矢量数据必须从纸质介质上获得。本文以 MapGIS 6.7 为例,阐述利用其交互式矢量化功能获得矢量化数据的技术路径。

## 2 数据矢量化步骤

应用 MapGIS 软件进行矢量化,首先要对图件进行扫描,生成计算机可处理的栅格图像(jpg、tiff 等格式文件),继而进行校正图像数据预处理、按图件的内容建立系统库(符号库、线型库、颜色库)、创建图例板、新建工程文件和读图分层等工作,之后进行矢量化。基本步骤如图 1 所示。

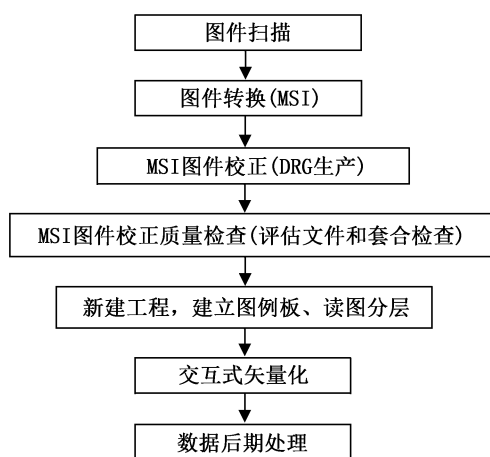


图 1 MapGIS 数据矢量化流程

Fig. 1 MapGIS data vectorization process

## 3 矢量化准备

### 3.1 图件扫描和处理

设置扫描仪各项参数,对图件进行扫描,以保证获得高质量的数据。分辨率的设置以不低于 300

DPI 为准。扫描后应用 PhotoShop 进行旋正、色彩等处理,使扫描图像有利于图元辨识和矢量化。

### 3.2 图像校正

由于图像介质存放不当或扫描操作时人为原因,导致扫描图像变形、所需图件投影坐标与图像介质投影坐标不同而产生误差,致使图像文件变形、图块位置错误,与相邻图幅不能拼接入库。所以,对扫描后的图像文件必须进行误差校正。MapGIS 软件的图像处理系统可以接收多源的、常用的图像文件格式(Tiff, GeoTif, Bmp, JPG 等),这些文件可以被 MapGIS 软件多源图像处理分析系统处理转换为专用文件类型(MSI)。

#### 3.2.1 图像文件校正

未经校正的图件不具有地理空间位置坐标,不能与带有空间信息的标准图框(或自定义图框)套合,同时可能存在源误差。图像文件的校正实际上就是对图像文件坐标系的配准,使图件具有地理空间信息。在此基础上,矢量化输入的矢量数据也同时具有相同的地理空间信息。对 MSI 图件校正正是使用图像镶嵌融合的“DRG(数字栅格地图)生产”功能,对 MSI 图像进行高精度校正、镶嵌配准。

#### 3.2.2 校正质量检查和评估

校正图像的质量检查和评估工作是指检查图像校正生成的 DRG 数据配准质量。有两种方法可以选择:一种是在图像处理子系统的图像分析功能菜单下打开 MSI 图像文件,点击“DRG 生产”菜单下的“生成质量评估文件”,在弹出的对话框里输入图幅信息后,定位 MSI 图像的 4 个内图廓点,点击“生成质量评估报告”,即可生成图像校正的质量评估文件(评估文件中的各项差值计算,系统自动转换为实际大地坐标,单位为米),根据设定的校正质量要求,查看校正文件质量是否符合要求。另一种是用生成理论坐标网与实际图上的坐标网进行套合比较,检验坐标网格精度是否在规定的限差之内。进行套合检查时,在图像处理子系统的图像分析功能菜单下打开 MSI 图像文件,在“镶嵌融合”菜单下点击“自动生成图框”,在弹出的对话框里输入图幅信息和设置完相关参数后,在“镶嵌融合”菜单下点击“校正预览”,在校正显示窗口可以看到校正生成的 DRG 与标准图框套合的情况,判断生成的 DRG 数据质量。

### 3.3 建立图例板

在矢量化前建立图例板是一个容易被忽视的重点步骤。图例板的作用往往容易被忽视,不重视此步骤带来的麻烦是每次跟踪输入前都要重复设置输

入图元参数,致使工作效率低下。建立图例板后,输入图元时只需点击图例板上的图元,系统便会自动拾取其参数赋予输入图元,可以方便地进行矢量化。

## 4 交互式矢量化方法

MapGIS 提供了两种矢量化方式,一种是自动矢量化,另一种是交互式矢量化。在图面比较干净、质量较好、专题元素清晰可辨的情况下,运用自动矢量化,能够取得事半功半的效果。而在图面比较复杂、图元模糊的情况下使用自动矢量化,结果往往达不到要求,这时就需要使用交互式矢量化,通过人工适时干预才能顺利地完成。在矢量化前,先根据需要新建各类图层文件(如等高线层、水系层、道路层、植被层等),处理图层压盖关系,通常情况下是点、线、区图层文件由上到下压盖。

### 4.1 交互跟踪输入数据

在输入系统中载入已经校正、通过质量检查的 DRG 数据和已建立的图层文件,并且合理设置各图层的压盖避让顺序,避免各文件在系统中显示错误。使即将输入数据的图层处于当前编辑状态,拾取图例板的参数进行手动跟踪图形输入。对点文件的矢量化:在图例板上选择相应点子图(点符号),在图上相应位置点击左键即可输入点。对线文件的矢量化(约占矢量化工作量 70%):在图例板上选择相应线型(线条符号),在需跟踪的线上连续击左键即可输入线。对于区文件的矢量化:需要先对区的边线进行矢量化,之后再行拓扑重建造区。

### 4.2 输入数据的处理

#### 4.2.1 图元处理

数据输入后,要依据原图对输入的数据进行显示一致化处理。对输入的点图元进行符号化显示参数设置。输入的线图元由于没有经过处理,线条显得很生硬,没有曲线圆滑流畅的美感,进而建立的区更是毫无美观可言,所以要对线条进行圆滑、抽稀美化处理和线型参数设置,以便下一步进行等高线赋值、拓扑检查和建区。在对等高线赋高程值之前,应对等高线进行线拓扑错误检查,将有自相交、互相交、断点等不符合要求的等高线查出并修正<sup>[3]</sup>。之后进行线条光滑处理,光滑参数输入插密距离为 0.03(经验值);然后再进行抽稀,抽稀参数输入 0.05(经验值),这时线条就变得圆滑美观了。由于插密了点数据,每个线文件经过处理后容量变得比原先的容量增大。若处理了若干个线文件,多个的单文件容量变大致使整个工程文件变得很大,导致计算机的运

算速度大大减慢。有两种方法可以解决这个问题:一是与 ArcGIS 相结合,通过不同软件的文件格式转换减小文件容量。这是一个极为有效的方法,并且图元和属性完全保留,不会丢失。它是利用了 ArcGIS 文件容量较小的优点,通过转换文件格式的方法缩减文件的容量。第二种是运用 MapGIS 输入输出子系统的“其它”菜单的拷贝和粘贴功能,把图元拷贝到新建单文件里进行光滑和抽稀处理,然后把处理过的图元拷贝回原先的文件里,选择数据压缩存盘。

#### 4.2.2 拓扑处理

拓扑处理是系统自动建立拓扑关系(建区)。为了建立拓扑关系,要先对线数据进行自动剪断线、清除微短线、清除重叠及自相交、线拓扑检查等预处理操作,检查无错误后将线转为弧段。拓扑重建时系统将会对自动建立的区域自动填色,之后依据原图对区进行显示参数设置、属性输入和编辑。

## 5 结 语

MapGIS 软件的交互式矢量化功能使用方便、快捷,后期处理成图美观,可以在林业 GIS 应用工作中发挥强大作用。要做好矢量化工作,首先要有很强的责任心和耐心,才能克服矢量化工作的枯燥和繁琐;其次要具有一定测绘知识及专业地图辨识分析能力。在纸质介质质量不高、图面图元模糊的情况下进行矢量化,对图面的地形地貌的走向、图元分布和专题元素的辨识,需要运用专业知识进行判读,否则无法进行矢量化工作,即使是勉强完成也不能达到矢量化的质量要求;第三,操作人员若具有一定的美术处理能力,在后期的图面整饰工作时进行允许范围内的艺术处理,所制作的矢量图在符合质量要求的基础上会显得更加美观;第四,对工作量比较大的图件进行矢量化,单靠个人的交互式操作需要较长时间才能完成,而且疲劳操作往往会导致工作质量下降,如果采用团队分工协作的方式,完成速度和质量将更有保障。

## 参考文献:

- [1] 吴信才. MapGIS 地理信息系统[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [2] 陈和彦. 基于 ArcGIS 的云县核桃种植规划方法探讨[J]. 林业调查规划,2012,37(5):12-17.
- [3] 农宏贵. MapGIS 三维图像技术在林业专题图中的应用[J]. 林业调查规划,2008,33(4):21-23.

责任编辑:刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.019

## 青海省格尔木市名木“将军树”价值评估

贾东瑾,任枫,刘翔宇

(西安绿环林业技术服务有限责任公司,陕西 西安 710048)

**摘要:**基于基本价值法、价值调整系数法、结合条件价值法、程式专家法等,评估青海省格尔木市名木“将军树”的价值。结果表明:“将军树”基本价值为 5 216.56 元,调整价值为 1 051 658.60 元,养护管理实际投入为 3 800.00 元,综合价值为 1 055 458.60 元;“将军树”损失价值为 10 554.59 元,实存价值为 1 044 904.01 元。为更好地保护管理“将军树”,提出加大名木资源保护管理投资,强化专业人员技术培训等建议。

**关键词:**名木价值;将军树;价值调整系数;青海省格尔木市

中图分类号:TU986.36;F794.9;P964 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0104-05

引文格式:贾东瑾,任枫,刘翔宇.青海省格尔木市名木“将军树”价值评估[J].林业调查规划,2023,48(3):104-108.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.019

JIA Dongjin, REN Feng, LIU Xiangyu. Value Evaluation of Famous Wood “General Tree” in Golmud City of Qinghai Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 104-108. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.019

## Value Evaluation of Famous Wood “General Tree” in Golmud City of Qinghai Province

JIA Dongjin, REN Feng, LIU Xiangyu

(Xi'an Green Ring Forestry Technology Service Co., Ltd., Xi'an 710048, China)

**Abstract:** Based on the basic value method, value adjustment coefficient method, combined conditional value method and formulaic expert method, the value of the famous “General Tree” in Golmud City of Qinghai was evaluated. The results showed that the basic value of “General Tree” was 5 216.56 yuan, the adjusted value was 1 051 658.60 yuan, the actual investment in conservation management was 3 800.00 yuan, and the comprehensive value was 1 055 458.60 yuan; the loss value was 10 554.59 yuan, and the actual value was 1 044 904.01 yuan. In order to better protect and manage the “General Tree”, suggestions were proposed to increase investment in the protection and management of famous wood resources, and strengthen technical training for professional personnel.

**Key words:** value of famous wood; General Tree; value adjustment coefficient; Golmud City of Qinghai Province

名木指珍贵稀有的树木以及具有重要历史、文化、观赏、科研价值及重要纪念意义的树木,名木不

受树种、树龄限制,也不进行分级,有的名木虽然没有古树树龄大,但也见证和记录了历史进程和社会

收稿日期:2022-01-24;修回日期:2022-01-28;二次修回日期:2022-02-14.

基金项目:青海财政专项基金(QHCZZX20200008).

第一作者:贾东瑾(1985-),男,陕西府谷人,工程师.主要从事林业资源监测评价工作.

发展<sup>[1]</sup>。名木既是一种重要自然遗产,也是一种珍贵文化遗产,具有集多种价值于一身的特征,名木的综合价值应是其全部价值之和,包括显著实物形式的使用价值(直接和间接使用价值)和无显著实物形式的非使用价值(遗产价值、存在价值和选择价值)<sup>[2-3]</sup>。名木的价值研究是一个多因子耦合作用的复杂综合体,研究侧重点不同,其价值取向也不同,目前大体分为两类,一类是对名木的某一方面价值研究,一般采用程式专家法、灰色关联分析法、条件价值法、模糊综合评价法等;另一类是对名木的综合价值研究,一般采用价值调整系数法,结合条件价值法、德尔菲法等。目前大多数环境经济学研究学者承认名木生态资产存在非使用价值,认为在某种情形下忽视了这种价值计算,就会在自然环境资源的保护管理决策中犯错,导致有限资源的无效分配,无法满足和保障名木资源生态产品价值的充分实现<sup>[4-6]</sup>。青海省格尔木市的“将军楼公园”是以“将军楼”为主题的公园,因其曾为“青藏公路之父”“格尔木市奠基人”的开国少将慕生忠生前居住工作的地方而得名。60多年前,慕生忠将军率领筑路大军用热血和生命、勤劳和智慧铸就“一不怕苦、二不怕死,顽强拼搏、甘当路石,军民一家、民族团结”的“慕生忠开路精神”已成为“新青海精神”的重要组成部分,青藏公路精神与青藏铁路精神共同组成“两路精神”。在创造线路长、海拔高、速度快的记录同时,以惊人的毅力和勇气战胜了各种难以想象的困难险阻,用心血和汗水谱写了人类公路发展史上的辉煌篇章,孕育、传承、升华了“特别能吃苦、特别能战斗、特别能忍耐、特别能团结、特别能奉献”的“老西藏精神”。2021年9月,经党中央批准,“两路精神”“老西藏精神”已纳入第一批中国共产党人精神谱系,成为共产党人的精神食粮,因此,开展“将军树”价值研究对于有效保护管理“将军树”具有重要的理论价值和现实意义。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

格尔木市地处青藏高原腹地,青海省中西部,隶属海西蒙古族藏族自治州,由柴达木盆地区和唐古拉山区两块互不相连的地域组成,柴达木盆地区是市区的主体部分,位于柴达木盆地西南部,地理坐标为北纬 $35^{\circ}11' \sim 37^{\circ}48'$ ,东经 $91^{\circ}43' \sim 95^{\circ}51'$ ,面积为 $71\,414.10\text{ km}^2$ ;唐古拉山区位于柴达木盆地区的西

南方,地理坐标为北纬 $32^{\circ}44' \sim 34^{\circ}56'$ ,东经 $89^{\circ}39' \sim 93^{\circ}30'$ ,面积 $47\,540.08\text{ km}^2$ ,格尔木市辖区总面积 $118\,954.18\text{ km}^2$ 。“格尔木”是蒙古语音译,意为“河流密集的地方”,是连接西藏、新疆、甘肃的战略要塞,青藏、青新、敦格3条公路干线在此交汇。格尔木辖区地形复杂,大体可分为盆地高原和唐古拉山北麓两部分,盆地高原海拔 $2\,625 \sim 3\,350\text{ m}$ ,地形结构和地貌特征呈同心圆状分布,自盆地南侧边缘至中心依次为高山、戈壁、风蚀丘陵、平原、盐湖。格尔木市属典型高原大陆性气候,盆地冬季、夏季年均温分别约为 $-6.5^{\circ}\text{C}$ 、 $17.5^{\circ}\text{C}$ ,山区冬季、夏季年均温分别约为 $-15^{\circ}\text{C}$ 、 $7^{\circ}\text{C}$ ;降水量较少,雨热同季,降水量随空间分布差异悬殊,盆地降水量总分布趋势是由东向西逐渐递减,山区年降水量约为盆地的10倍;盆地年日照时数最多为 $3\,265.6\text{ h}$ 、最少为 $2\,553.0\text{ h}$ ,山区最多为 $3\,211.9\text{ h}$ 、最少为 $2\,766.2\text{ h}$ ;盆地年均风速为 $2.4\text{ m/s}$ ,无霜期相对较长,约为 $200\text{ d}$ ,而山区无霜期只有 $20\text{ d}$ 左右。

### 1.2 试验材料

“将军楼公园”坐落于格尔木市西北角,2013年“将军楼”被国务院公布为第七批全国重点文物保护单位,公园内有慕生忠将军于1954年亲手种植的一棵青杨树,被称为“将军树”,是青海省名木之一。根据2021年8月中旬树木生长旺季現地调查结果,“将军树”树龄为67 a,树高为18 m,胸围为182 cm,东西冠幅、南北冠幅、平均冠幅均为12 m。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 基本价值评估

树木的基本价值为树木的树种价值,根据树木的树种类别,由同类主要规格苗木的胸径处横截面积的每平方米单价、树木胸径处的横截面积及树木的价值系数决定,计算公式为:

$$V = B \times C \times Y \quad (1)$$

式中: $V$ 为树木基本价值(元); $B$ 为同类树种主要规格苗木胸高断面单价(元/ $\text{cm}^2$ ); $C$ 为树木胸高断面面积( $\text{cm}^2$ ); $Y$ 为树木价值系数,参照《北京市古树名木评价标准》(DB 11/T 478—2007)、《山西省古树名木评价技术规范》(DB 14/T 1200—2016)中的常见杨树价值系数<sup>[7-8]</sup>,确定同为北方树种的青海省青杨价值系数为18。

同类树种主要规格苗木胸高断面单价的确定首先在满足根系要求的条件下,确立苗木的主要胸径和主要苗高规格,然后参照本地区工程建设标准发布的材料(苗木)预算定额信息,或采用市场法、

专家咨询法确定的主要规格苗木参考价格,计算其胸高断面面积单价。

胸高断面面积可以通过下列方法确定测量胸径,再计算其断面面积:(1)主干正常的树木,测量其根径以上离地面 1.3 m 处的主干带皮直径;(2)地上主干部分因故断损缺失的树木以其地径代替胸径计算横截面积;(3)胸径处畸形的树木,可在胸高上下距离相等而形状正常处分别测量两个直径,取其平均值;(4)树木胸径处以下分枝或从基部萌生出幼树的树木,其胸径为各主枝或各萌生幼树与主干胸径之和。

### 1.3.2 价值调整系数

通过设定生长势、级别、生长场所、历史见证、宗教民俗、景观美学、树龄、生物多样性及生物量等类别调整系数,作为评估树木价值的调整系数。价值调整系数以能量化计算为标准进行选择,如树龄、胸径(或胸围)、树高、冠幅等,对于不能量化的因子,则先定性再分级赋值,转换为量化计算<sup>[7-11]</sup>。

生长势指树木在一定时期内生长发育的旺盛程度和潜在能力,一般用新梢的粗细和长短、树冠整齐度和层次性、叶片数量和色泽、树干的完整性及分枝的繁茂程度等生长特征来表征<sup>[12]</sup>。可通过采用现场目视判断法,将树木生长势状况划分为正常、衰弱、濒危、死亡 4 个级别(表 1)。

表 1 树木生长势分级标准

Tab.1 Standard for grading the growth potential of trees

生长势 级别	分级标准		
	叶片	枝条	树干
正常株	正常叶片量占叶片总量 95% 以上	枝条生长正常,新梢数量多,无枯枝枯梢	树干基本完好,无坏死
衰弱株	正常叶片量占叶片总量 95% ~ 50%	新梢生长偏弱,枝条有少量枯死	树干局部有损伤或少量坏死
濒危株	正常叶片量占叶片总量 50% 以下	枝条枯死较多	树干大部分坏死,干朽或成空洞
死亡株	无正常叶片	枝条枯死,无新梢和萌条	树干枯死

### 1.3.3 综合价值评估

集多种价值于一身的树木是历史、文化、生态、景观、科研等存在价值的综合反映,其综合价值是全部价值之和<sup>[13]</sup>。一般用价格来评价树木的价值,即

树木基本价值和价值调整系数的乘积,再加上养护管理实际投入,计算公式为:

$$P = V \times a \times b \times c \times d \times e \times f \times g \times h \times i + T \quad (2)$$

式中: $P$  为树木综合价值(元); $V$  为树木基本价值(元); $a$  为树木的生长势调整系数,生长势正常的调整系数为 1.0; $b$  为树木的级别调整系数,由于名木不分级别,根据青海实际情况,参照国家一级保护古树的级别进行调整,调整系数为 3.0; $c$  为树木的生长场所调整系数,根据树木生长所处的位置进行调整,自然保护区、风景名胜区、森林公园、城市公园等调整系数为 3.5; $d$  为树木的历史见证调整系数,根据树木所在区域内的文物保护单位等级进行调整,省级文物保护单位重要组成部分及其附近或在全省范围内具有高知名度等调整系数为 4.0; $e$  为树木的宗教民俗调整系数,根据树木相关的宗教民俗进行调整,无宗教民俗及其流传的调整系数为 1.0; $f$  为树木的景观美学调整系数,景观美学较好的调整系数为 2.0; $g$  为树木的树龄调整系数,由于名木不分树龄,调整系数为 1.0; $h$  为树木的生物多样性调整系数,根据树种的珍稀濒危程度、是否乡土树种及栽培方式等进行调整,乡土栽培树种调整系数为 2.0; $i$  为树木的生物量调整系数,根据树木生物量进行调整,10 m ≤ 树高 < 15 m、10 m ≤ 冠幅 < 15 m、1 m ≤ 胸围(地围) < 2 m,调整系数为 1.2; $T$  为树木养护管理实际投入(元),是树木日常养护、复壮管理及宣传监测的总投入<sup>[7-14]</sup>。

### 1.3.4 价值损失评估

因自然或人为因素直接或间接造成树木的树冠、树干、根系等局部或全部损伤,一般通过树木价值损失来评估,计算公式为:

$$L = P \times R \quad (3)$$

式中: $L$  为树木损失价值(元); $P$  为树木综合价值(元); $R$  为树木价值降低比例(%)。

树木的局部损失主要发生在树冠、树干、根系等部位,根据各部位损伤程度,通过现地目测法可确定树木价值降低的比例,各局部损失价值降低比例之和上限为 100%<sup>[15]</sup>(表 2)。

树木损伤程度符合下列条件之一,则可视作全部损失:(1)树干皮层损伤部分超过树干周长的 50%;(2)受伤根系超过全部根系的 50%;(3)主枝损伤部分超过树冠的 50%;(4)树木衰亡,则树木价值降比为 100%,树木价值全部损失。



表 2 树木局部损伤程度与其价值损失比例对照

Tab. 2 Comparison between the degree of local damage to trees and the proportion of value loss %

类别	价值降低比例				
	≤20	21~30	31~40	41~50	>50
受伤树干皮层占树干周长的比例	20	40	80	90	100
受伤根系占全部根系的比例	30	40	80	90	100
受伤主枝占整个树冠的比例	20	40	80	90	100

1.3.5 实存价值评估

树木综合价值减去其价值损失量就是树木实际

存在的价值,计算公式为:

$$W = P - L \tag{4}$$

式中:W 为树木实存价值(元);P 为树综合木价值(元);L 为树木损失价值(元)。

2 结果与分析

2.1 基本价值评估

根据青海省林业和草原局林木种苗站推荐的 2021 年春季、秋季造林绿化苗木市场指导价,青杨苗木市场价为 1.59 元/cm(折换成胸围),将军树的胸围为 182 cm。青杨价值系数为 18,通过公式(1)计算可知,“将军树”基本价值为 5 216.56 元。

2.2 综合价值评估

根据現地调查,不同类别价值调整系数见表 3。

表 3 “将军树”价值调整系数及调整价值量

Tab. 3 Value adjustment coefficient and amount of “General Tree”

系数类别	生长势	保护级别	生长场所	历史见证	宗教民俗	景观美学	树龄	生物多样性	生物量	养护管理实际投入	调整价值/元	综合价值/元
主要特征描述	正常株	名木	市内将军楼公园	省级文物保护单位组成部分		较好	67 a	乡土栽培	树高 18 m, 胸围 182 cm, 平均冠幅 12 m	1996 年 9 月 10 日至今日常养护管理实际投入 3800.00 元	1051658.60	1055458.60
价值调整系数	1.0	3.0	3.5	4.0	1.0	2.0	1	2.0	1.2			

通过公式(2)计算可知,“将军树”调整价值为 1 051 658.60 元;1996 年 9 月 10 日发布《全国绿化委员会办公室“关于加强保护古树名木工作的实施方案”的通知》(全绿字[1996]7 号),截至目前,“将军树”日常养护管理和复壮管理及宣传监测的实际投入累计 3 800.00 元,“将军树”调整价值加日常养护管理实际投入就是其综合价值,因此,“将军树”综合价值为 1 055 458.60 元。

2.3 损失价值评估

根据現地调查,“将军树”的树干皮层、全部根系均未受伤,仅占整个树冠 1.00% 的北面下部主枝由于轻微病虫害的影响而受伤,“将军树”价值降低比例为 1.00%,通过公式(3)计算可知,“将军树”损失价值为 10 554.59 元。

2.4 实存价值评估

树木实存价值就是树木的综合价值减去其价值损失量,通过公式(4)计算可知,“将军树”实存价值为 1 044 904.01 元。

3 结论与讨论

1)“将军树”基本价值为 5 216.56 元,调整价值为 1 051 658.60 元,日常养护管理实际投入为 3 800.00 元,综合价值为 1 055 458.60 元。

2)“将军树”损失价值为 10 554.59 元,实存价值为 1 044 904.01 元。

由于目前国内外关于单株名木价值评估的研究较少,对于名木“将军树”的遗产价值、存在价值和选择价值等无显著实物形式的无形、不可量化的非使用价值评估,参照宋军卫<sup>[4]</sup>、王碧云<sup>[6]</sup>、李记<sup>[11]</sup>、王继程<sup>[13]</sup>、杨韞嘉<sup>[14]</sup>等古树价值评估中采用的先定性、再分级、后赋值、转量化方法,如根据树木所在区域文物保护单位等级进行树木历史价值系数调整,国家级文物保护单位或在全国有较高知名度,调整系数为 5.0;省级文物保护单位或在全省有较高知名度,调整系数为 4.0;市级文物保护单位或在全市有较高知名度,调整系数为 3.0;县级文物保护单

位或在全县有较高知名度,调整系数为 2.0;未在各  
级文物保护单位范围内或知名度较小,调整系数为  
1.0;受主观认知侧重性、程度性的差异影响,分级赋  
值是否合理还需进一步探究,可否设置为 0.2 或  
0.5 或其他差别,而不是生硬的 1.0 差别<sup>[11-14]</sup>。又  
如树木的景观美学调整系数是根据树木的姿态美  
(奇特程度、优美程度、吸引力和惊叹程度)、色彩美  
(花期和果期长短、叶色鲜明程度、季相变化程度)、  
意境美(意境强烈程度)进行调整,分为很好、较好  
和一般类别,很大程度是基于主观直觉判断<sup>[4-6]</sup>,还  
需进一步细化,因此,单株名木价值的科学合理评估  
还需深入探究。同时,受资源监测经费不足、专业技  
术人才缺失等因素影响,“将军树”不能实现连续的  
周期性监测,不能反映其日常生理生化动态变化,也  
不能对其生长环境进行跟踪监测,为了更好地保护  
管理“将军树”,应加大名木资源保护管理投资,强  
化专业人员技术培训,健全保护管理专职机构,建立  
异常情况报告机制和养护复壮综合管理,定期开展  
资源普查和生长环境监测工作<sup>[16]</sup>。

参考文献:

[1] 北京市园林科学研究所. 公园古树名木[M]. 北京:中  
国建筑工业出版社,2012.  
[2] 单保江. 泰安悉心呵护古树名木:让古树成为有生命的  
文物[N]. 经济日报,2015-11-06(15).  
[3] 国家林业局. 自然资源(森林)资产评价技术规程:LY/  
T 2735-2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.

[4] 宋军卫. 作为价值尺度的森林文化币研究[D]. 北京:  
中国林业科学研究院,2018.  
[5] 孙超. 古树名木景观价值评价——程式专家法研究[J].  
上海交通大学学报(农科版),2010,28(3):209-217.  
[6] 王碧云,修新田,兰思仁. 古树名木文化价值货币化评  
估[J]. 林业经济问题,2016,36(6):565-570.  
[7] 北京市质量技术监督局. 古树名木评价标准:DB11/T  
478—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.  
[8] 山西省质量技术监督局. 古树名木评价技术规范:  
DB14/T 1200—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.  
[9] 赵串串,张愉笛,张藜,等. 黄河源区玛多县湿地生态  
健康评价[J]. 安徽农业大学学报,2017,44(1):145-  
151.  
[10] 董冬. 九华山风景区古树名木景观美学评价与保护价  
值评估[D]. 武汉:华中农业大学,2011.  
[11] 李记. 古树名木价值评价及其公共服务平台研究  
[D]. 杭州:浙江农林大学,2017.  
[12] 国家林业局. 古树名木普查技术规范:LY/T 2738—  
2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.  
[13] 王继程. 古树名木综合价值评价研究[D]. 南京:南  
京农业大学,2011.  
[14] 杨韞嘉,王晓辉,乐也,等. 古树名木价值等级的评估  
研究[J]. 中国农学通报,2014,30(10):28-34.  
[15] 米锋,李吉跃. 森林资源损失计量研究[M]. 北京:中  
国环境科学出版社,2007.  
[16] 张富强. 民和县古树名木资源调查评价及保护对策  
[J]. 林业调查规划,2019,44(5):186-189.

责任编辑: 杨焱焱

(上接第 28 页)

[4] 黄雪梅,覃小玲,蒋伟哲. 八角茴香中莽草酸的含量测  
定[J]. 中国医院学杂志,2008,28(2):130-132.  
[5] 方玉珍,宋杰云,岑燕飞,等. 毒八角酸的镇痛作用研究  
[J]. 贵阳中医学院学报,1989,29(1):59-63.  
[6] 潘波,陈海燕. 广西 3 个产地八角茴香油-茴脑及莽草  
酸含量研究初报[J]. 广西林业科学,2010,39(3):154-  
157.  
[7] 曾辉,李开祥,陆顺忠. 广西八角综合开发利用[J]. 广  
西林业科学,2008,37(4):223-224.  
[8] 刘启. 辛香料及其深加工产品的现状和发展前景[J].  
广西林业科学,1996,25(3):162-165.  
[9] 白朝辉,石晓峰,刘东彦,等. 莽草酸含量测定研究进展  
[J]. 中药与临床,2013,5(4):61-62.  
[10] 黄强. 水扩散蒸汽蒸馏提取八角有效成分的研究[D].  
南宁:广西大学,2015.

[11] 杜正彩,李学坚,黄月细,等. 不同蒸馏方法对八角枝  
叶茴香油和莽草酸提取效果的影响[J]. 广西中医药  
大学学报,2013(1):59-61.  
[12] 陈卓逐,陈静霞,阚建全. 不同方法提取八角中有效成  
分的比较研究[J]. 中国调味品,2015,40(12):9-  
12,17.  
[13] 李萍,舒展,申晓霞,等. 3 种方法提取八角茴香油的比  
较研究[J]. 食品科技,2016,41(12):213-219.  
[14] 张建武,何晓莹. 八角茴香中挥发油含量测定[J]. 广  
东化工,2017,350(12):136-137.  
[15] 陈仕荣. 八角中水分和挥发油含量测定[J]. 中国野  
生植物资源,1998,17(2):40-41.

责任编辑: 陈旭

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.020

## 桐梓县林地质量等级评定与合理利用分析

郑先容, 江均其

(桐梓县林业局, 贵州 桐梓 563200)

**摘要:**根据桐梓县第四次森林资源规划设计调查成果数据库中各小班林地调查因子基础资料,按国家林业行业林地质量评定方法与标准,选择与林木生长质量紧密相关的自然属性因子和综合经营条件交通区位等作为评价因子,通过层次分析法,对林地质量进行科学评定分级,得出较为符合桐梓县林地质量实际情况的评定结果,并在此基础上提出各个林地质量等级范围内合理的森林经营利用方向和管理措施。

**关键词:**林地质量等级;自然属性因子;森林经营;桐梓县

中图分类号:S724;P964;F301.2 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0109-06

引文格式:郑先容,江均其.桐梓县林地质量等级评定与合理利用分析[J].林业调查规划,2023,48(3):109-114.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.020

ZHENG Xianrong, JIANG Junqi. Assessment and Reasonable Utilization of Forest Land Quality Grade in Tongzi County [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 109-114. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.020

### Assessment and Reasonable Utilization of Forest Land Quality Grade in Tongzi County

ZHENG Xianrong, JIANG Junqi

(Tongzi Forestry Bureau, Tongzi, Guizhou 563200, China)

**Abstract:** Based on the basic data of various sub-compartment forest land survey factors in the database of the fourth inventory for forest management planning and design in Tongzi County, natural attribute factors closely related to forest growth quality and comprehensive management traffic location were selected as evaluation factors according to the national forest land quality evaluation methods and standards, and the forest land quality was scientifically evaluated and graded by the Analytic Hierarchy Process. The evaluation results were in line with the actual situation of forest land quality in Tongzi County, and reasonable forest management and utilization directions and management measures within each forest land quality grade range were proposed.

**Key words:** forest land quality grade; natural attribute factors; forest management; Tongzi County

林地质量等级是林地生产力质量的准确反映,林地质量等级的准确划分和科学评定对森林经营方向确定的准确性具有重要指导意义,能为提高全县

森林经营水平,合理开发利用森林资源,挖掘林地生产潜力,促进林业产业化发展提供参考。在进行2016—2050年桐梓县森林经营规划前,根据中央、

收稿日期:2023-01-17.

第一作者:郑先容(1970-),女,贵州桐梓人,副高级工程师.主要从事林业资源管理与规划设计调查工作.

责任作者:江均其(1979-),男,贵州桐梓人,助理工程师.主要从事林业资源管理与培育工作.

省、市林业行业要求,参照林业行业标准 LY/T 1955—2011 中林地质量评级方法的计算公式,结合《贵州省桐梓县林地保护利用规划(2010—2020年)》,运用桐梓县第四次森林资源规划设计调查成果数据库资料,选择各小班自然属性因子如土壤类型、土层厚度、坡度、坡向、坡位等,及经营交通条件典型代表因子即交通区位共 6 项因子作为本次林地质量分析评价因子,并分别进行量化赋值,对各因子的赋值情况运用层次分析计算方式,对数据库中林地调查小班进行评估评分计算,对小班评估计算分值进行区间划分归类汇总后,对桐梓县林地质量进行等级划分,准确分析林地生产力。同时在此基础上提出了各林地质量等级范围内科学合理的森林经营利用方向与经营管理利用措施,为后期编制桐梓县林地保护利用规划、桐梓县森林经营规划提供可靠依据,并积极用于指导桐梓县优质高效的多功能森林经营体系建设。

## 1 研究区概况

桐梓县地处贵州省北部,地理坐标为东经  $106^{\circ}26' \sim 107^{\circ}17'$ ,北纬  $27^{\circ}57' \sim 28^{\circ}54'$ ,东与正安县、绥阳县接界,南与遵义市汇川区、仁怀市接壤,西与习水县和重庆市綦江区相连,北与重庆市南川区和万盛区毗邻,全县土地总面积  $318\,980\text{ hm}^2$ 。县境内居民以汉族为主,下辖 25 个乡镇(街道)、1 个国有林场和 1 个柏箐自然保护区。各乡镇皆通公路,交通较为便利。桐梓县地处黔北高原向四川盆地过渡的斜坡地带,属中山峡谷地貌,间有少许的山原深丘、宽谷和山间盆地。最高峰柏枝山牛角寨海拔为  $2\,227\text{ m}$ ,最低海拔在坡渡镇与重庆綦江区交界处,为  $310\text{ m}$ 。研究区属中亚热带季风湿润气候,年均温  $14.7^{\circ}\text{C}$ ,年均无霜期长达 260 d,年日照时数  $1\,114.3\text{ h}$ ;年均降雨量  $1\,057\text{ mm}$ ,相对湿度大,为 79%。气候特点归纳为冬无严寒,夏无酷暑,气候温和,雨量充沛,雨热同季等。森林植被类型所处分区为中亚热带常绿落叶阔叶混交林区。根据《全国森林经营规划(2016—2050年)》《贵州省森林经营规划(2016—2050年)》,桐梓县属于“南方亚热带常绿阔叶林和针阔混交林经营区”“贵州北部低中山山地马尾松竹子阔叶混交水土保持林亚区”。据不完全统计,全县现有植物资源 431 科 920 属 1 670 余种。现存子遗树种有银杏、银杉、青钱柳、水青树等。境内还

有银杉、珙桐、银杏、鹅掌楸、楠木、香樟、檫木、紫檀、杜仲等国家级重点保护树种;乡土经济油料树种主要有油茶、乌桕、油桐等,其他经果树种有核桃、板栗、桃、李、梨。竹类资源主要有金佛山方竹(以下简称“方竹”)、慈竹、斑竹、水竹等。竹类资源中,金佛山方竹被已故林学家陈嵘教授誉为“竹类之冠”“大娄山特有经济竹种”。据调查资料记载,方竹资源自然分布主要于大娄山山脉一带,桐梓县地处黔北大娄山山脉中心区域,是方竹自然分布中心,分布面积最广,集中连片天然方竹面积约  $13\,333\text{ hm}^2$ ,因此 2004 年底国家林业局授予桐梓县“中国方竹笋之乡”光荣称号。自 2001 年以来,桐梓县不断加强方竹产业建设,通过人工营造方竹林等措施,大幅增加了方竹资源基地面积,提高了方竹资源总量。目前全县方竹资源面积达  $66\,667\text{ hm}^2$ 。2015 年,国家林业局又授予桐梓县“全国林下经济示范基地”称号。

全县林地统计面积  $183\,858.59\text{ hm}^2$ ,占土地总面积的 57.64%,非林地面积  $135\,121.41\text{ hm}^2$ ,占比 42.36%。

## 2 林地质量等级评定原则

### 2.1 主导因素与经营条件因素综合考虑原则

主导因素指与林木生长直接相关的土壤类型、土层厚度及坡度等林地自然环境立地属性。但实践证明,经营条件和人为经营活动程度等综合因素对林地质量和林地生产潜力的发挥程度也具有较强的直接影响。在林业生产活动中,人为经营活动的合理性可以改变林地自然属性,从而改变林地质量,良好的人为经营活动不但可以改变土壤属性,增加林地土壤肥力等,还可进一步促进林地质量提高与生产力良性循环发展。因此,在对林地质量进行等级评定时,应以自然属性为主,结合考虑经营活动等人为因素来共同分析林地质量,才能准确衡量林地生产力的高低。

### 2.2 定量计算与定性分析有机结合原则

定量分析指参照 LY/T 1955—2011 中林地质量评级标准,对与林地质量直接相关的林地土层厚度、坡度、坡向等主导的自然环境属性因子进行量化赋值分析;定性分析指对经营交通条件等不易量化的人为综合因素,参照相关行业标准和要求实行定性分类分级并进行赋值,最终实现定量分析与定性分析的有机组合,提高林地质量分级的可行性和可操作性,科学准确地进行林地质量等级划分。

### 3 林地质量等级评定操作步骤与方法

评定操作步骤:确定分析数据来源,选定评价因子并赋值,综合评分计算,分级分等;操作方法:将经过定量与定性分析后各评价因子的赋值,按照LY/T 1955—2011附录B林地质量等级评定方法,代入层次分析计算公式进行量化计算,得出林地综合评分值,并在此基础上对林地综合评分情况进行区间划分,最后按区间评分结果对林地质量进行分类定级。

#### 3.1 分析数据来源确定

分析数据来源:以2015—2016年桐梓县第四次森林资源规划设计调查成果基础数据,结合2016年底林地变更数据进行更新后的综合结果数据作为本次林地质量分析评定数据,也是编制《桐梓县森林经营规划(2016—2050年)》的规划底数。

#### 3.2 评价因子选取与赋值

以桐梓县第四次森林资源规划设计调查成果数据中各小班林地立地属性因子调查资料为基础,按照林地质量等级评定方法,选取土壤类型、土层厚度、坡度、坡向、坡位和经营交通区位条件等6项与林地质量密切相关的因子作为林地质量综合评价因子。

##### 3.2.1 土壤类型

根据调查统计,桐梓县境内林地土壤主要有黄壤、黄棕壤、石灰土、石骨土和紫色土5个类型。

##### 3.2.2 土层厚度

以土壤的A层厚度和B层厚度的总和来确定土层厚度。

##### 3.2.3 坡度、坡向、坡位

1)坡度级划分:平坡(0°~5°)、缓坡(6°~15°)、斜坡(16°~25°)、陡坡(26°~35°)、急险坡(≥36°)。

2)坡向分为无坡向、阴坡、半阴坡、半阳坡、阳坡等5类。

3)坡位划分为平地、全坡、谷、下、中、上、脊等。

##### 3.2.4 交通区位条件

结合桐梓县森林经营区交通条件实际状况,采用同心圆分级法,参考各森林经营小班林木采伐的实际运输情况进行等级划分,具体划分标准与结果为:木材运输距离≤5 km的小班划为1等级,6~10 km的小班划为2等级,11~20 km的小班划为3等级,21~30 km的小班划为4等级,>30 km的小班划为5等级。

##### 3.2.5 评价因子赋值

综上所述,汇总得出桐梓县林地质量等级评定

相关因子定量分析与定性分析赋值详细情况(表1)。

表1 桐梓县林地质量等级评定各因子赋值情况  
Tab.1 Assessment factors assignment of forest land quality grades in Tongzi County

等级值	因子					交通区位
	土层厚度/cm	土壤类型	坡度	坡位	坡向	
2	≥100		平	平地、全坡	无	1
4	50<~<100	黄壤	缓	谷、下	阴坡	2
6	30<~≤50	黄棕壤	斜	中	半阴坡	3
8	15<~≤30	紫色土	陡	上	半阳坡	4
10	≤15	石灰土 石骨土	急、 险	脊	阳坡	5

#### 3.3 评定计算方法

##### 3.3.1 计算方法

林地质量评定计算公式为:

$$EEQ = \sum_{i=1}^n V_i W_i (i = 1, 2, \dots, n)$$

式中:EEQ为林地质量综合评分值(0~10); $V_i$ 为各项指标评分值(0~10); $W_i$ 为评价因子的权重系数(0~1)。

##### 3.3.2 权重系数确定

根据各评价因子对林地质量影响程度的高低确定权重系数。具体为:土层厚度0.30、土壤类型0.20、坡度0.20、坡向0.10、坡位0.10、交通区位0.10<sup>[3]</sup>。

#### 3.4 林地质量分级划分标准

参照LY/T 1955—2011,结合桐梓县实际情况,确定各等级林地质量具体分级方法与标准:综合评分值≤2为I级林地;2.1~4为II级林地;4.1~6为III级林地;6.1~8为IV级;>8为V级林地。桐梓县林地质量分级划分标准见表2。

表2 桐梓县林地质量分级划分标准  
Tab.2 Classification standard for forest land quality grades in Tongzi County

林地等级	综合评分值 区间/分	林地等级	综合评分值 区间/分
I	≤2	IV	6.1~8
II	2.1~4	V	>8
III	4.1~6		

## 4 林地质量等级评定结果

### 4.1 各等级林地面积与结构

全县林地面积 183 858.59 hm<sup>2</sup>, 其中 I 级林地面积 0 hm<sup>2</sup>; II 级林地面积 219.64 hm<sup>2</sup>, 占 0.12%; III 级林地面积 31 432.46 hm<sup>2</sup>, 占 17.09%; IV 级林地面积

积 118 568.25 hm<sup>2</sup>, 占 64.49%; V 级林地面积 33 638.24 hm<sup>2</sup>, 占 18.30%。

按照《桐梓县综合农业区划》, 将桐梓县所有乡镇(含保护区和国有林场)分为南部乡镇、中部乡镇和北部乡镇。全县分区域林地面积构成情况见表 3。

表 3 桐梓县不同区域林地质量等级面积统计

Tab. 3 Area of forest land quality grades in different regions of Tongzi County

统计单位	I 级		II 级		III 级		IV 级		V 级		合计	
	面积 /hm <sup>2</sup>	比例 /%	面积 /hm <sup>2</sup>	比例 /%	面积 /hm <sup>2</sup>	比例 /%	面积 /hm <sup>2</sup>	比例 /%	面积 /hm <sup>2</sup>	比例 /%	面积 /hm <sup>2</sup>	比例 /%
北部	0.00	0.00	0.00	0.00	11273.11	6.13	46989.01	25.56	16173.57	8.80	74435.69	40.49
中部	0.00	0.00	138.27	0.08	12918.80	7.02	55412.18	30.14	14978.66	8.15	83447.91	45.39
南部	0.00	0.00	81.37	0.04	7240.55	3.94	16167.06	8.79	2486.01	1.35	25974.99	14.12
合计	0.00	0.00	219.64	0.12	31432.46	17.09	118568.25	64.49	33638.24	18.30	183858.59	100.00

#### 1) 北部乡镇

桐梓县北部包括木瓜镇、羊磴镇、黄连乡、坡渡镇、水坝塘镇、狮溪镇、芭蕉镇等 7 个乡镇和柏箐自然保护区及桐梓林场黄连工区。北部乡镇林地面积 74 435.69 hm<sup>2</sup>, 占全县林地面积 40.49%。区域交通条件差, 林地坡度大, 土壤以黄壤为主, 且有石灰土与石骨土分布, 土层总体瘠薄, 石砾含量重, 土壤条件差。I ~ V 级林地面积内部结构比为 0:0:15.14:63.13:21.73。

#### 2) 中部乡镇

桐梓县中部包括娄山关镇、燎原镇、楚米镇、大河镇、新站镇、松坎镇、尧龙山镇、夜郎镇、小水乡、马鬃乡、茅石镇等 11 个乡镇及桐梓林场凉风垭工区和茅坝工区。中部乡镇林地面积最大, 为 83 447.91 hm<sup>2</sup>, 占全县林地面积 45.39%。区域交通方便且人员流动量很大, 总体经济发展水平相对较高。地貌以低中山为主, 也有部分低山和中山, 土壤类型以黄壤和紫色土为主, 具有土层较深厚, 肥力较高的特点。I ~ V 级林地面积内部结构比为 0:0.17:15.48:66.40:17.95。

#### 3) 南部乡镇

桐梓县南部包括九坝镇、花秋镇、高桥镇、官仓镇、容光镇、风水镇等 6 个乡镇及桐梓林场花秋工区。南部乡镇林地面积最少, 为 25 974.99 hm<sup>2</sup>, 仅占 14.12%。区域交通条件好, 土壤主要为黄壤和石灰土, 在高桥镇范围内还有紫色土分布, 土层较深厚, 有机质含量较高, 宜于林木生长, 是桐梓县在林

业生产经济发展上开展多种经营, 提高林业复合经营水平的理想区域。I ~ V 级林地面积内部结构比为 0:0.31:27.88:62.24:9.57。

### 4.2 林地总体质量等级分布状况

全县 II 级质量林地面积共 219.64 hm<sup>2</sup>, 主要分布在地势较缓、交通便利的南部地区和中部地区。南部仅在花秋镇、九坝镇、风水镇、容光镇分布; 中部仅在县城所在区域原娄山关镇(现划分为娄山关街道与海校街道)分布。其分布区域林地具有土层较厚、坡度相对平缓、土壤多为黄壤、壤性较强且疏松、水热条件较好等特点, 宜林程度高, 适宜选择造林树种较多, 林地生产力也较强, 但总体分布面积较少, II 级林地在全县占比仅为 0.12%, 北部、中部、南部占比结构为 0:0.08:0.04。

III 级质量林地面积共 31 432.46 hm<sup>2</sup>, 在全县各个区域、乡镇均有不同程度分布, 主要分布在土层厚度中等、海拔较高、坡度较小的阴坡地带。其中面积大于 2 000 hm<sup>2</sup> 的有南部花秋镇 2 415.00 hm<sup>2</sup>; 中部马鬃乡 2 225.72 hm<sup>2</sup>、新站镇 3 715.47 hm<sup>2</sup>、大河镇 2 430.37 hm<sup>2</sup>; 北部黄连乡 3 398.06 hm<sup>2</sup>、狮溪镇 2 013.39 hm<sup>2</sup> 和水坝塘镇 2 142.83 hm<sup>2</sup>。III 级林地分布距离交通干道平均 15 km, 交通条件一般, 土层厚度中等, 土壤肥力不够好。III 级林地在全县占比为 17.09%, 北部、中部、南部占比结构为 6.13:7.02:3.94。

IV 级质量林地面积共 118 568.25 hm<sup>2</sup>, 在全县占比最大, 高达 64.49%, 且分布最广, 在全县 25 个

乡镇范围内均有分布。主要分布在北部区域和中部区域土层厚度相对薄弱且交通状况较差的地带,特别是在海拔 1 200 m 以上的山区分布最多。其中面积大于 5 000 hm<sup>2</sup> 的乡镇有 10 个,分别为:北部狮溪镇 7 248. 53 hm<sup>2</sup>、芭蕉镇 5 002. 03 hm<sup>2</sup>、水坝塘镇 7 402. 18 hm<sup>2</sup>、羊磴镇 7 730. 62 hm<sup>2</sup>;中部松坎镇 5 536. 95 hm<sup>2</sup>、小水乡 5 032. 16 hm<sup>2</sup>、夜郎镇 6 016. 90 hm<sup>2</sup>、楚米镇 8 549. 17 hm<sup>2</sup>、茅石镇 6 561. 91 hm<sup>2</sup>,特别是地处高寒山区、交通条件较差的黄莲乡分布最多,面积高达 11 524. 94 hm<sup>2</sup>。北部、中部、南部占比结构为 25. 56: 30. 14: 8. 79。IV 级质量林地分布区域虽然交通极不发达,但也正因其多处于海拔 1 300 m 的高寒山区,森林环境几乎没有受到污染,所以成为桐梓县方竹产业发展主要生产基地。

V 级质量林地主要分布在交通状况极不方便的急险坡地段,面积 33 638. 24 hm<sup>2</sup>,在全县占比相对较少,为 18. 30%,北部、中部、南部内部结构比为 8. 80: 8. 15: 1. 35,面积分布情况以北部乡镇居多,中部乡镇次之,南部乡镇最少。V 级林地质量相对条件最差,所处位置交通条件很不发达,且坡度较大,生态环境较差,如在 V 级林地范围进行不合理地开发利用,极易引起水土流失、山体滑坡,甚至是泥石流等危害生态安全的情况。V 级林地区域生态环境一旦被破坏,修复难度较大,可以说在较长时期内都难以修复。所以,V 级林地范围应以生态保护为主,采取封禁封育的方式恢复森林生态环境,维持区域生态平衡。各等级质量林地在全县分布情况详见图 1。

### 5 林地经营利用规划分析

针对桐梓县林地只有 II、III、IV、V 4 个等级,无 I 级林地的现状,为满足桐梓林业生态与产业发展需要,必须按照分类管理、优地优用、劣地综合利用的集约经营原则,以充分发挥林地生产潜力为目标,确定以促进桐梓林业生态建设与产业高质量健康发展并重的森林经营方向,按照林地质量等级分类区划结果,分级分区科学合理规划制定森林经营方向、策略和管理措施,努力践行“两山理论”,促进林业建设在乡村振兴中的良性发展。

#### 5.1 II 级林地主要经营方向与管理措施

在保护生态安全的前提下,按生态保护与发展并重的原则,在 II 级质量林地的公益林范围内有选择性地开展立体复合式经营模式,通过采取封山育林与人工造林相结合的育林措施,大力培育经济价

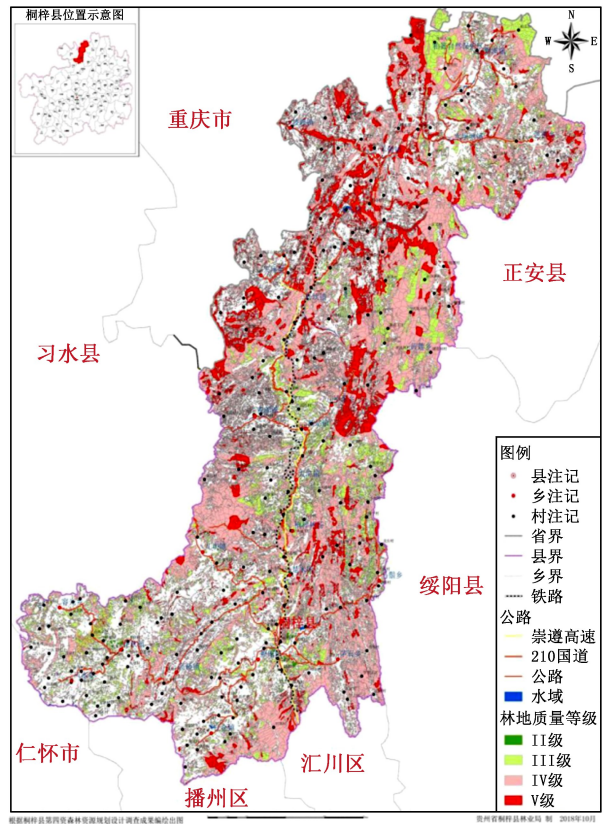


图 1 桐梓县森林经营规划林地质量等级分布 (2016—2050 年)

Fig. 1 Distribution of forest land quality grades in Tongzi County Forest Management Plan (2016—2050)

值高的经济树种,构建生态经济防护林体系,合理利用森林资源,实现保护与利用的有机结合。对划为商品林的 II 级林地,森林培育主要实行树种结构优化,强化森林分类经营,鼓励和引导林业生产经营主体人员积极推行集约经营措施,最好是以农林、林下种养结合的方式发展林业立体经济,具体措施为:人工造林树种选择本土优良用材树种如杉木、马尾松、柏木、楠木等,及本地优良经济和油料树种如茶叶、油茶、方竹等,进行速生丰产林和工业原料林规模建设及桐梓方竹特色产业建设,高质高效发展商品林基地,促进县域林业经济发展。

在林地保护上,对 II 级林地实行严格限制使用,严禁林地质量等级逆转行为发生。

#### 5.2 III 级林地主要经营方向与管理措施

III 级林地公益林主要集中在桐梓北部和中部区域,因区域河流分布广泛,且有柏箐—黄莲自然保护区分布,加之该区生态比较脆弱的实际情况,所以对 III 级林地经营方向以保护生物多样性为重点,加大以水源涵养林、水土保持林为主的防护林体系建设;

将中部和南部区域Ⅲ级林地中的商品林地划为商品林主要发展经营区,发展林业经济,经营方向上以培育马尾松、杉木、柏木等大径材为主,同时结合方竹产业建设,在Ⅲ级林地范围内海拔 1 200 m 以上高寒山区,大力营造方竹资源,促进方竹产业经济发展。

在林地管理与保护上,必须以严格保护为前提,防止将Ⅲ级林地改变为非林业用地如建设用地及其他农用地等不合理行为的发生,特别要坚决杜绝并防止林地质量等级逆转行为发生,禁止可能威胁森林生态系统安全和生态功能发挥的不合理资源开发活动。

### 5.3 IV级林地主要经营方向与管理措施

对划为公益林的Ⅳ级林地,采取人工造林、封山育林和低质低效林改造等提升森林质量的方法措施,建设高效、稳定、综合效益强的防护林生态系统。在保证林地质量和森林生态效益的前提下,可对Ⅳ级公益林林地进行适度合理开发利用,发展林下经济,充分发挥森林的经济与社会效益,如发展林下种植林药、林菌,林下养殖及森林生态旅游等;对划为商品林的Ⅳ级林地,应以发展杉、马尾松、湿地松、刺槐、红叶杨等一般用材林和速生丰产林为主要经营目的,依靠科技进步,采取集约经营等措施,因地制宜开展人工造林、中幼林抚育、低产林改造等经营活动,适度开展森林采伐更新活动,鼓励推广林下养殖、林下种植中药等立体复合式经营模式,充分发挥林地生产潜力。

在Ⅳ级林地管理上,最大限度地避免森林及林地自然环境中人为因素的破坏性干扰,利用各种有效保护措施,减少甚至杜绝破坏林地违法行为发生,保护森林生态系统平衡和生态环境安全。

### 5.4 V级林地主要经营方向与管理措施

针对桐梓县V级林地基本处于生态环境脆弱区域的现状,紧紧围绕各评价小班区域位置情况,按生态区位重要性高低顺序,分别将V级林地按森林类别全部归类区划为国家级生态公益林和地方公益林,并分别纳入国家级公益林中央财政资金补助范围和地方公益林地方财政资金补助标准范围,林农根据其林地森林类别情况按不同标准范围领取生态补偿补助资金。在经营管理措施上,对V级林地实行严格保护,以生态保护为主,严格限制开发利用,

具体措施主要是依托森林植被自然恢复的功能,采取全面封禁、封山育林等方式,促进林地森林更新,最大限度地修复生态环境,促进区域森林生态系统的发展,维护区域生态平衡。

## 6 结 论

1) 林地质量评分值与林地质量等级呈负相关关系。林地质量评分值越高,林地质量等级越低,林地条件越差。反之,林地质量评分值越低,林地等级越高,林地质量越好,越有利于林业产业发展。

2) 全县林地质量等级结构不合理。根据本次评定结果,就全县总体而言,桐梓县林地质量Ⅰ~Ⅴ级林地面积结构比为0:0.12:17.09:64.49:18.3。Ⅳ级林地占比最大,其次分别为Ⅴ级、Ⅲ级林地,Ⅱ级林地最少,全县没有Ⅰ级林地,林地质量等级结构差。在今后的森林经营过程与活动中,应尽量通过营造针阔混交林或阔叶林,改善林地土壤肥力和林地经营交通基础设施等措施,改变林地土壤条件及林地环境条件,从而改善林地质量结构。

3) 林地总体评价符合桐梓实际,可为今后改善林地经营条件做参考。全县林地质量整体土壤肥力南部乡镇最好,中部乡镇次之,北部乡镇最差,整体土层厚度中等偏低,林地质量评定结果相对符合实际,可以为桐梓县今后林地保护利用规划与森林经营利用规划提供参考。

## 参考文献:

- [1] 周斌,吴殷华,黄国爱. 江西省上饶县林地质量等级划分及合理利用分析[J]. 华东森林经理,2013,27(4): 29-31.
- [2] 兰秀美,覃兆海,杨本荣,等. 上思县林地质量等级评定方法研究[J]. 贵州林业科技,2012,40(5):25-30.
- [3] 国家林业局. 林地保护利用规划林地落界技术规程: LY/T 1955-2011[S]. 北京:国家林业局,2011.
- [4] 肖智慧. 国有林场森林经营方案编制存在的问题及对策[J]. 防护林科技,2010(15):54-55.
- [5] 陶国祥. 森林系统立地学[M]. 昆明:云南科技出版社,2005.
- [6] 李建华. 森林资源资产评估课程[Z]. 2013.

责任编辑: 杨焱熔



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.021

## 对曲靖市公益林生态效益补偿机制的思考

沈柳青<sup>1</sup>, 段薇<sup>1</sup>, 赵俊<sup>2</sup>

(1. 曲靖市林业和草原局, 云南 曲靖 655000; 2. 师宗县林业和草原局, 云南 曲靖 655700)

**摘要:** 分析曲靖市公益林生态效益补偿的发展现状、发展历程以及公益林建设成效, 指出存在补偿资金拨付困难、区划基础工作不到位、林农利益诉求日趋突出等问题。藉此提出统一资金拨付渠道、建立横向生态效益补偿机制及进一步完善公益林区划落界等对策措施, 旨在为完善生态效益补偿机制、促进林业可持续发展提供参考。

**关键词:** 公益林区划; 生态效益补偿机制; 资金拨付; 曲靖市

中图分类号: S759.2; S718.56; F224.5 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0115-05

引文格式: 沈柳青, 段薇, 赵俊. 对曲靖市公益林生态效益补偿机制的思考[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 115-119.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.021

SHEN Liuqing, DUAN Wei, ZHAO Jun. Ecological Benefit Compensation Mechanism of Public Welfare Forest in Qujing City[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 115-119. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.021

## Ecological Benefit Compensation Mechanism of Public Welfare Forest in Qujing City

SHEN Liuqing<sup>1</sup>, DUAN Wei<sup>1</sup>, ZHAO Jun<sup>2</sup>

(1. Qujing Bureau of Forestry and Grassland, Qujing, Yunnan 655000, China;

2. Shizong Bureau of Forestry and Grassland, Qujing, Yunnan 655700, China)

**Abstract:** This paper analyzed the development status, development process and construction effect of public welfare forest ecological benefit compensation in Qujing City, and pointed out some problems, such as the difficulty in allocating compensation funds, the lack of basic zoning work, and the increasingly prominent interest demands of forest farmers. Therefore, this paper put forward measures such as unifying funding allocation channels, establishing a horizontal ecological benefit compensation mechanism, and further improving the division and boundary of public welfare forests, aiming to provide reference for improving the ecological benefit compensation mechanism and promoting sustainable forestry development.

**Key words:** public welfare forest zoning; ecological benefit compensation mechanism; funds allocation; Qujing City

公益林是林业分类经营的产物, 以培育稳定、健康、优质、高效的森林生态系统为目标<sup>[1]</sup>。生态效

益补偿是一种综合手段, 主要目的是以政府为主导, 对利用及提供森林生态效益的主体之间的利益进行

收稿日期: 2022-02-08; 修回日期: 2022-02-25.

第一作者: 沈柳青(1978-), 女, 云南宣威人, 高级工程师. 主要从事公益林建设和森林资源保护研究. Email: 446754223@qq.com

责任作者: 段薇(1981-), 女, 云南富源人, 工程师. 主要从事公益林建设和森林资源保护管理工作.

均衡以及激励,对林权所有者因公益林发挥生态效益而进行经济补偿。

## 1 曲靖市公益林生态效益补偿现状

曲靖市国土面积 289.4 万  $\text{hm}^2$ ,林地面积 164.7 万  $\text{hm}^2$ ,两类林区划商品林面积 78.12 万  $\text{hm}^2$ 、占林地面积的 47.43%,公益林面积 85.32 万  $\text{hm}^2$ 、占林地面积的 52.57%。区划公益林中,国家级公益林 55.19 万  $\text{hm}^2$ 、省级公益林 30.12 万  $\text{hm}^2$ 、地方其他公益林 1.27 万  $\text{hm}^2$ 。纳入森林生态效益补偿的公益林面积 79.39 万  $\text{hm}^2$ ,涉及国家级公益林 50.77 万  $\text{hm}^2$ 、省级公益林 28.62 万  $\text{hm}^2$ 。补偿标准为国有 150 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 、集体和个人 240 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ,年补偿资金达 18 691.7 万元<sup>[2-3]</sup>。

## 2 生态效益补偿历史回顾

### 2.1 公益林区划历程

曲靖市开展森林分类区划试点始于 1996 年,2001 年第一次完成公益林和商品林区划,2004 年开展国家重点公益林区划界定,区划面积 10.28 万  $\text{hm}^2$ ;2008 年开展省级公益林区划界定。至 2019 年,前后经过 9 次区划和实施方案的编制。公益林

区划布局 2004 年只有富源和陆良两个试点县,至 2008 年已在全市 9 个县(市、区)全面推开,规模从 10.28 万  $\text{hm}^2$  发展到现在的 85.32 万  $\text{hm}^2$ <sup>[2-6]</sup>。

### 2.2 公益林生态效益补偿发展历程

中央森林生态效益补偿于 2004 年启动,曲靖市率先在富源和陆良两个县试点实施,补偿面积 10.28 万  $\text{hm}^2$ ,补偿标准为 75 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。2009 年启动天保工程区新造林地且未享受天保管护经费的国家级公益林面积 4.28 万  $\text{hm}^2$  生态效益补偿,补偿标准为 75 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。2011 年全面启动国家级公益林生态效益补偿,补偿范围扩大到全市 9 个县(市、区),面积 50.67 万  $\text{hm}^2$ 。补偿标准:权属为国有的 75 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 、权属为集体的 150 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。至 2019 年,补偿面积扩大到 50.77 万  $\text{hm}^2$ ,集体和个人的补偿标准提高到 240 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ,国有的提高到 150 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。

曲靖市省级公益林生态效益补偿于 2009 年全面启动,补偿面积 27.29 万  $\text{hm}^2$ ,补偿标准为 75 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。至 2020 年,补偿面积扩大到 28.62 万  $\text{hm}^2$ ,集体和个人的补偿标准提高到 240 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ,国有的补偿标准提高到 150 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ,实现国家级和省级公益林同权属的补偿标准相同<sup>[7-10]</sup>,见图 1~2。

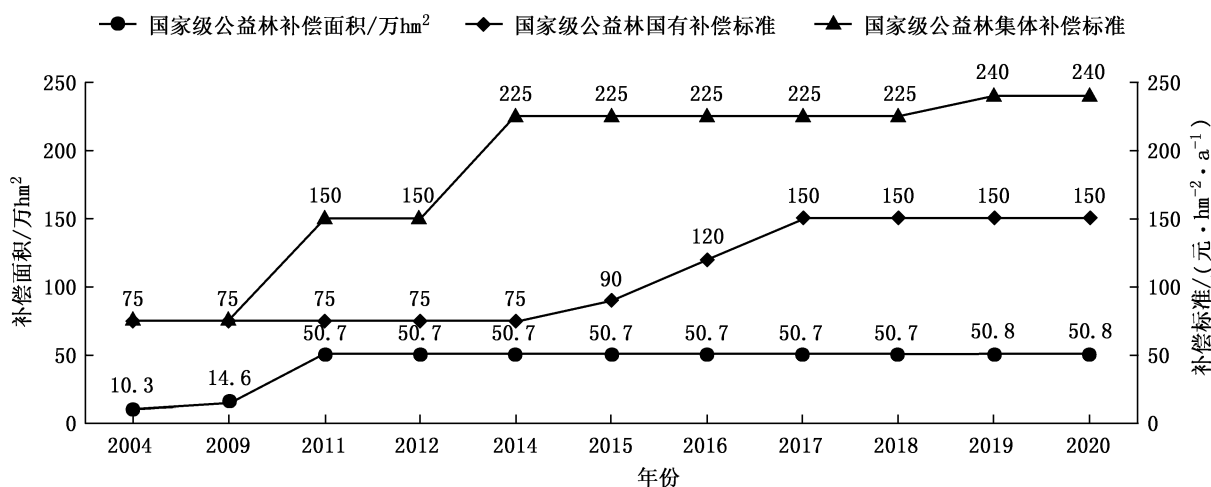


图 1 曲靖市历年国家级公益林生态效益补偿面积及补偿标准

Fig. 1 Ecological benefit compensation area and standard of national public welfare forests in Qujing City over the years

## 3 公益林生态效益补偿成效

### 3.1 森林资源主要指标大幅增长

自启动森林生态效益补偿以来,曲靖市森林资源发生了质的飞跃,主要指标大幅增长。“十一五”期初曲靖市森林覆盖率 36%、公益林区森林面积 67.55 万  $\text{hm}^2$ 、森林蓄积 2 123.23 万  $\text{m}^3$ 、乔木林单位

面积蓄积量 37.95  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。“十三五”期末,森林覆盖率达 50.1%、公益林区森林面积 83.26 万  $\text{hm}^2$ 、森林蓄积 3 504.83 万  $\text{m}^3$ 、乔木林单位面积蓄积量 53.85  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ <sup>[11]</sup>。森林覆盖率净增 14.1%、森林面积净增 15.71 万  $\text{hm}^2$ 、森林蓄积净增 1 381.6 万  $\text{m}^3$ 、乔木林单位面积蓄积量净增 15.9  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,详见表 1。

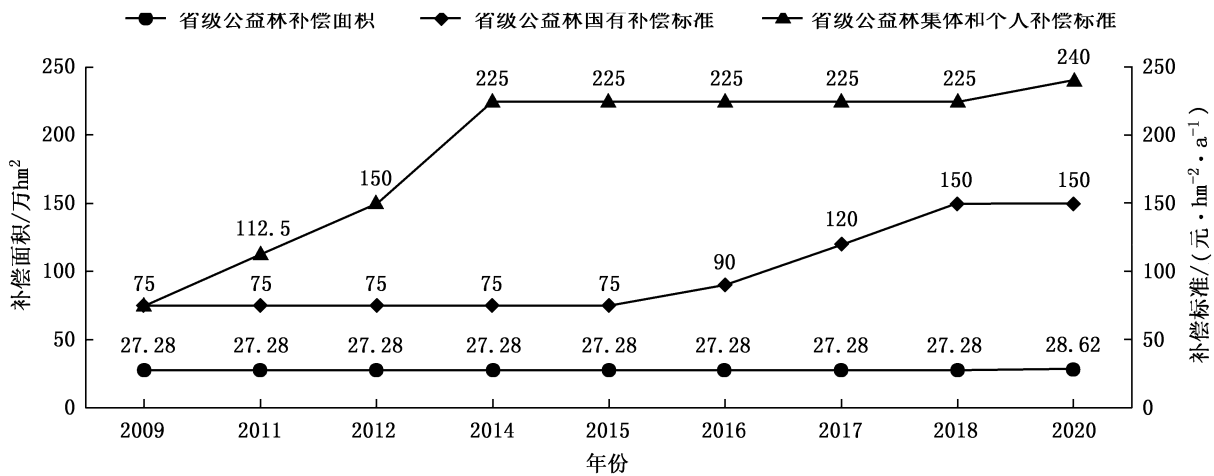


图 2 曲靖市历年省级公益林生态效益补偿面积及补偿标准

Fig. 2 Ecological benefit compensation area and standard of provincial public welfare forests in Qujing City over the years

表 1 曲靖市公益林区森林资源主要指标变化情况

Tab. 1 Changes of main indicators of forest resources in public welfare forest area of Qujing City

时间	森林覆盖率/%	森林面积 / 万hm <sup>2</sup>	森林蓄积 / 万m <sup>3</sup>	乔木林单位面积蓄积量 / (m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )
“十一五”期初	36.00	67.55	2123.23	37.95
“十二五”期末	43.33	71.51	2997.94	50.13
“十三五”期末	50.10	83.26	3504.83	53.85
增量	14.10	15.71	1381.60	15.90

### 3.2 补偿资金分配使用逐步走上规范轨道

经过近 17 年探索,公益林生态效益补偿机制逐步得到完善,已走上科学化、规范化和制度化管理轨道。2007 年《中央财政森林生态补偿基金管理办法》规定,国家级公益林权属集体和个人的补偿资金,按 5:3:2 的比例分别用于管护费、补植补造、补偿费。2011 年,国家级和省级公益林,集体和个人的补偿资金,补偿费不低于 50%、管护费不高于 40%、县级列支监管费不高于 10%<sup>[7-9]</sup>。2014 年,为规范中央和省级森林生态效益补偿资金的使用和管理,提高资金的使用效益,云南省财政厅和省林业和草原局出台了《云南省森林生态效益补偿资金管理办法》,统一了国家级和省级公益林补偿资金的使用渠道,实行管护费和补偿费分离,明确了补偿费为 150 元/(hm<sup>2</sup>·a)、其余全部作为管护费等相关支出。公益林补偿资金使用分配方案,从按比例分配到“管”“补”分离,发生了巨大变化<sup>[8]</sup>。按比例分配

会造成县级对列支资金比例把握不准,经常列支资金过多或过少,或者把更多的补偿费和管护费列支到县级监管费里面,造成县级结余资金较多、使用不方便等问题,不能充分发挥资金的使用效益。实行“管”和“补”分离,明确了补偿费和管护费的具体数额,使补偿资金使用分配走上了科学化、规范化轨道,更大程度地保护了林农和护林员利益,同时也充分发挥了资金使用效益。补偿资金使用分配方式详见表 2。

表 2 公益林补偿资金使用分配方式

Tab. 2 Allocation method of compensation funds for public welfare forests

权属	2008—2010 年	2011—2013 年	2014—2021 年
集体	管护费 50%	补偿费不低于 50%	补偿费 150 元/(hm <sup>2</sup> ·a), 全部兑现给林农
	抚育、补植补造 30%	管护费不高于 40%	补偿资金除补偿费外其余资金全部用于管护费
	补偿费 20%	监管费不高于 10%	
个人	所有补偿资金全部兑现给农户	补偿费不低于 50%	补偿费 150 元/(hm <sup>2</sup> ·a), 全部兑现给林农
		管护费不高于 40%	补偿资金除补偿费外其余资金全部用于管护费
		监管费不高于 10%	

### 3.3 补偿绩效评价体系逐步完备

为进一步加强财政资金支出项目绩效管理,规

范财政资金运行,优化财政支出结构,提高资金使用效益,云南省人民政府于 2006 年和 2011 年相继出台《云南省省级财政支出绩效评价暂行办法》及《财政支出绩效评价管理暂行办法》,制定出省级公益林绩效评价方案和体系,组织委托第三方,对省级公益林生态效益补偿开展绩效评价。2016 年,国家出台《林业改革发展资金预算绩效管理暂行办法》,评价国家级公益林补偿预期达到的产出和效果。至此,国家级和省级公益林均形成了绩效评价体系,从任务、资金以及经济效益、社会效益、生态效益、可持续影响、满意度等方面进行细化评价<sup>[6]</sup>,评价结果作为下达下一年度资金的重要依据,体现了公益林管理上的奖优罚劣机制,有效促进了公益林补偿资金使用效益的提升。

### 3.4 公益林资源动态管理机制逐步完善

随着地方经济的快速发展,建设用地刚性需求越来越大,给公益林管理带来的困难也越来越大。自 2012 年以来,曲靖市被建设项目征占用公益林达 1 272.2 hm<sup>2</sup>,涉及国家一级公益林 318 hm<sup>2</sup>、二级公益林 474 hm<sup>2</sup>、三级公益林 17.4 hm<sup>2</sup>,省级公益林 809.4 hm<sup>2</sup>。为保持公益林的稳定,维护公益林区划界定成果的权威性,国家和省级相继出台政策,逐步完善公益林动态管理措施。一是形成公益林资源动态管理体系。启动公益林补偿后,国家或省级审批的建设项目永久征占用公益林的,实行年度矢量数据校核,按“占补平衡”原则实行“占一补一”,补入的公益林符合国家级和省级公益林区划界定办法规定的区划范围和标准。二是结合森林资源年度监测工作,开展年度公益林资源监测,建立了公益林资源数据库,完善档案管理,掌握公益林现状及其动态变化,实现公益林资源档案的动态管理和信息共享,形成较为完备的公益林资源监测体系。

## 4 公益林补偿机制存在问题

### 4.1 补偿资金拨付困难

#### 1) 县级财政资金拨付困难

经过年度森林生态效益补偿责任制考核显示,县级财政在收到公益林补偿资金之后,未及时将资金拨付到项目实施单位。据多次调查曲靖市公益林补偿资金统计调度显示,普遍存在县级财政拨付项目资金困难现象,甚至连续滞后 3—4 年未拨,拖欠林农补偿费和护林员管护劳务费较多,林农怨气较大,护林员管护积极性和主动性不高,影响了森林资源管护效果。

#### 2) 兑付方式改变加大了补偿资金兑付难度

县级财政部门按照资金管理办法规定实行国库统一集中支付,县级财政将补偿资金以“额度”的形式拨付到乡财政所,但乡财政所无权再将补偿资金拨付到下一级村集体账户,资金仍然在国库集中支付平台,实行报账制。这改变了《云南省森林生态效益补偿资金管理办法》规定的“权属为集体的补偿费拨入村集体账户”方式,村集体使用资金的程序由原来的“收到补偿款再实施项目”变为:“先实施项目再形成发票到财政所报账”,往往因库款不到位,导致报账需要等上很长时间甚至几年。老百姓切切实实感受到的两种兑付方式:一种是有钱再办事,另一种是自己要先垫钱办事。这种兑现方式改变让村集体一时难以适应。另外,以“额度”形式下达的补偿资金受资金下达时间及使用期限限制,作为村集体公益事业使用部分,难以在规定期限内使用完成,年底使用未完成的,额度将被收回。以上两种情况是造成权属为集体部分补偿资金兑付困难的主要原因。

### 4.2 公益林区划界定基础工作不到位

公益林区划界定是实施生态效益补偿的基础,生态效益补偿是没有期限,需要长期实施的一项惠民工程。生态效益补偿关系千家万户,基础工作做不好,会引起一系列的麻烦和上访事件发生。据统计,曲靖市 2020 年因公益林区划前期林农不知晓而被划为公益林引起的上访就有近 10 起,具体表现在以下两个方面:一是大户承包林地被划为公益林地,承包行为在前,公益林区划在后,而承包方并不知道所承包的商品林地被划为公益林,造成承包林地上栽种的林木不能采伐而引起纠纷和上访;二是权属为个人所有的林地,农户自己不知道自家的商品林地被划为公益林,特别是一些生长条件较好的用材林,达到成过熟林时不能采伐引起上访。以上上访案件反映出公益林区划界定前期基础工作做得不到位,没有事先征得林权权利人或承包人同意,擅自区划公益林,引起频繁上访,给公益林管理带来困难。

### 4.3 林农利益诉求日趋突出

曲靖市现行的生态效益补偿政策均是中央和省级财政支持,这与国家和省级相匹配,但补偿标准仍不高,林农直接得到的现金收入仅为 150 元/hm<sup>2</sup>,出于自身经济利益考虑,他们更希望通过采伐林木、流转林地等商业性经营利用获取更大的经济利益,尤其在土壤及气候条件好的地方较为突出,如罗平县和师宗县比较适宜栽植杉木,15 年左右即可成材

采伐。以栽种杉木为例,成材后每公顷可采伐杉木 225 m<sup>3</sup> 左右,按现阶段市场价格 800 元/m<sup>3</sup> 元计算,每公顷采伐林木收益大约 18 万元,而公益林 15 年每公顷收益仅为 2 250 元,与栽种杉木收益相比,差距较大。在利益驱使下,部分地方出现违法违规采伐公益林林木、擅自改变公益林地用途、以更新名义大面积皆伐更换为经济林种等违法行为;另外,林权权利人或承包方要求调出公益林的案例也越来越多。

## 5 对完善公益林生态效益补偿机制的建议

### 5.1 统一资金拨付渠道

据《云南省国家级公益林生态效益补偿曲靖市总体实施方案》及《云南省省级公益林生态效益补偿曲靖市总体实施方案》显示,曲靖市国家级公益林涉及全市 1 176 个村委会,占总村委会的 74%,涉及农户 859 095 户,占总户数的 57%;省级公益林涉及全市 1 140 个村委会,占总村委会的 78.8%,涉及农户 597 009 户,占总户数的 43%。公益林年度补偿资金总额达 1.87 亿元,涉及林农补偿费 1.12 亿元、管护费 6 570 万元。公益林生态效益补偿涉及面广、资金量大,为规范公益林补偿资金的使用和管理,提高补偿资金的使用效益,杜绝公益林生态效益补偿安全隐患和矛盾纠纷,上级部门在制定森林生态效益补偿资金管理暂行办法时,应与财政部门规定的项目资金管理高度一致,统一资金拨付渠道,明确补偿费应层层拨付到村集体账户,管护费可用国库集中支付方式进行支付,进一步规范补偿资金兑现程序,明确财政和林业部门责任,方便资金和项目管理,避免因资金拨付方式差异而带来的问题。

### 5.2 建立横向生态效益补偿机制

目前,国家级和省级公益林竖向生态效益补偿标准仍较低,不能满足林农对商品林划为公益林产生的经济损失诉求。所以,地方政府应探索多形式、多渠道筹集生态效益补偿资金方式,建立起横向补偿机制,让生态效益补偿由国家、受益者和全社会来共同承担。按照“谁受益、谁补偿”的原则,在地方行业如煤炭、烟草、水电、水利、供电、生态旅游等依托或消耗森林资源开展经营的行业,按其营业收入的一定比例缴纳森林生态效益补偿费,纳入森

林生态效益补偿金,以此提高补偿标准,逐步减小补偿标准与公益林提供的生态价值及与经营商品林的收入间的差距,让生态得到更好的保护、林农获得更多的利益。

### 5.3 进一步完善公益林区划落界

公益林区划落界工作,是公益林保护管理的基础性工作,也关系到林农的切身利益。曲靖市历次公益林区划界定工作,由于上级部门规定完成区划时间较短,而区划涉及面广,任务较重,基层专业技术人员难以在规定的时间内完成任务,要保证成果按时上报,就会导致某些基础工作做得不够细、不够扎实。因此,上级部门在完善公益林区划时应适当放宽时限,保证专业技术人员有充足的时间完成基础性工作,做到区划前林权人知情,尊重林权人意愿,确保公益林区划落实到山头地块。另外,应根据实际,针对林农上访和纠纷案件进行全面梳理,对区划存在的问题认真核实,按实事求是的原则全面纠正错误,避免上访和林权纠纷事件继续发生。

### 参考文献:

- [1] 杨四文,何永华. 浅析香格里拉市森林生态效益补偿成效及存在的问题[J]. 贵州林业科技,2021,49(1):61-63.
- [2] 曲靖市林业和草原局. 2017年曲靖市国家级公益林区划落界成果报告[R]. 2017.
- [3] 曲靖市林业和草原局. 2019年曲靖市省级公益林区划落界成果报告[R]. 2019.
- [4] 曲靖市林业局. 2009年曲靖市省级公益林生态效益补偿总体实施方案[Z]. 2009.
- [5] 曲靖市林业局. 云南省国家级公益林生态效益补偿曲靖市总体实施方案[Z]. 2011.
- [6] 曲靖市林业局. 曲靖市公益林落界说明书[Z]. 2013.
- [7] 王云南省财政厅,云南省林业厅. 云南省森林生态效益补偿基金管理实施细则[Z]. 2008.
- [8] 云南省财政厅,云南省林业厅. 云南省森林生态效益补偿资金管理暂行办法[Z]. 2014.
- [9] 云南省财政厅,云南省林业厅. 云南省森林生态效益补偿资金管理暂行办法[Z]. 2017.
- [10] 云南省财政厅,云南省林业厅. 云南省中央财政林业改革发展资金预算绩效管理实施细则[Z]. 2018.
- [11] 曲靖市林业局. 曲靖市森林资源规划设计调查报告[R]. 2017.

责任编辑:刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.022

## 湛江市中澳友谊花园鸟类多样性研究

吴晓东<sup>1</sup>, 陈浩荣<sup>2,3</sup>, 罗雨薇<sup>2,4</sup>

(1. 广东湛江红树林国家级自然保护区管理局, 广东 湛江 524088; 2. 岭南师范学院生命科学与技术学院, 广东 湛江 524048; 3. 清远市博爱学校, 广东 清远 511500; 4. 湛江市爱鸟协会, 广东 湛江 524000)

**摘要:** 为了解湛江城市公园的鸟类动态与多样性, 2017 年 7 月至 2018 年 6 月, 采用样点法及样线法, 对湛江市中澳友谊花园鸟类群落组成及多样性进行调查, 共记录到鸟类 40 种, 隶属 8 目 22 科。其中雀形目 (Passeriformes) 鸟类最多, 共 12 科 21 种。记录国家二级保护鸟类 3 种, 广东省保护鸟类 5 种。优势种为白喉红臀鹎 (*Pycnonotus aurigaster*)、池鹭 (*Ardeola bacchus*)、家燕 (*Hirundo rustica*), 分别占总数的 13.20%、11.33%、11.58%。鸟类多样性指数 ( $H$ ) 为 3.00, 均匀度指数 ( $J$ ) 为 0.81; 鸟类多样性 3 月最高, 种类共 20 种, 占总数的 50%; 9 月的种类最少, 共 10 种, 占总数的 25%。

**关键词:** 城市公园; 鸟类多样性; 群落组成; 数量; 季节动态变化; 湛江市

中图分类号: S718.63; Q16 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0120-06

引文格式: 吴晓东, 陈浩荣, 罗雨薇. 湛江市中澳友谊花园鸟类多样性研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 120-125.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.022

WU Xiaodong, CHEN Haorong, LUO Yuwei. Bird Diversity of Sino-Australian Friendship Garden in Zhanjiang[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 120-125. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.022

## Bird Diversity of Sino-Australian Friendship Garden in Zhanjiang

WU Xiaodong<sup>1</sup>, CHEN Haorong<sup>2,3</sup>, LUO Yuwei<sup>2,4</sup>

(1. Zhanjiang Administration of Mangrove National Nature Reserve, Zhanjiang, Guangdong 524088, China;  
2. College of Life Science and Technology, Lingnan Normal University, Zhanjiang, Guangdong 524048, China;  
3. Boai School Of Qingyuan City, Qingyuan, Guangdong 511500, China;  
4. Zhanjiang Bird Watching Society, Zhanjiang, Guangdong 524000, China)

**Abstract:** In order to understand bird diversity and dynamic of Sino-Australian Friendship Garden in Zhanjiang, the survey on bird species was conducted from July 2017 to June 2018 by the method of sampling points and lines. A total of 40 bird species belonging to 22 families and 8 orders were recorded. Passeriformes had the largest number of bird species, with 21 species in 12 families. Three species of Class II nationally key protected birds and five species of Guangdong protected birds were recorded. The dominant species were *Pycnonotus aurigaster*, *Ardeola bacchus* and *Hirundo rustica*, accounting for 13.20%, 11.33% and 11.58% of the total population, respectively. The bird diversity index ( $H$ ) was 3.00, and the evenness index ( $J$ ) was 0.81. Bird diversity was the highest in March and March had the highest number of bird species (20 species), accounting for 50% of the total, while September had the lowest number of bird species (10 species), accounting for 25% of the total.

收稿日期: 2021-12-28.

第一作者: 吴晓东 (1975-), 男, 广西合浦人, 林业高级工程师. 研究方向为红树林资源调查与管理. Email: 2865543419@qq.com

**Key words:** urban park; bird diversity; composition of bird communities; quantity; seasonal dynamics; Zhanjiang City

城市鸟类群落作为城市生态系统的重要部分,是城市生态环境和城市生物多样性的关键指标类群<sup>[1-2]</sup>。同时,城市鸟类是城市环境中最为常见的野生动物,对于城市居民生活质量和舒适度的提高有着不可替代的作用<sup>[3-4]</sup>。城市公园绿地是城市鸟类的主要栖息地<sup>[5]</sup>,为鸟类提供充足食物和适宜的繁殖地点,是城市鸟类赖以生存的空间<sup>[6]</sup>。近年来,城市化进程大大加快,导致城市鸟类栖息地丧失,生物多样性减少。因此,研究城市鸟类多样性可为城市管理和城市建设提供科学数据支持。

湛江鸟类资源丰富,但有关湛江城市公园的鸟类资源和时空动态分布现状的研究较少<sup>[7]</sup>。中澳友谊花园位于湛江市中心,属综合性公园,有关该公园鸟类资源的研究情况尚未见报道。为了解该公园鸟类资源情况,于2017年7月—2018年6月对该公园进行了调查,分析了该公园鸟类种类、数量情况及动态变化,并且对公园的管理和鸟类保护提出意见和建议。

## 1 研究地概况

湛江市(109°40'~110°58'E,20°13'~21°57'N)海拔50~200 m,濒临南海,南隔琼州海峡与海南岛相望,属热带和亚热带季风气候,全年受海洋气候的影响,夏无酷暑,冬无严寒。4—9月为雨季;10—次年3月降雨量较少。年均温23℃,年均降雨量1417~1802 mm。

中澳友谊花园位于湛江市海滨大道中海湾大桥西侧,与海湾大桥连为一体,于2007年9月26日落成开放,现已成为湛江的城市中心景观。公园占地346.48 hm<sup>2</sup>,水面面积为42.38 hm<sup>2</sup>,绿化率72.60%。园内共有三个景观区,展现了澳洲风情和中国南方海滨城市风光特色。主要景点有澳洲园、雕塑园、滨湖木栈道、灯塔广场、雨林植物、品果轩、观赏区等。

## 2 研究方法

### 2.1 调查方法

2017年7月至2018年6月,采用样线法,每月在中澳友谊花园进行1次鸟类调查。调查一般选在晴朗无风的天气下进行,时间为上午7:00—10:00。调查工具主要为双筒望远镜(Sika,10×42)、数码单

反相机(Nikon,D7200)。调查时以1~2 km/h的速度行进,使用望远镜和相机观察并记录看见或听见的线路两侧各50 m宽范围内鸟类种类、数量及生境<sup>[8]</sup>。鸟类鉴别主要参考《常见鸟类野外识别手册》<sup>[9]</sup>,鸟类分类系统根据郑光美的《中国鸟类分类与分布名录(第三版)》<sup>[10]</sup>。保护等级参见2021年发布的《国家重点保护野生动物名录》。

### 2.2 数据处理方法

#### 2.2.1 多样性指数评价

根据Shannon-Wiener多样性指数对鸟类群落多样性进行评价<sup>[11]</sup>:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i (\ln P_i)$$

式中: $H$ 为多样性指数; $S$ 为物种数; $P_i$ 为物种 $i$ 的个体数占所有物种个体总数的比例。

#### 2.2.2 均匀性指数评价

根据Pielou均匀度指数对鸟类群落均匀性进行评价<sup>[11]</sup>:

$$J = H/H'_{\max}$$

式中: $H'_{\max}$ 为最大的物种多样性指数, $H'_{\max} = \ln S$ , $S$ 同上。

#### 2.2.3 优势度评价

采用Howes的方法对鸟类群落优势度进行评价<sup>[12]</sup>:

$$C = A / [ (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n) ]$$

式中: $A$ 为某种鸟在某一生境中的总数, $A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$ 为各种鸟在相同生境数量的总和。对鸟类按照数目进行等级划分,某种鸟类的个体数与所记录的鸟类总个数的比例>10%的,将其划分为优势种(+++);比例在1%~10%的鸟类,划分为常见种(++);比例<1%的鸟类,划分为少见种(+)

## 3 结果与分析

### 3.1 鸟类群落组成

#### 3.1.1 鸟类种类和数量

2017年7月—2018年6月,在中澳友谊花园共记录到鸟类676只,40种,隶属8目22科(图1,表1)。其中,雀形目(Passeriformes)21种,鸻形目(Charadriiformes)5种,鹈形目(Pelecaniformes)和鸱形目(Cuculiformes)均为4种,鸽形目(Columbiformes)和佛法僧目(Coraciiformes)均为两种,鹤形目(Gruiformes)和

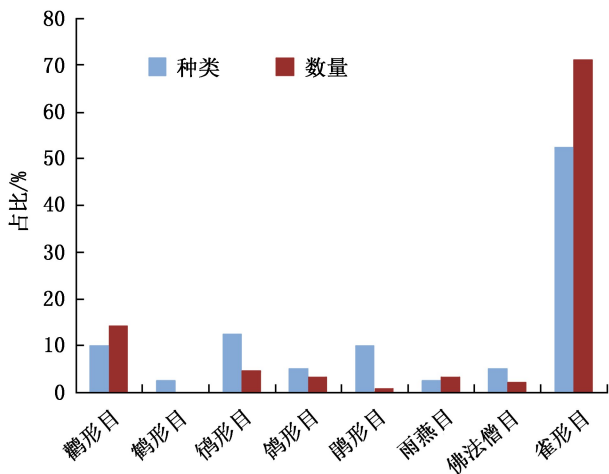


图 1 湛江市中澳友谊花园鸟类组成分析  
Fig. 1 Composition of birds in Sino-Australian Friendship Garden in Zhanjiang

雨燕目 (Apodiformes), 两者均为 1 种。雀形目 (Passeriformes) 鸟类的种类数最多, 共 21 种, 约占总数的 52.50%, 主要为鸮科 (Pycnonotidae)、鸺科 (Turdidae)、莺科 (Sylviidae)。该公园鸟类优势种有 3 种, 常见种 17 种, 少见种 20 种, 其中优势种为白喉红臀鸮 (*Pycnonotus aurigaster*)、池鹭 (*Ardeola bacchus*)、家燕 (*Hirundo rustica*), 分别占总数的 13.20%、11.33%、11.58% (表 1)。

### 3.1.2 鸟类保护级别及区系

在中澳友谊花园调查记录的鸟类中, 发现国家二级重点保护野生动物 3 种, 即褐翅鸺鹠 (*Centropus sinensis*)、白腰杓鹬 (*Numenius arquata*)、白胸翡翠 (*Halcyon smyrnensis*); 广东省重点保护野生动物 5 种, 即白鹭 (*Egretta garzetta*)、池鹭、栗苇鸺 (*Ixobrychus cinnamomeus*)、黄苇鸺 (*Ixobrychus sinensis*)、黑水鸡

表 1 湛江市中澳友谊花园鸟类名录

Tab. 1 List of birds in Sino-Australian Friendship Garden in Zhanjiang

目	科	物种	居留型	保护等级	区系	优势度
鸬形目 Pelecaniformes	鹭科 Ardeidae	1. 白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	R, W	广东	东	++
		2. 池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	R, W	广东	东	++
		3. 栗苇鸺 <i>Ixobrychus cinnamomeus</i>	R, P	广东	古	+
		4. 黄苇鸺 <i>Ixobrychus sinensis</i>	S, R	广东	东	+
鹤形目 Gruiformes	秧鸡科 Rallidae	5. 黑水鸡 <i>Gallinula chloropus</i>	R	广东	东	+
鸮形目 Charadriiformes	鸮科 Charadriidae	6. 金鸮 <i>Pluvialis fulva</i>	W	三有	古	+
		7. 金眶鸮 <i>Charadrius dubius</i>	W	三有	古	++
		8. 环颈鸮 <i>Charadrius alexandrinus</i>	W	三有	古	++
	鸮科 Scolopacidae	9. 矶鸮 <i>Actitis hypoleucos</i>	W, P	三有	古	++
		10. 白腰杓鹬 <i>Numenius arquata</i>	W	II	古	+
		11. 山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i>	R	三有	广	+
鸮形目 Columbiformes	鸽鸠科 Columbidae	12. 珠颈斑鸠 <i>Spilopelia chinensis</i>	R	三有	东	++
		13. 四声杜鹃 <i>Cuculus micropterus</i>	S	三有	东	+
		14. 褐翅鸺鹠 <i>Centropus sinensis</i>	R	II	东	+
鸮形目 Cuculiformes	杜鹃科 Cuculidae	15. 八声杜鹃 <i>Cacomantis merulinus</i>	S	三有	东	+
		16. 噪鸮 <i>Eudynamis scolopaceus</i>	R	三有	东	+
		17. 小白腰雨燕 <i>Apus nipalensis</i>	S	三有	东	++
雨燕目 Apodiformes	雨燕科 Apodidae	17. 小白腰雨燕 <i>Apus nipalensis</i>	S	三有	东	++
佛法僧目 Coraciiformes	翠鸟科 Alcedinidae	18. 普通翠鸟 <i>Alcedo atthis</i>	R	三有	广	++
		19. 白胸翡翠 <i>Halcyon smyrnensis</i>	R	II	东	+
		20. 家燕 <i>Hirundo rustica</i>	S, P	三有	东	++
雀形目 Passeriformes	燕科 Hirundinidae	20. 家燕 <i>Hirundo rustica</i>	S, P	三有	东	++
	鸺鹠科 Motacillidae	21. 白鸺鹠 <i>Motacilla alba</i>	W, P, R	三有	东	++
	鸮科 Pycnonotidae	22. 红耳鸮 <i>Pycnonotus jocosus</i>	R	三有	东	+
		23. 白头鸮 <i>Pycnonotus sinensis</i>	R, W, P	三有	东	++
		24. 白喉红臀鸮 <i>Pycnonotus aurigaster</i>	R	三有	东	++
伯劳科 Laniidae	25. 红尾伯劳 <i>Lanius cristatus</i>	W, P, S	三有	古	+	



续表 1

目	科	物种	居留型	保护等级	区系	优势度
		26. 棕背伯劳 <i>Lanius schach</i>	R	三有	东	++
	椋鸟科 Sturnidae	27. 八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i>	R	三有	东	++
	鹟科 Muscicapidae	28. 鹊鸂 <i>Copchus saularis</i>	R	三有	东	++
		29. 北红尾鹟 <i>Phoenicurus auroreus</i>	W	三有	古	+
		30. 黑喉石鹇 <i>Saxicola maurus</i>	R	三有	广	+
	扇尾莺科 Cisticolidae	31. 黄腹山鹧鸪 <i>Prinia flaviventris</i>	R	三有	东	++
		32. 纯色山鹧鸪 <i>Prinia inornata</i>	R	三有	东	++
		33. 长尾缝叶莺 <i>Orthotomus sutorius</i>	R	三有	东	++
	柳莺科 Phylloscopidae	34. 褐柳莺 <i>Phylloscopus fuscatus</i>	W	三有	东	+
		35. 黄眉柳莺 <i>Phylloscopus inornatus</i>	W	三有	东	+
		36. 黄腰柳莺 <i>Phylloscopus proregulus</i>	W	三有	东	+
	绣眼鸟科 Zosteropidae	37. 暗绿绣眼鸟 <i>Zosterops japonicus</i>	R,S,W,P	三有	东	++
	山雀科 Paridae	38. 大山雀 <i>Cinereous Tit</i>	R	三有	东	+
	雀科 Passeridae	39. 麻雀 <i>Passer montanus</i>	R	三有	古	++
	梅花雀科 Estrildidae	40. 斑文鸟 <i>Lonchura punctulata</i>	R	三有	东	++

注:在居留型中,S为夏候鸟,W为冬候鸟,R为留鸟,P为旅鸟;在区系中,“广”为广布种,“东”为东洋界,“古”为古北界。在保护等级中,II为国家II级重点保护鸟类,“广东”为广东省重点保护野生动物,“三有”为国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物(即“三有保护动物”)<sup>[13]</sup>;在优势度中,“+++”表示优势种,“++”表示常见种,“+”表示少见种。

(*Gallinula chloropus*);国家三有保护动物 33 种。

在区系分布上,东洋界鸟类最多,共记录到 29 种,占总种数的 72.50%;古北界鸟类共记录到 8 种,占总数的 20.00%;广布种鸟类共记录到 3 种,占 7.50%(表 1)。以居留型划分,留鸟最多,共记录到 29 种,占总数的 72.50%,主要由雀形目鸟类组成;冬候鸟有 17 种,占总数的 42.5%;夏候鸟 7 种,占总数的 17.50%。

### 3.2 各生境鸟类群落特征

调查结果显示(图 2),在水域或近水地带活动的鸟类主要有 17 种,这些鸟类多以水生昆虫或鱼类为食,主要为白鹭、池鹭、矶鹬(*Actitis hypoleucos*)和普通翠鸟(*Alcedo atthis*)。在草地活动的鸟类主要有 7 种,主要以鹊鸂(*Copsychus saularis*)、麻雀(*Passer montanus*)、珠颈斑鸠(*Spilopelia chinensis*)等为主。在乔灌木林内活动的鸟类种数居多,共记录到 20 种,主要为各种食果或食虫鸟类,以白喉红臀鹟、黄腹鹧鸪(*Prinia flaviventris*)、暗绿绣眼鸟(*Zosterops japonicus*)等为主。在建筑物区域活动较多的鸟类主要有 3 种,即麻雀、八哥(*Acridotheres cristatellus*)和白喉红臀鹟,这些鸟类多在居民楼上休息或在桥上营巢。

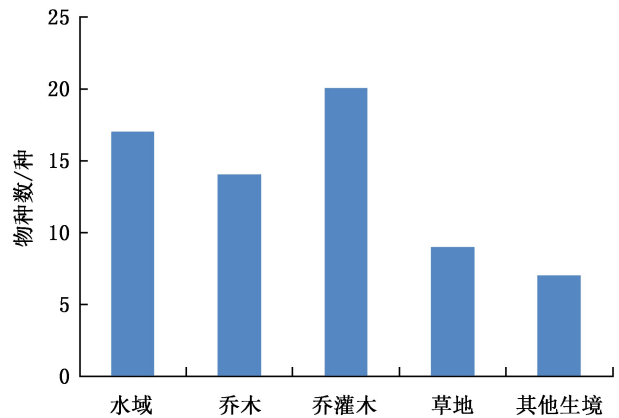


图 2 湛江市中澳友谊花园各生境鸟类分布

Fig. 2 Birds in various habitats of Sino-Australian Friendship Garden in Zhanjiang

### 3.3 鸟类群落的季节动态变化

2017 年 7 月至 2018 年 6 月,中澳友谊花园鸟类数量以春季(3—5 月)最多,在 4 月达到峰值,记录到 98 只鸟类;夏季(6—8 月)鸟类数量呈递减趋势,以 8 月份鸟类数量最少,记录到 41 只鸟类;秋季(9—11 月)鸟类数量开始增多;冬季(12 月、1—2 月)鸟类又呈递减趋势,2 月份鸟类数量最少,共记录到 35 只鸟类(图 3)。

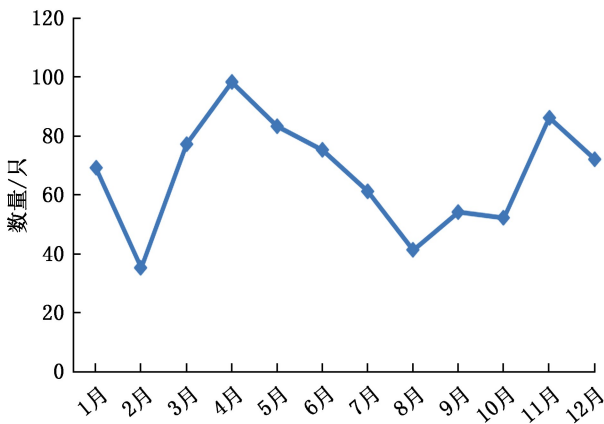


图 3 湛江市中澳友谊花园鸟类数量动态  
Fig. 3 Dynamics of bird quantity in Sino-Australian Friendship Garden in Zhanjiang

中澳友谊花园鸟类种类在 3 月最多,共记录到 20 种,约占总数的 50%;其次是 11 月,共记录到 18 种,约占总数的 45%;9 月的种类最少,共记录到 10 种,约占总数的 25%;其次为 2 月,共记录到 11 种,约占总数的 27.5%(图 4)。

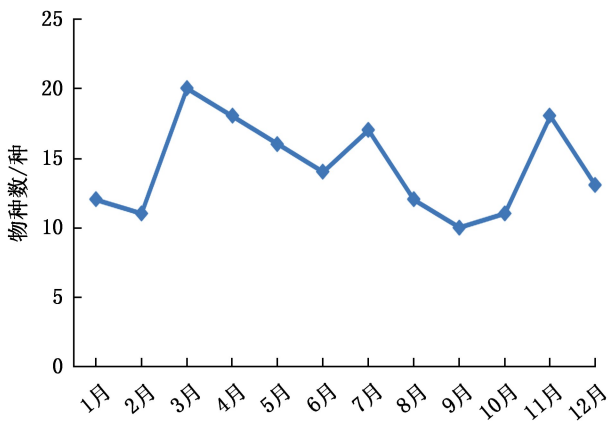


图 4 湛江市中澳友谊花园鸟类种类动态  
Fig. 4 Dynamics of bird species in Sino-Australian Friendship Garden in Zhanjiang

### 3.4 鸟类多样性分析

根据 Shannon-Wiener 多样性指数公式和 Pielou 均匀度指数公式,计算出 2017 年 7 月至 2018 年 6 月中澳友谊花园鸟类多样性指数( $H$ )为 3.00,均匀度指数( $J$ )为 0.81,每月的鸟类多样性指数和均匀度指数如图 5 所示。由图可知,不同月份中澳友谊花园的鸟类多样性存在差异,其中 3 月最高,多样性指数为 2.65,该月份观察到的鸟类种类最多,为 20 种;其次为 4 月,多样性指数为 2.51;10 月最低,

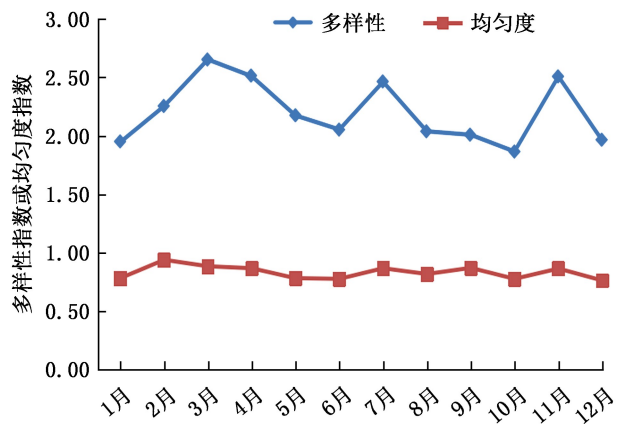


图 5 湛江市中澳友谊花园多样性指数和均匀度指数动态  
Fig. 5 Dynamics of diversity index and evenness index of Sino-Australian Friendship Garden in Zhanjiang

多样性指数为 1.87,该月份观察到 11 种。均匀度指数 2 月最高,为 0.94,12 月最低,为 0.77。

## 4 结论与建议

### 4.1.1 鸟类资源状况

城市公园鸟类作为城市生态系统的重要组成部分,对于维持生态平衡有重要意义。中澳友谊花园调查的 40 种鸟类中,其中雀形目占主要优势,共 21 种,约占总数的 52.50%,说明中澳友谊花园的生境更有利于雀形目鸟类生存。鸟类群落区系组成以东洋界为主(72.50%),与湛江所属区系相符;居留型均以留鸟为主(72.50%),候鸟较少,这与公园所处的环境位置及植被有关。在该公园记录到 3 种国家二级保护鸟类、5 种广东省重点保护鸟类,可见公园为鸟类的栖息和保护提供了重要条件。

### 4.1.2 不同月份和季节的鸟类群落组成

从本次记录到的鸟类种类情况可看出,春季的鸟类种数最多,为 29 种,其他季节变化不大。从月份来看,3 月为鸟类的多样性最高,为 2.65,原因主要是 3 月为多数鸟类的求偶繁殖期,其较为活跃,易于观察。本次调查共记录到 17 种冬候鸟、7 种夏候鸟,可见本地区冬季因气候温暖,能吸引较多冬候鸟前来越冬。部分鸟类如白鹭、白头鹎等在本地区既可作为留鸟,也可能在冬季迁徙来本地区越冬,所以某种鸟类的居留型在本地区可能有多种类型,而本地调查的鸟类中,多种类型的居留型鸟类以冬候鸟加留鸟的组合最多。

### 4.1.3 影响鸟类多样性的因素

影响城市鸟类生存的因素是多种多样的。在调

查中发现,远离人群、周围环境较为复杂的乔灌丛生境能吸引的鸟类种数最多。复杂的乔灌丛生境为鸟类提供了良好隐蔽保护和营巢地点。虽然城市鸟类在某种程度上已经适应了人类,但是人类高强度的活动可能会对鸟类产生负面影响。调查中发现,早上公园内跳舞人群的音响播放出来较大噪音以及人类的活动,导致大部分鸟类在远离人群的地方活动。水域或近水区域的鸟类种数仅次于乔灌丛,部分鸟类的食物来源于水域或水边的生物群。同时,公园内部分池塘已基本废弃,池塘濒临干涸,溪流的水越来越少,水也比较混浊。陈志强等<sup>[14]</sup>对北京圆明园公园的鸟类组成分析时指出,水环境的好坏会影响鸟类群落的多样性。除此之外,市政道路带来的噪音和汽车尾气同样可能会对鸟类产生负面的影响。

#### 4.1.4 管理建议

城市公园中不同类型的植被通过不同组合可以产生丰富多样的生态环境,良好的植被是吸引鸟类的主要原因<sup>[15]</sup>。公园需重视植被的保护和种植,在园林规划设计中避免大面积种植单一的植被。可以采用人工种植植被与自然植被相结合,高大乔木与低矮灌木相结合的种植方案<sup>[16]</sup>,增加植被层次的丰富度,有助于吸引不同生态位的鸟类。不同果期的植物结合,可为鸟类提供充足的食物来源<sup>[17]</sup>。

中澳友谊花园内水环境面积较大,水源环境的好坏会影响水生植物以及近岸植物的多样性,从而直接影响鸟类多样性。水源质量会对鸟类饮水、洗澡等行为带来影响,建议公园净化和维持水质,为鸟类及相关的生物提供良好的生存环境。保护好现有的水环境,恢复干涸和受污染的水环境,吸引更多依赖水环境的鸟类。

城市鸟类的活动容易受到人类的影响。人类与鸟类距离太近或发出噪声等行为会使鸟类受到惊吓。可在园内明显的地方设置警示牌,提醒游客不要大声喧哗、乱扔垃圾及践踏草地等。此外,园内较少看见有鸟类科普、保护相关的宣传栏,建议加强鸟类知识与环保知识的宣传教育。可以通过开展鸟类知识讲座、观鸟活动等,科普鸟类的知识,提高游客对鸟类的兴趣,增强保护鸟类的意识,减少人类活动对鸟类的负面干扰。

#### 参考文献:

- [1] 李慧,洪永密,邹发生,等. 广州市中心城区公园鸟类多样性及季节动态[J]. 动物学研究,2008(2):203-211.
- [2] SANDSTROM U G, ANGELSTAM P, MIKUSINSKI G. Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space[J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 77(1):39-53.
- [3] 张征恺,黄甘霖. 中国城市鸟类学研究进展[J]. 生态学报,2018,38(10):3357-3367.
- [4] 杨刚,王勇,许洁,等. 上海大型城市公园斑块结构对鸟类群落的影响[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2016(6):46-53,70.
- [5] 杨刚,王勇,许洁,等. 城市公园生境类型对鸟类群落的影响[J]. 生态学报,2015,35(12):4186-4195.
- [6] 杨亚婷,任荣荣,佟富春. 广州天河公园鸟类的初步调查[J]. 广东园林,2018,40(4):10-13.
- [7] 田丽,庞瑞锋. 湛江市寸金公园鸟类多样性与管理建议[J]. 资源开发与市场,2008,24(2):160-162.
- [8] 刘娜娜,寿丹艺,达良俊. 上海公园绿地鸟类多样性的城市化梯度格局及类群划分[J]. 生态学杂志,2018,37(12):3676-3684.
- [9] 郭冬生,刘阳,乔轶论,等. 常见鸟类野外识别手册[M]. 重庆:重庆大学出版社,2009:1-135.
- [10] 郑光美,邓文洪,丁平,等. 中国鸟类分类与分布名录(第三版)[M]. 北京:科学出版社,2017.
- [11] 胡君梅,丁志锋,王玲,等. 广州城市绿地鸟类物种多样性的时空变化[J]. 野生动物学报,2017,38(1):44-51.
- [12] HOWES J, BAKEWELL D, BUREAU A W. Shorebird studies manual[M]. Asian Wetland Bureau, 1989:253-272.
- [13] 国家林业局. 国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录[J]. 野生动物,2000(5):49-82.
- [14] 陈志强,付建平,赵欣如,等. 北京圆明园遗址公园鸟类组成[J]. 动物学杂志,2010,45(4):21-30.
- [15] PELLISSIER V, COHEN M, BOULAY A, et al. Birds are also sensitive to landscape composition and configuration within the city centre[J]. Landscape and Urban Planning, 2012, 1042:181-188.
- [16] 黄越. 北京城市绿地鸟类生境规划与营造方法研究[D]. 北京:清华大学,2015.
- [17] 佟富春,肖以华. 广州海珠湖公园夏季鸟类调查及其保护建议[J]. 广东园林,2015,37(5):70-73.

责任编辑:刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.023

## 基于红外相机的云南无量山国家级自然保护区 南涧段野生动物调查

时国彩

(云南无量山国家级自然保护区南涧管护局,云南 南涧 675700)

**摘要:** 红外相机是监测野生动物的有效工具,目前广泛用于兽类资源调查以及动物损害、鸟巢生态学、种群评估、行为生态学等研究领域。为了更科学地调查无量山国家级自然保护区南涧段的野生动物种类本底,2016年12月—2021年12月,采用红外相机对辖区内的野生动物进行系统调查,在86个位点放置了红外相机,一个月收取一次数据。目前,红外相机共记录到兽类19种,约占无量山记录有分布的兽类物种总数的15%;鸟类75种,约占记录有分布的鸟类物种总数的20%。

**关键词:** 红外相机;生物多样性监测;兽类;鸟类;无量山自然保护区

中图分类号:S759.9;S718.521.1;TB866 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0126-04

引文格式:时国彩. 基于红外相机的云南无量山国家级自然保护区南涧段野生动物调查[J]. 林业调查规划,2023,48(3):126-129. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.023

SHI Guocai. Investigation of Wildlife Species in Nanjian Section of Yunnan Wuliangshan National Nature Reserve Based on Infrared Camera[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3):126-129. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.023

## Investigation of Wildlife Species in Nanjian Section of Yunnan Wuliangshan National Nature Reserve Based on Infrared Camera

SHI Guocai

(Nanjian Administration of Yunnan Wuliangshan National Nature Reserve, Nanjian, Yunnan 675700, China)

**Abstract:** At present, as an efficient tool to monitor the wild animals, infrared camera is widely used in the investigation of mammals, injury of animals, nest ecology, population evaluation, behavioral ecology and so on. To systematically investigate species of wildlife in Nanjian Section of Yunnan Wuliangshan National Nature Reserve, 86 camera traps were established in the reserve and data was collected every month from December 2016 to December 2021. So far, the infrared cameras have recorded 19 species of mammals, accounting for 15% of the total mammals, and 75 species of birds, accounting for 20% of the total bird species in Wuliangshan.

**Key words:** infrared camera; biodiversity monitoring; mammals; birds; Wuliangshan National Nature Reserve

无量山属横断山脉南段中山峡谷亚区,地处横断山系和云南高原的两大自然地理区域结合部位,是我国西南地区的重要生态安全屏障,生态区位非

常重要。保护区内生物多样性丰富,珍稀保护物种分布集中,有较高的保护价值和科研监测价值。通过红外相机对保护区内的野生动物物种进行系统调

收稿日期:2022-03-28;修回日期:2022-04-14.

第一作者:时国彩(1982-),女,云南南涧人,高级工程师.从事保护区科研监测、科普宣教与社区管理和林区资源巡护等工作.

查成为保护区重要的科研监测手段。

本研究利用红外相机对保护区内的地面大中型兽类和鸟类资源进行网络化监测。将所拍摄到的动物图像数据进行汇总和分析,评估自然保护区内野生动物资源现状,为建立保护区野生动物资源常态监测机制和保护区管理提供重要参考依据。

## 1 保护区概况

云南无量山国家级自然保护区南涧段(以下简称保护区)位于云南省西部,大理白族自治州南端,南涧县东南部,地理坐标为东经 100°19'28"~100°34'23",北纬 24°42'30"~24°54'20"。保护区东面为川河流域,西面是澜沧江河谷,呈一狭长带状,南北长约 33 km,东西宽约 6 km。保护区总面积 7 583 hm<sup>2</sup>,其中核心区面积 3 985.3 hm<sup>2</sup>,缓冲区面积 2 786.5 hm<sup>2</sup>,实验区面积 811.2 hm<sup>2</sup>。森林覆盖率为 98%。据科考调查统计,无量山有种子植物 2 574 种,隶属于 209 科 1 039 属;兽类 123 种,隶属于 9 目 30 科 78 属;鸟类 373 种,隶属于 17 目 49 科;两栖爬行类 103 种,其中两栖类动物 43 种,爬行类动物 60 种,隶属于 4 目 17 科 61 属;昆虫类目前不完全调查到 600 多种。

## 2 研究方法

利用红外相机对保护区内大中型兽类和地面活动的鸟类物种组成和种群动态进行长期监测,评估保护区内野生动物资源现状,为保护区保护成效评估和管理措施的制定提供科学依据

调查采取公里网格法,将整个自然保护区划分为 1 km × 1 km 的公里网格。每个网格内设置 1 个固定调查位点,每个位点布设 1 台红外相机,记录相机前经过的兽类和鸟类。每月由辖区护林员进行拍摄数据收取。

调查过程中,先后使用了猎科 Ltl-6210、东方鹰 ELB 两款红外相机,均设置为全天 24 h 持续工作,每次触发连拍 3 张照片与 1 段 10~15 s 的视频,触发间隔为 1 s。选择相机布设位点时充分考虑动物痕迹,如粪便、足迹、食迹、毛发遗落等,并将相机固定在树干上,底部距离地面 50~280 cm,并且向着视野开阔但避开太阳直射的方向。护林员收集数据时详细记录红外相机编号、安放日期、GPS 位点和生境信息如动物痕迹、植被类型等。

调查期间共在 86 个公里网格内完成 86 个有效位点的调查,共获得兽类、鸟类的有效照片 56 382

张,有效视频 17 317 段,其中兽类分属于 5 目 13 科 19 种;鸟类分属于 5 目 13 科 75 种。

## 3 结果与分析

### 3.1 兽类

红外相机共记录到兽类 19 种,约占无量山兽类总数的 15%。在记录的 19 种兽类中,包括国家一级重点保护野生动物 2 种,为灰叶猴、林麝,合计占记录到兽类物种数的约 11%;国家二级保护野生动物 8 种,分别为黑熊、短尾猴、黄喉貂、中华鬣羚、猕猴、斑羚、斑林狸、豹猫,合计占记录到兽类物种数的约 42%。详见表 1。

表 1 无量山自然保护区南涧段 2016—2021 年红外相机调查记录到兽类名录

Tab. 1 List of mammals recorded in Nanjian Section of Yunnan Wuliangshan National Nature by infrared camera surveys from 2016 to 2021

物种	视频数 /段	照片 /张	网格 数
兽类			
一、灵长目 Primates			
(1) 猴科 Cercopithecidae			
1. 灰叶猴 <i>Presbytis phayrei</i>	5014	17027	18
2. 猕猴 <i>Macaca mulatta</i>	309	741	10
3. 短尾猴 <i>Macaca arctoides</i>	4	3	2
二、啮齿目 Rodentia			
(2) 松鼠科 Sciuridae	2024	8398	141
(3) 鼯鼠科 Pteromyidae	107	442	30
三、兔形目 Lagomorpha			
(4) 兔科 Leporidae			
4. 云南兔 <i>Lepus comus</i>	10	33	4
四、食肉目 Carnivora			
(5) 猫科 Felidae			
5. 豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	25	93	19
(6) 鼬科 Mustelidae			
6. 黄喉貂(青鼬) <i>Martes flavigula</i>	265	862	49
7. 黄鼬 <i>Mustela sibirica</i>	21	47	5
(7) 獾科 Herpestidae			
8. 食蟹獾 <i>Herpestes urva</i>	15	31	4
(8) 熊科 Ursidae			
9. 黑熊 <i>Ursus thibetanus</i>	12	43	10
(9) 灵猫科 Viverridae			
10. 斑林狸 <i>Prionodon pardicolor</i> Hodgson	8	24	5
11. 果子狸 <i>Paguma larvata taivana</i> (Swinhoe)	168	682	37
五、偶蹄目 Artiodactyla			
(10) 猪科 Suidae			
12. 野猪 <i>Sus scrofa</i>	520	1590	51
(11) 豪猪科 Hystricidae			
13. 豪猪 <i>Hystrix hodgsoni</i>	378	1120	42

续表 1

物种	视频数 / 段	照片 / 张	网格数
14. 帚尾豪猪 <i>Atherurus macrourus</i>	44	93	3
(12) 鹿科 Cervidae			
15. 毛冠鹿 <i>Elaphodus cephalophus</i>	24	33	4
16. 赤鹿 <i>Muntiacus muntjak</i>	5182	14135	79
(13) 牛科 Bovidae			
17. 斑羚 <i>Naemorhedus goral</i>	3	6	5
18. 中华鬣羚 <i>Capricornis milneedwardsii</i>	939	3483	54
19. 林麝 <i>Moschus berezovskii</i>	3	7	2
合计	15075	48893	

注: 因物种鉴定困难, 啮齿目未鉴定到种。

### 3.2 鸟类

记录到鸟类 75 种, 约占无量山鸟类总数的 20%。在记录的 75 种鸟类中, 包括国家一级重点保护野生动物 1 种, 为黑颈长尾雉, 占记录到鸟类物种数的约 1%; 国家二级保护野生动物 7 种, 分别为白鹇、红腹角雉、原鸡、白腹锦鸡、红角鸮、领角鸮、松雀鹰, 合计占记录到鸟类物种数的约 9%。详见表 2。

表 2 无量山自然保护区(南涧段)2016—2021 年  
红外相机调查记录到鸟类名录

Tab. 2 List of birds recorded in Nanjian Section of  
Yunnan Wuliangshan National Nature by infrared  
camera surveys from 2016 to 2021

物种	视频数 / 段	照片 / 张	网格数
一、鸡形目 Galliformes			
(一) 雉科 Phasianidae			
1. 白腹锦鸡 <i>Chrysolophus amherstiae</i>	463	1660	41
2. 白鹇 <i>Silver Pheasant</i>	835	2734	33
3. 黑颈长尾雉 <i>Symaticus humiae</i>	22	53	3
4. 红腹角雉 <i>Tragopan temminckii</i>	121	332	20
5. 红喉山鹧鸪 <i>Arborophila rufogularis</i>	9	15	3
6. 环颈山鹧鸪 <i>Arborophila torqueola</i>	363	1018	45
7. 原鸡 <i>Gallus gallus</i>	30	93	7
二、雀形目 Passeriformes			
(二) 鸦科 Corvidae			
8. 白喉扇尾鸲 <i>Rhipidura albicollis</i>	3	5	3
9. 灰树雀 <i>Dendrocitta formosae</i>	3	11	4
10. 星鸦 <i>Nucifraga caryocatactes</i>	3	14	2
(三) 鸫科 Sylviidae			
11. 白喉噪鹛 <i>Garrulax albogularis</i>	7	24	6
12. 斑胸钩嘴鹛 <i>Pomatorhinus erythrocnemis</i>	5	22	6
13. 斑喉希鹛 <i>Minla strigula</i>	2	1	1
14. 赤尾噪鹛 <i>Garrulax milnei</i>	27	94	12
15. 大噪鹛 <i>Garrulax maximus</i>	1	6	3

续表 2

物种	视频数 / 段	照片 / 张	网格数
16. 黑顶噪鹛 <i>Garrulax affinis</i>		3	1
17. 黑领噪鹛 <i>Garrulax pectoralis</i>	77	161	10
18. 褐胁雀鹛 <i>Alcippe dubia</i>	4	18	3
19. 红翅鹇 <i>Pteruthius flaviscapis</i>	3	4	2
20. 金翅噪鹛 <i>Garrulax ngoclinhensis</i>	11	39	7
21. 蓝翅希鹛 <i>Minla cyanouoptera</i>	4	10	3
22. 棕腹鹇 <i>Pteruthius rufiventer</i>	1	6	2
23. 棕颈钩嘴鹛 <i>Pomatorhinus ruficollis</i>	0	13	3
24. 红翅鹇 <i>Liocichla phoenicea</i>	2	11	1
25. 灰胁噪鹛 <i>Garrulax caeruleus</i>	0	2	1
26. 纹喉凤鹛 <i>Yuhina gularis</i>	0	2	2
27. 白颊噪鹛 <i>Pterorhinus sannio</i>	1	1	1
28. 眼纹噪鹛 <i>Spotted Laughingthrush</i>	0	1	1
(四) 鹟科 Muscicapidae			
29. 北红尾鹟 <i>Phoenicurus aureus</i>	10	15	2
30. 黑头奇鹟 <i>Heterophasia capistrata</i>	1	22	3
31. 黑胸鹟 <i>Turdus dissimilis</i>	27	167	11
32. 虎斑地鹟 <i>Zoothera dauma</i>	15	43	10
33. 灰背鹟 <i>Turdus hortulorum</i>	0	12	2
34. 灰翅鹟 <i>Turdus boulboul</i>	28	78	6
35. 灰翅噪鹛 <i>Garrulax cineraceus</i>	2	7	2
36. 灰林鹟 <i>Saxicola ferrea</i>	0	2	1
37. 灰头鹟 <i>Turdus rubrocanus</i>	13	21	3
38. 蓝额红尾鹟 <i>Phoenicurus frontalis</i>	35	136	1
39. 蓝眉林鹟 <i>Tarsiger rufilatus</i>	3	3	3
40. 栗腹矶鹟 <i>Monticola rufiventris</i>	0	2	1
41. 鹊鹟 <i>Copsychus saularis</i>	1	3	1
42. 山蓝仙鹟 <i>Cyornis banyumas</i>	7	9	4
43. 长尾地鹟 <i>Zoothera dixonii</i>	29	81	14
44. 紫啸鹟 <i>Myophonus caeruleus</i>	1	3	1
45. 棕腹仙鹟 <i>Niltava sundara</i>	22	57	11
46. 棕胸蓝姬鹟 <i>Ficedula hyperythra</i>	2	23	2
47. 白眉鹟 <i>Eyebrowed Thrush</i>	1	23	3
48. 白尾蓝地鹟 <i>Cinclidium leucurum</i>	1	11	2
49. 大仙鹟 <i>Niltava grandis</i>	3		1
50. 金眶鹟 <i>Seicercus burkii</i>	0	1	1
51. 白尾蓝[地]鹟 <i>White-tailed Robin</i>	1	15	2
52. 鹊鹟 <i>Oriental Magpie-Robin</i>	1	3	1
53. 方尾鹟 <i>Grey-headed Canary-Flycat</i>	1	4	1
54. 橙头地鹟 <i>Orange-headed Thrush</i>	3	7	2
(五) 山雀科 Paridae			
55. 大山雀 <i>Parus major</i>	0	3	1
56. 黄颊山雀 <i>Parus spilonotus</i>	6	7	4
(六) 鹎科 Pycnonotidae			
57. 凤头雀嘴鹎 <i>Spizixos canifrons</i>	2	44	2
58. 黑短脚鹎 <i>Hypsipetes madagascariensis</i>		107	1
59. 黄臀鹎 <i>Pycnonotus xanthorrhous</i>	5	31	2
60. 灰短脚鹎 <i>Hemixos flava</i>	3	19	1

续表 2

物种	视频数 /段	照片 /张	网格 数
61. 绿翅短脚鹎 <i>Hypsipetes mccllellandii</i>	3	24	6
62. 纵纹绿鹎 <i>Pycnonotus striatus</i>	1	0	1
(七) 卷尾科 Dicruroidae			
63. 黑卷尾 <i>Dicrurus macrocercus</i>	5	14	1
三、鸢形目 Piciformes			
(八) 啄木鸟科 Picidae			
64. 大黄冠啄木鸟 <i>Picus flavinucha</i>	2	2	2
65. 大拟啄木鸟 <i>Megalaima virens</i>	1	8	2
66. 大斑啄木鸟 <i>Dendrocopos major</i>	1	2	1
67. 黄嘴栗啄木鸟 <i>Blythipicus pyrrhotis</i>	2	11	4
68. 金喉拟啄木鸟 <i>Megalaima franklinii</i>	2	7	2
69. 蓝喉拟啄木鸟 <i>Megalaima asiatica</i>	0	95	2
四、鸱形目 Strigiformes			
(九) 鸱鸃科 Strigidae			
70. 红角鸱 <i>Otus scops</i>			
71. 领角鸱 <i>Otus bakkamoena</i>	1	5	2
五、鸛形目 Ciconiiformes			
(十) 鹭科 Ardeidae			
72. 牛背鹭 <i>Bubulcus ibis</i>	1	3	1
(十一) 丘鹬科 Scolopacidae			
73. 丘鹬 <i>Scolopax rusticola</i>	1	1	1
六、隼形目 Falconiformes			
(十二) 鹰科 Accipitridae			
74. 松雀鹰 <i>Accipiter virgatus</i>	1	2	2
七、鸱形目 Cuculiformes			
(十三) 杜鹃科 Cuculidae			
75. 鹰鹃 <i>Hierococcyx sparveroides</i>	1	3	1
合计	2242	7489	356

注:因物种鉴定困难,部分鸟类未纳入统计。

## 4 结论与讨论

利用红外相机以公里网格的形式均匀安置,全面调查了南涧无量山自然保护区的兽类和鸟类资源,获取了大量的野生动物图片和视频资料。共鉴定出 5 目 13 科 19 种大中型兽类和 5 目 13 科 75 种鸟类,说明红外相机适用于调查大中型兽类和部分鸟类资源,特别适用于在地形复杂的沟边和陡坡当采用直接观察的方法难以实行的时候。虽然红外相机对于小型兽类(如啮齿类动物)、小型鸟类以及冷血动物的应用有限,但相比较其它的陆地监测技术,如无线电追踪,它具有非损伤性、隐蔽性、监测时间长、节省人力、昼夜都能监测的优势,因此可以用于保护区动物长期的监测活动。

### 4.1 红外相机拍摄到兽类占比

与保护区已有的兽类名录相比,保护区有兽类

123 种,隶属于 9 目 30 科 78 属,目前监测拍摄到 19 种 5 目 13 科,约占保护区兽类总数的 15%,监测到的物种数量占比不高。喜欢在树冠活动的西黑冠长臂猿在日常监测中经常可以直接观测到,但红外相机没有拍摄到。针对此问题,下步将根据不同兽类的生活习性,根据监测目标物种加密红外相机布设,或把红外相机安置在目标物种活动较频繁的区域。

### 4.2 红外相机拍摄到鸟类占比

与保护区已有的鸟类名录相比,保护区有鸟类 373 种 17 目 49 科,目前监测拍摄到 75 种 5 目 13 科,约占保护区鸟类总数的 20%。对于经常在地面上活动的鸟类如雉类,红外相机可以作为较好的调查和监测手段,长期的系统监测将有助于深入调查鸟类资源状况。由于通过照片鉴定小型鸟类的物种比较困难,下步,将探索红外相机拍摄连续两张照片之间的最短时间设定,以便可以从不同角度拍摄同一只动物,从而有利于物种鉴定。此外,也将邀请具有较强专业背景和经验的观鸟专家协助进行监测和鉴定。

### 4.3 小结

根据监测拍摄到的兽类和鸟类种类,5 年的时间里拍摄到的物种数量并不乐观,均没有达到保护区物种数量的 50%。下步,将探索根据物种生活习性不同,在不同区域有选择性地安放红外相机,采取公里网格布设与选择性布设相结合的方式进行调查监测。

再下步,将深入进行红外相机在保护区的不同海拔段、不同季节、不同区域的拍摄;以及利用红外相机进行长期、系统的监测,特殊目标动物的密度估算和空间分布研究,以及野生动物损害庄稼的情况等方面。

### 参考文献:

- [1] 欧尼卡光学仪器有限公司. 野生动物多样性红外相机监测技术规范(基本监测规范)[Z]. 2016.
- [2] 蒋志刚,刘少英,吴毅,等. 中国哺乳动物多样性[J]. 生物多样性,2017,25(8):886-895.
- [3] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录:第三版[M]. 北京:科学出版社,2017.
- [4] 汪松,解焱. 中国物种红色名录:第一卷[M]. 北京:高等教育出版社,2004.
- [5] 郑关美,王岐山. 中国濒危动物红皮书·鸟类[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [6] 云南省林业厅,中荷合作云南省 FCCDP 办公室,云南省林业调查规划院. 无量山自然保护区[M]. 昆明:云南科技出版社,2004.

责任编辑:刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.024

## 碳中和战略下林业碳汇引入生态修复司法之效能探究

晋海,刘新虎

(河海大学,江苏南京 210000)

**摘要:**2022 年以来,部分法院接力推动林业碳汇引入生态修复司法的进程,并最终得到司法解释的认可,形成了林业碳汇替代性赔偿方案。林业碳汇交易系实现碳达峰、碳中和的重要路径,生态环境司法也提出要服务碳达峰、碳中和的实现。在此背景下,分析该方案的实践样态,探查林业碳汇引入生态修复司法的现实需求、原有制度的缺陷以及引入基础,揭示林业碳汇替代性赔偿方案的潜在效能,特别是其对碳达峰、碳中和战略的重要意义,从而尝试给出加速林业碳汇法律化进程,明确林业碳汇替代性赔偿方案的属性及实用领域等针对性优化建议。

**关键词:**碳中和战略;林业碳汇;生态修复司法;森林生态服务功能;替代性赔偿方案

中图分类号:D912.6;P461.7;S718.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0130-07

引文格式:晋海,刘新虎.碳中和战略下林业碳汇引入生态修复司法之效能探究[J].林业调查规划,2023,48(3):130-136. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.024

JIN Hai, LIU Xinhui. Effectiveness of Forestry Carbon Sinks in Introduction of Ecological Restoration Justice under Carbon Neutral Strategy[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 130-136. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.024

## Effectiveness of Forestry Carbon Sinks in Introduction of Ecological Restoration Justice under Carbon Neutral Strategy

JIN Hai, LIU Xinhui

(Hohai University, Nanjing 210000, China)

**Abstract:** Since 2022, some courts have been promoting the introduction of forestry carbon sinks into the ecological restoration justice process, which has been recognized by judicial interpretation and formed an alternative compensation scheme for forestry carbon sinks. The trading of forestry carbon sinks is an important path to achieve carbon peaking and carbon neutrality, and ecological justice also proposes to serve the achievement of carbon peaking and carbon neutrality. This paper analyzed this scheme in practice, and explored the practical needs, shortcomings and basis for the introduction of forestry carbon sinks into ecological restoration justice, revealed the potential effectiveness of the alternative compensation scheme for forestry carbon sinks, especially its significance to the strategy of carbon peaking and carbon neutrality, so as to give targeted optimization suggestions such as accelerating the process of forestry carbon sinks legalization, and clarifying the attributes and practical fields of alternative compensation scheme.

**Key words:** carbon neutralization strategy; forestry carbon sink; ecological restoration justice; forest ecological service function; alternative compensation scheme

收稿日期:2022-07-23.

基金项目:2020 年度江苏省社科基金重点项目(20FXA002).

第一作者:晋海(1968-),男,安徽天长人,博士,教授,硕士生导师.主要研究方向为环境与资源保护法学. Email:njjinhai@163.com

责任作者:刘新虎(1998-),男,江苏泰州人,硕士研究生.研究方向为环境与资源保护法学. Email:1697817102@qq.com



不同于赔偿损失为传统的民事司法理念,生态修复司法将生态环境修复作为根本价值取向<sup>[1]</sup>。近日,最高人民法院发布了《关于审理森林资源民事纠纷案件适用法律若干问题的解释》(以下简称《森林资源纠纷解释》)。其中,第19条提出“确定森林生态环境损害赔偿金额时应当考虑固碳增汇的生态环境服务功能”,第20条明确“准许以认购经核证的林业碳汇替代履行生态环境损害赔偿责任”。此前,贵州、陕西、四川、福建等省的部分法院也做出了类似的司法实践。上述司法解释与司法实践共同开启了林业碳汇进入生态修复司法的通道。

林业碳汇作为少数能够抵消碳排放的生态资源,其市场普及性对实现碳达峰、碳中和目标具有重要影响;作为少数能够产品化的生态环境服务功能,其交易机制的建立对填补修复期间服务功能损失以及功能永久性损害形成的损失具有重要意义。因此,无论是基于碳中和战略,还是以生态修复司法视角进行评价,林业碳汇引入生态修复司法无疑具有现实价值。

## 1 林业碳汇引入生态修复司法之实践样态

综合中国裁判文书网、北大法宝司法案例数据库以及各地法院发布的新闻可以发现,林业碳汇引入生态修复司法首先出现于地方法院的司法创新。如贵州省雷山县人民法院审理的“罗某滥伐林木案”、陕西省安康铁路运输法院审理的“杨某、王某滥伐林木案”、四川省宝兴县人民法院审理的“王大志等盗伐林木案”、福建省顺昌县人民法院审理的“吴某某滥伐林木案”。上述案例虽然出现在不同的省份,但经对比具有以下共同特征。

1) 案件审理时间均在2022年。从法律及政策性文件上看,替代性修复和林业碳汇这两种术语均已出现多年,而四省地方法院直至2022年才不约而同地利用林业碳汇进行替代性修复,此种巧合背后似乎隐藏着某种推动因素。

2) 案件均发生在森林资源较为丰富地区。根据《中国统计年鉴(2021)》数据,以森林蓄积量为排名基准,除台湾省和港、澳特别行政区外,贵州、陕西、四川、福建在31个省、自治区、直辖市中分别位列第14、第10、第3和第7,均在前列。不仅如此,查阅官方资料可知,雷山县、安康县、宝兴县、顺昌县的森林覆盖率分别高达72.8%、68%、71.39%、79.99%。此类森林资源优势地区率先尝试林业碳汇修复方案

似乎有着现实性的考量。

3) 案件类型均为森林资源破坏刑事案件。受国家林木采伐许可制度的约束,无证采伐、超采、盗采林木的行为均将受到刑法的制裁,故而森林资源的生态修复也往往是在刑事附带民事公益诉讼的框架中实现。值得注意的是,现有司法创新均是在森林资源破坏场景中引入林业碳汇修复,这似乎隐含着林业碳汇修复只能对应适用于森林资源破坏的限制性理念。

4) 案件均由基层法院审结。虽然根据《刑事诉讼法》第20条的规定,此类案件应由基层人民法院管辖,但被告人均未提起上诉的现实结果还是可以说明林业碳汇修复方案的服息率较为理想。

5) 案件均以认购林业碳汇作为替代性修复方式。这显然是林业碳汇引入生态修复司法的具体实现举措。不论是雷山县法院、顺昌县法院的“认购林业碳汇替代补植复绿”,还是安康县法院、宝兴县法院的“认购林业碳汇替代赔偿期间服务功能损失”,林业碳汇已然成为森林资源生态损失的一般补偿物,从直接损失到期间服务功能损失均适用。

6) 认购林业碳汇系法院引导下当事人自愿做出。这表明林业碳汇修复这一方案与其他生态修复方案一样均为法院的主动创新,具有制度性倾向,而非某一当事人的特殊发明。而当事人普遍自愿接受此种修复方案也再次体现了此种方案的可行性。

7) 认购林业碳汇成为从宽、从轻处罚的重要情节。从宽、从轻处罚的依据为《最高人民法院关于适用〈中华人民共和国民事诉讼法〉的解释(2021)》第195条,适用这一条款也从侧面说明了认购林业碳汇已成为刑事附带民事公益诉讼的理想赔偿方式。

总结上述共性特征可以得出,当前林业碳汇引入生态修复司法的实践样态为:森林资源较为丰富地区的基层法院在审理森林资源破坏刑事案件过程中,引导当事人自愿认购林业碳汇替代赔偿直接损失或期间服务功能损失,以此作为从宽、从轻量刑的情节,并取得了良好效果。同时,从内容上看,上述司法实践也得到了《森林资源纠纷解释》的认可,并转化为第19条、第20条。

## 2 林业碳汇引入生态修复司法之原因分析

从部分法院的司法创新到司法解释的出台,短短数月间林业碳汇引入生态修复司法就完成了个案突破到制度化的转变,呈现出一定的实用性、工具性色彩。因此,探究该制度的成因也需要回到生态修

复司法的现状以及林业碳汇的发展近况。

## 2.1 生态修复司法的现实需求

### 2.1.1 生态服务功能损失需要市场化评估

2015 年发布的《最高人民法院关于审理环境民事公益诉讼案件适用法律若干问题的解释》(以下简称《环境民事公益诉讼解释》)中第 21 条明确将生态服务功能损失纳入赔偿范围,就此评估生态服务功能损失成为生态环境损害鉴定的重要内容。而查阅国标《森林生态系统服务功能评估规范》可知,计算固土功能价值需要参考挖掘和运输土方所需费用,计算保肥和林木养分固持功能价值需要参考化肥的市场价格,计算调节水量功能价值需要参考水资源市场交易价格,计算固碳释氧功能价值需要参考固碳的市场价格和氧气的市场价格……由此可见,市场价格在森林生态系统服务功能评估中扮演着极为重要角色。在此基础上,评估森林生态服务功能损失也理应纳入市场化因素。在生态环境部办公厅发布的《生态环境损害鉴定评估技术指南 生态系统 第 1 部分:森林和林地》(征求意见稿)附录 C“林地资产与生态服务功能损害评估方法”部分可以清楚看到,涵养水源价值量、土壤保持价值量、固碳价值量等生态服务功能损失的计算均需要市场价格的参与。

### 2.1.2 生态服务功能损失需要对应性赔偿

众所周知,环境成本外部化是生态环境损害频发的重要诱因,而生态修复司法正是重塑环境成本负担机制的关键性路径。相比看得见的生态直接损害,看不见的生态服务功能损失更容易被忽视,因而也更加需要司法的介入。综合《民法典》第 1 235 条、2020 年《环境民事公益诉讼解释》第 21 条以及《最高人民法院关于审理生态环境损害赔偿案件的若干规定(试行)》(以下简称《生态环境损害若干规定》)第 12 条、第 13 条可知,生态服务功能损失的责任承担方式是“赔偿”,而非“修复”。与直接作用于受损生态环境的“修复”相比,“赔偿”往往先以交付金钱的方式呈现,如若赔偿金后续未应用于生态环境的实际维护,则极易偏离修复生态环境的主旨。因此,紧扣受损生态服务功能制定赔偿方案就显得尤为重要。过去,受制于虚拟治理成本法的模糊性,生态服务功能损失只能从总体上进行评估,而难以细化至每一种生态服务功能。这也使后续的赔偿难以针对性地维护特定生态服务功能,而是转向宏观上对生态环境有利,从而出现如“技改抵扣”此种极富争议的方案。现如今,随着《生态环境损害鉴定

评估技术指南》的不断完善,各项生态服务功能的具体损失也逐渐明晰,此时实施对应性赔偿既可以彰显生态服务功能的现实价值,又能替代性填补生态服务功能损失,还能避免传统宏观赔偿方案所面临的“替代性修复”合法性争议<sup>[2]</sup>。

## 2.2 现有修复制度的缺陷

### 2.2.1 涉林刑事案件中森林生态服务功能损失未能得到普遍重视

值得注意的是,前文提及的林业碳汇赔偿司法实践均出现在刑事案件中,这既有林木资源国家严格管理的因素,也似乎暗示着涉林刑事案件中生态服务功能损失赔偿的缺失。在北大法宝司法案例数据库中,以“破坏环境资源保护罪”为案由,以“林木”“服务功能”为关键词进行搜索,可得判决书 233 篇,经进一步筛选,最终得到涉林刑事(附带民事)判决书 171 篇。理论而言,林地、林木遭受破坏,附着于其上的森林生态服务功能也会随之下降乃至消失,因而出现森林生态服务功能损失是必然结果。然而,如图 1 所示,上述涉林刑事(附带民事)判决书中,判决结果部分完全未提及生态服务功能损失的占比高达 67%,以“生态环境损失费用”<sup>[3]</sup>“生态价值损失费用”<sup>[4]</sup>涵盖生态服务功能损失的占比为 7%,直接要求承担生态服务功能损失的占比仅为 26%。这表明在此类案件中法院并未普遍关注森林生态服务功能,部分法院对于森林生态环境损害的理解仍停留于林地、林木直接遭受的损失。另有部分法院虽然关注到生态服务功能损失,但却将其与直接生态损失混同看待。森林生态服务功能损失的独立性及其重要意义尚未成为实践共识。

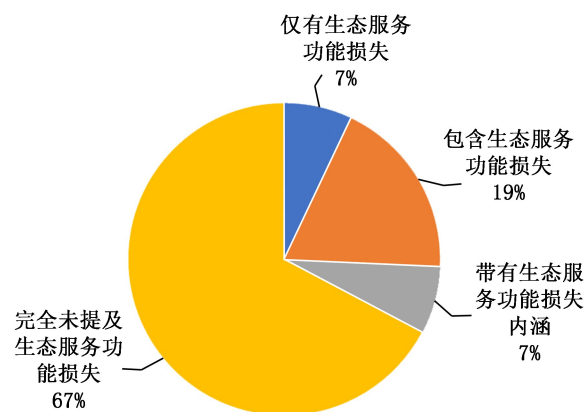


图 1 涉林刑事(附带民事)判决结果中关注森林生态服务功能损失的占比

Fig. 1 Proportion of concerning forest ecological services loss in forest related criminal (with civil) judgments results

### 2.2.2 生态修复费用与生态服务功能损失存在混同

《民法典》第1234条、第1235条分别规定了交由第三人代为修复的生态修复费用与生态服务功能损失,但实践中法院对二者的界分并不清晰。仍以涉林刑事(附带民事)案件为例,如图1所示,7%的判决结果仅提及生态服务功能损失,另有7%的判决结果采用了较为模糊的措辞。假定相关法院不是有意忽视直接生态损失,那么混同生态修复费用与生态服务功能损失就是最有可能的答案。对此,(2021)桂0127刑初11号判决书做出了确认,该判决书的判决结果部分载明,“生态服务功能损失费……用于修复被损害的生态环境”。显然,此处的“生态服务功能损失费”实际承担着“生态修复费用”功能。事实上,此种混同并不仅存在于刑事领域,即使在更为广泛的环境民事公益诉讼案件中也同样出现了混同生态修复费用与生态服务功能损失计算方法与运用方式的现象<sup>[5]</sup>。上述情况表明,生态修复费用与生态服务功能损失混同具有普遍性,而在直接生态损害相对明显的情况下,生态服务功能损失更容易因混同而被忽视。

### 2.2.3 森林生态服务功能损失评估未全部考量市场因素

从生态学、环境经济学的角度出发,森林生态系统服务价值量的评估方法包括直接市场法、替代市场法与虚拟市场法,3种方法均与市场机制密切相关<sup>[6]</sup>。在森林生态服务功能损失评估高度依赖生态学鉴定的背景下,市场因素理应在其中扮演重要角色。尽管多数裁判文书并未载明森林生态服务功能损失的具体计算方法,但通过个别案例可见一斑。在马万军等滥伐林木案中,内蒙古自治区五原县法院根据现有森林效益补偿计算原则估算出涉案森林生态效益为1.6万元,随后以此为基准认定“生态功能损失费为1.6万元”<sup>[7]</sup>。查阅森林效益补偿计算原则可知,该数值为国家统一规定的标准,并不受市场价格波动的影响。由此可见,在该案中,法院在评估森林生态服务功能损失时并未考量市场因素,而是以行政标准代替。另外,在杨建等滥伐林木案件中,遵义市播州区人民法院面对检察院提供的生态服务功能损失评估报告,选择“结合滥伐林木数量及修复情况酌情确定该项费用为……”<sup>[8]</sup>,并未完全遵照报告的结论。不论该评估报告是否采取市场化的评估方案,法院酌情确定生态服务功能损失的依据中显然未考虑市场因素。

### 2.2.4 缺乏森林生态服务功能损失对应性赔偿方案

如前文所述,生态修复司法的核心目标是修复生态环境,因此金钱赔偿并非森林生态服务功能损失赔偿方案的最佳选择。然而,司法实践中多数法院在判决时仍然会选择金钱赔偿方案,相关部门也为此类资金的管理与使用制定了试行办法。究其原因,森林生态服务功能的量化与实体化是基于生态学的测量和计算实现的,现实中缺乏对应的产品或服务,难以实现替代赔偿。以固土功能为例,尽管自然界中绝大多数植物均具备固土功能,但这些植物自身价值与固土功能价值并不完全等同,因而,固土功能的现实价值难以借此得以展现。在曲某盗伐林木案中,长春铁路运输法院判决被告人“基本恢复造林46株杨树,补偿性恢复造林36株杨树”<sup>[9]</sup>,其中的补偿性恢复造林显然就是在补偿森林生态服务功能损失。此处的植树造林表面上完整覆盖了包括固土功能在内的各项森林生态服务功能损失,但实质上固土功能的 market 价值并未体现出来,而是融合进了树木的市场价格中。

## 2.3 引入林业碳汇的现实基础

### 2.3.1 林业碳汇系森林生态服务功能市场化典型产品

1992年《联合国气候变化框架公约》提出了“源”和“汇”两个概念,其中“汇”是指“从大气中清除温室气体、气溶胶或温室气体前体的任何过程、活动或机制”。随后,经科学论证以及各国多轮谈判,“造林、重新造林”被1997年《京都议定书》视为“汇的清除”的可行方案之一,林业碳汇概念正式形成。林业碳汇市场化交易首起于清洁发展机制(CDM)中的森林碳汇项目,该项目为发达国家向发展中国家购买林业碳汇抵充本国温室气体减排国际义务提供了合作通道,同时也以国际贸易的形式确立了林业碳汇的市场价值<sup>[10]</sup>。随后,依托已有的碳排放权交易机构,部分国家开始尝试在国内建立林业碳汇交易体系,从而盘活本国林业碳汇市场经济。如新西兰在排放交易计划(New Zealand emissions trading scheme,简称NZETS)以新西兰单位(NZU)同等计价森林碳储量与碳排放配额,并允许其借助碳排放权交易中心在国内自由交易,甚至可以自由转换为京都单位进行国际交易<sup>[11]</sup>。回到我国,不仅存在着以“核证减排量”(CCER)为产品的全国市场交易机制,广东省等地区也推出了地区性的市场交易产品如PHCER。总之,林业碳汇作为森林固碳功能的直接产物,已借助各类中间产品实现了市场化交易,成为森林生态服务功能市场化的典型产品。

### 2.3.2 林业碳汇可以实现森林生态服务功能对应性赔偿

如果某种介质能够还原某项森林生态服务功能,则该介质的市场价格就将等效体现该森林生态服务功能的经济价值。显然,林业碳汇符合此种要求。首先,从概念上看,林业碳汇即是对林地、林木固碳过程的描述,与固碳功能并无本质区别。购买经核证的林业碳汇可以从总量上填补森林固碳功能遭受的损失。其次,从价值评估方法上看,《生态环境损害鉴定评估技术指南》仅提供了一种固碳价值量核算方法,即工业减排成本与市场价值法。该方法的核心是引入碳交易价格,而林业碳汇恰恰也是参考碳汇价格进行交易,因此二者的市场价值评估是等同的。再次,我国林业碳汇储量丰富,完全可以满足生态修复司法中赔偿森林生态服务功能的需求。国家林草局的相关负责人曾表示,截至 2021 年,我国森林植被总碳储量已达 92 亿 t,且仍以每年 2 亿 t 以上的规模持续增长<sup>[12]</sup>。最后,尽管林业碳汇仅能等效替代森林生态服务功能中的固碳功能,但鉴于其他服务功能的介质尚未形成,暂且以林业碳汇替代赔偿森林生态服务功能损失在总体上依然遵从了“以森林生态服务功能赔偿森林生态服务功能”的对应性要求。

### 2.3.3 碳中和战略加速林业碳汇市场化进程

2020 年 9 月 22 日,习近平总书记在第七十五届联合国大会上正式宣告中国的碳达峰、碳中和计划<sup>[13]</sup>,随即实现碳达峰、碳中和被列入生态文明建设整体布局中<sup>[14]</sup>。中共中央、国务院共同发布的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》明确指出,要巩固生态系统碳汇能力,要提升生态系统碳汇增量,修复已有的生态环境。国务院发布的《2030 年前碳达峰行动方案》更是在前者的基础上进一步提出要“加强生态系统碳汇基础支撑,建立健全能够体现碳汇价值的生态保护补偿机制,研究制定碳汇项目参与全国碳排放交易相关规则”。二者作为指导实现碳达峰、碳中和的基础性文件,均表现出党和国家对生态系统碳汇的高度关注,其中的生态保护补偿机制与全国碳排放交易规则更是给予林业碳汇市场化政策上的支持。从现实情况看,除了已有的林业碳汇 CCER 以及各省自建的如 PHCER 交易项目,福建省三明市、陕西省、贵州省、安徽省滁州市还先后推出了林业碳票制度,进一步拓展了林业碳汇交易市场。

### 2.3.4 林业碳汇的测量技术较为成熟

尽管学术界对于林业碳汇测算的发展方向仍存

在争议,但以生物量储碳测算为基础和以碳通量监测为基础的两大林业碳汇测算体系已然形成:生物量法经历平均生物量法、生物量换算因子法、模型模拟法、遥感估算法多次迭代,最终成为应用最为广泛、适用于各类尺度的林业碳汇估算方案;而碳通量法发展出了微气象学法和箱式法,成功弥补了生物量法测算误差较大的缺陷,成为小尺度的林业碳汇精确估算的首选方案<sup>[15]</sup>。总之,在经历了大量的林业碳汇实操项目和林业碳汇资源测算学术研究后,我国林业碳汇的测量技术已较为成熟,不会成为林业碳汇交易的现实障碍。

### 2.3.5 林业碳汇的价值得到普遍认同

国家层面对林业碳汇价值的认同自不待言,市场层面对林业碳汇交易的认可度也正在逐年提升。国际方面,截至 2021 年,我国共有 5 个林业碳汇 CDM 项目注册备案、3 个林业碳汇 GS 项目注册备案、29 个林业碳汇 VCS 项目注册备案。国内方面,2020 年 CCER 重启后,各大试点纷纷对林业碳汇项目有所青睐,如湖北碳交易所鼓励优先使用农林类项目。此外,福建省的林业碳汇 FFCER 项目已累计达 20 个,广东省 PHCER 项目中 92% 以林业碳汇为主。整体来看,尽管当前林业碳汇项目的市场占比仍然有限,但林业碳汇巨大的市场潜力已成为共识<sup>[16]</sup>。农户层面,早在 2014 年就有调查报告指出,浙江、江西、福建三省农户愿意参与碳汇林经营的比例达 67.74%<sup>[17]</sup>。而今,福建省三明市 205 个村开展林业碳票实践探索,制发金额达 1.63 亿元<sup>[18]</sup>。总之,经过多年的制度建设与市场探索,林业碳汇的价值已得到普遍认同。

## 3 林业碳汇引入生态修复司法之现实意义

总体而言,林业碳汇引入生态修复司法是环境司法助力实现碳达峰、碳中和目标的现实举措。其现实意义可以概括为以下几点:

### 3.1 林业碳汇使森林生态服务功能价值具象化

《世界环境司法大会昆明宣言》提出,“恢复性司法理念的最终目的是修复生态环境、维护生态系统平衡”,为此需要“立足不同生态环境要素的现实需求,探索适用形式多样的修复方式”<sup>[19]</sup>。当前,结合司法实况可知,森林生态服务功能的现实需求在于彰显价值:一方面,由于事前森林生态服务功能价值难以得到彰显,所以当事人在实施破坏行为时往往不会把森林生态服务功能将会遭受的损失计入成本,从而严重影响当事人对付出回报比例的正确判

断;另一方面,由于事后森林生态服务功能的损失常常采取金钱赔偿或依附于生态直接损失的修复方案,当事人对森林生态服务功能的印象可能仅停留于赔偿数额或修复方案中,对该功能的价值缺少独立性的认识。而林业碳汇作为森林固碳功能的另一种表述,事前可以凭借市场价格让当事人认识到森林生态服务功能的价值,事后可以通过对应赔偿让受害人直观意识到森林生态服务功能的独立性,可谓是彰显森林生态服务功能之独立价值的最佳选择。

### 3.2 生态修复司法为林业碳汇交易拓展新场景

最高人民法院的法官指出,《森林资源纠纷解释》的目的之一在于鼓励民众采取多种方式参与温室气体自愿减排交易,促进林业生态产品市场化,从而服务碳达峰、碳中和的实现<sup>[20]</sup>。基于这一目的,生态修复司法为林业碳汇交易拓展了新的适用场景。过去,包括林业碳汇交易在内的温室气体自愿减排交易基本服务于碳减排需求,需求主体基本为国家、企业和大型机构。而生态修复司法引进林业碳汇后,则新增了赔偿森林生态服务功能损失的适用场景,需求主体也拓展至任何造成森林资源破坏的行为人。此外,不同于碳减排需求场景下抵消比例的限制,如《碳排放权交易管理办法》(试行)第29条规定的不得超过5%,新场景暂时未设定任何比例限制,这将给市场交易提供极大的运行空间,进而有效促进林业碳汇的市场化。

### 3.3 有助于立体化加深民众碳达峰、碳中和意识

作为抵消碳排放的重要路径,林业碳汇交易的普及也将从供给、需求、社会认知3个维度加深民众碳达峰、碳中和意识。供给维度上,发生森林资源破坏案件的地区往往是森林资源较为丰富的地区,当事人购买经核证的林业碳汇也往往会优先考虑本地资源。如此一来,当地的林业经营者将会亲眼见证林业碳汇的价值,同时对碳达峰、碳中和政策的理解也有了现实事例的注脚。需求维度上,生态修复司法引进林业碳汇将给破坏森林资源的行为人或单位制造购买林业碳汇的需求,并引导其参与林业碳汇交易。通过参与林业碳汇交易,上述行为人或单位将会对林业碳汇的经济价值有更为直观的认识,并亲身感受到碳达峰、碳中和政策的经济影响。社会认知维度上,如果不是从业者或专门研究人员,普通民众对于林业碳汇交易以及碳达峰、碳中和的理解可能仅停留于各类宣传材料,难以形成深刻的印象。而林业碳汇引入生态修复司法后,原本高大上的新兴概念就会落实到一件件真实的案例中。通过宣传

这些真实案例,民众也将更易于理解碳达峰、碳中和对社会的影响以及其重要意义。

## 4 林业碳汇引入生态修复司法之未来优化建议

### 4.1 加速林业碳汇法律化进程

至今,林业碳汇(林业碳汇核证减排量)尚未纳入法律中。无论是2019年修订的《森林法》还是2020年出台的《民法典物权编》均未对林业碳汇的性质、权属做出明确规定。此种法律依据的缺位难免会导致林业碳汇的生产经营主体可能虚置<sup>[21]</sup>,影响林业碳汇等森林生态资源的开发与利用,最终阻碍林业碳汇交易机制的良性发展。而林业碳汇供给的有效增加是林业碳汇替代赔偿方案的运行前提,前者受阻必然会使后者难以延续。此外,由于林业碳汇的认定及交易规则尚未得到法律规制,在实施林业碳汇替代赔偿方案时法院极有可能会遇到林业碳汇是否合格以及如何审核交易真实性等问题。尽管最高人民法院发布的《森林资源纠纷解释》对此做出了原则性规定,但一方面该解释缺乏上位法的依据,另一方面规定的原则性也间接体现了法院在该领域的谨慎与担忧。因此,加速林业碳汇法律化进程,明其性质、权属、认定标准与交易规则,对林业碳汇替代赔偿方案的未来发展具有关键性意义。

### 4.2 明确林业碳汇替代性赔偿方案的属性

根据《森林资源纠纷解释》第21条的规定,林业碳汇替代性赔偿方案的属性应当是一种“替代性赔偿方式”,与已有的“替代性修复方式”有着本质区别。“替代性修复方式”起源于《环境民事公益诉讼解释》第20条第1款,尽管后续的《生态环境损害若干规定》乃至《民法典》并未延续该规定,但“替代性修复方式”依然广泛应用于各类生态环境损害案件。按照学者的解读,“替代性修复方式”类似于《生态环境损害鉴定评估技术指南总纲》中“生态环境恢复”中的一种特殊的基本恢复方式,其设立的最初目的在于等值重建或更换受损的生态环境<sup>[2]</sup>。而“替代性赔偿方式”则更为纯粹,就是基于修复生态环境的核心目标替换原来的生态服务功能损失赔偿金,其设立初衷是更加有效地利用赔偿金以及服务碳达峰、碳中和的实现。由于“替代性修复方式”存在偏离原旨的现象,为了避免林业碳汇替代赔偿方案被错误纳入“替代性修复方式”的范畴<sup>[2]</sup>,有必要明确林业碳汇替代赔偿方案的属性为“替代性赔偿方式”。

### 4.3 探索林业碳汇替代赔偿方案的适用领域

从对应性赔偿的角度出发,林业碳汇对应的是

森林固碳功能这一特定生态服务功能,至多也只能扩展至全部的森林生态服务功能,在适用领域上具有天然的限定性。然而,从服务碳达峰、碳中和的目的出发,严格限制适用范围极有可能削减林业碳汇替代赔偿方案的贡献总量。观察最高人民法院对该矛盾的处理意见可以发现,尽管发布的司法解释名称上有着“森林资源民事纠纷案件”的适用前提,但第 20 条在规定经核证的林业碳汇替代履行的对象时却采用了“生态环境损害赔偿责任”,而不是“森林生态环境损害赔偿责任”。此间用词的细微改变是否意味着最高人民法院认可林业碳汇替代赔偿方案适用于任何生态环境损害赔偿,值得深思。从司法实践看,此种适用领域的拓展已然出现。《森林资源纠纷解释》发布前,福建省南平市顺昌县人民法院在审理一起非法狩猎野生动物罪附带民事公益诉讼案件时,通过调解,让当事人购买 1 000 元碳汇量来替代赔偿其造成的野生动物生态价值损失。尽管案件并未明确购买的碳汇是否是林业碳汇,但足以证明碳汇替代性赔偿方式已运用于更多的生态破坏领域。因此,无论从法律规定还是司法实践的角度分析,探索林业碳汇赔偿方案的适用领域均具有较高的可行性与现实价值。

### 参考文献:

- [1] 李挚萍. 生态环境修复司法的实践创新及其反思[J]. 华南师范大学学报(社会科学版),2018(2):152.
- [2] 王小钢. 生态环境修复和替代性修复的概念辨正——基于生态环境恢复的目标[J]. 南京工业大学学报(社会科学版),2019,18(1):35-43.
- [3] 安徽省绩溪县人民法院. 程光钧滥伐林木一审刑事判决书[EB/OL]. (2018-11-14). <https://wenshu.court.gov.cn/website/wenshu/181107ANFZ0BXSK4/index.html?docId=f2e94d2a9d9c41a4bb70a9970152c9f2>.
- [4] 安徽省全椒县人民法院. 张吉武滥伐林木罪一审刑事判决书[EB/OL]. (2021-01-28). <https://wenshu.court.gov.cn/website/wenshu/181107ANFZ0BXSK4/index.html?docId=e3aa31ddd509429d9568acbe003aaab8>.
- [5] 李树训. 回归裁判理性:明辨“生态环境服务功能的损失”[J/OL]. 重庆大学学报(社会科学版):1-14[2023-07-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1023.c.20200417.0947.002.html>.
- [6] 潘鹤思,李英,陈振环. 森林生态系统服务价值评估方法研究综述及展望[J]. 干旱区资源与环境,2018,32(6):73-74.
- [7] 内蒙古自治区五原县人民法院. 附带民事公益诉讼被告、马万军等滥伐林木罪刑事一审刑事判决书[EB/OL]. (2022-04-22). <https://wenshu.court.gov.cn/website/wenshu/181107ANFZ0BXSK4/index.html?docId=8e781e868b0b4bd68bd0ae7f00b00cc5>.
- [8] 贵州省遵义市播州区人民法院. 杨建滥伐林木一审刑事判决书[EB/OL]. (2021-05-25). <https://wenshu.court.gov.cn/website/wenshu/181107ANFZ0BXSK4/index.html?docId=d2cf05e503fa48cca643ad2b012bb1ff>.
- [9] 长春铁路运输法院. 曲永和盗伐林木罪一审刑事判决书[EB/OL]. (2020-12-28). <https://wenshu.court.gov.cn/website/wenshu/181107ANFZ0BXSK4/index.html?docId=9f026a9420814c21bf36ac9f01088d62>.
- [10] 刘雪莲,刘晶.《京都议定书》的森林碳汇及其在中国实施的法律制度完善[J]. 新疆大学学报(哲学·人文社会科学版),2011,39(3):40.
- [11] LOUGH P B,CAMERON A D. Forestry in the New Zealand emissions trading scheme: design and prospects for success[J]. Carbon & Climate Law Review,2008(3):285.
- [12] 寇江泽. 实现碳中和 森林作用大(美丽中国·降碳减排在行动)[N]. 人民日报,2021-01-14(14).
- [13] 新华社. 在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[EB/OL]. (2020-09-22). [http://www.xinhuanet.com/mrdx/2020-09/23/c\\_139389897.htm](http://www.xinhuanet.com/mrdx/2020-09/23/c_139389897.htm).
- [14] 王毅,顾佰和. 将碳达峰碳中和纳入经济社会发展和生态文明建设整体布局[EB/OL]. (2021-10-29). [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/jd/jd/202110/t20211029\\_1302188.html?code=&state=123](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/jd/jd/202110/t20211029_1302188.html?code=&state=123).
- [15] 令狐大智,罗溪,朱帮助. 森林碳汇测算及固碳影响因素研究进展[J]. 广西大学学报(哲学社会科学版),2022,44(3):142,144,154.
- [16] 黄山,张锴. 创新林草碳汇实现新机制——首届林草碳汇高峰论坛探讨林草碳汇发展[EB/OL]. (2022-07-11). <http://www.forestry.gov.cn/main/5383/20220713/141608989302754.html>.
- [17] 宁可,沈月琴,朱臻. 农户对森林碳汇认知及碳汇林经营意愿分析——基于浙江、江西、福建 3 省农户调查[J]. 北京林业大学学报(社会科学版),2014,13(2):65.
- [18] 高建进. 福建三明:林票加碳票,青山变“金山”[N]. 光明日报,2022-04-19(3).
- [19] 杨临萍. 凝聚共识 发挥环境司法最大成效 聚同化异 携手促进环境法治发展——《世界环境司法大会昆明宣言》解读[J]. 法律适用,2021(11):10.
- [20] 杨临萍,刘竹梅,刘小飞,等.《最高人民法院关于审理森林资源民事纠纷案件适用法律若干问题的解释》的理解与适用[J]. 法律适用,2022(7):10.
- [21] 陈英. 林权改革视域下林业碳汇供给增益者权利的法律确认研究[J]. 中国政法大学学报,2020(3):81.

责任编辑:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.025

## 信息产业创新生态系统的测评与提升

刘静

(西安交通大学城市学院, 陕西 西安 710018)

**摘要:**选取“信息产业”为研究对象,对其创新生态系统进行测评。结果表明,整体评价为:各省份呈现“三梯队”格局,东部地区强于西部地区;分类评价为:不同省份在不同维度上具有差异化优劣势。提出增强创新主体的数量和多样性,完善激励政策,强化知识产权保护措施和力度,增强企业与其它主体如高校、政府、企业、金融机构之间的交流共享等改善建议。

**关键词:**信息产业;创新生态系统;“三梯队”格局;知识产权保护

中图分类号:F49;S718.557 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0137-06

引文格式:刘静. 信息产业创新生态系统的测评与提升[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 137-142. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.025

LIU Jing. Evaluation and Improvement of Information Industry Innovation Ecosystem[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 137-142. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.025

## Evaluation and Improvement of Information Industry Innovation Ecosystem

LIU Jing

(Xi'an Jiaotong University City College, Xi'an 710018, China)

**Abstract:** The “information industry” was selected as the research object to evaluate its innovation ecosystem. The results found that in general, the innovation ecosystem of each province presented a “three-echelon” pattern, and the eastern region was stronger than the western region; to be specific, different provinces had differentiated advantages and disadvantages in different dimensions. Suggestions for improvement were put forward, including enhancing the number and diversity of innovation entities, improving incentive policies, strengthening measures and efforts for intellectual property protection, and promoting communication and sharing between enterprises and other entities such as universities, governments, enterprises, and financial institutions.

**Key words:** information industry; innovation ecosystem; “three-echelon” pattern; intellectual property protection

多年来,我国在信息技术产业上虽取得了长远的发展,出现了一批标杆企业如华为、小米、阿里巴巴、腾讯等,但由于核心技术依然被欧美企业掌握,因此,我国信息产业企业仍处于被动地位<sup>[1]</sup>,而改

变这种现状的关键点就在于技术创新能力的突破和持续提高<sup>[2]</sup>。技术创新既是一个不同类别创新主体之间相互交互的过程,同时也是一个生态过程,企业关键性核心技术往往存在于特定的创新生态系统

收稿日期:2021-12-29.

基金项目:陕西省哲学社会科学重大理论与现实问题研究项目(2021ND0230).

第一作者:刘静(1984-),女,陕西西安人,硕士,副教授.研究方向为创新生态. Email:115571870@qq.com

之中<sup>[3]</sup>。因此,身处信息产业中的企业若想在技术创新上获得突破和发展,就需要实现各种创新主体间的互相依存、共存共生的创新协作,形成一种信息产业的创新生态系统<sup>[4]</sup>。创新生态系统是类似自然生态的动态、开放系统,由创新物种、创新种群、创新网络和创新环境复合组成<sup>[5]</sup>,是企业之间的协同整合机制<sup>[6]</sup>。

学者们关于“创新生态系统”的研究从最初的宏观理论研究到中观的产业研究,再到更具体的某一个细分行业研究,如高校创新生态系统研究,其研究范围逐渐微观化,研究内容更加丰富<sup>[7]</sup>。目前也有部分学者对“信息产业创新生态系统”展开研究,但成果较少。

2006年,顾志燕和戴伟辉采用自然界的生态群落理论研究电子信息产业的科技创新体系,建立并探讨了科技自主创新生态群落模式<sup>[8]</sup>;张庆利在该方面则借用生态学中的“个体-种群-群落”的演进路径,构建了电子信息产业集群的演进模型<sup>[9]</sup>;韩祺直接以我国信息产业为研究对象,针对其自主核心技术、健全市场、顶层设计、发展环境等问题,提出“掌握核心技术,推动商业模式创新,鼓励企业兼并重组,营造利于新增长点发展壮大的政策环境”等改善建议<sup>[10]</sup>;刘洪民,刘炜炜更进一步以杭州城西科创大走廊为研究对象,对其信息产业的集聚程度进行测量,并构建了基于“政产学研用”多重创新主体的基础社区创新生态系统理论框架<sup>[11]</sup>;张运生,林宇璐则从知识管理、技术依存结构与网络外部性视角出发,更深入地探讨了电子信息产业相关技术多元化与非相关技术多元化创新生态系统推动核心技术开发、企业销售增长的深层次机理<sup>[12]</sup>;张琰飞,吴文华基于我国信息产业技术标准联盟的生态特征,研究了生态主体之间的合作共生、相互竞争和制约的共存关系<sup>[13]</sup>。

通过对上述相关研究成果进行梳理不难发现,现有成果主要围绕类比自然生态系统,探讨信息产业内部创新主体间的关系以及创新生态与技术开发间的关系,并构建不同方向的演进模型,然而缺少对我国信息产业创新生态系统的发展水平进行测评及提升研究。基于此,本文选取创新生态系统评价指标排名居前的九大省份和直辖市(北京、上海、江苏、浙江、天津、陕西、重庆、湖北、四川),构建信息产业创新生态系统评价指标体系,并依此收集数据,通过熵权法和线性加权综合法获得其水平评价值,并提出有针对性的改善建议。

## 1 信息产业创新生态系统评价指标体系的确定及数据来源

在信息产业创新生态系统评价指标体系方面,借鉴尤建新等在评价浦东生物医药产业创新生态系统现状的评价指标体系<sup>[14]</sup>,从“创新性、激励性、包容性、互动性”4个方面进行测评。其中创新性是指创新主体接受改变的能力和面对新挑战的意愿<sup>[15]</sup>,其是获取竞争优势而提高业绩的关键特征<sup>[16]</sup>,对企业乃至一个地区的发展有正向的积极影响<sup>[17]</sup>。因此,决定创新性的主体及创新成果的数量可从一定程度上体现该地区的创新性现状,具体包括“有研发活动的企业、研发机构、知名高校、创新人才”4类创新主体和反应创新产出的“发明专利申请数”。

大多数研究认为创新激励政策能够提高研发的预期收益,提高企业的创新绩效<sup>[18]</sup>。而创新激励政策中,研发活动的财政补贴能为企业的创新活动提供资金支持,利于缓解企业的融资约束,分散企业从事创新活动的风险,并激励企业增加研发投入和创新产出<sup>[19]</sup>。因此,通过信息产业中“研发费用内部支出中的政府资金占比”可从一定程度上反映出该地区政府补贴的激励力度<sup>[20]</sup>。同时杜惠,张攀峰通过实证研究表明,知识产权能够提高企业创新投入和产出,进而提高企业创新效率<sup>[21]</sup>,对此,可通过该地区的“专利申请量和科技论文数”来反映知识产权的激励程度。可见,“激励性”的测量是必要的;良好的包容性可以增强一个区域在创新主体方面的多样性和异质性,而多元化劳动力的异质性能更好地激发创新<sup>[22]</sup>,而包容性创新能够实现机会平等,使更多金字塔底层的人合理分享经济增长成果<sup>[23]</sup>,该点可通过“人口构成、产业发展机会、系统成果共享”等指标来体现;互动性最能反映主体间的协同程度,这点也正是激发创新的关键点之一。正如魏守华等通过研究所提出的“企业积极地参与产学研合作比其独立研发创新更利于创新绩效的提升”<sup>[24]</sup>。政府通过政策工具积极引导与鼓励企业科研成果产出,高校通过与企业紧密合作将其转化为创新产品,企业与企业之间交流共享,激发更多创新。上述这些可以通过“企业与企业、高校、政府、金融机构”之间的互动程度来体现。

综上所述,借鉴已有指标体系并结合数据可获得性进行部分调整后形成“信息产业创新生态水平测算指标体系”(表1)。



表1 信息产业创新生态水平测算指标体系

Tab.1 Index system for measuring innovation ecological level of information industry

评价维度	评价因子	实测指标
创新性	研发企业	有研发活动的企业数 $X_1$
	研发机构	研发机构数量 $X_2$
	知名高校	与信息产业密切相关的高校数量 $X_3$
	创新人才	研发人员数量 $X_4$
	创新成果	发明专利申请数量 $X_5$
激励性	政府补贴	计算机、通信和其它电子设备制造业研发费用内部支出中的政府资金占比 $X_6$
		信息传输、软件和信息技术服务业研发费用内部支出中的政府资金占比 $X_7$
	知识产权保护	有效发明专利数和科技论文数 $X_8$
包容性	产业发展机会	新增就业人数增长率 $X_9$
	系统成果分享	社会保障与就业支出占财政支出比重 $X_{10}$
互动性	人口结构	常住外来人口 $X_{11}$
	企业-知名高校互动	校企合作数量 $X_{12}$
	企业-政策服务支撑	公共服务平台服务企业事项数量 $X_{13}$
	企业-企业互动	技术交易额 $X_{14}$
	企业-金融机构互动	外商直接投资合同金额 $X_{15}$

注:曲维枝教授认为信息产业基本上主要包括信息工业(包括计算机设备制造业、通信与网络设备以及其他信息设备制造业)、信息服务业以及信息开发业(包括软件产业、数据库开发产业、电子出版业、其他内容服务业),同时结合数据的可获得性,本文最终将信息产业所涉及的行业划定为两个主要部分:计算机、通信和其它电子设备制造业以及信息传输、软件和信息技术服务业。

选择“2020年度中国城市创新生态指数排名”前九名城市所在的省份或直辖市(北京、上海、江苏、浙江、天津、陕西、四川、重庆、湖北)为研究对象,依照上述信息产业创新生态系统评价指标体系,通过以下渠道收集相关指标数据:各省份或直辖市的统计年鉴(2020年)、统计公报(2020年)、普查数据等;各省份或直辖市的统计局以及陕西省知识产权服务中心。对于个别未披露而无法获得的数据依照清华大学创新发展研究院等课题组成员在“中国城市创新生态系统评价(2016)”中针对缺失数据采用“根据各城市对所在省GDP的贡献率乘以所在省的相关指标总数”的方法来处理。

## 2 信息产业创新生态水平测算方法

在创新生态评价方法中,学者们采用了多种评价方法。本文采取“熵权法和线性加权综合法”来获得区域创新生态水平值。

### 1) 数据标准化。

首先利用极差标准化法对各项指标进行无量纲化处理,然后将数据标准化。其数学模型为<sup>[25]</sup>:

正向指标:

$$Z_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

负向指标:

$$Z_i = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}} (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2)$$

式中: $Z_i$ 为数据的标准化值; $X_i$ 为数据的原始值; $X_{\max}$ 为原始数据组中的最大值; $X_{\min}$ 为原始数据组中的最小值。

### 2) 利用“熵权法”计算指标权重。

3) 在指标标准值和权重值的基础上,采用线性加权综合法获得区域信息产业创新生态发展水平测评值。

$$x_i = \sum_{j=1}^m Z_{ij} w_j (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (3)$$

式中: $Z_{ij}$ 为标准化的数据; $w_j$ 为采用熵权法计算的权重值; $m$ 为评价指标的个数; $x_i$ 为第*i*个省份的创新生态系统发展水平评价价值<sup>[26]</sup>。

## 3 信息产业创新生态水平测算结果评价及改善建议

按照上述测算模型和步骤进行计算,获得各省份(直辖市)的信息产业创新生态系统水平测评值(图1)。

### 3.1 整体评价——“三梯队”格局,东部地区强于西部地区

从图1不难看出,各省份信息产业的创新生态水平值呈“三梯队”格局:第一梯队“北京,江苏”,第二梯队“上海,浙江,陕西”,第三梯队“湖北,四川,天津,重庆”。其中,第一梯队得分为1.82~1.96,第二梯队得分为1.24~1.31,第三梯队得分为0.22~0.35。一方面,前两个梯队中,东部地区较多,从排名中间的陕西省到第三梯队的西部地区较多,可见,整体而言,东部地区在信息产业创新生态水平值上强于西部地区。另一方面,前两个梯队之间的落差较小,即东部地区间的水平值差

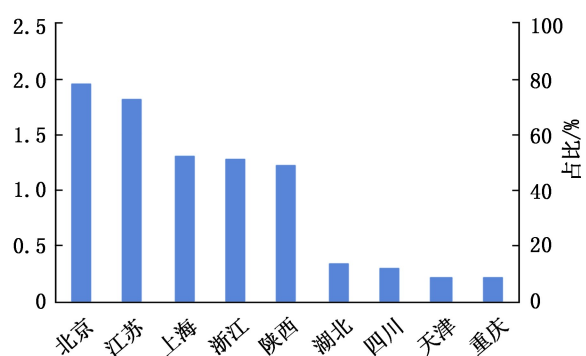


图 1 信息产业创新生态水平值

Fig. 1 Innovation ecological level value of information industry

异较小,而二、三梯队之间落差明显,可见,东部地区和西部地区之间的差异较大。另外,在所测算的西部地区中,陕西呈现的水平值最高,其它西部地区如四川、重庆相对较弱。

水平值较低的省份还需在信息产业上从不同方面如创新性、激励性、包容性和互动性加强创新生态水平的提升。

### 3.2 分类评价——不同维度呈现差异化优劣势

从上述评价中可以看出所测省份的整体现状,具体见表 2。

表 2 各省份的创新性、激励性、包容性和互动性得分及排名

Tab. 2 Score and ranking of innovation, motivation, inclusivity and interactivity in each province

省份/直辖市	创新性	排名	激励性	排名	包容性	排名	互动性	排名
北京	0.409	3	0.540	2	0.499	1	0.513	2
上海	0.229	4	0.272	3	0.443	2	0.371	3
江苏	0.893	1	0.226	4	0.127	7	0.577	1
浙江	0.431	2	0.085	6	0.440	3	0.336	4
天津	0.003	9	0.055	7	0.130	6	0.047	8
陕西	0.101	5	0.655	1	0.345	4	0.140	5
湖北	0.082	6	0.039	9	0.155	5	0.078	6
四川	0.059	7	0.098	5	0.113	8	0.042	9
重庆	0.035	8	0.041	8	0.095	9	0.055	7
平均值	0.249		0.224		0.261		0.240	

#### 1) “创新性”评价

正如前文所言,对于信息产业来说,“创新性”是其产业良好发展至关重要的一环,较高的创新性能杠杆地实现成功的创新<sup>[15]</sup>。

从表 2 不难看出,创新性总体表现良好的地区有江苏、浙江、北京和上海,尤其是江苏省,其在创新主体和创新产出上均呈现明显优势,而有些省份在不同的指标上呈现不同的优劣势,如浙江在“有研发活动的企业数、研发机构数、研发人员数和发明专利申请量”上表现较好,但在信息产业相关高校数量上呈现一般水平;上海在高校数量上表现一般,但在其它创新主体和创新产出上表现良好;北京在创新产出上相较其他方面呈现突出优势,陕西在相关高校数量上具有明显优势,但在其它研发主体数量上表现较弱,尤其是在“有研发活动的企业数”和“研发人员数”这两方面。创新性总体表现靠后的有湖北、四川、重庆和天津。其中四川和重庆在创新主体和创新产出上的表现均为中等偏下水平,而天津在研发机构、相关高校和发明专利申请数上表现最弱。

依上述分析可见,各地区在不同类别的创新主体上聚集程度不同,其创新产出也有所差异。因此,对于创新性较弱的地区,一方面要加强不同种类创新主体的聚集数量和多样化,增强其“创新基因库”,同时优化创新资源配置能力,提升投入产出比,获得更好的产出绩效。

#### 2) “激励性”评价

APRONL, HULLAND J<sup>[27]</sup>和 VAN POTTELSBEGHE B 等<sup>[28]</sup>经过研究提出“税收优惠和财政补贴对技术创新具有正向影响”,王遂昆和郝继伟也认为政府补贴和税收优惠均对中小企业的创新具有一定的促进作用<sup>[29]</sup>。可见,研发费用中的政府补贴力度可从一定程度上反映该地区的政策激励程度。

从表 2 可见,陕西、北京、上海、江苏的创新激励性效果最好,四川居中,浙江、天津、重庆、湖北依次较弱。具体来看,陕西在研发费用中财政补贴资金上占比最大,可见在该方面陕西省对信息产业的创新激励程度最大,但其在知识产权保护方面的力度却最弱,反映出来的创新产出最少;北京在知识产权保护力度方面效果最好,创新产出数量最多,但政府资金补贴力度相对较弱;上海在财政补贴和知识产权方面表现均稳定良好;而江苏的财政补贴力度相对其它两个指标而言较弱。总体激励性表现中等偏下的浙江省在知识产权保护力度上呈现良好优势,创新产出数量较多,但其财政补贴比例最小,在激励政策上呈现明显差异。可见,各地区无论是财政补贴比例还是知识产权保护力度,均呈现出不同的激励力度和效果。对于激励效果较弱地区,还需从政

策入手,一方面加强知识产权保护工作,优化知识产权战略布局,构建知识产权保护有效激发信息产业各类型企业创新活力的体制机制<sup>[30]</sup>,另一方面,依照杨博,王林辉关于“财税激励政策对企业创新质量”的研究结论<sup>[31]</sup>,对于信息产业中的民营企业、小规模企业、股权集中度较低的企业可采用自由裁量型政府创新补贴给予激励,对国有企业采用支持型财政激励政策的效果较好。

### 3)“包容性”评价

研究表明,创新主体的多样性与创新绩效呈明显正相关,可见,在人口多样性上的包容程度能够推动创新,同时也能够使得创新成果扩散到所有人群<sup>[32]</sup>。

从表2可见,总体而言,北京、上海、浙江和陕西在包容性方面表现良好,湖北、天津、江苏、四川和重庆表现相对较弱。具体来看,陕西信息产业在“新增就业人数和社保与就业支出占财政支出比重”上表现突出,北京、上海在这3个具体指标上的表现均稳定良好,均处于第二、三水平,说明这几个地区的信息产业在包容性创新上的效果良好,能够使更多人分享创新成果;而江苏、浙江在这3个指标上差异悬殊。江苏对外来人口包容性较好,但社保与就业对财政支出的占比最低,浙江的人口包容性表现突出,但在新增就业人数和社保与就业对财政支出的占比上表现最弱,说明这两地在分享创新成果的范围上还需扩大,不断增强其包容性;湖北表现稳定一般,而四川、重庆表现均较弱。综上,对于包容性较弱地区,一方面需要增强人口的多样性,可从人口来源地、学历结构、从事的企业类型、专业背景、性别等方面强化人口数量和多样性,另一方面扩大创新成果的分享人群和范围。

### 4)“互动性”评价

孙玉涛等认为,不论是区域内还是区域外间,良好的企业研发合作均对创新绩效有显著正向影响。总体而言,江苏、北京、上海和浙江的互动性良好,陕西、湖北、重庆、天津和四川的互动性相对较弱。具体来看,一方面,在企业与不同创新主体之间的互动效果上,不同省份的特点不同,如江苏在企业-高校互动方面呈现突出水平,北京在企业-企业互动效果上表现最好,上海在企业-金融机构的互动效果最好,浙江在企业-政府之间的互动效果最好,但北京与其差距较小;另一方面,部分地区在不同主体间的互动效果上呈现较大差异,如上海在企业之间的互动效果良好,但在企业-高校之间的合作程度相

对较弱,陕西的企业-高校合作数量较多,但外商直接投资数额偏低。可见,不同地区在不同创新主体间的互动效果上依然呈现较大差异化,而实现创新的本质在于创新主体间的协同合作。因此,对于互动性较弱地区,可增强不同创新主体间的交流和共享,如优化校企合作平台,增强校企合作数量和深度,适当拓宽外资准入行业,完善外资引入政策,提高外资利用金额等。

## 4 结 论

近10年有关“创新生态系统”的研究得到快速发展,产业创新生态系统作为中观层面的研究,其热度、研究投入和产出也不断攀升,而通过对相关研究成果的梳理发现,较多学者研究的产业也越来越情境化,如新能源汽车产业、医疗器械产业、健康产业等<sup>[33]</sup>,但并未有成果涉及“信息产业”创新生态系统水平的测算与提升研究。基于此,本文以“信息产业”为研究对象,从4个维度(创新性、激励性、包容性、互动性)测算信息产业创新生态系统的水平值,通过对测评值的解读发现:总体来看,各省份呈现“三梯队”格局,东部地区强于西部地区;具体来看,不同省份在不同维度具有差异化优劣势,如江苏的创新性和互动性表现最好,但包容性表现较弱,陕西的激励性表现最好,但创新性和互动性表现一般等,针对各省份呈现出来的不同劣势提出了改善建议,如加强创新主体的数量和多样性,有针对性地完善财政补贴政策,提高知识产权保护力度,优化校企合作平台,进一步完善外资引入政策等措施,希望能从一定程度上改善各省份在信息产业上的创新现状,提升创新竞争力。

## 参考文献:

- [1] 吴绍波. 创新生态视角下中国信息产业面临的挑战与突围—美国制裁华为事件的启示[J]. 中国西部, 2020(1): 91-100.
- [2] 陈群峰. 镇江市大中型工业企业技术引进与技术创新的关系研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2012.
- [3] DOMAVICIUS G, BOCKSTEDT J, GUPTA A, et al. Technology roles and paths of influence in an ecosystem model of technology evolution[J]. Information Technology and management, 2007, 8(2): 185-202.
- [4] 张利飞, 吕晓思, 张运生. 创新生态系统技术依存结构对企业集成创新竞争优势的影响研究[J]. 管理学报, 2014, 11(2): 229-237.
- [5] 张贵, 刘雪芹. 创新生态系统作用机理及演化研究: 基

- 于生态场视角的解释[J]. 软科学, 2016, 30(12): 16-19, 42.
- [6] ADNER R. Match your innovation strategy to your innovation cosystem[J]. Harvard Business Review, 2016, 84(4): 1-11.
- [7] 刘静, 解如玉. 创新生态系统的国内外前沿热点及可视化对比分析[J]. 全球科技经济瞭望, 2019, 34(8): 60-76.
- [8] 顾志燕, 戴伟辉. 电子信息产业的可持续创新生态链研究[J]. 软科学, 2006(4): 99-102.
- [9] 张庆利. 基于生态理论的信息产业集群演进路径研究[J]. 改革与战略, 2011, 27(7): 149-151.
- [10] 韩祺. 发展产业生态圈 打造信息产业新增长点[J]. 宏观经济管理, 2016(7): 30-32.
- [11] 刘洪民, 刘炜炜. 创新生态体系的基本架构与政府生态化治理的对策——以杭州城西科创大走廊为例[J]. 杭州学刊, 2018(4): 112.
- [12] 张运生, 林宇璐. 不同类型创新生态系统如何推动核心技术开发与企业销售增长——以中国电子信息产业为例[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(3): 98-105.
- [13] 张琰飞, 吴文华. 信息产业技术标准联盟生态属性研究[J]. 科技进步与对策, 2010, 27(8): 88-92.
- [14] 尤建新, 邵鲁宁, 薛奕曦, 等. 产业创新生态系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 2017: 31-46.
- [15] 刘璠. 企业创新性、创新程度、中断严重度和供应链弹性的关系研究[J]. 宏观经济研究, 2015(4): 114-122.
- [16] SRINIVASAN S, HANSSENS D M. Marketing and firm value: metrics, methods, findings, and future directions: A compendium[M]. Longterm Impact of Marketing, 2018.
- [17] 阿部力孜·布力布力, 马薇. 基于企业创新性中介作用的管理层创新导向与企业发展关系研究[J]. 企业经济, 2019(6): 28-34.
- [18] 蒋洁, 汤超颖, 张启航, 等. 产业特征对技术创新激励政策效应的交互影响[J]. 科研管理, 2021, 42(11): 71-81.
- [19] 保永文, 华锐, 马颖. 财政激励政策与企业创新绩效: 综述及展望[J]. 经济体制改革, 2021(5): 112-119.
- [20] 陈运清. 青海省创新型企业创新能力评价研究[D]. 西宁: 青海大学, 2016.
- [21] 杜惠, 张攀峰. 知识产权保护能提高企业创新效率吗?[J]. 财会通讯, 2021(21): 44-47, 52.
- [22] 赵富强, 陈耘, 向蝴蝶. 多元包容性人力资源实践对员工创新行为的影响研究——工作繁荣和共享型领导的作用[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2019.
- [23] 范轶琳, 吴东, 黎日荣. 包容性创新模式演化——基于淘宝村的纵向案例研究[J]. 南开管理评论, 2021, 24(2): 195-203.
- [24] 魏守华, 王英茹, 汤丹宁. 产学研合作对中国高技术产业创新绩效的影响[J]. 经济管理, 2013, 35(5): 19-30.
- [25] 吴传清. 长江经济带科技型企业创新生态评价研究[J]. 理论月刊, 2020(11): 78-88.
- [26] 包文婷. 线性加权综合法在中药评价中的应用——以跌打七厘片治疗急性软组织损伤(气滞血瘀证)为例[J]. 山东中医药大学学报, 2015, 39(6): 563-565.
- [27] CAPRONI L, HULLAND J. Redeployment of brands, sales forces, and general marketing management expertise following horizontal acquisitions: A resource based view[J]. Journal of Marketing, 1999, 63(2): 41-54.
- [28] VANPOTTELSBEGHE B, DENIS H, GUELLEC D, et al. Using patent counts for crosscountry comparisons of technology output[R]. ULB Universite Libre de Bruxelles, 2001.
- [29] 王遂昆, 郝继伟. 政府补贴、税收与企业研发创新绩效关系研究——基于深圳中小板上市企业的经验证据[J]. 科技进步与对策, 2014(9): 92-96.
- [30] 庄子银, 贾红静, 李汛. 知识产权保护对企业创新的影响研究——基于企业异质性视角[J/OL]. 南开管理评论: 1-22[2023-07-20]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.f.20210923.1037.002.html>.
- [31] 杨博, 王林辉. 财税激励政策对企业创新质量提升的影响[J]. 统计与决策, 2021, 37(17): 159-163.
- [32] 高霞, 杨中楷, 孙兆刚. 基于 PLS-SEM 模型的包容性创新绩效实证研究[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(6): 27-32.
- [33] 刘静. 中国产业创新生态系统: 研究热点及前沿可视化分析[J]. 全球科技经济瞭望, 2020, 35(6): 69-76.

责任编辑: 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.026

## 陕西省农业面源污染与农业经济发展关系实证研究

张鑫傲,康健,张亚晴

(安康学院陕南生态经济研究中心,陕西 安康 725000)

**摘要:** 选用 2009—2020 年陕西省统计年鉴相关数据,基于库兹涅茨曲线进一步实证分析陕西省农业面源污染与农业经济增长的关系。结果表明,化肥、农用塑料薄膜和农药面源污染与农业人均收入符合 EKC 曲线的拟合结果,并得出陕西省农业面源污染并未达到拐点,农业经济发展和农业面源污染还存在同步增长的趋势,但其总磷、总氮排放量及污染占比均大幅下降,说明通过现代农业生产方式转型、政府环境政策干预力度加强、农业面源污染检测水平提升、农户环境保护意识提高等会使拐点提前达到,并很快进入反向的发展阶段。

**关键词:** 农业面源污染;农业经济发展;库兹涅茨曲线;陕西省

中图分类号:X53;F307 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0143-05

引文格式:张鑫傲,康健,张亚晴. 陕西省农业面源污染与农业经济发展关系实证研究[J]. 林业调查规划,2023,48(3):143-147,152. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.026

ZHANG Hejing, KANG Jian, ZHANG Yaqing. Empirical Study on Relationship between Agricultural Non-point Source Pollution and Agricultural Economic Development in Shaanxi Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 143-147, 152. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.026

## Empirical Study on Relationship between Agricultural Non-point Source Pollution and Agricultural Economic Development in Shaanxi Province

ZHANG Hejing, KANG Jian, ZHANG Yaqing

(Shaannan Eco-economy Research Center, Ankang University, Ankang, Shaanxi 725000, China)

**Abstract:** Based on the relevant data of *Shaanxi Statistical Yearbook 2009—2020*, this paper further empirically analyzed the relationship between agricultural non-point source pollution and agricultural economic growth in Shaanxi Province with the Kuznets curve. The results showed that the non-point source pollution of chemical fertilizers, agricultural plastic films and pesticides and the per capita income of agriculture were in line with the fitting results of the EKC curve, and the agricultural non-point source pollution in Shaanxi Province had not reached the turning point, and the agricultural economic development and agricultural non-point source pollution were still synchronized. However, the proportion of total phosphorus and total nitrogen emissions and pollution had dropped significantly, indicating that the transformation of modern agricultural production methods, the strengthening of government environmental policy interventions, the improvement of the detection level and the improvement of farmers' awareness of environmental protection would make the turning point reach ahead of schedule and quickly enter the reverse development stage.

收稿日期:2021-12-30.

基金项目:陕西省教育厅哲学社会科学重点研究基地项目(20JZ004);陕西省教育厅项目(21JK0002);安康市科技局项目(AK2021-SF-03).

第一作者:张鑫傲(1987-),男,甘肃会宁人,硕士研究生,讲师.主要从事区域经济研究工作. Email:623617820@qq.com

责任作者:康健(1984-),男,陕西汉中,博士,讲师.研究方向为农村与区域发展.

**Key words:** agricultural non-point source pollution; agricultural economy development; Kuznets curve; Shaanxi Province

随着科学技术的不断推进,农业技术的大规模投入使得农业经济发展突飞猛进,但各种各样的农业环境问题也日益突出。大量施用化肥、农药等既带来了农业增产、推动了农业生产化的快速发展,同时也破坏了土壤及地下水资源环境,影响了农业经济可持续发展的基础。农业面源污染问题已经严重阻碍了农村生态环境与农业经济的可持续发展。党的十八大将生态文明建设与经济、政治、社会、文化建设摆在了同等重要位置,对治理农业面源污染高度重视,要求打好农业面源污染防治攻坚战。党的十九大报告提出实施乡村振兴战略,重点强调治理农村的环境。2019年中央一号文件《中共中央国务院关于坚持农业农村优先发展做好“三农”工作的若干意见》中强调“加强农村污染治理和生态环境保护”。依据《国家乡村振兴战略规划(2018—2022年)》和地区特点,陕西省如何推进农业面源污染防治和农业经济可持续发展,已经成为乡村振兴战略实施过程中发展农业经济亟待解决的问题。以陕西省为研究对象,分析其农村面源污染要素与农业经济发展之间的内在关系,进一步把握农业面源污染与农业经济发展的变化规律,从而为制定有效防范农业面源污染的政策奠定良好的基础。

## 1 研究现状

面源污染分为农业面源、农村生活面源、城市面源污染(表1)。农业面源污染是指农业生产活动造成的环境污染,主要原因包括农业生产过程中化肥、农膜和农药的不合理使用。对土壤元素含量、农作物对不同元素的需求不了解而导致化肥使用过量;大量使用农膜但未及时回收,造成农膜在土壤中的积累,使得土壤硬化,不利于农作物的生长;农药的大量使用导致农作物受污染、残留物随雨水渗入土壤等,这种污染没有固定污染排放点,通过降雨和地表径流,将污染物带入受纳水体、土壤,对生态环境、人体健康产生严重危害。

农业面源污染防治长期而复杂,治理涉及的技术手段、推广体系和政策法规因自然和社会条件影响有所差异。这决定了农业面源污染防治不单纯是一个技术问题,更是一个耦合政策、经济、社会等多因素的系统工程<sup>[1]</sup>。

表 1 面源污染 3 种类型比较

Tab. 1 Comparison of three types of non-point source pollution

污染类型	污染源	特征	常见治理方式
农业面源污染	农药、化肥、地膜、畜禽粪便、水产养殖等	与农业种养方式相关,污染源分散、隐蔽、不易监测、难以定量,且累积性和复杂性强,潜伏周期长,修复难	测土配方技术、生物农药、分等级养殖区监管等
农村生活面源污染	农村生活污水、生活垃圾等	与农村生活方式相关,具有随机性、分散性	建设污水管网系统和污水处理系统,集中处理生活垃圾等
城市面源污染	建筑垃圾、城市垃圾和生活污水等	与雨量、城市排水管网相关,具有突发性、高流量和重污染的特征	建设雨污分流系统、人工湿地滞留系统等

对农业面源污染与农业经济发展关系方面的研究文献较多,国外研究较早,而国内学者研究稍晚,近几年主要涉及农业面源污染和农业经济发展关系研究。其中利用环境库兹涅茨曲线理论研究某一地域农业面源污染与农业经济关系的有:贾卫国<sup>[2]</sup>研究江苏省农村面源污染要素投放量与农业经济增长之间的关系;石美玲<sup>[3]</sup>探讨河南省农村面源污染与经济增长的关系;刘志欣等<sup>[4]</sup>分析据重庆市农业面源污染与农业经济增长的关系;于骥等<sup>[5]</sup>分析四川省农村面源污染要素与农业经济增长之间的内在耦合关系;尚杰等<sup>[6]</sup>对黑龙江省人均农业总产值与农业面源污染的关系进行验证。从国内学者对不同地区农业面源污染与经济增长关系的长期研究结果来看,EKC曲线形状可能呈现倒“U”型、倒“N”型、“N”型等,可见我国农业面源污染与经济发展之间也会因发展阶段、地域、污染指标选取等差异而呈现不同形状。

除了利用环境库兹涅茨曲线理论,还有学者运用其他方法进行分析,如梁伟健等<sup>[7]</sup>运用空间联立方程模型分析农业面源污染与农业经济增长的空间互动效应,农业经济增长与农业结构对农业面源污染的冲击影响较小,但农业面源污染对农业经济增长的冲击影响较大;孙大元等<sup>[8]</sup>利用时间序列验证广东省农业面源污染 EKC 倒“U”型曲线,并运用 VAR 模型进一步考察其动态演进关系;杨军等<sup>[9]</sup>在

根据曲劳(Truog)的养分平衡法理论测算农业面源污染主要来源过剩氮总量的基础上,考察了福建省1998—2017年农业经济增长、农业面源污染、农业结构间的关系;彭甲超等<sup>[10]</sup>研究长江经济带农业废水中氨氮、化学需氧量、总磷、总氮排放量与农业经济增长的脱钩关系及其演化趋势。

从研究对象上看,现有研究主要集中在经济发展水平高的地区,而对于西部黄土高原地区、秦巴山区等研究较少,对陕西省的农业面源污染与农业经济发展关系的研究还处于空白。

## 2 陕西省农业面源污染及经济发展现状

### 2.1 研究区概况

陕西省位于东经105°29′~111°15′,北纬31°42′~39°35′,总面积20.56万km<sup>2</sup>,地势呈南北高、中间低,由高原、山地、平原和盆地等多种地貌构成,按照地貌大致分为陕北、关中和陕南3部分,南北自然环境差别较大。其中陕北主要位于黄土高原地区,占全省土地面积的40%,大部分属于黄土高原丘陵沟壑水土保持生态功能区;陕南位于秦岭以南,大部分属于秦巴生物多样性生态功能区。陕西省南北经济的发展以保护生态为优先,对生态保护提出更高的

要求。

### 2.2 陕西省农业面源污染状况

2010年,原环境保护部、国家统计局、原农业部公布了《第一次全国污染源普查公报》,普查的标准时点为2007年12月31日,简称“一污普”。首次将农业面源污染纳入环境统计中,标志着农业面源污染控制逐渐进入国家重要事项之列。2020年6月8日,生态环境部、国家统计局、农业农村部联合发布了《第二次全国污染源普查公报》,普查的标准时点为2017年12月31日,简称“二污普”。

根据《全国污染源普查条例》和《国务院关于开展第二次全国污染源普查的通知》(国发〔2016〕59号),普查对象包括工业污染源、农业污染源、生活污染源、集中式污染治理设施。

根据两次普查结果显示,全国工业污染源、农业污染源和生活污染源总体均大幅度增加。从横向来看,不管是全国还是陕西省,两次普查中农业污染源数量最大,但陕西省生活污染源占全国的比重最大,农业污染源比重次之,工业污染源比重最小。从纵向来看,工业污染源数量增大,而生活污染源数量减少,但由于第二次普查中农业污染普查口径不一致,无法比较农业污染源变化(表2)。

表2 2007年和2017年全国和陕西省部分污染普查结果比较

Tab. 2 Comparison of pollution census partial results between China and Shaanxi Province in 2007 and 2017

项目	范围	工业污染源		农业污染源		生活污染源		集中式污染治理设施/个
		总数/个	占比/%	总数/个	占比/%	总数/个	占比/%	
一污普	陕西	15963	1.01	49636	1.71	36406	2.52	61
	全国	1575504	—	2899638	—	1445644	—	4790
二污普	陕西	25548	1.03	8380*	2.21*	26347	4.12	1796
	全国	2477400	—	378800*	—	639500	—	84000

注:数据来源于国家统计局网站;\*表示畜禽规模养殖场。

从种植业污染物排放量来看,总磷和总氮排放量均在下降,并且下降幅度较大,如全国总氮和总磷排放量下降幅度分别为54.97%、29.9%,陕西省总氮和总磷排放量下降幅度分别为84.24%、71.88%,下降幅度远超全国水平。从占比来看,陕西省总氮和总磷占全国的比重也分别下降2.02、1.76个百分点,陕西省在农业污染方面占比较大(表3)。

### 2.3 陕西省农业经济发展及增长状况

两次污染源普查相隔10年,期间陕西省经济高速发展,农业现代化程度高,农业生产总值由2007

年594.69亿元增至2017年1380.77亿元,增长了132%,全国农林牧渔业总产值由48652亿元增至109332亿元,增长了约125%,陕西省农业经济增长水平较高(表4)。

## 3 陕西省农业面源污染与经济关系的 EKC 分析

### 3.1 数据来源及指标选取

采用的数据来源于《陕西统计年鉴》(2009—2020年),通过时间序列数据验证陕西省农业生产

表 3 2007 年和 2017 年全国和陕西省种植业污染排放量  
Tab. 3 Pollution emissions of plantation industry in China and Shaanxi Province in 2007 and 2017

项目	范围	主要污染物排放量				重点流域排放量	
		总氮 /万 t	占比 /%	总磷 /万 t	占比 /%	总氮 /万 t	总磷 /万 t
一污普	陕西	4.95	3.10	0.32	2.94	4.95	0.32
	全国	159.78	—	10.87	—	71.04	3.69
二污普	陕西	0.78	1.08	0.09	1.18	—	—
	全国	71.95	—	7.62	—	—	—

注:数据来源于国家统计局网站。

是否符合环境库兹涅茨假说。由于仅针对农业面源污染进行研究,所以只选取化肥使用量(HFL)、农用

塑料薄膜使用量(NML)、农药使用量(NYL)3个农业面源污染指标,农业经济发展选用农业人均收入(NRJS)。其中化肥使用量单位为“万t”,农用塑料薄膜使用量和农药使用量单位为“t”,农业人均收入为“元”。

### 3.2 陕西省 EKC 模型构建

根据国内外 EKC 研究成果证明,环境污染与经济增长存在二次多项式的函数关系,将农业面源污染(P)与农业经济发展(E)的模型确定为:

$$P_t = \alpha_0 + \alpha_1 E_t + \alpha_2 E_t^2 + \varepsilon_t \quad (1)$$

式中: $P_t$ 为研究区第t年各类农业面源污染物数量,污染物全部采用“t”表示数量单位; $E_t$ 为研究区第t年农业经济发展水平; $\alpha_0$ 、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 分别为参数; $\varepsilon_t$ 为随机误差量。

表 4 2007 年和 2017 年全国和陕西省农业经济水平

Tab. 4 Agricultural economic levels of China and Shaanxi Province in 2007 and 2017

范围	年份	农业生产总值		粮食产量		油料产量		蔬菜产量		水果产量	
		产值 /亿元	增长率 /%	产量 /万 t	增长率 /%	产量 /万 t	增长率 /%	产量 /万 t	增长率 /%	产量 /万 t	增长率 /%
陕西	2007	594.69	—	1194.40	—	44.20	—	1022.40	—	1125.00	—
	2017	1380.77	132	1226.31	2.67	61.67	39.53	1808.79	76.91	1566.01	138.2
全国	2007	48652.00	—	50150.00	—	2461.00	—	*	—	*	—
	2017	109332.00	125	61791.00	31.00	3732.00	25.00	*	20.00	*	43.0

注:数据来源于国家统计局《中国统计年鉴》和陕西省统计局《陕西省统计年鉴》;\*表示当年统计数据缺失。

根据其取值不同可反映面源污染状况与经济发展之间的关系,具体关系类型有以下几类:

1)  $\alpha_1 \neq 0, \alpha_2 = 0$  时,表明农业面源污染与农业经济发展之间呈线性关系;

2)  $\alpha_1 > 0, \alpha_2 < 0$  时,表明农业面源污染与农业经济发展之间呈倒“U”关系;

3)  $\alpha_1 < 0, \alpha_2 > 0$  时,表明农业面源污染与农业经济发展之间呈正“U”关系;

对于倒“U”型曲线转折点(即面源污染数量达到极大值时所对应的农业人均收入)可以通过对(1)式一阶求导得到:

$$E_t = -\alpha_1 / \alpha_2 \quad (2)$$

### 3.3 研究结果与分析

通过利用陕西省 2009—2020 年化肥使用量、农用塑料薄膜使用量、农药使用量以及农业人均收入,用 Stata 软件对(1)式进行回归分析。

#### 3.3.1 化肥使用量的模型拟合与评价

根据以化肥施用量为因变量、农业人均收入为

自变量回归的结果可以将二者关系大致表示为:

$$P_t = -20.71 + 0.27E_t - 0.0000686E_t^2 \quad (3)$$

一次项系数约为 0.27,并在 1%的水平上显著。二次项系数为-0.0000686,并且在 1%的水平上显著。说明陕西省化肥施用量和农业人均收入之间的关系为倒“U”型,符合 EKC 理论的假设(表 5)。

根据参数带入(2)式,计算结果为:

$$E_t = -\alpha_1 / \alpha_2 = 3856.72 \quad (4)$$

表 5 化肥使用量的回归结果

Tab. 5 Regression results of fertilizer usage

HFL	Coef.	Std. Err.	t	P >  t
$\alpha_1$	0.2645708	0.0471287	5.61 ***	0.000
$\alpha_2$	-0.0000686	0.0000125	-5.47 ***	0.000
$\alpha_0$	-20.71315	42.53619	-0.49 ***	0.638

注:\*\*\*表示在 1%的水平上显著,下同。

陕西省 2009 年农业人均收入为 1 050 元,2020



年农业人均收入 2 706.9 元,根据回归结果确定的拐点水平为 3 856.72 元,说明陕西省化肥使用量与农业人均收入二者还处于同步增长期,不过化肥使用量的增幅会逐渐小于农业人均收入。

### 3.3.2 农用塑料薄膜使用量的模型拟合与评价

根据以农用塑料薄膜使用量为因变量、农业人均收入为自变量回归的结果可以将二者关系大致表示为:

$$P_t = 16216.43 + 21.4798E_t - 0.0040044E_t^2 \quad (5)$$

一次项系数约为 21.4798,并在 1%的水平上显著。二次项系数为-0.004,并且在 1%的水平上显著。说明陕西省农用塑料薄膜使用量和农业人均收入之间的关系也为倒“U”型,同样符合 EKC 理论的假设(表 6)。

表 6 农用塑料薄膜使用量的回归结果  
Tab.6 Regression results of agricultural plastic films usage

NML	Coef.	Std. Err.	t	P> t
$\alpha_1$	21.4798	2.730881	7.87***	0.000
$\alpha_2$	-0.0040044	0.0007268	-5.51***	0.000
$\alpha_0$	16216.43	2464.766	6.58***	0.000

根据参数带入(2)式,计算结果为:

$$E_t = -\alpha_1/\alpha_2 = 5364.05 \quad (6)$$

根据回归结果确定的拐点水平为 5 364.05 元,说明陕西省农用塑料薄膜使用量与农业人均收入二者也还处于同步增长期。

### 3.3.3 农药使用量的模型拟合与评价

根据农药使用量为因变量、农业人均收入为自变量回归的结果可以将二者关系大致表示为:

$$P_t = 9153.128 + 11.534E_t - 0.0037226E_t^2 \quad (7)$$

一次项系数约为 11.534,并在 1%的水平上显著。二次项系数为-0.0037226,并且在 1%的水平上显著。说明陕西省农药使用量和农业人均收入之间的关系也为倒“U”型,符合 EKC 理论的假设(表 7)。

表 7 农药使用量的回归结果  
Tab.7 Regression results of pesticide usage

NYL	Coef.	Std. Err.	t	P> t
$\alpha_1$	11.53401	3.7179	2.12***	0.041
$\alpha_2$	-0.0037226	0.0007878	-2.56***	0.030
$\alpha_0$	9153.128	6063.263	1.51***	0.165

根据参数带入(2)式,计算结果为:

$$E_t = -\alpha_1/\alpha_2 = 3098.37 \quad (8)$$

根据回归结果确定的拐点水平为 3 098.37 元,说明陕西省农药使用量与农业人均收入二者还处于同步增长期,不过化肥使用量的增幅也会逐渐小于农业人均收入,最终达到极大值。

## 4 讨论与结论

上述模拟分析结果可以看出,化肥、农用塑料薄膜和农药面源污染与农业人均收入符合 EKC 曲线的拟合结果,从 t 检验结果可以看出拟合效果较好,经济发展与面源污染水平还存在明显相关性,并且农业人均收入二次项系数均为负值,面源污染与农业人均收入关系呈倒“U”型。另外,根据回归结果确定的参数计算模型拐点,化肥、农用塑料薄膜和农药对应的农业人均收入分别为 3 856.72、5 364.05、3 098.37 元,但根据《陕西省统计年鉴》2009—2020 年农业人均收入为 1 050~2 750 元,并没有达到拐点值,目前正处于倒“U”曲线左侧并逐渐向拐点靠近,说明陕西省农业经济发展过程中仍然会导致农业面源污染不断加重,依赖化肥、农药等污染品的大量投入促进农业经济发展的现状依然存在,农业经济发展和农业面源污染还存在同步增长的趋势。

陕西省农业面源污染总量及占比近几年均大幅下降,说明通过现代农业生产方式转型、政府环境政策干预力度加强、农业面源污染检测水平提升、农户环境保护意识提高等会使拐点提前达到,并很快进入反向的发展阶段。但陕西省在农村经济发展过程中,由农膜、农药等带来的环境污染会持续,所以政府还需进一步加大农业面源污染治理力度,通过多途径、多手段解决农业面源污染问题,从单纯地实现降低农业面源污染目标转向兼顾污染防治与促进农业经济发展,不断提升农民收入的双重目标,从而真正实现农业现代化,推动乡村振兴战略的实现。

## 参考文献:

- [1] 刘坤,任天志,吴文良,等. 英国农业面源污染防治对我国的启示[J]. 农业环境科学学报,2016,35(5):817-823.
- [2] 贾卫国. 农业面源污染与农业经济增长——以江苏省数据为考察对象[J]. 求索,2010(9):31-32,82.
- [3] 石美玲. 农业面源污染与经济增长的关系[J]. 江苏农业科学,2014,42(8):477-479.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.027

## 广西桉树林下植被抚育现状调查与分析

王会利<sup>1</sup>,何福英<sup>2</sup>,陆星任<sup>3</sup>,农慧<sup>4</sup>,宋贤冲<sup>1</sup>,苏寒<sup>4</sup>,付军<sup>5</sup>,覃鹏飞<sup>6</sup>,曹继钊<sup>1</sup>

(1. 广西壮族自治区林业科学研究院/国家林业和草原局中南速生材繁育实验室/广西优良用材林资源培育重点实验室, 广西南宁 530002; 2. 南宁树木园, 广西南宁 530031; 3. 广西华沃特生态肥业股份有限公司, 广西南宁 530022; 4. 广西国有七坡林场, 广西南宁 530225; 5. 广西国有派阳山林场, 广西南宁 532500; 6. 广西国有大桂山林场, 广西贺州 542899)

**摘要:**林下植被抚育是桉树人工林经营中的关键环节。采用调查问卷的方式,在广西区直林场开展桉树林下植被抚育现状的调查,对林下草灌保留、除草方式、除草剂使用等情况进行汇总分析。结果显示,各林场通常采取人工和除草剂两种方式相结合进行桉树林下植被抚育;第一年抚育1~3次,第二年至第四年抚育0~1次,采伐前抚育1次;林下植被抚育时草灌保留高度在10~20 cm以下,部分林场林下灌木保留10%~30%;抚育成本675~1 275元/hm<sup>2</sup>;使用的除草剂主要是草甘膦、草舒、草乙疏等,均含有草甘膦成分,施用量为7.5~18.75 kg/hm<sup>2</sup>。采取多样化的桉树林下植被抚育方式,以平衡桉树生长和林下植被多样性的关系,促进桉树人工林可持续经营。

**关键词:**桉树人工林;林下植被抚育方式;除草剂使用;区直林场;广西

中图分类号:S792.39;S753.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0148-05

引文格式:王会利,何福英,陆星任,等. 广西桉树林下植被抚育现状调查与分析[J]. 林业调查规划,2023,48(3):148-152. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.027

WANG Huili, HE Fuying, LU Xingren, et al. Present Situation Investigation and Analysis of Understory Vegetation Management of *Eucalyptus* Plantation in Guangxi[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3):148-152. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.027

## Present Situation Investigation and Analysis of Understory Vegetation Management of *Eucalyptus* Plantation in Guangxi

WANG Huili<sup>1</sup>, HE Fuying<sup>2</sup>, LU Xingren<sup>3</sup>, NONG Hui<sup>4</sup>, SONG Xianchong<sup>1</sup>, SU Han<sup>4</sup>,  
FU Jun<sup>5</sup>, QIN Pengfei<sup>6</sup>, CAO Jizhao<sup>1</sup>

(1. Guangxi Forestry Research Institute, Key Laboratory of Central South Fast-growing Timber Cultivation of National Forestry and Grassland Administration, Guangxi Key Laboratory of Superior Timber Trees Resource Cultivation, Nanning 530002, China; 2. Arboretum of Nanning, Nanning 530031, China; 3. Guangxi Huawote Ecological Fertilizer Industry Co., Ltd., Nanning 530022, China; 4. Guangxi State-owned Qipo Forest Farm, Nanning 530225, China; 5. Guangxi State-owned Paiyangshan Forest Farm, Ningming, Guangxi 532500, China; 6. Guangxi State-owned Daguishan Forest Farm, Hezhou, Guangxi 542899, China)

**Abstract:** Understory vegetation tending is the key technology in *Eucalyptus* plantation management. A

收稿日期:2022-01-13.

基金项目:广西林业科技推广示范项目(桂林科研[2021]6号);技术开发(委托)项目“不同除草方式下桉树萌芽林生长和土壤功能的监测与评价”。

第一作者:王会利(1982-),女,湖北襄阳人,正高级工程师。研究方向为林业土壤生态与林木植物营养。Email:397776652@qq.com

责任作者:曹继钊(1972-),男,四川邻水人,正高级工程师。研究方向为森林生态和林木配方施肥技术。Email:jizhaobao@163.com

questionnaire survey was carried out in the Guangxi state-owned forest farms to investigate the present situation of understory vegetation management of *Eucalyptus* plantation. By analyzing the situation of understory vegetation preservation, weeding control methods and herbicide application, the present situation was comprehensively understood and the existing problems were analyzed. The results showed that the understory vegetation tending of *Eucalyptus* plantation in Guangxi was usually carried out by the combination of artificial weeding and herbicide; the foster frequency was 1-3 times in the first year, and 0-1 times in the 2-4 years of afforestation, 1 time before timber harvesting; the reserve height of underground vegetation was less than 10-20 cm, and 10%-30% of understory shrubs were preserved in some forest farms; the cost of understory vegetation tending was 675-1 275 yuan/hm<sup>2</sup>; the main herbicides included Glyphosate, Caoshu and Caoyishu, all of which contained glyphosate, with spraying herbicide 7.5-18.75 kg/hm<sup>2</sup>. This paper suggested to develop diversified tending measures of understory vegetation to balance the relationship between tree growth and understory vegetation diversity, and promote sustainable management of *Eucalyptus* plantation.

**Key words:** *Eucalyptus* plantation; understory vegetation tending patterns; herbicide use; autonomous region forest farm; Guangxi

广西壮族自治区自然条件优越,雨热同季,林木综合生长率是全国平均水平的2~3倍,是全国最大木材产区 and 林业产业大省。2020年,广西森林面积1 486.67万hm<sup>2</sup>,人工林面积906.67万hm<sup>2</sup>,木材产量超4 000万m<sup>3</sup>,约占全国木材产量的48%。桉树(*Eucalyptus*)是南方国家储备林的主要树种,面积约200万hm<sup>2</sup>,提供全区约80%的木材,有力地支撑了全国的木材供给<sup>[1]</sup>。此外,桉树人工林在涵养水源、保育土壤、固碳释氧、积累营养物质等方面也发挥着重要的作用。

林下植被抚育是一种常用的、有利于树木生长的人工林经营措施<sup>[2]</sup>,在桉树人工林经营管理中尤为普遍。桉树生长速度快,需要充足的阳光、水肥和空间,在桉树的整个生长期,特别是桉树幼苗时期竞争能力较弱,林下杂草和灌木是其主要的竞争对手<sup>[3]</sup>。此外,林下杂草丛生也会滋生更多病虫害<sup>[4]</sup>。因此,对林下植被进行科学的抚育管理有利于减少灌草与桉树的竞争,促进桉树生长,提高木材产出。桉树林下植被物种多样,有乔木幼苗、灌木、草本和藤本等,多具有多年生、宿根性,因而难防控<sup>[5-6]</sup>。除草和施肥能提高桉树人工林光能利用效率20%<sup>[7]</sup>。受林下植被影响,桉树生长量明显下降的林分面积占50%以上<sup>[8]</sup>。桉树造林后连续三年进行除草抚育,林木生长量可提高1~3倍<sup>[9]</sup>。

目前关于广西桉树林下植被抚育对林木生长、土壤肥力、土壤微生物、植物多样性等方面影响的研究报道很多<sup>[10-14]</sup>,但对桉树林下植被抚育方式的现状与存在的问题仍缺乏全面的了解。本文采用调查

问卷的方式,在广西区直林场开展桉树林下植被抚育现状的调查,通过对林下草灌保留、除草方式、除草剂使用等情况的汇总分析,了解广西桉树林下植被抚育现状,分析其存在的问题。

## 1 调查方法

### 1.1 调查对象

调查对象是广西区直林场,包括广西国有东门林场、大桂山林场、三门江林场、派阳山林场、六万林场、高峰林场、七坡林场、雅长林场、博白林场、黄冕林场、钦廉林场、维都林场、南宁树木园。

### 1.2 调查方法和内容

采用问卷调查的方式。调查内容包括林下草灌保留情况、除草方式(人工、除草剂、人工+除草剂、其他)、除草次数、除草时间、除草剂种类和使用剂量、除草效果、除草成本、林下草灌管理方式的建议等。

## 2 结果与分析

### 2.1 林下植被抚育情况

林下植被抚育是桉树人工林经营中的关键技术环节。调查结果显示,各区直林场均对林下植被进行抚育。

#### 1) 抚育方式

调查结果显示,桉树林下植被抚育主要采取人工和除草剂两种方式相结合。为了减少除草剂的使用,部分林场交替采用人工+除草剂与人工方式。

## 2) 抚育时间

受降雨、气温、地形、桉树生长阶段、种植年限和种植密度等影响,各林场桉树林下植被生长情况差异较大,因此开展抚育的时间差别比较大,通常在 2—7 月和 8—11 月进行抚育。

## 3) 抚育次数

桉树生长第一年时,由于处于生长前期,长势弱,幼树较低矮,易受除草剂的影响,林下植被抚育主要采取人工方式进行全部或带状抚育,根据林下植被生长情况进行抚育 1~3 次。在桉树生长第二年至第四年,林场根据林下植被生长情况每年进行抚育 0~1 次。此外,在桉树采伐前,通常会进行 1 次抚育。

## 4) 草灌保留

通常当林下杂草灌长至 50 cm 以上且影响桉树生长时进行抚育。不同林场对抚育后林下杂草灌的保留高度不同,但基本上都要求杂草灌保留高度在 10~20 cm 以下。部分林场会根据林下植被对桉树生长的影响程度,保留林下灌木 10%~30%。

## 5) 抚育成本

调查结果显示,人工抚育方式成本为 675~1 275 元/hm<sup>2</sup>,除草剂抚育方式成本为 675~1 170 元/hm<sup>2</sup>。抚育成本受很多因素影响,主要包括林下植被生长情况,用工成本,除草剂种类、价格和使用剂量等。

## 2.2 除草剂应用情况

### 1) 除草剂种类

各林场使用的除草剂主要是草甘膦、草舒、草乙疏等,均含有草甘膦成分。草甘膦主要的靶标植物为一年生、二年生以及多年生杂草<sup>[15]</sup>,其主要作用机理:一是通过抑制植物体内 EPSP(5-烯醇内酮酰莽草酸-3-磷酸合成酶)来限制芳香氨基酸的合成;二是抑制光合作用中的光合磷酸化<sup>[16]</sup>。

### 2) 除草剂使用量

由于市售的除草剂种类较多,林场选择的除草剂产品和浓度不同。调查结果显示,桉树人工林除草剂的施用量为 7.5~18.75 kg/hm<sup>2</sup>。

### 3) 除草剂使用效果

调查问卷将除草剂除草效果分为差、一般、较好、很好 4 种情况。据统计,除草剂除草效果为很好、较好和一般,分别占 38.46%、46.15%和 15.39%。

## 3 讨论与建议

### 3.1 合理保留林下植被

林下植被是人工林生态系统的重要组成部分,

在改善土壤结构、维护林地土壤质量和促进人工林养分循环和能量流动等方面发挥着重要作用<sup>[17]</sup>。林下植被是土壤养分的重要来源,关系到土壤的养分循环,同时能促进凋落物的分解和养分的归还,尤其是草本层大量以凋落物形式回归土壤<sup>[18-20]</sup>,对林木生长和地力维持尤为重要。桉树多代连栽明显改变了林下植被种类和功能群组成,低代次、中代次和高代次桉树林下植被分别以乡土木本植物、乡土草本植物和入侵植物为主<sup>[21]</sup>。这可能是因为与其他类群相比,草本植物的适应性最强<sup>[22]</sup>。

林龄也影响桉树林下植被生长。生长初期林下植被多样性指数较低,到成熟林时期有所回升<sup>[23]</sup>。桉树、杉木、杨树等人工林经营中均有地力衰退现象,而林下植被多样性的减少被认为是重要原因之一。林下植被是人工林稳定和生态系统服务供应所必需的<sup>[24]</sup>。桉树林下植被抚育目的并不是彻底铲除杂草灌木,而是减少其与桉树竞争阳光、水肥和空间,减少发生病虫害的风险,促进林木生长。

由此可见,林下植被在维持桉树人工林生态系统功能的同时,与桉树形成竞争关系,与土壤功能、林木生长之间的相互作用极其复杂。有研究表明,当桉树林下植被覆盖率超过 50%,高度超过 1 m 时对桉树生长造成影响<sup>[8]</sup>。也有研究报道建议,当桉树林下植被杂草高度约 0.3 m 或覆盖率超过 30% 时,应进行除草工作<sup>[25]</sup>;杂草高度以 0.2~0.5 m、覆盖率以不超过 50% 为宜<sup>[26]</sup>。桉树人工林带状抚育可使植物多样性、生物量碳储量和木材产量之间产生正协同效应,也被推荐<sup>[27]</sup>。以上研究报道多是基于生产经验的归纳总结或少数试验点的林下植被抚育对比试验。

调查研究表明,广西区直林场桉树林下植被抚育时杂草灌保留高度在 10~20 cm 以下,部分保留林下灌木 10%~30%。由于目前广西桉树林下植被合理保留范围仍不清楚,林场在实际生产经营中可能会出现对林下植被干预过度的情况。合理保留林下植被,减少其负面影响的同时保留一些生态功能,使桉树生长和林下植被多样性之间达到平衡,这备受广大桉树种植单位和学者的关注。建议在广西桉树不同种植区域开展林下植被与土壤功能、林木生长之间的相互作用过程和机制的深入研究,以期确定为桉树林下植被合理保留范围提供理论支撑。

### 3.2 积极探索合适的抚育模式

抚育方式主要分为物理和化学两种方式。物理方式通常采取人工抚育,其最大的优点是环保和安

全,但由于广西桉树人工林大部分地处山区,地形条件复杂多变,难以采用机械抚育,而人工抚育任务繁重,劳动强度大,人工和时间成本高,抚育效果较差还会导致抚育次数增加,容易导致水土流失。同时,桉树林下植被抚育理想时间阶段相对比较集中,用工量大,但当前因大量农村劳动力流向城市,导致劳动力严重缺乏,人工成本增加,可能出现因林下植被抚育不及时使桉树生长受影响情况。

化学除草剂方式林下植被抚育效果好,防治时间长,人工和时间成本低,操作方便,不易产生水土流失,适宜在大面积林地上使用。此外,化学除草剂不断得到改良,市场上的化学除草剂品种繁多。化学除草剂方式由于在抚育效率、效果和成本等方面的优势明显,在林下植被抚育中的应用越来越普遍。但这种方式会导致有毒有害成分残留在土壤中,富集在植物中,或进入水体对包括人类的生物产生环境危害和健康安全隐患。此外,植物提取物、化感物质和一些微生物也被用作生物除草剂,主要通过分泌有毒代谢物或影响正常的细胞功能来抑制杂草种群<sup>[28]</sup>,但生物除草剂对目标对象的选择性和有效性比较强。

目前广西桉树人工林林下植被抚育采取人工抚育和化学除草剂相结合的方式,抚育方式单一。不同抚育方式均存在很多利弊,建议广大学者给予林下植被抚育机械设备研发、化学和生物除草剂更多关注,开发便捷高效的机械设备和低毒低残留、安全高效的除草剂,积极探索以物理方式和生物除草剂为主的抚育模式。

### 3.3 科学应用除草剂

目前,市售的除草剂品种繁多,根据作用范围可分为选择性和灭生性除草剂,根据作用方式可分触杀性和传导性除草剂,根据作用部位可分为茎叶类、树干类和土壤类<sup>[29-30]</sup>。除草醚、盖草能、果尔等属于选择性除草剂,草甘膦、百草枯、敌草快等属于灭活性除草剂,敌稗、百草枯等属于触杀性除草剂,2,4-D 丁酯、草甘膦、二甲四氯等属于传导性除草剂<sup>[29-30]</sup>。广西桉树人工林林下植被抚育使用的除草剂主要是草甘膦、草舒、草乙疏等,均含有草甘膦成分,属于灭生性、传导性除草剂,对顽固性杂草的灭杀效果很好。

目前,桉树林下植被管理高度依赖除草剂,由此带来的桉树人工林生态系统可持续经营、环境生态问题备受关注。有学者研究发现,施用除草剂会降低土壤质量,影响桉树生长,改变林下植被群落结构,但随除草剂施用频率的降低及恢复时间的增加,

物种丰富度及多样性指数呈恢复趋势<sup>[12,14]</sup>。长期大量使用同一种除草剂会打断林下植被的生命周期,明显缩小了林下植被的生态位,不断淘汰抗性弱的物种,选择了更少但更有竞争力的物种<sup>[31]</sup>,经过多次诱导和进化,适应性增强而成为优势种群,最终导致林下植被多样性降低和外来物种入侵<sup>[12]</sup>。因此,桉树人工林下植被抚育中应尽量减少除草剂的应用,或尽量选择低毒低残留的除草剂产品,尽量避免长期施用单一类型的除草剂。

## 4 结 语

总之,要通过合理保留林下植被、积极探索抚育模式和科学应用除草剂等措施,制定多样化的桉树林下植被抚育方式,降低林下植被对单一抚育方式的适应性,以不断拓宽林下植被的生态位,维持林下植被多样性,平衡桉树生长和林下植被多样性的关系,促进桉树人工林可持续经营。

## 参考文献:

- [1] 曹继钊,李孝忠. 桉树人工林沃土保育与可持续经营思考[J]. 广西林业科学,2017,46(2):233-236.
- [2] 贺同鑫,李艳鹏,张方月,等. 林下植被剔除对杉木林土壤呼吸和微生物群落结构的影响[J]. 植物生态学报,2015,39(8):797-806.
- [3] 邱超明. 桉树幼林抚育管理的重要性及解决策略[J]. 农业与技术,2019,39(8):71-72.
- [4] 丁建波,陈尚沛,莫天靖. 桉树幼林、成林抚育的管理对策探究[J]. 南方农业,2021,15(8):70-71.
- [5] 罗洁贤,俞政民,聂钰滢,等. 不同林龄桉树林下植被多样性分析[J]. 林业与环境科学,2019,35(1):36-42.
- [6] 闫河. 基于茎秆喷施法防治桉树林杂草的除草剂选择研究[D]. 广州:华南农业大学,2018.
- [7] CARRERO O,STAPE J L,ALLEN L,et al. Productivity gains from weed control and fertilization of short-rotation *Eucalyptus* plantations in the Venezuelan Western Llanos [J]. Forest Ecology and Management,2018,430:566-575.
- [8] 吕月保. 桉树林下植被与桉树生长的相关性及其除草剂在桉树营林生产中的应用初报[J]. 桉树科技,2004(1):50-52.
- [9] 何金明. 控草和施肥对桉树生长影响的试验研究[J]. 安徽农学通报,2014,20(13):115-118.
- [10] 马倩,周晓果,梁宏温,等. 不同经营措施对桉树人工林植物多样性的影响[J]. 广西科学,2017,24(2):182-187,195.
- [11] 龙定建,严理,秦武明. 除草对人工林生产力与生物多样性的影响及其可持续经营[J]. 广西林业科学,

- 2016,45(2):180-185.
- [12] 周晓果,左晓庆,温远光,等. 除草剂对桉树人工林下植物及土壤微生物群落的影响[J]. 生态学报,2021,41(17):6749-6763.
- [13] 左晓庆. 除草剂对桉树人工林植物—土壤—微生物的影响[D]. 南宁:广西大学,2020.
- [14] 温远光,左晓庆,周晓果,等. 除草剂对桉树人工林生物量和碳储量的影响[J]. 广西科学,2020,27(2):128-135.
- [15] 陈绩源,徐泽炜,桂路露,等. 除草剂草甘膦研究进展[J]. 农业工程,2016,6(6):142-144.
- [16] 陈虎保,朱惠香,陈国海. 草甘膦的作用机理及部位[J]. 林业科技通讯,1997(1):23-25.
- [17] SU X P, LI S J, WAN X H, et al. Understory vegetation dynamics of *Chinese fir* plantations and natural secondary forests in subtropical China[J]. Forest Ecology and Management, 2020, 483: 118750.
- [18] 杨承栋,焦如珍,屠星南,等. 发育林下植被是恢复杉木人工林地力的重要途径[J]. 林业科学,1995,31(3):276-283.
- [19] YANG Y, ZHANG X Y, WANG H M, et al. How understory vegetation affects the catalytic properties of soil extracellular hydrolases in a Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) forest[J]. European Journal of Soil Biology, 2019, 90: 15-21.
- [20] 郭琦,王新杰. 不同混交模式杉木人工林林下植被生物量与土壤物理性质研究[J]. 中南林业科技大学学报,2014,34(5):70-74.
- [21] 李朝婷,周晓果,温远光,等. 桉树高代次连栽对林下植物、土壤肥力和酶活性的影响[J]. 广西科学,2019,26(2):176-187.
- [22] VANHA-MAJAMAA I, SHORHOVA E, KUSHNEVSKAYA H, et al. Resilience of understory vegetation after variable retention felling in boreal Norway spruce forests—A ten-year perspective [J]. Forest Ecology and Management, 2017, 393: 12-28.
- [23] 朱育锋,肖智华,彭晚霞,等. 广西不同龄级桉树人工林植物多样性和群落结构动态变化特征[J]. 中南林业科技大学学报,2018,38(12):38-44.
- [24] AHMAD B, WANG Y H, HAO J, et al. Optimizing stand structure for tradeoffs between overstory and understory vegetation biomass in a larch plantation of Liupan Mountains, Northwest China[J]. Forest Ecology and Management, 2019, 443: 43-50.
- [25] 李志育. 桉树造林技术要点及造林效益提升策略[J]. 南方农业,2021,15(6):86-87.
- [26] 吴庆标,张雨蒙,陶日志,等. 广西桉树人工林高产稳产影响因素及调控对策[J]. 安徽农业科学,2020,48(18):125-130.
- [27] ZHOU X G, ZHU H G, WEN Y G, et al. Effects of understory management on trade-offs and synergies between biomass carbon stock, plant diversity and timber production in eucalyptus plantations[J]. Forest Ecology and Management, 2018, 410: 164-173.
- [28] RADHAKRISHNAN R, ALQARAWI A, ALLAH E F. Bioherbicides: Current knowledge on weed control mechanism[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2018, 158: 131-138.
- [29] 刘壮. 草舒对尾巨桉幼苗生长及生理的影响[D]. 南宁:广西大学,2016.
- [30] 谢东红. 除草剂对桉树伐桩处理及幼林去除杂草抚育的影响分析[J]. 南方农业,2019,13(8):146-148.
- [31] RIEMENS M, SØNDERSKOV M, MOONEN A, et al. An integrated weed management framework: A pan-European perspective [J]. European Journal of Agronomy, 2022, 133: 126443.

责任编辑:刘平书

(上接第 147 页)

- [4] 刘志欣,邵景安,李阳兵. 重庆市农业面源污染源的 EKC 实证分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(11): 94-101.
- [5] 于骥,蒲实,周灵. 四川省农业面源污染与农业增长的实证分析[J]. 农村经济,2016(9):56-60.
- [6] 尚杰,李新,邓雁云. 基于 EKC 的农业经济增长与农业面源污染的关系分析——以黑龙江省为例[J]. 生态经济,2017,33(6):157-160,166.
- [7] 梁伟健,江华,廖文玉,等. 农业面源污染与农业经济增长的空间互动效应[J]. 江淮论坛,2018(3):34-42.
- [8] 孙大元,杨祁云,张景欣,等. 广东省农业面源污染与农业经济发展的关系[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(S1):102-105.
- [9] 杨军,李建琴. 福建省农业经济增长、农业结构与面源污染关系研究[J]. 中国生态农业学报,2020,28(8):1277-1284.
- [10] 彭甲超,肖建忠,李纲,等. 长江经济带农业废水面源污染与农业经济增长的脱钩关系[J]. 中国环境科学,2020,40(6):2770-2784.

责任编辑:杨焱熔

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.028

## 疏伐对促进红松果林生长与结实的影响研究

杨吉江<sup>1</sup>, 杨军<sup>1</sup>, 肖锐<sup>2</sup>, 杨凯<sup>2,3</sup>

(1. 黑龙江省林业和草原调查规划设计院, 黑龙江 哈尔滨 150010; 2. 黑龙江省林业科学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150040; 3. 果松产业国家创新联盟, 黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘要:**针对目前红松果林经营中产量偏低的现象,采取以疏伐为主的措施进行促进红松果林生长和结实的试验。结果表明,疏伐强度分别为 45.35% 和 34.30% 的两组试验地,其胸径生长量分别比对照(未经疏伐林分)提高 189.7% 和 154.8%,冠幅生长量提高 229.5% 和 189.5%,结实株率分别提高 155% 和 100%。疏伐可促使红松种子品质明显提高,种子活力和千粒重比对照增加 15.4% 和 8.95%,球果数量和重量增加 8.5% 和 26%,出种率增加 171%。强度疏伐( $\geq 50%$ )可显著提高红松林木生长,促进其开花结实。

**关键词:**疏伐;疏伐强度;林分生长;结实量;种子品质;红松果林

中图分类号:S753.513;S791.247;S758.52;S722.1 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0153-05  
引文格式:杨吉江,杨军,肖锐,等.疏伐对促进红松果林生长与结实的影响研究[J].林业调查规划,2023,48(3):153-157,201. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.028

YANG Jijiang, YANG Jun, XIAO Rui, et al. Effect of Thinning on Promoting the Growth and Fruiting of *Pinus koraiensis* Fruit Forest[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 153-157, 201. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.028

## Effect of Thinning on Promoting the Growth and Fruiting of *Pinus koraiensis* Fruit Forest

YANG Jijiang<sup>1</sup>, YANG Jun<sup>1</sup>, XIAO Rui<sup>2</sup>, YANG Kai<sup>2,3</sup>

(1. Heilongjiang Institute of Forestry and Grassland Investigation Planning and Design, Harbin 150010, China;  
2. Heilongjiang Academy of Forestry, Harbin 150040, China;  
3. National Innovation Alliance for Industry of Nut Pine, Harbin 150040, China)

**Abstract:** To solve the current problem of low yield in fruit forest management of *Pinus koraiensis*, main measurements of preliminary thinning were taken to promote the growth and fruiting of *Pinus koraiensis* fruit forests. The results showed that the two experimental plots with thinning intensities of 45.35% and 34.30%, respectively, showed an increase of 189.7% and 154.8% in DBH growth, 229.5% and 189.5% in crown growth, and 155% and 100% in seed setting rate compared to the control (non thinning stand). Thinning could significantly improve the quality of *Pinus koraiensis* seeds, increase seed vitality and thousand seed weight by 15.4% and 8.95% compared to the control, increase the number and weight of cones by 8.5% and 26%, and increase the seed emergence rate by 171%. Intensive thinning ( $\geq 50%$ )

收稿日期:2022-03-08.

基金项目:中央财政林业科技推广示范项目(黑[2023]TG02号;黑[2023]TG23号);国家“十三五”重点研发项目(2016YFC050030501);黑龙江省科技厅重点攻关项目(CC12B203).

第一作者:杨吉江(1965-),男,黑龙江哈尔滨人,高级工程师.主要从事森林、草原调查规划工作.

责任作者:杨军(1972-),男,黑龙江哈尔滨人,高级工程师.从事森林经理工作.

could significantly improve the growth of *Pinus koraiensis* and promote the flowering and fruiting.

**Key words:** thinning; thinning intensity; stand growth; seed yield; seed quality; *Pinus koraiensis* fruit forest

红松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)是我国东北林区特有的珍贵树种,红松虽然主要以用材为主,但同时它又是果树,种仁是营养丰富的保健食品。内含多种生物活性物质,经济价值较高,在医疗保健方面具有广阔的前景<sup>[1-2]</sup>。红松结实量较高,在生长旺盛期的丰年均大量结实。国外已对红松果林的发展和建设进行了有益尝试,俄罗斯已开展了坚果型优树选择、优良林分的划分和种子丰产标准的研究<sup>[3-5]</sup>,我国从 80 年代开展对红松开花结实规律、良种选育、促进结实及优树选择的研究<sup>[6-12]</sup>,采取疏伐、修枝、整型和土壤管理、生物激素等栽培技术措施<sup>[13-15]</sup>可促进红松果林大量结实。10 多年来,营造红松果林已得到各地的普遍重视,目前已逐渐将建设红松果林列为林区经济发展的支柱产业之一,林业生产部门迫切需要有关红松果林经营的实用技术。本试验重点研究疏伐对促进红松果林生长与结实以及结实品质的影响,为了解红松的结实规律、提高种子产量、促进红松经济林的发展提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源

试验林分别位于黑龙江省鹤岗市红旗林场、兴隆林业局蚂螂河经营所、东京城林业局、黑龙江省林业科学院丽林林场和勃利县通天二林场、吉林省露水河林业局等地。天然林林龄 150 a 以上,人工林林龄 15~35 a。

### 1.2 研究方法

设置 0.1 hm<sup>2</sup> 固定样地 20 块,各地区均按强度、中度、弱度疏伐及对照样地 4 种方式进行设计,调查样地内的样株数量,以在勃利县通天二林场为典型固定样地举例,其状况如表 1 所示,样地均为 1959 年春在次生林下营造红松纯林,密度为 6 600 株/hm<sup>2</sup>,分别在 1979、1980、1982、1989 等年度进行疏伐。

## 2 结果与分析

### 2.1 疏伐对红松林分生长的影响

红松果林正常生长和开花结实均需要一定的光照强度,充足的阳光能促进树木加速光合作用和营养的积累,疏伐的目标就是把红松果林调整到最合

表 1 红松果林样地疏伐状况

Tab. 1 Thinning status of *Pinus koraiensis* fruit forest samples

疏伐时间	保留株数/(株·hm <sup>-2</sup> )			疏伐强度/%		
	样地 1	样地 2	样地 3	样地 1	样地 2	样地 3
1980	228			58.0		
1982			1743			18.9
1986		1064			38.9	
1989	370	690		49.2	35.1	
1990			1414			31.2
1993		406			42.0	
1996			867			38.7

理的经营密度,使养分更集中,光照更充分,使营养丰富、生长旺盛的红松果树结实量明显提高。

#### 2.1.1 疏伐强度对红松林分平均胸径生长的影响

鹤岗市红旗林场红松人工林经过疏伐后,其林分生长量和结实量较对照标准地均有明显提高,不同疏伐强度对林分平均胸径生长差异显著(表 2)。

表 2 疏伐强度对平均胸径生长的影响

Tab. 2 Effect of different thinning intensities on the average DBH growth

间伐强度类型	样地号	间伐强度/%	平均间伐强度/%	胸径生长				
				3 年生长/cm	定期平均/cm	3 年生长率/%	定期平均生长率/%	各处理与对照比/%
强度间伐	2	45.29		2.47	0.82	20.9	6.94	
	13	53.25		2.86	0.95	22.8	7.56	
	9	36.88		3.22	1.07	28.6	9.50	
	5	43.79		3.22	1.05	27.8	9.22	
	平均	45.35		2.94	0.98	25.0	8.31	189.5
中度间伐	12	36.12		2.21	0.74	16.24	5.44	
	1	37.56		2.04	0.68	16.86	5.62	
	7	31.90		2.93	0.97	26.4	8.74	
	10	31.65		2.41	0.8	19.2	6.37	
	平均	34.31		2.40	0.78	19.65	6.54	154.8
CK 对照	CK 对照			1.55	0.51	14.24	5.78	100



由表 2 可知,疏伐强度为 45.35% 时,定期胸径生长量为 2.94 cm,疏伐强度为 34.31% 时,定期胸径生长量为 2.40 cm,分别为对照区的 189.7% 和 154.8%。由于样地坡位不同,立木密度不同,则平均胸径增值也不同,进行方差分析,结果见表 3。 $F$  值为 10.63,大于  $F_{0.05}(11,359)1.8$ ,充分说明不同样

地间的平均胸径存在显著差异。

2.1.2 疏伐强度对红松林分平均冠幅生长的影响

红松果林需要有较高的生物量和庞大的树冠才能促进结实。树高和直径生长主要依靠地下根系供应水分、无机盐类和地上树冠的叶子光合作用制造养料。通常林木冠幅大小可确定树木所占的营养空间,冠幅与根系分布范围密切相关,因此探究红松果林冠幅生长发育对疏伐强度、疏伐间隔期的确定十分重要(表 4)。

由表 4 可知,加大疏伐强度,树木营养空间增大,则冠幅发育也增大。对照区年均冠幅生长为 0.29 m,而间伐区年均冠幅生长分别为 0.54 m 和 0.65 m,13 号样地年均冠幅增长可达 0.87 m。调查得知,疏伐后第一年冠幅增长量较小。

表 3 疏伐强度对平均胸径生长的方差分析

Tab. 3 Variance analysis of different thinning intensities on the average DBH growth

方差来源	变异平均和	自由度	方差估计值	$F$ 值	$F_{0.05}(11,359)$
样地间	116.02	11	11.69	10.63	1.80
试验误差	159.09	348	0.50		
总和	276.01	359			

表 4 疏伐强度对林分平均冠幅生长的影响

Tab. 4 Effect of different thinning intensities on the average crown growth of forest stand

样地	起始密度 / (株·hm <sup>-2</sup> )	现实密度 / (株·hm <sup>-2</sup> )	疏伐强度 / %	初测平均冠幅 / m <sup>2</sup>	二次测平均冠幅 / m <sup>2</sup>	冠幅增长量 / m <sup>2</sup>	定期平均增长量 / m <sup>2</sup>	冠幅增长率 / %	单株营养面积 / m <sup>2</sup>	理论密度 / (株·hm <sup>-2</sup> )	各强度冠幅比
4(对照)	1744	-	-	2.90	3.42	0.52	0.17	17.9	9.19	1088	
6(对照)	1536	-	-	2.95	3.56	0.61	0.20	20.7	9.95	1005	
平均	1640	-	-	2.93	3.49	0.57	0.19	19.3	9.57	1047	100.0
1	1672	1044	37.56	2.90	3.94	1.03	0.34	35.5	12.19	820	
7	1580	1076	31.90	3.06	4.24	1.18	0.39	38.6	14.12	708	
12	1660	1068	35.66	3.00	4.03	1.02	0.34	34.0	12.69	788	
平均	1637	1062	35.04	2.99	4.07	1.08	0.36	36.0	13.00	769	189.5
2	1528	836	45.29	3.10	3.98	0.88	0.29	28.4	12.45	803	
13	2028	948	53.25	3.04	4.78	1.74	0.58	57.2	17.95	557	
5	1708	960	43.79	3.24	4.26	1.06	0.35	33.1	14.25	701	
9	1616	1020	36.88	3.06	4.61	1.55	0.51	50.7	16.69	599	
平均	1720	941	44.82	3.10	4.41	1.31	0.44	42.4	15.34	665	229.5

疏伐是改善植株冠幅生长的重要手段之一,合适的疏伐强度能够显著改善植株的生长状况,同时节约抚育成本,增加经济价值。对不同疏伐强度(强度间伐:2,13,5,9;中度间伐:1,7,12;对照:4,6)的树冠定期平均增长量进行方差检验( $P(0.00689) < 0.05$ )(图 1)。

从图 1 可知,不同间伐强度对林分平均冠幅增长量有显著影响。多重比较结果显示,强度和中度间伐能显著促进林分平均冠幅的增长,但不同疏伐

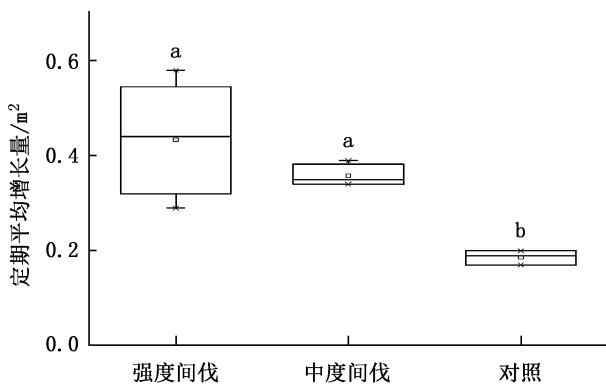
强度间差异不显著。

2.1.3 疏伐强度的确定

根据平均冠幅求算单株平均营养面积,可以求算单位面积立木株数,把这个株数称为理论密度。把平均极强度间伐立木密度与理论密度的比值称为修正系数。

$$\text{理论密度 (株/hm}^2\text{)} = 10\,000 \div (\text{保留木平均冠幅宽} + \text{保留冠幅平均 N 年增长宽度})^2 \times \pi \div 4$$

根据样地资料求得修正系数为 1.41504。



注:不同字母间表示差异显著,  $P < 0.05$ 。

图 1 疏伐强度对林分平均冠幅生长的影响

Fig. 1 Effect of thinning intensities on the average crown growth of forest stand

保留株数(株/hm<sup>2</sup>)=理论密度(株/hm<sup>2</sup>)×1.415 04

若想提高红松果林产量,必须疏伐强度>50%。根据表 4 的林分年平均冠幅增长量( $y$ )与理论密度( $X$ )进行一元线性回归分析,得  $R = -0.952 7$ ,  $a = 1.369 2$ ,  $b = -0.001 1$ 。若要达到一定的冠幅增长量,必须具有相应的合理密度。

确定疏伐强度必须探究胸径与冠幅相关数学模型,通过胸径与冠幅的预测得出年均冠幅增长量,然后确定疏伐强度。利用胸径与冠幅相关数学模型: $y = a + bx$ ,即可求出各平均胸径的冠幅理论值,其平方数即为平均冠幅面积理论值。将其去除 10 000 m<sup>2</sup>,即得每公顷需保留的株数。冠幅面积要加上树木间隔期冠幅增值的面积。

## 2.2 疏伐对林分结实的影响

### 2.2.1 疏伐对天然红松果林结实量的影响

在对红松果林进行疏伐试验调查后,证实红松果林必须经营管理才能提高结实量,在黑龙江省林业科学院丽林林场的两块样地和吉林省露水河林业局东升林场的红松果林内进行疏伐试验,林龄超过 150 a,经疏伐后,结实量明显高于对照样地(表 5)。

不同强度疏伐后种子产量和种子品质均有提高,优良天然红松林疏伐后保留 146 株/hm<sup>2</sup>,比未疏伐的优良林分种子产量增加 0.76%,株数减少 32%(株数比)。种子产量虽然增加不多,但是种子品质提高较大。经测定可以看出,种子活力指数增加 15.4%、千粒重增加 8.95%(表 6)。

天然红松林疏伐必须调查林龄和林分结构,一般天然红松林林龄超过 170 a 后改建为母树林效果不佳。

表 5 疏伐对天然红松果林结实量的影响

Tab. 5 Effect of thinning on seed yield of natural *Pinus koraiensis* fruit forest

样地	地点	措施	单株平均 结种量 /kg	结实 株率 /%	种子产量 /(kg· hm <sup>-2</sup> )	林分状况
4	丽林	疏伐	3.915	85	332	优良
5	丽林	疏伐	3.892	80	373	优良
10	丽林	对照	2.252	68	230	优良
20	丽林	对照	2.154	70	145	一般
23	丽林	对照	1.473	65	187	一般 (对照)
1	东升	疏伐	2.10	90	305	优良
2	东升	对照	1.80	82	303	优良

表 6 天然红松果林不同疏伐强度种子品质比较

Tab. 6 Comparison of seed quality of different thinning intensities in natural *Pinus koraiensis* fruit forest

疏伐强度 /(株· hm <sup>-2</sup> )	郁闭度	活力指数		千粒重	
		均值	增长率 /%	均值 /g	增长率 /%
110	0.5	0.152	34.5	518.5	8.95
150	0.9	0.133	17.0	480.2	0.90
193	0.9	0.113	0	475.9	0

### 2.2.2 疏伐对红松人工林结实量的影响

人工红松林疏伐与未疏伐其生长、结实量不同。在勃利县通天二林场第 10 林班设立 3 块样地,其林龄相似,由于疏伐起始年限和疏伐强度不同,结实量和生长量也不同(表 7),该样地 1959 年造林,第一块样地是 1980 年采用强度疏伐(58%),保留 728 株/hm<sup>2</sup>,经 9 a 后进行第二次强度疏伐(49.2%),保留株数 370 株/hm<sup>2</sup>,结实株率为 90%,平均每株结实球果 13.3 个;结实范围为 4~51 个球果,总蓄积为 75.9 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,总球果数为 3 670 个/hm<sup>2</sup>;第三块样地采用弱度疏伐,保留 867 株/hm<sup>2</sup>,结实株率为 45%,平均株结实球果 6 个,总蓄积为 46.8 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。实验结果表明,红松人工林经过强度疏伐不影响树木生长和发育,反而提高生长量和结实量。

果林的正常生长和结果均需要一定的光照强度,光照不足会影响红松林木生长、养料积累和结实。疏伐红松果林的目的是把红松果林调整到合理经营密度。对鹤岗市红旗林场 25 a 生红松人工林疏伐试验地进行调查,也同样证实了疏伐能够促进

表7 人工红松林不同疏伐强度结实量比较

Tab.7 Comparison of seed yield of different thinning intensities in artificial *Pinus koraiensis* forest

样地号	林龄/a	密度/(株·hm <sup>-2</sup> )	林分平均值			林分球果数/(个·hm <sup>-2</sup> )	结实率与对照比/%
			树高/m	胸径/cm	结实株率/%		
1	40	370	9.85	24.1	90.8	3630	155.1
2	40	390	10.25	18.5	75.9	2904	124.1
3	40	867	9.36	16.1	60.0	2340	100.0
4	25	1744	5.30	8.5	19.0	1972	100.0
5	25	960	7.10	12.5	38.0	2548	127.0
15	25	348	7.50	12.7	51.0	1255	65.0

林木生长和开花结实,还能提高种子产量和出仁率。历经4年的极强度间伐表明,间伐后林木生长稳定,未遭到杂草和风雪危害以及松梢螟虫危害。因此,改建红松果林与经营要提前进行透光伐和疏伐,保证充足的光照,促进增大树冠体积,降低枝下高。

### 2.3 疏伐对红松种子品质的影响

疏伐对红松结实品质影响很大,经营目的不但要提高种子产量,同时还要提高种子品质。对鹤岗市红旗林场疏伐和未疏伐人工红松林结实品质进行调查(表8)。

表8 疏伐对人工红松林种子品质的影响

Tab.8 Effect of thinning on seed quality of artificial *Pinus koraiensis* forest

样地	球果个数/个	球果重量/kg	种子重/g	出种率/%	千粒重/g
未疏伐	6.45	1.46	340.00	40.2	646.72
疏伐	7.00	1.84	784.21	93.4	802.43

疏伐林分比未疏伐林分球果数量增加8.5%,球果重量增加26%,种子重量增加115.7%,出种率增加171.8%,千粒重增加8.6%,由于疏伐后增加了光照强度,无疑会引起林内温度和湿度的变化,水热条件的改善,促进了土壤微生物活动效果,使开花数量增加,营养更加集中,种子的品质得到提高。

### 3 结论与讨论

红松果林正常生长和开花结实均需要一定的光照强度,充足的光照能促进林木加速光合作用和营

养积累。林木冠幅大小确定林木所占的营养空间,冠幅与根系分布范围密切相关,疏伐的目标是把红松果林调整到最合理的经营密度,使养分更集中,光照更充分,使营养丰富、生长旺盛的红松果树结实量明显提高。红松人工林经过疏伐后,其林分生长量和结实量较对照标准地均有明显提高,不同疏伐强度对林分平均胸径生长差异显著,疏伐强度分别为45.35%和34.30%的两组试验标准地,其胸径生长量分别比对照林分提高189.7%和154.8%,其冠幅生长量提高229.5%和189.5%,其结实株率分别提高155%和100%。

疏伐对红松结实品质影响很大,由于疏伐后增加了光照强度,无疑会引起林内温度和湿度的变化,水热条件改善,促进了土壤微生物活动效果,使开花数量增加,营养更加集中,种子的品质得到提高。疏伐不但能提高种子产量,同时还提高了种子的品质。对疏伐和未疏伐人工红松林结实品质进行调查结果表明,疏伐林分比未疏伐林分球果数量增加8.5%,球果重量增加26%,种子重量增加115.7%,出种率增加171.8%,千粒重增加8.6%,

红松果林经营应按不同径阶确定合理的保留密度<sup>[16]</sup>,疏伐后郁闭度应保持在0.5~0.6范围,疏伐强度过大会影响结实产量,疏伐强度过小则林冠很快就会郁闭,会对林木生长和结实产生影响。合理的疏伐间隔期应在5年以上。

促进红松果林结实的措施是复合经营作用。以疏伐为主,辅以松土、整枝、施肥等措施来提高果林的结实量。其中疏伐措施对红松促进结实作用十分明显。本文重点探讨了疏伐对红松结实的影响,但要使结实量能有较大幅度的提高,还应充分采取各种措施来达到红松果林高产、优质的培育目标。

### 参考文献:

- [1] 杨凯. 红松果用林研究现状与产业化前景[J]. 林业科技开发,2007(1):3-7.
- [2] 张思桐,杨凯,赵玉红. 不同品系红松籽油脂脂肪酸分析及其抗氧化活性研究[J]. 现代食品科技,2018(3):231-241.
- [3] ВОРБЕВ В Н, ВОРОБЕВА Н А. РОСТ И ПОЛ КЕДРА ИБИРКОГО наука[J]. спб,1989:167-170.
- [4] ТИТОВ Е В, половые типы. деревьев кедра сибирского [J]. СОВЕДЕНИЕ,1991(4):64-68.
- [5] ВЕСЕЛИН Б В. БОЛЬШЕ ВНИМАНИЯ КЕДРОМ [J]. лесное хозяйство,1994(6):42-45.
- [6] 李景文. 红松混交林生态与经营[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1997. (下转第201页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.029

## 罗定市林下经济发展模式与生态扶贫效益研究

叶剑锋<sup>1</sup>, 陆康英<sup>2</sup>, 刘喻娟<sup>1</sup>, 卢紫君<sup>1</sup>

(1. 广州沛森园林景观设计有限公司, 广东 广州 510520; 2. 广东生态工程职业学院, 广东 广州 510520)

**摘要:** 罗定市林地资源丰富, 林下经济发展有林下种植、林下养殖、相关产品采集加工以及森林景观利用等典型模式。研究罗定市林下经济在生态扶贫中的效益, 结果显示, 林下经济实现“绿水青山就是金山银山”的转化, 加快山区经济发展, 促进农民增收脱贫, 促进林业产业转型升级, 推动区域经济增长, 实现乡村振兴, 推进生态宜居建设, 为此对继续推进林下经济产业化发展提出了建议。

**关键词:** 林下经济; 生态扶贫; 典型模式; 罗定市

中图分类号: S753.536; S718.56; F323.8 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0158-04

引文格式: 叶剑锋, 陆康英, 刘喻娟, 等. 罗定市林下经济发展模式与生态扶贫效益研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 158-161. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.029

YE Jianfeng, LU Kangying, LIU Yujuan, et al. Under-forest Economy Development Mode and Benefit Analysis of Ecological Poverty Alleviation in Luoding City[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 158-161. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.029

## Under-forest Economy Development Mode and Benefit Analysis of Ecological Poverty Alleviation in Luoding City

YE Jianfeng<sup>1</sup>, LU Kangying<sup>2</sup>, LIU Yujuan<sup>1</sup>, LU Zijun<sup>1</sup>

(1. Guangzhou Peisen Landscape Design Co., Ltd., Guangzhou 510520, China;  
2. Guangdong Eco-Engineering Polytechnic, Guangzhou 510520, China)

**Abstract:** Luoding City is rich in forest land resources and has various typical development modes of under-story economy such as under-story planting, under-story breeding, related product collection and processing, and forest landscape utilization. The research on the benefits of the under-story economy in ecological poverty alleviation in Luoding City showed that the under-story economy could achieve a transformation channel of “lucid waters and lush mountains are invaluable assets”, accelerate the economic development of mountainous areas, increase farmers' income and poverty alleviation, accelerate the transformation and upgrading of forestry industry, advance regional economic growth, achieve rural revitalization, and promote ecological livability construction. Therefore, this paper proposed suggestions to continuously promote the industrialization development of the under-story economy.

**Key words:** under-forest economy; ecological poverty alleviation; typical mode; Luoding City

最初将消除贫困与环境保护两大问题连接起来的是《我们共同的未来》报告中提出的“可持续发展”理论, 中国把可持续发展战略运用于实践中, 将

扶贫与环保融为一体, 为创新扶贫模式开辟了崭新的研究道路与实践探索<sup>[1]</sup>。我国经济贫困地区自然生态资源常较丰富, 发展符合当地特色的绿色产

收稿日期: 2021-12-17; 修回日期: 2022-01-26.

第一作者: 叶剑锋(1983-), 男, 广东广州人, 工程师. 主要从事林业调查规划设计工作. Email: 237075581@qq.com

业进而实现民生改善应是生态扶贫的主要途径。

林业生态扶贫是生态扶贫关于林业生态环境与林业自然资源的重要组成部分,是以森林资源为依托、以林业生态服务产品为载体,带动林区贫困人口实现经济增收及民生改善,实现林区人口、经济、社会综合发展的一种扶贫模式<sup>[2]</sup>。林下经济又是林业生态扶贫的重要表现形式,指依托森林、林地及其生态环境,遵循可持续经营原则,以开展复合经营为主要特征的生态友好型经济,包括林下种植、林下养殖、相关产品采集加工、森林景观利用等<sup>[3]</sup>。林下经济发展模式的探索能实现对林业生态资源的充分利用,同时也能提升林业土地空间的利用率,大大提高林业附加值,推动林业产业的可持续发展以及为贫困林区稳定脱贫致富成果提供保障。广东省罗定市林地面积占全市面积的59.73%,有“肉桂之乡”“广东现代特色南药试验区”“广东省林下经济扶贫示范县”等称号,林下经济开发潜力大。

## 1 研究区域概况

罗定市位于广东省西部,西江之南,被誉为“全粤要枢”“岭南粮仓”,是“珠江—西江经济带”的重要组成部分。罗定市林地资源丰富,农村山区人口多,林下经济发展历史悠久,其中最具有传统特色及代表性的林下经济产业有肉桂种植及加工、罗竹种植及加工、林下中药材种植及加工。罗定出产的桂皮、桂油、蒸笼及其他竹编制品等林下经济产品,在广东省乃至全国均具有重要影响力,“中国肉桂之乡”“中国竹蒸笼之乡”等享誉国内外。近年来,罗定市林下经济面积达51 151 hm<sup>2</sup>,实现总产值21.61亿元;参与林下经济生产经营活动的农业人口达12.12万人,人均林下经济收入约5 872元,其中,林下经济产值超过10 000万元的乡镇有6个。林下经济惠及农户31 940户、121 205人,林农在林下经济方面的收入71 174.44万元,人均年收入5 872元,各乡镇林农增收效果显著。

## 2 罗定市林下经济发展典型模式

罗定市林下经济发展典型模式有林下种植模式、林下养殖模式、相关产品采集加工模式以及森林景观利用模式。

### 2.1 林下种植模式

林下种植是依托森林、林地及其生态环境,遵循可持续经营原则,在林内或林地边缘开展的种植活动,包括人工种植和野生植物资源抚育<sup>[3]</sup>(表1)。

表1 罗定市林下种植模式

Tab.1 Under-story planting modes in Luoding City

典型模式	具体内涵	林地选择
肉桂	利用林地空间和林荫优势,林下间种肉桂,通过对种植的肉桂实施松土、除草、浇水、施肥等培植管理措施,起到改良林地土壤、增加肥力、抚育幼林、促进树木生长的作用	未郁闭或半郁闭、水肥条件较好的阔叶林等有林地或疏林地、宜林地
林—药模式	利用林木的遮阴效果和药材的喜阴特性,在林间或树木上种植药用植物的一种生产模式 <sup>[4]</sup>	未郁闭或半郁闭、水肥条件较好的阔叶林、杉木林或油茶等经济林、竹林
林—茶模式	利用林地空间和林荫优势,林下间种茶叶	未郁闭或半郁闭、水肥条件较好的阔叶林地
林—油模式	林下间种油茶充分利用林地空间和营养面积,能较好地发挥防护效益,增强抗御自然灾害的能力,改善立地条件,提高林产品的数量和质量,达到经济利益最大化	郁闭或半郁闭、水肥条件较好的阔叶林等林分或疏林
林—菌模式	利用林区内空气湿度大、含氧量高、光照强度弱、荫庇度高等特点,在保护原有种群生态平衡前提下,在林内或林地边缘开展食用菌仿野生栽培的复合经营模式 <sup>[5]</sup> ,形成“以林养菌,以菌促林”的互利效果,有效实现生态系统的良性循环	3年以上已郁闭、地下水源充足、空气清新、大气质量稳定的林分

### 2.2 林下养殖模式

林下养殖主要指依托森林、林地及其生态环境,遵循可持续经营原则和循环经济原理,在林内或林地边缘开展的生态养殖活动,包括人工养殖和野生动物资源驯养<sup>[3]</sup>。罗定市重点发展林—禽、林—畜、林—蜂模式,推动林下养殖由传统的粗放、散养型向现代的集约、标准化规模养殖转变(表2)。

### 2.3 相关产品采集加工模式

采集林下产品资源,发展林下产品初级加工、深加工,延长林产品产业链,使农民不砍树也能增加经济收益。罗定市林下相关产品采集以肉桂深加工、松脂采集加工、罗竹加工为主(表3)。

### 2.4 森林景观利用模式

森林景观利用指合理利用森林景观资源的多种功能和森林内多种资源,开展有益人类身心健康的经营活动<sup>[3]</sup>。罗定市森林景观利用是在保护森林资源的前提下,充分挖掘特色自然文化,结合林下种养、林下无公害产品消费等,建立林家乐园、生态家园、森林公园等森林休闲娱乐项目的经济发展模式(表4)。

表 2 罗定市林下养殖模式

Tab. 2 Under-story breeding modes in Luoding City

典型模式	具体内涵	林地选择
林—禽模式	在林下透光性、空气流通好、湿度较低的环境下,充分利用郁闭林下丰富的小动物、昆虫及杂草等,在林下放养或搭建围栏养殖禽类	排水良好、通风向阳且有搭建棚舍条件的林地,上层林木郁闭度较高的林分如马尾松林、桉树等乔木林和荔枝、龙眼经济林
林—畜模式	利用郁闭林下杂草多、空间大的特点,在林下散养数量较少的牲畜;利用森林提供的绿色饲料和环境,生产绿色无害肉质,牲畜产生的粪便经过发酵处理后,回归森林,促进林木生长更新,达到生态循环、互利互惠的效果	造林密度较小、林下活动空间大且有搭建棚舍条件的林地
林—蜂模式	选择林分较好、四季有花的固定林分内放养;或追随蜜源植物放养,范围不固定	生态环境好,开花繁多、蜜源丰富的林分,如荔枝、龙眼、柑桔、油茶和南药林等

表 3 罗定市相关产品采集加工模式

Tab. 3 Related product collection and processing modes in Luoding City

典型模式	具体内涵
肉桂深加工	利用桂皮、桂枝、桂叶、桂木等制作肉桂精油、肉桂膏及肉桂其他提取物或进行肉桂综合利用
松脂采集加工	割松树树干收集松脂,再用蒸馏方法将其中所含松香和松节油分离,生产松香和松节油
罗竹加工	利用罗竹制作蒸笼、筷子、竹篮、牙签等各种竹制品

表 4 罗定市森林景观利用模式

Tab. 4 Forest landscape utilization modes in Luoding City

典型模式	具体内涵	经营模式
城郊林家乐园	在县城周边,林农利用自家林地、果园发展林下种植、林下养殖或相关产品采集加工,为游玩的居民提供假日休闲度假场所,提供有地方特色的原生态美食	以农户为主体,以家庭为单元,通过示范户带动农户发展模式
生态家园休闲游	依托森林旅游资源优势突出的乡镇或村,以旅游观光、康复疗养、休闲度假为主要功能的林下经济经营模式	多方合作入股,成立旅游专业合作社,统一建设与经营
森林公园游	整合全市森林旅游资源,结合各级森林公园和自然保护区已开展森林旅游的区域,通过吸引社会资本投入开发,实施森林旅游精品工程	政府引导、企业主体、市场运作、群众受益的发展模式

### 3 林下经济生态扶贫效益

#### 3.1 实现“绿水青山就是金山银山”的转化渠道

林业生态扶贫建设是践行习近平生态文明思想、贯彻“绿水青山就是金山银山”发展理念和实现精准脱贫战略的重要举措,对加快生态文明建设、优化产业结构、助推脱贫攻坚、促进经济社会发展具有重要意义。罗定市林下经济是典型的林业生态产业扶贫项目,依托当地优越的自然条件和良好的生态环境,重点发展南药、肉桂、罗竹等特色林下经济产业,把生态资源优势转化为经济优势。如果把生态扶贫比喻为输血式扶贫,那么生态产业扶贫便是造血式扶贫,是从根本上实现生态与产业协调发展的路径<sup>[6-7]</sup>,打通了“绿水青山”向“金山银山”转化的渠道。

#### 3.2 加快山区经济发展,促进农民增收脱贫

罗定市林地面积占全市面积的 59.73%,发展林下经济具有模式多样、见效速度快、就业面广、操作简便等特点,受到广大农民群众的欢迎;林下产品以其“天然、绿色、有机、环保、安全”的优势,成为当今健康产业的主流,特别是食品、医药、保健等行业被广泛使用,具有广阔的市场前景。在山区大力发展林下经济,可以把农村部分经营项目转移到林下空间,使资源优势转化为经济优势,在没有新增占地面积的情况下调整农村产业结构,拓宽农民创业、就业渠道,加快农村经济发展,缩小城乡差距,实现农民增收,加快山区脱贫致富。据统计,截至 2019 年底,罗定市 33 个省定贫困村已全部出列,有劳动力贫困人口人均可支配收入由 5 899.55 元增至 13 791.44 元,2019 年劳动力贫困人口人均可支配收入比同期全省农民人均可支配收入增幅高 11.1 个百分点。截至 2020 年 7 月 27 日,全市相对贫困人口退出率达 100%。

#### 3.3 促进林业产业转型升级,推动区域经济增长

传统林业主要关注木材生产利用,而林下经济更关注与农业产业化、扶贫开发以及社会主义新农村建设相结合,促进农、林、牧、渔、旅游等行业的稳定协调发展;林下经济强调“不砍树也能致富”的环保理念,推动传统林业向现代林业转型升级,实现绿色经济增长,高效带动材料加工业、产品运输业、信息服务业等多项产业的快速发展,促进农村生产持续循环发展。罗定市坚持将“产业振兴”作为打赢脱贫攻坚战的重要抓手,以罗定肉桂产业园为龙头,打造“一村一品”“一镇一业”,划分南药、罗竹等特色扶贫产业片区,发挥以点带面的示范带动作用,探

索出产业化经营的路子,促进企业的规模建设。其中,罗定肉桂产业园项目建设带动10万多户林农参与产业发展,户均增收1万元以上,而且率先编制了《罗定市南药产业发展规划》,全域推进南药产业扶贫,全市已种植各类南药品种53个,建成示范基地68个,带动广大贫困户参与。此外,罗定市还积极推进罗竹产业扶贫,统一收购农户加工产品、统一出口,通过“公司+基地+合作社+农户”模式,辐射带动周边贫困户5000多人,户均增收2898元。

### 3.4 实现乡村振兴,推进生态宜居建设

《中共中央国务院关于实施乡村振兴战略的意见》中强调“乡村振兴,生态宜居是关键”。良好生态环境是农村的最大优势和宝贵财富。林下经济是一种友好的经济发展模式,经济从林中来,林农不需要破坏、离开赖以生存的土地就能创造财富。林下经济是一种典型的“尊重自然、顺应自然、保护自然,推动乡村自然资本快速增值”的生态产业,加快发展林下经济能促进农民增收致富,促进农村产业振兴、产业兴旺。在经济收入增加的基础上提高人们的生活质量,满足人们日益增长的物质、精神需求,是贯彻实施乡村振兴战略的重大举措,也是精准扶贫工作的重要形式。罗定市林下经济的发展不仅带来经济收入,而且注重宜居乡村的建设,如合江村正在建设美丽宜居示范村,大石村建设宜居宜游的美丽乡村等,昔日的贫困村正在摇身变为人居和谐的美丽乡村,极大地提升了人们的生活质量。

## 4 推进林下经济产业化发展建议

### 4.1 完善林下经济产业发展规划

罗定市林地资源丰富,林下经济发展历史悠久,要坚持“生态优先、统筹兼顾,因地制宜、分类施策,示范带动、稳步推进,科技创新、优质高效”等原则,坚持生态优先,兼顾生态、经济和社会效益。根据区域林地资源的空间环境条件,充分发挥资源优势,突出区域特色,做到“宜林则林、宜果则果、宜菌则菌、宜药则药、宜禽则禽、宜蜂则蜂”,充分考虑生产要素,合理配置生产资源,科学规划发展适合当地的特色林下经济产业,最大限度地发挥林地资源的优势,创造最大的生态、社会、经济效益。

### 4.2 拓宽融资渠道,加大资金投入

财政部门设立林下经济发展专项资金,采取奖励和银行贷款补贴的办法,鼓励发展林下经济。把发展林下经济与农业产业开发、结构调整、畜牧养殖、林果种植、扶贫开发、科技推广等项目资金有机

结合起来。林业部门要积极争取地方财政支持,同时引导社会资金的投入。相关银行要根据国家的财政金融政策,加大对发展林下经济的信贷扶持,积极开展林权抵押贷款、农村小额信用贷款等业务。此外,努力争取税务部门的扶持,对从事林下经济的企业减征企业所得税,对林农的林下经济产品免征增值税等。

### 4.3 夯实现有成果,坚持脱贫致富与林下经济有机结合

目前,罗定市林下经济在脱贫攻坚中取得了显著效果,未来要继续推进乡村振兴。而贫困地区多面临经济发展动力不足和生态环境恶化的困局,经济贫困导致生态环境的粗放式开发利用,加剧了生态环境的持续恶化,进而加剧致贫和返贫的发生,形成生态型贫困<sup>[8-9]</sup>。因此,在脱贫致富的道路上要夯实现有成果,贯彻“绿水青山就是金山银山”的发展理念,守住发展和生态“两条底线”,坚持生态建设与脱贫致富有机结合,改变传统产业结构、发展生态型产业,充分激活区域内生发展动力,最终目标不仅是摆脱贫困,更要在摆脱贫困以后培育自我发展能力,实现健康持续的发展。

## 参考文献:

- [1] 肖融. 法治化视角下的生态扶贫:概念生产、价值理念与机制构造[J]. 甘肃政法大学学报,2021(4):127-136.
- [2] 周家敏,胡学如. 生态文明视域下林业扶贫发展模式创新[J]. 经济师,2021(3):11-13.
- [3] 中国林学会. 林下经济术语:T/CSF 001-2018[S]. 北京:中国林学会,2019.
- [4] 周杨,苗雨露,孙志蓉. 我国林药林菌经济模式发展现状及其优势分析[J]. 中国现代中药,2016,18(1):97-101.
- [5] 沈学香,顾忆龙,张津京,等. “林—菌”模式对生态林的影响初探[J]. 食用菌,2018,40(3):48-49.
- [6] 杨照. 习近平扶贫重要论述指引下产业精准扶贫模式研究——基于28个脱贫县的创新实践[J]. 安徽农业大学学报(社会科学版),2019(2):15-21.
- [7] 葛宏,吴宝晶,欧阳放. 绿色扶贫是环境与经济的双赢选择[J]. 经济问题探索,2001(10):37-40.
- [8] 李靖,廖和平. 区域贫困户生计能力与生态环境的关系——以重庆市16个区县为例[J]. 中国农业资源与区划,2018,39(9):180-187.
- [9] 张勇. 生态价值观与生态资本观:全面小康的生态文明建设观[J]. 中国井冈山干部学院学报,2017,10(1):45-50.

责任编辑:杨焱焱

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.030

## 大兴安岭不同冻土活动层对兴安落叶松生长和更新的影响

刘雅楠<sup>1</sup>, 铁牛<sup>1,2</sup>, 刘洋<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学 林学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古自治区林业科学研究院, 内蒙古 呼和浩特 010010)

**摘要:** 研究不同冻土活动层兴安落叶松的生长状态、更新苗生长和碳储量变化, 探讨冻土与植被的依存关系, 为今后大兴安岭兴安落叶松的经营提供参考。通过 3 年野外调查数据分析, 对比兴安落叶松胸径、树高、生物量, 更新苗的生长指标、枯损碳量和进阶碳量的变化差异。结果表明, 随着冻土活动层深度的增加, 不同径阶组中不同活动层兴安落叶松生长趋势为 CK > 2.0 m 活动层 > 1.0 m 活动层 > 0.5 m 活动层, 且差异性均为显著 ( $P < 0.05$ ); 不同厚度的冻土活动层兴安落叶松更新苗的各生长指标均有显著差异性 ( $P < 0.05$ ), 其中地径和树高差异达极显著 ( $P < 0.001$ ); 随着冻土活动层深度的增加, 碳的生产力也逐渐增加, 进阶碳量的总体趋势为 CK > 2.0 m 活动层 > 1.0 m 活动层 > 0.5 m 活动层, 枯损碳量呈相反趋势 (CK < 2.0 m 活动层 < 1.0 m 活动层 < 0.5 m 活动层)。因此, 冻土活动层厚度的不同是影响兴安落叶松生长发育和碳储量释放的重要因素, 本研究为今后高效经营大兴安岭冻土区兴安落叶松提供了重要的理论依据。

**关键词:** 兴安落叶松; 冻土活动层; 冻土地温; 天然更新; 大兴安岭

中图分类号: S791.222; S758.52; S754; S152.8 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0162-07

引文格式: 刘雅楠, 铁牛, 刘洋. 大兴安岭不同冻土活动层对兴安落叶松生长和更新的影响[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 162-168, 174. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.030

LIU Yanan, TIE Niu, LIU Yang. Effects of Different Permafrost Active Layers on Growth and Regeneration of *Larix gmelinii* [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 162-168, 174. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.030

## Effects of Different Permafrost Active Layers on Growth and Regeneration of *Larix gmelinii*

LIU Yanan<sup>1</sup>, TIE Niu<sup>1,2</sup>, LIU Yang<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China;  
2. Inner Mongolia Academy of Forestry Sciences, Hohhot 010010, China)

**Abstract:** This paper studied the changes of growth state, regeneration and carbon storage of *Larix gmelinii* under different permafrost active layers, and explored the interdependence between frozen soil and vegetation, in order to provide reference for the future management of *Larix gmelinii*. The changes of DBH, tree height, biomass, growth index, litter loss carbon and advanced carbon of young seedlings were compared through 3-year field investigation data. The results showed that with the increase of permafrost active layer, the growth trend of *Larix gmelinii* under different active layer in different diameter groups presented CK > 2.0 m active layer > 1.0 m active layer > 0.5 m active layer, and the differences

收稿日期: 2022-01-14.

基金项目: 内蒙古自治区科技计划项目 (2020GG0067).

第一作者: 刘雅楠 (1996-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 硕士研究生. 研究方向为森林经理. Email: 1126669032@qq.com

责任作者: 铁牛 (1973-), 男, 内蒙古乌兰浩特人, 教授. 研究方向为森林经理. Email: wangtieniu@126.com



were significant ( $P < 0.05$ ); under the permafrost active layer of different thickness, there were significant differences in growth indexes of young seedlings ( $P < 0.05$ ), among which ground diameter and tree height were extremely significant differences ( $P < 0.001$ ); with the increase of permafrost active layer thickness, carbon productivity gradually increased, and the overall trend of advanced carbon was CK > 2.0 m active layer > 1.0 m active layer > 0.5 m active layer, there was an opposite trend in depleted carbon (CK < 2.0 m active layer < 1.0 m active layer < 0.5 m active layer). Therefore, the thickness of permafrost active layer was an important factor affecting the growth and development of *Larix gmelinii* and carbon storage release. This study provided an important theoretical basis for efficient management of *Larix gmelinii* in the Greater Khingan Mountains permafrost region in the future.

**Key words:** *Larix gmelinii*; permafrost active layer; permafrost ground temperature; natural renewal; Greater Khingan Mountains

大兴安岭是我国高纬度多年冻土的主要分布区,其生存条件脆弱,敏感性强,易受环境和气候变化影响。冬长夏短,冬季长达7个月以上,长时间的低温以及高达78.39%的森林覆盖率是大兴安岭多年冻土存在的重要保证<sup>[1]</sup>。大兴安岭北部的贝加尔地区因植被覆盖、地形地貌和逆温等因素的差异使温度变化显著,形成与青藏高原冻土截然不同的兴安—贝加尔型多年冻土<sup>[2]</sup>。

全球气候变暖的大趋势下,大兴安岭冻土迁移明显,但在寒区生态系统中,多年冻土和植物是森林的重要组成部分,因此冻土的变化可以对地上植物生长产生直接影响。国外研究学者对多年植被与冻土的关系研究较早,多集中在冻土的退化会引起生态系统植被格局的变化<sup>[3-5]</sup>。国内关于植被和冻土的关系研究较少,多集中在地温检测,冻土分布和退化,植被对地温的影响等方面<sup>[6-8]</sup>,关于冻土对植物的研究较少,尤其缺少对植物生长及更新的定向研究。在冻土森林中,多年冻土在植物生长期阻碍土壤温度上升,使根系层温度偏低,导致根系生长缓慢,地温较低的情况下枯枝落叶也不易分解,从而影响森林生长发育。本研究中通过对比实验分析冻土与植被的依存关系,进而探讨不同活动层对森林恢复的影响,为下一步研究工作提供科学的信息和依据。

兴安落叶松(*Larix gmelinii*)是大兴安岭的优势树种<sup>[9]</sup>,具有明显的耐寒性,根系对冷湿土壤的适应能力极强,在多年冻土的塔头湿地上,兴安落叶松有不定根生长,在融化仅几十厘米的土层中仍可缓缓生长,维持生命。早在2006年,有研究表明冻土环境的变化对生态系统有着重要影响,冻土与植被分布有着密切相关性<sup>[10]</sup>。在研究兴安落叶松生长发育结果发现,同一区域的季节性冻土与多年冻土

由于生境差异,使同龄的兴安落叶松林在各生长指标方面也存在着差异<sup>[11]</sup>,这说明冻土对兴安落叶松生长具有重要影响。以大兴安岭冻土区兴安落叶松为研究对象,探讨冻土活动层深度0.5、1.0、2.0 m和无冻土4种厚度对兴安落叶松的生长特性、更新状况、枯损碳和进阶碳的影响。对合理经营利用多年冻土地带的兴安落叶松林,维持其生态平衡和森林的永续利用有着重要意义。

## 1 研究区概况

研究区位于大兴安岭西北坡,内蒙古大兴安岭国家野外科学观测研究站观测区内,根河森工公司潮查林场境内,地理位置为49°20'43"~50°93'98"N, 120°50'09"~121°50'98"E范围,研究区内以低山为主,中山较少,平均海拔799~910 m,地处寒温带,属大陆性季风气候。冬季严寒而漫长,平均达7个月以上,且日照时间非常短,夏季短促而炎热,平均约2个月,日照时间长达17 h,受寒温带大陆性季风气候的控制,观测期年均温为-3℃,年温差达48.3℃,无霜期较短(75~86 d)。年均降水量为480~510 mm,主要集中在6—9月,约占全年总降水量的70%<sup>[12]</sup>。区内土壤主要以棕色针叶林土为主,占总面积的90%以上,主要分布有大兴安岭落叶松、次生白桦林和樟子松。区内灌木和草本主要有笃斯越橘(*Vaccinium uliginosum*)、兴安杜鹃(*Rhododendron dahuricum*)、杜香(*Ledum palustre*)、柳叶绣线菊(*Spiraea salicifolia*)等。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置

全面踏查后,依据样地选取的代表性和可行性

原则,根据冻土探测并分别选择冻土活动层厚度为 0.5 (C#)、1.0 (E#)、2.0 m (15#) 3 个厚度等级的兴安落叶松林设置样地,为了进行冻土有无对植被影响的对比实验,选取 1 块无冻土的兴安落叶松林作为实验的对照样地 CK (40 m × 40 m)。在冻土活动层每个等级的试验区分别设置 3 块样地 (40 m × 40 m),共设置 9 块。10 块样地的林型、林龄、坡度坡位、海拔和风速等基本一致 (表 1)。相邻试验区间

距至少为 2 km。2019—2021 年的生长季进行野外数据采集,用布鲁莱斯测高仪对样地内树高进行测量。本研究中以 6.0 cm 径阶为林木起测径阶。以 1 cm 为单位,按径阶划分为小径阶组 A (6.0~14.0 cm 径阶)、中径阶组 B (15.0~26.0 cm 径阶) 和大径阶组 C (27.0~36.0 cm 径阶),共计 3 次调查。对样地内的单株木记录树种名称、胸径、树高、冠幅 (东西×南北)、郁闭度等。

表 1 冻土活动层样地信息

Tab. 1 Information overview of permafrost active layer samples

冻土活动层/m	林型	林龄	坡度/(°)	坡位	海拔/m	风速/(m·s <sup>-1</sup> )	温度/°C	湿度/%
无冻土	柴桦—兴安落叶松林	近熟林	3	下坡	827	1.80	27.40	22.67
0.5	柴桦—兴安落叶松林	近熟林	2	下坡	813	0.76	20.51	43.87
1.0	柴桦—兴安落叶松林	近熟林	4	下坡	815	0.42	21.23	39.57
2.0	柴桦—兴安落叶松林	近熟林	3	下坡	809	0.54	26.77	30.66

## 2.2 冻土区地温监测

于 2019 年 1—12 月,每月周日中午 12:00 使用中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冻土国家重点实验室研制的电阻式温度传感器进行地温数据采集,量程为 -45~50℃,精度为 ±0.05~±0.1℃,对冻土区地温进行监测,利用万能表 (Fluke 287) 实施人工读数,目前获得 2019 年各深度冻土活动层的地温数据。

## 2.3 更新苗调查

于 2021 年生长季,将 6.0 cm 径阶以下的兴安落叶松定为更新苗,在 10 块样地内使用游标卡尺在近地面部分测定落叶松幼苗的地径 (cm),用钢卷尺测定落叶松幼苗的株高 (m) 和冠幅 (东西—南北)。

## 2.4 生物量调查

不同冻土活动层样地内选择 3 株落叶松,采用全树收获法测定林木在各冻土活动层的生物量。

将整个树冠分为上、中、下三层,分别测定枝、叶生物量。按照长枝、短枝、长枝叶和短枝叶从树干上分离树枝,分别取样 700~1 500 g 测定鲜重,每个冠层分别取样,3 个重复;在 4 h 内将样品放入 65℃ 烘干箱内烘干至恒重<sup>[13]</sup>,测定样品含水率以计算枝叶生物量干重。

将树干按 1 m 进行分割,用电子天平测定鲜重,在一端切割出厚度为 5 cm 圆盘,测量鲜重后在 65℃ 烘干箱内烘干至恒重,测定树干含水率以计算树干生物量干重。

在树冠范围内向下挖 2 m,将粗根 (>5 mm) 和细根 (<5 mm) 全部挖出<sup>[14]</sup>,分别取样 500~1 000 g 测定总鲜重,3 个重复,将样品置于 65℃ 烘干箱内烘干至恒重,测定样品含水率以计算根系生物量干重。

## 2.5 数据统计分析

使用双因素方差分析法 (two-way analysis of variance) 分析不同冻土活动层对兴安落叶松单木生长、更新、枯损和进阶的差异影响,组间的多重比较选用 Tukey HSD 法 (显著性水平  $P=0.05$ )。方差分析前,使用箱型图和直方图剔除生长指标、枯损和进阶数据的异常值和数据的偏态。同时,使用 Shapiro-Wilk 检验 ( $P>0.05$ ) 和 Bartlett 检验 ( $P>0.05$ ) 确定数据是否满足正态分布和方差齐性。所有数据分析和作图采用 R version 3.5.2<sup>[15]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 地温的变化

2019 全年冻土活动层地温监测结果见图 1。

从图 1 可以看出,3 种冻土活动层地温的整体变化趋势一致,呈现 2—8 月上升,11—2 月下降,2 月逐步回温后在 8 月地温达到最高,其中 2.0 m 冻土活动层的地温最高达到 0.9℃,1.0 m 和 0.5 m 冻土活动层的地温在 10 月出现轻微的回温,但全年均在 0℃ 以下。在 2 月 0.5、1.0 和 2.0 m 冻土活动层的地温达到全年最低,分别为 -14.9、-14.3、-15.2℃。

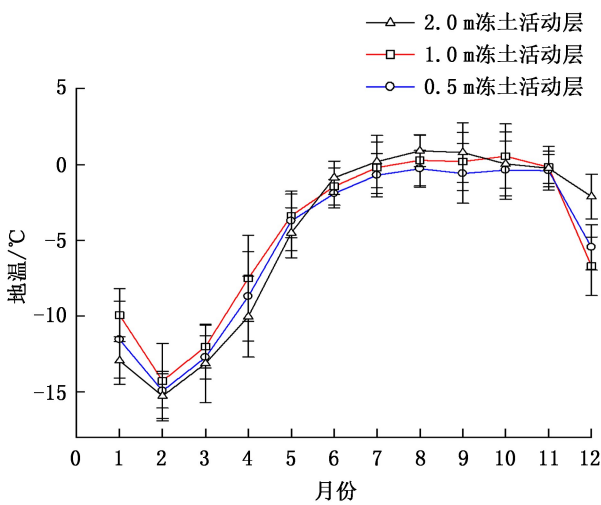


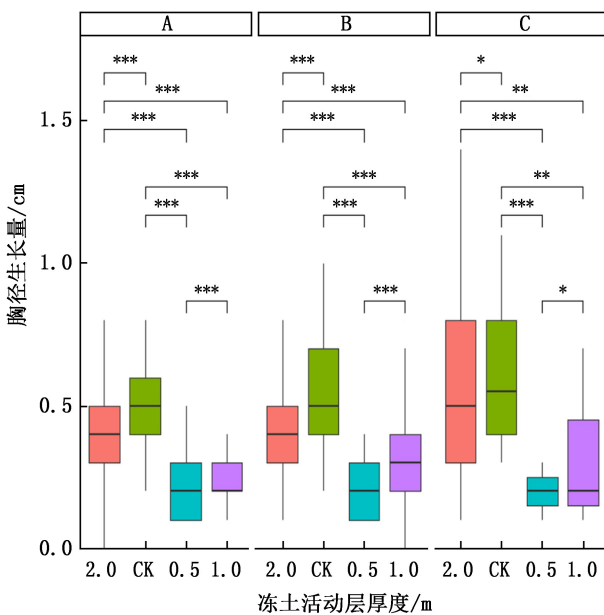
图 1 不同冻土活动层全年地温变化规律

Fig. 1 Changes of annual ground temperature in different permafrost active layers

### 3.2 不同冻土活动层和径阶对兴安落叶松生长特性的影响

#### 3.2.1 兴安落叶松胸径生长量变化

小径阶组、中径阶组和大径阶组中各冻土活动层兴安落叶松胸径生长量均有显著的统计学差异 ( $P < 0.05$ ), 见图 2。



注: \* 表示有统计学差异 ( $P < 0.05$ ), \*\* 表示差异性显著 ( $P < 0.01$ ), \*\*\* 为差异性极显著 ( $P < 0.001$ ), NS. 表示无统计学差异。A、B 和 C 分别代表小径阶组、中径阶组和大径阶组。下同。

图 2 不同冻土活动层和径阶对兴安落叶松胸径生长的影响  
Fig. 2 Effects of different permafrost active layers and diameters on DBH growth of *Larix gmelinii*

如图 2 所示, 在小径阶组中各冻土活动层兴安落叶松胸径生长量间差异均表现为极显著 ( $P < 0.001$ )。在中径阶组内各冻土活动层落叶松胸径生长量均高于小径阶组, 差异表现为极显著 ( $P < 0.001$ )。在大径阶组中 2.0 m 冻土活动层和对照样地与 0.5 m 冻土活动层相比胸径生长量均达到极显著差异 ( $P > 0.001$ ), 0.5 m 和 1.0 m 冻土活动层兴安落叶松胸径生长量的平均值相等, 但 1.0 m 冻土活动层的胸径生长量最大值高于 0.5 m 厚度活动层, 有统计学差异 ( $P < 0.05$ )。

#### 3.2.2 兴安落叶松树高生长量变化

小径阶组和中径阶组内各冻土活动层树高生长量间均达到极显著差异 ( $P < 0.001$ ), 见图 3。

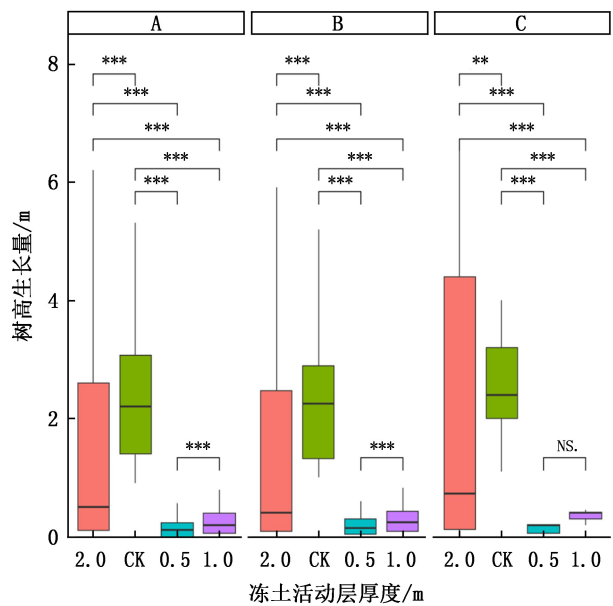


图 3 不同冻土活动层和径阶对兴安落叶松树高生长的影响

Fig. 3 Effects of different permafrost active layers and diameters on height growth of *Larix gmelinii*

如图 3 所示, 在大径阶组内各冻土活动层树高生长量均大于中径阶组和小径阶组, 其中 2.0 m 冻土活动层树高生长量与对照样地相比差异显著 ( $P < 0.01$ ), 0.5 m 和 1.0 m 冻土活动层树高生长量间差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 其余差异性均表现为极显著 ( $P < 0.001$ ), 树高生长量的整体趋势为 CK  $>$  2.0 m  $>$  1.0 m  $>$  0.5 m。

#### 3.2.3 兴安落叶松生长量变化

小径阶组中各冻土活动层林木生长量均达到统计学差异 ( $P < 0.05$ ), 见图 4。

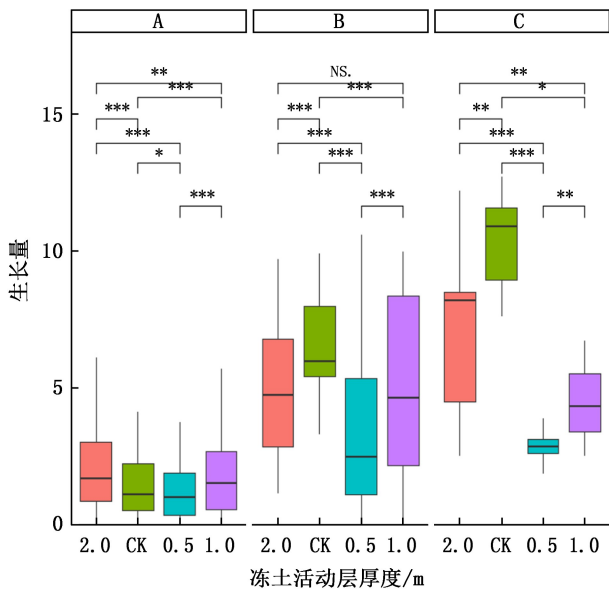


图 4 不同冻土活动层和径阶对兴安落叶松林木生长量的影响  
 Fig. 4 Effects of different permafrost active layers and diameters on biomass growth of *Larix gmelinii*

由图 4 可知,对照样地与 0.5 m 冻土活动层林木生长量间有统计学差异 ( $P < 0.05$ ), 2.0 m 与 1.0 m 冻土活动层林木生长量间差异显著 ( $P < 0.01$ )。中径阶组内除冻土活动层为 2.0 m 和 1.0 m 林木生长量间无显著差异外 ( $P > 0.05$ ), 其余均达到极显著差异 ( $P < 0.001$ )。在大径阶组内冻土 2.0 m 活动层和对照样地分别与 0.5 m 冻土活动层林木生长量相比, 差异均达极显著 ( $P < 0.001$ )。

3.2.4 对兴安落叶松枯损量的影响

在小径阶组、中径阶组和大径阶组内, 各冻土活动层兴安落叶松枯损量均达到统计学差异 ( $P < 0.05$ ), 见图 5。

在小径阶组内, 2.0 m 冻土活动层兴安落叶松枯损量与对照样地和 1.0 m 活动层相比均达显著差异 ( $P < 0.01$ ), 其余差异均表现为极显著 ( $P < 0.001$ )。在中径阶组内, 冻土活动层 2.0 m 兴安落叶松枯损量与对照样地间有统计学差异 ( $P < 0.05$ ), 其余均达极显著 ( $P < 0.001$ )。在大径阶组内, 冻土活动层 0.5 m 兴安落叶松枯损量与 1.0 m 活动层相比有统计学差异 ( $P < 0.05$ ), 活动层 0.5 m 与 1.0 m 兴安落叶松枯损量与对照样地相比均达极显著差异 ( $P < 0.001$ )。各径阶组内整体枯损量趋势为 0.5 m > 1.0 m > 2.0 m > CK。

3.2.5 对兴安落叶松进阶量的影响

各冻土活动层兴安落叶松进阶量间均有统计学差异 ( $P < 0.05$ ), 见图 6。

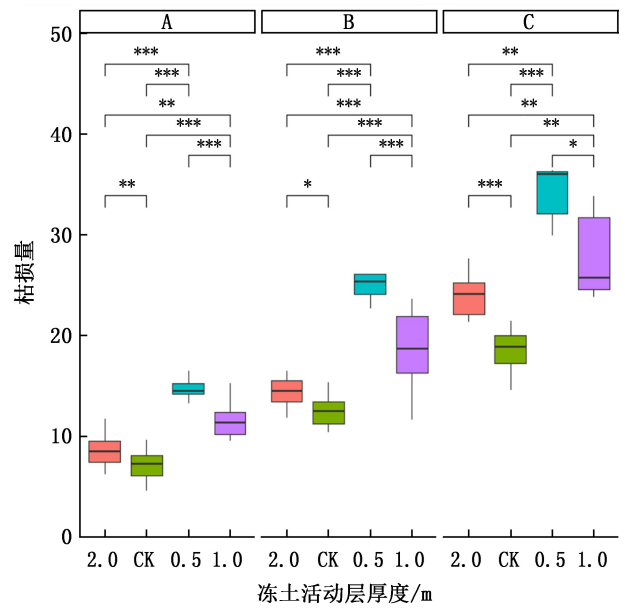


图 5 不同冻土活动层和径阶对兴安落叶松枯损量的影响  
 Fig. 5 Effects of different permafrost active layers and diameters on biomass degradation of *Larix gmelinii*

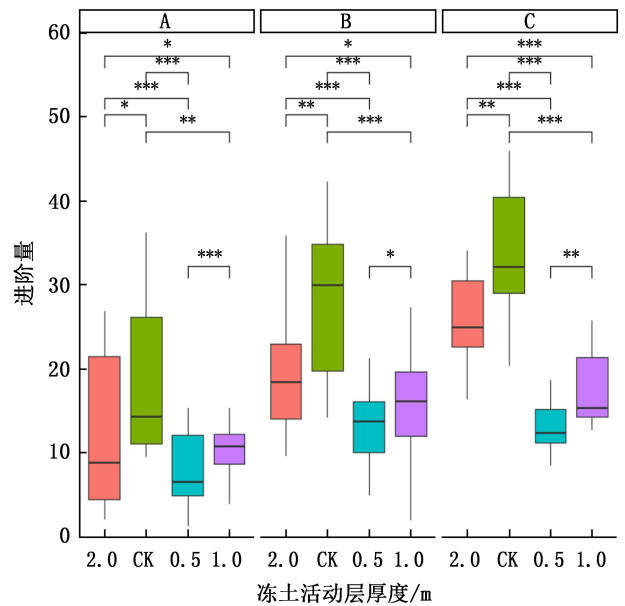


图 6 不同冻土活动层和径阶对兴安落叶松进阶量的影响  
 Fig. 6 Effects of different permafrost active layers and diameters on advanced carbon of *Larix gmelinii*

小径阶组内兴安落叶松进阶量最高的为无冻土对照样地, 其次为 2.0 m 冻土活动层, 0.5 m 与 1.0 m 冻土活动层的进阶量最大值相差较小, 其中 2.0 m 冻土活动层进阶量分别与对照样地和 1.0 m 活动层相比均有统计学差异 ( $P < 0.05$ )。中径阶组内兴安落叶松在无冻土对照样地进阶量最高, 1.0 m 冻

土活动层进阶量最小, 0.5 m 和 2.0 m 活动层进阶量分别与 1.0 m 相比差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。在大径阶组内, 各活动层进阶量整体趋势为  $CK > 2.0\text{ m} > 1.0\text{ m} > 0.5\text{ m}$ , 其中 2.0 m 活动层与对照样地相比, 0.5 m 活动层与 1.0 m 活动层相比分别达显著差异 ( $P < 0.01$ ), 其余进阶量均达极显著差异 ( $P < 0.001$ )。

### 3.3 冻土活动层对兴安落叶松更新苗的影响

不同冻土活动层和径阶对落叶松更新苗生长影

响的双因素方差分析结果见表 2。从更新苗的生长指标来看, 不同厚度的冻土活动层各生长指标间均达显著差异 ( $P < 0.05$ ), 说明冻土不同活动层对更新苗的生长影响显著。不同活动层间地径和树高为极显著差异 ( $P < 0.001$ )。不同径阶内更新苗各指标均表现为极显著差异 ( $P < 0.001$ ); 不同厚度活动层与不同径阶的交互作用对更新苗地径、树高和生物量生长的影响均为显著差异 ( $P < 0.05$ ), 对冠幅生长的影响表现为差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 2 不同活动层兴安落叶松更新苗地径、树高、冠幅和生物量方差分析

Tab. 2 Variance analysis of seedling diameter, tree height, canopy width and biomass of *Larix gmelinii* under different active layers

指标	活动层		径阶		交互影响	
	F	P	F	P	F	P
地径	232.928	<0.001***	322.898	<0.001***	5.213	<0.010**
树高	459.800	<0.001***	331.900	<0.001***	10.320	<0.001***
冠幅	18.266	<0.010**	92.418	<0.001***	1.622	0.204
生物量	4.422	<0.036*	542.447	<0.001***	7.930	<0.010**

注: 同列数据后 \* 的数量表示显著差异 (Tukey's HSD,  $P < 0.05$ ), 其中 \*\* 表示  $P < 0.01$ , \*\*\* 表示  $P < 0.001$ 。

### 3.4 不同冻土活动层对兴安落叶松碳储量的影响

如图 7 所示, 在进阶碳中无冻土区碳的生产力最高, 各径阶进阶碳量均值达到 13.73 Tg, 随着冻土活动层厚度的增加, 碳的生产力也逐渐增加, 进阶碳量的总体趋势为  $CK > 2.0\text{ m} > 1.0\text{ m} > 0.5\text{ m}$ ; 在枯损碳量中呈相反趋势 ( $CK < 2.0\text{ m} < 1.0\text{ m} < 0.5\text{ m}$ ), 无冻土区枯损碳量最低为 2.27 Tg, 0.5 m 冻土活动层的枯损碳量高达 21.1 Tg, 且随着冻土活动层深度的增加, 枯损碳量逐渐下降。

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

本研究中地温随着季节的变化而变化, 有学者研究地温与气温的变化规律时发现, 地温变化具有一定的时滞性, 滞后时间随着冻土层深度的增加而增大<sup>[16]</sup>。本研究中各活动层的最高温主要集中在 7、8、9 月的夏秋季 (暖季), 最低温在冬季的 2 月为冷季, 地温随着气温变化。林下植被和枯落物可提高土壤温度, 但大兴安岭受冬季积雪的影响, 各活动层的升温现象并不明显。

冻土是大兴安岭的重要组成部分, 在冻融循环中冻土活动层的变化是冻土生态环境变化的重要指标之一, 随着多年冻土的发育, 冻土对地上植物的生

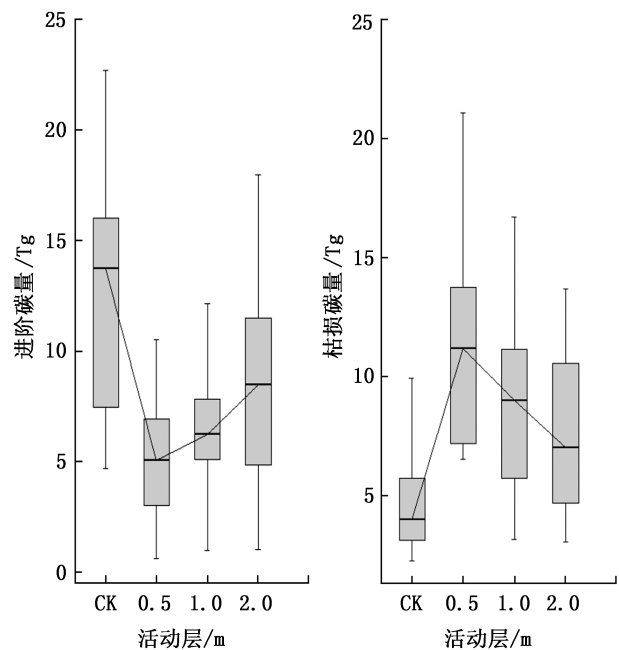


图 7 不同冻土活动层兴安落叶松进阶碳量和枯损碳量的变化

Fig. 7 Changes of advanced carbon and depleted carbon of *Larix gmelinii* under different permafrost active layers

长有着一定影响<sup>[17]</sup>。不同厚度活动层兴安岭落叶松胸径、树高、生物量和进阶量的生长趋势为  $CK >$

2.0 m > 1.0 m > 0.5 m, 说明冻土是造成落叶松生长缓慢的重要因素。植物生长需要适宜的温度和水分, 温度在 0℃ 以上的活动层越厚, 微生物分解越快, 有利于土壤养分的增加, 且冻土以冻结的方式储存了土壤中的水分, 降低了水分的下渗, 提高了根从土壤中的吸水和运输效率, 从而加速了落叶松的生长, 这与张齐兵<sup>[18]</sup>得出结论相一致。从单株木的枯损量来看, 活动层厚度为 0.5 m 和 0.8 m 兴安落叶松枯损量最大, 这说明由于冻土发达, 土壤温度常年较低, 加速了养分流失, 降低了微生物分解速度, 使根系生长缓慢, 从土壤中吸收养分的速率减小, 从而导致活动层厚度越小兴安落叶松枯损量越大。

不同冻土活动层更新苗地径和树高的生长差异性为极显著 ( $P < 0.001$ ), 兴安落叶松作为大兴安岭的顶级群落, 在长期的演替和进化过程中, 其有机体形态、生理和行为均对这种高胁迫环境作出了可塑性响应<sup>[18]</sup>, 因此冻土发育不同, 其各活动层兴安落叶松更新状况均显著, 一方面是活动层的变化幅度, 在一定程度上帮助兴安落叶松在更新时减少了其他物种竞争的负担, 另一方面可能是由于冻土的存在, 使土壤温度低植被凋落物和地下死根不易分解, 枯枝落叶层厚, 成土过程慢, 土壤有效肥力低从而影响了落叶松更新苗的生长, 这与刘足根<sup>[19]</sup>研究得出在温度适宜和枯落物少的生境中才能见到落叶松更新苗的结论一致。

土壤温度和水分是多年冻土碳交换的主要环境驱动因素<sup>[20-21]</sup>, 已有研究表明冻土中有机碳储量是大气中碳储量的两倍, 其中进地表活动层占 12%<sup>[22-23]</sup>。本研究中进阶碳的变化主要在对照样地 CK 和 2.0 m 活动层较高, 枯损碳量主要在 0.5 m 活动层较为严重, 这说明地下冰融化后, 储存在多年冻土中的碳随着活动层厚度的增加能够更好的流动和转化, 与 Harden 等<sup>[24]</sup>研究出较厚的活动层更有利于微生物矿化有机碳加速二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 和甲烷 (CH<sub>4</sub>) 进入大气的结论一致。

#### 4.2 结论

随着冻土活动层深度的增加, 在大、中、小 3 个径阶组不同活动层厚度对兴安落叶松生长影响趋势呈现 CK > 2.0 m > 1.0 m > 0.5 m, 且差异均达显著 ( $P < 0.05$ ), 因此可以认为冻土是抑制兴安落叶松生长的主要因素之一。

立地条件一致的情况下, 不同冻土活动层更新苗的生长状态均有差异 ( $P < 0.05$ ), 说明冻土活动层厚度是影响兴安落叶松更新的关键因素。

冻土活动层越厚, 植被的进阶碳量越高, 枯损碳量越小, 因此碳储量随着活动层厚度的增加而增长。

#### 参考文献:

- [1] 车富强, 刘明忠, 周刚义, 等. 大兴安岭北部多年冻土现状研究分析[J]. 低温建筑技术, 2020, 42(12): 107-111, 115.
- [2] JIN H, YU Q, LV L Z, et al. Degradation of permafrost in the Xing'anling mountains, Northeastern China[J]. Permafrost and Periglacial Processes, 2007, 8(3): 245-258.
- [3] CLARK C. Climate change disequilibrium of boreal permafrost peatlands caused by local processes[J]. The American Naturalist, 1998, 151(3): 207.
- [4] CAMILL P. Patterns of boreal permafrost peatland vegetation across environmental gradients sensitive to climate warming[J]. Canadian Journal of Botany, 1999, 77(5): 721-733.
- [5] CAMILL P, LYNCH J A, CLARK J S, et al. Changes in biomass, aboveground net primary production, and peat accumulation following permafrost thaw in the boreal peatlands of Manitoba[J]. Canada Ecosystems, 2001, 4(5): 461-478.
- [6] 常晓丽, 金会军, 王永平, 等. 植被对多年冻土的影响研究进展[J]. 生态学报, 2012, 32(24): 7981-7990.
- [7] 常晓丽, 帖利民, 金会军, 等. 大兴安岭东坡新林区冻土变化特征[J]. 冰川冻土, 2020, 42(3): 823-833.
- [8] 巴音德乐黑. 内蒙古大兴安岭多年冻土退化趋势及土壤湿度响应研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019.
- [9] 温晶, 张秋良, 韩胜利, 等. 不同抚育间伐强度对兴安落叶松林分平均直径和树高生长的影响[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(5): 163-166, 178.
- [10] 王根绪, 李元首, 吴青柏, 等. 青藏高原冻土区冻土与植被的关系及其对高寒生态系统的影响[J]. 中国科学(地球科学), 2006(8): 743-754.
- [11] 田文涛, 姜晓华, 刘继新. 大兴安岭冻土地上兴安落叶松林生长分析[J]. 自然资源, 1993(3): 71-78.
- [12] 周幼吾, 郭东信, 邱国庆, 等. 中国冻土[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [13] PEICHL M, ARAIN M A. Allometry and partitioning of above- and belowground tree biomass in an age-sequence of white pine forests[J]. Forest Ecology and Management, 2007, 253(1/3): 68-80.
- [14] WANG C K. Biomass allometric equations for 10 co-occurring tree species in Chinese temperate forests[J]. Forest Ecology and Management, 2006, 222(1/3): 9-16.
- [15] RDC Team. R: A language and environment for statistical computing[J]. R Foundation for Statistical Computing, 2010(14): 12-21.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.031

## 不同处理对神黄豆种子发芽的影响

保 华, 贺 圆, 管 朝 旭, 黄 键, 马 双 陆, 徐 云 红

(云南省林木种苗工作站, 云南 昆明 650215)

**摘要:**用剪刀剪、锉子锉、与瓜子石混搓等机械处理法以及用 5% 氢氧化钾、98% 浓硫酸等化学处理法对神黄豆种子进行预处理, 3 倍种子体积沸水浸泡并自然冷却浸种 48 h, 观察并统计种子吸胀粒数、种皮破裂数后置床进行发芽测定。结果表明, 除与瓜子石混搓处理外, 其余处理均能促进种子吸水膨胀, 显著提高神黄豆种子发芽率。其中以 98% 浓硫酸浸泡 2 h 处理效果最好, 其吸胀率达 98.0%、发芽率最高, 达 88.3%, 吸胀破皮率、不正常发芽率均为 0%; 其次是锉子锉处理效果好, 其吸胀率达 99.0%, 发芽率可达 84.7%, 吸胀破皮率、不正常发芽率均为 0%; 用 5% 氢氧化钾进行浸泡处理, 对种子发芽有一定的促进作用, 但发芽不整齐, 发芽速度慢, 处理 14 d 吸胀率为 59.7%、发芽率最高为 48.0%; 与瓜子石混搓处理效果相对较差, 对神黄豆种子发芽的促进作用不明显, 吸胀率为 5.0%、发芽率为 5.0%。

**关键词:**种子发芽; 神黄豆; 机械处理法; 化学处理法; 吸胀率; 发芽率

中图分类号: S722.14; S791.11; Q945.34 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0169-06

引文格式: 保华, 贺圆, 管朝旭, 等. 不同处理对神黄豆种子发芽的影响[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 169-174.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.031

BAO Hua, HE Yuan, GUAN Chaoxu, et al. Effects of Different Treatments on Seed Germination of *Cassia agnes*[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 169-174. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.031

## Effects of Different Treatments on Seed Germination of *Cassia agnes*

BAO Hua, HE Yuan, GUAN Chaoxu, HUANG Jian, MA Shuanglu, XU Yunhong

(Yunnan Forest Seedling Work Station, Kunming 650215, China)

**Abstract:** *Cassia agnes* seeds were pretreated with mechanical treatment methods such as scissors, files, rubbing with melon seed stones, and chemical treatment methods such as 5% potassium hydroxide and 98% concentrated sulfuric acid. The seeds were soaked in boiling water with three times the seed volume and naturally cooled for 48 hours. The number of imbibited seeds and the number of broken seed coats were observed and counted, and then the germination was measured in the bed. The results showed that except for the treatment of mixing with melon seed stone, all other treatments could promote seed water absorption and swelling, significantly improving the germination rate of seeds. Among them, soaking in 98% concentrated sulfuric acid for 2 hours had the best effect, with a swelling rate of 98.0% and the highest germination rate of 88.3%. The swelling and breaking rate and abnormal germination rate were both 0%; secondly, the effect of file treatment was good, with a swelling rate of 99.0%, a germination

收稿日期: 2022-12-13.

第一作者: 保华(1974-), 女(回族), 贵州兴义人, 工程师. 主要从事林草种苗工程管理、林草种子质量检验与监管工作.

Email: 503621811@qq.com

责任编辑: 徐云红(1973-), 女(布依族), 贵州贞丰人, 工程师. 主要从事林草种子检验及质量监管工作. Email: 1049422641@qq.com

rate of 84.7%, and a swelling rate of 0%, as well as an abnormal germination rate; soaking with 5% potassium hydroxide could promote seed germination to a certain extent, but the germination was irregular and slow, and the swelling rate was 59.7% and the highest germination rate was 48.0% after 14 days of treatment; the effect of mixing with melon seed stone was relatively poor, and the promotion effect on the germination of *Cassia agnes* seeds was not significant, with a swelling rate of 5.0% and a germination rate of 5.0%.

**Key words:** seed germination; *Cassia agnes*; mechanical treatment method; chemical treatment method; swelling rate; germination rate

神黄豆(*Cassia agnes*), 苏木科(Hemataceae)决明属(*Cassia*)植物, 原产云南、广西等地, 分布于中南半岛的深山地林中<sup>[1]</sup>。乔木, 树干高大挺拔, 树形伟岸丰满, 树冠雄壮优美, 枝叶碧绿清爽, 花期较长, 花色艳丽迷人, 初夏盛开时满树粉红如霞, 散发出浓郁扑鼻的清香, 具有很高的观赏价值。神黄豆适应性强, 栽培管理容易, 喜高温、阳光充足的环境, 对土壤要求不严, 耐瘠薄, 在深厚肥沃、排水良好的土壤条件下生长良好。在园林绿化中适合作景区的主景树, 可置于构图中心作主景, 也适合作行道树, 或作背景树, 是园林植物中一种值得推广的优良树种<sup>[2]</sup>。种子含有亚油酸甘油酯、 $\beta$ -谷甾醇、芦荟大黄素、大黄酸、表阿夫儿茶精、儿茶素、芫花素、槲皮苷、香叶木素等, 可入药, 常用于治疗麻疹, 水痘, 感冒, 胃痛, 便秘<sup>[3]</sup>。

神黄豆种子种皮致密坚硬, 吸水性能差。新鲜采收的种子, 置于 60~80℃ 的热水浸种 24 h 后播种, 发芽率仅为 26%~28%<sup>[1]</sup>。在笔者的生产实践中发现, 充分干燥的种子吸水性能更差, 播种 3 个月的种子发芽率最高仅为 5%, 以上说明其种子能否顺利吸涨严重影响到神黄豆的育苗生产。因此, 探寻一种在播种前对神黄豆种子进行预处理, 促进种子吸水膨胀并提高种子发芽率的方法, 对加快这一优良树种的推广应用具有重要现实意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试神黄豆种子采自云南省新平县。神黄豆每年 3—5 月开花, 次年 3—5 月种子成熟, 在其成熟季节, 采集果皮为黑褐色, 果荚摇动有响声, 剥开后中果皮为灰绿色, 可分节剥成单粒时, 采收果荚, 适当晾晒后用木棒或钝器敲打圆柱形果荚, 脱离种子, 然后将种子置于室内阴凉通风处晾干。获得的供试种子按《林木种子检验规程》(GB 2772—1999) 进行种

子的净度、千粒重、优良度、含水量测定<sup>[4]</sup>。供试种子的净度为 98.7%、千粒重为 313.4 g、优良度为 98%, 含水量为 9.8%。采用经过净度测定获得的净种子进行发芽试验, 每个处理 100 粒种子, 3 次重复。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 机械处理法

机械处理法采用剪刀、锉子及与瓜子石混搓等对种子进行预处理。处理时以种脐为中线, 在种脐左侧或右侧用剪刀和锉子破坏种皮, 剪、锉时以破坏外种皮且不伤到胚乳为宜; 将种子与瓜子大小的碎石子按 2:1 比例混合放入布袋, 用力搓至种皮毛糙。处理后用 3 倍种子体积的沸水浸泡种子, 自然冷却后浸种 48 h, 每 24 h 换冷水一次。

#### 1.2.2 化学处理法

用 5% 氢氧化钾和 98% 浓硫酸对种子进行预处理。处理时分别用 5% 氢氧化钾浸泡种子 7 d、14 d、21 d; 用 98% 浓硫酸浸泡种子 0.5 h、1 h、1.5 h、2 h、2.5 h、3 h、4 h、5 h、6 h。浸泡处理期间用玻璃棒不断搅拌, 浸泡结束后, 用流水充分冲洗种子, 处理后用 3 倍种子体积的沸水浸泡种子, 自然冷却后浸种 48 h, 每 24 h 换冷水一次。

#### 1.2.3 对照

对神黄豆净种子直接用 3 倍种子体积的沸水进行浸泡处理, 自然冷却后浸种 48 h, 每 24 h 冷水换水一次。

各试验处理结束并经沸水处理后, 部分处理过的种子的种皮在吸水后出现皱缩并呈木耳状而极易脱落, 置床发芽测定前用流水将其冲洗干净, 以免测定过程中霉变感染影响种子发芽。

### 1.3 发芽测定

#### 1.3.1 测定指标

1) 吸胀率: 种子经预处理并沸水浸泡 48 h 吸水膨胀的种子粒数占处理种子总数的百分比。即:

$$\text{吸胀率}(\%) = (a/N) \times 100$$

式中:  $a$  为吸水膨胀的种子粒数;  $N$  为处理样品种



子数。

2) 吸胀破皮率:吸水膨胀种皮破裂的种子数占吸水膨胀种子总数的百分比。即:

$$\text{吸胀破皮率}(\%) = (b/a) \times 100$$

式中: $a$  为吸水膨胀的种子总数; $b$  为吸水膨胀种皮破裂的种子数。

3) 发芽率<sup>[4]</sup>:在规定条件下及规定期限内生成正常幼苗的种子粒数占供试种子粒数的百分比。正常幼苗是指幼苗结构正常、完整或带轻微缺陷且生长均衡、受到次生性感染的幼苗。即:

$$\text{发芽率}(\%) = (n/N) \times 100$$

式中: $n$  为正常发芽的种子数; $N$  为处理样品种子数。

4) 不正常发芽率<sup>[4]</sup>:在规定条件下及规定期限内不能生成正常幼苗的种子粒数占供试种子粒数的百分比。不正常幼苗是指幼苗结构不完整、受严重损伤无法恢复正常、畸形苗或不匀称苗、受原发性感染的幼苗。即:

$$\text{不正常发芽率}(\%) = (m/N) \times 100$$

式中: $m$  为不正常幼苗数; $N$  为处理样品种子数。

### 1.3.2 置床管理

置床前,在各种子处理结束后,用流水充分清洗,分别统计吸胀粒数、硬粒数、种皮破裂数,计数后均匀置于培养盒中,然后将发芽盒放入光照 16 h,光照强度 1 000 lx,温度(30 ± 2)℃ 的光照培养箱进行发芽测定,测定期间经常检查测定种子健康状况及水分、通气、温度、光照,确保种子发芽条件适宜。

### 1.3.3 观察与计数

依照《林木种子检验规程》(GB 2772—1999)<sup>[4]</sup> 中同属树种凤凰木的发芽测定方法,于置床后第 7 天开始进行初次记数,第 14 天进行末次记数,记录种子发芽数、不正常幼苗数,计算发芽率、不正常发芽率。

### 1.4 数据统计与分析

采用 Excel(2007) 和 SPSS(26.0) 统计分析软件进行数据统计和方差分析,单因素方差分析时用邓肯 Duncan 提出的新复极差法进行多重比较,结果以  $P < 0.05$  表示显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 机械处理法对神黄豆种子发芽的影响

机械处理法对神黄豆种子发芽的影响试验结果见表 1。

表 1 机械处理法对神黄豆种子发芽的影响

Tab. 1 Effect of mechanical treatment method on germination of *Cassia agnes* seeds

处理方式	吸胀率 /%	吸胀破皮率 /%	发芽率 /%	不正常发芽率 /%
剪刀剪	82.0 ± 9.5 *	0	67.3 ± 10.1 *	2.0
挫刀挫	99.0 ± 1.0 *	0	84.7 ± 2.3 *	2.0
瓜子石搓	5.0 ± 3.0 *	0	5.0	0
对照	0	0	0	0

注: \* 表示  $P < 0.05$ ,下同。

表 1 显示,用剪刀和锉子破坏外种皮能显著促进神黄豆种子吸水膨胀,大幅提高种子发芽率,种子吸胀率、发芽率与对照相比差异显著( $P < 0.05$ ),不正常发芽率与对照差异不显著。尤其是用锉子处理的种子发芽效果最好,其吸胀率为 99.0%,发芽率为 84.7%,其次是剪刀处理,种子吸胀率为 82.0%,发芽率为 67.3%。与瓜子石混搓对神黄豆种子发芽影响不大,发芽率提升效果不明显,差异不显著,吸胀率、发芽率仅为 5.0%,这可能与神黄豆种子的种皮致密坚硬,吸水性能差,以及在混搓过程中处理不到位,未伤及种皮栅栏组织有关,影响了种子吸水膨胀与种子萌发<sup>[5]</sup>。

### 2.2 化学处理法对神黄豆种子发芽的影响

用 5% 氢氧化钾及 98% 浓硫酸对神黄豆种子进行浸泡预处理,均能促进神黄豆种子吸水膨胀,显著提高神黄豆种子发芽率,与对照差异显著。

#### 2.2.1 5% 氢氧化钾浸泡处理对神黄豆种子发芽的影响

5% 氢氧化钾浸泡处理对神黄豆种子发芽的影响试验结果见表 2。

表 2 5% 氢氧化钾浸泡处理对神黄豆种子发芽的影响

Tab. 2 Effect of 5% potassium hydroxide soaking on seed germination

处理方式	吸胀率 /%	吸胀破皮率 /%	发芽率 /%	不正常发芽率 /%
5% 氢氧化钾浸泡 7 d	34.7 ± 3.8 *	0	34.0 ± 1.0 *	0
5% 氢氧化钾浸泡 14 d	59.7 ± 3.8 *	0	48.0 ± 3.0 *	0
5% 氢氧化钾浸泡 21 d	65.7 ± 4.7 *	2.7 ± 2.5 *	40.7 ± 7.2 *	1
对照	0	0	0	0

表 2 显示,5%氢氧化钾浸泡神黄豆种子 7 d、14 d、21 d,其吸胀率为 34.7%、59.7%、65.7%,发芽率为 34.0%、48.0%、40.7%,吸胀率、发芽率与对照差异显著。随着处理时间增加,吸胀率逐渐增加,发芽率呈先增加后下降的趋势。浸泡 21 d,吸胀种子的种皮开始破裂,出现不正常幼苗。用 5%氢氧化钾处理在一定程度上能软化种子外层胶质,促进神黄豆种子吸水膨胀,增强酶的活性,对种子发芽有一定提升作用。发芽率呈先增加后下降趋势,这可能是在长时间的氢氧化钾浸泡处理中,子叶和胚乳吸水膨胀过程中受到氢氧化钾毒害有关,解剖吸水膨胀未发芽种子发现,子叶和胚乳多变褐死亡。

### 2.2.2 98%浓硫酸处理对神黄豆种子发芽的影响

98%浓硫酸处理对神黄豆种子发芽的影响试验结果见表 3。

表 3 98%浓硫酸处理对神黄豆种子发芽的影响

Tab.3 Effect of 98% concentrated sulfuric acid on germination of *Cassia agnes* seeds

处理方式	吸胀率 /%	吸胀破皮 率/%	发芽率 /%	不正常发 芽率/%
98%浓硫酸 浸泡 0.5 h	27.3±5.5 *	0	42.0±6.2 *	0
98%浓硫酸 浸泡 1 h	61.0±4.0 *	0	69.7±8.5 *	0
98%浓硫酸 浸泡 1.5 h	70.0±6.2 *	0	78.3±1.5 *	0
98%浓硫酸 浸泡 2 h	98.0±1 *	0	88.3±4.9 *	1.0
98%浓硫酸 浸泡 2.5 h	100.0±0 *	0.6	79.0±3.6 *	3.7±1.5 *
98%浓硫酸 浸泡 3 h	100.0±0 *	2.7	74.3±0.6 *	4.3±1.5 *
98%浓硫酸 浸泡 4 h	100.0±0 *	11.3±2.1 *	71.3±3.2 *	9.7±1.5 *
98%浓硫酸 浸泡 5 h	100.0±0 *	37.0±2.0 *	49.3±3.5 *	25.0±2.6 *
98%浓硫酸 浸泡 6 h	100.0±0 *	68.0±3.5 *	18.3±4.2 *	29.3±4.2 *
对照	0	0	0	0

表 3 显示,用 98%浓硫酸浸泡处理神黄豆种子,能显著促进种子吸水膨胀,提高种子发芽率,种子吸胀率、发芽率与对照呈显著性差异。结果表明,用 98%浓硫酸处理神黄豆种子 2 h 以内,吸胀率与处理时间呈正相关,各处理间呈显著性差异,2 h 及以

上则差异不显著。随着处理时间增加,发芽率呈先增加后下降趋势,处理 2 h 时发芽率最高,达 88.3%,处理 6 h 发芽率仅为 18.3%。浓硫酸处理 2 h 后开始出现不正常幼苗,随着处理时间延长,不正常幼苗数逐渐增加,不正常发芽率与处理时间呈正相关;浓硫酸处理 2.5 h,种子开始出现种皮破裂现象,并且随处理时间延长,种皮破裂数增加,种皮破裂数与处理时间呈正相关。浓硫酸处理 6 h,种皮破裂数最高,达 68.0%,不正常发芽率高达 29.3%。种皮破裂与不正常幼苗高度关联。究其原因,可能与浓硫酸处理时间过长有关,浓硫酸不但腐蚀了种子表面坚硬的胶质层,还腐蚀了子叶及胚乳,降低了种子活力,导致不正常幼苗数增加而降低了发芽率。同时发现,浓硫酸处理 0.5 h、1 h、1.5 h,种子吸胀率比发芽率低,但在发芽测定过程中陆续有少量种子继续吸水膨胀发芽,这可能跟浓硫酸处理不完全有关,而对照、机械处理以及 5%氢氧化钾浸泡处理则无此类现象发生,这可能与上述处理并未突破种皮栅栏组织有关。

### 2.3 不同处理对神黄豆种子发芽影响的比较分析

不同处理方法对神黄豆种子发芽的影响不同,除与瓜子石混搓处理外,均能促进种子吸水膨胀,提高种子发芽率(图 1)。

随着 5%氢氧化钾处理时间增加,吸胀率逐渐增加,发芽率呈先增加后下降的趋势,吸胀率、发芽率与对照差异显著,浸 21 d,吸胀种子的种皮开始破裂,出现不正常幼苗。98%浓硫酸处理 2 h 以内,各时间处理的种子吸胀率差异显著,2 h 以上种子吸胀率则无差异,但不正常幼苗数增加,与对照及各处理呈显著性差异。98%浓硫酸处理 2.5 h 开始出现吸胀种子种皮破裂现象,种子破皮率为 1.0%,种皮破裂与处理时间有关联,随着处理时间增加,吸胀破皮率增加,处理 6 h,种子吸胀破皮率达 68.0%。98%浓硫酸处理 3 h 及以上,各时间处理的吸胀破皮率差异显著,3 h 以内则无差异。其中以浓硫酸浸泡处理 2 h 效果最好,吸胀率高,吸胀破皮率低,不正常发芽率低,发芽率最高,达 88.3%;其次是锉子锉处理,吸胀种子无种皮破裂现象,其吸胀率为 99%,发芽率为 84.7%。而对照种子未出现种子吸胀及种皮破裂现象,吸胀率和吸胀破皮率均为 0%,发芽率也为 0%。浓硫酸浸泡处理 2 h 和锉子锉处理对神黄豆种子的发芽影响差异不显著。表明未经预处理的种子,其种皮致密坚硬且覆盖脂质层,种皮栅栏细胞角质层的存在影响了种子吸水<sup>[5]</sup>。剪刀剪、锉子锉

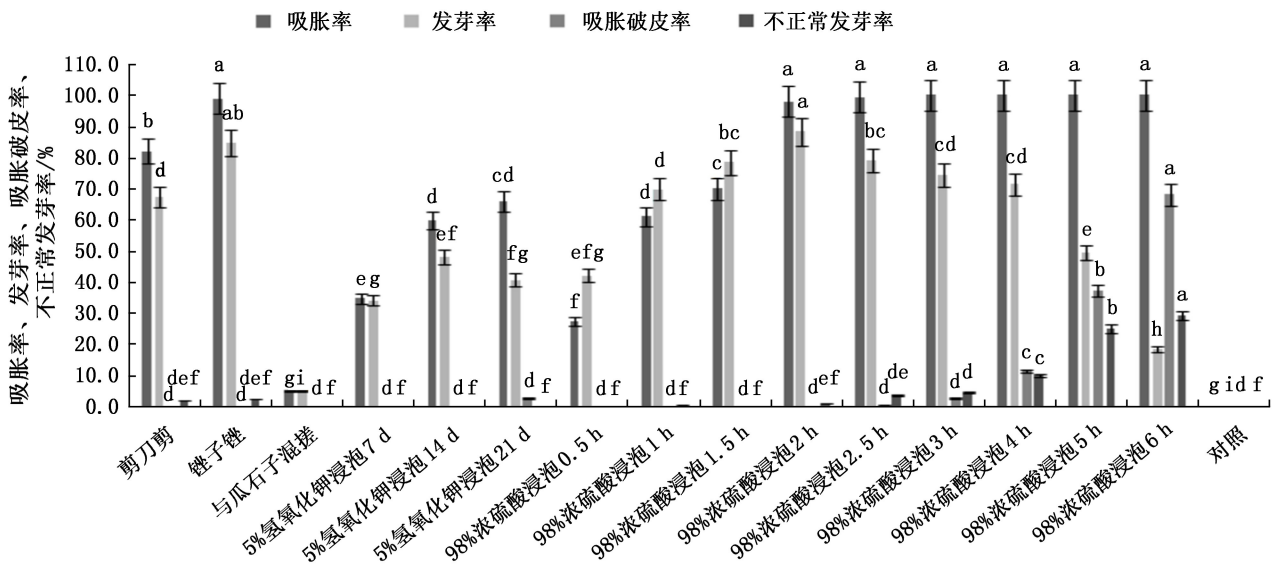


图 1 不同处理神黄豆种子发芽比较

Fig. 1 Germination comparison of *Cassia agnes* seeds with different treatments

处理同样出现不正常幼苗数,但与对照差异不显著,这可能与种子原发性活力有关。

### 3 结论与讨论

种子萌发是从种子吸胀开始,吸胀程度决定于种子成分、种皮对水分的透性以及环境中水分的有效性。种皮透性不良是大多数豆科植物种子的特性,其对延长种子寿命,延续种类及远距离传播是有利的。种皮对发育中的胚起着物理的阻碍作用,由于种皮的不透水性使胚得不到必要的水分,阻碍了萌发,除去或损伤种皮可以促进萌发<sup>[5]</sup>。

1) 采用机械处理法对神黄豆种子种皮进行机械处理,除与瓜子石混搓的处理效果不明显外,剪刀剪、铧子铧均大幅促进种子吸水膨胀,显著提高神黄豆种子的发芽率。其中以铧子处理效果最好,吸胀率达 99%,发芽率达 85%,其次是剪刀处理,吸胀率为 82%,发芽率为 67%,与瓜子石混搓效果最差,吸胀率为 5%、发芽率为 5%,这可能是由于在混搓过程中处理不到位,未伤及种皮栅栏组织,影响了种子吸水膨胀与种子萌发<sup>[5]</sup>。试验结果与一些学者的研究结果一致,如邱琼等<sup>[6]</sup>对粉花山扁豆采用枝剪剪破种皮处理,显著促进了种子萌发;郭丽云<sup>[7]</sup>采用砂擦破凤凰木种皮以及文亦蒂等<sup>[8]</sup>对银合欢种子采用研磨的方式均显著提高了发芽率。采用机械法对种皮进行处理是针对种皮坚硬树种促进发芽的有效手段,但是,在实际育苗生产中,对每粒种子进行机械处理,工作量大,任务重,效率低下,再加上在

机械处理种子过程中力度不易掌握,过强则易伤及子叶和胚乳,过轻则对种子发芽的促进作用有限,达不到试验结果用于实际生产的目的,因而在大规模育苗生产中的推广应用受到限制,仅限于小规模生产。

2) 用 5% 氢氧化钾浸泡处理神黄豆种子,处理 14 d 吸胀率为 59.7%、发芽率最高仅为 48.0%,处理 21 d 吸胀率为 65.7%、发芽率仅为 40.7%。用 5% 氢氧化钾浸泡处理,对种子发芽有一定的促进作用,但处理时间长,且发芽不整齐,发芽速度慢,不建议在生产中运用。可能是因为该种子表面所含蜡质较少而是由致密的栅栏组织组成,该处理不能改善种子的吸水性能而迅速促进种子吸水萌发。用 5% 氢氧化钾对种子进行预处理,在厚朴<sup>[9]</sup>、乌柏<sup>[10]</sup>等种子表面富含蜡质的树种中应用较为广泛。其目的是通过氢氧化钾的作用除去附着在种子表面的蜡质层,创造通气透气条件,以便水分和空气进入种子,使种子发芽。

3) 用 98% 浓硫酸处理 2 h 对种子种皮腐蚀效果适中,发芽效果最好,在腐蚀种子种皮的同时并未对子叶和胚乳造成损伤,在促进种子吸水膨胀的同时显著提高了种子发芽率,种子发芽率达 88.3%,种子萌发的不正常幼苗数仅为 1.0%。这与邱琼等<sup>[6]</sup>用浓硫酸处理粉花山扁豆,发芽率由 1.3% 提高至 86.2%;郭丽云<sup>[7]</sup>对凤凰木种子在进行发芽测定时用浓硫酸拌种处理 0.5 h,发芽率由 7.3% 提高至 43%;郝海坤等<sup>[11]</sup>对铁刀木种子采用浓硫酸处理,

发芽率达 90%，比对照提高 23 个百分点的结论一致。采用 98% 浓硫酸对种皮坚硬的种子进行处理，可大幅度提高种子发芽率，在林木种子检验规程中常作为成熟技术应用在台湾相思、格木、羊蹄甲、皂荚等树种的发芽测定中，但不同树种，不同浓度硫酸处理种子时间各不相同<sup>[4]</sup>。文亦芾等<sup>[8]</sup>、周锦业等<sup>[12]</sup>采用不同浓度硫酸、不同处理时间对银合欢、银叶金合欢种子发芽进行研究，结果表明，不同树种种子种皮坚硬不同，处理时间也不相同，处理时间过长，容易灼伤种子，影响种子发芽率；处理时间过短，起不到破坏种皮促进种子萌发的目的。在规模化生产育苗中，建议推广使用 98% 浓硫酸对神黄豆种子浸泡处理 2 h，但一定要严格控制处理时间并在处理结束后及时将种子冲洗干净，以免处理时间过长对子叶和胚乳造成损伤而影响发芽率。

4) 对种皮进行破皮处理，加快种子吸水膨胀，是促进种子萌发的关键，但处理方式不同，开始吸水膨胀的位置与处理方式有关。在机械处理法中，仅最初在剪刀剪口及锉子锉口处出现木耳状变化，然后逐渐扩展到整粒种子并吸水膨胀。在用 98% 浓硫酸处理中，则在用沸水处理后种子表面迅速出现木耳状变化并迅速吸水膨胀。而用碱水处理则未出现木耳状变化。这可能因为种子在高浓度的硫酸处理时，表面种皮腐蚀较为均匀，打破种皮栅栏组织屏障较为完全，解除了硬实种子的生理休眠，提高了发芽率。

参考文献：

[1] 国家林业局国有林场和林木种苗工作总站. 中国木本植物种子[M]. 北京:中国林业出版社,2000.

[2] 张淑红. 神黄豆[J]. 植物杂志,2003,6:28.

[3] 和东阳,王利勤. 神黄豆果实化学成分的研究[J]. 中国现代应用药学,2014,31(11):1355-1359.

[4] 国家质量技术监督局. 林木种子检验规程:GB2772-1999[S]. 北京:中国标准出版社,2000.

[5] 傅家瑞. 种子生理[M]. 北京:科学出版社,1985.

[6] 邱琼,杨德军,陈显兵,等. 不同处理方法对粉花山扁豆种子发芽率的影响[J]. 西部林业科学,2011,40(1):80-82.

[7] 郭丽云. 不同处理对凤凰木种子发芽的影响[J]. 广东林业科技,2006,22(1):36-38.

[8] 文亦芾,张发兵,曹国军. 几种处理对银合欢种子活力的影响研究[J]. 草业畜牧,2007,137(4):9-14.

[9] 余启高. 几种处理对厚朴种子活力的影响[J]. 湖北农业科学,2010,49(4):911-916.

[10] 张燕. 不同处理对乌柏种子发芽的影响[J]. 广东林业科技,2009,25(3):60-63.

[11] 郝海坤,唐玉贵,黄志玲. 浓硫酸和热水处理对铁刀木种子发芽的影响[J]. 林业科技开发,2011,25(2):99-101.

[12] 周锦业,丁国昌,卜朝阳,等. 不同处理方式对银叶金合欢种子发芽的影响[J]. 河南农业科学,2015,44(5):121-124.

责任编辑：许易琦

(上接第 168 页)

[16] 韦昌雷,王立中,刘芳蕊,等. 大兴安岭南瓮河湿地多年冻土活动层地温研究[J]. 温带林业研究,2019,2(3):37-40.

[17] 周幼吾,郭东信,邱国庆,等. 中国冻土[M]. 北京:科学出版社,2000.

[18] 张齐兵. 大兴安岭北部植被对高胁迫冻土环境及干扰的响应[J]. 冰川冻土,1994(2):97-103.

[19] 刘足根,朱教君,袁小兰,等. 辽东山区长白落叶松天然更新调查[J]. 林业科学,2007(1):42-49.

[20] HU J, HOPPING K A, BUMP J K, et al. Climate change and water use partitioning by different plant functional groups in a grassland on the Tibetan Plateau [J]. Plos One,2013,8(9):e75503.

[21] REICHSTEIN M, BAHN M, CIAIS P, et al. Climate ex-

tremes and the carbon cycle [J]. Nature, 2013, 500(7462):287-295.

[22] ZIMOV S A, SCHUUR E A G, CHAPIN F S I. Permafrost and the global carbon budget [J]. Science, 2006, 312(5780):1612-1613.

[23] TARNOCAI C, CANADELL J G, SCHUUR E, et al. Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region [J]. Global Biogeochemical Cycles, 2009, 23(2):1-11.

[24] HARDEN J W, KOVENC D, PINGC L, et al. Field information links permafrost carbon to physical vulnerabilities of thawing [J]. Geophysical Research Letters, 2012, 39(15):51-60.

责任编辑：陈旭

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.032

## 武定县湿加松引种试验初探

李春文

(武定县林业和草原局, 云南 楚雄 651600)

**摘要:**对武定县 2019 年引种湿加松造林地块进行样地监测调查,分析海拔、土层厚度、整地方式、经营管理措施对湿加松树高和胸径的影响。结果表明:湿加松适宜在海拔 1 800~2 300 m 的温凉坝区和云南松原生分布区种植;中厚层土壤、阳坡、缓坡有利于湿加松生长;机械全垦,布设 70 cm × 70 cm × 60 cm 以上规格种植塘,基肥施入农家肥和复合肥,湿加松速生丰产杂交优势明显;造林后全面封禁,适时松土、除草、抹蘖,幼树生长健壮。

**关键词:**湿加松;立地条件;造林模型;引种试验;武定县

中图分类号:S722.7;S791.24 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0175-03

引文格式:李春文. 武定县湿加松引种试验初探[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 175-177. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.032

LI Chunwen. Preliminary Study on Introduction Experiment of *Pinus elliottii* × *P. caribaea* in Wuding County[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 175-177. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.032

## Preliminary Study on Introduction Experiment of *Pinus elliottii* × *P. caribaea* in Wuding County

LI Chunwen

(Forestry and Grassland Bureau of Wuding County, Chuxiong, Yunnan 651600, China)

**Abstract:** A sample plot survey and analysis were conducted on the introduction of *Pinus elliottii* × *P. caribaea* in Wuding County in 2019. The altitude, soil layer thickness, land preparation methods, and management had a significant impact on the height and DBH of *Pinus elliottii* × *P. caribaea*. The results showed that *Pinus elliottii* × *P. caribaea* was suitable for planting in the warm and cool dam area at an altitude of 1 800~2 300 meters and the original distribution area of *Pinus yunnanensis*; medium thick soil layer, sunny slopes, and gentle slopes were beneficial for the growth of *Pinus elliottii* × *P. caribaea*; mechanical reclamation, deployment of planting ponds over the size of 70 cm × 70 cm × 60 cm, and applying base fertilizer to farm manure and compound fertilizer, had a significant hybrid advantage in quick growth and high yield of *Pinus elliottii* × *P. caribaea*; comprehensive ban after afforestation and timely ripping, weeding, and tiller cutting were beneficial for the growth and health of young trees.

**Key words:** *Pinus elliottii* × *P. caribaea*; site conditions; afforestation model; introduction experiment; Wuding County

收稿日期:2023-02-23.

第一作者:李春文(1968-),男,云南武定人,高级工程师.主要从事营造林技术推广、林木生产管理和质量监督检验、林业调查规划及设计工作. Email:99679354@qq.com

湿加松(*Pinus elliottii* × *P. caribaea*)是湿地松与加勒比松的杂交后代,其综合了双亲的优点,具有生长快、生长量大、树干圆满通直、材性良好、松脂产量高、质量好、耐水湿、抗风和病虫害能力强等优点,是一个速生、丰产、优质、高效的优良树种<sup>[1-4]</sup>。云南省普洱市 2010 年开始引种繁殖湿加松实生苗,生长表现较好,并于 2014 年开始扦插育苗。武定县 2019 年以培育速生丰产林和采脂工业原料林,扩选干热河谷热区向冷量山区过渡段适生树种为目标,选择典型造林地块开展湿加松引种试验。造林地块分布于狮山、高桥、田心、万德、己衣等乡镇,共 8 个地块,造林总面积 74.1 hm<sup>2</sup>。

以不同立地条件、不同造林模型、不同经营管理措施的湿加松林为试验对象,观察其生长情况,选择最佳方案,为全县乃至滇中北地区推广种植湿加松提供参考。

## 1 试验区概况

武定县位于滇中高原北部,属于云南省楚雄州,全县最低海拔 862 m,最高海拔 2 956 m。属低纬高原季风气候区,气候温和,冬无严寒,夏无酷暑;年均降水量 988.6 mm,金沙江河谷为少雨区,年降水量约 600 mm,年均温 15.1℃,极端最高温 34.5℃,极端最低温 -6.4℃,≥10℃积温 5 541.5℃<sup>[5]</sup>。全县森林土壤有 9 个亚类,分别是燥红土、红壤、黄红壤、黄棕壤、棕壤等地带性土壤和石灰土、石灰性紫色土、中性紫色土、酸性紫色土等非地带性土壤,地带性土壤和非地带性土壤交错分布。

## 2 研究方法

### 2.1 研究内容

调查各造林地湿加松林不同立地条件和林分生长数据,对不同立地条件、造林模型、经营管理措施的湿加松生长状况进行调查分析,探索湿加松在不同立地条件下的生长规律。针对湿加松的平均树高、平均胸径或地径等林分因子,分别进行相关性分析,以确定湿加松树高和胸径(地径)对主要立地因子的响应程度,探索湿加松生长随主要立地因子的变化规律。

### 2.2 调查内容及因子确定

选择 2019 年以来武定县内引种湿加松造林的 8 个地点进行样地调查,立地类型因子主要调查海拔、土壤种类、土壤质地、土层厚度、坡向、坡位、坡度

等,造林模型主要调查整地模式、种植塘规格、造林株行距、基肥种类等,调查收集造林地的具体经营管理措施。

### 2.3 调查方法与数据处理

在选择 8 个造林地块中,每块造林地设置 1~2 个 20 m × 20 m 的典型样地,森林罗盘测设, GPS 定位,钉桩或埋瓷砖标记,然后每木检尺,得到树高、胸径(胸径未达检尺标准的测量距离地面 10 cm 地径)数据,标记优势木。共选择 13 个样地进行调查,调查数据通过计算机 Excel 表格统计处理,加权平均得到林木平均胸径(地径)和平均树高。

## 3 结果与分析

根据调查整理、计算,得到不同立地条件、不同造林模型、不同经营管理措施的湿加松胸径(地径)和树高调查统计结果(表 1)。

### 3.1 不同立地条件对湿加松生长状况影响

立地条件因子中,海拔对造林保存率影响较大。海拔为 1 400~1 800 m,当年成活率可达 85%~90%,但第二年保存率仅为 25%~30%,第三年无成活保存株;海拔 1 800~1 900 m,当年成活率可达 90%~95%,第二年保存率为 80%~85%,第三年保存率降至 75%,而且长势表现不良;海拔 1 900~2 300 m,当年成活率可达 98%~100%,第二年保存率保持在 95%以上,第三年保存率稳定在 93%左右。在土壤质地的影响方面,壤土或沙壤保水保肥能力较砂土好,湿加松长势也表现较好。土层厚度、坡向、坡位、坡度对湿加松成活率、胸径(地径)和树高的影响也大,中厚层土壤、阳坡、中下坡位、缓坡有利于湿加松生长。

### 3.2 不同造林模型对湿加松生长状况影响

造林模型中,皆以两年生、苗高 50~60 cm 湿加松容器苗植苗造林,但整地方式、基肥种类及种植塘规格对湿加松成活率、胸径(地径)和树高的影响较大。机械全垦,布设 70 cm × 70 cm × 60 cm 以上规格种植塘,基肥施入农家肥和复合肥,湿加松速生丰产杂交优势明显<sup>[6]</sup>。如狮山镇水红花箐 2021 年 6 月造林地,2022 年 12 月 25 日调查优势木树高为 3.14 m,幼树地径达 8.1 cm,胸径 4.5 cm,样地林木平均树高 2.03 m,地径 6.31 cm;2019 年造林地优势木树高为 6.08 m,幼树胸径达 10.6 cm,样地林木平均树高 4.28 m,胸径 7.48 cm。小块状整地,种植塘规格 50 cm × 50 cm × 40 cm 或 40 cm × 40 cm × 30 cm,基肥仅施复合肥,幼树次年保存率明显降低,长势一般。

表 1 湿加松引种调查统计  
Tab. 1 Investigation and statistics of *Pinus elliottii*×*P. caribaea* introduction

试验地点	造林年度	立地条件						造林模型				经营管理措施	造林保存率/%	林分			优势木			备注
		海拔/m	土壤种类	土壤质地	土层厚度	坡向	坡位	坡度级	整地模式	株行距/m	种植规格/cm			基肥种类	平均胸径/cm	平均地径/cm	平均树高/m	胸径/cm	地径/cm	
狮山水红花箐	2019	1948~1955	紫色土	沙壤	中厚	阳坡	中部	I	全垦整地	2.5×3	70×70×60	有机肥、复合肥	全封、松土、除草、抹蘖	98	7.48	4.28	10.6	6.08		
	2021	1960~1975	紫色土	沙壤	中厚	阳坡	中部	I	全垦整地	2.5×3	70×70×60	有机肥、复合肥	全封、松土、除草、抹蘖	99	6.31	2.03	4.5	8.1	3.14	一年新稍长 220 cm
田心大营山	2019	2020~2067	紫色土	砂土	薄层	阳坡	上部	II	块状整地	2.5×3	70×70×60	复合肥	全封	94	1.45	2.29	2.5	3.50		
己衣罗能后山	2019	1420~1510	紫色土	砂土	薄层	阴坡	中部	III	块状整地	2.0×2	50×50×40	复合肥	全封	0						
田心利米山	2019	1552~1732	紫色土	砂土	薄层	阳坡	中部	II	块状整地	2.0×2	50×50×40	复合肥	全封	0						
万德团碑山	2019	2112~2252	紫色土	沙壤	薄层	阴坡	下部	II	块状整地	2.0×2	50×50×40	复合肥	全封	95	1.55	2.56	4.1	3.80		
万德万希老山	2019	1916~1990	紫色土	砂土	薄层	阳坡	下部	II	块状整地	2.0×3	50×50×40	复合肥	全封	88	1.13	1.30	2.7	1.70	有放牧痕迹	
高桥小河后山	2019	2147~2269	紫色土	沙壤	薄层	阴坡	中部	II	块状整地	2.0×2	40×40×30	复合肥	全封	82	1.35	2.18	3.5	1.77	有放牧痕迹	

3.3 不同经营管理措施对湿加松生长状况影响

造林地后期的经营管理措施对湿加松成活率、胸径(地径)和树高的影响较大。以培育速生丰产林为目标,造林地全面封禁,适时松土、除草、抹蘖,幼树生长健壮。而作为一般用材林和生态林培育,轮封或半封,有人畜活动痕迹的造林地,林相参差不齐,长势一般。

4 结 论

海拔、土层厚度、整地方式、经营管理措施对湿加松树高和胸径影响极显著。研究表明:(1)湿加松不宜在海拔 1 800 m 以下的金沙江沿岸干热河谷地区种植,适宜在海拔 1 800~2 300 m 的温凉坝区和云南松原生分布区种植;(2)中厚层土壤、阳坡、缓坡有利于湿加松生长;(3)机械全垦,70 cm×70 cm×60 cm 以上规格整地,使用农家肥和三元复合肥做基肥,可提高湿加松的生长量;(4)造林后全

面封禁,适时松土、除草、抹蘖,幼树生长健壮。根据实验结果,湿加松可在武定县及滇中地区推广种植,前景广阔。

参考文献:

[1] 何克军. 澳大利亚昆士兰州松树杂交育种和造林[J]. 广东林业科技,1996,10(3):34-38.  
 [2] 湛江市林业科学研究所. 加勒比松与湿地松杂交育种试验[J]. 广东林业科技,1994,10(11):23-27.  
 [3] 张开悦. 湿加松引种适应性试验研究 [J]. 安徽农学通报,2011,17(9):160-162.  
 [4] 郭赋英,曾洪流,楼浙辉. 赣州市湿加松引种栽培调查 [J]. 南方林业科学,2013,43(1):25-27.  
 [5] 杨光照,黄运荣. 武定县森林资源规划设计调查报告 [R]. 昆明:云南省林业调查规划院,2016.  
 [6] 李伟雄,谢继红,陈新宇. 不同基肥对湿加松生长的影响[J]. 林业与环境科学,2022,10(5):120-126.

责任编辑: 杨焱焱

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.033

## 云南红河州 19 个草品种适应性栽培试验

杨忠伟, 普静和, 李宏伟, 胡永军, 陈建功, 傅涛, 何汉凤  
(红河州林业工作站, 云南 蒙自 661199)

**摘要:**2021—2022 年, 在红河州中北部不同海拔、气候条件和生态环境, 开展 19 个草品种发芽及生长情况对比试验。从发芽率、出苗率、高生长量、根系生长情况、草产量、植株内容物含量等方面进行对比分析。结果认为, 从试验栽培的土壤类型看, 红壤土上各草种的生长都优于沙壤土上; 从海拔上看, 高海拔区域更适宜于草本植物生长。

**关键词:**草品种; 适应性栽培试验; 出苗率; 高生长量; 产量; 红河州

中图分类号: S722.5; S54 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0178-04

引文格式: 杨忠伟, 普静和, 李宏伟, 等. 云南红河州 19 个草品种适应性栽培试验[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 178-181. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.033

YANG Zhongwei, PU Jinghe, LI Hongwei, et al. Adaptable Cultivation Experiment of 19 Grass Varieties in Honghe Prefecture of Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 178-181. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.033

## Adaptable Cultivation Experiment of 19 Grass Varieties in Honghe Prefecture of Yunnan Province

YANG Zhongwei, PU Jinghe, LI Hongwei, HU Yongjun, CHEN Jianguo,  
FU Tao, HE Hanfeng  
(Honghe Forestry Workstation, Mengzi, Yunnan 661199, China)

**Abstract:** From 2021 to 2022, the comparative experiments were conducted on the germination and growth of 19 grass varieties at different altitudes, climatic conditions and ecological environments in the central and northern parts of Honghe Prefecture, and the germination rate, seedling emergence rate, height growth, root growth, grass yield, and plant content were compared and analyzed. The results showed that the growth of grass varieties on red soil was better than that on sandy soil; high-altitude areas were more suitable for the growth of herbaceous plants.

**Key words:** grass varieties; adaptable cultivation experiment; seedling emergence rate; height growth; yield; Honghe Prefecture

### 1 试验地概况

建水县普雄乡万家庄村委会塔瓦村试验地位于东经 103°9'35", 北纬 23°27'14"; 海拔 1 550 m, 北坡

台地; 最高温度 28℃, 最低温度 -1℃, 年均温 15℃, 年降雨量 840 mm, 年日照时数 2 010 h; 土壤为稻田沙壤, 耕作层厚度 30 cm。

收稿日期: 2022-05-07.

第一作者: 杨忠伟(1964-), 男, 云南红河人, 高级工程师. 主要从事营林和林木良种推广工作. Email: 2418960639@qq.com

责任作者: 陈建功(1989-), 男, 云南师宗人, 助理工程师. 主要从事林木良种推广工作. Email: 814985734@qq.com



普雄乡他腊村委会牛白村灯笼山试验地位于东经103°8'34",北纬23°27'51";海拔2 000 m,东坡,坡度10°;最高温度28℃,最低温度-3℃,年均温15.5℃,年降雨量900 mm,年日照时数2 046 h;土壤为山地红壤,厚度80 cm。

开远市西郊水泥厂后山试验地位于东经103°14'6",北纬23°41'35";海拔1 150 m,西坡,平地;年均温19.6℃,最高温度32℃,最低温度3℃,年降雨量814 mm,年日照时数2 254 h;土壤为回填红壤土,土层厚度50 cm。

## 2 试验方法、材料与设计

### 2.1 试验方法

矮秆密行条播,试验小区面积为15(3 m×5 m)~20(4 m×5 m)m<sup>2</sup>;高秆宽行条播,试验小区面积为30(5 m×6 m)~40(5 m×8 m)m<sup>2</sup>。试验地四周设1~2 m保护行。一年生草品种的试验时间不少于2个生产周期,多年生草品种的试验时间不少于3个生产周期。对照品种是当地审定登记的品种或当地生产上应用最广的品种。各项管理措施一致。采用钢卷尺、称测量草本样品。

### 2.2 供试草种

本次供试验的草品种有紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)、鸭茅(*Dactylis glomerata* L.)、多年生黑麦草(*Lolium perenne* L.)、苇状羊茅(*Festuca arundinacea* Schreb.)、弯叶画眉草(*Eragrostis curvula* (Schrad) Nees.)、杂交臂形草(*Brachiaria hybrid*)、非洲狗尾草(*Setaria sphacelata* Stapf cv)、木豆(*Cajanus cajan* (L) Millp)、拉巴豆(*Dolichos lablab* L.)、硬皮豆(*Macrotyloma uniflorum* (Lam) Verdc)、水牛草(*Cenchrus echinatus* L.)、非洲虎尾草(*Chloris gayana* Kunth cv)、大黍(*Panicum maximum* Jacq)、高丹草(*Sorghum bicolor* × *sudanense*)、珍珠粟(*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br)、菽麻(*Crotalaria juncea* L.)、猪屎豆(*Crotalaria pallida* Ait)等19种。

### 2.3 试验设计

采用随机区组设计,每一行为一个区组,3次重复。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同草品种播种量及发芽率

本文所述草种包含品种在内共计19个,草种纯度均大于95%,发芽率在75%~90%。由于草种不

同,种子的大小、千粒重各不相同,单位面积的播种量会有差异。一般来说,单位面积相同的情况下,大粒种子播种量相对要多,小粒种子播种量相对要少。播种量最大的是拉巴豆,千粒重250 g,播种量22.5~37.5 kg/hm<sup>2</sup>;播种量最小的是大黍D057,千粒重0.9 g,播种量1~4 kg/hm<sup>2</sup>。各草种适宜的播种量详见表1。

表1 不同草种的种子质量及播种量

Tab.1 Seed quality and sowing rate of various grass varieties

品种	千粒重 /g	纯度 /%	发芽率 /%	播种量 /(kg·hm <sup>-2</sup> )
拉巴豆	250.0	≥98	85	22.5~37.5
硬皮豆	8.5	≥98	85	7.5~15
高丹草	12.0	≥98	90	15~20
珍珠粟	4.5	≥98	90	15~20
杂交臂形草	5.0	≥98	80	7~7.5
多年生黑麦草	2.2	≥98	90	11~22
大黍 D057	0.9	≥95	80	1~4
大黍 D055	0.9	≥95	80	1~4
光头黍	0.9	≥95	80	1~4
紫花苜蓿	2.4	≥98	90	4~12
非洲狗尾草	0.8	≥90	75	6~15
菽麻	28.5	≥98	85	5~6
鸭茅	0.8	≥95	80	12~15
苇状羊茅	2.5	≥98	90	7.5~15
弯叶画眉草	0.3	≥95	85	4.5~7.5
木豆	120.0	≥98	85	5~7
水牛草	3.0	≥98	80	4~5
非洲虎尾草①	0.3	≥95	80	6~15
非洲虎尾草②	0.3	≥95	80	6~15

### 3.2 不同草品种出苗及高生长情况

试验说明,出苗情况与草种、海拔、降雨量有关。三个试验点出苗率在50%以上的草种主要有紫花苜蓿、多年生黑麦草、杂交臂形草、拉巴豆,其次是鸭茅、硬皮豆、珍珠粟、苇状羊茅、弯叶画眉草、大黍D057、高丹草、菽麻、非洲狗尾草、光头黍等。出苗5%~50%的品种有大黍D055、非洲虎尾草②、高丹草、珍珠粟、非洲狗尾草等。出苗率5%以下的品种有水牛草、光头黍、非洲虎尾草①、苇状羊茅等(表2)。

植株高生长有较大的差异(表3)。从表3可以看出,高秆草以高丹草、珍珠粟、菽麻生长较好,矮秆草以拉巴豆、硬皮豆、大黍D057、非洲狗尾草、非洲虎尾草①、非洲虎尾草②、弯叶画眉草生长较好。

表 2 各草品种出苗情况

Tab. 2 Seedling emergence rate of various grass varieties

试验点	出苗 50%以上	出苗 5%~50%	出苗 5%以下
塔瓦村	紫花苜蓿、鸭茅、多年生黑麦草、杂交臂形草、拉巴豆、硬皮豆、珍珠粟、大黍 D057	非洲虎尾草①②、高丹草、大黍 D055	光头黍、水牛草
灯笼山	紫花苜蓿、鸭茅、多年生黑麦草、苇状羊茅、弯叶画眉草、杂交臂形草、非洲狗尾草、木豆、拉巴豆、硬皮豆、大黍 D057、高丹草、菽麻	珍珠粟、光头黍、大黍 D055、水牛草、猪屎豆	
水泥厂后山	紫花苜蓿、多年生黑麦草、杂交臂形草、光秃黍、拉巴豆、硬皮豆、菽麻	大黍 D057、高丹草、珍珠粟、非洲狗尾草	鸭茅、苇状羊茅、水牛草、猪屎豆、大黍 D055、非洲虎尾草①②

表 3 各品种植株高生长量

Tab. 3 Height growth of various grass varieties cm

品种	塔瓦		水泥厂后山		灯笼山		备注
	9月	10月	9月	10月	9月	10月	
拉巴豆	59.1	59.1	58.1	126.6	67.7	75.0	矮秆
硬皮豆	14.0	24.2	22.7	61.1	19.6	43.3	矮秆
高丹草	/	48.5	77.3	112.0	86.6	141.2	高秆
珍珠粟	45.0	81.4	112.9	117.7	99.8	155.2	高秆
杂交臂形草	32.8	32.8	43.8	43.8	28.4	46.1	矮秆
多年生黑麦草	37.1	37.1	25.3	25.3	18.5	25.2	矮秆
大黍 D057	45.8	62.6	33.2	84.3	49.7	80.7	矮秆
大黍 D055	/	47.2	/	63.1	34.0	67.6	矮秆
光头黍			22.7	37.2	32.7	66.7	矮秆
紫花苜蓿			18.2	33.4	20.0	42.4	矮秆
非洲狗尾草			24.4	72.2	38.6	113.0	矮秆
菽麻			71.3	123.7	107.9	150.5	高秆
鸭茅			/	19.5	20.8	24.8	矮秆
苇状羊茅			/	21.8	18.2	36.8	矮秆
弯叶画眉草					30.4	73.5	矮秆
木豆					44.0	69.1	矮秆
水牛草			/	48.9	34.3	60.1	矮秆
非洲虎尾草①			/	68.0	66.3	110.0	矮秆
非洲虎尾草②			/	58.5	61.5	88.1	矮秆

3.3 不同草品种根系生长及产量情况

矮秆品种在海拔 2 000 m 的红壤地带,高生长可达到 24.8~110 cm,根长 22.6~33.8 cm,根幅 32.2~54.6 cm,每平方米鲜重 0.71~6.54 kg。在海拔 1 550 m 的稻田沙壤地段,高生长可达到 24.2~62.6 cm,根长 21.4~28.5 cm,根幅 40~52 cm,每平方米鲜重 0.65~2.66 kg。在海拔 1 150 m 红壤地带,高生长可达到 19.5~84.3 cm,根长 20.4~46.6 cm,根幅 13~70.4 cm,每平方米鲜重 0.34~3.81 kg (表 4,表 5)。

表 4 各品种各试验地草根系生长情况

Tab. 4 Root growth of various grass varieties in

品种	experimental sites					
	塔瓦		水泥厂后山		灯笼山	
	根长	根幅	根长	根幅	根长	根幅
拉巴豆	26.5	52.0	46.6	61.6	33.8	50.2
硬皮豆	/	/	26.4	29.2	/	/
高丹草	26.6	46.8	33.6	58.0	29.8	49.0
珍珠粟	18.2	30.6	19.6	30.2	27.2	43.0
杂交臂形草	25.5	42.0	39.2	63.6	31.0	51.2
多年生黑麦草	21.4	34.4	20.4	26.6	22.6	34.4
大黍 D057	28.5	50.8	40.8	70.4	31.6	54.6
大黍 D055	22.2	40.0	29.2	50.4	32.6	57.0
光头黍			28.8	47.2	32.2	53.2
紫花苜蓿			24.0	13.0	25.6	32.2
非洲狗尾草			33.2	58.2	28.2	43.0
菽麻			23.6	36.0	27.2	34.8
鸭茅					28.0	39.6
苇状羊茅					26.4	33.8
弯叶画眉草					25.6	39.8
木豆					28.0	49.6
水牛草					22.8	38.0
非洲虎尾草①			34.4	54.4	25.0	45.4
非洲虎尾草②					25.2	39.0

3.4 内容物含量

经检验,19 个草品种中的粗蛋白含量在 1%~22.4%,含量最高的是紫花苜蓿,其次是苇状羊茅,最低是非洲虎尾草②;粗纤维含量在 16.9%~56.3%,含量最高的是菽麻,其次是非洲虎尾草,最低是苇状羊茅;无氮浸出物含量在 40.08%~51.8%,含量最高的是多年生黑麦草,其次是杂交臂形草,最低的是水牛草;灰分物质含量在 5%~14.8%,含量最高

表 5 各品种各试验地草产量

Tab. 5 Yield of various grass varieties in experimental sites  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$

品种	塔瓦		水泥厂后山		灯笼山	
	鲜重	干重	鲜重	干重	鲜重	干重
拉巴豆	1.96	0.64	2.03	0.63	2.27	0.78
硬皮豆	/	/	1.75	0.51	/	/
高丹草	0.92	0.27	2.22	0.79	4.93	1.95
珍珠粟	0.47	0.15	2.26	0.79	3.25	1.05
杂交臂形草	1.88	0.49	3.81	1.41	6.54	2.35
多年生黑麦草	1.26	0.39	0.84	0.26	2.98	0.70
大黍 D057	2.66	0.66	1.89	0.41	5.03	1.36
大黍 D055	0.65	0.19	1.52	0.43	4.17	1.21
光头黍			0.34	0.25	2.36	0.79
紫花苜蓿			0.52	0.12	2.29	0.47
非洲狗尾草			2.81	0.87	6.24	1.48
菽麻			1.39	0.58	3.70	1.41
鸭茅					0.87	0.27
苇状羊茅					2.46	0.62
弯叶画眉草					1.43	0.53
木豆					0.71	0.25
水牛草					2.42	0.80
非洲虎尾草①			0.72	0.20	4.74	1.27
非洲虎尾草②					5.01	1.42

的是拉巴豆,其次是苇状羊茅,最低的是高丹草。详见表 6。

#### 4 结论与探讨

从试验的土壤类型看,红壤土保水性好,各个草品种的生长都优于沙壤地上栽培的植株,高生长尤为明显。从海拔地带上看,高海拔地区气候温凉、空气湿度大,更有利于草本植物的短期生长。在中低海拔地带主要是出苗率偏低,长势不整齐,单位面积产量不理想。从品种适应性、抗逆性、抗病虫方面分析,19 个草品种中,适应性较强的有紫花苜蓿、多年生黑麦草、杂交臂形草、非洲狗尾草、拉巴豆、光头黍、大黍、高丹草、珍珠粟、菽麻。抗逆性、抗病虫较强的有紫花苜蓿、多年生黑麦草、杂交臂形草、大黍、高丹草、珍珠粟。

因此,草品种栽培应尽可能选择在红壤土质区域,其通气性和保水性佳,有利于草本植物生长。黄壤土区域次之。

表 6 各品种内含物含量

Tab. 6 Plant content of various grass varieties %

品种	粗蛋白	粗纤维	粗脂肪	灰分	无氮浸出物
拉巴豆	14.20	28.10	3.50	14.80	-
硬皮豆	-	-	-	-	-
高丹草	7.30	37.20	1.23	5.00	-
珍珠粟	9.52	35.00	2.05	7.31	-
杂交臂形草	8.36	32.05	0.89	7.30	51.40
多年生黑麦草	9.50	27.40	2.93	8.37	51.80
大黍 D057	8.30	38.50	0.35	7.45	45.40
大黍 D055	8.30	38.50	0.35	7.45	45.40
光头黍	8.30	38.50	0.35	7.45	45.40
紫花苜蓿	22.44	23.00	2.22	6.90	45.44
非洲狗尾草	7.13	39.21	1.22	7.42	-
菽麻	7.34	56.30	1.53	6.17	-
鸭茅	17.68	28.00	4.74	7.70	41.88
苇状羊茅	21.11	16.90	4.70	9.68	47.61
弯叶画眉草	8.86	36.33	2.00	5.40	-
木豆	18.80	29.40	5.20	5.60	41.00
水牛草	8.95	34.70	2.13	8.54	40.78
非洲虎尾草①	13.00	40.00	1.50	-	48.00
非洲虎尾草②	1.00	40.00	1.50	-	48.00

饲料用草推荐紫花苜蓿、杂交臂形草、高丹草、珍珠粟、菽麻、拉巴豆。生态修复用草推荐杂交臂形草、大黍 D057、大黍 D055、光头黍、非洲虎尾草;观赏用花草推荐非洲狗尾草、弯叶画眉草、多年生黑麦草、非洲虎尾草。

#### 参考文献:

- [1] 郭继成. 生态草试验初报[J]. 吉林林业科技, 2003, 32(1): 30-34.
- [2] 黄少燕. 红壤侵蚀退化地不同生态恢复措施对土壤养分影响研究[J]. 水土保持研究, 2009, 16(3): 38-42.
- [3] 奎嘉祥. 云南牧草品种与资源[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2003.
- [4] 龙会英. 干热河谷典型生态脆弱区优良牧草栽培利用与评价[M]. 北京: 科学技术出版社, 2016.
- [5] 吴仁润. 中国热带亚热带牧草种质资源[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.
- [6] 刘国道. 中国热带饲用植物资源[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1995.
- [7] 孙吉雄. 草坪学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018.

责任编辑: 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.034

## 基于 CiteSpace 的《林业调查规划》期刊 2018—2022 年 刊载文献的可视化研究

刘允杰<sup>1</sup>, 许易琦<sup>2</sup>

(1. 南京警察学院《森林公安》编辑部, 江苏 南京 210023;  
2. 云南省林业调查规划院《林业调查规划》编辑部, 云南 昆明 650051)

**摘要:**以中国知网(CNKI)收录的《林业调查规划》期刊 2018—2022 年刊发的 1 165 篇文献为研究数据,运用 CiteSpace 6.1.R6 可视化分析软件对《林业调查规划》期刊近 5 年刊载文献的作者、发文机构、高频关键词、基金论文占比等进行分析研究。结果表明,《林业调查规划》期刊已形成了由郑进烜、郭晋平、华朝朗等一大批专家学者组成的核心作者群体,形成了由云南省林业调查规划院、西南大学、河南农业大学、山西农业大学、广东林业调查规划院等数十家林业科研院所、高等院校组成的高质量稿件来源基地。期刊发文关键词以植物配置、景观设计、生态旅游等出现的频率最高,在 5 年刊载的文献中有 502 篇文献得到各类基金项目的支持,基金论文比超过 43%,且呈不断增长趋势。《林业调查规划》期刊已成为展示我国林业调查规划研究成果的重要平台,积极引导研究者加强交流合作,不断拓宽稿源,适时开展国际合作,将有助于期刊影响力的提升。

**关键词:**《林业调查规划》期刊;可视化分析;网络共现图谱;高频关键词;基金论文占比

中图分类号:N55;TN949.27;TP311.56 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0182-06

引文格式:刘允杰,许易琦.基于 CiteSpace 的《林业调查规划》期刊 2018—2022 年刊载文献的可视化研究[J].林业调查规划,2023,48(3):182-187. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.034

LIU Yunjie, XU Yiqi. Visual Study of Literature Published in *Forest Inventory and Planning* from 2018 to 2022 Based on CiteSpace[J]. *Forest Inventory and Planning*, 2023, 48(3): 182-187. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.034

### Visual Study of Literature Published in *Forest Inventory and Planning* from 2018 to 2022 Based on CiteSpace

LIU Yunjie<sup>1</sup>, XU Yiqi<sup>2</sup>

(1. Editorial Department of *Forest Public Security* of Nanjing Police University, Nanjing 210023, China;  
2. Editorial Department of *Forest Inventory and Planning*, Kunming 650051, China)

**Abstract:** Using 1 165 documents published in *Forest Inventory and Planning* from 2018 to 2022 included by CNKI as the research data, CiteSpace 6.1.R6 visual analysis software was used to analyze and study the author, publishing institutions, high-frequency keywords, and the proportion of funding papers in the past five years. The results showed that *Forest Inventory and Planning* had formed a core author group composed of experts and scholars such as ZHENG Jinxuan, GUO Jinping and HUA Chaolang, and formed a high-quality manuscript source base composed of forestry research institutes and universities such as Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Southwest University, Henan Agricultural University,

收稿日期:2022-06-08;修回日期:2023-01-17.

第一作者:刘允杰(1976-),男,山东临沂人,副编审.从事新闻传媒理论与编辑学实务研究. Email:17509357@qq.com

Shanxi Agricultural University, Guangdong Forestry Survey and Planning Institute, etc. The keywords used in journal publications, such as plant configuration, landscape design, and ecotourism, had the highest frequency of occurrence. Among the literature published in the past five years, 502 articles had received support from various funding projects, and the proportion of funding papers exceeded 43%, showing a continuous growth trend. *Forest Inventory and Planning* has become an important platform to display the research results of forestry survey and planning in China. Actively guiding researchers to strengthen cooperation, continuously expanding manuscript sources, and conducting timely international cooperation can enhance the influence of the journal.

**Key words:** *Forest Inventory and Planning*; visual analysis; network co-occurrence graph; high-frequency keywords; proportion of funding papers

《林业调查规划》是由云南省林业和草原局主管,云南省林业调查规划院主办<sup>[1]</sup>,面向国内外公开发行的林业科技期刊。自 1976 年创刊以来,《林业调查规划》立足西部、面向全国,以技术性、实用性、创新性为原则,以刊载报道林业、与林业有关的理论实践研究成果、综合评述等科研论文为主。《林业调查规划》设有森林经理、“3S”技术、森林资源管理、生物多样性、森林保护、生态建设、自然保护区等多个栏目<sup>[2]</sup>。经过 40 多年的发展,《林业调查规划》已成长为一本集指导性、知识性和可读性于一身的林业科技期刊,在林业特别是林业调查规划行业内具有一定的影响力。近年来,《林业调查规划》期刊质量得到不断提高,学术影响力不断扩大。本文借助 CiteSpace 6.1. R6 可视化分析软件,对中国知网(CNKI)收录的《林业调查规划》2018—2022 年期刊刊载文献进行分析,研究《林业调查规划》文献作者情况、发文机构及地域分布、刊登主题等,以期推动学科发展,探究《林业调查规划》的办刊规律,为更好地办好行业期刊提供借鉴和参考。

## 1 研究方法和数据来源

### 1.1 研究方法

CiteSpace 是美国德雷塞尔大学陈超美博士开发的一款着眼于分析科学分析中蕴含的潜在知识,是在科学计量学、数据可视化背景下逐渐发展起来的一款引文可视化分析软件<sup>[3]</sup>。由于是通过可视化手段来呈现科学知识结构、规律和分布情况,因此也将通过此类方法分析得出的可视化图形称为“科学知识图谱”<sup>[4]</sup>。该软件功能强大,目前已被国内外学者广泛应用于多个研究领域<sup>[4]</sup>。本研究选用 CiteSpace 6.1. R6 可视化分析软件作为分析工具,对期刊发文量、文献作者情况、研究机构及分布、关

键词网络聚类等进行可视化研究。

### 1.2 数据来源

以中国知网(CNKI)作为来源数据库,对 CNKI 高级检索进行以下设置:文献来源设置为“林业调查规划”,时间范围(发表时间)设置为“2018 年 1 月 1 日—2022 年 12 月 31 日”,共检索出文献 1 165 条。为进一步提高研究结果的可信度,在剔除征稿简则、编委会名单、撤回稿件、封面图片等非学术论文后,最终得到 1 100 条有效文献构成研究样本进行知识图谱分析。

### 1.3 研究过程

利用 CiteSpace 6.1. R6 可视化软件,把从中国知网(CNKI)下载的相关文献数据进行可视化处理后制成相关图表,对《林业调查规划》期刊 2018—2022 年相关情况进行研究。具体操作时,先利用 CiteSpace 6.1. R6 对数据进行转换,将时间跨度(time slicing)设置为 2018 年 1 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日,时间间隔(years per slice)设置为 1 年。通过对相关阈值进行设置后,对作者/机构共现分析、关键词网络聚类,分析《林业调查规划》期刊发文量、文献作者情况、研究机构及分布、文献主题涵盖领域、基金论文占比等。

## 2 结果与分析

### 2.1 发文时间与发文量分析

以 1 年为时间间隔期,研究《林业调查规划》期刊 2018—2022 年不同年份刊载文献数量(图 1)。

由图 1 可以发现,《林业调查规划》期刊 2018—2022 年间年均刊载文献约 220 篇。总体来看,《林业调查规划》期刊每年刊载文献量较为稳定,刊载文献涉及研究领域的研究活动十分活跃。

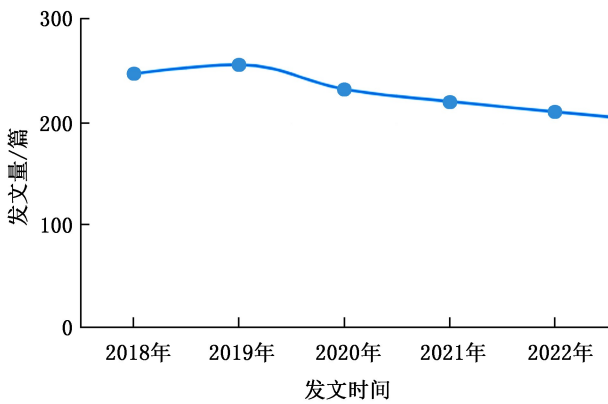


图 1 《林业调查规划》期刊 2018—2022 年  
刊载文献数量分布

Fig. 1 Distribution of literature quantity published in  
*Forest Inventory and Planning* from 2018 to 2022

### 2.2 作者网络共现图谱分析

作者网络共现图谱可反映某学科或领域核心作者及其作者之间合作强度<sup>[6]</sup>。通过作者网络共现图谱,可直观地发掘期刊发表论文的高产作者,在图谱中,节点越大,表示核心作者在图谱中出现的频次相对越多。通过作者网络共现图谱还可发现作者之间研究合作的强度,作者与作者之间的连线越粗,代表其合作越紧密。对《林业调查规划》期刊 2018—2022 年期间发文作者图谱进行可视化分析后,制作《林业调查规划》期刊 2018—2022 年发文数量在 5 篇以上的作者排名(表 1)以及《林业调查规划》期刊 2018—2022 年主要作者网络共现图谱(图 2)。

由表 1 可以发现,《林业调查规划》期刊 2018—2022 年发文最多的学者是郑进烜,其次是郭晋平,两位高产学者发表论文均在 15 篇(年均 3 篇)以上;发表论文在 10 篇(年均 2 篇)及以上的学者依次是华朝朗、王勇、杨芳绒、余昌元、王有兵和郑静楠 6 位学者;发表论文在 5 篇(年均 1 篇)及以上的学者有王秋华、宋志勇、王鹏飞、徐吉洪、白祖云等 24 位。表 1 中 32 位高产作者是《林业调查规划》期刊贡献稿件的中坚力量。

由图 2 可以发现,研究者之间存在一些合作,但跨区域合作、跨团队合作仍有提升的空间。

### 2.3 研究机构网络共现图谱分析

利用 CiteSpace 6. 1. R6 可视化程序,制作《林业调查规划》期刊 2018—2022 年主要作者机构分布表(表 2)、文献主要来源机构网络共现图谱(图 3)。

表 1 《林业调查规划》期刊 2018—2022 年发文数量  
在 5 篇以上的作者排名

Tab. 1 Ranking of authors with more than 5 published  
articles in *Forest Inventory and Planning* from 2018 to 2022

序号	作者	发文数	首发年份	序号	作者	发文数	首发年份
1	郑进烜	16	2018	17	杨建军	6	2020
2	郭晋平	15	2018	18	董磊	6	2021
3	华朝朗	14	2018	19	王梦瑶	6	2021
4	王勇	13	2018	20	杨忠兴	6	2021
5	杨芳绒	12	2021	21	张建林	6	2018
6	余昌元	12	2018	22	杨清	6	2019
7	王有兵	11	2020	23	唐世斌	5	2019
8	郑静楠	10	2021	24	王巧燕	5	2018
9	王秋华	9	2020	25	王海洋	5	2018
10	宋志勇	9	2018	26	吴富勤	5	2021
11	王鹏飞	8	2020	27	张占忠	5	2022
12	徐吉洪	7	2018	28	鲁黎明	5	2021
13	白祖云	7	2018	29	余东莉	5	2018
14	施俊美	6	2019	30	刘磊	5	2018
15	岳彩荣	6	2018	31	武小钢	5	2019
16	周建华	6	2018	32	晁增华	5	2021

注:发文数包含所有署名(不计排名)的作者。

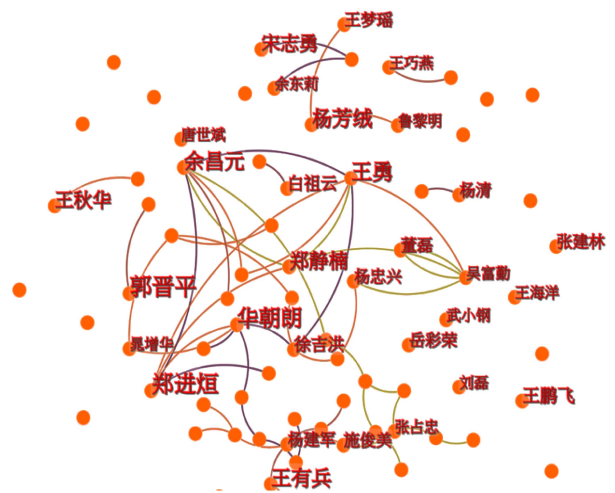


图 2 《林业调查规划》期刊 2018—2022 年  
主要作者网络共现图谱

Fig. 2 Network co-occurrence graph of main authors in  
*Forest Inventory and Planning* from 2018 to 2022

由表 2、图 3 可以看出,《林业调查规划》文献来源机构主要以云南省林业调查规划院、西南大学园艺园林学院、云南省林业调查规划院大理分院、河南

表 2 《林业调查规划》期刊 2018—2022 年  
文献主要来源机构分布

Tab. 2 Main organizations of literature sources in  
Forest Inventory and Planning from 2018 to 2022

序号	作者机构	发文数
1	云南省林业调查规划院	109
2	西南大学园艺园林学院	42
3	云南省林业调查规划院大理分院	37
4	河南农业大学风景园林与艺术学院	31
5	国家林业和草原局昆明勘察设计院	25
6	山西农业大学林学院	24
7	西南林业大学	18
8	云南西双版纳国家级自然保护区科学研究所	16
9	广东省林业调查规划院	16
10	云南省林业调查规划院昆明分院	15
11	云南省林业和草原科学院	14
12	云南省林业调查规划院生态分院	14
13	西南林业大学园林园艺学院	12
14	贵州省林业调查规划院	12
15	广西大学林学院	12
16	河南农业大学林学院	10
17	山西农业大学城乡建设学院	9
18	云南农业大学园林园艺学院	9
19	云南森林自然中心	9
20	西南林业大学林学院	8
21	广东省岭南综合勘察设计院	8
22	湖北大学资源环境学院	8
23	云南林业职业技术学院	7
24	云南西双版纳国家级自然保护区勐仑管护所	7
25	国家林业和草原局华东调查规划设计院	7
26	河海大学法学院	7
27	云南省林业调查规划院营林分院	6
28	西南林业大学土木工程学院	6
29	西南林业大学云南省森林灾害预警与控制重点实验室	6
30	玉溪市红塔山自然保护区管护局	6
31	青海省林业调查规划院	6
32	中国科学院昆明植物研究所	5
33	云南大学生命科学学院	5
34	昭通市林业局能源科技推广站	5
35	北京林业大学林学院	5
36	广西壮族自治区林业科学研究院	5
37	湖北生态工程职业技术学院	5



图 3 《林业调查规划》期刊 2018—2022 年  
文献主要来源机构网络共现图谱

Fig. 3 Network co-occurrence graph of main  
organizations of literature sources in Forest Inventory and  
Planning from 2018 to 2022

农业大学风景园林与艺术学院、国家林业和草原局昆明勘察设计院、山西农业大学林学院、西南林业大学、云南西双版纳国家级自然保护区科学研究所、广东省林业调查规划院、云南省林业调查规划院昆明分院等数十家以国内林业调查规划院为主的科研院所、高等院校,国内科研院所和高等院校是《林业调查规划》稿件的重要来源基地。需要引起重视的是,在排名前 40 名的文献来源机构中,全部来自国内且大部分机构地处云南省,具有鲜明的地域特色。从图 3 还可以看出,不同高校、科研院所之间的合作研究程度比较紧密,后续国内团队合作交流还需继续保持,适时推动并开展与国际相关机构之间的交流与合作。

#### 2.4 高频关键词分析

关键词是对期刊刊登文献内容的高度概括,一定程度上反映了期刊选稿的主题范围与学科领域<sup>[7]</sup>。利用 CiteSpace 6. 1. R6 可视化程序,在对阈值进行设置后,首先对《林业调查规划》期刊 2018—2022 年发文关键词词频进行大小排序,列出了词频超过 5 个的关键词,制成《林业调查规划》期刊 2018—2022 年文献关键词频次排序表(表 3);然后,利用 CiteSpace 6. 1. R6 可视化程序制作《林业调查规划》期刊 2018—2022 年刊载文献关键词网络共现图谱(图 4)。在对《林业调查规划》2018—2022 年全部文献分析中,有 534 篇文献属于林业行业,位列第一;环境科学与资源利用方面的文献 119 篇;园艺领域的文献 111 篇;农业经济领域的文献 110 篇;生物学方面的文献 104 篇;植物保护领域 64 篇。

表 3 《林业调查规划》期刊 2018—2022 年  
刊登文献关键词频次排序

Tab. 3 Ranking of literature keywords frequency published  
in *Forest Inventory and Planning* from 2018 to 2022

序号	关键词	频次	序号	关键词	频次
1	植物配置	24	19	森林康养	7
2	景观设计	15	20	乡村振兴	7
3	生态旅游	15	21	配置模式	6
4	植物景观	14	22	动态变化	6
5	森林资源	12	23	地径	6
6	古树名木	11	24	野生动物	6
7	生物量	10	25	功能分区	6
8	国家公园	10	26	乡土树种	6
9	生态修复	9	27	景观格局	5
10	生长量	9	28	乡土植物	5
11	森林火灾	8	29	保护管理	5
12	产业发展	8	30	文化内涵	5
13	物种组成	8	31	生活型	5
14	种类组成	8	32	研究进展	5
15	森林类型	8	33	碳密度	5
16	植物种类	7	34	价值评估	5
17	亚洲象	7	35	生长表现	5
18	资源调查	7	36	引种	5

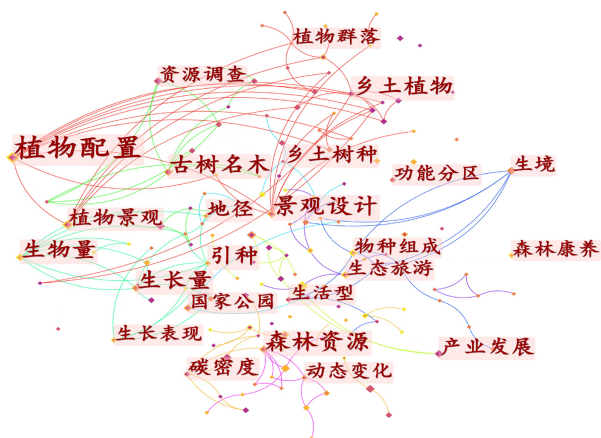


图 4 《林业调查规划》期刊 2018—2022 年  
刊登文献关键词网络共现图谱

Fig. 4 Network co-occurrence graph of literature  
keywords published in *Forest Inventory and Planning*  
from 2018 to 2022

从表 3,图 4 可以看出,期刊发文关键词以植物配置、景观设计、生态旅游、植物景观、森林资源、古树名木、生物量、国家公园等出现频次最多,均超过

10 频次。此外,生态修复、森林火灾,产业发展、物种组成、森林康养等关键出现频次也较多,表明《林业调查规划》期刊 2018—2022 年刊载文献关键词主要以林业行业为主,说明《林业调查规划》编辑部在办刊中坚持立足林业,以林业为主,在打造林业特色科技期刊方面做出不懈努力,推动林业科技研究不断发展。此外,从期刊发文关键词中也能看出,期刊在与林业相关的园林、文化等领域也刊发了大量文献,推动相关领域研究的不断发展。

### 2.5 基金论文占比分析

基金项目往往在一定程度上体现某人或某研究团队的科研能力和水平。基金项目是国家创新体系的重要组成部分,重点资助具有良好科研条件、较强科研实力的研究团队或科研人员。一般来说,有基金支持的文献其选题、研究内容方面往往代表了该学科或该领域的研究热点、研究重点及研究前沿。期刊刊登文献的基金论文占比在一定程度上反映该

期刊的专业水平及期刊影响力。对《林业调查规划》期刊 2018—2022 年刊载的 1 100 篇有效文献进行梳理后发现,有 502 篇文献得到各类基金项目支持,约占总发文量的 45.64%。在所刊登的基金项目文献中,国家自然科学基金项目共 71 篇(2018 年刊登 22 篇,2019 年刊登 4 篇,2020 年刊登 15 篇,2021 年刊登 12 篇,2022 年刊登 18 篇),约占全部基金文献的 14.14%;云南省教育厅科学研究基金项目共 13 篇,约占 2.59%;国家重点研发计划项目共 7 篇,约占 1.39%;国家级大学生创新创业训练计划项目 5 篇,约占 1.00%;云南省自然科学基金项目共 5 篇,约占 1.00%;河南省科技攻关计划项目共 5 篇,约占 1.00%;河南省高等学校人文社会科学研究项目共 5 篇,约占 1.00%;湖北省教育委员会科学研究计划项目 4 篇,约占 0.80%;中央高校基本科研业务费专项资金项目 4 篇,约占 0.80%;国家科技支撑项目 3 篇,约占 0.60%;河南省软科学计划支撑项目 3 篇,约占全部基金文献的 0.60%。总体来看,《林业调查规划》期刊在 2018—2022 年办刊中,刊登文章的基金项目占比较高,说明《林业调查规划》期刊在行业内的影响力较大(图 5)。

从图 5 可见,近 5 年《林业调查规划》期刊刊载基金项目论文的前 10 名,其文献数量呈不断增长趋势,说明《林业调查规划》期刊在紧贴行业办刊方面不断发展,刊载文献与行业发展前沿、发展重点的贴合度更加紧密。



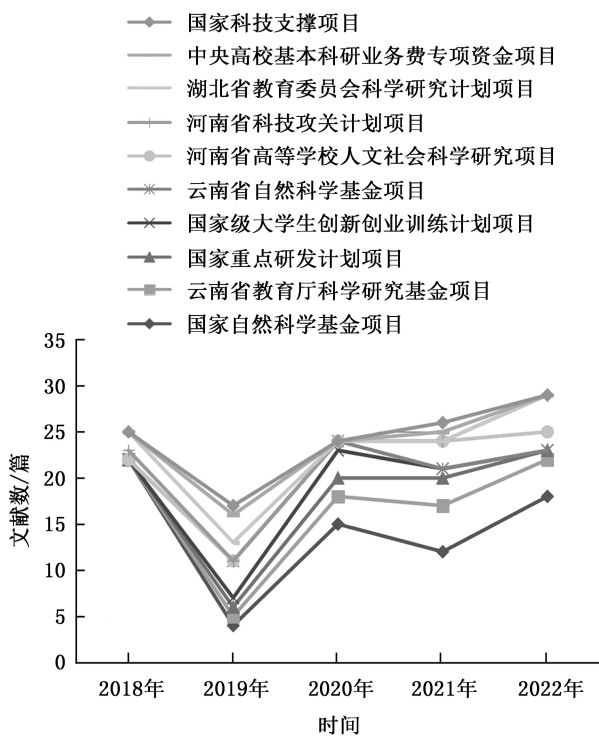


图 5 《林业调查规划》期刊 2018—2022 年刊载基金项目文献前 10 名发展趋势

Fig. 5 Top 10 funding papers published in *Forest Inventory and Planning* from 2018 to 2022

### 3 结论与建议

通过对《林业调查规划》期刊 2018—2021 年刊载文献作者、发文机构、作者机构分布、关键词主题频次、基金项目文献占比等进行梳理后发现,《林业调查规划》期刊已极具行业特色,成为展示我国林业调查规划领域研究成果的重要平台。《林业调查规划》期刊已形成了由郑进焜、郭晋平、华朝朗、王勇、杨芳绒、余昌元、王有兵、郑静楠、王秋华、宋志勇、王鹏飞、徐吉洪和白祖云等一大批专家学者组成的核心作者群体。形成了由云南省林业调查规划院、西南大学园艺园林学院、云南省林业调查规划院大理分院、河南农业大学风景园林与艺术学院、山西农业大学林学院、西南林业大学、云南西双版纳国家级自然保护区科学研究所、广东省林业调查规划院、云南省林业调查规划院昆明分院等国内数十家林业科研院所、高等院校组成的高质量稿件来源基地,这

是期刊质量及影响力不断提高的重要保障。期刊发文关键词以植物配置、景观设计、生态旅游等出现频率最多,为期刊的高频关键词。在 2018—2022 年刊载的文献中有 502 篇文献得到各类基金项目的支持,基金项目文献占比达 45% 以上,且呈不断增长趋势。在许多科技期刊面临作者不断流失、稿源严重不足的当下,《林业调查规划》期刊取得如此佳绩实属不易,值得国内其他行业期刊办刊人借鉴。

鉴于国内林业科研院所、高等院校是《林业调查规划》期刊最重要的稿件来源基地,为更好地保持期刊特色,打造期刊品牌,不断提高期刊影响力,编辑部应保持与这些机构研究人员的联系,不断加强学术交流,争取拿到更多、更好、更高质量的论文稿件。同时,编辑部还应积极引导研究者之间加强合作、研究机构与研究机构加强合作,不断推动跨区域、跨学科合作研究,促进学科研究的不断发展。除此之外,《林业调查规划》期刊主管主办单位应给予编辑部更多政策、资金支持,鼓励《林业调查规划》期刊积极开展国际合作交流,不断拓宽稿源渠道,努力提高期刊的国际影响力。

### 参考文献:

- [1] 国家新闻出版署官方网站. 期刊/期刊社查询[EB/OL]. (2023-01-12) [2023-01-12]. [https://www.nppa.gov.cn/nppa/publishing/view\\_x.shtml?type=magazine&id=57404](https://www.nppa.gov.cn/nppa/publishing/view_x.shtml?type=magazine&id=57404).
- [2] 《林业调查规划》官方网站. 投稿须知[EB/OL]. (2023-01-12) [2023-01-12]. <http://www.lydcghzz.cn/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=3>.
- [3] 李杰. CiteSpace 中文指南(2015)[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/u/jerryueb>.
- [4] 郑征,王瑜,季淑娟. 1981—2020 年我国高校图书馆现代化服务研究文献计量分析[J]. 大学图书馆学报, 2022:64.
- [5] 李杰. CiteSpace 中文指南(2022)[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/u/jerryueb>.
- [6] 胡泽文,孙建军,武夷山. 国内知识图谱应用研究综述[J]. 图书情报工作, 2013, 57(3): 131-137, 84.
- [7] 黄浩海. 2017—2021 年《情报探索》期刊回顾与发展趋势研究[J]. 情报探索, 2022, 295(5): 83.

责任编辑: 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.035

## 活立木市场交易价格影响因素研究

——以浙江省龙泉市为例

邓伟芬<sup>1</sup>, 蒋天久<sup>1</sup>, 陈明<sup>2</sup>, 林露花<sup>1</sup>, 吴联杯<sup>3</sup>

(1. 龙泉市林业局, 浙江 龙泉 323700; 2. 缙云县林业局, 浙江 缙云 321400; 3. 北京林业大学, 北京 海淀 100091)

**摘要:**基于 2018—2020 年浙江省龙泉市 900 宗活立木交易数据, 采用半对数多元线性回归模型研究木材市场价格、单位面积蓄积、林分质量等因素对活立木交易价格的影响。结果表明, 龙泉市活立木交易平均价格为 3 976 元/hm<sup>2</sup>, 木材市场价格、单位面积蓄积、单位面积株数、平均胸径对活立木交易价格有显著的正向影响; 流入方性质和流出方性质对活立木交易价格有显著影响, 且影响存在差异性。提出规范木材市场交易, 加强森林资源评估工作, 提升交易的公平性, 全面推进林权抵押贷款等建议。

**关键词:**活立木市场交易价格; 半对数多元线性回归模型; 木材市场价格; 林分质量; 流转价格; 龙泉市

中图分类号: S758.1; F71; F252.4 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0188-04

引文格式: 邓伟芬, 蒋天久, 陈明, 等. 活立木市场交易价格影响因素研究——以浙江省龙泉市为例[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 188-191. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.035

DENG Weifen, JIANG Tianjiu, CHEN Ming, et al. Factors Affecting Transaction Price of Living Timber Market——A Case Study of Longquan City in Zhejiang Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 188-191. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.035

## Factors Affecting Transaction Price of Living Timber Market

——A Case Study of Longquan City in Zhejiang Province

DENG Weifen<sup>1</sup>, JIANG Tianjiu<sup>1</sup>, CHEN Ming<sup>2</sup>, LIN Luhua<sup>1</sup>, WU Lianbei<sup>3</sup>

(1. Forestry Bureau of Longquan City, Longquan, Zhejiang 323700, China; 2. Forestry Bureau of Jinyun County, Jinyun, Zhejiang 321400, China; 3. Beijing Forestry University, Haidian, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Based on 900 transaction data of living timber from 2018 to 2020 in Longquan City, Zhejiang Province, a semi-logarithmic linear regression model was used to study the factors affecting the transaction price, such as timber market price, accumulation per unit area, and stand quality. The results showed that the average transaction price of living timber in Longquan was 3 976 yuan per hectare, and the market price of timber, the accumulation per unit area, the number of trees, and the average DBH had significantly increased the transaction price of living timber; the nature of inflow and outflow significantly affected the transaction price of living timber. This paper proposed to standardize timber market transactions, strengthen forest resource assessment, improve fairness in transactions, and comprehensively promote forest property mortgage loans.

**Key words:** transaction price of living timber; semi-logarithmic linear regression model; timber market

收稿日期: 2022-05-25.

第一作者: 邓伟芬(1974-), 女, 浙江龙泉人, 工程师. 从事森林培育研究.

price; stand quality; circulation price; Longquan City

活立木交易是集体林权制度改革以来南方集体林区林权交易的重要形式,其实质是林木所有权和一定期限林地使用权的有偿转让,也是林木处置的一种传统方式,伴随20世纪80年代初林业“三定”后木材市场的开放而生。在集体林权制度改革不断深化的大背景下,活立木交易日渐活跃,同时也存在林农对木材市场价格敏感度不高、交易价格偏底等现象<sup>[1-3]</sup>。因此,开展活立木交易价格影响因素研究,对进一步提高林农培育森林积极性,规范市场交易行为,保障林农收益权,增加林农收入具有现实意义。

## 1 研究区概况

龙泉市位于浙江省西南部,是浙江省最大的林区县之一,也是活立木交易先行县级市之一。龙泉市林业用地面积26.56万 $\text{hm}^2$ ,林木种质资源丰富,乔木树种1800多种,全县森林覆盖率84.4%,森林蓄积1456万 $\text{m}^3$ ,商品材采伐量占浙江省的1/5。2020年,龙泉市人均GDP为5.9万元,农村常住人口人均收入2.55万元,林业是农户重要的收入来源。

龙泉市活立木交易初始于20世纪80年代中期,当时部分农户由于劳动力有限,将自己山场成熟林活立木作价出售给其他农户采伐,民间曾俗称“判青山”,90年代,由于买方为了追逐利益,重采伐轻造林,常发生滥伐林木等违法现象,活立木交易曾一度受到禁止。近年来,随着我国集体林权制度改革的不断完善深化,活立木交易日趋活跃,参与主体呈现多元化,从一开始的个体农户间交易,发展到目前的专业户、合作社和企业及工商资本参与<sup>[4-7]</sup>。特别是随着越来越多的农户外出经商务工,活立木交易呈上升态势。2007年以来,龙泉市活立木交易约1.4万 $\text{hm}^2$ ,活立木蓄积约13.44万 $\text{m}^3$ ,活立木交易面积占林权流转面积的50%<sup>[8]</sup>。

## 2 研究方法 with 数据来源

### 2.1 研究方法

#### 2.1.1 模型的构建

研究重点在于分析活立木交易价格影响因素。由于被解释变量为具有定量含义的连续变量,解释变量既有虚拟变量也有连续变量,在实证分析中,这类问题常用多元回归模型来分析。对被解释变量的分析发现,对数形式更能准确表达数据分布特征,因

此,对被解释变量进行对数化处理。在参考已有研究基础上<sup>[9-13]</sup>,选取半对数多元线性回归模型进行实证分析,模型公式为:

$$\ln(y_i) = \alpha_1 + \alpha_2 T_p + \alpha_3 S_t + \alpha_4 N + \alpha_5 D_i + \alpha_6 H_e + \alpha_7 S_l + \alpha_8 C_1 + \alpha_9 C_2 + \alpha_{10} S_e + \alpha_{11} B_u + \varepsilon \quad (1)$$

式中: $y$ 为被解释变量,表示活立木交易价格;影响的自变量分别为: $T_p$ 、 $S_t$ 、 $N$ 、 $D_i$ 、 $H_e$ 、 $S_l$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $S_e$ 、 $B_u$ ,分别代表木材市场价格、单位面积蓄积、单位面积株数、平均胸径、平均树高、坡度、便利程度为将可及、便利程度为不可及、卖方性质、买方性质; $\alpha_1 \sim \alpha_{11}$ 为待估参数; $\varepsilon$ 为残差项。

#### 2.1.2 变量的选择

活立木交易价格可以用单位面积交易价格来表达,因此,本研究以单位面积交易价格作为被解释变量。对于解释变量的选择,根据市场倒算法对活立木交易价格的评估,选取木材市场价格、平均胸径、平均树高、单位面积株数和单位面积蓄积、便利程度虚拟变量(便利程度赋值:即可及=1,将可及=2,不可及=3)、流出方性质、流入方性质。由于交易样本均为成熟用材林,所以影响交易价格的关键变量为木材市场价格,其它的为控制变量。各变量的含义、赋值及描述性统计分析结果见表1。

### 2.2 数据来源

数据来源于龙泉市林业局13个乡镇2018—2020年发生的900宗活立木交易信息。交易地点分布情况见表2。数据指标主要包括当地历年木材第一次交易价格、交易额、交易面积、交易期限、交易时间、交易双方性质、林分状况(含树种组成、平均树高、平均胸径、坡度、坡向、距公路的距离、距龙泉市的距离等)等基本信息。

## 3 模型估计结果及分析

采用stata 15.0统计软件对公式(1)进行参数估计。对龙泉市900宗活立木流转案例进行半对数多元线性回归处理,得到回归结果见表3。模型的 $F$ 统计量通过了1%显著性检验,表明模型有良好的解释力。模型中 $R^2 = 0.6469$ ,说明拟合优度好。同时,对选定的变量进行多重共线性诊断,发现所选择的9个变量的VIF值均小于3,可以认为各变量之间不存在严重的多重共线性,模型可以用于后续分析。

表 1 各变量的含义、赋值及描述性统计分析结构

Tab.1 Meaning, assignment, and descriptive statistical analysis of each variable

变量名称	变量说明	最小值	最大值	均值	标准差
单位面积交易价格	元/hm <sup>2</sup>	3976.00	383478.00	64860.18	37081.11
木材市场价格	元/m <sup>3</sup>	836.54	997.50	890.78	46.39
单位面积蓄积	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	25.00	402.00	155.65	60.40
单位面积株数	株/hm <sup>2</sup>	2.57	10.53	6.52	3.08
平均胸径	cm	8.98	22.11	14.10	1.89
平均树高	m	6.00	15.00	9.25	1.29
便利程度虚拟变量 2	将可及=1, 其他=0	0	1.00	0.87	0.34
便利程度虚拟变量 3	不可及=1, 其他=0	0	1.00	0.08	0.27
流出方性质	非农户=0, 农户=1	0	1.00	0.90	0.30
流入方性质	非个体=0, 个体=1	0	1.00	0.98	0.14

表 2 龙泉市活立木交易地点分布

Tab.2 Distribution of transaction locations for living timber in Longquan City

行政区	案例宗数 /宗	占比 /%	行政区	案例宗数 /宗	占比 /%
安仁镇	12	1.3	兰巨乡	13	1.5
八都镇	45	5.0	小梅镇	9	1.0
宝溪乡	9	1.0	上垟镇	311	34.6
查田镇	25	2.8	岩樟乡	73	8.1
城北乡	12	1.3	竹垟畲族乡	138	15.3
道太乡	167	18.6	住龙镇	55	6.1
锦溪镇	31	3.4			

### 3.1 木材市场价格因素的影响

从模型估计结果看,木材市场价格对活立木交易价格有显著的正向影响。木材价格每上涨 100 元/m<sup>3</sup>,活立木交易价格将上涨 5.64%。表明在其他因素不变的情况下,当木材市场价格升高时,活立木交易价格将明显提升,这与前面的预期是一致的,也验证了木材价格是活立木交易的重要组成部分。当木材市场价格上涨时,活立木交易价格也将同步上涨。

### 3.2 林分质量因素的影响

单位面积蓄积量、单位面积株数和平均胸径对

表 3 活立木流转价格影响因素的半对数多元线性回归

Tab.3 Semi-logarithmic linear regression model of factors affecting the circulation price of living timber

变量	回归系数	标准误
木材市场价格	0.0006 **	0.0003
单位面积蓄积	0.0050 ***	0.0003
单位面积株数	0.0465 ***	0.0056
平均胸径	0.0656 ***	0.0083
平均树高	0.0013	0.0104
将可及	-0.0520	0.0550
不可及	-0.0418	0.0698
流出方性质	-0.0730 *	0.0393
流入方性质	0.2560 ***	0.0909
常数项	8.0890 ***	0.3320
R <sup>2</sup>	0.647	

注: \*, \*\*, \*\*\* 分别表示在 10%, 5%, 1% 的水平上显著。

活立木交易价格均有显著的正向影响。蓄积每增加 10 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、株数每增加 1 株/hm<sup>2</sup>、平均胸径每增加 1 cm/hm<sup>2</sup>,活立木交易价格将分别上涨 4.99%、4.65% 和 6.56%。从实地调研来看,单位面积蓄积量越高,森林质量越好,出材量越高,因此活立木价格也就越高。单位面积株数越多,单位面积蓄积量就越大,则活立木价格也越高。平均胸径越大,出材量越高,那么流入方愿意出更高的价格。平均树高对单位面积流转价格影响不显著。调查数据显示,80.67%的流转案例其平均树高集中在 8~10 m,从而导致流转案例的平均树高差异较小,因此,平均树高对单位面积流转价格影响不显著。

### 3.3 便利程度因素的影响

将可及与不可及对单位面积流转价格影响不显著,影响方向与预期的一致,与即可及相比,将可及与不可及使运输成本高,导致流转价格偏低。调查数据显示,将可及的数据占 87%,也就是大部分数据集中在将可及,因此,单位面积流转价格未受到将可及与不可及的影响。

### 3.4 交易双方性质因素的影响

对于卖方而言,卖方性质对交易价格的影响在 10% 的显著水平,回归系数为负,说明在其他因素不变的情况下,如果流出方为个体,单位面积流转价格就会下降 7.3%。对于流入方而言,流入方性质对流转价格的影响达到了 1% 的显著水平,且回归系数为正,表明如果流入方为个体,单位面积流转价格就会提高。因为相对流入方为集体或企业,个体与

流出方商讨价格时可能处于劣势地位,从而提升了流转价格。

## 4 结论与建议

### 4.1 主要结论

以浙江龙泉 2018—2020 年 900 宗活立木交易价格数据为基础,通过建立半对数多元线性回归模型分析活立木交易价格的影响因素,得到以下结论:

1) 木材市场价格、单位面积蓄积、单位面积株数、平均胸径和流入方性质对活立木单位面积流转价格有显著的正向影响。即木材市场价格越高、单位面积蓄积越大、单位面积株数越多、平均胸径越大,活立木交易价格越高。

2) 流入方性质和流出方性质对活立木交易价格有显著影响,且影响存在差异性。流入方为个体,活立木单位面积流转价格上涨;而流出方为个体,活立木单位面积流转价格就会下跌。

3) 平均树高和便利程度对活立木单位面积流转价格影响不显著。

### 4.2 建议

以上实证分析结果,能够为优化林业资源管理,促进林业部门市场机制完善提供重要参考。

#### 4.2.1 规范木材市场交易,稳定活立木流转价格

木材市场价格是影响成熟林流转价格的关键因素。目前,林业部门采用木材采伐限额制度,木材经销商数量增加使得获取木材采伐许可的竞争愈发激烈,进一步加剧了木材的稀缺性。为此,应在完善木材采伐许可制度基础上规范木材市场交易,发挥市场机制对木材资源优化配置功能,激发林业资源经营的内生性活力。

#### 4.2.2 加强森林资源评估工作,提升交易的公平性

由于活立木流转价格大多以机构评估价值为保留价的双方协商定价为主,因而林木资源的评估工作是规范木材交易市场的前提,有助于流转双方协商定价,是保证市场交易公平、公开、公正的措施。(1) 根据林种、树种以及林龄选择合适的估价方法,并构建林木估价指标体系,将木材市场价格、单位面积株数、单位面积蓄积、平均树高、平均胸径、运输成本和流转双方性质等影响活立木流转价格的因素一并考虑进去。(2) 制定科学的活立木流转评估制度,在运用科学合理评估方法的基础上,简化评估程序,提高评估效率。(3) 对评估人员严格要求,从专业素养角度既要求其熟知林业知识,也要擅长评估;同时也要从制度设计角度杜绝权力寻租现象。

#### 4.2.3 全面推进林权抵押贷款,促进活立木流转市场发展

当前阻碍广大农户参与活立木流转的主要因素是资金不足。实践中有部分低收入农户由于缺乏资金而失去了流转活立木的机会,导致活立木流转集中在高收入的农户,阻碍了活立木流转的进一步发展。为此,要充分发挥金融部门的职能作用,全面推进林权抵押贷款,加大林业信贷投放力度,完善林业贷款财政贴息政策。在活立木流转实践中,协助林木权属人办理林权抵押贷款,这不仅为农户流转活立木提供资金保障,也使低收入农户也有机会参与活立木流转,提高林业经营收益,对促进木材市场发展及共同富裕示范区建设意义重大。

### 参考文献:

- [1] 安欣,温亚利,薛永基. 应用于林地林木流转的拍卖计量方法述评[J]. 林业经济,2014(4):43-52.
- [2] 杨丽雯. 河南省活立木交易市场发展现状及前景分析[J]. 地域研究与开发,2007(4):124-127.
- [3] 陈平留,刘健. 资产评估运作技巧[M]. 北京:中国林业出版社,2002.
- [4] 张月月,李兰英,章伟民,等. 林权流转价格及其影响因素分析[J]. 林业经济问题,2019,39(2):143-148.
- [5] 黄颖利,朱博. 活立木交易的最优拍卖竞价研究——基于买方估价和两人竞购的视角[J]. 林业经济问题,2011(4):288-293.
- [6] 张卫民. 森林资源资产价格及评估方法研究[D]. 北京:北京林业大学,2010.
- [7] 张明铁. 单株立木材积测定方法的研究[J]. 林业资源管理,2004(1):24-26.
- [8] LI L Y, SHEN Y Q, XU X Y, et al. Stumpage price determination in China's collective forest region, Zhejiang as an example [J]. Forest Policy and Economics, 2020, 117(8): 1-8.
- [9] 石榴红,张时森,王硕. 林权改革条件下木材价格波动机制实证研究[J]. 林业经济,2014(9):59-64.
- [10] 林琴琴,吴承祯,刘标. 福建省农林林地林木转出行为影响因素分析[J]. 福建农林大学学报(哲学社会科学版),2013(4):62-66.
- [11] 谢屹,温亚利. 农户林地林木转出行为影响因素的实证分析[J]. 北京林业大学学报(社会科学版),2009(4):48-54.
- [12] 肖艳,曹玉昆. 活立木市场制约因素分析及发展思路探讨[J]. 林业经济,2007(2):117-120.
- [13] 刘荷芬. 河南省活立木交易市场探索[J]. 地域研究与开发,2006(5):125-128.

责任编辑:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.036

## 河南省园林花境竞赛及城市花境建设探析

梁文玉<sup>1</sup>, 孔德政<sup>2</sup>

(1. 安阳市园林科研所, 河南 安阳 455000; 2. 河南省农业大学 风景园林与艺术学院, 河南 郑州 450000)

**摘要:**以河南省第二届(信阳)园林花境大赛为例,对参赛作品从设计立意、总体布局、配置模式、表现手法、造景要素、长效可持续花境展示、创新发展等方面进行阐述,分析花境小品构筑物体量与数量,材料与环境的契合,植物材料偏平面化等问题。从花境苗源、花境建设实施概况,花境竞赛与城市花境建设特点等方面对郑州市、安阳市的花境建设进行分析总结,倡导花境可持续性和文化性,探索中国特色的花境。

**关键词:**花境;花境竞赛;城市花境建设

中图分类号:S731.2 文献标识码:B 文章编号:1671-3168(2023)03-0192-04

引文格式:梁文玉,孔德政.河南省园林花境竞赛及城市花境建设探析[J].林业调查规划,2023,48(3):192-195.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.036

LIANG Wenyu, KONG Dezheng. Garden Flower Border Competition and Urban Flower Border Construction in Henan[J].

Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 192-195. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.036

## Garden Flower Border Competition and Urban Flower Border Construction in Henan

LIANG Wenyu<sup>1</sup>, KONG Dezheng<sup>2</sup>

(1. Anyang Landscape Research Institute, Anyang, Henan 455000, China;

2. College of Landscape Architecture and Art, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450000, China)

**Abstract:** Taking the second (Xinyang) Garden Flower Border Competition in Henan Province as an example, this paper elaborated on the design concept, overall layout, configuration mode, expression techniques, landscape elements, long-term sustainable flower border display, innovative development, and other aspects of the participating works, and analyzed the quantity of objects constructed by flower border sketches, the compatibility between materials and the environment, and the planarization of plant materials. This paper analyzed and summarized the flower border construction in Zhengzhou and Anyang from the aspects of flower border seedling source, flower border construction implementation, flower border competition and urban flower border construction characteristics, etc., advocated the sustainability and culture of flower border, and explored flower border with Chinese characteristics.

**Key words:** flower border; flower border competition; urban flower border construction

收稿日期:2022-01-14.

基金项目:河南省住建厅“城市更新中园林品质提升研究—以郑州、安阳等为例”项目(豫建办[2022]219号).

第一作者:梁文玉(1967-),女,河南安阳人,高级工程师.研究方向为风景园林规划设计、植物配置应用与研究等.Email:519560591@qq.com

责任作者:孔德政(1964-),男,江苏高淳人,教授,博士生导师.主要从事园林历史理论与遗产保护、风景园林植物资源与应用研究.

随着城市园林更新品质的提升,人们对美好生活的需求日渐迫切,2021年5月的“两会”中,首次将“城市更新”写入政府工作报告,李克强总理做政府工作报告时提出:“十四五”时期要“实施城市更新行动,提升城市活力和文化展示公共空间”。长三角地区对花境的建设较早,上海、杭州、无锡等地举办职工花境技能大赛和园林花境竞赛,促进园林绿化行业职工技能水平的提高和高技能人才队伍建设,建设了大量花境案例和花境竞赛活动,花境师应运而生。河南省作为中部地区,花境建设起步较晚,自2021年以来,河南省风景园林学会、建设厅等部门在郑州市和信阳市举办了两次园林花境竞赛,各地市陆续开展花境建设,郑州、安阳等地市率先对城市园林绿地进行更新改造,建设多处花境,不断提升城市品质。

## 1 花境建设的作用及意义

花境是模拟自然界中林地、水际等边缘地带多种野生花卉交错生长的状态,运用艺术手法设计的一种花卉应用形式,具有群落结构稳定、观赏期持久、立面层次丰富、季相变化明显、色彩自然和谐、管养成本低的特点。

通过花境建设、相互观摩、交流学习,提升了花境设计、施工和养护水平,通过新品种的引种、驯化和应用,促进花境植物的多样化、新优化、色彩化和生态化。花境的高品质营造,使城市焕发活力,满足人们对美好生活的追求。

花境竞赛能激发技术人员学习的积极性,通过挖掘本土文化,探索河南花境设计、营建和创新发展,增强园林文化自信和职工凝聚力,推动园林行业的高质量发展,引领中部地区园林花境建设。

## 2 信阳园林花境竞赛概述

信阳花境园林大赛作品分布于信阳市南湾湖景区,位于茗阳阁西部的滨河绿地内,于2022年9月建成,参赛作品63件,每个参赛作品面积约120m<sup>2</sup>。各地市参赛单位通过深挖本地历史人文、风俗民情,展出内涵丰富、主题突出、题材新颖的花境作品,体现了“花境让生活更美好”的理念。

参赛花境需要建设单位、设计单位和施工单位的紧密沟通和无缝联合,从设计之初、定位、放线、施工和管理,进行“一体化”管理,设计师、花境师全程跟踪,是成功花境作品的保证。

### 2.1 花境建设特色

花境参赛作品百花齐放,从不同角度反映各地的文化内涵和地方特色,各具风貌,配置形式丰富,布局自然,手法多变,造景要素突出,并不断追求创新,体现了新材料、新方法和新工艺的应用。

#### 2.1.1 主题突出、底蕴深厚

花境作品均体现了浓郁的地方特色,内涵丰富,主题突出。

1)安阳市两处作品分别以红色的“安”和“阳”字小品作为花境视线焦点,突出甲骨文化。“安”字花境以滑县粮仓、太行山石板岩自然风光、悠悠洹河等为创作题材;“阳”字花境内以丰富的乔灌木建造“花问”“花语”“花趣”,体现“殷商花音”。

2)广源园林公司的“诗境花音——宁谧花园”提炼诗经文化内容,选取诗经“关雎”“采芣苢”等诗词,体现黄河流域劳动人民的场景,整个花境为开放式、岛屿式和稳定混色长效花境。

3)焦作市《蝶隐秘镜》以博爱县独有的特色黄槽斑竹为元素,以李商隐的《锦瑟》为灵感,提炼彩蝶、相思等元素,通过竹簧幽境,浪漫场景,营造步移景异的画境、诗境和意境。

4)义乌市《古驿新华》提取特色煤矿、工业元素融入花境,通过矿车、煤晶石、锈钢板小品,结合花草元素,体现能源城市转型为生态城市的新局面、新发展。

#### 2.1.2 配置模式丰富

花境配置形式丰富,不仅有路缘花境,也出现了岛屿式、水生花境、专类主题花卉花境(开封菊花)、台地花境等,不仅注重平面布局,而且立面层次丰富,呈现单面观赏、双面观赏、多面观赏的混合式花境形式。

1)多数作品具备路缘花境和岛屿式花境特征。

2)多处作品出现水生花境和湿生花境。信阳市的“南湾桃行”利用南湾湖特色,通过雨水净化、灯光、音响打造水岸花境,体现南湾湖世外桃源景观;南阳的《遇见·共生》作品通过湿生花岛、田园花岛、药用花草等五境,营造水系蜿蜒景观,通过水岸美人蕉、金叶石菖蒲等水生、湿生植物形成湿地花境。

3)首次出现专类花卉主题花境。开封的《继往开来》菊花主题花境<sup>[1]</sup>,铁塔小品为魂,各种塔菊、悬崖菊等造型菊为骨架,配置下层地被小菊、大菊和宿根地被金光菊等,展现“中国菊花名城”风采。

4)固始的台地花境,特色鲜明,多层台地花境,

空间层次丰富。罗山展区《灵山飞瀑·花满园》利用高差,叠山理水,打造飞泉流瀑、灵山美景,以水岸再力花、莎草、菖蒲等湿地花卉与陆地花卉、观赏草结合,呈现山林般的自然朴实景象。

### 2.1.3 布局自然、手法多样

大多数作品以自然式园路分隔多个观赏空间的自然式布局出现,以园路、旱溪等蜿蜒布置,汲取古今中外优秀元素融合,通过多元化、多样化手法,呈现不同的效果。

1) 兰考的作品泡桐园,以自然开放模式为主,以园路为游线,以现代感的紫色铁艺迎宾门、灵巧轻盈的铁艺泡桐花和具有互动装置古筝作为营造主线,以蓝紫色荷兰菊、鼠尾草、紫娇花、醉鱼草组成温馨的蓝色系列,体现兰考浓郁的泡桐文化。

2) 漯河市《花拥沙澧·幸福螺湾》,设计柔美曲线演绎河流,深浅砾石为路径,寓意沙澧两河穿城而过,河中绿岛岸汀,自由分布,以白色铁艺螺做点景,整个作品线条柔美舒畅,开朗明快,充满野趣生态。

### 2.1.4 造景要素突出

造景要素突出,底蕴深厚。

1) 信阳天梯区花境以火山岩、矿石作为花境主题,围绕 1 500 年的矿石文化作主题,以矿石为视觉中心,四周花卉辅助,形成独特的场所精神,展示悠久的石矿文化。

2) 固始的台地式花境,以当地特有的自然石材、白色方格铁艺、锈钢板小品、城墙等硬景,结合地形营建层次丰富的空间,配合博雪万年青、狐尾天门冬等花草点缀,形成特色鲜明的花境,体现浓郁的藩国文化。

### 2.1.5 长效可持续花境展示

《殷商花音》《诗境花音·宁谧花园》等花境作品为典型的长效可持续花境,可作为河南省中部地区长效花境示范园。以 50 多个小乔木、花灌木、宿根花卉为主,常青树种比例大于 30%,常青树种有蓝冰柏、蓝剑柏、辉煌女贞和云杉等,花灌木有石榴、金玉满堂、醉鱼草、穗花牡荆和金叶菝等,形成骨架饱满、姿态丰盈、色彩典雅、自然融合的群落式、可持续长效花境,体现河南桧、石榴和月季等乡土植物特色。

### 2.1.6 创新发展

花境需要不断创新实践来推动发展,创新是发展的动力,科技的置入提升了花境品质。本次花境竞赛从新材料、新工艺方面体现了创新发展。

1) 智慧园林

郑州人民公园的花境中设计“智慧树”小品,通

过智慧喷灌控制多个区域,增加雾森系统,营造出浪漫仙境;信阳南湾湖景区的花境利用水净化循环和智慧花园系统,将净化园区雨水和监测土壤水分用于景观水、雾森与浇灌系统。

2) 互动装置增加游园趣味性和体验感

兰考县的花境通过游客触动古筝,音乐自动响起,引发人们的欢声笑语,收到良好效果。

3) 新材料应用

信阳南湾湖景区花境铺设蓝色玻璃石新材料,结合水景、灯光、雾森和音响,营造南湾湖世外桃源般的梦幻景象。

## 2.2 存在问题及思考

成功的花境作品需要精心的构思设计、精心的施工工艺,还需要具备大容器苗优质植物的供应和花境师的跟踪服务,这些都是成功花境的必备环节。

花境作品中也存在一些不足和问题。

1) 小品构筑物偏多。部分作品中的硬质小品占据整个作品的 60%~80% 的体量,未体现以植物为主题的自然风貌和花境特点,由于凸显出了小品的构筑体量,在整个地块中显得非常唐突,对周边地块的花境也有所影响;部分参赛花境选取醒目的中国红构筑小品,部分作品选用过多不锈钢小品,在花境与花境地块的相互衔接中非常不协调。

2) 材料与环境不契合。部分花境作品选用一些体量和形式不适当的构架和材料。如镜面不锈钢材质的小品,反射出变形景物,给人不舒服的视觉体验;部分花境的湖蓝色园路或旱溪硬景材料颜色不协调,建议采用柔和的浅蓝色调。

3) 植物材料偏重平面化,立体骨架树种少或缺失,植物层次不饱满<sup>[2]</sup>,景观层次不丰富,注重花展当时效果,未兼顾四季景观。

4) 部分参赛作品施工晚,植物未得到充分缓苗,效果差,参展评比时未体现最佳状态。

5) 部分展区 1~2 年生花卉比例较大,以节日花展的形式布置,偏离了花境设计原则,不符合花境设计应以多年生草本花卉为主,配以花灌木及少量 1~2 年生花卉、观赏草这一基本要求。从展区整体效果分析,花境的植物配置水平有待提高。植物配置设计也是园林设计最难的部分,因为植物是有生命的,生存生长受环境的温度、光照、水分等条件的制约,并且植物的高度、色彩等外观特征随时间变化也在改变。植物景观具有动态特点,要求设计师具有丰富的植物学知识,对色彩搭配、空间结构的营造具有较高的造诣,才能完成完美的植物配植设计。



### 3 城市花境建设探析

高质量的花境容器苗是建设花境的关键,河南省以郑州市为中心的花境基地辐射中原地区,加之长三角地区优秀苗木的供应,为建设中部地区花境提供了充分的苗木资源,近年来在河南省各地的城市更新活动中陆续可以见到花境的身姿。

#### 3.1 花境苗源

高质量的容器苗和充足的苗木基地是花境建设的保障。郑州市和荥阳市周边有多个成熟的花木培育基地,部分基地已转型为花境植物材料的引种和培育基地,通过引种驯化的植物,培育能够适应中部地区生境的大规格容器苗,为河南省及周边城市花境建设提供充足的花境容器苗,奠定了花境推广和建设的基础。

花境植物材料以江浙一带的精品化、新优化材料为引领,浙江虹越花木基地培育的植物品种最丰富,最前沿,其丰富的材料通过物流选配到达河南省,少量的江浙花木苗可作为花境的亮点材料支撑,在河南省基地内稍作培育即可作为花境材料使用;郑州市周边以培育花境容器苗为主的苗木基地非常多,运输方便快捷,能够满足周边城市的应用;安阳市园林科研所引种栽培了50多个宿根花卉和观赏草,超过3.3 hm<sup>2</sup>的培育基地,为安阳市园林花境建设提供了一定的保障。

#### 3.2 花境建设实施概况

随着人们对生态文明建设的重视<sup>[3]</sup>,河南省各地持续加强高品质景观建设,花境建设陆续在城市绿地亮相。郑州市CBD中心道路和公园绿地节点相继建设了花境,其鲜艳靓丽的花木、飘逸的观赏草、砂石,组成了公园城市中温暖的一角,提升了园林绿地品质,丰富了城市景观。安阳市自2021年开展花境景点建设和竞赛评比,通过两年建设,在人民公园、易园、人民大道、中华路等重要节点建设了30多处花境,引进中华木绣球、花叶假连翘、亮晶女贞、蓝叶金光菊等50多个新优花木品种,丰富了园林植物多样性,促进了公园绿地、道路节点花境的应用,提升了道路的迎宾景观,满足了人们出门“有景可赏、有花可看”的美好愿望。

#### 3.3 花境竞赛与城市花境建设特点分析

花境竞赛和城市花境建设,两者在设计原则、植物选择和植物配置上基本相同,但在细节上有所

不同。

参赛花境有以下特点:

- 1) 参赛地块较密集,周边环境可借景观元素少;
- 2) 花境设计时为了突出设计主题,景观小品的比例稍大;
- 3) 展期时段开花的品种比例高,植物栽植密度大,效果佳。

城市园林绿地花境的设计、布置则不同与参赛花境。

- 1) 注重考虑花境景观的长效、生态和可持续,景观小品是点缀;
- 2) 花境要求四季皆有景可赏,注重植物效果与季节之间的衔接,体现季相变化;
- 3) 主体色调与周围环境的色彩协调,整体与局部的关系协调统一;
- 4) 栽植密度比竞赛作品小,可借鉴荒野种植法和饥饿种植法等,留下植物生长空间,便于管理。

### 4 结 语

花境这一西方产物,来到中国后,通过对花境的理解和当地文化的植入,不断沉淀、积累,不断探索中国式花境建设道路,提炼中国式花境的范式,创新发展,逐渐走上中国式花境建设道路。花境建设需要不断梳理适应各地生境的可持续花境模型库,品种表和配置模式,完善可持续的花境植物配置平面图库和立面图库,实施花境建设导则和行业标准,只有走中国式花境道路<sup>[4]</sup>,才是花境建设的方向。

要加强中部地区花境的示范展示和科普教育,开展花境专类园建设,开发花境模型库。倡导花境可持续性和文化性,走中国气派,中国气质、中国特色的花境建设道路。

#### 参考文献:

- [1] 梁超. 花境在公园景观中的应用[J]. 现代园艺, 2017(5): 130.
- [2] 夏宜平, 顾颖振, 丁一. 杭州园林花境应用与配置调查[J]. 中国园林, 2007(1): 89-94.
- [3] 盛闻. 花境在城市园林绿化建设中的应用[J]. 乡村科技, 2019(2): 49-50.
- [4] 柏斌. 中国花境应走中国特色之路[EB/OL]. (2020-12-14) [2020-12-15]. <http://www.jqw.com/news/6361971.htm>.

责任编辑: 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.037

## 场所精神在带状公园设计中的体现手法研究

卜其珍, 苏维, 王鑫

(河南科技大学 园艺与植物保护学院, 河南 洛阳 471000)

**摘要:**将场所精神引入城市带状公园设计中,可以延续地域文脉,让人们产生强烈的精神体验,对于园林的不同空间营造具有重大意义。从场所精神的基础理论出发,阐述相关概念,总结场所精神理论指导带状公园设计的重要作用,结合西安唐长安城遗址公园、洛阳洛浦公园两个案例,探讨带状公园实际应用中所体现的场所精神的表达。在带状公园设计中,场所精神可以通过 3 个方面来表达:合理利用场地现有元素,尊重场地历史文脉;以园林景物的象征手法再现场地景观元素;注重地域文化与历史文化表达。

**关键词:**场所精神;带状公园;地域文化;历史文脉

中图分类号:S731.2 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0196-06

引文格式:卜其珍,苏维,王鑫. 场所精神在带状公园设计中的体现手法研究[J]. 林业调查规划,2023,48(3):196-201.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.037

BU Qizhen, SU Wei, WANG Xin. Embodiment Techniques of Place Spirit in Design of Linear Parks[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3):196-201. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.037

## Embodiment Techniques of Place Spirit in Design of Linear Parks

BU Qizhen, SU Wei, WANG Xin

(College of Horticulture and Plant Protection, Henan University of Science and Technology,  
Luoyang, Henan 471000, China)

**Abstract:** Introducing the spirit of place into the design of urban linear parks can continue the regional context and provide people with a strong spiritual experience, which is of great significance for the creation of different spaces in gardens. This paper expounded related concepts from the basic theory of place spirit, summarized the important role of place spirit theory in guiding the design of linear parks, and discussed the expression of place spirit in the application based on the two cases of Xi'an Tang Dynasty City Wall Ruins Park and Luoyang Luopu Park. In the design of linear parks, the spirit of the place can be expressed through three aspects: rational use of the existing elements of the site and respect for the historical context of the site; the symbolism of the garden scenery to reproduce the landscape elements of the site; the reproduction of regional culture and historical culture.

**Key words:** spirit of place; linear park; regional culture; historical context

收稿日期:2021-12-27.

基金项目:国家自然科学基金项目(41801026);河南科技大学博士启动基金(13480061).

第一作者:卜其珍(1997-),女,河南新乡人,硕士研究生.研究方向为风景园林规划与设计. Email:2443213499@qq.com

责任作者:苏维(1979-),男,陕西汉中人,博士,讲师.研究方向为城市园林生态功能. Email:suweis405@126.com

随着城市更新步伐的加速,受西方文化的持续性冲击,国内很多带状公园越来越注重外部形式,盲目跟风、机械复制的现象比比皆是,地域文化被忽视,公园设计越来越空洞和同质化;已建公园的内部设计没有充分考虑人、场地和自然环境之间的关系,因此,缺乏明确的地方特征,园林景观缺乏对场所精神的合理表达,城市记忆丢失。带状公园不仅是一个简单承载展现物质空间形态的场地,更重要的是要与身处其间的人们产生思想与精神上的共鸣与互动。带状公园景观因其特殊形态,不仅反映了公园特色,而且作为传承城市文脉的丝带,通过对特定人文景观的感触,引发人们对历史文化、地域风情的再认识、再升华,使带状公园景观不仅追求视觉的完美,更多考虑情感与内涵的融入,将公园环境作为人们沟通的纽带,营造出一个体现地域历史文脉并突出本身鲜明精神的场地。

## 1 相关概念及内容

### 1.1 场所精神

“场所精神”(spirit of place)是场所的特征与意义<sup>[1]</sup>。每一个场所均有其独特的性格特征,这种区别于其他地方的整体气氛,被称为“场所精神”,是人的意识和行动在空间参与过程中获得的一种有意义的场所感<sup>[2]</sup>。场所精神的存在离不开物质现实,即场所的存在。场所精神的缔造者诺伯舒兹(Norberg Schulz)认为场所是一个带有特殊性质的空间,由具有物质的本质、形态、质感及颜色的具体物所组成的一个整体<sup>[3]</sup>。将场地的地域文化内涵与人们的活动范围结合起来,保证自然与人文两方面相互协调。场所是一个具有特性的空间,而场所精神则是人们在场所中引发一系列思想活动的特殊现象,因此成为不同场所特征的区分点,并能使人们对特定区域产生认同感。

在中国,建筑理论的研究与实践最早应用了场所精神,但随着设计理念的发展,景观设计、城市环境、城市规划等其他领域也逐渐开始应用场所精神,这表明在场所中营造的特征与气氛已上升至生活意义的范畴。随着现代主义的兴起与蓬勃发展,如出一辙的城市景观、星罗棋布的高楼大厦甚至二倍速的生活节奏,让人们感到迷茫和失落,心理上感受不到认同感、归属感。

舒尔兹提出的“场所精神”通过方向和认同两个方面来体验场所。人们通过“方向”对自己在场所

内的方位有了清楚认知,场所内的一切元素均能影响其方向感,只有明白自己在场所内的位置,才能产生安全感<sup>[4]</sup>。“认同”指人对环境的认知程度,了解自身与场所之间存在的意义,使人在场所中产生归属感。场所精神与人们的生活息息相关,人们与场所互动产生了场所精神,同时,场所精神将生活提升到了精神层面。人们的活动因地制宜,因此场所精神也随之发生改变。但无论身处何地,场所精神均来源于人们的心理认同<sup>[5]</sup>。

### 1.2 带状公园

带状公园是现代城市景观设计中一个非常重要的组成部分<sup>[6]</sup>,是城市空间设计中不可缺少的元素。其不仅具有其他城市公园相同的特征,如美化环境、促进城市发展、保护历史文化景观等,还拥有自己独特的个性特征。

一方面,带状公园的“线形”形式给人不同于其他城市公园的最直接视觉印象,而其独特的形态特征具有城市走廊的功能。带状公园的“线形”特征将城市中的各种绿地连接成一个城市走廊,形成一个满足人们需求的城市绿地网络<sup>[7]</sup>。可见,城市带状公园不仅是城市景观空间的骨架,也是开放空间景观设计的主要负责者和协调者<sup>[6]</sup>。

另一方面,与其他城市公园绿地相比,带状公园的围墙较少,更开放。带状公园可以通过协调街道、河岸、破坏区等关系,解决人口密集、资源匮乏、交通紧张与城市景观之间的矛盾,创造一个生态上可持续的城市绿地景观,为居民提供一个休闲娱乐的空间,满足人们交流、休闲、娱乐的生活需求。此外,冰冷建筑间的关系变得更加紧密,城市更加人性化。作为资源和物质的载体、绿色环境的门户、城市绿地建设的基地和城市绿地系统的节点,带状公园在城市绿地景观中占据核心地位<sup>[8]</sup>,其本身也具有较强的景观功能。

### 1.3 场所精神理论指导带状公园设计的重要性

带状公园由于其独特的线形形态,能灵活地分布于城市环境内,可以是带状分布于城市中的街道绿地、滨水绿地或由建筑及道路围合而形成的绿地空间,尺度可大可小<sup>[9]</sup>,若要在带状公园中存在大量吸引人们参与其中的场所,在进行设计时就应该注重对场所精神的营造。总体来说,将场所精神融入到带状公园的规划设计中具有重要作用。

1) 场所精神帮助营造不同功能空间。带状公园拥有各类空间,包括休闲空间、娱乐空间、互动空间及活动空间。场所精神构建的景观空间具有多样

性,带状公园需将场地所处的地域文化及人文历史背景与景观完美融合,在带状公园中体现历史人文精神。对大众“可居”必需的物质产品以及“可赏”的精神需求皆可满足。但由于受后现代主义设计的影响,在城市进化过程中盲目追求、千篇一律的问题接踵而来,原本应形式多样、各显风貌的公园绿地变得毫无特色。面对带状公园中缺乏人情味与归属感的枯燥环境,场所精神可渗入相关公园的不同功能空间中,赋予其对应的特征精神,借此使大众的使用需求得到极大满足。

2) 场所精神擅长呼唤大众的精神情感。秀美且独特的景观效果为人们的互动创造条件,具有“寓教于乐”的作用,除对大众的品格和举止有影响外,还能与大众产生强烈的精神共鸣,使身处其中的人们获得独特的愉悦感,并产生方向感、认同感与归属感。公园中的景石、雕塑甚至大树,均对城市独有的历史及文化有承载和诉说作用,这些物质被赋予了超越其物理属性的意义,因此能极大地引起人们情感的波动与共鸣<sup>[10]</sup>。

3) 构建场所精神能延展城市地域文脉,营造区域特色景观,提高城市影响力。带状公园作为城市公共空间的重要组成部分,分布均匀、便于日常使用,而且还拥有较短的服务半径,因此成为最深入人心的一类公园绿地,在带状公园中场所精神的建立就显得尤为重要。在带状公园建设时,深入挖掘场所精神的内涵,利用带状公园较大的接触面将独特的地域风情及历史文化展示出来,使人们在充满钢筋混凝土的城市中获得方向感,给其留下独特的城市印象,进一步增强城市的可识别性,提高城市的影响力。

## 2 带状公园规划设计现状及相关案例

### 2.1 带状公园的发展现状

我国城市带状公园具有悠久的历史传统,由于带状公园具有公共园林的含义,因此在漫长的中国古典园林文化中只能找到部分带状公园的蛛丝马迹。1949年后,中国的公共园林才有了较大规模的发展,自20世纪80年代,全国人大常委会以及国务院先后颁布了《环境保护法》《城市规划法》《城市绿化条例》等一系列法律法规,园林绿化工作才渐渐走上正轨。改革开放不止促进了经济的发展,同时加速了城市化进程,公园建设重新起步,不仅数量明显增加,质量也有了极大提高。直至20世纪80年代中期,在绿地系统基本框架中,许多城市均突出了

绿带,至此之后带状公园才有了进一步的发展。

在20世纪80年代,合肥建成了总面积为173.6 km<sup>2</sup>、长度为8.7 km的城市环城公园和花园街。这条绿化带软化了建筑的严酷性,为人们提供了一个公园般的生活环境,开启了城市带状公园的新篇章。济南长6.7 km、面积4.7 km<sup>2</sup>的滨河公园突出了泉水的优点和特点,而西安较大的环城公园,绿化宽度达200~300 m,体现了古风古制的特点,具有特殊意义,成为人们喜爱的休闲场所<sup>[11]</sup>。

20世纪90年代至21世纪是中国城市化进程飞速发展的10年,“公园城市”已成为各个城市设计的模式。截至2012年,中国城市绿地覆盖率已增至35%,人均公共绿地面积及绿地率分别达到10 m<sup>2</sup>、39%。由于带状公园呈斑块状分布,面积可大可小,因此在城市中可以见缝插针地存在,城市绿地中带状公园的比重也在逐渐增加,并发挥核心作用。从海口西海岸带状公园到北京明城墙遗址公园,带状公园以其自身优势极大地改善了城市环境及人们的生活环境。

21世纪,我国处于第二产业蓬勃发展的阶段,制造业的发展导致环境恶化加速,各城市注重对水环境的保护,先后对滨水带状公园的建设制定了可持续发展的生态规划设计,带状公园在我国大幅度增加,并发挥了越来越显著的社会经济效益及环境效益<sup>[12]</sup>。

### 2.2 相关案例

#### 2.2.1 西安唐长安城墙遗址公园

遗址是遗址公园展示的主体,主要向人们揭秘遗址的文化内涵及价值,由此弘扬中华传统文化,因此,遗址的保存与保护是遗址公园的根本目的,同时挖掘出公园新的使用功能,将对应的历史环境与空间融合成新时代独特的景观文化。

唐长安城墙遗址公园南北全长约3.7 km,东西宽约120 m,位于高新区唐延路与沣惠南路之间。修建公园时,李唐都城长安的规划框架被重点展示,运用现代工程技术手段将城墙、城壕、城门、里坊等要素再现于世人面前,行走其间,人们可以感受到1400年前的城市规划布局。公园“城内”和“城外”两个区域的明显界限是城墙遗址<sup>[13]</sup>,同时利用现有植物营造景观,结合铺装技巧引导视线,对公园两个区域的划分更加具象。城内主要为里坊空间和城市道路;城外则主要为护城壕沟和景观绿化,人们置身其中,可以感受到“城内”秩序规整之美以及“城外”自然意境之美。同时,公园以雕塑小品、置石、景墙

作为文化载体(图 1,图 2),图文并茂地向世人展示盛唐时期贸易、文化、科技及城市建设等领域取得的傲人成就,进一步了解唐朝文化。



图 1 文化石壁

Fig.1 Cultural stone wall



图 2 牡丹景墙

Fig.2 Peony wall

### 2.2.2 洛阳洛浦公园

作为中原文明发源地之一的洛阳,素有“千年帝都”之称,五千多年的文明史与一千多年的定都史,为洛阳带来了宝贵的文化遗产,并形成了独具特色的古都文化。在洛浦公园滨水景观设计中,不仅汲取中国传统园林造园经验,而且体现了对古都洛阳历史文化的传承与创新。

“若问古今兴废事,请君只看洛阳城”,洛阳的自然地理条件得天独厚,气候温暖宜人,植物资源也十分丰富。洛河是洛阳的重要组成部分之一,在岁月长河中形成了独具特色的河洛文化。洛浦公园由西段洛浦秋风园区、中段中原明珠区以及东段历史

文化区 3 部分组成。其中西段主要展现洛河北岸的自然风貌,丰富的植物群落具有较高的生态效益;中段借景洛阳电视塔“洛浦明珠”营造出一个现代的城市带状绿地,为人们提供一个休闲娱乐空间;东段主要描摹记录洛阳的历史名人及事件。洛浦公园以保护场地自然生态并挖掘历史人文要素为基础,结合现代理念与时代需求,从空间、自然、人文历史与社会经济 4 个方面表达了场所精神的设计要素,继承传统文化,反映洛阳的往日繁荣,为公园营造出整体文化氛围(图 3)。

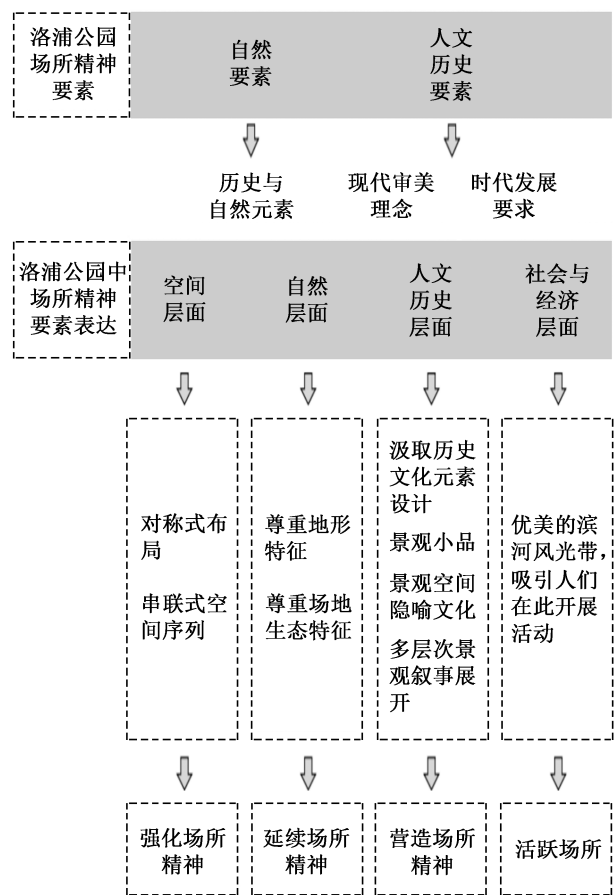


图 3 洛浦公园场所精神要素表达

Fig.3 Expression of spiritual elements of place in Luopu Park

洛浦公园的建成改变了当地的气候和环境,呈现出美丽的滨河长廊景观,增加了市民的休闲空间,在公园设计时将景观与历史文化教育结合起来,更大意义上体现了洛阳丰富的文化历史内涵,实现了园林艺术与历史文化的结合,将景观路线与历史文化景观轴线贯穿起来<sup>[14]</sup>。公园内分布了反映洛阳 13 朝古都重大历史事件和重要历史人物的 14 个历

史文化广场,即“河图洛书”“洛阳纸贵”“夏都斟鄩”“商王祈雨”“会盟史话”“定鼎九州”“东汉太学”“四夷里馆”“洛神广场”“建安风骨”“张衡三仪”“蔡伦造纸”“李杜相会”“雕版印刷”,并以雕塑、景墙、铺装等景观元素为载体(表 1),向人们展示洛阳丰富的文化资源,使人们在游览中感受场地所蕴含的场所精神。同时还修建了洛神苑、丝绸之

路及上阳宫游园等一系列主题公园。这些主题广场沿着洛水河岸线性排列,形成了一个具有丰富文化内涵的带状园林景观,给居民或游客留下了深刻印象,创造了独特的地方特色,使人们产生强烈的场所认同感。

### 3 场所精神在带状公园中的体现

人们与场所互动可以感受到物质空间存在的精神气质以及潜在精神,并产生认同感与归属感,由此产生场所精神。带状公园场所主要包括物质景观实体空间及与场地文化有关的精神空间。因此,场所精神在带状公园中的体现主要有 3 方面。

#### 3.1 合理利用场地现有元素,尊重场地历史文脉

历史文脉是场所精神的内核所在,场所精神的营造不仅要尊重场地本身,而且需要通过不同的途径传承历史文脉,充分体现场地的活力。纽约高线公园保留了场地中的部分铁轨、碎石、路基等,并使用新枕木将其重新铺设,搭配野草,用铺装顺应铁轨的走向,以此延续“高线”的历史文脉,形成了独特的景观效果,使人们感受到城市的发展、时代的变迁。当地居民拥有的场地回忆已成为其生命的一部分而得以保留,并且发挥了新的功能,使其了解自身历史的发展,知道自身从何而来,而又将走向何方,这些都是场所精神的价值。

#### 3.2 利用园林景物的象征手法再现场地景观元素

由于场所精神是物质的抽象,可以巧妙地应用象征的手法来表现历史场景和某些意向,使园林景观表现得更惟妙惟肖,这也是一种传承和创新。玛莎·舒瓦茨的都柏林大运河广场,用大量竖起的红柱象征场地中原有的芦苇,唤起人们对这片曾经的沼泽地的场景回忆,或像是一座高高的红色灯塔,将人们引导入这个安全的港湾。美国的越战纪念碑则用大地的伤痕,形象直观地表达战争在人们心灵留下的创伤,给人以强烈的共鸣。

#### 3.3 注重地域文化与历史文化的表达

设计带状公园要因地制宜,不仅要考虑环境因素,而且需要为人们带来精神上的体验,在展现城市的历史文脉时,将城市文脉作为核心,追求精神上的感受,通过各种设计表达方法,营造出独特的场所氛围。在园林中结合传统观念与现代理念,提取城市发展的特点,将地域文化融合入景观设计中,使人们在环境中产生共鸣,以此更好地展现公园景观的地域文化特色。人们对环境的理解产生场所精神,因此在带状公园的设计中,不仅要尊重设计原则,而且

表 1 部分景观元素体现的场所精神

Tab. 1 Summary of some landscape elements reflecting the spirit of place

景观元素	名称	实景	场所精神
雕塑	工业的力量		齿轮造型,象征洛阳的蓬勃发展
雕塑	众芳唯牡丹		牡丹文化
雕塑	中国根		河洛之根
雕塑	玄奘西行		纪念玄奘不辞辛劳,长途跋涉取回真经
灯柱	盛世牡丹		牡丹文化
景墙	班超出使		丝绸之路的繁华景象
景墙	胡人·骆驼		展示西域人到洛阳经商的艰辛
铺装	枫叶图案		洛阳八景之一的“洛浦秋风”

要注重场地地域文化与历史文化的表达。

#### 4 结 论

经济发展和城市复兴导致日益片面的城镇景观,为使城市具有独特的内涵与地域特征,在城市景观设计中,场所精神是不能被忽视的。场所精神作为景观设计的灵魂和目标,能够赋予场地独特的地域特征和文化内涵,是创建个性化城市景观的必要支撑。在城镇化程度加快的背景下,更应注重保护生态环境,鼓励“体验至上”的生活态度,传承发展地域文化特色,以促进城市可持续发展和人与自然和谐共处。带状公园作为城市的文脉传承带,建设独特的带状公园景观是毋庸置疑的。在进行带状公园设计时,不仅要尊重自然生态,而且要善于挖掘地方特色文化,运用地域特色的表达,保留特定文化元素,传承地方文脉,进而彰显场所精神,打造出具有场所感与认同感的城市带状公园。

#### 参考文献:

- [1] 费彦. 现象学与场所精神[J]. 武汉城市建设学院学报,1999,16(4):20-24.
- [2] 杨纵横. 从空间到场所[D]. 重庆:重庆大学,2013.
- [3] 诺伯舒兹. 场所精神:迈向建筑现象学[M]. 施植明,译. 武汉:华中科技大学出版社,2010.
- [4] 赵星宇. 历史事件纪念馆场所精神的表达研究[D]. 成都:西南交通大学,2013.
- [5] 董栋梁. 纪念性空间场所精神表达的策略研究[D]. 重庆:重庆大学,2013.
- [6] 李春涛. 试论城市带状绿地的发展与功能[J]. 安徽农业科学,2004,32(5):963-968.
- [7] 李晓龙,王漫,任晓远,等. 城市带状绿地景观建设概述[J]. 现代园艺,2016(10):85.
- [8] 李华威,穆博,雷雅凯,等. 道路带状绿地景观评价及功能分析[J]. 浙江农林大学学报,2015,32(4):611-618.
- [9] 黄帼虹. 带状公园的特点及其布局探讨[D]. 广州:华南农业大学,2005.
- [10] 周莹莹,李帅波. “精神场所”理念在现代高校校园景观设计中的应用[J]. 安徽农业科学,2017,45(27):177-179.
- [11] 李素英,王计平. 城市带状公园的景观结构分析[J]. 城市规划,2010(2):74-77,88.
- [12] 李鑫. 赤峰市新城区带状公园景观规划设计[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2016.
- [13] 张琳,张迪昊,许凯. 基于遗址保护与展示的城墙遗址公园规划探索——以唐长安城城墙遗址公园规划为例[J]. 规划师,2010,26(10):47-52.
- [14] 康蕾. 洛阳市洛浦公园滨水景观设计中的历史文化应用研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2014.
- [7] 吴榜华. 论红松果材林生态经济问题[J]. 吉林林业科技,2000(1):19-24.
- [8] YANG K. Method and standard for selecting elite nut trees of Korean pine [J]. Journal of Forestry Research, 2001(2):84-88.
- [9] 肖锐,马盈,李艳霞,等. 红松果材兼用林培育优树选择指标的研究[J]. 林业勘查设计,2014(1):32-34.
- [10] 李艳霞,杨凯. 我国红松坚果良种选育研究现状[J]. 林业勘查设计,2015(3):72-75.
- [11] 杨吉江,李艳霞,闫朝福,等. 30年生红松优良家系选择[J]. 林业勘查设计,2022(4):4-7.
- [12] 刘延滨,肖锐,马盈,等. 近40年红松人工林研究的趋势与热点[J]. 林业科技,2022(5):58-62.
- [13] 樊邵平,孙海双,张海廷. 人工红松母树林疏伐技术[J]. 林业科技,1999,24(6):11-13.
- [14] 杨凯,谷会岩. 红松果林开花阶段植株体内激素动态变化研究[J]. 林业科学,2005(5):33-37.
- [15] 闫朝福,肖锐,李艳霞,等. 红松果林营建及嫁接管理实用技术[J]. 林业勘查设计,2020(4):124-125.
- [16] 国家林业局. 中华人民共和国林业行业标准. 红松果林丰产技术规程:LY/T 1629-2005[S]. 北京:中国标准出版社,2005.

责任编辑:杨焱熔

(上接第157页)

责任编辑:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.038

## 云南章凤国家森林公园范围调整研究

罗怀秀,晁增华,陶晶,李泽,杨忠兴

(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

**摘要:**针对云南章凤国家森林公园存在的问题和矛盾,结合陇川县保护空缺分析结果,通过对森林公园、保护空缺区域进行深入的调查、论证和评估,综合确定森林公园范围调整方案。根据调整方案,原森林公园调出面积 6 941.4 hm<sup>2</sup>,保留面积 58.6 hm<sup>2</sup>,调入面积 6 958.4 hm<sup>2</sup>,范围调整后森林公园总面积 7 017 hm<sup>2</sup>。调出区域主要是耕地、住宅用地、人工商品林等,调入区域主要为天然常绿阔叶林。范围调整提高了森林公园的保护价值,提升了森林公园的景观质量,缓解了保护与发展的矛盾,有利于充分发挥森林公园保护、自然教育、生态旅游三大功能作用,促进地方社会经济协调发展,实现森林公园有效管理。

**关键词:**章凤国家森林公园;范围调整;影响评价;生物多样性;生态服务功能;景观资源;陇川县

中图分类号:S759.91 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0202-06

引文格式:罗怀秀,晁增华,陶晶,等.云南章凤国家森林公园范围调整研究[J].林业调查规划,2023,48(3):202-207.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.038

LUO Huaixiu, CHAO Zenghua, TAO Jing, et al. Scope Adjustment of Zhangfeng National Forest Park in Yunnan Province [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 202-207. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.038

## Scope Adjustment of Zhangfeng National Forest Park in Yunnan Province

LUO Huaixiu, CHAO Zenghua, TAO Jing, LI Ze, YANG Zhongxing

(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

**Abstract:** In response to the problems and contradictions existing in Zhangfeng National Forest Park in Yunnan, combined with the analysis results of protection gaps in Longchuan County, a comprehensive adjustment plan for the scope of the forest park was determined through in-depth investigation, argumentation, and evaluation of the forest park and protection gap areas. According to the adjustment plan, the original forest park transferred out an area of 6 941.4 hm<sup>2</sup>, retained an area of 58.6 hm<sup>2</sup>, transferred into an area of 6 958.4 hm<sup>2</sup>, and the total area of the forest park was 7 017 hm<sup>2</sup> after the scope adjustment. The transferred out area mainly consisted of cultivated land, residential land and artificial commercial forests, while the transferred into area mainly consisted of natural evergreen broad-leaved forests. The scope adjustment increased the protection value of forest parks, improved the landscape quality of forest parks, alleviated the contradiction between protection and development, which was conducive to fully playing the three major functions of forest park protection, natural education, and ecotourism, promoting the coordinated development of local social economy, and achieving effective management of forest parks.

收稿日期:2021-11-19;修回日期:2021-12-23.

第一作者:罗怀秀(1988-),女,云南绥江人,工程师.主要从事林业调查规划及监测、自然保护地研究监测工作.Email:lhluohuaixiu@163.com

责任作者:李泽(1975-),男,云南思茅人,高级工程师.主要从事林业调查规划及监测工作.Email:519699185@qq.com



**Key words:** Zhangfeng National Forest Park; scope adjustment; impact assessment; biodiversity; ecological service function; landscape resources; Longchuan County

国家森林公园是资源环境保护的重要载体<sup>[1]</sup>,是中国自然保护地的重要组成部分,在保护地体系中有不可或缺的作用<sup>[2]</sup>,其主体功能是保护森林风景资源和生物多样性、普及生态文化知识、开展森林生态旅游<sup>[3]</sup>。国家森林公园的发展是我国社会主义生态文明建设的重要领域<sup>[4]</sup>。1988年,云南省第一个森林公园——畹町森林公园由原国家林业部批准建立<sup>[5]</sup>。至2020年,云南省已建国家森林公园32处,面积14.43万 $\text{hm}^2$ <sup>[6]</sup>。云南省国家森林公园在保护森林风景资源和生物多样性,维护区域生态安全,促进地方经济发展和生态文化传播等方面发挥了重要作用。因此,加强森林公园的保护、管理具有重要意义。

章凤国家森林公园(以下简称“森林公园”)于1993年批准建立,位于云南省德宏州陇川县南部,地理坐标为东经 $97^{\circ}46'51''\sim 97^{\circ}59'58''$ ,北纬 $24^{\circ}09'27''\sim 24^{\circ}25'16''$ ,由8个片区组成,总面积7000 $\text{hm}^2$ 。批复文件明确了森林公园与国营林场实行“两块牌子、一套人马”的经营管理体制,隶属关系、山林权属和经营范围不变。建园以来,林场在经费困难、职工工资难于保障的情况下,一手抓森林公园资源管护,一手抓林场生产经营,取得了较好的成绩<sup>[7]</sup>。

## 1 调整背景

由于管理体制不顺、经费缺乏等原因,森林公园以林场为主体进行保护、经营和管理,未编制总体规划。20多年来,森林公园经历了县城搬迁、山区居民下坝、易地扶贫搬迁、重点项目建设、借山造林和林地租赁等历史过程,经营范围、林地、林权等情况与建立初期发生了较大变化,范围由最初的涉及3个乡(镇)变为现在的6个乡(镇),林地高度分散,破碎化极为严重,已不具备国家级森林公园所必须的资源价值条件,森林公园经营范围必须进行调整。为提升景观质量,提高保护价值,充分发挥森林公园的保护、自然教育、生态旅游三大功能作用,促进陇川县生物生态安全、生物多样性保护和生态文明建设,2019年,陇川县人民政府启动了章凤国家森林公园经营范围调整和综合科学考察工作,以期通过对原森林公园、拟调入区域进行深入的调查、论证和评估,确定新的森林公园范围,实现森林公园的有效管理。

## 2 调整理由与调整必要性分析

### 2.1 调整理由

#### 1) 地块高度分散

森林公园分布在8个地块,最大地块面积4429 $\text{hm}^2$ ,最小地块面积仅26 $\text{hm}^2$ 。由于森林公园批建时未考虑地域的连续性和完整性,造成地块高度分散,不利于森林资源保护管理和建设,也不符合《拟设立国家级森林公园可行性研究报告格式及要求》(林场字[2014]14号)中规定的“因森林风景资源各具特色确需由多个独立区域组成的,独立区域的数量不超过3个”的要求。

#### 2) “山区下坝”政策造成林地变化

1993年,陇川县人民政府下发了《陇川县人民政府关于耕种坝区水田的山区群众搬迁下坝就地生产若干问题的处理意见》(陇政发[1993]56号),要求实行国有山林与集体荒山调换,即与林场进行“山坝”林地置换,保证下坝村民的居住、生产等用地。多年来,山区村寨积极响应政府号召,搬迁下坝就地生产,致使森林公园部分林地变成居民点、农业生产用地等。

#### 3) 陇川县城及移民搬迁占用森林公园

1998年,民政部《关于云南省陇川县人民政府驻地迁移的批复》(民行批[1998]11号),同意陇川县政府驻地由城子镇搬迁至章凤镇。政府实施搬迁后,县城区和章凤镇的发展建设占用森林公园面积217.4 $\text{hm}^2$ 。县内麻栗坝水库建设移民安置、地质灾害隐患点搬迁、精准扶贫移民搬迁等也占用了森林公园部分林地,造成农林交错现象突出,人为活动频繁。

#### 4) “借山造林”使林木权属发生变化、价值降低

根据国有荒山造林、吸收社会资本发展林业等相关政策,森林公园部分国有荒山以“借山造林”的形式转让给农户、大户造林,主要种植杉木、西南桦等。目前土地权属为国有,林木权属为个人,林木权属发生了变化,且为人工林,景观价值较低、生物多样性下降。“借山造林”面积共1741.9 $\text{hm}^2$ ,占森林公园总面积的24.88%,面积占比较大。

#### 5) 林权纠纷多,管理难度大

由于当时“山坝置换”“借山造林”等手续不完善、不彻底,部分土地权属为国有,林木权属或土地使用权为个人,造成林权、土地使用权纠纷较多。近年来,林地、林木价值不断上升,受利益的驱使,多次发

生社区与林场之间的群体性事件。据调查统计,林权纠纷面积 270.3 hm<sup>2</sup>。另外,社区居民因住宅用地、坟墓用地、农业生产用地等与森林公园管理和建设活动常发生冲突,极大地制约了森林公园的健康发展。

#### 6) 林场自身发展占用林地

由于 1984—2016 年林场未纳入县财政统筹安排,实行自收自支的企业化管理,为保障工作经费和职工生活,杉木和思茅松人工林林木被全部采伐利用,大部分采伐迹地改种了短期经济作物甘蔗或其他经济林木。另外,南田营林区的办公楼、职工住宿区等也位于森林公园内。

### 2.2 调整必要性分析

#### 1) 推进生态文明建设

党的十九大报告指出:“生态文明建设是中国历史使命,人与自然是生命共同体,必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念……”。因此,实施森林公园经营范围调整,提升森林公园景观价值,加强森林公园的规划建设,加大资源保护力度,是云南生态文明建设排头兵的职责,也是践行绿水青山就是金山银山理念的重要措施。

#### 2) 分类有序解决历史遗留问题

2018 年 1 月,国家林业局下发《关于进一步加强国家级森林公园管理的通知》(林场发〔2018〕4 号),要求:“明晰国家级森林公园范围和界限。因历史原因将城镇建设用地、行政村建设用地、基本农田等划入森林公园范围的,应根据实际情况,按照国家级森林公园设立的标准,合理确定国家级森林公园范围和界限,并按程序办理国家级森林公园改变经营范围的行政审批”。2019 年 6 月,中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》(中办发〔2019〕42 号),要求:“分类有序地解决历史遗留问题。对自然保护地进行科学评估,将保护价值低的建制城镇、村屯或人口密集区域、社区民生设施等调整出自然保护地范围”。

#### 3) 构建边境生态安全屏障

陇川县是云南省 25 个边境县之一,西与缅甸毗邻,边境线长 50.899 km,生态区位重要,生态屏障功能显著。原森林公园分布高度分散,且为人工林,生态服务功能价值低。如果将边境区域、铜壁关省级保护区周边区域调入森林公园,与保护区形成天然的生态安全屏障,将为边境生态安全建设做出重要贡献。

#### 4) 加强民族团结、边疆稳定

森林公园范围内农林交错现象突出,人为活动

频繁,林权、土地使用权纠纷大,保护与发展的矛盾突出,难以实施有效管理。范围调整将耕地、宅基地、人工商品林等人为活动频繁区域调出森林公园,能有效解决保护与发展的矛盾,长期保障群众生产生活条件,有力推进国家精准扶贫战略的实施,对加强民族团结、边疆稳定具有重要意义。

#### 5) 科学规范管理

原森林公园范围内主要是人工林、耕地、建筑用地等,地块高度分散、林农矛盾突出、人为活动频繁,管理难度大。将人为活动频繁、林农矛盾突出、管理难度大的区域调出森林公园,将集中连片的国有公益林、人为干扰小的区域调入森林公园,能缓解保护与发展的矛盾,满足森林公园建设和管理需要。

#### 6) 提升景观及保护价值

将人工林、耕地、建筑用地等区域调出森林公园,将集中连片的天然林调入森林公园,使森林公园的生物多样性更丰富,水源涵养、水土保持、固碳释氧等生态服务功能更显著,有效提升森林公园的景观及保护价值,有利于充分发挥森林公园的保护、自然教育、生态旅游三大功能。

## 3 保护空缺分析

根据《云南省自然保护地空缺分析技术指南》<sup>[8]</sup>,按照生态系统重要性、物种重要性、生态区位重要性、生态脆弱性、景观价值等 6 项指标对陇川县森林、湿地、草原等自然区域进行分析,评判出 4 个级别的保护优先性区域,依次为 I、II、III、IV 级,并将分析结果与现有自然保护地界线进行 GAP 分析,提取不与现有自然保护地重叠的区域即为保护空缺区域。

通过保护空缺分析得出,陇川县保护优先等级达到 III 级以上的空缺区域主要为户撒梁子、干崖梁子、横梁子和桫木林区,这些区域主要为国有林区、公益林区、天然林区,区域总面积 8 986.7 hm<sup>2</sup>,其中,户撒梁子面积 3 731.6 hm<sup>2</sup>、干崖梁子面积 3 226.8 hm<sup>2</sup>、横梁子面积 1 102.5 hm<sup>2</sup>、桫木林区面积 925.8 hm<sup>2</sup>。

## 4 拟调整区域资源现状

### 4.1 原森林公园区域

#### 1) 植被和植物

根据《云南植被》<sup>[9]</sup>分类系统,原森林公园植被类型主要为人工杉木林、人工西南桦林、竹林、柑桔、茶叶 5 种类型,以人工植被为主。共记录植物种类 256 种,其中乔木以杉木、西南桦为主,均为人工

种植,无国家重点保护野生植物分布。

#### 2) 动物

原森林公园共记录陆栖脊椎动物 162 种,兽类 32 种,鸟类 105 种,两栖、爬行类 25 种,包括国家二级重点保护野生动物凤头蜂鹰(*Pernis ptilorhynchus*)、蛇雕(*Spilornis cheela*)、凤头鹰(*Accipiter trivirgatus*)、松雀鹰(*Accipiter virgatus*)、普通鵟(*Buteo buteo*)、原鸡(*Gallus gallus*)、斑头鸺鹠(*Glaucidium cuculoides*) 7 种。

#### 3) 景观资源

根据《旅游资源分类、调查与评价》(GB/T 18972—2017)<sup>[10]</sup>,原森林公园景观资源共涉及 6 个主类、12 个亚类、30 个基本类型,包括 86 处旅游资源单体,其中自然景观类 18 处、人文景观类 68 处,自然景观资源较为单一,美学价值有限。

### 4.2 保护空缺区域

#### 1) 植被和植物

保护空缺区域植被类型可划分为 4 个植被型 5 个植被亚型 13 个植物群落,植被类型以季风常绿阔叶林、中山湿性常绿阔叶林、山顶苔藓矮林、落叶阔叶林为主。共记录维管植物 1 073 种,其中乔木以栲类、栎类、木荷(*Schima argentea*)、合果木(*Michelia baillonii*)、八宝树(*Duabanga grandiflora*)等为主,包括国家二级重点保护野生植物 7 种,即桫欏(*Alsophila spinulosa*)、大叶黑桫欏(*Gymnosphaera gigantea*)、合果木(*Michelia baillonii*)、红椿(*Toona ciliata*)、水青树(*Tetracentron sinense*)、金毛狗(*Cibotium barometz*)、金荞麦(*Fagopyrum dibotrys*),云南省重点保护植物 5 种。

#### 2) 野生动物

保护空缺区域共记录陆栖脊椎动物 358 种,其中兽类 73 种,鸟类 225 种,两栖、爬行类 60 种,包括国家一级重点保护野生动物懒猴(*Nycticebus coucang*)、北豚尾猴(*Macaca leonina*)、菲氏叶猴(*Trachypithecus phayrei*)、黑颈长尾雉(*Syrnaticus humiae*) 4 种,国家二级重点保护野生动物猕猴(*Macaca mulatta*)、白腹锦鸡(*Chrysolophus amherstia*)、棕黑疣螈(*Tylosotriton verrucosus*)等 29 种,列入 CITES 附录 30 种,列入 IUCN 红色名录 79 种。

#### 3) 旅游资源

保护空缺区域景观资源共涉及 8 个主类、14 个亚类、28 个基本类型,包括 140 处旅游资源单体,其中,自然景观 80 处,人文景观 60 处,旅游资源种类多样,数量丰富,自然资源与人文资源相辅相成,具有较高的保护价值、美学价值和游憩价值。

## 5 调整方案及调整结果

### 5.1 调整方案确定

针对森林公园存在的问题和矛盾,结合保护空缺分析结果,通过对原森林公园、保护空缺区域进行深入的调查、论证和评估,综合确定森林公园范围调整方案。

#### 1) 调出区域

主要以解决矛盾问题为导向,将耕地、住宅用地、生产生活设施用地、人工林等人为活动频繁区域和景观价值较低的区域作为调出区域。根据各地块矛盾问题综合评定,除位于陇川县城的地块保留部分区域外,其余 7 个地块全部调出,调出区域面积 6 941.4 hm<sup>2</sup>。

#### 2) 保留区域

位于陇川县城内的章凤片区,已建成早乐东民族广场、团结广场、观景台、步道、人工水域、人工草坪等设施,基础设施较为完善,是城镇居民休闲活动和举办大型民族文化活动的场所。将该区域确定为保留区域,面积 58.6 hm<sup>2</sup>。

#### 3) 调入区域

综合各保护空缺区域资源特色、面积大小和管理条件等因素,考虑地域的连续性和完整性,以及符合森林公园独立区域的数量不超过 3 个的要求,将户撒梁子和干崖梁子确定为调入区域。理由:一是户撒梁子和干崖梁子季风常绿阔叶林和中山湿性常绿阔叶林保存较好,生物多样性丰富,景观资源类型多样,森林景观质量好,生态服务功能价值高,其中户撒梁子是菲氏叶猴的重要栖息地;二是户撒梁子和干崖梁子面积共 6 958.4 hm<sup>2</sup>,考虑原森林公园可保留区域小,将这两部分纳入森林公园,可确保范围调整后总面积不减少,且地块数不超过 3 个;三是户撒梁子和干崖梁子为集中连片的天然国有林、公益林,人为干扰少,有利于保护管理。

章凤国家森林公园范围调整方案详见图 1。

### 5.2 范围调整结果

根据调整方案,原森林公园调出面积 6 941.4 hm<sup>2</sup>,保留面积 58.6 hm<sup>2</sup>,调入面积 6 958.4 hm<sup>2</sup>。范围调整后森林公园范围界线明晰,土地权属和林木权属均为国有,权属无争议;总面积为 7 017 hm<sup>2</sup>,增加 17 hm<sup>2</sup>,地块数由原来的 8 个调减为 3 个,林地面积增加 3 071.4 hm<sup>2</sup>,耕地面积减少 2 590.8 hm<sup>2</sup>,住宅用地面积减少 388.0 hm<sup>2</sup>;森林覆盖率由 63.24% 提升到 96.81%;区内无人口居住。范围调整使公园

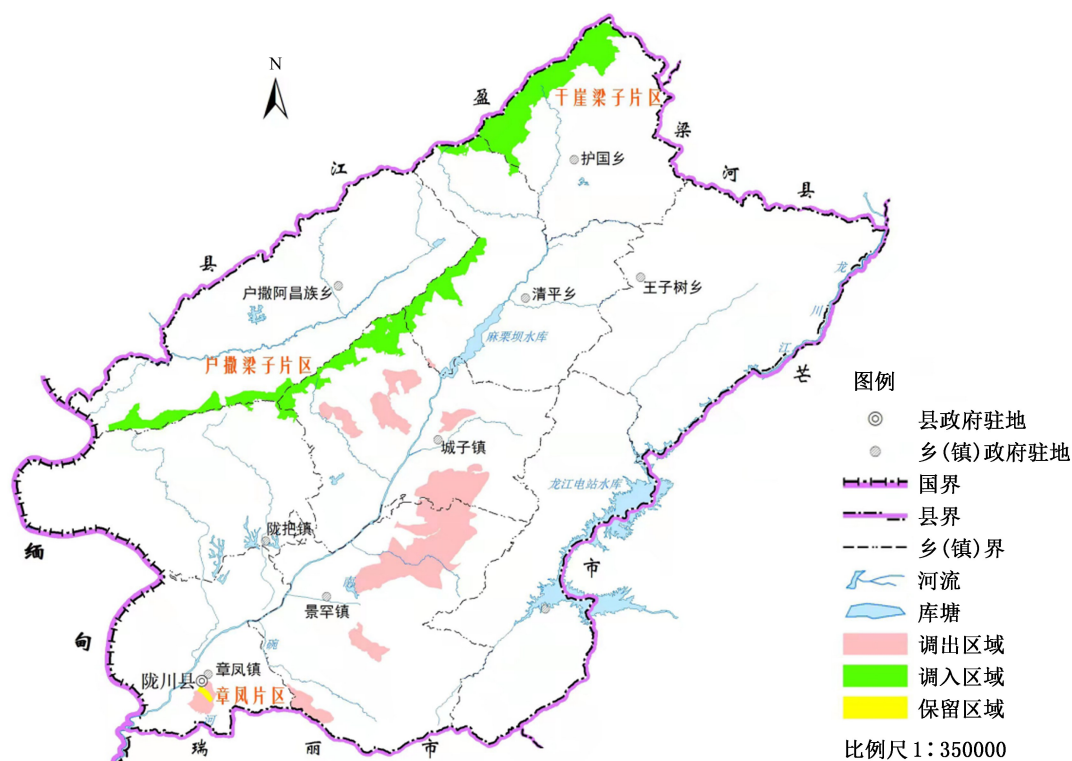


图 1 章凤国家森林公园范围调整方案

Fig. 1 Plan of scope adjustment of Zhangfeng National Forest Park

森林资源的整体质量得到提高,保护价值得以提升,保护管理与发展间的矛盾得到缓解。森林公园范围调整前后情况对比详见表 1。

表 1 章凤国家森林公园范围调整前后情况对比

Tab. 1 Comparison of the situation before and after scope adjustment of Zhangfeng National Forest Park

类别	调整前	调整后	变值(+/-)
总面积/hm <sup>2</sup>	7000	7017	17
地块数/个	8	3	-5
人口/人	15597	0	-15597
林地/hm <sup>2</sup>	3895.0	6966.4	3071.4
耕地/hm <sup>2</sup>	2598.2	7.4	-2590.8
住宅用地/hm <sup>2</sup>	389.6	1.6	-388.0
林权纠纷面积/hm <sup>2</sup>	270.3	0	-270.3
森林覆盖率/%	63.24	96.81	33.57

## 6 调整影响评价

### 6.1 对生物多样性的影响

#### 6.1.1 对植物群落的影响

调出区域植被类型为杉木林、西南桦林、竹林、柑桔、茶叶 5 个群落,全为人工林,且人为干扰严重,

群落内物种组成丰富度低。调入区域植被类型为季风常绿阔叶林、中山湿性常绿阔叶林、山顶苔藓矮林、落叶阔叶林,绝大部分为天然林,人为干扰较低,群落结构较为完整,物种多样性丰富。因此,范围调整不会造成某种植被类型(群落)在森林公园消失,调整后森林公园由 8 个地块变成 3 个地块,没有对植被进行分割,不会破坏其连通性和完整性,也不会造成某个群落中关键种、优势种发生变化,对群落结构和功能的影响较小。森林公园范围调整前后植被类型面积对比详见表 2。

表 2 章凤国家森林公园范围调整前后植被类型面积对比

Tab. 2 Comparison of vegetation types and areas before and after scope adjustment of Zhangfeng National Forest Park

植被类型	调整前	调整后	变值(+/-)
常绿阔叶林	858.00	6643.79	5785.79
暖性灌木草丛	73.49	172.72	99.23
人工林	2709.32	182.92	-2526.40

#### 6.1.2 对野生植物资源的影响

调出区域分布有大量的耕地、建筑用地、人工林

等,野生植物种类较少,共256种,其中乔木以杉木、西南桦等为主,灌木以水红木、小果榕等为主,草本以紫茎泽兰、旱茅、蕨、扭黄茅、鬼针草等为主,均为常见种类,无国家重点保护野生植物分布。范围调整后共记录维管植物1073种,其中有国家二级重点保护野生植物杪椴、合果木、水青树等7种,云南省重点保护植物5种。因此,范围调整极大地丰富了森林公园的植物多样性和保护价值。

### 6.1.3 对野生动物资源的影响

调出区域人为干扰较大,属次生环境,在该区域活动的野生动物种群数量较为有限,且出现频度低,共记录兽类32种,鸟类105种,两栖、爬行类25种,其中有国家二级重点保护野生动物原鸡、凤头蜂鹰、斑头鸺鹠等7种。调入区域人为干扰较小,森林植被较好,野生动物种群数量较多。范围调整后共记录兽类73种,鸟类225种,两栖、爬行类60种,其中有国家一级重点保护野生动物懒猴、北豚尾猴、菲氏叶猴、黑颈长尾雉4种,国家二级重点保护野生动物猕猴、白腹锦鸡、棕黑疣螈等29种。因此,范围调整不会造成栖息地面积的减少和某个动物物种在森林公园内消失,反而增加了动物物种的种类、种群数量和适宜栖息地的面积,动物的食物网/链结构更加完备。

### 6.2 对生态服务功能的影响

调出区域的森林植被为人工杉木林、人工西南桦林,其他地类有耕地、住宅用地等,森林生态服务功能较低。调入区域的森林植被为天然常绿阔叶林。范围调整后森林覆盖率从63.24%提高到96.81%,生态服务功能显著提高。因此,范围调整对森林公园涵养水源、固碳释氧、水土保持、净化空气、生物多样性保育等生态服务功能影响是正面的。

### 6.3 对风景资源质量的影响

调出区域景观类型以人工林景观为主,其他景观有摩水水库景观、海岗水库景观、农田景观、建筑景观等,类型较为单一,且分散于8个地块,景观破碎化严重,景观特色不突出。调入区域主要以连片的常绿阔叶林为主,森林植被较好,包括常绿阔叶林景观、杜鹃灌丛景观、草甸景观等,保护价值较高。因此,范围调整不会削弱森林公园主体景观的连续性,不会造成某种景观类型在森林公园消失,反而提升了森林公园风景资源质量。

### 6.4 对森林公园管理和建设的影响

范围调整前,森林公园内林农交错现象突出,人为活动频繁,景观破碎化严重、景观价值较低,权属

纠纷多;范围调整后,森林公园权属清楚、无争议,人为干扰少,满足国家级森林公园设立的管理条件,且干崖梁子片区、户撒梁子片区景观资源丰富,保护价值和生态旅游价值较高,具有开展森林康养、生态体验、自然教育的巨大潜力。范围调整解决了景观破碎化的问题,缓解了保护与发展的矛盾,消除了不利于经营管理的诸多因素,有利于森林公园的保护管理,也为森林公园开展生态旅游创造了有利条件。

## 7 结 论

在确保森林公园面积不减少的情况下,将耕地、住宅用地、生产生活设施用地、人工林等人为活动频繁区域和景观价值较低区域调出森林公园,将集中连片的天然国有林、公益林调入森林公园,有利于历史遗留问题的解决和优良自然资源的集中保护。总体来看,范围调整提高了森林公园的保护价值,提升了森林公园的景观质量,缓解了保护与发展间的矛盾,促进了地方社会经济协调发展,有利于充分发挥森林公园保护、自然教育、生态旅游三大功能作用,实现森林公园有效管理,促进陇川县生态文明建设和生物多样性保护。因此,范围调整对森林公园保护、建设和管理的影响是正面的、积极的。

## 参考文献:

- [1] 李瑞杰,苏建兰. 基于PPP的云南国家森林公园发展对策[J]. 西南林业大学学报(社会科学), 2021, 5(4): 18-25.
- [2] 蒋志刚. 论保护地分类与以国家公园为主体的中国保护地建设[J]. 生物多样性, 2018, 26(7): 775-779.
- [3] 国家林业局. 国家级森林公园管理办法[Z]. 2011.
- [4] 李瑞杰,苏建兰. 基于PPP的云南省国家森林公园发展研究综述[J]. 山西农经, 2020(8): 67-70.
- [5] 华朝朗,陶晶. 云南省以国家公园为主体的自然保护地体系研究[M]. 昆明:云南科技出版社, 2019.
- [6] 罗怀秀,徐吉洪,俞瑶,等. 云南省自然保护地现状与空间分析[J]. 林业调查规划, 2021, 46(1): 68-74.
- [7] 杨忠兴,晁增华. 云南章凤国家森林公园[M]. 昆明:云南科技出版社, 2021.
- [8] 云南省林业和草原局,云南省林业调查规划院. 云南省自然保护地保护空缺分析技术指南[Z]. 2020.
- [9] 吴征镒,朱彦丞. 云南植被[M]. 北京:科学出版社, 1987.
- [10] 国家质量监督检验检疫总局. 旅游资源分类、调查与评价: GB/T18972—2017[S]. 北京:中国标准出版社, 2017.

责任编辑:刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.039

## 普达措国家公园森林生态系统服务价值评估与分析

赵玉堂

(云南省林业调查规划院大理分院,云南大理671000)

**摘要:**采用相应的评估标准、指标和方法,对云南普达措国家公园森林生态系统服务价值进行评估,结果其总价值为55.8315亿元/a,平均价值11.55万元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ),高于云南省和全国森林的平均水平。按评估项目价值从大到小排列,分别为生物多样性保护价值,占比38.92%,保育土壤,占比38.17%,涵养水源,占比7.61%,森林游憩,占比5.89%,净化大气环境,占比4.39%,固碳释氧,占比3.49%,社区发展,占比1.33%,积累营养物质,占比0.20%。说明该公园在生物多样性保护、保育土壤及水源涵养等方面具有重要作用。

**关键词:**森林生态系统;服务功能;生物多样性;水土保持;价值评估;普达措国家公园

中图分类号:S759.91;S718.557 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0208-06

引文格式:赵玉堂.普达措国家公园森林生态系统服务价值评估与分析[J].林业调查规划,2023,48(3):208-213.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.039

ZHAO Yutang. Evaluation and Analysis of Forest Ecosystem Services Value in Pudacuo National Park[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 208-213. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.039

## Evaluation and Analysis of Forest Ecosystem Services Value in Pudacuo National Park

ZHAO Yutang

(Dali Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Dali, Yunnan 671000, China)

**Abstract:** The forest ecosystem services value of Pudacuo National Park was evaluated by using the corresponding evaluation criteria, indicators and methods. The total value was 5.58315 billion yuan/a, with an average value of 115500 yuan/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ), which was higher than the average level of forests in Yunnan Province and the whole country. The evaluation values were ranked as follows: biodiversity conservation value accounting for 38.92%, soil conservation value accounting for 38.17%, water conservation value accounting for 7.61%, forest recreation value accounting for 5.89%, atmospheric purification value accounting for 4.39%, carbon sequestration and oxygen release value accounting for 3.49%, community development value accounting for 1.33%, accumulated nutrients value accounting for 0.20%, and scientific and technological education value. The results indicated that the park played an important role in forest ecosystem services such as biodiversity conservation, soil conservation, and water conservation.

**Key words:** forest ecosystem; service functions; value evaluation; Pudacuo National Park

收稿日期:2022-02-10;修回日期:2022-03-23.

第一作者:赵玉堂(1965-),男,云南大理人,高级工程师.从事林业调查规划设计工作.

普达措国家公园(以下一般简称公园)位于迪庆州香格里拉市境内。2006年,在云南省政府研究室的指导下,迪庆州以碧塔海省级自然保护区为依托,将国家公园理念付诸建设实践,是云南省国家公园建设的起点,也是我国大陆第一个国家公园实体。2015年被列入全国首批国家公园体制试点区。

公园所处区域位于滇西北高原生物多样性保护与水源涵养的国家重点生态功能区,是三江并流世界自然遗产地的核心区,也是全球三大生物多样性热点同时汇集的区域。同时,是一个世界级的物种基因库,也是我国乃至世界生物多样性重点保护区域。该区域还是我国重要的水源涵养和土壤保持区域。

公园现总面积为 60 210 hm<sup>2</sup>,其中森林面积 48 345.1 hm<sup>2</sup>,森林覆盖率 80.3%,全部为天然林<sup>[1]</sup>。林木蓄积量为 7 620 629 m<sup>3</sup>,平均 157.6 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。主要植被类型有硬叶常绿阔叶林、云冷杉林、大果红杉林、落叶阔叶林、高山柏灌丛、柳灌丛、高山杜鹃灌丛和亚高山草甸等。主要保护对象为现存发育完好的寒温性针叶林和硬叶常绿阔叶林,典型的封闭型森林—湖泊—沼泽—草甸复合生态系统,生态系统原真性和完整性,珍稀野生动植物。

### 1 评估指标

国内外对于生态服务功能分类体系繁多。本文评估引用《森林生态系统服务功能评估规范》(GB/T 38582—2020)(以下简称《规范》)的分类,依据指标选取原则,考虑评估参数的可获得性与可靠性,根据云南省香格里拉市森林资源规划设计调查数据,采用国家林业行业标准,结合国内外通行的定量分析方法,对普达措国家公园森林生态系统在生物多样性保护、保育土壤、涵养水源、森林游憩、净化大气环境、固碳释氧、社区发展、积累营养物质、科研教育等 9 个类别中的 15 个指标<sup>[2]</sup>进行综合评估(表 1)。

### 2 评估采用的数据及来源

2016年完成的香格里拉市森林资源二类调查汇总成果资料;香格里拉市“十三五”期间年森林采伐限额成果资料;有关单位开展的相关研究、监测成果资料及公开发表的文献资料;香格里拉市经济工作手册和水资源公报等数据资料;国家权威部门发布的社会公共数据(表 2)。

表 1 普达措国家公园森林生态系统服务功能评估指标  
Tab. 1 Evaluation indicators for forest ecosystem service functions in Pudacuo National Park

类别	指标	备注
生物多样性保护	物种保育	
保育土壤	森林固土、森林保肥	N、P、K、有机质
涵养水源	调节水量、净化水质	
森林游憩	森林游憩	
净化大气环境	提供负离子、吸收污染物、滞尘	二氧化硫、氟化物、氮氧化物
固碳释氧	森林固碳、森林释氧	
社区发展	园内居民收入	
积累营养物质	林木营养积累	N、P、K
科研教育	科研成果、科研论文	

表 2 评估采用的社会公共数据  
Tab. 2 Social public data used for evaluation

项目	单价或含量	项目	单价
水库建设单位库容投资/(元·m <sup>-3</sup> )	7.75	固碳价格/(元·t <sup>-1</sup> )	1000.00
挖取单位面积土方费用/(元·m <sup>-3</sup> )	21.80	氧气制造价格/(元·t <sup>-1</sup> )	1000.00
磷酸二铵含氮量/%	14.00	二氧化硫治理费用/(元·kg <sup>-1</sup> )	1.20
磷酸二铵含磷量/%	15.01	氟化物治理费用/(元·kg <sup>-1</sup> )	1.15
氯化钾含钾量/%	50.00	氮氧化物治理费用/(元·kg <sup>-1</sup> )	1.05
磷酸二铵价格/(元·t <sup>-1</sup> )	2700.00	降尘清理费用/(元·kg <sup>-1</sup> )	0.25
氯化钾价格/(元·t <sup>-1</sup> )	2300.00	水的净化费用/(元·t <sup>-1</sup> )	2.30
有机质价格/(元·t <sup>-1</sup> )	400.00		

### 3 评估方法

按照评估的理论和方法,依据《规范》<sup>[3]</sup>,从物质量和价值量两个方面,对公园森林生态系统在生物多样性保护、保育土壤、涵养水源、森林游憩、净化大气环境、固碳释氧、社区发展、积累营养物质、科研教育等 9 个类别中的 15 个指标进行综合评估。物质量采用生物学、生态学、生态经济学等相关研究理论进行评估。价值量采用费用支出法、替代工程法、

市场价值法进行评估。价值量具体评估计算方法见 表 3。

表 3 普达措国家公园森林生态系统服务功能价值量计算  
Tab.3 Calculation of forest ecosystem services value in Pudacuo National Park

功能	指标	计算方法		
		价值量	公式说明	
涵养水源	调节水量	$U_{\text{调}} = 10C_{\text{库}} A(P-E-C)$	式中： $U_{\text{调}}$ 指调节水量价值； $U_{\text{水质}}$ 指净化水质价值； $P$ 指年降水量； $E$ 指林分蒸发量； $C$ 指年地表径流量； $C_{\text{库}}$ 指水库库容投资； $K$ 指水的净化费用。	
	净化水质	$U_{\text{水质}} = 10KA(P-E-C)$		
保育土壤	森林固土	$U_{\text{固土}} = AC_{\pm}(X_2-X_1)/\rho$	$U_{\text{固土}}$ 指固土价值； $U_{\text{肥}}$ 指施肥价值； $X_1$ 指林地土壤侵蚀模数； $X_2$ 指无林地土壤侵蚀模数； $C_{\pm}$ 指取运土方所需费用； $\rho$ 指土壤容重； $N$ 指土壤含氮量； $P$ 指土壤含磷量； $K$ 指土壤含钾量； $M$ 指土壤有机质含量； $R_1$ 、 $R_2$ 分别指磷酸二铵化肥含氮与含磷量； $R_3$ 指氯化钾化肥含钾量； $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 分别指磷酸二铵化肥、氯化钾化肥、有机质价格。	
	森林保肥	$U_{\text{肥}} = A(X_2-X_1)(NC_1/R_1 + PC_1/R_2 + KC_2/R_3 + MC_3)$		
固碳释氧	森林固碳	$U_{\text{碳}} = 1.63R_{\text{碳}} AB_{\text{年}} C_{\text{碳}}$	$U_{\text{碳}}$ 指固碳价值； $B_{\text{年}}$ 指净生产力； $C_{\text{碳}}$ 指固碳价格； $R_{\text{碳}}$ 指 $\text{CO}_2$ 中碳的含量，为 27.27%。	
	森林释氧	$U_{\text{氧}} = 1.19C_{\text{氧}} AB_{\text{年}}$		$U_{\text{氧}}$ 指释氧价值； $B_{\text{年}}$ 指净生产力； $C_{\text{氧}}$ 指氧气价格。
积累营养物质	林木营养积累	$U_{\text{营养}} = AB_{\text{年}}(N_{\text{营养}} C_1/R_1 + P_{\text{营养}} C_1/R_2 + K_{\text{营养}} C_2/R_3)$	$U_{\text{营养}}$ 指积累价值； $N_{\text{营养}}$ 、 $P_{\text{营养}}$ 、 $K_{\text{营养}}$ 分别指含氮量、含磷量、含钾量； $R_1$ 、 $R_2$ 分别指磷酸二铵化肥含氮量与含磷量； $R_3$ 为氯化钾化肥含钾量； $C_1$ 、 $C_2$ 为磷酸二铵与氯化钾化肥价格； $B_{\text{年}}$ 指净生产力。	
净化大气环境	提供负离子	$U_{\text{负离子}} = 5.256 \times 10^{15} \times \text{AHK}_{\text{负离子}}(Q_{\text{负离子}} - 600)/L$	$U_{\text{负离子}}$ 指负离子价值； $H$ 指林分高度； $K_{\text{负离子}}$ 指负离子生产费用； $Q_{\text{负离子}}$ 指负离子浓度； $L$ 指负离子寿命。	
	吸收污染物	$U_{\text{二氧化硫}} = \frac{K_{\text{二氧化硫}}}{Q_{\text{二氧化硫}}} A$		$U_{\text{二氧化硫}}$ 指吸收二氧化硫价值； $K_{\text{二氧化硫}}$ 指治理费用； $Q_{\text{二氧化硫}}$ 指吸收二氧化硫量。
		$U_{\text{氟化物}} = \frac{K_{\text{氟化物}}}{Q_{\text{氟化物}}} A$		$U_{\text{氟化物}}$ 指吸收氟化物价值； $K_{\text{氟化物}}$ 指治理费用； $Q_{\text{氟化物}}$ 指吸收氟化物量。
	$U_{\text{氮氧化物}} = \frac{K_{\text{氮氧化物}}}{Q_{\text{氮氧化物}}} A$	$U_{\text{氮氧化物}}$ 指吸收氮氧化物价值； $K_{\text{氮氧化物}}$ 指治理费用； $Q_{\text{氮氧化物}}$ 指吸收氮氧化物量。		
阻滞降尘	$U_{\text{阻滞降尘}} = K_{\text{阻滞降尘}} Q_{\text{阻滞降尘}} A$	$U_{\text{阻滞降尘}}$ 指阻滞降尘价值； $K_{\text{阻滞降尘}}$ 指清理费用； $Q_{\text{阻滞降尘}}$ 指阻滞降尘量。		
生物多样性保护	物种保育	$U_{\text{生物}} = S_{\text{生}} A$	$U_{\text{生物}}$ 指保育价值； $S_{\text{生}}$ 指物种损失的机会成本。	
森林游憩	森林游憩	$U_{\text{森林游憩}} = PC$	$U_{\text{森林游憩}}$ 为森林游憩价值； $P$ 为游客人数； $C$ 为游客平均旅行费用。	
科研教育	科研成果、科研论文	$U_{\text{科教}} = S+J$	$U_{\text{科教}}$ 为科研教育价值； $S$ 为科研成果转化价值； $J$ 为科研论文转化价值。	
社区发展	公园内居民收入	$U_{\text{收入}} = R_{\text{反哺资金}} + D_{\text{林下收入}}$	$U_{\text{收入}}$ 为公园内居民收入价值； $R_{\text{反哺资金}}$ 为社区反哺资金； $D_{\text{林下收入}}$ 为林下产品采集收入。	

注：生物物种保育价值计算按 Shannon-Wiener 指数计算方法，共划分为 7 个等级<sup>[3]</sup>。式中  $A$  指林分面积。

## 4 评估结果与分析

### 4.1 涵养水源

森林涵养水源具有调节径流量、净化水质功能，增加可利用水资源。该公园多年年均降水量 626 mm，多年年均蒸发量 287.6 mm<sup>[4]</sup>。公园主要森林类型为温带落叶针叶林、温带常绿针叶林、温带亚热带落叶阔叶林、温带亚热带常绿阔叶林、亚热带常绿针叶林，其生态系统与裸地比，减少径流效益系数分别为 21%、24%、28%、39%、36%。经估算，该公园森林年调节水量 0.42 亿 m<sup>3</sup>，涵养水源价值合计 4.25 亿元(表 4)。

表 4 普达措国家公园森林涵养水源量及价值

Tab.4 Quality and value of forest water conservation in Pudacuo National Park

调节水量 /(亿 m <sup>3</sup> · a <sup>-1</sup> )	调节水量价值 /(亿元 · a <sup>-1</sup> )	净化水质价值 /(亿元 · a <sup>-1</sup> )	涵养水源价值 /(亿元 · a <sup>-1</sup> )
0.42	3.28	0.97	4.25

### 4.2 保育土壤

无林地与林地土壤侵蚀模数差为 114.7 t/hm<sup>2</sup>，泥沙的平均容重 1.25 t/m<sup>3</sup>。依据该公园综合科学考察土壤理化性质的相关数据计算保肥量<sup>[5]</sup>。经



估算,公园年森林固土量 554.52 万t,固土价值为 20.34 亿元;森林保育土壤价值合计 21.31 亿元 0.97 亿元;森林保肥量 77.88 万t,保肥价值为 (表5)。

表5 普达措国家公园森林保育土壤量及价值

Tab.5 Quality and value of forest soil conservation in Pudacuo National Park

固土量 /(万 t · a <sup>-1</sup> )	固土价值 /(亿元 · a <sup>-1</sup> )	保肥量/(万 t · a <sup>-1</sup> )					保肥价值 /(亿元 · a <sup>-1</sup> )	保育土壤价值 /(亿元 · a <sup>-1</sup> )
		N	P	K	有机质	合计		
554.52	0.97	2.43	1.01	25.83	48.61	77.88	20.34	21.31

4.3 固碳释氧

森林植被固碳和释氧。经估算,公园森林植被年固碳量 5.04 万t,固碳价值为 0.60 亿元;森林释氧量 13.48 万t,释氧价值 1.35 亿元;森林固碳释氧价值合计 1.95 亿元(表6)。

表6 普达措国家公园森林固碳释氧量及价值

Tab.6 Quality and value of forest carbon sequestration and oxygen release in Pudacuo National Park

固碳量 /(万 t · a <sup>-1</sup> )	固碳价值 /(亿元 · a <sup>-1</sup> )	释氧量 /(万 t · a <sup>-1</sup> )	释氧价值 /(亿元 · a <sup>-1</sup> )	固碳释氧价值 /(亿元 · a <sup>-1</sup> )
5.04	0.60	13.48	1.35	1.95

4.4 积累营养物质

对森林植被营养物质实物量采用林木营养物质的存留量进行估算<sup>[6]</sup>。为了方便计算,将公园森林类型划分为温带落叶针叶林、温带常绿针叶林、温带亚热带落叶阔叶林、温带亚热带常绿阔叶林、亚热带常绿针叶林。依据森林类型、林分面积、林分年净生产力、营养元素平均含量,经估算,公园森林林木每年

积累营养物质分别为固氮量 452.88 t,固磷量 42.65 t,固钾量 318.84 t,积累营养物质价值合计 0.11 亿元(表7)。

表7 普达措国家公园森林积累营养物质质量及价值

Tab.7 Quality and value of forest accumulated nutrients in Pudacuo National Park

林木积累营养物质/(t · a <sup>-1</sup> )			林木积累营养物质 价值/(亿元 · a <sup>-1</sup> )
N	P	K	
452.88	42.65	318.84	0.11

4.5 净化大气环境

森林净化大气环境价值,依据相关文献资料中林分吸收大气环境中污染物能力数据,结合普达措国家公园实际,经估算,普达措国家公园森林每年提供负离子 9.73 × 10<sup>23</sup> 个,价值为 1526.60 万元;吸收二氧化硫 0.96 万t,价值为 1152.00 万元;吸收氟化物 0.01 万t,价值为 6.90 万元;吸收氮氧化物 0.03 万t,价值为 18.90 万元;滞尘 145.16 万t,价值为 21774.00 万元;净化大气环境价值合计 2.45 亿元(表8)。

表8 普达措国家公园森林净化大气环境量及价值

Tab.8 Quality and value of forest atmospheric purification in Pudacuo National Park

提供负离子		吸收二氧化硫		吸收氟化物		吸收氮氧化物		滞尘		价值合计 /(亿元 · a <sup>-1</sup> )
数量 /(个 · a <sup>-1</sup> )	价值 /(万元 · a <sup>-1</sup> )	数量 /(万 t · a <sup>-1</sup> )	价值 /(万元 · a <sup>-1</sup> )	数量 /(万 t · a <sup>-1</sup> )	价值 /(万元 · a <sup>-1</sup> )	数量 /(万 t · a <sup>-1</sup> )	价值 /(万元 · a <sup>-1</sup> )	数量 /(万 t · a <sup>-1</sup> )	价值 /(万元 · a <sup>-1</sup> )	
9.73 × 10 <sup>23</sup>	1526.60	0.96	1152.00	0.01	6.90	0.03	18.90	145.16	21774.0	2.45

4.6 生物多样性保护

国家公园是我国保护最严格的自然保护地。普达措国家公园具有全球性的生物多样性保护价值。

森林生态系统是生物多样性的核心,是发挥森林生态系统服务功能的重要因素之一。依据 Shannon-Wiener 指数对公园森林植物年生物多样性保育价

值进行测算<sup>[7]</sup>,其价值为 21.73 亿元。

#### 4.7 森林游憩

该公园开展特许经营,经过多年来资金的大量投入和精心打造,已成为国内旅游的著名品牌。2016 年景区累计接待游客 137 万人次,按人均旅行费用 240 元计,森林游憩价值为 3.29 亿元。

#### 4.8 科研教育

从收集的资料来看,有关该公园的科研成果与科技论文从 2006 年公园成立开始就逐渐丰富。经过统计计算,各级科研成果平均每年 3 项,相关科技论文平均每年发表 10 篇,按每个科研项目平均经费 4 万元,科技论文每篇基本费用 0.3 万元计算,科研教育价值为 15 万元。

#### 4.9 社区发展

社区发展价值以公园内居民的收入进行评估。

公园内有 3 个村民委员会 23 个村民小组 821 户 3 794 人。每年社区反哺资金约 0.20 亿元。森林林下产品种类丰富,公园内居民每年采集林下产品收入近 0.54 亿元。社区发展价值共计 0.74 亿元。

#### 4.10 森林生态系统服务功能总价值

该公园每年森林生态服务功能总价值 55.831 5 亿元。其中:生物多样性保护价值 21.73 亿元,占比为 38.92%;保育土壤价值 21.31 亿元,占比为 38.17%;涵养水源价值 4.25 亿元,占比为 7.61%;森林游憩价值 3.29 亿元,占比为 5.89%;净化大气环境价值 2.45 亿元,占比为 4.39%;固碳释氧价值 1.95 亿元,占比为 3.49%;社区发展价值 0.74 亿元,占比为 1.33%;积累营养物质价值 0.11 亿元,占比为 0.20%;科技教育价值 0.001 5 亿元(表 9)。

表 9 普达措国家公园森林生态系统服务功能价值

Tab. 9 Value of forest ecosystem service functions in Pudacuo National Park

价值	生物多样性保护	保育土壤	涵养水源	森林游憩	净化大气环境	固碳释氧	社区发展	积累营养物质	科技教育	合计
金额/(亿元·a <sup>-1</sup> )	21.73	21.31	4.25	3.29	2.45	1.95	0.74	0.11	0.0015	55.8315
比例/%	38.92	38.17	7.61	5.89	4.39	3.49	1.33	0.20	—	100.00

## 5 结论与建议

### 5.1 普达措国家公园森林生态系统服务价值显著

从评估结果来看,该公园森林每年生态系统服务总价值 55.831 5 亿元,平均每公顷价值 11.55 万元,高于全国(5.52 万元/hm<sup>2</sup>)<sup>[8]</sup>和云南省(6.77 万元/hm<sup>2</sup>)<sup>[9]</sup>。普达措国家公园森林生态系统价值排列前三的分别为生物多样性保护、保育水土、涵养水源。这符合普达措国家公园是一个世界级的物种基因库,是我国乃至世界生物多样性重点保护区域,是我国重要的水源涵养和土壤保持区域的定位。

### 5.2 评估指标不全面但意义重大

本文对该公园森林生态系统服务价值进行综合评估,但根据实际情况对吸收污染物中的林分每年吸收重金属价值、森林降低噪音价值和森林防护价值没有评估。有的森林生态系统服务价值并不能通过市场化表现出来,且缺少准确的数据支撑,因此对森林生态系统服务价值评估是经济角度对国家公园生态服务的一种认识。由于森林生态系统服务功能组成与估算方法的不同,对于同一类型的森林生态系统和同一区域的森林生态系统,评估结果会出现

差异,但通过评估会使人们认识到森林生态系统存在的重要意义。

### 5.3 建议建立统一的生态系统服务价值评估标准

目前为止,价值评估参照《规范》(LY/T 1721—2008 和规范 GB/T 38582—2020)进行,但这只是对森林生态系统服务功能进行评估,对于其他的生态系统服务功能评估,缺乏价值量的评估标准,建立各种类型的生态系统服务价值的评估标准和体系势在必行<sup>[10]</sup>。

### 5.4 科技教育价值潜力巨大

目前该公园森林生态系统服务价值较低,但公园所在区域在生物多样性及环境保护方面具有重要作用,可以为国际、国内的科研机构和相关组织提供更好的合作平台,使公园成为生物物种、地质地貌与湿地的国际性研究基地。国家公园支撑体系有序建立后,公园正常开展日常工作,相关的监测和档案资料正常收集整理,可为生物多样性及环境保护等方面研究工作提供基础资料,研究成果所产生价值是无法估量的。

### 5.5 加大生态补偿力度

该公园在现有生态保护补偿政策的基础上,要

不断健全生态补偿政策,建立健全森林、草甸、湿地等的生态补偿机制,提高现行国家级公益林保护、天然林保护和退耕还林补偿标准,完善教育、培训、困难补助等民生生态补偿政策,不断提高社区居民生活水平;健全生态管护公益岗位补助政策,加快落实生态管护公益岗位;研究野生动物保护补偿政策和途径;探索资源储备、上游水生态保护、跨流域补偿、后续产业发展等补偿政策及碳汇交易机制。

### 参考文献:

- [1] 云南省林业调查规划院大理分院. 云南省香格里拉市森林资源规划设计调查报告[R]. 2016.
- [2] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 森林生态系统服务功能评估规范:GB/T 38582-2020[S]. 北京:中国标准出版社,2020.
- [3] 国家林业局. 森林生态系统服务功能评估规范:LY/T 1721-2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [4] 国家林业局昆明勘察设计院. 香格里拉普达措国家公园总体规划(2019—2025)[Z]. 2020.
- [5] 西南林业大学. 香格里拉普达措国家公园综合科学考察报告[R]. 2021.
- [6] 赵欣,张杰,钟林东. 黑龙江丰林国家级自然保护区生态系统服务价值评估与分析[J]. 北京林业大学学报, 2021,43(7):100-110.
- [7] 王兵,郑秋红,郭浩. 基于 Shannon-Wiener 指数的中国森林物种多样性保育价值评估方法[J]. 林业科学研究, 2008,21(2):268-274.
- [8] 华朝朗. 怒江州森林生态系统服务功能价值评估[J]. 林业调查规划, 2012,37(6):44-48.
- [9] 云南省林业调查规划院大理分院,怒江傈僳族自治州林业局. 怒江傈僳族自治州森林生态系统服务功能价值评估报告[R]. 2016.
- [10] 云南省地方标准. 国家公园基本条件:DB53/T 298-2009[S]. 昆明:云南省质量技术监督局,2009.
- [14] 张忠华,胡刚,梁士楚,等. 桂林岩溶石山阴香种群的年龄结构[J]. 生态学报, 2007,26(2):159-164.
- [15] 张娥,汪正祥,李泽,等. 崩尖子自然保护区锐齿槲栎林种群结构与生活型谱垂直分布规律研究[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 2015,37(5):468-472.
- [16] 谢宗强,陈伟烈,路鹏. 濒危植物银杉的种群统计与年龄结构[J]. 生态学报, 1999,19(4):523-528.
- [17] 张宝财,张华,祝业平,等. 辽宁老秃顶子南坡植物生活型谱及其海拔变化[J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 2007,30(4):499-502.
- [18] 毕晓丽,洪伟,吴承祯,等. 武夷山米槠种群生命表分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2001,9(3):243-247.
- [19] 胡刚. 桂林岩溶石山青冈栎群落生态学研究[D]. 桂林:广西师范大学, 2007:56-59.
- [20] 张群芳,彭培. 巴山水青冈天然种群结构及动态分析[J]. 河南农业科学, 2015,44(11):120-123.
- [21] 拓锋,刘贤德,黄冬柳,等. 祁连山大野口流域青海云杉种群数量动态[J]. 生态学报, 2021,41(17):6871-6882.
- [22] 周阳,乔秀娟,黄汉东,等. 湖北省栲类林群落学特征研究[J]. 植物科学学报, 2020,38(6):773-785.
- [23] 熊斌梅,汪正祥,田凯,等. 七姊妹山自然保护区黄杉林群落学特征[J]. 广西植物, 2017,37(4):434-441.
- [24] 马克平,叶万辉,于顺利,等. 北京东灵山地区植物群落多样性研究Ⅷ. 群落组成随海拔梯度的变化[J]. 生态学报, 1997,16(6):31-38.
- [25] 贺金生,陈伟烈,江明喜,等. 长江三峡地区退化生态系统植物群落物种多样性特征[J]. 生态学报, 1998,17(4):65-73.
- [26] 岳明,任毅,党高弟,等. 佛坪国家级自然保护区植物群落物种多样性特征[J]. 生物多样性, 1999,6(4):263-269.

责任编辑:刘平书

责任编辑:陈旭

(上接第 58 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.040

## 洛阳市高架桥桥阴光照特征与绿化建议

王鑫<sup>1</sup>, 苏维<sup>1</sup>, 卜其珍<sup>1</sup>, 张鹏发<sup>2</sup>

(1. 河南科技大学园艺与植物保护学院, 河南 洛阳 471000; 2. 洛阳华艺建筑规划设计有限公司, 河南 洛阳 471000)

**摘要:**基于高架桥桥阴特殊生境条件的研究进行合理的绿化植物筛选,对桥阴环境质量改善、城市景观空间的美化具有重要实践意义。选取洛阳市东西走向、南北走向的 6 座高架桥,分四季研究标准桥段桥阴的光照分布特征,并依据植物生长光环境需求对桥阴空间进行分区,以此筛选出 30 余种适宜不同分区的绿化植物。研究表明,桥阴空间光分布基本呈现单谷变化的趋势;南北走向桥体整体光照强度优于东西走向桥体,桥体高宽比越大,桥阴空间采光越好;桥体隔离缝对其正下方狭窄区域光照有增强效果。高架桥桥阴存在植物生长“死区”和强光照区,因此,依据实测桥阴光照进行合理绿化是改善景观效果的重要途径。

**关键词:**高架桥;桥阴绿化;光照强度;植物;洛阳市

中图分类号:S731.8;TU113.19 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0214-08

引文格式:王鑫,苏维,卜其珍,等. 洛阳市高架桥桥阴光照特征与绿化建议[J]. 林业调查规划,2023,48(3):214-221. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.040

WANG Xin, SU Wei, BU Qizhen, et al. Light Characteristics and Greening Suggestions under Viaduct in Luoyang City [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 214-221. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.040

## Light Characteristics and Greening Suggestions under Viaduct in Luoyang City

WANG Xin<sup>1</sup>, SU Wei<sup>1</sup>, BU Qizhen<sup>1</sup>, ZHANG Pengfa<sup>2</sup>

(1. College of Horticulture and Plant Protection, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471000, China;  
2. Luoyang Huayi Architectural Planning and Design Co., Ltd., Luoyang, Henan 471000, China)

**Abstract:** A reasonable selection of green plants based on the research of the special habitat conditions under the viaduct has important practical significance for the improvement of the environmental quality under the bridge and the beautification of the urban landscape space. This paper selected six viaducts in the east-west and north-south directions in Luoyang to study the characteristics of the light distribution under the bridges in four seasons. The space under the bridge was partitioned according to the light environment requirements for plant growth, and more than 30 kinds of green plants suitable for different partitions were screened out. The research results showed that the spatial light distribution under the viaduct basically presented a trend of single valley change. The overall light intensity of the north-south viaduct was better than that of the east-west bridge. The greater the height-to-width ratio of the viaduct, the better the lighting in the space under the bridge; the isolation seam of the viaduct had the effect of enhancing the light in the narrow area directly below it. There were “dead zones” for plant growth and strong

收稿日期:2021-12-27.

基金项目:国家自然科学基金项目(41801026);河南科技大学博士启动基金(13480061).

第一作者:王鑫(1997-),男,河南南阳人,硕士研究生.研究方向为园林规划与设计. Email:wangxin9728@163.com

责任作者:苏维(1979-),男,陕西汉中人,博士,讲师.研究方向为园林规划设计和园林工程. Email:suwei8405@163.com

light areas under the viaduct. Therefore, reasonable greening based on the measured light under the bridge was an important way to improve the landscape effect.

**Key words:** viaduct; shaded green space under viaduct; light intensity; plants; Luoyang City

城市高架桥的出现,很大程度上缓解了城市交通拥堵的严峻问题,但建桥负面影响日益显现,大多数桥阴空间因缺光少雨、噪声大、粉尘多等原因难以开发利用。绿化利用是当前最常见的桥阴空间利用方式之一,受桥阴空间光照不匀所限制,桥阴空间绿化在植物选择、景观营造方面较困难,合理利用桥阴空间创造优良的绿化景观,是一个具有重要实践意义的研究课题。当前国内外学者对桥阴空间合理绿化布局形式<sup>[1-3]</sup>的研究较多,对桥阴光照强度的研究通常采用计算机模拟的方式<sup>[4-6]</sup>,但实地测量城市高架桥桥阴光照强度的研究较少。鉴于此,通过对洛阳市典型高架桥桥阴光照强度实地调研,总结桥阴光照规律,结合植物正常生长所需光照强度,探索桥阴不同光照区域最适的植物应用种类,旨在为洛阳市高架桥桥阴空间绿化提供科学依据和建议。

## 1 研究区概况

洛阳市地处河南省西部,地理坐标为 112°16'~112°37'E,34°32'~34°45'N,属暖温带大陆性季风气候<sup>[7]</sup>,具有春季多风、气候干旱,夏季炎热、雨水集中,秋季晴和、日照充足,冬季干冷、雨雪稀少的显著特点。年均温 12.2~24.6℃,年降水量 528~800 mm,年日照时数为 2 200~2 300 h,年均湿度 60%~70%。本研究的高架桥皆位于洛阳市中心区(图 1)。

## 2 研究方法

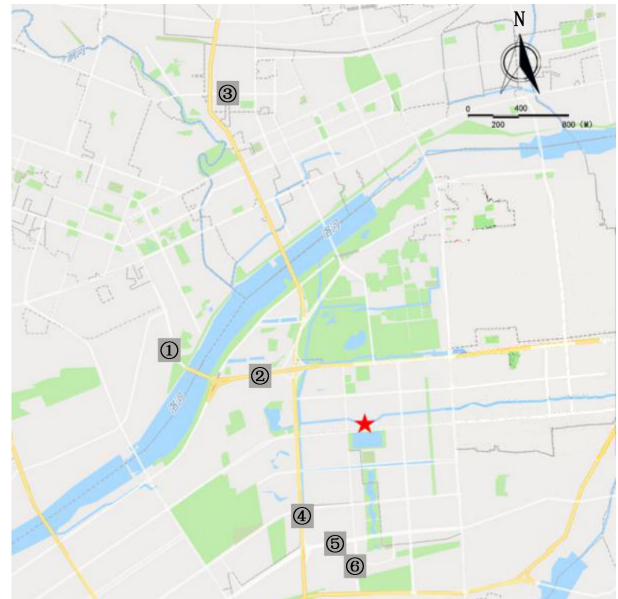
### 2.1 研究对象

将洛阳市区内两种不同走向高架桥桥阴绿化空间光照强度作为研究对象,影响桥阴光照强度的主要因素有桥体走向、是否具有桥体隔离缝、桥体周边环境、桥体高宽结构等<sup>[8]</sup>。为保证研究结果更真实全面,所选高架桥样本有以下特征:桥体走向为东西走向和南北走向;桥体有无桥体隔离缝;桥体周边环境不同。

同时高架桥桥阴绿地植物长势稳定且生长时间均长于一年。通过对洛阳市高架桥实地调研,确定了 6 座高架桥样本,其基本特征如表 1 所示。

### 2.2 样方设置

在样本高架桥标准桥段每隔 20 m 设置一个样



图例  
★ 洛阳市政府  
① 南昌路高架桥  
② 古城路高架桥  
③ 瀍涧大道高架桥  
④ 王城大道高架桥  
⑤ 伊洛路高架桥  
⑥ 永泰街高架桥

图 1 样本高架桥位置

Fig. 1 Location of sample viaducts

方,共设置前、中、后 3 个样方。每个样方长度为 20 m,宽度与桥体宽度一致,在各样方内,设置 3 条与桥体走向垂直的测量样点带,每条样点带平行且间隔为 6.5 m,作为重复测定。每条样点带上均匀分布 7 个样点,样点 1 和样点 7 位于桥阴边界向内 0.5 m 处。距地面 1.5 m 高度处对样点进行测量。南北走向高架桥样方设计示意图如图 2 所示,东西走向样方设置方式与此相同。

### 2.3 光照强度测定

使用 SMART SENSOR 公司 ST 8813 一体式照度计,于 2020 年 10 月至 2021 年 7 月期间,在春分、夏至、秋分、冬至 4 个节气前后挑选 3 d 晴天,自上午 8:00 至下午 18:00,测量样本桥体桥阴各样点光照强度,间隔为 2 h,各样点测量 3 次,取 3 d 测量数值计算该样点的光照强度均值。

### 2.4 划分桥阴光照强度强弱区域

根据桥阴各测量位点光照强度均值,采用二分类法对桥阴光照强度强弱进行分区,在桥体平面图上标明各分区比例。

表 1 样本高架桥基本信息  
Tab. 1 Basic information of sample viaducts

样本编号	高架桥名称	走向	桥体特征			现有绿化植物	绿化情况	周围环境	周围建筑是否影响桥阴光照
			桥宽/m	桥阴净高/m	桥体隔离缝宽/m				
1	灏涧大道高架桥	东西	40	13.8	1.5	八角金盘、洒金桃叶珊瑚、珊瑚树、红叶石楠、鸢尾、桂花	植物种类较多,但长势差	南侧有高大建筑,建筑密集,两侧无高大乔木	影响
2	古城路高架桥	东西	52	6.4	0	八角金盘、鸢尾	桥阴植物单一,长势差	南北两侧有高大建筑,建筑较密集,两侧无高大乔木	影响
3	伊洛路高架桥	东西	27	6.6	1.0	八角金盘、洒金桃叶珊瑚、大叶黄杨	植物种类单一,长势较好	两侧无高大乔木,北侧有低矮建筑	不影响
4	王城大道高架桥	南北	33	11.0	0	八角金盘、洒金桃叶珊瑚、旱地早熟禾、高羊茅、狗牙根、大叶黄杨	植物种类单一,地面覆盖率较低,长势一般	两侧无高大建筑及乔木	不影响
5	永泰街高架桥	南北	19.0	5.4	0	八角金盘、大叶黄杨	植物种类单一,长势较好	西侧有高大建筑,两侧无高大乔木	影响
6	南昌路高架桥	南北	15.8	5.0	1.0	八角金盘、洒金桃叶珊瑚	植物种类单一,长势一般	东侧有高大建筑,两侧无高大乔木	影响

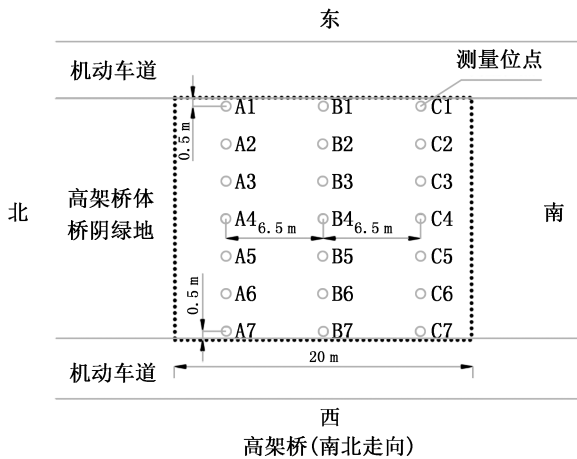


图 2 南北走向高架桥样方设置方式  
Fig. 2 Setting method of the viaduct in the north-south direction

2.5 数据处理

1) 桥阴绿地各样方测量位点光照强度计算公式为:

$$I_i = (I_{Ai} + I_{Bi} + I_{Ci}) / 3 \quad (1)$$

式中:  $I_i$  为每块样方中位点  $i$  平均光照强度 (lx);  $A_i$ 、 $B_i$ 、 $C_i$  为各样地 3 条样点带中的样点;  $i = (1, 2, \dots, 7)$ 。文中有关光照强度的数值描述, 均为该样点最终的平均值。

2) 植物光补偿点及光饱和点是进行绿化建议的重要参考依据, 其单位为  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。在本实

验中直接测量高架桥桥阴太阳光光照强度 (lx),  $1 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) = 54 \text{lx}^{[8]}$ 。

3) 不同走向样本桥体桥阴四季光照数据使用 SPSS 19.0 分析处理, 桥阴光照强度分区图使用 CAD 2010 制作, 其余图、表使用 Excel 制作。

3 结果与分析

3.1 洛阳市高架桥桥阴光照特征

光照强度易受纬度、海拔、坡向、季节影响<sup>[9]</sup>, 室外全光照下, 夏季白天自 8:00 至 16:00 光照强度基本在 30 000 lx 以上, 夏季中午时, 可达到 100 000 lx<sup>[10]</sup>。样本桥体各测量位点四季全晴天光照数据如表 2 所示。

本研究中对样本桥体桥阴各样点光照强度进行实地测量, 发现高架桥桥阴与桥外全光照相比, 光照强度相差甚远, 桥体遮光效果十分明显。

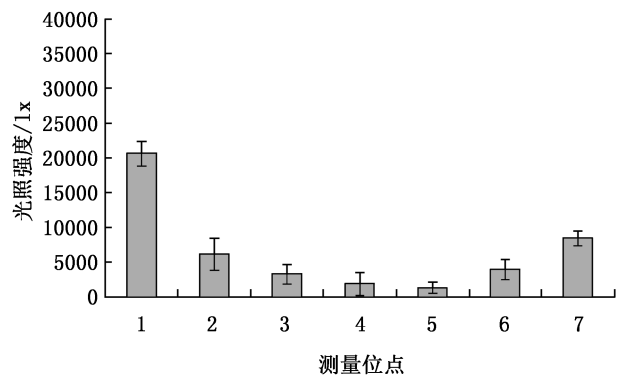
3.1.1 东西走向样本桥体桥阴光照特征

各位点光照强度与季节变化明显相关, 桥阴光照强度夏季时最大, 冬季最小 (图 3)。

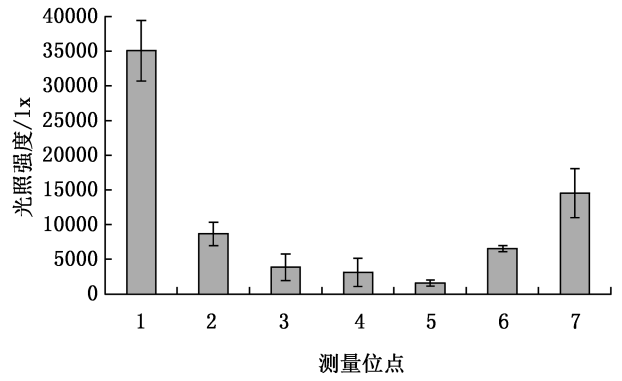
春季时平均光照强度最大值出现在位点 1, 为 20 638 lx, 最小值出现在位点 5, 为 1 038 lx; 夏季时位点 1 光照强度最大为 35 059 lx, 位点 5 光照强度最小, 为 1 569 lx; 秋季时位点 1 光照强度最大, 为 21 900 lx, 位点 5 光照强度最小为 740 lx; 冬季时位点 1 光照强度为 16 029 lx, 位点 5 光照强度最小为

**表 2 样本桥体桥阴各测量位点四季光照强度均值**  
**Tab. 2 Average value of the four-season light intensity at each measurement site of the sample viaducts and shades**

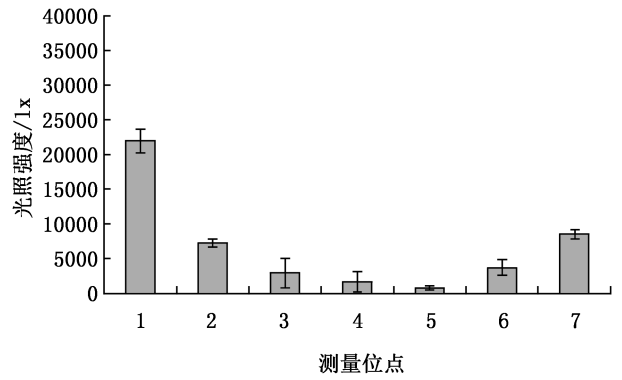
样本桥体名称	季节	测量位点光照强度均值/lx						
		1	2	3	4	5	6	7
伊洛路高架桥	春季	22570	8668	3921	3635	2242	4137	9217
古城路高架桥	春季	19170	4129	1621	412	832	2410	7217
瀋澗大道高架桥	春季	20176	5628	4213	1605	852	5316	8914
永泰街高架桥	春季	19724	12376	4759	5341	4310	10731	16037
王城大道高架桥	春季	21720	15371	7966	3045	4207	11036	21037
南昌路高架桥	春季	15439	9207	3037	2017	3503	9370	16720
伊洛路高架桥	夏季	37068	6714	3029	5280	1609	6305	14889
古城路高架桥	夏季	30068	9905	2459	1301	1962	6304	10889
瀋澗大道高架桥	夏季	38042	9304	6037	2751	1138	7035	17889
永泰街高架桥	夏季	27481	19175	9216	9982	7628	17664	24675
王城大道高架桥	夏季	35481	19175	11216	7328	10583	23665	31674
南昌路高架桥	夏季	24138	11350	4541	2772	5216	13672	26512
伊洛路高架桥	秋季	23481	7825	2028	3227	1042	3329	8316
古城路高架桥	秋季	20114	6813	1317	326	570	2751	8003
瀋澗大道高架桥	秋季	22105	7014	5269	1348	609	4971	9235
永泰街高架桥	秋季	20526	11270	6061	5947	5026	9735	14872
王城大道高架桥	秋季	23418	13070	8961	4045	4919	10235	23037
南昌路高架桥	秋季	16509	9782	3234	1970	3724	10074	18229
伊洛路高架桥	冬季	18722	9650	6901	2107	908	2418	5298
古城路高架桥	冬季	15728	3407	1095	624	373	1108	3869
瀋澗大道高架桥	冬季	13637	3580	2516	891	412	3101	6206
永泰街高架桥	冬季	12708	6703	3508	4171	2749	6217	10954
王城大道高架桥	冬季	14707	9034	6702	2371	1050	7206	12014
南昌路高架桥	冬季	10714	5032	1738	1003	2198	5982	11609



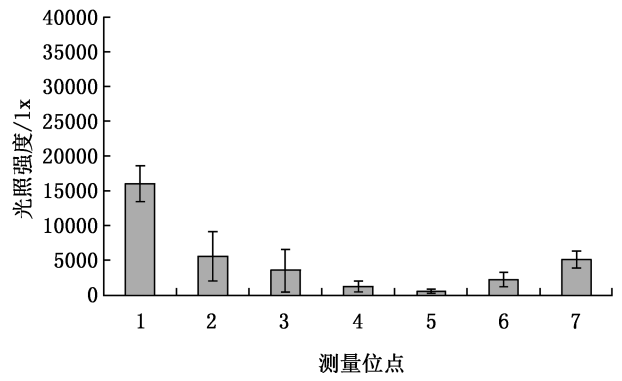
(a) 春季



(b) 夏季



(c) 秋季



(d) 冬季

图 3 东西走向高架桥桥阴四季光照特征

Fig. 3 Four-season light characteristics under viaducts in the east-west direction

564 lx。自位点 1 至位点 7,光照强度变化趋势为先降低后升高,桥阴最南侧光照强度数值最大,桥阴中央区域光照强度较小。相同季节,桥阴外侧位点 1 光照强度优于位点 7,桥阴外侧光照强度优于桥阴中央区域。

### 3.1.2 南北走向样本桥体桥阴光照特征

桥阴光照强度在不同季节存在明显差异,夏季时桥阴整体光照情况优于其余 3 个季节,冬季时各位点光照强度低于其余 3 个季节(图 4)。

春季时桥阴位点 1 平均光照强度最大,为 18 961 lx,位点 4 光照强度最小,为 3 467 lx;夏季时位点 1 平均光照强度最大,为 29 033 lx,位点 4 光照强度最小,为 6 694 lx;秋季时位点 1 平均光照强度最大,为 20 151 lx,位点 4 光照强度最小,为 3 987 lx;冬季时位点 1 平均光照强度最大,为 12 709 lx,位点 5 平均光照强度最小,为 1 999 lx。自最东侧位点 1 至最西侧位点 7,光照强度变化趋势为先降低后升高,桥阴中央区域光照强度明显小于桥阴东西两侧,东西两侧测量位点光照强度关于桥阴最中央呈对称趋势,桥阴位点 1 和位点 7 的光照强度接近,但位点 1 光照强度略优于位点 7。

### 3.1.3 不同走向桥体桥阴空间光照强度分区

东西走向和南北走向高架桥桥阴光强分区情况如图 5 所示。

根据前期各测量位点光照强度数据,采用二分法将各样本高架桥桥阴光照强度由强到弱分为 5 个区,Ⅰ区光照强度大于 10 000 lx,Ⅱ区光照强度为 6 000~10 000 lx,Ⅲ区光照强度为 3 000~6 000 lx,Ⅳ区光照强度为 1 000~3 000 lx,Ⅴ区光照强度为 1 000 lx 以下。

### 3.2 桥阴适生植物需光特性

外界环境因子对植物生长有十分重要的作用<sup>[11]</sup>。若植物长期处于缺光环境,可影响到植物叶片的正常形态<sup>[12]</sup>,根据植物正常生长所需的光照强弱,将植物分为阳性植物、耐阴植物、阴性植物三大类<sup>[13]</sup>。阳性植物需光较多,通常最低照度在 1 000 lx,即  $18.5 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  以上<sup>[8]</sup>,当缺光寡照时,阳性植物轻则生长不良,重则死亡。阴性植物通常光补偿点约 300 lx,若光照过强,植物会出现“日灼”现象,表现为叶片卷曲,焦黄。中性植物需光度介于两者中间,适应性较强。对能适应洛阳市气候的植物进行统计,且大多数植物有在高架桥桥阴种植先例,根据其正常生长所需光照强度情况,将其归类<sup>[14]</sup>,如表 3 所示。

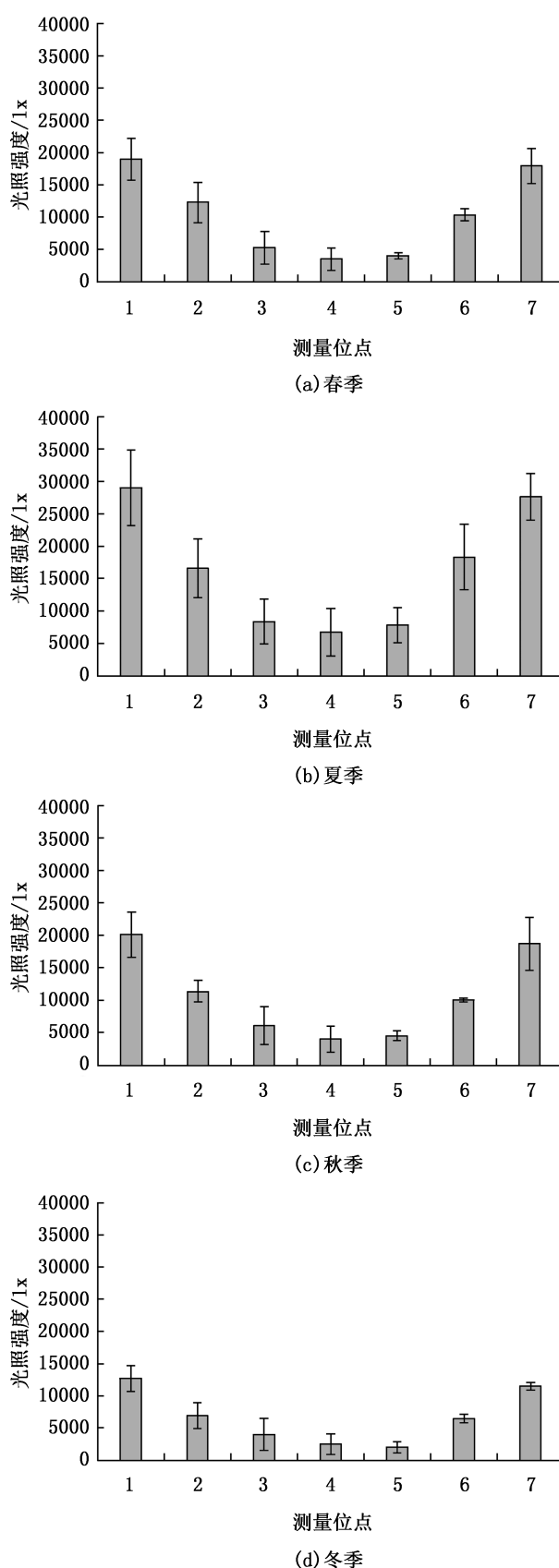


图 4 南北走向高架桥桥阴四季光照特征

Fig. 4 Four-season light characteristics under viaducts in the south-north direction



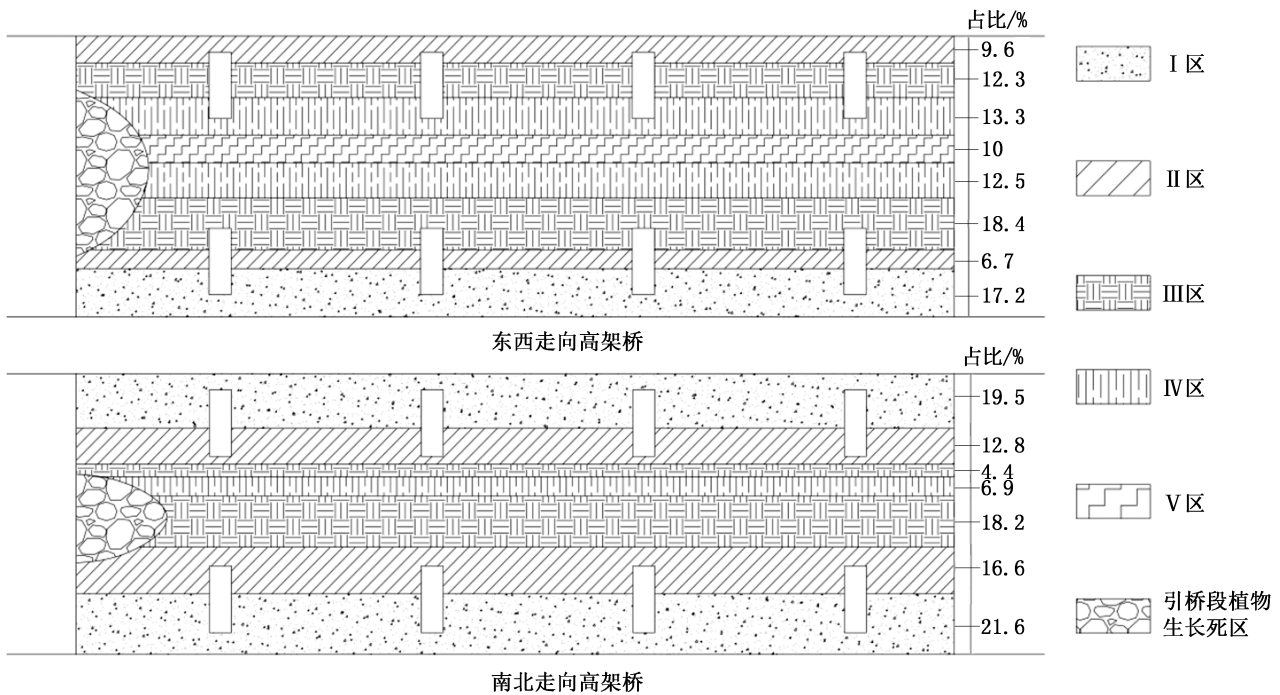


图 5 不同走向样本桥体桥阴光照强度分区情况

Fig. 5 Division of light intensity under viaducts in different directions

表 3 不同植物耐阴性分类

Tab. 3 Negative tolerance classification of different plants

植物类别	光补偿点 $/( \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} )$	对应光照强度/lx	光饱和点 $/( \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} )$	对应光照强度/lx	植物种类
I - I	<18.5	<1000	<370	<20000	棣棠、萱草、麦冬、八角金盘、黄馨、熊掌木
I - II			370~555	20000~30000	南天竹、常春藤、洒金桃叶珊瑚、小叶栀子、桂花、腊梅
I - III			>555	>30000	红叶石楠、丝兰、大叶黄杨、瓜子黄杨、鸡爪槭
II - I	18.5~55.5	1000~3000	<370	<20000	爬山虎、宽叶麦冬、鸢尾、珊瑚树
II - II			370~555	20000~30000	金丝桃、玉簪、金钟、木芙蓉、扶芳藤
II - III			>555	>30000	海桐、杜鹃、金森女贞、狭叶十大功劳、红花檉木、贴梗海棠
III - I	>55.5	>3000	<370	<20000	茶梅
III - II			370~555	20000~30000	紫藤、地锦
III - III			>555	>30000	红花酢浆草、夹竹桃、紫薇

高架桥引桥段桥阴,有一近三角形区域,光照强度极低,不适合植物生长,此区域称为植物生长“死区”<sup>[15]</sup>。桥阴 I 区和 II 区光照强度平均在 6 000 lx 以上,尽量种植阳生植物,主要考虑 I~III、II~III、III~III 类植物,如红叶石楠、杜鹃、瓜子黄杨、红花酢浆草、鸡爪槭、狭叶十大功劳等;桥阴 III 区光照强度为 3 000~6 000 lx,适宜栽植 I~III、II~II、III~I 类植物,如大叶黄杨、丝兰、玉簪、金钟、茶梅等;桥阴 IV 区光照强度为 1 000~3 000 lx,适合栽植 I~I、II~

I 类植物,如棣棠、萱草、黄馨、鸢尾、珊瑚树等;V 区光照强度为 1 000 lx 以下,适合栽植 I~I 类植物,如麦冬、八角金盘、熊掌木等均能在此环境生存。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

洛阳市高架桥桥阴区域光照分布不均匀,总体呈现桥阴中央区域光照弱、外侧区域光照强的特征,光照强度主要受桥体结构特征和桥体周边环境影

响。洛阳市高架桥桥阴各测量样点光照强度差异性极大,总体呈现桥阴中央区域光照强度最弱、越靠近外侧区域光照强度越强,此情况归结于桥阴光照强度主要受桥体走向、桥体高宽比、是否具有桥体隔离缝、桥体周边环境的影响。

#### 4.1.1 桥体走向对桥阴光照强度的影响

东西走向高架桥只有桥阴最南侧与桥阴最北侧少量范围有阳光直射,桥阴中央大部分区域常年处于桥体阴影中,因此桥阴不同位点光照强度相差较大;相较而言,南北走向高架桥桥阴各位点光照强度相差较小,桥阴最东侧和最西侧受太阳光直射时间接近,越靠近中央区域光照时间就越短,但桥阴均能受阳光直射。南北走向高架桥桥阴中央区在短时间的直射光作用下,光照强度优于无阳光直射的东西向高架桥。这一结果与张辉、王可等<sup>[16-17]</sup>在其他城市关于高架桥桥阴光照强度的研究结果类似。在周边无遮挡情况下,东西向高架桥最南侧位点 1 光照情况优于南北走向高架桥桥阴任何区域。因此东西走向高架桥四季整体光照强度不如南北走向高架桥,南北走向桥体,强光照以及较强光照区面积占比大,但在相同季节,东西走向高架桥位点 1 光照强度优于南北走向高架桥,在位点 3、位点 4 和位点 5 等桥阴中央区域,南北走向高架桥整体光照强度优于东西走向高架桥。

#### 4.1.2 桥体高宽比对桥阴光照强度的影响

本研究采用实测方法对样本桥体高宽比和桥阴光照强度逐一进行统计计算,东西走向样本桥体中,伊洛路高架桥高宽比为 0.24,桥阴强光照区(I区、II区)占比为 24.9%,无弱光照区(V区),古城路高架桥高宽比为 0.12,桥阴强光照区(I区、II区)占比为 27.4%,弱光照区(V区)占比为 14.2%;南北走向高架桥中,王城大道高架桥高宽比为 0.33,桥阴强光照区(I区、II区)占比为 58.3%,无弱光照区(V区),南昌路高架桥高宽比为 0.31,桥阴强光照区(I区、II区)占比为 53.3%,弱光照区(V区)占比为 2.5%。通过数据对比可知,桥体高宽比越大,桥阴中央区域采光越好,桥阴弱光照区域所占面积较小,此特征在东西走向高架桥和南北走向高架桥上均适用。这一结论和殷利华<sup>[14]</sup>、唐瑞敏<sup>[6]</sup>通过 Ecotect Analysis 软件对其他城市不同高宽比的高架桥桥阴光照强弱模拟规律一致。

#### 4.1.3 桥体隔离缝对桥阴光照强度的影响

桥体隔离缝均位于桥阴测量位点 4 正上方,在一年四季,阳光均可透过桥体隔离缝直射位点 4 附

近,因此桥阴位点 4 光照强度有所提升,但提升效果有限,其余位点几乎不受桥体隔离缝的影响,同时发现桥体隔离缝越宽,对桥阴中央区域光照强度改善效果越明显。

#### 4.1.4 桥体周边环境对桥阴光照强度的影响

桥体周边建筑和乔木对桥体具有明显遮阴效果,建筑越高大稠密,距离桥体越近,遮光效果越明显,尤其是夏季,建筑及乔木遮光将大幅度降低桥阴最外侧测量位点光照强度。

#### 4.2 洛阳市高架桥桥阴绿化建议

洛阳市高架桥桥阴空间绿化高频应用植物种类为八角金盘、大叶黄杨、洒金桃叶珊瑚,植物应用丰富度严重不足,应有生态价值及观赏效果不高,甚至连隔离视线、防晕眩等实际作用也难以发挥。应加大植物应用种类,加强养护管理,同时考虑乡土植物应用,“洛阳牡丹甲天下”,适地种植洛阳牡丹,可提升城市文化,丰富园林植物景观效果。同时应结合季相景观及乔、灌、草、藤全面配置原则全方位提升景观效果,做到四季有叶,叶色不同,三季绽花,花色相异的同时,搭配不同高低植物,营建出具有丰富层次性及观赏价值的优美桥阴环境;洛阳市高架桥尚未有桥阴空间墩柱绿化先例,而墩柱绿化是发展城市立体绿化、增加城市绿量的重要实施途径,应作为当前以及日后桥阴绿化的重点内容考虑。

光照强弱直接影响植物能否正常生长,桥阴光照强弱区域划分对挑选适生植物有重要参考价值,影响植物生长的生境因子除光照外还包括温度、湿度、土壤养分等,通过环境因子实测,在适宜的生境下合理选择植物将是日后高架桥桥阴绿化的一项具有实践意义的工作,对桥阴植物正常生长、优美环境的营造及发挥桥阴绿地生态价值具有重要作用。

#### 参考文献:

- [1] ANIBAL P, PAUL B A. Edge type defines alien plant species invasions along *Pinus contorta* burned, highway and clearcut forest edges[J]. *Forest Ecology and Management*, 2006, 223(1/3): 327-335.
- [2] HOOPER V H, ENDTER-WADA J, JOHNSON C W. Theory and practice related to native plants: A case study of utah landscape professionals[J]. *Landscape Journal*, 2008, 27(1): 127-141.
- [3] 李鹏,李娜,包满珠. 武汉、上海、重庆三市中心城区高架桥绿化比较研究[J]. *中国园林*, 2015, 31(10): 96-99.
- [4] 龚建平. 基于光环境的成都市主城区高架桥桥阴绿化

- 植物适生性研究[D]. 成都:四川农业大学,2014.
- [5] 周平平,李鹏,李旦,等. 武汉市高架桥走向和两边建筑高度对桥下日照的影响[J]. 城市环境与城市生态, 2016,29(6):13-17,21.
- [6] 唐瑞敏,朱可卉,卢佳莹,等. 成都三环高架桥下弱光环境特征及植物配置策略[J]. 现代园艺,2019(3):25-29.
- [7] 田国行. 城市绿地景观规划的理论与方法[D]. 北京: 中国农业大学,2004.
- [8] 殷利华,万敏. 武汉城区高架桥桥阴绿地光环境特征及绿化建议[J]. 中国园林,2014,30(9):79-83.
- [9] 黄泰康,赵海保,刘道荣. 天然药物地理学[M]. 北京: 中国医药科技出版社,1993:297.
- [10] 王瑞. 福州高架桥阴地生态环境及绿化研究[D]. 福州:福建农林大学,2014.
- [11] 严昌荣,韩兴国,陈灵芝. 六种木本植物水分利用效率和其小生境关系研究[J]. 生态学报,2001,21(11): 1952-1957.
- [12] 陈敏,傅徽楠. 高架桥阴地绿化的环境及对植物生长的影响[J]. 中国园林,2006(9):68-72.
- [13] 姜汉侨,段昌辉,杨树华,等. 植物生态学[M]. 北京: 高等教育出版社,2010:252-260.
- [14] 殷利华. 基于光环境的城市高架桥下桥阴绿地景观研究——以武汉城区高架桥为例[D]. 武汉:华中科技大学,2012.
- [15] 王雪莹,辛雅芬,宋坤,等. 城市高架桥荫光照特性与绿化的合理布局[J]. 生态学杂志,2006,25(8):938-943.
- [16] 张辉,魏胜林,徐梦莹. 苏州市主城区城市高架桥地面道路绿化探讨[J]. 南方农业,2011,5(5):38-42.
- [17] 王可. 桥阴立地环境及绿化策略研究[D]. 武汉:华中科技大学,2017.

责任编辑: 陈旭

(上接第100页)

- [9] 王瑞,李青森,李长安. 山西省核桃害虫及防治对策[J]. 山西大学学报(自然科学版),1993(1):107-111.
- [10] 党英侨,王小艺,杨忠歧. 天敌昆虫在我国林业害虫生物防治上的研究进展[J]. 环境昆虫学报,2018,40(2):242-255.
- [11] 魏建荣,王传珍,曲花荣,等. 天敌昆虫对美国白蛾的生物控制研究[J]. 林业科学,2004,40(2):90-95.
- [12] 刘芹. 白蛾周氏啮小蜂大规模人工繁育技术与应用研究[D]. 泰安:山东农业大学,2015
- [13] 程量. 云南昆虫资源概况[J]. 云南大学学报(自然科学版),1984(2):109-115.
- [14] 郑润兰,杨红明. 昆明市森林害虫防治的回顾与展望[J]. 云南林业科技,1992(1):50-53.
- [15] 谷星慧,杨硕媛,余砚碧,等. 云南省烟蚜茧蜂防治桃蚜技术应用[J]. 中国生物防治学报,2015(1):1-7.
- [16] 李贵平. 南华县首次引进管氏肿腿蜂进行云南松蛀干害虫防治试验[J]. 云南林业,2008(6):35.
- [17] 毕正能. 云南省云南松主要虫害及其防治[J]. 陕西林业科技,2014(3):111-114.
- [18] 胡青,肖良俊,杨嫄,等. 我国漾濞泡核桃研究进展[J]. 西部林业科学,2019(3):141-147
- [19] 陈鹏,袁瑞玲,王艺璇,等. 云南陆良县核桃病虫害绿色防控技术应用示范[J]. 西部林业科学,2018,47(5):9-18.
- [20] 陈鹏,袁瑞玲,王艺璇,等. 云南大姚县核桃病虫害绿色防控技术应用示范[J]. 中国南方果树,2018,47(6):74-80.
- [21] 李密,何振. 湖南油茶林天敌资源调查及其优势种评价[J]. 湖南林业科技,2015,42(2):43-49.
- [22] 刘思琪,王强,高桂珍. 异色瓢虫和七星瓢虫对核桃黑斑蚜捕食能力比较[J]. 中国农学通报,2020,36(17):124-128.
- [23] 任志勇,王明霞,吕瑞娥,等. 甘肃陇南核桃病虫害及其天敌昆虫的调查初报[J]. 中国植保导刊,2020,40(9):56-62.
- [24] 康斌,任志勇,李林. 陇南市核桃病虫害发生概况及综合防治策略[J]. 山西果树,2011(2):35-36.

责任编辑: 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.041

## 黔南州传统村落植物景观营造研究

孙连群, 黄雪雯, 蒙彭帅

(黔南民族师范学院旅游与资源环境学院, 贵州 都匀 558000)

**摘要:** 植物景观奠定了乡村风貌的基调, 传统村落景观风貌的质量很大程度上受到其植物景观的影响。通过选取黔南州都匀饶河村、荔波水甫村、三都姑鲁寨、三都巴卯寨、三都王家寨、平塘掌布村、平塘甲乙寨、平塘吉古村吉古大寨、小米牙寨等 8 个代表性传统村落为调研对象, 对其生产空间、生活空间、生态空间的植物营造进行调研分析, 总结出黔南州传统村落植物景观营造的特点, 并发现在营造意识、环境卫生、景观氛围、植物景观互动性等方面存在不足, 针对性地提出相关建议, 以增加村寨吸引力, 助力乡村振兴。

**关键词:** 传统村落; 植物景观; 黔南州; 乡村振兴

中图分类号: S731.7; TU986.34; P901 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)03-0222-05

引文格式: 孙连群, 黄雪雯, 蒙彭帅. 黔南州传统村落植物景观营造研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 222-226.

doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.041

SUN Lianqun, HUANG Xuewen, MENG Pengshuai. Construction of Plant Landscape in Traditional Villages of Qiannan Prefecture[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 222-226. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.041

## Construction of Plant Landscape in Traditional Villages of Qiannan Prefecture

SUN Lianqun, HUANG Xuewen, MENG Pengshuai

(School of Tourism and Resources Environment, Qiannan Normal University for Nationalities, Duyun, Guizhou 558000, China)

**Abstract:** The plant landscape lays the foundation for rural landscapes, and the quality of the traditional village landscape is largely affected by its plant landscape. Eight representative traditional villages in Qiannan Prefecture, such as Raohe Village in Duyun, Shuifu Village in Libo, Gulu Village, Bamao Village, Wangjia Village in Sandu, Zhangbu Village, Jiayi Village, Jigu Village and Xiaomiya Village in Pingtang, were selected as the research objects to investigate and analyze the plant construction of production space, living space and ecological space, and the characteristics of plant landscape construction in traditional villages of Qiannan Prefecture were summarized. The study found that there were deficiencies in the construction of awareness, environmental sanitation, landscape atmosphere, plant landscape interaction and other aspects, and put forward targeted suggestions to increase the attractiveness of the village and promote the rural revitalization.

**Key words:** traditional village; plant landscape; Qiannan Prefecture; rural revitalization

传统村落是中华民族文化的基因库, 保护传统村落就是保护历史的延续性。近年来, 传统村落因

其优良的生态环境、独特的历史文化价值和惊人的衰退速度而广受关注<sup>[1-2]</sup>。传统村落研究主要集中在

收稿日期: 2022-01-21; 修回日期: 2022-01-27.

基金项目: 国家社会科学基金项目青年项目(21CMZ001); 黔南民族师范学院项目(qnsy2018033).

第一作者: 孙连群(1989-), 女, 广西桂林人, 硕士, 讲师. 主要从事旅游资源开发、旅游景观方面研究. Email: 1098567839@qq.com

在传统村落空间分析、安全保护、传统村落旅游发展、村落景观等方面<sup>[3-8]</sup>。在“绿水青山就是金山银山”的大背景下,植物景观重要作用逐渐显露,对传统村落植物关注度呈上升趋势。通过数据梳理可以看到,黔南州传统村落占贵州省传统村落数量的9.4%,对其植物景观研究却鲜少。从植物景观角度来分析黔南州传统村落的地域特色,一定程度上丰富了少数民族村落植物景观研究,也为传统村落植物运用数据库的建立提供参考性资料。同时,研究植物景观的提升可增加村落吸引力,助力黔南州乡村振兴。

## 1 黔南州传统村落概况

### 1.1 黔南州基本情况

黔南州地处云贵高原,高海拔,低纬度,年均温13.6~19.6℃,是典型的亚热带温暖湿润性季风气候,黔南州境内植物茂盛,资源丰富,全州森林覆盖率64.2%。州内野生植物超1800种,其中药用植物超1000种。

黔南州下辖12个县(市)和一个省级经济开发区,面积2.62万km<sup>2</sup>,总人口420万人,其中少数民族人口占总人口的58%。典型性的布依族风情、多样的苗族风情、独特的水族风情、神秘的瑶族风情以及特色的毛南族风情,共同构成黔南民族风情民俗大观园。

### 1.2 黔南州传统村落概况

黔南地区喀斯特分布广泛,层峦叠嶂、河谷纵横,民族文化丰富多姿,孕育了众多特色鲜明的传统村落。从2012—2019年公布的国家5批传统村落的统计来看,我国共有国保级传统村落6819个,其中贵州省724个,数量位居全国各省第一;黔南州68个,仅三都水族自治县就有51个,占黔南州传统村落数量的75%(表1)。

表1 传统村落名录数量(按批次)

Tab.1 Number of traditional village lists by batch

批次	总数	贵州	黔南州	三都县
第一批(2012年)	646	90	7	3
第二批(2013年)	915	202	1	0
第三批(2014年)	994	134	8	0
第四批(2016年)	1598	119	20	19
第五批(2019年)	2666	179	32	29
合计	6819	724	68	51

## 2 黔南州传统村落植物景观营造特点

通过文献调研以及对黔南州8个传统村落开展的深入实地调研,经过仔细观察、实地访谈、问卷调查以及座谈会(专家、乡贤、居民)的召开,总结出黔南州传统村落植物景观营造的特点。

### 2.1 传统村落绿化美化意识强烈,利用植物美化现象普遍

近些年,传统村落经济得到一定发展,村民生活水平逐年提升,村民追求绿化美化的意识较高,利用植物美化现象普遍。调查发现,传统村落村民会依据不同空间形态,根据自身审美特点,因地制宜对村寨进行多种形式的绿化美化。房前屋后空地较富足的村民,常将生活植物(可食地景)与观赏性开花植物结合起来进行植物搭配,既有对生存的物质向往,又有对美好生活的美学表达。不同传统村落主要景观植物运用情况见表2。

表2 不同传统村落景观植物运用情况

Tab.2 Application of landscape plants in traditional villages

序号	传统村落名称	主要景观植物	乔木	灌木	草本
1	绕河村	31	16	8	7
2	水甫村	35	17	5	13
3	姑鲁寨	41	23	12	6
4	巴卯寨	31	12	7	12
5	王家寨	36	17	9	10
6	掌布村	45	22	13	10
7	苗二河甲乙寨	22	12	3	7
8	吉古大寨、小米牙寨	35	15	5	15

针对房前屋后有限的用地,绿化则多用盆栽植物造景,同时也注重特色屋顶绿化,主要以容器种植时蔬以及观赏植物为主。传统村落公共区域,则多由政府统一进行美化升级,造景形式以园林化为主。

### 2.2 生活美学体现充分,生产、生活、生态空间界限模糊

传统村落植物功能有别于城市景观植物,其植物兼顾视觉美观与生活实用性的双重功能,植物景观常体现了村寨生活智慧与审美个性。另外,传统村落植物生产、生活、生态空间界限模糊,最主要体现在多数房前屋后既是生活空间,又是生产空间,生态空间同时也兼顾生产功能,植物兼备生态、生产、生活多种功能,这是村寨植物景观区别于城市植物景观的最大特点。

## 2.3 植物文化氛围浓厚,与村民情感联系密切

传统村落植物文化氛围整体浓厚,村民与植物的情感联系密切,集中体现在与特色情感植物的互动(表 3)。

表 3 各传统村落古树名木情况  
Tab.3 Situation of ancient and famous trees in traditional villages

序号	传统村落名称	主要古树名木	数量/株	与人的情感联系
1	绕河村	侧柏、榉木、枫香、枳椇	27	祭树、“保爷”、民间故事《饶家祭树的来由》
2	水甫村	秋枫	1	风水树
3	姑鲁寨	—	0	—
4	巴卯寨	—	0	—
5	王家寨	楠木、红豆杉、柏木	3	祭树
6	掌布村	榉树、枫香	2	“保爷”
7	苗二河甲乙寨	—	0	—
8	吉古大寨、小米牙寨	红榔木、枫香、柏木	9	“保爷”

都匀饶河村全村祭树,少女以枫叶耳柱为饰品,民间故事《饶家祭树的来由》口口相传。荔波水甫村为水族聚居地,植物在食用、药用以及信仰上有其特色民族文化属性。如水寨野生榉木,水话谐音“梅西”,当地人大年初一小孩上山砍 1 株榉木树放在屋边,表示家庭收入比往年高,也有“摇钱树”之称。水家人每次回家之前,就拿五节芒 3 株一起,左右拍打,代表着对幸福安康的向往。平塘掌布村在植物利用上有其特色,如嫁娶事时会在糍粑上用品红点画出兰花、竹叶等图案,美观的同时也寄托了当地人美好的追求。五月五、六月六包粽子,则多用箬竹叶,因此箬竹叶成为掌步乡愁文化的重要符号。

## 2.4 不同村寨植物景观营造水平参差不齐

黔南州 68 个传统村落,经济发展水平不一致,传统村落保存完整性程度也存在差异,其植物景观水平、景观质量高低水平表现不一。在调研的 8 个传统村落中,水平的差异重点表现在对植物品种的选择、植物景观层次的营造、植物文化(食用文化、药用文化、寄托文化)、古树名木的保护与重视、后期植物的日常维护等方面。其中都匀饶家河、三都王家寨在植物景观方面表现较好,景观乡土氛围浓厚。三都姑鲁寨因旅游的开发,植物景观多呈城市

化特征,与周边环境不协调。三都巴卯寨则因保护不利,导致古树死亡。

## 3 黔南州传统村落植物景观营造存在问题

### 3.1 “脏乱差”环境影响植物生长及植物景观美度

建筑垃圾的四处堆放、生活垃圾的随意倾倒以及禽类的不规范养殖对传统村落原生植物生长造成较大影响。村民不加规划地乱种植果树、见缝插针地在房前屋后搭菜园以及杂草长期不清理等,让传统村落植物景观呈杂乱感。另外,城市园林树种在传统村落使用,后期维护却无法真正实现,也是导致传统村落植物景观杂乱的原因之一。

### 3.2 新营造植物配置模式过于城市化,乡土氛围得不到延续

通过调查发现,黔南州多数传统村落人工植物景观存在过度城市化现象。在植物景观营造方面受到城市中植物设计的影响,生搬硬套城市植物景观配置的方法,导致植物种类、色彩丰富度虽在原有村落基础上有所改善,但却缺乏乡土气息,与周围环境协调度较低。另外,由于对乡土植物缺乏文化自信,特色乡土树种在人工植物景观营造过程中未受到足够重视。特别是一些旅游开发的传统村落,由于规划思路的问题,植被绿化一味跟风城市园林绿化的方法,多运用红花檵木、卫矛、三角梅、大叶黄杨、红叶石楠、苏铁、鸭脚木、紫叶李等常见园林植物,村寨植物景观千篇一律,再加上植物设计、施工上的缺陷以及后期管护不到位,植物景观美感度不高,与原生村落相比,毫无乡愁感而言。

### 3.3 植物景观营造思路狭窄,缺乏创新性与互动性

黔南州传统村落多为旅游村寨,旅游村寨应兼具服务村民以及吸引外来游客的双重功能,这就要求其植物景观具有相应旅游功能,以满足多样的旅游体验性。目前,黔南州旅游村寨植物景观的营造思路多局限于常规城市园林的绿化、美化,缺乏创新性植物景观营造思路与实践,多数植物景观与游客、村民的互动性较差,仅停留在简单的观赏层面,未能让植物景观成为特色旅游吸引物。

## 4 黔南州传统村落植物景观营造建议

### 4.1 传统村落植物景观营造与村落保护间的关系

在传统村落的保护工作中,村民是主体,是传统村落持续发展的关键要素。因而,村民生活方式和

生存环境的延续是传统村落保护的核心内容。传统村落植物景观的营造要保护与延续其村民生活的自然与人文环境,如对古树名木的持续保护,对乡土植物植物的创新运用等,增加村民文化自信等。另外,传统村落植物景观的营造,要强调公众参与的重要性,提高村民在植物景观营造中的积极性,让村民体会到科学的植物景观营造与切身利益密切相关,如注重部分植物景观的生产与景观的双重效果,让村民在村落植物景观里获利。要充分发挥村干部、乡贤、各类人才的集体智慧以及带头作用,提升文化自信与自觉,弘扬村民生活美学,提高其植物景观的审美能力,加快培育本地景观营造师。

#### 4.2 植物景观营造与日常养护的关系

就目前黔南州传统村落现状来看,安排专业人员对植物景观进行维护可操作性不强,可从管理方式方面创新突破。如扩展门前三包的业务范围,充

分发挥当地居民的积极性,充分利用乡土美学,政府适当投入加以引导,营造富有乡村特色的房前屋后植物景观。同时,在植物品种选择方面,可多运用一些管护成本低的乡土树种,或多采用果树、时蔬等多功能的植物品种,以降低额外维护成本。

#### 4.3 植物景观营造与文化的关系

黔南州传统村落植物景观营造的文化性应从4个方面入手,(1)注重特色文化植物在园林造景中的运用,包括黔南州特色药用植物(表4)、黔南特色食用植物(如韭菜、薄荷、花椒等)以及黔南特色情感植物(如枫香、柏木、榉树、红豆杉等);(2)将植物文化故事融入到静态植物景观场景中,增加植物景观的互动性;(3)将植物相关文化融入到具体时间体验活动中,如开展植物美食制作、药物认知与采集、植物歌曲学唱等研学活动;(4)开发植物旅游相关产品,如植物美食、食物保健品、植物文创产品等。

表4 黔南州传统村落绿化主要药用植物推荐

Tab. 4 Main medicinal plants for traditional villages greening in Qiannan Prefecture

植物名称	主要药用价值	景观特色	适用种植区域
花椒 <i>Zanthoxylum bungeanum</i>	散寒,除湿	经济作物	生产空间、庭院
无花果 <i>Ficus carica</i>	清热生津,解毒消肿	水果植物	生产空间、庭院
木槿 <i>Hibiscus syriacus</i>	清热利湿,凉血解毒	开花植物,花期7—10月	竹篱、庭院
木芙蓉 <i>Hibiscus mutabilis</i>	清热解毒,凉血止血	开花植物,花期8—10月	河边、庭院
栀子 <i>Gardenia jasminoides</i>	解毒凉血	花香,花期3—7月	庭院、房前屋后
枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i>	清热止咳	水果植物,可观果,果期5—6月	庭院、生产空间
枳椇 <i>Hovenia acerba</i>	解酒止渴	果序膨大,可食用,可观赏	林缘
石榴 <i>Punica granatum</i>	涩肠止泻,驱虫	水果植物	庭院
十大功劳 <i>Mahonia fortunei</i>	清热,燥湿,解毒	花期7—9月,果期10—12月	山谷林中、沟旁、路边
南天竹 <i>Nandina domestica</i>	清热除湿,止咳平喘	花期5—6月,果期9—10月	村寨生活空间
鱼腥草 <i>Houttuynia cordata</i>	清热解毒,健胃消食	多年生草本,花期5—8月	生产空间
刀豆 <i>Canavalia gladiata</i>	温中下气,益肾补元	药食同源,花期7—9月	庭院
万年青 <i>Rohdea japonica</i>	清热解毒,强心利尿	花期5—6月	阔叶林下、庭院基础种植
马兰 <i>Aster indicus</i>	凉血止血,解毒消肿	菊科,花期5—9月	路边、山坡、田野
马鞭草 <i>Verbena officinalis</i>	清热解毒,活血通经	花冠淡紫色或蓝色,花期6—8月	田边、山坡、路边或村寨旁
水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>	行滞化湿,祛风止痒	开花植物,花果期6—10月	田野、水边、路旁湿地
凤仙花 <i>Impatiens balsamina</i>	化瘀降气,祛风除湿	开花草本,紫色花,花期7—10月	路旁、沟旁、庭院
六月雪 <i>Serissa japonica</i>	清热解毒,祛风除湿	花冠淡红色或白色,花期5—7月	路边、沟边
艾 <i>Artemisia argy</i>	温经止血,散寒止痛	多年生草本,芳香植物	山坡、草地、房前屋后
百合 <i>Lilium brownii</i>	养阴润肺,清心安神	开花植物,花期5—6月	山坡林下、庭院
灯心草 <i>Juncus effusus</i>	利水通淋,清心降火	可做植物体验	水旁、田边
青葙 <i>Celosia argentea</i>	风寒湿痹	开花草本,花期6—8月	路旁、田间地头、乡村花镜
鸢尾 <i>Iris tectorum</i>	祛风利湿	紫色草本,花期4—5月	林缘、水边湿地、庭院等
垂盆草 <i>Sedum sarmentosum</i>	清热解毒	多年生草本,花期5—7月	石灰岩缝中,可选择盆栽
草珊瑚 <i>Sarcandra glabra</i>	活血,消肿胀	核果成熟时亮红色,果期8—10月	路边、庭院

续表 4

植物名称	主要药用价值	景观特色	适用种植区域
香蒲 <i>Typha orientalis</i>	活血化淤	花絮如红烛, 奇特	滨水植物
鸭跖草 <i>Commelina communis</i>	清热解毒	花期 5—9 月, 淡蓝色花, 观赏性高	房前屋后, 也可盆栽
积雪草 <i>Centella asiatica</i>	清热利湿	花果期 4—10 月, 乡土感强	墙角、盆栽景观
木贼 <i>Equisetum hyemale</i>	疏风散热	中空有节, 可体验	滨水空间
紫苏 <i>Perilla frutescens</i>	驱寒暖胃	芳香草本	房前屋后, 可用作香料
缙丝花 <i>Rosa roxburghii</i>	富含维生素	花期 5—7 月, 果为刺梨	山坡、田埂、路旁
薏苡 <i>Coix lacryma-jobi</i>	利湿健脾, 舒筋除痹	颖果呈珠状, 可开发旅游产品	房前屋后、滨水空间
金樱子 <i>Rosa laevigata</i>	养肝明目	常绿攀岩灌木, 果实可酿酒	栅栏、房前屋后
何首乌 <i>Fallopia multiflora</i>	安神、活络、养血	多年生草本, 药用	田边、沟旁
忍冬 <i>Lonicera japonica</i>	清热解毒, 消炎去肿	花期 4—6 月, 有清香	攀岩植物, 滨水空间
薄荷 <i>Mentha canadensis</i>	清热解毒	芳香作物	庭院、盆栽

#### 4.4 植物景观营造与旅游的关系

据统计, 每个传统村落修缮与基本设施维护的成本大约需 500 万, 发展乡村旅游可成为传统村落保护的重要资金来源。另外, 传统村落具备发展旅游的条件和基础, 是乡村振兴的排头兵。传统村落乡村旅游的发展能很好地协调传统村落保护与乡村发展间的关系, 对传统村落自然环境的保护以及文化的继承与发展均起到良好的正面作用<sup>[9]</sup>。而传统村落植物景观多方面、多层次的营造, 可提升游客体验度, 进一步提升传统村落的旅游功能价值。

1) 植物景观与节庆。如三都水晶葡萄节、荔波蜜柚节、荔波百香果狂欢节、荔波梅园狂欢节、石斛养生节、平塘蓝莓节等。

2) 植物景观文化符号的提炼。延伸传统村落旅游产业链, 可将根雕、旅游纪念品、特色食物、保健品等开发成旅游商品。枫香、银杏等特色文化植物则可打造开发出系列文创产品。

3) 植物景观与网红打卡。在传统村落建立植物与游客的情感链接, 使乡村特色植物成为网红植物, 如三都怎雷的风流草、黔南州州树枫香打卡、古树祈福等。

## 5 结 语

传统村落传承着中华民族的历史记忆、生产生活智慧、文化艺术结晶和民族地域特色, 维系着中华文明的根。传统村落的可持续发展, 已成为人居环境建设关注的重要问题。黔南州传统村落拥有良好的自然环境, 蕴含独特的地域文化, 充分体现了西南山区中人与自然和谐共处的智慧哲理。城市化进程

的加快, 对于黔南州传统村落来说既是机遇也有挑战。对黔南州传统村落植物景观营造相关建议的提出, 希望对传统村落的可持续发展以及乡村振兴起到一定的促进作用。

#### 参考文献:

- [1] 刘加维, 张凯莉. 山地乡村植物景观调查及其运用——以贵州扁担山地区布依族聚落为例[J]. 中国园林, 2018, 34(5): 33-37.
- [2] 杨燕, 胡静, 刘大均, 等. 贵州省民族传统村落空间分异与影响因素研究——基于 6 类民族传统村落[J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36(2): 178-185.
- [3] 王培家, 章锦河, 孙枫, 等. 中国西南地区传统村落空间分布特征及其影响机理[J]. 经济地理, 2021, 41(9): 204-213.
- [4] 刘安乐, 明庆忠, 杨承玥, 等. 滇黔桂传统村落空间分布特征及其与旅游发展关系[J]. 中国农业资源与区划, 2021, 42(9): 166-177.
- [5] 胡琳琳, 王学勇. 新旧动能转换背景下传统村落保护和旅游开发策略[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2019, 50(6): 1071-1075.
- [6] 安显楼. 美丽乡村视域下传统村落景观改造策略研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2021, 43(5): 9-17.
- [7] 周静帆, 欧杨, 周丽, 等. 云南德宏傣族传统村落植物景观及应用研究[J]. 广西植物, 2019, 39(3): 346-358.
- [8] 唐赛男, 王成, 张昶, 等. 广州 3 个传统村落植物景观特征及村落外扩对其影响[J]. 北京林业大学学报, 2018, 40(8): 90-102.
- [9] 崔海洋, 苟志宏. 传统村落保护与利用研究进展及展望[J]. 贵州民族研究, 2019, 40(12): 66-73.

责任编辑: 陈旭



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.042

## 人居语境下的历史园林植物景观保护与发展模式研究

施 皓

(上海现代建筑装饰环境设计研究院有限公司,上海 200041)

**摘要:**通过阐述历史园林及人居语境概论的内涵,分析历史园林植物景观保护现状中存在的植物景观建设水平差异较大,缺乏专业的养护管理,缺乏有针对性的植物景观保护理论指导等问题。从各类型植物保护与配置措施以及植物景观保护与开发相结合的角度,对人居语境下的历史园林植物景观保护与发展模式进行探讨,实现植物景观保护与开发协同发展,提高历史园林的观赏性。

**关键词:**历史园林;人居语境;植物景观;植物配置;景观保护与发展

中图分类号:S731.1;P901;TU986 文献标识码:B 文章编号:1671-3168(2023)03-0227-04

引文格式:施皓. 人居语境下的历史园林植物景观保护与发展模式研究[J]. 林业调查规划,2023,48(3):227-230.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.042

SHI Hao. Protection and Development Model of Historical Garden Plant Landscape in Residential Context[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(3):227-230. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.042

### Protection and Development Model of Historical Garden Plant Landscape in Residential Context

SHI Hao

(Shanghai Modern Architectural Decoration Environment Design and Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200041, China)

**Abstract:** By elaborating the connotation of historical garden and residential context, this paper analyzed the problems in the current status of plant landscape protection in historical gardens, including significant differences in plant landscape construction levels, lack of professional maintenance and management, and lack of targeted theoretical guidance. From the perspective of various types of plant protection and configuration measures, as well as the combination of plant landscape protection and development, this paper studied the protection and development models of historical garden plant landscapes in residential context, achieving coordinated development of plant landscape protection and development, and improving the ornamental value of historical gardens.

**Key words:** historical garden; residential context; plant landscape; plant configuration; landscape protection and development

历史园林是数千年历史的积淀,东方园林、西方园林以及伊斯兰园林统称为世界三大古典园林样式。其中,我国古代园林作为东方园林的杰出代表,对其他两种园林的设计具有深远影响,是园林设计

技术的发展源头之一<sup>[1-2]</sup>。即便如此,对于历史园林艺术以及历史园林保护的研究并不充分。在历史园林中,园林植物景观的作用一直未能全面发挥,因此,需要完善、系统化理论研究,对植物景观保护的

收稿日期:2021-12-20.

第一作者:施皓(1977-),男,江苏无锡人,高级工程师。研究方向为风景园林规划设计。

相关理论加以论证。

对以往文献进行整理与研究是历史园林研究的基本环节,通过总结历史园林植物景观的发展脉络、风格演变,将其作为正确保护植物景观、维护植物景观发展的基础。随着现代社会的不断发展,国内外学者对历史园林越发关注。

自 21 世纪初,西方学者大力挖掘历史园林的文化与经济价值,并推动了园林研究领域的发展,成为历史园林规划设计研究的基础<sup>[3-4]</sup>。在研究内容上,西方国家对历史园林的研究比较全面,内容体系也较为丰富;在研究方式上,其更注重研究的体系化与科学化,实用性较强。目前,我国对历史园林的研究相对较少,尤其是将其植物景观保护与发展模式作为主要分析对象的研究。随着人们对历史园林保护工作的不断推进,园林植物景观保护与发展问题尤为突出。

历史园林植物景观具有改善空气质量、美化环境、维护园林内部生态平衡的作用,同时,植物景观作为园林构成的重要要素,是历史园林文化的重要标志,反映了历史园林的文化内涵与自然景观的结合程度,在构建园林景观体系与丰富园林内容方面起到重要作用<sup>[5]</sup>。以此探索出一条适合历史园林景观的保护途径,在未来的历史园林保护与规划中提供一定的理论帮助,争取为历史园林保护措施的实施提供重要指导。

## 1 人居语境下的历史园林植物景观

### 1.1 历史园林内涵及作用

园林包含庭院、宅院、私家花园等多种类型,我国历史园林被公认为世界园林设计技术的源头,其造园手法多被应用于西方园林的设计中<sup>[6-7]</sup>。当前,我国现存的古典园林主要分为皇家园林、私家园林以及寺观园林 3 类。其中,私家园林占比较大,是隶属于个人园林的统称,在古代典籍中,多将其称为园、山庄、池馆。区别于私家园林,皇家园林多指服务于皇族的园林,大多景观恢弘。寺观园林多指佛寺、道观或大家族的祠堂园林。古典园林经过几代人的开发,承载着文化与家族历史故事。

按照当代人的理解,园林不仅是古代人们的休闲场所,同时还具有保护环境及改善生态的作用。园林中的植物景观可以吸附有毒有害物质,释放大量对人体有益的物质,并起到净化空气的作用,在一定程度上可有效降低人们对于空气中有毒有害物质的吸入量,保护人体健康,降低环境污染。在优美的

园林环境中开展游览休闲活动,在一定程度上帮助人体脑力与体力的恢复,消除长期工作的疲劳感,丰富人们的精神世界;与此同时,人们对于园林景观的要求逐渐提升,园林建设在满足基础的功能要求后,园林植物景观也成为了园林品位与文化的重要载体。一方面,在古代园林的建筑过程中,其设计理念与蓝本多源于自然环境,利用当时的技术仿造自然景观,实现寓情于景的园林设计目标,达到人与自然共生的艺术境界。另一方面,大量的山水画为园林的修建提供了设计对象,人们开始依照山水田园画仿建园林。

我国历史悠久,朝代更替较为频繁且封建主义盛行,在此类特殊的历史背景下,古代园林长期受到封建思想的限制,大部分园林不可开放,其周围高墙林立,将景观封闭在园中,因此,无论是私家园林还是寺观园林,其占地面积均较小,皇家园林面积相对较大。在园林建设过程中,要在固定空间中最大化展示山水的美感以及园林主人的文化底蕴,则需突破空间对园林设计的限制,将无限的情感融入到有限的空间中。

### 1.2 人居语境概论

人居环境是指人们进行工作、生活或休闲的空间环境。本研究将其视作单一学科,其中包含乡村、城镇、城市规划技术,着重将人与环境之间的关联性作为研究对象,强调将人与自然融合为一个整体,并从政治、文化、社会等多个角度全面、系统地完成研究,其主要目的在于了解、掌握居住环境的客观发展规律,从而建造符合人类需求的历史园林景观。

在对大量文件进行分析后发现,人居环境是由人类社会生产力发展引起的人类居住方式不断变化的结果。其整体可体现为人类依赖、利用外部环境,并主动改造外部环境的过程。本研究将其概念作为指导思想,为园林景观的改造与发展提供理论基础。

### 1.3 人居环境与植物景观的关系

作为园林要素之一,植物景观指在某一特定空间中单一植物、植被以及植被群落所表现的形象,在人的感知作用下反映出美感<sup>[8-9]</sup>,同时,也可以简单地理解为人工植物种植技术营造出来的景观,其与园林山水、园林地形以及建筑物组成了历史园林。凭借植物颜色、形状或气味对园林进行装饰,美化人居环境。人们依据植物自身特征,通过多元搭配形成变化多样的景观场所。在园林景观中,植物的价值不仅单纯地停留在叶片形状、颜色、香味上,更注重植物景观所展示的内涵与意义。因此,在古今园

林中,园林景观一方面重视植物对于园林的修饰作用,另一方面重视植物景观所体现的文化内涵。

植物景观的审美价值主要以传统植物为主,其中观花植物为首选,古籍中对花卉在园林景观中的作用进行了大量描绘,早在明代,《群芳谱》就记载了从一月到十二月花的盛衰;在植物景观的文化内涵上,古人将深厚的情感寄托在植物上,多种植物在具有观赏价值的同时被赋予了文化底蕴,如《诗经》中提到的植物达132种,充分显示了古人对植物的情感深入到生活中的点滴,古代大量文人多使用植物比作君子,借此对人的性格与气节进行描述;在植物景观的文化属性上,将植物的自然美转化为艺术美,如在《红楼梦》中,别出心裁地将多种花草配置在大观园的景观中,以此展开故事情节,将作者的情感融入其中。

综上所述,无论是古籍还是小说,大多立足于文化角度对历史园林中的植物景观进行研究。不同的植物具有不同的景观营造手段,但其具有一定的共性,故可以使用相通的手法完成景观建设。

#### 1.4 历史园林植物景观保护现状

##### 1.4.1 植物景观建设水平差异较大

南方地区依托良好的气候条件,园林植物景观保存较为完整,历史园林多依山而建,园林内部植物景观与自然景观融合在一起,景观保护条件优异。北方地区植物景观保护水平较差,园林保护措施相对落后,园林公共空间绿化水平较低且易受经济制约,发展空间较大。而针对不同的园林景观,尚未形成有针对性的保护措施,历史园林植物景观保护手段单一且落后。

##### 1.4.2 缺乏专业的养护管理

园林中古树受到的破坏较大,长势不一,树木年龄各异且分支较多,历史园林植物景观修复普遍存在养护技术落后的问题,河流、池塘附近杂草丛生,绿化区域长期缺乏管理,逐渐被杂草吞没;园林工作人员对于植物景观的保护意识较差,且景观保护能力不足。在古代,由于游览人次较少,园林中的植物景观可进行自我修复与更新,随着园林游览人员的急剧增加,游览人口密度已经远远超过园林的承载力<sup>[11-12]</sup>,人们的植物景观保护意识未得到进一步补充与完善,尚未形成有助于园林绿化保护管理工作的共同意识。

##### 1.4.3 缺乏有针对性的植物景观保护理论指导

现有的历史园林植物景观保护与规划多为文件形式,在实际应用中未能满足景观的保护需求。当

前提出的景观保护方案中,将植物景观的保护工作作为单一的工作内容,并未将其与历史园林保护以及植物景观发展相结合,且忽视了人居环境理论对园林保护的影响。现有指导性文件多将此保护过程集中在单一学科,未能构建出呈体系状的景观保护体系。随着历史园林建设的不断深入,园林景观结构混乱、文化氛围欠缺、保护措施与发展相互制约,亟需在人居语境的指导下,结合历史园林的发展现状,构建出既可以提高历史园林特色,又能实现植物景观保护的相关指导性文件。

上述问题在一定程度上限制了历史园林的发展,在后续的历史园林植物景观保护与建设中,应首先解决现存问题,尊重历史园林的发展特色,充分利用现有的植物资源,对园林空间进行整合,实现植物景观的保护与布设。

## 2 历史园林植物景观保护与发展模式研究

### 2.1 人居文化视角下的各类型植物保护与配置措施

在历史园林中,建筑、山水景观均可使用修旧如旧的方式,将其恢复至最初的面貌,但植物景观一旦出现问题是无法修复的,因此,调整各类型植物景观的保护措施是植物景观发展中需要解决的首要问题。但大部分古树出现衰老问题,也有部分古树由于保护措施较落后,遭到大量的人为破坏,因此,保护历史园林中的植物景观是重点,需定时对古树进行检测,及时为其提供能源与营养,及时治理病虫害,修复树木伤疤,并加强宣传力度,警戒游客破坏行为。古树是古代园林历史文化的最佳见证,保护古树资源对于园林研究具有重要意义,部分园林主要由立支架、补树洞以及透气铺装组成,需要为古树设立提示标牌,保护较为脆弱的组成部分,并起到警示作用,及时解决树木的保护工作以及生长问题。

在研习园林植物种类的基础上,筛选适宜的、与历史园林具有关联性的植物,对植物景观进行填充,一般以2~4种为宜。首先保证所选植物类型适宜在此环境中生长,在园林中大面积铺开种植,奠定园林主体氛围;主体树木多采用多功能性、具有景观特色的植物;基调植物一般选用约20种为宜。其次,在观赏性花果植物的选择中,应配合历史园林的色彩与质感。最后,选用部分植物对园林的剩余空间进行零星点缀。基础设计完成后,在园林外围种植特殊功能植物,实现防风固沙以及抗污染。根据园林的物理特征以及文化底蕴,结合民居需求,对植物景观的造型、色彩等多种元素进行综合设计。

在草本植物的选择中,多以历史园林的遗产要素安全性作为基本原则,避免其根系对园林中的建筑物造成影响。树木的选择应以长势良好的树种为主,同时避免对园林其他景观造成威胁。注重植物的景观独立性以及搭配性,营造合适的意境,注意植物群落对园林风貌的影响。

## 2.2 人居环境视角下的植物景观保护与开发相结合

历史园林植物景观的保护应与人居环境开发有机结合,在植物景观的开发工作中应尽可能利用当前的人居环境景观资源,对古树、古园林进行严格的保护,从景观原始样貌的角度出发,将新开发的景观融入到园林原有体系中,并在一定程度上增强园林风格。在人居语境下,大量的园林保护工作中存在规划方案异常,使得多个历史园林出现互相抄袭的问题,导致大量风格各异的历史园林植物景观雷同,对历史园林风貌以及经济价值造成了严重影响。因此,在景观保护过程中尽可能做到“不砍树、不取值”,以人居环境景观补充为主,提升植物景观的多样性,立足于原始的历史园林基础进行开拓创新,立足于美学角度,坚持以人为本,以生态为核心,改善植物景观的面貌,提升景观保护与发展的协同性<sup>[13]</sup>。例如,人居环境中的植物景观是园林景观中的重要组成部分,对景观进行整体规划,使历史园林的外围、内部、主要通道等景观带成为一个均衡的整体,并逐渐形成多层次化的历史园林景观系统。

## 3 结 语

以历史园林中的植物景观作为研究对象,了解园林植物景观现状以及存在的问题,针对历史园林特点,在人居语境下,提出植物景观的保护及发展原则,有效地保护植物景观,使其在集成与发扬园林的文化内涵中发挥重要作用,随着人居环境建设步伐的不断提升,植物景观发展的不断推进,只有合理地进行保护与开发,选择更合适的植物品种,使其与园林的景观融为一体,才能使园林与植物相互促进,共同发展。

在未来的局部植物景观开发中,除以上内容为设计原则外,还要根据当地的风土人情对植物景

观的建造方式进行创新,在实现景观保护的基础上,提升园林的文化性。

## 参考文献:

- [1] 张冬冬. 历史园林植物景观保护与修复思想探索——以颐和园写秋轩为例[J]. 中国园林, 2020, 36(1): 118-121.
- [2] 刘伟, 谢晗, 岳远征, 等. 基于游人视角的现代纪念性园林植物景观因子分析——以南京市中山陵景区为例[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(5): 255-260.
- [3] 林志浩, 蓝艺涵, 包志毅, 等. 基于海棠主题特色的江苏盐城中华海棠园植物景观设计策略[J]. 浙江林业科技, 2019, 39(5): 92-99.
- [4] 杨梦琪, 张建林. 重庆都市休闲农业园节约型植物景观调查研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2019, 41(3): 136-144.
- [5] 吴威, 徐艺珈. 滨海湿地景观中的植物应用——以金山鸚鵡洲湿地公园为例[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2019, 55(6): 116-121, 130.
- [6] 熊琳, 区智. 昆明花海植物景观营造分析[J]. 西南林业大学学报(社会科学), 2019, 3(1): 72-75.
- [7] 杨俊, 由浩琳, 张育庆, 等. 从传统数据到大数据+的人居环境研究进展[J]. 地理科学进展, 2020, 39(1): 166-176.
- [8] 毛其智. 中国人居环境科学的理论与实践[J]. 国际城市规划, 2019, 34(4): 54-63.
- [9] 陈婷, 武文斌, 何建军, 等. 多源空间数据融合的城市人居环境监测模型与应用研究[J]. 生态学报, 2019, 39(4): 1300-1308.
- [10] 杨娱, 田明华, 黄三祥, 等. 公众认知、情感对公众参与古树名木保护与管理的行为意向影响研究——以北京市为例[J]. 干旱区资源与环境, 2019, 33(7): 49-55.
- [11] 尹惠妍, 张志伟, 等. 西藏昌都市居民点散生古树分布特征及主要保护策略分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2020, 40(8): 147-154.
- [12] 刘大伟, 王宇健, 谢春平, 等. 安徽省一级古树的资源特征及影响因子分析[J]. 植物资源与环境学报, 2020, 29(1): 59-68.
- [13] 梁立群. 城市生态景观色彩平衡性布局最优规划仿真[J]. 计算机仿真, 2021, 38(7): 397-400.

责任编辑: 杨焱焱

# 《林业调查规划》征稿简则

《林业调查规划》是全国性的林业科技类期刊,大16开本,国内外公开发行人。本刊任务是报道林业和与林业有关的理论及实践研究成果、综合评述等。设有森林经理、“3S”技术、森林资源管理、生物多样性、森林保护、林火研究、生态建设、自然保护区等多个栏目。本刊已被多个期刊数据库全文收录,为中国科技核心期刊和中国林业核心期刊,荣获首届《CAJ-CD规范》执行优秀期刊奖,在云南期刊奖评选中,连续两届荣获“优秀期刊奖”。

## 1 来稿要求

**1.1 文章内容与字数:** 要求文稿真实、准确地反映当前林业生产、科研的新成果,内容具有先进性、科学性、实用性。来稿字数以5 000~15 000字为宜(含图表)。如为基金项目,请注明论文的基金资助名称和项目编号。

**1.2 文题:** 文题要言简意赅,以不超过20字为宜。

**1.3 署名:** 第一作者应是稿件的执笔人和修改人,作者之间用逗号“,”隔开。

**1.4 单位:** 要写全称,并注明所在省(区)、市(县)和邮编。

**1.5 摘要和关键词:** 摘要内容应完整准确概括论文的实质性内容,包括研究目的、方法、结果和结论等要素,并具有独立性和自明性,不加注释和评论,不用“本文”、“笔者”等主语,字数控制在300字以内。关键词应选择紧扣文章主题、反映文章内容的单词、词组或术语3~8个,中间用分号“;”隔开。

**1.6 正文:** 正文中的各层次标题用阿拉伯数字连续编写,如1;1.1;1.1.1;2;2.1……,顶格书写,层次划分不超过3级。

**1.7 图和表:** 应有自明性,切忌与文字表述重复。插图要求用计算机绘制,图序和图题应标在图的下方;采用三线表设计,不要表墙,表中参数应标明量和单位符号。

**1.8 量、单位和符号:** 请使用法定计量单位,量名称及符号、单位、数字等应符合国家标准,书写要规范,外文字母和符号必须注明大小写、正斜体及上下角标。例如:长度单位:km、m、cm、mm;面积单位:hm<sup>2</sup>、m<sup>2</sup>、dm<sup>2</sup>、cm<sup>2</sup>;体积单位:m<sup>3</sup>、L、mL;质量单位:t、kg、g、mg;时间单位:a、d、h、min、s。

**1.9 数字的写法:** 凡是可以使用阿拉伯数字且很得体的地方,均应使用阿拉伯数字;公历世纪、年代、年、月、日均用阿拉伯数字。年代不能简写。

**1.10 参考文献:** 只列出作者直接阅读过并已公开发表的主要文献,未发表的著作、论文集、内部资料不列入参考文献范围。采用顺序编码制,即按文中出现的顺序连续编号,并用阿拉伯数字加方括号标于文中适当位置的右上角,并与文末参考文献序号对应一致。著录格式如下:①期刊:[序号]

作者(3人以上须满足3人后加等)。篇名[J]。刊名,年,卷(期):起止页码。②图书:[序号]作者·书名[M]。出版地:出版单位,出版年:起止页码。③论文集:[序号]作者·篇名[C]//编著者·论文集名·出版地:出版单位,出版年:起止页码。④电子文献:[序号]主要责任者·电子文献题名[电子文献及载体类型标识]。电子文献的出处或可获得地址,发表日期/引用日期(任选)。参考文献类型代码分别为:普通图书[M]、会议录[C]、汇编[G]、报纸[N]、期刊[J]、学位论文[D]、报告[R]、标准[S]、专利[P]、数据库[DB]、计算机程序[CP]、电子公告[EB]。电子文献载体类型标志如下:磁带[MT]、磁盘[DK]、光盘[CD]、联机网络[OL]。对于专著、论集中析出的文献,其文献类型标识采用“[C]//”,对于图书中析出的文献采用“[M]//”,对于其他未说明文献类型的标识采用[Z]。每一参考文献条目的最后均以“.”结束。作者对以上要求如有不明,可参考本刊近期文章或咨询编辑部。投稿前请对稿件认真逐项修改,补充有关内容。

## 2 投稿与稿件处理

1) 投稿前,请登录本刊网站(<http://www.yunnanforestry.cn:8099/ch/index.aspx>)认真阅读本刊征稿简则中的各项说明,邮箱(ynfip@vip.163.com)投稿后请电话(0871-63318347)告知编辑部以便查对。

2) 本刊实行严格的审稿制度,稿件送相关专家审阅,并由编委会讨论定稿。来稿请勿一稿多投。编辑部收稿后将在10日内通知作者审稿结果。

3) 来稿一经刊用,将按规定收取专家审稿费,根据论文所占版面情况收取论文发表费,并付给作者稿酬。具体数额以本刊所发通知为准。来稿所在当期期刊出版后,本刊将寄赠作者2册期刊。对具创新性、高质量稿件,优先安排发表,并根据创新性水平减、免审稿费和版面费,稿酬从优。

4) 文稿的文责由作者自负,署名作者的人数和顺序由作者自定。本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。本刊同时加入了万方、维普等多家数据库,作者稿件一经录用,将同时被上述数据库收录,如作者不同意收录,请在投稿时提出声明,否则将视为同意收录。

5) 本刊编辑部保留对来稿进行必要的文字修改、删节的权利,如作者不允许修改,请在来稿中注明。



2009年第三届云南期刊奖评选中荣获“优秀期刊奖”

2012年第四届云南期刊奖评选中荣获“优秀期刊奖”

2022年度“西牛计划”之“优秀中文科技期刊”



高山流水

国内定价：20.00元（全年120.00元）  
Price(abroad): 5.00 dollars(30.00 dollars yearly)

广告经营许可证号：5300004000093

ISSN 1671-3168

