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



第46卷 第3期
Vol.46 No.3

2021 3

云南省林业调查规划院
西南地区林业信息中心 主办

林业调查规划
第46卷 第3期 Vol.46 No.3
二〇二一年五月

林业调查规划

LINYE DIAOCHA GUIHUA

（双月刊　1976 年创刊）

第 46 卷　第 3 期（总第 243 期）2021 年 5 月

Forest Inventory and Planning

（Bimonthly，Started in 1976）

Vol. 46 No. 3 （Sum No. 243） May 2021

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　张子翼

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　瑛　施化云　钟明川　洪焰泉

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：ZHANG Ziyi

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，HONG Yanquan，
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　张子翼

副 主 编　许易琦

编辑部成员　邓　砚　刘平书　许易琦
　　许春霞　吕鹏程　杨焌熔
　　张林艳　张瑞君

英 文 责 编　杨焌熔

Editorial Department of Forest Inventory and Planning

Chief Editor：ZHANG Ziyi

Associate Editor：XU Yiqi

Editor：DENG Yan，LIU Pingshu，XU Yiqi，
XU Chunxia，LYU Pengcheng，YANG Junrong，
ZHANG Linyan，ZHANG Ruijun

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 dollers（30.00 dollers yearly）

林 业 调 查 规 划

第 46 卷　第 3 期　　(总第 243 期)　　2021 年 5 月

目　　次

●森林经理

含间伐强度哑变量的关帝山油松天然林单木断面积生长模型构建
…… 李学辉,白 宁,郭晋平,马建峰,张芸香(1)
基于遥感云服务平台的植被指数计算 …… 冷天熙,胡文萍(8)
基于 DeeplabV3+的无人机遥感影像识别 …… 赖丽琦 (11)

●研究与探索

腾冲红花油茶“大小年”树枝叶中主要矿质元素含量比较分析
…… 谢 胤,余祖华,李看清,尹必期,王自洪,李丽华,寸明辉,杨槐青(17)
大理州云南松天然林林分直径结构动态变化研究 …… 魏安超,张大为(21)
城市公园绿地土壤物理性质空间分异研究 …… 刘 臻,杨秀云,宋 丽,米美霞,武小钢(27)

●生物多样性

香格里拉虎跳峡镇核桃种质资源坚果表型特征多样性分析
…… 杨建华,习学良, 李淑芳,陈 勤,苏连波,王高升(33)
高黎贡山国家级自然保护区贡山片区植物多样性监测与评价 …… 余皖云(37)
糯扎渡省级自然保护区鸟类多样性调查及分析 …… 杜虹蓉,卢 文,赵倩茹,李 丽,李勇祥(45)

●自然保护区

云南南滚河国家级自然保护区整合优化设计研究 …… 郑天水(49)
西双版纳国家级自然保护区及周边野猪非洲猪瘟主动预警防控及措施
…… 罗杰斯,宋军平,张 潞,王 波,郑清元,邓志云,王校海,王巧燕(58)
云南双柏恐龙河州级自然保护区区域调整影响评价…… 习白羽,余昌元,郑进烜,杨 东,王 勇,郑静楠(63)

●森林保护

云南省重点保护野生植物保护管理现状与对策 …… 郑进烜,华朝朗,郑静楠,王 勇,吴富勤,晁增华(69)
云南松种质资源保存库松梢斑螟虫害调查分析 …… 余天林(75)

●森林资源管理

农地被动栖息地化过程中的管制性征收问题研究 …… 李祎恒,徐子萱(79)
青海云杉林下草本植物季节动态分析 …… 许海燕(85)

●生态建设

勐海县热带林景观生态风险分析 …… 沈新华(90)

赤水源镇森林生态系统服务功能价值评估 …… 毛海凌,陈文红,刘永明(98)

●湿地研究

云南高原湖泊湿地湖滨缓冲带恢复研究…… 李秋洁,马国强,余 刚,王德芬(105)
山西省湿地研究进展…… 李 静,王 恒, 胡 杰,翟毕娇,任香凝,王春玲(108)

●森林景观格局研究

文峪河流域景观安全格局构建与健康度评价 …… 安冠霖,郭晋平(114)
文峪河上游森林景观格局动态特征分析…… 苏亚辉,周火艳,张芸香,郭晋平 (126)

●森林城市

珠三角国家森林城市群建设状况评价研究
…… 秦 琳,丁 胜,杨志刚,陈哲华,彭展花,李爱英,容友鹏,张乐勤(133)
汤阴县省级森林城市建设规划研究 …… 邢浩杰,楚端玉,刘汉宇,刘保国(138)

●森林经营

核桃林下白及复合经营技术研究 …… 高 云,杨根林,李庆华(144)
云南省林下经济发展现状及建议 …… 李柱存(148)

●森林培育

灵石县核桃对主要气象因子的适应性分析…… 胡桃花,闫慧芳,张 喆,张利明,冯 斌(152)
云南省亚热带不同海拔区间云南松天然林生长规律研究 …… 皇宝林,朱家诺,温庆忠(157)
春石斛无土栽培基质与营养液选择的研究方法概述
…… 李春霖,顿春垚,张 瑛,向朝辉,李双龙,孙明伟(163)

●论坛

广东南岭生物多样性保护优先区域规划建设策略…… 庄长伟,修 晨,张荣京,张晓露(167)
森林康养高质量发展研究 …… 李欣华,陈红玲(171)
基于 AHP 的南宁青秀山风景名胜区旅游可持续发展优化研究 …… 王晓钰,段文军,李晓娟(178)

●森林公园

湖南夹山国家森林公园鸟类群落结构与物种多样性研究 …… 康祖杰 ,贺春容 ,康艺馨 ,张志强(184)
基于使用后评价 POE 的遗址公园研究 …… 张雯倩,王梦瑶,杨芳绒(191)
贵州省地方级湿地公园发展对策…… 蒲应春,曾 辉(197)

普达措国家公园 …… 张正友摄(封面)
云南高黎贡山森林地貌 …… 许易琦摄(封底)

(本期责任编辑:许易琦,刘平书,杨焌熔)

[期刊基本参数] CN 53-1172/S * 1976 * b * A4 * 200 * zh * P * 20.00 * 1500 * 35 * 2021-05

Forest Inventory and Planning

Vol. 46 No. 3 (Sum No. 243) May 2021

Contents

● Forest Management

Construction of Individual Tree Section Area Growth Model of *Pinus tabulaeformis* Natural Forest with Dummy Variable of Thinning Intensity in Guandi Mountain ····· LI Xuehui, BAI Ning, GUO Jinping, MA Jianfeng, ZHANG Yunxiang(1)

Normalized Difference Vegetation Index Calculation Based on Remote Sensing Cloud Services Platform ····· LENG Tianxi, HU Wenping(8)

UAV Remote Sensing Image Recognition Based on DeeplabV3 ····· LAI Liqi(11)

● Research and Exploration

Comparative Analysis of Main Mineral Elements in Branches and Leaves of "On and Off-Year" *Camellia reticulata* ····· XIE Yin, YU Zuhua, LI Kanqing, YIN Biqi, WANG Zihong, LI Lihua, CUN Minghui, YANG Huaiqing(17)

Dynamics of Diameter Structure of *Pinus yunnanensis* Natural Stand in Dali ····· WEI Anchao, ZHANG Dawei(21)

Spatial Differentiation of Soil Physical Properties of Green Space in Urban Parks ····· LIU Zhen, YANG Xiuyun, SONG Li, MI Meixia, WU Xiaogang(27)

● Biological Diversity

Analysis of Nut Phenotypic Traits of Walnut Germplasm Resources in Hutiaoxia Town of Shangri-La ····· YANG Jianhua, XI Xueliang, LI Shufang, CHEN Qin, SU Lianbo, WANG Gaosheng(33)

Monitoring and Evaluation of Plant Diversity in Gongshan Area of Gaoligongshan National Nature Reserve ····· YU Wanyun(37)

Investigation and Analysis of Avian Diversity in Nuozhadu Provincial Nature Reserve ····· DU Hongrong, LU Wen, ZHAO Qianru, LI Li, LI Yongxiang(45)

● Nature Reserve

Integration and Optimization Design of Nangunhe National Nature Reserve in Yunnan Province ····· ZHENG Tianshui(49)

Active Early Warning and Control of African Swine Fever in Xishuangbanna National Nature Reserve and the Surrounding Areas ····· LUO Jiesi, SONG Junping, ZHANG Lu, WANG Bo, ZHENG Qingyuan, DENG Zhiyun, WANG Xiaohai, WANG Qiaoyan(58)

Impact Assessment of Adjustment of Konglonghe Nature Reserve in Shuangbai of Yunnan ····· XI Baiyu, YU Changyuan, ZHENG Jinxuan, YANG Dong, WANG Yong, ZHENG Jingnan(63)

● Forest Conservation

Status and Countermeasures of Protection and Management of Key Protected Wild Plants in Yunnan Province ····· ZHENG Jinxuan, HUA Chaolang, ZHENG Jingnan, WANG Yong, WU Fuqin, CHAO Zenghua(69)

Occurrence of *Dioryctria splendidella* in Germplasm Conservation Bank of *Pinus yunnanensis* ····· YU Tianlin(75)

● Forest Resource Management

Regulatory Expropriation in Passive Habitat Conversion of Farmland ····· LI Yiheng, XU Zixuan(79)

Seasonal Dynamic of Understory Herbs in *Picea crassifolia* Forest ····· XU Haiyan(85)

● Ecological Construction

Risk Analysis on Ecological Security of Tropical Forest in Menghai County ····· SHEN Xinhua(90)

Evaluation of Forest Ecosystem Services in Chishuiyuan Town ····· MAO Hailing, CHEN Wenhong, LIU Yongming(98)

● Wetland Research

Restoration of Riparian Buffer Zone of Plateau Lake Wetland in Yunnan Province
····· LI Qiujie,MA Guoqiang, YU Gang, WANG Defeng(105)
Research Progress of Wetlands in Shanxi Province ·····
····· LI Jing, WANG Heng, HU Jie,ZHAI Bijiao,REN Xiangning,WANG Chunling(108)

● Forest Landscape Pattern

Landscape Security Pattern Construction and Health Assessment of Wenyu River Basin ····· AN Guanlin,GUO Jinping(114)
Dynamic Characteristics of Forest Landscape Pattern in the Upper Reaches of Wenyu River
····· SU Yahui,ZHUO Huoyan,ZHANG Yunxiang,GUO Jinping(126)

● Forest City

Evaluation on Construction Status of National Forest City Cluster in the Pearl River Delta
····· QIN Lin, DING Sheng, YANG Zhigang, CHEN Zhehua, PENG Zhanhua, LI Aiying, RONG Youpeng, ZHANG Leqin(133)
Construction Planning of Provincial Forest City in Tangyin County ··· XING Haojie, CHU Duanyu, LIU Hanyu, LIU Baoguo(138)

● Forest Operation

Compound Management Technology of *Bletilla striata* in *Juglans sigillata* Forest ····· GAO Yun,YANG Genlin,LI Qinghua(144)
Status and Suggestion of Under-forest Economy Development in Yunnan Province ····· LI Zhucun(148)

● Forest Cultivation

Adaptability Analysis of Walnut to Main Meteorological Factors in Lingshi County
····· HU Taohua, YAN Huifang, ZHANG Zhe, ZHANG Liming, FENG Bin(152)
Growth Law of *Pinus yunnanensis* Natural Forest at Different Altitudes in Subtropical Zone of Yunnan Province
····· HUANG Baolin, ZHU Jianuo, WEN Qingzhong(157)
Selection of Substrate and Nutrient Solution for Soilless Culture of *Dendrobium candidum*
····· LI Chunlin, DUN Chunyao,ZHANG Ying,XIANG Zhaohui,LI Shuanglong,SUN Mingwei(163)

● Forum

Planning and Construction Strategy in Priority Area of Biodiversity Conservation in Nanling Mountain of Guangdong
····· ZHUANG Changwei, XIU Chen, ZHANG Rongjing, ZHANG Xiaolu(167)
High-quality Development of Forest Therapy ····· LI Xinhua, CHEN Hongling(171)
Tourism Sustainable Development Optimization of Qingxiushan Scenic Spot in Nanning Based on AHP
····· WANG Xiaoyu, DUAN Wenjun, LI Xiaojuan(178)

● Forest Park

Avian Community Structure and Species Diversity in Jiashan National Forest Park of Hunan Province
····· KANG Zujie,HE Chunrong,KANG YiXin,ZHANG ZhiQiang(184)
Post Occupancy Evaluation of Heritage Park ····· ZHANG Wenqian,WANG Mengyao, YANG Fangrong(191)
Development Countermeasures of Local Wetland Parks in Guizhou Province ····· PU Yingchun, ZENG Hui(197)

Pudacuo National Park ····· Photographed by ZHANG Zhengyou (Front Cover)
Forest Landform in Gaoligong Mountains of Yunnan ····· Photographed by XU Yiqi(Back Cover)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.001

含间伐强度哑变量的关帝山油松天然林单木断面积生长模型构建

李学辉[1],白 宁[1],郭晋平[1],马建峰[2],张芸香[1]
(1.山西农业大学林学院,山西 太谷 030801; 2.关帝山国有林管理局,山西 文水 032100)

摘要:以关帝山林区 9 块油松天然林固定样地为研究对象,选择 4 种具有生物学意义理论生长方程,构建包含立地条件、年龄及竞争指标的油松单木断面积基础模型,将间伐强度作为哑变量引入模型,比较模型拟合效果的差异。结果显示:单木断面积基础模型决定系数 R^2 为 0.46~0.52,P 值为 0.89~0.92,含间伐强度哑变量的单木断面积生长模型 R^2 和 P 值均有显著提高,分别为 0.51~0.61 和 0.95~0.99;含间伐强度哑变量的 Weibull 方程拟合效果最优,其模型 R^2 为 0.606 1,P 值为 0.991 2。含哑变量的油松单木断面积生长模型可以有效解决间伐类型差异对断面积预估的影响,提高建模精度与模型适用性。

关键词:油松天然林;单木断面积;生长模型;间伐强度哑变量;关帝山林区

中图分类号:S711;S753.71;S791.254;S754.1;S758.55 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0001-07

引文格式:李学辉,白宁,郭晋平,等. 含间伐强度哑变量的关帝山油松天然林单木断面积生长模型构建[J]. 林业调查规划,2021,46(3):1-7. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.001

LI Xuehui, BAI Ning, GUO Jinping, et al. Construction of Individual Tree Section Area Growth Model of *Pinus tabulaeformis* Natural Forest with Dummy Variable of Thinning Intensity in Guandi Mountain[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(3):1-7. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.001

Construction of Individual Tree Section Area Growth Model of *Pinus tabulaeformis* Natural Forest with Dummy Variable of Thinning Intensity in Guandi Mountain

LI Xuehui[1], BAI Ning[1], GUO Jinping[1], MA Jianfeng[2], ZHANG Yunxiang[1]
(1. Forestry College, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China;
2. Guandishan State-owned Forest Administration, Wenshui, Shanxi 032100, China)

Abstract: Taking nine fixed sample plots of *Pinus tabulaeformis* natural forest in Guandishan forest area as the research object, four theoretical growth equations with biological significance were selected to construct a basic model of individual *Pinus tabulaeformis* section area including site conditions, age and competition indicators. The thinning intensity was added as dummy variable to the basic model to compare the differences in the model fitting effects. The coefficient of determination (R^2) of the basic model

收稿日期:2021-01-20.
基金项目:山西农业大学学术恢复科研专项(2020XSHF34).
第一作者:李学辉(1994-),男,山西文水人,硕士研究生. 主要研究方向为森林培育. Email:1158295141@qq.com
责任作者:张芸香(1965-),女,山西原平人,硕士生导师. 从事森林生态学、森林培育学教学研究工作.

of individual tree section area was 0.46~0.52, and the P value was 0.89~0.92. The R^2 and the P value of the individual tree cross-sectional area growth model with dummy variable of thinning intensity increased significantly, were 0.51~0.61 and 0.95~0.99, respectively. The Weibull equation with the dummy variable of thinning intensity had the best fitting effect, and the model R^2 was 0.606 1 and P value was 0.991 2. The model with dummy variable could effectively solve the influence of different thinning types on the section area estimation, and improve the accuracy of modeling and the applicability of the model.

Key words: *Pinus tabulaeformis* natural forest ; individual tree section area; growth model; dummy variable of thinning intensity; Guandishan forest area

森林生长模型可以用来预估林分的生长和收获量,单木生长模型可以预测各单株林木的生长状况和生长潜力[1-4],构建特定森林树种的单木生长模型对于区域森林经营具有重要意义[5]。在生长模型中用胸高断面积反映林木生长状况具有较高的准确性和稳定性,是构建林分和单木模型的合适指标[2,6]。根据竞争指标是否含有对象木与竞争木之间相对位置的信息,将单木模型分为距离有关单木模型和距离无关单木模型[7-9]。距离无关单木生长模型会导致相同大小林木若干年后仍为同样大小林木的结果,也无法反映林木在林分间伐前后竞争压力变化[10]。距离有关单木模型可以反映林木在林分中所处不同小生境的差异,并能较准确地反映竞争木间伐对主林木的影响[11]。

单木模型的建模方法包括潜在生长量修正法、回归估计法和生长分析法。潜在生长量修正法需要确定无竞争压力的疏开木,利用单木竞争指标对每株林木的潜在生长函数进行调整和修正,由于疏开木难以确定,因此该方法使用较少。回归估计法利用多元回归建立林木生长量与林木大小、林木竞争状态和所处立地条件等因子之间的回归方程,该方法建立的单木模型适应性差,预估能力依赖建模样本数据,且方程参数没有生物学意义。生长分析法以理论生长方程为基础模型,通过分析参数与单木竞争之间的关系构造单木模型,该方法不依赖疏开木的生长,选择合理的理论生长模型,可以获得良好的预测效果[12-14]。

在影响林木生长发育的因子中,不仅有许多定量因子,还有一些定性因子需要在建模中加以考虑,而构建含哑变量的模型可以有效表示定性因子[15-16],因此,在单木模型中加入立地类型、林分类型、竞争类型等定性因子作为哑变量可以有效提高模型预测效果[17]。抚育间伐是基本的森林经营措施,显著影响林木胸径、断面积和材积生长,间伐强度是关键影响因素[18]。但将间伐强度作为哑变量加入到单木模型中的研究还鲜见报道。

油松(*Pinus tabulaeformis* Carr)为松科松属针叶常绿乔木,是我国特有树种,是黄土高原地区最主要的造林树种之一,油松天然林不仅在山西集中分布,在辽宁、河北、北京、内蒙古、陕西等地区也有广泛分布,在构建区域尺度景观多样性、保持水土和维持森林生态系统的稳定性等方面发挥着重要作用,具有较高的研究价值[19]。因此,通过选择合理的理论生长方程和参数,提高油松单木模型精度是当前在构建单木生长模型中亟待解决的问题。

本研究以山西关帝山林区油松天然林为研究对象,采用生长分析法的建模技术,将间伐强度作为哑变量引入模型,建立距离有关单木断面积生长模型,探究单木生长模型中加入间伐强度哑变量的建模途径和效果,构建含间伐强度哑变量的最优单木断面积生长模型,为油松天然林的经营管理提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于吕梁山中段关帝山林区(111°21′~111°37′E,37°45′~37°59′N),是吕梁山断裂隆起的背斜构造山地,地形破碎,山体陡峻,沟壑纵横。林区气候受季风影响和控制,属于暖温带大陆性山地气候,夏季湿润多雨,冬季寒冷干燥,年均温4.2°C,年均降水量600~820 mm,年均相对湿度70.9%,年无霜期100~130 d,雪期和冻土期6个月,森林覆盖率71%。

孝文山林场位于关帝山林区中部,地处111°24′~112°37′E,37°41′~37°54′N,南北长约2 km,东西宽约17 km,海拔 1 345~2 659 m。主要森林类型建群树种有油松、华北落叶松(*Larix principis vupprechtii* Mayr)、青杆(*Picea wilsonii* Mast)、白杆(*Picea meyeri* Rehd. et Wils)、白桦(*Betula platyphylla* Suk)、

辽东栎(*Quercus liaotungensis* Mayr)等;主要林下灌木树种有三桠绣线菊(*Spiraea trilobata* L)、黄刺玫(*Rosa xanthina* Linn.)、山刺玫(*Rosa davurica* Pall.)、胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz.)、水栒子(*Cotoneaster multiflorus* Bge.)等;主要林下草本植物有披针苔草(*Carex lanceolata* Boott)、蕨类(*Pteridium*)、地榆(*Sanguisorba officinalis* Linn.)、金莲花(*Trollius chinensis* Bunge)等。

2 研究方法

2.1 样地设置与指标测定

于 2019 年 7 月对关帝山林区孝文山林场五十沟的 9 块固定样地进行复测,复测项目包括:号牌编码、胸径、单木位置和生长状况。经复测后根据林分内间伐(2013 年)的林木断面积与林分总断面积之比,确定间伐强度,分为重度间伐、中度间伐、轻度间伐 3 类。并在每个样地内确定 3 株优势木,计算各样地优势木平均高。样地调查间隔期为 5 年。样地概况见表 1。

表 1　样地概况

Tab. 1　General situation of sample plots

样地号	海拔/m	坡向	坡度/(°)	坡位	平均胸径/cm	林龄/a	优势木高/m	间伐强度
WSG1	1610	WN35	32	上	21.2	66	19.90	重度
WSG2	1560	WN32	31	中	23.7	66	22.66	重度
WSG3	1560	WN41	28	中	22.7	60	23.02	重度
WSG4	1530	WN20	35	中	28.9	69	22.53	中度
WSG5	1460	WN18	35	中	17.4	55	20.52	中度
WSG6	1510	WN15	31	中	28.1	64	21.48	中度
WSG7	1530	WN20	25	中	24.7	68	20.97	中度
WSG8	1560	WN34	30	中	23.8	55	23.61	轻度
WSG9	1570	WN40	20	中	22.7	42	22.02	轻度

2.2 对象木和竞争木确定

将样地内所有胸径≥5 cm 的活立木作为对象木,靠近样地边界的对象木采用扩大缓冲区的办法确定竞争木[20],缓冲区设在样地外围 8 m 范围内。9 块样地的对象木共 360 株。

竞争木确定采用固定半径法[21]。为确定合理的竞争木测定范围,选取 7 株对象木,按竞争指数计算方法(公式 1),以 1~12 m 共计 12 个固定半径,分别计算其竞争指数,绘制固定半径与竞争指数增量的关系图(图 1),确定本研究竞争木的固定半径为 6.4 m。

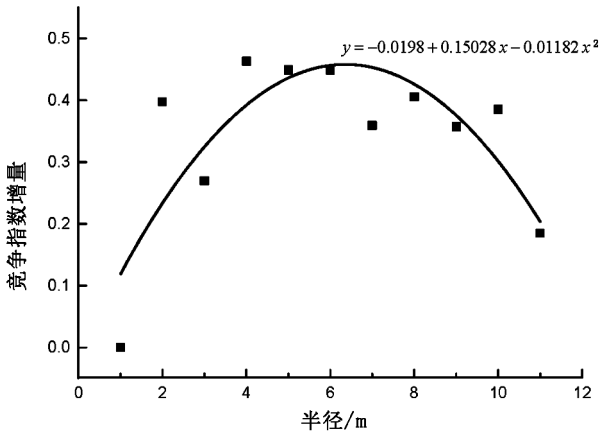


图 1　不同半径的竞争指数增量

Fig. 1　Increment of competition index on different radius

2.3 样地调查取样和对象木胸高断面积测算

对样地内树高≥1.3 m 的活立木进行每木编号和检尺,测定其胸径、树高(图帕斯 TurPulse 200 激光测距仪)和冠幅,并测定其相对位置,绘制林木定位图,用生长锥钻取对象木树芯,确定其年龄。由胸径计算出每株立木的胸高断面积。

2.4 竞争指数计算

从立木定位图测出对象木与各竞争木之间的距离,采用公式(2)(HEGYI 公式),计算出每株对象木的竞争指数:

$$CI = \sum_{j=1}^{n} \frac{D_j}{D_i \times d_{ij}} \quad (1)$$

式中:CI 为某株对象木的竞争指数,D_i 为样地中第 i 株对象木的胸径,D_j 为该对象木第 j 株竞争木的胸径,d_{ij} 为该对象木 i 与其第 j 株竞争木之间的距离。

3 模型构建

3.1 基础模型构建

选用 Logistic 方程、Korf 方程、Richards 方程、Weibull 方程,考虑立地质量、竞争指数、林木年龄 3 个因素。其中,立地质量用立地指数表达,本研究用样地优势木平均高代替地位指数。定义参数 A 是林木断面积的最大值[22],受立地质量的影响;参数 c 与生长速度相关[23],受竞争压力的影响。构造出 4 个单木断面积生长的基础模型表达式(表 2)。

表2 基础模型表达式

Tab. 2 Basic model expression

名称	方程	基础模型表达式
Korf(K)	$y=Ae^{-bt^{-c}}$	$g=a\cdot He^{-a_1\cdot t^{-a_2\cdot CI}}$
Weibull(W)	$y=A(1-e^{-bt^c})$	$g=a\cdot H(1-e^{-a_1\cdot t^{a_2\cdot CI}})$
Logistic(L)	$y=A/(1+me^{-ct})$	$g=a\cdot H(1+a_1e^{-(a_2/CI)\cdot t})$
Richards(R)	$y=A(1-e^{-bt})^c$	$g=a\cdot H(1-e^{-a_1\cdot t})^{a_2\cdot CI}$

注:式中 g 为林木到年龄 t 时的断面积,H 为优势木平均高,CI 为竞争指数,a、a_1、a_2 为参数。

3.2 间伐哑变量设置

将间伐强度作为哑变量引入单木断面积生长模型,用 $\delta(x,i)$ 表示[24]。其公式为:

$$\delta(x,i)=\begin{cases}1,\text{当 } x=i \text{ 时}\\0,\text{否则}\end{cases} \tag{2}$$

3.3 模型参数求解和精度检验

运用 R 语言进行数据分析,采用最小二乘法求解模型参数。

为检验模型精度,以决定系数 R^2 和预估精度 P 值选择模型,并对所选模型进行 F 检验,判断所选模型回归效果是否显著;选择总相对误差(TRE)、平均绝对误差(MAE)、均方根误差(RMSE)作为模型精度检验指标,比较基础模型和含哑变量模型的模拟效果。

$$R^2=1-\left(\frac{\sigma(\mathrm{SSE})}{\sigma(\mathrm{TSS})}\right)=1-\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i-\hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(y_i-\hat{y})^2} \tag{3}$$

$$P=1-\frac{t_{0.05}(N)\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(y_i-\hat{y}_i)^2}}{y\sqrt{N(N-P)}}\times 100\% \tag{4}$$

$$F=\frac{\sigma(\mathrm{SSR})/P}{\sigma(\mathrm{SSE})/(N-P-1)}\sim F_{1-\alpha}(P,N-P-1) \tag{5}$$

$$\mathrm{TRE}=\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i-\hat{y}_i)}{\sum_{i=1}^{N}\hat{y}_i}\times 100\% \tag{6}$$

$$\mathrm{MAE}=\frac{\sum_{i=1}^{N}|y_i-\hat{y}_i|}{N} \tag{7}$$

$$\mathrm{RMSE}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i-\hat{y}_i)^2}{N-1}} \tag{8}$$

式中:y_i 为断面积实测值,$\hat{y}_i$ 为断面积预估值,y 为断面积实测值的平均值,$\hat{y}$ 为断面积平均预估值,σ(SSE)为误差平方和,σ(SSR)为回归平方和,σ(TSS)为总偏差平方和,N 为样本数,P 为模型参数个数,置信水平 $\alpha=0.05$。

4 结果分析

4.1 基础模型拟合和精度检验

以关帝山360株油松为基础,利用基础模型表达式对树龄、优势木平均高及竞争指数进行拟合,结果见表3。

表3 基础模型参数与模型精度拟合

Tab. 3 Basic model parameters and model precision fitting

基础模型	参数			R^2	P
	a	a_1	a_2		
Logistic	0.0165	-1.0155	0.0328	0.5145	0.9094
Weibull	0.0251	0.0098	0.5805	0.5092	0.9075
Korf	0.0149	3.0274	-1.1302	0.4677	0.9117
Richards	0.0170	0.0233	0.8374	0.5106	0.9013

4种基础模型的 R^2 为0.46~0.52,P 值为0.89~0.92。各基础模型拟合度以 Logistic 模型最高,为0.514 5;P 值以 Korf 模型最高,为 0.911 7。

4.2 含间伐强度哑变量模型拟合与检验

将间伐强度分成3级,将间伐强度哑变量加入到模型的不同参数及其组合上,共构建了28种参数组合,利用360株对象木的生长数据进行参数估计,剔除不收敛参数组合,以参数显著性 t 检验和 P 值大小(以 $P\leqslant 0.05$ 为标准),剔除参数不符合的模型,再根据模型决定系数 R^2 确定断面积生长模型的最优哑变量参数组合,进行模型选优。模型 R^2 和 P 值见表4。

含间伐强度哑变量的模型与基础模型相比 P 值和 R^2 均有显著提高。含间伐强度哑变量的 W 模型 R^2 总体来说大于其他含间伐强度哑变量模型,含间伐强度哑变量的 K 模型 P 值均大于其他含间伐强度哑变量模型。Logistic 模型将间伐强度哑变量加到 a、a_2 参数效果最优(L5);Weibull 模型将间伐强度哑变量加到 a、a_1、a_2 参数效果最优(W7);Korf 模型将间伐强度哑变量加到 a_1、a_2 参数效果最优(K6);Richards 模型将间伐强度哑变量加到 a、a_1、a_2 参数效果最优(R7)。

表 4　含间伐强度哑变量模型精度拟合

Tab. 4　Precision fitting of dummy variable model with thinning intensity

模型	R^2	P	模型	R^2	P	模型	R^2	P	模型	R^2	P
L1	0.5710	0.9644	W1	0.5764	0.9778	K1	0.5191	0.9828	R1	0.5753	0.9813
L2	0.5725	0.9546	W2	0.5749	0.9816	K2	0.5225	0.9920	R2	0.5849	0.9837
L3	0.5767	0.9631	W3	0.5879	0.9833	K3	0.5213	0.9841	R3	0.5879	0.9799
L4	–	–	W4	0.5854	0.9716	K4	0.5211	0.9744	R4	0.5945	0.9737
L5	0.5787	0.9736	W5	0.6046	0.9805	K5	0.5213	0.9871	R5	0.5995	0.9822
L6	–	–	W6	–	–	K6	0.5312	0.9925	R6	–	–
L7	–	–	W7	0.6061	0.9912	K7	–	–	R7	0.6013	0.9841

注:L1~L7、W1~W7、K1~K7、R1~R7 分别为含哑变量参数组合的 Logistic 模型、Weibull 模型、Korf 模型、Richards 模型。

4.3 基础模型与含间伐强度哑变量模型的比较

为进一步确定基础模型与含间伐强度哑变量模型的精度差异,对基础模型和各含间伐强度哑变量最优模型的总相对误差(TRE)、平均绝对误差(MAE)及均方根误差(RMSE)3 个精度检验指标进行对比分析(表 5)。

表 5　基础模型与含间伐强度哑变量模型拟合效果对比

Tab. 5　Comparison of fitting effect between basic model and dummy variable model with thinning intensity

名称	TRE		MAE		RMSE	
	基础模型	含间伐强度哑变量模型	基础模型	含间伐强度哑变量模型	基础模型	含间伐强度哑变量模型
Logistic	0.1633	0.1541	0.0800	0.0739	0.1123	0.1041
Weibull	0.1704	0.1489	0.0814	0.0712	0.1126	0.1008
Korf	0.1619	0.1560	0.0838	0.0769	0.1153	0.1079
Richards	0.1926	0.1822	0.0808	0.0743	0.1125	0.1025

从表 5 模型模拟结果可以看出,含间伐强度哑变量模型的 TRE、MAE、RMSE 检验指标值均小于基础模型的检验指标值。

为更直观地反映基础模型与含间伐强度哑变量模型拟合效果差异,建立断面积残差分布图(图 2)和断面积实测值与预测值相关关系图(图 3)。

由图 2、图 3 可以看出,含间伐强度哑变量模型要优于基础模型,其拟合效果明显优于基础模型。说明含间伐强度哑变量断面积生长模型模拟效果要优于基础模型的模拟效果,且含间伐强度哑变量的 Weibull 模型最优。利用 F 检验对模型进行检验,检验结果 $F=57.04>F_{0.95}(9,337)=1.91$,说明回归效果显著。最优模型为:

$$g=(a+c_1K_1+c_2K_2)\mathrm{SI}[1-\exp^{-(a_1+c_3K_1+c_4K_2)t^{(a_2+c_5K_1+c_6K_2)\mathrm{CI}}}]$$

5 讨论与结论

5.1 讨论

使用固定半径法确定竞争木时,通常依据树种的不同来研究确定一个合适的竞争半径。本实验将油松竞争半径确定为 6.4 m。随着目标树近自然经营在国内的发展,通过目标树竞争距离构建目标树竞争强度与目标树生长关系尤为重要,油松的断面积受竞争强度影响显著,通过目标树与竞争木之间距离的改变,目标树空间分布格局发生变化,林木的空间分布格局直接或间接影响林木生长及林下空间合理分配[25]。随着林木的生长发育导致样地立地条件改变、林木年龄增长、人为采伐等,目标树竞争压力必然会发生变化,在固定半径内的目标树竞争压力变化规律还有待进一步研究。因此通过对目标树竞争距离的研究,可以较好地为森林近自然经营和森林抚育间伐提供更加科学的依据。

目前并没有一个单一的竞争指数或单一类别的指数是普遍优越的,指标的表现因森林类型和立地条件而异[26]。Hegyi 简单竞争指数是目前应用比较广泛的一类指标,其从胸径与距离的角度构建了林木之间的竞争关系。有学者研究认为利用树冠重叠指数可以较好地反映竞争关系,因此在进一步研究林木竞争指标中可以综合考虑指标与胸径、树冠、树高之间的相关关系,从而研究林木水平和垂直空间的综合竞争状况。

不同间伐强度的树种结构、径阶结构及对象木、目标树所受的竞争压力均表现出差异性,导致林木

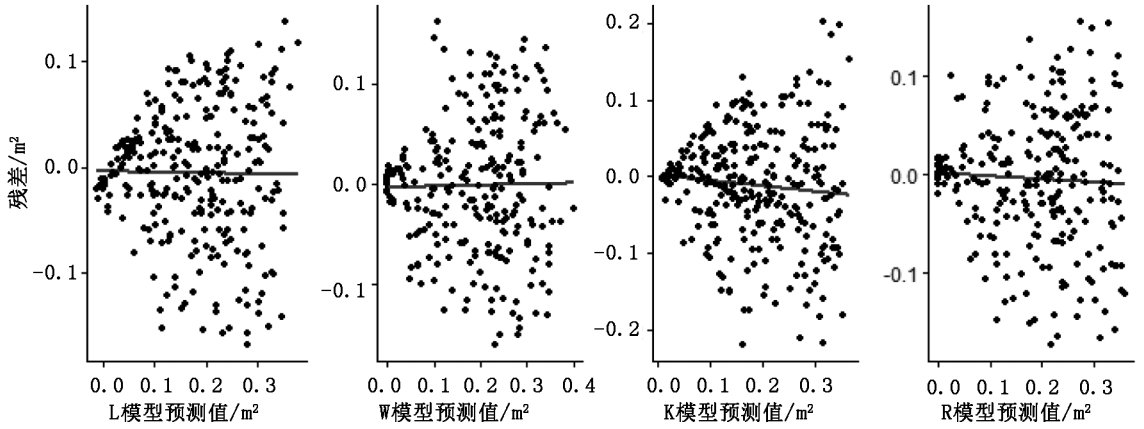


图2 含间伐强度哑变量模型残差

Fig. 2 Residual Diagram of dummy variable model with thinning intensity

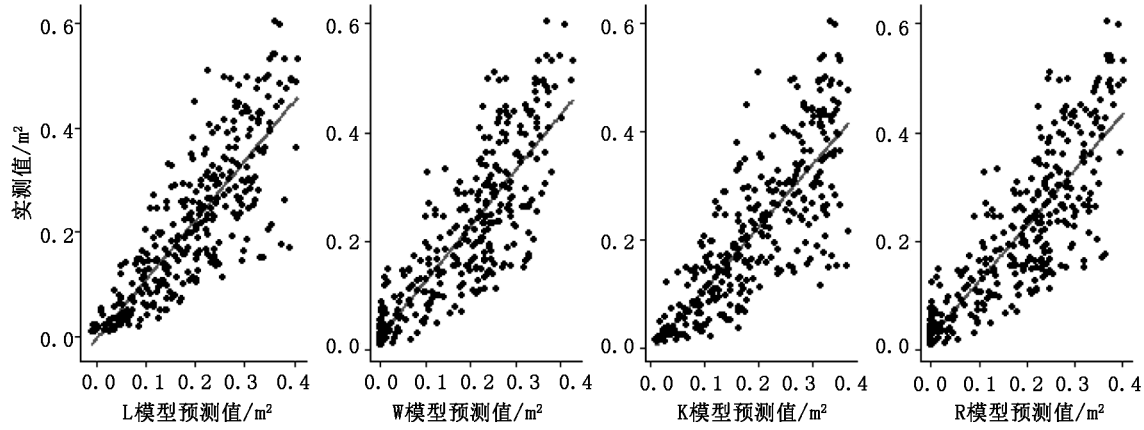


图3 含间伐强度哑变量预测值与实测值相关关系

Fig. 3 Correlation between predicted value and measured value with dummy variable of thinning intensity

生长发育的差异,采用林分尺度上的间伐强度对林木生长发育影响同样显著,但对于单木尺度的间伐强度对油松断面积的影响本实验也做了相关分析,结果并不理想,相关问题有待进一步研究。

含间伐强度哑变量模型可以很好地融合于油松单木模型,提高断面积建模精度,扩大模型的相容性。由于此次研究林木数据有限,缺乏有效的适用性检验,以后的研究中可以在增加样本数量的基础上,研究更多不同类型的单木断面积生长模型,以增加模型的适用范围。

5.2 结论

采用4种理论生长方程建立关帝山油松与距离有关的单木断面积生长基础模型,各基础模型预测精度均在90%以上,预测效果良好。

在考虑林分间伐效应的基础上,将间伐强度作为哑变量引入基础模型,构建含间伐强度哑变量与距离有关的油松单木断面积生长模型,引入哑变量后,各模型预测精度显著提高,其中Weibull模型引入间伐强度哑变量模型拟合度和预测精度最优,分别为0.606 1、99%,TRE、MAE及RMSE检验指标值最小,含间伐强度哑变量的Weibull模型可作为关帝山油松最优单木断面积生长模型,哑变量最优组合方式为 a、a_1、a_2。

本研究建立的模型对关帝山地区油松天然林是适用的,可以模拟其单木的生长,从而为油松林分的经营管理决策提供参考依据。

参考文献:

[1] 孜来比·买木提名,杨华,赵广亮,等. 单木竞争指标的研究进展[J]. 西北林学院学报,2012,27(6):152-158.

[2] 杜纪山,唐守正. 林分断面积生长模型研究评述[J]. 林业科学研究,1997(6):40-47.

[3] 包昱君,亢新刚,杜志,等. 天然林单木生长模型研究综述[J]. 林业调查规划,2013,38(2):1-5.
[4] SUN H G, ZHANG J G, DUAN A G, et al. A review of stand basal area growth models [J]. Forestry Studies in China,2007,9(1).
[5] 芦海涛,李凤日,贾炜玮. 水曲柳单木生长模型的研究[J]. 森林工程,2011,27(3):5-8.
[6] ZNAHG X G, LEI Y C, CAO Q V. Compatibility of Stand Basal Area Predictions Based on Forecast Combination [J]. Forest Science,2010,56(6):552-557.
[7] 江华,华伟平,李沛,等. 秃杉人工林树高曲线模型研究[J]. 森林与环境学报,2015,35(1):26-30.
[8] 刘平,王玉涛,杨帆. 基于单木生长模型的森林动态模拟系统研究进展[J]. 世界林业研究,2011,24(5):25-30.
[9] 林成来,洪伟,吴承祯,等. 马尾松人工林生长模型的研究[J]. 福建林学院学报,2000(3):227-230.
[10] 刘微,李凤日. 落叶松人工林与距离无关的单木生长模型[J]. 东北林业大学学报,2010,38(5):24-27.
[11] 刘强,李凤日,董利虎. 基于树冠竞争因子的落叶松人工林单木生长模型[J]. 植物研究,2014,34(4):547-553.
[12] 贺姗姗. 北京山区油松人工林林分结构与生长模拟研究[D]. 北京:北京林业大学,2009.
[13] 黄新峰,亢新刚,孙玲,等. 红松单木断面积生长模型[J]. 西北林学院学报,2011,26(3):143-146.
[14] 孟宪宇,余光辉,李凤日,等. 测树学[M]. 北京:中国林业出版社,2006:254-292.
[15] 曹梦,潘萍,欧阳勋志,等. 基于哑变量的闽楠天然次生林单木胸径和树高生长模型研究[J]. 北京林业大学学报,2019,41(5):88-96.
[16] 李忠国,孙晓梅,陈东升,等. 基于哑变量的日本落叶松生长模型研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(8):69-74.
[17] 朱光玉,胡松,符利勇. 基于哑变量的湖南栎类天然林林分断面积生长模型[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2018,42(2):155-162.
[18] 高东启,邓华锋,蒋益,等. 单木生长模型与林分生长模型耦合的方法——以油松为例[J]. 江西农业大学学报,2014,36(6):1298-1304.
[19] 赵伟红,康峰峰,韩海荣,等. 冀北辽河源地区不同林龄油松天然次生林土壤理化特征的研究[J]. 西北林学院学报,2014,29(3):1-8.
[20] 黄家荣,万兆溟. 马尾松人工林与距离有关的单木模型研究[J]. 山地农业生物学报,2000(1):10-15.
[21] 华伟平,丘甜,江希钿,等. 黄山松单木竞争分析及模型建立[J]. 森林与环境学报,2017,37(2):201-206.
[22] 段爱国,张建国. 理论生长方程研究概述[J]. 华东森林经理,2013,27(1):1-7.
[23] 江希钿. 单木模型的研制及优化的研究[J]. 中南林业调查规划,1996(1):1-4.
[24] 刘泰瑞,董威,覃志杰,等. 不同间伐强度对华北落叶松人工林竞争关系的影响[J]. 森林与环境学报,2019,39(2):153-158.
[25] 王勇,王鑫梅,牟洪香,等. 哑变量在燕山地区华北落叶松人工林生长模型中的应用[J]. 东北林业大学学报,2014,42(10):44-49,64.
[26] 石振威,曾思齐,刘发林,等. 基于地形与竞争因子的青冈栎次生林树高哑变量模型研究[J]. 西北林学院学报,2020,35(1):196-202,272.

责任编辑:杨焌焓
校　　对:张林艳　杨焌焓

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 002

基于遥感云服务平台的植被指数计算

冷天熙,胡文萍
(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:利用遥感技术能快速、大面积、长时间地探测地表情况,遥感技术的发展与应用产生海量的遥感数据,对数据的处理及运用提出新的挑战。遥感云服务能很好地解决海量遥感数据处理及运用问题。GEE 是目前应用最为广泛的遥感云服务平台,文中基于 GEE 对遥感数据收集、处理及植被覆盖指数计算进行探究,详细阐述其计算过程,并以云南省通海县为例,基于 GEE 遥感云服务平台,计算出通海县 2020 年植被指数分布情况。

关键词:遥感云服务平台;植被指数(NDVI);GEE;Landsat 遥感影像

中图分类号:S771. 8;TP79;O122. 6 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0008-03

引文格式:冷天熙,胡文萍. 基于遥感云服务平台的植被指数计算[J]. 林业调查规划,2021,46(3):8-10. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 002

LENG Tianxi,HU Wenping. Normalized Difference Vegetation Index Calculation Based on Remote Sensing Cloud Services Platform[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):8-10. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 002

Normalized Difference Vegetation Index Calculation Based on Remote Sensing Cloud Services Platform

LENG Tianxi, HU Wenping
(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: The development and application of remote sensing technology which can realize quickly, large-scale, long-term detection of land surface conditions, produces a large amount of remote sensing data, facing new challenges to the data processing and application, which can be solved by the remote sensing cloud services. Google Earth Engine is the most widely used remote sensing cloud service platform at present. Based on GEE, this paper calculated the Normalized Difference Vegetation Index by the remote sensing data collection and processing, and studied the vegetation index distribution of Tonghai County in 2020 by remote sensing cloud services platform.

Key words: remote sensing cloud services platform; Normalized Difference Vegetation Index; Google Earth Engine; Landsat remote sensing image

近年来,遥感技术迅速发展,空间分辨率、时间分辨率、光谱分辨率等技术指标不断提高,在遥感数据的获取上也趋于多平台、多传感器、多角度的特点[1]。利用遥感能快速、大面积、长时间地探测地表情况。遥感技术的发展与应用产生海量的遥感数据,近地卫星向地球发回传输数据量为每秒 GB 级

收稿日期:2021-01-22.
基金项目:云南省林业调查规划院青年联合会科研项目(1QL007Z00018).
第一作者:冷天熙(1985-),男,云南宣威人,工程师. 从事林业调查规划工作.
责任作者:胡文萍(1973-),女,四川成都人,高级工程师. 从事林业调查规划工作.

别,对数据的处理及运用提出新的挑战。遥感云计算平台的产生极大地提高了运算效率,解决了海量遥感数据处理问题。Matthew Hansen 团队于 2013 年采用遥感云计算平台进行全球森林变化监测,被世界资源研究所采用,并构建了 Global Forest Watch 全球森林监测平台。近年来,美国航空航天局、谷歌、亚马逊以及国内的阿里、腾讯、华为、商汤科技等公司均开发了相应的遥感云计算平台。

遥感云服务是利用云计算整合各种遥感技术,将已有的遥感数据、产品、算法作为一个公共服务设施,通过网络提供给用户使用。具有分布式、虚拟化、高可用性、动态扩展及高安全性等特点。

本文基于 Google Earth Engine(以下简称 GEE)云计算平台,对遥感数据收集、处理及植被指数计算进行探索,以期为遥感云计算平台在森林资源管理中的应用提供参考。

1 数据来源及计算方法

1.1 遥感云服务平台

目前,国外的遥感云服务平台主要有谷歌公司的 GEE、美国航空航天局的 NEX、笛卡尔实验室的 Descartes Labs、亚马逊的 Amazon Web Services、澳大利亚地学数据立方体(AGDC)等。国内遥感云服务也发展迅速,主要有中国科学院“地球大数据挖掘分析系统云服务(Earth Data Miner)”、华为云 GeoGenius-遥感智能体、腾讯“WeEarth 超级地球”等。其中以 GEE 应用最为广泛。

GEE 是谷歌公司的核心云计算平台,依托谷歌公司的强大服务器,能够提供足够的运算能力对海量空间数据进行可视化分析和计算处理,且平台提供海量的地球物理、天气、气候、影像等数据。GEE 已于 2019 年与深度学习平台 TensorFlow 进行耦合,进一步提升了机器学习能力。其提供丰富的 API,是一个集科学分析及地理信息数据可视化的综合性平台,其使用谷歌核心基础架构、数据分析和机器学习技术,运行高效且免费。经论证,本次试验计算选用 GEE 进行。

1.2 数据来源

本计算采用的遥感影像为 Landsat8 影像,Landsat8 于 2013 年发射,搭载陆地成像仪(OLI)和热红外传感器(TIRS),可提供全球 2013 年 4 月至今的遥感数据,空间分辨率为 30 m。Landsat8 共有 11 个波段,432 波段组合可合成真彩色图像,652 及 654 波段组合便于植被分类及分析。GEE 中直接集成 Landsat8 影像。

1.3 NDVI(植被指数)计算

NDVI(Normalized Difference Vegetation Index),归一化差分植被指数可使植被从水和土中分离出来。遥感数据生成的 NDVI 能够相当精确地反映植被绿度、光合作用强度,反映植被代谢强度及其季节和年际变化,可用于植被的监测、分类和物候分析[2]。NDVI 计算公式为:

$$NDVI=\frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (1)$$

式中,NIR 为近红外波段的反射值,R 为红光波段的反射值,Landsat8 的 NIR 为波段 5,R 为波段 4。

NDVI 广泛应用于植被生长、分类识别和覆盖度的监测。计算值为-1 到 1 之间,当-1<=NDVI<0 时,表示地面覆盖为云、水、雪等;当 NDVI =0 时,表示有岩石或裸土等;当 0<NDVI<=1 时,表示有植被覆盖,数据越大,覆盖度越大[3]。

2 计算过程

2.1 GEE 注册及平台登录

GEE 目前对科研、教育及非营利性机构人员均可以免费使用。登录官网(https://earthengine.google.com/)进行注册及登录,登录后右上角“PLATFORM”中的“CODEEDITOR”菜单,进入工作空间。工作空间包括搜索区、代码及数据存储区、代码编辑区、输出显示区及地图展示区 5 个区域。

2.2 矢量数据导入及影像数据筛选

GEE 可上传 shapefile、KML 等格式的矢量数据作研究区域。点击数据存储区的 Assets/Table Upload/Shape files 上传计算区域范围的矢量数据。上传完成后找到相应文件点击“Import into script”导入代码编辑区。GEE 提供较多的筛选函数对数据进行筛选,如筛选计算区域中 2020 年 1 月 1 日至 12 月 31 日的 Landsat 8 影像主要代码如下:

```
var sCol = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C01/T1_TOA")
    .filterBounds(roi).filterDate("2020-01-01","2020-12-31")
```

2.3 影像 NDVI 的计算及导出

GEE 中直接使用 normalizedDifference 函数进行 NDVI 值计算,完成计算后可将 NDVI 栅格图层导出。可将数据导出到 Google Driver、Google Assets 和 Google Cloud Storage,数据导出后可下载到本地进行后续数据统计及分析,计算 NDVI 平均值并导出

NDVI 栅格图层的主要代码如下：

```
var sCol=sCol1. map(function(image){
var ndvi = image. normalizedDifference ([ "B5","B4" ]);
return image. clip ( roi ) . addBands ( ndvi. rename ("NDVI" )) ; }) ;
var ndvi1=sCol. select( "NDVI" ). mean( ) ;
Export. image. toDrive( {
  image:ndvi1,
  description:'ndvi20181208',
  folder:'my_ndvi',
  scale:100,
  region:roi} )
```

2.4 NDVI 栅格数据处理

为方便数据统计分析，将计算得到的 NDVI 栅格数据转化为矢量数据。此步骤可以用 GIS 软件完成。以 ARCGIS10. 2 为例，数据处理过程如下：

1）栅格数据中 NDVI 值为-1 至 1，为防止转化为整型后数据丢失，利用空间分析工具箱/数学分析/逻辑运算/乘，将 NVDI 栅格数据乘以“100”。

2）利用空间分析工具箱/数学分析/逻辑运算/转为整型，输出一个过程栅格数据。

3）利用转换工具/由栅格转出/栅格转面，将过程文件转换为矢量数据（面数据）。需要注意的是，矢量数据（面数据）中 NDVI 的值需要重新计算，即除以“100”，可得到值在-1 至 1 之间的 NDVI 值。

3 计算结果

基于 GEE 遥感云服务平台计算云南省通海县 2020 年 1 月 18 日 Landsat8 遥感影像 NDVI 值（图 1）。通海县土地面积为 74 074 hm^2，为森林资源二类调查时的县域面积。经计算，NDVI 最大值为 0. 84，最小值为-0. 89。其中，NDVI≤-0. 5 的面积为 9. 99 hm^2、-0. 5<NDVI≤0 的面积为 3 759. 11 hm^2、0<NDVI≤0. 5 的面积为 33 506. 56 hm^2、0. 5<NDVI≤0. 8 的面积为 36 753. 54 hm^2，0. 8<NDVI 的面积为 44. 8 hm^2。具体植被指数分布情况见图 1。

4 结论

经 60 多年的发展，我国森林资源监测技术不断进步，体系日臻完善。然而，随着国际国内形势的深刻变化和林业现代化建设的深入推进，森林资源监测工作面临着前所未有的挑战。监测时效性差、协同性差、现势性弱，信息采集能力不足、信息服务水平不高的问题也日益显现出来[4]。

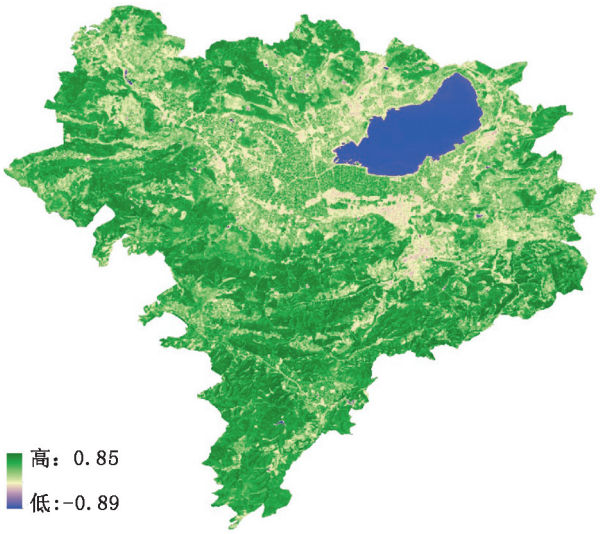


图 1 通海县 2020 年植被指数（NDVI）分布

Fig. 1 Distribution of NDVI in Tonghai County in 2020

随着遥感技术的发展，遥感数据具有体量大、更新快等特点，传统的数据处理方法难以处理海量的遥感数据，使用遥感云服务平台可高效、低成本解决这一问题。遥感云服务平台中应用最为广泛的 GEE，可为用户提供足够的运算能力和多种遥感数据，代码编写高效简洁。

目前，利用遥感数据对林地变化、森林资源进行监测是我国林草业管理中使用的主要方式。利用 GEE 计算 NDVI，可根据结果快速分析出植被覆盖情况，将分析结果与林地“一张图”、森林资源二类调查等林业相关数据处理融合分析后即可用于森林资源管理及生态环境建设。

参考文献：

[1] 董金玮，李世卫，曾也鲁，等. 遥感云计算与科学分析[M]. 北京：科学出版社，2020.

[2] 于信芳，庄大方. 基于 MODIS NDVI 数据的东北森林物候期监测[J]. 资源科学，2006(4)：111-116.

[3] 杨振兴，文哲，张贵，等. 基于 Sentinel—2A 数据的森林覆盖变化研究[J]. 中南林业科技大学学报，2020(8)：53-62.

[4] 黄国胜. 创新推动森林资源监测发展的思考[J]. 林业资源管理，2017(6)：1-5.

责任编辑：许易琦

校　　对：张林艳　许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.003

基于 DeeplabV3+的无人机遥感影像识别

赖丽琦
(浙江农林大学 信息工程学院,浙江 杭州 311300)

摘要:针对无人机植被覆盖航拍影像分类精度不高、工程量大的问题,开发适用于无人机植被覆盖影像识别、具有较高准确性的语义分割模型,以提高植被分类精度。通过无人机航拍获取研究区影像,对获取到的图像进行标注,建立图像数据集,构建随机森林、SegNet、U-Net 及 DeeplabV3+模型,对 DeeplabV3+模型进行改进,将主干网络替换为 MobileNetV2,在本实验数据集上训练和测试模型,以验证集指标作为模型评估指标。结果表明,语义分割模型表现优于传统图像分割模型;原始模型中,DeeplabV3+模型表现最好,像素准确率达 93.64%,平均交并比达 66.43%;改进的 DeeplabV3+模型在植被覆盖影像上取得较好的识别效果,像素准确率和平均交并比分别为 94.71%和 70.89%,相比原始模型分别提升了 1.07%和 4.46%,参数量仅为原始模型的 6.74%,训练时长为原始模型的 78.76%,具有一定的适用性和实用价值。

关键词:无人机;语义分割模型;DeeplabV3+模型;植被覆盖影像;参数量;训练时长

中图分类号:S718.521.2;S771.51;TP753;TP312 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0011-06

引文格式:赖丽琦. 基于 DeeplabV3+的无人机遥感影像识别[J]. 林业调查规划,2021,46(3):11-16,62.
doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.003

LAI Liqi. UAV Remote Sensing Image Recognition Based on DeeplabV3+[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):11-16,62. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.003

UAV Remote Sensing Image Recognition Based on DeeplabV3+

LAI Liqi
(School of Information Engineering, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Hangzhou 311300, China)

Abstract: Aiming at the problems of low classification accuracy and large amount of work of UAV vegetation cover aerial images, the semantic segmentation model with high accuracy for UAV vegetation cover image recognition was developed to improve the accuracy of vegetation classification. The images of the study area were acquired by UAV aerial photography, and the acquired images were labeled. The image data set was established, and the random forest, SegNet、U-Net and DeeplabV3+ models were constructed. The DeeplabV3+model was improved, and the backbone network was replaced by MobileNetV2. The models were trained and tested on the experimental data set, and evaluated by validation test. The results showed that the semantic segmentation model performed better than the traditional image segmentation model; among the original models, the DeeplabV3+model performed best, with a pixel

收稿日期:2020-10-16.

第一作者:赖丽琦(1996-),女,浙江建德人,硕士研究生. 主要从事林业信息技术方面的研究工作. Email:780097039@qq.com

accuracy rate of 93. 64% and a mean intersection-over-union of 66. 43%; the improved DeeplabV3+ model performed well with pixel accuracy of 94. 71% and mean intersection-over-union of 70. 89% on the validation set, which was 1. 07% and 4. 46% higher than that of the original DeeplabV3+ model, while the parameter quantity and the training duration was 6. 74% and 78. 76% of the original model respectively, which had certain applicability and practical value.

Key words: unmanned aerial vehicle; semantic segmentation model; DeeplabV3+ model; vegetation cover image; parameter quantity; training duration

近些年来,随着无人机航拍技术日渐成熟,无人机航拍影像正在被越来越广泛地应用于各个领域。作为高空卫星遥感影像的补充,无人机航拍影像以其获取方便,成像分辨率高,受大气因素干扰小的优点[1],在小区域遥感应用方面拥有较大的前景[2-4],基于无人机的林业资源信息获取已成为一种研究热点。林志玮等[5]利用 DenseNet, FC-DenseNet 对无人机遥感影像中的不同树种进行细分,其分类精度均达 80%以上,最高精度为 87. 54%;杨建宇等[6]使用 SegNet 对遥感影像中农村建筑物进行分割,得到了优于传统机器学习方法的结果;刘文萍等[7]提出一种改进的 DeeplabV3+模型,编码器中将主干网络替换为 ResNet+,增加联合上采样模块,调整 ASPP 模块,解码器中融合更多浅层特征。该模型对无人机影像的不同土地类型进行了较好地细分,得到效果更好的分类与分割结果;宋建辉等[8]利用基于迁移学习的 DeeplabV3+模型进行无人机地物场景语义分割,平均交并比达 75. 45%;戴鹏钦等[9]使用 Resnet-Unet 对结合了植被因子的遥感影像进行识别,结合最优尺度的面向对象分割结果可以对其结果进行修正,有效去除了“椒盐噪声”,提高了树种分类精度;滕文秀等[10]采用超像素法结合语义分割模型对无人机影像进行识别,该方法较单一模型收敛更快,精度更高。

传统机器学习方法通常沿用了卫星遥感图像的处理思路,需要人为选取特征变量,工程量大,而且特征变量的选取对精度的影响较大[11,12],深度学习领域中的语义分割方法具有较好的鲁棒性和分类分割效果,能较好地避免特征选择对精度的影响,为无人机影像分割与分类提供了新思路[13]。

本文以无人机获取的植被覆盖影像为研究对象,使用传统图像分割模型随机森林(Random Forest)和语义分割模型 SegNet, U-Net, DeeplabV3+对影像进行识别分割,并对 DeeplabV3+模型进行改进,探讨不同模型的指标优劣,以期得到最佳分割模型,为无人机植被影像精准识别提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据采集

使用六旋翼无人机 DJI Matrice 600 Pro,最大载重 5. 5 kg,最大飞行高度 500 m。搭载相机型号为 Zenmuse X5,有效像素 1 600 万,分辨率 4608×3 456,镜头焦距 15 mm,等效焦距 30 mm。

影像拍摄地点位于临安区榧子山附近的青山湖绿道,拍摄时天气良好,受天气影响较小,相机镜头保持垂直向下。

1.2 数据集的建立

根据拍摄地点无人机影像,结合青山湖地区植被分布情况,根据《中国植被》所提出的植被生活型划分为 4 种植被类型,即乔木、草本、灌木、禾本类草本,将道路,水体等其他物体统一归为背景。为提升模型的收敛速度,减少运算量,将图像裁剪为 512 像素×512 像素,使用 labelme 进行图像像素级别标注并生成标签图。通过旋转,翻转,倾斜,弹性变换,透视,裁剪,缩放等不同操作对数据进行增广,共获得 4 500 张图像,按照 7∶3 的比例划分为训练集和验证集。图 1(a)为其中一幅样本图及其数据增广图,图 1(b)为对应的标签图。

1.3 分割方法

1.3.1 随机森林

随机森林(Random Forest)由 Breiman[14]于 2001 年提出,是指利用多棵决策树对样本进行训练并预测的一种算法,属于监督分类方法。其通常包含多个决策树,输出的类别是由个别决策树输出的类别的众树来决定的。随机森林方法实现简单,精度高,具有较好的抗过拟合能力。

1.3.2 SegNet

SegNet 是一个由 Encoder 和 Decoder 组成的对称网络[15,16]。其中 Encoder 使用的是微调过的 VGG16 中的前 13 层卷积网络结构。SegNet 的创新就在于其 Encoder 的每一个 Max-pooling 过程中保

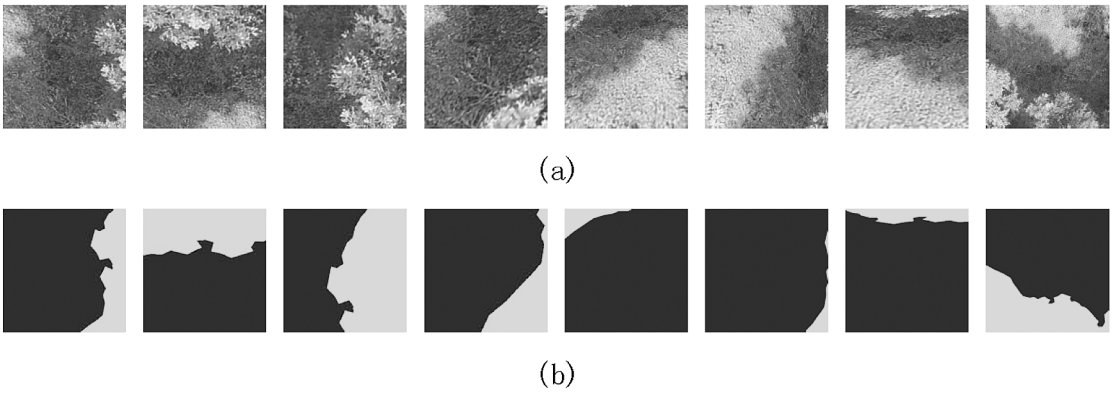


图 1　数据增广与标签图

Fig. 1　Data augmentation and label map

存其池化索引(最大值的 Index),在 Decoder 层使用这些得到的索引来做非线性上采样,对经过上采样的特征图进行卷积操作产生密集特征图(Feature maps),送入 softmax 分类器中进行分类。SegNet 改善了边界划分,减少了端到端训练的参数量,模型较小,对内存要求较低。

1.3.3 U-net

U-net[17] 包括两部分,分别为特征提取和上采样部分。由于网络结构像 U 型,所以叫 U-net 网络。与传统 FCN 网络不同,U-net 采用了完全不同的特征融合方式:拼接(Concatenate),U-net 网络的每个卷积层得到的特征图都会拼接到对应的上采样层,从而实现对每层特征图均有效使用到后续计算中。这样做的好处是结合了低级特征图中的特征,从而可以使得最终所得到的特征图中既包含了高维度的特征,也包含很多低维度的特征,实现了不同尺度下特征的融合,能有效提高模型的结果精确度,在小样本集上也能获得较为出色的表现,常用于医疗影像分割。

1.3.4 DeeplabV3+

DeeplabV3+是 Deeplab[18] 系列网络的第四代产品。DeeplabV3+为了融合多尺度信息,其引入了语义分割常用的 encoder-decoder 形式。在 Encoder-Decoder 架构中,引入可任意控制编码器提取特征的分辨率,通过空洞卷积平衡精度和耗时。DeeplabV3+与 SegNet、U-net 相比,其最大的改进之处就是引入了空洞卷积,空洞卷积加大了感受野,而且并不会造成信息损失,使得每个卷积输出均包含了更大范围的信息,并且 DeeplabV3+将深度可分离卷积应用于 ASPP 和解码器,以替换所有的最大池化(Max-pooling)操作,有效减少了参数数量,提升模型训练速度。DeeplabV3+模型结构见图 2。

1.3.5 改进的 DeeplabV3+

本文提出的分割方法基于 DeeplabV3+语义分割模型,并对主干网络进行了替换,采用加入扩张卷积的 MobilenetV2 作为主干网络,进一步减少模型参数量,使模型更加轻量化。

相比原始 DeeplabV3+使用的 Xception+网络,MobileNetV2 网络可以大幅度缩减参数量,并且可以用较少的运算量得到较高的精度。在相同显存大小的情况下,可以使用更大的 batch size 来训练模型。同时,轻量化的网络结构显著降低了模型权重文件大小和模型预测速度。改进的 DeeplabV3+模型结构见图 3。

2 实验结果与分析

2.1 实验环境与模型训练

使用 Keras 构建深度学习模型,处理器为 i7-8750H,显卡为 GTX1080TI。按照 7:3 的比例随机划分训练集与验证集。模型以 3 幅图像为一个批次进行完整迭代。以交叉熵作为损失函数;以验证集损失函数值 Val_loss 为监控对象,当 Val_loss 经过 7 个 epoch 不下降时,自动降低 1/2 学习率;当 Val_loss 经过 40 个 eopch 不下降时,认为模型已经收敛,提前结束训练。

除图像原始特征外,还使用 32 组不同参数组合的 Gabor 滤波器获取图像纹理特征,使用 Roberts,Sobel 等算子获取边缘特征,最后加入高斯、中值滤波器等,共获取 42 个特征进行随机森林模型训练。

2.2 评价指标

基于混淆矩阵基础评估模型精度。采用的评价指标有 PA(Pixel Accuracy),MIOU(Mean Intersection

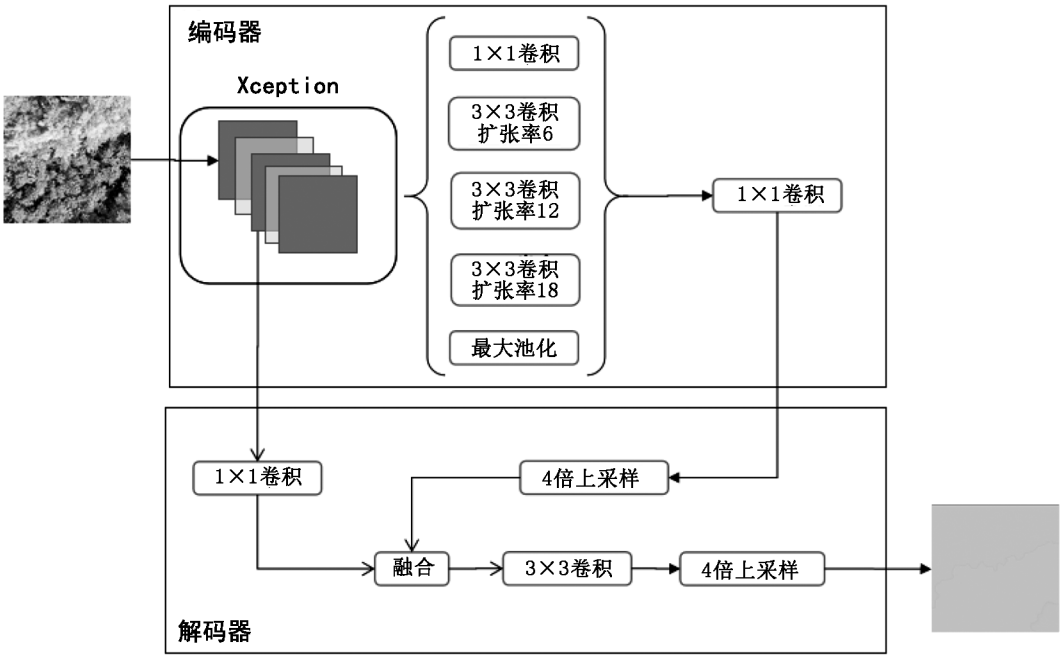


图 2　DeeplabV3+模型结构

Fig. 2　Structure of DeeplabV3+ model

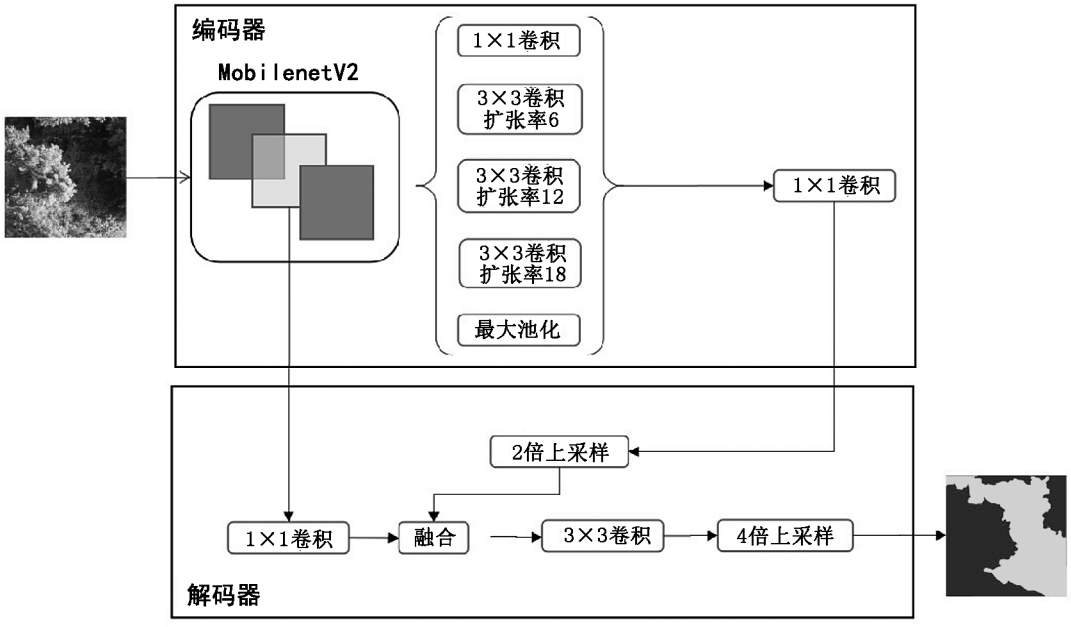


图 3　改进的 DeeplabV3+模型结构

Fig. 3　Structure of improved DeeplabV3+ model

Over Union)，Precision（精确率）以及 Recall（召回率）。具体计算公式为：

$$PA=\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \tag{1}$$

$$MIOU=\frac{TP}{FP+FN+TP} \tag{2}$$

$$Precision=\frac{TP}{TP+FP} \tag{3}$$

$$Recall=\frac{TP}{TP+FN} \tag{4}$$

其中，假定数据集中有 n+1 类（0～n），0 通常表示背景。真正（TP）和真负（TN）表示原本为 i 类同

时预测为 i 类,假正(FP)和假负(FN)表示原本为 i 类被预测为 j 类。如果第 i 类为正类,当 $i!=j$ 时,使用 P_{ii} 表示原本为 i 类同时预测为 i 类,P_{ij} 表示原本为 i 类被预测为 j 类,则 P_{ii} 表示 TP,P_{jj} 表示 TN,P_{ij} 表示 FP,P_{ji} 表示 FN。

2.3 实验结果

2.3.1 未改进模型实验结果对比

不同模型在数据集上的表现如表 1 所示。

表 1　不同模型指标对比

Tab. 1　Comparison of indicators of different models

模型	训练集准确率/%	验证集指标			
		Accuracy/%	Precision/%	Recall/%	MIOU/%
Random Forest	77.53	68.75	68.24	67.83	47.91
SegNet	95.82	93.03	93.25	93.52	61.08
U-net	95.63	93.49	94.16	93.93	63.49
DeeplabV3+	95.92	93.64	94.28	93.96	66.43

从表 1 中可以看到,传统机器学习模型 Random Forest 表现较差,在训练集和验证集上的表现较深度学习模型有所差距。U-net 表现略好于 SegNet,在验证集上的 MIOU 比 SegNet 高出 2.41%;DeeplabV3+的平均交并比 MIOU 达到 66.43%,比 U-net 高出 2.94%,其他指标也都优于 SegNet 和 U-Net 的表现。可以得出结论:DeeplabV3+模型在本次实验中表现最好,空洞卷积的引入使得模型的感受野加大,能够获取更多上下文信息,使得模型的 MIOU 较其他模型有很大提升。

DeeplabV3+模型的部分指标如图 4 所示。

从图 4 可以看到,模型的指标曲线均在 80 个 epoch 左右趋于平缓,到 120 个 epoch 时模型已达到收敛。

2.3.2 改进模型实验结果

本文提出的改进的 DeeplabV3+模型与原始 DeeplabV3+模型对比效果见表 2,以验证集指标作为评估指标。模型 1 为原始 DeeplabV3+模型,模型 2 为本文提出的改进模型。

从表 2 中可以看出,模型 2 各项指标较模型 1 均有所提升。模型 2 在模型 1 基础上,Accuracy 提升 1.07%,Precision 提升 2.22%,Recall 提升 0.19%,MIOU 提升 4.46%。实验结果表明,改进模型能够获得更好的分类与分割效果。与原模型相比,改进

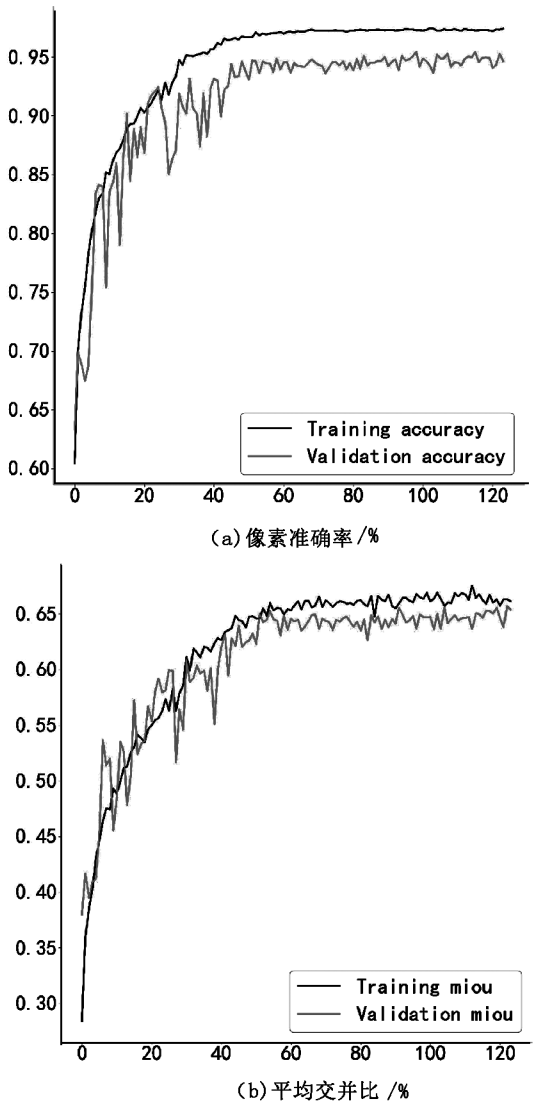


图 4　Indicators of DeeplabV3+ model

Fig. 4

表 2　模型指标对比

Tab. 2　Comparison of indicators of different models

模型	准确率/%	精确率/%	召回率/%	平均交并比/%
模型 1	93.64	94.28	93.96	66.43
模型 2	94.71	96.50	94.15	70.89

模型在各项性能指标上均有所改善,且 MIOU 有明显提升。

模型各项参数指标如表 3 所示。

从表 3 可知。与模型 1 相比,使用 MobilenetV2 作为主干网络后,模型 2 的参数个数从 41,254,101

表 3 不同模型参数指标对比

Tab. 3 Comparison of parameter indicators of different models

模型	参数个数	单 Epoch 训练时长/s	总训练 Epoch 次数
模型 1	41,254,101	485	158
模型 2	2,766,933	363	125

降到 2,766,933,仅为模型 1 的 6.71%,更少的参数使模型训练更快,更加轻量化;单 epoch 训练时长从 485s 降到 363s,总训练 Epoch 次数从 158 次降到 125 次,训练时长也有明显缩短。

两个模型部分预测结果如图 5 所示。

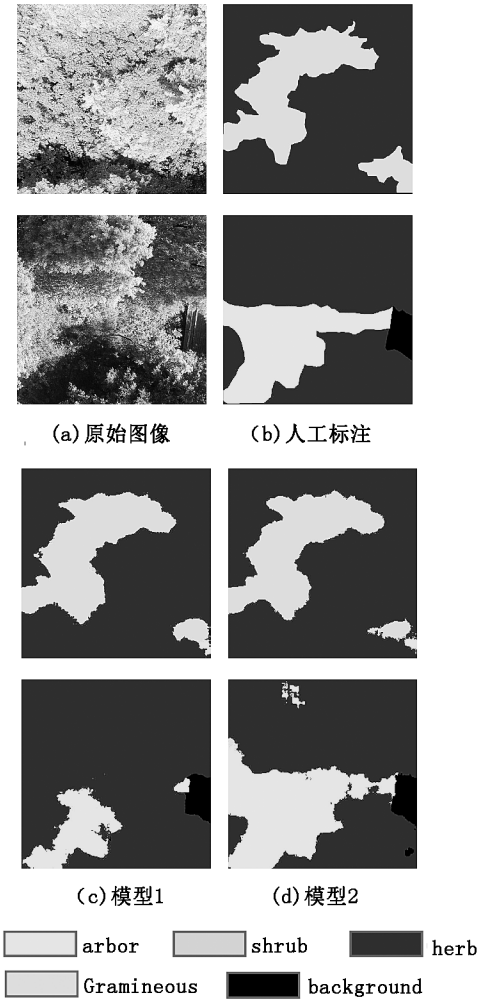


图 5 两种模型分割效果对比

Fig. 5 Comparison of the segmentation results of two models

由图 5 可以看出,模型 1 误分割情况较多,在边界分割上效果并不理想。模型 2 误分割情况有所改善,在植被覆盖图像上的分割分类精度较高,能够对边界进行更好地划分,具有更好的鲁棒性和实用性。但仍存在一定“椒盐噪声”,存在进一步优化的可能。

3 结论与讨论

针对现有林地覆盖数据获取方法耗时慢、成本高、工程量大等问题,基于深度学习方法,提出一种面向无人机航拍影像的语义分割方法。结果表明,基于深度学习的语义分割方法能够在植被识别任务上取得一定成果。

1)使用语义分割模型以及传统图像分割模型分别对研究区无人机影像进行识别分割,表明语义分割模型在图像分割上的表现要优于传统图像分割模型,可应用于无人机航拍影像识别;在语义分割模型中,DeeplabV3+表现最好,在验证集上的像素准确率为 93.64%,精确率为 94.28%,召回率为 93.96%,平均交并比为 66.43%。

2)本文提出的改进 DeeplabV3+模型在验证集上的像素准确率为 94.71%,查准率为 96.50%,召回率为 94.15%,平均交并比为 70.89%,相比原始 DeeplabV3+模型像素准确率提高了 1.07%,精确率提高了 2.22%,召回率提高了 0.19%,平均交并比 MIOU 提高了 4.46%,得到了更高的分割与分类效果。训练时长为原模型的 78.76%,参数量仅为原模型的 6.74%,具有一定的适用性和实用价值。

3)本实验无人机航拍高度固定为 20 m,后续可使用不同航拍高度图像进行对比实验,分析不同航拍高度对分割精度的影响[19]。

参考文献:

[1] 刘江俊,高海力,方陆明,等. 基于无人机影像的树顶点和树高提取及其影响因素分析[J]. 林业资源管理,2019(4):107-116.

[2] 鲁恒,付萧,贺一楠,等. 基于迁移学习的无人机影像耕地信息提取方法[J]. 农业机械学报,2015,46(12):274-279.

[3] 赵静,李志铭,鲁力群,等. 基于无人机多光谱遥感图像的玉米田间杂草识别[J]. 中国农业科学,2020,53(8):1545-1555.

[4] GIRISHA S,PAI M M M,VERMA U,et al. Performance Analysis of Semantic Segmentation Algorithms for Finely Annotated New UAV Aerial Video Dataset(ManipalUAVid)[J]. IEEE Access,2019,7:136239-136253.

(下转第 62 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.004

腾冲红花油茶“大小年”树枝叶中主要矿质元素含量比较分析

谢 胤[1,2],余祖华[1,2],李看清[2],尹必期[2],王自洪[2],李丽华[1],寸明辉[1,2],杨槐青[2]
(1.国家油茶科学中心腾冲红花油茶实验站,云南 腾冲 679100; 2.腾冲市林业局林业技术推广站,云南 腾冲 679100)

摘要:对结果大年及结果小年的腾冲红花油茶枝叶中氮、磷、钾、镁 4 种元素的含量进行检测和分析,以探索减小腾冲红花油茶“大小年”现象的施肥管理措施。结果表明,腾冲红花油茶大年树经过一年的结果消耗,枝叶中氮、磷、钾、镁 4 种元素含量较低,小年树经过一年的积累,枝叶中 4 种元素含量较高,二者分别相差 1.52、0.15、0.72 和 0.15 g/kg,小年树 4 种元素含量分别高出 21.40%、20.00%、18.37%和 31.91%;无论大年树还是小年树,其氮、磷、钾、镁 4 种元素含量均为氮>钾>磷>镁,大年树氮、磷、钾、镁的含量比例约为 7∶1∶4∶1,小年树的氮、磷、钾、镁含量比例约为 9∶5∶1∶1,氮元素含量在大小年间差异极显著,钾、磷、镁含量差异不显著。建议在腾冲红花油茶坐果结束后全面追施 4 种元素且含氮量较高的速效肥,并于 6—7 月在叶面各喷施 1 次氮肥,在花芽分化完成后摘除过多的花芽,减小开花结果消耗,从而减小腾冲红花油茶“大小年”差异程度。

关键词:腾冲红花油茶;“大小年”现象;矿质元素;施肥措施

中图分类号:S794.4;S718.43 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0017-04

引文格式:谢胤,余祖华,李看清,等. 腾冲红花油茶“大小年”树枝叶中主要矿质元素含量比较分析[J]. 林业调查规划,2021,46(3):17-20. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.004

XIE Yin, YU Zuhua, LI Kanqing, et al. Comparative Analysis of Main Mineral Elements in Branches and Leaves of “On and Off-Year” *Camellia reticulata*[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(3): 17-20. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.004

Comparative Analysis of Main Mineral Elements in Branches and Leaves of “On and Off-Year” *Camellia reticulata*

XIE Yin[1,2], YU Zuhua[1,2], LI Kanqing[2], YIN Biqi[2], WANG Zihong[2], LI Lihua[1], CUN Minghui[1,2], YANG Huaiqing[2]
(1. Tengchong Experiment Station of *Camellia reticulata*, National Science Center for *Camellia oleifera*, Tengchong, Yunnan 679100, China; 2. Forestry Technology Extension Station of Tengchong Forestry Bureau, Tengchong, Yunnan 679100, China)

Abstract: The contents of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium in the branches and leaves of *Camellia reticulata* were determined and analyzed, to explore the fertilization management measures to reduce the phenomenon of “on and off-year” *Camellia reticulata*. The results showed that the contents of

收稿日期:2020-09-08;**修回日期**:2020-09-08.
基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金“腾冲红花油茶高效栽培水肥调控技术研究(CAFYBB2017MB006)”.
第一作者:谢胤(1972-),男,云南腾冲人,高级工程师. 主要从事经济林栽培研究. Email:tchhycsyz@163.com
责任作者:余祖华(1974-),男,云南腾冲人,高级工程师. 主要从事林业技术研究与推广工作. Email:tcxltz@163.com

N, P, K and Mg in the on-year branches and leaves were lower after one year's consumption, while the contents of these four elements in the off-year branches and leaves were higher after one year's accumulation, and the differences between them were 1.52、0.15、0.72 and 0.15g /kg, respectively, and the contents of the four elements in the off-year tree were 21.40%、20.00%、18.37% and 31.91% higher than those in the on-year tree; the contents of N, P, K and Mg in young trees were all N > K > P > Mg, the contents of N, P, K and Mg in on-year trees and off-year were about 7 :1 :4 :1 and 9 :5 :1 :1, respectively, and the contents of N in on and off-year trees had significant difference, but the contents of P, K and Mg had no significant difference. This paper suggested that after the fruit setting, *Camellia reticulata* should be sprayed with four-element available fertilizers and nitrogen fertilizer once in June and July, and the excessive flower buds should be removed after the flower bud differentiation to reduce flowering and fruiting consumption and the difference degree in on and off-year.

Key words: *Camellia reticulata*; phenomenon of "on and off-year"; mineral element; fertilization measures

腾冲红花油茶(*Camellia reticulata* Lindl.)是一种经济价值较高的木本食用油料和观赏树种[1],又名滇山茶,是世界著名观赏花卉云南山茶花的原始种[2],其籽油为优良的食用油[3],主要分布在滇中及其以西、腾冲及其以东地区。腾冲市是腾冲红花油茶的分布中心,是目前规模化利用腾冲红花油茶程度最高、栽培规模最大的地区[4],全市已发展腾冲红花油茶 4.15 万hm^2,是腾冲群众脱贫的主要产业。腾冲红花油茶结果"大小年"现象明显,遇小年产量非常低,严重时甚至绝收。国内有学者对苹果树的"大小年"发生原因进行了研究,认为主要与树体营养、内源激素、气候环境和土壤水肥管理等密切相关[5-6]。许多专家学者对腾冲红花油茶的资源分布、相关性状、树体营养元素变化及其利用方面 进行了大量研究[7-17],但在腾冲红花油茶大小年现象、果实生长对营养元素的消耗方面未见报道。氮、磷、钾和镁被认为是茶树生长的重要元素[18-19]。本研究以猴桥镇长平坝腾冲红花油茶标准化种植基地中的腾冲红花油茶为样本,分别采集逢大年和逢小年的腾冲红花油茶单株枝叶,检测枝叶中氮、磷、钾、镁含量,分析腾冲红花油茶大年树和小年树中各元素含量差异,为腾冲红花油茶合理施肥、减小"大小年"程度提供科学依据。

1 试验地自然概况

试验地位于猴桥镇胆扎社区长平坝,地理位置为东经 98°28′07″,北纬 25°29′14″,海拔 2 050 ~ 2 160 m,坡度 5°~10°,土壤为微酸性黄壤。该地年均温 12℃,≥10 ℃年积温 4 440 ℃,极端最高温 28.9℃,极端最低温-5℃,年降雨量 1 600 mm,年日照时间 2 167 h。

2 材料与方法

2.1 供试样株信息

供试样株群落面积 80 hm^2,树龄 10 a,密度 840 株/hm^2,纯林,实生繁殖。田间常规管理,上年 5 月施用 N :P :K = 15 :15 :15 的复合肥 1.5 kg/株,果实 10 月中旬采收。随机抽取大年树和小年树各 10 株,样株信息如表 1 所示,其中 1~10 号样株为大年树、11~20 号样株为小年树。

表 1 供试样株信息

Tab. 1 Sample plant information

样株号	地径 /cm	树高 /cm	冠幅 /cm	树冠体积产量 /kg
01	6.1	255	200×190	1.93
02	4.4	195	168×140	1.32
03	6.2	250	140×165	1.64
04	8.0	315	125×125	3.88
05	4.1	240	150×170	2.67
06	5.9	300	100×90	4.44
07	6.9	201	158×130	2.29
08	5.5	202	158×130	3.97
09	6.3	200	160×140	3.18
10	7.6	230	142×160	1.42
11	6.5	195	160×120	0
12	6.0	220	140×126	0
13	7.0	175	160×170	0
14	7.5	252	160×195	0
15	7.1	240	135×156	0
16	7.2	215	185×170	0
17	6.5	275	135×150	0
18	6.2	220	205×195	0
19	7.0	270	185×180	0
20	6.2	192	155×142	0

2.2 试验方法

于 2019 年 10 月 12 日分别从大年树和小年树的腾冲红花油茶单株顶部、中部和下部采集带叶小枝 500 g,带回实验室清洗干净,晾干表面水分,将枝叶分离,剪碎后分别放入烘箱,在 105℃下杀青 15 min,然后在 70~80 ℃下烘干至恒重。枝叶混合粉碎后用 FOSS 凯氏定氮仪测定树体全氮含量,用钼锑抗比色法测定全磷含量,火焰分光光度计法测定钾元素含量,用原子吸收分光光度法测定镁元素含量。

2.3 数据分析

数据采用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 进行统计分析。用公式(1)计算变异系数,公式(2)计算单位树冠体积产量,公式(3)计算圆球型冠层体积。

$$V_{系}=S/\overline{X_1} \quad (1)$$

式中:$V_{系}$ 表示变异系数,S 表示标准差,X 表示每列数字的平均值。

$$m=M/G \quad (2)$$

式中:m 表示单位树冠产量,M 表示单株总产量,G 表示树冠体积。

$$V_{体}=2\times\pi[(d_1+d_2)/4]^2/3 \quad (3)$$

式中:$V_{体}$ 表示冠层体积,d_1 和 d_2 分别表示冠幅两个方向的长度。

3 结果与分析

腾冲红花油茶“大小年”树枝叶主要矿质元素含量检测结果见表 2 所示。

表 2　矿质元素含量检测结果

Tab. 2　Determination results of mineral element content

样株号	大年树 元素含量/(g·kg^{-1})				样株号	小年树 元素含量/(g·kg^{-1})			
	N	P	K	Mg		N	P	K	Mg
01	5.61	0.69	4.74	0.20	11	8.04	0.46	3.79	1.11
02	9.08	0.97	4.32	0.51	12	8.63	0.92	5.70	0.35
03	6.38	0.79	2.85	0.50	13	7.29	1.09	4.18	0.68
04	8.91	0.62	3.32	0.41	14	9.87	1.14	4.89	0.53
05	6.61	0.65	3.78	0.39	15	8.30	0.91	4.85	0.49
06	6.20	0.65	4.03	0.56	16	9.84	0.98	5.11	0.68
07	7.77	0.71	3.94	0.63	17	8.91	0.80	4.20	0.39
08	5.95	0.65	3.65	0.39	18	7.98	0.83	4.77	0.34
09	6.24	0.51	3.04	0.54	19	9.64	1.28	5.97	1.11
10	8.24	1.29	5.59	0.60	20	7.76	0.59	2.96	0.59
均值	7.10±1.28	0.75±0.22	3.92±0.82	0.47±0.13	均值	8.63±0.91	0.90±0.25	4.64±0.89	0.63±0.28

从表 2 可以看出,腾冲红花油茶氮、磷、钾、镁 4 种元素的含量在大年树枝叶中的平均含量分别为(7.10±1.28) g/kg、(0.75±0.22) g/kg、(3.92±0.82) g/kg 和(0.47±0.13) g/kg,在小年树枝叶中的平均含量分别为(8.62±0.91) g/kg、(0.90±0.25) g/kg、(4.64±0.89) g/kg 和(0.62±0.28) g/kg,小年树中的含量分别比大年树中的含量高 1.52、0.15、0.72 和 0.15 g/kg,分别高出 21.40%、20.00%、18.37%和 31.91%,说明腾冲红花油茶大年树开花结果消耗了较多矿质元素,导致枝叶内的氮、磷、钾、镁元素含量降低。

无论大年树还是小年树,枝叶中 4 种元素含量均为氮>钾>磷>镁,大年树氮∶磷∶钾∶镁≈7∶1∶4∶1,小年树氮∶磷∶钾∶镁≈9∶1∶5∶1。从消耗量看,消耗最大的是氮元素,其次是钾元素,磷元素和镁元素消耗量基本相等。方差分析表明(表 3),除氮元素含量在大小年间差异极显著外,其余 3 种元素含量在大小年间均不显著,说明 4 种元素中氮元素是导致腾冲红花油茶“大小年”现象的主要元素。

4 讨论和结论

1)腾冲红花油茶大年树经过一年的结果消耗后,枝叶中的氮、磷、钾、镁 4 种元素含量较低,小年树经过一年的积累,枝叶中 4 种元素含量较高,二者

表3 腾冲红花油茶“大小年”树元素含量方差分析

Tab.3 Variance analysis of element contents in “on and off-year” *Camellia reticulata*

元素名称	差异来源	SS	df	s^2	F	Sig.
氮	组间	11.659	1	11.659	9.399	0.007
	组内	22.328	18	1.240		
	总数	33.986	19			
磷	组间	0.108	1	0.108	1.943	0.180
	组内	1.001	18	0.056		
	总数	1.109	19			
钾	组间	2.563	1	2.563	3.497	0.078
	组内	13.192	18	0.733		
	总数	15.755	19			
镁	组间	0.119	1	0.119	2.470	0.133
	组内	0.864	18	0.048		
	总数	0.983	19			

分别相差1.52、0.15、0.72和0.15 g/kg,小年树分别高出21.40%、20.00%、18.37%和31.91%。早期研究结果表明,腾冲红花油茶开花结果消耗的氮、磷、钾、镁来自于上年储藏[20],腾冲红花油茶大年树经过一年的结果消耗,4种元素含量不能满足花芽分化和开花结果需要,导致次年不结果或结果较少,形成了结果小年。

2)无论大年树还是小年树,枝叶中氮、磷、钾、镁4种元素含量相比较均为氮>钾>磷>镁,这与早期研究结果一致[20]。大年树氮∶钾∶磷∶镁≈7∶4∶1∶1,小年树氮∶钾∶磷∶镁≈9∶5∶1∶1,大小年树之间矿质元素含量差异以氮元素最大,这与方差分析结果一致,与王鹏彦等在苹果树上的研究结果一致[17]。研究中发现,腾冲红花油茶结果后的变化主要表现为叶片黄化,多数在果实膨大期后逐渐表现出来,结果越多,黄化越严重,这可能是因为大量氮元素被结果消耗导致叶绿素降低所致。

综上所述,鉴于腾冲红花油茶“大小年”树中氮、磷、钾、镁4种元素含量变化特性,建议采取措施减小“大小年”差异程度:(1)在腾冲红花油茶坐果结束后(5月上旬)全面追施4种元素且含氮量较高的速效肥料,并于6—7月在叶面各喷施1次氮肥;(2)在花芽分化完成后摘除过多的花芽,减少开花结果消耗。

参考文献:

[1] 庄瑞林. 中国油茶(第2版)[M]. 北京:中国林业出版社,2008:72-73,86.

[2] 冯国楣,夏丽芳. 云南山茶花[M]. 昆明:云南人民出版社,1981.

[3] 贾良志,周俊. 中国油脂[M]. 北京:科学出版社,1987.

[4] 黄佳聪,陆斌,阚欢,等. 腾冲红花油茶栽培与籽油制取技术[M]. 北京:科学出版社,2012.

[5] 白岗栓,庞录侠,燕志辉,等. 陕北山地苹果“大小年”现象的成因及修剪防御措施[J]. 安徽农业科学,2020,48(5):55-61,64

[6] 王鹏彦. 试论果树大小年结果形成的原因和克服的方法[J]. 陕西林业,2001(1):38.

[7] 黄佳聪,陆斌,阚欢,等. 腾冲红花油茶籽油主要理化成分分析[J]. 西南林学院学报,2010,30(5):29- 32.

[8] 黄佳聪,何俊,尹瑞萍,等. 腾冲红花油茶自然和人工种群种实性状变异研究[J]. 北京林业大学学报,2010,32(5):94-101.

[9] 黄佳聪,郭军,罕新艳,等. 腾冲红花油茶芽苗砧嫁接技术及其成效分析[J]. 西部林业科学,2011,40(2):84-87.

[10] 靳高中,杨水平,姚小华,等. 腾冲红花油茶果实主要性状变异分析[J]. 西南大学学报(自然科学版),2011,33(12):48-53.

[11] 靳高中,姚小华,任华东,等. 腾冲红花油茶产量及脂肪酸组成变异研究[J]. 江西林业大学学报,2012,34(3):492-498.

[12] 沈立新,梁洛辉,王庆华,等. 腾冲红花油茶自然类型及其品种类群划分[J]. 林业资源管理,2009(6):75-79.

[13] 杨忠品,谢胤,辛成莲,等. 高黎贡山以西油用腾冲红花油茶种质资源调查报告[J]. 林业调查规划,2015,40(1):86-90.

[14] 李溯. 云南山茶花[M]. 昆明:云南科技出版社,2016.

[15] 李世成. 云南省腾冲县红花油茶资源调查及利用分析[J]. 西南林学院学报,2008,23(3):11-19.

[16] 谢胤. 腾冲红花油茶古树病虫害、寄生植物危害调查及保护建议[J]. 林业调查规划,2012,37(6):77-80.

[17] 辛成莲,石卓功,黄佳聪,等. 腾冲红花油茶座果率及结实率研究[J]. 西部林业科学,2011,40(4):60-64.

[18] 吴询. 茶树的钙镁营养及土壤调控[J]. 茶叶科学,1994,14(2):115-121.

[19] 张亚莲,常硕其,傅海平,等. 茶树土壤镁含量对茶树生长及产量品质的影响[J]. 贵州科学,2008,26(2):30-33.

[20] 谢胤,曹永庆,余祖华,等. 腾冲红花油茶营养器官主要矿质元素含量年内变化分析[J]. 西部林业科学,2019,48(3):97-102.

责任编辑:许易琦

校 对:张林艳 许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 005

大理州云南松天然林林分直径结构动态变化研究

魏安超[1],张大为[2]
(1.云南金杉工程建设监理咨询有限公司,云南 昆明 650051; 2.国家林业和草原局调查规划设计院,北京 100714)

摘要:研究云南松天然林分的直径结构特征及动态变化规律,对于掌握云南松天然林分的测树学特征具有重要的基础性作用。基于 5 期云南省森林资源连续清查样地数据,以优势树种为云南松的样地为研究对象,采用偏度、峰度、变动系数、累积株数分布、径阶株数分布和每公顷胸高断面积对大理州云南松天然林林分直径结构动态变化规律及林分密度对其影响进行分析。结果表明,林分直径偏度、峰度和变动系数总体上随林分年龄的增加而下降,林分密度对林分直径变动系数无明显影响;林分直径株数累积比重随径阶的增加而增加,随林分密度的增加而增加;林分径阶株数随径阶的增加而减小,随林分年龄的增加而下降,株数集中分布在 6~18 cm 径阶范围;林分每公顷胸高断面积总体上随年龄的增加而增加,随林分密度的增加而增加。

关键词:云南松天然林分;林木直径结构;林分密度;胸高断面积;云南大理

中图分类号:S791. 257;S754. 1;S758. 55 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0021-06

引文格式:魏安超,张大为. 大理州云南松天然林林分直径结构动态变化研究[J]. 林业调查规划,2021,46(3):21-26,32. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 005

WEI Anchao,ZHANG Dawei. Dynamics of Diameter Structure of *Pinus yunnanensis* Natural Stand in Dali[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):21-26,32. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 005

Dynamics of Diameter Structure of *Pinus yunnanensis* Natural Stand in Dali

WEI Anchao[1], ZHANG Dawei[2]
(1. Yunnan Jinshan Engineering Construction Supervision Consulting Co., LTD, Kunming 650051, China;
2. Academy of Inventory and Planning, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China)

Abstract: The study on the diameter structure characteristics and dynamics law of *Pinus yunnanensis* natural stand is very important for mastering the tree measurement characteristics. Based on the data of continuous forest inventory during the 5 period in Yunnan Province, this paper analyzed the dynamics of diameter structure of *Pinus yunnanensis* natural stand and the influence of stand density by skewness, kurtosis, variation coefficient, cumulative plant number distribution, diameter grade and number distribution and basal area at breast height per hectare. The results showed that the skewness, kurtosis and variation coefficient of stand decreased with the increase of the stand age, and the stand density had no significant effect on the variation coefficient of the stand diameter structure; the cumulative plant number distribution of stand diameter increased with the increase of diameter class and stand density; the diameter

收稿日期:2020-09-16.

第一作者:魏安超(1991-),男,山东聊城人,助理工程师. 从事林业调查规划设计工作. Email:weianchao@ foxmail. com

责任作者:张大为(1977-),男,黑龙江齐齐哈尔人,工程师. 主要从事林业调查规划设计工作. Email:daweizhang@ 126. com

grade and number distribution decreased with the increase of diameter class and stand age, and the number of trees distributed in 6~18cm diameter class range; the basal area at breast height per hectare increased with the increase of stand age and density.

Key words: *Pinus yunnanensis*; diameter structure of stand; stand density; basal area at breast height; Dali of Yunnan

单木在林分中的自然生长过程并非杂乱无章，而是存在着比较稳定的结构。这种自然的林分结构规律体现在直径、树高、材积以及复层异龄混交林中的林层、树种组成等方面[1]。其中，林分直径结构是林分结构中最为重要、最为基本的结构，是决定林分树高、断面积和材积等的基础[2]。目前，关于林分直径结构的研究主要集中在分布规律及生长模型方面。国内学者张建国等[3]曾对林分直径结构模拟与预测模型的研究现状进行了较为系统的论述，并指出林分直径结构模型的研究主要围绕参数和非参数2种方法展开。段爱国等[4]通过6种理论生长方程对杉木人工林林分直径累积分布进行过模拟，对比分析了各生长方程的模拟精度。Bailey[5]用正态分布拟合了不同树种的直径分布，效果较好，但只能拟合发育过程中某一个阶段的林分直径分布情况，具有一定的局限性。张巧巧等[6]对不同优势度胖大海林分林木直径分布进行了研究，结果表明在13.1~86.5 cm胸径范围，林分直径分布曲线为左偏，中小径阶林木占多数；张雷等[7]对祁连山云杉林分结构随海拔的变化研究时得出，随海拔的升高，平均胸径和冠幅直径增加，林分密度降低，平均树高和胸高断面积呈“单峰”变化。赵丹丹[8]采用参数预测模型系统对人工落叶松纯林直径分布进行预估，取得了较好的拟合结果，但模型变量选择比较单一，模拟过程中忽略了林木枯损。张鹏等[9]以杉木人工林为研究对象，分析不同间伐强度下杉木的生长情况，表明适度的间伐强度能减少小径木比例，使林分直径分布曲线左偏程度减弱，但研究中间伐后林分生长的时间较短，有待于进一步研究。

云南松是我国西南部干性亚热带植被的典型代表群系[10-11]，在云南省的分布面积约占有林地面积的29.2%[12]，是我国西南地区重要的用材林资源[13-14]。一直以来，针对云南松的研究主要集中于分布规律、群落结构及生物量等方面，对云南松林分结构的研究相对较少，尤其缺乏对其林分结构长期动态变化的研究。对云南松天然林分直径结构的动态变化以及林分保留密度对直径结构动态变化的影响进行研究，分析云南松天然林不同林龄阶段的林分直径结构变化规律和特点，为云南松天然林林分结构的调整及可持续经营提供参考，为有效保护和合理利用天然云南松资源提供理论依据。

1 数据收集

以大理白族自治州天然云南松林分为研究对象。大理白族自治州位于云南省中部偏西，最高点为苍山马龙峰，海拔 4 122 m，最低点海拔 1 386 m。气候属于典型的亚热带高原季风气候区，热量充足、年温差小、日温差大、四季不分明。年均温15.1℃，年均降水量 1 080 mm，年均日照时数2 276.6 h[15]。

研究数据采用位于大理白族自治州境内的第三、四、五、六、七次森林资源连续清查（一类调查）样地数据。该数据采用系统抽样方法，抽样间距为6 km×8 km，现地设置正方形实测样地，样地面积为0.08 hm^2，调查对象是从幼小到成熟的全部林木总体，每间隔5 a连续观测林木的测树学和生态学特征。

本研究选择人为干扰较小、以云南松为优势树种的天然林分，共筛选出56个样地，样地分布如图1所示，样地总体统计特征如表1所示。

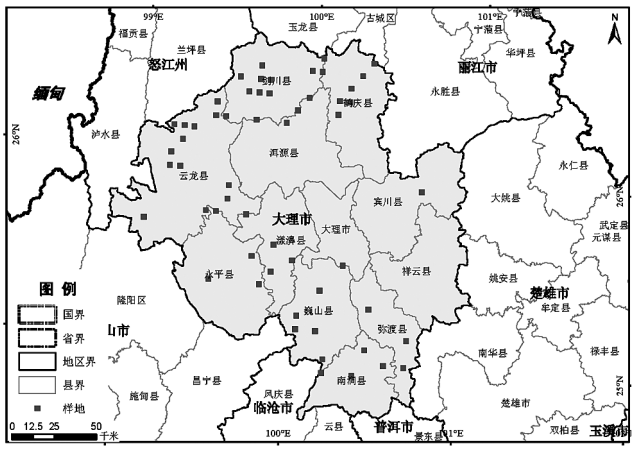


图1　云南松样地分布

Fig. 1　Distribution of *Pinus yunnanensis* sampling plots

表 1　样地总体统计特征

Tab. 1　General statistical characteristics of sampling plots

类 别	海拔/m	坡向/(°)	坡度/(°)	株数/株	郁闭度	年龄/a	胸径/cm	树高/m
最小值	1400	0	3	2	0.11	4	1.8	0.4
最大值	3320	315	43	239	0.90	80	43.5	25.7
平均值	2378	163	25	75	0.51	26	11.9	7.6
标准误差	26.2	5.2	0.6	3.0	0.0	0.9	0.3	0.2
标准偏差	430.0	85.8	9.1	48.8	0.2	14.2	5.5	4.0
方差	184915.2	7360.1	83.3	2383.7	0.0	202.2	30.0	16.0
峰度	−0.7	−0.9	−0.5	0.2	−0.9	0.7	4.3	1.1
偏度	0.0	0.0	−0.1	0.9	−0.1	0.9	1.3	0.8

2 研究方法

统计各径阶内的株数分布和累积频率分布,再以 10 a 为一个龄级(根据云南省森林资源规划设计调查技术规定),划分各样地林木所属的龄级。

根据林分密度指数(SDI)将各样地所有林木按不同密度分为 3 级[16]:SDI < 1 000 为Ⅰ密度级,1 000≤SDI<1 800 为Ⅱ密度级,SDI≥1 800 为Ⅲ密度级;分析林分直径分布曲线的统计量指标为偏度(SK)、峰度(ST)和变动系数(CV)。计算公式为:

$$SDI = N\left[\frac{\overline{D}}{D_0}\right]^b$$

$$SK = \frac{n}{(n-1)(n-2)}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{D_i-\overline{D}}{S}\right)^3$$

$$ST = \left\{\frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{D_i-\overline{D}}{S}\right)^4\right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

$$CV = \frac{S}{D}\times 100\%$$

式中:N 为林分单位面积株数;$\overline{D}$ 为林分算术平均胸径;b 为参数,一般取值为 1.605;D_0 为林分标准胸径,我国一般取 10 cm;n 为样地林木株数;D_i 为林分每木直径;S 为胸径标准差。

根据各样地林分平均胸径分龄级计算各时期的偏度、峰度及变动系数,拟合动态变化曲线;结合林分直径累积分布曲线,分析云南松天然林直径结构动态变化及林分密度对其变化的影响。计算各龄级每公顷胸高断面积,拟合不同林分密度级每公顷胸高断面积随年龄的变化曲线。

3 结果与分析

3.1 直径偏度和峰度变化分析

林分直径偏度随林分年龄的变化规律如图 2 所示。

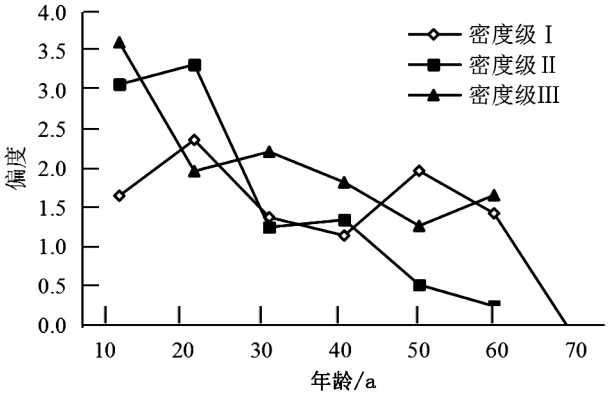


图 2　不同林分密度级的直径偏度

Fig. 2　Diameter skewness of different stand densities

由图 2 可知,林分直径偏度分布曲线总体上是随着林分年龄的增大而减小,起初直径偏度大于零,林分直径曲线偏度左偏,表明此时林分中小径木株数占多数,中央径阶株数和大径阶株数较少,之后偏度随林分年龄的增大而减小并逐渐趋近于零甚至为负值。林分直径分布曲线向右偏移,表明林分中,中径木和大径木株数增多。在云南松林龄 10~70 a 范围,除了在 20 a 及 50 a 处之外,Ⅲ密度级的林分偏度基本上大于Ⅰ和Ⅱ密度级;在 30 a 以前和 40 a 时,Ⅱ密度级林分直径的偏度大于Ⅰ密度级,之后小于Ⅰ密度级。在林分生长过程中,随林分年龄的增加,林分内树木竞争加剧,树木直径分化随之增加,

引起自然稀疏,导致林分内大量的小径木枯死;随林分株数密度的增加,林分中小径木株数逐渐增加,中大径木株数逐渐减少;随林分年龄增加,林分直径分布曲线左偏程度减弱,并向正态及右偏的状态过渡性发展。

林分直径峰度随年龄的变化规律如图 3 所示。

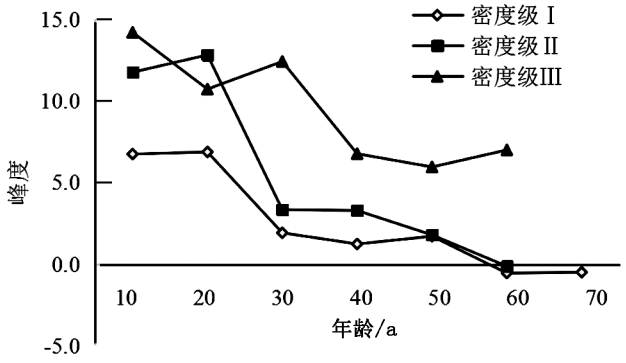


图 3 不同林分密度级的直径峰度

Fig. 3 Diameter kurtosis of different stand densities

由图 3 可知,云南松林分直径峰度值总体上随年龄的增大呈下降趋势,起初直径峰度值为正值,之后由正值呈下降趋势且趋向于负值,但接近于零。由图 3 可知,只有 I 密度级的林分直径峰度值出现负值,且高密度级林分的直径峰度值大于低密度级林分的直径峰度值,但各密度级的林分直径峰度值最终都呈趋近于零的趋势。Ⅲ密度级的林分直径峰度值始终为正值,表明林分直径分布曲线尖峭。Ⅰ密度级和Ⅱ密度级的林分直径峰度值在 60 a 以后均接近于零,林分直径分布比较分散。林分直径峰度值的变化能较好地反映出云南松林分直径在幼龄林阶段分布比较集中,随着年龄的增长,林分直径分布越来越分散。

3.2 直径变动系数变化分析

林分直径变动系数变化规律如图 4 所示。

由图 4 可知,云南松直径变动系数随林分年龄的增长总体上呈现下降趋势,具体是前期逐渐减小,后期缓慢增大。其原因可能是变动系数是胸径标准差与算术平均胸径的比值,前期云南松天然林分中小径木株数占比较大,大径木株数占比例少,使得林分平均直径小,加之林分平均直径增长速度比林分直径标准差快,导致林分直径变动系数逐渐下降;之后,随着林分年龄的增长,林分内树木竞争加剧,使得林分直径分化日趋严重,但林分标准差仍继续增加,同时,林分直径的生长在一定程度上受到抑制,

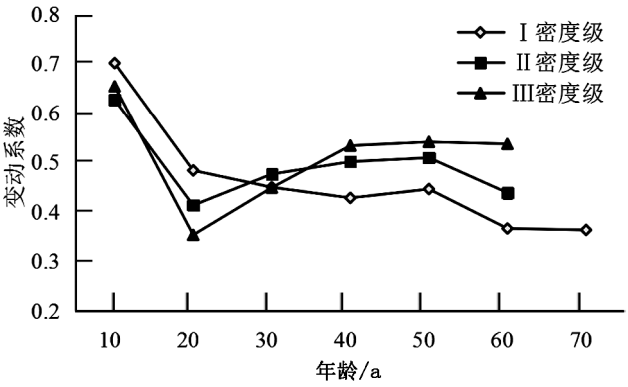


图 4 不同林分密度级的直径变动系数

Fig. 4 Diameter variation coefficient of different stand densities

使林分直径变动系数值下降的幅度逐渐变小;林分内小径木被自然稀疏淘汰之后,大径木的生长速度会增大,使得林分直径标准差变大,导致直径变动系数值出现了缓慢增大趋势。由图 4 还可以看出,林分密度的高低对云南松林分直径变动系数变化的影响不明显。

3.3 各径阶株数的累积分布特征

3.3.1 各径阶株数的累积分布

为更直观地描述林分直径分布的 3 个特征值所反映出的规律,即林分密度对林分直径分布的影响,由图 5 不同林分密度时林分直径累积分布规律可知,直径累积株数比重随径阶的增加而增加,后趋于稳定。在任一相同径阶内,随林分密度的增加,云南松直径株数累积百分比在增大,换言之,对于任一相同的株数累计,高密度林分对应的径阶比低密度林分小,说明密度越高的林分所对应的林木株数越多,林分整体直径构成较小。

3.3.2 径阶株数动态变化分析

不同林分密度时林分径阶株数变化规律如图 6 ~图 8 所示。

由图 6~图 8 可知,总体上,不同密度级的云南松株数随径阶的增加而减小,随林分年龄的增加而呈下降的趋势。Ⅰ密度级林分中,株数集中分布在 10~30 a 期间,且集中在 6~14 cm 径阶范围;Ⅱ密度级林分中,株数集中分布在 20~30 a 期间,且集中在 6~14 cm 径阶范围;Ⅲ密度级林分中,株数集中分布在 20~30 a 期间,且集中在 6~18 cm 径阶范围。60 a 和 70 a 的云南松株数较少,且林分密度对 60 a 后的云南松株数分布影响不再明显;70 a 的云南松只出现在Ⅰ密度级林分中,且株数最少。

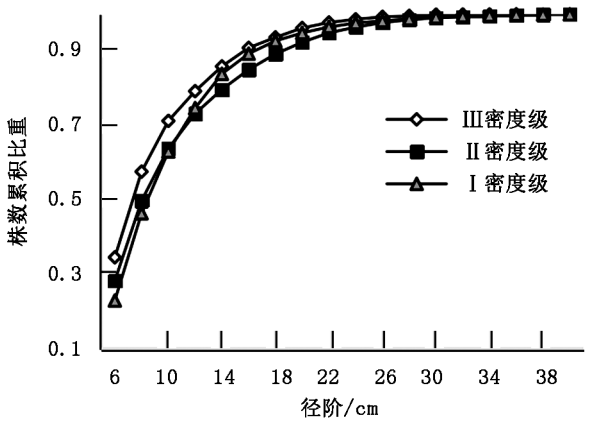


图 5　不同林分密度级的株数累积分布

Fig. 5　Cumulative plant number distribution of different stand densities

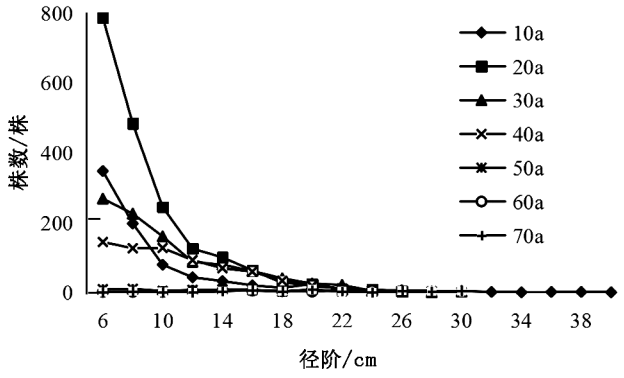


图 6　Ⅰ密度级径阶株数变化

Fig. 6　Variety of diameter grade numbers at Ⅰ density level

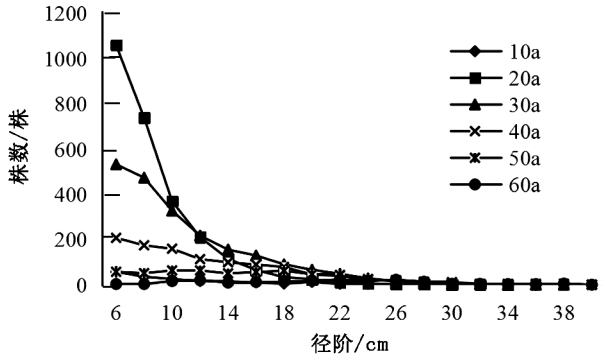


图 7　Ⅱ密度级径阶株数变化

Fig. 7　Variety of diameter grade numbers at Ⅱ density level

在Ⅲ密度级林分中,20 a、30 a 的云南松株数在 8 cm 径阶有明显的增加现象。结果表明,大理州云南松大部分属于中小径木,大径木株数较少,林分主要属于幼龄林和中龄林。

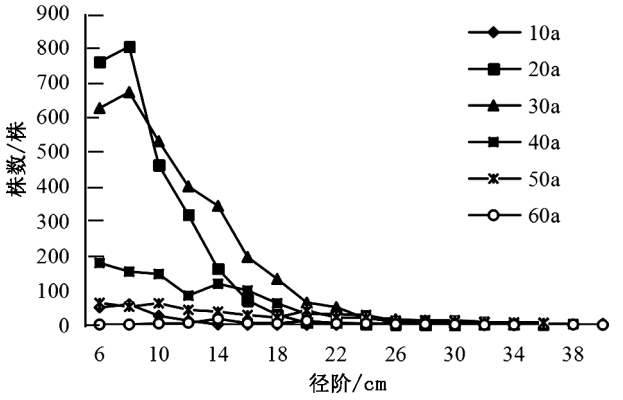


图 8　Ⅲ密度级径阶株数变化

Fig. 8　Variety of diameter grade numbers at Ⅲ density level

3.4 每公顷胸高断面积变化分析

不同林分密度每公顷胸高断面积变化如图 9 所示。

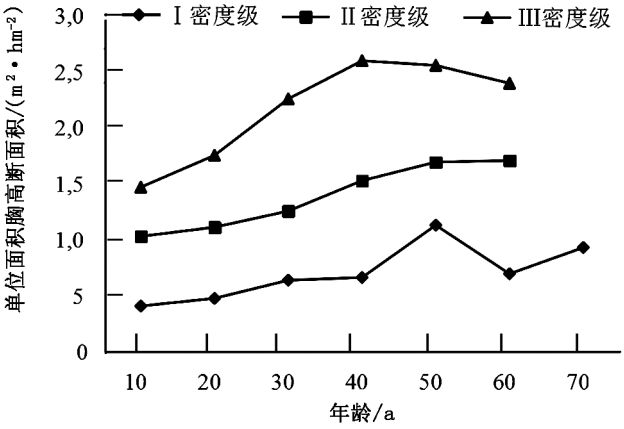


图 9　不同林分密度每公顷胸高断面积变化

Fig. 9　Variety of basal area at breast height of different stand densities

由图 9 规律可知,不同林分密度级云南松每公顷胸高断面积总体上随年龄的增加呈上升趋势。前期胸高断面积数值较小,可能是因为林分生长前期,小径木株数较多,中、大径木株数少,而随着林分年龄的增加,小径木减少,中、大径木增加,林木平均直径增大,故出现林分每公顷胸高断面积随林分年龄增加而增加的现象。由图 9 可知,云南松每公顷胸高断面积随林分密度的增加而增加,说明云南松株数也随林分密度的增加而增加,使得高密度级云南

松每公顷胸高断面积大于低密度级林分。

4 结论与讨论

4.1 结论

1)林分直径偏度总体上随林分年龄的增加而减小,起初直径偏度大于零,林分直径曲线偏度左偏,之后偏度随林分年龄的增大而减小并逐渐趋近于零甚至为负值,林分直径分布曲线向右偏移,即随林分年龄增加,林分直径分布曲线左偏程度减弱,并向正态及右偏的状态过渡性发展。在林分生长过程中,前期林分中小径木株数占多数,随林分年龄的增加,林分内树木竞争加剧,树木直径分化随之增加,引起自然稀疏,导致林分内大量的小径木枯死,中径木和大径木株数随林分年龄的增加而增加,这与杨剑辉等[17]研究云南松幼林林分结构得出的结论相符。

2)林分直径峰度总体上随年龄的增加而下降,与陈东来等[18]关于山杨天然林林分结构的研究结论一致。直径峰度值起初为正值,并由正值呈下降趋势且趋向于负值,但接近于零。高密度级林分的直径峰度值大于低密度级林分的直径峰度值,但各密度级的林分直径峰度值最终都呈趋近于零的趋势。林分直径峰度值的变化能较好地反映出云南松林分直径在幼龄林阶段分布比较集中,随着年龄的增长,林分直径分布越来越分散。

3)林分直径变动系数值总体上随年龄的增加而下降,前期逐渐减小,后期缓慢增大。林分密度的高低对云南松林分直径变动系数变化的影响不明显。

4)不同林分密度直径株数累积比重随径阶的增大而增加,随林分密度的增加而增加,即对于任一相同的直径株数累积,高密度林分对应的径阶比低密度林分小,这说明密度越高的林分所对应的林木株数越多,对应的林分整体直径构成较小。

5)不同林分密度时林分径阶株数随径阶的增加而减小,随林分年龄的增加呈下降的趋势。林分株数集中分布在10~30 a期间,且集中分布在6~18 cm径阶范围;60 a和70 a的云南松株数较少,且林分密度对60a后的云南松株数分布影响不再明显。大理州云南松大部分属于中小径木,大径木较少,即林分主要属于幼龄林和中龄林。

6)不同林分密度级云南松每公顷胸高断面积总体上随年龄的增加呈上升趋势,随林分密度的增加而增加,这可以反映林分直径结构变化的特点,与姚能昌等[16]对思茅松天然林林分直径结构的动态变化研究结论一致。即在林分生长前期,小径木株数较多,中、大径木株数少,但随林分年龄的增加,小径木减少,中、大径木增加,林木平均直径增大,故林分每公顷胸高断面积随林分年龄的增加而增加,且高密度级云南松每公顷胸高断面积大于低密度级林分。

4.2 讨论

研究大区域尺度上云南松林分直径结构动态变化规律,采用森林资源连续清查数据虽然有数据量大、资料覆盖面广的优点,对反映云南松天然林林分的生长状况研究也具有较强的代表性,但也有缺点:研究过程中采用的是林分平均年龄,不是每株样木的真实年龄,对结果有一定的影响。就本研究而言,虽然分析了一个州的云南松林分直径结构变化,但基于清查数据连续5期的完整样地数据较少,所对应的样木调查也具有一定的局限性,对研究的结果具有一定的影响,不能很好地反映出林分直径的变化规律,有待于在今后的研究中改进,且对于人为干扰后的林分直径分布的研究模拟有待加强。

参考文献:

[1] 孟宪宇. 测树学(第三版)[M]. 北京:中国林业出版社,2006.

[2] 张艳艳,李宝银,吴承祯,等. 阔叶林林分结构特征 I. 林分年龄与林分密度的关系[J]. 福建林学院学报,2007,27(1):44-47.

[3] 张建国,段爱国,童书振. 林分直径结构模拟与预测研究概述[J]. 林业科学研究,2004,17(6):787-795.

[4] 段爱国,张建国,童书振. 6种生长方程在杉木人工林林分直径结构上的应用[J]. 林业科学研究,2003,16(4):423-429.

[5] BAILEY R L. Individual tree growth derived from diameter distribution models[J]. Forest Science,1981,26(26):626-632.

[6] 张巧巧,PHAM V H,陈昌雄,等. 不同优势度胖大海林分林木直径分布特征[J]. 福建农林大学学报(自然版),2016,45(5):536-543.

[7] 张雷,于澎涛,王彦辉,等. 祁连山北坡青海云杉中龄林结构随海拔的变化[J]. 林业科学研究,2015,28(4):557-564.

[8] 赵丹丹,李凤日,董利虎,等. 落叶松人工林直径分布动态预估模型[J]. 东北林业大学学报,2015,43(5):42-48.

[9] 张鹏,王新杰,韩金,等. 间伐对杉木人工林生长的短期影响[J]. 东北林业大学学报,2016,44(2):6-10.

(下转第32页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.006

城市公园绿地土壤物理性质空间分异研究

——以太原市为例

刘 臻[1],杨秀云[2],宋 丽[2],米美霞[1],武小钢[1]
(1.山西农业大学城乡建设学院,山西 太谷 030801; 2.山西农业大学林学院,山西 太谷 030801)

摘要:以太原市公园绿地土壤为研究对象,采用空间插值取样方法进行分层取样,结合地统计模型分析公园绿地物理性质的空间分布与变异特征。研究结果表明,太原城市公园绿地土壤 0~10 cm、10~20 cm 土层土壤容重满足植物正常生长,20~40 cm 土层土壤容重均值为 1.36 g/cm^3,需要改善。公园绿地 0~40 cm 土层土壤饱和含水量和田间持水量均值分别为 36.41%和 27.45%;土壤物理性质受到随机性因素和结构性因素作用并属于同一级空间变异结构;土壤容重随土层深度的增加斑块逐渐复杂化,饱和含水量和田间持水量的斑块分布格局在表层更为复杂。

关键词:空间分异;土壤物理性质;土壤容重;饱和含水量;田间持水量;城市公园绿地

中图分类号:S731.2;S714.2 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0027-06

引文格式:刘臻,杨秀云,宋丽,等. 城市公园绿地土壤物理性质空间分异研究——以太原市为例[J]. 林业调查规划,2021,46(3):27-32. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.006

LIU Zhen,YANG Xiuyun,SONG Li,et al. Spatial Differentiation of Soil Physical Properties of Green Space in Urban Parks——A Case Study of Taiyuan City[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):27-32. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.006

Spatial Differentiation of Soil Physical Properties of Green Space in Urban Parks

——A Case Study of Taiyuan City

LIU Zhen[1], YANG Xiuyun[2], SONG Li[2], MI Meixia[1], WU Xiaogang[1]
(1. College of Urban and Rural Construction, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China;
2. College of Forestry, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China)

Abstract: The spatial distribution and variation characteristics of soil physical properties of the park green space in Taiyuan were analyzed by spatial interpolation sampling methods, stratified sampling, combined with geostatistical models. The research results showed that the soil bulk density of 0~10cm and 10~20cm in parks met the normal growth of plants, and the average bulk density of 20~40cm was 1.36g/cm^3, which needed to be improved. The mean values of soil saturated water content and field

收稿日期:2020-11-03.
基金资助:国家自然科学基金青年科学基金(51709162).
第一作者:刘臻(1996-),男,江西赣州人,硕士研究生. 研究方向为风景园林规划. Email:877104860@qq.com
责任作者:武小钢(1977-),男,博士,教授,硕士生导师. 主要从事城市化生态过程与功能、城市环境与植物、风景园林规划与管理研究. Email:wxg354@163.com

water holding capacity in 0~40cm soil layer were 36.41% and 27.45% respectively; the physical properties of soil were influenced by random and structural factors and belonged to the same spatial variation structure; the soil bulk density gradually became more complex with the increase of soil depth, and the patch distribution pattern of saturated water content and field water holding capacity was more complicated on the surface.

Key words: spatial differentiation; soil physical properties; soil bulk density; saturated water content; field water holding capacity; urban park green space

城市绿地土壤是进行城市合理规划和维护生态平衡的重要前提,是植物生长发育的物质基础和环境条件,对于美化净化城市环境和改善市民生活水平发挥着重要作用[1]。城市土壤在人为干扰条件下呈现出不同的形态特征,一部分表层土壤被去除,一部分土壤剖面结构被毁坏,还有一部分是混合土壤堆积而成,具有传统土壤结构和性质的土壤甚少。另外,受到机械和人为的压实,土体结构硬实,透水透气性能差,土壤含水量会降低,蓄水持水能力会变差[2-4]。研究城市绿地土壤物理性质的基本特征及空间分布规律,对于科学指导绿地土壤管理具有实践意义。

1 研究区概况

太原市位于山西省境中央,太原盆地北端,地理坐标为东经111°30′~113°09′,北纬37°27′~38°25′,海拔最高点 2 670 m,最低点760 m,平均海拔800 m,全市整个地形北高南低,呈簸箕形。太原市属温带季风性气候,冬季少雪干冷、夏季炎热多雨、秋季清凉气爽、春季干旱多风,年均温9.5℃,1月均温-6.8 ℃,7月均温23.5 ℃。年日照时间 2 808 h,无霜期130 d左右。年降水量458 mm。截至2017年,太原市绿地总面积 13 013 hm^2,建成区绿化覆盖面积 14 766 hm^2,公园绿地面积 4 549 hm^2[5]。

2 研究方法

2.1 取样方法

以太原市绕城高速为研究区边界,在ArcGIS软件中布设1 km×1 km网格,按每个网格布设一个采样点的原则,根据太原市公园位置和所覆盖的网格数基本确定每个公园的采样点数量,共选择38个公园的69个采样点,使用美国犀牛S1原状土壤柱芯取样器(取样管内径为3.6 cm,长度为100 cm)进行采样,同时记录采样点坐标、绿地结构类型及植物组成情况。

2.2 试验方法

土样带回实验室,按照0~10、10~20和20~40 cm进行分层,捡出植物根、茎、叶、碎石和垃圾,将部分样品保存鲜样(4℃),其余风干、研磨,分别过2 mm、1 mm和0.15 mm筛子,测定土壤理化指标。土壤容重采用环刀法进行测定,对土壤饱和含水量的测定,在原状土底端垫滤纸,放在盛有水的盘中,吸水24 h,测定土壤饱和含水量。对土壤田间持水量的测定,使原状土吸水24 h,将土壤底部放在自然土壤上方,8 h后测定土壤田间持水量[6]。

2.3 数据处理

利用SPSS 26.0对数据进行Kolmogorob-Smirnov检验。其中0~10 cm、10~20 cm、20~40 cm土层的土壤容重,10~20 cm、20~40 cm土层饱和含水量,10~20 cm、20~40 cm土层的田间持水量符合正态分布,0~10 cm土层饱和含水量,0~10 cm土层田间持水量数据进行平方根转换后符合正态分布。使用符合正态分布的容重,饱和含水量,田间持水量的数据导入GS+5.0进行半方差函数拟合,获得各项数据的半方差拟合模型,最后将得到的模型及参数在ArcGIS10.2中进行克里金插值,获得研究区土壤不同土层容重、饱和含水量、田间持水量空间分布。

3 结果与分析

3.1 土壤物理性质的描述统计分析

研究表明,太原市城市绿地0~40 cm土层范围的土壤容重随土层深度的增加而增加,饱和含水量和田间持水量随土层深度的增加而减小(表1)。

与其他研究相似[7-9],本研究中太原公园绿地0~40 cm土层土壤容重的均值为1.28 g/cm^3,其中0~10 cm、10~20 cm土层土壤容重均值分别为1.19 g/cm^3、1.29 g/cm^3,土壤容重能够满足植物生长的基本需要。20~40 cm土层土壤容重为1.36

表 1　太原市公园绿地土壤物理性质描述性统计学分析

Tab. 1　Descriptive statistical analysis on soil physical properties of park green space in Taiyuan City

土层/cm		最大值	最小值	均值	标准差	方差	变异系数
0~10	容重/(g·cm^{-3})	1.71	0.65	1.19	0.22	0.050	18.49
	饱和含水量/%	91	21	40.34	0.14	0.018	34.71
	田间持水量/%	70	15	29.50	0.10	0.009	33.90
10~20	容重/(g·cm^{-3})	1.75	0.86	1.29	0.19	0.037	14.73
	饱和含水量/%	54	18	35.58	0.09	0.009	25.30
	田间持水量/%	45	16	27.25	0.07	0.005	25.69
20~40	容重/(g·cm^{-3})	1.8	0.87	1.36	0.21	0.044	15.44
	饱和含水量/%	57	9	33.31	0.09	0.009	27.02
	田间持水量/%	44	4	25.61	0.08	0.006	31.24

g/cm^3,超出了植物正常生长的容重范围(1.1~1.30 g/cm^3)[10],对植物的生长产生不利影响。表层(0~10 cm)土壤容重的变异大于中层和下层土壤。从绿地土壤容重频率分布图看(图 1),65.7%表层(0~10 cm)土壤容重小于 1.30 g/cm^3。

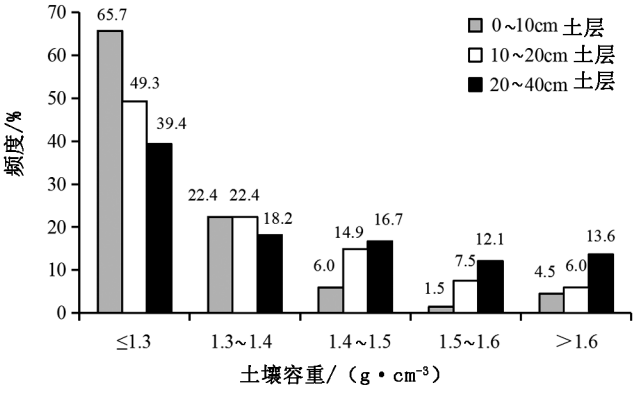


图 1　太原市公园绿地土壤容重频率分布

Fig. 1　Frequency distribution of soil bulk density of park green space in Taiyuan City

土壤饱和含水量是土壤涵蓄潜力的最大值,并非真实蓄水量,可以反映土壤贮存和调节水分的潜在能力,与土层厚度、土壤孔隙状况密切相关,对地下水资源形成转化和消耗过程也起到重要作用[11-12]。研究结果表明,太原市公园绿地 0~10 cm 土层土壤饱和含水量均值为 40.34%,且随土层深度的增加饱和含水量减小(图 2)。

由图 2 可见,公园绿地 0~10、10~20 和 20~40 cm 土层土壤饱和含水量基本均保持在 25%~35%范围,分别占 40.6%、39.1%和 45.6%,饱和含水量

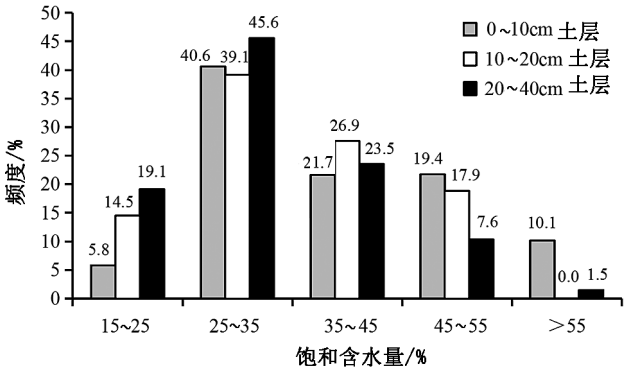


图 2　太原市公园绿地土壤饱和含水量频率分布

Fig. 2　Frequency distribution of soil saturated water content of park green space in Taiyuan City

在 55%以上的土壤占比较少。

土壤田间持水量是指土壤在达到饱和水分的条件下,除去重力影响,土壤所能保持的稳定的含水量,也是影响植物生产者生产力的重要因子[13-15],也是植物能有效利用的最高含水量。研究认为,正常人工植被土壤田间持水量应保持在 20%~22%[16,17]。太原市公园绿地 0~40 cm 土层田间持水量的均值为 27.45%,且随着土层深度的变化趋势与土壤饱和含水量相似。52.2%以上的绿地土壤其田间持水量在 20%~30%范围内(图 3)。

3.2　土壤物理性质空间变异特征

3.2.1　半方差函数分析

影响土壤物理性质的结构性因素有气候、地形、土壤类型等,随机性因素包括施肥、耕作措施、种植制度等人为活动[18]。本研究各土层物理性质半方差函数分析表明(表 2),不同土层容重、饱和含水量、

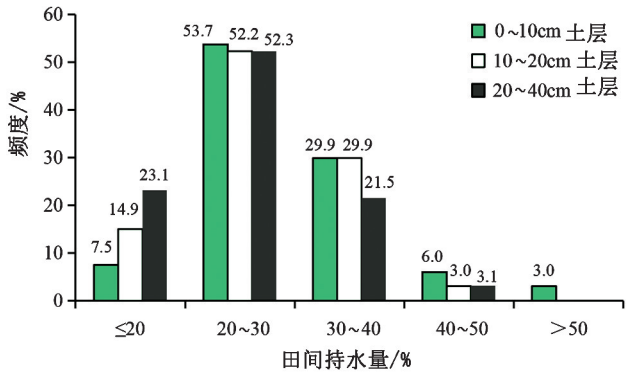


图 3 太原市公园绿地土壤田间持水量频率分布

Fig. 3 Frequency distribution of field water holding capacity of park green space in Taiyuan City

田间持水量块金值与基台值比值 $C_0/(C_0+C)$ 均接近 50%,系统具有一般的空间相关性,同时受结构性因素和随机性因素影响。

变程可表现变量的空间自相关尺度。研究区物理性质容重、饱和含水量、田间持水量变程均为 51 100 m,可见,在本研究公园绿地土壤中,不同土层间物理性质变程未发生分异,空间变异属于同一级结构。

3.2.2 空间格局分析

结合各指标对应的最优拟合模型在 Arcgis10.2 进行空间插值,绘制容重、饱和含水量、田间持水量空间分布图(图 4,图 5,图 6)。

表 2 太原市公园绿地物理性质地统计学分析

Tab. 2 Geostatistical analysis of physical properties of park green space in Taiyuan City

土层/cm	物理指标	理论模型	块金值 C_0	基台值 $C+C_0$ /%	$C_0/(C+C_0)$ /%	变程/m
0~10	容重/(g·cm^{-3})	指数	0.039	0.079	50.1	51100
	饱和含水量/%	指数	0.014	0.028	50.2	51100
	田间持水量/%	指数	0.013	0.026	50.2	51100
10~20	容重/(g·cm^{-3})	高斯	0.030	0.060	50.1	51100
	饱和含水量/%	高斯	0.007	0.015	50.0	51100
	田间持水量/%	高斯	0.004	0.009	50.1	51100
20~40	容重/(g·cm^{-3})	指数	0.035	0.069	50.1	51100
	饱和含水量/%	球状	0.007	0.013	50.4	51100
	田间持水量/%	指数	0.005	0.011	50.0	51100

随土层深度的增加,土壤容重的斑块格局分布变得更加复杂,容重高值出现在龙潭公园、迎泽公园、和平公园、晋阳湖公园等,多为年代久远,使用频率与服务时间较长的公园绿地。

随土层深度的增加,土壤饱和含水量和田间持水量在空间格局分布上表现相似的规律,随土层深度的增加,空间格局异质性降低。表层土壤水分复杂的空间分布格局与人工灌溉的方式和频率有很大关系。

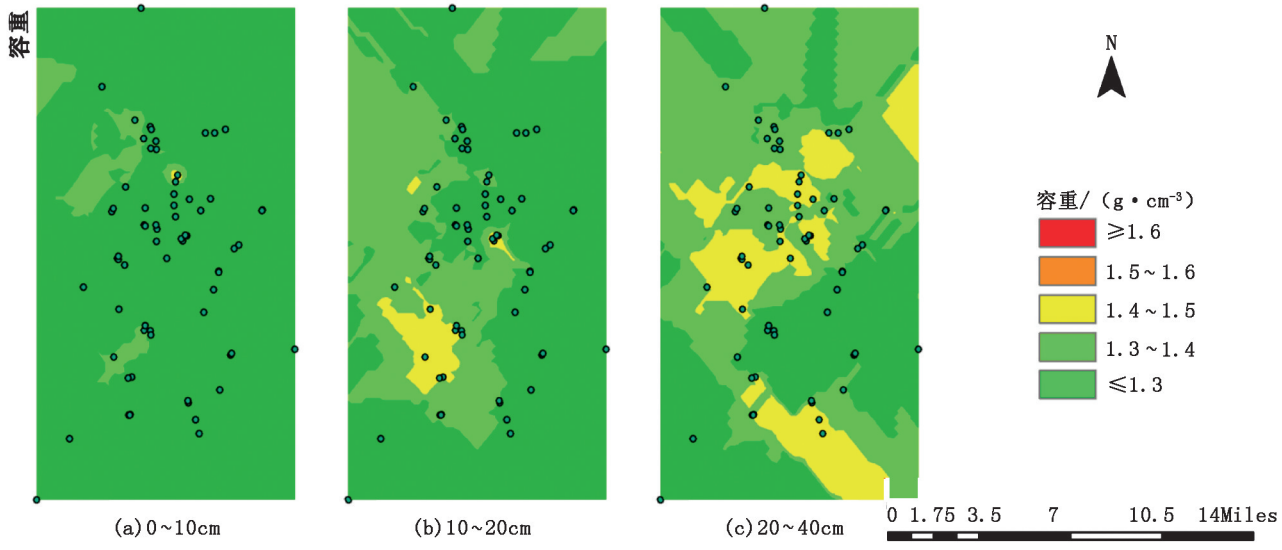


图 4 土壤容重空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of soil bulk density

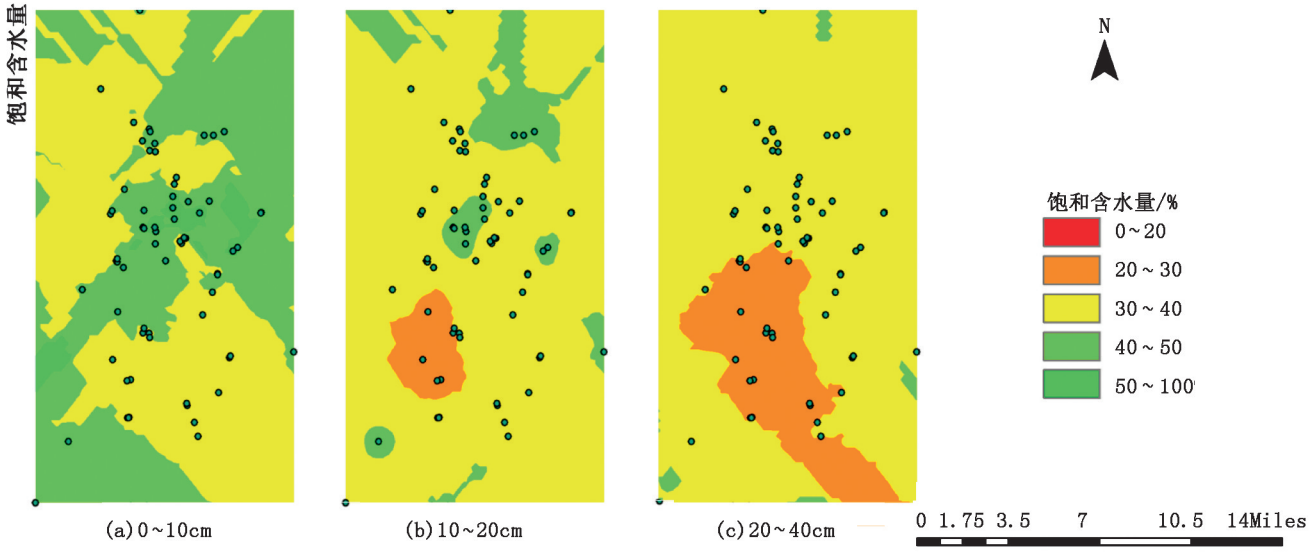


图 5　土壤饱和含水量空间分布

Fig. 5　Spatial distribution of soil saturated water content

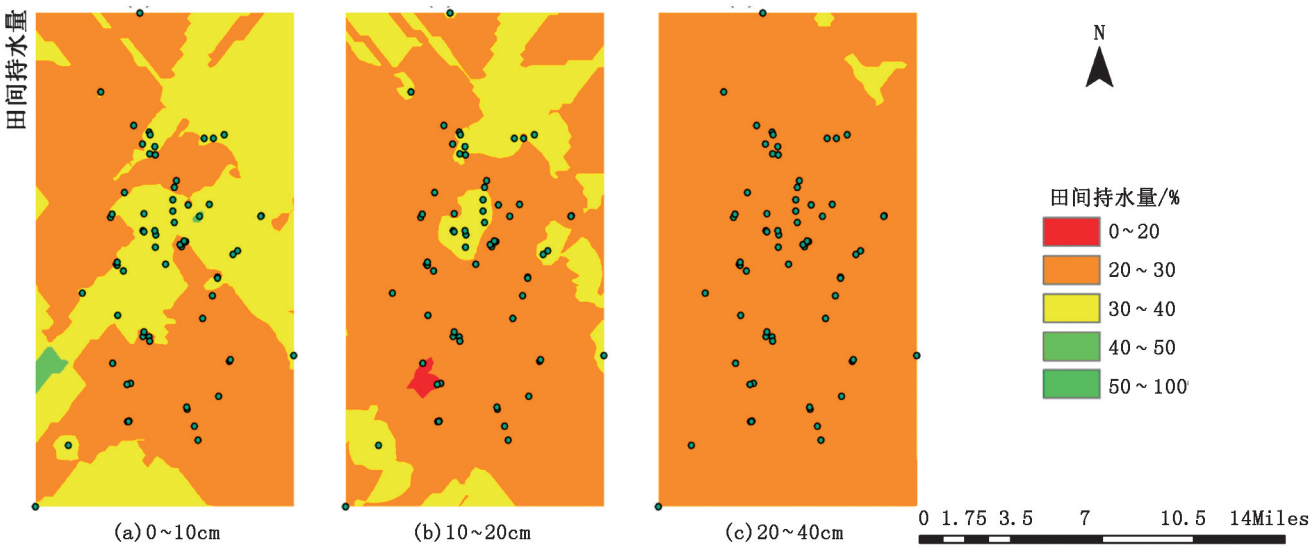


图 6　土壤田间持水量空间分布

Fig. 6　Spatial distribution of field water holding capacity

4 结论

1)太原市公园绿地土壤容重的均值为 1.28 g/cm^3,随土层深度的增加土壤容重增加,0~10 cm、10~20 cm 土层土壤容重符合植物生长的基本需求,20~40 cm 土层土壤容重值为 1.36 g/cm^3,在管理中需对深层土壤进行提升。公园绿地 0~40 cm 土层土壤饱和含水量和田间持水量的均值分别为 36.41% 和 27.45%,随土层深度的增加其含水量减少。

2)太原公园绿地容重、饱和含水量、田间持水量为中等程度空间相关性,受到结构性因素的影响,同时也受到随机性因素的干扰。空间分布格局研究表明,土壤容重随土层深度的增加其斑块复杂化,饱和含水量和田间持水量的斑块分布格局在表层更为复杂。

参考文献:

[1] LEHMANN A, STAHR K. Nature and significance of anthropogenic urban soils [J]. Journal of SoilsSediments, 2007,7(4):247-260.

[2] 张甘霖,赵玉国,杨金玲,等. 城市土壤环境问题及其研究进展[J]. 土壤学报,2007,44(5):925-933.

[3] LORENZ K,KANDELER E. Microbial biomass activities in urban soils in two consecutive years[J]. Journal of Plant Nutrition Soil Science,2010,169(6):799-808.
[4] 杨金玲,汪景宽,张甘霖. 城市土壤的压实退化及其环境效应[J]. 土壤通报,2004(6):688-694.
[5] 太原统计局. 太原市统计年鉴(2017)[M]. 北京:中国统计出版社,2017:85.
[6] 劳家柽. 土壤农化分析手册[M]. 北京:农业出版社,1988:151-183.
[7] SHORT J R. Soils of the Mall in Washington,DC:I. Statistical Summary of Properties1[J]. Soil Science Society of America Journal,1986:699.
[8] 梅清清,田仓,王松,等. 呼和浩特市主城区绿地土壤肥力状况评价[J]. 长江大学学报(自然科学版),2020,17(4):69-72,9.
[9] 樊兰英,闫丽娟,刘随存. 太原市不同类型城市绿地土壤理化性质[J]. 中国城市林业,2020,18(3):30-33.
[10] 邹养军,马锋旺,韩明玉,等. 土壤紧实胁迫与植物抗胁迫响应机理研究进展[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(6):212-215.
[11] PENG F,XU M,YOU Q,et al. Different Responses of Soil Respiration and Its Components to Experimental Warming with Contrasting Soil Water Content[J]. Arctic Antarctic & Alpine Research,2015,47(2):359-368.
[12] ILSEMANN J,VAN D P,HORTON R,et al. Laboratory method for determining immobile soil water content and mass exchange coefficient[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science,2015,165(3):332-338.
[13] ZHANG D,TANG R,ZHAO W,et al. Surface Soil Water Content Estimation from Thermal Remote Sensing based on the Temporal Variation of Land Surface Temperature[J]. Remote Sensing,2014,6(4):3170-3187.
[14] MARTINEZ G,PACHEPSKY Y A,VEREECKEN H. Temporal stability of soil water content as affected by climate:a simulation study[J]. Hydrological Processes,2014,28(4):1899-1915.
[15] HU W,SI B C. Can soil water measurements at a certain depth be used to estimate mean soil water content of a soil profile at a point or at a hillslope scale[J]. Journal of Hydrology,2014,516:67-75.
[16] 李玉山,韩仕峰,汪正华. 黄土高原土壤水分性质及其分区[J]. 水土保持研究,1985(2):1-17.
[17] 牛俊杰. 太原及其周边地区人工植被土壤水环境与植被建设[D]. 西安:陕西师范大学,2008.
[18] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用[M]. 北京:科学出版社,1999:35-149.

责任编辑:许易琦
校 对:许春霞 许易琦

(上接第26页)

[10] 黄瑞复. 云南松的种群遗传与进化[J]. 云南大学学报(自然科学版),1993(1):50-63.
[11] 薛纪如,姜汉侨. 云南森林[M]. 昆明:云南科技出版社,1986.
[12] 许玉兰,蔡年辉,康向阳,等. 云南松及其近缘种间遗传关系研究现状[J]. 西北林学院学报,2012,27(1):98-102.
[13] 戴开结,何方,沈有信,等. 云南松研究综述[J]. 中南林业科技大学学报,2006,26(2):138-142.
[14] 付小勇. 云南松林分生长模型研究[D]. 昆明:西南林学院,2006.
[15] 胡宗华. 大理市城市森林特点和建设思路[J]. 林业调查规划,2005,30(3):58-61.
[16] 姚能昌,段爱国,唐军荣. 思茅松天然林林分直径结构动态变化[J]. 西南林业大学学报,2012,32(2):49-52.
[17] 杨剑辉,欧骏,陈金龙,等. 不同间伐梯度下云南松幼林林分结构及林木生长变化[J]. 浙江林业科技,2015,35(6):54-57.
[18] 陈东来,秦淑英. 山杨天然林林分结构的研究[J]. 河北农业大学学报,1994,17(1):36-43.

责任编辑:刘平书
校 对:张林艳 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.007

香格里拉虎跳峡镇核桃种质资源坚果表型特征多样性分析

杨建华[1],习学良[1,2],李淑芳[1],陈 勤[1],苏连波[1],王高升[1]
(1.云南省林业和草原科学院漾濞泡核桃研究院,云南 漾濞 672500;
2.云南省核桃产品质量检验中心,云南 漾濞 672500)

摘要:对香格里拉虎跳峡镇 79 株核桃单株坚果表型特征的 13 个表型描述性状及 8 个数量性状进行测定分析和多样性研究。结果表明,该区域核桃坚果的形状、仁色的 Simpson 多样性指数较高,核桃拥有坚果形状表型特征描述的 10 种类型,表现出较大的多样性和丰富性,以扁圆球形、圆球形和长扁圆球形为主。种仁颜色主要以灰白和黄白色为主,占 50.63%,单果重为 5.37~20.01 g,平均 10.34 g,变异系数 28.25%,单果重表现出较大的差异性。该区域核桃刻纹以麻和浅麻为主,分别占 50.63%和 41.77%,印证了该区域的核桃坚果表型的一个最要特征是果壳“麻”。该区域核桃种质资源丰富,为核桃品种选育提供了丰富的种质资源。

关键词:核桃;种质资源;坚果表型特征;多样性;Simpson 指数;数量性状变异;香格里拉虎跳峡镇

中图分类号:S792.13;S718.42 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0033-04

引文格式:杨建华,习学良 ,李淑芳,等. 香格里拉虎跳峡镇核桃种质资源坚果表型特征多样性分析[J]. 林业调查规划,2021,46(3):33-36. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.007

YANG Jianhua, XI Xueliang, LI Shufang, et al. Analysis of Nut Phenotypic Traits of Walnut Germplasm Resources in Hutiaoxia Town of Shangri-La[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(3):33-36. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.007

Analysis of Nut Phenotypic Traits of Walnut Germplasm Resources in Hutiaoxia Town of Shangri-La

YANG Jianhua[1], XI Xueliang[1,2], LI Shufang[1], CHEN Qin[1], SU Lianbo[1], WANG Gaosheng[1]
(1. Yangbi Research Institute of *Juglans sigillata*, Yunnan Academy of Forestry and Grassland, Yangbi, Yunnan 672500, China; 2. Yunnan Walnut Product Quality Inspection Center, Yangbi, Yunnan 672500, China)

Abstract: The 13 phenotypic traits and 8 quantitative traits of 79 walnut trees in Hutiaoxia Town of Shangri-La were determined and analyzed. The results showed that the Simpson diversity index of nut shape and kernel color was high in this region with 10 types of nut shape phenotypic traits, showing great diversity and richness, mainly oblate, spherical and long oblate. The kernel color was mainly gray and yellow white, accounting for 50.63%. The single fruit weight was 5.37~20.01g, with an average of 10.34g, and the coefficient of variation was 28.25% with great difference. The appearance of walnut was mainly dotted and light dotted, accounting for 50.63% and 41.77% respectively, which confirmed that one of the most important traits of walnut nut phenotype was “dotted”. The walnut germplasm resources

收稿日期:2020-09-07.
基金项目:云南省重大科技专项(2018ZG002-04);中央财政林业科技推广项目(云[2019]TG06).
第一作者:杨建华(1980-),男,云南剑川人,硕士,助理研究员. 主要从事经济林良种选育及栽培技术研究. Email:414078502@qq.com
责任作者:习学良(1968-),男,硕士,研究员. 主要从事经济林良种选育及栽培技术研究.

were abundant in this region, which was advantageous to for walnut breeding.

Key words: walnut; germplasm resources; phenotypic traits of nut; diversity; Simpson index; variation of quantitative traits; Hutiaoxia Town of Shangri-La

云南是深纹核桃的起源和分布中心,种质资源十分丰富[1]。昭通、怒江、曲靖、大理、丽江和迪庆等地是云南省实生核桃的主要分布区,也是云南省核桃种质资源富集区域[2-4]。但由于这些地区立地条件复杂,气候条件多样化,为核桃生长发育提供了多样的大环境与异常丰富的小生境,经自然和人工选择产生了适应区域环境的多样性变异群体[5]。植物在气候、土壤、降雨等环境压力下,经过长期自然选择会引起形态特征的变异,从而产生新的表型[6]。通过表型性状多样性的调查研究,可以了解植物对生态环境的响应机制,对种质资源的收集、保存、评价与利用十分重要[6]。核桃果实表型是其基因与所生存环境共同调控的结果,坚果的表型性状和丰富程度反应了该区域资源的丰富程度和多样性水平[7]。本文在香格里拉虎跳峡镇核桃资源调查和收集的基础上,对 79 份核桃种质资源的坚果表型特征和数量性状进行测定和分析,揭示该区域核桃种质资源坚果表型特征及多样性状况,为该区域核桃种质资源的科学合理保存与利用提供基础数据。

1 研究区概况

虎跳峡镇位于香格里拉县境东南部,位于东经 99°39′~100°01′,北纬 26°54′~27°30′。虎跳峡镇地处金沙江上游,地势西北高东南低,镇内有雄伟的山峰,也有较平缓的斜坡和深邃的峡谷。镇内气候主要受西南季风和南支西风急流的交替控制,形成亚热带气候,全年干湿季分明。年最高温 32.3℃,年最低温-6℃,年均温 13.2℃,年降雨量 738.1 mm,无霜期 238 d。在虎跳峡镇海拔 2 500~2 800 m 区域均有核桃自然分布,原生核桃以实生繁殖为主,绝大多数为铁核桃,品质差,也有既耐寒又易取仁的优良单株,是云南省适宜高海拔区种植的十分珍贵的核桃资源。虎跳峡镇结合退耕还林,扶贫以及木本油料产业培植等工程,建成核桃种植基地 2 000 多 hm^2,主要分布在海拔 1 800~2 800 m 区域,目前 60%以上基地已挂果投产。

2 材料与方法

2.1 材料

在虎跳峡镇核桃分布集中区域逐乡逐村进行调查,采取群众荐优与实地调查相结合的方式,共收集到该区域 79 份核桃坚果。

2.2 研究方法

坚果表型性状结合实际观测并参照《核桃种质资源描述规范和数据标准》的评价方法[8]和《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南(核桃属)》进行特征描述和赋值[9](表 1)。每份坚果随机取 10 个果实对坚果的粒重、坚果形状、横径、纵径、棱径、两肩、底部、缝合线突出程度、缝合线紧密程度、种尖、刻纹、内褶壁、隔膜、取仁难易、仁重、种仁肥瘦、仁色、饱胀度、壳厚等性状进行鉴定评价(表 1)。

表 1 虎跳峡坚果表型特征描述及赋值

Tab. 1 Description and assignment of phenotypic traits of walnut in Hutiaoxia Town

代码	坚果表型性状	赋值及描述
1	坚果形状	a. 圆球;b. 扁圆球;c. 长扁圆球;d. 短扁圆球;e. 椭圆球;f. 长椭圆球;g. 卵形;h. 方形;i. 心形;j. 倒卵形
2	两肩	a. 圆肩; b. 平肩; c. 削肩; d. 凹肩
3	果底	a. 内凹; b. 平; c. 尖突; d. 圆突
4	种尖	a. 锐尖;b. 钝尖
5	缝合线特征	a. 稍突; b. 突出;c. 平
6	缝合线紧密程度	a. 牢;b. 松
7	刻纹	a. 光滑; b. 浅麻; c. 麻 ;d. 深麻
8	内褶壁	a. 退化;b. 发达; c. 底座发达
9	隔膜	a. 纸质; b. 革质;c. 骨质
10	取仁难易	a. 极易; b. 易; c. 较难
11	仁色	a. 白; b. 黄白; c. 黄色; d. 黄褐; e. 褐色;f. 灰白;g. 浅紫;h. 紫
12	种仁肥瘦	a. 肥;b. 瘦
13	饱胀度	a. 饱胀; b. 欠饱胀

2.3 数据分析

运用 Excel 2007 进行数据统计分析,并计算坚果描述性状的 Simpson 指数。

3 结果与分析

3.1 坚果表型描述性状频率分布及多样性指数

虎跳峡镇核桃坚果表型质量性状变异状况见表 2 所示。

表 2　虎跳峡镇核桃坚果表型质量性状变异状况

Tab. 2　Variation of phenotypic traits of walnut in Hutiaoxia Town

性状	各级占比/%										辛普森指数
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	
坚果形状	18.99	35.44	18.99	8.86	5.06	5.06	2.53	1.27	1.27	2.53	0.782
两肩	48.10	5.06	43.04	3.80							0.579
底部	13.92	11.39	29.11	45.57							0.675
缝合线特征	63.29	36.71									0.465
缝合线紧密程度	87.34	12.66									0.221
种尖	59.49	40.51									0.482
刻纹	1.30	41.77	50.63	6.30							0.565
内褶壁	82.28	17.72									0.292
隔膜	91.14	7.59	1.27								0.163
取仁难易	5.06	92.41	2.53								0.143
仁色	5.06	22.78	2.53	16.46	6.33	27.85	11.39	7.59			0.818
种仁肥瘦	84.81	15.19									0.258
饱胀度	86.08	13.92									0.240

由表 2 可知,核桃坚果描述性状的 Simpson 指数的变化范围为 0.163~0.782,其中坚果形状和种仁仁色多样性指数较高,表现出丰富的多样性,而取仁难易、隔膜质地多样性较低、多样性较差。

3.1.1 坚果形状

坚果形状的 Simpson 指数为 0.782,拥有坚果形状表型特征描述的 10 种类型,表现出较大的多样性和丰富性,各类型的分布相差较大,其中扁圆球形最多,占 35.44%,其次是圆球形和长扁圆球形,均占 18.99%,所占比例最少的是心形和方形,仅占 1.27%。说明该区域核桃以扁圆球形、圆球形和长扁圆球形为主。

3.1.2 坚果两肩、底部及种尖

坚果两肩的 Simpson 指数为 0.579,两肩形状以圆肩和削肩为主,分别占 48.1%和 43.04%,少数为平肩和圆肩。坚果果底 Simpson 指数为 0.675,果底以圆突为主,占 45.57%,其次是尖突,占 29.11%。坚果种尖的 Simpson 指数为 0.482,有锐尖和钝尖两种类型,其中锐尖占 59.49%,钝尖占 40.51%。

3.1.3 缝合线

坚果缝合线特征的 Simpson 指数为 0.465,坚果缝合线以稍突为主,占 63.29%,缝合线突出的占 36.71%。缝合线紧密程度以牢为主,占 87.34%,缝合线紧密程度 Simpson 指数为 0.221。

3.1.4 刻纹

坚果种壳刻纹的 Simpson 指数为 0.565,刻纹以麻和浅麻为主,分别占 50.63%和 41.77%,深麻占 6.3%,果壳光滑的仅占 1.3%,说明该区域核桃坚果表型的一个重要特征是果壳“麻”。

3.1.5 内褶壁、隔膜与取仁难易

核桃坚果取仁难易程度与内褶壁、横隔膜质地及壳厚度密切相关,壳薄、内褶壁退化、横隔膜纸质或革质的易于取仁,易取整仁或半仁,反之取仁较难。内褶壁质地退化的核桃占 82.28%,膈膜纸质的占 91.14%,取仁易的占 92.41%,从内褶壁、膈膜质地取仁难易的表型性状来看,表现出该区域核桃坚果易于取仁的特征。

3.1.6 仁色

在种仁颜色方面的 Simpson 指数为 0.818,该区域拥有种仁颜色描述的 8 种类型,多样性丰富。种仁颜色主要以灰白和黄白色为主,分别占 27.85%和 22.78%,其次是浅紫和紫色核桃仁,占 18.98%。

3.1.7 种仁肥瘦与饱胀度

种实饱胀度主要观察种仁与种壳内壁间隙大小程度。种仁为肥仁的占 84.81%,种实饱胀的占 86.08%,种仁肥瘦与饱胀度的 Simpson 指数分别为 0.258 与 0.240。

3.2 坚果表型数量性状范围及变异状况

核桃坚果形状及大小主要表现在纵径、横径、棱

径及单果质量上。79 份核桃坚果的数量性状变异介于 9.49%~28.25%,变异类型丰富(表 3)。

表 3 坚果表型数量性状变异状况

Tab. 3 Variation of phenotypic quantitative traits of walnut

数量性状	最小值	最大值	平均值	标准差 SD	变异系数/%
横径/cm	1.55	4.78	3.32	0.42	12.73
纵径/cm	1.85	4.43	3.60	0.47	12.91
棱径/cm	1.17	4.50	3.06	0.40	13.07
三径均值/cm	1.52	4.55	3.32	0.39	11.88
单果重/g	5.37	20.01	10.34	2.92	28.25
仁重/g	2.94	9.71	5.41	1.48	27.31
出仁率/%	42.22	64.32	52.77	5.01	9.49
壳厚/cm	0.058	0.220	0.14	0.03	21.42

3.2.1 坚果大小

坚果横径为 1.55~4.78 cm,平均 3.32 cm,变异系数 12.73%;纵径为 1.85~4.43 cm,平均 3.60 cm,变异系数 12.91%;棱径为 1.17~4.5 cm,平均 3.06 cm,变异系数 13.07%;三径均值为 1.52~4.55 cm,平均 3.32 cm,变异系数 11.88%;单果重 5.37~20.01 g,平均 10.34 g,变异系数 28.25%,单果重表现出较大的差异性。

3.2.2 仁重与出仁率

坚果种仁仁重最大为 9.71 g,最小为 2.94 g,平均 5.41 g,变异系数 27.31%;出仁率为 42.22%~64.32%,平均 52.77%,变异系数 9.49%。

3.2.3 壳厚

坚果壳厚为 0.058 ~ 0.220 cm,平均 0.14 cm,变异系数 21.42%。该区域海拔较高地区易出现壳较薄的露仁核桃。

4 结论与讨论

对虎跳峡镇 79 株核桃单株坚果表型特征的 13 个表型描述性状及 8 个数量性状进行测定分析和多样性研究。结果表明,该区域核桃坚果的形状、仁色的 Simpson 多样性指数较高,核桃拥有坚果形状表型特征描述的 10 种类型,表现出较大的多样性和丰富性,以扁圆球形、圆球形和长扁圆球形为主。种仁颜色主要以灰白和黄白色为主,占 50.63%,同时还有浅紫和紫色核桃仁,占 18.98%。由此可见,虎跳峡核桃种质资源丰富,为核桃品种选育提供了丰富的种质资源。单果重为 5.37~20.01 g,平均 10.34 g,变异系数 28.25%,单果重表现出较大的差异性,为冷凉山区生产中选育不同需要的核桃坚果类型提供了丰富的种质资源。

虎跳峡镇地处金沙江上游,为金沙江流域深纹核桃天然分布区,该区域核桃刻纹以麻和浅麻为主,分别占 50.63%和 41.77%,果壳光滑的仅占 1.3%,进一步印证了该区域的核桃坚果表型的一个最要特征是果壳“麻”。

虎跳峡核桃独特的坚果表型特征和丰富多样性是天然杂交及实生繁殖形成的,后代分化严重,加之虎跳峡镇独特地形地貌以及独特的立体气候,使之产生了适应区域环境的丰富的表型变异。虎跳峡核桃资源表型分化大,资源总量也大,但坚果品质良莠不齐,加之该区域核桃资源易受晚霜危害,栽培效益得不到保证。建议对该区域核桃种质资源作进一步调查,筛选出优良种质资源进行推广普及,为虎跳峡核桃种质资源的改良及新品种选育奠定理论基础。

参考文献:

[1] 杨从华,肖良俊,宁德鲁,等. 云南核桃种质资源调查初报[J]. 西部林业科学,2018,47(5): 89-93.

[2] 刘娇,范志远,赵廷松,等. 鲁甸县核桃种质资源表型多样性调查初报[J]. 河北林果研究,2014,29(1):376-379.

[3] 肖良俊,吴涛,陈少瑜,等. 昭通市核桃种质资源坚果表型特征及多样性研究[J]. 西南农业学报,2018,31(11):2250-2260.

[4] 肖良俊,吴涛,贺娜,等. 怒江州核桃种质资源坚果表型特征及多样性[J]. 东北林业大学学报,2018,46(9):46-49.

[5] 李淑芳,范志远,曾清贤,等. 云南鲁甸避晚霜核桃优良单株选择[J]. 经济林研究,2014,32(4):77-81.

[6] 李亚兰,潘存德,范江涛,等. 基于坚果表型性状的新疆核桃种质资源多样性与分类[J]. 西南农业学报,2019,32(9):1986-1993.

[7] 张深梅. 大别山山核桃坚果表型和营养成分多样性分析[D]. 杭州:浙江农林大学,2019.

[8] 刘庆贵. 核桃种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2007.

[9] 中华人民共和国国家标准:GB269092011[S]. 植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指南(核桃属),2011.

责任编辑: 许易琦

校 对: 许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 008

高黎贡山国家级自然保护区贡山片区植物多样性监测与评价

余皖云
(云南省林业调查规划院大理分院,云南 大理 671000)

摘要:对高黎贡山国家级自然保护区贡山片区设置样地进行植物多样性监测,主要内容包括中山湿性常绿阔叶林、暖性针叶林、温凉性针叶林 3 种植被类型监测,光叶珙桐、喜马拉雅红豆杉、冷杉、秃杉 4 种野生植物监测,植物资源利用情况监测及外来物种(紫茎泽兰)监测。据初步监测结果分析与评价,监测对象生长状况良好,但是受人为活动干扰影响较大。认为目前植物多样性监测覆盖面不广,监测内容不全,且监测时间较短,不能完全反映保护区植物多样性整体情况,藉此提出下一步监测工作的方向调整及整改建议。

关键词:高黎贡山自然保护区贡山片区;植物多样性;植被监测;人为干扰

中图分类号:S759. 9;S718. 521. 2;Q16 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0037-08

引文格式:余皖云. 高黎贡山国家级自然保护区贡山片区植物多样性监测与评价[J]. 林业调查规划,2021,46(3):37-44. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 008

YU Wanyun. Monitoring and Evaluation of Plant Diversity in Gongshan Area of Gaoligongshan National Nature Reserve[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):37-44. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 008

Monitoring and Evaluation of Plant Diversity in Gongshan Area of Gaoligongshan National Nature Reserve

YU Wanyun
(Dali Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Dali, Yunnan 671000, China)

Abstract: This paper monitored the plant diversity in Gongshan area of Gaoligong National Nature Reserve, including 3 vegetation types of mid-mountain moist evergreen broad-leaved forest, warm coniferous forest and temperate coniferous forest, 4 plant species of D*avidia involucrata*, *Taxus wallichiana*, *Abies fabri* and *Taiwania cryptomerioide*, as well as plant resource utilization and alien species (*Eupatorium adenophorum*). The analysis and evaluation of the monitoring results showed that the monitoring objects grew well, but were greatly affected by human activities. The current coverage of plant diversity monitoring was not wide, the monitoring content was not complete, and the monitoring time was short, which could not fully reflect the overall situation of plant diversity in the nature reserve. Therefore, this paper put forward the adjustment and rectification suggestions for the next monitoring work.

Key words: Gongshan area of Gaoligong National Nature Reserve; biological diversity; vegetation monitoring; human interference

收稿日期:2020-09-27.

第一作者:余皖云(1972-),女,安徽桐城人,工程师. 主要从事林业调查规划工作. Email:1479896229@ qq. com

高黎贡山国家级自然保护区是经国务院批准成立,以保护完整的森林生态系统和珍稀、特有动植物种类及其生境为主要目标,依法划出的国家特别保护和管理的自然地域[1]。主要保护对象为中山湿性常绿阔叶林生态系统和亚高山温性、寒温性针叶林垂直带谱自然景观。高黎贡山以其独特的生态环境,丰富的生物多样性资源,奇特壮丽而完整的植被垂直景观闻名遐迩,早为世人所瞩目,并为中外学者所向往。但是,随着社会经济的不断发展及群众依赖土地、生物资源的制约性,保护区内的野生动植物资源已受到了极大的威胁和干扰。为了有效保护区域内的野生动植物,不断摸清辖区内本底资源的数量和分布状况,及时掌握保护区内生物多样性并阐释其机理,制订并实施生物多样性监测计划显得非常必要和紧迫。

位于怒江州贡山县的保护区贡山片区占整个高黎贡山国家级自然保护区面积的 2/3,植被类型、野生动植物种类均具有代表性和典型性,且生物多样性监测工作具有前期基础。根据云南省林业和草原局批准的《高黎贡山国家级自然保护区生物多样性监测计划(2015 —2020 年)》,目前贡山片区已完成了生物多样性监测体系建设任务与首次监测工作任务。本文旨在通过对本次监测结果数据的分析与评价,及时掌握典型植被类型、重点保护植物的分布现状和变化趋势,以及植物资源利用和外来入侵物种情况,评价分析监测工作中的问题和不足,提出下一步整改措施及建议,并为保护区的建设和发展提供相应的科学依据。

1 研究区概况

1.1 高黎贡山国家级自然保护区

云南高黎贡山国家级自然保护区位于云南省西部,高黎贡山主脉中南段的中上部,地处怒江傈僳族自治州的贡山县、泸水县、福贡县和保山市的隆阳区、腾冲县境内。保护区由北、中、南互不相连的三片组成,地理坐标为北纬 24°56′~28°22′,东经 98°08′~98°50′,总面积 40.55 万 hm^2,涉及 13 个乡(镇)。保护区边界全长约 904 km,其中中缅边界 222.7 km,为目前云南省单体面积最大的自然保护区[2]。

高黎贡山自然保护区于 1983 年经云南省人民政府批准建立为省级自然保护区,1986 年经国务院批准晋升为国家级自然保护区,2000 年 4 月,怒江省级自然保护区(1986 年建立)经批准纳入高黎贡山国家级自然保护区统一管理,同年,保护区加入联合国教科文组织世界人与生物圈保护网络。2003 年,高黎贡山作为“三江并流”重要组成部分,被联合国教科文组织列入《世界自然遗产名录》。2006 年被国家林业局批准为全国示范建设保护区[3]。

保护区属自然生态系统类别,森林生态系统类型的大型自然保护区,是全球和我国生物多样性保护最关键的地区之一。主要保护对象为中山湿性常绿阔叶林和亚高山温性、寒温性针叶林垂直自然景观及其生物多样性完整的森林生态系统;以及贡山棕榈、怒江红杉、怒江冷杉、喜马拉雅红豆杉、长蕊木兰、贡山三尖杉、大树杜鹃、多种兰科植物等珍稀特有野生植物;以及以怒江金丝猴、羚牛、白眉长臂猿、熊猴、戴帽叶猴、白尾梢虹雉、金雕等为代表的珍稀特有野生动物[4]。

1.2 高黎贡山国家级自然保护区贡山片区

1.2.1 自然地理概况

高黎贡山国家级自然保护区跨云南省怒江州、保山市,其中隶属高黎贡山国家级自然保护区怒江管理局的贡山片区,位于保护区北部的贡山县,面积 24.28 万 hm^2,占整个高黎贡山国家级自然保护区面积的 2/3,占贡山县国土总面积的 55.6%,地理坐标为东经 98°04′~ 98°54′、北纬 27°31′~28°24′,北与西藏自治区察隅地区接壤,东起怒江与贡山县的茨开、捧打、丙中洛乡相连,西和西南至担当力卡山山脊与缅甸相邻,南与福贡县毗邻。

保护区贡山片区位于横断山脉纵谷区的北段,受印度板块与欧亚板块的碰撞、挤压、扭曲及江河强烈切割等影响,形成褶皱紧密、地势高耸的高山“V”形峡谷地质地貌。山水险峻多姿,地势北高南低,山高坡陡,主峰嘎娃嘎普峰海拔 5 128 m,河谷最低海拔 1 040 m,垂直高差达 4 088 m。由于特殊的地理位置和地形地貌,以及成土母岩、气候和植被的不同,土壤带状垂直分布明显,红壤、黄壤、黄棕壤、棕壤、暗棕壤、棕色暗针叶林土、亚高山草甸土均有分布。

保护区贡山片区区域小气候十分明显,形成“一山分四季,十里不同天”的立体气候,具有“年无春旱,夏无酷热,雨量充沛,干湿不分明,日照时数少”的特点。保护区内具有“双雨季”,雨季长达 9 个月。西坡(独龙江)的年降水量(3 672.8 mm)远多于东坡(贡山)(1 667.6 mm)。此外,西坡独龙江的最热月均温(22.2℃)、最冷月均温(9.1℃)、年均温(15.7℃)及≥10℃的积温(4 885.0℃)均显著高

于东坡(分别为 21.3℃、7.6℃、14.7℃、4 329.2℃)。

保护区贡山片区河流分属于怒江(萨尔温江)水系,怒江是保护区的主要河流。保护区高山顶部散布着很多小湖泊,湖泊附近常出现降雨和冰雪,而且多因地势特别、云雾缭绕而颇具神秘色彩。

1.2.2 生物多样性保护现状

高黎贡山国家级自然保护区贡山片区独特的地形地貌、气候特征,孕育了异常丰富的动植物资源。截至目前,东坡记载野生种子植物 152 科 580 属 1 475 种及 192 变种(亚种),西坡记载野生种子植物 162 科 659 属 1 804 种及 186 变种(亚种),其中国家一级保护植物有 4 种,二级保护植物 15 种,特有种 239 种;已知哺乳动物有 8 目 25 科 74 属 192 种,其中国家一级保护动物 10 种,二级保护动物 32 种;鱼类 3 目 4 科 17 属 30 种;鸟类 269 余种[5]。

保护区贡山片区植被受山体纵贯与西南方向印度洋季风的影响,显现出垂直带过渡急速,两类植被常常变化在咫尺之间的特点,迎风与背风坡面差异明显。东坡(贡山)自下而上的植被带为湿性常绿阔叶林、中山湿性常绿阔叶林、铁杉针阔叶混交林、冷杉林、高山灌丛与草甸;西坡(独龙江)自下而上的植被带为中亚热带常绿阔叶林、山地暖温带常绿阔叶林、落叶阔叶混交林、山地寒温带暗针叶林、高山亚寒带灌丛草甸—高山草甸。森林类型主要有秃杉林、大树杜鹃林、贡山棕榈林、怒江红杉林、曼青冈林、铁杉针阔混交林、贡山木莲林、贡山润楠林等。

根据省林业和草原局批准的《高黎贡山国家级自然保护区生物多样性监测计划(2015 —2020 年)》,保护区贡山片区于 2015 年正式启动生物多样性监测体系建设任务,目前该监测体系已初步建立,转入常规监测阶段。

目前的监测内容包括:(1)中山湿性常绿阔叶林(曼青冈群系、贡山棕榈群系)、暖性针叶林(秃杉针阔混交林)、温凉性针叶林(铁杉针阔混交林)3 种植被亚型 4 个群系;(2)光叶珙桐、喜马拉雅红豆杉、冷杉、秃杉种植物 5 块样地;(3)血雉、戴帽叶猴、羚牛、金猫等珍稀保护动物样带(样点);(4)环境要素;(5)外来物种(紫茎泽兰)。

综上所述,保护区贡山片区面积占高黎贡山国家级自然保护区总面积的 2/3,植被类型多样,物种多样性丰富,生物多样性监测工作有前期基础,作为生物多样性监测研究对象,具有代表性和典型性。

2 数据来源与方法

2.1 数据来源

本研究所使用的数据来源于高黎贡山国家级自然保护区贡山管护分局提供的《高黎贡山国家级自然保护区生物多样性监测计划》、《贡山管护分局 2019 年生物多样性监测报告》以及《云南高黎贡山国家级自然保护区总体规划(2019—2028 年)》,以上资料详细记录了高黎贡山国家级自然保护区贡山片区生物多样性监测体系建立的过程,详实地反映了近年来贡山片区生物多样性监测情况,主要包括植被监测、野生植物监测、野生动物监测、环境监测及外来入侵植物监测等。但由于数据众多,本文仅对植物多样性进行研究分析。

2.2 研究方法

2.2.1 植被监测

根据云南省地方标准 DB 53/T391-2012《自然护区与国家公园生物多样性监测技术规程》,植被监测采用固定样地法,主要监测区域内主要植被类型变化。

根据《高黎贡山国家级自然保护区生物多样性监测计划》,设置中山湿性常绿阔叶林(曼青冈群系、贡山棕榈群系)、暖性针叶林(秃杉针阔混交林)、温凉性针叶林(铁杉针阔混交林)3 种植被亚型 5 个植被监测样地(表 1)。样地为固定监测样地,面积为 30 m×30 m,调查内容包括森林群落(乔木层、灌木层、层间层、草本层等)种类、数量、高度、基盖度、干扰因素等。植被样地每 5 年监测 1 次,设置时间为 2015 年 5 月,首次样地监测时间为 2019 年 5 月。

2.2.2 植物监测

1)野生植物监测

根据云南省地方标准 DB 53/T391-2012《自然护区与国家公园生物多样性监测技术规程》,植物监测采用样方法,监测区域内主要植物物种的动态情况。

根据《高黎贡山国家级自然保护区生物多样性监测计划》,在保护区内设置秃杉、光叶珙桐、红豆杉、冷杉等 5 个植物样方进行监测(表 2)。样方为永久性固定监测样方,设置在目的物种分布的主要地段,兼顾目的物种不同的种群密度合理设置。样方面积为 20 m×20 m,调查内容包括样方内监测主体以及各植物群落的种类、数量、树高、胸径、基盖度、种群年龄结构、干扰因素等;植物样地每5年监

表1 植被监测样地基本情况

Tab. 1 Basic situation of vegetation monitoring sample plots

样地编号	样地位置	群落类型	监测主体	海拔/m	经度	纬度	坡度
1	独龙江公路38公里	暖温性针叶林	铁杉	3011	98°32′59.13″E	27°46′56.79″N	急坡
2	其期河西岸	温凉性针叶林	秃杉	1885	98°34′42.27″E	27°43′09.88″N	斜坡
6	独龙江钦郎当	棕榈群系阔叶林	董棕	1558	98°16′53.20″E	27°41′08.04″N	陡坡
7	独龙江钦郎当	曼青冈群系阔叶林	曼青冈	1258	98°16′33.36″E	27°41′18.88″N	缓坡
8	独龙江钦郎当	棕榈群系阔叶林	桫椤	1243	98°16′33.73″E	27°41′16.83″N	陡坡

表2 植物监测样地基本情况

Tab. 2 Basic situation of plant monitoring sample plots

样地编号	样地位置	群落类型	监测主体	海拔/m	经度	纬度	坡度
1	普拉河西岸	阔叶林	光叶珙桐	2283	98°34′21.76″E	27°48′39.51″N	陡坡
2	普拉河西岸	针阔混交林	红豆杉	1704	98°34′14.97″E	27°48′32.64″N	缓坡
3	独龙江公路隧道口	针阔混交林	冷杉	3102	98°30′06.72″E	27°47′52.30″N	陡坡
4	黑娃底子母久	阔叶林	光叶珙桐	2571	98°34′41.75″E	27°47′17.29″N	缓坡
5	其期河西岸	针叶林	秃杉	1885	98°34′42.27″E	27°43′09.88″N	斜坡

测1次,样地设置时间为2015年3月。

2)植物资源利用监测

采用社区访谈以及集市监测的方法监测保护区范围内利用的主要野生动植物资源情况,记录访谈调查内容。监测指标包括被利用植物资源名称、采集时间、地点、数量、利用部位、主要用途、交易对象、交易价格等。

3)外来入侵植物监测

主要监测保护区范围内及周边的入侵物种。监测方法为随机分段设置样线(方)法,沿监测样线(方)行走,沿途记录所见信息。监测指标包括物种名称、生境特征、分布地点、入侵面积、生长状况、入侵途径、对群落结构的影响、扩散性及防治措施等。

2.2.3 数据分析

1)密度

按照公式计算:

$$D=\frac{N}{S}$$

式中:D 为密度,单位为株(丛)/m^2;N 为样方内某种植物的个体数,单位为株(丛);S 为样方投影面积,单位为 m^2。

2)基盖度

$$Cb=\frac{\mathrm{DBH}_i}{S}$$

式中:Cb 为基盖度,单位为%;DBH_i 为样方内 i 乔木胸高(1.3 m)处断面积之和,单位为 m^2;S 为样方投影面积,单位为 m^2。

3)Shannon-Wiener 指数

$$H'=\sum P_i log_2 P_i$$

式中:H' 为 Shannon-Wiener 指数;s 为总的物种数;P_i 为第 i 个物种个体数占所有物种个体数的比例。

4)数据统计分析

根据监测调查中记录的数据进行整理录入,存储到监测数据库中,通过 Office、Spss 等软件进行分析处理。

3 结果与分析

3.1 植被监测结果

根据监测计划,按照相关技术规程,记录到5个监测样地乔木层情况如表3所示。可以看出,样地内乔木层植物大部分生长状况良好,其中2号样地乔木种类最多,密度最大,但平均树高、胸径不大,属丰富度高、年轻化的样地;6号样地乔木种类最少,密度最小,但平均树高、胸径较大,属丰富度低、老龄化的样地。

根据监测记录数据,5个监测样地内其他植物群落情况如表4所示,其中6、7、8号样地内存在人为种植草果、重楼、魔芋等林下作物情况。此类生产

活动对样地生物多样性有一定的影响。

表 3　植被监测样地内乔木监测情况

Tab. 3　Arbor monitoring in vegetation monitoring sample plots

样地编号	乔木种类	数量/株	郁闭度	密度/(株·m^{-2})	平均树高/m	平均胸径/cm	基盖度
1	云南铁杉	10	0.50	0.0111	21.50±1.58	77.13±14.47	0.5356
	栎属	10		0.0111	15.30±4.11	72.43±38.18	0.5724
	槭属	1		0.0011	7.00	16.81	0.0025
	云杉	1		0.0011	24.00	141.65	0.1751
	未知	2		0.0022	6.00±0	11.46±6.30	0.2639
	计	24		0.0267	17.13±5.89	69.88±36.37	1.5493
2	秃杉	26	0.90	0.0289	14.48±4.08	28.99±19.44	0.2731
	怒江杜鹃	13		0.0144	6.95±1.28	11.32±6.05	0.0184
	栎属	10		0.0111	10.11±2.61	20.15±12.10	0.0469
	旱冬瓜	3		0.0033	13.00±1.732	36.65±14.37	0.0388
	野核桃	3		0.0033	35.67±22.61	13.00±1.732	0.0422
	柃木	3		0.0033	7.00±2.29	9.59±0.31	0.0024
	森林榕	3		0.0033	11.00±3.46	24.49±2.56	0.0158
	马蹄荷	2		0.0022	10.5±4.95	16.74±11.52	0.0061
	独龙木荷	1		0.0011	18.00	19.48	0.0033
	滇青冈	1		0.0011	6.00	7.32	0.0005
	西桦	1		0.0011	21.65	10.00	0.0041
	云南金叶子	1		0.0011	18.84	11.00	0.0031
	未知	11		0.0122	7.95±3.04	24.35±28.23	0.1265
	计	78		0.0867	11.23±4.68	22.95±18.20	0.5811
6	董棕	9	0.90	0.0100	9.48±3.01	61.07±47.33	0.1412
	小果紫薇	2		0.0022	14.00±1.41	136.72±87.56	0.3931
	红枝柴	1		0.0011	11.00	90.40	0.0713
	计	12		0.0133	10.53±3.23	61.07±47.33	0.6056
7	曼青冈	1	0.80	0.0011	14	35.01	0.0107
	无花果	3		0.0089	11.50±3.54	41.06±8.79	0.0455
	五加科	2		0.0022	16.25±5.30	48.54±16.88	0.0436
	贡山蒲桃	5		0.0056	12.90±6.47	49.28±18.66	0.1181
	鹅掌柴	2		0.0022	11.00±1.41	29.13±1.58	0.0148
	木姜子属	1		0.0011	7.00	35.02	0.0107
	槭树	1		0.0011	7.00	19.10	0.0032
	榕树	2		0.0022	13.00±1.41	45.36±1.13	0.0359
	独龙山香圆	1		0.0011	15.00	41.38	0.0149
	未知	3		0.0033	20.50±6.36	53.32±23.64	0.0272
	计	21		0.0233	13.35±5.01	43.64±14.82	0.3873
8	桤椤	7	0.80	0.0078	5.23±5.23	24.77±8.36	0.0411
	贡山蒲桃	8		0.0089	9.56±2.80	31.38±21.89	0.0979
	无花果	5		0.0056	8.96±0.89	17.71±5.96	0.0149
	润楠	2		0.0022	7.50±0.71	10.31±2.07	0.0018
	鹅掌柴	1		0.0011	7.00	9.55	0.0080
	大青属	1		0.0011	9.20	24.83	0.1691
	计	24		0.0267	7.88±2.53	23.66±14.95	0.1691

表4 植被监测样地内其他植物群落情况

Tab. 4 Monitoring of other plant communities in sample plots

样地编号	灌木层	层间层	草本层	地被物	其他物种情况
1	迷人杜鹃、细枝柃、十大功劳	松萝	鳞毛、西南凤尾蕨	苔藓	无
2	悬钩子、锯叶千里光、中华卷柏、野八角、小铁仔、光叶荚蒾	瓦韦	冷水花、鳞毛蕨、长穗兔儿风、尖叶廖、砖子苗、大瓦韦、银木荷、凤尾蕨、绿萝、沿阶草	地衣、苔藓	无
6	无	过江龙、中华卷柏、石韦、石斛、鸟巢蕨、大瓦	虎杖、大叶冷水花、苎草、长穗砖子苗	苔藓	种植草果
7	无	无	鳞毛蕨、西南凤尾蕨、天南星	苔藓	种植草果、重楼、魔芋
8	无	瓦韦、中华卷柏	凤仙花、冷水花、秋海棠、鳞毛蕨、苎草	地衣、苔藓	种植草果、玉米、美人蕉、魔芋

根据以上监测数据,计算得出2019年各样地生物多样性指数(Shannon-Wiener指数)如表5所示。由表5可以看出,5个植被监测样地中,7号植被监测样地多样性指数最高,为3.23;随后依次为2号、8号、1号、6号。

表5 植被监测样地生物多样性指数

Tab. 5 Biodiversity index of vegetation monitoring sample plots

监测时间	样地1	样地2	样地6	样地7	样地8
2015年	1.73	2.92	1.04	3.23	2.20
2019年	1.55	2.15	1.30	0.62	1.45

与2015年基础数据相比较可以看出,除6号样地外,其余4个样地生物多样性指数都有不同程度的增加,6号样地生物多样性指数降低可能与林下草果等作物种植对样地的破坏有关,但7、8号样地同样种植了草果等作物,生物多样性指数反而上升,且7号样地增加值还最大。由于样地为首次监测,受监测数据局限,还需进一步研究探讨。

3.2 植物监测结果

3.2.1 野生植物监测

根据监测计划,按照相关技术规程,记录到5个植物样方内监测主体的情况如表6所示。样方中重点监测的保护植物生长状况良好,种群年龄结构均在Ⅴ级以上,无病虫害。1、2、4号样地存在放牧及药材、野菜采集等人为干扰活动,其他样方人为干扰活动较少。本次监测同时记录到每个样方中各植物群落物种情况如表7所示。

根据以上监测数据,计算得出2019年各植物样方生物多样性指数(Shannon-Wiener指数)如表8所示。由表8可以看出,5个植物监测样方中,4号样方多样性指数最高,为2.73;随后依次为2号、3号、5号、1号样方。

表6 植物样方监测主体监测情况

Tab. 6 Situation of monitoring objects in sample plots

样地编号	样地类型	监测主体	监测主体数量/株	郁闭度	密度/(株·m^{-2})	平均树高/m	平均胸径/cm	基盖度	种群年龄结构
1	落叶阔叶林	光叶珙桐	8	0.80	0.0200	10.25±4.17	26.77±20.52	0.1705	Ⅴ级
2	常绿阔叶林	红豆杉	3	0.70	0.0075	11.62±1.89	55.50±12.90	0.1906	Ⅵ级
3	针阔叶混交林	冷杉	8	0.60	0.0200	11.27±6.07	25.86±27.38	0.2801	Ⅴ级
4	落叶阔叶林	光叶珙桐	13	0.90	0.0325	14.70±7.94	90.00±68.87	0.3450	Ⅶ级
5	针叶林	秃杉	27	0.90	0.0675	16.40±7.40	87.92±38.64	0.5400	Ⅶ级

表 7　植物样方各植物群落监测情况

Tab. 7　Monitoring of plant communities in sample plots

样地编号	乔木层	灌木层	层间层	草本层	地被物
1	光叶珙桐、润楠、野核桃、柃木、樟科、鹅掌柴	无	野桂花、地衣	大荨麻、野鸡尾、天南星、苦苣苔、蹄盖蕨、板凳果、冷水花、爬山虎、凤尾蕨、重楼	泥炭藓、地钱
2	红豆杉、石栎、木姜子属、青冈、青冈属、润楠属、野八角、樱属、樟科、未知	无	无	西南凤尾蕨、润楠幼苗	无
3	冷杉、革叶杜鹃、杜鹃属、落叶松、云南铁杉、西桦、五角枫、未知	杜鹃	无	蕨类、蛇莓	苔藓
4	长喙厚朴、杜鹃属、鹅掌柴、光叶珙桐、青冈属、润楠属、山矾、水青树、五加科、樟科、未知	无	无	西南凤尾蕨、黄莲、蓼属	无
5	秃杉、杜鹃属、麻栎、森林榕、尼泊尔桤木、野核桃、滇青冈、西桦、未知	杜鹃	瓦韦	冷水花、鳞毛蕨、地衣、蓼属、西南凤尾蕨	苔藓

表 8　植物监测样方生物多样性指数

Tab. 8　Biodiversity index of plant monitoring sample plots

监测时间	样地 1	样地 2	样地 3	样地 4	样地 5
2015 年	1.25	2.22	1.07	1.89	1.69
2019 年	1.95	2.59	2.46	2.73	2.36

与 2015 年基础数据相比较可以看出,5 个植物样方生物多样性指数都有不同程度的增加,其中 3 号样方增加值最大,其次为 4 号、1 号、5 号、2 号样方。由于样地为首次监测,受监测数据局限,对生物多样性指数相关性还需进一步研究探讨。

3.2.2 植物资源利用监测

监测工作开展以来,工作人员于 2019 年 5 月对贡山县农贸市场进行了两次资源利用情况调查。调查结果显示,贡山县境内利用的主要野生植物资源为竹叶菜,日交易量约为 50kg/商户,价格分别为 20 元/kg(刚萌出的嫩芽),15 元/kg(长 8 ~ 12 cm 左右,具有嫩叶),15 元/kg(完全展叶)。竹叶菜主要来源于独龙江公路沿线区域的保护区内,备受社区居民和游客的青睐,尤其是近年来需求量急剧增加,如何合理利用和保护竹叶菜需深入开展研究。

3.2.3 外来入侵植物监测

由调查可知,贡山县境内的外来入侵种主要为紫茎泽兰,主要分布在保护区外围区域,2019 年监测时在保护区内未发现该物种的分布。

3.3 监测评价

3.3.1 监测对象

根据监测计划,植被监测设置了中山湿性常绿阔叶林、暖性针叶林、温凉性针叶林 3 种植被亚型 5 个植被监测样地,由于监测工作处于初期摸索阶段以及人力物力的限制,监测样地主要分布在保护区东坡(贡山),仅覆盖了贡山片区小部分森林植被类型。但在保护区范围内还有冷杉林、高山灌丛与草甸以及西坡(独龙江)的中亚热带常绿阔叶林、山地暖温带常绿阔叶林、落叶阔叶混交林、山地寒温带暗针叶林、高山亚寒带灌丛草甸—高山草甸等有具有代表性的植被类型未受到监测,监测范围较小,覆盖类型少。

同时,在野生植物监测中设置了秃杉、光叶珙桐、红豆杉、冷杉 4 种保护植物,5 个植物样方进行监测,但实际上保护区贡山片区拥有国家一级保护植物 4 种,二级保护植物 15 种,特有种 239 种,按照比例,目前植物监测种类还太少,监测范围不足,亟待增加监测人力、物力资源,以实现对各类保护植物的有效监测。

不过,在植物样方的监测中,可按照植被监测内容及要求进行监测和记录,并在植被样地中同时监测重点保护物种,两项监测互补,也能增加监测内容及监测范围;在植物样方中监测到了其他保护植物,例如 4 号样方中的水青树、长喙厚朴,也可增加监测覆盖度、提高监测效率。

3.3.2 监测时间

植被样地以及植物样方都是每 5 年监测 1 次,首次样地监测时间均为 2019 年 5 月。按照规程,监测时间、间隔设置合理。但是几乎所有监测时间都选择在 5 月开展,与动物监测时间也较为相近,人力资源容易出现紧缺情况。例如在野生植物监测中的物候观测工作,由于计划要求模糊、人力物力缺乏等因素,本项监测工作实施并不到位,数据、照片等记录较少。

在植被监测中,间隔 5 年仅 1 次统一对样地进行调查监测,无法较为全面地掌握样地内物候动态情况。建议调整监测时间,并根据不同植物的物候

期开展物候观测,以更加全面地监测样地生物多样性情况。

3.3.3 监测内容与方法

参照《自然保护区与国家公园生物多样性检测技术规程》,保护区贡山片区植物多样性监测的内容基本全面,监测方法科学有序。但是由于人力、物力限制,监测工作中主要存在以下问题:植被监测及野生植物监测在土壤、气候、天然更新、物候观测等生境调查方面有所欠缺;在群落名称记录上,还不能全面识别,存在仅识别到科、属或完全"未知"记录的情况;植被监测数据分析未涉及频度、重要值等数据,植物监测未涉及种群年龄结构,不能反映种群内不同年龄个体数量的分布等情况;2 号植被样地与 5 号植物样地存在交叉重叠情况。在下一步监测工作中,需要进一步加强工作人员专业知识储备,提升研究能力,根据实际情况及时调整监测内容及方法,以提升各项监测质量和效率。

4 结论与讨论

根据以上监测结果,本研究主要得出以下几个结论:

1)高黎贡山国家级自然保护区贡山片区植物多样性监测处于初级发展阶段,监测内容包括植被监测、野生植物监测、植物资源利用监测以及外来入侵植物监测,监测样地设置合理,监测指标基本全面,监测流程和手段规范。自 2015 年监测工作开展以来,监测对象生长状况良好,生物多样性指数均有不同程度的增加,但是受人为活动干扰影响较大,尤其是种植、放牧、采集等活动,表明生物多样性监测工作在自然保护区保护监测工作中的重要性。

2)由于人力、物力及各项不可抗力因素的限制,目前植物多样性监测覆盖度不高,监测内容不全,且监测时间较短,不能完全体现自然保护区植物多样性的整体情况;且监测工作处于开展初期,存在着监测时间过于集中,监测指标记录不全,数据分析不到位等问题;另外,随着自然环境的变化以及社会经济的发展,部分样地(样方、样带)已不能够体现保护区内的情况,或是不适于常年监测需求,不利于监测工作科学合理地开展。

3)经过评价分析,在下一步监测工作中,植物多样性监测应从以下几个方面进行调整:(1)需要对各样地(样方)进行评估分析,对部分损坏样地(样方)标识进行修复,同时根据生境状况及监测实际情况对样地(样方)进行局部调整,适当再增加不同植被类型、不同监测主体的样地(样方),以增加监测覆盖率;(2)在做好常规样地(样方)监测的同时,注重物候变化观测,逐步摸清保护区内植物物候变化规律;(3)合理选择监测时间,尽量与其他监测不冲突、相适应,尽量利用现有资源尽可能多地采集监测数据,以便更加科学有效合理地进行植物多样性监测;(4)不断提升监测人员业务技术水平,同时通过多种途径对保护区周边居民开展生物多样性保护宣传教育活动,达到全员实时监测、积极参与的理想监测效果。

参考文献:

[1] 张绍辉. 高黎贡山自然保护区生物多样性受威胁因素及可持续发展对策[J]. 林业调查规划,2013,38(5):45-49.

[2] 寸瑞红. 高黎贡山自然保护区的参与式管理[J]. 林业与社会,2002(5):11-14.

[3] 徐萍. 森林资源动态监测技术研究——以云南省高黎贡山自然保护区为例[D]. 昆明:西南林业大学,2008.

[4] 杨宝柱. 高黎贡山国家级自然保护区巡护管理工作问题及对策[J]. 林业调查规划,2005(z1):62-63.

[5] 李嵘,纪运恒,刀志灵,等. 高黎贡山北段东西坡种子植物区系的比较研究[J]. 云南植物研究,2008(2):129-138.

[6] 张媛. 森林生态系统类型自然保护区生物多样性监测体系构建探索[J]. 林业资源管理,2018(3):29-34.

责任编辑:刘平书
校　　对:张林艳　刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 009

糯扎渡省级自然保护区鸟类多样性调查及分析

杜虹蓉,卢 文,赵倩茹,李丽,李勇祥
(糯扎渡省级自然保护区,云南 普洱 665000)

摘要:糯扎渡省级自然保护区地处澜沧江下游,糯扎渡水电站两侧,拥有丰富的生物资源。2018 年 9 月—2019 年 10 月期间,采用样线法对保护区鸟类多样性进行调查,共记录到鸟类 18 目 67 科 148 属 222 种。鸟类的区系构成以东洋区成分为主,共 174 种,占繁殖鸟类种数的 78. 38%,古北种 6 种(占 2. 7%),广布种 42 种(占 18. 92%)。多样性指数分析表明,澜沧片核心区、思茅片核心区的鸟类多样性最丰富。澜沧片区的鸟类 Pielou 均匀度指数、Simpson 指数相对较高,思茅片区相对较低。思茅片区样线选取经过部分鸟类集居点,是造成 Pielou 均匀度指数、Simpson 指数偏低的主要因素。

关键词:鸟类;物种多样性;糯扎渡自然保护区

中图分类号:S759. 9;S718. 63;Q16 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0045-04

引文格式:杜虹蓉,卢文,赵倩茹,等. 糯扎渡省级自然保护区鸟类多样性调查及分析[J]. 林业调查规划,2021,46(3):45-48,57. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 009

DU Hongrong,LU Wen,ZHAO Qianru,et al. Investigation and Analysis of Avian Diversity in Nuozhadu Provincial Nature Reserve [J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):45-48,57. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 009

Investigation and Analysis of Avian Diversity in Nuozhadu Provincial Nature Reserve

DU Hongrong, LU Wen, ZHAO Qianru, LI Li, LI Yongxiang
(Administration of Nuozhadu Provincial Nature Reserve, Pu'er, Yunnan 665000, China)

Abstract: Nuozhadu Provincial Nature Reserve is located in the down-stream area of Lancang River, on the both sides of Nuozhadu Hydropower Station, which is rich in biodiversity resources. From September 2018 to October 2019, by using the line transect method to investigate the avian diversity, a total of 222 species were recorded, which belonged to 148 genera, 67 families and 18 orders. The fauna of birds was mainly composed of 174 Oriental species, accounting for 78. 38% of the total number of breeding birds, 6 Palaerctic species (2. 7%) and 42 widely distributed species (18. 92%). The diversity index analysis showed that the bird diversity in Simao core area and Lancang core area was the most abundant. The Pielou evenness index and the Simpson index of Lancang area were higher than those of Simao area. The main reason for the low Pielou evenness index and Simpson index of Simao area was that the sampling line crossed some birds' settlements.

Key words: avian; species diversity; Nuozhadu Provincial Nature Reserve

收稿日期:2020-06-30;**修回日期**:2020-11-30.

第一作者:杜虹蓉(1990-),女,助理工程师. 主要研究方向为资源环境与遥感、森林保护. Email:duhongr@ 163. com

责任作者:卢文(1972-),男,主要研究方向为野生动物保护与利用. Email:957384195@ qq. com

生物多样性是生态系统维持其功能和过程的必要保证,同时也是人类赖以生存和持续发展的物质基础[1]。鸟类作为生态系统的重要组成部分,其群落结构、数量变化是反映生态系统状态的重要指标之一[2],自然保护区作为建设生态文明的前沿阵地和基本单元,不仅体现人与自然和谐相处,更是弘扬生态文化、建设生态文明的重要载体和示范基地[3]。糯扎渡省级自然保护区(以下简称保护区)位于糯扎渡水电站两侧,地处澜沧江下游,云南南部的高原和山地斜坡地带,调查保护区鸟类多样性,有助于开展澜沧江下游、糯扎渡地区鸟类资源的本地调查,对了解鸟类资源有着重要的意义。然而,保护区内的鸟类资源近年来报道鲜少。2001 年,糯扎渡自然保护区建设和管理作为"中荷合作云南省森林保护与社区发展项目(FCCDP)"的一个子项目,对野外鸟类资源开展了调查,相关内容记录在《糯扎渡自然保护区》[4]一书中。至 2017 年糯扎渡省级自然保护区管护局(以下简称"管护局")成立,17 年间,没有关于保护区鸟类多样性的文献。2018 年 2 月—2019 年 10 月,管护局开展了"糯扎渡自然保护区生物资源多样性调查"项目,结合日常保护区资源巡护,对鸟类资源进行了较全面的实地调查,以更好地摸清鸟类的种类组成,完善本底资料,进行生物多样性保护与可持续发展研究,为维持保护区生态系统健康、强化管理提供重要的科学依据。

1 研究区域概况

糯扎渡省级自然保护区地理坐标为东经 100°22′~100°30′,北纬 22°35′~22°47′,总面积 18 997 hm^2。保护区分思茅片和澜沧片,思茅片 12 203 hm^2,澜沧片 6 794 hm^2,分别占保护总面积的 64.24%和 35.76%。功能区划上,核心区面积占 45.32%,缓冲区面积为 27.37%,实验区面积为 27.30%(图 1)。海拔在 602~1 873 m。澜沧江从保护区中部穿过,形成以峡谷为中轴,东、西各有一片山地的地貌格局。保护区属于南亚热带高原季风气候,澜沧江峡谷海拔在 800 m 以下的河谷地区则为北热带半湿润型气候。全年气温较高,日较差大。降水丰富,四季不明显,干湿季分明,年均降水量为 1 400 mm;保护区气候宜人,优良的自然环境孕育了丰富的鸟类资源。

保护区划分为热带雨林、热带季雨林、亚热带常绿阔叶林、落叶阔叶林、暖性针叶林、竹林和稀树灌

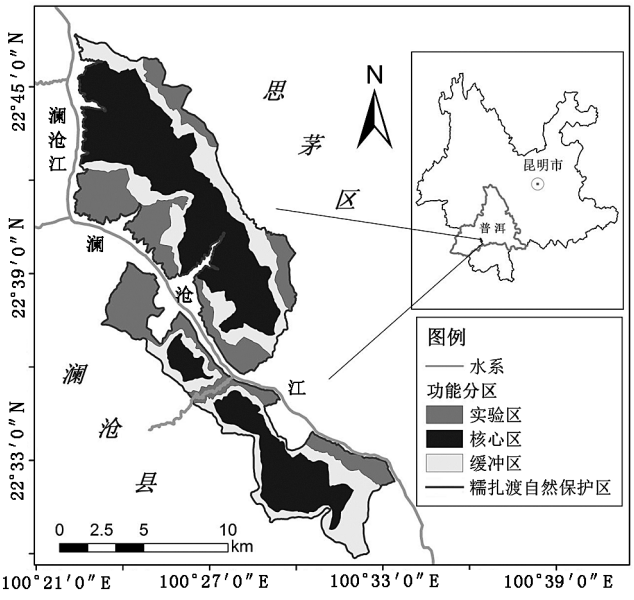


图 1　糯扎渡省级自然保护区区位

Fig. 1　Location of Nuozhadu Provincial Nature Reserve

木草丛共 7 个天然植被型和 1 个人工植被,亚热带常绿阔叶林为保护区优势植被,占总面积的 50.90%;其次为思茅松林,约占总面积的 22.20%。保护区物种多样性丰富,记录有维管束植物 2016 种、哺乳动物 84 种、两栖爬行动物 44 种、昆虫 586 种、大型真菌 65 种。其中国家Ⅰ级保护动物有印度野牛(*Bos frontalis*)、亚洲象(*Elephas maximus*Linnaeus)、蜂猴(*Nycticebus bengalensis*)等 12 种;国家Ⅱ级保护动物有猕猴(*Macaca mulatta*)、红瘰疣螈(*Tylototriton verrucoosus* Anderson)等 40 种;国家Ⅰ级保护植物有藤枣(*Eleutharrhena macrocarpa*)、篦齿苏铁(*Cycas pectinata* Griff)、单羽苏铁(*Cycas simplicipinna* (T. Smitinand) K. Hill)3 种;国家Ⅱ级保护植物有千果榄仁(*Terminalia myriocarpa* Vaniot Huerck et Muell. -Arg.)、大叶木兰(*Magnolia henryi* Dunn)、勐仑翅子树(*Pterospermum menglunense* Hsue)等 13 种。

2 研究方法

2.1 鸟类调查方法

主要采用样线法进行调查。2018 年 9 月—2019 年 10 月,调查组 8 人根据保护区实际地域范围,遵循随机性原则,以澜沧江为界,分别在东部区域(思茅片)、西部区域(澜沧片)的实验区、缓冲区、核心区各设置 2 条样线(表 1),共计 12 条,每条样线每季度开展 2 次调查。调查时间主要为上午 6:00—12:00,下午 16:00—19:00。样线长度为

5 000 m,步速保持 1.5~2 km/h,两侧观察宽度为 50 m 左右。选择晴朗的日子进行调查[5]。调查中采用 10×42 倍双筒望远镜观察、专业数码相机拍照及 GPS 进行定位;辅以红外照相机拍照和平时收集的保护区内鸟类图片为佐证,做到记录鸟类都有图片或视频资料。

表 1　糯扎渡自然保护区鸟类调查样线

Tab. 1　Bird survey line transects of Nuozhadu Provincial Nature Reserve

编号	区域	样线起点	样线终点
1	思茅片核心区	东经 100°25′35″,北纬 22°42′59″	东经 100°26′22″,北纬 22°41′47″
2	思茅片核心区	东经 100°27′40″,北纬 22°38′44″	东经 100°28′27″,北纬 22°37′54″
3	思茅片缓冲区	东经 100°28′18″,北纬 22°40′45″	东经 100°29′8″,北纬 22°39′39″
4	思茅片缓冲区	东经 100°27′5″,北纬 22°38′14″	东经 100°28′28″,北纬 22°37′24″
5	思茅片实验区	东经 100°27′21″,北纬 22°43′13″	东经 100°26′53″,北纬 22°43′40″
6	思茅片实验区	东经 100°26′12″,北纬 22°41′9″	东经 100°25′21″,北纬 22°40′3″
7	澜沧片核心区	东经 100°31′37″,北纬 22°31′14″	东经 100°29′15″,北纬 22°31′34″
8	澜沧片核心区	东经 100°27′40″,北纬 22°38′44″	东经 100°28′27″,北纬 22°37′54″
9	澜沧片缓冲区	东经 100°26′8″,北纬 22°35′25″	东经 100°25′36″,北纬 22°36′23″
10	澜沧片缓冲区	东经 100°32′32″,北纬 22°31′8″	东经 100°31′54″,北纬 22°29′59″
11	澜沧片实验区	东经 100°22′58″,北纬 22°37′43″	东经 100°24′32″,北纬 22°38′45″
12	澜沧片实验区	东经 100°30′54″,北纬 22°33′38″	东经 100°32′16″,北纬 22°32′39″

2.2 鸟类识别方法

物种鉴别依据《中国鸟类图鉴》[6]。物种分类系统依据《世界鸟类分类与分布名录》[7]、《中国鸟类与分布名录》[8]和《中国鸟类系统检索》[9],地理区划依据《中国动物地理》[10],珍稀濒危物种确定按照《中国濒危动物红皮书》[11]和《国家重点保护野生动物名录》[12]。

2.3 数量统计方法

鸟类数量等级参考胡箭、韩联宪等人[4,13]的方法,鸟个体数占调查统计鸟类总个体数百分比在 0.002 以下为稀有种,在 0.005~0.002 为普通种,在 0.04~0.006 为常见种,在 0.05 以上为优势种。

群落多样性指数方法为:

(1)Shannon-Wiener 多样性指数(H):

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

式中:$P = N_i/N$,P_i 是第 i 种个体数占总个体数的比率,N_i 是第 i 种的个体数,N 是总个体数。[14,15]

(2)Pielou 均匀度指数(J):

$$J = H'/\ln S$$

式中:S 是物种数,用于反映物种个体数目在群落中分配的均匀程度指数。

(3)选取 Simpson 指数(D)测定种群优势度指数:

$$D = 1 - \sum P_i^2$$

3 结果与分析

3.1 鸟类组成

经过野外实地调查,共记录到保护区鸟类共 18 目 67 科 148 属 222 种。其中,雀形目数量居多,占相对优势,为优势类群,共 40 科 141 种,占调查总数的 63.51%。其中:鹟科所含种数最多(26 种),占雀形目总种数的 18.44%;其次为噪鹛科(9 种),占 6.38%;鸫科(8 种),占 5.67%。非雀形目数量偏少,有 27 科 81 种,占 36.32%。其中,鸮形目的鸱鸮科所含种类最多,有 8 种,占非雀形目鸟类总种数的 9.88%;其次为啄木鸟目啄木鸟科、鸡形目雉科,各有 7 种,分别占非雀形目鸟类总种数的 8.64%。此三者共占了非雀形目总种数的 27.16%。以上详见保护区鸟类名录(按:限于版面,此处略去,需要者联系作者)。

3.2 居留类型分析

保护区内调查到的 222 种鸟类中,留鸟有 160 种,占记录鸟类种数的 72.07%;夏候鸟 24 种,占 10.81%;冬候鸟 16 种,占 7.21%;旅鸟 9 种,占 4.05%。

此次调查表明,保护区的鸟类居留类型组成以留鸟为主,夏候鸟次之,旅鸟最少。

3.3 鸟类区系分析

鸟类的区系成分按鸟类主要繁殖地区作为划分标准,共记录到东洋区的种类有 174 种,占繁殖鸟类种数的 78.38%,大多数颜色艳丽,具有较高观赏价值;属于古北区的种类有 6 种,占繁殖鸟类总种数的 2.70%;属于东洋区和古北区两动物界共有的广布种有 42 种,占 18.92%。综上,糯扎渡地区鸟类的区系构成以东洋区成分为主。

3.4 鸟类保护等级分析

调查到的鸟类中,国家级保护鸟类种类数多,占记录鸟类总数的14.4%。国家Ⅰ级有黑颈长尾雉(*Syrmaticus humiae*)、灰孔雀雉(*Polyplectron bicalcaratum*)、绿孔雀(*Pavo muticus*)3种,均为雉科;国家Ⅱ级的有白鹇(*Lophura nycthemera*)、蛇鹃(*Spilornis cheela*)、大紫胸鹦鹉(*Psittacula derbiana*)等32种;国家级保护鸟类中,猛禽类占59%。在其它地区不易见到的罕见鸟类如蓝须夜蜂虎、冠斑犀鸟在糯扎渡保护区内也比较容易观察。

4 鸟类多样性影响因素分析

根据2018年9月—2019年10月的野外调查情况,对保护区思茅片、糯扎渡片的鸟类群落多样性进行计算分析,结果如表2所示。

表2 糯扎渡自然保护区鸟类群落多样性

Tab.2 Avian community diversity of Nuozhadu Provincial Nature Reserve

指数	澜沧片			思茅片		
	核心区	缓冲区	实验区	核心区	缓冲区	实验区
Shannon-Wiener指数	4.674	4.251	4.362	4.546	4.392	4.495
Pielou均匀度指数	0.937	0.896	0.905	0.875	0.880	0.886
Simpson指数	0.987	0.975	0.980	0.977	0.977	0.978

保护区不同片区Shannon-Wiener指数与Simpson指数、Pielou均匀度指数排序不一致。Shannon-Wiener指数反映鸟类群落物种的丰富度和均匀度[11],片区内鸟类种类数量越均衡,Shannon-Wiener指数越大。保护区内鸟类Shannon-Wiener指数由高到低分别是:澜沧片核心区>思茅片核心区>思茅片实验区>思茅片缓冲区>澜沧片实验区>澜沧片缓冲区。Pielou均匀度指数与Simpson指数排序一致,由高到低分别是:澜沧片核心区>澜沧片实验区>澜沧片缓冲区>思茅片实验区>思茅片缓冲区>思茅片核心区;思茅片区Pielou均匀度指数、Simpson指数相对较低的主要原因是思茅片区核心区样线经过紫红头鹦鹉、大紫胸鹦鹉的栖息地,缓冲区样线少部分涉及,该区域居住的布朗族等少数民族有着人鸟共存的生态理念,使得当地鸟类多样性丰富,优势种数量大;其次,思茅区内黑短脚鹎、白喉红臀鹎、红耳鹎的数量明显高于其它鸟种。

澜沧片核心区、思茅区核心区鸟类在两片区鸟类多样性最丰富,澜沧片核心区鸟类有16目57科147种,鸟类数量相对均匀,优势种相对不明显;思茅片核心区鸟类有18目60科181种,种类多且优势种数量相对显著。调查路径主要考虑可达性,在澜沧片缓冲区样线附近人类活动干扰较大,其鸟类种类和数量相对较少,鸟类有15目53科115种,由于临近澜沧江,以棕雨燕、小白腰雨燕为主,秋冬季该区域能观察到候鸟钳嘴鹳。

5 讨论与结语

此次鸟类多样性调查获悉鸟类18目67科222种,与2004年"中荷合作云南省森林保护与社区发展项目(FCCDP)"调查所得15目45科184种对比,本次鸟类调查增加了咬鹃目、鹈形目、鸽形目3个目,新增鸟类72种,其中,首次记录到罕见的国家Ⅰ级保护鸟类灰孔雀雉。原FCCDP项目中的中华鹧鸪、点斑林鸽、灰林鸽等34种鸟类在此次调查中并未被发现。该结果一方面由于历史及人为活动干扰所致;2003年起糯扎渡电站开始建设后,保护区土地调整面积34.71 km^2,周边群众生计方式也发生改变。13年间,由原生植被类型变为橡胶、茶叶、咖啡等植被类型面积达 3 060 hm^2,保护区内放牧、采脂、野生菌采集、修建公路、生产活动等人为干扰和生境改变使鸟类种类、数量及分布范围产生变化。另一方面,可能与本次调查路线设置、调查时间选择有关,这将在今后的调查研究中补充完整。

糯扎渡省级自然保护区鸟类多样性丰富,国家重点保护鸟类占比较大,区域特点明显,具有很高的保护价值。在今后工作中,一要加强保护力度,强化宣传,提高社区群众保护意识,防止鸟类栖息地遭破坏;二要选取国家级保护鸟类作为重点监测物种,开展长期科研监测,为有效保护提供科学依据;三要充分利用现有鸟类资源,探索自然教育、社区发展与保护协调发展的模式。

参考文献:

[1] 戴亚南.金佛山自然保护区生物多样性及其保护浅析[J].热带地理,2002,22(3):279-282.

[2] 王斌,彭波涌,李晶晶,等.西藏珠穆朗玛峰国家级自然保护区鸟类群落结构与多样性[J].生态学报,2013,33(10):3056-3064.

(下转第57页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 010

云南南滚河国家级自然保护区整合优化设计研究

郑天水
(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:对云南南滚河国家级自然保护区现状、空间重叠、历史遗留和现实矛盾冲突问题、生态保护空缺等进行调查分析,进而对保护区进行整合优化设计研究。整合优化后保护区总面积为 5 0587. 328 2 hm^2,比整合优化前减少 300. 541 3 hm^2。调整优化设计后虽仍存在 9 个方面的矛盾问题,但涉及的面积大量减少,只有矿权基本上未进行调整,其他 8 类问题几乎全部调出了保护区。调整优化后功能区从“三区变两区”,基本上保持了保护区原总体规划的设计思想和原则,各功能区内的历史遗留和现实矛盾冲突问题集中体现在矿权问题上,占矛盾问题总面积的 81. 43%,其他问题面积仅 690 hm^2。经调出措施与调入地块处理,保护区基本上保持了面积无大的减少,保护性质和保护等级未发生改变,功能区划分设计更加科学合理,更加有利于对保护对象的保护和对整个保护区进行有效管理。

关键词:整合优化;空间重叠;矛盾冲突问题;功能分区;云南南滚河国家级自然保护区

中图分类号:S759. 9;X36 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0049-09

引文格式:郑天水 . 云南南滚河国家级自然保护区整合优化设计研究[J]. 林业调查规划,2021,46(3):49-57.
doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 010

ZHENG Tianshui. Integration and Optimization Design of Nangunhe National Nature Reserve in Yunnan Province [J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):49-57. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 010

Integration and Optimization Design of Nangunhe National Nature Reserve in Yunnan Province

ZHENG Tianshui
(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: The integration and optimization design of Nangunhe National Nature Reserve in Yunnan Province was studied based on the investigation and analysis of the status, spatial overlap, historical and practical contradictions, and ecological protection vacancy. The total area after integration and optimization was 50 587. 328 2hm^2, reduced by 300. 541 3hm^2. The design still had 9 contradictions after the adjustment and optimization, but the area involved was greatly reduced, only the mining right had not been adjusted, and almost all the other 8 problems had been transferred out of the reserve. The functional area changed from “three areas to two areas”, basically maintaining the design ideas and principles of the original plan of the reserve. The historical and practical contradictions and conflicts in each functional

收稿日期:2020-10-07.
基金项目:云南省自然保护区整合优化项目(2020203003);云南省林业调查规划院青年联合会项目(1QL002Z00018).
第一作者:郑天水(1970-),男,云南昆明人,高级工程师 . 从事林业调查规划工作 . Email:ghydsyszts@ 126. com

area were mainly reflected in the issue of mining rights, accounting for 81.43%, and the area of other problems was only 690hm^2. The area of the reserve basically remained unchanged, and the nature and level of protection were not changed through transfer-out and the transfer-in measures. The division design of functional areas was more scientific and reasonable, which was more conducive to the protection of the protected objects and the effective management of the whole reserve.

Key words: integration and optimization; spatial overlap; contradiction and conflict; functional zoning; Nangunhe National Nature Reserve in Yunnan Province

云南南滚河国家级自然保护区地处 Myers(2000)提出的全球 25 个生物多样性热点地区,有“野生动植物资源宝库”之称,其自然生态质量优良,具有较高的自然保护价值和社会、经济、科研价值,是我国 40 多个“A 级”保护区之一。多年来,保护区存在与其他自然保护地空间重叠、历史遗留和现实矛盾冲突问题严重、土地权属不清、局域性规划不合理等问题,这也是全国自然保护地普遍存在的共性问题。为有效解决这一问题,2019 年 6 月中共中央办公厅和国务院办公厅印发了《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),明确建立以国家公园为主体的新型自然保护地体系是贯彻习近平生态文明思想的重大举措,是党的十九大提出的重大改革任务。自然资源部、国家林业和草原局印发了《关于做好自然保护区范围及功能分区优化调整前期有关工作的函》(自然资函〔2020〕71 号),明确提出对自然保护地进行整合优化,有效解决自然保护地设置不尽科学、规划不尽合理、体系不够完善、空间重叠、边界不清、保护与发展矛盾突出等问题。自然保护地整合优化工作是践行习近平生态文明思想的重要举措,是推进构建以国家公园为主体的新型自然保护地体系的重要步骤,是解决矛盾冲突问题、提升保护地管理水平的重要手段,是配合生态红线划定和国土空间规划编制的重要衔接。根据国家和云南省相关要求,对云南南滚河国家级自然保护区空间交叉重叠、历史遗留和现实矛盾冲突等现状进行了深入细致地调查,并对保护区所处区域的生态保护空缺和生态资源禀赋进行调查分析,遵循相关技术规范要求,以自然生态保护为核心,矛盾冲突问题为导向,对保护区整合优化进行了设计研究,最终实现科学合理地对保护区自然生态系统原真性和完整性的有效保护,促进生态保护与社会经济共同发展。

1 云南南滚河国家级自然保护区现状分析

云南南滚河国家级自然保护区(以下简称“保护区”)始于 1980 年 3 月 18 日由国务院以国发〔1980〕67 号文批准建立,1995 年 2 月 23 日林业部(林函护字〔1995〕25 号)确认为国家级自然保护区。依据国家标准 GB/T 14529-93《自然保护区类型与级别划分原则》,该保护区属于野生生物类别野生动物类型中的中型自然保护区。保护区地处横断山系怒山山脉的南延部分,属滇西纵谷区,位于临沧市境内,地理位置为 98°57′32″~99°26′00″E、23°09′12″~23°40′08″N。区域跨沧源佤族自治县和耿马傣族佤族自治县。保护区保存了北回归线附近保存较为完整的植被垂直带谱,生物多样性富集,主要保护对象为:以印支虎(*Panthera tigris corbetti*)、亚洲象(*Elephas maximus*)、林麝(*Moschus berezovskii*)、豚鹿(*Cervus porcinus*)为代表的 76 种珍稀野生动物及其栖息地;以黑长臂猿(*Hylobates concolor*)、白掌长臂猿(*Hylobates lar*)、灰叶猴(*Presbytis phayrel*)、懒猴(*Nycticebus coucang*)、蜂猴(*Nycticebus bengalensis*)、短尾猴(*Macaca arctoides*)等多种灵长类动物及其栖息地;以长蕊木兰(*Alcimandra cathcardii*)、单羽苏铁(*Cycas simplicipinna*)、喜马拉雅红豆杉(*Taxus wallichiana*)、藤枣(*Eleutharrhena macrocarpa*)、水青树(*Tetracentron sinense*)、桫椤(*Alsophila spinulosa*)等为代表的 26 种珍稀野生植物。

1.1 保护区面积及功能分区

保护区成立之初仅包含沧源县班洪、班老 2 个乡的部分区域,面积 7082.50 hm^2。2003 年 8 月 26 日,国务院(国办函〔2003〕58 号)批准扩建后地域跨沧源和耿马 2 个县,经国家林业局(林计发〔2009〕173 号)批复的《云南南滚河国家级自然保护区总体规划(2009—2018)》中保护区总面积为 50 887.00 hm^2。

保护区功能区划分为核心区、缓冲区、实验区 3 个区,其中:核心区面积 19 923 hm^2,占保护区总面积的 39.2%;缓冲区 17 335.1 hm^2,占 34.1%;实验区 13 628.9 hm^2,占 26.8%。

1.2 保护区价值总体评价

保护区具有优良的自然生态质量和较高的生态保护价值,其总体价值可由自然生态质量、自然生态保护价值、社会经济价值几方面体现。

1.2.1 自然生态质量评价

1)物种的稀有性

保护区有珍稀濒危保护植物有 220 种,隶属于 42 科 115 属,保护区物种的珍稀、濒危程度极高,具有重要科研、经济价值。

2)物种的特有性

在云南或中国特有分布的动植物种类中,有 300 多种在保护区被发现,其中有 12 种种子植物、1 种两栖类动物、25 种昆虫仅分布于南滚河地区。南滚河地区特有的两栖类动物沧源蛙(*Rana cangyuanensis*)和特有的昆虫耿马原细蚁(*Protanilla gengma* Xu)、阿佤钝猛蚁(*Amblyopone awa* Xu et Chu),目前南滚河之外地区尚未在发现。

3)植被类型的典型性

保护区分布有完整的中山湿性常绿阔叶林生态系统,是云南山地垂直带上具有特征性的植被类型,也是我国西南部南亚热带的常绿阔叶林的典型代表,反映出我国中山湿性常绿阔叶林及季节雨林分布区的原貌,具有重要的生物地理学意义。

4)珍稀濒危物种生境的重要性

保护区从热带到南亚热带各种丰富多样的植被类型为印支虎、亚洲象、白掌长臂猿、黑长臂猿、灰叶猴、蜂猴、林麝、豚鹿等众多珍稀野生动物提供了良好的栖息环境,也为保护区珍稀濒危物种和特有物种提供了难得的避难所,如果生境一旦遭到破坏,众多珍稀濒危野生动植物的生存将受到严重威胁。

5)生态自然性程度高

保护区森林覆盖率 70% 以上(74.27%),而 95%以上的森林植被为天然植被,至今保持自然原始状态,保护区生态的自然性程度高。

6)生物多样性极其丰富

保护区特殊的地理位置孕育了丰富的动植物资源,是野生生物资源的天然基因库,生物物种占全国物种的比例较高,生物多样性在全国乃至全球均具有重要意义(表 1)。

7)自然生态系统的脆弱性

保护区野生动物种类多,但种群数量较少,不利于物种种群数量的扩散和种群的发展;保护区生态变幅小且高度特化,系统空间较小,在多样化而独特的自然条件下抗干扰能力较弱;保护区地处南亚热带区域,在湿热环境下,生态系统的物质循环和能量流动速率很快,系统对环境变化和外部干扰的敏感性很强,其稳定性较低,系统比较脆弱。

表 1　南滚河国家级自然保护区生物物种种类

Tab. 1　Biological species in Nangunhe National Nature Reserve

生物类群	保护区种数	中国		云南	
		种数	占比/%	种数	占比/%
哺乳类	123	645	19.1	304	40.5
鸟类	293	1329	22.0	848	34.6
两栖类	33	295	11.2	112	29.5
爬行类	51	412	12.4	152	33.6
淡水鱼类	36	1023	3.5	432	8.3
蕨类植物	156	2900	5.4	1611	9.7
裸子植物	10	237	4.2	92	10.9
被子植物	2080	28356	7.3	13232	15.7

8)面积适宜性　保护区总面积 50 877 hm^2,其中,核心区面积为 19 923 hm^2,占保护区总面积的 39.2%,主要保护对象大多位于核心区。此外,还有缓冲区 17 335.1 hm^2,占保护区总面积的 34.1%,保护区面积足以有效维持主要保护对象生态安全所需面积,因此,保护区的面积是适宜的。

1.2.2 自然生态保护价值评价

保护区地处低纬地区(北回归线横穿保护区),属于 Myers(2000)提出的全球 25 个生物多样性热点地区,是我国 40 多个“A”级自然保护区之一。保护区具有北回归线附近保存较为完整的植被垂直带谱,从低海拔至高海拔分布着季节雨林、半常绿季雨林、季风常绿阔叶林、半湿润常绿阔叶林、中山湿性常绿阔叶林、山顶苔藓矮林;分布着云南山地完整的中山湿性常绿阔叶林生态系统,林相整齐、结构复杂、物种丰富,生态系统完整,至今仍保持着自然原始状态,具有明显的典型性和极高的保护价值;具有众多保护的野生动植物种类,对珍稀濒危动植物物种的保护具有重要意义;保护区分布着白掌长臂猿、黑冠长臂猿、蜂猴、灰叶猴等 8 种灵长类动物,占我国灵长类动物种类(23 种)的 34.8%,占云南灵长类动物种类(14 种)的 57.1%,是我国灵长类动物研究的重要基地,具有较高的科学研究价值。

1.2.3 社会经济价值评价

保护区具有丰富的生物物种资源和景观资源,这些宝贵的资源是人类无法用货币计算的巨大财

富。其价值包括直接利用价值(活立木、非木质林产品、林下产品)、间接利用价值(生态旅游、科学研究、科普教育、改善环境)、生态价值(固碳、释放氧气、养分储存、减少水土流失、净化空气、水源涵养、改善水质)等。此外,保护区保存完好的原始植被是一座天然的绿色水库,大青山和窝坎大山被称为"母亲山",以其发源的众多河流是耿马、沧源两县主要产粮区和经济区的水源,对两县的经济发展起着举足轻重的作用。保护区的这些价值给当地社会带来了显著的社会价值和经济效益。

2 保护区空间重叠及历史遗留和现实矛盾冲突问题分析

2.1 空间重叠分析

采用图层叠加分析法,将保护区范围矢量图层叠加区域内现有的各类自然保护地范围矢量图进行空间分析,结合保护地勘测的四至界线描述和批复成立时间,科学判定保护地之间的交叉重叠情况。

保护区范围分别与沧源佤山风景名胜区、沧源南滚河特有鱼类省级水产种质资源保护区、南汀河下游段国家级水产种质资源保护区(耿马段)、耿马南汀河省级风景名胜区等 4 个保护地之间存在局部地块交叉重叠情况,重叠总面积 2 542.51 hm^2(表 2)。

表 2 南滚河国家级自然保护区与各类自然保护地交叉重叠面积统计

Tab. 2 Statistics of overlapping area between Nangunhe National Nature Reserve and the other nature reserves

合计	沧源佤山风景名胜区	沧源南滚河特有鱼类省级水产种质资源保护区	南汀河下游段国家级水产种质资源保护区(耿马段)	耿马南汀河省级风景名胜区
2542.51	1099.39	162.86	411.71	868.55

2.2 历史遗留和现实矛盾冲突问题分析

整合优化设计前根据保护区范围将矢量图层进行叠加,对永久基本农田和一般耕地、生态保护红线、重大工程建设、城镇建设规划、环保等各类督察、矿权分布、林地"一张图"、公益林等矢量图层进行对比分析,再结合高新卫星影像资料和现地核实信息,科学判定历史遗留和现实矛盾冲突问题。按优化相关规程规范的要求,把保护区范围内存在的历史遗留和现实矛盾冲突问题划分为村庄、基础设施、永久基本农田、一般耕地、国有人工商品林、集体人工商品林、矿业权(包括探矿权和采矿权)、各类督察问题、其他问题(按以上类别未细分的其他问题)等 9 个类型。

保护区范围内的历史遗留和现实矛盾冲突问题 9 个类型涉及总面积 4 574.007 2 hm^2,涉及总人口 938 人。其中:村庄 10.771 8 hm^2;永久基本农田 620.409 3 hm^2;一般耕地 292.760 8 hm^2;国有人工商品林 5.221 6 hm^2;集体人工商品林 50.831 0 hm^2;基础设施 97.698 0 hm^2;矿业权 3 027.338 2 hm^2;各类督察问题面积 0.149 8 hm^2;其他问题面积 468.826 7 hm^2。

2.3 功能区内各类型问题分析

历史遗留和现实矛盾冲突问题总面积按各功能区统计:核心区内面积占 14.6%、缓冲区内面积占 32.5%、实验区内面积占 52.9%,可见实验区内的历史遗留和现实矛盾冲突情况比较突出,核心区和缓冲区涉及的历史问题和现实矛盾冲突相对较少。矛盾问题主要是矿权(大多为探矿权)问题,占矛盾冲突问题的 66.19%,除矿权外 8 个类型合计面积仅占矛盾冲突问题的 33.81%(表 3)。涉及人口 938 人,均在实验区内。

表 3 云南南滚河国家级自然保护区整合优化前矛盾冲突面积

Tab. 3 Conflicts before integration and optimization of Nangunhe National Nature Reserve hm^2

功能分区	合计	矛盾冲突类型								
		永久基本农田	一般耕地	国有人工商品林	集体人工商品林	村庄和移民搬迁	基础设施	矿业权	各类督察问题	其他问题
合计	4574.0072	620.4093	292.7608	5.2216	50.831	10.7718	97.698	3027.3382	0.1498	468.8267
核心区	667.2715	0.2788	0.6721		0.3133		0.3288	664.7137		0.9648
缓冲区	1487.6851	64.9971	57.2904	0.0590	6.8717	0.1840	12.6352	1328.1397		17.5080
实验区	2419.0506	555.1334	234.7983	5.1626	43.6460	10.2134	84.7340	1034.4848	0.1498	450.3539

3 自然保护区整合优化方案设计

3.1 整合优化的规范要求

通过调出地块解决历史遗留矛盾冲突问题,科学评估生态保护价值,依据空缺分析结果有效调入应保地块,再结合边界优化来完成保护区的整合优化。

1)与风景名胜区、水产种质资源保护区等自然保护地交叉重叠时,原则上保留南滚河国家级自然保护区,若无明确保护对象、无重要保护价值的,可归并或转化为自然公园,或不再保留。

2)根据自然保护地所在县域生态保护空缺分析结果,对于自然保护区周边自然生态质量好、保护价值高、生物多样性丰富以及保持生态系统完整性,且林权清晰无争议的区域,应调入保护区范围。

3)涉及永久基本农田、一般耕地、村镇、基础设施、矿业权等在核心保护区内的逐步有序退出,在一般控制区内的根据对生态功能造成的影响程度确定是否退出,位于保护区边缘的矛盾冲突等问题,经科学论证,在不影响保护区完整性和生态价值功能的前提下,可调出保护区范围。

4)城镇建成区域可调出自然保护区范围。

5)经科学评估后,可将成片集体人工商品林调出自然保护区,但以下情形除外:①重要江河干流源头、两岸;②重要湿地和水库周边;③距离国界线 10 km 范围内的林地;④荒漠化和水土流失严重区域。

6)统筹平衡增减面积,一般应保证保护区面积不减少、保护性质不改变、保护等级不降低;

7)自然保护区设立前存在的重点建设项目可以调出自然保护区范围;保护区设立后违规审批建设的,经科学评估后根据对生态功能影响程度来确定是否退出或调整自然保护区范围;违规审批但尚未建成的,原则上退出保护区范围。

8)非矛盾问题地块根据所处位置和特殊情况以及因行政界线出入等需要优化边界的,可连同矛盾问题地块一起调出保护区。

3.2 保护区整合优化设计结果

3.2.1 交叉重叠情况的处理

分别把沧源佤山风景名胜区和耿马南汀河省级风景名胜区重叠在保护区内的 1 099.39 hm^2 和 868.55 hm^2 地块全部保留在保护区;把沧源南滚河特有鱼类省级水产种质资源保护区重叠在保护区的 155.63 hm^2 保留到保护区,余下 7.23 hm^2 因优化界线保留在水产种质保护区;南汀河下游段国家级水产种质资源保护区(耿马段)的 411.71 hm^2 重叠部分全部保留在保护区。以上重叠情况,经整合优化保留在保护区的面积共计 2 535.28 hm^2,保留在其他自然保护地的面积 7.23 hm^2。

3.2.2 历史遗留和现实矛盾冲突问题的处理

解决历史问题和现实冲突矛盾问题,首先对问题进行充分的调查,实事求是地评估出这些问题对保护区的影响程度,结合调整原则和规范要求,主要通过调出问题地块和调整功能分区来实现,同时兼顾界线的优化和保护区完整方便管理。

解决历史问题和现实冲突矛盾问题共计从保护区内调出 1 321.039 hm^2,调整为非自然保护地,其中:核心区调出 5.374 8 hm^2,缓冲区调出 137.542 8 hm^2,实验区调出 1 178.121 4 hm^2。

直接调出的历史遗留和现实矛盾冲突问题地块面积 865.278 8 hm^2,调整时兼顾了保护区边界优化对非矛盾问题的小面积地块同时调出了保护区范围,调出非矛盾问题地块面积 455.760 2 hm^2。调出地块和调整理由详见表 4。

表 4　云南南滚河国家级自然保护区范围调出地块面积

Tab. 4　Area of transfer-out plots of Nangunhe National Nature Reserve　　hm^2

矛盾问题	调出面积	自然保护区原区划	备注
村庄	0.0029	缓冲区	
村庄	10.2816	实验区	兼顾边界优化
集体人工商品林	0.3133	核心区	兼顾边界优化
集体人工商品林	6.4900	缓冲区	
集体人工商品林	35.4048	实验区	兼顾边界优化和行政界线出入
基本农田	0.0296	核心区	
基本农田	38.6889	缓冲区	
基本农田	323.5795	实验区	兼顾边界优化和行政界线出入
其他问题、基础设施、一般耕地、非矛盾问题	5.0319	核心区	兼顾边界优化
其他问题、基础设施、一般耕地、矿业权、人工商品林、非矛盾问题	92.3610	缓冲区	兼顾边界优化
其他问题、基础设施、一般耕地、矿业权、人工商品林、非矛盾问题	808.8555	实验区	兼顾边界优化和行政界线出入

3.2.3 保持面积相对平衡的处理

通过调出问题地块,原有保护区面积相对减少,

为保持面积相对平衡,结合调出情况,按应划尽划、应保尽保、相连相邻的原则,参考保护区所在县域的生态保护空缺分析和生态保护红线划定结果以及生态公益林区划成果,把保护区周边相邻相连的生态保护价值较高、生物多样性丰富、保护对象类型相同,且能保持自然保护区生态系统完整性的非自然保护地块调入保护区。

从非自然保护地调入地块面积 1 020.497 6 hm^2,调入地块时充分考虑了保护价值和保护区完整性,同时兼顾了边界优化和保护区四至界线明显以及方便管理等因素。其中:调入到核心保护区 35.653 9 hm^2,调入到一般控制区 984.843 7 hm^2(表 5)。

表 5 云南南滚河国家级自然保护区调入面积

Tab. 5 Area of transfer-in plots of Nangunhe National Nature Reserve hm^2

统计类别	合计	从生态保护红线范围内调入	从重点公益林范围调入	从其他理由方面调入
合计	1020.4976	978.3197	28.0815	14.0964
调入到核心保护区	35.6539	32.4103		3.2436
调入到一般控制区	984.8437	945.9094	28.0815	10.8528

从表 5 可以看到,从生态保护红线范围内调入 978.319 7 hm^2,从重点公益林内调入 28.081 5 hm^2,为考虑保护区边界优化调整和界线明显方便管理以及调入地块完整性等其他理由调入 14.0964 hm^2。在调入过程中,为了兼顾保护区完整性和四至界线边界优化,不可避免地调入了少部分矿业权、一般耕地、基础设施、集体人工商品林等矛盾问题,但所涉及的面积小,仅 7.407 5 hm^2。调入地块详细情况见表 6。

3.3 保护区功能分区的调整优化设计

3.3.1 设计原则

按新型自然保护体系的总体要求,原来保护区的核心区、缓冲区、实验区将转为核心保护区和一般控制区(即:“三区变两区”),完善分区将遵循以下几项原则:

1)于原保护区核心区、缓冲区管控要求基本接近,故一般情况下将保护区原核心区和原缓冲区转为核心保护区,将原实验区转为一般控制区。

2)原实验区内无人为活动且具有重要保护价值的区域,特别是国家和省级重点保护野生动植物分布的关键区域、生态廊道的重要节点、重要自然遗迹等,应转为核心保护区。

3)原核心区和原缓冲区有以下情况,可调整为一般控制区:保护区设立之前就存在的合法水利水电等设施;历史文化名村、少数民族特色村寨和重要人文景观合法建筑,包括有历史文化价值的遗址遗迹、寺庙、名人故居、纪念馆等有纪念意义的场所。

表 6 云南南滚河国家级自然保护区范围调入地块面积

Tab. 6 Situation of transfer-in plots of Nangunhe National Nature Reserve hm^2

功能分区	主要地类	面积	调入理由	调入的矛盾问题	调入面积	备注
核心保护区	乔木林、公路	3.2436	其他	矿业权	1.1288	兼顾边界优化
一般控制区	乔木林、旱地	10.8528	其他	一般耕地	1.9518	行政界线出入和兼顾边界优化
核心保护区	乔木林、公路、旱地、灌木林、竹林、草地、河流滩涂等	32.4103	生态保护红线范围	一般耕地、基础设施	0.0414	兼顾边界优化
一般控制区	乔木林、公路、旱地、灌木林、果园、橡胶林、竹林、草地、河流滩涂等	945.9094	生态保护红线范围	一般耕地、基础设施、其他问题、集体人工商品林	0.9108	行政界线出入和兼顾边界优化
一般控制区	乔木林、旱地、灌木林	28.0815	重点公益林	一般耕地	3.3747	行政界线出入和兼顾边界优化
合计		1020.4976			7.4075	

3.3.2 调整优化设计结果分析

保护区原矢量总面积为 50 887.869 5 hm^2,按功能区分:核心区面积 19 923.400 3 hm^2,缓冲区面积 17 335.288 9 hm^2,实验区面积 13 629.180 3 hm^2。原自然保护区核心区与缓冲区矢量面积合计为 37 258.689 2 hm^2,扣除从核心区、缓冲区调出保护区的 142.917 5 hm^2 和调整到一般控制区的 527.633 5 hm^2 后,剩余的 36 588.138 2 hm^2 全部

转为核心保护区;原实验区扣除从实验区调出保护区的 1 178.121 4 hm^2 和调整到核心保护区的 483.600 8 hm^2,其余的 11 967.458 1 hm^2 全部为一般控制区。

保护区经过调出地块和非自然保护地块调入,现失量总面积为 50 587.328 2 hm^2。功能区优化("三区变两区")和非自然保护地新调入核心保护区 35.653 9 hm^2、调入一般控制区 984.843 7 hm^2 后,新的功能区划分为:核心保护区面积为 37 107.392 9 hm^2,一般控制区面积为 13 479.935 3 hm^2。

优化前核心区和缓冲区矢量面积合计 37 258.689 2 hm^2,优化后核心保护区矢量面积为 37 107.392 9 hm^2,相比优化前减少了 151.296 3 hm^2;优化前实验区失量面积为 13 629.180 3 hm^2,优化后的一般控制区矢量面积为 13 479.935 3 hm^2,相比优化前减少了 149.245 0 hm^2。整合优化设计前各功能区历史遗留和现实矛盾冲突问题 9 个方面,总面积为 4 574.007 2 hm^2,整合优化后还是 9 个方面,总面积为 3 716.135 8 hm^2,相比优化前减少了 857.871 4 hm^2,矛盾冲突较大的已解决,在核心区和缓冲区的矛盾问题由原来的 2 154.956 6 hm^2 减少至 1 949.903 7 hm^2,实验区的矛盾问题由原来的 2 419.050 6 hm^2 减少至 1 766.232 1 hm^2,目前的问题大面积仍然是矿权问题,面积占矛盾问题总面积的 81.43%。保护区功能区调整优化设计情况见表 7。

表 7　云南南滚河国家级自然保护区功能分区与转化

Tab. 7　Functional division and transformation of Nangunhe National Nature Reserve　　hm^2

功能区原区划	功能区新分区	面积	调整理由	涉及矛盾问题	矛盾问题面积	备注
核心区	核心保护区	19914.6031	按自然资函〔2020〕71 号的要求:"将自然保护区原核心区和原缓冲区转为核心保护区"	矿业权、基本农田、基础设施、其他问题、一般耕地等	665.7024	原矛盾不可避免转入
核心区	一般控制区	3.4225	优化功能分区界线调整	基础设施等	0.0041	原矛盾不可避免转入
缓冲区	核心保护区	16673.5351	按自然资函〔2020〕71 号的要求:"将自然保护区原核心区和原缓冲区转为核心保护区"	矿业权、基本农田、基础设施、其他问题、一般耕地等	1281.6522	原矛盾不可避免转入
缓冲区	一般控制区	524.2110	按自然资函〔2020〕71 号的要求:涉及历史遗留问题,矛盾突出但无法调出的调为一般控制区	基础设施、矿业权、一般耕地、其他问题	129.4720	原矛盾不可避免转入
实验区	核心保护区	483.6008	生态保护价值高,完整性好,符合核心保护区特征。	基本农田、基础设施、其他问题、一般耕地	1.3790	原矛盾不可避免转入
实验区	一般控制区	11967.4581	根据自然资函〔2020〕71 号的要求:"将原实验区转为一般控制区"。	矿业权、基本农田、基础设施、集体人工商品林、一般耕地、各类督查问题、村庄等	1630.5186	原矛盾不可避免转入
非自然保护地	核心保护区	35.6539	结合生态保护红线范围和重点公益林,把生态保护价值高的调入,同时兼顾界线优化调整	矿业权、基础设施、一般耕地	1.1702	为保证完整性和界线明显不可避免调入
非自然保护地	一般控制区	984.8437	结合生态保护红线范围和重点公益林,把生态保护价值高的调入,同时兼顾界线优化调整	基础设施、集体人工商品林、一般耕地	6.2373	为保证完整性和界线明显不可避免调入

4 分析与评价

4.1 保护区总面积变化

自然保护区原矢量总面积 50 887.869 5 hm^2,整合优化后矢量总面积 50 587.328 2 hm^2,比整合优化前减少 300.541 3 hm^2。减少的主要原因是,通过解决各类历史遗留和矛盾冲突问题调出保护区的面积量大于调入保护区的量,调出保护区的面积为

1 321.038 9 hm^2,而调入面积为 1 020.497 6 hm^2,相比调出面积减少了 300.541 3 hm^2。在整合优化过程中,调入和调出的面积中包含了为使保护区界线明显、完整、方便管理而进行必要的边界优化产生的少部分地块面积。

减少的范围未涉及保护区的主要保护对象,未破坏生态保护系统的完整性,对保护区自然生态质量、自然保护价值、经济价值、科研价值等方面不会产生负面影响,保护区级别、类型不改变。相反,通过边界优化设计,保护区四至界线更为明显和完整,更加方便管理。

4.2 矛盾问题变化

4.2.1 原保护区矛盾问题

保护区整合优化设计前存在的主要问题类型是 9 个方面,涉及总面积为 4 574.007 2 hm^2,其中:矿业权 3 027.338 2 hm^2,占矛盾问题总面积的 66.19%,主要是探矿权;村庄建设用地 10.771 8 hm^2,集中在实验区,涉及人口 938 人;永久基本农田 620.409 3 hm^2;国有人工商品林 5.221 6 hm^2;集体人工商品林 50.831 0 hm^2;一般耕地 292.760 8 hm^2;基础设施面积 97.698 0 hm^2;各类督察问题面积为 0.149 8 hm^2;其他问题面积为 468.826 7 hm^2。按功能区统计,实验区涉及 9 类问题的面积为 2 419.050 6 hm^2,占矛盾问题总面积的 52.89%,核心区和缓冲区涉及 8 类问题的面积为 2 154.956 6 hm^2,占矛盾问题总面积的 47.11%,可见矛盾问题集中在实验区,矛盾问题主体是矿权问题,所占比例较大。

4.2.2 调整优化设计后矛盾问题

经过调整优化设计后存在的矛盾问题仍为 9 个方面,涉及总面积 3 716.135 8 hm^2,其中:矿业权 3 026.087 hm^2,占矛盾问题总面积的 81.43%,主要是探矿权,大部分矿权期限均已过期;村庄建设用地 0.487 3 hm^2,涉及人口 15 人;永久基本农田 258.111 3 hm^2;国有人工商品林 1.325 4 hm^2;集体人工商品林 8.623 1 hm^2;一般耕地 105.517 1 hm^2;基础设施面积 78.697 6 hm^2;各类督察问题面积为 0.149 8 hm^2;其他问题面积为 237.137 2 hm^2。按功能区统计,核心保护区涉及 1 949.903 7 hm^2,占矛盾问题总面积的 52.47%;一般控制区涉及 1 766.232 1 hm^2,占矛盾问题总面积的 47.53%。矛盾问题集中于矿权,占八成以上。

4.2.3 矛盾问题前后对比分析评价

调整优化设计后虽然存在的矛盾问题仍为 9 个方面,但涉及的面积大量减少,只有矿权基本上未进行调整,只进行过界线优化处理,占矛盾问题面积比例较大,对保护区存在潜在影响,因为矿权在核心保护区内涉及面积较大,对重点保护对象及其生境形成威胁,不利于自然生态质量的提升,直接影响到生态保护价值的发挥,建议在今后保护区建设管理中应将不符合保留的普通矿权全部退出或有序退出。除矿权外其他 8 类中:村庄、国有人工商品林、集体人工商品林几乎全部调出了保护区;永久基本农田、一般耕地、其他问题均减少了 2~3 倍。但调整优化设计后仍保留了少部分的永久基本农田、人工商品林、一般耕地、基础设施、其他问题,分析其原因是为保证保护区界线的完整性,不开或少开“天窗”,方便管理等,也符合整合优化政策和原则规范的要求。另外,在调入符合条件的地块进入保护区时,也有一些不可分割的矛盾问题地块随其符合地块调入了保护区。

4.3 功能区优化设计前后比较分析

4.3.1 功能区调整优化设计前后面积比较

调整优化前核心区和缓冲区矢量面积合计为 37 258.689 2 hm^2,调整优化后的核心保护区矢量面积为 37 107.392 9 hm^2,相比优化前减少了 151.296 3 hm^2;调整优化前实验区矢量面积为 13 629.180 3 hm^2,调整优化后的一般控制区矢量面积为 13 479.935 3 hm^2,相比优化前减少了 149.245 0 hm^2。

4.3.2 功能区调整优化设计前后矛盾问题比较

调整优化前各功能区历史遗留和现实矛盾冲突问题 9 个方面,总面积为 4 574.007 2 hm^2,优化后仍为 9 个方面,总面积 3 716.135 8 hm^2,相比优化前减少了 857.871 4 hm^2,矛盾冲突较大的已解决,在核心区和缓冲区的矛盾问题由原来的 2 154.956 6 hm^2 减少至 1 949.903 7 hm^2,实验区的由 2 419.050 6 hm^2 减少至 1 766.232 1 hm^2,目前矛盾问题最大面积仍为矿权,面积占矛盾问题总面积的 81.43%,比优化前的 66.19% 提高了 15% 以上。

4.3.3 功能区优化设计分析评价

调整优化设计功能区“三区变两区”,基本上保持了保护区原来总体规划的设计思想和原则,南滚河国家级自然保护区是一个从规划到管理均比较成熟的保护区,原来的规划设计思想完全符合现实管理的现状需求,各功能区相应减少的面积均很少,这也是因保护区总面积减少带来的,新设计的功能分

区是科学合理的。各功能区内的历史遗留和现实矛盾冲突问题集中体现在矿权问题上,其他问题面积仅 690.048 8 hm^2,基本上将各功能区正常管理与功能的发挥降到了最低。

5 总体评价

此次整合优化设计,经过调出措施与调入地块处理,保护区基本上保持了面积无大的减少,保护性质和保护等级未发生改变,功能区划分设计更加科学合理,更加有利于保护对象的保护和对整个保护区进行有效管理。但因受政策和现实社会经济发展以及管理等多方因素的影响,未能够较大范围、较大面积处理掉历史遗留和现实矛盾冲突问题,对新型自然保护体系下南滚河自然保护区的建设管理仍留下了一些隐患,对生态价值保护存在潜在影响。优化设计后保护区内的历史遗留和现实矛盾冲突问题集中体现在矿权(主要是探矿权)问题上,这部分矿权并非铀矿和油气,也不属于国家的战略性矿产资源或基础地质调查和矿产远景调查等公益性工作,如果矿权问题在下步建设管理中能有序退出,矛盾冲突问题将大幅度降低,全部矛盾问题面积占保护区总面积的 1.5%以下,保护区将来有望成为重点保护对象的一片“净土”,陆生野生动植物的“欢乐家园”,人类与大自然和谐相处的典范。

参考文献:

[1] 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:云南出版集团,云南科技出版社,2019.

[2] 郑进烜,吴霞,华朝朗,等. 自然保护区在建设生态文明和美丽云南中的地位与作用[J]. 林业调查规划,2018,39(4):51-53,79.

[3] 云南省林业厅. 云南自然保护区年报(2018)[R]. 2018.

[4] 国家林业局昆明勘察设计院,云南南滚河国家级自然保护区管理局. 云南南滚河国家级自然保护区本底资源调查报告[R]. 2014.

[5]云南省林业调查规划院,云南省自然保护区研究监测中心. 云南南滚河国家级自然保护区总体规划(2009-2018)[R]. 2009.

[6] 赵金发,张宓,郑进烜,等. 云南省自然保护地建设发展研究[J]. 林业调查规划,2020,45(3):69-75.

[7] 王静,梅岩,李佳,等. 重庆金佛山自然保护地空间重叠现状与整合对策[J]. 林业调查规划,2020,45(4):79-82.

[8] 马童慧,吕偲,雷光春. 中国自然保护地空间重叠分析与保护地体系优化整合对策[J]. 生物多样性,2019,27(7):758-771.

责任编辑:许易琦
校　　对:许易琦

(上接第 48 页)

[3] 贺泽帅,张大治,杨贵军,等. 宁夏西吉县党家岔湿地自然保护区鸟类多样性调查及分析[J]. 干旱区资源与环境,2019,33(2):152-158.

[4] 云南省林业调查规划院. 糯扎渡自然保护区[M]. 昆明:云南科技出版社,2004.

[5] 陈章,龚大洁,瞿丹,等. 连城国家级自然保护区夏季鸟类多样性调查及分析[J]. 2017,31(5):168-172.

[6] 赵欣如. 中国鸟类图鉴[M]. 福州:海峡书局,2013.

[7] 郑光美. 世界鸟类分类与分布名录[M]. 北京:科学出版社,2002.

[8] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录[M]. 第三版. 北京:科学出版社,2017.

[9] 郑作新. 中国鸟类系统检索[M]. 北京:科学出版社,2002.

[10] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京:科学出版社,2011.

[11] 世界自然保护联盟. 中国濒危动物红皮书[M]. 北京:科学出版社,1998.

[12] 国家重点保护野生动物名录[Z]. 1989.

[13] 孙立新,龚大洁,等. 六盘山自然保护区鸟类群落时空变化[J]. 干旱区研究,2014,31(5):329 -335.

[14] 王勇,钟国,宋波,等. 花溪十里河滩国家城市湿地公园鸟类多样性研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版). 2019,37(1):59-64.

责任编辑:刘平书
校　　对:邓　砚　刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 011

西双版纳国家级自然保护区及周边野猪非洲猪瘟主动预警防控及措施

罗杰斯[1],宋军平[2],张 潞[3],王 波[2],郑清元[4],邓志云[5],王校海[6],王巧燕[1]

(1.云南西双版纳国家级自然保护区科学研究所,云南 景洪 666100; 2.云南西双版纳国家级自然保护区勐仑管护局,云南 勐腊 666300; 3.云南西双版纳国家级自然保护区曼稿管护局,云南 勐海 666200; 4.云南西双版纳国家级自然保护区勐养管护局,云南 景洪 666100; 5.云南西双版纳国家级自然保护区尚勇管护局,云南 勐腊 666300; 6.云南西双版纳国家级自然保护区勐腊管护局,云南 勐腊 666300)

摘要:采用踪迹监测法和访问调查法,对西双版纳国家级自然保护区及其周边村寨进行调查,并收集近年来的野猪种群数量及分布资料。结果显示:调查的 25 个乡镇、39 个村委会、131 个村小组有野猪分布点 333 个;重点防控区域面积为 81 691 hm^2,共分为 25 片,占保护区面积的 33.7%;野猪主要分布点海拔为 800~1 000 m,分布区域与各子保护区周边种植的农作物有关。通过调查摸清野猪的种群数量及分布现状,建立野猪非洲猪瘟主动预警防控区域,提出加强监测和联防联控等措施,为保护区管理及非洲猪瘟的防范提供参考依据。

关键词:野猪;种群数量;分布点;非洲猪瘟主动预警防控;西双版纳国家级自然保护区

中图分类号:S759. 9;S858. 9;S852. 659. 1 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0058-04

引文格式:罗杰斯,宋军平,张潞,等. 西双版纳国家级自然保护区及周边野猪非洲猪瘟主动预警防控及措施[J]. 林业调查规划,2021,46(3):58-62. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 011

LUO Jiesi, SONG Junping, ZHANG Lu, et al. Active Early Warning and Control of African Swine Fever in Xishuangbanna National Nature Reserve and the Surrounding Areas [J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(3): 58-62. doi: 10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 011

Active Early Warning and Control of African Swine Fever in Xishuangbanna National Nature Reserve and the Surrounding Areas

LUO Jiesi[1], SONG Junping[2], ZHANG Lu[3], WANG Bo[2], ZHENG Qingyuan[4], DENG Zhiyun[5], WANG Xiaohai[6], WANG Qiaoyan[1]

(1. Research Institute of Xishuangbanna National Nature Reserve, Jihong, Yunnan 666100, China;
2. Menglun Administration of Xishuangbanna National Nature Reserve, Mengla, Yunnan 666300, China;
3. Mangao Administration of Xishuangbanna National Nature Reserve, Menghai, Yunnan 666200, China;
4. Mengyang Administration of Xishuangbanna National Nature Reserve, Jihong, Yunnan 666100, China;
5. Shangyong Administration of Xishuangbanna National Nature Reserve, Mengla, Yunnan 666300, China;
6. Mengla Administration of Xishuangbanna National Nature Reserve, Mengla, Yunnan 666300, China)

Abstract: This paper investigated Xishuangbanna National Nature Reserve and its surrounding villages by the methods of track monitoring and interview survey, and collected the data of wild boar population and

收稿日期:2020-07-28;**修回日期**:2020-08-30

第一作者:罗杰斯(1983-),女,云南勐腊人,工程师. 从事自然资源保护工作. Email:454427977@qq. com

责任作者:王巧燕(1974-),女,湖南祁东人,正高级工程师. 从事野生动物研究与监测工作. Email:wqyanqq@126. com

distribution in recent years. The results showed that there were 333 wild boar distribution points in 131 village groups, 39 village committees and 25 townships; the key control area was 81 691hm^2, which was divided into 25 regions, accounting for 33.7% of the total area of the nature reserve; the main distribution points of wild boar were 800~1 000 m above sea level, and the distribution area was related to the crops planted around the sub reserves. The active early warning and control area of wild boar African swine fever was established based on the investigation, and the measures of strengthening monitoring and joint control were put forward to provide reference for the management of the reserve and the prevention of African swine fever.

Key words: wild boar; population size; distribution points; active early warning and control of African swine fever; Xishuangbanna National Nature Reserve

为全面排查、掌握西双版纳国家级自然保护区及其周边的野猪种群及其分布状况,与家猪分布的距离,开展野猪非洲猪瘟主动预警项目工作,及时掌握野猪的消长动态及其是否有异常情况,西双版纳国家级自然保护区管护局成立了调查小组,于 2019 年 1 月 2 日—22 日对保护区及其辖区村寨进行踪迹及访问式调查,掌握野猪的种群数量、分布及动态变化情况,建立野猪主动预警机制,及时发现野猪的异常情况,为保护区管理及非洲猪瘟主动预警防控提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

西双版纳国家级自然保护区(以下简称“保护区”)地处云南省西双版纳傣族自治州境内,位于北纬 21°10′~22°14′,东经 100°16′~101°15′,保护区总面积 242 510 hm^2,由地域上互不相连的勐养、勐仑、勐腊、尚勇、曼稿 5 个片区组成,涉及景洪、勐海、勐腊 1 市 2 县 20 个乡(镇)。其中曼稿子保护区面积为 7 870 hm^2,涉及勐海、勐腊、勐阿、勐遮 4 个乡(镇);勐养子保护区面积为 99 840 hm^2,涉及大渡岗、普文、允景洪、基诺山、勐旺、勐养、勐仑、橄榄坝 8 个乡(镇);勐腊子保护区面积为 92 683 hm^2,涉及瑶区、勐伴、关累、勐腊、象明 5 个乡镇;尚勇子保护区面积为 31 184 hm^2,涉及磨憨、勐满、勐棒、尚勇 4 个乡(镇);勐仑子保护区面积为 10 993 hm^2,涉及勐仑、橄榄坝、基诺山、象明、关累 5 个乡(镇)。保护区内及周边共有 299 个村寨,其中保护区范围内有 122 个,周边有 177 个[1]。保护区属季风热带北缘季雨林区,是中国唯一有多个动物区系会萃地区,属于东洋界、中印界,华南区、滇南山地亚区。哺乳动物有 9 目 23 科 74 属 102 种,鸟类有 18 目 51 科 427 种[2]。

1.2 调查方法

1.2.1 访问调查

2019 年 2—6 月,采用随机抽样问卷式调查法,对西双版纳保护区 5 个子保护区周边村寨的村民、保护区巡护员进行访问调查,收集野猪的种群数量、分布现状及可能与家猪存在交叉接触区、野猪出现频率较高地区等数据。共访问了 131 个村小组 359 人,年龄为 20~70 岁,最小 20 岁,最大 68 岁,主要集中在 30~50 岁。在走访调查的基础上,进行实地跟踪调查,确定其信息的可靠性与真实性。

1.2.2 样线调查

样线调查采用单侧宽度 25 m 的样线。记录样带中野猪的活动痕迹(包括采食痕迹、粪便、足迹、擦痕及其它各种活动痕迹),发现野猪活动痕迹处即作为一个野猪分布点,并用 GPS 记录其经纬度。

1.2.3 踪迹监测法

在保护区或其周边距离不超过 50 km 与家猪存在交叉接触的区域,根据野外调查、护林员或当地群众提供的踪迹信息,在野外进行跟踪搜寻,记录野猪的活动范围,并填写野猪监测记录表。

1.2.4 内业数据处理

利用全球定位系统(Global Positioning System, GPS)采集野猪野外分布点(新旧痕迹),利用 ArcGIS 软件进行汇总分析,编辑 GPS 记录的航点及航迹,得出野猪分布图,并使用其面积计算非洲猪瘟的防控面积。

2 结果与分析

2.1 野猪分布点

此次调查共涉及保护区内及其周边的 25 个乡镇、39 个村委会、131 个村小组,共 359 份调查表。抽查了 131 个村小组,占保护区及周边村寨的

43.8%。调查结果显示:保护区及周边有野猪分布点 333 个,其中勐养子保护区调查 8 个乡镇、10 个村委会、42 个村小组,162 份调查表,野猪分布点 131 个;尚勇子保护区调查 3 个乡镇、5 个村委会、14 个村小组,57 份调查表,野猪分布点 55 个;勐腊子保护区调查 5 个乡镇、10 个村委会、44 个村小组,87 份调查表,野猪分布点 87 个;曼稿子保护区调查 4 个乡镇、5 个村委会、13 个村小组,31 份调查表,野猪分布点 40 个;勐仑子保护区调查 5 个乡镇、9 个村委会、2 个国营农场、18 个村小组,22 份调查表,野猪分布点 20 个(表 1)。

根据统计分析各子保护区野猪分布点,得出西双版纳保护区各子保护区与其接壤的林地、荒山、荒地以及农业用地等 50 km 范围内的野猪分布(图 1)。

2.2 野猪主动预警防控

选择的保护区重点监测区域是野猪数量密集或活动频繁点,人为活动频繁,农作物种植密度大,与家猪存在交叉接触的区域。且根据野猪每群 4~10 头的活动范围为 10 km^2 的生态习性,以野猪分布点为圆心,30 km 为平径的圆面积,确定此区域为野猪的防控区域,记录到的野猪分布点重叠区域不进行累加。西双版纳保护区野生重点防控区域面积为 81 691 hm^2,共分为 25 片,占保护区面积的 33.7%。各子保护区重点监测区域为:勐养子保护区有6片

表 1 保护区野猪访问调查统计

Tab. 1 Investigation of wild boar in nature reserve

子保护区	乡镇/个	村委会/个	村小组/个	调查表/份	野猪分布点/个	分布点占比/%
勐养	8	10	42	162	131	39.33
勐腊	5	10	44	87	87	26.13
尚勇	3	5	14	57	55	16.52
曼稿	4	5	13	31	40	12.01
勐仑	5	9	18	22	20	6.01
合计	25	39	131	359	333	100

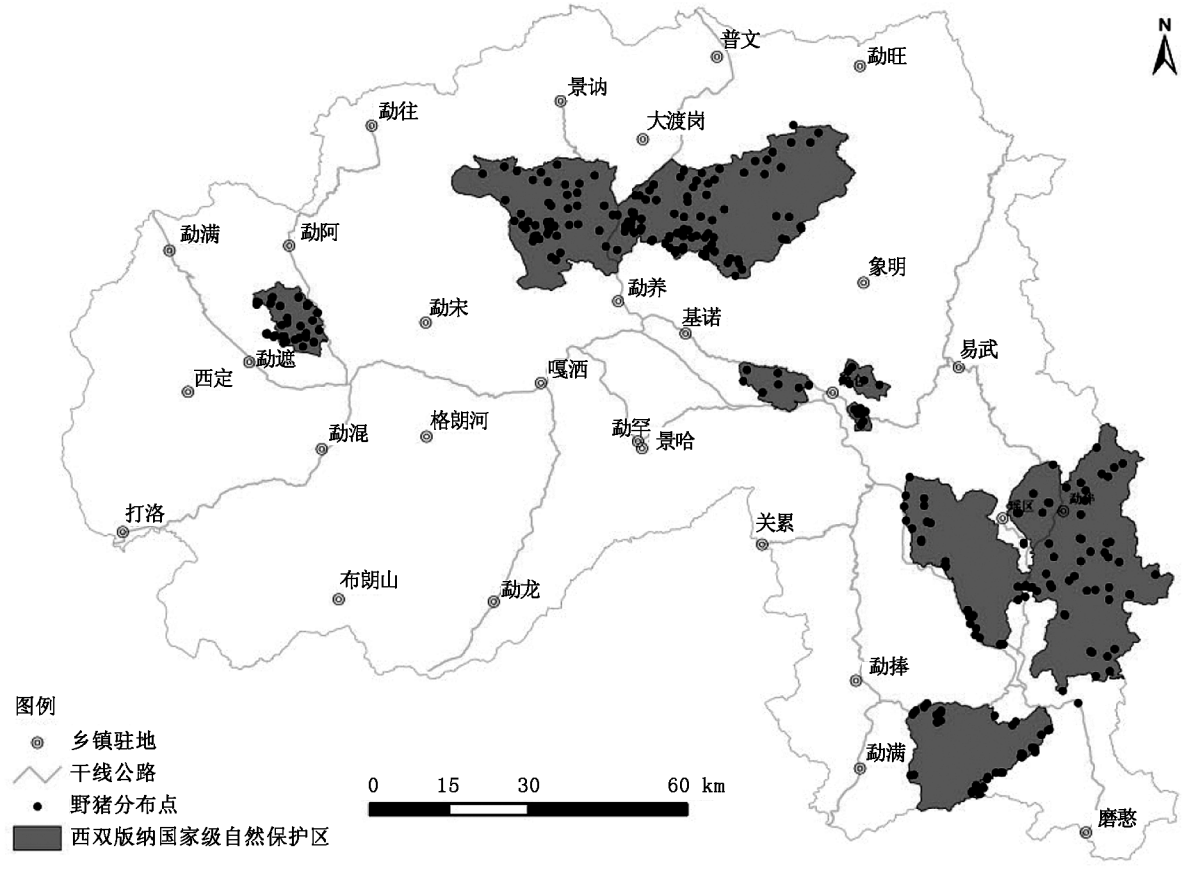


图 1 保护区与农牧业用地接壤区域的野猪分布

Fig. 1 Distribution of wild boar in the border area between the nature reserve and the land for agriculture and animal husbandry

重点监测区域,面积为 52 311 hm^2,占其面积的 52.4%;勐腊子保护区有 6 片重点监测区域,面积为 19 636 hm^2,占其面积的 22.1%;勐仑子保护区有 4 片重点监测区域,面积为 1 071 hm^2,占其面积的 9.7%;尚勇子保护区 12 片重点监测区域,面积为 6 902 hm^2,占其面积的 22.1%;曼稿子保护区 6 片重点监测区域,面积为 1 771 hm^2,占其面积的 22.5%(表 2)。

表 2　保护区野猪重点防控区域面积

Tab. 2　Key control area of wild boar in nature reserve

子保护区	重点防控区域/片	重点防控面积/hm^2	占子保护区面积比例/%
曼稿	9	1771.5	22.5
勐腊	6	19635.8	22.1
勐仑	4	1070.9	9.7
勐养	6	52311.0	52.4
尚勇	12	6901.8	22.1
合计	25	81691.0	33.7

调查结果显示保护区有 33.7%的面积划入重点防控区域,此区域均临近村寨周边的农作区,农作物种植密度大,人为活动频繁(图 2)。

2.3 野猪分布特征

调查到的 333 个野猪分布点,主要分布在海拔 600~1 500 m 的季风常绿阔叶林、沟谷雨林、山地雨林等植被类型中。海拔为 600~800 m 区域有 78 个分布点,>800~1 000 m 区域有 153 个分布点,>1 000~1 200 m 区域有 67 个分布点,>1 200~1 600 m 区域有 38 个分布点。可得出野猪分布点主要集中在海拔 800~1 000 m 区域,1 200~1 600 m 区域也有少量分布,这说明野猪的分布范围较广,对海拔的需求不高。从野猪分布点的栖息环境发现,分布区域与各子保护区周边种植的农作物有关,如曼稿子保护区周边主要种植的是甘蔗、玉米,勐养子保护区是玉米、瓜类、豆类,勐腊、尚勇子保护区周边主要种植玉米、香蕉,勐仑子保护区周边主要是玉米和谷子,这些都是野猪喜食植物,造成了野猪活动频繁区域和人接触的机率较大,增大引起非洲猪瘟传

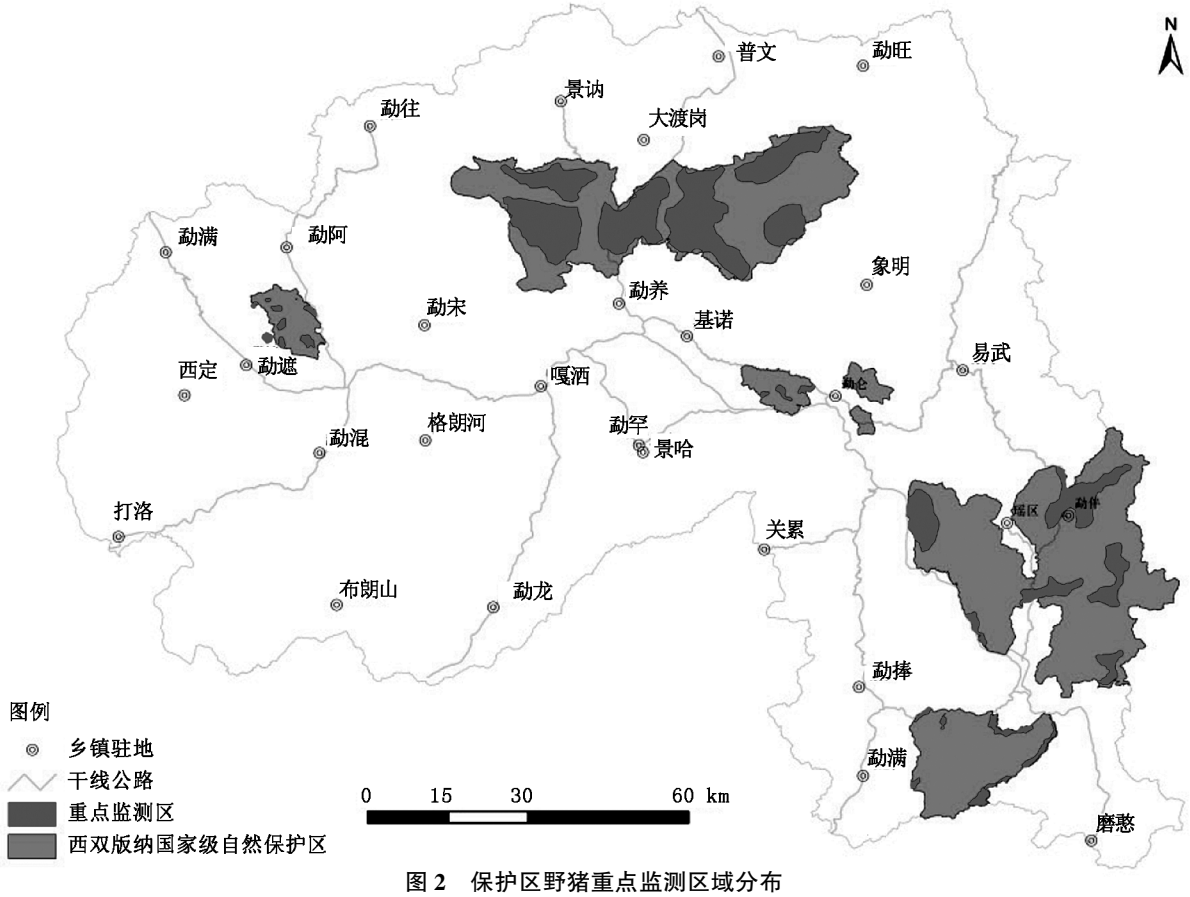


图 2　保护区野猪重点监测区域分布

Fig. 2　Distribution of key monitoring areas of wild boar in nature reserve

3 讨论及建议

这次调查主要采用踪迹监测法和访问调查法，对保护区及与其接壤的区域进行调查，并收集了近年来的野猪种群数量及分布的资料。在保护区周边村寨，农作物种植密度大，种植农作物多的地方，野猪的活动频繁，活动痕迹也是新旧交替，人为活动也较为频繁，对于非洲猪瘟的防控存在一定的风险。应加强巡护监测，及时掌握野猪的异常情况，并开展一些科研监测，监测野猪的种群变化及消长情况。

保护区内野猪分布点的位置离村寨、生产生活劳作区均不超过 50 km，对非洲猪瘟的防控存在一定的风险。此次调查的 25 个乡镇、39 个村委会、131 个自然村驻落在保护区的边缘或保护区内，生产生活劳作区经常可见到野猪活动痕迹，损害农作物的事也时有发生，再者，部份区域野猪数量分布多，出现频率较高，与家猪存在交叉接触区域，人为活动也较为频繁，非洲猪瘟传染的机会较大。因此，需要防控的区域较广，应加强监测与宣传，尽量把非洲猪瘟的传染源杜绝在保护区外。

参考文献：

[1] 西双版纳国家级自然保护区管护局 . 西双版纳国家级自然保护区总体规划(2004-2015)[Z]. 2005.

[2] 西双版纳国家级自然保护区综合考察团 . 西双版纳自然保护区综合考察报告集[M]. 昆明：云南科技出版社，1987.

[3] 西双版纳国家级自然保护区管理局，云南省林业调查规划院 . 西双版纳国家级自然保护区 [M]. 昆明：云南教育出版社，2005.

[4] 宋志勇，罗杰斯，刘婷娇 . 景洪市野生动物肇事及补偿情况调查研究[J]. 林业调查规划，2019，44(3)：125-129.

责任编辑：杨竣焓
校　　对：张林艳　杨竣焓

(上接第 16 页)

[5] 林志玮，丁启禄，黄嘉航，等 . 基于 DenseNet 的无人机光学图像树种分类研究[J]. 遥感技术与应用，2019，34(4)：704-711.

[6] 杨建宇，周振旭，杜贞容，等 . 基于 SegNet 语义模型的高分辨率遥感影像农村建设用地提取[J]. 农业工程学报，2019，35(5)：251-258.

[7] 刘文萍，赵磊，周焱，等 . 基于深度学习的无人机土地覆盖图像分割方法[J]. 农业机械学报，2020，51(2)：221-229.

[8] 宋建辉，程思宇，刘砚菊，等 . 基于深度卷积网络的无人机地物场景语义分割[J]. 沈阳理工大学学报，2019，38(6)：1-7.

[9] 戴鹏钦，丁丽霞，刘丽娟，等 . 基于 FCN 的无人机可见光影像树种分类[J]. 激光与光电子学进展，2020，57(10)：36-45.

[10] 滕文秀，温小荣，王妮，等 . 基于深度迁移学习的无人机高分影像树种分类与制图[J]. 激光与光电子学进展，2019，56(7)：277-286.

[11] 陈彦兵，况润元，曾帅 . 基于高光谱数据的鄱阳湖湿地典型植被识别分析[J]. 人民长江，2018，49(20)：19-23.

[12] 丁雷龙，李强子，杜鑫，等 . 基于无人机图像颜色指数的植被识别[J]. 国土资源遥感，2016，28(1)：78-86.

[13] 胡涛，李卫华，秦先祥 . 图像语义分割方法综述[J]. 测控技术，2019，38(7)：8-12.

[14] BREIMAN L. Random Forests[J]. Machine Learning, 2001(45)：5-32.

[15] BADRINARAYANAN V, KENDALL A, CIPOLLA R. SegNet：A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2017, 39(12)：2481-2495.

[16] NATESAN S, ARMENAKIS C, VEPAKOMMA U. RESNET-BASED TREE SPECIES CLASSIFICATION USING UAV IMAGES[J]. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2019, XLII-2/W13：475-481.

[17] RONNEBERGER O, FISCHER P, BROX T. U-Net：Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation [J]. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2015, 9351：234-241.

[18] CNEN L, PAPANDREOU G, KOKKINOS I, et al. DeepLab：Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2018, 40(4)：834-848.

[19] 林志玮，丁启禄，涂伟豪，等 . 基于多元 HoG 及无人机航拍图像的植被类型识别[J]. 森林与环境学报，2018，38(4)：444-450.

责任编辑：许易琦
校　　对：许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 012

云南双柏恐龙河州级自然保护区区域调整影响评价

习白羽,余昌元,郑进烜,杨 东,王 勇,郑静楠
(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:科学规范地开展保护区调整区域影响评价是全面落实党中央国务院和省委省政府关于生态文明建设重大决策部署的切实要求。文章以云南双柏恐龙河州级自然保护区的 2 个区域调整为例,根据相关法规条例和技术规范,以区域综合科学考察为基础,从主要保护对象、资源与环境、面积适宜性与完整性、保护区管护工作和当地社会经济等 5 个方面进行影响评价,认为小江河和窝拖地 2 个区域不适合调出保护区,并建议重新调整回保护区。

关键词:自然保护区区域调整;生物多样性;生态影响评价;恐龙河自然保护区;云南双柏

中图分类号:S759. 9;X36;F316. 23 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0063-06

引文格式:习白羽,余昌元,郑进烜,等. 云南双柏恐龙河州级自然保护区区域调整影响评价[J]. 林业调查规划,2021,46(3):63-68. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 012

XI Baiyu,YU Changyuan,ZHENG Jinxuan,et al. Impact Assessment of Adjustment of Konglonghe Nature Reserve in Shuangbai of Yunnan[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):63-68. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 012

Impact Assessment of Adjustment of Konglonghe Nature Reserve in Shuangbai of Yunnan

XI Baiyu, YU Changyuan, ZHENG Jinxuan, YANG Dong, WANG Yong, ZHENG Jingnan
(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: Scientific and standardized regional impact assessment of reserve adjustment is a practical requirement for the comprehensive implementation of the major decision-making and deployment of the Party Central Committee, the State Council, the Provincial Party Committee and the Provincial Government on the construction of ecological civilization. This paper evaluated the impacts of the two regional adjustments of Konglonghe Nature Reserve in Shuangbai from five aspects of main protection objects, resources and environment, area suitability and integrity, management and protection, and local social economy according to relevant laws, regulations and technical specifications, and the regional comprehensive scientific investigation. The results indicated that the two areas of Xiaojianghe and Wotuodi were not suitable to be transferred out of the reserve, which should be re-adjusted back to the reserve.

Key words: regional adjustment of nature reserve; biodiversity; ecological impact assessment; Konglonghe Nature Reserve; Shuangbai of Yunnan

收稿日期:2020-09-08.

基金项目:云南省林业调查规划院青年联合会项目(1QL002Z00018).

第一作者:习白羽(1985-),男,云南永胜人,馆员. 从事林业调查规划工作. Email:xby2155@ 163. com

责任作者:郑进烜(1981-),男,福建大田人,硕士,高级工程师. 从事植物学、林业调查规划、生物多样性保护和自然保护地研究工作. Email:zjx3410@ 163. com

科学规范地开展保护区调整区域影响评价，是深入贯彻党的十八大、十九大精神、习近平总书记系列重要讲话和云南省专项督察关于生态文明建设的重要指示的具体举措，也是全面落实党中央国务院和省委省政府关于生态文明建设重大决策部署的切实要求[1,2]。保护区调整需要紧紧围绕“五位一体”总体布局、“四个全面”战略布局，牢固树立“五大发展理念”，以生态文明建设为统揽，坚持生态优先，坚持绿色发展，坚持改革创新，坚持依法推进，坚持考核问责，坚持全民参与。2010 年，为进一步协调区域社会经济发展与自然保护区间存在的矛盾冲突，在对双柏恐龙河自然保护区内的小江河及窝拖地 2 个区域进行现地调查考察和相关报告分析基础上，编制了 2 个区域的范围调整论证报告和范围调整生物多样性影响评价报告，共调出面积 60.131 7 hm^2，并于同年获得州人民政府的批复。为认真贯彻落实国家和省等相关部委(门)做好自然保护区管理有关工作的通知和文件精神，以及认真整改省级自然保护区专项督察提出的“随意调整自然保护区范围和功能区问题”等问题，采用科学、客观、实事求是的态度，以区域开展综合科学考察为基础，开展对被调整出的保护区的 2 个区域进行评价并得出科学的结论，为 2 个区域调回自然保护区提供科学依据，同时为全省范围内其它保护地范围调整后的地块保护管理现状和价值进行科学评价提供实践指导。

1 评价区范围、内容与方法

1.1 评价范围

对 2010 年获楚雄州人民政府批复同意调整的双柏恐龙河州级自然保护区小江河及窝拖地 2 个区域进行评价。小江河区域位于保护区东南角、石羊江西侧，其地理坐标处于东经 101°19′8.582″~101°23′13.468″，北纬 24°24′22.902″~24°26′18.925″之间，面积 5.598 4 hm^2。调整前处于保护区核心区，调整后位于保护区的核心区内，形成保护区的“开天窗”。窝拖地区域处于保护区西北的中部位置，地理位置介于东经 101°11′39.566″~101°12′5.673″，北纬 24°31′59.802″~24°32′50.906″之间，面积 54.533 3 hm^2。调整前处于保护区实验区，调整后位于保护区近边缘。

1.2 评价内容

评价内容主要涉及保护区主要保护对象、资源与环境、面积适宜性与完整性、保护区管护工作和当地社会经济[3,4]等 5 个领域。

1.3 评价方法

根据相关法规条例和技术规范[4,5]，本着科学、客观、实事求是的态度，以调整区域开展的综合科学考察为基础，收集调整区域的基础地理信息数据，征求相关职能部门和周边社区的意见，结合自然保护地专业知识和经验，综合分析与评价得出调整区域对保护区的影响程度。

2 调整区域现状

2.1 地类和权属

小江河区域全为国有林地，调整前大多为林地，兼有少量农田地，调整后用于一、二级电站的建设，其土地类型大部分变成了建设用地。窝拖地区域权属为国有林地面积 39.242 3 hm^2，集体林地面积 15.291 0 hm^2，地类主要是乔木林地、灌木林地和农田地 3 类。

2.2 主要保护对象

双柏恐龙河州级自然保护区的主要保护对象为[6]：(1)以绿孔雀(*Pavo muticus*)、黑颈长尾雉(*Syrmaticus humiae*)、蟒蛇(*Python molurus*)、猕猴(*Macaca mulatta*)、白鹇(*Lophura nycthemera*)、白腹锦鸡(*Chrysolophus amherstiae*)、滇南苏铁(*Cycas diannanensis*)、千果榄仁(*Terminalia myriocarpa*)、金荞麦(*Fagopyrum dibotrys*)、桫椤(*Alsophila spinulosa*)、毛红椿(*Toona ciliata var. pubescens*)等为代表的国家级珍稀濒危保护野生动植物资源及其栖息地；(2)以千果榄仁、八宝树(*Duabanga grandiflora*)为建群种的热带季雨林；(3)元江中上游重要水源涵养地。

2.3 生物多样性概况

2.3.1 景观资源

景观生态系统是生物多样性组成的最高层次，它是由一组以相似方式出现的，且具有相互影响的生态系统所组成的异质性陆地区域。保护区景观类型共有森林、灌丛、湿地、农地等 4 类。小江河区域调整前景观为森林、灌丛和农田地 3 种，调整后景观为森林景观和建筑 2 种；窝拖地区域景观类型调整前为森林、灌丛和农田地 3 种，调整后景观类型不变。

2.3.2 植被类型

依据《云南植被》[7]中采用的分类系统，并参考《中国植被》和《云南森林》等重要植被专著，遵循群落学—生态学的分类原则，结合保护区野外实地考察，将保护区调整的小江河和窝拖地 2 个区域植被

初步划分为 4 个植被型、4 个植被亚型、7 个群落(表 1)。

表 1　调整区域植被分类系统

Tab. 1　Vegetation classification system of adjustment area

Ⅰ. 季雨林
(Ⅰ) 落叶季雨林
(一)千果榄仁林(Form. *Terminalia myriocarpa*)
1. 千果榄仁、八宝树群落 (*Terminalia myriocarpa*, *Duabanga grandiflora* Comm.)
(二)木棉林(Form. *Bombax malabaricum*)
2. 木棉群落(*Bombax malabaricum* Comm.)
(三)白头树林(Form. *Garuga forrestii*)
3. 白头树、厚皮树群落(*Garuga forresti*, *Lannea coromandelica* Comm.)
Ⅱ. 常绿阔叶林
(Ⅱ)季风常绿阔叶林
(四)毛叶青冈林(Form. *Cyclobalanopsis kerrii*, *Castanopsis calathiformis*)
4. 毛叶青冈、毛叶黄杞群落(*Cyclobalanopsis kerrii*, *Engelhardia colebrookiana* Comm.)
III. 暖性针叶林
(III) 暖温性针叶林
(五)云南松林(Form. *Pinus yunnanensis*)
5. 云南松群落(*Pinus yunnanensis* Comm.)
IV. 稀树灌木草丛
(IV)干热性稀树灌木草丛
(六)含虾子花的中草草丛(Form. *Woodtordia truticosa*)
6. 狭叶山黄麻、虾子花群落(*Trema angustifolia*, *Woodtordia truticosa* Comm.)
7. 木棉、虾子花群落(*Bombax malabaricum*, *Woodtordia truticosa* Comm.)

2.3.3 动植物多样性

1)植物多样性

通过野外考察、室内标本整理鉴定,保护区小江河和窝拖地 2 个区域共记录到维管植物 529 种(含种下等级),隶属于 145 科 393 属[6]。其中蕨类植物 23 科 40 属 70 种,裸子植物 3 科 3 属 4 种,被子植物 119 科 350 属 455 种。记录到的维管束植物中,分布有国家Ⅱ级重点保护苏铁蕨(*Brainea insignis*)、千果榄仁和毛红椿等 3 种。分布有 CITES 附录的兰科植物多花脆兰(*Acampe rigida*)、竹叶兰(*Arundina graminifolia*)和云南独蒜兰(*Pleione yunnanensis*)3 种。其中:小江河区域分布有苏铁蕨、千果榄仁、多花脆兰、竹叶兰和云南独蒜兰等 5 种,窝拖地区域分布有毛红椿、竹叶兰和云南独蒜兰等 3 种。

2)动物多样性

通过野外考察、社区访谈调查和文献查阅,保护区调出区域共记录到哺乳动物 5 目 8 科 10 种,其中小江河区域记录有 4 目 6 科 8 种,窝拖地区域记录有 4 目 6 科 7 种;鸟类 5 目 21 科 59 种,其中小江河区域记录有 4 目 16 科 34 种,窝拖地区域记录有 5 目 18 科 40 种;爬行动物 1 目 4 科 7 种,其中小江河区域有 1 科 3 种,窝拖地区域有 3 科 4 种;两栖动物 1 目 3 科 5 种,其中小江河区域 2 科 4 种,窝拖地区域 1 科 1 种[6]。所调查记录的动物中,国家Ⅰ级重点保护鸟类绿孔雀有 1 种,国家Ⅱ级重点保护鸟类有白鹇、原鸡(*Gallus gallus*)2 种,中国特有物种中华姬鼠(*Apodemus draco*)、画眉(*Garrulax canorus*)和滇䴓(*Sitta yunnanensis*)等 3 种。

2.4 建设项目概况

小江河区域的调整主要为开发小江河流域规划的两级电站留出用地空间,调整面积 5.598 4 hm^2。根据楚雄州水利电力勘测设计研究院编制的《双柏县鄂嘉小江河水电站工程项目建议书》(2004 年 3 月)和福建省永川水利水电勘测设计院编制的《云南省楚雄州双柏县小江河一、二级水电站工程可行性研究报告》(2009 年 12 月)等相关设计,在调整区域内建设一、二级电站和布设 10 个塔基。经实地调查,一、二级水电站和 10 个塔基及其明暗引水渠均已建成,一级电站已建成运营,二级电站目前已经停建。

窝拖地区域的调整主要为铁矿的开采留出空间,调整面积 54.533 3 hm^2。依据云南地质工程勘察设计研究院编制的《云南省双柏县窝拖地铁矿资源储量核实报告》(2009 年 8 月)和云南华昆工程技术股份公司编制的《云南省双柏县窝拖地铁矿矿产资源开发利用方案》(2009 年 11 月)等得出,窝拖地铁矿矿区面积 1.650 6 hm^2,矿区资源储量 14.44 万 t。该区域在调整批复之前进行矿权转让,调整后至今未开采。

3 调整对保护区的影响评价

3.1 对主要保护对象的影响

1)小江河区域

根据实地调查考察,该区域为主要保护对象绿孔雀、千果榄仁等的主要栖息地(生境)之一。区域内呈小块状或带状的 5.596 4 hm^2 面积调整为非保护区后,对主要保护对象的影响集中体现为区域的

栖息地(生境)在保护区内减少并形成 10 余处保护真空和栖息地破碎化。调出后,这些区域过多的人为干扰会直接影响到绿孔雀等主要保护对象的迁移、散布和繁衍,还使作为主要保护对象的热带季雨林保护面积同时减少。由于调整区域用于一、二级水电站的开挖建设,特别是公路、厂房建设,明渠开挖及溢洪道使沟谷区域内以千果榄仁、八宝树为建群种的热带季雨林面积减少并形成一定的破碎化。

2)窝拖地区域

对该区域的调整首先会导致作为主要保护对象的水源涵养地面积减少;其次是白鹇、毛红椿在保护区内种群数量及栖息地(生境)面积减少。调整主要是为铁矿的开采留出空间,由于调整后至今仅小面积进行探矿而形成了 1.013 4 hm^2 的裸露地,现植被处于逐步恢复中。调整后若进行大面积采矿,将对主要保护对象白鹇、毛红椿在保护区内种群数量及栖息地(生境)面积产生显著影响,对元江中上游重要水源涵养地造成不可逆转的破坏。

3.2 对资源与环境的影响

3.2.1 景观

1)小江河区域

该区域调整前的景观类型主要为常绿阔叶林、季雨林、稀树灌木草丛、农田地和暖性针叶林。其中,常绿阔叶林景观面积 2.681 3 hm^2,季雨林景观面积 2.578 5 hm^2,稀树灌木草丛景观面积 0.109 5 hm^2,农田地景观面积 0.009 0 hm^2、暖性针叶林景观面积 0.220 1 hm^2。调整后虽然 4 种基本景观类型在保护区的面积减少较小,也不会使这些景观类型在保护区消失,但由于是在保护区内呈多点状或带状开天窗式的减少,会使得一片完整的保护区域内景观呈现“筛子”状,且调整后一、二级电站及其附属设施的建设,使景观类型由森林景观变为建筑地景观,将造成保护区景观的破碎化和破坏景观的连续性,对景观美学价值的影响严重。

2)窝拖地区域

窝拖地区域景观类型主要有暖性针叶林、稀树灌木草丛和农田地景观。其中,暖性针叶林景观面积 19.294 1 hm^2,稀树灌木草丛景观面积 19.898 2 hm^2,农田地景观面积 15.341 0 hm^2,景观资源基本类型较为单一。将该区域调出保护区,会使该森林景观类型在保护区的面积减少,但不会消失,会在保护区东北部形成一块较大的天窗进而明显影响保护区景观的连续性。若调出后进行矿产资源开采,将造成该区域景观的显著破碎化,对景观美学价值的影响较大。

3.2.2 植被群落

1)小江河区域

小江河区域拟调整区域季风常绿阔叶林面积 2.681 3 hm^2,落叶季雨林面积 2.578 5 hm^2,干热河谷稀树灌木草丛面积 0.109 5 hm^2,人工草本植被面积 0.009 0 hm^2、云南松林面积 0.220 1 hm^2。调整将会使保护区内特有落叶季雨林面积减少 2.578 5 hm^2;另外,调整后用于一、二级电站的建设和运营,各种植被均被建筑用地替代,将让部分植被因为建设导致地块裸露,直接使植被面积减少 5.598 4 hm^2,并造成局部各植被类型的分割和破碎化,影响生物群落的连通性和生态服务功能价值的发挥。

2)窝拖地区域

窝拖地区域调整前的植被涉及云南松林面积 19.294 1 hm^2、干热性稀树灌木草丛 19.898 2 hm^2 和人工草本植被 15.341 0 hm^2。调整会因保护属性的改变导致保护区内天然植被斑块破碎化,进而影响连续性。调整后至今由于未进行开采,仅在干热性稀树灌木草丛区进行了小区域的探矿,使该植被减少 1.013 4 hm^2,退化为裸露地,其它植被类型没有发生改变,因此仅导致干热性稀树灌木草丛破碎化,造成该植被类型的不连续和分割,一定程度上影响了其生态服务功能的发挥。

3.2.3 野生动植物资源

1)小江河区域

该区域调出会使植物铁线莲(*Clematis peterae*)、粉叶小檗(*Berberis pruinosa*)、野荞麦(*Fagopyrum leptopodum*)等 35 种云南及中国特有种、2 种国家Ⅱ级重点保护野生植物和 3 种列入 CITES 附录植物在保护区内种群数量减少。由于调整区域仅占保护区总面积的 0.06%,不会导致某个重要植物物种在保护区内消失。该区域调出后部分已用于一、二级水电站及其附属设施的建设和运营,对此灭失的重要植物物种个体数量难于估计。因调出区域没有对重要植物物种的生境产生实质性的隔离,故对其正常繁衍、散布产生的影响有限。

小江河区域一级水电站已建设完成并使用,二级水电站也基本完成。因此,小江河区域将有效减少除两栖爬行类的动物栖息地面积,并且人员活动的增加将对动物造成干扰,对其生存造成一定影响。该区域是绿孔雀、原鸡等地栖雉类的主要栖息地,一、二级水电站的建设将直接减少绿孔雀、原鸡等雉

类的栖息面积并造成一定的隔离,对绿孔雀、原鸡等雉类的生存造成较大影响。

2)窝拖地区域

调出区域仅占保护区总面积的 0.63%,所分布的植物种类均为常见种类,这些物种在保护区其他区域均有分布。调出后虽涉及部分云南、中国特有种和毛红椿的少量个体,特别是探矿区造成部分特有植物物种在保护区内的种群数量微量减少,不会导致某个特有植物物种在保护区内消失,也不会造成某个植物物种在保护区内消失,但会在短时间内对植物物种的正常繁衍造成轻微的影响。

窝拖地区域仅部分开挖表土进行探矿,开挖面积小,其仅造成栖息于该范围的动物栖息面积有所减少,不会造成某个物种在保护区内消失,对物种种群数量和栖息地面积的影响十分轻微,对其食物网/链结构的影响也极为微弱。

3.3 对面积适宜性与完整性的影响

小江河区域和窝拖地区域从保护区面积适宜性方面看,两区域调整为非保护区,减少面积分别占保护区总面积的 0.06%和 0.63%,两区域调出对保护区面积适宜性的影响都极小,但从完整性方面进行分析,两区域调整成非保护区,且分为不同的小块,使保护区形成大小不等的多个天窗,对保护区完整性的影响较为显著。

3.4 对保护区管护工作的影响

小江河调整区域处于保护区核心区,调整区域在保护区内呈小块状、小片状和带状,调整后会在完整的保护区域内形成多处天窗,成为保护真空,使得保护管理工作难于有效开展和落实,进而直接影响保护管理的有效性。其次,这些区域调出保护区后,与保护无关的人员进入这些区域就不再受到相关法规条例的制约,加大了保护管理的难度并产生诸多的不利因素。再次,根据专家现地调查和查阅多年调查资料,所调出区域部分属于绿孔雀的主要栖息地,将其调出会直接影响绿孔雀栖息地的完整性,不利于主要保护对象的有效保护且直接威胁其种群的迁移、散布和繁衍生息。

窝拖地区域虽处于保护区实验区,是天然森林资源保存较为完好的地带性植被,并分布有国家重点保护野生植物。若将该区域调出保护区,将会直接影响保护管理有效性和自然资源将可能受到周边村民不合理利用的威胁,同时,将增大保护区森林火灾的风险等级。

3.5 对当地社会经济的影响

就保护区范围调整本身而言,不会对当地社会经济带来明显影响,能够产生影响的是调整出保护区后对这些区域的利用产生的经济效益。小江河区域域调整出保护区,主要是为小江河流域规划的两级电站开发留出用地空间。水电站工程建成后拉动地方经济发展有一定作用,有利于当地居民的就业和收入的增加,在一定程度上可直接带动当地社会的发展。但电站以局部破坏绿孔雀栖息地为代价进行建设和运营,所带来的社会影响和间接经济损失将不可估量,不仅直接影响到绿孔雀的保护成效,舆论等的压力也会对当地生态文明建设及社会和谐产生负面影响。

窝拖地区域调整主要是为铁矿的开采留出空间。如果该区域调出并按相关规划进行开采铁矿,按贮量 14.44 万 t 铁矿,按 200 元/t 计可产生经济效益 2 888 万元,可直接增加当地财政收入并带动当地相关行业的发展,增加当地居民的收入。但由此调出的自然植被,根据云南省林业和草原局发布的《云南省自然保护区森林生态系统服务功能价值评估报告 2018》(按暖温性针叶林 8.58 万元/hm^2 · a 计算)[8],拟调出区域每年提供的生态服务功能价值就达 468 万元,仅 6 年产生的效益就能与开采铁矿的价值相当。

4 结论与建议

4.1 结论

1)小江河区域 5.596 4 hm^2 的调整会导致区域内绿孔雀等主要保护对象的部分栖息地形成保护真空,还将会让主要保护对象热带季雨林保护面积同时减少。由于是在保护区内呈多点状或带状的开天窗,会使得一片完整的保护区域内景观呈现“筛子”状。涉及的落叶季雨林为中国西南特有和云南区域特有类型,具有较高保护价值,调整会导致该类型在保护区内面积减少。调整后会显著增加保护管理难度,直接影响保护管理的有效性。调整后一、二级电站及其附属设施的建设,会造成绿孔雀栖息地、景观和植被的破碎化,明显影响绿孔雀等主要保护对象的迁移、散布、繁衍和景观美学价值。电站建设和营运期间与保护无关的人员进入就不再受到相关法规条例的制约,加大了保护管理的难度并产生诸多的不利因素,虽一定程度上能够促进地方经济的发展,但对保护区保护成效的影响较大,不符合当前

生态文明建设总体要求。综合论证结论为该区域不适合进行调整。

2)窝拖地区域 54.533 3 hm^2 的调整会使作为主要保护对象的白鹇和毛红椿个体数量和栖息地(生境)在保护区内少量减少,同时在区内形成一块较大的天窗,进而明显影响景观的连续性和导致天然植被斑块破碎化,显著影响保护区的完整性,增大保护管理工作的压力和困难,保护管理有效性难于体现。另外,该片调整出保护区,不仅对当地社会经济发展的有利影响十分有限,且所要开展的项目与保护区功能定位不符。综合论证,结论为该区域不适合调整。

4.2 建议

1)根据国家政策以及各地块对资源与环境的影响,建议将小江河一、二级电站建设项目用地区域和窝拖地铁矿开采区域重新调整回保护区并编制新的保护区总体规划。

2)鉴于小江河一、二级电站建设项目用地区域已建水电站,并且一级水电站已投入发电。为避免重复建设,建议将一级水电站业务用房用作保护区巡护用房,发电器材、变压器等由企业自行拆除搬运出保护区,并恢复该区域自然植被。二级水电站尚未建设完成,未进行发电,建议将二级水电站作为科研监测用房,并恢复该区域自然植被。鉴于窝拖地铁矿开采区域已有部分进行了地表土壤清理,开展了探矿工作,建议采用回填土壤方式,覆盖裸露的岩石;根据适地适树、原生性、特有性、观赏性的基本原则,种植当地生态系统中原有的重要植物种类,恢复当地原有的森林植被。

3)进一步加强自然保护区法律法规、野生动植物保护的宣传教育,制作并发放珍稀濒危保护动植物图册,组织学习保护区以及野生动植物保护的法律条文,明确其保护义务和责任,提高保护管理以及动植物保护的自觉性。

4)在范围调整的基础上,合理进行保护区功能区划,尽快编制完成保护区总体规划,为保护区长期发展提供指导性文件,使建设和管理具有明确的目标和依据。

致谢:特别感谢云南大学王焕冲副教授、云南师范大学杨士剑教授、西南林业大学李旭副教授、中国科学院昆明动物研究所吴飞副研究员、中国科学院昆明植物研究所张国学副研究员等在野外调查工作中给予大力支持!

参考文献:

[1] 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.

[2] 郑进烜,吴霞,华朝朗,等. 自然保护区在建设生态文明和美丽云南中的地位与作用[J]. 林业调查规划,2018,39(4):51-53,79.

[3] 郑进烜,温庆忠,余昌元,等. 玉磨铁路建设工程对自然保护区生态环境影响评价[J]. 林业调查规划,2017,42(4):85-90.

[4] 吴兴华,郑进烜,余昌元. 铁路建设工程对元江国家级自然保护区生物多样性影响评价研究[J]. 林业调查规划,2016,41(6):42-48.

[5] 王勇,郑进烜,杨东,等. 玉磨铁路建设工程对生物多样性影响评价[J]. 林业调查规划,2016,41(5):29-37.

[6] 云南省林业调查规划院. 云南双柏恐龙河州级自然保护区范围调整综合考察报告[R]. 2019.

[7] 云南植被编写组. 云南植被[M]. 北京:科学出版社,1987.

[8] 云南省林业调查规划院. 云南省自然保护区森林生态系统服务功能价值评估报告 2018[R]. 2019.

责任编辑:刘平书
校 对:邓 砚 刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 013

云南省重点保护野生植物保护管理现状与对策

郑进烜,华朝朗,郑静楠,王 勇,吴富勤,晁增华
(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:总结云南省重点保护野生植物保护管理现状,评价保护成效,分析重点保护野生植物保护管理存在着公众保护意识亟待提高、物种保护的综合管理能力比较薄弱、执法困难、执法力度不够和开展野外保护管理工作经费不足等问题,从加强宣传教育、完善法律法规体系、强化执法队伍建设、健全管理机构、严厉打击违法犯罪活动和增加经费投入等方面提出重点野生植物资源的保护管理对策。

关键词:重点保护野生植物;极小种群物种;保护管理;自然保护地;云南省

中图分类号:S76;S718. 521. 2;F326. 25 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0069-06

引文格式:郑进烜,华朝朗,郑静楠,等. 云南省重点保护野生植物保护管理现状与对策[J]. 林业调查规划,2021,46(3):69-74,104. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 013

ZHENG Jinxuan,HUA Chaolang,ZHENG Jingnan,et al. Status and Countermeasures of Protection and Management of Key Protected Wild Plants in Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):69-74,104. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 013

Status and Countermeasures of Protection and Management of Key Protected Wild Plants in Yunnan Province

ZHENG Jinxuan, HUA Chaolang, ZHENG Jingnan, WANG Yong, WU Fuqin, CHAO Zenghua
(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: This paper summarized the status and effect of the protection and management of key protected wild plants in Yunnan Province, analyzed the existed problems, such as the urgent need to improve the public awareness of protection, the weak comprehensive management ability of species protection, the difficulties in law enforcement, and the lack of funds for field work, and put forward the protection and management countermeasures of key wild plant resources from perfecting the system of laws and regulations, strengthening the construction of law enforcement team, improving the management organization, cracking down on illegal and criminal activities and increasing the investment.

Key words: key protected wild plants; species with extremely small population; protection and management countermeasures; nature reserves; Yunnan Province

收稿日期:2020-08-07.

基金项目:云南省第二次重点保护野生植物资源调查项目(000036Z00015);云南省林业调查规划院青年联合会项目(1QL002Z00018).

第一作者:郑进烜(1981-),男,福建大田人,硕士,高级工程师. 从事植物学、林业调查规划、生物多样性保护和自然保护地研究工作. Email:zjx3410@163. com

责任作者:晁增华(1965-),女,四川人,高级工程师. 从事林业调查规划、生物多样性保护规划、自然保护地研究和信息化管理工作. Email:chaozh104@163. com

植物是生态系统的初级生产者,决定性地深刻影响着地球的生态环境。植物的遗传资源和物种多样性具有不可替代的生态、经济和文化价值,也是人类社会赖以生存和发展的宝贵资源[1]。云南素有“植物王国”之称,是我国植物多样性资源最丰富的省份,其中高等植物有 19 365 种,占中国的 50.2%。根据《云南省生物物种红色名录(2017 版)》对云南省高等植物进行了评估,受威胁物种数就达 2 054 种。在 2012 年全国第二次重点保护野生植物资源调查名录 313 种中,云南省分布有 137 种,占全国总调查种类的 43.13%。相关研究表明,每一种植物常与 10~30 种其它生物共存,一种植物灭绝将会导致 10~30 种生物的生存危机。随着人口增长,经济活动不断加剧,人们对植物资源的索取日益剧增,植被原有的完整性和物种多样性受到严重的破坏,重点保护野生植物生境受到严重威胁。因此,云南重点野生植物资源的保护成效对生态系统多样性、生物物种多样性、发展绿色经济、建设生态文明和实现美丽中国的目标具有重要的作用。

1 保护管理现状

1.1 管理体制及机构建设

云南省林区内的野生植物和林区外珍贵野生树木由云南省林业和草原局主管,下设野生动植物保护处。州(市)、县(区、市)、乡(镇)等各级林业行政主管部门负责本辖区内野生植物资源的保护管理工作,上级林业行政主管部门对下级林业主管部门的管理工作进行业务指导和监督,基本形成了省、地(市)、县、乡(镇)四级野生动植物保护管理体系网络。国家重点保护的野生植物及珍贵树种,主要由各级野生动植物保护管理办公室实施监督和管理。云南省林业和草原局内设野生动植物保护管理处,负责全省野生植物资源的保护管理工作。16 个州市林业局专设了保护办(科、局),有专职人员对区域内的重点保护野生植物资源进行保护管理。全省 129 个县(区、市)中,除昆明市五华区、盘龙两区未专门设有林业局外,其余县(区、市)均设有管理机构,其中有 92 个县(区、市)设有野生动植物保护管理办公室,其余的由林业局的林政股、森林公安分局、天保办或资源站等代管野生植物保护管理工作。全省 1 370 个乡镇,截至 2018 年 12 月底,已建立乡(镇)林业站 1 346 个,负责本乡(镇)范围内的野生植物保护管理工作,其中 808 个林业站增挂了野生动植物保护站牌。全省共建立国家、省、州(市)、县级自然保护区 164 处,其中成立管理机构(省级以上)58 个。全省管理机构共有工作人员 8 505 人(不含高校科研院所从事保护人员),其中省级管理部门 9 人,州市管理人员 66 人,县(市、区)管理人员 342 人,乡镇管理人员 5 717 人,省级以上保护区管理机构人员 2 504 人。

1.2 法制建设

国家颁布了《中华人民共和国森林法》、《中华人民共和国野生植物保护条例》、《森林和野生动物类型自然保护区管理办法》、《中华人民共和国自然保护区条例》等法律法规。云南省委、政府、人大对野生植物保护工作一直以来都很重视,立法工作推进较早,地方法规、政府规章比较健全。1987 年 10 月 6 日,云南省人民政府发布了《云南省森林和野生动物类型自然保护区管理细则》;1989 年,云南省人民政府批准公布了《云南省省级重点保护野生植物名录(第一批)》;1995 年 9 月 27 日,云南省第八届人民代表大会常务委员会第十六次会议通过,颁布实施了《云南省珍贵树种保护条例》;1995 年,云南省人民政府批准公布了《云南省珍贵树种名录》;1997 年 12 月 3 日,云南省第八届人民代表大会常务委员会第三十一次会议通过,并颁布了《云南省自然保护区管理条例》;2011 年,省人大组织专家对《云南省珍贵树种保护条例》进行了修改完善,并发布;2015 年 11 月 26 日,云南省第十二届人民代表大会常务委员会第二十二次会议通过《云南省国家公园管理条例》。

各州(市)、县及部分保护区也相应地颁布了林业管理条例、自然保护区管理办法等,如西双版纳傣族自治州制定了《自然保护区管理条例》《森林资源保护条例》,红河哈尼族彝族自治州制定了《林业管理条例》,文山壮族苗族自治州制定了《森林和野生动物类型自然保护区管理条例》《林业管理条例》,元江哈尼族彝族傣族自治县制定了《自然保护区暂行条例》,玉龙雪山自然保护区制定了《玉龙雪山管理条例》,丽江市人民政府审议通过了《丽江老君山国家公园管理办法》,迪庆州人大审议通过《香格里拉普达措国家公园管理条例》和《梅里雪山国家公园管理办法》。

近 10 年来,云南省野生植物保护执法机构不断健全,执法队伍不断壮大,执法力度不断加强。据不完全统计,自 20 世纪 90 年代以来,全省共查处破坏野生动植物资源和自然保护区资源各类案件

28 000 多起,对 4 万余名违法人员进行了处理,特别是对滥砍红豆杉(*Taxus chinensis*)和盗挖采兰科植物等大案的罪犯给予了严厉的惩罚,为国家挽回经济损失近 10 亿元。另外,加强了对自然保护区生物多样性的监管力度,建设工程涉及自然保护区都按法律规定进行了生物多样性影响评价。在濒危野生植物管理工作中,各主管部门认真贯彻执行《中国人民共和国野生植物保护条例》和《濒危野生动植物种国际贸易公约》等法规,对来源不清、不合法、手续不全的进出口申请,不予呈报或行政审批,严禁进出口。

1.3 自然保护地建设

云南境内绝大部分重点保护植物分布在保护区内,其生存和发展与保护区建设成效息息相关。建立自然保护区是一项就地保护自然物种、维护生物多样性的积极有效措施,可为野生植物提供良好栖息、繁衍环境。因此,在一定程度上,建设好自然保护区就等于保护好重点植物资源。截至 2018 年 12 月底,全省已建各种类型、不同级别的自然保护区 164 处,总面积 286.71 万 hm^2,占全省国土总面积的 7.3%,自然保护区数量位居全国第 6 位,面积位居全国第 8 位[2]。自然保护区按级别统计,其中:国家级 21 处,省级 38 处,州(市)级 56 处,县级 49 处。经过多年的建设和发展,基本形成了布局较为合理、类型较为齐全的自然保护区网络体系,自然保护区管理建设工作也逐步迈向标准化和规范化,为重要自然生态系统的保护、国家重点保护野生动植物的保护等发挥了重大作用。

1.4 科学研究

云南大学、西南林业大学、中国科学院昆明植物研究所、中国科学院西双版纳热带植物园、云南省林业科学院、云南省林业调查规划院、云南省珍稀濒危植物引种繁育中心等为云南省的珍稀濒危植物保护作了大量研究与调查工作,在滇东南和滇西北等生物多样性丰富的地区,如红河州、文山州、西双版纳州、迪庆州、怒江州、丽江市等,开展了望天树(*Parashorea chinensis*)、绒毛番龙眼(*Pometia tomentosa*)、华盖木(*Manglietiastrum sinicum*)、云南红豆杉(*Taxus yunnanensis*)、金钱槭(*Dipteronia dyerana*)、兰科等物种的生物生态学特性及繁育、种群回归的研究、迁地保护、引种驯化等的研究。高校院所对西双版纳、高黎贡山、哀牢山、白马雪山、南滚河、分水岭、大围山、古林箐、驮娘江等保护区进行了植物区系和植被类型的调查研究,并形成综合报告或正式出版专著。

20 世纪 80 年代建立的省级以上保护区,大部分进行了资源调查和野生动植物资源本底调查。国家级自然保护区与省内外的科研教学及规划设计单位有着密切合作,并取得专题研究成果;通过调查、考察、监测等手段和各项科研活动的开展,积累了大量野生植物资源保护基础资料,为推动保护管理工作提供了科学依据。目前,云南省林业和草原局与云南省林业调查规划院已开展建设云南省野生动植物资源、保护区资源数据库和地理信息系统,云南省极小种群野生动植物资源数据库系统。云南省林业科学院的珍稀植物保护与繁育重点实验室开展了云南蓝果树等多个物种的野生植物资源专项调查、驯化、回归等科研工作,并取得突破性进展。

中国西南野生生物种质资源库依托中国科学院昆明植物研究所建设和运行,项目总投资 1.48 亿,建设内容包括种子库、植物离体库、DNA 库、微生物库(依托云南大学共建)和动物种质资源库(依托中国科学院昆明动物研究所共建),以及植物基因组学和种子生物学实验研究平台。目前,资源库收录野生植物 9 484 种的种子共 71 232 份。

近年来,随着资源本底调查工作深入开展,各高校科研院所结合对所开展的保护地的科研监测等项目,陆续出版了《云南自然保护区》《哀牢山自然保护区综合考察报告集》《云南洱海科学论文集》《哀牢山森林生态系统研究论文集》《高黎贡山自然保护区》《云南轿子山自然保护区》《云南驮娘江自然保护区》《小黑山自然保护区》《糯扎渡自然保护区》《云南云龙天池国家级自然保护区》《兰坪云岭自然保护区》《菜阳河自然保护区》《西双版纳国家级自然保护区科学考察》《云南湿地》《云南生物多样性研究》等 60 余部专著。

1.5 公众教育

近十年来,全省各级林业主管部门共举办各种野生动植物管理人员培训班、研讨班共 200 余期,受训人员达 8 000 多人·次。将与林业相关法律、法规列入“十二五”、“十三五”普法教育的重要内容中,并进行组织学习与宣传;编印《野生动植物及自然保护区法规汇编》《自然保护区及野生动植物保护管理文件资料汇编》等法律、法规资料 5 万多册;组织编印了一批大型图集和宣传挂图;结合国际合作项目,积极推进社区公众教育,编制自然保护区社区环境教育计划,开展示范点活动,提高公众参与保护野生植物资源的意识。此外,通过植物园、标本

园、展览室、自然保护区、森林公园、风景名胜区等挂牌介绍重点保护植物对人类生存的重要作用,使人们在享受大自然的同时,也受到一些科普教育,大大增强了广大群众的保护意识。

2 保护管理成效评价

2.1 基本形成了保护管理体系

野生植物资源保护实行统一领导,分级管理。全省由云南省林业和草原局进行业务指导,州(市)设林业和草原局指导所属各县(区)的业务工作。具体到县(区)和乡(镇)实行县林业和草原局和乡(镇)林业站或林场两级管理。省和州(市)林业主管部门内设有林政、资源、公安等管理执法机构,还有森林防火指挥部、野生动植物保护科(办公室),基本形成了以省、州(市)、县和乡(镇)等4级组成的比较完善的管理体系。同时,在生物多样性丰富的区域设有不同级别的保护地,由保护地管理机构对所管辖范围进行管理。

2.2 科学制定了极小种群物种保护政策并实施

自2005年开始,针对云南省野生动植物资源特点,省林业厅积极探索保护对策,组织编制了《云南省特有野生动植物极小种群保护工程项目建议书》报国家林业局争取资金,初步尝试化被动为主动的物种保护模式,启动了长臂猿、金丝猴、苏铁和兰科植物等极小种群物种的拯救保护行动。2007年,省林业厅编制了《云南省生物多样性保护工程规划(2007—2020年)》,首次纳入“极小种群保护规划”,筛选出27种极小种群野生植物作为规划保护对象,特别提出了针对极小种群物种的保护措施。2008年,省政府出台《关于加强滇西北生物多样性保护的若干意见》,将“极小种群物种拯救保护工程”列为十大保护工程之一。2009年,省林业厅联合省科技厅共同组织编制了《云南省极小种群物种拯救保护规划纲要(2010—2020年)》和《云南省极小种群物种拯救保护紧急行动计划(2010—2015年)》,进一步明确了“极小种群物种”的定义,通过组织全省知名专家,确定了112个极小种群物种(其中植物62种)[3]。《规划纲要》和《紧急行动计划》明确了开展资源调查、拓展就地保护、加快迁地保护、开展近地保护、促进回归试验和加强宣传教育等7个领域的21项保护行动,于2010年3月得到云南省人民政府批准实施。云南省在推进极小种群野生植物物种保护政策措施的同时,积极将相关建议和规划上报国家,获得认可和支持。2011年10月,国家林业局又安排专项资金,在云南率先启动极小种群野生植物保护建设试点项目,为推动全国极小种群物种拯救保护工作起到了引领和示范作用。

2.3 有效打击了破坏野生植物资源的违法犯罪活动

各行政机关依据《森林法》、《野生植物保护条例》、《自然保护区保护条例》等有关法律法规,加强了重点保护野生植物原生地及流通领域的管理工作。各级林业、公安、工商、海关等部门通力合作,严厉查处违法收购、贩运、倒卖重点保护野生植物资源案件,取得了一定的成效。近年来,查处了一批非法收购、运输、贩卖红豆杉、金丝楠(*Machilus nanmu*)、合果木(*Paramichelia baillonii*)等案件,震慑了犯罪分子,有效地制止和打击了乱砍乱采滥挖违法行为。

2.4 连续开展了野生植物资源本底调查工作

从20世纪40年代开始,云南省完成了野生植物物种的基本调查工作,基本掌握了全省野生植物资源的种类,特别是珍稀野生植物物种和分布情况,先后对全省范围内各地珍稀濒危植物分布、生物学特性、保护与开发利用、植物分类与生物多样性编目等方面进行了较全面深入的调查研究,取得了一定的成绩,撰写了具有较高应用价值的《云南热带、亚热带地区植物区系研究的初步报告》《云南经济植物》《云南中草药选》(上、下册)《横断山区维管植物》(上、下册)《云南植物志》《云南药用植物》《云南种子植物名录》《横断山维管植物名录》《中国云南珍稀濒危植物》《中国滇南第一峰西隆山种子植物》等专著和有关资源保护和合理开发利用的论文、资料及著作,为云南的重点保护野生植物有效保护与管理奠定了良好基础。1997—2001年,云南省进行了第一次全国重点保护植物调查,在74种国家重点保护野生植物基础上增加了17种省级重点调查物种,全面查清了91种重点保护物种的资源现状、分布情况及所处的生境和群落类型,提出了强化保护管理与合理利用的对策措施及监测方案,为区域生物多样性保护提供了科学依据。

2.5 初步建立了重点野生植物保护体系

自1958年云南省人民政府批准建立西双版纳第一个自然保护区,至今,全省已建各种类型、不同级别的自然保护区164处,总面积286.71万 hm^2,保护了全省70%以上的野生植物物种资源,在生物多样性保护方面起到不可替代的作用。另外,国家公园、森林公园、风景名胜区、林场和保护小区等保护地也是野生植物资源就地保护的重要组成部分。

中国科学院昆明植物研究所、中国科学院西双

版纳热带植物园、云南省林业科学院等科研单位,对珍稀濒危植物的异地栽培、人工繁殖、规模种植等方面,经过多年的潜心研究与试验,掌握了一套较完善的成功栽培技术,并在全省范围内建成了一定规模的珍稀濒危植物迁地保护栽培基地,建立了昆明植物园、昆明树木植物园、西双版纳热带植物园、西双版纳南药园、三江植物园、元谋干热河谷植物园、瑞丽珍稀植物园、西双版纳热带花卉园、云南省林业科学院普文热带树木园、文山香坪山木兰科及珍稀濒危植物园等植物园,加强了野生濒危植物的迁地保护工作,有效地保存了一定数量的野生植物物种资源,为进一步扩大栽培、开发利用创造了条件。

2.6 加强了野生动植物进出口管理工作

国家濒管办云南省办事处自成立以来,加大了野生动植物进出口管理力度,对进出口物种及其产品严格履行《进出口许可证》制度,并要求各州(市)林业主管部门对经营野生植物进出口的单位认真审核,了解掌握主要经营种类、数量及来源等情况。同时,与海关等部门密切联系,互相配合,对进出口植物不管是否属于管制商品,云南各地海关都要其出具“昆明濒管办”有关证明方可放行,有效防止了濒危植物物种的非法进出境现象。

3 保护管理存在的问题

3.1 公众保护意识亟待提高

云南省重点保护野生植物资源大多分布在偏远落后的山区。然而,山区群众生态环境意识相对淡薄,对生物多样性及其资源的保护管理与合理利用的重要性缺乏应有的认识,尤其是一些只有科研价值的物种如水青树、连香树等物种,目前在尚未发现它们的经济用途情况下,群众在日常生产活动中在不认知的情况下常将它们误伐。同时,有关部门对重点保护野生植物资源保护管理的宣传教育不多,工作开展得不够深入,宣传面不广,国家颁布的有关保护管理条文及法律法规无法让山区群众充分认知和理解,致使一些不法商贩有机可乘,趁机窜入林区大肆收购掠夺珍稀植物资源,造成了重点保护野生植物资源的严重破坏和浪费,如商贩到山区收购兰科植物、黄连等具有观赏和药用价值的野生植物资源。

此外,大多数地方政府虽然对野生植物资源的保护有一定的认识,但由于受地方经济发展和利益的驱动,一些地方政府和部门领导没有真正树立可持续发展的思想,因而在资源的开发过程中,未能很好地把握和处理好合理开发与保护的关系,使保护地建设与地方经济发展的矛盾得不到很好解决,许多破坏行为得不到有效制止,造成自然保护地内的重点保护野生植物生境被破坏、种群数量减少与丧失的速度加快。

3.2 物种保护的综合管理能力比较薄弱

云南省各级野生植物保护机构虽已成立,同时建立了各级别自然保护区 164 处,制定了一系列有关的自然保护策略和自然保护措施及相应的保护法律法规,对保护生物多样性、维护自然生态平衡等方面起到了积极作用。然而,就综合管理能力和体制而言,仍存在着许多不足之处,主要体现在野生植物资源的保护空缺明显、保护管理机构尚不够健全、管理人员素质水平不一、管理手段和设施较落后和执法力量较薄弱等方面。另外,管理人员中因为专业背景不同,对需要进行保护的重点野生植物识别能力较差,严重影响到日常保护工作及执法工作的开展。

3.3 执法困难和执法力度不够

野生植物资源保护的法律法规相应配套规章还没有健全,不能完全做到有法可依,有章可循;同时,现有法律法规条文中,原则性规定的多,可操作性的内容少,造成保护管理上、具体执法上存在一定难度。如盗挖严重的兰科植物未列入第一批国家重点保护野生植物名录中,若不及时采取强有力措施严加保护,或有灭绝之虞。另外,在现行法律法规不健全的情况下,对一些有蓄积的树种遭到破坏的现象要达到一定的数量,才能按照《森林法》进行刑事处罚,使得多数处罚只停留在没收实物和产品,如对红豆杉的刮皮和砍取部分枝干。对破坏野生植物资源的违法犯罪分子打击力度不够,从而直接导致了一些地方重点保护野生植物资源利用的失控和破坏活动的猖獗,造成资源趋于枯竭。

3.4 开展野生植物保护管理经费不足

野生动植物保护管理所需经费尽管有法律规定纳入各级政府财政预算,但野生植物资源保护是一项长期性、公益性的投入,需要的经费相对较多,而地方政府对保护经费的投入却十分有限,远不能满足保护事业的发展需要。由于保护经费不足,保护管理所需的基础设施建设、机构、科研和宣传教育等工作难以得到有效开展,且由于经费不足,无法对全省范围内所有的重点保护野生植物开展系统的调查、监测与研究,致使近地保护和迁地保护的物种及规模受到很大限制,仅限于对部分极小种群和关注

度高的物种开展。

4 保护管理对策

4.1 加强宣传、科普教育及保护管理人员的培训

重点保护野生植物资源能否富有成效地得到保护与合理利用,很大程度上取决于公民的观念意识及日常的行为方式,离不开社会的理解、参与和支持。因此,必须针对当前各地普遍对重点保护野生植物资源缺乏足够认识这一情况,大力开展对生物多样性的保护,特别是要加强重点保护野生植物资源的保护管理的宣传教育工作。从战略高度上重视自然物种的保护宣传,通过多种方式和途径,运用各种宣传工具如广播、电视、出版物、专业教育、中小学教育课本等进行广泛、深入、持久的宣传,同时提供有关保护法律知识咨询,让全社会都充分地认识到保护重点野生植物的重要意义,了解当前全球及我国乃至云南省生物多样性丧失和野生物种灭绝的严峻形势,以唤起全民对重点保护野生植物资源现状与问题的关注与思考。此外,加强对有关保护部门领导及保护管理人员的在职培训,增强他们的保护意识,使他们充分认识到只有积极主动、全面、有效、有序地进行野生植物资源的保护,并且加以合理利用,人类才能持久地在地球上生存、发展、繁衍。

4.2 完善相关的法律法规体系

法律法规是保护管理的基础,也是管理的依据,只有健全法制,才能实施对重点野生植物的保护管理。云南省在野生植物资源保护领域仍存在着保护空缺、机构尚未健全、保护管理效益低等具体情况。针对地方经济社会发展与自然保护的实际需要,加强地方立法,细化保护管理办法,结合保护物种分散在边远山区、林区、自然保护区的特点,尽快制定和出台适应当前新形势又符合国家主管部门要求的保护管理制度。在国家已出台的有关森林保护法律法规的总框架下,全面加强生物资源与物种多样性等法制建设,在用足用好国家现有的政策法规基础上,进一步强化地方自然保护地管理办法,明确保护要求、保护职责,使各环节都有法律法规约束和保障,务必使管理职责、内容、管辖区范围、保护对象等协调一致,逐步做到保护有章、管理有据、执法必严、违法必究,使重点保护野生植物资源的保护管理走上法制化、科学化的轨道。

4.3 强化执法队伍建设

随着经济的发展,野生植物资源开发强度不断增加,生物多样性的保护任务日益艰巨,管理的难度也不断扩大。必须通过法律的手段来规范重点保护野生植物资源的保护管理和开发利用行为。当务之急是全面提高执法队伍的整体素质,加强保护理论学习、职业道德培训,强化依法办事,增强执法队伍的整体战斗力,尽快培养与建立一支思想觉悟高、作风优良、业务过硬、执法有力的保护管理队伍,定期进行巡逻和加强管护工作,使那些意欲偷盗的不法之徒震慑于法律法规的威严而停止违法行为。此外,还应对那些市场需求量大、经济价值较高的濒危植物如苏铁类(*Cycas spp.*)、兰科植物、姜状三七(*Panax zingiberensis*)、屏边三七(*Panax stipuleanatus*)、金铁锁(*Psammosilene tunicoides*)、红豆杉、云南沉香(*Aquilaria yunnanensis*)、土沉香(*Aquilaria sinensis*)等物种提高保护级别,以便更有效地禁止和限制开发利用其野生资源,同时鼓励开展引种试验,将有关经营利用仅限于人工培植的资源,确保它们在自然状态下有足够数量种群生存繁衍下来。对于那些目前破坏非常严重且尚未纳入重点保护对象的极小种群野生植物,根据种群数量进行濒危评定,尽快将其列为重点保护物种,开展保护管理,防止其灭绝,最大限度地保存野生个体,维护生物多样性。

4.4 健全管理机构

各级政府部门应把重点保护野生植物保护工作提到议事日程,纳入各级领导任期目标管理责任状;进一步加强和落实保护管理机构及编制人员。同时,各野生动植物行政主管部门要抓住改革的契机,积极主动向当地政府领导汇报,并对辖区内重点保护野生植物的分布现状进行调查、分析、研究,提出切实可行的管理措施,争取政府领导的重视和支持,保障野生植物保护管理工作的正常开展。

4.5 强化保护管理工作并严厉打击违法犯罪活动

各主管部门要根据此次资源调查情况,严格按照《中华人民共和国野生植物保护条例》、《云南省珍贵树种保护条例》、《云南省自然保护区管理条例》等法规条例进行管理,一方面根据资源状况制定合理的利用限量,另一方面对经营利用野生植物资源的单位和个人严格履行审批手续,并实行采集许可证、经营许可证和运输证制度。对分布范围窄、数量少的珍稀濒危植物要控制野外采集,只能通过人工种植和栽培并经批准方可利用。各地要充分发挥基层林业站、木材检查站、林政管理、森林公安等部门的作用,以法律法规为武器,加强与工商、海关、中医药、农业、水利、城建、交通等部门的行业协调配

(下转第 104 页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 014

云南松种质资源保存库松梢斑螟虫害调查分析

余天林
(玉溪市玉白顶国有林场,云南 玉溪 653100)

摘要:采用全样本调查方法,对近年云南松种质资源保存库内云南松的松梢斑螟虫害发生情况进行调查,对云南松受害率、株受害枝梢、受害指数进行统计分析。结果表明,云南松种质资源保存库内云南松上松梢斑螟平均受害株率为 5. 08%,平均每株受害梢数量为 0. 28 个;云南松种质资源的 21 个分布区来源地中受害最严重的前 5 位依次为腾冲、天峨(广西)、弥渡、施甸、隆林县,后 5 位是昌宁、德钦、梁河、麒麟、峨山县(区);不同分布区来源的云南松抗虫性存在较大差异,其中峨山、麒麟、梁河等县区来源的云南松对松梢斑螟的抗虫性较好,而腾冲、天峨(广西)、弥渡等县来源的云南松抗虫性较差。

关键词:松梢斑螟;虫害调查;受害率;抗虫性;云南松种质资源保存库

中图分类号:S791. 257;S763. 3　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1671-3168(2021)03-0075-04

引文格式:余天林. 云南松种质资源保存库松梢斑螟虫害调查分析[J]. 林业调查规划,2021,46(3):75-78.
doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 014

YU Tianlin. Occurrence of *Dioryctria splendidella* in Germplasm Conservation Bank of *Pinus yunnanensis*[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):75-78. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 014

Occurrence of *Dioryctria splendidella* in Germplasm Conservation Bank of *Pinus yunnanensis*

YU Tianlin
(Yubaiding State-owned Forest Farm, Yuxi, Yunnan 653100, China)

Abstract: This paper investigated the occurrence of *Dioryctria splendidella* in the germplasm conservation bank of *Pinus yunnanensis* in recent years by full-sample survey method, and statistically analyzed the damage rate, the damaged branches and shoots, and the damage index. The results showed that the average rate of damaged plants was 5. 08%, and the average number of damaged shoots per plant was 0. 28; among the 21 origins of the county, the top five most severely affected were Tengchong County, Tian´e County, Midu County, Shidian County, and Longlin County, and the last five were Changning County, Deqin County, Lianghe County, Qilin District, Eshan County; the resistance of *Pinus yunnanensis* from different distribution areas was quite different, which was better from Eshan County, Qilin District and Lianghe County and poor from Tengchong County, Tian´e County and Midu County.

Key words: *Dioryctria splendidella*; pest investigation; damage rate; insect resistance; germplasm conservation bank of *Pinus yunnanensis*

收稿日期:2020-12-30;**修回日期**:2021-01-11.

第一作者:余天林(1968-),男,云南峨山人,高级工程师. 主要从事林场管理和相关技术方面的工作.

云南松分布较广泛,主要分布于我国西南地区,东至贵州西部的毕节、水城及广西西部百色地区,北达四川西南的大渡河、安宁河、雅砻江流域,西至西藏察隅及云南腾冲、龙陵一带,南抵滇中高原南缘,沿衰牢山东坡滇东南岩溶丘原的南部,其中以金沙江中游、南盘江下游最为密集。其垂直分布为 800~2 800 m,而成片集中分布的海拔范围在滇东南大致为 1 300 m 以上,金沙江流域约在 1 800~3 000 m,四川分布海拔约为 1 000~3 000 m,贵州为 1 000~2 000 m,广西为 600~2 800 m[2-3]。尤其在云南的分布,大部分地区均有生长,是云南分布面积最大的树种,也是当地主要的防护和用材树种。

松梢斑螟(*Dioryctria splendidella* Herrich-Schaeffer),属鳞翅目(Lepidoptera)螟蛾科(Pyralidae)斑螟亚科(Phycitinae)梢斑螟属(*Dioryctria*),又称松梢螟、松干螟、钻心虫、云杉球果螟。主要分布在黑龙江、陕西、江苏、浙江、福建、广东、云南等地,寄主为五针松、云杉、湿地松、红松等。以幼虫钻蛀主梢,引起侧梢丛生,树冠呈扫帚状,严重影响树木生长。近年来,云南松种质资源保存库内云南松受害虫危害严重,本文开展种质资源库内云南松受松梢斑螟发生影响情况调查分析,筛选出抗虫性强的种源,为培育优质种苗提供借鉴。

1 云南松种质资源保存库

云南松种质资源保存库位于云南省玉溪市玉白顶国有林场路天沟林区(16、17、20、21、25 林班),总占地面积 81.13 hm^2,是全国最大的国家级云南松种质资源基因保存库,全面保存各种源的特性基因资源。云南松种质资源保存库自 2012 年 10 开始实施,2017 年 9 月完工,建成云南松种质资源保存库总面积 80.2 hm^2,其中:收集种源 137 个(县),收集优良单株 554 个,收集个体类型 3 个,主要保存云南松种源,开展云南松全分布区的基因资源保存,种源收集应尽可能全面保存各种源的特性基因资源,采取实生繁殖的方式进行收集,为云南松良种选育、研究提供材料。云南松种源收集以县为种源单位,收集的云南松分布区包括云南、四川、贵州、广西和西藏 5 个省(区)157 个县(区、市),其中云南省 105 个县(区、市),四川省 29 个县(区、市),贵州省 13 个县(区、市),广西区 8 个县(区、市),西藏区 2 个县(区、市)。

1.1 种源收集区

云南松种源收集区共收集保存云南松种源 137 个,保存区面积 36.23 hm^2,种植 21 890 株,用于云南松全分布区的基因资源保存,为云南松良种选育、研究提供材料。

1.2 优良单株收集区

共收集优良单株 554 个(省内),保存区面积 35.43 hm^2,种植 25 904 株,主要收集云南松优良单株,开展云南松优良基因保存,为云南松良种选育提供资料。

1.3 个体类型收集区

收集个体类型 3 个,保存区面积 8.53 hm^2,种植 4 473 株。主要收集云南松个体类型,开展云南松基因保存,为云南松良种选育提供资料。

2 松梢斑螟调查方法

2.1 调查范围

在云南松种质资源保存库范围内,调查来源于广西壮族自治区的天峨、西宁、百色右江、乐业、隆林 5 个县;来源于云南省的玉白顶林场和弥渡、施甸、腾冲、易门、宜良、龙陵、泸西、隆阳、石屏、德钦、师宗、昌宁、梁河、麒麟、峨山 15 个县(区),共 21 个分布区来源的云南松上的松梢斑螟发生情况。

2.2 调查方法

2019 年 7 月,结合云南农业大学森林保护专业的教学实习,采用全样本调查法,对 21 个分布区来源在种质资源保存库内的全部云南松进行松梢斑螟全面调查,每株进行松梢斑螟危害稍枝数量统计。

2.3 数据统计

利用 Excel,对调查结果以来源(县)为单位,进行虫株率、平均每株受害稍数量统计,比较不同来源的受害差异。

3 结果分析

对调查数据整理计算,绘制不同来源云南松上松梢斑螟虫株率比较图和受松梢斑螟危害的严重程度比较图(图 1,图 2)。

3.1 不同来源云南松受松梢斑螟危害的普遍率分析

图 1 显示,21 个分布区来源的云南松按受害率高低依次为:天峨县(广西)(14.53%)、弥渡县(10.71%)、施甸县(10%)、西宁县(广西)(7.69%)、腾冲县(7.63%)、易门县(7.14%)、隆林县(广西)(6.47%)、玉白顶林场(5.56%)、宜良县(5.13%)、龙陵县(4.24%)、泸西县(3.92%)、隆阳区(3.66%)、乐业县(广西)(3.11%)、石屏县(3.08%)、百色右江县(广西)(2.91%)、德钦县

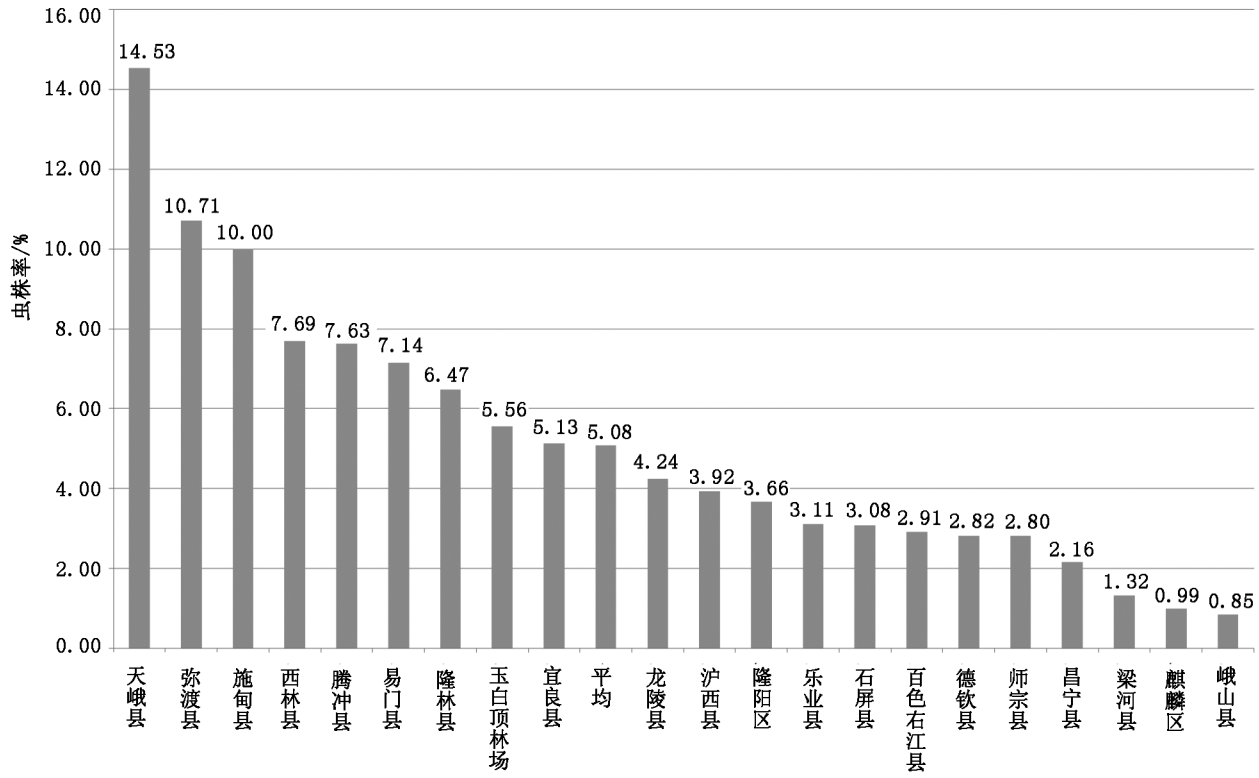


图 1　不同分布区来源云南松上松梢斑螟虫株率比较

Fig. 1　Damage rate comparison of *Dioryctria splendidella* on *Pinus yunnanensis* from different sources

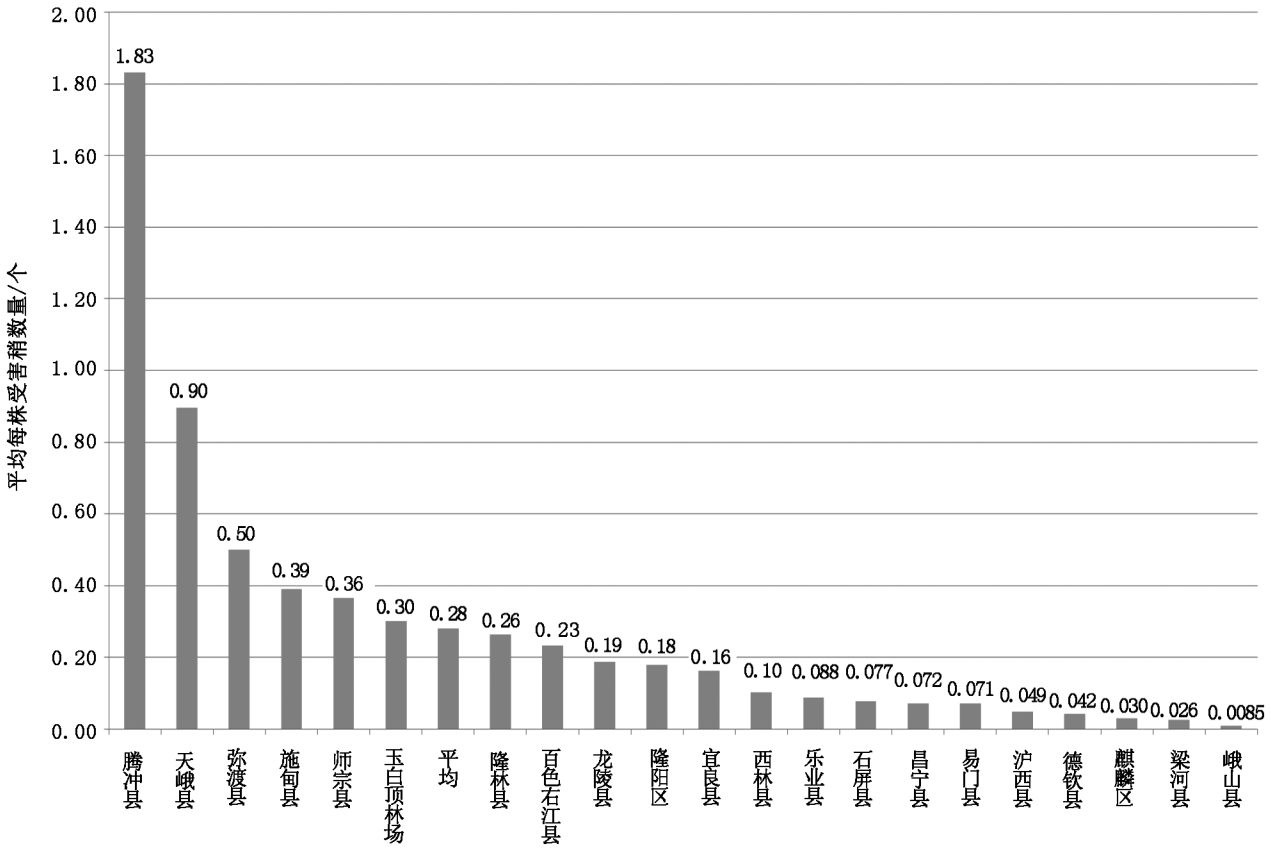


图 2　不同分布区来源云南松受松梢斑螟危害严重程度比较

Fig. 2　Damage severity comparison of *Dioryctria splendidella* on *Pinus yunnanensis* from different sources

(2.82%)、师宗县(2.8%)、昌宁县(2.16%)、梁河县(1.32%)、麒麟区(0.99%)、峨山县(0.85%),平均(5.08%)。不同分布区来源的云南松受害率明显不同,表明不同分布区来源的云南松抗虫性存在较大差异。

3.2 不同来源云南松受松梢斑螟危害严重程度分析

图2显示,21个分布区来源的云南松按平均每株受害稍数量高低依次为:腾冲县(1.83个)、天峨县(广西)(0.9个)、弥渡县(0.5个)、施甸县(0.39个)、师宗县(0.36个)、玉白顶林场(0.3个)、、隆林县(广西)(0.26个)、百色右江县(广西)(0.23个)、龙陵县(0.19个)、隆阳区(0.18个)、宜良县(0.16个)、西宁县(广西)(0.1个)、乐业县(广西)(0.088个)、石屏县(0.077个)、昌宁县(0.072个)、易门县(0.071个)、泸西县(0.049个)、德钦县(0.042个)、麒麟区(0.03个)、梁河县(0.026个)、峨山县(0.008 5个),平均(0.28个)。不同分布区来源的云南松平均每株受害稍数量也明显不同,表明不同分布区来源的云南松受松梢斑螟的危害严重程度明显不同。

4 结论

4.1 不同分布区来源的云南松上松梢斑螟虫害发生率存在较大差异

调查结果表明,云南松种质资源保存库内不同分布区松梢斑螟虫害发生情况存在较大差异,平均受害株率为5.08%,平均每株受害稍数量为0.28个,21个分布区来源中,玉白顶林场本地的云南松受害指数处于第6位,高于平均水平,受害最严重的前5位依次是腾冲县、天峨县(广西)、弥渡县、施甸县、隆林县,后5位是昌宁县、德钦县、梁河县、麒麟区、峨山县。

4.2 不同分布区来源的云南松对松梢斑螟抗性差异明显

分析结果表明,不同分布区来源的云南松抗虫性存在较大差异,其中峨山县、麒麟区、梁河县等来源的云南松对松梢斑螟的抗虫性较好,而腾冲县、天峨县(广西)、弥渡县等县的抗虫性较差。本次调查分析结果对于评价不同地区云南松的栽培性状具有重要意义,为培育抗松梢斑螟虫害优良种苗提供参考。

5 松梢斑螟危害防治建议

松梢斑螟对云南松等多种植物危害严重,云南松种质资源保存库收集有全国主要的云南松,做好松梢斑螟等病虫害的防治是保护资源库的重要工作。为此,参考有关资料[5-8]提出松梢斑螟防治建议。

5.1 加强管理

加强幼林抚育,提高抗虫性;及时剪除被害梢枝,杀死幼虫,有效压低虫口密度。

5.2 诱杀成虫

根据成虫趋光性,利用黑光灯等诱杀成虫。

5.3 药剂防治

在越冬成虫出现期或第1代幼虫孵化期喷洒杀螟松、桃小灵、天王星、灭幼脲一号或辛硫磷等刹虫剂防治。

参考文献:

[1] 邓斌,周会娥. 浅谈云南松种质资源保存库建设中种源的调查方法[J]. 内蒙古林业调查设计,2016,39(2):42-44.

[2] 许玉兰,蔡年辉,康向阳,等. 云南松种质资源遗传多样性研究概况[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(6):982-985.

[3] 余茂源. 云南松种质资源与遗传多样性研究进展[J]. 林业调查规划,2011,36(3):39-42.

[4] 何艳萍,钱石生,聂学文,等. 昆明松梢斑螟生物学特性及其防治试验[J]. 西部林业科学,2019,48(2):70-75.

[5] 宋玉双,李娟,周艳涛,等. 我国梢斑螟属害虫研究及防治进展[J/OL]. 中国森林病虫:1-15[2020-08-12]. https://doi.org/10.19688/j.cnki.issn1671-0886.20200040.

[6] 何艳萍,钱石生,许丽萍,等. 昆明松梢斑螟的危险性分析[J]. 西部林业科学,2019,48(1):143-145,152.

[7] 陈鹏,聂学文. 昆明松梢斑螟的初步研究[J]. 中国森林病虫,2019,38(1):5-9.

[8] 闫忠林. 松梢斑螟及防治技术[J]. 中国林副特产,2017(2):60-61.

责任编辑:许易琦
校　对:邓　砚　许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 015

农地被动栖息地化过程中的管制性征收问题研究

李祎恒,徐子萱
(河海大学法学院,江苏 南京 211100))

摘要:农地被动栖息地化是当下实施严格生态保护举措的重要一环,然而对野生动物栖息地的法律保护意味着被栖息地化的农地的部分甚至全部经济价值受到了限制。根据受到财产权限制的程度大小和利用方式的不同,将农地进行类型化处理,分为禁止开发区、限制开发区和优化开发区三种。对较为常见于农地被栖息地化情形的禁止开发区和限制开发区,分别进行利益衡量的理论考察,即建立以农民私益和土地本身承载的公益、被动栖息地化后产生的征收公益、补偿制度所体现出的替代性公益为要素的利益衡量理论框架。并以此为基础,通过明确价值位阶,建立评判标准,阐述财产权限制的界限,作出农地被动栖息地化可能构成管制性征收的结论。基于新《土地管理法》和《民法典》在征收补偿方面的变化,讨论农地被动栖息地化过程中,作为替代性公益要素的补偿问题下的补偿标准和补偿范围。

关键词:农地;管制性征收;被动栖息地化;利益衡量;补偿标准;补偿范围

中图分类号:S757. 46;F301. 2 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0079-06

引文格式:李祎恒,徐子萱. 农地被动栖息地化过程中的管制性征收问题研究[J]. 林业调查规划,2021,46(3):79-84. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 015

LI Yiheng, XU Zixuan. Regulatory Expropriation in Passive Habitat Conversion of Farmland[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):79-84. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 015

Regulatory Expropriation in Passive Habitat Conversion of Farmland

LI Yiheng, XU Zixuan
(School of Law, Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: Passive habitat conversion of farmland is an important part of the current implementation of strict ecological protection measures, but the legal protection of wildlife habitat means that part or all of the economic value of the farmland that has been converted into habitat is restricted. This paper classified agricultural land into prohibited development zones, restricted development zones, and optimized development zones according to the restriction degree of property rights and the different ways of utilization, and made a theoretical study on the interests measurement of the forbidden development zones and restricted development zones which were common in the situation of farmland being habitatized, namely, established the theoretical framework of interest measurement carried by the farmers' private interests and the land itself, and the public welfare expropriation generated after passive habitat conversion, with

收稿日期:2020-09-17.

第一作者:李祎恒(1985-),男,江苏盐城人,博士,副教授,硕士生导师. 主要研究方向为不动产法、自然资源法.

责任作者:徐子萱(1995-),女,江苏扬州人,硕士研究生. 主要从事民商法学方面的研究.

alternative public welfare as the element reflected in the compensation system. By clarifying the value hierarchy, establishing the evaluation criteria, expounding the limits of property rights, this paper concluded that the passive habitat conversion of agricultural land may constitute a regulatory expropriation. Based on the changes in expropriation and compensation in the new "Land Management Law" and "Civil Code", this paper discussed the standard and scope of compensation as an alternative public welfare element in the process of passive habitat conversion of farmland..

Key words: farmland; regulatory expropriation; passive habitat conversion; interest measurement; compensation standard; compensation scope

野生动物栖息地的生态价值日益受到重视和保护,栖息地的易破碎化使得其天然性地排斥人化自然而亟需严格生态保护,但是现实中在对栖息地进行严格生态保护的同时,也对野生动物栖息地范围内的集体土地和周边人民的生产生活和企业的产业发展造成了不同程度的限制。新《土地管理法》第四十五条对土地征收的公共利益首次以法律形式予以界定,其中提到由政府组织实施的生态环境和资源保护的公共事业需要用地的,可以依法对农民集体所有的土地实施征收。野生动物栖息地是野生动物赖以生存的家园,对其进行严格保护也是维持生态平衡的重要部分。

就野生动物栖息地区域内土地这一部分而言,我国有很大一部分野生动物栖息地系农村土地,而农地对于农民来说,正是其生存与生活的重要保障。栖息地化的农地由于同野生动物活动的紧密性与相关性差异,产生了不同的管制规范和制度实践,栖息地及其周边的农地收益现金流及农地价值受到的限制也程度不一,因此,在实现财产权保障方面也应当采取区别化的补偿方式和补偿标准。

根据新《土地管理法》新增的第四十五条将生态环境保护明确为土地征收的公共利益之一的规定,推知国家可以基于公共利益的需要,通过征收权取得原来集体所有的土地的所有权并给予原财产权人公平合理的补偿,这也就是一般意义上征收的概念。然而,野生动物栖息地的概念中除了土地,往往还有更大范围的包括水资源、地下资源等在内的庞大的立体的多重元素结合,体现出不同于一般土地保护的复合性。所以在实践中,不同野生动物栖息地因此还有另一种常见的做法。由于保护社会公众所共同享有的生态价值的同时,国家对私人财产权施加一定的限制,而这种对财产权人的限制显然已经超越了一般的管制,可是国家在行为方式上却不以取得所有权为目的,但是基于对私人财产权的保护仍然给予合理补偿,即管制性征收。实践中具体有哪些限制的情形呢,其中各类型农地被动栖息地化过程中所涉及到的利益衡量是讨论是否能够构成管制性征收的前提,而构成了管制性征收必然带来私人利益的减损,因此带来农地被动栖息地化的过程中,补偿作为一种替代性公益,在实践中也需要根据农地类型的不同而分别讨论。

1 农地栖息地化后财产权限制情形类型化

当前我国法律对于财产权的限制,主要是针对不动产财产权的限制,但是社会发展至今,理论上普遍对此作扩大化解释,包括对有形的和法律创造的"物"的财产关系[1]的限制。而对于财产权的范畴也由一开始的以所有权为核心,逐步演进为总体财产的广义解释。《中华人民共和国宪法》第十三条规定,国家依照法律规定保护公民的私有财产权和继承权。2004 年的《宪法修正案》第二十条也同时规定,国家为了公共利益的需要,可以依照法律规定对土地实现征收或者征用并给予补偿。这与二十世纪开始西方财产权保护的观点由"个人自由主义"向"社会利益"转变的趋势具有一致性[2]。土地管制下的管制性征收问题是野生动物栖息地生态保护中财产权受到限制的典型情形之一。同时,管制性征收的问题也不仅仅存在于静态化的土地管制的前提下,在动态化的野生动物活动中同样也有管制性征收问题,比如实现狩猎权过程中对当地社区本来规划和未来发展造成的阻碍。以生态保障需求和财产权保障需求为出发点,确定财产权限制的程度,是衡量野生动物栖息地生态保护是否构成管制性征收的前提要件。根据土地开发方式的不同,现实中对农地栖息地化后财产权产生限制的情形主要有禁止开发、限制开发和优化开发。

1.1 禁止开发区

禁止开发是指禁止那些与区域主体功能定位不符合的开发活动,禁止开发区多为生态脆弱区域,资源的承载力不堪重负,区域内的农地不允许经济开

发,受到完全的管制。主要包括自然保护区、国家森林公园等。比如 2020 年年初,北京城区根据调查情况将建立城区动植物栖息地保护名录,并按照保护价值划分为高保护价值、中保护价值、低保护价值三类保护地。对于高保护价值栖息地,将划出保育区,限制人类活动,让野生动植物自由栖息。

1.2 限制开发区

限制开发区严禁生态用地改变用途,但未完全脱离工业化进程,并支持当地资源性产业的发展,主要包括的是水土流失区、特定农田保护区、保护环境重点工程等[3]。如《水土保持法》中所规定的,禁止毁林毁草开垦,禁止在 25°以上陡坡地种植农作物;对水源涵养林、水土保持林、防风固沙林等防护林只能进行抚育和更新性质的采伐;水土流失严重、生态脆弱的地区应当限制或禁止可能造成水土流失的生产建设活动。还有《森林法》中限伐、禁伐的相关规定,和《湿地保护管理条例》中禁止围垦、禁止填埋等做法。在农地栖息地化的实践过程中,限制开发区主要是指野生动物栖息地设立时,为了保障一定区域内整个自然资源生态系统的运作,而对遭到栖息地内可能破坏的水资源、地下资源甚至大气资源一定范围的农地内活动的限制。限制开发区和禁止开发区都对相关农地空间开发潜能的完全释放造成了限制甚至剥夺,从而导致受限区域内的农地价值降低,影响区域内土地产权的完整实现。

1.3 优化开发区

优化开发区是指出于提升产业结构和生态保护等方面的需要,定位于调整土地开发强度与经济发展结构,在开发过程中实行严格的用地增量控制,对土地上的不符合该区域定位的活动予以禁止,但是相比于限制开发区来说,改变土地用途相对灵活。该区域内农地较少分布。

2 农地栖息地化过程中各情形的利益衡量

2.1 确定农地栖息地化所需衡量的利益

农地集个人利益、集体利益和国家利益于一体,其中的各项利益衡量是个复杂的系统性工程。栖息地化的农地类型主要分为禁止开发区和限制开发区。优化开发区类型较少,优化开发区内的产业升级普遍带来土地价值增加,所以在这里就不作讨论。具体的类型划分也体现出了政策制定者针对于不同地理位置下农地的用途选择,以及对于利益之间的位阶排序和价值判断。公共利益并不能成为侵害农民合法权益的理由,利益衡量的目的就在于在多种利益之中找出更加值得受到保护的利益,利益经过综合考量之后只能是正数。

农地在被栖息地化的过程之中,不仅包含有私人利益与公共利益的利益衡量,也存在着公共利益和公共利益之间的利益衡量。重大公益概念的提出就是以公共利益存在层次性为前提的[4],其中提到公共利益分为三种:一是被栖息地化的农地本身就承载一定的公益,二是农地被栖息地化后的目的要件的公共利益,三是为填补被征农地的公益损失而由占补平衡制度和征收补偿制度产生的替代性公共利益,也就是说公益也体现在对各类型的被栖息地化农地的补偿制度方面。这三种公益简称农地公益、栖息地公益和补偿公益。

农地公益具有客观性和现实性,农地的公益性根植于土地资源的公益性、农业产业的公益性以及农地制度的公益性,具体表现为经济安全、环境保护和社会稳定三大主要的职能,具体侧重方面和作用程度需要结合具体土地的情况做分析。农地公益与农民私益并非互相排斥,而是共性与个性的关系。相比之下,农地公益更多侧重于农地对于社会发挥的重要作用,而农民私益则更多体现农民对农地所享有的财产权所体现出的私人利益,农民无疑是农村集体土地之上一切相关利益的最终承受者,土地对于农民来说是其获取生存资源和后续发展的基础,土地的区位和用途决定了土地的价值,对农地进行管制必然造成不同程度农民公益的减损。

而栖息地公益指的就是野生动物栖息地上所承载的公益,实践中大量存在着因城市建设规划而征收农地、侵害农地公益的做法,将城市化建设曲解为公益性质,实则并无正当性。而栖息地公益在本质上类似于利用被征土地的建设项目所承载的公共利益,在农地被栖息地化的具体情形下,应当认为符合栖息地公益。以黑河湿地自然保护区为例,从现有理论成果中公共利益的六条标准[5]来验证比较具有说服力:第一,基于受益人不特定性和多数性的标准,野生动物栖息地的生态保护关乎我国的可持续性发展,黑河湿地自然保护区的生态价值不为保护者独占,而是当地不特定民众、社会公众甚至全人类所普遍享有;第二,征收目的实现上的必要性标准,也就是现在通常所说的比例性原则,对于无论是将保护区中集体所有的土地改变用途的做法,还是规制围水造田、滥取滥挖沙石的乱象,还是对湿地周边养殖场的畜禽粪便、农田使用农药化肥等进行管制,都是为了实现生态保护这一特定公共利益所必要的

和适当的;第三,征收前后财产利用上的效益型标准,在这个问题上不能简单认为对保护区进行生态保护后就丧失了该土地及其地下甚至空间资源先前可视的经济价值,生态价值的长期性与经济价值的短期性的价值选择之间,以长久的眼光看来生态价值更值得保护;第四,满足公众的实质受益性层面上,对于黑河湿地自然保护区在内的野生动物栖息地进行生态保护,具有实质性的内容,公众能够切实地感受到环境保护带来的好处;第五,被征收财产的位置依赖,对于黑河湿地自然保护区内的集体土地实行用途管制具有正当性,对周边生活和产业的影响方面也是在没有可替代性选择方案的情形下作出;第六,征收利益的确定性发生方面,虽然未来生态环境、物种进化等动态化因素不可控,但是在当下的美丽中国建设发展大前提下,该做法有利于实现野生动物栖息地生态保护的目标。同样地,限制开发区与禁止开发区的空间管制出发点类似,区别在于受管制的程度大小,两者都应当被认为符合公共利益需要这一征收目的要件。

补偿公益则属于一种替代性公益,出于对公益与公益、公益与私益之间的衡平而对农民给予不同程度和不同范围补偿的做法,有利于保障农民私人利益、维护社会稳定。

所以,在多种利益衡量的框架背景之下,只有做到"栖息地公益+补偿公益"大于或等于"农地公益+农民私益",才能保障对农地进行栖息地化措施的正当性和合理性,进而实现对多种利益全面衡量的现实效果。

2.2 禁止开发区内的利益衡量

禁止开发区内受到完全管制,野生动物栖息地生态保护活动中,对于栖息地内的集体土地被划定为生态保护用途,该项用途管制造成该集体土地物权全部或者主要功能损失。一般来说,土地的市场价格与其用途直接相关,市场价格一定程度上体现土地所带来的最高价值的利用[6]。由此可见,被划定在禁止开发区范围内的集体土地,一方面禁止该土地范围内的水产养殖、耕作畜牧,使其几近完全丧失了盈利性,另一方面也大幅增加了该土地使用权在市场上交易的被动性。不同于严格生态红线中的永久基本农田制度,大范围内的永久基本农田虽然束缚了其权利人的发展,但是并未对该土地的转让作出限制,达不到限度要求。所以禁止开发区范围内的农民群体私人利益几乎无法保障。

农地公益在农地被动栖息地化过程中是与农民私益一样属于被动减损的对象。农地公益作为一种事前公益,也是相比栖息地公益和补偿公益来说,更加容易确定下来的一种公共利益,可以通过相关的计算公式结合农地承载公益的具体情况来加以确定。而对于栖息地公益方面的评估,禁止开发区和限制开发区虽然均满足栖息地公益的要求,但是在密切程度方面,禁止开发区对野生动物保护的相关联度更高,对栖息地公共利益的让渡更为突出。但是由于现实中野生动物动态化迁徙的必要性和活动范围的不确定性,禁止开发区的范围并非一成不变的,禁止开发区和限制开发区也有可能实现双向转化,所以有时栖息地公益的量化也很难作出。

所以,对于禁止开发区内的财产权限制,满足了栖息地公益,减损了农地公益,但是几乎无法满足私人利益,具体需要在个案中进一步确定补偿公益的必要性和大小。

2.3 限制开发区内的利益衡量

相比于禁止开发区内农民私益和农地公益的几乎不能保障,限制开发区内的私人利益和农地本身承载的公共利益保护程度略高。限制开发区禁止不恰当的土地利用,这一点从平等互惠原理的角度上来看,"经济互惠"是财产性的利益,"社会互惠"则指由于管制带来社会整体公益的提升,从而也间接给被管制人带来了间接的、超越财产利益的社会利益。考察"经济互惠"和"社会互惠"两者概念上的要求,限制开发区内农地的财产权人获得了一定程度的"社会互惠"。所以,在对限制开发区进行利益衡量时,满足低于禁止开发区内栖息地公益的程度,农地公益减损幅度不大,私人利益侵犯程度不高。

3 农地被动栖息地化是否构成管制性征收

农地在被纳入野生动物栖息地后是否能构成管制性征收,关系到公共利益和私人利益冲突时的解决,也关系到是否应予补偿和补偿标准如何界定的问题。农地栖息地化后被纳入禁止开发区和限制开发区的情形下,作为管制性征收目的要件的公共利益都满足,也就是上文所提到的栖息地公益,在此不做赘述。接下来就从标的要件和程度要件两者来加以分析,从而进一步解决补偿问题。

3.1 标的要件:私人财产权

我国野生动物财产权限制方式目前主要有管制和征收两种,理论上采取的多数观点都认为,财产权的法律保护条款应当是一个从保护到一般限制到过

度剥夺,再到剥夺的依次渐进的过程[7]。国家权利在行使的过程中应当具有其妥当性,不能非法侵犯公民的私人财产权。法律体系上位于管制和征收两者之间的管制性征收制度仍处于灰色地带,但是管制和管制性征收之间的界定常常不够清晰,这在野生动物栖息地生态保护的实践中却很常见。上文提到的关于限制开发区中《水土保持法》《森林法》等就是属于立法实施的管制。对于禁止开发区中限制人类活动的行为便是政府行政行为作出的管制。限制、禁止开发区都因野生动物栖息地的生态价值(公共利益)而限制了其经济价值(私人利益),使得野生动物栖息地的财产权人以及周边产业的相关为公共利益承担了公共负担和成本,无法实现其经济价值[8]。而优化开发区的主体功能定位并未对私人财产权作出限制,所以不符合管制性征收的标的要件。

3.2 程度要件:满足特别牺牲

“特别牺牲”这一程度要件,也称结果要件,判断是否构成管制性征收,更看重管制行为所造成的实质性综合性的损害结果。理论长久发展至今,特别牺牲已被普遍作为认定过度限制的标准。而一般限制则会被认为是警察权的正常行使,完全剥夺也就是一般意义上的征收或征用。在农地栖息地化过程中,财产权受到过度限制的“特别牺牲”定量的标准还有待立法完善,加快确立由保护到一般限制到过度剥夺再到完全剥夺的四重财产权保障结构,是理论界的呼声。在实践中,界定一项针对野生动物栖息地生态保护所作出的限制财产权的行政行为是否属于管制性征收应当予以补偿,还是警察权行使和反征收,还存在一定的难度。对于农地中的优化开发区,权利受限程度过低,而公民的私有财产权本身具有一定的社会义务,所以受限的程度不被认为是满足特别牺牲要件。禁止开发区的设定未完全剥夺集体对区域内土地的所有权,但是管制程度表现为对财产权人超越一般管制的财产权限制,应当认为达到了特别牺牲的程度。而限制开发区内为了维护区域生态功能可以进行保护性开发,政府对该区域内开发的内容、强度和方式等方面进行约束性规定,相应的管制行为是否过度还需要根据具体的情形作具体分析。

综上,在农地被纳入野生动物栖息地之后,出于公共利益需要,对禁止开发区所作出的管制行为达到了过度限制的标准,损害了相关农民的私有财产权,应当被认为构成管制性征收。优化开发区对私人财产权没有明显的限制,显然不构成管制性征收甚至征收,无需给予补偿。限制开发区在实践中个案之间管制行为限制程度各有不同,其中的限制行为应当被判定为财产权的社会责任还是管制性征收,还需要进一步在个案中加以明析。

4 农地栖息地化的补偿问题

解决农地栖息地化后的补偿问题,其实质也就是解决农地发展权补偿机制的建立问题,同时也是利益衡量过程中公共利益的一种,即填补被征农地的公益损失而由占补平衡制度产生的替代性公共利益,这是现代经济可持续性发展要求下兼顾农地保护和区域协调所必须解决的复杂问题。确定补偿的标准和范围是实现土地利用方式下农地发展补偿中所需要解决的核心问题,也是农地栖息地化后对于相关主体进行财产权保障的关键环节。

4.1 基于土地利用方式下的农地补偿标准

有关管制性征收下补偿标准的确定,理论上主要有完全补偿和适当补偿两种。其一是完全补偿标准,即学界多数学者们所主张的,凡是与征收行为具有因果关系的、超出受害者容忍范围的所有可得确定的损失都应当予以补偿,涉及财产的每个项目每个情形,都该视作本该获得的总额。该标准下,限制开发区、禁止开发区的农民能够根据区域的实际情况,享受农地产权经济价值损失的最低标准至土地发展权受限造成社会价值损失的最高标准。其二是适当补偿标准,该标准以受限区域农户的土地价值减损为补偿依据,具体操作方法上,将限制开发区和禁止开发区内各农地受限程度与区域内农地发展权价值相乘的结果作为标准。

就农地栖息地化后构成管制性征收的补偿而言,两种补偿标准在现实中均有利弊,完全补偿原则以从高、从宽为尺度,科学全面的方式通常也更加具有说服力,可是在我国国情背景下经济可行性不高。而适当补偿原则在补偿效果上显然不及完全补偿,但是结合公共利益需要和国库能力,它更具可操作性。从我国宪法第十条第三款和第十三条第三款有关征收补偿的条款中可以看出,我国宪法对于征收补偿标准的确定所依据的是公平合理补偿原则。基于这一前提,新《土地管理法》修改后的第四十八条首次明确了土地征收补偿的基本原则。所以,管制性征收的补偿模型应当建立在公平合理的基础之上。该原则的确立纠正了原有的收益价值标准中凝固的、毫无前瞻性的静态思维,改变成为在动态的基

础上把握财产价值[9]。在合理确定农地发展受限程度、农地发展权价值这两个要素时,基于土地利用方式对土地作出的分区规划,对区域内农地价值的实现产生了不同程度的限制,这种限制也就是不同程度的管制,所以,农地受限补偿标准应当对应于功能区受管制的农地预期的市场价值,突出合理性。

由于《土地管理法》中对集体土地用途管制具有普遍性,实践中对于限制开发区的一部分限制行为可视作是财产权的社会责任,所以在农地发展受限程度的确定上,野生动物栖息地区域用途应当除却这一部分的社会责任,而被认定为管制性征收前所能实现的最大价值。而农地发展权的价值衡量上,应当以同级区域为研究客体,从公平的市场价值出发,着力维护限制开发区、禁止开发区受限财产权主体的农地发展权利益,突出公平性。

4.2 补偿范围

新《土地管理法》对于土地补偿范围进行了一定程度的扩大,在原来的土地补偿费、安置补偿费、地上附着物三项的基础上又增加了农村村民住宅补偿和社会保障费,为被征地农民构建了更加完善的财产权保障体系。

具体到农地栖息地化后的管制性征收补偿而言,补偿范围主要集中于农地价值补偿和社会保障。补偿范围确定的出发点是损害,农地被纳入野生动物栖息地后,给原农地和周边相关农地财产权人所造成的负担或一部分财产权的让与,主要源自于普遍用途管制、农地本身市场价值的降低、农民经济生活来源的部分或全部丧失等方面。而在上述损失中,普遍用途管制中私益并未受到过度限制,不能成为管制性征收的补偿内容。

农地本身市场价值的降低是管制性征收的典型表现之一。土地利用方式多样化的背景下,不同管制等级的农地的发展权受损程度不一,受到过度管制的限制开发区和禁止开发区市场价值无疑也会受到不同程度的影响。农地价值补偿应当在补偿范围之列,通过对不同保护程度的野生动物栖息地给予不同的补偿系数,以此来作为计算农地价值补偿数额的基础。另外,农民生活来源丧失的问题也涉及到农民失去土地农耕价值之后的转行成本问题,即农民原本使用土地所能获得的持续性稳定收益,以及其原本投入农耕、养殖的无法继续发生收益的成本,这一部分的损失也应当得到补偿。而对于该方面的补偿模式在实践中可以趋向更灵活化的发展,除了对相关农民给予货币方面的补偿外,同时也可以为农民建立就业培训机构,加强农民的养老、医疗保障力度,以期土地使用者就业能力转换和社会保障安置服务落实。

5 结 语

农地被动栖息地化涉及多重公共利益以及对农民私人利益的考量,利益衡量的最终目标就是促进生态保护和社会安定可持续发展。管制性征收理论应当被越来越多群体或领域承认,加以运用到司法实践当中去。国家不能把农地栖息地化变成剥削农民的方式,更不能将农地的过度管制视作农民群体的社会责任而不予补偿,而是要根据土地利用的实际情况,科学严谨地推进补偿标准合理化和补偿范围扩大化,以此来促进我国野生动物保护工作的开展和国民经济特别是农村经济的繁荣发展。

参考文献:

[1] 刘连泰. 网约车合法化构成对出租车牌照的管制性征收[J]. 法商研究,2017(6):70-78.
[2] 龙文懋. 西方财产权哲学的演进[J]. 哲学动态,2004(7):45-49.
[3] 任艳胜. 基于主体功能分区的农地发展权补偿研究[M]. 北京:中国社会科学出版社,2015.
[4] 祝之舟. 论农地的公益性及农地征收中的公益衡量[J]. 法律科学(西北政法大学学报),2013(2):72-81.
[5] 王洪平,房绍坤. 论征收中公共利益的验证标准与司法审查[J]. 法学论坛,2006(9):26-30.
[6] 刘婧娟. 中国农村土地征收法律问题[M]. 北京:法律出版社 2013,163.
[7] 王思锋. 不动产准征收研究[M]. 北京:中国社会科学出版社,2015:54.
[8] 王振标,彭华. 红树林地法律保护中的财产权限制与补偿——基于管制性征收的分析视角[J]. 林业经济问题,2018(3):31-38.
[9] 房绍坤. 公益征收法研究[M]. 北京:中国人民大学出版社,2011:361.

责任编辑:刘平书
校 对:许春霞 刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 016

青海云杉林下草本植物季节动态分析

许海燕
(青海省林业草原规划院,青海 西宁 810000)

摘要:在青海云杉生态林中设置 100 个 1 m×1 m 的样地,研究青海云杉林下草本植物季节动态变化。结果表明,在青海云杉林下共调查到 49 种草本植物,隶属 18 科 35 属,青海云杉林下草本植物季节动态与气候环境变化一致,物种随季节变化明显,各草本植物多样性指数在整个生长季中随时间变化明显,物种数、Gleason 指数、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、均匀度指数表现趋同,均集中表现在 7 月份最高,9 月份次之,4 月份最低。调查区域青海云杉林下草本植物 Shannon-Wiener 指数均在 0.9 左右,林下植物群落多样性明显偏低,但调查区域青海云杉林下草本植物群落稳定性较高,对于修复水土流失有重要作用。将青海云杉林下草本植物多样性、季节变化动态与林下生物多样性保护策略相结合,对保护青海云杉林下生物多样性具有重要作用。

关键词:草本植物;季节动态;植物多样性;青海云杉

中图分类号:S791. 27;S718. 521. 2 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0085-05

引文格式:许海燕. 青海云杉林下草本植物季节动态分析[J]. 林业调查规划,2021,46(3):85-89. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 016

XU Haiyan. Seasonal Dynamic of Understory Herbs in *Picea crassifolia* Forest [J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):85-89. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 016

Seasonal Dynamic of Understory Herbs in *Picea crassifolia* Forest

XU Haiyan
(Qinghai Forestry and Grassland Planning Institute, Xining 810000, China)

Abstract: This paper set up 100 plots of 1m × 1m in *Picea crassifolia* ecological forest to study the seasonal dynamic changes of understory herbs. The results showed that a total of 49 species of understory herbs were investigated, belonging to 35 genera and 18 families. The seasonal dynamics of the herbs was consistent with the change of climate and environment. The species changed significantly with season. The diversity index changed significantly with time in the whole growing season. The number of species, Gleason index, Simpson index, Shannon-Wiener index and evenness index were the highest in July, followed by September and the lowest in April. The Shannon-Wiener index of understory herbs in the survey area was about 0.9, and the diversity of understory plant communities was significantly low. However, the herbaceous plant community had high stability, which played an important role in repairing soil erosion. Combining the diversity and seasonal change dynamics of understory herbs with the protection strategy of undergrowth biodiversity was conducive to protecting the biodiversity of Picea crassifolia .

收稿日期:2020-09-27;**修回日期**:2020-10-09.

第一作者:许海燕(1986-),女,青海互助人,工程师. 从事林业调查规划工作.

Key words: herbaceous plants; seasonal dynamics; plant diversity; *Picea crassifolia*

林下草本植物是森林生态系统中最重要的组成部分,其结构形态和具体组成类型将直接影响森林生态系统结构[1]。“多数量、广覆盖、多物种、季节性”是林下草本植物最显著特征,在维护森林生态系统层面发挥着重要作用[2-3]。青海云杉是我国青藏高原东北边缘特有物种,主要分布在青海、甘肃、宁夏和四川西部山区,对涵养水源、保持水土、维护生态多样性具重要作用。青海云杉林下分布着丰富的草本层,对生态恢复、防止水土流失发挥重要作用。目前,国内外学者针对阔叶林、针叶林林下草本植物的研究相对较多,主要集中在草本植物组成、类型、区系特征等方面[4-9]。关于林下草本植物季节动态分析主要集中在东北阔叶红松林、天山云杉林、祁连山云杉林草本植物季节动态分析层面[10-14]。尚未出现青海云杉林下草本植物季节性动态相关研究报道。本文以大通县东峡林场青海云杉林监测样地记录数据作为基础,从季节变化层面探索云杉林下草本植物的季节变化动态,为保护青海地区云杉林和林下草本植物多样性提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设置在大通县东峡林场青海云杉林内(东经 101°35′~101°54′,北纬 35°56′~37°15′),东西长 50 km,南北宽 20 km。该林场属高寒半湿润气候,年均温 1.9℃,1 月均温 -10.3℃,年最高温 29.3℃,最低温-26.8℃。年均降水量约 550 mm,主要集中在 5—8 月,无霜期 105 d。青海云杉主要分布在该生态林场阴坡、半阴坡区,海拔 2 500~3 000 m。青海云杉林地土壤以山地灰褐土为主,存在轻微的水土流失现象。

1.2 试验方法

2019 年 1 月将研究样地定位在该生态林场海拔2 600 m 的青海云杉林内,结合云杉林下草本植物具体生长特点设置了 100 个 1 m×1 m 调查样方。在草本植物生长季(4—9 月)记录草本植物基本情况。同时,在样方的网格设置醒目标志,确保监测精准性和连续性。

草本植物样本测定涉及的计算公式如下:

(1)重要值(RI)=[相对多度量(RA)+相对频度(RF)+相对盖度(RC)]/3

(2)丰富度指数(Gleason)= $S/\log_2 A$(S 为物种数,A 为面积)

(3)Simpson 指数(D):$D=1-\sum_i^s P_i^2$

(4)Shannon-Wiener 指数:$HSW=-\sum P_i \log P_i$

(5)均匀度指数:$E=h/\log_2 S$

研究中物种多样性采用多样性指数、物种丰富程度和均匀度指数表现。运用 Simpson 指数(D)和 Shannon-Wiener 指数来明确林下草本植物的多样性程度;采用 Pielou 计算均匀度指数[15-16]。

2 结果与分析

2.1 青海云杉林下草本植物物种类型

在研究样本青海云杉林下共调查到 49 种草本植物,隶属 18 科 35 属。其中包括菊科、百合科和毛茛科等世界草本大科植物,也包含了我国引入的一些草本植物类型(表 1)[17]。

表 1 青海云杉林下草本植物物种类型

Tab. 1 Species of understory herbs in *Picea crassifolia* forest

序号	科	属数	种数	各科物种数量占比/%
1	百合科 Liliaceae	6	9	18.37
2	菊科 Compositae	5	10	20.41
3	毛茛科 Ranunculaceae	3	5	10.20
4	蔷薇科 Rosaceae	3	3	6.12
5	紫草科 Boraginaceae	3	3	6.12
6	禾本科 Gramineae	2	3	6.12
7	伞形科 Umbelliferae	2	3	6.12
8	豆科 Leguminosae	1	2	4.08
9	莎草科 Cyperaceae	1	2	4.08
10	卫矛科 Celastraceae	1	1	2.04
11	堇菜科 Violaceae	1	1	2.04
12	茜草科 Rubiaceae	1	1	2.04
13	木贼科 Equisetaceae	1	1	2.04
14	唇形科 Labiatae	1	1	2.04
15	兰科 Orchidaceae	1	1	2.04
16	景天科 Crassulaceae	1	1	2.04
17	蹄盖蕨科 Athyriaceae	1	1	2.04
18	花荵科 Polemoniaceae	1	1	2.04

2.2 青海云杉林下草本植物季节动态

研究选取 4 月、7 月和 9 月林下草本植物数据进行分析。其中,4 月份调查到草本物种 36 种,物种株数 4 067 株,总体盖度达 59.7%。早春期草本植物主要包括舞鹤草 *M. bifolium*、北重楼 *P. verticillata*、藜芦 *V. nigrum*、马兰 *K. indica* 等。早春时节青海云杉林内积雪慢慢融化,林下草本植物获得了生长必须的水分、养分,对积温要求相对较低的早春植物在此阶段率先生长。7 月份调查到草本物种 49 种,物种株数 7 498 株,总体盖度达 63.1%,除早春主要植物外,青蒿 *A. apiacea*、小红菊 *D. chanetii*、东亚唐松草 *T. minus* 等物种数量明显增加。该季节的林下草本植物在数量上及覆盖度上均已达到了生长峰值。9 月份调查到草本物种 34 种,物种株数 5 549 株,总体盖度达 50.9%。早春期和盛夏期部分植物完成生命周期或者走向衰亡,部分菊科类植物生长旺盛。此时降水量逐渐减少,气温也开始逐渐降低。加之青海地区海拔差异,昼夜温差较大,部分草本植物开始枯萎,草本植物的数量和种类均明显减少。相对盛夏期草本植物覆盖率明显降低,开始呈现草本植物生长下降期(表 2)。

表 2　不同月份青海云杉林下重要值前 10 位的草本植物统计

Tab. 2　Statistics of the top ten important understory herbs in *Picea crassifolia* forest in each month

物种	株数/株	盖度/%	出现样方数/个	相对多度 RA/%	相对盖度 RC/%	相对频度 RF/%	相对重要值 RI/%
				4 月			
舞鹤草 *M. bifolium*	749	11.7	69	15.95	17.75	14.68	16.16
北重楼 *P. verticillata*	631	11.9	38	17.81	20.42	7.68	15.35
藜芦 *V. nigrum*	509	10.5	30	15.10	16.86	6.80	12.96
马兰 *K. indica*	649	5.1	66	16.12	8.26	14.20	12.86
牛尾蒿 *A. subdigitata*	417	5.0	42	10.51	8.48	9.65	9.79
风毛菊 *S. japoinca*	327	5.8	32	7.94	9.26	6.72	7.97
长瓣铁线莲 *C. macropetala*	110	2.0	34	2.52	4.86	8.12	5.23
地榆 *S. officinalis*	185	2.1	24	2.38	3.86	5.86	3.79
斑种草 *B. chinense*	39	1.9	18	0.89	2.96	3.88	2.60
金挖耳 *C. divaricatum*	29	1.9	15	0.62	2.96	3.29	2.23
其他	420	2.5	85	10.29	4.11	18.60	11.00
小计	4067	59.7	–	100.00	100.00	100.00	100.00
				7 月			
舞鹤草 *M. bifolium*	779	8.8	70	11.75	15.20	13.69	13.22
北重楼 *P. verticillata*	657	12.2	76	7.67	16.41	14.07	13.05
藜芦 *V. nigrum*	518	6.6	58	5.24	12.14	10.27	9.25
青蒿 *A. apiacea*	414	6.4	44	7.19	10.52	9.13	8.91
小红菊 *D. chanetii*	439	3.4	33	5.79	4.42	6.46	5.68
东亚唐松草 *T. minus*	370	3.0	37	5.27	5.25	6.84	5.66
东方草莓 *F. orientalis*	173	2.6	46	3.31	4.34	8.37	5.44
斑种草 *B. chinense*	135	2.1	21	2.13	3.11	4.18	3.04
金挖耳 *C. divaricatum*	152	1.1	24	2.03	1.74	4.56	2.78
长瓣铁线莲 *C. macropetala*	133	2.1	28	0.44	3.33	5.32	3.03
其他	3688	13.9	91	49.19	23.45	17.11	29.92
小计	7498	62.2	–	100.00	100.00	100.00	100.00

续表 2

物种	株数/株	盖度/%	出现样方数/个	相对多度 RA/%	相对盖度 RC/%	相对频度 RF/%	相对重要值 RI/%
				9 月			
舞鹤草 *M. bifolium*	448	10.0	75	10.07	20.79	16.63	15.83
马兰 *K. indica*	546	11.8	63	9.64	22.06	15.70	15.80
金挖耳 *C. divaricatum*	402	5.9	42	7.26	11.14	10.16	9.52
青蒿 *A. apiacea*	390	2.3	35	7.01	4.91	7.16	6.36
牛尾蒿 *A. subdigitata*	272	2.4	30	4.56	5.11	7.62	5.76
小红菊 *D. chanetii*	275	2.0	44	3.50	3.54	9.93	5.65
风毛菊 *S. japoinca*	120	1.4	19	2.49	2395	4.85	3.43
羽节蕨 *G. jessoense*	86	1.4	14	1.23	2.55	2.77	2.18
细叶苔草 *C. stenophylla*	95	0.7	13	1.77	1.77	2.54	2.02
糙苏 *P. umbrosa*	49	1.2	11	1.01	2.75	2.31	2.02
其他	2846	11.4	83	51.47	22.40	20.32	31.40
小计	5529	50.9	–	100.00	100.00	100.00	100.00

2.3 草本植物多样性季节动态

青海云杉林下草本植物多样性季节动态指数见表 3。

表 3 不同月份青海云杉林下草本植物多样性指数

Tab. 3 Monthly diversity index of understory herbs in *Picea crassifolia* forest

多样性指数	4 月	7 月	9 月
物种数(S)	38	51	36
Gleason 指数	0.111	0.724	0.431
Simpson 指数	0.803	0.899	0.808
Shannon-Wiener 指数	0.904	0.980	0.918
均匀度指数	0.324	0.326	0.325

从表 3 可以发现:各草本植物多样性指数在整个生长季中随时间变化明显。物种数、Gleason 指数、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和均匀度指数表现趋同,均集中表现在 7 月份最高,9 月份次之,4 月份最低。出现这种趋同趋势的主要原因在于调查区域 7 月份水热条件最好,是草本植物生长的最佳时期,是物种多样性生长的重要阶段。但从表 3 还可以发现,不同月份青海云杉林下草本植物的均匀度指数变化差异不大,说明该地区草本植物群落相对稳定,对于该地区轻微的水土流失现象有重要的保护作用。从表 3 中还发现,7 月和 9 月青海云杉林下草本植物多样性季节动态的相似性较高,其主要原因在于 4 月多为早春植物,7 月和 9 月生长周期内主要以夏季常见林下草本植物为主。由于不同草本植物水热喜好条件不同,导致引发的季节变化情形比较明显。

3 讨论与结论

青海云杉通常位于高海拔的山区阴坡和半阴坡,气候条件异常恶劣。受恶劣生存环境的影响,青海云杉林下草本植物对气候条件具有很强的敏感性。林下草本植物数量、盖度、均匀度指数等均与气候环境变化一致。一般来讲,林下草本植物群落 Shannon-Wiener 指数应在 1.5~3.5 范围,而调查区域青海云杉林下草本植物 Shannon-Wiener 指数均在 0.9 左右,林下植物群落多样性明显偏低[18-19]。但草本植物群落中的均匀度变化并不明显,调查区域青海云杉林下草本植物群落稳定性较高,对于修复水土流失有重要作用[20]。受青海云杉大型乔木林冠影响,林下植被生长可利用资源相对较小,林冠间隙是林下草本植物生长的主要环境,这种情形在一定程度上影响了林下草本植物盖度[21-22]。缺乏光合作用直接影响到云杉林下草本植物多样性差异,限制了草本植物物种丰富度。而青海云杉主要

生长在阴坡或者半阴坡,林冠对喜阴植物的生长影响较小。因此,将青海云杉草本植物多样性、季节变化动态与林下生物多样性保护策略相结合,对保护青海云杉林下生物多样性、保持森林水土具有重要作用。在现有研究成果基础上,下一步将继续探究生物环境对青海云杉林下草本植物的影响,将各因子与草本植物多样性之间的关系协同起来,系统把握青海云杉林下草本植物多样性和季节动态变化的影响因素。

参考文献:

[1] 殷正,范秀华. 长白山不同演替阶段温带森林林下草本植物对乔木幼苗的影响[J]. 生态学报,2019(7):126-128.

[2] 白云玉,朱孟美,靳英华,等. 模拟氮沉降对长白山岳桦林下草本植物和土壤肥力的短期影响[J]. 植物科学学报,2019,37(6):748-757.

[3] 杜鹏飞,李明文. 不同天然林分对林下草本植物多样性的影响[J]. 林业科技,2019,44(6):18-22.

[4] 叶柳欣,库伟鹏,刘军,等. 封育年限对毛竹林群落结构和林下植物多样性的影响[J]. 生态学报,2020,40(3):921-930.

[5] 海龙,曾楠,刘洋,等. 不同造林模式林下草本植物群落和土壤养分特征[J]. 生态环境学报,2019,28(11):2141-2148.

[6] 于浩然,郭东罡. 灵空山松栎混交林下草本植物多样性动态分析[J]. 山西农业科学,2019,47(9):1603-1608.

[7] 丁胜建. 长白山阔叶红松林下草本植物季节动态分析[J]. 林业调查规划,2019,44(5):138-141.

[8] 范玉芹,毛英,刘雅倩,等. 青海东部地区林下及林缘野生观赏草本植物资源调查及应用[J]. 青海大学学报,2019,37(4):61-69.

[9] SONIA P D,MARCIN K. et al. Leaf Traits and Aboveground Biomass Variability of Forest Understory Herbaceous Plant Species[J]. Springer US,2019(prepublish).

[10] 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.

[11] 曲恬甜,闫涛,张文,等. 落叶松人工林草本植物群落特征和生物量对氮添加的响应[J]. 北京大学学报(自然科学版),2019,55(3):587-596.

[12] 张日升,宋鸽. 章古台地区樟子松人工林林下草本植物群落动态[J]. 水土保持通报,2019,39(1):233-238,243.

[13] 张潇月,鱼舜尧,李婷婷,等. 金马河温江段河岸带不同生境下草本植物多样性和植物区系与土壤环境因子的关系[J]. 应用与环境生物学报,2019,25(4):838-844.

[14] 刘经伦,陈文华,王自娇. 大西山云南松林下草本植物灾后恢复[J]. 现代农业研究,2019(1):58-59,62.

[15] 郝志远,李素清. 阳泉矿区煤矸石山复垦地不同植被下草本植物群落生态关系[J]. 应用与环境生物学报,2018,24(5):1158-1164.

[16] 刘津铭,刘盛,刘庆忠,等. 长白落叶松人工林下草本植物对光环境变化的响应[J]. 北华大学学报(自然科学版),2018,19(4):446-452.

[17] 刘雨晖. 细叶青冈与杉木混交林生物量与林下植物多样性[D]. 福州:福建农林大学,2018.

[18] 白文霞,李素清,狄晓艳. 安太堡露天煤矿复垦地不同植被类型下草本植物群落优势种种间关联[J]. 应用与环境生物学报,2018,24(1):140-145.

[19] 张姗,蔺菲,原作强,等. 长白山阔叶红松林草本层物种多度分布格局及其季节动态[J]. 生物多样性,2015,23(5):641-648.

[20] 张天斌,牛赟,敬文茂. 祁连山东段哈溪林区不同海拔青海云杉林下灌木和草本植物分布特征[J]. 防护林科技,2015(7):7-10.

[21] 杨爱芳,韩有志,杨秀清,等. 不同密度云杉林下草本植物多样性[J]. 浙江农林大学学报,2014,31(5):676-682.

[22] 叶尔江·拜克吐尔汉,夏富才,张春雨,等. 天山云杉林草本层物种多样性及季节动态研究[J]. 干旱区资源与环境,2014,28(10):100-103.

责任编辑:许易琦
校　　对:许春霞　许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 017

勐海县热带林景观生态风险分析

沈新华
(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:以 2005 年和 2015 年森林资源二类调查空间数据库为主要信息源,对云南省西双版纳勐海县进行热带林景观生态风险研究。结果显示:勐海县各景观类型空间转移较频繁,橡胶林地、茶叶地、建设用地以流入为主,以天然林为主的其他林地、其他灌木林地以转出为主;2005—2015 年景观类型生态安全度除其他灌木林、橡胶林分别降低 4. 38%和 1. 51%外,其他景观类型的生态安全度均升高;10 年间勐海县景观生态安全平均值由 2. 279 0 增至 2. 527 0,但景观生态安全等级仍处于Ⅱ级。因此提出动员全社会广泛参与、加大林业执法力度、完善热带林保护体系等生态安全保护建议。

关键词:热带林;景观类型;生态服务价值;生态安全;景观结构指数;勐海县

中图分类号:S717. 12;Q149;X820. 4 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0090-08

引文格式:沈新华 . 勐海县热带林景观生态风险分析[J]. 林业调查规划,2021,46(3):90-97,156. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 017

SHEN Xinhua. Risk Analysis on Ecological Security of Tropical Forest in Menghai County [J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):90-97,156. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 017

Risk Analysis on Ecological Security of Tropical Forest in Menghai County

SHEN Xinhua
(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: Based on the spatial database of forest resources survey in 2005 and 2015, the ecological risk of tropical forest landscape in Menghai County of Xishuangbanna, was studied. The results showed that the spatial transfer of landscape types in Menghai County was frequent, and the rubber forest land, tea land and construction land were mainly inflow, while other forest land and other shrub land were mainly outflow; the ecological security of landscape types increased except for other shrub land and rubber forest land from 2005 to 2015, which decreased by 4. 38% and 1. 51% respectively; the average value of landscape ecological security in Menghai County increased from 2. 279 0 to 2. 527 0 in 10 years, but the landscape ecological security level was still in grade II. Therefore, this paper suggested to mobilize the participation of the whole society, strengthen the forestry law enforcement, and improve the tropical forest protection system.

Key words: tropical forest; landscape type; ecological service value; ecological security; landscape structure index; Menghai County

收稿日期:2021-01-20.

第一作者:沈新华(1979-),男,云南永胜人,研究生,工程师 . 从事林业调查规划及森林资源监测工作 .

位于西南边陲的西双版纳勐海县是地球赤道上最重要的绿洲,是我国生物多样性最为丰富的地区之一,在国际上也被认为是重要的生物多样性保护中心,具有极高的保护价值。近年来,随着勐海县经济社会的快速发展,人工林景观的不断攀升和扩张,热带天然林景观在慢慢地减少,生态系统原有的景观结构被破坏,影响了区域生态安全,因此,对勐海县热带林景观进行生态风险评估,对为林业部门提供合理的发展规划具有重要现实意义。

1 研究区概况

勐海县地处云南省西南边境,隶属于西双版纳傣族自治州,位于东经 99°56′~100°41′,北纬 21°28′~22°28′。勐海县土地总面积 53.7 万 hm^2,林业用地面积 36.86 万 hm^2,占全县土地总面积的 68.69%;非林业用地面积 16.8 万 hm^2,占 31.31%。全县森林覆盖率为 62.9%。

2 研究方法

本文以云南省西双版纳热带雨林植被保护较好的勐海县为研究区,以 2005 年和 2015 年森林资源二类调查空间数据库为主要信息源。

2.1 景观分类

以研究区的景观特征和研究需要为出发点来划分景观类型,借助 ArcGIS 系统的支持,选用土地覆盖类型作为一级景观分类因子,将研究区一级景观分为有林地、灌木林地、农地、水域、建设用地 5 种景观类型;进一步依据植被类型、景观功能、人为干扰及景观结构类型等要素,结合社会经济发展,将研究区一级景观中的有林地景观划分为人工橡胶林地和其它林地景观,将灌木林地景观划分茶叶经济林(灌木经济林)及其它灌木林景观。

2.2 景观结构安全指数

景观结构安全指数通过景观干扰度与景观脆弱度来表示,受人类或自然界的扰乱越强,生态环境就越危险。景观干扰度指数的计算公式为:

$$U_i = aC_i + bS_i + cD_i \quad (1)$$

式中:C_i 为景观破碎度,S_i 为景观分离度,D_i 为景观优势度,a、b、c 为景观指数权重,其中 $a+b+c=1$,目前国内已有的研究中[1-5],均将其分别赋值为 0.5、0.3 和 0.2,对量纲不同的指数进行归一化处理。

研究区生态系统最主要的干扰因素就是人类活动。目前国内对景观脆弱性的研究主要是对其赋值[1,3],为了与其它指数一致,要对其进行归一化处理。对勐海县各类景观类型的脆弱度指数进行赋值为:水域—10,茶叶地—8,橡胶林地—7,其他灌木林地—4,农地—3,其他林地—2,建设用地—1。

景观风险指数 R_i 表示在受到破坏或自然条件改变时,各土地利用/覆盖类型所受到的生态损失的差别,也就是自然属性损失的程度大小,是某一景观类型的干扰度指数和脆弱性指数的综合表示,其计算公式为:

$$R_i = U_i \times F_i \quad (2)$$

式中:U_i 为景观干扰度指数,F_i 为景观脆弱度指数。

作为生态风险的逆向表达,景观的干扰程度越大,脆弱性越强,区域生态环境的安全程度越低。为建立景观结构与区域综合生态环境之间的关系,通过景观要素的面积比例和生态风险与景观格局之间的经验关系,确定了生态安全与景观格局之间的关系,并在样地上描述综合生态安全的相对大小,以便通过采样方法将景观空间结构转化成空间化的生态环境变量。其计算方法为:

$$ES_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{A_{ki}}{TA_i}(1-R_i) \quad (3)$$

式中:ES_i 为第 k 个研究单元的景观结构安全指数,数值越大表明生态系统越安全,反之则越不安全;n 为该单元的景观类型总数;A_{ki} 为第 k 个研究单元景观类型 i 的面积;TA_i 为第 k 个研究单元的总面积。当所有研究单元的生态安全指数计算完成后,对其生态安全指数进行归一化处理,以便更好地反映区域各研究单元的相对生态安全程度。

2.3 景观功能安全指数

大规模种植的人工树种取代原有的农地、其他林地、其他灌木林地等景观类型,不仅使景观结构类型产生改变,功能也会随着变化。如果把景观看作一个复杂的生态系统,其功能是指与周围环境、能量和信息的复杂相互关联,以及这种关联影响下景观内部发生的各种变化,包括其中的物质流、能量流和物种流[6]3 种类型。在物质流、能量流和物种流的相互作用下,各景观类型表现出了调节气候和水文、固碳释氧、保育土壤、净化空气、积累营养物质和美学与旅游等众多功能。生态系统服务价值所反映的是通过生态系统结构、过程和功能直接或间接得到的生命支持产品和服务。

本研究主要依据千年生态系统评估框架工作组提出的生态系统服务分类方法[7-8],建立勐海县生态经济价值评估指标体系,以便于本研究的生态系

统服务价值评估工作同其他的工作具备比较和参考性(表1)。本文仅限于研究其直接和间接经济价值。

表1 勐海县生态服务价值评估指标体系

Tab.1 Evaluation index system of ecological service value in Menghai County

地类	供给功能	调节功能					文化功能	支持功能
	供给服务	涵养水源	积累营养物质	净化空气	固碳释氧	保育土壤	美学与旅游	生物多样性保护
其他林地	√	√	√	√	√	√	√	√
橡胶林地	√	√	√	√	√	√		
其他灌木林地		√	√	√	√	√		
茶叶地	√	√	√	√	√	√		
农地	√	√			√			
水域	√							
建设用地								

注:√表示具备该类生态、经济效益并可以进行评估。

2.4 景观生态安全模型构建

由于人工林的种植需要特定的环境,因此其种植地块在空间上较集中,降低了生态景观异质性。因此,要全面反映一个人工林种植区域生态环境状况,单凭景观结构是不够的,人工起源的林木代替之前的农地、其他林地、其他灌木林地等景观类型,会同时引起景观类型结构和区域景观功能产生改变,因为每种景观类型的生态功能均不一样。因此,以景观干扰度和景观脆弱度构建景观结构安全指数,同时引入生态服务价值构建景观功能安全指数,综合景观结构与功能两方面对生态安全性进行研究,对景观生态安全评价及景观结构优化等方面具有重要的理论和实用价值。

采用专家打分的方法得出[9]:景观结构和功能相对于景观生态安全度的权重相同,说明景观结构安全指数与景观功能安全指数对于景观生态安全的影响是同等重要的。因此将两者的几何平均值作为景观类型生态安全值,得到网格景观生态安全度的计算公式为:

$$ESI_k = \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{A_{ki}}{A_k} \times ESI_i\right) \quad (4)$$

$$ESI_i = \sqrt{ES_i \times ESV_i} \quad (5)$$

式中:ESI_k 为第 k 网格的景观生态安全度;A_{ki} 为第 i 类景观类型在第 k 网格内所占的面积;A_k 为第 k 网格的总面积;m 为第 k 网格中景观类型总数目;ESI_i 为景观类型生态安全度;ES_i 为景观结构安全指数;ESV_i 为景观功能安全指数。

2.5 网格尺度选择分析

由于网格划分后的网格单元在数据调查和统计中比基于行政和景观单元的网格单元更能准确地反映评价单元的内部信息,数据处理更有利于多源数据的融合和分析,因此在环境评价和生态监测中得到了广泛的应用。

利用 ArcGIS 中的 Fishnet 工具生成矢量信息网格,生成研究区行政区域实体数据,并与其他数据叠加,实现矢量数据、栅格数据和统计数据的网格化,利用综合评价模型计算,得到各网格的生态安全指数。

目前主要通过空间粒度放大实验来选择最佳尺度[10],即对比不同尺度下的研究结果,从设定尺度中选择出最佳尺度。通过构建 100 m×100 m、200 m×200 m、300 m×300 m、400 m×400 m、500 m×500 m、600 m×600 m、700 m×700 m、800 m×800 m 及 900 m×900 m 尺度,采用公式(4)计算勐海县景观生态安全度平均值、标准差、尺度变异系数、尺度变化率等因子(表2)。

表中变异系数的计算公式为:尺度变异系数 $CV = \frac{\text{标准差 SD}}{\text{平均值}} \times 100\%$;尺度变化率 $= Y/X$,表示两种网格尺度间的变化斜率。尺度变化率大小与景观尺度网格边长的关系见图1。

1)随着网格尺度的增大,勐海县景观生态安全度空间差异细节的表现逐渐降低。为更好地反映勐海县景观生态安全空间分异的细节性,应选择较小

表 2　网格类型各指标计算

Tab. 2　Index calculation of grid types

序号	格网类型/(m×m)	最大安全度值	最小安全度值	平均值	标准差	尺度变异系数	尺度变化率
1	100×100	3.1293	0.9885	2.5267	0.6028	0.2386	0.2561
2	200×200	3.1293	0.9885	2.5268	0.5586	0.2211	0.0114
3	300×300	3.1293	0.9885	2.5268	0.5297	0.2096	0.0082
4	400×400	3.1293	0.9885	2.5265	0.5088	0.2014	0.0068
5	500×500	3.1293	0.9885	2.5267	0.4917	0.1946	0.0056
6	600×600	3.1293	0.9885	2.5271	0.4775	0.1890	0.0048
7	700×700	3.1293	0.9888	2.5267	0.4653	0.1842	0.0041
8	800×800	3.1293	1.0001	2.5275	0.4551	0.1801	0.0038
9	900×900	3.1284	0.9885	2.5268	0.4454	0.1763	

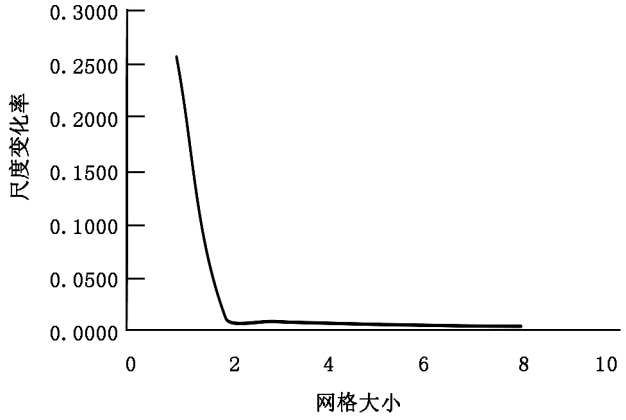


图 1　尺度变化率与网格大小的关系

Fig. 1　Relationship between grid size and scale change rate

的尺度进行分析。当处于 900 m×900 m 网格时,仅显示出较为粗略的空间分异特征,因此大于 900 m×900 m 不加以考虑。

2)从尺度变化率图中可以看出,在 100m×100m 时尺度变化率不稳定,变化较大,从 200m×200m 时开始变化率趋于平稳。综上所述,勐海县景观生态安全度计算的最佳尺度为 200 m×200 m。

3 结果与分析

3.1 景观类型空间转移分析

利用转移矩阵分析景观要素的变化,可以反映景观要素从 T 时间向 $T+1$ 时间的变化。传递矩阵可以用来量化景观要素之间的转化量。

2005—2015 年景观要素转移特征的提取可以根据地图代数原理,对 2005 年和 2015 年的景观格局类型图进行处理,在 ArcInfo 中将矢量数据转换成栅格数据,利用 ERDAS 的矩阵分析功能,将上述两期数据进行叠加,生成景观动态变化图,采用地图代数方法进行转移信息提取,从而得到两个时段间研究区各景观要素之间的转移矩阵,其计算公式为:

$$C_{ij}=A_{ij}^{T}\times 10\times A_{ij}^{T+1} \tag{6}$$

式中:C_{ij} 为由 T 时期到 $T+1$ 时期的景观变化图;A_{ij}^{T} 和 A_{ij}^{T+1} 表示任意两期景观类型图,景观要素类型<10 时适用此公式。通过该方法不仅可以提取景观要素间的转换信息,还可以直观表达其空间分布特征。经过计算,2005—2015 年研究区各景观类型流入转出面积结果见表 3。

通过对 2005 年、2015 年勐海县各景观类型的空间转移分析可知:勐海县各景观类型空间转移很频繁,在经济和政策影响下的橡胶林地、茶叶地、建设用地面积在空间转移上以流入为主;以天然林为主的其他林地、其他灌木林地以转出为主。

3.2 景观结构指数

景观破碎度指数(C_i)、景观分离度指数(S_i)、景观优势度指数(D_i)、景观干扰度指数(U_i)、景观脆弱度指数(F_i)、景观结构安全指数(ES_i)等景观结构要素计算结果见表 4。

2005 年景观结构安全指数按大小排列为:其他林地>建设用地>农地>其他灌木林地>橡胶林地>茶叶地>水域;其他林地的景观结构安全指数最大,在 4 种林地景观类型中,天然林景观结构安全指数大于人工林。2015 年景观结构安全指数按大小排列为:建设用地>其他林地>农地>橡胶林地>茶叶地>其他灌木林地>水域,与 2005 年相比,排列顺序已经发生了变化,建设用地的景观结构安全

表 3 2005—2015 年研究区各景观类型流入转出面积

Tab. 3 Inflow and outflow areas of landscape types from 2005 to 2015 hm^2

地类	茶叶地	建设用地	农地	其他灌木林地	其他林地	水域	橡胶林地	总计(2005 年)
茶叶地	15130.01	879.94	3346.45	37.98	4058.92	55.73	1391.18	24900.20
建设用地	281.65	4029.28	1079.45	0.89	669.27	32.49	278.97	6372.00
农地	17524.29	2450.67	98868.00	515.78	32965.13	384.27	7645.13	160353.20
其他灌木林	980.44	46.62	2103.31	188.76	9546.57	5.13	752.78	13623.80
其他林地	16430.48	1510.33	21034.20	631.27	264384.28	629.96	10983.24	315603.70
水域	59.68	22.06	214.65	0.02	201.48	953.76	3.45	1455.10
橡胶林地	85.89	149.93	1036.72	1.90	1039.65	92.56	12362.85	14769.30
总计(2015 年)	50492.40	9089.10	127676.40	1377.20	312865.30	2153.90	33423.00	537077.26

表 4 研究区 2005 年与 2015 年各景观结构要素计算结果

Tab. 4 Calculation results of landscape structure elements in 2005 and 2015

年份	代码 指标	7 水域	4 茶叶地	6 橡胶林地	5 其他灌木林地	2 农地	1 其他林地	3 建设用地
2005 年	C_i	0.1065	0.1039	0.1045	0.1048	0.1039	0.1039	0.1235
	S_i	3.1352	0.7483	0.9749	1.0164	0.2949	0.2102	1.6132
	D_i	1.9299	1.8035	1.8471	1.8527	1.585	1.6335	1.8933
	U_i	1.3798	0.6371	0.7141	0.7279	0.4574	0.4417	0.9244
	F_i	0.2857	0.2286	0.2000	0.1143	0.0857	0.0571	0.0286
	ES_i	0.6058	0.8544	0.8572	0.9168	0.9608	0.9748	0.9736
	面积/hm^2	1455.1	24900.2	14769.3	13623.8	160353.2	315603.7	6372.0
	斑块数/个	155	2586	1544	1428	16658	32780	787
2015 年	C_i	0.1091	0.1029	0.1043	0.1024	0.1045	0.104	0.1046
	S_i	2.6079	0.5231	0.6474	3.1594	0.3315	0.2112	1.2432
	D_i	1.9238	1.7236	1.7731	1.9306	1.6044	1.6311	1.8769
	U_i	1.2217	0.5531	0.601	1.3851	0.4726	0.4416	0.8006
	F_i	0.2857	0.2286	0.2000	0.1143	0.0857	0.0571	0.0286
	ES_i	0.6510	0.8736	0.8798	0.8417	0.9595	0.9748	0.9771
	面积/hm^2	2153.9	50492.4	33423.0	1377.2	127676.4	312865.3	9089.1
	斑块数/个	235	5195	3487	141	13340	32531	951

指数变为最大,10 年间其他灌木林地和农地由于面积减少,对应的景观结构安全指数分别减少了 8.19%和 0.14%;其他林地由于减少的面积比例太小,10 年间反映在景观结构安全指数上没有变化,而水域、橡胶林地、茶叶地和建设用地由于面积的增加,景观结构安全指数分别增加了 7.46%、2.64%、2.25%、0.36%;2015 年在 4 种林地景观类型中,其他林地的景观结构安全指数还是最大,其他灌木林地已变为最小。

3.3 景观功能指数

经过计算,得出勐海县 2005 年和 2015 年各景观类型单位面积生态服务价值(表 5)。

由于本文只研究各景观类型的相对生态安全性,从生态服务价值当量表就能表示出各景观类型景观功能的差异性,因此将单位面积生态服务价值当量值作为各景观类型的功能安全指数表征(表 6)。

表 5　2005 年和 2015 年各景观类型单位面积生态系统服务价值

Tab. 5　Ecosystem service value per unit area of landscape types in 2005 and 2015　　万元/hm^2

年份	地类	供给功能	调节功能				文化功能支持功能		合计
		供给服务	涵养水源	固碳释氧	积累营养物质	保育土壤	净化空气	美学与旅游	生物多样性保护	
2005 年	其他林地	0.02	2.70	1.77	0.65	0.06	0.01	0.31	2.42	7.94
	橡胶林地	1.19	1.77	1.61	0.29	0.04	0.01			4.91
	其他灌木林		1.96	1.60	0.41	0.05	0.01			4.03
	茶叶地	3.94	1.96	1.60	0.41	0.05	0.01			7.97
	农地	0.48		1.41						1.89
	水域	3.60								3.60
	建设用地									0.00
2015 年	其他林地	0.06	2.80	2.06	0.79	0.08	0.02	0.77	2.42	9.00
	橡胶林地	0.45	1.86	1.66	0.35	0.05	0.02			4.39
	其他灌木林		2.01	1.71	0.46	0.06	0.02			4.26
	茶叶地	6.95	2.01	1.71	0.46	0.06	0.02			11.21
	农地	0.77		1.53						2.30
	水域	10.21								10.21
	建设用地									0.00

表 6　2005 年和 2015 年景观功能安全指数

Tab. 6　Landscape function safety index in 2005 and 2015

年份	其他林地	其他灌木林	橡胶林	茶叶	农地	水域	建设用地
2005 年	7.94	4.03	4.91	7.97	1.89	3.60	0.00
2015 年	9.00	4.26	4.39	11.21	2.30	10.21	0.00

10 年间,由于茶叶价格一直在上涨,茶叶地的景观功能安全指数在所有景观类型中最高;其他林地、其他灌木林地和农地的景观功能安全指数一直在缓慢增长;而橡胶地林由于干胶价格下降,是唯一个景观功能安全指数下降的景观类型。

3.4 景观生态安全度分析

经过计算,2005 年勐海县其他林地的生态安全度值最高,至 2015 年,由于茶叶价格的上涨带动了茶叶地景观功能安全指数的大幅上涨,使其生态安全度超过了其他林地;而由于橡胶价格下跌,橡胶林的生态安全度与 2005 年相比有所下降;其他灌木林地由于面积的大幅下降,带动了其结构安全指数的下降,导致了生态安全度下降(表 7)。

2005 年勐海县景观类型生态安全度范围为 0.986 7~2.782 0,按大小排列为其他林地>茶叶地>橡胶林地>其他灌木林地>水域>农地>建设用地;2015 年各景观类型生态安全度范围为 0.988 5~3.129 3,按大小排列为:茶叶地>其他林地>水域>橡胶林地>其他灌木林地>农地>建设用地。从表 4 的计算结果得出,2005 年以天然林为代表的其他林地和其他灌木林地的结构安全指数要大于以人工林为主的茶叶地和橡胶林地,由于茶叶价格的不断上涨,其生态系统服务价值也在不断上升,2015 年茶叶地的生态安全度最高,同样的情况还有水域,由于水产养殖产业的发展和水产品价格的上涨,勐海水域的生态安全度从 2005 年的 1.4768 上升至 2015 年的 2.5780;而橡胶地的生态安全度由于橡胶价格的不断下跌,导致其生态系统服务价值不断下降,生态安全度从 2005 年的 2.0515 下降为 1.9653。2005—2015 年,橡胶林地、茶叶地大面积取代原有

表 7　研究区 2005 年与 2015 年各景观类型生态安全度评价结果

Tab. 7　Safety evaluation results of landscape types in 2005 and 2015

年份	水域	茶叶地	橡胶林地	其他灌木林	农地	其他林地	建设用地
2005 年	1.4768	2.6095	2.0515	1.9222	1.3476	2.7820	0.9867
2015 年	2.5780	3.1293	1.9653	1.8936	1.4855	2.9619	0.9885

农地、其他林地、其他灌木林地等景观类型，原来的破碎斑块合并，使得橡胶林地、茶叶地、水域的结构安全度逐步升高，农地、其他灌木林地的生态安全度逐步下降。虽然建设用地结构安全度处于相对较高水平(0.977 1)，但所能提供的生态服务价值为零，导致其生态安全度一直都是最低。

2005—2015 年，景观类型生态安全度除其他灌木林、橡胶地分别降低 4.38%和 1.51%外，其他景观类型的生态安全度均升高，其中水域和茶叶地分别升高了 42.7%和 16.6%。2005 年与 2015 年各类型景观功能安全性的排序变动较大(除农地和建设用地的排序不变外)，因此当景观类型面积、空间布局和生态服务价值发生较大变化时，区域生态安全将发生变化。

3.5 景观生态安全度时空特征

采用 Frgstats 4.2 与 ArcGIS 10.5 等软件，根据式(4)计算每个网格的景观生态安全度。为了表现勐海县生态安全的时空变化特征，采用自然段点分类(Natural Breaks)将景观生态安全度分为 3 级：2005 年，Ⅰ ≤1.807 1，1.807 1<Ⅱ ≤2.440 8，Ⅲ>2.440 8；2015 年，Ⅰ ≤2.082 8，2.082 8<Ⅱ ≤2.659 7，Ⅲ>2.6597(图 2)。

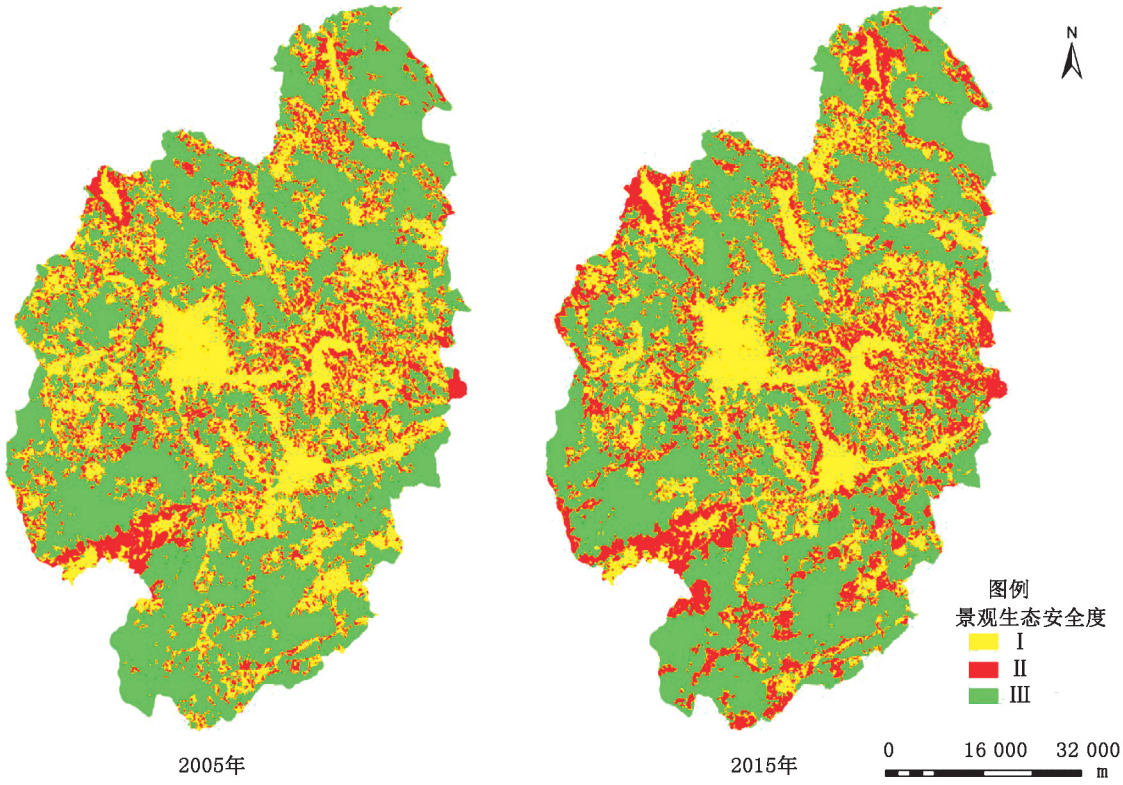


图 2 景观生态安全度等级

Fig. 2 Classification of landscape ecological security degree

Ⅰ级生态安全度特征：Ⅰ级生态安全度最低，景观类型以建设用地和农地等非林地为主，分布在低海拔坝区，人类活动频繁，是勐海县粮食主产区，区域以勐海镇、勐混镇和勐遮镇为主。

Ⅱ级生态安全度特征：Ⅱ级生态安全度居中，景观类型多处于茶叶地和其他林地结合部，景观类型多样，分布区域较分散。

Ⅲ级生态安全度特征：Ⅲ级生态安全度最高，景观类型以其他林地和茶叶地为主，分布区域远离城镇和农地，是勐海县植被最好，占地面积最大，生态区位最重要区域，以布朗山乡、勐阿镇、勐往乡为主。

4 结论

1)景观类型空间转移分析

通过对 2005 年、2015 年勐海县各景观类型的空间转移分析可知：勐海县各景观类型空间转移较频繁，在经济和政策影响下橡胶林地和茶叶地面积在空间转移上以流入为主，10 年间茶叶地净流入面

积为 25 592.2 hm^2,占 2005 年茶叶地面积的 102.78%;橡胶林地净流入面积为 18 653.7 hm^2,占 2005 年橡胶林地面积的 126.30%。以天然林为主的其他林地、其他灌木林地在空间转移上以转出为主,10 年间其他林地净转出面积为 2 738.4 hm^2,占 2005 年其他林地面积的 0.87%;其他灌木林地净转出面积为 12 246.6 hm^2,占 2005 年其他灌木林地面积的 89.89%,由于勐海县政府重视林业的发展,进行了退耕还林等一系列造林任务,农地以净转出为主。

2)景观生态安全度

2005 年与 2015 年各景观类型生态安全度范围为 0.986 7~2.782 0 和 0.988 5~3.129 3;2005 年以天然林为代表的其他林地和其他灌木林地的结构安全指数要大于以人工林为主的茶叶地和橡胶林地,至 2015 年其他林地结构安全指数最大,以人工林为主的茶叶地和橡胶林地已经超过其他灌木林地。随着茶叶价格的不断上涨,茶叶的生态系统服务功能不断上升,2015 年茶叶地的生态安全度已经超过了其他林地。2005—2015 年,景观类型生态安全度除其他灌木林、橡胶林分别降低 4.38% 和 1.51%外,其他景观类型的生态安全度均升高,其中水域和茶叶地分别升高了 42.7%和 16.6%。

3)景观安全等级

2005—2015 年全县景观生态安全平均值由 2.279 0 增加到 2.527 0,增加了 9.81 %,但景观生态安全等级未发生变化仍处于Ⅱ级,说明 10 年间勐海县景观生态安全具有变好的趋势,但仍处于中等水平。2005—2015 年各等级景观生态安全随时间变化的主要趋势为:Ⅰ级和Ⅲ级面积分别增加了 2 001.25 hm^2、23 593 hm^2,而Ⅱ级则减少了 25 594.25 hm^2,景观生态安全等级Ⅲ级面积最大,说明 10 年间勐海县生态环境处于相对较好的状态。虽然各生态安全等级面积均发生变化,但Ⅲ级所占权重还是最大,对整个区域的景观生态安全起决定性作用。

5 生态安全保护对策及建议

勐海县作为我国亚热带原始森林主要区域,声名远扬,对境内的天然林保护更显得十分迫切,特别是对天然水源林和国有林更要严格保护。

1)动员全社会广泛参与

加大宣传力度,提升公众的热带林保护意识,探索建立和完善热带林保护利用的参与式共管机制;加强国内外的交流与合作,调动国内外利益相关方参与热带林保护的积极性,提高各利益相关群体的参与程度。开展社区脱贫示范,降低热带林自然资源消耗。

2)加大林业执法力度

虽然研究期内勐海县的生态安全度在升高,但侵占天然林现象仍然存在,主要表现在侵占农耕地边缘林地、毁林垦殖(毁有林地种香蕉等)、毁林造林(毁有林地种植经济林)等。据 2015 年的森林资源二类调查,勐海县森林覆盖率比上期提高,但天然乔木林覆盖率却比上期减少一个百分点,在一定程度上已反映出所存在的问题。因此,加强天然林保护,一方面需增强森林执法人员和护林员的责任感,加大宣传和巡查力度,做到有案必查,决不隐瞒。另一方面要加大打击力度,严格按森林法处罚毁林案件,增大林政执法震慑力,有效保护现有天然林资源。

3)完善热带林保护体系

茶叶和橡胶是勐海县经济林中的两大优势产业,受近年来市场价格上涨所趋,部分群众盲目进行开发种植,如在天然林里种植茶叶、橡胶等。这些不合理的开发种植方式,破坏了当地生物多样性。因此应加大管理力度,禁止天然林下造林,杜绝毁天然林造经济林、种植香蕉等不合理的开发种植方式,保护当地生物多样性。对于具有较高生态保护价值的热带雨林区,有必要在未来土地利用规划中借鉴景观生态学原则,开发利用有林地区域时应保证其一定面积核心区的存在,并尽量保持其功能上的联系性,以避免其结构和功能上的破碎化,从而促进区域可持续发展。

参考文献:

[1] 赵筱青,王兴友,谢鹏飞,等. 基于结构与功能安全性的景观生态安全时空变化——以人工园林大面积种植区西盟县为例[J]. 地理研究,2015,34(8):1581-1590.

[2] 时卉,杨兆萍,韩芳基,等. 新疆天池景区生态安全度时空分异特征与驱动机制[J]. 地理科学进展,2013,32(3):475-485.

[3] 游巍斌,何东进,巫丽芸,等. 武夷山风景名胜区景观生态安全度时空分异规律[J]. 生态学报,2011,31(21):6318-6327.

[4] 李晓燕,张树文. 基于景观结构的吉林西部生态安全动态分析[J]. 干旱区研究,2005,22(1):57-62.

(下转第 156 页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 018

赤水源镇森林生态系统服务功能价值评估

毛海凌,陈文红,刘永明
(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650031)

摘要:运用生态系统服务功能的价值评价理论和方法对位于赤水河源头的镇雄县赤水源镇森林生态系统服务功能进行价值评估,在计算出赤水源镇全域森林生态系统生态服务功能“理论价值 $L(t)$”的基础上,根据社会接受度分别计算出赤水源镇全域的“市场逼近价值 $Q(t)$”和“森林生态补偿值 $Z(t)$”。评估结果表明,赤水源镇全域森林“物质产品的理论价值 $L(t)$”、“市场逼近价值 $Q(t)$”和“森林生态补偿值 $Z(t)$”分别为 2 222 元/a、1 557 元/a 和 1 557 元/a;“非物质产品”的“理论价值 $L(t)$”、“市场逼近价值 $Q(t)$”和“森林生态补偿 $Z(t)$”分别为 30 724 元/a、10 139 元/a 和 1 864 元/a。分析认为,森林“非物质产品”功能价值巨大,其中涵养水源、固土价值最为显著,森林“物质产品”发展潜力巨大。提出抓住机遇,力推赤水源镇生态效益补偿得到实现,有效提升河流源头森林生态系统服务功能,分类施策,实现森林多功能经营目标等建议。

关键词:森林生态系统服务功能;生态效益补偿;理论价值;市场逼近价值;赤水源镇

中图分类号:S718. 557 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0098-07

引文格式:毛海凌,陈文红,刘永明. 赤水源镇森林生态系统服务功能价值评估[J]. 林业调查规划,2021,46(3):98-104. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 018

MAO Hailing, CHEN Wenhong, LIU Yongming. Evaluation of Forest Ecosystem Services in Chishuiyuan Town[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(3): 98-104. doi: 10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 018

Evaluation of Forest Ecosystem Services in Chishuiyuan Town

MAO Hailing, CHEN Wenhong, LIU Yongming
(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: The theory and method of ecosystem services were used to evaluate the forest ecosystem service of Chishuiyuan Town in Zhenxiong County, which was located at the source of Chishui River. According to the social acceptance, the “market approaching value $Q(t)$” and “forest ecological compensation value $Z(t)$” were calculated respectively based on calculating the “theoretical value $L(t)$” of ecosystem service of Chishuiyuan Town. The results showed that the value $L(t)$, value $Q(t)$ and value $Z(t)$ of material products were 2 222 yuan /a, 1 557 yuan /a and 1 557 yuan /a respectively, while the value $L(t)$, value $Q(t)$ and value $Z(t)$ of non-material products were 30 724 yuan /a, 10 139 yuan /a and 1 864 yuan/a respectively. The analysis indicated that the value of forest “non-material products” was huge, among which the value of water conservation and soil fixation was the most significant, and the

收稿日期:2021-01-26;**修回日期**:2021-01-29.

第一作者:毛海凌(1971-),女,云南曲靖人,高级政工师. 长期从事林业调查规划、社会林业和妇女权益保护研究.

责任作者:刘永明(1960-),男,云南曲靖人,正高级工程师. 从事林业调查规划工作.

development potential of forest "material products" was great. The paper suggested to grasp the opportunity to realize the compensation of ecological benefit, effectively improve the forest ecosystem service at the source of river, implement classified policies to achieve the goal of multi-functional forest management.

Key words: forest ecosystem service; ecological benefit compensation; theoretical value; market approaching value; Chishuiyuan Town

我国森林生态系统服务评价工作始于 20 世纪 80 年代,大多数研究借鉴了国外的方法和评估指标体系[1],如蒋延玲 1999 年对我国森林生态系统和生态系统服务总价值进行了评估,当时评估价值为 117.401 亿美元/a。20 世纪末至本世纪初,以美国 Constanza 团队(1989)等和千年生态系统评估[2]等为代表,在国内外开展了大尺度区域生态系统服务价值评估研究,如 2010 年赵元藩、温庆忠、艾建林[3]利用云南省森林资源连续清查第五次复查数据,对云南省森林生态系统服务功能进行了研究,评估的总价值为 12 353.81 亿元,其中提供非物质产品的生态服务产值为 12 224.36 亿元,占服务功能总价值的 98.9%,物质产品提供价值为 129.44 亿元,占 1.1%,表明云南省森林非物质产品的生态服务功能价值远远高于其森林物质产品价值。近年来,国内州市区域的森林生态系统服务价值评估也大量展开,如:2012 年景兆鹏、马友鑫对云南省西双版纳地区生态系统服务价值的评估研究[4]; 2016 年唐秀美、潘瑜春、高秉博等对北京市平原造林生态系统服务价值的评估研究[5]等。但以江河源头及流域上下游为范围的森林生态系统综合服务功能的研究则未见报道。

本研究主要采用国家林业局 2008 年发布实施的林业行业标准 LY/T1721—2008《森林生态系统服务功能评价规范》中的评估指标体系和评估公式,结合近年来相关研究成果,依据镇雄县 2016 年森林资源二类调查成果资料,结合镇雄县赤水源镇自然地理、经济条件,对位于赤水河源头的镇雄县赤水源镇的森林生态系统服务功能进行价值评估,评估内容包括赤水源镇森林生态系统提供的"物质产品"经济价值和森林生态系统提供的"非物质产品"生态效益及价值,而森林生态效益具有典型的外部经济性[6],这种外部经济性具有数量庞大、时空转移性、持续复杂、不能存储、难以计量等特征,这种外部经济性的结果是其效益会被受益者即时、无偿享用,法律称为"被动利他"。本研究通过科学、客观地估算位于赤水河源头赤水源镇"青山绿水"的生态效益及价值,旨在为下一步建立赤水源镇赤水河源头流域与中下游地区"受益者"间的生态效益补偿机制提供科学依据。

1 研究区域概况

研究范围为镇雄县赤水源镇全域,赤水源镇下辖板桥、岔河、银厂、铁厂、螳螂、洗白、木瓜园、马店、倮倘、及布丈等 10 个村民委员会、200 个村民小组,涉及 16 050 户 69 210 人,土地总面积 180.48 km^2。研究区域内的赤水河发源于云南省镇雄县赤水源镇银厂村,古称赤虺河,因水赤红色,故名赤水河,是长江干流上游右岸的一级支流,源头海拔 1 760 m。自西南向东北横贯赤水源镇全境,在境内流长约 48 km,流经铁厂、木瓜、马店村,从布丈村流出赤水源镇,进入芒部镇。共流经滇、黔、川 3 省 13 个县市,在四川省合江县汇入长江,流域面积 20 440 km^2。

截至 2016 年底,镇雄县赤水源镇林地总面积为 8 688.6 hm^2,其中有林地 8 127.9 hm^2,占林地面积的 93.55%,灌木林 3 464.9 hm^2,占 39.88%,未成林地 119.1 hm^2,占 1.37%,森林覆盖率 45%。按林地类别统计,生态公益林 3 731 hm^2,占林地总面积的 42.94%,商品林 4 163 hm^2,占 47.91%。活立木总蓄积量 325 420 m^3,其中纯林蓄积 303 230 m^3,占总蓄积量的 93.18%,混交林蓄积 22 190 m^3,占 6.82%。竹林面积 15.8 hm^2,占林地面积的 0.18%,株数 388 320 株;乔木经济林 360.4 hm^2,占全域林地面积的 3.37%,株数 118 810 株。

2 研究方法

2.1 评估范围、指标及数据来源

本评估以镇雄县赤水源镇辖区范围自然生态系统为研究单元,对其产生的物质量及其经济价值进行研究,包括森林生态系统提供的木材、林果等"物质产品"和涵养水源、土壤保持、释氧、固碳或碳汇等"非物质产品"生态系统服务功能及其价值。基

础数据来源为镇雄县 2016 年森林资源规划设计调查成果资料以及近年来的相关研究成果等。

2.2 计算逻辑和方法

2.2.1 “物质产品”价值评估

“物质产品”即镇雄县赤水源镇森林生态系统提供的实物产品。本研究采取产量和市场价值法进行价值评估,考虑产品市场化程度和社会支付意愿,本研究在“理论价值 $L(t)$”的基础上采用“市场逼近理论”[6],用“市场逼近系数 Ri”对“理论价值 $L(t)$”进行“市场逼近”修正;在此基础上,考虑到社会对产品的支付意愿,本研究在“市场逼近价值 $Q(t)$”的基础上引入森林生态效益“补偿特征系数 $P(t)$”[6],计算出“森林生态补偿值 $Z(t)$”,可将 $Z(t)$ 值视为现阶段社会可承受、并愿意支付的“物质产品”价值。

2.2.2 “非物质产品”价值评估

对“非物质产品”生态系统服务功能价值评估,本研究主要采用原国家林业局发布的 LY/T 1721—2008《森林生态系统服务功能评估规范》中的方法,结合近年来相关研究成果,用替代市场法计算出森林生态系统服务功能“理论价值 $L(t)$”。考虑到目前国内生态效益纯“公共产品”的属性,市场化程度极低(等于或接近零),在“理论价值 $L(t)$”的基础上采用“市场逼近理论”,用“市场逼近系数 Ri”对“理论价值 $L(t)$”进行“市场逼近”,计算出“市场逼近价值 $Q(t)$”。在此基础上,考虑到现阶段(T 时刻)森林中下游社会(受益群体)的森林生态效益支付意愿,在“市场逼近价值 $Q(t)$”的基础上引入森林生态效益“补偿特征系数 $P(t)$”,计算出“森林生态补偿值 $Z(t)$”,可将 $Z(t)$ 值视为现阶段流域中下游社会(受益群体)承受的森林生态补偿费(表 1)。

表 1 森林生态系统服务功能价值计算逻辑和方法

Tab. 1 Calculation logic and method of forest ecosystem service value

价值类别	计算逻辑和方法
理论价值 $L(t)$	LY/T 1721—2008《森林生态系统服务功能评估规范》中的方法,结合相关研究成果,用替代市场法计算出“理论价值 $L(t)$”
市场逼近价值 $Q(t)$	理论价值 $L(t)$×市场逼近系数 Ri
森林生态补偿费 $Z(t)$	市场逼近价值 $Q(t)$×补偿特征系数 $P(t)$

3 理论价值计算方法及结果

3.1 森林生态系统提供的“物质产品”服务功能

森林生态系统所提供的“物质产品”服务功能包括提供木材、食品、药材及其他工业原材料的功能。本研究采用市场价值法来评估其价值。根据镇域范围内森林提供林产品的实际情况,选择用材林地和经济林地作为评估对象。

3.1.1 森林提供木材产品经济功能价值计算

计算公式为:$U_1 = Q_1 \times P_1 \times \cdot R_1 / S_1$ (1)

式中:U_1 为森林生态系统提供木材产品功能价值(元/a);Q_1 为森林木材生产量(t/a),赤水源镇域内乔木净生长量为 6 641 m^3/a;P_1 为木材平均价格(元/m^3),综合 2015—2017 年全国主要城市一般木材价格行情数据,取 1 150 元/m^3;R_1 为森林综合出材率(%),取值 50%;S_1 为木材平均比重(t/m^3),取值 0.48 t/m^3。

计算结果:U_1 = 381 万元/a。

3.1.2 森林提供竹材产品经济功能价值计算

计算公式为:$U_2 = A \times P \times R$ (2)

式中:U_2 为竹林提供竹材价值(元/a);A 为竹林面积(hm^2),镇域内人工竹林面积 15.8 hm^2;R 为单位面积竹材产值,2017 年当地平均产值或价格价值为 10 500 元/hm^2。

计算结果:U_2 = 17 万元/a

3.1.3 森林提供林果产品经济功能价值计算

计算公式为:$U_n = R \times P$ (3)

式中:U_n 为森林生产核桃、板栗、梨、李子等林果的价值(元/a);R 为核桃、板栗、梨、李子等林果年平均产量(t/a);P 为核桃、板栗、梨、李子等林果市场价格。

1)核桃价值:镇域内有初产或产前期核桃林面积 203.9 hm^2、盛产期面积 32.3 hm^2;核桃林盛产期单产 1 500 kg/ hm^2,初产或产前期单产 900 kg/ hm^2,市场价格为 20 元/kg。

计算结果:$U_{核}$ = 464 万元/a

2)板栗价值:镇域有盛产期板栗林面积 78.4 hm^2,板栗产值 6 000 kg/hm^2,市场价格为 13.5 元/kg。

计算结果:$U_{板}$ = 635 万元/a

3)梨价值:全镇有盛产期梨园面积 30 hm^2,产值 15 000 kg/hm^2,市场价格为 10 元/kg。

计算结果:$U_{梨}$ = 450 万元/a

4)李子价值:全镇有盛产期李子 15.3 hm^2,产值 22 500 kg/hm^2,市场价格为 8 元/kg。

计算结果:$U_{李}$=275 万元/a

3.2 森林生态系统提供的“非物质产品”服务功能

“非物质产品”服务功能指森林涵养水源、土壤保持、释氧、固碳或碳汇等的生态系统服务功能,“非物质产品”不能储存,不能调配,是纯“公共产品”,被受益者即时、无偿消费。本研究采用替代市场法计算其理论价值,目的是为其市场化提供依据,尽管这种替代只具有相似性、不等价。

3.2.1 森林生态系统涵养水源功能价值计算

森林对降水具有截留、吸收和贮存、地表水转为地表径流或地下水的作用[7],主要功能表现在增加可利用水资源、调节径流和净化水质 3 个方面。由于森林生态效益本身具有的特殊性和量化困难性,计算方法多种多样,估计的数值相差悬殊,争议较大,本研究选取“降水林分蒸散量法”和“降水储存量法”两种方法对赤水源镇森林生态系统涵养水源功能进行价值估算。

1)降水林分蒸散量法

(1)调节水量价值公式为:

$$U_{7-1}*=10CvA(P-E-C) \quad (4)$$

式中:$U_{7-1}*$ 为林分年调节水量价值(元/a);Cv 为水库建设单位库容投资价格(元/m^3);A 为林分面积(hm^2),赤水源镇有林地 8 654.8 hm^2;P 为降水量(mm/a),赤水源镇年均总降雨量为 950 mm;E 为林分蒸散量(mm/a),长江上游森林的相对蒸散率较低,为 30%~40%[12],我国亚热带森林蒸散率为 0.481~0.660[13],计算取值 0.440;C 为地表径流量(mm/a)。有林地流量很小,如灌木林地产生的年径流量最小达 54.08 mm[8],地表径流取值 50。

计算结果:$U_{7-1}*$=47569 万元

(2)净化水质价值公式为:

$$U_{7-2}*=10KA(P-E-C) \quad (5)$$

式中:$U_{7-2}*$ 为林分年净化水质价值(元/a);K 为水的净化费用(元/t),计算取当前平均水价 3 元/t。

计算结果:$U_{7-2}*$=23357 万元/a

2)降水储存量法

(1)调节水量价值公式:

$$U_{7-1}=A\times J_0\times K\times R\times C_{库} \quad (6)$$

(2)净化水质价值公式:

$$U_{7-2}=A\times J_0\times M\times R\times C_{库} \quad (7)$$

式中:U_{7-1} 为林分调节水量价值(万元/a);$C_{库}$ 为水库库容造价(元/m^3),根据《森林生态系统服务功能评估规范》,单位库容造价为 6.11 元/t;A 为林分面积(hm^2),赤水源镇有林地面积 8 654.8 hm^2;J_0 为降水量(mm/a),取值 950 mm/a;K 为产流降雨量占降水总量比例,取值 0.6;R 为与裸地相比森林生态系统减少径流的效益系数,根据现地林分情况效益系数取值 0.30;U_{7-2} 为净化水质价值;M 为水的净化费用(元/t),取当前平均净化费用 3 元/t。

计算结果:U_{7-1}=9034 万元/a

U_{7-2}=4435 万元/a

3.2.2 森林生态系统保育土壤功能价值计算

森林中的活地被物和凋落物能截留降水,降低水滴对表土的冲击和地表径流的侵蚀作用;同时林木根系具固持土壤,防止土壤崩塌泄流,减少土壤肥力损失及改善土壤结构的功能[9]。保育土壤分为固土价值和保肥价值两个指标,本研究只对固土价值指标进行计算。

固土价值:利用有林地与无林地的土壤侵蚀模数差值和泥沙输移比值计算土壤流失量,再通过清淤工程费用计算固土减淤功能价值。

计算公式为:$U_8=ACs(X_2-X_1)/p$ (8)

式中:U_8 为林分年固土价值(元/a);Cs 为挖取和运输单位体积土方所需费用(元/m^3)根据《森林生态系统服务功能评估规范》,人工挖土方Ⅰ和Ⅱ土类每 100 m^3 需 42 个工日,按平均每工日 80 元计算,挖取的单位体积土方费用为 33.6 元/m^3;X_2 为无林地土壤侵蚀模数(t/(hm^2·a));取值 37.58 t/(hm^2·a);X_1 为林地土壤侵蚀模数(t/(hm^2·a))[10],取值 3.3 t/(hm^2·a);P 为林地土壤密度[11](t/m^3),取值 1.2 t/m^3。

计算结果:U_8=831 万元/a

3.2.3 森林生态系统释氧功能价值计算

森林释氧功能价值评估要先采用光合作用方程式来计算释氧量,然后再计算其价值量。释氧价值量计算方法采用工业制氧法。

计算公式为 $U_9=1.19CoABa$ (9)

式中:U_9 为林分年释氧价值(元/a);Co 为氧气价格(元/t);采用 2017 年全国氧气平均价格 1 600 元/t;Ba 为林分净生产力(t/(hm^2·a)),取值 4.772 5 t/(hm^2·a)[12];A 为有林地面积,赤水源镇有林地 8 654.8 hm^2。

计算结果:U_9=7864 万元/a

3.2.4 森林全部碳储量计算

1)森林全部碳储量

计算公式为:CF=树木生物量固碳量+林下植被固碳量+林地固碳量

$$=\sum(S_{ij}\times C_{ij})+\alpha\sum(S_{ij}\times C_{ij})+\beta\sum(S_{ij}\times C_{ij}) \quad (10)$$

式中：$C_{ij}=V_{ij}\times\delta\times p\times r$；CF 为森林全部碳储量；$S_{ij}$ 为第 i 类地区第 j 类森林类型面积，赤水源镇森林小班面积 16 751 hm^2；Cij 为第 i 地区第 j 类森林类型生物量碳密度，取值 9.23 t/hm^2；Vij 为第 i 类地区第 j 类森林类型单位面积蓄积量，取值 19.43m^3/hm^2；δ 为生物量扩大系数，IPCC 的默认值为 1.90；α 为林下植被碳转换系数，IPCC 的默认值为 0.195；β 为林地碳转换系数，IPCC 的默认值为 1.24；p 为容积系数，IPCC 的默认值为 0.5；为 r 为含碳率，IPCC 的默认值为 0.5。

计算结果：CF = 377098 t/a

2）森林资源碳汇价值

森林资源碳汇价值等于森林碳储量与森林碳汇单价之乘积。

计算公式：$U_{11}=CF\times P$ （11）

式中：U_{11} 为森林资源碳汇价值；CF 为森林碳储量；P 为森林碳汇价格（元/t 碳），目前欧盟碳汇市场价格约 29 欧元/t[13]。

计算结果：U_{11} = 8560 万元/a

4 计算结果

4.1 森林“物质产品”实物量及其价值量

根据上述理论价值 $L(t)$，考虑市场规律客观性，本研究用“物质产品”市场逼近系数按 $Ri=0.7$ 对其森林生态服务功能实物量和市场逼近价值进行计算，赤水源镇全域森林“物质产品”市场逼近值 $Q(t)$ 为 2 222 万元/a。由于提供的是生态产品，社会支付愿意极高，补偿特征系数按 $P(t)=1.0$，计算出赤水源镇全域森林“物质产品”的“理论价值 $L(t)$”、“市场逼近价值 $Q(t)$”和“森林生态补偿值 $Z(t)$”分别为 2 222 万元/a、1 557 万元/a 和 1 557 万元/a（表 2）。

表 2 全域森林生态系统“物质产品”实物量和价值量汇总

Tab. 2 Summary of quantity and value of “material products” in forest ecosystem

标的物	编号	实物量	理论值 $L(t)$/（万元·a^{-1}）	市场化逼近系数 Ri	市场逼近值 $Q(t)$/（万元·a^{-1}）	补偿特征系数 $P(t)$	森林生态效益补偿费 $Z(t)$/（万元·a^{-1}）
木材/m^3	U_1	3314	381	0.7	267	1	267
竹材/hm^2	U_2	1.1	17	0.7	12	1	12
梨园/t	U_3	450	450	0.7	315	1	315
李子/t	U_4	344	275	0.7	193	1	193
核桃/t	U_5	232	464	0.7	325	1	325
板栗/t	U_6	470	635	0.7	445	1	445
合计			2222		1557		1557

4.2 森林“非物质产品”实物量及其价值量

根据上述理论价值 $L(t)$，本研究按“非物质产品”价值计算逻辑和方法，计算出赤水源镇全域森林“非物质产品”的“理论价值 $L(t)$”，在此基础上采用市场逼近系数 Ri 和补偿特征系数 $P(t)$，计算出“市场逼近价值 $Q(t)$”和“森林生态补偿值 $Z(t)$”分别为 30 724 万元/a、10 139 万元/a 和 1 864 万元/a（表 3）。

表 3 全域森林生态系统“非物质产品”实物量和价值量汇总

Tab. 3 Summary of quantity and value of “non material products” in forest ecosystem

功能	标的物	编号	实物量/t	理论值 $L(t)$/（万元·a^{-1}）	市场逼近系数 Ri	市场逼近价值 $Q(t)$/（万元·a^{-1}）	补偿特征系数 $P(t)$	森林生态效益补偿费 $Z(t)$/（万元·a^{-1}）
涵养水源	调节水量	U_{7-1}	1478	9034	0.5~0.9，取 0.6	5420	0.2	1084
	净化水质	U_{7-2}	1478	4435		2661	0.2	532
固土	固土	U_8	25	831	0.4~0.6，取 0.5	415	0.2	83
释氧	释氧	U_9	5	7864	0.1	786	0.1	79
森林固碳	固碳	U_{10}	38	8560	0.1	856	0.1	86
合计				30724		10139		1864

5 结果分析

5.1 生态系统生态服务功能价值

根据以上评估结果,赤水源镇全域森林生态系统生态服务功能“理论价值 $L(t)$”为 32 946 万元/a,其中“物质产品”价值为 2 222 万元/a,“非物质产品”价值为 30 724 万元/a,后者为前者的 13.83 倍。考虑到目前国内生态效益产品市场化程度和现阶段受益群体的生态效益支付意愿,在计算出“理论价值 $L(t)$”的基础上采用“市场逼近系数 Ri”对“理论价值 $L(t)$”进行“市场逼近”,再在此基础上引入森林生态效益“补偿特征系数 $P(t)$”,计算出“森林生态补偿值 $Z(t)$”。

1)赤水源镇全域森林“物质产品”的“理论价值 $L(t)$”、“市场逼近价值 $Q(t)$”和“森林生态补偿值 $Z(t)$”分别为 2 222 万元/a、1 557 万元/a 和 1 557 万元/a。

2)赤水源镇全域“非物质产品”的“理论价值 $L(t)$”、“市场逼近价值 $Q(t)$”和“森林生态补偿值 $Z(t)$”分别为 30 724 万元/a、10 139 万元/a 和 1 864 万元/a(表 4)。

表 4　赤水源镇全域森林生态系统生态服务功能价值

Tab. 4　Value of forest ecosystem service in Chishuiyuan Town

类别	森林物质产品/万元	森林非物质产品/万元	合计/万元	非物质/物质
理论价值 $L(t)$	2222	30724	32946	13.83
市场逼近价值 $Q(t)$	1557	10139	11696	6.51
森林生态补偿值 $Z(t)$	1557	1864	3421	1.20

5.2 生态系统生态服务功能价值分析

5.2.1 森林“非物质产品”功能价值巨大

综合上述计算结果,赤水源镇全域森林生态系统生态服务功能总“理论价值 $L(t)$”为 32 946 万元/a,其中“非物质产品”价值为 30 724 万元/a,占总“理论价值 $L(t)$”的 86%。考虑到目前国内生态效益产品市场化程度和现阶段社会受益群体的生态效益支付愿意,本研究采用“市场逼近系数 Ri”和“补偿特征系数 $P(t)$”,计算出“非物质产品”的“森林生态补偿值 $Z(t)$”为 1 864 万元/a,该值仅为该产品“理论价值 $L(t)$”的 6%,约为 2 160 元/hm^2。

5.2.2 森林“非物质产品”功能中涵养水源、固土价值最为显著

森林生态补偿值中,涵养水源、固土价值最为显著,占“非物质产品价值”的 91%。

5.2.3 森林“物质产品”发展潜力巨大

赤水源镇森林“物质产品”评估最终价值为 1 557 万元/a,高于 2018 年统计数据(当年全镇林业收入 1 419 万元)。按全域 4 147 hm^2 商品林地换算,赤水源镇单位商品林地“物质产品”价值为 4 267 元/(hm^2·a)(2 460 元/(hm^2·a)),远低于全省 20 802 元/(hm^2·a)平均水平。

6 建议

6.1 抓住机遇,力推生态效益补偿走向现实

以赤水河流域的知名酿酒企业对镇雄赤水河源头地区的脱贫帮扶行动为契机,在国家生态保护补偿机制逐步健全的形势下,建议以赤水源镇政府为实施主体,主动对接中下游产业特别是白酒产业,以科学测算并形成共识的“上游地区为水质水量达标所付出的直接投入+间接投入+延伸投入”为补偿额依据,建立赤水源镇以镇政府与中下游白酒企业“环境责任协议”制度,并建议采用“赤水源源头流域水质水量协议”模式,力推生态效益补偿在赤水源走向现实,形成中下游白酒企业对口支援和经济协作赤水源镇的共赢长效机制。

6.2 有效增强森林生态系统服务功能

6.2.1 科学经营,促进森林质量精准提升

坚持保护优先、自然修复为主,坚持数量和质量并重、质量优先的原则。以现代森林经营理念为指导,通过科学经营提升森林质量,充分发挥森林生态系统多产品、多功能、多效益的特点,创造更多的物质财富和精神财富,以满足人民日益增长的美好生活需要。

6.2.2 强化森林保护,改善森林健康状况

1)对重点公益林实施全面管护、严格保护,对退化林和低效林实施逐步改造,提高林分的生态效益。

2)加强森林防护体系建设,进一步建立健全森林防火管理组织体系,积极推进依法治火,大力加强林业有害生物监测预警体系和检验防灾体系建设,实现林业有害生物防治规范化、科学化、信息化,提高御灾抗灾能力。

6.2.3 分类施策,实现森林多功能经营目标

1)科学开展以涵养水源为主导的森林结构调

整。以乡土树种为主,选用生态适宜树种营造混交林,增强生态系统的稳定性。实现森林保护生物多样性、保持水土、涵养水源、改善水质、调节气侯的生态服务目标[14]。

2)在不影响森林生态系统发挥生态服务功能的前提下,充分利用森林的生物资源开发景观价值,满足当地人民群众对森林的自然教育、游憩、森林康养等社会服务需求,实现森林社会服务的功能目标。

3)在不影响森林生态系统发挥涵养水源主导功能的前提下,也能为社会提供木材、林果及其它林副产品,满足社会的物质需要[14],实现其经济效益目标。

参考文献:

[1] 王兵,任晓旭,胡文,等. 森林生态系统服务功能评估区域差异性[J]. 东北林业大学学报,2010,38(11):49-53.

[2] 张永民. 生态系统与人类福祉:评估框架[M]. 北京:中国环境科学出版社,2007.

[3] 赵元藩,温庆忠,艾建林. 云南森林生态系统服务功能价值评估 [J]. 林业科学研究,2010,23(2):184-190.

[4] 景兆鹏,马友鑫. 云南省西双版纳地区生态系统服务价值的动态评估[J]. 中南林业科技大学学报,2012,32(9):87-93.

[5] 唐秀美,潘瑜春,高秉博,等. 北京市平原造林生态系统服务价值评估[J]. 北京大学学报(自然科学版),2016(2):274-278.

[6] 李长胜,李海奎,毕磊. 森林生态效益评价系统[M]. 北京:经济科学出版社,2016.

[7] 国家林业局. 森林生态系统服务功能评价规范:LY/T1721—2008[S]. 2008.

[8] 李生,任华东,姚小华,等. 典型石漠化地区不同植被类型地表水土流失特征研究[J]. 水土保持学报,2009(2):1-6.

[9] 张颖. 森林游憩资源价值评价模型研究[C]//中国生态经济学会第八届全国会员代表大会暨 2012 年学术年会论文集,2012.

[10] 康文星,田大伦. 湖南省森林公益效能的经济评价森林的固土保肥、改良土壤和净化大气效益[J]. 中南林学院学报,2001,21(4):1-4.

[11] 韩素芸,田大伦,闫文德,等. 湖南省主要森林类型生态服务功能价值评价[J]. 中南林业科技大学学报,2009,29(6):6-13.

[12] 黄怀雄,赵红艳. 长株潭地区森林固碳释氧功能价值评价[J]. 林业调查规划,2010,35(2):136-137.

[13] 中国碳交易网. [EB/OL]. (2019-07-22)[2019-07028]. 欧盟碳市场日交易均价在 28.26—29.76 欧元/t 之间波动.

[14] 陈绍志,吴水荣. 森林经营管理模式创新实践与示范技术体系[M]. 北京:中国林业出版社,2019.

责任编辑:许易琦
校　　对:张林艳　许易琦

(上接第 74 页)

合,对乱采滥挖、违法收购、非法倒卖、破坏目的物种栖息地等行为予以严厉打击。

4.6 增加经费投入

野生植物资源保护管理是一项公益事业,其投入一般难以得到经济上的回报。因此,全社会都应关心与支持这项事业,除了国家财政预算需要适当地加大支持力度外,地方各级政府也应把保护经费纳入国民经济和社会发展规划财政预算年度计划。另外,还可以通过鼓励社会义务捐赠等多渠道方式筹集资金,以保证保护工作的正常开展。

参考文献:

[1] 孙卫邦,杨静,刀志林. 云南省极小种群野生植物研究与保护[M]. 北京:科学出版社,2019.

[2] 赵金发,张宓,郑进烜,等. 云南省自然保护地建设发展研究[J]. 林业调查规划,2020,45(3):69-75.

[3] 郑进烜,华朝朗,陶晶,等. 云南省极小种群野生植物拯救保护现状与对策研究[J]. 林业调查规划,2013,38(4):61-66.

责任编辑:刘平书
校　　对:张林艳　刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.019

云南高原湖泊湿地湖滨缓冲带恢复研究

——以玉溪抚仙湖国家湿地公园为例

李秋洁[1],马国强[2,3],余 刚[4],王德芬[4]
(1.中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司,云南 昆明 650051; 2.国家林业和草原局昆明勘察设计院,云南 昆明 650216; 3.兰州大学生命科学学院,甘肃 兰州 730000; 4.澄江市抚仙湖国家湿地公园保护管理中心,云南 澄江 652500)

摘要:抚仙湖是我国蓄水量最大的深水型淡水湖泊、I 类水质湖泊,是珠江源头第一大湖,对其进行科学保护和恢复具有重要意义。以云南玉溪抚仙湖国家湿地公园为研究对象,提出近自然恢复、科学营建、合理布局、重点突出、生态功能保护优先的湖滨缓冲带恢复原则,在此基础上通过陡岸生态恢复、近自然型防护带营建、塘、沟透水系统营造等工程措施的实施,建立湖滨缓冲带的生态屏障功能,对高原湖泊湿地湖滨带的保护和治理具有重要的参考和借鉴价值。

关键词:高原湖泊;湖滨缓冲带;湿地恢复;防护带;玉溪抚仙湖国家湿地公园

中图分类号:Q178.513;X171.4 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0105-03

引文格式:李秋洁,马国强,余刚,等. 云南高原湖泊湿地湖滨缓冲带恢复研究——以玉溪抚仙湖国家湿地公园为例[J]. 林业调查规划,2021,46(3):105-107. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.019

LI Qiujie, MA Guoqiang, YU Gang, et al. Restoration of Riparian Buffer Zone of Plateau Lake Wetland in Yunnan Province——A Case Study of Fuxianhu National Wetland Park in Yuxi[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(3): 105-107. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.019

Restoration of Riparian Buffer Zone of Plateau Lake Wetland in Yunnan Province

——A Case Study of Fuxianhu National Wetland Park in Yuxi

LI Qiujie[1], MA Guoqiang[2,3], YU Gang[4], WANG Defeng[4]
(1. Power China Kunming Engneering Corporation Limted, Kunming 650051, China; 2. Kunming Survey & Design Institute of State Forestry and Grassland Administration, Kunming 650216, China; 3. School of Life Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 4. Fuxianhu National Wetland Park Protection and Management Center, Chengjiang, Yunnan 652500, China)

Abstract: Fuxian Lake is a deep-water freshwater lake with the largest water storage and the water quality of Category I in China, and the largest lake in Zhujiang fountainhead region, which has great significance to be scientifically protected and restored. This paper studied the Fuxianhu National Wetland Park in Yuxi, put forward the principles of recovering the lakeside areas, such as near-natural restoration,

收稿日期:2020-08-11;**修回日期**:2020-11-10.

第一作者:李秋洁(1984-),女,云南东川人,高级工程师. 主要从事湿地规划设计等工作. Email:liqiujie07@163.com

责任作者:马国强(1982-),男,甘肃天水人,高级工程师. 主要从事自然保护地规划设计、自然资源调查监测等工作. Email:maguoqiang0825@163.com

scientific construction, reasonable layout, highlighting key points and priority of ecological protection. By the measures like ecological restoration in steep bank areas, construction of near-natural shelter belt, construction of permeable system, the ecological defensive function of the lakeside areas of Fuxianhu Lake could be constructed, which could be referred in the process of protecting and restoring the lakeside areas of plateau lake wetlands.

Key words: plateau lake; riparian buffer zone; wetland restoration; shelter belt,; Fuxianhu National Wetland Park in Yuxi

云南高原湖泊湿地主要位于各大水系和支流的源头,分别属于金沙江水系、南盘江水系、澜沧江水系及元江水系[1],这些湖泊大多数为断裂陷落形成,也有一些由断裂侵蚀、溶蚀、冲积而形成,所有湖泊均属淡水湖泊[2]。高原湖泊往往是一个区域生态环境的关键因子,是极为宝贵的自然资源,在社会经济发展和生态文明建设过程中占据重要的战略地位,但是随着人类活动影响加剧和自然变化的影响,高原湖泊面临水位降低、水面缩小、水质污染、湖滨带植被退化、生物多样性降低等一系列威胁[3-4]。滇中是云南省经济社会发展的核心区域,分布着云南省高原湖泊最为集中的湖群,而抚仙湖作为我国重要的战略性水资源储备地,是我国蓄水量最大的深水型淡水湖泊、I 类水质湖泊,是珠江源头第一大湖,对其进行科学保护和恢复具有重要意义。

1 湿地公园概况

抚仙湖国家湿地公园(以下简称“湿地公园”)位于云南省玉溪市境内,于 2015 年 12 月批复试点建设,总面积为 22 971.65 hm^2。地理坐标为北纬 24°21′16.26″~24 ° 38′2.06″ ,东经 102°49′21.72″~102 °57′25.49″。抚仙湖流域地跨澄江、江川和华宁 3 县市,居滇中盆地中心,属珠江流域南盘江水系,湿地公园范围形如倒置葫芦, 两端大、中间小,北部宽而深, 南部窄而浅。

2 湿地公园湖滨缓冲带生境特征

湿地公园总面积为 22 971.65 hm^2,抚仙湖湖面面积 21 655.74 hm^2,其次为水田、林地、村庄。抚仙湖湖滨缓冲带狭长,涉及地形、地貌复杂多样,其中北岸湖滨带生境特征以人工湿地生态修复工程与湖滨带组合的形式为主,湖滨带宽度 30~150 m 不等,缓坡入湖,坡度均小于 10°;西岸的湖岸带生境类型相对来说丰富多样,环湖路西侧为山体,东侧以林地为主, 临湖坡度或急或缓,环湖路与湖面距离有宽有窄,最大的特征是西岸紧贴湖面的村庄或建筑物较多;东岸与西岸生境特征相似,但相对简单,并且湖岸生态修复工程的覆盖度较大,达 80%以上;南岸湖岸生境除仙湖锦绣西侧外,环湖路均远离湖岸,南岸西部为山体紧贴湖岸,之间只有宽度 10 m 左右的缓冲带或人工石岸,南岸东部为农田、生态修复工程与湖滨带组合形式,缓坡入湖坡度小于 10°。

3 抚仙湖湖岸带恢复原则

3.1 近自然恢复

湖岸带湿地生态系统具有强大的自我恢复、自我净化能力,在恢复过程中,应以自然恢复、修复为主,人工措施为辅,通过适度人工干预,以维护湿地生态系统的稳定性,促进湿地生态系统功能的恢复。

3.2 合理布局,重点突出

恢复和重建工程应全面考虑湖岸湿地各个资源要素配置,以局部实施、全面恢复,实现系统要素的协调适宜。根据湿地公园湖岸线的现状情况,将受污染严重或破坏性较大的区域做为重点区域,重点实施人工辅助恢复或重建,由局部到整体,逐步完善和恢复湖岸湿地生态系统。

3.3 科学营建恢复

充分考虑适用于抚仙湖湖岸线生态恢复的相关理论和先进技术,加强新技术的引进和在抚仙湖湿地保护中的应用示范,体现湿地特征和湿地保护面临的主要问题,结合保护管理目标,采取针对性的保护和恢复措施,做到因地制宜、重点突出,充分吸收和借鉴国内外湿地保护和恢复的成果。

3.4 生态功能保护优先

生态功能保护优先要求生态利益优于经济利益,生态功能、生态系统保护整体优于个体,要以自然生态演替模式优先构建人类活动秩序。抚仙湖湖滨带的科学修复要根据抚仙湖的战略定位,在加深对原生态功能保护的基础上科学地恢复湖滨带,体现抚仙湖生态环境保护和战略生态功能定位。

4 抚仙湖湖滨带恢复措施

4.1 区域范围选择

在抚仙湖最高蓄水水位线以上 110 m 陆域范围内及外围进行缓冲湖岸线恢复构建,构建一条近自然的环湖生态景观带及污染控制带,根据湖岸带的地形地貌、土地利用现状、湖滨生态类型特征等因素,因地制宜构建湖滨生态湖岸带。在遵循近自然恢复为主的原则上,主要在抚仙湖最高水位线以上陆域 110 m 的范围内,由水侧至陆地依次建设陡岸生态恢复、近自然型防护带、塘、沟透水系统;同时为维护湖岸带健康运作,必须考虑湖岸带外围地表径流和水土流失污染的影响,110 m 范围外设置污染控制带,稳定控制外围污染源。

4.2 主要恢复措施

4.2.1 陡岸生态恢复

湿地公园东西两岸具有地形较陡、湖滨带狭窄、湖岸浪蚀强烈、植物群落单一的特点。因此,陡岸恢复根据其特点、地形、地貌,在立地条件较差,石漠化严重的山体区域选择清香木(*Pistacia weinmanniifolia*)、马桑(*Coriaria nepalensis*)、羊蹄甲(*Bauhinia acuminata*)进行恢复;在立体条件较好,离公路较近的区域选择银杏(*Ginkgo biloba*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、滇朴(*Celtis tetrandra*)、复羽叶栾树(*Koelreuteria bipinnata*)、滇润楠(*Machilus yunnanensis*)进行恢复;在水陆交替地带选择芦苇(*Phragmites australis*)、菖蒲(*Acorus calamus*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)、池杉(*Taxodium ascendens*)、落叶松(*Larix decidua*)进行恢复,通过系统地选择复杂多样的植物进行恢复以改善湖岸陆域环境,防风固土,同时考虑陡岸的稳定性,在湖岸浪蚀严重区域采用人工鱼礁、毛石鱼笼等护岸,达到抗浪、消浪与防浪蚀的作用。

4.2.2 近自然型防护带营建

根据抚仙湖地区自然环境条件、沿岸社会环境状况,结合沿岸旅游发展的需求,可因地制宜地恢复以云南樱花(*Cerasus serrula*)、银杏、枫香、滇朴、复羽叶栾树、滇润楠、山楂(*Crataegus oresbia*)、紫叶李(*Prunus cerasifera*)、贴梗海棠(*Chaenomeles speciosa*)等乡土树种为主体的观花、观叶、观果为主题的近自然生长防护林带,形成湖岸生态系统稳定、观赏性强的护岸林带。

4.2.3 塘、沟透水系统营造

塘、沟透水系统的营造主要位于湖岸带附近的村落周边,在村落周边入湖河流区域建立塘、沟系统,通过改变微地形,选用抚仙湖及周边湿地中净化能力强、抗逆性相仿,而生长量较小的植物,尤其是对 TN、TP、TK 等富集能力强的植物,如芦苇、水葱、荷花、香蒲、灯芯草、金鱼藻等进行种植,培育浅水湿地生态景观。通过塘、沟系统不同类型的植物配置及地形地貌的营造,不仅能蓄渗部分或全部的雨水,达到暂存、缓存雨水的作用,同时对地表径流进行净化和过滤;将大量固体污染物沉积在绿地内,其中的有机污染物经土壤微生物作用,转变成植物的营养物质,增加土壤的肥力;塘、沟不仅将屋面、道路等各种铺装表面形成的雨水径流汇集入湿地中进行蓄渗,同时拦截雨水携带的污染物,起到控制与治理污染带外面源污染的作用,在一定程度上塘、沟系统也为不同类型野生动物创造了良好的栖息环境。

5 结语

云南玉溪抚仙湖国家湿地公园通过对湖滨带进行陡岸生态恢复、近自然型防护带营建、塘、沟透水系统营造等一系列湿地保护恢复措施的实施,不仅营造出丰富的植物群落,同时有效保护和改善高原湖岸生态系统及野生动植物栖息环境,对高原湖泊湿地湖滨带的保护和治理具有重要的参考和借鉴价值。

参考文献:

[1] 杨岚,李恒,杨晓君,等. 云南湿地[M]. 北京:中国林业出版社,2009.

[2] 杨留法. 云南高原湖泊的成因类型及其分布规律的初步探讨[J]. 海洋湖沼通报,1984(1):34-39.

[3] 王泉泉,王行,张卫国,等. 滇西北高原湿地景观变化与人为、自然因子的相关性[J]. 生态学报,2019,39(2):726-738.

[4] 李浩杰,种丹,范硕,等. 近三十年云南九大高原湖泊水面面积遥感变化监测[J]. 长江流域资源与环境,2016(25):32-37.

责任编辑:杨焌焓
校　　对:许春霞　杨焌焓

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 020

山西省湿地研究进展

李 静[1],王 恒[2],胡 杰[3],翟毕娇[3],任香凝[3],王春玲[3]
(1. 山西农业大学林学院,山西 太谷 030801; 2. 吉林省长春市电力设计院,吉林 长春 130021;
3. 山西农业大学城乡建设学院,山西 太谷 030801)

摘要:山西省湿地在其生态环境保护中具有非常重要的作用,但在气候变化和人类活动影响的大背景下,湿地面积减少、生物多样性降低、污染加剧等现象正在持续发生。文中阐述了山西省湿地类型分布区域、动植物及微生物物种组成、多样性及其研究方法。山西省湿地目前存在着面积日趋减少,湿地污染严重等问题,开展湿地多样性保护已急不可待。藉此,提出“退耕还湖还湿”,增加人工湿地,增加治污资金投入,实施湿地生物多样性重点保护工程等措施。

关键词:湿地;物种组成;生物多样性;湿地污染;退耕还湖还湿;山西省

中图分类号:Q178. 5 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0108-06

引文格式:李静,王恒, 胡杰,等. 山西省湿地研究进展[J]. 林业调查规划,2021,46(3):108-113,125.
doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 020

LI Jing,WANG Heng,HU Jie,et al. Research Progress of Wetlands in Shanxi Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2021,46(3):108-113,125. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 020

Research Progress of Wetlands in Shanxi Province

LI Jing[1], WANG Heng[2], HU Jie[3], ZHAI Bijiao[3], REN Xiangning[3], WANG Chunling[3]
(1. College of Forestry, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China;
2. Changchun Electric Power Design Institute, Changchun 130021, China;
3. College of Urban and Rural Construction, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China)

Abstract: Wetland plays an important role in the protection of ecological environment in Shanxi Province. However, under the background of climate change and human activities, the reduction of wetland area, the decrease of biodiversity and the aggravation of pollution are continuing to occur. This paper summarized the distribution area of wetland types, species composition, diversity and research methods of animals, plants and microorganisms in Shanxi, analyzed the problems of wetland area decreasing and serious pollution, put forward some measures, such as “returning farmland to lakes and wetlands”, increasing constructed wetlands, increasing investment in pollution control, and implementing key wetland biodiversity protection projects.

Key words: wetland; species composition; biodiversity; wetland pollution; returning farmland to lakes and wetlands; Shanxi Province

收稿日期:2020-09-27.

资助项目:山西农业大学科技创新基金项目(2015YJ21);山西省自然科学面上基金项目(201801D121262)资助.

第一作者:李静(1994-),女,山西临汾人,硕士研究生. 研究方向为湿地保护与修复. Email:Li1261321112@163. com

责任作者:王春玲(1984-),女,博士,副教授,研究生导师. 主要从事湿地、湖泊生态系统与环境方面研究. Email:wclb6501@126. com

湿地被誉为“地球之肾”,其不仅是自然保护区生态系统的重要组成部分,能有效保护野生动物种群的栖息地或觅食地,而且湿地植物的物种多样性丰富度很高,对于保护区甚至区域性的水源涵养、水土保持、生态平衡的维系和环境的改善等均起到非常重要的作用[1-6]。湿地形成的原因很多,一般来讲,自然湿地除包括一些天然河流所形成的湿地,比如河流湿地、河口湿地等,还包括地壳运动产生的(如平原)和河道摆动形成(河漫滩湿地)的湿地;人工湿地中水库和池塘是其重要的组成部分,是与沼泽相类似的地面,由人类建造并控制其运行,与自然湿地结合发挥着重要作用[7]。20 世纪 80 年代以来,关于湿地生态系统的研究越来越受到重视[8]。山西省位于黄土高原的东边,黄河中游东岸,土地面积达 15.66 万km^2,其中各类型湿地总面积约 1 519 km^2,分布较分散,主要包括河流湿地、河口(内陆)湿地、水库湿地、湖泊湿地、草甸和沼泽湿地等类型,占全省国土面积的 0.97%[9-10]。近些年来,由于人类对湿地保护不够重视、对湿地资源不合理的开发利用,加之自然因素变化等原因,造成山西湿地生态环境出现了各种程度的退化,使其资源功能、生态功能和环境功能均受到严重破坏,局部地区生态环境已面临重度恶化甚至丧失的危险[11]。

1 湿地类型及分布区域

山西省境内的大部分地区属半干旱气候,多年来全省年降水量稳定在 500 mm 左右,湿地仅占全省面积的 0.97%,是湿地资源最缺乏的省份。山西省的湿地主要分布在各河流流域、水库和湖泊以及周围区域,主要包括河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地、人工湿地四大湿地类 12 种湿地型[10,12]。具体分布及类型见表 1。

表 1　山西省重点湿地类型及分布区域

Tab. 1　Types and distribution areas of key wetlands in Shanxi Province

分布区域	所属流域	湿地类型
山西运城湿地自然保护区	黄河	河流湿地、洪泛湿地
山西五鹿山国家级自然保护区	黄河	河流湿地、库塘湿地
山西黑茶山国家级自然保护区	黄河	河流湿地、库塘湿地
山西太宽河省级自然保护区	太宽河	河流湿地
山西庞泉沟国家级自然保护区	文峪河	河流湿地
山西云顶山省级自然保护区	汾河	河流湿地
山西汾河上游省级自然保护区	汾河	河流湿地
山西韩信岭省级自然保护区	汾河	河流湿地
山西霍山省级自然保护区	汾河	河流湿地
山西古城国家湿地公园	黄河	库塘湿地、洪泛湿地
山西芦芽山国家级自然保护区	汾河	河流湿地、沼泽湿地
山西历山国家级自然保护区	黄河	河流湿地、库塘湿地
山西太岳林局七里峪省级湿地公园	汾河一级支流南涧河	河流湿地
山西凌井沟省级自然保护区	凌井河	河流湿地
山西昌源河国家湿地公园	昌源河	河流湿地、库塘湿地
山西阳城蟒河猕猴国家级自然保护区	黄河	河流湿地、库塘湿地
山西千泉湖国家湿地公园	浊漳河	河流湿地、库塘湿地
山西桑干河省级自然保护区	桑干河	河流湿地、洪泛湿地
山西铁桥山省级自然保护区	浊漳河上游	河流湿地、库塘湿地
山西臭冷杉省级自然保护区	滹沱河	河流湿地
山西南方红豆杉省级自然保护区	磨河、门河、龙洼河	河流湿地、库塘湿地
山西灵丘黑鹳省级自然保护区	黄河	河流湿地
山西壶流河湿地省级自然保护区	桑干河	库塘湿地、沼泽湿地

2 湿地研究现状

2.1 生物物种组成

2.1.1 植物物种组成

目前很多研究学者对山西省湿地植物物种组成进行了研究,包括对维管束植物的研究[10,40,41]。据前人研究结果,山西省湿地维管束植物有 79 科 298 属 609 种(包括变种、变型),分别占全省高等植物科、属、种总数的 43.40%、38.45%、22.20%。其中蕨类植物 6 科 6 属 12 种,分别占全省蕨类植物科、属、种的 27.27%、16.67%、12.90%;裸子植物 1 科 1 属 1 种,分别占全省裸子植物科、属、种的 11.11%、6.67%、2.78%;被子植物 72 科 291 属 596 种(其中双子叶植物 55 科 215 属 449 种[10,42],单子叶植物 17 科 76 属 147 种[10,40]),分别占全省被子植物科、属、种的 47.68%、40.19%、22.80%。在这些植物中被列入国家和省级重点保护的湿地植物有 10 种,占湿地植物总数的 1.64%,分别为国家Ⅰ级野生保护植物南方红豆杉(*Axus chinensis var. mairei*)和国家Ⅱ级野生保护植物凹舌兰(*Coeloglossum viride*)、火烧兰(*Epipactis helleborine*)、角盘兰(*Herminium monorchis*)、手参(*Gymnadenia conopsea*)、绶草(*Spiranthes sinensis*)、沼兰(*Malaxis monophyllos*)、野大豆(*Glycine soja*)以及被列入山西省重点保

护野生植物名录的反曲贯众(*Cyrtomium recurvum*)和山茱萸(*Cornus officinalis*)[7,10,41,43]。

2.1.2 动物物种组成

据前人研究成果,山西省共有湿地脊椎动物 26 目 52 科 232 种,约占全省脊椎动物总种数的 42.26%,主要包括两栖类、鸟类、爬行类、哺乳类和鱼类[10,43]。山西省湿地鸟类共有 10 目 25 科 129 种,占全省鸟类总种数(357 种)的 36.13%,其中被列入国家Ⅰ级重点保护动物的有白尾海雕(*Haliaeetus albicilla*)、黑鹳(*Ciconia nigra*)、遗鸥(*Larus relictus*)3 种,被列入国家Ⅱ级重点保护动物的有角䴙䴘(*Podiceps auritus*)、白额雁(*Anser albifrons*)、灰鹤(*Grus grus*)、蓑羽鹤(*Demoiselle crane*)、鸳鸯(*Aix galericulata*)、鹗(*Pandion haliaetus*)、小杓鹬(*Numenius minutus*)、小鸥(*Larus minutus*)、斑嘴鹈鹕(*Pelecanus carbo*)、白琵鹭(*Platalea leucorodia*)、大天鹅(*Cygnus cygnus*)、小天鹅(*Cygnus columbianus*)12 种;两栖动物有 2 目 3 科 6 种,占全省两栖类总种数(13 种)的 46.15%,其中大鲵(*Andriat davidianus*)被《中国濒危动物红皮书》列为极危种;爬行动物有 3 目 7 科 18 种,占全省爬行类总种数(32 种)的 56.25%,其中仓山龙蜥(*Japalura*)、铜蜓蜥(*Sphenomorphus indicus*)为山西省新记录种;鱼类有 9 目 17 科 82 种,其中人工养殖种 16 种,野生种 66 种[10,43]。此外,山西湿地中哺乳类动物有 5 目 10 科 17 种,其中水獭(*Lutra lutra*)是国家Ⅱ级重点保护野生动物;底栖动物有 157 种,分别归属 6 门 10 纲,其中节肢动物门昆虫纲的数量最多;浮游动物有 83 种[9-10]。

2.1.3 微生物物种组成

微生物是湿地生态系统中不可或缺的组成部分,其在物质循环、能量流动、信息传递中扮演着至关重要的角色[44]。目前尚无学者对山西湿地的微生物物种组成及多样性进行相关研究,该研究领域还处于空白状态。

2.2 研究方法

2.2.1 植物物种组成及多样性研究

对于湿地植物物种组成及多样性的研究方法目前已很成熟,物种组成主要采用样方法、样线法等方法,其中样方法得到了最广泛应用[45-47]。样方法是一种最基本的调查取样方法,适用于草本植物、灌木和乔木。一般采用正方形样方,调查时可将样方大小设置为草本植物样方 1~4 m^2[48-49],灌木样方 16~40 m^2,乔木和大型灌木样方 100~200 m^2。

湿地植物的物种多样性测度一般采用 TWINSPAN 分类[50-51]、丰富度指数 R、综合多样性指数(λ,H′)和均匀度指数 E 等方法进行分析[52]。植物群落的种间关系可以采用 χ^2 检验、Pearson 积矩相关系数和 Spearman 秩相关系数检验等方法进行研究[53-55]。植被优势种群的分布格局一般采用方差/均值比(扩散系数)的 t 检验、平均拥挤度、聚集指数、Green 指数、聚块性指数和负二项分布的聚集强度等方法进行分析[56-57]。

2.2.2 动物物种组成及多样性研究

湿地动物物种组成与植物一样主要采用样线法和样方法进行研究。

样线法(Line transect method)指的是在某一个植物群落内部或穿过几个植物群落取一直线,用测量绳或卷尺等工具沿这条直线记录所遇到的植物种类及数量并进行群落结构分析的方法[58]。例如在研究滹沱河湿地石家庄段水鸟群落的结构和多样性时,依据水域面积的大小来决定乘船或步行行进,速度可设为 2~2.5 km /h。此外,在计数时要采用精确计数与估算相结合的方法,对数量比较小的群体可采用直接计数法,对数量比较大的群体可采用“集团统计法”[59]。

在样方法中,针对土壤动物可在每个样区内根据对角线法设置 5 个样点,每个样点可设置大小为 25 cm×25 cm×10 cm 的样方 1 个,采用筛网和手检 2 种方法分别提取该土样中的大型土壤动物和中型土壤动物,并将每个样点所提取的土壤动物分别存放起来,以便做进一步的分析鉴定。对于小型土壤动物可采用漏斗集虫法:先用圆形采样器在各样点从土壤表面垂直向下采集容量为 100 ml 的土样,随后采用烘干法提取获得小型土壤动物;针对草丛动物则可在每个样区内随机设置大小为 4 m×4 m 的样方 1 个,利用昆虫网扫取获得样方里的草丛动物,分别存放起来并带回实验室继续做进一步鉴定并计数[60]。对样本中的动物进行分离并鉴定时,昆虫可鉴定至目,其它动物可用类群表示[61]。最后结果中土壤动物或者草丛动物的数量均用该样区实际采样面积内的数量之和来表示。此外,土壤动物和草丛动物的群落多样性可采用 Shannon-Wiener 指数来进行计算[51,62,63]。

2.2.3 物种与环境之间的关系研究

研究物种和环境因子之间的关系时常需要采用 Canoco 软件进行统计分析[64]。常用的分析方法有:主成分分析 PCA(Principal components analysis),也称主分量分析,目的是利用降维的思想,可以把多指

标转化为少数几个综合指标;典范对应分析 CCA (Component Cost Analysis)[55];去趋势对应分析 DCA(Detrended correspondence analysis)[55];冗余分析 RDA(Redundancy analysis),是一种将回归分析与主成分分析相结合的排序方法,同时还是多响应变量回归分析的拓展,故从概念上来讲,RDA 在某种程度上也是 PCA 分析。对湿地草本植物的优势种群和群落的分布格局进行分析,可以采用除趋势对应分析(DCA)与双项轨迹方差法(TTLQV,Two-term local quadrat variance technique)相结合的方法[5,6,65,66]。

3 湿地存在的问题及解决措施

鉴于湿地生态系统中蕴含有丰富的自然资源,且其中许多自然资源均与人类生活和国民经济建设息息相关,因此,人类对湿地的开发利用已具有悠久历史[11],也相应出现了一些问题。

3.1 湿地面积日趋减少

据 1997 年山西省第一次湿地资源调查数据,全省除盐碱地外的湿地总面积为 21.46 万hm^2,占全省国土总面积的 1.36%;据 2012 年调查结果,全省湿地总面积为 15.19 万hm^2,占全省国土总面积的 0.97%[10]。湿地面积不断减少的主要原因为人类对湿地的盲目开垦、改造以及对水资源的不合理利用[11]。据统计,山西省天然湿地的 40%已经或者正在面临被人类开垦、改造的威胁,一些河流和湖泊也相继被围垦,将要变为农田,加之人类对地下水的超采,使得潜水面不断下降,在其对湿地的顶托作用缺失的同时又缺少地表水的补给,导致湿地出现不断萎缩,甚至即将干涸的可能。据统计,2003 年时山西省湿地面积比 20 世纪 90 年代初约减少 15×10^4 hm^2,平均每年约减少 10 000 hm^2。湿地面积出现萎缩,不但使湿地的调蓄能力降低,整体上加重了洪涝灾害的发生,而且相应带来了生物多样性降低、物种结构发生改变等一系列问题。例如滹沱河两岸原来有 7 560 km^2 河漫滩,近年来由于人类的过度开垦,已使其 90%的河漫滩成为农田,原有的物种种类丰富、结构比较复杂的河漫生态系统已不复存在,取而代之的是结构单一的农田生态系统,不仅造成对景观的严重破坏,而且导致生物多样性严重降低[67]。

3.2 湿地污染严重

以重工业为支柱的产业结构直接导致山西省湿地的严重污染。从历史来看,山西省是一个将煤炭、重化工和冶金产业作为支柱的省份[11,67]。政府和企业并没有足够多的财力投入煤炭、冶金、化工等污水处理工程,加之环保意识不够强,使很多企业直接将未经处理的企业污水排入河流,导致许多湖泊、河流以及水库的生态环境遭到不同程度的污染,最终使河流湿地生态功能受到严重损坏,有的甚至已彻底丧失[11]。例如伍姓湖,位于永济市,是涑水河汇集成的一个天然湖泊,因其上游闻喜县的许多小造纸厂的污水未经处理便直接排入湖中,使本就不断缩小的湖区受到更加严重污染,湖水的富营养化程度愈加严重,原来规模宏大的渔业水产,现已几近捕不到鱼[42];汾河中游的太原段已成为汾河流域污染最严重的河段之一,其河水已变得黑而臭,某些大型化工厂以及小造纸厂 、小煤窑、土法炼焦小厂等排出的污水是其主要污染源[42,67]。河水中酚的含量已远远超过国家的相关标准,汾河灌溉、休闲、改善环境等生态功能已濒临丧失[11,67]。

3.3 解决措施

山西省湿地生物多样性已面临很多方面的威胁,因此,保护湿地生物多样性将是山西省经济以及环境、资源可持续发展所要面临的严酷现实,同时这也是政府主管部门面临的当务之急。采取积极措施全面开展湿地生物多样性保护已急不可待[9]。

面对山西省湿地丧失速度不断加快的现状,可采取“退耕还湖还湿”政策,按照计划将一些产量较低的农田分期分批地进行退湖或退湿,人工恢复河漫滩和湖泊等类型的湿地[11]。例如,可以在黄河中游、滹沱河中上游和伍姓湖等仍然残留部分香蒲沼泽地、芦苇沼泽的地方率先开始实施退耕还湿,尽快恢复其原有植被[35]。还可考虑将一些不能立刻退耕还湖或还湿的农田开辟为稻田或鱼塘,从而增加人工湿地面积。此外,对于各种类型的草甸湿地可采取不同的放牧政策,例如,采用轮牧制,将夏秋季牧场和冬春季牧场设定为不同的区域,使草甸湿地的自然资源有休养生息的机会,从而促进饲草资源的可持续利用[43]。

企业排放的废水是造成山西省湿地生态环境污染、恶化甚至丧失的首要原因,因此,加强相关企业的环保意识,增加其对治污资金的投入,尽可能地实现污水达标后再排放,是使湿地生态环境得以恢复的首要措施。对已经受到污染的湿地要加快治理进度,不经处理的企业污水禁止直接排放;对净化处理能力不足或污水超标的企业应立即关停并转,促使湿地生态环境逐渐得到改善,从而利于提高湿地生

物多样性[11]。据了解,山西省对污染比较严重的汾河已着手进行治理,这对汾河流域湿地生物多样性保护和恢复无疑是一项重大举措[67]。据报道,洪洞县在 1999 年一年就关闭了向汾河直接排放企业污水且年产量比较小的造纸厂达 13 家,并且已督促用水实行闭路循环的洗煤厂达 56 家,山西焦化厂和山西维尼纶厂已实现污水达标排放,使汾河流域洪洞段的生态环境得到显著改善[11]。

加强湿地生物多样性的保护与管理,因地制宜地建立各种湿地类型的自然保护区、湿地公园、保护小区及其他保护形式,实施湿地生物多样性重点保护工程,采取多种行之有效的措施和对策,可有效遏制湿地及其生物多样性的丧失和生态功能的退化[10,67]。政府应加大对湿地保护的投入,定期拨款进行湿地保护与管理活动,推动现有湿地自然保护区的运转,并尽快筹建新的湿地自然保护区[42]。

4 湿地未来研究趋势

综上所述,山西省湿地研究内容比较单一,大多数学者集中于对湿地植物物种多样性研究,而对湿地动物物种多样性的研究相对较少,对湿地微生物物种多样性的研究还处于空白状态,因此,今后的研究应着重湿地动物物种多样性和微生物物种多样性及其与环境因子之间的关系研究,进而更深度地了解湿地物种多样性,为山西省湿地保护和修复重建提供科学依据和支撑。

参考文献:

[1] 吴东丽. 山西滹沱河流域湿地植被生态学研究[D]. 太原:山西大学,2003.

[2] 庞云祥. "地球之肾"—我国湿地的现状与生态恢复[J]. 科技信息(学术研究版),2007(24):383,385.

[3] 赵兴华. 保护"地球之肾"—湿地[J]. 地球,2005(6):9.

[4] 宋伯为,王汝清,连俊强,等. 壶流河湿地自然保护区生物多样性研究[J]. 山西大学学报(自然科学版),2009,32(1):144-147.

[5] 刘瑞芳,庞春华,赵安芳. 汾河临汾段湿地植被的数量分类和排序[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版),2007,20(3):321-324.

[6] 王君霞,李素清,武冬梅. 晋阳湖湿地植物群落的数量分类与排序研究[J]. 太原师范学院学报(自然科学版),2010,9(1):121-125.

[7] 张凤正. 当涂县湿地的形成与演变[J]. 江西农业,2018(2):64-64.

[8] MITSCH W J,GOSSELINK J G. The value of wetlands:importance of scale and landscape setting[J]. Ecological Economics,2000,35(1):25-33.

[9] 张峰,上官铁梁,张龙胜. 山西省湿地生物多样性及其保护[J]. 地理科学,1999,19(3):216-219.

[10] 王文宇,邓乃平. 中国湿地资源—山西卷[M]. 北京:中国林业出版社,2015.

[11] 张峰. 山西湿地生态环境退化特征及恢复对策[J]. 水土保持学报,2004,18(1):151-153.

[12] 王晓宇. 山西湿地资源利用与保护[J]. 水资源与水工程学报,2006,17(3):55-57.

[13] 赵天樑. 运城湿地自然保护区生物多样性及其保护[J]. 山西大学学报(自然科学版),2005,28(1):101-105.

[14] 赵文强. 山西运城湿地省级自然保护区鸟类多样性研究[D]. 太原:山西大学,2016.

[15] 刘晓宁. 五鹿山国家级自然保护区自然生态质量评价[D]. 太原:山西师范大学,2013.

[16] 张晓玲,景慎好. 五鹿山国家级自然保护区生物多样性研究与发展对策[J]. 山西农业科学,2011,39(7):696-698.

[17] 赵海民. 黑茶山国家级自然保护区油松林资源调查研究[J]. 山西林业,2020(1):24-25.

[18] 李建平. 山西黑茶山国家级自然保护区保护价值评价[J]. 山西林业,2016(2):10-11,23.

[19] 张增元. 太宽河省级自然保护区把政风行风评议贯穿于林业建设中[J]. 安徽农学通报(下半月刊),2009,15(22):118-119.

[20] 张二芳. 山西庞泉沟自然保护区苔藓植物区系研究[D]. 石家庄:河北师范大学,2007.

[21] 刘海强,刘莹,张峰,等. 山西云顶山自然保护区野生资源植物研究[J]. 山西大学学报(自然科学版),2013,36(1):133-138.

[22] 王跃文. 山西汾河上游省级自然保护区管理问题及对策建议[J]. 绿色科技,2019(20):29-30.

[23] 王家林. 山西韩信岭省级自然保护区当前管理现状、存在的问题及对策[N]. 科学导报,2014-11-21(C03).

[24] 郑丹. 山西霍山自然保护区功能区调整后植被生态特征研究[D]. 太原:山西大学,2019.

[25] 薛爱爱. 山西古城国家湿地公园生物多样性及保护研究[J]. 山西农业科学,2018,46(6):998-1000.

[26] 张志娟. 山西省垣曲古城国家湿地公园湿地资源评价[J]. 内蒙古林业调查设计,2018,41(6):47-48,13.

[27] 吴丽荣,郭建荣. 山西芦芽山国家级自然保护区黑啄木鸟的种群密度和繁殖习性[J]. 野生动物,2012,33(1):23-25.

[28] 李燕芬. 山西历山国家级自然保护区猕猴栖息地植物多样性及食源植物研究[D]. 太原:山西师范大

学,2016.
[29] 白日军. 山西太岳山七里峪省级湿地公园生态系统评价及保护对策[J]. 内蒙古林业调查设计,2016,39(5):61-63.
[30] 李宝堂. 山西凌井沟自然保护区生物多样性研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(17):8085-8086.
[31] 吴萍萍. 山西昌源河国家湿地公园动物多样性调查[J]. 内蒙古林业调查设计,2016,39(2):63-64,97.
[32] 张建军. 山西阳城蟒河猕猴国家级自然保护区两栖爬行动物多样性及保护[J]. 野生动物学报,2019,40(4):969-978.
[33] 贾菊媛. 山西千泉湖国家湿地公园生态景观林营建技术[J]. 中国园艺文摘,2018,34(3):117-118.
[34] 史文中. 浅谈山西桑干河省级自然保护区的建立与发展[J]. 山西林业科技,2015,44(2):46-47.
[35] 张丽平. 山西铁桥山省级自然保护区野生动物多样性调查[J]. 山西林业,2019(5):14-15.
[36] 曹芹. 山西臭冷杉省级自然保护区建设与管理探讨[J]. 山西林业,2016(1):28-29.
[37] 廉敏,铁军. 山西陵川南方红豆杉自然保护区鹅耳枥植物群落谱系结构特征[J]. 生态学报,2020,40(7):2267-2276.
[38] 王春,张智,赵明,等. 山西灵丘黑鹳省级自然保护区冬季鸟类资源调查[J]. 现代农业科技,2010(21):343-344.
[39] 武文静. 山西壶流河湿地省级自然保护区保护开发与综合效益分析[D]. 太原:山西农业大学,2018.
[40] 上官铁梁,张峰. 山西湿地维管植物区系多样性研究[J]. 植物研究,2000,20(3):275-281.
[41] 王璐,鹿宝莲,田晓波,等. 山西省自然保护区中的湿地种子植物区系组成特征[J]. 湿地科学,2014,12(3):299-305.
[42] 赵惠玲,王青,张龙胜. 山西湿地生物多样性及保护对策研究[J]. 山西林业科技,2005(2):15-18.
[43] 张峰,上官铁梁. 山西湿地资源及可持续利用研究[J]. 地理研究,1999,18(4):420-427.
[44] 周元清,李秀珍,李淑英,等. 不同类型人工湿地微生物群落的研究进展[J]. 生态学杂志,2011,30(6):1251-1257.
[45] 王洪亮,张峰. 山西芦芽山国家级自然保护区生物多样性保护与管理[M]. 北京:中国林业出版社,2017.
[46] 张峰,吴应建. 中条山常见植物[M]. 北京:中国林业出版社,2015.
[47] 王涛,樊建文,张永香. 介休汾河国家湿地公园植物资源研究[J]. 山西农业科学,2018,46(1):91-94.
[48] 张峰,高翠莲,上官铁梁,等. 滹沱河湿地狭叶香蒲群落生物量研究[J]. 山西大学学报(自然科学版),2000,23(4):347-349.
[49] 葛宏杰,张峰. 汾河中下游湿地植被物种多样性研究[J]. 西部林业科学,2008(2):29-33.
[50] MARCENÒ C,GUARINO R,LOIDI J,et al. Classification of European and Mediterranean coastal dune vegetation[J]. Applied Vegetation Science,2018,21(3):533-559.
[51] 秦晓娟,高璐,邓永利,等. 山西平陆黄河湿地植物功能群划分[J]. 山西大学学报(自然科学版),2014,37(3):454-460.
[52] 吴东丽,上官铁梁,张金屯,等. 滹沱河流域湿地植被的物种多样性研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2006,42(2):195-199.
[53] BASKAR S, DHULIPALA V R S, SHAKEEL P M, et al. Hybrid fuzzy based spearman rank correlation for cranial nerve palsy detection in MIoT environment[J]. Health and Technology,2019(2):1-12.
[54] 刘丽艳,张峰. 山西桑干河流域湿地植被优势种群种间关系研究[J]. 生态环境学报,2006,15(6):1278-1283.
[55] 田益珲. 山西沁河上游湿地植被数量生态研究[D]. 太原:山西大学,2018.
[56] HUSSAIN Z, ASLAM M, ASGHAR Z. On Exponential Negative-Binomial-X Family of Distributions[J]. Annals of Data Science,2019,6(4):651-672.
[57] 武玉珍,张峰. 山西桑干河流域湿地植被优势种群分布格局研究[J]. 植物研究,2006,26(6):735-741.
[58] FRAVER S, DUCEY M J, WOODALL C W, et al. Influence of transect length and downed woody debris abundance on precision of the line-intersect sampling method[J]. Forest Ecosystems,2018,5(1):39.
[59] 孙砚峰,李剑平,李巨勇,等. 滹沱河湿地石家庄段水鸟群落结构及多样性[J]. 四川动物,2012,31(2):297-302.
[60] YIN W Y. Studies on soil animals in subtropical China.[J]. Agriculture Ecosystems and Environment,1997,62(2-3):119-126.
[61] ZHONG L,ZHAO Q. Organic carbon content and distribution in soils under different land uses in tropical and subtropical China[J]. Plant and Soil,2001,231(2):175-185.
[62] SILVA D R O,HERLIHY A T,HUGHES R M,et al. An improved macroinvertebrate multimetric index for the assessment of wadeable streams in the neotropical savanna[J]. Ecological Indicators,2017,81:514-525.
[63] BANO S,KHAN S M,ALAM J,et al. Eco-floristic studies of the Beer Hills along the Indus River in the districts Haripur and Abbottabad, Pakistan[J]. Saudi Journal of Biological Sciences,2018,25(4):801-810.

(下转第 125 页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 021

文峪河流域景观安全格局构建与健康度评价

安冠霖,郭晋平
(山西农业大学林学院,山西 太谷 030801)

摘要:选取文峪河流域为研究对象,利用 GIS 等软件综合自然、社会评价因子,从多个角度构建流域景观安全格局,分析流域景观安全格局的结构特征、转移动态、空间分布以及景观安全指数与人口密度、经济总量、生态系统服务的相关性;利用 Linkage Mapper 软件分析景观源与生态廊道的重要性,从多角度、多因子构建流域健康度评价体系,并分析流域健康格局的结构特征、转移动态、梯度分布、驱动机制,以及健康指数与人口密度、经济总量、生态系统服务的相关关系。研究结果表明,文峪河流域景观安全格局结构特征及转移动态变化复杂,流域景观安全格局结构整体向好,景观安全指数与经济总量、人口密度、生态系统服务之间存在密切的相关关系,不同景观源与生态廊道的生态重要性不同,提出"一带三区三轴多点"的生态框架对景观格局进行优化;文峪河流域健康格局结构特征及转移动态变化复杂,流域健康格局结构向好,城区与林区的健康度梯度不同,健康指数与经济总量、人口密度、生态系统服务之间存在密切的相关关系,不同驱动因子对健康度的驱动作用不同。流域景观安全区面积与景观健康区面积的增加已趋于饱和,应加强对流域的研究与保护,促进流域的可持续发展。

关键词:景观安全格局;景观健康度;生态廊道;生态框架;文峪河流域

中图分类号:S718. 542;S718. 557 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0114-12

引文格式:安冠霖,郭晋平. 文峪河流域景观安全格局构建与健康度评价[J]. 林业调查规划,2021,46(3):114-125. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 021

AN Guanlin,GUO Jinping. Landscape Security Pattern Construction and Health Assessment of Wenyu River Basin[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):114-125. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 021

Landscape Security Pattern Construction and Health Assessment of Wenyu River Basin

AN Guanlin, GUO Jinping
(Forestry College, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China)

Abstract: This paper integrated natural and social evaluation factors by GIS and other software to construct the landscape security pattern of Wenyu River basin from multiple perspectives, analyzed the correlation between structural characteristics, transfer dynamics, spatial distribution, landscape security index and population density, economic aggregate and ecosystem services, illustrated the importance of landscape source and landscape ecological corridor by Linkage Mapper, and constructed the evaluation system

收稿日期:2020-06-02.

第一作者:安冠霖(1993-),男,山西平遥人,硕士研究生. 研究方向为风景园林. Email:1320718403@qq. com

责任作者:郭晋平(1963-),男,山西原平人,博士生导师. 从事景观生态学、森林生态学、森林资源教学研究工作。

of watershed health degree from multiple perspectives and factors to analyze the structural characteristics, transfer dynamics, gradient distribution, driving mechanism, as well as the correlation between health index and population density, economic aggregate, ecosystem services. The results showed that the landscape security pattern structure characteristics and transfer dynamic changes in Wenyu River basin were complex, and the overall landscape security pattern structure was better. There was a close relationship between landscape security index and economic aggregate, population density, ecosystem services. Different landscape sources and ecological corridors had different ecological importance. The ecological framework of "one belt, three areas, three axes and many points" was proposed to optimize the landscape pattern. The structural characteristics and dynamic changes of health pattern in Wenyu River basin were complex, the structure of health pattern was good. The gradient of health degree in urban area and forest area was different. There was a close relationship between health index and economic aggregate, population density, ecosystem services. The driving effect of different driving factors on health degree was different. The increase of landscape safety area and landscape health area in the basin had been saturated, so the research and protection should be strengthened to promote the sustainable development of the basin.

Key words: landscape security pattern; landscape health; ecological corridor; ecological framework; Wenyu River Basin

流域景观生态安全格局是指维护流域生态系统的结构和过程完整的关键性空间结构关系。流域健康是流域生态安全与稳定的重要表征。随着人类活动的增加,生态压力日益显著[1]。景观生态安全格局是指景观格局中某些重要的节点、位置和空间关系构成的潜在联系,对维持生态系统正常的功能、结构及过程,保证生态系统的稳定与平衡具有重要作用[2]。生态廊道是物种迁徙、能量流动、信息传递的重要通道。目前景观生态安全格局的研究多通过分析区域景观的结构、功能、效益,调整景观利用类型的布局及数量,实现区域景观格局优化。常用的分析模型有迁徙复合模型以及最小阻力模型等[3]。流域健康度评价是基于地理学、生态学、环境学等学科分析区域生态格局与过程的健康程度。目前研究方向主要集中于两大方面:一是构建模型评价流域生态健康格局,二是对流域生态危害、风险和价值进行评估[4]。常用的方法有:综合指数法、模糊评价法、暴露—响应模型、系统聚类等方法[5]。文峪河流域近年来景观变化复杂、造成的影响日益显著。选取文峪河流域进行景观安全格局的构建与优化及流域健康度评价的目的在于为中西部小流域的相关研究提供补充,为文峪河流域的保护和开发提供科学依据。

1 研究区概况

文峪河是汾河中游重要的一级支流,发源于山西省交城县关帝山林区的庞泉沟自然保护区,流经交城县、文水县、汾阳市、于孝义市境内汇入汾河,流域面积 5 006.24 km^2,河流长度 155 km。地理坐标为东经 111°21′06″~112°19′34″,北纬 36°56′42″~37°53′38″。流域属暖温带大陆性半干旱气候区。地形复杂、山体陡峭,各处气温、降水差异较大,年均温 3~7℃,高海拔区较寒冷,低山谷地温和,7 月均温 17.5℃,1 月均温-10.2℃,极端低温-29.1℃;年均降水量 450~700 mm,年蒸发量 1 600~1 800 mm,相对湿度 70.9%,≥0℃积温 2 100℃,无霜期 100~130 d,日照时间 1 900~2 200 h。流域内土壤、植被类型众多[6]。

2 数据与方法

2.1 数据来源与预处理

1)矢量及文献数据:流域范围内极端降雨数据,流域范围内河流、道路、铁路、城镇、景区、地质灾害易发区、历史地震发生区、地质构成及岩性的矢量数据。

2)栅格及统计数据:基于 ENVI 监督分类获取流域 2000—2018 年的 5 期土地利用数据[7]。本文使用的景观评价因子数据分为自然系统评价因子、社会系统评价因子以及区位评价因子。自然评价因子包括:地形地貌因子、植被因子、土壤因子、生态因子、气候因子。社会评价因子包括:经济因子、人口因子、产业结构因子。

以上数据来源于国家地球系统科学数据中心、中科院资源环境科学数据中心、地理空间数据云、流

域各县市统计部门。获取源数据后基于 GIS 的栅格数据处理流程以及 MODIS 遥感数据处理流程完成评价因子的制作。

2.2 景观安全格局的构建与分析

2.2.1 景观安全格局的构建

本次景观综合安全格局的建立基于流域雨洪安全格局、水源保护安全格局、生物多样性安全格局、水土流失安全格局、地质灾害安全格局、景观适宜性安全格局、景观文化安全格局。雨洪安全格局的建立基于 SCS 模型,SCS 模型基于径流系数与降雨量估算地表产流量。SCS 模型计算公式为:

$$Q=\frac{(R-I_s)^2}{(R-I_s+S)}$$

式中:Q 为地表产流量,R 为降雨量,I_a 为降雨初损,S 为储流系数[8]。利用 GIS 求出不同极端条件降雨下的淹没区域并赋予不同的安全得分。

水源保护安全格局、水土流失安全格局、地质灾害安全格局、景观适宜性安全格局的构建运用 AHP 层次分析法求出各影响因子的权重并使用综合指数法与加权叠加法构建相应的景观安全格局[9]。

综合指数法是将原始数据使用一定的统计方法构造便于横向比较的综合性的指标[10]。

$$S=f((x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n)$$

式中:S 为安全格局得分;$x_i(i=1,2,3,\cdots,n)$ 为评价的一组变量,将各因子于 GIS 中以景观安全为目标导向赋予不同的安全得分。利用 GIS 将各因子加权叠加,将安全格局等级最终分为:很安全、较安全、基本安全、不安全、极不安全[11]。

加权叠加法采用的计算公式为:

$$S=\sum_{i=1}^{n} w_i x_i$$

式中:w_i 为各因子所占的权重,x_i 为各评价因子的景观安全得分。

水源保护安全格局依据距离水源的距离划分赋予安全得分。

水土流失安全格局的评价因子主要包括:地形、降雨、土壤类型、地表植被覆盖度、土地利用、LST(地表温度)、ET(地表蒸散发)、平均风速(表 1)。

表 1 文峪河流域水土流失安全格局评价因子权重及赋值

Tab. 1 Evaluation factor weight and assignment of soil erosion security pattern in Wenyu River basin

评价因子	降雨	地形	土壤类型	植被覆盖度	土地利用类型	LST	ET	平均风速
权重	0.04	0.30	0.04	0.20	0.30	0.04	0.04	0.04
土地类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地		
赋值	4	5	3	2	4	1		

地质灾害安全格局的评价因子包括:降雨条件、地形因子、地质构成及岩性、植被覆盖度、历史地质灾害点、地震点等(表 2)。

表 2 地质灾害安全格局评价因子权重

Tab. 2 Evaluation factor weight of geological hazard security pattern

评价因子	地形因子	植被覆盖度	降雨因子	地质构成及岩性	地质灾害历史数据
权重	0.25	0.15	0.05	0.20	0.35

景观适宜性安全格局的评价因子包括:气候、地形、土壤、土地覆被、生态服务、植被覆盖、区位条件等(表 3)。

表 3 景观适宜性安全格局评价因子及其权重与赋值

Tab. 3 Evaluation factor weight and assignment of landscape suitability security pattern

评价因子	气温	降雨	高程	坡度	生态系统服务	土地利用	NPP	NDVI	城镇距离	道路距离	水域距离
权重	0.08	0.05	0.10	0.12	0.15	0.20	0.05	0.05	0.07	0.08	0.05
土地类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地					
适宜度	3	5	4	3	1	1					

生物多样性安全格局的评价因子包括:地形、土地利用、生态系统服务、植被覆盖、区位条件(表 4)。将高安全得分的生境提取为景观“源”。基于最小阻力模型(MCR)构建生物多样性安全格局(表 5)。

MCR 模型计算公式为:

$$\mathrm{MCR}=f\times\min\sum_{j=n}^{i=m}(D_{ij}\times R_i)$$

式中:MCR 是从源 j 扩散到空间某点的最小累积阻

力。f 是反映 MCR 与变量($D_{ij}\times R_i$)之间正比关系的函数。D_{ij} 是目标单元从源 j 扩散到空间某点穿过景观 i 的距离。R_i 是景观表面 i 对景观流向某个方向扩散的阻力[12]。

表 4　生物多样性安全格局各评价因子权重与赋值

Tab. 4　Evaluation factor weight and assignment of biodiversity security pattern

评价因子	土地利用	高程	坡度	生态系统服务	NPP	NDVI	距城镇距离	距水域距离	距河流距离
权重	0.42	0.07	0.05	0.11	0.03	0.04	0.15	0.08	0.05
土地类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地			
适宜性值	3	5	4	3	1	2			

表 5　生物多样性安全格局阻力面评价因子权重与赋值

Tab. 5　Evaluation factor weight and assignment of biodiversity security pattern resistance

评价因子	土地利用	高程	坡度	距城镇距离	距水域距离	距河流距离
权重	0.45	0.12	0.17	0.13	0.05	0.08
土地类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
赋值	3	1	2	2	5	4

利用现有的景观文化点、面数据作为源。基于最小阻力模型构建流域景观文化安全格局。

对以上多个景观安全格局进行加权叠加即可获取流域的综合景观安全格局(表 6)。

表 6　综合景观安全格局构成因子权重

Tab. 6　Factor weight of landscape comprehensive security pattern

构成元素	景观适宜性格局	雨洪安全格局	水源保护安全格局	文化安全格局
权重	0.35	0.05	0.05	0.05
构成元素	水土流失安全格局	地质灾害安全格局	生物多样性安全格局	
权重	0.05	0.2	0.25	

2.2.2 景观安全格局的分析与优化

利用 GIS 中获取景观安全格局的数量结构、等级转移数据,并计算 Moran's I 指数分析流域安全格局的空间分布特征[13]。利用 GIS 进行随机抽样,将景观安全得分、GDP、人口密度、总生态系统服务的数据提取至 GIS 并导入至 SPSS。利用 SPSS 的相关分析模块研究安全格局指数与景观安全度、GDP、人口密度、总生态系统服务的相关性[14]。

在综合景观安全格局中提取高安全得分的区域为景观"源",利用上文所述阻力面基于最小累积阻力与欧式距离加权模型于 Linkage 构建流域内各景观"源"地间的生态廊道,并计算各生态源地与生态廊道的中心度。中心度的计算基于图论,统计每个景观"源"与生态廊道的累积通量,该通量值的大小反映了其中心度的大小。中心度越高,则该位置的景观"源"或廊道的生态重要性越高,其消失会严重影响区域物种迁徙和物质流动[15]。

2.3 景观健康度评价模型的构建与分析

2.3.1 景观健康度评价模型的构建

健康度评价模型主要利用综合指数法,基于景观生产力、景观组织结构、景观干扰、景观弹性、景观服务、景观安全格局等因子构建。基于 GIS 将流域划分为 545 个格网小区。

景观生产力评价因子的计算基于迈阿密模型:

$$N_i=\frac{3000}{1+\exp(1.315-0.119t)}$$

$$N_R=\frac{3000}{1-\exp(-0.00066R)}$$

$$N=\min(N_i,N_R)$$

式中:t 为年均温,R 为年均降水量。

基于 GIS 统计每一个格网小区内的气温、降雨平均值,计算各格网小区的景观生产力指数并将计算结果离差标准化[16]。

基于 GIS 将土地利用数据沿格网分割,并于 Fragstats 计算各格网小区景观格局的多样性、均匀度、内聚力、景观修正聚合度、形状指数。将景观格局指数计算结果进行离差标准化并加权叠加。景观多样性、景观均匀度、景观内聚力、景观聚合度为加权相加的关系,景观形状指数为加权相减的关系[17]。最终计算结果代表了每个格网小区的景观组织结构(表 7)。其中景观修正聚合度的计算公式为:

$$H=\frac{\mathrm{CONTAG}+\mathrm{AI}-\mathrm{DIVISION}\times 100-\mathrm{SPLIT}\times 100}{2}$$

、

景观干扰评价因子、景观弹性评价因子、景观服务评价因子的计算基于格网小区中不同景观类型景观干扰、景观弹性、景观服务的得分。

表 7 景观组织结构评价因子权重

Tab. 7 Evaluation factor weight of landscape organization structure

景观组织结构	景观多样性	景观均匀度	景观内聚力	景观聚合度	景观形状指数
权重	0.06	0.12	0.27	0.48	0.07

$$F_i = \sum U_i \times E_i$$

式中：F_i 为某一格网小区景观干扰/景观弹性/景观服务的得分；U_i 为某一景观类型的景观干扰/景观弹性/景观服务指数；E_i 为某景观类型在某格网小区的面积。其中某景观类型的景观干扰指数等于某景观类型转移面积与流域总面积之比。景观弹性与服务的赋值如表 8 所示[18]。对以上数据进行计算、离差标准化并加权叠加。

表 8 不同景观类型单位面积景观弹性指数与景观生态服务指数

Tab. 8 Landscape elasticity index and landscape ecological service index per unit area of different landscape types

景观类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	其他用地
景观弹性值	5	9	7	3	4	1
景观服务值	1.22	8.17	2.66	1.15	15.8	0.22

将综合景观安全格局在 GIS 中离差标准化。将景观生产力、景观组织结构、景观干扰度、景观弹性度、景观服务功能计算结果按照表 9 进行加权叠加并依据格网编号导入 GIS，在 GIS 中进行插值。将加权后的综合景观安全格局与插值结果叠加即可得到研究区健康度评价专题地图[19]。使用一致的分类标准将流域健康等级划分为：很健康、较健康、基本健康、不健康、极不健康[20]。

表 9 流域健康度评价各因子权重

Tab. 9 Evaluation factor weight of watershed health

构成元素	景观生产力	景观组织结构	景观干扰度	景观弹性度	景观服务功能	景观安全格局
权重	0.05	0.28	0.14	0.05	0.10	0.38

2.3.2 景观健康度评价结果分析

利用 GIS 获取各时期景观健康度的数量结构以及等级转移情况。

基于 GIS 随机抽样将健康度指数、人口密度、GDP、总生态系统服务的值提取并导入 SPSS 中进行相关性分析。通过相关性分析可以判断流域景观健康度与人口密度、GDP、总生态系统服务的空间耦合关系，从侧面可以反映健康度格局的拟合精度。利用 GIS 计算流域范围内的 Moran's I 指数。通过 Moran's I 指数反映空间景观健康格局的空间分布特征。

利用 GIS 沿城市—林区的方向创建梯度线要素，将景观健康度的值提取并导出。依据表中数据对梯度变化进行绘图得到景观健康度的梯度变化曲线[21]。

利用 GIS 沿格网提取离差标准化及加权后的景观安全指数。将该数据与已经计算的 545 个格网的健康度得分、景观生产力、组织结构、干扰度、弹性度、服务功能数据导入至 Origin 选取最佳的数学模型进行数据拟合分析并计算拟合优度 R2。各驱动因子的 R2 即各驱动因子对健康度指数以及拟合模型的影响程度与贡献程度。该影响与贡献程度可理解为各驱动因子对健康度指数的驱动作用。

3 结果与分析

3.1 景观安全格局结果与分析

得到 2000—2018 年 5 期景观安全格局如图 1 所示。

从图 1 可以看出，河谷平原地区以及核心林区景观安全等级较高，而地形复杂、格局破碎的景观界面处景观安全等级较低。高景观安全得分区域沿谷地与河流分布的特征明显。

文峪河流域 2000—2018 年景观安全格局数量结构如表 10 所示。

表 10 2000—2018 年文峪河流域景观安全格局数量结构

Tab. 10 Quantitative structure of landscape security pattern in Wenyu River basin from 2000 to 2018

年份	极不安全区	不安全区	基本安全区	较安全区	很安全区	总计
2000 年	43.56	274.86	925.27	2454.83	1307.73	5006.24
2005 年	43.59	272.16	922.21	2455.73	1312.55	5006.24
2010 年	27.20	243.69	935.11	2489.28	1310.96	5006.24
2015 年	21.87	175.24	825.53	2605.36	1378.23	5006.24
2018 年	27.78	214.53	875.80	2547.30	1340.83	5006.24

由表10可知，极不安全区面积呈波动变化，整

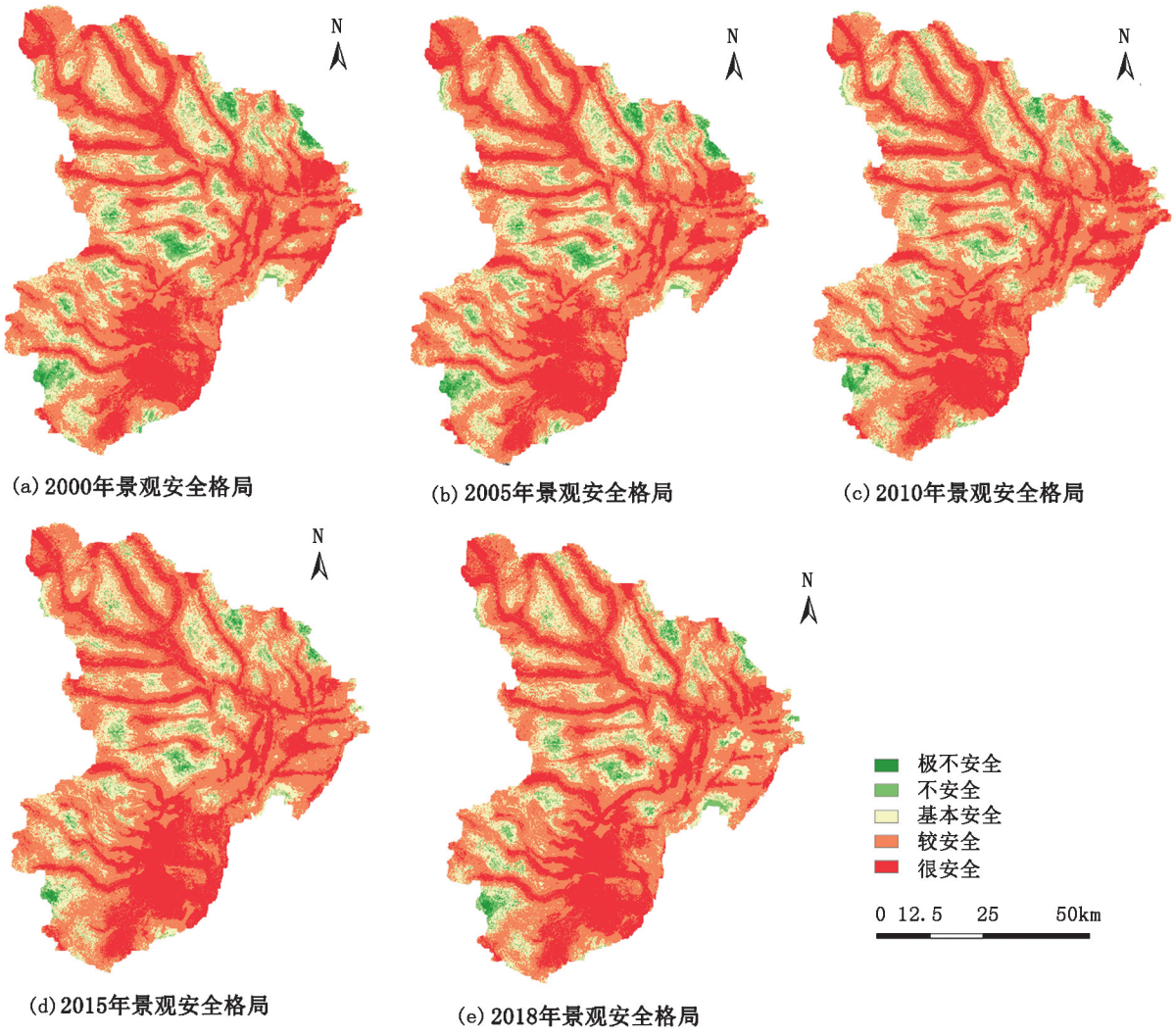


图 1　文峪河流域 2000—2018 年景观安全格局

Fig. 1　Landscape security pattern of Wenyu River basin from 2000 to 2018

体上面积下降;不安全区面积呈先下降后上升的趋势,整体上面积下降;基本安全区的面积呈波动趋势,整体上面积下降;较安全区的面积呈先上升后下降的趋势,整体上面积增加;很安全区的面积呈波动趋势,整体上面积增加。文峪河流域 2000—2018 年景观安全格局等级转移矩陈如表 11 所示。

由表 11 可知,极不安全区对不安全区为净支出,对基本安全区为净支出,对较安全区为净支出,与很安全区无相互转化;不安全区对基本安全区为净支出,对较安全区为净支出,对很安全区为净收入;基本安全区对较安全区为净支出,对很安全区为净收入;较安全区对很安全区为净支出。文峪河流域的景观安全格局转移情况复杂,既存在低安全等级向高安全等级的转化;也存在反向转换。安全区面积(基本安全区、较安全区、很安全区)整体增加 76.10 km^2,整体认为流域安全格局结构向好。

表 11　2000 与 2018 年文峪河流域景观安全格局等级转移矩阵

Tab. 11　Transfer matrix of landscape security pattern in Wenyu River basin in 2000 and 2018　km^2

2000 年	2018 年					
	极不安全区	不安全区	基本安全区	较安全区	很安全区	总计
极不安全区	17.24	20.68	5.37	0.24	0.00	43.53
不安全区	8.76	135.69	119.77	10.62	0.00	274.83
基本安全区	1.72	51.50	593.27	278.60	0.14	925.23
较安全区	0.06	6.64	156.01	2047.61	244.54	2454.87
很安全区	0.00	0.02	1.38	210.22	1096.15	1307.78
总计	27.78	214.53	875.80	2547.30	1340.83	5006.24

景观安全格局 Moran’s I 指数及与相关因子的相关分析如表 12 所示。

表 12 景观安全格局 Moran’s I 指数及与相关因子的相关分析

Tab. 12 Moran’s I index of landscape security pattern and the correlation with related factors

年份	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2018 年
Moran’s I	0. 558266	0. 589063	0. 506435	0. 522391	0. 582561
因子	GDP		人口密度分布		生态系统服务
相关系数	0. 463		0. 476		0. 346

由表 12 中 Moran’s I 指数可知，流域景观安全格局的空间自相关性较强，能以 99. 99% 以上的置信水平认为流域景观安全格局的空间分布存在高安全等级与高安全等级、低安全等级与低安全等级的空间集聚性特征。由相关系数可知：在数值上景观安全格局得分与以上因子呈较为明显的正相关关系。由于相关分析建立在空间随机取样的基础上，因此，同样可以认为空间分布上 GDP、人口密度分布、生态系统服务与景观安全指数具有正向相关性。

于 Linkage 绘制区域生态廊道并计算生态廊道与景观源地的中心度，结果如图 2 所示。

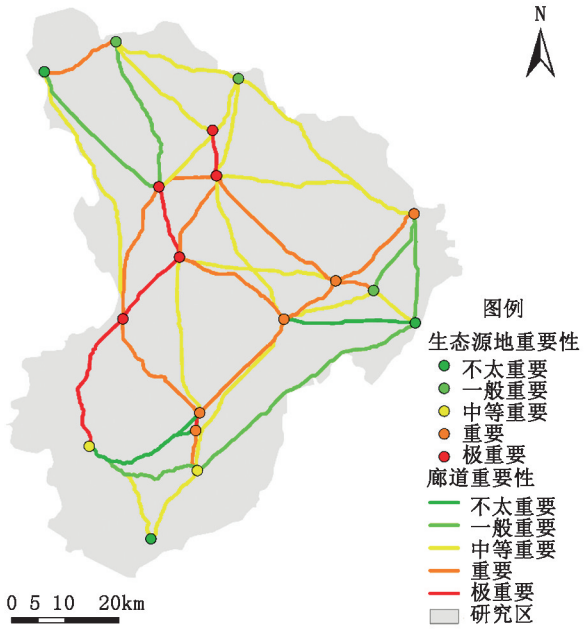


图 2 文峪河流域景观源地与生态廊道重要性

Fig. 2 Importance of landscape source and ecological corridor in Wenyu River basin

由中心度计算结果可知，位于林地核心地带的景观源地生态重要性最高，位于河谷平原地带的源地重要性较高，位于流域边缘地带的源地生态重要性较低，流域中部及重要源地之间的廊道中心度较高，流域边缘区域及次要源地间的廊道中心度较低。

河谷平原区景观源地与流域边缘区景观源地的重要性仍需提高，可以通过加强连接或者提升源地质量实现。极重要景观源地与重要景观源地、流域中心区景观源地与流域边缘区景观源地之间的联系仍然较为薄弱，应建立踏脚石系统或增加廊道数量或提升廊道质量予以改善。基于重要生态斑块和生态廊道结合文峪河流域景观格局、土地覆被、地形以及国家政策，提出文峪河流域“一带三区三轴多点”的景观生态优化框架如图 3 所示。

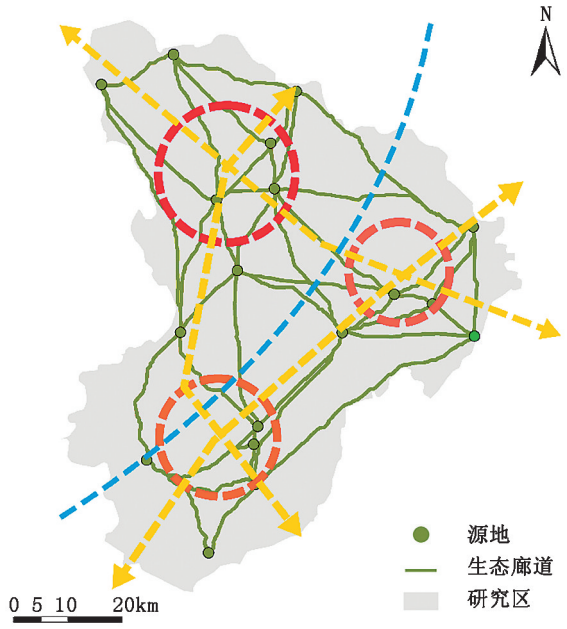


图 3 文峪河流域景观格局优化策略

Fig. 3 Optimization strategy of landscape pattern in Wenyu River basin

一带主要指林带；三区分别为关帝山国家森林保护区、汾阳孝义景观源地区、文水交城景观源地区；三轴是以生态廊道结合流域大型绿地水体组成的景观生态轴线；多点是指分散在流域各处面积不一的各类生态源地。应努力扩大生态源地面积，并将孤立的源地纳入流域整体生态网络框架中，加强流域生态格局的连接性与整体性。

3. 2 流域健康度评价结果与分析

文峪河流域 2000—2018 年 5 期健康度评价专题地图如图 4 所示。

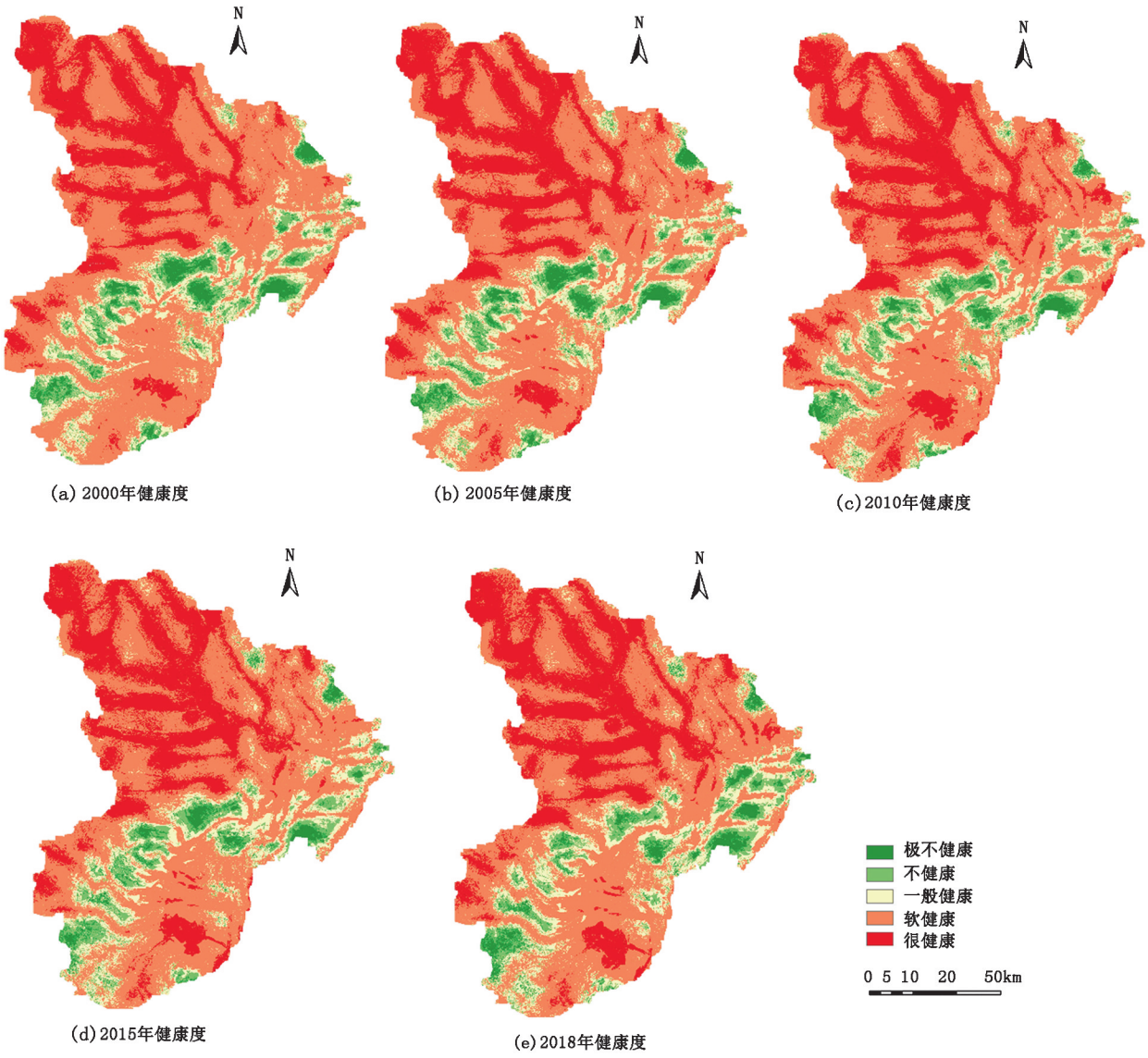


图 4　文峪河流域 2000—2018 年健康度评价

Fig. 4　Health evaluation of Wenyu River basin from 2000 to 2018

由图 4 健康度专题图可知,林区以及河谷平原的一些区域健康度较高,景观界面以及景观破碎区域健康度较低。

2000—2018 年文峪河流域健康格局数量结构如表 13 所示。

由表 13 可知,极不健康区面积呈先减少后增加的趋势,整体上面积减少;不健康区面积呈波动变化,整体上面积变化较小;一般健康区面积呈先减少后增加的趋势,整体上面积略有增加;较健康区面积呈现波动变化,整体上面积有所减少。很健康区面积呈波动变化,整体上面积有所增加。

表 13　2000—2018 年文峪河流域健康格局数量结构

Tab. 13　Quantitative structure of health pattern in enyu River basin from 2000 to 2018　　km^2

年份	极不健康区	不健康区	一般健康区	较健康区	很健康区	总计
2000 年	173. 09	368. 14	564. 09	2791. 23	1109. 68	5006. 24
2005 年	167. 10	357. 56	560. 22	2712. 02	1209. 34	5006. 24
2010 年	129. 18	354. 18	545. 73	2660. 95	1316. 21	5006. 24
2015 年	132. 01	369. 71	580. 36	2680. 97	1243. 20	5006. 24
2018 年	158. 30	368. 16	582. 57	2601. 48	1295. 73	5006. 24

2000—2018 年文峪河流域健康格局等级转移矩阵如表 14 所示。

由表 14 可知,流域极不健康区对不健康区、一般健康区、较健康区是净支出,与很健康区无相互转化;不健康区对一般健康区、较健康区是净支出,与很健康区无相互转化;一般健康区对较健康区是净收入,对很健康区是净支出;较健康区对很健康区是净支出。文峪河流域健康格局等级转移情况复杂,既有低健康等级向高健康等级的转化,也有高健康等级向低健康等级的转化,转化过程中存在转入面积与转出面积相差较大的情况,也存在转入与转出面积的双向高速转换。健康区(一般健康区、较健康区、很健康区)面积整体增加 29.55 km^2,可认为流域整体健康状况向好。

城市—林区健康度的梯度曲线结果如图 5 所示。

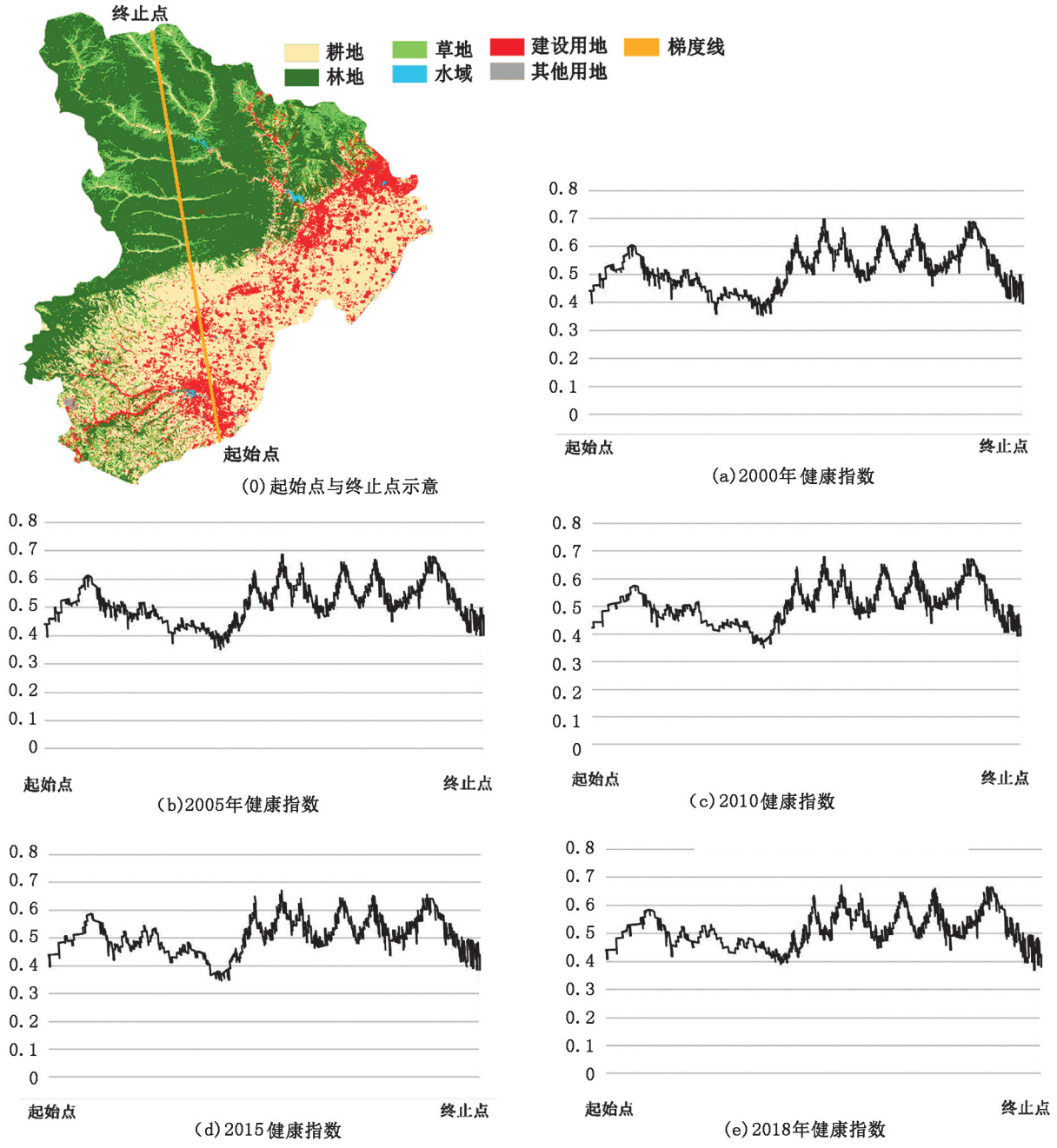


图 5 2000—2018 年文峪河流域景观健康度梯度曲线

Fig. 5 Landscape health gradient curve of Wenyu River basin from 2000 to 2018

表 14　2000—2018 年文峪河流域健康格局等级转移矩阵

Tab. 14　Transfer matrix of health pattern in Wenyu River basin from 2000 to 2018　km²

2000 年	2018 年					
	极不健康区	不健康区	一般健康区	较健康区	很健康区	总计
极不健康区	87.84	64.86	17.58	2.79	0.00	173.06
不健康区	56.45	166.94	115.58	29.18	0.00	368.14
一般健康区	11.73	112.04	250.70	189.61	0.03	564.11
较健康区	2.29	24.36	198.77	2305.56	260.19	2791.17
很健康区	0.00	0.00	0.00	74.56	1035.19	1109.75
总计	158.31	368.19	582.62	2601.71	1295.41	5006.24

由图 5 文峪河流域健康度梯度图像可知,不论是城市的核心区或边缘区,其健康度要小于核心林区。健康度极小值在林区边缘与城市边缘区以及河谷平原向山地过渡的景观界面区域取到,健康度最大值在核心林区取到。某些城市核心区景观破碎化程度较小,景观组织结构得分较高,同时该区域自然条件较为优越,景观适宜性得分较高,故其健康度较高。不同城市区域的健康度得分不同。核心林区健康度得分随地形因素呈波动变化。2000—2018 年的健康梯度曲线整体形态相似,2000—2018 年中健康度最大得分值在 2000 年的核心林区取到,最小值在 2015 年的城区—林区景观界面取到。2000—2018 年健康度梯度曲线极值差距减小,城市与林区的健康度的差距变化幅度减小。

文峪河流域健康度 Moran's I 指数及与相关因子的相关分析如表 15 所示。

表 15　文峪河流域健康度 Moran's I 指数及与相关因子的相关分析

Tab. 15　Moran's I index of health degree and the correlation with related factors in Wenyu River basin

年份	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2018 年
Moran's I	0.479845	0.511524	0.568751	0.513623	0.538154
因子	GDP		人口密度分布		生态系统服务
相关系数	0.254		0.242		0.326

由表 15 流域健康度的 Moran's I 指数可知,流域景观健康格局的空间自相关性较强,能以 99.99%以上的置信水平认为流域景观健康格局空间分布存在高健康度区域与高健康度区域、低健康度区域与低健康度区域的空间集聚分布特征。由相关系数可知,数值层面上健康度得分与以上因子呈较为明显的正相关关系。同时可认为空间分布上景观健康格局与 GDP、人口密度分布、生态系统服务呈正向相关性。

利用 Origin 软件数据拟合功能分析各评价因子对流域健康度的驱动关系可得到如图 6 的结果。

由拟合优度 R^2 可知,各评价因子对健康度的驱动作用大小依次为:景观安全格局、景观弹性、景观干扰、景观生产力、景观组织结构、生态系统服务。各评价因子对景观健康度的驱动作用较为均衡。

4　结论与讨论

1)文峪河流域景观安全格局经历了快速、复杂的变化。极不安全区面积下降,不安全区面积下降,基本安全区面积下降,景观较安全区的面积增加,景观很安全区的面积增加;景观安全格局转移情况复杂,既存在低安全等级向高安全等级的转化,也存在反向转换,整体认为流域安全格局结构向好;景观安全格局空间集聚性分布特征较为明显,景观安全得分与 GDP、人口密度分布、生态系统服务在数值与空间分布上呈较为明显的相关关系;不同景观源地、生态廊道的生态重要性不同,以"一带三区三轴多点"的生态框架对文峪河流域的景观安全格局进行了优化。

2)文峪河流域极不健康区面积减少,不健康区面积变化较小,一般健康区面积略有增加,较健康区面积减少,很健康区面积增加;文峪河流域健康格局的转移情况复杂,既有低健康度的区域向高健康度区域的转化,也有高健康度区域向低健康度区域的转化,整体认为流域景观健康状况向好;健康度得分与 GDP、生态系统服务、人口密度分布在数值与空间分布上呈正相关关系;城区健康度小于林区,健康度最小值在景观界面区域取到。最大值在林区的核心区取到;各评价因子对健康度的驱动作用大小依次为:景观安全格局、景观弹性、景观干扰、生产力、景观组织结构、生态系统服务,各评价因子对健康度的驱动作用较为均衡。

3)人类对生态环境的扰动增加,流域景观安全与健康成为重要的研究领域。研究结果显示,虽然近年来流域的景观安全格局以及健康格局向较好的方向发展,但发展过程是波动的,同时安全区、健康

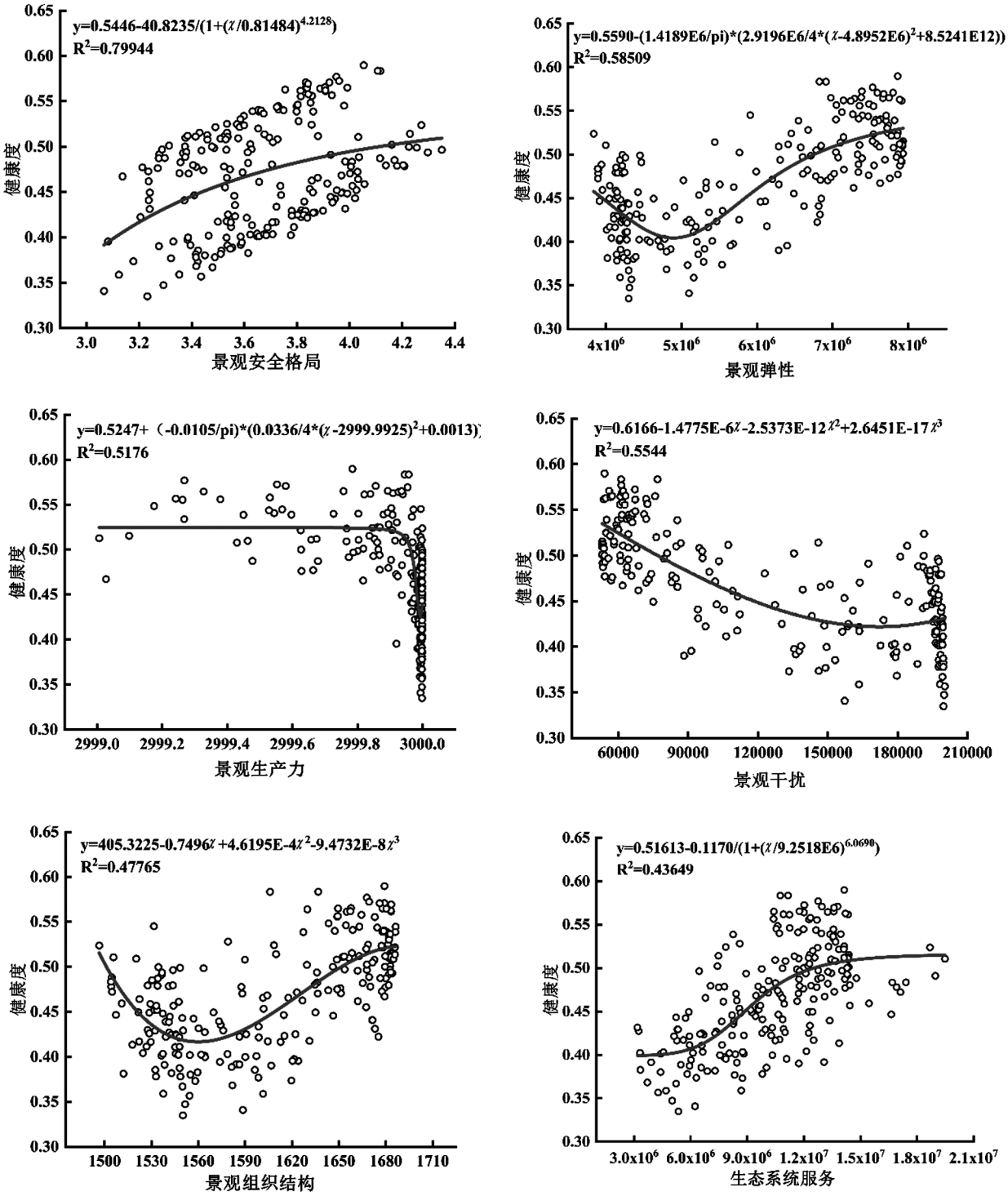


图 6 文峪河流域景观健康度驱动因子分析

Fig. 6 Driving factors of landscape health in Wenyu River basin

区面积的增加已趋向饱和,而流域经济与社会正在快速发展,应加强对流域的研究与规划,维持流域景观整体框架的完整性与活力,加强对流域影响因子的调控及其驱动原理的研究,为流域的进一步发展提供科学借鉴。

参考文献:

[1] 魏聪礼,张建军. 基于最小阻力模型的武安市景观安全

格局研究[J]. 资源开发与市场,2017,33(12):1417-1420.
[2] 刘婷,王潇. 基于最小累积阻力模型的景观生态安全格局分析 ——以重庆开县为例[J]. 河南科学,2017,35(7):1139-1145.
[3] 张蕾,危小建. 基于适宜性评价和最小累积阻力模型的生态安全格局构建——以营口市为例[J]. 生态学杂志,2019,38(1):229-236.
[4] 位宏,徐丽萍. 博斯腾湖流域景观生态风险评价与时空变化[J]. 环境科学与技术,2018,41(S1):345-351.
[5] 张玉虎,李义禄. 永定河流域门头沟区景观生态安全格局评价[J]. 干旱区地理,2013,36(6):1049-1057.
[6] 白晋华 郭红彦 郭晋平. 文峪河流域河岸带植被景观格局分析与规划[J]. 林业调查规划,2009,34(5):29-32.
[7] 邓书斌,陈秋锦. ENVI 遥感图像处理方法[M]. 北京:高等教育出版社,2014.
[8] 邓景成,高鹏. 模拟降雨条件下黄土区 SCS 模型的参数率定[J]. 水土保持研究,2018,25(5):205-210.
[9] 王耕,王雯玉. GIS 支持下辽宁省海岸带生态安全空间差异评价研究[J]. 环境科学与管理,2015,40(1):184-187.
[10] 陈延辉,杨柳. 基于 GIS 的平顶山市建设用地生态适宜性评价[J]. 地理空间信息,2014,12(6):94-97.
[11] 倪晓娇,南颖. 基于 RS&GIS 的长白山地区生态安全评价研究[J]. 安全与环境学报,2015,15(1):343-349.
[12] 李健飞,李林. 基于最小累积阻力模型的珠海市生态适宜性评价[J]. 应用生态学报,2016,27(1):225-232.
[13] 巩杰,谢余初. 甘肃白龙江流域景观生态风险评价及其时空分异[J]. 中国环境科学,2014,34(8):2153-2160.
[14] 贾俊平,何晓群. 统计学(第七版)[M]. 北京:中国人民大学出版社,2018:233.
[15] 张蕾,危小建. 基于适宜性评价和最小累积阻力模型的生态安全格局构建——以营口市为例[J]. 生物学杂志,2019,38(1):229-236.
[16] 谈娟娟,董增川. 流域景观生态健康演变及其驱动因子贡献分析[J]. 河海大学学报(自然科学版),2015,43(2):107-113.
[17] 郑新奇 付梅臣. 景观格局空间分析技术及其应用[M]. 北京:科学出版社,2010.
[18] 谈娟娟,董增川,方庆,等. 滦河流域景观生态健康演变及驱动力分析[J]. 中国农村水利水电,2015,45(9):47-51.
19] 王耕,吴伟. 基于 GIS 格网技术的流域生态安全可视化评价[J]. 大连理工大学学报,2006,46(5):667-672.
[20] 倪晓娇,南颖. 基于 RS&GIS 的长白山地区生态安全评价研究[J]. 安全与环境学报,2015,15(1):343-349.
[21] 关靖云,瓦哈甫·哈力克. 近 20 年克里雅绿洲人居环境适宜性时空演变分析[J]. 生态与农村环境学报,2018,34(6):512-520.

责任编辑:许易琦
校　　对:许易琦

(上接第 113 页)

[64] CUI B S,QIANG H E,YUAN A N. Community Structure and Abiotic Determinants of Salt Marsh Plant Zonation Vary Across Topographic Gradients[J]. Estuaries and Coasts,2011,34(3):459-469.
[65] 李素清,李斌,张金屯. 基于 DCA-TTLQV 的云顶山亚高山草甸群落格局分析[J]. 草业学报,2006,15(6):44-48.
[66] HE M Z,ZHENG J G,LI X R,et al. Environmental factors affecting vegetation composition in the Alxa Plateau,China[J]. Journal of Arid Environments,2007,69(3):473-489.
[67] 宋伯为. 汾河流域湿地退化对生物多样性的影响研究[J]. 科技创新导报,2010(6):147.

责任编辑:许易琦
校　　对:张林艳　许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 022

文峪河上游森林景观格局动态特征分析

苏亚辉,周火艳,张芸香,郭晋平
(山西农业大学林学院//北方功能油料树种培育与研发山西省重点实验室,山西 太谷 030801)

摘要:基于 3 期遥感影像,并结合实地调查数据,运用 SVM 机器学习的分类方法,从植被覆盖度、景观要素类型动态变化、景观格局指数等方面,综合分析文峪河上游近 10 年的森林景观格局动态变化特征。结果表明:研究区针叶林和针阔混交林面积之和均超过 84%,是研究区域的主要景观要素类型;针阔混交林转为针叶林、疏林灌丛转为针阔混交林、针叶林转为针阔混交林、针阔混交林转为草地、草地转为针阔混交林是景观要素类型转移的 5 种主要方式;2009—2014 年是森林资源快速生长恢复阶段,2014—2018 年是森林资源稳定生长期;2009—2018 年研究区景观总体呈现破碎度增加、景观异质性增强、斑块形状趋于复杂、景观连通度增加、流域景观多样性基本不变等特征。研究结果可为文峪河流域森林资源今后的保护利用以及经营措施提供重要参考。

关键词:森林景观格局;遥感影像;景观要素类型;动态变化;转移矩阵;文峪河上游

中图分类号:S718. 542 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0126-07

引文格式:苏亚辉,周火艳,张芸香,等. 文峪河上游森林景观格局动态特征分析[J]. 林业调查规划,2021,46(3):126-132. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 022

SU Yahui,ZHUO Huoyan,ZHANG Yunxiang,et al. Dynamic Characteristics of Forest Landscape Pattern in the Upper Reaches of Wenyu River[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):126-132. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 022

Dynamic Characteristics of Forest Landscape Pattern in the Upper Reaches of Wenyu River

SU Yahui, ZHUO Huoyan, ZHANG Yunxiang, GUO Jinping
(College of Forestry, Shanxi Agricultural University//Shanxi Key Laboratory of Cultivation & Development of Functional Oil Trees in the Northern China, Taigu, Shanxi 030801, China)

Abstract: Based on three periods of remote sensing images and field survey data, this paper used SVM machine learning classification method to comprehensively analyze the dynamic change characteristics of forest landscape pattern in the upper reaches of Wenyu River in recent ten years from the aspects of vegetation coverage, dynamic changes of landscape element types and landscape pattern index. The results showed that the total area of coniferous forest and coniferous and broad-leaved mixed forest exceeded 84%, which were the main types of landscape elements in the study area; the conversions of coniferous and broad-leaved mixed forest to coniferous forest, sparse forest shrubs to coniferous and broad-leaved mixed forest, coniferous forests to coniferous and broad-leaved mixed forest, coniferous and broad-leaved

收稿日期:2020-09-27.

第一作者:苏亚辉(1995-),男,山西长治人,硕士. 研究方向为森林经理学. Email:601812535@ qq. com

责任作者:郭晋平(1963-),男,山西原平人,教授,博导. 主要从事森林生态学、森林资源教学研究工作. Email:jinpguo@ 126. com

mixed forest to grassland, and grassland to coniferous and broad-leaved mixed forest were the five main ways to transfer landscape elements; the period from 2009 to 2014 was the stage of rapid growth and recovery of forest resources, while the period from 2014 to 2018 was the stable growth stage of forest resources; the overall landscape of the study area from 2009 to 2018 showed the characteristics of increasing fragmentation, increasing landscape heterogeneity, more complex patch shapes, increasing landscape connectivity, and basically unchanged watershed landscape diversity.

Key words: forest landscape pattern; remote sensing image; landscape element type; dynamic change; transfer matrix; upper reaches of Wenyu River

定量研究流域景观格局动态演变有利于系统探究植被覆盖时空演变规律,深入了解流域植被覆盖变化过程、成因,预测未来发展变化趋势及其对环境影响,为流域植被资源今后的保护利用以及经营措施提供重要参考[1-2]。因此,众多学者对流域景观格局变化展开了一系列的研究。吕乐婷等以土地利用解译结果为基础,综合分析了近年来东江流域的景观格局时空变化特征,并采用 FLUS 模型对流域未来 20 多年景观格局进行了预测[3]。贾艳艳等利用土地利用数据定量分析了长江中下游流域景观格局变化,发现近 20 年景观格局变化显著、人为干扰增强[4]。莫素芬等利用景观面积动态度和景观格局指数等方法分析了广西西江流域 10 年的景观格局动态变化特征,得出随着经济社会的发展,广西西江流域景观动态变化明显[5]。

文峪河流域是汾河上游重要的一级支流,地处太原盆地西北,是下游大面积农田灌溉的水源地,整个流域以国有林为主,属于关帝山山地天然次生林区,是山西有限天然次生林资源的重要分布区[6]。流域山地主要由森林植被覆盖,在水源涵养、水土保持、维护景观异质性和稳定性方面起着不可替代的作用,也为社会提供了大量的林产品、生态服务和就业机会等,有利于维护当地可持续发展。很多学者做了相关研究,白晋华等以航片和森林经理调查资料为数据源,在地理信息系统软件的支持下,揭示文峪河流域植被景观总体布局,分析流域景观格局的空间变化规律[7]。刘宏文基于实地调查结果结合遥感技术对庞泉沟地区森林群落特征、景观格局动态变化特征进行分析研究,并构建了庞泉沟森林景观健康评价体系[8]。夏伟伟等基于 RS 和 GIS 对庞泉沟自然保护区森林景观结构特征进行了分析[9]。

随着 2000 年国家天然林保护工程实施以来,文峪河流域森林资源得到了恢复性增长。本文以 Landsat 系列遥感影像为数据源,通过 ArcGIS 10.2、ENVI 5.3、Fragstats 4.2 等软件[10],从植被覆盖度、景观要素组成以及森林景观破碎化等方面定量地综合分析文峪河流域上游森林景观动态变化特征,旨在为文峪河流域森林资源今后的保护利用以及经营措施提供重要参考。

1　研究区概况

研究区位于文峪河流域上游,是文峪河流域的一个子流域(图 1)。

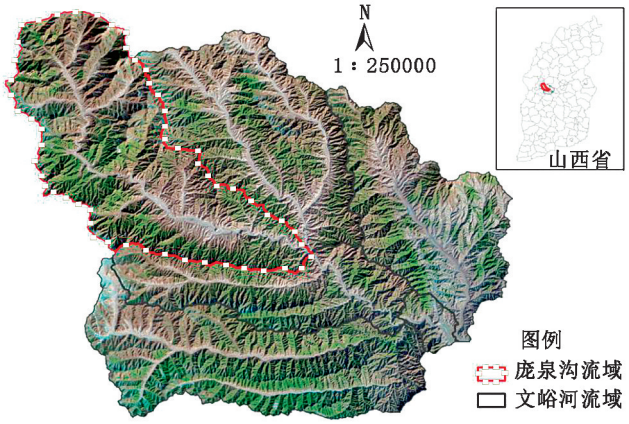


图 1　研究区位置

Fig. 1　Location of study area

研究区沟长 13.76 km,平均海拔 1 583.9 m,整体呈北南流向,两侧支沟纵横,分别有末后沟、大沙沟、小沙沟、神尾沟、柴禄沟、关子沟(银洞沟)、刁窝沟、八道沟、青冲沟、西塔沟、八水沟、大草坪沟和西窑沟 13 条[11]。总体表现为叶脉状纵横于主河道两侧,沿东南走向。流域内地形复杂,沟壑纵横,水气庞杂,气候多样,森林植被繁茂,是华北地区典型的暖温带亚高山针叶林带[12]。属于受季风影响和控制的暖温带大陆性山地气候,夏季凉爽多雨,冬季寒冷干燥,年均温 4.5℃,年均降水量 600~820 mm,7—9 月降水集中,占全年降水量的 65%以上,年均相对湿度 70.9%,年均无霜期 100~130 d,雪期和冻

土期 6 个月[13]。

林区土壤类型主要有山地棕色森林土、山地淋溶褐土和山地褐土，土层 10～60 cm 厚薄不等。主要乔木有华北落叶松（*Larix gmelinii* var. *principis-rupprechtii*（Mayr）Pilg.）、油松（*Pinus tabuliformis* Carrière）、白扦（*Picea meyeri* Rehder & E. H. Wilson）、青扦（*Picea wilsonii* Mast.）、山杨（*Populus davidiana* Dode）、白桦（*Betula platyphylla* Sukaczev）、红桦（*Betula albosinensis* Burkill）、蒙古栎（*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.）等；主要灌木有土庄绣线菊（*Spiraea pubescens* Turcz.）、胡枝子（*Lespedeza bicolor* Turcz.）、美蔷薇（*Rosa bella* Rehd. et Wils.）、灰栒子（*Cotoneaster acutifolius* Turcz.）、刚毛忍冬（*Lonicera hispida* Pall. ex Schult.）、黄刺玫（*Rosa xanthina* Lindl.）、山刺玫（*Rosa davurica* Pall.）等；主要草本有披针叶苔草（*Carex lanceolata* Boott）、茜草（*Rubia cordifolia* L.）、鼠掌老鹳草（*Geranium sibiricum* L.）、地榆（*Sanguisorba officinalis* L.）、小红菊（*Chrysanthemum chanetii* H. Lév.）、败酱（*Patrinia scabiosifolia* Link）、铃兰（*Convallaria majalis* L.）、金莲花（*Trollius chinensis* Bunge）等。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源及预处理

研究区域的遥感影像和 DEM 高程数据均来源于中国科学院计算机网络信息中心的地理空间数据云平台（http://www.gscloud.cn）[14]。综合考虑研究区域的时间跨度、成像日期以及云覆盖度的可行性，最终选取 2009 年 Landsat-7 ETM+ 以及 2014、2018 年的 Landsat-8 OLI 3 期遥感影像，云量分别为 0%、0.49%、0.08%，行列号为 126/34，分辨率均为 30 m。运用遥感影像处理软件 ENVI 5.3 对数据源影像进行几何校正、辐射定标、FLAASH 大气校正、DEM 高程数据地形校正、图像增强等数据处理[15-16]。

2.2 植被指数与植被覆盖度计算方法

1）归一化植被指数[17]计算公式为：

$$NDVI=\frac{NIR-R}{NIR+R} \tag{1}$$

式中，NDVI 为归一化植被指数，NIR 为近红外波段的表观反射率，R 为红光波段的表光反射率。

2）植被覆盖度采用像元二分模型进行估算[18]，计算公式为：$F_V=\frac{NDVI-NDVI_S}{NDVI_V-NDVI_S}$ (2)

式中，F_V 为植被覆盖度，NDVI 为像元的归一化植被指数，$NDVI_S$ 为无植被的 NDVI 值，$NDVI_V$ 为完全有植被覆盖的像元 NDVI 值。以 5%、95%的累积百分比为置信度作为各期影像的 $NDVI_S$、$NDVI_V$。结合研究区实际植被情况，并参照《土壤侵蚀分类分级标准》（SL 190-1996）将其分为 5 个等级，即低盖度（0～20%）、中低盖度（20%～40%）、中盖度（40%～60%）、中高盖度（60%～80%）、高盖度（80%～100%）。

2.3 景观要素类型分类

基于遥感影像和研究区现状特征，参考《土地利用现状分类标准》（GB/T 21010-2015）[19]，将景观要素类型划分为：针叶林、针阔混交林、疏林灌丛、草地、耕地、建筑用地和水域[20]（图 2）。

本研究依据数字高程模型（Digital Elevation Model），在 ArcGIS 10.2 中利用 SWAT 水文模型计算得到区域范围[21]，并在 ENVI 5.3 中对数据源进行裁剪。采用人工目视解译与监督分类相结合的方

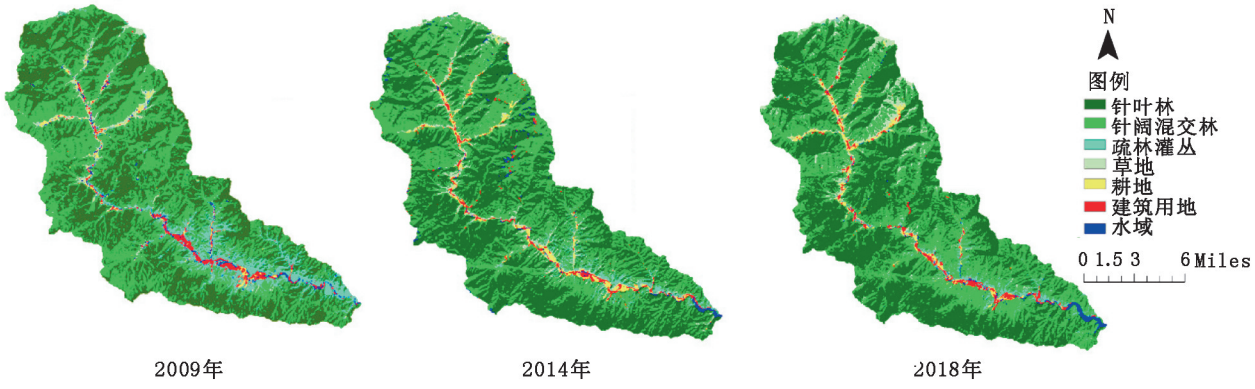


图 2 景观要素类型分类

Fig. 2 Classification of landscape elements

法对 3 期遥感影像进行解译。训练样本分离性均达到 1.8 以上,分离性良好。监督分类采用支持向量机(Support Vector Machine)的机器学习方法[22],SVM 可以自动寻找对分类有较强区分能力的支持向量,由此构造出分类器,可以将类与类之间的间隔最大化,因此有较高的分类准确率。为提高分类结果的准确性,将监督分类结果通过 Majority/Minority 分析工具进行主成分分析,去除孤零斑块。在 Google Earth 勾选验证样本,对分类图进行精度验证,3 景分类图精度均大于 90%,满足精度要求[23]。

2.4 景观要素类型面积年变化率

单纯景观要素类型面积变化只能说明一定时间内某个景观要素类型面积的变化趋势,无法表达景观要素类型不同时空的变化特征。因此,本研究采用景观要素类型年变化率(K)来反映研究区一定时间范围内某景观要素类型的变化程度[24],其计算公式为:$K=\frac{S_b-S_a}{t}$ (3)

式中,S_a、S_b 分别为某一景观要素类型研究期初和期末面积,t 为研究期(a)。

2.5 景观要素类型转移矩阵

景观各要素类型面积变化虽然对研究区域内景观总体格局情况有一定的参考价值,但是不能很好地反映景观内各要素类型面积的转移情况。而景观要素类型转移矩阵可以定量描述不同时间段内景观要素类型的相互转移情况,明确地反映研究区域的空间结构变化。本研究利用 ENVI 5.3 软件中的 Change Detection Statistics 工具进行交叉分析,再用 Excel 表进行数据整理,得出研究期内景观要素类型面积的转移方向以及转移数量[25]。

2.6 景观格局分析

为探究研究区域破碎度、景观异质性、斑块形状、景观连通度、景观多样性等特征变化,结合研究区实际情况,选取了斑块数量(NP)、最大斑块指数(LPI)、边缘密度(ED)、景观形状指数(LSI)、周长面积分维数(PAFRAC)、蔓延度(CONTAG)、香农多样性指数(SHDI)7 个景观水平格局指数[26],利用 ENVI 监督分类的结果,在 Fragstats 4.2 平台进行景观格局指数的计算分析。

3 结果与分析

3.1 植被覆盖度动态变化

2009—2018 年植被覆盖度总体变化表明(表 1),近 10 年来植被覆盖度普遍较高。3 个研究时段低盖度区域均不足 1%,中高盖度区域均超过 19.59%,高盖度区域均超过 68.72%,中低盖度和中盖度区域占有一定比例,中高盖度以上区域超过 88.31%。其中 2009—2014 年植被覆盖度变化较大,高盖度区域增加 4.34%,中高盖度区域增加 2.62%,中盖度区域减少 5.83%;2014—2018 年植被覆盖度变化不大。

表 1　2009—2018 年不同等级植被覆盖度统计

Tab. 1　Statistics of different vegetation coverages from 2009 to 2018　%

时段	低盖度	中低盖度	中盖度	中高盖度	高盖度
2009 年	0.23	3.03	8.43	19.59	68.72
2014 年	0.94	1.20	2.60	22.21	73.06
2018 年	0.89	1.18	2.88	22.02	73.03

3.2 景观要素类型动态变化

3.2.1 景观要素类型组成

研究区总面积为 492.75 km^2。3 个研究时段面积最大的景观要素类型均为针叶林,每个时段面积所占比例均超过 43%,并且呈连续增加的趋势。针阔混交林面积所占比例每年均超过 35%,并且呈连续下降的趋势。每个研究时段针叶林和针阔混交林面积之和均超过 84%。疏林灌丛和草地占有一定比例。耕地与建筑用地面积大小相差不多,在 1%~2%之间。面积最小的景观要素类型均为水域,所占比例不足 1%(表 2)。

表 2　2009—2018 年景观要素类型组成结构

Tab. 2　Composition structure of landscape element types from 2009 to 2018

景观要素类型	2009 年		2014 年		2018 年	
	面积/km^2	比例/%	面积/km^2	比例/%	面积/km^2	比例/%
针叶林	216.24	43.89	250.71	50.88	257.11	52.18
针阔混交林	199.06	40.40	181.34	36.80	173.66	35.24
疏林灌丛	43.11	8.75	12.54	2.55	11.12	2.26
草地	16.06	3.26	25.13	5.10	28.00	5.68
耕地	5.10	1.04	10.29	2.09	9.82	1.99
建筑用地	8.44	1.71	8.50	1.73	8.69	1.76
水域	4.75	0.96	4.24	0.86	4.35	0.88
合计	492.75	100.00	492.75	100.00	492.75	100.00

3.2.2 景观要素类型的面积变化

研究区 2009—2018 年景观要素类型面积年变化统计见表 3。

表 3 2009—2018 年景观要素类型面积年变化

Tab. 3 Annual change of landscape element types area from 2009 to 2018

景观要素类型	2009—2014 年		2014—2018 年		2009—2018 年	
	变化面积/km^2	年变化率/($km^2 \cdot a^{-1}$)	变化面积/km^2	年变化率/($km^2 \cdot a^{-1}$)	变化面积/km^2	年变化率/($km^2 \cdot a^{-1}$)
针叶林	34.46	6.89	6.40	1.60	40.86	4.54
针阔混交林	-17.72	-3.54	-7.68	-1.92	-25.40	-2.82
疏林灌丛	-30.57	-6.11	-1.42	-0.35	-31.98	-3.55
草地	9.07	1.81	2.87	0.72	11.94	1.33
耕地	5.19	1.04	-0.47	-0.12	4.72	0.52
建筑用地	0.07	0.01	0.19	0.05	0.26	0.03
水域	-0.51	-0.10	0.11	0.03	-0.40	-0.04

如表 3 所示,在研究期间研究区各个景观要素类型的面积和年变化率均有不同程度的差异。针叶林和针阔混交林作为区域主要核心景观要素类型,面积变化显著,针叶林在研究期间增加最多,增加了 40.86 km^2;针阔混交林减少了 25.40 km^2。疏林灌丛减少了 31.98 km^2。草地和耕地面积有少许增加。建筑用地和水域面积变化不大。

2009—2014 年针叶林、草地、耕地面积呈增长态势,针阔混交林、疏林灌丛面积减少,建筑用地和水域面积几乎没有变化。针叶林增加速率最为明显,为 6.89 km^2/a。疏林灌丛减少速率最为明显,为 6.11 km^2/a。2014—2018 年各景观要素类型面积变化速率较之前年份变得有所减缓。针叶林、草地面积持续呈增长态势,针阔混交林、疏林灌丛面积持续减少,建筑用地、水域面积几乎没有变化。针叶林增加速率依旧最为明显,为 1.60 km^2/a。针阔混交林减少速率最明显,为 1.92 km^2/a。

总的来看,针叶林、草地、耕地、建筑用地面积增加,针阔混交林、疏林灌丛、水域面积减少。

3.2.3 景观要素类型之间的转移

通过景观要素类型转移矩阵(表 4)可知,2009—2018 年在面积转出方面,以针阔混交林、疏林灌丛、针叶林的转出为主,转出面积分别为 79.723 8 km^2、35.734 5 km^2、21.761 1 km^2。草地的转出也比较明显,转出面积为 9.504 9 km^2。转入面积以针叶林、针阔混交林、草地为主,转入面积为 62.567 1 km^2、54.437 4 km^2、21.432 6 km^2。针叶林转为针阔混交林、针阔混交林转为针叶林、针阔混交林转为草地、疏林灌丛转为针阔混交林以及草地转为针阔混交林的转移面积较大,分别为 20.799 9 km^2、60.702 3 km^2、16.949 7 km^2、27.224 1 km^2、4.633 2 km^2。

表 4 2009—2018 年景观要素类型转移矩阵

Tab. 4 Transfer matrix of landscape element types from 2009 to 2018 km^2

2018 年	2009 年							转入合计
	针叶林	针阔混交林	疏林灌丛	草地	耕地	建筑用地	水域	
针叶林	194.5109	60.7023	1.6065	0.1539	0.0072	0.0189	0.0783	62.5671
针阔混交林	20.7999	119.2794	27.2241	4.6332	0.2817	0.6039	0.8946	54.4374
疏林灌丛	0.0576	0.3672	7.3734	0.9513	0.4212	1.4094	0.5679	3.7746
草地	0.6687	16.9497	2.9043	6.5613	0.4464	0.1917	0.2718	21.4326
耕地	0.0018	0.1692	0.7011	2.2806	3.1688	2.6352	0.8586	6.6465
建筑用地	0.0801	1.0188	1.5588	1.1781	0.6795	3.0993	1.0566	5.5719
水域	0.1530	0.5166	1.7397	0.3078	0.1035	0.5004	1.0256	3.321
转出合计	21.7611	79.7238	35.7345	9.5049	1.9395	5.3595	3.7278	

3.3 森林景观的破碎化

由斑块数量(NP)、最大斑块指数(LPI)、边缘密度(ED)、景观形状指数(LSI)、周长面积分维数(PAFRAC)、蔓延度(CONTAG)、香农多样性指数(SHDI)7 个景观格局指数的变化反映森林景观的破碎化尺度,如表 5 所示。

2009—2018 年文峪河上游景观斑块数量先增加再减少,在研究时间段内增加了 535 个。最大斑块指数基本保持不变。结合 NP 和 LPI 可知,庞泉沟流域景观破碎化程度正在逐步加大。边缘密度和

表 5　2009—2018 年景观格局指数变化

Tab. 5　Changes of landscape pattern index from 2009 to 2018

时段	NP	LPI /%	ED /m·hm^{-2}	LSI	PAFRAC	CONTAG	SHDI
2009 年	4802	37.1796	38.0708	32.3703	1.3641	64.8164	1.2390
2014 年	5464	37.1841	40.1835	34.1112	1.3589	65.2781	1.2092
2018 年	5337	37.1823	39.5225	33.9186	1.3678	65.6662	1.2082

景观形状指数呈先升高后降低的趋势,反映出景观异质性增强、斑块形状趋于复杂。周长面积分维数基本不变,而蔓延度增加,这 2 个指标表明景观连通度增加。香农多样性指数总体保持不变,说明流域景观多样性基本不变。综合来看,2009—2014 年景观破碎化程度最大,整个研究期间景观总体呈现破碎度增加、景观异质性增强、斑块形状趋于复杂、景观连通度增加、流域景观多样性基本不变等特征。

4 讨论与结论

4.1 讨论

4.1.1 景观要素组成及其动态变化

2009—2018 年,针叶林在每个时段都是面积最大的景观要素类型,面积占比均超过 43%,针阔混交林面积占比均超过 35%,针叶林和针阔混交林面积之和均超过 84%,是研究区域的主要景观要素类型,始终处于景观主体地位,森林覆盖率约 84%。李旭华等对庞泉沟自然保护区森林群落物种多样性的研究中提到:保护区内植物资源丰富,森林保存完好,森林覆盖率可达 85%[27]。本研究区森林覆盖率略低于庞泉沟自然保护区。

高润梅等以文峪河上游河岸林为研究对象,利用 Markov 模型对群落的演替趋势和演替过程进行分析与预测,构建了阔叶林阶段→阔针混交林阶段→针阔混交林阶段→针叶林阶段的文峪河上游河岸林演替系列,并预测杨桦云杉混交林和杨桦落叶松混交林都朝着云杉优势加强的方向发展[28]。郭玉永设置 33 块典型样地,利用 Markov 模型模拟文峪河上游河岸林群落的动态演替过程。经过 600 多年的森林演替,文峪河上游河岸林群落最终将发展成为以云杉林为主的顶级群落[29]。研究中针阔混交林转为针叶林 60.702 3 km^2、疏林灌丛转为针阔混交林 27.224 1 km^2、针叶林转为针阔混交林 20.799 9 km^2、针阔混交林转为草地 16.949 7 km^2、草地转为针阔混交林 4.633 2 km^2,是景观要素类型转移的 5 种主要方式。高润梅和郭玉勇等得出的演替过程恰好反应了本研究中数据分析结果的准确性。

4.1.2 森林景观植被覆盖度和破碎化

2000 年国家天然林保护工程在山西省黄河流域正式实施以来,天然林全面停止采伐,采取了人工造林、飞播造林、改变经营措施、实行封山育林等措施。森林资源得到有效的管护和修养生息,进入自我恢复的阶段。从本研究植被覆盖度的变化来看,2009—2014 年植被覆盖度变化较大,高盖度区域增加 4.34%,中高盖度区域增加 2.62%,中盖度区域减少 5.83%;2014—2018 年植被覆盖度变化不大。2009—2014 年森林资源处于快速生长恢复阶段,所以森林景观动态变化明显。2014—2018 年森林资源在经历快速生长阶段后,进入稳定生长期,所以森林景观动态变化相对较小。

2011 年以来交城县花费巨资启动了庞泉沟峡谷漂流项目,果老峰景区开发,八道沟、大沙沟、分水岭景区修缮,修建景区道路、拓展停车场等,大力发展乡村生态旅游。虽然生态旅游为当地农民就业和增收致富起到了积极的带动作用,但是也对当地生态系统产生了一些负面效应。针叶林、针阔混交林作为研究区主要景观要素类型,研究末期面积占比分别为 52.18%、35.24%,是研究区域的优势景观要素类型,平均斑块面积较大,且处于远离居民地以及道路两侧的坡地,保持着整体景观格局的稳定。人为干扰带来建筑用地、耕地的增加以及疏林灌丛、水域面积的减少,导致 2014 年景观破碎程度达到最大。因此,人为干扰是研究区景观破碎度增加、景观异质性增强、斑块形状趋于复杂的关键原因。

4.2 结论

1)研究区针叶林和针阔混交林面积之和均超过 84%,是主要的景观要素类型,始终处于景观主体地位。

2)研究区植被在研究时期内发生着正向演替,逐渐向顶级群落方向发展。针阔混交林转为针叶林

60.702 3 km^2、疏林灌丛转为针阔混交林 27.224 1 km^2、针叶林转为针阔混交林 20.799 9 km^2、针阔混交林转为草地 16.949 7 km^2、草地转为针阔混交林 4.633 2 km^2,是景观要素类型转移的 5 种主要方式。

3)2009—2014 年是森林资源快速生长恢复阶段,2014—2018 年是森林资源稳定生长期。

4)2009—2018 年研究区景观总体呈现破碎度增加、景观异质性增强、斑块形状趋于复杂、景观连通度增加、流域景观多样性基本不变等特征。

参考文献:

[1] 郭晋平,张芸香. 森林景观恢复过程中景观要素空间分布格局及其动态研究[J]. 生态学报,2002(12):2021-2029.

[2] 黎铭,张会兰,孟铖铖,等. 皇甫川流域 2000—2015 年植被 NDVI 时空变化特征[J]. 林业科学,2019,55(8):36-44.

[3] 吕乐婷,张杰,彭秋志,等. 东江流域景观格局演变分析及变化预测[J]. 生态学报,2019,39(18):6850-6859.

[4] 贾艳艳,唐晓岚,唐芳林,等. 1995—2015 年长江中下游流域景观格局时空演变[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2020,44(3):185-194.

[5] 莫素芬,胡宝清,赖国华,等. 广西西江流域景观格局动态变化分析[J]. 广西科学院学报,2020,36(2):200-206.

[6] 石晓东,高润梅,郭晋平,等. 庞泉沟自然保护区河岸林群落的土壤种子库特征[J]. 林业科学研究,2010,23(2):157-164.

[7] 白晋华,朱宝才,郭晋平. 关帝山林区文峪河流域植被景观空间格局研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2004(3):229-233,248.

[8] 刘宏文. 山西省庞泉沟森林群落特征与景观格局特征分析的研究[D]. 北京:北京林业大学,2007.

[9] 夏伟伟,韩海荣,李雪梅,等. 基于 RS 与 GIS 的庞泉沟自然保护区森林景观格局研究[J]. 北京林业大学学报,2008,30(S1):116-121.

[10] 郭继强,潘洁. 南京市热岛效应与景观格局的动态研究[J]. 林业资源管理,2019(3):139-146.

[11] 董威,刘泰瑞,覃志杰,等. 不同林分密度油松天然林土壤理化性质及微生物量碳氮特征研究[J]. 生态环境学报,2019,28(1):65-72.

[12] 刘泰瑞,任达,董威,等. 华北落叶松天然林目标树间伐释压与胸径生长关系研究[J]. 中南林业科技大学学报,2019,39(1):20-24,44.

[13] 秦舟,韩有志,张梦霖,等. 华北落叶松林分空间格局及种间关联性研究[J]. 林业资源管理,2019(4):80-85.

[14] 钟莉,陈芸芝,汪小钦. 基于 Landsat 时序数据的森林干扰监测[J]. 林业科学,2020,56(5):80-88.

[15] ZONG M,HU Y M,LIU M,et al. Effects of Landscape Pattern Change on Water Yield and Nonpoint Source Pollution in the Hun-Taizi River Watershed,China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health,2020,17(9).

[16] 娄妮,王志杰,何嵩涛. 基于景观格局的阿哈湖国家湿地公园景观生态风险评价[J]. 水土保持研究,2020,27(1):233-239.

[17] 王丽霞,张珈玮,孟妮娜,等. 基于 CA-Markov 的渭河流域 NDVI 时空变化模拟及预测[J]. 水土保持研究,2020,27(4):206-212.

[18] 陈学兄,毕如田,张小军,等. 太原市城区植被覆盖变化地形分异效应[J]. 水土保持通报,2020,40(5):299-309.

[19] 康紫薇,张正勇,位宏,等. 基于土地利用变化的玛纳斯河流域景观生态风险评价[J]. 生态学报,2020(18):1-14.

[20] 韦海航,郑芊卉,庄家尧,等. 竹山县土地利用景观格局动态变化分析[J]. 林业资源管理,2018(6):76-83.

[21] 林峰,陈兴伟,姚文艺,等. 基于 SWAT 模型的森林分布不连续流域水源涵养量多时间尺度分析[J]. 地理学报,2020,75(5):1065-1078.

[22] 张继,龙爱华,於嘉闻,等. 基于 GIS 与 RS 下的 1990—2015 年塔里木河流域 LUCC 及景观格局时空分析[J]. 水利水电技术,2019,50(12):18-26.

[23] ZHANG Y,BI Z I,ZHANG X,et al. Influence of Landscape Pattern Changes on Runoff and Sediment in the Dali River Watershed on the Loess Plateau of China[J]. Land,2019,8(12)l1-12.

[24] 雷金睿,陈宗铸,陈小花,等. 1980—2018 年海南岛土地利用与生态系统服务价值时空动态变化[J]. 生态学报,2020(14):1-14.

[25] 徐梦林,李冠衡,鞠鲤懋. 基于 ENVI 技术下的蒙山风景区景观格局动态评估与分析[J]. 北京林业大学学报,2019,41(10):107-120.

[26] 车通,李成,罗云建. 城市扩张过程中建筑用地景观格局演变特征及其驱动力[J]. 生态学报,2020,40(10):3283-3294.

[27] 李旭华,邓永利,张峰,等. 山西庞泉沟自然保护区森林群落物种多样性[J]. 生态学杂志,2013,32(7):1667-1673.

[28] 高润梅,郭晋平. 文峪河上游河岸林的演替分析与预测[J]. 生态学报,2010,30(6):1564-1572.

[29] 郭玉永. 山西庞泉沟自然保护区典型森林群落功能多样性研究[J]. 山西林业科技,2012,41(2):16-18.

责任编辑:杨焌焓
校 对:许春霞 杨焌焓

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 023

珠三角国家森林城市群建设状况评价研究

秦 琳,丁 胜,杨志刚,陈哲华,彭展花,李爱英,容友鹏,张乐勤
(广东省林业调查规划院,广州 广东 510520)

摘要:依据珠三角 9 个城市现有森林资源数据,利用层次分析法(AHP)构建珠三角国家森林城市群评价指标体系,通过城市群、城市圈和城市单体森林建设水平 3 个一级指标以及城市群、城市圈、城市单体的国家森林城市达标率、森林小镇达标率、森林覆盖率、城市建成区绿化覆盖率、生态公益林比例、森林生态功能等级比例、森林公园和自然保护区占国土面积比例等 24 个二级指标,多方面、多层次评价珠三角国家森林城市群建设状况。评估结果,珠三角国家森林城市群建设状况综合得分为 0. 8678,建设状况良好,接近优秀。

关键词:森林城市群;建设状况;层次分析法(AHP) ;城市圈;评价指标;珠三角

中图分类号:S731. 2;S718. 557 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0133-05

引文格式:秦琳,丁胜,杨志刚,等 . 珠三角国家森林城市群建设状况评价研究[J]. 林业调查规划,2021,46(3):133-137,143. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 023

QIN Lin,DING Sheng,YANG Zhigang,et al. Evaluation on Construction Status of National Forest City Cluster in the Pearl River Delta[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):133-137,143. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 023

Evaluation on Construction Status of National Forest City Cluster in the Pearl River Delta

QIN Lin, DING Sheng, YANG Zhigang, CHEN Zhehua, PENG Zhanhua, LI Aiying, RONG Youpeng, ZHANG Leqin
(Guangdong Institute of Forest Inventory and Planning, Guangzhou 510520, China)

Abstract: Based on the existing forest resources data of 9 cities in the Pearl River Delta, the evaluation index system of the national forest city cluster was constructed by using the analytic hierarchy process (AHP). The 3 first-class indexes of the forest construction level, and 24 second-class indexes of the national forest city compliance rate, forest town compliance rate, forest coverage rate, green coverage rate of urban built-up area, proportion of ecological public welfare forest, proportion of forest ecological function grade, and proportion of forest parks and nature reservesfor city cluster, city cycle and individual city were used to evaluate the construction status of national forest city cluster from various aspects and levels. The evaluation results showed that the comprehensive score of the construction status of national forest city cluster in the Pearl River Delta was 0. 867 8, which was good and closed to excellent.

Key words: forest city cluster; construction status; analytic hierarchy process; city circle; evaluation index; Pearl River Delta

收稿日期:2020-09-27.

第一作者:秦琳(1979-),女,湖北武汉人,高级工程师 . 主要从事林业调查规划工作 . Email:luckykql@ 263. net

2013 年 8 月,广东省委、省政府提出在珠江三角洲(以下简称珠三角)地区率先建设全国首个国家森林城市群——珠三角国家森林城市群,随着 2018 年深圳市和中山市加入“国家森林城市”的序列,珠三角地区 9 市已全部建成“国家森林城市”,实现了珠三角地区的森林城市全覆盖,珠三角国家森林城市群雏形初见。

本研究以珠三角国家森林城市现有森林资源状况为基础,利用“3S”技术对城市单体、城市圈及城市群的森林资源数据进行统计分析,并建立指标体系对珠三角国家森林城市群建设状况进行综合评价,找到国家森林城市群建设过程中存在的优势和不足,为国家森林城市群建设提供参考。

1 研究区域概况

珠三角地区位于广东省中南部,珠江下游,毗邻港澳,与东南亚地区隔海相望,海陆交通便利,包括广州、深圳、珠海、佛山、江门、肇庆、惠州、东莞、中山共 9 个城市,被称为中国的“南大门”。珠三角总面积约 5.6 万km^2,其间山丘错落,河道纵横,土层深厚,土壤肥沃,属亚热带季风气候,春季阴雨连绵,夏季高温湿热,6—10 月常有台风影响,年均降水量 1 500 mm 以上。

2 研究方法

2.1 指标体系

根据地理位置关系将珠三角 9 市划分为 3 个城市圈,分别是广佛肇城市圈、深莞惠城市圈、珠中江城市圈。然后从城市群、城市圈、城市单体 3 个方面构建珠三角国家森林城市群评价指标体系[1],其中目标层为珠三角国家森林城市群建设状况[2],准则层为城市群森林建设水平、城市圈森林建设水平和城市单体森林建设水平,指标层为筛选后的核心指标(图 1)。

2.2 评价方法

采用层次分析法(AHP),这是一种定性和定量相结合的、系统化、层次化的分析方法,在处理复杂的决策问题上较为实用和有效。AHP 的基本思路是先将评价体系中的指标分成若干层次,然后同一个层次之间的要素进行重要度比较,构建重量比矩阵,再通过矩阵计算得出同一个层次间的重要度即权重,最后计算结果。本研究就是通过指标权重得出城市群、城市圈和城市单体的森林建设水平,从而综合反映当前珠三角国家森林城市建设状况。

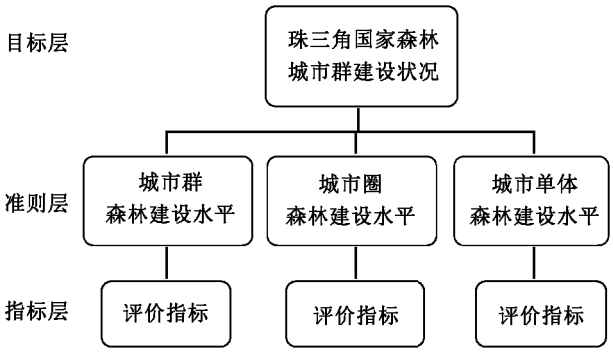


图 1 珠三角国家森林城市群评价指标体系

Fig. 1 Evaluation index system of national forest city cluster in the Pearl River Delta

2.3 评价指标

根据珠三角地区生态资源状况,岭南地域文化特色及创建国家森林城市群规划指标等,并综合考虑数据的客观性和可获得性,选取 8 个评价指标[3-8](表 1)。

表 1 珠三角国家森林城市群建设状况评价指标

Tab. 1 Evaluation index of construction status of national forest city cluster in the Pearl River Delta %

序号	指标名称	目标值
1	国家森林城市达标率	100
2	森林小镇达标率	50
3	森林覆盖率	52
4	城市建成区绿化覆盖率	45
5	生态公益林比例	60
6	森林生态功能等级比例	80
7	森林公园占国土面积比例	7.5
8	自然保护区占国土面积比例	6.9

1)国家森林城市达标率=

$$\frac{\text{获得国家森林城市称号的城市个数}}{\text{城市总数}}\times 100\%$$

2)森林小镇达标率=

$$\frac{\text{获得森林小镇称号的镇个数}}{\text{建制镇总数}}\times 100\%$$

3)森林覆盖率=

$$\frac{(\text{有林地面积}+\text{国家特别规定灌木林地面积})}{\text{土地总面积}}\times 100\%$$

4)城市建成区绿化覆盖率=

$$\frac{\text{城市建成区的绿化覆盖面积}}{\text{城市建成面积}}\times 100\%$$

5)生态公益林比例=$\frac{\text{生态公益林面积}}{\text{林业用地面积}}\times 100\%$

6)森林生态功能等级比例=

$$\frac{\text{森林生态功能Ⅰ、Ⅱ级林面积之和}}{\text{林业用地面积}}\times 100\%$$

7)森林公园占国土面积比例=

$$\frac{\text{森林公园面积}}{\text{土地总面积}}\times 100\%$$

8)自然保护区占国土面积比例=

$$\frac{\text{自然保护区面积}}{\text{土地总面积}}\times 100\%$$

3 资源现状

在广东省林地“一张图”的基础上,依据“3S”技术和补充调查数据,生成信息更加丰富的珠三角城市群森林资源数据。

3.1 森林资源状况

截至 2018 年,珠三角地区土地总面积 548.62 万hm^2,其中森林面积 283.51 万hm^2,林业用地 274.39 万hm^2,生态公益林地 115.26 万hm^2,森林生态功能Ⅰ、Ⅱ级森林面积 215.74 hm^2,城市建成区绿化覆盖面积 18.32 万hm^2,森林公园面积 34.63 万hm^2,自然保护区面积 39.99 万hm^2。

3.2 森林小镇建设状况

森林小镇是森林城市群建设的最小单元,是森林城市建设向基层的延伸,是补齐乡村森林建设短板的重要措施[9-10],其进展情况反映了城镇生态环境面貌。《广东省林业厅关于大力推进森林小镇建设的意见》明确要求珠三角地区森林小镇的认定数量要达到建制镇总数的 50%以上,截至 2019 年,珠三角地区已建成森林小镇 88 个。

3.3 指标完成情况

根据珠三角地区的森林资源状况和国家森林城市及森林小镇的建设状况,珠三角国家森林城市群建设状况评价指标完成情况详见表 2。

表 2　珠三角国家森林城市群建设状况评价指标完成情况

Tab. 2　Evaluation index completion of construction status of national forest city cluster in the Pearl River Delta　%

单位	国家森林城市达标率	森林小镇达标率	森林覆盖率	城市建成区绿化覆盖率	生态公益林比例	森林生态功能等级比例	森林公园占国土面积比例	自然保护区占国土面积比例
广州市	100.00	35.29	42.29	45.13	61.44	81.70	8.55	1.33
深圳市	100.00	50.00	39.89	45.11	69.66	84.05	8.31	11.43
珠海市	100.00	31.25	28.93	49.96	76.23	92.29	4.20	35.55
佛山市	100.00	31.82	20.87	42.83	42.76	90.90	7.27	0.27
江门市	100.00	31.25	45.12	44.88	39.09	72.18	3.89	6.49
肇庆市	100.00	29.41	70.87	36.51	32.01	79.94	8.60	3.05
惠州市	100.00	20.83	61.58	43.00	43.86	77.16	3.85	16.25
东莞市	100.00	39.29	37.10	47.90	46.21	65.71	8.15	3.60
中山市	100.00	38.89	23.08	43.14	88.12	94.14	1.85	2.38
广佛肇	100.00	32.22	55.52	44.22	38.46	80.79	8.39	2.16
深莞惠	100.00	29.76	55.03	46.11	46.18	76.97	5.08	13.67
珠中江	100.00	34.00	39.94	45.80	45.20	75.23	3.65	9.80
珠三角	100.00	32.12	51.68	45.38	42.00	78.62	6.31	7.29

4 综合评价

4.1 确定各评价指标权重

结合专家意见,经层次分析法计算,得出各项指标权重。准则层中城市群森林建设水平是评价珠三角国家森林城市群建设状况的重点,指标权重占比为 53.90%,其次是城市圈森林建设水平,指标权重占比为 29.73%,城市单体森林建设水平指标权重占比为 16.37%。各评价指标权重详见表 3。

表 3 珠三角国家森林城市群建设状况各评价指标权重

Tab. 3 Evaluation index weight of construction status of national forest city cluster in the Pearl River Delta %

目标层	准则层	权重	指标层	权重	总权重
珠三角国家森林城市群建设状况	城市群森林建设水平	0.5390	国家森林城市达标率	0.2690	0.1450
			森林小镇达标率	0.2024	0.1091
			区域森林覆盖率	0.1596	0.0860
			城市建成区绿化覆盖率	0.0977	0.0526
			生态公益林比例	0.0832	0.0448
			森林生态功能等级比例	0.0471	0.0254
			森林公园占国土面积比例	0.0838	0.0452
			自然保护区占国土面积比例	0.0572	0.0308
	城市圈森林建设水平	0.2973	国家森林城市达标率	0.2690	0.0800
			森林小镇达标率	0.2024	0.0602
			区域森林覆盖率	0.1596	0.0475
			城市建成区绿化覆盖率	0.0977	0.0290
			生态公益林比例	0.0832	0.0247
			森林生态功能等级比例	0.0471	0.0140
			森林公园占国土面积比例	0.0838	0.0249
			自然保护区占国土面积比例	0.0572	0.0170
	城市单体森林建设水平	0.1637	国家森林城市达标率	0.2690	0.0440
			森林小镇达标率	0.2024	0.0331
			区域森林覆盖率	0.1596	0.0261
			城市建成区绿化覆盖率	0.0977	0.0160
			生态公益林比例	0.0832	0.0136
			森林生态功能等级比例	0.0471	0.0077
			森林公园占国土面积比例	0.0838	0.0137

表 4 城市群森林建设水平评价指标的评价值与得分

Tab. 4 Evaluation index value and score of forest construction level of city cluster %

准则层	指标层	现值	目标值	评价值	权重	得分
城市群森林建设水平	国家森林城市达标率	100	100	1.000	0.1450	0.1450
	森林小镇达标率	32.12	50	0.642	0.1091	0.0700
	区域森林覆盖率	51.68	52	0.994	0.0860	0.0855
	城市建成区绿化覆盖率	45.38	45	1.000	0.0526	0.0526
	生态公益林比例	42.00	60	0.700	0.0448	0.0314
	森林生态功能等级比例	78.62	80	0.983	0.0254	0.0249
	森林公园占国土面积比例	6.31	7.5	0.841	0.0452	0.0380
	自然保护区占国土面积比例	7.29	6.9	1.000	0.0308	0.0308
合计						0.4784

表 5 城市圈森林建设水平评价指标得分

Tab. 5 Evaluation index score of forest construction level of city circle %

指标层	广佛肇	深莞惠	珠中江
国家森林城市达标率	0.0800	0.0800	0.0800
森林小镇达标率	0.0387	0.0358	0.0409
区域森林覆盖率	0.0475	0.0475	0.0364
城市建成区绿化覆盖率	0.0285	0.0290	0.0290
生态公益林比例	0.0159	0.0190	0.0186
森林生态功能等级比例	0.0140	0.0135	0.0132
森林公园占国土面积比例	0.0249	0.0169	0.0121
自然保护区占国土面积比例	0.0053	0.0170	0.0170
得分小计	0.2548	0.2587	0.2472
平均得分			0.2536

4.2 指标的评价值与得分

准则层各森林建设水平综合得分 $F=\sum F_i W_i$ 式中：F_i 为各指标的评价值，W_i 为各指标的权重。具体得分详见表 4、表 5 和表 6。

由表 4 可以看出，珠三角城市群的森林建设水平得分为 0.478 4，占该准则层得分的 88.76%。

由表 5 可以看出，在珠三角城市圈中，深莞惠的森林建设水平最高，珠中江的森林建设水平最低，广佛肇的森林建设水平处于中等水平。

由表 6 可以看出，在珠三角城市单体森林建设方面，深圳市、广州市的森林建设水平较高，佛山市、中山市的森林建设水平较低，得分最低的与得分最高的相差 20%左右。

4.3 计算综合得分

珠三角国家森林城市群建设状况综合得分 F = 城市群森林建设水平得分+城市圈森林建设水平平均得分+城市单体森林建设水平平均得分，得到珠三角国家森林城市群建设状况综合得分为 0.867 8。

表 6　城市单体森林建设水平评价指标得分

Tab. 6　Evaluation index score of forest construction level of individual city　%

指标层	广州市	深圳市	珠海市	佛山市	江门市	肇庆市	惠州市	东莞市	中山市
国家森林城市达标率	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440
森林小镇达标率	0.0234	0.0331	0.0207	0.0211	0.0207	0.0195	0.0138	0.0260	0.0258
区域森林覆盖率	0.0212	0.0200	0.0145	0.0105	0.0227	0.0261	0.0261	0.0186	0.0116
城市建成区绿化覆盖率	0.0160	0.0160	0.0160	0.0152	0.0159	0.0130	0.0153	0.0160	0.0153
生态公益林比例	0.0136	0.0136	0.0136	0.0097	0.0089	0.0073	0.0100	0.0105	0.0136
森林生态功能等级比例	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0070	0.0077	0.0074	0.0063	0.0077
森林公园占国土面积比例	0.0137	0.0137	0.0077	0.0133	0.0071	0.0137	0.0070	0.0137	0.0034
自然保护区占国土面积比例	0.0018	0.0094	0.0094	0.0004	0.0088	0.0041	0.0094	0.0049	0.0032
得分小计	0.1414	0.1575	0.1336	0.1219	0.1351	0.1354	0.1330	0.1400	0.1247
平均得分									0.1358

4.4 确定等级

以理想的珠三角国家森林城市群建设状况(各项指标满分)F′=1 为参考,所得分值与理想分值的比值 D 为评价等级标准(表 7)。I 级说明珠三角国家森林城市群建设状况优秀,II 级说明珠三角国家森林城市群建设状况良好,III 级说明珠三角国家森林城市群建设状况一般,IV 级说明珠三角国家森林城市群建设状况有待提高。

表 7　珠三角国家森林城市群建设等级标准

Tab. 7　Grade standard of national forest city cluster construction in the Pearl River Delta

评价等级	比值 *D*/%
I 级	90~100
II 级	80~89
III 级	60~79
IV 级	0~59

根据珠三角国家森林城市群建设状况综合得分,计算出比值 D=86.78%,说明珠三角国家森林城市群的建设状况处于 II 级,建设状况良好,接近优秀。

5 结论与讨论

本文利用“3S”技术获得珠三角地区森林资源数据,再利用层次分析法(AHP)构建珠三角国家森林城市群评价指标体系,并通过城市群森林建设水平、城市圈森林建设水平和城市单体森林建设水平 3 个一级指标以及城市群、城市圈、城市单体的国家森林城市达标率、森林小镇达标率、森林覆盖率、城市建成区绿化覆盖率、生态公益林比例、森林生态功能等级比例、森林公园占国土面积比例和自然保护区占国土面积比例等 24 个二级指标,从多方面、多层次评价珠三角国家森林城市群建设状况,结果显示,珠三角国家森林城市群建设状况良好,接近优秀。

同时发现珠三角国家森林城市群在建设过程中仍有些方面需进一步提升:

1)城市群森林建设方面。森林小镇达标率和区域生态公益林比例有待提高。根据评价值来看,这两个指标的现状值只有目标值的 70%左右,需进一步加大森林小镇的建设步伐,扩大生态公益林面积。

2)城市圈森林建设方面。珠三角 3 组城市圈森林建设水平不一致,其中珠中江城市圈森林建设水平较低,部分指标在三组城市圈中排名靠后,如区域森林覆盖率、森林生态功能等级比例和森林公园占国土面积比例等。需进一步保护和扩大珠中江城市圈的森林资源,提高森林质量和生态效益,并大力推进森林公园建设。

3)城市单体森林建设方面。珠三角 9 个城市的森林建设水平不均衡,其中国家森林城市达标率、城市建成区绿化覆盖率、森林生态功能等级比例等指标各市完成情况较好,均为目标值的 80%以上,佛山市的区域森林覆盖率和自然保护区占国土面积比例、肇庆市的生态公益林比例、惠州市的森林小镇达标率、中山市的森林公园占国土面积比例完成情

(下转第 143 页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 024

汤阴县省级森林城市建设规划研究

邢浩杰,楚端玉,刘汉宇,刘保国
(河南农业大学风景园林与艺术学院,河南 郑州 450000)

摘要:分析汤阴县森林城市建设的现状条件,与《河南省省级森林县城评选考核办法评价指标体系》进行逐项对比分析。结果表明,汤阴县 35 项指标中有 25 项已达标,10 项不达标。汤阴县森林城市建设定位为“人文古县,绿色汤阴”,以建设成“城在林中,林在城中,人在绿中”的具有突出地域特色的森林生态城市为目标,构建“一心、一核、一轴、三带、三区、多点”的森林网络结构建设布局。从森林生态网络、森林产业、森林生态文化和森林支撑保障建设四大工程阐述汤阴县省级森林县城建设重点。

关键词:森林城市; 建设布局; 森林网络; 森林产业;森林生态文化;森林支撑保障;汤阴县

中图分类号:S731. 2 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0138-06

引文格式:邢浩杰,楚端玉,刘汉宇,等. 汤阴县省级森林城市建设规划研究[J]. 林业调查规划,2021,46(3):138-143. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 024

XING Haojie,CHU Duanyu,LIU Hanyu,et al. Construction Planning of Provincial Forest City in Tangyin County[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):138-143. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 024

Construction Planning of Provincial Forest City in Tangyin County

XING Haojie, CHU Duanyu, LIU Hanyu, LIU Baoguo
(College of Landscape Architecture and Art, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: The analysis of the current conditions of the forest city construction in Tangyin County and the comparative analysis of the *Evaluation Index System of of Provincial Forest City in Henan Province* found that 25 indicators in Tangyin County had reached the standard and 10 had not reached the standard. The construction of forest city in Tangyin County was positioned as “cultural ancient county, green Tangyin”. With the goal of building a forest ecological city with prominent regional characteristics of “the city in the forest, the forest in the city and the people in the green”, and the layout of “one center, one core, one axis, three belts, three areas, and multiple points”, this paper expounded the construction key points of provincial forest city in Tangyin from four aspects of forest ecological network, forest industry, forest ecological culture and forest support and guarantee.

Key words: forest city; construction layout; forest network; forest industry; forest ecological culture; forest support and guarantee; Tangyin County

收稿日期:2020-12-14.
项目基金:河南省高校人文社会科学研究一般项目“豫中地区传统村落文化景观基因识别与图谱构建”(2021-ZZJH-159).
第一作者:邢浩杰(1993-),男,河南汝州人,硕士研究生. 主要从事风景园林景观设计研究. Email:153209531@qq. com
责任作者:刘保国(1975-),男,河南中牟人,硕士,副教授. 主要从事风景园林规划设计研究. Email:614285065@qq. com

随着城市建设的快速发展,城市生态环境日渐恶化,城市生态安全受到严重威胁,而传统的绿化往往已不能满足现代城市发展的需求[1]。世界城市发展大致要经历生态迁居城市—森林城市—生态城市—生态文化城市等几个阶段,生态文化高度发达代表了城市生态建设的高端,森林城市是其中必须经历的阶段[2]。发展森林城市已成为增强城市综合实力的重要手段和推进城市现代化的重要措施[3-4]。

1 建设背景

1.1 国内背景

党的十八大以来,提出一系列新理念、新思想、新战略,形成了习近平生态文明思想。党的“十九大”提出“坚持人与自然和谐共生”的基本方略,指出了“建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计”,并将“美丽中国”写进了强国目标。2018 年 7 月,生态文明国际论坛 2018 年年会“森林城市绿色共享”专题论坛在贵阳市开幕,论坛上发布了《全国森林城市发展规划(2018—2025 年)》,该规划明确了未来我国森林城市发展的目标、布局、重点任务与建设内容,规定到 2020 年全国新建国家森林城市 76 个。

1.2 河南省森林城市建设背景

近年来,河南省深入贯彻习近平生态文明思想,认真落实习近平总书记视察河南时的重要讲话精神,以“五年增绿山川平原,十年建设森林河南”为目标,以森林城市建设为主要载体,有力促进了“山区森林化、平原林网化、城市园林化、乡村林果化、廊道林荫化、庭院花园化”全面发展,全省上下形成了多级联动、分层联创的生动局面。目前,河南省已有 16 个国家森林城市,27 个省级森林城市,开封市、周口市、汝州市等 9 个市(县)正在大力推进国家森林城市建设,31 个县市正在创建省级森林城市,形成了多级联创的省级森林城市建设格局。

2 规划范围

规划范围为汤阴县全县域范围,地理坐标为北纬 35°45′~36°01′,东经 114°13′~114°42′。在重点工程建设时又分为县域和城市建成区两个范围。

2.1 县域范围

汤阴县城关镇、宜沟镇、韩庄镇、白营镇、古贤镇、菜园镇、任固镇、五陵镇、伏道镇 9 个镇,瓦岗乡 1 个乡 298 个行政村和汤阴县产业集聚区 1 个管理委员会。

2.2 城市建成区范围

根据汤阴县最新城市总体规划所确定的汤阴县辖人民路办事处、城东办事处、汤河办事处、岳庙办事处、精忠办事处、车站办事处 6 个街道办事处。

3 汤阴县森林城市建设条件分析

3.1 森林资源分析

截至 2019 年底,全县林地面积 8 640 hm^2,其中有林地 7 767 hm^2,建成区绿化面积 938.63 hm^2,四旁绿化面积 3 495.6 hm^2,其他绿化面积 4 784.77 hm^2,城乡绿化总面积 16 986 hm^2,林木覆盖率 26.3%。建成区面积约 2 300 hm^2,绿地覆盖面积 938.63 hm^2,绿化覆盖率 40.81%;公园绿地面积 238.68 hm^2,人均公园绿地面积 15.3 m^2,道路绿化面积 134.9 hm^2,绿化率 78.52%。

3.2 森林城市建设优势

3.2.1 自然条件优越,文化古迹众多

汤阴县属北温带大陆性季风气候,气候温和,四季分明,地貌由丘陵、平原两大类型组成,适宜多种植物生长,乡土树种资源丰富,优厚的自然条件与植物资源成为森林城市建设的良好基础。汤阴县历史悠久,古迹众多,是著名民族英雄岳飞的故乡,周易文化发源地。是河南省历史文化名城,实属“千年古县”。境内有羑里城、岳飞庙、岳飞先茔、扁鹊庙、汤河国家湿地公园、云莱省级森林公园等。

3.2.2 政府高度重视,投资力度大

汤阴县委县政府成立了省级森林城市建设指挥部,指挥部下设办公室,主管副县长任办公室主任,负责日常组织协调工作,各有关单位明确分工。此外,汤阴县制定各种奖励政策鼓励植树造林,投入大量资金开展工程造林、生态廊道建设、国家储备林建设,加快了森林资源培育步伐,实现了森林面积增长。

3.3 森林城市建设存在的问题

3.3.1 树种、林分结构不合理。

树种较单一,特别是农村仍以杨柳树为主,且 5 年生以下幼龄林占 80%,林分结构不尽合理。

3.3.2 森林分布不均,部分乡镇林木覆盖率偏低

汤阴县整体林木覆盖率满足森林城市建设标准,但个别乡镇林木覆盖率较低,不能满足农村居民的生活需求。

3.3.3 林分质量不高,经济效益低

农村绿化普遍存在树种单一、景观效果不明显、生态功能不强、经济效益不高等问题。城市绿化质量和品位仍有待改进和提高。

3.3.4 受土地类型限制,绿化空间收缩

汤阴县土地类型多为基本农田。根据国务院有关文件要求,基本农田不准栽树,只能在宜林荒山荒地种植树木,一定程度上限制了造林绿化工作的开展。

3.4 达标情况分析

通过收集现状指标,并与《河南省省级森林县城评选考核办法评价指标体系》进行逐项对比分析,结果表明,汤阴县 35 页指标中,达标 25 项,不达标 10 项(表 1)。

表 1 省级森林县城达标情况分析

Tab. 1 Achievement of provincial forest cities

指标类型	达标	不达标
森林网络	林木覆盖率;建成区绿化;人均公园绿地面积;休闲游憩绿地;水岸和水源地绿化;单位、社区、厂矿绿化;农田林网;生态修复	建成区道路绿化;村镇绿化;廊道绿化
森林健康	乡土树种比例;树种丰富度;苗木使用;林分结构;森林灾害防控;近自然管理;资源保护	生物多样性保护
生态福利	生态休闲场所服务;绿道网络;生态产业	
城乡生态环境	城乡环境整治	区域环境质量与节能减排指标
生态文化	科普教育;义务植树;古树名木保护;公众认知	宣传教育
组织管理	组织领导;保障制度	科学规划;投入机制;科技支撑;档案管理

4 建设定位、目标与总体布局

4.1 建设定位

汤阴县建设森林城市的定位:“人文古县,绿色汤阴”。汤阴县历史文化源远流长,有 5000 年文明史、3 400 多年文字史、2222 年建县史,是著名的“三圣文化之乡”。“人文古县”表明汤阴县历史文化底蕴深厚;“绿色汤阴”显示了汤阴县森林城市建设的发展方向,建成景观优美、生态良好、宜居富民、文化繁荣的省级森林城市,在豫州大地绘就一幅绿色画卷。

4.2 建设目标

汤阴县森林城市建设以建设生态文明为主题,通过实施森林城区、森林资源保育、绿色通道、城市河岸风光带、环城林带、废弃地复绿及乡村人居林、林业产业、生态旅游、生态文化等建设工程,全面推进汤阴森林城市建设。基本形成完备的森林生态体系、发达的林业产业体系和繁荣的森林文化体系,实现资源增长、生态优良、产业发达、文化丰富、林农增收、山清水秀的发展目标。

4.3 总体布局

依据汤阴县的自然环境条件、地形地貌特点、生态格局、城市发展趋势等因素,结合森林资源、湿地资源以及人文历史文化资源,汤阴县森林城市建设布局可总结为“一心、一核、一轴、三带、三区、多点”的森林网络结构(图 1)。

1)“一心”:即森林城市中心。加强建成区城市公园绿地建设、道路绿化、城市环城林带建设、城市水系廊道建设等,结合汤阴县自身的文化底蕴,将岳飞文化、国学文化、远古文化等融入城市建设中去。

2)“一核”:即生态自然内核。依托汤河国家湿地公园,在保护森林生态系统、湿地生态系统、生物多样性的前提下,充分发挥湿地公园的资源优势,打造汤阴县生态自然的核心区域。

3)“一轴”:即城市发展绿轴。指纵向贯穿汤阴县的主要城市发展带,是汤阴县未来发展的主要方向,包括京广铁路、京广高速铁路、南水北调干渠、G107、京港澳高速等,将中心城区与周边乡镇联结起来。重点开展城市通道绿化及生态绿廊建设。

4)“三带”:指汤阴县境内的汤河、羑河、永通河等,沿河流进行生态廊道建设,提供保护生物多样性的场所,同时营造供人们休闲游憩的滨水生态绿地。

5)“三区”:即西部的丘陵森林生态保育区、中部城市森林景观游憩区与东部平原的森林生态产业区。

6)“多点”:指县域内的乡镇村庄的人居环境生态建设,打造一批具有舒适人居环境及生态环境的森林乡村。

5 建设内容与规模

主要建设内容包括森林生态网络建设、森林产业建设、森林生态文化建设和森林支撑保障建设四大工程。重点围绕不达标项开展建设内容规划,并紧扣县域社会与国民经济发展及行业发展规划,多部门协作,合力推进,突出重心,精准发力[5]。

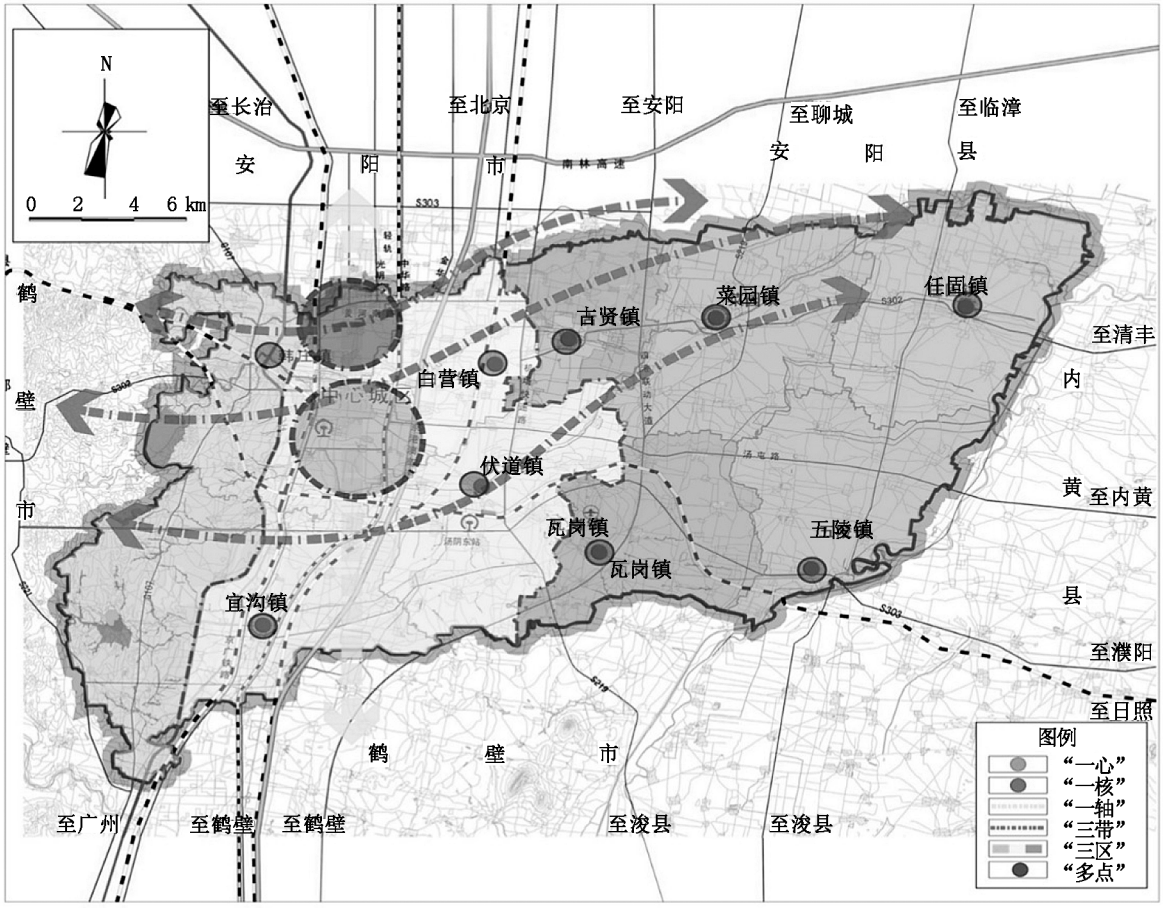


图 1　汤阴县森林城市建设总体布局

Fig. 1　Overall layout of forest city construction in Tangyin County

5.1 森林生态网络建设

5.1.1 城区绿化提升

汤阴县建成区内汤河贯穿城内,羑河北绕而过,形成天然的城市绿环和廊道。大力推动汤河、羑河河道两侧环境整治,在沿岸因地制宜地建设一大批公园、游园,同时构筑不同规模和等级的公共绿地、防护绿地,结合城市主干道路绿化及街头小游园,形成互相串联,有机结合的城市生态网络,打造“绿环绕城,绿廊穿城”的城市绿化格局。进一步增加建成区人均公园绿地面积,满足市民出行 500 m 内有休闲绿地的需求,扩充市民休闲游憩空间,让居民共享城市绿化成果。

5.1.2 农田林网建设工程

在所有适宜林网的农区大力建设农田林网,以现有沟、路、渠绿化为重点,全面查漏补缺,不留空档和死角,做到应栽尽栽,实现农田林网化。要提高标准,因地制宜地扩大林网绿化宽度,增加密度,提升绿化层次。坚持以高大乔木和优良乡土树种为主,选好树种,科学配置,适当密植,提高防护效益和土地利用率,杜绝主干道路单一栽植小乔木、花灌木的做法。现有沟、路、渠包括生产路沟全部绿化,做到应栽尽栽。村级道路以及宽度 6 m 以上路、沟、渠的株行距不大于 2 m×3 m;其他路(沟)株距不超过 4 m。乡土树种占比不低于 60%,主林带高大乔木占比不低于 80%。使用一级苗,禁止使用假植苗、病虫苗,要求全冠栽植,根系保持相对完整。

5.1.3 生态廊道建设

1)通道绿化

高速铁路、高速公路每侧 10 m,国道每侧 5m 高大乔木,县乡道路每侧 3 m 或根据立地条件,宜宽则宽,宜窄则窄。廊道绿化以高大乔木树种为主,优化树种结构,采取不同树种混交配置,混交林比例不低于 70%,乡土树种比例不低于 60%。

2)水系绿化

完成汤阴县县域内主要水系河流绿化,定期维护,适当补植,以巩固绿化效果。建设多层次、多色彩的绿化带,基本形成“水融合,林环抱”的生态功能区和连绵带。对汤河、羑河要按照治理规划要求,

高标准绿化、美化。

5.1.4 生物多样性保护

1)生物多样性保护基地建设

加强汤河国家森林湿地公园基础设施建设,加强云莱省级森林公园保护工作,开展对野生动植物物种、种群数量等的监测,为野生动植物保护提供理想场所及科研依据。此外,依托郊野公园建设,通过种植可以吸引野生动物的树种、投放食物等措施吸引野生动物,增加局部生物多样性。

2)野生动物迁徙通道建设

通过森林生态廊道建设连接城市及乡村周边的公园、湿地生态林地,满足野生动物迁徙需求。采用近自然的手段恢复通道上残缺、断档的植被,实现人与自然,人与动物和谐共生的目标。

3)生物多样性保护宣传

结合森林生态文化建设,通过节事活动、森林城市宣传活动大力宣传野生动植物保护,并利用网络、电视、广播等媒体呼吁全民参与野生动植物保护工作,提高市民生物多样性保护意识。

5.1.5 镇村绿化

在镇村周围、村内道路两侧和农户房前屋后及庭院内,采取立体式绿化、美化,大力发展优良乡土树种,提高常绿树和花卉配置,实现田园风光、自然风光与现代生活的完美结合,提高生活质量,构建“房前屋后果树成林、村庄周围森林环抱”的乡村绿化格局。完成 100 个乡村美化工作。规划近期建设森林小镇 2 个,分别为韩庄镇、五陵镇,森林村庄 15 个,中期建设森林村庄 12 个,远期建设森林村庄 9 个。

5.2 森林产业建设

5.2.1 森林生态旅游产业建设

以市场为导向,以保护、开发和利用森林、湿地等景观资源为重点,加强生态旅游基础设施建设,将自然风光与人文景观相结合,发展以森林公园、湿地公园为主体,以特色产业观光、体验为补充的生态旅游网络体系,并建立、健全森林旅游经营服务管理体系,促进汤阴县旅游产业快速发展。至规划期末,将汤阴县建设成为文旅互融的生态旅游目的地。

5.2.2 花卉苗木产业建设

以现有花卉苗木基地改造为主,进一步优化产业结构,增加科技含量,提高产品质量,提高花卉苗木基地的经济效益和社会效益。以五陵镇、宜沟镇、白营镇、菜园镇、韩庄镇为重点,打造出既能代表地方特色,又能适应市场需求的精品花卉苗木品种品牌。同时,结合森林生态旅游建设,打造花卉苗木生产和花卉观光旅游景区。

5.2.3 特色经济林产业建设

规划期内以汤阴县现有的苹果、桃树、梨树、核桃、葡萄等优势品种为主,按照“近期得利、长期得林、协调发展”的建设思路,加快特色经济林种植基地建设,更新、改造低产低效经济林,打造特色经济林发展片区。扩大绿色和有机产品的比例,大力开发经济效益高、市场竞争力强的名特优新品种,形成具有区域鲜明特色的主导产品和支柱产业,示范带动周边地区特色经济林产业发展。

5.3 森林生态文化建设

森林城市建设不能只停留在“植树”、“绿化”和“造林”层面,而忽略了森林文化建设的重要性[6]。森林文化是人类在社会实践中创造的森林物质财富和精神财富的总和[7]。

5.3.1 森林文化基础设施建设

推进岳飞文化苑、远古文化遗址园、森林文化科普教育基地建设,扩展岳飞故里的文化效应,展现汤阴浓厚的文化底蕴和鲜明的地方特质。依托汤阴县现有的湿地公园及森林公园,建设生态文化科普教育基地,打造汤阴县生态体验地,宣传林业发展的新进度、新成果,使之成为具有生态文化内涵的生态文明建设成果。

5.3.2 森林文化宣传活动建设

开展义务植树活动与纪念林基地建设活动,不仅可以加速国土绿化步伐,促进生态环境的改善,而且有效提高公民的绿化意识,生态意识和社会责任感,有助于进一步实现建设森林城市的目标。加大古树名木保护力度,普查档案,查漏补遗,加大执法力度和宣传力度,建立信息化管理系统。开展森林文化节事、森林文化宣传活动。

5.4 森林支撑保障建设

5.4.1 林业有害生物防治能力提升

加强防控体系建设,提高防灾减灾能力,抓好重点林业有害生物防治,加强监测预报,提高灾害预警能力,加强森防队伍建设,提高森防人员的整体素质,积极开展行业宣传,争取全社会力量支持森防事业。

5.4.2 林业科技支撑建设

开展林业重点工程科技支撑体系建设、林木种质资源保护体系建设、林木种苗质检体系建设、基层林业服务体系建设和林业科技创新平台建设。

5.4.3 林业信息化建设

1)继续加强领导,进一步规范工作制度,落实责任,提高每位机关工作人员对信息化工作的认识,把信息化工作纳入个人的目标考核内容,使之完全融入到个人的工作、生活中。

2)加大宣传工作力度,争取更多、更好的信息来源。

3)完善培训机制,加快培养高素质信息化技术人才。继续加强信息化队伍建设,不断提高信息工作水平。加强与县委、县政府信息部门的协作,做好信息化建设工作。

4)加大投入,根据网络系统建设的需要,积极向财政部门申请,解决所需建设经费,配齐硬件设施,完善局网络建设,提高机关网络办公水平。

5.4.4 林政资源管理

加强森林资源执法行政和严格管控工作,提高林木采伐和木材流通管理标准,补强森林公安队伍,积极开展野生动物救护工作,推进林权制度改革工作,开展林业执法专项行动和林业政策调研和法制宣传工作,科学管理森林资源档案。

5.4.5 森林防火能力提升

按照国家、省、市森林防火安全工作的有关规定,狠抓森林防火行政领导负责制,抓好森林防火宣传教育,火源管控,扑火队伍建设物资储备,督促检查及依法治火工作,并切实推进森林重点火险区综合治理工程,严格履行职责,研究、解决重大安全问题。

6 结语

汤阴县森林城市建设以形成森林和树木为主、城乡一体、稳定健康的森林生态防护体系为目标,把汤阴建设成为“城在林中,林在城中,人在绿中”的具有豫北平原地区地域特色的森林生态城市。

参考文献:

[1] 肖建武. 城市森林服务功能分析及价值研究[M]. 北京:经济科学出版社,2011.
[2] 但新球,但维宇. 森林城市建设——理论、方法与关键技术[M]. 北京:中国林业出版社,2011.
[3] 彭镇华. 中国城市森林[M]. 北京:中国林业出版社,2003.
[4] 冯超. 张家界国家森林城市建设思路[J]. 林业建设,2017(2):29-32.
[5] 黄海燕,戴益源,孙亚丽. 临沧市国家森林城市建设规划研究[J]. 林业调查规划,2019,44(1):200-205.
[6] 妙磊. 城市森林文化建设的生态价值研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.
[7] 樊宝敏,李智勇. 森林文化建设问题初探[J]. 北京林业大学学报(社会科学版),2006,5(2):4-9.

责任编辑:许易琦
校　　对:许易琦

(上接第 137 页)

况较差,均在目标值的 50%左右。各市需根据自身情况完善相关森林建设。

本研究通过指标量化来评价珠三角国家森林城市群的建设状况,对其发展方向可提供一定的参考依据,但因森林城市群涉及面较广,内容较多,对其评价指标体系的全面性、通用性可进一步深入研究。

参考文献:

[1] 吴孟诗. 珠三角森林城市群评价指标体系构建与应用[D]. 广州:华南农业大学,2016.
[2] 王成. 关于中国森林城市群建设的探讨[J]. 中国城市林业,2016,14(2):1-6.
[3] 王文波,姜喜麟,田禾. 国家森林城市创建中的若干问题探讨[J]. 森林工程,2015,31(4):13-17.
[4] 王文波,杨开良,邓宛琳,等. 基于岭南特色的珠三角国家森林城市群指标体系研究[J]. 林业经济,2016:100-103.
[5] 广东省人民政府. 珠三角国家森林城市群建设规划(2016-2025 年)[Z]. 2017.
[6] 国家森林城市评价指标:GB/T 37342-2019[S].
[7] 李志华,战国强,冯超,等. 珠三角国家森林城市群建设理念与策略[J]. 林业调查规划,2019,44(1):194-205.
[8] 王成,张昶,金佳莉. 森林城市群建设的评价指标[J]. 中国城市林业,2019,17(6):1-6.
[9] 金国东. 广东省森林小镇创建的问题与建议[J]. 中南林业调查规划,2018,37(2):20-23.
[10] 辛成锋. 森林小镇建设策略分析--以珠三角地区为例[J]. 湖北林业科技,2019,48(3):69-72.

责任编辑:许易琦
校　　对:许春霞　许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 025

核桃林下白及复合经营技术研究

高 云,杨根林,李庆华
(丽江市林业科学研究所,云南 丽江 674100)

摘要:在丽江市古城区开展了 1 年、3 年、5 年、7 年生的不同林龄核桃幼树林间作白及的试验研究,调查白及种植 3 年以后的生长情况,分析不同林龄核桃林间作对白及产量及块茎数的影响。结果表明,白及产量随核桃林龄的增加呈先升高再降低的趋势;块茎数随林龄的增加呈上升趋势,但各组之间差异不显著。文中对整地种植、抚育管理、适时追肥、水分管理、病虫害防治、繁殖方法等白及栽培技术进行了阐述。

关键词:复合经营技术;核桃幼树林;白及;林龄;白及产量;白及块茎数

中图分类号:S753. 536;S792. 13;S759. 82 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0144-04

引文格式:高云,杨根林,李庆华. 核桃林下白及复合经营技术研究[J]. 林业调查规划,2021,46(3):144-147. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 025

GAO Yun,YANG Genlin,LI Qinghua. Compound Management Technology of *Bletilla striata* in *Juglans sigillata* Forest[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):144-147. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 025

Compound Management Technology of *Bletilla striata* in *Juglans sigillata* Forest

GAO Yun, YANG Genlin, LI Qinghua
(Lijiang Academy of Forestry, Lijiang, Yunnan 674100, China)

Abstract: The experiment of intercropping *Bletilla striata* in 1-year-old, 3-year-old, 5-year-old and 7-year-old *Juglans sigillata* young plantations was carried out in Gucheng District of Lijiang City to investigate the growth of *Bletilla striata* after 3 years of planting, and to analyze the effects of intercropping on the yield and tuber number of Bletilla striata. The results showed that with the increase of walnut forest age, the yield of *Bletilla striata* increased first and then decreased, while the number of tubers increased but without significant difference among the groups. This paper also described the cultivation techniques of *Bletilla striata* from soil preparation, tending management, timely topdressing, water management, pest control and propagation methods.

Key words: compound management technology; *Juglans sigillata* young plantation; Bletilla striata; forest age; yield of Bletilla striata; tuber number of Bletilla striata

收稿日期:2020-10-29.
基金项目:中央财政林业科技推广示范资金项目(云 2018TG19 号);丽江市第四批中青年学术和技术带头人培养对象培养计划.
第一作者:高云(1974-),女,云南丽江人,工程师. 从事经济林与林下中药材研究.
责任作者:李庆华(1976-),女,云南华坪人,高级工程师. 从事经济林与林下中药材研究. Email:731233013@ qq. com

核桃作为经济效益、生态效益和社会效益相融合的经济林树种之一,是重要的木本干果和油料植物,被誉为“铁杆庄稼”、“摇钱树”。丽江市位于海拔 1 600~2 800 m 的大部分山区均分布有核桃资源[1]。核桃产业成为丽江市生态产业中最重要的组成部分。新建的核桃园由于见效慢、周期长等问题,短时间内群众无收入,加大了管理成本。白及 *Bletilla striata* 为兰科 Orchidaceae 白及属 *Bletilla* 多年生草本植物。其叶态优美、花型独特、花大色艳、花色丰富,具有很高的观赏价值,可作为室内观赏花卉及园林绿化植物[2]。其块茎可入药,传统中医认为白及对痈肿、恶疮、败疽、伤阴死肌、胃中邪气有很好的疗效,被广泛用于治疗肺结核及支气管扩张咯血、胃溃疡出血等症,对消化道出血、外伤创伤等急性出血均有较好的治疗效果。由于白及还具有特殊的粘度特性,可作为增稠剂、润滑剂、乳化剂和保湿剂应用于石油、食品工业和医药、化妆品工业[3]。近年来,白及市场需求量越来越大,具有很高的市场发展前景。为此,通过开展核桃幼树林白及林下复合经营试验,为探索核桃幼树林药复合经营模式积累经验。目前对白及内含物质、临床应用、种苗繁育及栽培的研究论文较多,苏智良、施斌[4]等人也开展过思茅松、西南桦、旱冬瓜林下与大田、大棚栽培的对比试验,对白及物候及产量等相关指标做了相关记录,并总结出技术要点。本课题组也开展过不同栽培模式对分蘖及产量影响的相关研究[5],在前期开展工作的基础上,本试验通过开展白及与不同林龄核桃幼树林间作复合经营试验,探索核桃幼树林下白及复合经营方法,为总结出最佳的复合经营模式提供参考。

1 试验点概况

试验地位于丽江市古城区文化办事处亚东村委会岩乐村古城区益民农业开发有限公司基地。地理位置为 100°24′3.02″E,26°57′9.25″N,海拔 2 420 m。年均温 12.7℃,≥10℃的活动积温 3 664.6℃,年均降雨量 900~1 000 mm。土壤为玄武岩湖积物发育而成的山地红壤,pH 值 6.5,土壤深厚达 1 m 以上且无石砾。基地处于山体的中部,坡度≤10°为缓坡地,土壤保水保肥性好,核桃种植密度为 5 m×6 m(330 株/hm^2),为密植丰产园的标准,核桃林为栽培 1 年、3 年、5 年、7 年不同树龄的核桃幼树林,栽培品种为大泡核桃 *Juglans sigillata*。

2 材料与方法

2.1 材料

经炼苗 1 年的组织培养白及苗,无病虫害,叶 2 片以上,1 个块茎,块茎长 1.2 cm 以上,2~5 个芽,根 4 条以上,叶片翠绿,生长健壮;消毒用的 50%甲基托布津、石灰;腐熟的有机肥(云南松及其他阔叶树叶与羊粪 1∶1 混合的发酵物)、松毛(云南松松针)、草木灰、普通过磷酸钙;秤重用电子天平等。

2.2 试验设计

2015 年将白及苗定植于不同林龄的核桃幼树林中,分别用材料 A-D 表示,即处理 A:郁闭度为 10%以下核桃幼树林(1 年生),处理 B:郁闭度为 23%的核桃幼树林(3 年生),处理 C:郁闭度为 46%的核桃幼树林(5 年生),处理 D:郁闭度为 68%的核桃幼树林(7 年生)。7 年以上的核桃林郁闭度高,核桃树已开始试花试果,林下植物生长不良,故不作试验。4 种间作模式的栽培方法、种植密度、种植株数及种植以后的抚育管理均采用相同方法,种植时使用的白及种苗为同一批,在本次试验过程中视为相同。试验于 2015 年 2 月初白及休眠期进行,种植密度为 25 cm×25 cm,种植株数为 90 000 株/hm^2,采用单因素随机试验设计,4 种不同间作模式,每个种植试验面积为 0.03 hm^2,栽培总数为 3 000 株。

3 栽培技术

3.1 整地种植

种植前一年秋季对试验地进行全园整地,采用生石灰 750~1 500 kg/hm^2 均匀撒施种植地,将其深翻进行土壤消毒。清除杂草树根等杂物,施入有机肥,再次翻地使土壤与肥料拌均匀。栽植前浅耕一次,将土整细靶平,作宽 120 cm、高 30 cm 的畦,畦长可随地而定,畦间的步道宽 30 cm 左右。种植前在苗床上喷洒甲基托布津 1 200 倍液进行土壤消毒,并用甲基拖布津可湿粉剂对白及种苗进行消毒。栽植时按株行距 25 cm×25 cm 开穴,挖深 3~5 cm 的穴,搂平穴底,每穴栽入 1 株苗。栽植后覆盖清除杂物烧成的火土和草木灰,盖土与畦面平齐,再盖上一层松毛,以不见土表为宜,这样既能保持土壤的潮湿,又能防止杂草的生长。

3.2 抚育管理

白及大田种植需要遮荫,但核桃林下种植白及则充分利用了林分天然的遮荫效果,在遮荫材料方面节省了较大成本。林下种植的白及长势较好,叶

色纯正,植株病虫害少,具有一定的抗病、抗旱能力。

及时清除杂草,避免草荒,要遵循“除早、除小、除了”的原则,通常每年需要除草 3~4 次,具体除草时间按杂草生长情况而定,第一次中耕除草时白及植株较小,要认真细致,预防伤苗;5—9 月,白及和杂草生长旺盛,这段时间要做到及时除了。在白及的整个生长周期不提倡使用化学除草剂,本试验整个过程均为物理除草。

3.3 适时追肥

白及是喜肥植物,栽培基质应具有一定的肥力,有机质较多时有利于其块茎的生长。追肥应结合中耕除草,主要以施腐熟的有机肥为主,加施 750 kg/hm^2 过磷酸钙和 300 kg/hm^2 的三元复合肥(N ∶P ∶K 比例为 1 ∶1 ∶1),施肥坚持“多次施肥,每次量少”的原则,分 3~4 次施入。进入冬季休眠期前覆盖 3cm 厚的腐殖土与圈肥充分发酵的混合物,以起到冬季防冻、追肥、保墒的作用,且能有效抑制来年杂草生长。

3.4 水分管理

白及喜阴湿环境,栽培地要经常保持湿润,遇天气干旱时要及时浇水;雨季或每次大雨过后要及时疏沟,排出积水,避免烂根。采取在试验地核桃林间搭建固定喷灌带的方法,按照土壤墒情适时喷灌,做到不干不涝。

3.5 病虫害防治

白及在种植过程中尚未发现为害较大的病虫害,白及的病虫害主要以预防为主,采用灯光诱杀、天敌防治等物理防治为主的综合绿色防控。

3.6 繁殖方法

白及的种子细小且无胚乳,在自然状况下很难萌发和生长,实生苗均采用无菌播种,成本高、出苗慢,而分块茎繁殖较为容易。在休眠期挖出老株,选大小中等、无病的块茎进行分割分株,每个块茎需带 1~2 个芽,每丛分 3~5 株,并在块茎伤口蘸上草木灰。种植时芽朝上,填土、压实、浇水。通过试验,春季地温回升后用当年生块茎做繁殖材料,新块茎和根形成的间隔差明显缩短,当年就能出苗,出苗率达 90%以上,植株长势较强。

4 测定项目及统计分析

于 2017 年 12 月进行测产,将试验地面积平均分成 10 个样方,随机抽取 3 个样方(每个样方定植株数为 300 株)进行调查株数,再随机抽取 20 株称量单个块茎重量,计算均值及块茎数,再以样方内平均值乘以样方数内保留株数计算出每个样方的产量,进而计算出公顷产量,通过调查统计出不同林龄核桃幼树林间作对白及产量的影响(表 1)。

表 1 不同林龄核桃幼树林间作白及生长状况

Tab. 1 Growth of intercropping *Bletilla striata* in *Juglans sigillata* young plantations of different ages

处理	样方号	单株块茎数/块	每个样方保留株数/株	公顷块茎数/万块	块茎重量/kg	产量/(kg·hm^{-2})
A	1	6	280	50.40	0.06	30240
	2	5	280	42.00	0.07	29400
	3	5	280	42.00	0.06	25200
B	1	6	281	50.58	0.07	35406
	2	5	289	43.35	0.08	34680
	3	6	286	51.48	0.06	30888
C	1	6	280	50.40	0.06	30240
	2	6	283	50.94	0.07	35658
	3	5	286	42.90	0.07	30030
D	1	5	297	44.55	0.06	26730
	2	6	295	53.10	0.05	26550
	3	8	294	70.56	0.03	21168

由表 1 可以看出,种植 3 年后白及块茎由 1 个长成 5~8 个,调查小区定植 300 株,保留株数为 280~297 株;块茎质量在 0.03~0.07 kg。对产量及块茎数量进一步采用 IBM SPSS Statistics 22 进行方差分析(分析——一般线性模型—多变量),进行同质性检验,并进行 LSD 比较(表 2),为更直观反映试验结果,并采用折线图进行表示(图 1,图 2)。

表 2 不同林龄核桃幼树林间作白及分析

Tab. 2 Analysis of intercropping *Bletilla striata* in *Juglans sigillata* young plantations of different ages

	产量/(kg·hm^{-2})	相对产量/%	块茎个数/(万块·hm^{-2})	相对块茎数/%
处理 A	28280±1402.5	114	44.80±4.55	100
处理 B	33658±3975.6Aa	136	48.47±0.89	108
处理 C	31976±2293.5A	129	48.08±1.28	107
处理 D	24816±4866.5Bb	100	56.07±6.72	125

注:表中数据为平均值±标准差;同一列中不同大写字母表示差异显著($P<0.05$),不同小写字母表示差异极显著($P<0.01$);相对值:Mmin=100,Mi=Mi/Mmin。

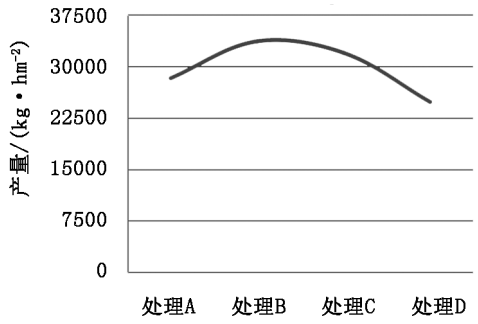


图 1　不同林龄核桃林间作对白及产量的影响

Fig. 1　Effects of intercropping on the yield of *Bletilla striata* in *Juglans sigillata* young plantations of different ages

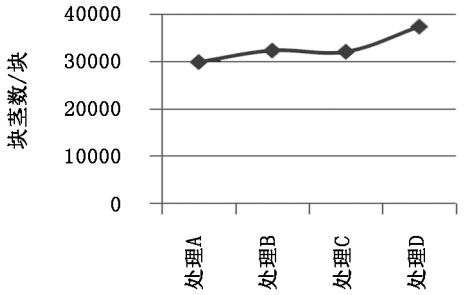


图 2　不同林龄核桃林间作对白及块茎数的影响

Fig. 2　Effects of intercropping on the tuber number of *Bletilla striata* in *Juglans sigillata* young plantations of different ages

5 结果与分析

5.1 不同林龄核桃幼树林间作白及对白及产量的影响

从表 2、图 1 可知,不同林龄间作白及对白及产量有一定的影响,处理 B(3 年生核桃林)与处理 D(7 年生核桃林)之间存在极显著差异,相对产量达到 136;处理 C(5 年生核桃林)与处理 D 之间存在显著差异,相对产量为 129;其他处理之间差异不显著,即处理 B(136)>处理 C(129)>处理 A(114)>处理 D(100)。试验结果表明,白及产量随核桃林龄的增加出现了先升高后降低的趋势,这可能与白及需要的遮荫度有关,林龄小,遮荫度少,不利于白及的生长发育。在 3 年生的核桃幼树林(遮荫度 23%)时产量达到峰值,然后逐渐减少;在 7 年生的核桃树林(遮荫度 68%)时产量最低,这可能不仅与遮荫度大有关,很有可能与随着树体的增大,吸收的养分较多,根系与白及加大争肥力度有关,但本试验尚未开展相关内容的研究。

5.2 不同林龄核桃幼树林间作白及对白及块茎数的影响

从表 2、图 2 可知,不同林龄的间作与块茎数有一定的关联,块茎数随林龄的增加呈上升趋势(除处理 C 以外),但各组之间无显著差异,初步可以断定,在一定的范围内遮荫度越大,块茎数会缓慢增加,但遮荫度达到多少会出现峰值,本试验研究尚未涉及。

6 讨论与结论

通过对不同林龄的核桃幼树林下间作栽培白及的复合经营,初步掌握了栽培关键技术,初步了解到不同遮荫下块茎和产量的变化规律,为今后的试验研究开展了前期工作。由于试验周期短、设计范围有限等问题,未能完全掌握其块茎生长规律及林龄的不同对产量的影响。且间作以后,对白及产品的影响、对核桃树生长的影响,以及它们之间的化感作用等有待于进一步研究。

林药模式作为林业和中药生产相结合的一种复合经营模式,充分利用了林地资源和林隙空间作用,通过长短结合的方式来增加林地收入,可弥补林地前期见效慢、效益低的不足,也为中药材产业发展提供了广袤的土地,为解决中药材大田栽培出现“连作障碍”开辟了新的途径,但复合经营过程中,目的物种之间的相互作用,产品质量的相互影响,以及对土壤等的影响需要做进一步的研究。

参考文献:

[1] 和善程,杨根林. 丽江核桃栽培[M]. 昆明:云南科技出版社,2011.

[2] 石晶. 白及属植物资源与利用[D]. 海口:海南大学,2010.

[3] 邱琼,杨德军,刘际梅,等. 西双版纳林下栽培白及试验研究[J]. 林业调查规划,2017,42(4):78-81.

[4] 苏智良,施斌,董晓光,等. 白及不同种植模式对其产量的影响[J]. 中国农业文摘·农业工程,2018(1):53-63.

[5] 杨根林,高云,谭凤琼,等. 白及不同栽培模式对分蘖及产量影响的研究[J]. 北方农业学报,2019,47(5):16-19.

[6] 游中权. 核桃与林下经济发展[J]. 现代园艺,2014(11):40.

[7] 李在凤. 南涧县核桃林下套种魔芋栽培技术[J]. 林业科技,2013(11):133.

责任编辑:许易琦

校　　对:邓　砚　许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 026

云南省林下经济发展现状及建议

李柱存
(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:概述林下经济的定义及主要模式,介绍云南林下经济发展助力脱贫攻坚成效显著、促进生态保护、形成区域特色产业、发展模式有所创新、发展与科技创新并进等现状和成效,分析其存在的发展认识存在不足、机制创新进展缓慢、资金制约因素大、科技支撑不够完善等问题,提出加强宣传,提高认识;坚持以市场为导向,着力培育龙头企业;拓宽投融资渠道,加大政策支持;加大科技支撑,依靠示范带动;加强监测,管控质量等林下经济发展建议。

关键词:林下经济;科技支撑;发展模式;品牌效应;云南省

中图分类号:S753. 536 **文献标志码**:B **文章编号**:1671-3168(2021)03-0148-04

引文格式:李柱存. 云南省林下经济发展现状及建议[J]. 林业调查规划,2021,46(3):148-151. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 026

LI Zhucun. Status and Suggestion of Under-forest Economy Development in Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):148-151. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 026

Status and Suggestion of Under-forest Economy Development in Yunnan Province

LI Zhucun
(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: This paper summarized the definition and main modes of under-forest economy, introduced the status of under-forest economy in Yunnan Province, such as remarkable achievements in poverty alleviation, promotion of ecological protection, formation of regional characteristic industries, innovation of model and development of technological innovation. Based on the analysis of the existing problems, including insufficient development awareness, slow progress of mechanism innovation, constraints on funds and imperfect scientific and technological support, this paper suggested to strengthen publicity, raise awareness, adhere to market orientation, cultivate leading enterprises, broaden investment and financing channels, increase policy and technology support, focus on demonstration, strengthen monitoring, and control quality.

Key words: under-forest economy; science and technology support; development mode; brand effect; Yunnan Province

1 林下经济概念及模式

林下经济是以生态学、经济学和系统工程学为基本理论,以林地资源和森林生态环境为依托发展起来的林下种植业、养殖业、采集业和森林旅游业。其发展模式主要包括林下种植、林下养殖、林下产品

收稿日期:2020-12-30;**修回日期**:2021-03-01.

第一作者:李柱存(1985-),女,云南沾益人,工程师. 主要从事林业调查规划工作.

采集加工、森林景观利用等 4 大类[1]。林下经济是在不砍树的条件下增加经济收入的一种生产经营模式,实现了不砍树也能致富的梦想,是将绿水青山转化为金山银山的重要途径。

2 云南林下经济发展现状及主要成效

云南省地处长江、珠江等六大国际国内重要河流的源头或上游,是典型的高原山区省份。近几年,依托独特的地理区位优势、良好的生态环境、丰富的资源条件及广泛的群众基础,云南林下经济产业蓬勃发展,形成了林药、林菌、林禽、林畜、林花、林果、林油、林粮、林草、林蜂、林景等重点产业[2]。

2.1 发展现状

云南省委、省政府高度重视林下经济发展,2013 年省政府召开了全省林下经济现场会,讨论审议了《云南省林下经济发展规划纲要(2013—2020 年)》;2014 年 7 月出台了《云南省人民政府关于加快林下经济发展的意见》(云政发〔2014〕29 号),制定了一系列措施,把发展林下经济作为巩固集体林权制度改革成果、促进绿色增长、提高林地产出、增加农民收入的有效途径。

全省现有国家林下经济示范基地 51 个,其中县域示范基地 11 个,企业示范基地 40 个。截至 2019 年 12 月底,林下经济(不含森林景观利用,下同)经营面积达 376.87 万hm^2,产值达 600 多亿元,从业人员超过 1 300 万人。尤其中药材得以迅速发展,培育了滇重楼、文山三七、昭通天麻、龙陵石斛等一大批云南特色中药材品牌。

2.2 主要成效

2.2.1 助力脱贫攻坚成效显著

林下经济逐渐成为山区林农的“绿色银行”,各地因地制宜发展林下经济,基本形成了区域特色格局,林下经济发展向产业经营转变,林下产业发展迅速,前景良好。2019 年云南省 1 300 多万林下经济从业人员中,来自林下经济的人均收入超过 1 100 元。楚雄、易门、宜良、香格里拉等地已成为云南野生菌生产、交易、加工、出口的主要基地,农户野生菌收入占家庭收入的 70%,最高的户均年收入超过 10 万元,发展林下经济已成为广大林农脱贫致富奔小康的重要手段,是当地扶贫攻坚的重要抓手。

2.2.2 促进生态保护

将生态优先作为发展前提,合理利用云南林地林木所蕴藏的各类丰富资源,可保证林业相关产业与生态建设的协调发展[3]。发展林下经济有效解决了生态保护和农民增收之间的矛盾,拓宽了林农增收渠道,减少了以销售林木来增加收入,有效保护了森林资源,较好地实现了生态保护和经济发展特别是与农民增收的有机统一。

2.2.3 形成区域特色产业

紧紧围绕省委、省政府打造世界一流绿色“三张牌”工作部署和茶叶、花卉、蔬菜、水果、坚果等 8 个重点绿色产业,林下经济逐渐成为山区林农的“绿色银行”,各地因地制宜地发展林下经济,基本形成了区域特色格局,林下经济发展向产业经营转变,林下产业发展迅速,前景良好。通过发挥各地不同的自然资源优势,正在不断涌现出各具重点和特色的林下经济产业[4]。如:昆明、楚雄、玉溪等滇中地区以野生菌、林下药材及木本油料产品的加工及流通为主;昭通、曲靖等滇东北地区以林下药材种植为主;文山、德宏等滇南地区多种植石斛、三七等林下药材;迪庆、怒江、保山等滇西北及滇西南地区依托丰富的旅游资源开展森林生态旅游。

目前,全省逐渐形成了南华野生菌交易市场、大理永平曲硐核桃交易市场、香格里拉松茸交易市场、昆明木水花野生菌交易市场、昆明菊花园中药材交易市场等较为有名的林下经济产品交易市场;西双版纳野象谷、普达措国家公园、普者黑、高黎贡山百花岭等生态旅游圣地;三七、天麻、灯盏花、滇重楼等 10 余种滇产药材占全国中药材市场份额的半壁江山。尤其是木水花野生菌交易市场,依托云南以及周边丰富的野生食用菌资源,通过“买全球、卖全球”,深度融合野生菌一二三产业,已形成全球规模最大、种类最多、品质最佳的野生菌交易市场,具有较强的品牌效应,在国内外野生菌行业有较大的市场话语权和影响力。

2.2.4 发展模式有所创新

各地积极探索林下经济发展模式,形成了林下种植、林下养殖、林下产品加工和采集、森林景观利用等模式。发展模式多样化,利益共享、风险共担,有力地带动了农户参与林下经济产业发展的积极性。

宜良县小哨“两山理论”实践创新基地距县城 30 km,森林覆盖率高达 80%,是云南省第一家以野生食用菌为特色的生态旅游村。近年来,小哨村以“包山拾菌”为突破口,积极发展林下经济,以实际行动践行“绿水青山就是金山银山”的发展理念,实现了生态、经济、社会效益相统一,为宜良县践行

“两山理论”探索了路径，发挥了示范作用，2017 年其被中国生态文化协会评为“全国生态文化村”，2019 年被宜良县评为“绿水青山就是金山银山”实践创新基地。小哨村“包山拾菌”模式还被云南省农村干部学院收集整理为林产业发展典型教材案例在省内宣传推广，每年吸引省内外各地考察学习百余次，曲靖、红河、昆明的县区已在积极地复制推广小哨“包山拾菌”发展模式。

宜良县国有花园林场采取“包山养菌”方式，把生长着干巴菌的林子通过竞价的方式承包给附近村民管护，采取“国有林场+林农包租（林家乐）”的模式运营，以科研研究院所为技术支撑单位，开展干巴菌保育促繁和林下野生食用菌种植技术研究与示范推广，推进生态建设和林场增收同步发展，改变传统单一的生产经营模式，提高林地利用效率，改善林分生态环境，保护森林系统生物多样性，促进林场可持续发展，达到经济、社会、生态效益相统一。

保山隆阳区下麦庄核桃种植专业合作社将全村 96%以上的农户发展为社员，在发展核桃产业的同时，利用核桃林荫空间开展农作物间作，整合土地和光热资源，有效地利用时间和空间，形成了农林牧循环发展的经济模式，实现农民人均纯收入 1 万元，成为当地绿色生态农业循环发展示范村。

云南斛哥庄园有限公司打造集森林观光旅游、林下中药材种植为一体的林下经济发展新模式，带动农户 3 000 余户，年产值近亿元。

2.2.5 产业发展与科技创新并进

开展林菌保育促繁试验，生态价值与科研项目相得益彰。实施“野生干巴菌保育促繁技术推广示范项目”，应用封山育菌、修枝、割灌、搭草棚、掘塘、人工增湿、温湿度监测等促繁技术措施增加野生干巴菌的产量和质量，经测算干巴菌比实施保育促繁前最高增产 275.8%。该项目在 CCTV-7《绿色时空》栏目以“养菌有道巧赚钱”专题播出，取得很好的宣传效果。

3 云南林下经济发展存在的问题

云南省委、省政府高度重视林下经济发展，制定了一系列措施，把发展林下经济作为巩固集体林权制度改革成果、促进绿色增长、提高林地产出、增加农民收入的有效途径。通过多年努力，云南林下经济发展取得一定成效，但总体仍处于较低层次，发展不平衡、规模较小、布局分散、产业链较短、精深加工程度不高、科技贡献率较低是突出问题，与云南丰富的动植物资源极不相符，与先进省区差距也较大。

3.1 发展认识不足

一些地方政府部门对发展林下经济的重要意义和作用认识不足，缺乏长远规划，思路不够开阔；部分地区认为林下经济收益小，投资回报周期长，不愿开展；有关部门为林下经济到底归哪个部门管理而争论不休，阻碍了林下经济发展；还有不少地方怕担风险，持观望态度，依赖上级投资思想严重，发展林下经济的积极性和主动性不高。

3.2 机制创新进展缓慢

林下经济发展涉及发改、工信、财政、农业、水利、商务、林业、科技、扶贫、金融等多个部门，但缺少联动机制，得不到必要的项目和资金扶持，加之运行、管理、服务机制不完善，致使大部分林下经济产业仍处在低层次初级开发阶段。一般只是简单采集、作坊加工，个别产品甚至存在违规加工和销售情况。名优品牌不多，产品规模较小、产地分散，质量参差不齐，即使是一些销路较好的产品，也满足不了市场的需求。龙头企业的带动能力弱、产业链条较脆弱。同时，发展林下经济的地区大多位于偏远山区，基础设施条件滞后，也严重制约了林下经济快速发展。此外，林产品市场流通体系不健全，社会化、信息化服务体系不完善，坐地等客、被动销售的问题较为突出[5]。林下产品生产、加工、流通、销售分属不同部门管理，形成各管一段、相互分割的状态，不适应产供销一体化经营要求[6]。

3.3 资金制约因素大

当前，各级财政每年对林下经济产业发展投入的扶持资金有限，投资大、周期长、见效慢而又融资难，在做大规模、做强品牌、拉长产业链等方面受到极大制约。

3.4 科技支撑不完善

目前，云南林下经济科技贡献率仅为 20%，远远低于全国林业科技贡献率 50%的平均值，也低于一省林业科技贡献率 27%。主要表现在：县乡基层林业技术人员不足，知识面不宽，服务地方林下经济发展技术水平不强；经营者缺乏与相关技术和科研部门对接的平台；科技支持政策不完善，科技人员积极性不高。

4 云南林下经济发展建议

2021 年，中共中央、国务院《关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见》提出，要“促进木本粮油和林下经济发展”，国家层面已将推动林下

经济发展放在了重要位置,林下经济发展前景光明。

4.1 加强宣传,提高认识

大力发展林下经济产业是将绿水青山转化为金山银山的有效途径,是一条不砍树也致富的绿色发展之路。要充分利用广播、电视、网络、报纸等媒体以及京东、淘宝等电商平台,加大典型地区、典型企业、典型产品的宣传力度,营造良好的社会舆论氛围。同时,应瞄准北京、上海、广州、深圳等发达地区,大力做好云南森林生态产品的展销、推介、品牌推广等招商引资活动。

4.2 坚持以市场为导向,着力培育龙头企业

发挥龙头企业的示范带动作用,鼓励龙头企业与合作社、农户结成“风险共担、利益共享”的共同体。建设林下经济综合市场,实现林下产品收购、加工、包装、储藏、物流、销售等一体化的运营模式,促进市场建设与旅游观光的深度融合。加大“互联网+”营销力度,鼓励经营者在电商平台销售,积极参与直播,探索使用“一部手机云品荟”。充分利用博览会大力推荐林下经济产品,积极引进国内外知名企业合作,在经济发达地区开设云南林下产品直销店。鼓励企业参与“云南十大名品”评选活动,着力培育一批号召力强的知名品牌,打造世界一流“绿色食品牌”。

4.3 拓宽投融资渠道,加大政策支持

有关部门应积极争取国家及省级财政资金支持,采取以奖代补方式,重点扶持符合产业发展政策、发展前景好、带动作用强的林下经济发展项目,特别是对扶贫攻坚、脱贫致富作用明显的林下经济示范基地、精品庄园、省级龙头企业和林农专业合作社省级示范社等应加大扶持力度。同时,应探索更加灵活的金融政策和信贷业务,加大政策性金融的支持力度,引导、扶持商业性金融资本进入,并适当放宽信贷条件,不断拓宽投融资渠道。

4.4 加大科技支撑,依靠示范带动

对林下经济发展涉及的种质资源保护、品种优选、种苗繁育、集约经营、丰产培育、技术创新、产品研发、产品标准体系等方面强化科技支撑,加大科技示范,加强技术培训,不断引进、消化和吸收应用国内外高新技术成果,增加产品科技含量,提高科技转化率,推动林下经济相关产业技术进步。

4.5 加强监测,管控质量

建立林下经济产业发展创新联盟,提供政策、市场、技术、信息等咨询服务。依托省林业主管部门,搭建全省林下经济管理信息系统平台,积极开展森林产品从采集、生产、加工、包装、存储、运输等各个环节的监测工作,进一步加强产品质量检验和监督管控,使用公众号等技术建立产品质量溯源体系,确保种植生产销售全过程的质量安全。

参考文献:

[1] 刘美丽. 林下经济模式及综合效益 [J]. 林业实用技术,2007(4):37-38.

[2] 蒋为民. 林下经济发展模式 [J]. 广西林业, 2011(10):1.

[3] 李娅,唐文军,陈波. 云南林下经济发展战略研究——基于 AHP-SWOT 分析 [J]. 林业经济, 2014(7):42-47.

[4] 窦娅权,李娅. 云南少数民族地区林下经济发展模式研究[J]. 林业经济问题,2017(4):86-91.

[5] 刘国枝. 南涧县林下经济发展现状及对策 [J]. 绿色科技,2014(3):15-16.

[6] 卢寰. 南方国有林场发展林下经济现状及模式 [J]. 现代农业科技,2013(17):212-213.

责任编辑:杨竣焓
校　　对:张林艳　杨竣焓

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 027

灵石县核桃对主要气象因子的适应性分析

胡桃花[1],闫慧芳[1],张 喆[2],张利明[3],冯 斌[3]
(1. 晋中市气象局,山西 榆次 030600; 2. 太原市气象局,山西 太原 030100;
3. 晋中市规划和自然资源局,山西 榆次 030600)

摘要:为提高灵石县核桃的产量与品质,收集整理该县 1990—2019 年 30 年间的平均气温、降水量、光照时数、春季低温变化等历史气象资料进行分析。结果表明,其间降水量呈增加趋势,平均气温波动上升,日照时数呈下降趋势,低温冻害发生 37 d。认为该区域主要气象因子能满足核桃的正常生长结果,但 3 月下旬到 4 月的低温冻害时有发生,是核桃发展的不利因素,要采取相应措施。

关键词:气象因子;低温冻害;气温;降水量;光照;核桃;生长发育;山西灵石

中图分类号:S792. 13;S718. 512 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0152-05

引文格式:胡桃花,闫慧芳,张喆,等. 灵石县核桃对主要气象因子的适应性分析[J]. 林业调查规划,2021,46(3):152-156. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 027

HU Taohua, YAN Huifang, ZHANG Zhe, et al. Adaptability Analysis of Walnut to Main Meteorological Factors in Lingshi County [J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(3): 152-156. doi: 10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 027

Adaptability Analysis of Walnut to Main Meteorological Factors in Lingshi County

HU Taohua[1], YAN Huifang[1], ZHANG Zhe[2], ZHANG Liming[3], FENG Bin[3]
(1. Jinzhong Meteorological Bureau, Yuci, Shanxi 030600, China; 2. Taiyuan Meteorological Bureau, Taiyuan, Shanxi 030100, China; 3. Jinzhong Bureau of Planning and Natural Resources, Yuci, Shanxi 030600, China)

Abstract: The historical meteorological data of average temperature, precipitation, sunshine duration and low temperature in spring from 1990 to 2019 were collected and analyzed to improve the yield and quality of walnut in Lingshi County. The results showed that the precipitation increased, the average temperature increased in waves, the sunshine duration decreased, and the low temperature and freezing injury occurred for 37 days. This paper considered that the main meteorological factors in this area could meet the normal growth and fruiting of walnut, but the low temperature and freezing injury from late March to April occurred frequently, which was a disadvantageous factor for the development of walnut, and corresponding measures should be taken.

Key words: meteorological factors; low temperature and freezing injury; temperature; precipitation; sunshine duration; walnut; growth and development; Lingshi County of Shanxi Province

收稿日期:2020-09-02.

基金项目:山西省气象局科学技术研究项目"气象条件对晋中市核桃生长结果和产量质量的影响研究"(SXKMSQH20205235).

第一作者:胡桃花(1969-),女,山西朔州人,工程师. 研究方向为气象信息服务. Email:hutaohuayaliang@126. com

责任作者:冯斌(1974-),男,山西榆次人,正高级工程师,硕士. 主要从事干果经济林技术示范推广. Email:jzsjjlz@163. com

核桃(*Juglans regia* L.)是胡桃科核桃属植物。中国核桃栽培面积居世界首位。核桃属深根性、喜光、耐寒树种,适生区无霜期 150~240 d,年日照时数 1 800~2 300 h。随着全球气候变化,生态环境的改变,气象灾害的频发,很大程度上影响了核桃等林果的生长发育[1]。本文结合灵石县核桃发展,通过收集整理 1990—2019 年计 30 年的气温、降水量、温度变化、春季低温变化等历史气象资料,分析其对核桃生长结果的影响,对核桃产业发展进行一些探讨。

灵石县位于山西省中部,晋中盆地南端,面积 1 206 km^2,其四周群山环绕,山地和丘陵面积占 90%以上。县城东部有太岳支脉石膏山,海拔 2 532 mm,西部丘陵属吕梁山脉,中部为汾河谷地。平均气温 11℃,年降水量 492 mm,无霜期 140 d。灵石县作为“中国核桃之乡”,把核桃作为“一县一业”的主导产业发展[2],种植面积达 2.05 万hm^2,12 个乡镇均有分布,种植面积占到耕地面积的 70%以上[3],正常年份产量 1.2 万 t,产值 2.28 亿元。以核桃为主的林果业正逐渐成为当地农民增收的支柱产业。

1 资料和方法

温度、水分、光照是影响核桃树生长和果实品质的最主要气象因子[4]。气象数据采用山西省灵石县 1990—2019 年国家气象观测站的降水量、气温和日照时数等气象资料。对降水量、平均气温和日照时数采用线性趋向估计,以时间(t)为自变量,要素(y)为因变量,建立趋势分析一元回归方程 $y(t)=a+bt$,其中 b 为变化趋向率,b 值的符号反映上升或下降趋势[5]。近年来,春季的低温冻害对核桃萌芽、开花等关键生长结果阶段造成严重影响,轻则减产,重则形成绝收。按照核桃种植区冻害气象指标[6],分析春季霜冻状况。

2 结果与分析

2.1 降水量

灵石县 1990—2019 年降水量等气象因子变化情况见表 1、图 1 所示。

表 1　不同时间段主要气象因子变化情况

Tab. 1　Changes of main meteorological factors in different periods

气象因子	1990—1999 年	2000—2009 年	2010—2019 年	1990—2019 年
降水量/mm	441.3	494.6	538.8	491.6
平均气温/℃	11.07	11.26	11.32	11.21
日照时数/h	2256.5	2176.2	2005.1	2146.0

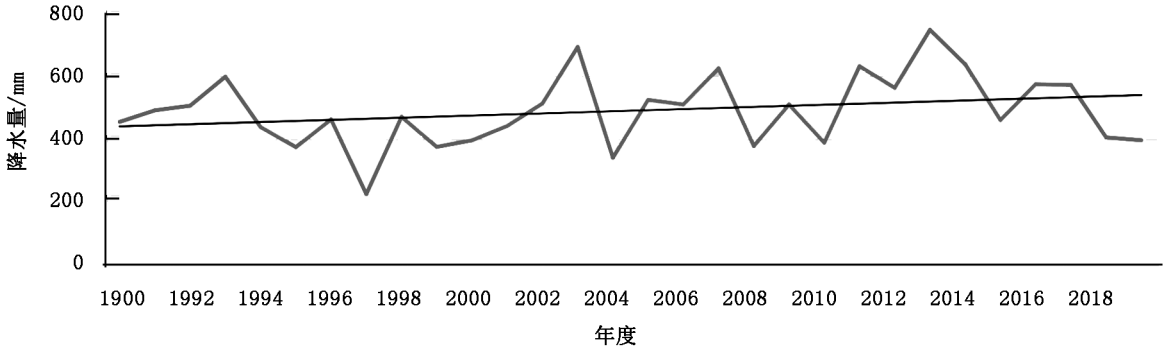


图 1　1990—2010 年灵石县降水量

Fig. 1　Precipitation in Lingshi County from 1990 to 2010

从表 1、图 1 中可以看出,灵石县 1990 年以来降水量呈波动上升趋势,总的趋势是降水量增加,每 10 年变化倾向率为 20.7 mm。降水量在年际间变化很大,多雨年(747.8 mm,2013 年)是少雨年(227.6 mm,1997 年)的 3.29 倍。1994—2002 年为少雨时段,平均降水量为 390.3 mm,较多年平均值偏少 101.3 mm,偏少 20.6%。近 10 年(2010—2019 年)平均降水量为 538.8 mm,较多年平均值偏多 47.2mm,偏多 9.6%。核桃喜欢温暖湿润的生态环境,适宜年降水量为 500~900 mm[7]。降水量是影响产量的重要因子,较适宜的降水量为核桃正常生长及开花结果提供充足的水分保证。

2.2 平均气温

灵石县 1990—2019 年平均气温如表 1、图 2 所示。

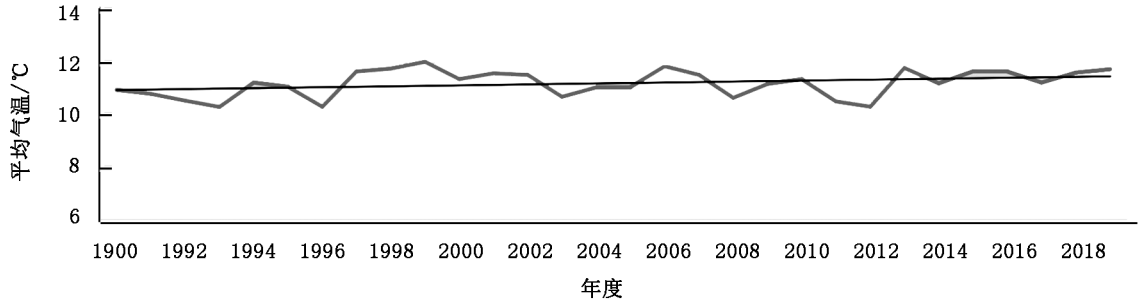


图 2 1990—2019 年灵石县平均气温

Fig. 2 Average temperature in Lingshi County from 1990 to 2019

由表 1、图 2 可以看出,灵石县 30 年来年平均气温 11.2℃。最高 12.03℃(1999 年),最低 10.31℃(1993 年),相差 1.72℃。1990—2019 年 30 年间,年均气温呈波动上升趋势,基本在 10~12℃间波动(仅 1999 年超过 12℃)。年均气温序列变化倾向率为 0.551℃/10 a,高于晋中市 0.352℃/10 a 的增长幅度[8]。近 10 年(2010—2019)年平均气温为 11.3℃,较多年平均值升高 0.1℃。核桃正常生长发育要求年平均温度 11~13℃,灵石县生长期年均温适宜,为核桃生长发育的适宜区域。

2.3 日照时数

灵石县 1990—2019 年平均日照时数见表 1、图 3 所示。

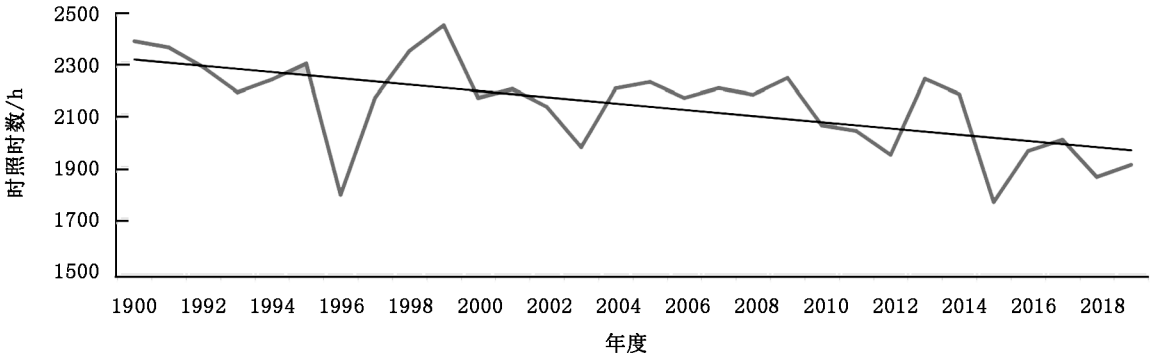


图 3 1990—2019 年灵石县年日照时数

Fig. 3 Sunshine duration in Lingshi County from 1990 to 2019

从表 1、图 3 可以看出,灵石县 1990—2019 年平均日照时数 2 146.0 h,总体呈下降趋势,倾向率为 -31.36 h/10 a,与左权县(倾向率-30.78 h/10 a)接近[9]。最高 2 351.2 h(1999 年),此后逐年波动下降,最低达到 1 774.6 h(2015 年)。近 10 年(2010—2019 年)平均日照时数 2 005.1 h,较多年平均值下降 140.9 h,下降 6.6%。核桃树喜光,年日照时数及日照强度对核桃的生长、花芽分化及开花结果影响较大,特别是盛果期需要充足的光照条件,低于 1 000 h 可导致核桃仁、壳发育不良,但正常生长需要日照时数尚有争论[7,10~12]。近期日照时数完全满足核桃的正常生长及结果需要,但如果持续下降,有可能对核桃的生长结果造成影响。

2.4 春季低温冻害

灵石县 1990—2019 年最低气温如图 4 所示。按照核桃花期冻害气温指标等级(表 2)划分,1990—2019 年灵石县低温冻害发生 37 d,其中轻微冻害 22 d,轻度冻害 10 d,中度冻害 3 d,重度冻害 2 d。王勇等[13]调查表明,2006 年 4 月 11-13 日,山西省出现大雪降温天气,最低气温达-4.1℃,且连续 3 天最低气温低于-1℃,使晋中、吕梁等地核桃树大面积受冻,其中,雌花花芽平均受冻率在 74%

以上,雄花花芽平均受冻率达 100%。冯斌[14]等调查表明,2010 年 4 月的冻害导致核桃树平均受冻株率及其雄花芽的平均受冻率均为 100%,枝条的平均受冻率为 70.1% ~ 88.6%,顶芽平均受冻率为 80.6% ~ 98.1%,侧芽平均受冻率为 27.2% ~ 54.4%。轻度冻害发生时间主要集中在 3 月下旬核桃萌芽展叶期;轻度、中度、重度冻害发生在 4 月核桃开花至幼果期,发生时间越晚,冻害越重。在气候变化的大背景下,异常气候事件出现的概率增加,尤其是极端天气现象增多,平均 3~4 年就会出现 1 次倒春寒[15],势必影响核桃生产的稳定性,产量和质量也会受到较大影响。因此,应高度重视核桃冻害发生期,加强监测,提前预警,科学预防,以减少春季低温冻害带来的损失。

表 2　核桃花期冻害等级气温指标

Tab. 2　Temperature index of freezing injury grade in flowering period of walnut

冻害等级	发育时段	气温范围/℃	持续时间/h	症状表现
重度冻害	萌芽~展叶期	≤-5	≥8	全部叶片干枯,雌花变褐色脱落
	花期~幼果期	≤-5	≥4	
中度冻害	萌芽~展叶期	≤-5	≥4	部分叶片干枯,多数雌花变褐色脱落
	花期~幼果期	≤-4	≥4	
轻度冻害	萌芽~展叶期	≤-3	≥4	部分叶片干枯,少数雌花变褐色脱落
	花期~幼果期	≤-2	≥4	
轻微冻害	萌芽~展叶期	≤-2	≥4	部分雌花或雄花顶尖变成褐色
	花期~幼果期	≤0	≥4	

3 结论与建议

1)通过对灵石县 1990—2019 年核桃主产区气象因子的分析,结果表明,年均降水量 491.6 mm,呈增加趋势,倾向率 20.7 mm/10a,近 10 年平均降水量为 538.8 mm;平均气温 11.2℃,呈升高趋势,倾向率 0.551℃/10 a,近 10 年年均气温为 11.3℃;平均日照时数 2 146.0 h,呈下降趋势,倾向率-31.36 h/10 a,近 10 年平均日照时数 2 005.1 h;低温冻害发生 37 d,其中轻微冻害 22 d,轻度 10 d,中度 3 d,重度 2 d。该区域主要气象因子能满足核桃的正常生长结果。3 月下旬到 4 月的低温冻害时有发生,是核桃发展的不利因素。

2)建议采取以下应对措施:①因地制宜,参照农业气候区划成果[16],合理规划产业布局,选择适宜核桃正常生长结果地域,提早勘查,科学论证,因地制宜建园。②加强监测,提高预测准确度[17],每年的 3 月下旬到 4 月中旬要随时注意天气预报和降温预警信息,在霜冻前采取覆盖、涂白、熏烟、灌溉[18]、增雨等措施及早预防。③科学管理,增施有

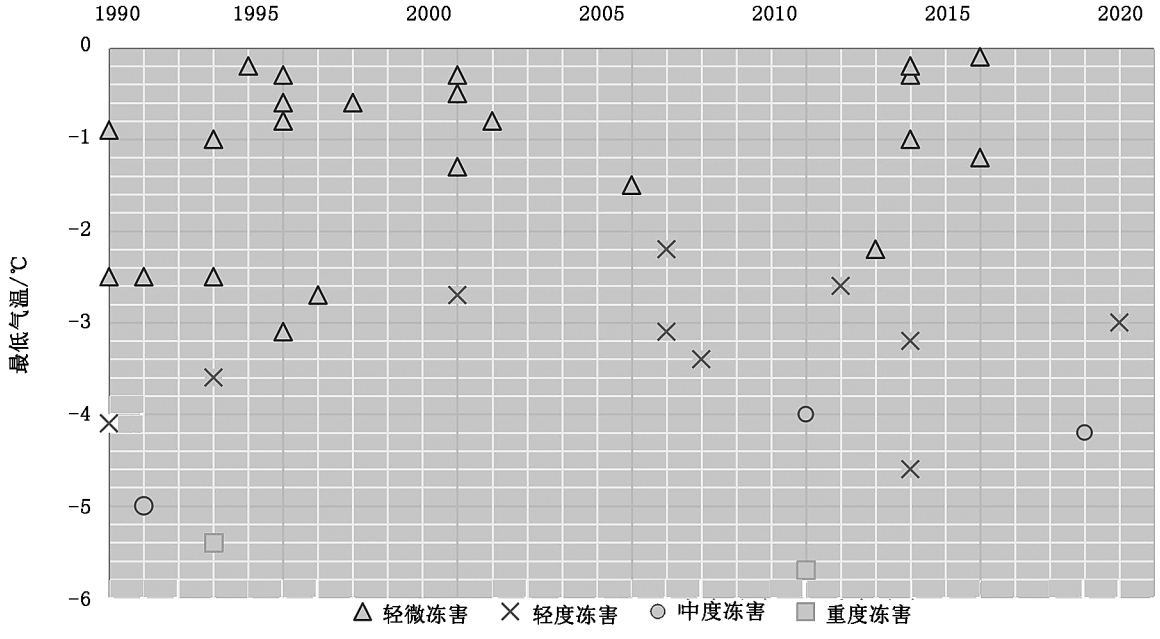


图 4　灵石县 1990—2019 年最低气温标记

Fig. 4　Minimum temperature map of Lingshi County from 1990 to 2019

机肥,增强树势和营养积累,提高抗寒能力。④灾后及时补救。花期受冻后,在花托未受害的情况下,喷赤霉素或天达 2116 等,促进单性结实;实行人工辅助授粉,提高坐果率;加强整形修剪和土肥水管理,为来年正常生长结果打好基础[19]。⑤建立高效示范园区,狠抓良种引进、驯化、推广[20],以及先进技术的组装配套。

参考文献:

[1] 邓振镛. 高原干旱气候作物生态适应性研究[M]. 北京:气象出版社,2005:1-287.

[2] 辛晓梅,杨宇. 灵石县核桃产业发展现状及存在问题浅析[J]. 国土绿化,2018(8):51-52.

[3] 张学东. 灵石县核桃产业发展及策略分析[D]. 太谷:山西农业大学,2015.

[4] 张燕燕,吉志红. 三门峡地区核桃种植气候适应性分析[J]. 气象科学,2018,38(24):229-230,232.

[5] 刘敏,张耀厚,周昕,等. 铁岭市近 45 年气候特征分析[J]. 气象,2006,32(5):99-104.

[6] 赵玉兵,孙东磊. 河北临城县核桃春季低温冻害气候特征分析[J]. 河北林业科技,2016(4):41-44.

[7] 王志禄,李正和. 陇南核桃丰产气候生态条件研究[J]. 甘肃气象,1999,17(2):26-29.

[8] 程惠艳,马宁,周雅清,等. 晋中市气候变化对农产品生产的影响[J]. 农产品加工,2012(10):60-62,64.

[9] 杨星星,焦磊,杨红雁. 1961-2018 年左权县日照时数变化特征分析[J]. 现代农业科技,2019(17):185-186,190.

[10] 张福平,廖宇. 浅析气象要素对核桃生长及产量的影响[J]. 农业与技术,2014(1):118.

[11] 熊华,于飞,刘济明,等. 贵州省核桃种植的生态适宜性区划[J]. 贵州农业科学,2016,44(5):106-108.

[12] 彭文杰. 山东济南市核桃种植的气候条件分析[J]. 北京农业,2015(2):192-193.

[13] 王勇,韩玉虎,田建保,等. 2006 年早春山西省核桃冻害调查[J]. 中国果树,2007(1):53,58.

[14] 冯斌,吴建功,宋丽青,等. 2010 年山西省晋中市核桃晚霜冻害调查[J]. 山西林业科技,2011,40(4):35-37.

[15] 白海河. 灵丘县南山区核桃种植与气候条件关系探讨[J]. 现代农业科技,2012(18):241.

[16] 胡晓黎,赵世发,张鸿雁,等. 2010 年商洛核桃减产的气候特征分析[C]//第 28 届中国气象学会年会,2011:875-879.

[17] 陈剑雄,高宕凤,黄小梅. 气象灾害对成县核桃生产的影响分析[J]. 甘肃农业科技,2015(3):76-78.

[18] 朱以维,张玉华,王永平. 大理州核桃主要气象灾害及防御措施[J]. 云南农业科技,2011(1):4-7.

[19] 吴建功. 推进晋中市核桃产业化发展措施分析[J]. 山西林业,2017(1):6-7.

[20] 林昌. 论舟曲县经济林果产业发展应注意的问题及建议对策[J]. 农业科技与信息,2007(2):39-40.

责任编辑:刘平书
校 对:张林艳 刘平书

(上接第 97 页)

[5] 卢远,苏文静,华璀,等. 左江上游流域景观生态风险评价[J]. 热带地理,2010,30(5):496-502.

[6] 彭建,王仰麟,景娟,等. 城市景观功能的区域协调规划:以深圳市为例[J]. 生态学报,2005,25(7):1715-1719.

[7] 赵同谦,欧阳志云,郑华. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J]. 自然资源学报,2004,19(4):480-491.

[8]《中国森林生态服务功能评估》项目组. 中国森林生态服务功能评估[M]. 北京:中国林业出版社,2010.

[9] XIN J,SHI G X,LIU Y Y,et. al. River ecosystem assessment and application in ecological restorations:A mathematical approach based on evaluation its structure and function[J]. Ecological Engineering,2015,76:151-157.

[10] 何冬进,洪伟,胡海清,等. 武夷山风景名胜区景观类型空间关系及尺度效应初探[J]. 中国生态农业学报,2004,12(3):19-23.

责任编辑:杨焌焓
校 对:张林艳 杨焌焓

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 028

云南省亚热带不同海拔区间云南松天然林生长规律研究

皇宝林[1],朱家诺[2],温庆忠[1]
(1.云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051; 2.宣威市林业草原局,云南 宣威 655400)

摘要:依据森林资源连续清查获得云南松林样地调查数据,研究亚热带区域不同海拔区间段与云南松天然林平均胸径生长率的关系。结果表明,亚热带云南松林的胸径生长率呈径阶越小生长率越大,并随海拔的升高,生长率总体呈明显递减趋势,反映出随海拔升高,热量和积温随之下降,云南松的生长也相应趋缓,但 2 001~2 500 m 海拔区间的云南松 26 及以上径阶样木生长率出现了异常变化,生长率总体上明显高于其他 3 个海拔区间的,有待进一步研究。

关键词:云南松天然林;胸径生长率;海拔区间;云南省亚热带

中图分类号:S758. 52;S791. 257;S754. 1;S717. 19;S717. 13 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0157-06

引文格式:皇宝林,朱家诺,温庆忠. 云南省亚热带不同海拔区间云南松天然林生长规律研究[J]. 林业调查规划,2021,46(3):157-162. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 028

HUANG Baolin,ZHU Jianuo,WEN QingzhongGrowth Law of *Pinus yunnanensis* Natural Forest at Different Altitudes in Subtropical Zone of Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):157-162. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 028

Growth Law of *Pinus yunnanensis* Natural Forest at Different Altitudes in Subtropical Zone of Yunnan Province

HUANG Baolin[1], ZHU Jianuo[2], WEN Qingzhong[1]
(1. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China;
2. Xuanwei Forestry and Grassland Administration, Xuanwei, Yunnan 655400, China)

Abstract: Based on the forest inventory data of *Pinus yunnanensis*, the relationship between the average DBH growth rate of *Pinus yunnanensis* natural forest and different altitudes in subtropical region was studied. The results showed that the DBH growth rate and diameter class was inversely proportional, and the growth rate decreased obviously with the increase of altitude, which reflected that with the increase of altitude, the heat and accumulated temperature decreased, and the growth of *Pinus yunnanensis* forest slowed down correspondingly. However, the growth rate of diameter class 26 and above at an altitude of 2 001~2 500 m showed abnormal changes, and the growth rate was significantly higher than the other three altitudes, which needed further study.

Key words: *Pinus yunnanensis* natural forest; DBH growth rate; altitude range; subtropical zone of Yunnan Province

收稿日期:2020-10-19.

第一作者:皇宝林(1976-),男,云南保山人,工程师. 主要从事林业调查规划、林业数量模型研究及软件开发. Email:huangfubl@vip. qq. com

第二作者:朱家诺(1975-),男,云南宣威人,高级工程师. 主要从事森林资源监测与管理工作.

责任作者:温庆忠(1968-),男,广东揭西人,正高级工程师. 主要从事林业调查规划、森林生态研究. Email:wenqingzhong5@126. com

云南松(*Pinus yunnanensis*)是中国特有物种,也是我国西南地区主要森林树种之一。云南松林是云南省现存面积最大的森林类型,占云南省林分总面积的 28.25%,森林蓄积量的 21.52%,其重要性不言而喻。长期以来,研究人员对云南松开展了许多研究,包括对云南松的分布[1]、生物学与生态特征、森林保护、经营利用[2]、地理种源、遗传资源[3]、群落结构特征及物种多样性[4]、林分直径结构[5]、雨雪冰冻影响[6]、有害生物入侵影响[7]、碳储量估算[8]、资源动态[9]等方面,对云南松林的生长规律也开展了研究,李本德等采用测树样地和采伐样地等资料建立了直径、树高生长的相关关系[10],陈建珍[11]、束传林[12]等以滇中一平浪林场云南松天然次生林树干解析资料对云南松单株木生长规律进行了研究,但云南松生长规律研究的系统性仍然不足,尤其是分区域和海拔带的云南松林生长规律研究未见报道。本文采用森林资源连续清查获得的云南松林样地调查大数据,研究亚热带云南松不同海拔区间天然林生长规律,为准确计算云南松林年度蓄积变化提供科学依据。

1 云南松林概况

云南松林为我国西部偏干性亚热带的典型代表森林类型,属暖温性针叶林,在云南省分布广泛,是云南高原上现存面积最大的森林类型,据云南省森林资源连续清查第七次复查结果,云南松林占云南省林分总面积的 28.25 %,占森林总蓄积量的 21.52%,云南松林以滇中高原为中心,在西藏、四川、广西、贵州与云南相邻的部分区域也有分布,是云南省乃至我国西南地区最重要的森林。云南半湿润常绿阔叶林分布的区域也是云南松林的集中分布区。在植被发生上,现有大面积分布的云南松林属于半湿润常绿阔叶林被破坏后形成的次生性森林。分布地域气候属亚热带高原季风类型,冬暖夏凉,夏秋季雨量集中,冬春干旱严重,干湿季分明。

2 研究方法

采用云南省 1987—2017 年森林资源连续清查获得的云南松林样地的调查监测数据,选择分布于亚热带的样地,按照不同的海拔带,运用数理统计、图表分析等方法,以样木胸径生长量为基础,对云南松天然林林木的生长规律进行分析研究。

2.1 样地布设

按 6 km×8 km 间距机械布设样地,样地面积 800 m^2,为 28.28 m×28.28 m 的正方形样地,全省共布设 7 974 个。监测期间相邻两期同一样地优势树种均为云南松天然林的样地分布见图 1。

2.2 样地调查

森林资源连续清查样地为固定样地,即样地位置、周界固定。从 1987 年开始,每间隔 5 年对样地进行复查,从而实现对样地变化情况的监测。对样地内胸径大于等于 5 cm 的林木需进行每木调查,即确定每一株样木的类型、编号、位置、树种并测量胸径和树高及其它相关信息。

2.3 样本获取及处理

样地筛选原则:选择分布于亚热带的样地,样地后期必须为复测样地,样地前后期的地类必须为乔木林,优势树种必须为云南松。被筛选出的样地数量详见表 1。根据以往研究,样地按海拔 1 500 m 以下、1 501~2 000 m、2 001~2 500 m、2 500 m 以上 4 个海拔区间段进行划分。

表 1 云南松天然林样地数量统计

Tab. 1 Sample plots quantity of *Pinus yunnanensis* natural forest

监测年度	合计	南亚热带	中亚热带	北亚热带
合计	2717	1096	1131	490
1987-1992	396	173	154	69
1992-1997	425	173	174	78
1997-2002	500	201	217	82
2002-2007	501	197	215	89
2007-2012	488	190	206	92
2012-2017	407	162	165	80

样本筛选原则:在筛选来的样地中选择前后两期均存在的样木,样木编号一致,树种为云南松,且胸径在 6~40 径阶,排除本期已采伐或枯损的,也排除因采脂或掉皮出现负生长的。筛选出符合要求的样本详见表 2。

2.4 胸径生长率计算方法

胸径生长率的计算采用复利公式,设某样本的胸径生长率为 P_d,前期胸径为 D_1,本期胸径为 D_2,两期调查间隔时间为 5 a,则:

$$P_d = \left[1 - \sqrt[5]{\frac{D_2}{D_1}}\right] \times 100\%$$

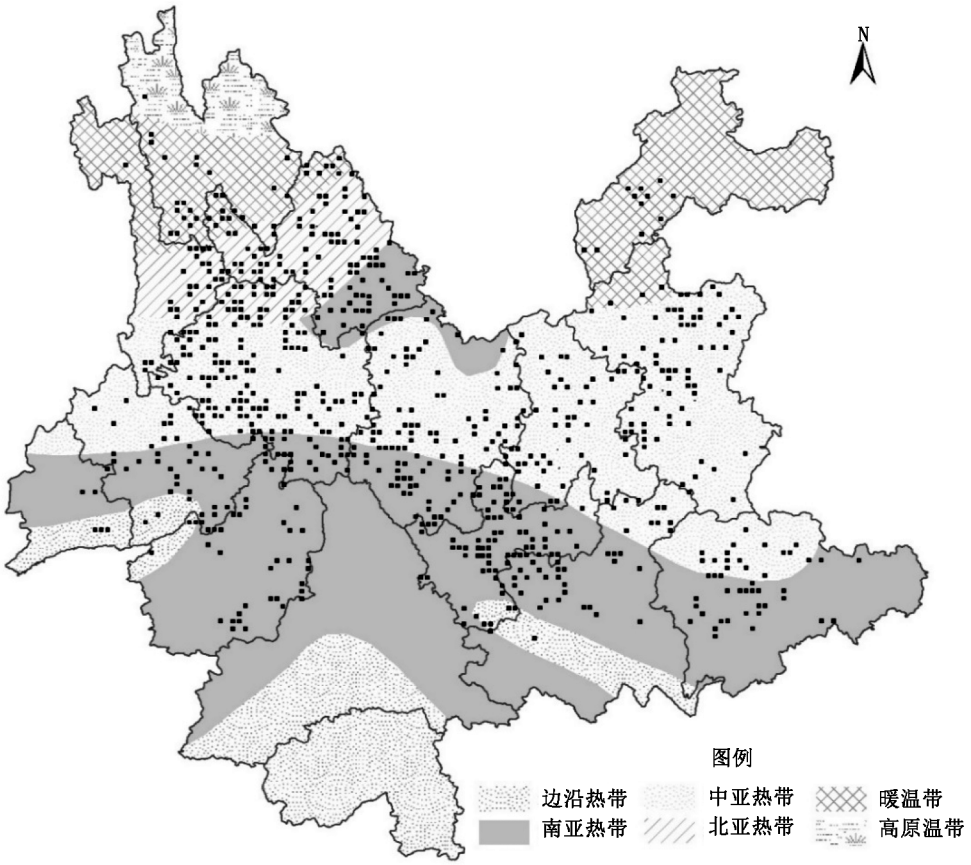


图 1　云南省云南松天然林监测样地分布

Fig. 1　Distribution of monitoring plots of *Pinus yunnanensis* natural forest in Yunnan Province

表 2　云南松天然林样本数量统计

Tab. 2　Sample quantity of *Pinus yunnanensis* natural forest

监测年度	合计	南亚热带	中亚热带	北亚热带
合计	116521	46697	45920	23904
1987-1992	13656	5927	4696	3033
1992-1997	15352	6710	5479	3163
1997-2002	20117	8733	8180	3204
2002-2007	23218	9373	9604	4241
2007-2012	25501	9126	10648	5727
2012-2017	18677	6828	7313	4536

3 结果与分析

3.1 海拔 1 500 m 以下区域云南松胸径生长率

海拔 1 500 m 以下区域云南松分布相对较少,样木量 8 524 株,在 4 个海拔区间段中样本数最少,总体上呈现出径阶越大,样本量越小的规律,样本量最大的是 8 径阶的样木,达 1 440 株,其次是 6 径阶样木,为 1 379 株,仅 34、36、38、40 这 4 个径阶样木未达到大样本数量(≥30),计算得到的精度较高,10 个径阶的精度大于 90%(表 3)。

从表 3 数据可以看出,胸径生长率从 6 径阶的 7.12%逐步递降至 40 径阶的 0.62%,呈现出径阶越小相对生长率越大的规律。

3.2 海拔 1 501~2 000 m 区间段云南松胸径生长率

海拔 1 501~2 000 m 区间段云南松样木总量为 35 386 株,也呈现出径阶越大,样本量越小的趋势,样本量最大的是 6 径阶的样木,达 8 315 株,其次是 8 径阶样木,为 7 462 株,仅 36、38、40 这 3 个径阶样木未达到大样本数量(≥30),计算得到的精度较高,6~26 径阶的精度大于 90%,28~34 径阶的精度大于 80%(表 4)。

从表 4 数据可以看出,胸径生长率从 6 径阶的 5.80%逐步降至 40 径阶的 0.64%,反映出径阶越小相对生长率越大的规律,但较海拔 1 500 m 以下云南松生长率低。

3.3 海拔 2 001~2 500 m 区间段云南松胸径生长率

海拔 2 001~2 500 m 区间段云南松胸径生长率计算结果如表 5 所示,该海拔区间段是云南松分布最

表 3 海拔 1 500 m 以下区域云南松胸径生长率

Tab. 3 DBH growth rate of *Pinus yunnanensis* at altitude of 1 500m below

样本径阶	平均值/%	最小值/%	最大值/%	标准差	精度/%	样本数/株
6	7.12	0.29	24.7	4.70	96.5	1379
8	5.24	0.22	21.4	3.47	96.6	1440
10	4.33	0.19	15.5	2.83	96.4	1275
12	3.56	0.16	14.5	2.32	96.2	1132
14	3.03	0.14	13.2	1.82	96.1	921
16	2.78	0.12	11.6	1.84	95.3	752
18	2.43	0.11	9.68	1.58	94.3	502
20	2.24	0.10	7.67	1.35	93.8	357
22	2.00	0.09	7.65	1.29	91.8	239
24	1.94	0.08	6.44	1.20	90.1	150
26	1.50	0.08	3.92	0.89	89.1	114
28	1.52	0.07	5.16	0.91	87.4	87
30	1.23	0.07	5.13	0.82	83.4	62
32	1.06	0.06	4.60	1.01	74.4	53
34	0.98	0.12	2.76	0.67		23
36	1.26	0.16	2.64	0.76		16
38	0.77	0.05	2.05	0.61		14
40	0.62	0.05	1.38	0.42		8

集中区域,样本量也最大,达 47 097 株,径阶样本分布规律是小径阶多,大径阶少,从 6 径阶的 12 405 株递减至 40 径阶的 24 株,仅 40 径阶样木未达到大样本数量(≥30),胸径生长率除 38、40 这两个径阶计算精度未达 80%外,6~36 径阶计算精度均在 80%以上,6~28 径阶精度大于 90%。

从表 5 数据可以看出,胸径生长率从 6 径阶的 5.11%逐步降至 40 径阶的 0.91%,呈现出径阶越小相对生长率越大的规律。

3.4 海拔 2 500 m 以上区域云南松胸径生长率

表 6 是海拔 2 500 m 以上区域云南松胸径生长率计算分析结果,该海拔区域是云南松分布的上限,样本量 25 514 株,相较前 2 个海拔区间段少。径阶样本分布规律为小径阶多,大径阶少,从 6 径阶的 5 800 株递减至 40 径阶的 34 株,可能由于高海拔地区受人为干扰相对小等原因,全部径阶样木均达到大样本数量(≥30),胸径生长率除 38、40 这两个径阶计算精度未达 80%外,6~36 径阶计算精度均在 80%以上,6~30 径阶精度大于 90%。胸径生长率从 6 径阶

表 4 海拔 1 501~2 000 m 区间段云南松胸径生长率

Tab. 4 DBH growth rate of *Pinus yunnanensis* at 1 501~2 000 m altitude

样本径阶	平均值/%	最小值/%	最大值/%	标准差	精度/%	样本数/株
6	5.80	0.29	27.52	3.87	98.57	8315
8	4.30	0.22	18.51	2.90	98.47	7462
10	3.59	0.18	14.87	2.29	98.36	5795
12	3.10	0.16	13.52	1.92	98.17	4409
14	2.67	0.13	14.37	1.61	97.92	3249
16	2.36	0.12	9.51	1.47	97.43	2254
18	2.21	0.11	11.64	1.42	96.65	1415
20	2.02	0.10	8.16	1.20	96.09	888
22	1.75	0.09	7.27	1.04	95.04	549
24	1.62	0.08	6.52	0.95	94.07	377
26	1.42	0.07	5.16	0.81	93.02	258
28	1.29	0.07	4.29	0.78	89.92	139
30	1.13	0.07	2.71	0.60	88.50	82
32	1.00	0.06	2.57	0.60	84.72	59
34	0.99	0.06	3.11	0.70	80.59	51
36	0.89	0.05	1.71	0.45		29
38	0.77	0.05	2.37	0.50		29
40	0.64	0.05	1.59	0.40		26

表 5 海拔 2 001~2 500 m 区间段云南松胸径生长率

Tab. 5 DBH growth rate of *Pinus yunnanensis* at 2 001~2 500 altitude

样本径阶	平均值/%	最小值/%	最大值/%	标准差	精度/%	样本数/株
6	5.11	0.29	22.30	3.51	98.79	12405
8	4.02	0.22	19.91	2.75	98.71	10862
10	3.38	0.18	17.06	2.20	98.53	7513
12	2.89	0.16	12.48	1.86	98.27	5291
14	2.54	0.13	11.47	1.63	97.95	3743
16	2.27	0.12	9.01	1.42	97.56	2538
18	2.06	0.11	8.32	1.28	96.97	1616
20	1.89	0.10	7.44	1.23	96.16	1108
22	1.66	0.09	8.00	1.16	94.88	712
24	1.55	0.08	5.58	0.99	94.04	442
26	1.50	0.08	5.52	0.91	93.01	290
28	1.38	0.07	4.87	0.91	90.40	181
30	1.22	0.07	3.79	0.72	89.74	127
32	1.29	0.06	4.24	0.84	86.41	88
34	0.99	0.06	3.03	0.57	86.09	66
36	0.95	0.11	3.13	0.64	81.78	52
38	0.74	0.05	2.22	0.53	77.59	39
40	0.91	0.25	1.83	0.38		24

表 6　海拔 2 500 m 以上区域云南松胸径生长率

Tab. 6　DBH growth rate of *Pinus yunnanensis* at 2 500 m altitude

样本径阶	平均值/%	最小值/%	最大值/%	标准差	精度/%	样本数/株
6	5.02	0.29	21.62	3.51	98.20	5800
8	3.93	0.22	17.16	2.71	98.16	5421
10	3.35	0.18	15.49	2.18	97.92	3734
12	2.84	0.16	12.27	1.86	97.55	2743
14	2.40	0.13	10.42	1.56	97.17	2027
16	2.09	0.12	7.28	1.36	96.68	1472
18	1.86	0.11	7.65	1.19	96.31	1158
20	1.69	0.10	11.25	1.13	95.54	862
22	1.50	0.09	6.70	0.99	94.99	669
24	1.33	0.08	6.19	0.86	94.20	475
26	1.22	0.07	3.58	0.73	93.65	342
28	1.11	0.07	5.44	0.69	92.54	266
30	1.06	0.07	4.99	0.70	90.64	191
32	0.97	0.06	3.76	0.61	89.29	133
34	0.93	0.06	3.18	0.59	86.07	80
36	0.59	0.06	1.85	0.41	82.98	63
38	0.80	0.05	3.32	0.57	79.06	44
40	0.66	0.05	2.46	0.55	71.81	34

表 7　不同海拔区间云南松胸径生长率对比

Tab. 7　Comparison of DBH growth rate of *Pinus yunnanensis* at different altitudes

径阶	海拔/m			
	1500	1500~2000	2001~2500	2500
6	7.12	5.80	5.11	5.02
8	5.24	4.30	4.02	3.93
10	4.33	3.59	3.38	3.35
12	3.56	3.10	2.89	2.84
14	3.03	2.67	2.54	2.40
16	2.78	2.36	2.27	2.09
18	2.43	2.21	2.06	1.86
20	2.24	2.02	1.89	1.69
22	2.00	1.75	1.66	1.50
24	1.94	1.62	1.55	1.33
26	1.50	1.42	1.50	1.22
28	1.52	1.29	1.38	1.11
30	1.23	1.13	1.22	1.06
32	1.06	1.00	1.29	0.97
34	0.98	0.99	0.99	0.93
36	1.26	0.89	0.95	0.59
38	0.77	0.77	0.74	0.80
40	0.62	0.64	0.91	0.66

的 5.02%逐步降至 40 径阶的 0.66%,呈现出径阶越小相对生长率越大的规律。

3.5 不同海拔区间段云南松胸径生长率对比分析

表 7 列出了不同海拔区间段云南松胸径生长率,通过对比可以看出,随海拔的升高,生长率呈下降趋势,如 6 径阶云南松从 1 500 m 以下海拔区域的 7.12%,到 1 500~2 000 m 海拔区间段时为 5.8%,2 001~2 500 m 海拔区间段时为 5.11%,2 500 m 以上海拔区域时为 5.02%,呈现出明显的逐渐递降规律。这是一个总体趋势,反映出海拔越高,热量和积温递减,云南松的生长也相应趋缓。

值得关注的是,上述规律在云南松 26 以上径阶分布于 2 001~2 500 m 海拔区间段的样木生长率出现了异常变化(表 7、图 2),分布该海拔区间段 26 及以上径阶的生长率总体上(除 38 径阶外)明显高于其他 3 个海拔区间段的。

以径阶 26 的云南松为例,2 001~2 500 海拔区间段的生长率为 1.50%,大于 1 500~2 000 m 海拔区间段的生长率 1.42%,显著大于 2 500 m 以上海拔区域的生长率 1.22%,与 1 500 m 以下海拔区域的生长率 1.50%持平。除 1 500 m 以下海拔区域云南松的 28、30、36、38 径阶生长率大于 2 001~2 500 m 海拔区间段的生长率外,云南松 2 001~2 500 m 海拔区间段的生长率均显著高于其它海拔区间段的。这反映出云南松怎样的生物学和生态学意义? 26 及以上径阶对云南松而言意味着其生长周期已接近或进入了成熟阶段,仍能保持高于其它海拔区间的生长率,是否说明这个海拔区间的自然环境条件更适宜云南松生长发育,该海拔区间与滇中高原的范围大体一致,干湿分明的高原季风气候在此区域表现尤为典型,这个推断是否成立,仍有待进一步研究。

4 结论

1)云南省亚热带云南松的胸径生长率呈现出径阶越小生长率越大的规律,这个规律在 4 个海拔区间均具一致性。

2)不同海拔区间云南松的胸径生长率随海拔升高总体呈明显递减趋势,反映出随海拔升高热量和积温随之下降,云南松的生长也相应趋缓。

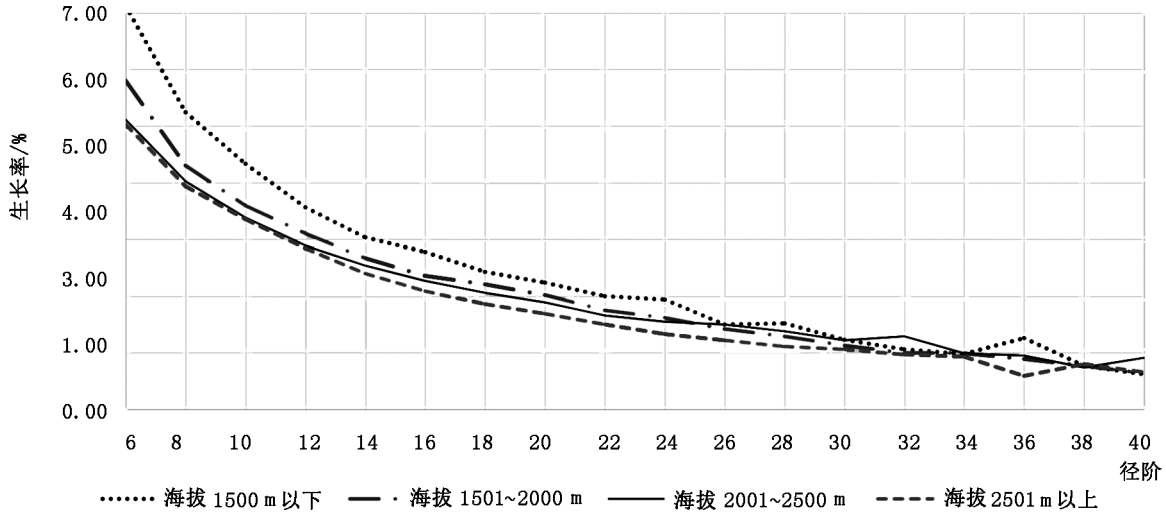


图 2 亚热带不同海拔区间云南松天然林胸径生长率曲线

Fig. 2 DBH growth rate curve of *Pinus yunnanensis* natural forest at different altitudes in subtropical zone

3)在海拔升高、生长率递减总趋势下，2 001 ~ 2 500 m 海拔区间的云南松 26 及以上径阶样木生长率出现了异常变化,该海拔区间 26 以上径阶的生长率总体上明显高于其他 3 个海拔区间的。隐含的生物学和生态学意义或其它学科问题仍有待进一步地研究。

参考文献:

[1] 邓喜庆,皇宝林,温庆忠,等 . 云南松林在云南的分布研究 [J]. 云南大学学报(自然科学版),2013,35(6):843-848.

[2] 李贤伟 . 云南松研究现状及动态 [J]. 四川农业大学学报,1995,13(3):309-314.

[3] 戴开结,何方,沈有信,等 . 云南松研究综述 [J]. 中南林学院学报,2006,26(2):138-142.

[4] 李贵祥,施海静,孟广涛,等 . 云南松原始林群落结构特征及物种多样性分析 [J]. 浙江林学院学报,2007,24(4):396-400.

[5] 姜磊,陆元昌,廖声熙,等 . 滇中高原云南松林分直径结构研究 [J]. 林业科学研究,2008,21(1):126-130.

[6] 温庆忠,魏雪峰,赵元藩,等 . 雨雪冰冻灾害对滇东南 5 种人工林的影响 [J]. 林业科学,2008,44(11):23-27.

[7] 温庆忠,王健敏,张正华,等 . 紫茎泽兰入侵受松小蠹危害的云南松林群落的研究 [J]. 林业科学研究,2009,22(6):846- 850.

[8] 陆洪灿 . 云南松林碳贮量的初步估算 [J]. 林业调查规划,2010,35(4):91-94.

[9] 邓喜庆,皇宝林,温庆忠,等 . 云南松林资源动态研究 [J]. 自然资源学报,2014,29(8):1411-1419.

[10] 陈建珍,何超,许彦红 . 滇中一平浪林场云南松天然次生林生长规律研究[J]. 林业资源管理,2015(2):77-81,108.

[11] 李本德,刘中天,王立勤 . 云南松(*pinus yunnanensis*)林林分结构和生长规律的初步研究[J]. 云南大学学报(自然科学版),1984(1):47-58.

[12] 束传林,廖声熙,李昆,等 . 一平浪林场云南松单株木生长规律初步研究[J]. 陕西林业科技,2008(3):1-3.

责任编辑：许易琦
校　　对：许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 029

春石斛无土栽培基质与营养液选择的研究方法概述

李春霖[1],顿春垚[1],张 瑛[1],向朝辉[1],李双龙[1],孙明伟[2]
(1.湖北省恩施州林业科学研究院,湖北 恩施 445000; 2.江苏省连云港市农业科学院,江苏 连云港 222000)

摘要:阐述石斛兰无土栽培基质与营养液的研究现状,概述春石斛无土栽培基质与营养液选择的研究方法,其要点为:基质选择与营养液配制的研究方法应结合春石斛的自然生长习性,了解基质结构,测定基质物理化学性质,分析基质的经济适用性能,调查基质对春石斛品质特性及对石斛兰光合特性研究的影响,明确春石斛各阶段的养分需求状况等,最终确定适合春石斛无土栽培的专用基质与营养液。文中就新材料研发、经济环保型基质以及新型营养液通用效果与配套营养液的研究等方面对春石斛无土栽培基质与营养液研究进行了展望。

关键词:春石斛;无土栽培;基质;营养液;光合特性;经济环保型基质

中图分类号:S759. 82;Q945. 52;Q249;Q945. 12 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0163-04

引文格式:李春霖,顿春垚,张瑛,等. 春石斛无土栽培基质与营养液选择的研究方法概述[J]. 林业调查规划,2021,46(3):163-166. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 029

LI Chunlin, DUN Chunyao, ZHANG Ying, et al. Selection of Substrate and Nutrient Solution for Soilless Culture of *Dendrobium candidum*[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(3): 163-166. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 029

Selection of Substrate and Nutrient Solution for Soilless Culture of *Dendrobium candidum*

LI Chunlin[1], DUN Chunyao[1], ZHANG Ying[1], XIANG Zhaohui[1], LI Shuanglong[1], SUN Mingwei[2]
(1. Enshi Academy of Forestry, Enshi, Hubei 445000, China;
2. Lianyungang Academy of Agricultural Science, Lianyungang, Jiangsu 222000, China)

Abstract: The research status of substrate and nutrient solution for soilless culture of *Dendrobium candidum* was described, and the research methods were summarized as follows: the substrate selection and nutrient solution preparation should be combined with the natural growth habits of *Dendrobium candidum*, understand the structure of substrate, measure the physical and chemical properties of substrate, and analyze the economic applicability of substrate, and the effect of substrate on the quality characteristics and the photosynthetic characteristics of *Dendrobium candidum*, as well as the nutrient demand of *Dendrobium candidum* in different stages should be investigated to determine the suitable special substrate and nutrient solution.

收稿日期:2020-10-10.

基金项目:湖北省自然科学基金项目(2017CFB546);恩施州科技计划与开发项目"鄂西南铁皮石斛富硒栽培与精深加工关键技术集成研究"(D20190008).

第一作者:李春霖(1988-),女,湖北恩施人,工程师. 主要从事林学研究.

责任作者:李双龙(1984-),男,湖北恩施人,硕士,高级工程师. 主要从事林下经济和经济林方面的研究. Email:313943640@ qq. com

Key words: *Dendrobium candidum*; soilless culture; substrate; nutrient solution; photosynthetic characteristics; economic and environmental friendly substrate

石斛兰(*Dendrobium* sp.)是兰科最大属之一石斛属植物的总称,目前全球约 1 500 多种,我国约有种和变种 81 个,其中 17 个为我国特有。主要分布在秦岭、淮河以南的广大地区,以西南地区的云南、贵州,华南地区的广东、广西,海南和台湾等地区较多[1]。石斛兰应用于中药已有 2000 多年的历史,《神农本草经》中将其列为上品,有生津益胃、清热养阴的功能,适用于多种慢性疾病[2]。

石斛兰种类繁多,在园艺栽培中,依其生长及开花习性可分为春石斛和秋石斛。秋石斛花枝修长,质地豪华娇贵,多用于插花、襟花、饰花以及新娘捧花,许多国家也将其作为每年 6 月的"父亲节之花"。春石斛株型美观奇特,花多而密,花姿优美挺拔,给人以生机盎然的感受,可用于室内装饰,也可布置庭院或办公室[3]。春石斛主要用于盆栽观赏,自然花期多为 3~4 个月,经花期调控后已成为十分畅销的高档年宵花产品。目前春石斛生产发展状况比较好的有日本、泰国以及我国台湾地区,我国其他地区的部分科研院所和许多花卉生产企业也正在开展研发和规模化生产[1]。春石斛无土栽培成败的关键在于基质与营养液的选择,因此,总结前人的经验成果,结合国内外其他花卉品种无土栽培的研究进展,对春石斛基质与营养液的研究方法进行归纳显得非常重要,也为其无土栽培专用基质与配套营养液的筛选研究奠定基础。

1 石斛兰无土栽培基质与营养液的研究现状

孙晔对玫瑰石斛(*Dendrobium crepidatum*),鼓槌石斛(*Dendrobium chrysotoxum*),翅梗石斛(*Dendrobium trigonopus*)3 种观赏石斛兰适宜栽培的基质进行筛选研究,通过对生长在 10 种基质中石斛的营养状况和形态指标的分析,生理生化指标的测定及光合特性和光合色素的测定,综合得出相对较好的栽培基质,结果表明,火山岩∶木炭∶椰衣= 1∶1∶2 配比为基质的石斛兰长势最好。李泉森、张明、金仕勇选用不同基质对金钗石斛进行栽培试验,结果显示,以锯末为基质的石斛年产量增加最多。因颗粒基质虽然可以保障植株成活和新苗萌发,但保水保肥能力差,根系发育不理想。而锯末基质则无这方面的缺陷[5]。梁巧明、刘运权、叶庆生、刘伟将石斛兰基质用蔗渣、菌渣、杂木屑、花生壳等代替苔藓和泥炭土,研究结果表明,石斛兰的生长达到或超过了苔藓的水平,蔗渣、杂木屑等废料可以替代苔藓作为石斛兰的栽培基质[6]。对于石斛兰栽培的营养液研究,唐树梅、漆智平以椰衣、木炭、砖瓦砾(2∶1∶1)为培养基质,设置了 6 个不同营养液配方研究石斛兰—大熊猫 1 号营养生长和开花情况[7],营养液中分别加入不同比例的 N、P、K、Ca、Mg、S、Mn、Cu、Zn、B、Fe 元素,结果表明,处理 D(N 15%,P 30%,K 15%,Ca 0.5%,Mg 0.5%,S 0.5%,Mn 0.075%,Cu 0.075%,Zn 0.075%,B 0.075%,Fe 0.075%)对植株的营养生长最为有利,而石斛兰的开花情况与营养液元素有关,仅供应 N、P、K 或不供应养分会导致不开花的情况出现。龚建英对比了不同培养液对石斛兰——梦系列生长的影响[8],结果表明,荷兰花卉研究所配方的营养液有利于石斛兰的生长和叶面积的提高,开花数量不多,但花朵质量最好,其他配方处理虽然开花多,但花枝消耗过多养分,在营养有限的情况下,单朵花枝分得养分较少,花的品质因此下降。

2 春石斛无土栽培基质与营养液选择的研究方法

2.1 春石斛无土栽培基质的选择方法

2.1.1 基质种类

无土栽培基质一般分为无机基质、有机基质和混合基质,无机基质包括蛭石、珍珠岩、沸石、泡沫材料、水凝胶、树脂、岩棉、炉渣、废矿土、沙、砂砾、玻璃纤维、浮石灰、膨胀黏土、火山岩等;有机基质包括树皮、泥炭、核桃壳、秸秆、羊毛、椰糠、蔗渣、木屑、稻壳、沼渣等[9];混合基质有无机混合、有机混合、有机无机混合等[10]。根据石斛兰的生长习性,栽培基质宜用排水好且透气的碎蕨根、水苔、木炭屑、碎瓦片、珍珠岩等[3]。

2.1.2 基质结构

无土栽培基质除了对植株有支持、固定的作用外,更为关键的是便于植物根系从营养液中按需选择吸收养分和水分,能为植物体提供稳定协调的水、肥、气。基质的结构指标主要包括制成材料、形状、颗粒大小、孔隙度、质地等。其结构主要决定了基质对水分、养分吸附能力,影响水分养分的运输、供应及吸收,同时对根系的生长也有很大的影响[10]。

2.1.3 基质的物理化学性质

影响幼苗生长发育的基质物理性质主要包括基质的持水性和透气性、基质的颗粒直径和基质的容重。影响幼苗生长发育的基质化学性质主要包括基质的稳定性、基质的 pH 值、基质的缓冲能力、基质的电导率和基质的营养成分[11]。

2.1.4 基质对春石斛生产性状的影响

通过基质对石斛生产性状的影响来评价基质是否合适是最直观的一种研究方法。龚建英等用不同基质栽培石斛兰,调查了株高、假鳞茎长、最低活叶高等营养生长指标以及花枝长、花梗长、花序长等生殖生长指标,筛选出火山岩 ∶木炭 ∶椰衣 = 1 ∶1 ∶2 配比为基质的石斛兰长势最好。

2.1.5 基质的理化性质与春石斛生长状况相结合

把栽培基质的理化性质与植物生长状况等结合起来选择基质是一种比较全面的评判方法。田吉林等通过农用岩棉和国产岩棉对比试验,研究了基质容重、总孔隙度、饱和持水量、pH 值、EC 对黄瓜生长的影响,研究结果表明,农用岩棉的栽培效果更好[13]。因此,在研究春石斛的栽培基质时也应全面地将基质理化性质与生长状况结合起来制定实验方案。

2.1.6 基质对石斛兰生理生化指标的影响

植物生理生化指标主要包括植物体中可溶性糖,可溶性蛋白,可溶性淀粉等的含量。有研究表明,糖是植物生长发育和基因表达的重要调节因子,可溶性蛋白同样是植物代谢的重要物质,孙晔探讨了石斛兰在不同基质中的生理生化指标,筛选出适合不同品种的不同基质[4]。

2.1.7 基质对石斛兰光合特性研究的影响

植物光合特性研究可以反映出植物生长发育状况。丑敏霞[14]、吕献康等[15]的研究得出适合石斛生长的最适温度为 25℃,孙晔在此基础上比较石斛在不同基质中的光合特性,筛选出适合的基质类别与配比。

2.1.8 基质的经济性状

基质的成本是规模化生产必须考虑的因素。基质的成本应包括基质组分的费用,基质配制,运输及贮存的费用[13]。

2.2 春石斛无土栽培营养液配制研究方法

2.2.1 无土栽培营养液配制要遵循的原则

配置一种均衡的营养液需要遵循以下原则[16]:

1)营养液中含有植物生长所必需的营养元素。

2)营养元素化合物是植物根可以吸收的形态。

3)营养元素的数量和比例适宜植物正常生长所需。

4)组成营养液的各种化合物可较长时间地保持其效性形态。

5)营养液的总盐分浓度适宜植物正常生长发育需要。

6)植物生长吸收营养液表现出来的酸碱反应较为平稳。

2.2.2 基质和营养液共同对春石斛品质的影响

目前,综合评判植物无土栽培基质和营养液是通过研究基质和营养液共同对植物品质的影响来选择的。龚建英 2005 年 4 月在石斛兰新芽开始抽出时按试验设计进行施肥[8],结果表明,火山岩 ∶木炭 ∶椰衣 = 1 ∶1 ∶2 的基质配比最有利于石斛兰生长。范敏等的研究结果表明,春石斛营养生长期营养液 N、P、K 配比为 1 ∶1 ∶1,营养液质量百分比浓度为 0.7%,间隔时间为 10 d,基质以树皮+水苔效果最好[23]。在春石斛无土栽培中,将基质与营养液综合起来确定栽培方法能够相互利用,相互弥补,产生更好的效果。

3 春石斛无土栽培基质与营养液研究发展方向

3.1 新材料研发

在基质的选用上应因地制宜,结合当地盛产情况以及材料资源情况进行初选。目前的新型基质有农用岩棉,吸水性聚氨酯泡沫,矿渣棉、椰糠或椰绒等[10]。朱国鹏等通过新型椰糠复合基质和传统基质对比试验研究得出,椰糠复合基质比传统泥碳基质保水性更好,缓冲能力更强、营养更丰富[17]。

3.2 经济环保型基质

由于公众环保意识的提高,很多研究者用各种有机废弃物代替珍珠岩,泥炭,蛭石等传统无土栽培基质,并做出很多卓有成效的工作,获得良好效果。王利英等通过韭菜无土栽培基质的对比实验,筛选出更适合韭菜的无土栽培基质[18]。李国景等采用椰子壳基质、岩棉基质和使用多年的海棉基质对番茄的生长、发育、产量和根际环境变化进行对比研究得出,海绵可作为经济环保型基质使用[19]。刘洪凤介绍的新型无土栽培基质—秸杆型非织造布,将农业废弃物秸秆变废为宝[20]。目前世界各国均在研究草炭/ 岩棉的替代物[29],如加拿大用锯末,以色列用牛粪和葡萄渣,英国用椰子壳纤维等均获得良

好效果[30]。

3.3 新型营养液通用效果与配套营养液的研究

通用营养液的配制复杂,要专门技术人员操作,成本较高。探索新型的营养液通用配方,生产上更易于操作和接受,且原料来源丰富,生产成本较低。石斛兰体内的各种激素可以促进和调节其自身的生理生化反应和生长发育[7]。在石斛兰生长的不同阶段,所需营养液中的营养元素比例也有所不同。因此,针对不同浓度激素对石斛兰生长的影响和石斛兰不同生长期的营养液配方有待进一步研究。

综合目前国内外无土栽培基质的研究现状,以及各类花卉蔬菜在无土栽培上的研究成果,选取春石斛的优良品种,筛选适宜的无土栽培基质,并配制功效良好的营养液,有规律地进行施加,能有效指导规模化生产与开发应用。

参考文献:

[1] 王雁,李振坚. 石斛兰资源生产应用[M]. 北京:中国林业出版社,2007.

[2] 陈立钻. 石斛却病健身妙用[M]. 北京:农村读物出版社,2003.

[3] 曾宋君,胡松华. 专家教你种花卉—石斛兰[M]. 广州:广东科技出版社,2004.

[4] 孙晔. 三种观赏石斛兰适宜栽培基质的选择研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2007.

[5] 李泉森,张明,金仕勇. 石斛无土栽培基质的初步研究[J]. 中国中药杂志,2000,25(1):23-24.

[6] 梁巧明,刘运权,叶庆生,等. 4 种废料基质对蝴蝶兰和石斛兰生长作用初探[J]. 园艺学报,2006,33(4):890.

[7] 唐树梅,漆智平. 石斛兰营养特性及施肥技术初探[J]. 园艺学报,1999,26(3):184-187.

[8] 龚建英,余雪标,徐大平. 石斛兰无土栽培基质优化筛选研究[J]. 广东林业科学,2007,36(2):82-85.

[9] 王素静,唐辉,沈博,等. 无土栽培基质现状及展望[J]. 云南化工,2007,34(6):54-58.

[10] 毛羽,张无敌. 无土栽培基质的研究进展[J]. 农业与技术,2004,24(3):83-89.

[11] 秦贺兰. 基质的性质及其对花卉穴盘育苗的影响[J]. 农业工程技术(温室园艺),2007(11):32-33.

[12] 齐慧霞,周丽艳,李双民. 草莓无土栽培中几种基质的研究[J]. 河北农业职业师范学院学报,1998,12(1):71-73.

[13] 谢小玉,邹志荣,江雪飞,等. 中国蔬菜无土栽培基质研究进展[J]. 中国农学通报,2005,21(6):281-285.

[14] 丑敏霞,朱利泉,张玉进,等. 不同光照强度和温度对金钗石斛生长的影响[J]. 植物生态学报,2001,25(3):325-330.

[15] 吕献康,徐春华,舒小英. 3 种石斛的光合特性研究[J]. 中草药,2004,25(11):1296-1298.

[16] 耿磊. 无土栽培营养液配制供应系统的研究与开发[J]. 石家庄:河北工业大学,2004.

[17] 朱国鹏,刘士哲,陈业渊,等. 基于椰糠的新型无土栽培基质研究[J]. 配方试种筛选,2008,26(2):100-106.

[18] 王利英,郭雪梅. 两种无土栽培基质在韭菜生产上的应用[J]. 天津农业科学,2001,7(1):43-45.

[19] 李国景,徐志豪. 环保型可重复利用的海绵无土栽培基质的研究应用[J]. 浙江农业学报,2001,13(2):61-66.

[20] 刘洪凤. 新型无土栽培基质—秸杆型非织造布[J]. 非织造布,2001,9(2):27-29.

[21] 田吉林,奚振邦,陈春宏. 无土栽培基质的质量参数(孔隙性)研究[J]. 上海农业学报,2003,19(1):46-49.

[22] 田吉林. 番茄无土基质栽培的营养特征[J]. 上海农业学报,2001,17(3):76-79.

[23] 范敏,付玉兰. 春石斛无土栽培技术[J]. 中国城市林业,2008,6(1):81-84.

[24] 刘伟,余红军,蒋卫杰. 我国蔬菜无土栽培基质研究与应用进展[J]. 中国生态农业学报,2006,14(3):4-7.

[25] 田吉林,汪寅虎. 设施无土栽培基质的研究现状、存在问题与展望[J]. 上海农业学报,2000,16(4):87-92.

[26] 谢嘉霖,刘荣华,叶启芳,等. 无土栽培基质电导率和 pH 值测定条件的研究[J]. 安徽农业科学,2006,34(3):415-416.

[27] 侯红波,陈明皋,郭天峰. 无土栽培之不同基质的比较研究[J]. 湖南林业科技,2003,30(4):74-76.

[28] 李泉森,张明,金仕勇. 石斛无土栽培基质的初步研究[J]. 中国中药杂志,2000,25(1):23-24.

[29] HARDRECK K A. Properties of coir dust and its use in the formulation of soilless potting media commun[J]. Soil Sci. Plant Anal.,1993 ,24(3,4):349-363.

[30] MEEROW A W. Growth of two subtropical ornamentals using coir as a peat substitute[J]. Hort. Sci. , 1994 , 29(12):1484-1486.

[31] SHIRONO T,KIMURA T. Polyurethane foam compositions and light weight artificial soils using them with good waterretention and air permeability [P]. JP: 143464,2005.

责任编辑:许易琦
校 对:许春霞 许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 030

广东南岭生物多样性保护优先区域规划建设策略

庄长伟[1],修 晨[1],张荣京[2],张晓露[1]
(1.广东省环境科学研究院,广东 广州 510045; 2.华南农业大学,广东 广州 510642)

摘要:在划定生物多样性保护优先区域范围的基础上,编制区域生物多样性保护规划,是开展生物多样性保护的重要举措。以广东南岭生物多样性保护优先区域为例,基于区域内生物多样性及其保护现状,结合区域生物多样性保护存在的问题,提出在区域内实施分类管理,重点开展生物多样性本底调查,建立以国家公园为主体的自然保护地体系,全面提升生物多样性保护能力等对策。

关键词:南岭生物多样性保护优先区域;本底调查;分级分区保护;国家公园;自然保护地;广东

中图分类号:S718;Q16;TU982 **文献标志码**:B **文章编号**:1671-3168(2021)03-0167-04

引文格式:庄长伟,修晨,张荣京,等. 广东南岭生物多样性保护优先区域规划建设策略[J]. 林业调查规划,2021,46(3):167-170,177. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 030

ZHUANG Changwei,XIU Chen,ZHANG Rongjing,et al. Planning and Construction Strategy in Priority Area of Biodiversity Conservation in Nanling Mountain of Guangdong [J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):167-170,177. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 030

Planning and Construction Strategy in Priority Area of Biodiversity Conservation in Nanling Mountain of Guangdong

ZHUANG Changwei[1], XIU Chen[1], ZHANG Rongjing[2], ZHANG Xiaolu[1]
(1. Guangdong Provincial Academy of Environmental Science, Guangzhou 510045, China;
2. South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The regional biodiversity conservation planning is an important measure to protect biodiversity based on the delimitation of priority area of biodiversity conservation. This paper studied the the status and conservation of biodiversity in priority area of biodiversity conservation in Nanling Mountain of Guangdong, and put forward some countermeasures from implementing classified management in the region, focusing on the biodiversity background survey, establishing the nature reserves system composed mainly of national parks, and comprehensively improving the biodiversity conservation ability in view of the existing problems of regional biodiversity.

Key words: priority area of biodiversity conservation in Nanling Mountain; background survey; classified and regional conservation; national park; nature reserve; Guangdong

收稿日期:2020-08-20.

基金项目:国家自然科学基金项目(41601616);国家重点研发计划项目(2019YFC1803901、2018YFC1800806).

第一作者:庄长伟(1981-),男,山东临沂人,博士,高级工程师. 研究方向为生物多样性保护和生态调查评估. Email:ecozcw@163. com

1 研究区概况

生物多样性保护优先区域是综合考虑生态系统的代表性、物种的丰富度、珍稀濒危程度和受威胁因素等划定的，是生物多样性保护的关键区域[1]。2015 年，原环境保护部以《中国生物多样性保护优先区域范围》（公告 2015 年第 94 号）发布了 32 个内陆陆地及水域生物多样性保护优先区域、3 个海洋与海岸生物多样性保护优先区域的边界范围。

其中，南岭生物多样性保护优先区域是长江流域和珠江流域的分水岭，地跨江西、湖南、广东、广西和贵州 5 个省（区）。南岭生物多样性保护优先区域在广东省范围（以下简称“广东南岭生物多样性保护优先区域”）涉及韶关市、清远市、梅州市、河源市和肇庆市 5 个地级市的 19 个县级行政区，总面积 15 922.6 km^2。该区域的主要生态功能为水源涵养、生物多样性保护和水土保持等，制定生物多样性保护优先区域规划和政策，对于区域生物多样性保护和生态修复具有重要意义。

2 生物多样性及其保护现状

2.1 生物多样性现状

广东南岭生物多样性保护优先区域生态系统多样性丰富，自然生态系统占主导地位。其中，森林生态系统面积最大，为 13 706.28 km^2，占区域总面积的 86.08%（图 1），包括温性针叶林、针阔叶混交林、常绿阔叶林等，保存有华南五针松、山地常绿阔叶林、山顶（常绿阔叶）苔藓矮曲林等原生植被。

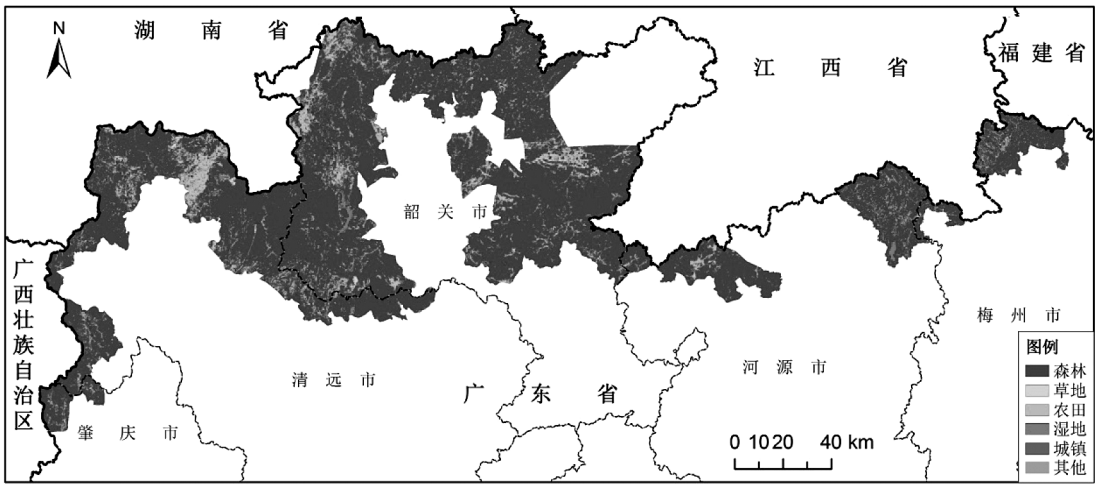


图 1 2015 年生态系统类型分布

Fig. 1 Distribution of ecosystem types in 2015

区域内植物物种多样性丰富，有野生维管植物 232 科 1 179 属 3 683 种（含种下分类单位）。其中国家重点保护物种 41 种（表 1），含国家Ⅰ级保护植物 8 种，包括报春苣苔、伯乐树、合柱金莲木、闽南苏铁、南方红豆杉、水松、仙湖苏铁和莼菜；国家Ⅱ级保护植物 33 种，包括桫椤、华南五针松、格木和水蕨等。区域内有中国生物多样性红色名录中受威胁物种 149 种，其中，极危物种 10 种，包括丹霞梧桐、广东石斛和广东异型兰等；濒危物种 50 种，包括拟高粱、长柄双花木等；易危物种 89 种。

区域内动物多样性丰富，共有陆生野生脊椎动物 40 目 138 科 754 种。其中，有国家保护物种 82 种（表 1），含国家Ⅰ级保护动物 11 种，包括金钱豹、黑鹿、云豹、林麝、熊猴、白颈长尾雉、黄腹角雉、金雕、鼋、鳄蜥和蟒；国家Ⅱ级保护动物 71 种，包括金猫、穿山甲、大灵猫、白腹隼雕、山瑞鳖、大鲵等。区域内有中国生物多样性红色名录中受威胁物种 116 种，其中，极危物种 19 种，包括金猫、穿山甲、三线闭壳龟、大壁虎、大鲵等；濒危物种 39 种，包括绿皇鸠、山瑞鳖、小爪水獭等；易危物种 58 种。

2.2 保护地现状

广东南岭生物多样性保护优先区域内保护地类型有自然保护区、森林公园、湿地公园、风景名胜区、地质公园、世界自然遗产地等。区域内有自然保护区 44 个，面积 3 722.78 km^2，占区域总面积的 23.38%。其中有 5 个国家级自然保护区、18 个省

表 1　广东南岭生物多样性保护优先区域重点保护物种

Tab. 1　Key protected species in priority area of biodiversity conservation in Nanling Mountain

保护等级	物种名称
Ⅰ级保护植物	报春苣苔、伯乐树、合柱金莲木、闽南苏铁、南方红豆杉、水松、仙湖苏铁、莼菜
Ⅱ级保护植物	白豆杉、粗齿桫椤、大黑桫椤、黑桫椤、桫椤、苏铁蕨、喜树、华南锥、篦子三尖杉、水蕨、金毛狗、樟树、闽楠、长柄双花木、香果树、格木、胡豆莲、花榈木、任豆、伞花木、丹霞梧桐、福建柏、凹叶厚朴、厚朴、长蕊含笑、观光木、萍蓬草、秃叶黄檗、华南五针松、半枫荷、拟高粱、红椿、大叶榉树
Ⅰ级保护动物	金钱豹、黑鹿、云豹、林麝、熊猴、白颈长尾雉、黄腹角雉、金雕、鼋、鳄蜥、蟒
Ⅱ级保护动物	豺、小爪水獭、水獭、黄喉貂、猕猴、短尾猴、藏酋猴、金猫、穿山甲、黑熊、斑林狸、大灵猫、小灵猫、獐、中华斑羚、华西鬣羚、白鹇、海南鸦、鸳鸯、褐耳鹰、苍鹰、雀鹰、赤腹鹰、凤头鹰、松雀鹰、黑冠鹃隼、普通鵟、白尾鹞、白腹鹞、黑翅鸢、栗鸢、白腹隼雕、黑鸢、凤头蜂鹰、蛇雕、鹰雕、鹊鹞、灰脸鵟鹰、灰背隼、游隼、燕隼、红隼、白腿小隼、花田鸡、绿皇鸠、斑尾鹃鸠、褐翅鸦鹃、小鸦鹃、短耳鸮、长耳鸮、雕鸮、领鸺鹠、斑头鸺鹠、黄腿渔鸮、褐渔鸮、鹰鸮、领角鸮、黄嘴角鸮、灰林鸮、褐林鸮、红角鸮、蓝翅八色鸫、草鸮、东方草鸮、大鲵、虎纹蛙、地龟、三线闭壳龟、山瑞鳖、大壁虎、花鳗鲡

注:区域内珍稀濒危物种名录根据 21 个自然保护区科学考察报告整理。

级自然保护区、9 个市级自然保护区和 12 个县级自然保护区,类别主要为森林生态、野生动植物、湿地生态和地质遗迹,对于保护区域生物多样性起了积极的作用。区域内有森林公园 42 个,面积 867.48 km^2,占区域总面积的 5.69%。另外,区域内有湿地公园 3 个、风景名胜区 3 个、地质公园 2 个、世界自然遗产地 1 个和水产种质资源保护区 4 个(图 2)。

3　面临的威胁与问题

3.1　经济社会发展对生物多样性产生胁迫

2015 年,区域内人口 769.3 万人,其中城镇人口 312.5 万人。区域生产总值 2007.2 亿元,第一、二、三产业比例为 21∶34∶45。人口活动和经济社会发展是生物多样性的重要胁迫因子[2],给区域生物多样性保护造成一定压力。

3.2　土地利用变化对物种生境的改变

农田开垦、森林砍伐、建设用地扩张等土地利用变化,可能会造成野生动植物生境面积锐减和破碎化[3]。如果生态系统所承受的压力超过一定的临界值,将产生巨大的风险,生物多样性将严重丧失,广泛的生态系统服务功能将随之退化[4]。2010—2015 年,建设用地增加了 929.61 hm^2,其中交通用地增加 899.01 hm^2。建设用地尤其是交通用地等线性工程建成运营后,会导致野生动植物生境被分割,生境岛屿化、破碎化程度加重,使得动物的繁殖地、觅食地受损或丧失,阻断了一些野生动物迁徙通道,对生物多样性产生直接影响[5]。部分区域采矿、旅游开发也会破坏物种的栖息地。由于历史原因,区域内原始森林所剩无几,人工纯林面积较大,人工纯林的生物多样性低于天然林,森林生态功能不足。

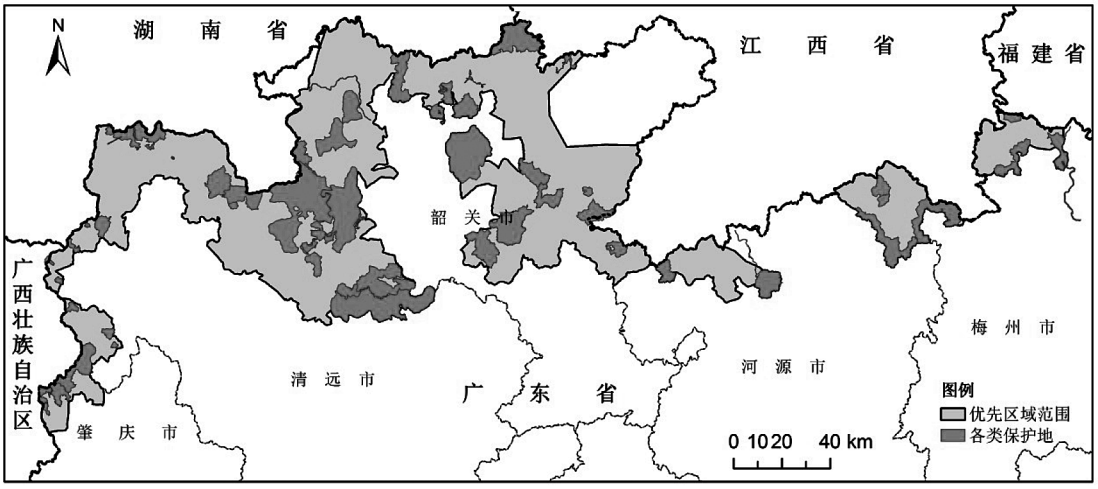


图 2　保护地分布

Fig. 2　Distribution of nature reserves

3.3　水电站建设运营和水环境污染对湿地生物多样性影响大

区域内建有水电站 4 000 余座,水电站大坝建成后河流中鱼类、浮游生物类减少。水环境污染直

接影响鱼类生存,间接导致以鱼类为食的鸟类数量减少。水环境污染对两栖类动物也有较大的影响,因为两栖动物生殖和发育都离不开水,污染水体可能会导致两栖动物生殖和繁育能力下降。

3.4 生物资源监测体系不健全,保护管理措施不足

在生物物种资源监测与预警方面,缺乏统一的技术规范,没有建立统一的监测指标体系。信息技术的应用,包括地理信息系统、全球定位系统及遥感在内的"3S"技术在生物资源监测方面的应用仍然不足,生物多样性预警系统建设需要加强。部分珍稀物种没有纳入重点保护范围,因此在法律层面上对物种的保护力度较弱,非法盗猎和贸易也得不到有效控制。外来物种的预警和监测机制尚未建立,关于物种野放的科学宣传较少,民众不能采取科学的方式进行野放。

4 规划建设策略

4.1 规划分区,制定实施分类监管政策

广东南岭生物多样性保护优先区域面积大、范围广,为提高保护成效,有效协调区域发展与保护的矛盾,根据区域生物多样性及其保护现状、资源分布、土地利用现状和经济社会发展规划等,开展规划分区,实施分级分类保护,制定相关管理办法。根据建设项目开发对生物多样性的影响机制,按照生物多样性保护要求,建立生态环境硬约束机制,制定负面清单,严格限制建设项目准入。对不符合规定占用的岸线、河段、土地,逐步退出。加大在生态补偿方面的资金投入,通过生态补偿激发各地保护生态环境的内在动力。按照"谁受益谁补偿"的原则,探索受益地区对生态保护地区进行生态补偿的机制。将生物多样性保护工作纳入各级政府国民经济和社会发展规划,以及各部门相关规划中。强化日常监测和监管,制定和完善生物多样性考核指标体系,建立健全党政领导干部生态环境损害责任追究问责制度,加强对执行生物物种资源保护相关法律规章情况的跟踪监督。

4.2 开展生态状况综合调查与评估

利用"3S"技术,结合野外调查、模型模拟等方法,定期开展广东南岭生物多样性保护优先区域生态系统格局、生态系统质量和生态系统服务功能状况调查评估。结合经济社会、产业发展,分析区域发展对生态环境的影响,评估重大生态保护与建设实施成效,提出有针对性的保护对策和建议。

4.3 开展生物多样性本底调查与评估

对区域内的陆生野生高等植物资源(包括种子植物、蕨类植物等)、陆生野生动物资源(包括两栖类、爬行类、鸟类和兽类等)、水生生物资源(水生高等植物、藻类、浮游生物、底栖生物、鱼类及其他水生动物等)、微生物资源(大型真菌等)进行本底调查,调查物种的种类、数量、分布、生境、威胁因素等。

4.4 开展关键物种专项调查

开展国家重点保护及特有野生动植物专项调查,对丹霞梧桐、闽粤苏铁、报春苣苔等极小种群野生植物实施拯救性保护。开展关键动物物种的调查,主要调查其数量、分布、习性、种群动态、迁徙路线等规律,有针对性地开展野生动物保护。调查方式采取野外实地调查与在线监测等相结合。关键动物物种的在线监测要包括动物 GPS 跟踪器和视频监控等。同时,对难以到达的地区,要利用遥感和无人机监控。

4.5 建立以国家公园为主体的自然保护地体系

依托现有保护地,在具有国家代表性的大面积自然生态系统分布的地区,积极探索建立国家公园。对Ⅲ类区中评估为生物多样性保护的重要区域,以新建或扩建自然保护区、新建保护小区和增加生态廊道等方式,优化和完善自然保护体系。推进自然保护区、保护小区管护能力建设,在相互隔离的同类型自然保护区之间以及物种迁徙通道建设生态廊道,使典型生物栖息地和物种得到全面保护,逐步形成布局合理、分类科学、保护有力的自然保护地体系。

4.6 强化管护能力建设,加强宣传教育和公众参与

开展生物多样性保护能力建设,加大对区域相关保护基础设施和科学研究的投入,加强对地方管理和技术人员的业务培训,提高管理人员的管理能力和业务水平,建立生物多样性保护人才队伍。加强形式多样的宣传教育,提高公众保护意识。吸收当地居民为管护人员,发挥群众力量进行管护,建立社区参与的工作机制,形成齐抓共管的全面管护网络。

5 结语

南岭是广东省生物多样性最丰富的地区,实施广东南岭生物多样性保护优先区域规划建设,首先需要保护生物多样性关键区域,逐步形成以国家公园为主体的自然保护地体系。其次,实施区域生物多样性本底调查,摸清生物多样性现状和存在的问

(下转第 177 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.031

森林康养高质量发展研究

李欣华[1],陈红玲[2]
(1.西南民族大学旅游与历史文化学院,四川 成都 610041; 2.广西大学商学院,广西 南宁 530003)

摘要:在高质量发展和健康中国双重战略背景下,关乎人民健康和区域发展的森林康养日益成为业界热点和学界焦点。文章述评国内外森林康养进展,指出城市森林康养是未来方向和重点;在全球典型森林康养案例对比概括基础上,以高质量发展为理论指导,从"质"和"量"两大方面建构森林康养高质量发展范式并提出四点具体建议;认为森林康养高质量发展目标在于"五生"共融,达成生活品质和城市生态的同步提升,并对森林康养未来的难点与重点进行了展望。

关键词:森林康养;城市森林康养;高质量发展;研究进展;发展模式

中图分类号:S788.1 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0171-07

引文格式:李欣华,陈红玲. 森林康养高质量发展研究[J]. 林业调查规划,2021,46(3):171-177. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.031

LI Xinhua,CHEN Hongling. High-quality Development of Forest Therapy[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):171-177. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.031

High-quality Development of Forest Therapy

LI Xinhua[1], CHEN Hongling[2]
(1. College of Historical Culture & Tourism, Southwest Minzu University, Chengdu 610041, China;
2. Business School of Guangxi University, Nanning 530003, China)

Abstract: Forest therapy, which is related to people's health and regional development, has increasingly become the focus of the industry and academia in the background of high-quality development and healthy China. This paper reviewed the progress of forest therapy at home and abroad, and pointed out that urban forest therapy was the future direction and focus. Based on the comparison of typical global forest therapy cases, this paper constructed the high-quality development mode of forest therapy from "quality" and "quantity" under the theoretical guidance, and put forward four specific suggestions. This paper concluded that the goal of high-quality development of forest therapy was the integration of "five lives" to achieve the simultaneous improvement of life quality and urban ecology. Finally, the difficulties and key points of forest therapy in the future were prospected.

Key words: forest therapy; urban forest therapy; high-quality development; research progress; development mode

收稿日期:2020-08-07.

项目支持:成都市科技局软科学研究项目(2019-RK00-00134-ZF)、西南民族大学中央高校基本科研业务费专项资金(2020SYB08).

第一作者:李欣华(1979-),男,山东临沂人,博士,讲师. 主要研究方向为旅游管理、旅游规划与发展等. Email:lxh1905@126.com

1 高质量发展呼唤森林康养

1.1 高质量发展及其内涵

党的十九大首次提出“高质量发展”并作出“我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段”的重要论断。高质量发展是讲求“量的合理增长和质的稳步提升”[1]的发展,是发展观本质性转变,时序上由“求量”、“求速”转向“求质”,层级上从“量”到“质”跃升。推动高质量发展,既是保持经济持续健康发展的必然要求,也是适应我国社会主要矛盾变化和全面建成小康社会、全面建设社会主义现代化国家的必然要求,更是遵循经济发展规律的必然要求[2]。换言之,高质量发展是中国经济进入新时代的必然选择和务实路径。

从根本上说,高质量发展满足人民日益增长的美好生活需要,给人民群众带来更多的获得感、幸福感、安全感[2],具有高效、绿色、可持续、和谐发展等特质[3]。而作为经济发展的出发点、基础支撑、过程、动力和最终受益主体,“人”及“人”的良好存续状态与高质量发展密不可分。

其一,经济高质量发展,始终离不开人的高质量发展。高质量发展需要高质量的人力资源作为支撑和动力。其中,又以劳动者的身心健康水平最为重要,这是各级经济体最为基础的发展保障。为此,“没有全民健康,就没有全面小康”[4]的“健康中国”战略成为高质量发展的必然构成和体现。各省相继推出实施意见,“认真贯彻落实健康中国战略,牢固树立以人民为中心的发展思想”,“全面干预健康影响因素,全面防控重大疾病,延长全民健康预期寿命,全方位全周期保障人民健康”[5]。高质量发展最终有赖于人们的意识提升和行动落实。

其二,高质量发展离不开城市的高质量发展。当前我国的城镇化方兴未艾,人口呈现不断向城市集中的态势。国家统计局发布数据显示,2019 年末中国大陆总人口突破 14 亿,城镇常住人口占总人口的比重达 60.6%,达到 84 843 万人,比上年末增加 1 706 万[1]。当前我国城镇化水平还未达到 70%~75%的峰值,到 2030 年还将新增 3 亿城镇人口[6]。城市作为当今世界最主要的聚居地,只有切实提升“高效、绿色、可持续、和谐”品质,才能实现自身高质量发展,继而推动一地甚至一国的高质量发展。

1.2 森林康养的重要性和紧迫性

2020 年全国两会期间,人大代表孙建博就发展森林康养、促进大众健康提出将森林康养纳入国家战略和规划实施范围的建议[7]。而法国国家人口研究所早在 2007 年就发布了全球城市人口占比超过 50%的报告。随着世界人口城市化进程加快,联合国预测 2050 年全球 2/3 的人口将居住在城市[8]。城市病也随着现代化与全球化的加速推进而持续加剧。而森林康养不但能够保持和提升城市人群的身心健康,还能保障并修复城市生态。因此,发展森林康养,可谓功在当代、利在千秋。

2 森林康养的国内外研究进展

2.1 森林康养源流

“森林康养”一词是我国学界和业界的称谓,属于外来概念的本土化表述。它源于 19 世纪 40 年代德国为治疗“都市病”而创造的自然健康疗法(又译为气候地形疗法),最初称为“森林浴”、“森林医疗”,后形成“森林康养”概念的雏形,后被引入其他国家并发展。如美国的“森林保健”,日本的“森林浴”、“森林医学”、“植物温泉”,韩国的“森林浴”或“森林治愈”、“森林修养”等。

除了普遍使用“森林康养”之外,我国还有“森林疗愈”、“森林疗法”、“森林养生”等称谓,我国台湾地区还称其为“森林调养”[9]。各国对森林康养冠名各异,但实质基本相同。

2.2 国外研究主要进展

1)研究日趋标准化、国际化

确立相关标准、成立专门机构、开展国际合作。自 20 世纪 90 年代国内广为发展森林康养,日本于 2004 年成立“森林疗法研究会”,系统性、全方位持续跟踪研究森林疗养基地,构建了“森林医学”理论框架;2007 年,国际林业研究组织联盟发起“森林与人类健康专项任务”计划,通过国际合作研究森林与人类健康的关系。

2)森林康养功效

宏观上,Kaplan 等学者较早就发现森林植物对人有积极的影响并进行分析[10],Yasuo Ohe(2017)等则验证了森林疗养旅游对城市居民的放松效应[11];Grahn 与 Stigsdotter(2003)则研究了绿地和森林公园对城市居民健康的良性影响[12];微观层面,继前苏联 B. P. Toknnh 于 1930 年发现并命名“芬多精”之后,Cheakin(2000)等学者对森林植物的挥发性物质进行研究并发现其具有康养功能[13];作为疗愈手段,Bardord(2002)发现森林漫步和温泉浴具有相似的康养效果[14]。

3)森林康养开发

Graham Hunt 在 2000 年的首届欧洲森林旅游大

会上指出,森林康养开发必须把森林资源保护和科学开发放在首位,并强调当地社区与团体参与和支持[15];日本自 2003 年在国内广泛开展“森林浴”并进行森林医学研究;Konu(2014)还对森林康养服务和产品进行了虚拟测试研究[16]。

2.3 国内研究进展

始于 20 世纪 80 年代的森林浴场实践,主要分为理论与实践两方面:

2.3.1 理论研究侧重概念和综述

邓三龙(2016)认为森林康养是“将优质的森林资源与现代医学和传统医学有机结合,开展森林养生、疗养、康复和休闲等一系列有益人类身心健康的活动”[17]。这是国内较早、广泛受到认可的森林康养定义。其他学者的概念界定鲜有超越其“以人为本、以林为基、以养为要、以康为宿”[17]的内涵。较具代表性的观点如下:

1)产业说。认为“森林康养就是借助于丰富多彩的森林生态、景观资源,通过一系列的产业开发,为人们提供安全健康的森林食品、洁净的森林空气以及浓郁的森林生态文化,再加上配备相应的养生休闲、医疗、康体服务设施形成的全新的产业模式”[18];“是近年来国际非常流行的一种健康体验模式,集林业、医疗、卫生、养老、旅游、教育、文化等于一身,并逐渐发展为一个新兴产业,是未来森林服务业的重要发展方向之一”[19];“是以森林为基础的绿色发展理念,发挥森林生态的保健、疗养、养生等综合功能,服务人群健康需求的新兴业态”[20]。

2)功能说。吴后建等(2018)认为森林康养侧重维持和修复人的身心健康[21]。刘纹卉、刘彦平(2019)认为森林康养利于人类舒缓身心的活动,强调森林康养“对人体健康的保健作用”[22]。

3)综合说。认为森林康养是“以丰富多彩、自然优美的森林景观、清新怡人的森林环境、绿色健康的森林食品以及深厚浓郁的森林人文文化等作为主要旅游资源,设置相应的养生健身项目及基础服务设施,开展以修身养心、运动健身、放松身心为目的的森林观光、度假、疗养、康养等游憩活动的统称”[23]。

以上 3 种类型定义均强调森林康养的实用性。综述研究以比较述评为主,对国内外森林康养有了相对全面的认知。刘照、王屏(2017)重点梳理评述了森林康养的健康效应循证、基地建设与认证、产业发展及政策法规,并进行了展望[24]。段金花等(2019)对国内外森林康养产业发展进行综述比较[25]。闫帅(2020)综述国内外森林康养的产生发展进程,认为国内森林康养欠缺相关标准,国外的森林康养有的已纳入国家法规,研究广度和产品体系优于国内[26]。

2.3.2 实践研究注重对策建议

主要表现为区域性森林康养产业发展对策研究,除了部分开发评估以外,主要集中于模式、路径和产品营销两方面。马宏俊(2017)较早地对德国、日本、美国的森林康养发展模式进行了介绍,并以日本森林步道为例提出了国内森林康养产业发展参考[27];史云等(2019)将森林康养依据气候带、年龄、健康状况和康养主题进行类型划分,并按照资源与区位的组合设计出 5 种开发模式[28];束怡等(2019)则通过对典型森林康养地区的现状研究提出了国内森林康养产业发展的路径[29];鲍兰平等(2019)针对海南森林康养旅游产品的开发进行了探讨[30]。

相对于一般性研究,案例研究更加丰富。曾全红、唐佳莹(2019)认为,四川省“在森林康养等领域走出了符合自身发展特色的道路”,“初步成为西南地区康养产业发展高地”,“推动康养产业快速发展是培植新的经济增长点,推动经济向高质量发展转型的可行模式”,“应当准确把握康养内涵”、“实现康养产业可持续发展”[31],肯定和预见了森林康养是高质量发展的模式和途径。

张全林(2019)对山西[32],吕博(2019)对贵州遵义[33],刘纹卉、刘彦平(2019)对云南[22],刘伟等(2019)对浙江丽水[34]分别提出森林康养的发展思路对策。针对四川广元的森林康养,吴志文(2018)从主管部门角度提出了“政府主导,完善森林康养服务体系;培育市场主体、丰富产品打造品牌;优化森林景观,营建森林廊道;营造森林康养社会氛围”等发展建议[20]。孙婷婷(2020)则提出了“互联网+旅游+森林康养”的复合模式[35]。

整体而言,国外的研究相对系统和深入;国内则以实践研究为主,缺乏系统整合提升。缺乏理论指导,城市案例研究欠缺则是其共有的不足。以高质量发展为主导的城市森林康养研究成为方向和重点。

2.4 城市森林康养未来可期

德、美、日、韩等国已经将森林康养作为国家战略并施行多年,并建有康养基地;而截至 2020 年 3 月,我国才公示了第一批国家森林康养基地[36],其中以县域为单位的仅 21 个,不足总量的 20%,与国外发展差距明显。

“森林丰富的保健效益因子对人体具有调养、减压等康体健身作用,是人们游憩、休闲、保健、疗养的优良场所”[36],森林康养“应成为国民共享的一种生态福利”[19];就城市地域而言,“具有多种生态保健功能的城市森林已成为城市居民休闲游憩的重要场所”[37],城市森林康养理应得到大力发展。

随着人们康养意识提升、对健康问题的不断重视,城市森林康养必然会逐渐从旅游进入城市居民的日常生活。城市森林康养,将不再主要作为人们替代性的休闲旅游方式,而是从旅游转向生活。让森林走向城市,让城市拥抱森林,是高质量发展的大势所趋。

3 国内外森林康养案例比鉴

本研究选取国内外 7 个代表性案例,以 RPCCM(即资源、产品、消费者、消费量、模式)框架进行对比研究(表 1)。

表 1 国内外森林康养典型案例 RPCCM 分析

Tab. 1 RPCCM analysis of typical forest therapy cases at home and abroad

地名	资源依托	主要产品	消费者	消费量	发展模式
巴登(德国)	占全国 1/3 面积的西南山区黑森林,以巴登为代表,形成德国最大的森林康养(疗养)带	防、养、治于一体的森林医疗(气候性地形疗法)	国内外森林医疗人群和游客	全德近 10 亿人次/年,年消费量占旅游收入的 67%以上;人均滞留时间约 3 周	森林医疗:将森林康养纳入医保,建设森林疗养胜地,由专业医生和森林理疗师提供服务,现有 350 余处基地[38]
西雅图(美国)	美国西海岸红杉森林,以及森林资源丰富的国家公园	森林生态观光(森林游憩)为主,配套森林保健	城市居民及游客	全美约 20 亿人次/年,年消费 3000 亿美元,人均花费占收入的 1/8	森林保健:以国家公园为依托,建设森林保健场所(森林医院);配套完善而创新的服务设施,提供深度的康养体验
奥多摩町(日本东京)	日本森林康养资源丰富,森林覆盖率达 68%,它依托城市周边人工林建成森林疗养基地	以山林、山路构建“登山小路”,提供林间休憩,提供森林浴、山间漫步等	城市居民及游客	日本“森林浴”约 8 亿人次/年;奥多摩为 9. 7 万人(2017 年)[39],近 15 倍于当地人口(6727 人)	森林浴:充分利用自然原始条件,创造可供人们康复治疗的人工林康复治疗设施;日本现有 6 个类型、1055 处休养林基地
南怡岛(韩国春川)	以岛屿和森林建立自然养生林基地	以治愈林道为载体的森林疗养课程、旅游观光及影视怀旧	城市居民及游客	森林休养人群约占韩国人口的 1/5;南怡岛超过 200 万人/年	“休养+培训”:借力影视旅游,发展森林体验与教育为主的森林休养;并以完善的森林疗养基地标准进行森林疗养服务人员资格认证和培训
达沃斯(瑞士)	洁净的空气、绝美的景观、良好的生态环境,具有良好的保健和治疗作用的高山森林	气候疗法(建有哮喘中心)、高山疗养、运动、康养、国际会议等	本国及国外康养人群及游客	每年接待来自世界各地约 230 万游客,177 倍于当地人口(约 1. 3 万)	“体育旅游+康养”:每年 50 个周作为滑雪度假胜地,其余时间承办国际会议
洪雅(中国四川)	国家级生态县覆盖率 70. 5%的森林[40];典型代表为玉屏山和七里坪景区	全域森林康养,主推“森林康养+旅游+抗衰老”	本地居民及外地游客	年均游客量 810 万人次,年均旅游收入 66 亿(2015—2019 年);洪雅县常住人口 30 万	全域康养:落实四川康养标准、借鉴国际经验,以重点景区带动全域森林康养,国内领先建设“国际森林康养目的地”
宜兰(中国台湾)	全岛覆盖率达 60%的森林;太平山国家森林公园和新寮瀑布是其典型代表	开展森林步道步行和森林冥想,兼有生态旅游和自然教育	本地居民及外地游客	全岛接待量 1111 万人(2019 年);新寮瀑布步道年游客量逾 20 万人次	多元主题:森林步道为设施,森林调养(疗愈)为核心,标准化与个性化服务兼备,以生态旅游理念发展森林康养[41]

由上可见,森林康养发端于德国,各国将其引进并发展,已呈现多样化发展态势。森林康养发展不仅要具备丰富的森林资源,拥有专业和特色的产品,常态化的城市客群,契合自身特点的发展模式和一定数量的康养基地。同时,还需要森林康养社会氛围及产业发展环境(图 1)。

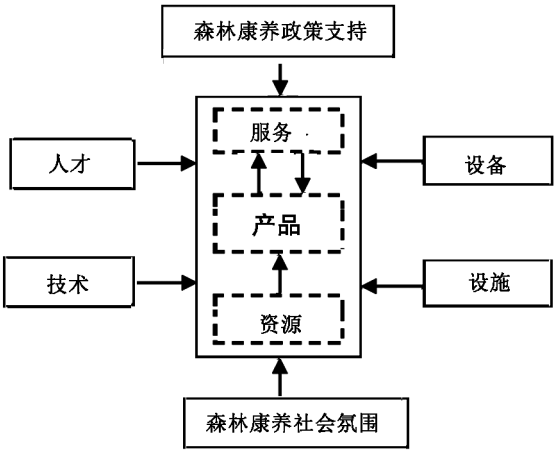


图 1　国内外森林康养一般模式

Fig. 1　General mode of forest therapy at home and abroad

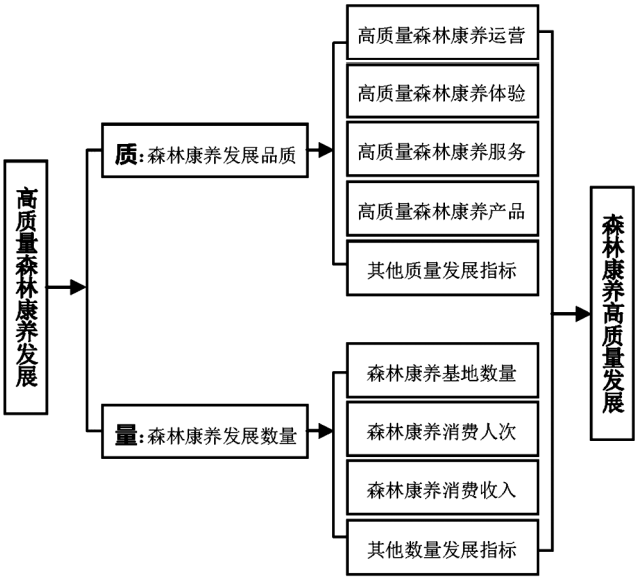


图 2　森林康养的高质量发展范式

Fig. 2　High-quality development mode of forest therapy

从高质量发展的视角看,森林康养的高质量发展必须要以专业人才、康养技术和设施设备为支撑,核心产品和服务供给,医疗政策支持,才能对城市为主的客源形成长效吸引和持续消费机制;反过来,体验经济时代,产品和服务趋向品质、精细、深度与个性,森林康养消费者的体验反馈也将为森林康养的高质量发展提供更多动力和参考,在高质量供给、高质量需求的基础上形成高质量经营管理。

2018 年,中国森林旅游和康养超过 16 亿人次,同比增长超过 15%,创造社会综合产值接近 1.5 万亿元[42]。年消费人次与总人口比值为 1.15,和德国的 12.06、日本的 6.30、美国的 6.12 分别相差 9.5 倍、4.5 倍、4.3 倍。如果将森林旅游人群剔除,这一差距将更大。整体上看,我国森林康养在“量”和“质”上均有待向高质量方向发展迈进。

4 森林康养高质量发展构想

基于国内外案例与高质量发展理论,森林康养的高质量发展,表现为以城市客群为中心的消费数量的合理增长和体验品质的稳步提升(图 2)。其中,城市客群是前提和动力,森林资源是基础,产品服务是核心,康养生活是归宿。高质量的森林康养将实现“五生”和谐——生态优良、生产清洁、生活绿色、生命健康、生机盎然,达成生活品质和城市生态的同步提升。

4.1 加强宣教引导、形成社会氛围

既要政策法规支持、又要宣传教育跟进。注重顶层设计,切实对城市森林康养进行产业政策扶持,加以培育、发展;广泛宣传和科普教育相结合,形成社会各界认知、践行城市森林康养的氛围,从高质量发展全局出发,形成国家引导和民众跟进的合力。贯彻人与自然共生理念,将森林康养和森林环境教育从娃娃抓起,构建森林康养信息传播的互联网平台。森林康养产业发展,要重点突出,以城市为主、乡村为辅,以社区为单位进行社群营销,实现线上关注向线下消费转化,让人们提高康养观念并积极主动参与城市森林康养,以森林康养提升身心健康水平。

4.2 丰富产品体系、多维立体供给

以居家为中心,打造多维度森林康养产品体系。一是主抓居民用以早晚康体健身的城市森林康养产品;二是打造居民用以周末休闲、自然教育、疗养的城郊森林康养产品;三是打造居民用以短期度假、生态旅游、自然教育、森林徒步的远郊森林康养产品;四是打造以森林步道为主、城市绿道为辅的森林康养步道产品[43];五是运动和医养结合,提供防、养、治于一体的森林康养产品体系。力求做到城市森林康养产业的全域、全时、全龄覆盖。

4.3 注重细节服务、增强消费黏性

森林康养是追求高质量发展的体验经济,旨在提升生命质量,讲究身心疗愈和自然体验,既要讲求服务的标准化,又要注重服务的人性化、精细化。细节是品质,服务是生命。细节服务彰显品质、服务细节提升体验。对消费者的个性化感受给予充分、高度重视,才可能通过持续的反馈和改进,超越消费者

的期待,促成森林康养高质量发展。另外,要运用大数据建立会员制跟踪回访系统,提升服务附加值,以人为本、定期回访,切实将森林康养服务常态化、亲情化,不断增强消费黏性,强化森林康养服务的品牌传播。

4.4 追求创新活力、持续提质升级

森林康养的高质量发展要依赖专业人才和技术创新驱动,方能实现持续发展。一方面,要靠专业人才指导,避免产品和服务流于模式化、低水平而缺乏竞争力和生命力;另一方面,森林康养必须实现产品的升级迭代,才能不断地满足市场日益多样化、个性化的需求。

最终,"以市场需求为导向、以企业为主体,有机融合林业、农业、工业、旅游业、体育运动、教育、医疗服务等相关产业,因地制宜地发展功能多元、富有特色、服务优质的森林康养产业"[43],由前端到后端形成产业闭环,关联带动周边产业。以高质量发展理论指引,实现森林康养的高质量发展(图 2)。

5 结语

综上,城市森林森林康养是森林康养发展的趋势和主要方向。森林滋养城市的自然生态,康养惠泽城市的福祉民生,森林康养关乎城市的人文关怀和发展未来。森林康养对于以城市为居游生计场所且日益增加的城市人口而言,意义重大而深远。高质量的城市森林康养将不断优化城市生态、提升人们的免疫力和健康水准,进一步将森林康养推向全面、系统和深入;城市森林康养的高质量发展,离不开供需双方的和谐互动,重点表现为消费者的康养理念觉醒和行动践行,以及供应商的标准化、品质化、个性化、精细化产品服务供给。

展望未来,森林康养产业的高质量发展,一方面有待于高质量发展等指导理论的不断完善,增强发展的科学性与前瞻性;另一方面,要立足城市居民的主要消费群体,进一步推出多元化和个性化的产品和服务、确定体验标准、细化质量发展的相关指标、完善发展评价体系,更好地实现自身的高质量发展。

参考文献:

[1] 国家统计局:2019 年末城镇常住人口占总人口 60.6% [EB/OL]. (2020-01-17). https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_5547957.

[2] 用好推动高质量发展的辩证法[N]. 经济日报,2018-07-12(14).

[3] 高质量发展的六大特质[N]. 北京日报,2018-07-23(12).

[4] 习近平讲故事:没有全民健康,就没有全面小康[EB/OL]. (2019-01-24). http://cpc.people.com.cn/n1/2019/0124/c64094-30588152.html.

[5] 四川省人民政府关于推进健康四川行动的实施意见[EB/OL](2019-11-26). http://www.sc.gov.cn/zcwj/xxgk.

[6] 2020 年我国城镇化水平将达到 60%左右[EB/OL]. (2013-07-06). http://finance.sina.com.cn/china/20130706/153016038303.shtml?from=wap.

[7] 全国人大代表孙建博:建议将森林康养纳入国家战略和规划实施范围[EB/OL]. (2020-05-26). http://www.xinhuanet.com/travel/2020-05/26/c_1126034160.htm.

[8] 联合国:2050 年全球三分之二人口将居住在城市[EB/OL]. (2018-05-18). http://finance.sina.com.cn/stock/usstock/c/2018-05-18/doc-iharvfhv2238351.shtml.

[9] 森林的疗愈力,是一种无需解释的魔力[EB/OL]. (2016-04-06). http://www.360doc.com/content/16/0406/00/30184167_548178528.shtml.

[10] KAPLAN R, KAPLAN S. The experience of nature: A psychological perspective[M]. New York: Cambridge University Press. 1989.

[11] YASUO OHE, HARUMI IKEI, CHORONG SONG, YOSHIFUMI MIYAZAKI. Evaluating the relaxation effects of emerging forest-therapy tourism: A multidisciplinary approach[J]. Tourism Management, 2017, 62.

[12] GRAHN P&STIGSDOTTER UA. Landscape planning and stress[J]. Urban Forestry and Urban Greening, 2003(2): 1-18.

[13] CHEAKIN. Physical effects of negative airions in a wet sauna[J]. Int. J. Biometeorol, 2000, 40(2): 107-112.

[14] BARDORD. The effect of exposure to negative air ions on the recovery of physiological responses after moderate enduranceexercise[J]. Int. Jbiometeorol, 2002, 4(3): 132-136.

[15] 刘甜甜,马建章,张博,等. 森林养生旅游研究进展[J]. 林业资源管理,2013(2):130-135.

[16] KONU H. Developing forest-based well-being tourism products by using virtual product testing[J]. Anatolia, 2014, 26(1): 99-102.

[17] 邓三龙. 森林康养的理论研究与实践[J]. 世界林业研究,2016(6):1-6.

[18] 吴兴杰. 森林康养新业态的商业模式[J]. 商业文化,2015(31):9-25.

[19] 丛丽,张玉钧. 对森林康养旅游科学性研究的思考[J]. 旅游学刊,2016,031(11):6-8.

[20] 吴志文. 广元市森林康养产业的现状与发展[J]. 中

国城市林业,2018,16(3):57-61.
[21] 吴后建,但新球,刘世好,等. 森林康养:概念内涵、产品类型和发展路径[J]. 生态学杂志,2018,300(7):246-256.
[22] 刘纹卉,刘彦平. 云南森林康养产业发展探析[J]. 西南林业大学学报(社会科学),2019,3(6):85-89.
[23] 赵咪咪."健康中国"视阈下城郊森林公园游憩适宜性评价[D]. 杭州:浙江农林大学,2018.
[24] 刘照,王屏. 国内外森林康养研究进展[J]. 湖北林业科技,2017,046(5):53-58.
[25] 段金花,李平. 森林康养产业发展研究综述[J]. 四川林业科技,2019,40(2):109-112.
[26] 闫帅,尹久娜,田富学,等. 国内外森林康养发展历程及我国森林康养发展建议[J]. 南方园艺,2020,31(1):69-73.
[27] 马宏俊. 森林康养发展模式及康养要素浅析[J]. 林业调查规划,2017,42(5):124-127.
[28] 史云,董劭璇,殷海萍,等. 森林康养模式研究[J]. 合作经济与科技,2019,607(8):14-17.
[29] 束怡,楼毅,张宏亮,等. 我国森林康养产业发展现状及路径探析——基于典型地区研究[J]. 世界林业研究,2019,32(4):51-56.
[30] 鲍兰平,唐红,左玲丽. 海南森林康养旅游产品开发研究[J]. 现代营销:经营版,2019,315(3):86-87.
[31] 曾全红,唐佳莹."天赋"出众初具规模——四川康养产业发展浅析[J]. 四川省情,2019(12):21-25.
[32] 张全林. 山西省森林康养产业发展探析[J]. 山西水土保持科技,2019(4):39-43.
[33] 吕博. 遵义市森林康养产业发展的优劣势及发展路径探究[J]. 农家参谋,2019(17):101.
[34] 刘伟,王敏彪,杨艺薇. 丽水市森林康养产业发展现状及对策浅析[J]. 华东森林经理,2019,33(4):58-60,64.
[35] 孙婷婷,蒋文伟. 四川省广元市的森林康养旅游产业浅究[J]. 现代园艺,2020,43(1):61-63.
[36] 关于国家森林康养基地(第一批)名单的公示[EB/OL]. (2020-03-16). http://www.mca.gov.cn/article/xw/tzgg/202003/20200300025698.shtml.
[37] 段文军. 深圳园山三种典型城市森林康养环境保健因子动态变化[D]. 北京:中国林科院,2017.
[38] 森林康养小镇:国际经验与中国实践[EB/OL]. (2019-03-30). http://www.ctcnn.com/html/2018-10-23/15871272.html.
[39] 夏季纳凉一起去日本奥多摩多彩钟乳洞拍美照吧![EB/OL]. (2018-05-25). https://www.sohu.com/a/232833971_813277.
[40] 厉害了洪雅:台湾大学森林康养合作交流团来洪考察[EB/OL]. (2017-09-21). https://www.sohu.com/a/193484610_166872.
[41] 台大教授带来"森林康养+生态旅游"的宝岛经验:与载地居民合作挖掘康养基地亮点[EB/OL]. (2018-10-27). https://new.qq.com/omn/20181027/20181027A1C4US.
[42] 2018 年中国森林旅游和康养超 16 亿人次[EB/OL]. (2019-01-15). http://www.chinanews.com/cj/2019/01-15/8729803.shtml.
[43] 罗芬. 发展森林康养产业 促进人民身心健康[N]. 湖南日报,2020-03-05(13).

责任编辑:刘平书
校　　对:邓　砚　刘平书

(上接第 170 页)

题。最后,通过加强生物多样性保护能力建设,不断强化生物多样性监测和管护能力,逐步消除生物多样性威胁因素,提升区域生物多样性水平,进而增强区域生态功能,筑牢粤港澳大湾区北部的生态屏障。

参考文献:

[1] 万华伟,王永财,侯鹏,等. 2001—2016 年中国生物多样性保护优先区域植被和水域动态监测与分析[J]. 生态与农村环境学报,2019,35(3):273-282.
[2] 史娜娜,肖能文,汉瑞英,等. 青海省生物多样性保护区划及管理对策[J]. 生态经济,2019,35(11):188-193.
[3] 刘慧明,高吉喜,张海燕,等. 2010—2015 年中国生物多样性保护优先区域人类干扰程度评估[J]. 地球信息科学学报,2017,19(11):1456-1465.
[4] 曹铭昌,乐志芳,雷军成,等. 全球生物多样性评估方法及研究进展[J]. 生态与农村环境学报,2013,29(1):8-16.
[5] 秦卫华,顾琪,李中林,等. 涉及自然保护区建设项目特点及生态影响分析[J]. 生态与农村环境学报,2019,35(3):398-404.
[6] 张路,欧阳志云,肖燚,等. 海南岛生物多样性保护优先区评价与系统保护规划[J]. 应用生态学报,2011,22(8):2105-2112.
[7] 武建勇,薛达元,王爱华,等. 生物多样性重要区域识别——国外案例、国内研究进展[J]. 生态学报,2016,36(10):3108-3114.

责任编辑:刘平书
校　　对:张林艳　刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 032

基于 AHP 的南宁青秀山风景名胜区旅游可持续发展优化研究

王晓钰,段文军,李晓娟
(南宁师范大学旅游与文化学院,广西 南宁 530100)

摘要:采用层次分析法,从旅游资源可持续、旅游环境可持续、旅游经济可持续、旅游社会可持续 4 个方面,选取 15 个具有代表性的指标体系,对广西南宁青秀山风景名胜旅游区进行可持续发展评价。结果表明,青秀山旅游资源可持续性(86. 76)>旅游环境可持续性(84. 5)>旅游经济可持续性(79. 6)>旅游社会可持续性(77. 9)。分析认为,青秀山风景区旅游可持续发展应立足资源,保护环境,提高知名度,实现经济、社会和环境效益的统一。

关键词:可持续发展评价;层次分析法;青秀山风景名胜区;广西南宁

中图分类号:S788. 2;S759. 92 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0178-06

引文格式:王晓钰,段文军,李晓娟. 基于 AHP 的南宁青秀山风景名胜区旅游可持续发展优化研究[J]. 林业调查规划,2021,46(3):178-183. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 032

WANG Xiaoyu, DUAN Wenjun, LI Xiaojuan. Tourism Sustainable Development Optimization of Qingxiushan Scenic Spot in Nanning Based on AHP[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):178-183. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 032

Tourism Sustainable Development Optimization of Qingxiushan Scenic Spot in Nanning Based on AHP

WANG Xiaoyu, DUAN Wenjun, LI Xiaojuan
(School of Tourism and Culture, Nanning Normal University, Nanning 530100, China)

Abstract: This paper evaluated the sustainable development of Qingxiushan Scenic Spot in Nanning of Guangxi by 15 representative indexes from the four aspects of tourism resources, tourism environment, tourism economy and tourism society based on the analytic hierarchy process. The results showed that the sustainability ranked as tourism resources (86. 76) >tourism environment (84. 5) >tourism economy (79. 6) >tourism society (77. 9). The analysis indicated that the sustainable development of tourism in Qingxiushan Scenic Spot should depend on resources, protect the environment, improve the popularity, and realize the unity of economic, social and environmental benefits.

Key words: sustainable development evaluation; analytic hierarchy process; Qingxiushan Scenic Spot; Nanning of Guangxi

旅游是新时代发展的产物,已经成为人们生活中不可缺少的一部分。旅游业是国民经济支柱性产业,也是刺激国民消费的重要环节。可持续发展是旅游业实现长远进步的关键,也是推动旅游市场发展的原生物。旅游可持续发展评价,即通过对旅游各要素的系统分析,结合旅游市场发展状况,全面衡

收稿日期:2020-09-17.

基金项目:2020 年广西研究生教育创新计划项目(YCSW2020196).

第一作者:王晓钰(1996-),女,山西平遥人,硕士研究生. 研究方向为生态旅游.

量旅游各要素的可持续发展能力,挖掘旅游发展潜力,寻求旅游经济新的“增长点”。以南宁青秀山风景名胜旅游区(以下简称“青秀山”)为研究对象,利用层次分析法,对青秀山的旅游可持续发展现状进行定量评价和定性分析,为青秀山发展制定旅游决策提供定量依据。

1 研究区域概况

青秀山位于广西南宁市区往东南约 9 km 的邕江江畔,于 1985 年开始建设,国家 5A 级景区,属亚热带季风气候,雨量充沛,阳光充足,被称为“南宁市的巨肺”。千年苏铁园、龙象塔、中国—东盟友谊园、观音禅寺、董泉、铜鼓音乐台、陆地拓展基地、水月庵、友谊长廊等是其代表性景点,风景优美,是摄影的最佳取景地。另外,青秀山景区还会举办各种旅游活动,如丰收节、绿道骑行、捷安特全国业余自行车联赛、水生花卉展以及各种公益活动等。

2 研究方法和数据分析

2.1 研究方法

采用层次分析法,通过问卷调查数据分析,对青秀山景区可持续发展做定量评价。层次分析法(AHP)是把思维过程层次化、数量化的多准则决策方法[1]。通常情况下,在运用层次分析法解决问题的时候,一般需要以下几个步骤:①构建层次结构模型;②构造判断矩阵;③判断矩阵一致性检验;④层次单排序;⑤层次总排序;⑥决策[2-4]。

2.2 数据来源

参考前人相关研究成果[5-10],结合青秀山旅游产业实际发展情况以及指标数据的可获得性,按照客观性、可比性和相对独立性的原则确定青秀山旅游可持续发展评价指标体系。客观性是指选取指标要符合青秀山景区发展实际,客观反映青秀山发展实际;可比性是指所选指标之间可以实现两两比较;相对独立性是指指标之间互不影响。各项指标数据主要来源于 3 个渠道[11]:一是南宁市旅游局、统计局提供的数据,二是《南宁统计年鉴》、《南宁市国民经济和社会发展统计公报》,三是对青秀山游客、工作人员等的问卷调查。

2.3 数据分析

本文选取如下指标体系,如表 1 所示。

AHP 分析方法主要是对各层次要素在总要素中的重要性程度进行比较分析,将比较结果以矩阵数值的形式表示出来,构成判断矩阵。该矩阵的构建是层次分析大的前提和依据[12]。通常情况下,构造的判断矩阵具有以下性质[14]:

(1)$b_{ij}>0$;

(2)$b_{ij}=1/b_{ji}(i\neq j)$;

(3)$b_{ij}=1(i=1,2,\cdots,n)$。

在层次分析法中,为了使得判断数值化,就需要按照一定的比率将判断定量化[15]。各指标权重值如表 2 所示。

表 1　青秀山风景区旅游可持续发展评价指标体系

Tab. 1　Evaluation index system of tourism sustainable development in Qingxiushan Scenic Spot

目标层 A	准则层 B	指标层 C
青秀山风景区旅游可持续发展评价	旅游资源可持续 B_1	观赏休闲价值 C_1
		历史文化价值 C_2
		科学教育价值 C_3
	旅游环境可持续 B_2	森林覆盖率 C_4
		生物丰富度 C_5
		环境保护程度 C_6
		水体及噪声污染指数 C_7
	旅游经济可持续 B_3	旅游总收入占 GDP 比重 C_8
		商品销售占旅游收入比重 C_9
		酒店客房占旅游收入比重 C_{10}
		餐饮业占旅游总收入比重 C_{11}
	旅游社会可持续 B_4	交通通讯水平 C_{12}
		景区社会治安 C_{13}
		旅游地居民对旅游的态度 C_{14}
		旅游者满意程度 C_{15}

表 2　判断矩阵标度及其含义

Tab. 2　Scale and meaning of judgment matrix

序号	重要性等级	b_{ij} 赋值
1	i,j 两因素同等重要	1
2	i 因素比 j 因素重要一点	3
3	i 因素比 j 因素重要	5
4	i 因素比 j 因素重要很多	7
5	i 因素比 j 因素极端重要	9
6	i 因素比 j 因素稍不重要	1/3
7	i 因素比 j 因素不重要	1/5
8	i 因素比 j 因素很不重要	1/7
9	i 因素比 j 因素极端不重要	1/9

如果 b_{ij} 赋值是 2、4、6、8,或者是各数的倒数,也具有类似的意义

判断矩阵形成后，计算其最大特征根及其对应的特征向量，常用的方法有幂法、和积法和方根法[16]。本文采用和积法进行计算，其计算步骤如下：

(1)将判断矩阵进行归一化处理，公式为[17]：

$$b_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}a_{ij}} \quad i,j=1,2,3\cdots \tag{1}$$

(2)将归一化后的判断矩阵按行相加：

$$V_i=\sum_{i}^{4}b_{ij} \quad i,j=1,2,3\cdots \tag{2}$$

(3)再进行归一化处理，公式如下[18]：

$$W_i=\frac{v_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}v_i} \quad i,j=1,2,3\cdots \tag{3}$$

在实际的问题处理过程中，由于青秀山旅游要素的复杂性和多变性，以及人判断能力的局限性，为了充分保证 AHP 分析法得到的结论符合常理，就需要对构造的矩阵进行一致性检验[19]。主要步骤及公式如下：

$$\lambda_{max}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}((AW)_i)/w_i \tag{4}$$

$$\text{C. I.}=\frac{\lambda max-n}{n-1} \tag{5}$$

$$\text{C. R.}=\frac{C.I.}{R.I.} \tag{6}$$

表 3 1~10 阶平均随机一致性指标

Tab. 3 1-10 order average random consistency index

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

根据如上(表 3)对判断矩阵一致性检验的步骤，对判断矩阵 A、B_1、B_2、B_3、B_4 进行一致性检验[20]，从而得出结论，如表 4 所示：

表 4 各级指标体系的一致性检验结果

Tab. 4 Consistency test results of indexes at all levels

	A-B	B_1-C	B_2-C	B_3-C	B_4-C
λ_{max}	4.0989	3.0037	4.259	4.066	4.211
W	(0.54,0.23, 0.13,0.19)	(0.65,0.12, 0.23)	(0.41,0.28, 0.19,0.12)	(0.41,0.29, 0.11,0.19)	(0.44,0.11, 0.24,0.21)
CI	0.033	0.002	0.086	0.02	0.07
RI	0.90	0.58	0.90	0.90	0.90
CR	0.037	0.0032	0.096	0.024	0.078

综合上述分析，各级指标体系的 CR 值都<0.1，可以进行层次总排序，检查整个递阶层次模型的判断一致性。计算总的 CI、RI、CR 值，得 $CI_{总}=0.037$，$RI_{总}=0.081$，$CR_{总}=0.045<0.1$。说明层次总排序具有满意一致性，即本文运用层次分析法所得结论具有可行性。

2.4 青秀山可持续发展水平综合评价

由于各指标数据表现形式不同，最终计算的结果具有较强的不确定性，说服度不高，因此需要对其进行量化及标准化处理。定量指标严格按照国家相关标准进行标准化处理，定性指标依照专家评分法来确定[21]。本文以 2018 年为考察年份，采用多目标线性加权函数法[22-25]，其函数表达式为：

$$A=\sum_{i=1}^{m}\left(\sum_{j=1}^{n}P_jR_j\right)W_i$$

式中：A 为总得分(即综合评价值)，P_j 为某单项指标的评分值，R_j 为某单项指标在该层次下的权重，W_i 为四大因素的权重。

根据旅游可持续发展阶段评判标准(表 5)，对青秀山可持续发展情况进行评估。

表 5 旅游可持续发展阶段评判标准

Tab. 5 Evaluation criteria of tourism sustainable development

综合评价值 A /%	<70	70~<80	80~<90	>90
评判标准	旅游可持续发展准备阶段	旅游可持续初步发展阶段	旅游可持续基本发展阶段	旅游可持续发展阶段

表 5 显示，当综合评价值<70 时，研究对象处在旅游可持续发展准备阶段，需要重视旅游基础设施建设，紧抓旅游资源优势，开发具有特色的旅游产品；当综合价值在 70~80 时，研究对象处在旅游可持续初步发展阶段，旅游发展潜力大，对旅游目的地

的要求比较高,需要根据市场需求优化旅游各环节工作。当综合价值在 80~90 时,研究对象处在旅游可持续基本发展阶段,该阶段的可持续水平相对较高,但还存在许多待解决的问题,需要进一步完善基础设施建设,升级旅游产品。当综合评价值>90 时,研究对象处在旅游可持续发展阶段,具有相对成熟的可持续发展方案,需要进一步巩固已有可持续发展模式,并在此基础上弥补不足,提高可持续发展水平。

3 结果与分析

经分析,青秀山旅游可持续发展评价指标中(表 6),旅游资源可持续发展占比最大,为 0.54,其次是旅游环境可持续发展(0.23),旅游经济可持续发展(0.13),最后是旅游社会可持续发展(0.09)。由此可见,青秀山旅游资源可持续和旅游环境可持续发展对景区的可持续整体发展具有重要的作用,而在经济和社会方面的可持续发展还有一定的差距,具有较大的发展空间。资源和环境是青秀山景区吸引游人的关键,因此,景区管理人员要加强对资源本身和环境的保护,完善基础设施建设,提高景区经济和社会价值。

表 6　青秀山旅游可持续发展评价指标因子权重

Tab. 6　Evaluation index factor weight of tourism sustainable development in Qingxiu Mountain

B 层	权重	C 层	权重	组合权重
旅游资源可持续	0.54	观赏休闲价值	0.65	0.351
		历史文化价值	0.12	0.065
		科学教育价值	0.23	0.124
旅游环境可持续	0.23	森林覆盖率	0.41	0.094
		生物丰富度	0.28	0.064
		环境保护程度	0.19	0.044
		水体及噪声污染	0.12	0.028
旅游经济可持续	0.13	旅游收入占 GDP 比重	0.41	0.053
		商品销售占旅游总收入比重	0.29	0.038
		酒店客房占旅游总收入比重	0.11	0.014
		餐饮业占旅游总收入比重	0.19	0.025
旅游社会可持续	0.09	交通通讯水平	0.44	0.04
		景区社会治安	0.11	0.01
		居民对旅游态度	0.24	0.022
		旅游者满意程度	0.21	0.019

在旅游资源可持续发展指标体系中,权重最高的是观赏休闲价值(0.54),其次是科学教育价值(0.23),最后是历史文化价值(0.12),说明休闲观光是游人对青秀山最直观的感受,科学教育价值次之,历史文化价值的受众面还不是太广,大众对青秀山的需求以放松休闲和增长知识居多。因此,在对青秀山景区进行可持续发展的时候,应该着重开发旅游资源的休闲观光价值和科学教育价值,将观光与科研有机结合起来,将大众休闲与科学教育有机结合,提高风景区的观赏价值、美学价值和科研价值。在这样的条件下,风景区的游客范围将会更广、更深,还可以吸引更多海外游客的到来,丰富旅游客源地,增加游客到访率。

在旅游环境可持续发展指标体系中,权重最高的是森林覆盖率(0.41),其次是生物丰富度(0.28),环境保护程度(0.19),最后是水体及噪声污染指数(0.12)。由此可见,大众对于青秀山森林覆盖率和生物多样性的认识比较深,其对景区可持续发展的贡献比较大,环境保护程度权重为 0.19,总权重为 0.044,跟其他指标相比,其所占比重较小,说明大众对景区环境保护程度的期望较高,但现实环境的保护程度与人们的期望还存在一定的距离,景区要加大环境保护力度,倡导低碳出行、生态游玩。水体及噪声污染指数的总权重为 0.028,说明景区在处理污水及噪声污染方面还存在一定的不足,景区环保发展的目标还需要进一步完善。

在旅游经济可持续发展指标中,权重最高的是旅游总收入占 GDP 收入的比重(0.41),其次是商品销售收入占旅游总收入的比重(0.29),餐饮业收入占旅游总收入的比重(0.19),最后是酒店客房收入占旅游总收入的比重(0.11)。这说明景区总体旅游收入比较可观,旅游收入在国民经济中所占比重比较大,这也充分说明旅游业成为国民经济支柱性产业。从景区收入的微观方面来看,商品销售收入和餐饮业收入在旅游总收入中占较大比重,总权重分别为 0.038(商品销售收入)和 0.025(餐饮业收入),而酒店客房的总权重为 0.014,相对较低。此结果与实际调查相符;青秀山门票价格较低,游人大多来自南宁本地及周边,低价门票吸引游人进入园区,势必会增加对其他方面的消费,餐饮和旅游商品是最直接也是最现实的需求,而对酒店客房的需求较小,游人大多选择一日游,当天返回,因此对酒店客房的需求不大。因此,景区应该针对这一消费特点,丰富旅游产品,实现优势发展。

在旅游社会可持续评价指标体系中,权重最高的是交通通讯水平(0.44),其次是旅游地居民对旅游的态度(0.24),旅游者满意程度(0.21),最后是景区社会治安(0.11)。这说明游人对景区交通的可持续发展比较重视,对当前景区内外的交通设施状况满意度较高,旅游地当地居民对旅游的态度和旅游者满意程度的总权重分别是 0.022 和 0.019,当地居民和旅游者对景区的发展持支持和满意态度。但景区社会治安的总权重为 0.01,相对较低,这说明景区的安全保护政策还不太完善。因此,景区应该加强治安管理和交通管理,提高游客满意度和居民认同感。

4 可持续发展对策

经计算,青秀山旅游可持续发展评价的综合得分为 82.22(表 7),处于旅游可持续基本发展阶段。其中,旅游资源可持续性(86.76)>旅游环境可持续性(84.5)>旅游经济可持续性(79.6)>旅游社会可持续性(77.9),青秀山旅游资源和环境发展处于可持续发展基本阶段,旅游经济和社会发展处于可持续初步发展阶段,结合表 6 各指标权重指数,提出青秀山可持续发展对策:

表 7 青秀山旅游可持续发展综合评价结果

Tab. 7 Comprehensive evaluation results of tourism sustainable development in Qingxiu Mountain %

评价因素	旅游资源可持续性	旅游环境可持续性	旅游经济可持续性	旅游社会可持续性	综合评价结果
2018 年得分	86.76	84.5	79.6	77.9	82.22

1)立足发展定位,提升景区旅游价值

青秀山旅游资源可持续发展权重最高,为 0.54。其中,休闲观赏价值最高(0.65),其次是科学教育价值(0.23),最后是历史文化价值(0.12)。景区应紧抓自然资源优势,站在美学角度,深入挖掘资源特色,为游客提供舒适宜人的旅游环境,开展研学旅游活动,巩固学生市场。要将观光旅游与文化旅游结合起来,拓展游客渠道。青秀山景区的适游期比较长,这是其他“季节性景区”无法比拟的优势,在我国北方,尤其是东北三省,旅游发展具有一定的限制,有些旅游资源只能在某一个季节出现,如哈尔滨冰雕、吉林雾凇等胜观,游客只有在冬天才能看到,旅游发展具有季节性的限制。青秀山气候宜人,有利于景区游客稳定发展。例如,可以根据不同的花历开展活动,一月份盛开的三角梅、七月份盛开的睡莲等,除了举办观赏三角梅活动之外,还可以开展三角梅、睡莲摄影大赛,三角梅、睡莲知识竞赛,吸引游人注意,并让人们在竞赛的同时增长植物知识。

2)注重环境保护,完善景区生态发展

青秀山旅游环境可持续发展的权重为 0.23。其中,森林覆盖率权重最高(0.41),其次是生物丰富度(0.28),环境保护程度(0.19),最后是水体及噪声污染指数(0.12)。青秀山旅游发展要以保护生态环境为主体,确保树种种植率和存活率,重视生物多样性,加大废气、废水和废物等的处理力度,尤其重视水体及噪声污染给当地居民及游客带来的不便,改造建筑材料,尽量使用防噪音结构,提高水资源利用率,合理规划水环境。

景区自然植被和野生动植物的保护是当下可持续发展的关键,生态环境的完整性就是生物多样性和植被的完整性。景区管理部门要重视对地貌的保护,禁止乱砍滥伐,乱挖乱采,在旅游旺季的时候,要根据景区的游客承载量实行灵活门票制度,促进二氧化碳和氧气之间的协调,为植被的生态生长提供良好的条件。当地部门要对景区废水、废气以及固体废弃物进行严格的控制,提高循环利用率,生态处理。加强噪音处理,必要时采取“生态隔离”,尽可能保证景区环境。

3)遵循发展规律,丰富景区旅游产品

青秀山旅游经济可持续发展的权重为 0.13。其中,旅游总收入占 GDP 比重最高(0.41),其次是旅游商品销售占旅游总收入的比重(0.29),餐饮业收入占旅游总收入的比重(0.19),最后是酒店客房收入占旅游总收入的比重(0.11)。这说明旅游商品、餐饮业在青秀山旅游收入中的贡献较大,而酒店客房的收入贡献相对较小,这与景区门票价格较低有一定的关系。低价格的门票吸引更多的旅游者,而旅游者大多来自南宁本地,对住宿的需求不大,游客在景区内的消费主要以餐饮为主。因此,青秀山应扩大旅游产业链,加强宣传,吸引周边省市游客,增加夜游项目,完善旅游要素发展。

开展夜游产品项目是延长游客游玩时间最有效最直接的办法,目前景区新增的“灯展”活动大大延长了游客的景区逗留时间,也吸引了不少夜游游客,不仅增加了旅游消费,还在一定程度上增加了对酒店客房的消费。因此,青秀山应该在完善固有旅游模式的基础上,丰富旅游产品,延长产业链,提高附

加值。

4)加强社区交流,保证利益方满意度

青秀山旅游可持续发展的权重为 0.09。其中,权重最大的是交通通讯水平(0.44),其次是旅游地居民对旅游的态度(0.24),旅游者满意程度(0.21),最后是景区社会治安(0.11)。一个景区的交通便利程度直接关系着景区的可进入性,与实际结果相同,游客对交通的需求比较大,因此要巩固景区内部交通的衔接;交通管理是永久话题,要时刻加强交通管理,提高景区内外交通通行质量。另外,还需要处理好社区居民与游客、景区等利益方的关系,坚持公平公正原则,保证利益分配公平。提高景区安全性,各园区设置专门的管理人员,充分保障游客安全,加强景区治安管理,健全治安管理制度,以提高游客和居民的安全感。

参考文献:

[1] HARDY A L,BEETON R J. Sustainable Tourism as Maintainable Tourism:Managing Resources for More Than Average Outcomes[J]. Journal of Sustainable Tourism,2001,9(3):168-192.

[2] NORTHEOTE J,MACBETH J. Conceptualizing Yield Sustainable Tourism Management[J]. Annals of Tourism Research,2006,33(1):199-220.

[3] 刘焕庆,吴健. 全域旅游背景下的延边州乡村旅游可持续发展研究[J]. 东疆学刊,2017,34(1):101-105.

[4] 陶伟. 中国"世界遗产"的可持续旅游发展研究[J]. 旅游学刊,2000(5):35-41.

[5] 王兴中. 中国旅游资源开发模式与旅游区域可持续发展理念[J]. 地理科学,1997(3):27-32.

[6] 罗艳玲. 河南省生态旅游资源开发潜力评价及可持续发展策略[J]. 中国农业资源与区划,2016,37(9):40-47.

[7] 李博,秦欢,余建辉,等. 中国省域旅游资源竞争力评价及其格局演变[J]. 经济地理,2019,39(9):232-240.

[8] 尹晶萍. 基于层次分析法的黑瞎子岛国家级湿地公园生态旅游资源评价[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2017,37(5):147-151.

[9] 沈守云,李伟进,范亚民,等. 南宁青秀山绿地绿量评价[J]. 中南林学院学报,2003(5):88-91.

[10] 徐丹,廖秋林. 南宁青秀山风景名胜区竞争力评价研究[J]. 现代园艺,2012(6):6-7.

[11] 刘勇,韩泰凡,曲新谱,等. 基于层次分析法的绵山旅游资源评价与可持续发展对策[J]. 经济地理,2006(2):346-348,352.

[12] 李启军. 青秀山:多样统一美——广西森林审美漫谈之四[J]. 广西林业,2013(11):28-31.

[13] 陈实,任姝慧,温秀,等. 基于层次分析法的旅游景区管理水平测度——以西安大唐芙蓉园景区为例[J]. 旅游学刊,2007(12):40-44.

[14] 董培海,李伟. 旅游资源开发潜力评价方法及其指标体系构建问题初探[J]. 旅游论坛,2011,4(5):22-28.

[15] 袁宁,黄纳,张龙,等. 基于层次分析法的古村落旅游资源评价——以世界遗产地西递、宏村为例[J]. 资源开发与市场,2012,28(2):179-181.

[16] 刘勇,韩泰凡,曲新谱,等. 基于层次分析法的绵山旅游资源评价与可持续发展对策[J]. 经济地理,2006(2):346-348,352.

[17] 王永昌,杨仁斌,李林. 基于层次分析法的壶瓶山森林旅游资源评价与可持续发展对策[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2009,35(6):689-693.

[18] 曹园园,孙晓. 基于层次分析法的郑州市环城游憩带旅游资源评价[J]. 河南大学学报(自然科学版),2008(5):497-501.

[19] 徐明姣,韦钰,林融. 中国—东盟海岸带资源的可持续利用与管理[J]. 广西师范学院学报(自然科学版),2017,34(3):114-119.

[20] 万龙,陈池波. 温泉旅游产业可持续发展评价指标体系构建[J]. 统计与决策,2018,34(9):62-65.

[21] 汪芳,郝小斐. 基于层次分析法的乡村旅游地社区参与状况评价——以北京市平谷区黄松峪乡雕窝村为例[J]. 旅游学刊,2008(8):52-57.

[22] 吴净. 旅游可持续发展的指标体系构建及其评价——以青岛为例的实证研究[J]. 经济问题探索,2013(10):64-70.

[23] 韦忠娟. 广西乡村旅游如何在"火爆"中实现可持续发展探研[J]. 广西师范学院学报(哲学社会科学版),2014,35(1):43-47.

[24] 刘亚萍,尚丽娜,刘元,等. 基于 ITCM 的青秀山风景区游憩价值评价[J]. 旅游纵览(行业版),2011(3):116-117,119.

[25] 黄小平,毕燕,甘永萍. 建立 ISO 管理体系对旅游区可持续发展的影响——以南宁市青秀山风景名胜区为例[J]. 广西师范学院学报(自然科学版),2012,29(3):92-96.

责任编辑:刘平书

校　　对:邓　砚　刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.033

湖南夹山国家森林公园鸟类群落结构与物种多样性研究

康祖杰[1],贺春容[1],康艺馨[2],张志强[2]
(1.湖南壶瓶山国家级自然保护区管理局,湖南 石门 415319;
2.中南林业科技大学野生动植物保护研究所,湖南 长沙 410004)

摘要:采用样带法逐月对湖南夹山国家森林公园鸟类群落进行调查。结果显示:调查共记录到鸟类161种,隶属14目46科,其中以森林鸟类占优势(127种),17种鸟类属国家二级重点保护野生动物;鸟类居留型中留鸟、夏候鸟、冬候鸟和旅鸟分别占总种数的61.49%、19.25%、14.29%和4.97%;鸟类区系以东洋界物种占优势(61.49%),并兼有过渡性特征;鸟类多样性指数、均匀度指数和优势度指数均表现为春季最高,夏季次之,冬季最低;春季与秋季鸟类群落相似性系数最大,夏季与冬季最小;不同生境鸟类多样性指数为森林>农田>集镇,均匀度指数为农田>森林>集镇,优势度指数为森林>农田>集镇;森林和农田鸟类群落相似性系数最大,森林与集镇相似性系数最小。结果表明,湖南夹山国家森林公园鸟类群落物种多样性较高,具有典型的森林鸟类群落和明显的季节性特征。

关键词:鸟类群落结构;优势种;物种多样性;相似性系数;季节性变化;湖南夹山国家森林公园

中图分类号:S759.91;S718.63;Q16 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0184-07

引文格式:康祖杰,贺春容,康艺馨,等. 湖南夹山国家森林公园鸟类群落结构与物种多样性研究[J]. 林业调查规划,2021,46(3):184-190,196. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.033

KANG Zujie,HE Chunrong,KANG YiXin,et al. Avian Community Structure and Species Diversity in Jiashan National Forest Park of Hunan Province[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):184-190,196. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.03.033

Avian Community Structure and Species Diversity in Jiashan National Forest Park of Hunan Province

KANG Zujie[1], HE Chunrong[1], KANG YiXin[2], ZHANG ZhiQiang[2]
(1. Management Bureau of Hunan Hupingshan National Nature Reserve, Shimen, Hunan 415319, China;
2. Institute of Wildlife Conservation, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: The avian community of Jiashan National Forest Park in Hunan Province was investigated monthly by sample line method. The results showed that 161 species of birds were recorded, belonging to 46 families and 14 orders, dominated by forest birds (127 species), and 17 species listed as the second-grade national protected wildlife; among the avian community, residents, summer migrants, winter migrants and passengers accounted for 61.49%、19.25%、14.29% and 4.97% of the total species respectively; the fauna was dominated by Oriental species (61.49%) and had the transitional characteristics;

收稿日期:2020-09-02.
基金项目:生物多样性观测(鸟类)项目(2019021)和中央林业改革发展资金(2019237)资助.
第一作者:康祖杰(1969-),男,湖南石门人,正高级工程师. 主要从事野生动植物保护与自然保护管理. Email:hpskzj@126.com
责任作者:张志强(1981-),男,河北任丘人,博士,讲师. Email:csfuzzq@126.com

all of avian diversity index, evenness index and dominance index were the highest in spring, followed by summer and the lowest in winter; the similarity coefficient of avian community was the largest in spring and autumn, and the smallest in summer and winter; the avian diversity index in different habitats was forest>farmland>market town, while the evenness index was farmland>forest>market town, and the dominance index was forest>farmland>market town; the avian community similarity coefficient between forest and farmland was the largest, but that between forest and market town was the smallest. The results indicated that avian species diversity was high with typical forest avian community and obvious seasonal characteristics in Jiashan National Forest Park.

Key words: avian community; dominant species; species diversity; similarity coefficient; seasonal variation; Jiashan National Forest Park of Hunan

国家森林公园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[1]。国内学者早期对森林公园研究较多的是林业产业等经济效益,后期逐步关注森林公园生态系统服务功能评估、森林资源价值评估、生态文化、时空演变及其影响等[2-5]。随着我国生态保护工作的深入推进,国家森林公园生物多样性研究逐步得到重视[6-9],森林公园鸟类研究得到迅速发展[10-14]。近年来,鸟类繁殖、种群间关系、群落形成过程、栖息地选择机制与进化趋势等逐步成为森林公园鸟类生态学研究的重要领域[15-18],研究结果表明,鸟类在维护森林生态安全中具有至关重要的作用。另外,鸟类还具有重要的观赏价值,森林公园鸟类资源非常丰富,是进行观鸟旅游、科普和科研的重要基地,这对经济、社会、环境保护等具有重要意义[19-21]。夹山国家森林公园位于湖南省石门县,迄今为止尚未见有关其鸟类资源的研究报道。因此,于 2014 年 8 月—2016 年 7 月和 2018 年 3 月—2019 年 2 月,逐月对夹山国家森林公园鸟类群落结构及多样性进行研究,掌握其鸟类资源现状,为其资源管理提出合理化建议,并为其他森林公园鸟类资源和栖息地保护提供理论依据。

1 自然环境概况

湖南夹山国家森林公园(以下简称“公园”)位于湖南省石门县城东南 8 km 处,地理坐标为 110°27′~111°30′ E,29°33′~29°34 N。1993 年被原林业部批准为国家森林公园,规划区面积为 1 530 hm^2。2014 年被评为“中国 AAAA 级旅游区”。公园内海拔最高为 401.8 m,最低为 56.7 m,相对高差 345.1 m,整个山脉由东向西逐渐升高,地势波状起伏,形成峰谷相间的低山丘陵地貌,东西长 15.37 km,南北宽 3.6 km。

公园属中亚热带向北亚热带过渡的季风湿润气候,年均温 16.7 ℃,一月均温 4.9 ℃,七月均温 28.5 ℃,极端最高温 40.9 ℃,极端最低温-13 ℃,年降雨量 1 367.1 mm,年均日照时数 1 656 h,无霜期 281 d。公园以大陆气候为主,兼有湿润的滨湖气候和潮湿的山地气候特征,四季分明,热量充足,雨水集中,冬暖夏凉,春秋温和。公园植被丰富,森林覆盖率 96%以上,植被属中亚热带常绿阔叶林北部亚地带,主要为天然针阔混交林和人工栽植的杉木林,还有少部分经济林。据石门县林业局林调队考察,公园内有木本植物 65 科 204 种,乔木层树种主要有杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、樟(*Cinnamomum camphora*)、檫木(*Sassafras tzumu*)等;灌木层主要树种有杜鹃(*Rhododendron simsii*)、油茶(*Camellia oleifera*)、檵木(*Loropetalum chinense*)等;草本层植物主要有五节芒(*Miscanthus floridulus*)、蕨(*Pteridium aquilinum*)、铁芒萁(*Dicranopteris linearis*)等,园内植物景观较为丰富。

2 研究方法

2.1 调查方法

主要采用样带法调查,根据公园内鸟类的不同生境类型共设置 5 条调查样带,包括:JS01 四字垭口—壁直垭(森林)3.3 km、JS02 楠木湾—三叉路(森林)3.2 km、JS03 夹山寺—夹山集镇(村落)1.7 km、JS04 碧岩泉—水库(农田)2.1 km、JS05 花海—土牛湾(农田)2.6 km(图 1)。

调查季节划分:3—5 月为春季、6—8 月为夏季、9—11 月为秋季、12—翌年 2 月为冬季。调查多选择晴朗的天气进行,每条样线每月调查一次,时段一般在 6:00—10:00 am。步行调查,平均速度为 1.5

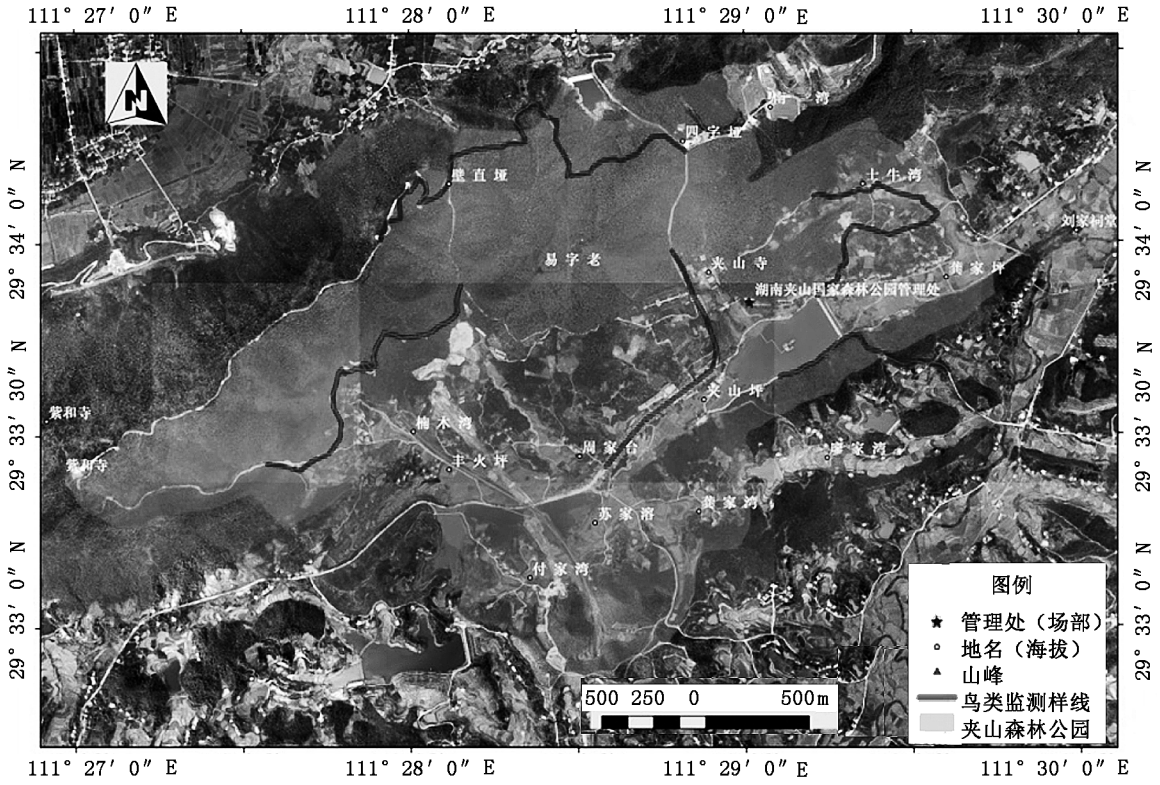


图 1 湖南夹山国家森林公园鸟类调查样线分布

Fig. 1 Distribution of avian sample lines in Jiashan National Forest Park of Hunan

km/h，一般 2 人一组，1 人观察，1 人记录，使用双筒望远镜（蔡司 8×30、尼康 8×42）观察辨认鸟类物种，记录样带两侧鸟类的种类、数量、距样带中心线的水平距离和生境；并使用 GPS（Garmin 60CSX）记录样带长度、样带起点和终点的经纬度及海拔高度等信息。对于现场难以鉴定的物种使用录音笔（索尼 ICD-SI813）录取鸟类鸣声，用照相机（尼康 D800+400 mm 长焦距镜头）拍摄鸟类与生境照片，以供内业整理时参照相关资料进行核实。

2.2 数据分析

鸟类优势种分析采用频率指数估计法，以各种鸟类遇见的百分率 R 与每天遇见数 B 的乘积 r（RB）作为指数，进行鸟类数量等级的划分。具体算法：$R=100\ d/D$，$B=S/D$，$r=\mathrm{RB}$，其中 d 为遇见鸟类的天数，D 为工作的总天数，S 为遇见鸟类的总数量。RB 指数在 500 以上为优势种，50～500 为常见种，50 以下为稀有种[22]。

鸟类群落的物种多样性分析采用 Simposon 多样性指数：$D_s=1-\sum_{i=1}^{s}P_i^2$；Shannon-Wiener 多样性指数：$H=-\sum P_i\ln(P_i)$；Pielou 均匀性指数：$J=H/\ln S$。上述各式中，$S$ 为该群落中物种数，P_i 为第 i 种个体占总个体数的比例，H 为物种多样性指数[23]。

Jaccard 相似性系数 $C_s=2j/(a+b)$，其中：j 为两种群落共有物种数，a、b 分别为群落 A、B 的物种数。C_s 为 1.00～0.75，群落组成成分极其相似；C_s 为 0.75～0.50，中等相似；C_s 为 0.50～0.25，中等不相似；C_s 为 0.25～0，极不相似[24]。

鸟类分类系统参照《中国鸟类分类与分布名录》[25]。调查中涉及到鸟类鉴定主要依据《中国鸟类野外手册》《中国鸟类生态大图鉴》《湖南省动物志·鸟纲（雀形目）》《壶瓶山鸟类图鉴》[26-29]，鸟类的分布型根据《中国动物地理》来划分[30]。

3 结果分析

3.1 物种组成、区系及居留型

根据实地样带调查，共计拍摄照片 8 160 多张，录取鸟类鸣声 1 630 多条，记录鸟类 17 400 只，经分类鉴定为 161 种，隶属于 14 目 46 科。其中，雀形目 30 科 111 种，占总物种数的 68.94%；非雀形目鸟类 15 科 50 种，占 31.06%，以鹰形目鸟类最多，有 11 种，占 6.83%，鹃形目和啄木鸟目次之，

均为 7 种,占 4.35%,其它各目均少于 5 种。以科统计,物种数最多的为鹟科,有 17 种,占 10.56%,鹰科和莺科次之,均有 11 种,各占 6.83%,其它各科均少于 10 种。可见,雀形目鸟类在该公园鸟类群落种类组成中占主要地位,体现了森林公园鸟类群落的种类组成特点。

调查到的 161 种鸟类中有 17 种属国家重点保护野生动物,均为国家二级重点保护鸟类(占调查鸟类总种数的 10.56%),分别为红腹锦鸡(*Chrysolophus pictus*)、褐翅鸦鹃(*Centropus sinensis*)、小鸦鹃(*Centropus toulou*)、凤头蜂鹰(*Pernis ptilorhyncus*)、黑冠鹃隼(*Aviceda leuphotes*)、蛇雕(*Spilornis cheela*)、凤头鹰(*Accipiter trivirgatus*)、赤腹鹰(*Accipiter soloensis*)、松雀鹰(*Accipiter virgatus*)、雀鹰(*Accipiter nisus*)、鹊鹞(*Circus melanoleucos*)、黑鸢(*Milvus migrans*)、灰脸鵟鹰(*Butastur indicus*)、普通鵟(*Buteo buteo*)、斑头鸺鹠(*Glaucidium cuculoides*)、燕隼(*Falco subbuteo*)和游隼(*Falco peregrinus*);有 113 种属国家保护的有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物(占 70.19%);有 75 种属湖南省重点保护野生动物鸟类(占 46.58%);有 3 种属中国特有种(占 1.86%),分别为灰胸竹鸡(*Bambusicola thoracicus*)、黄腹山雀(*Parus venustulus*)和蓝鸦(*Latoucheornis siemsseni*);被列入《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录的鸟类有 5 种(占 3.11%);被列入《中国脊椎动物红色名录》近危鸟类有 11 种(占 6.83%),易危鸟类有 1 种(占 0.62%)[31];被列入中日和中澳候鸟保护协定的鸟类分别有 37 种(占 22.98%)、7 种(占 4.34%)。

在动物地理区划上,公园所在区域属于东洋界、华中区、东部丘陵平原亚区[30]。按区系类型划分,本次调查记录到的东洋界鸟类最多,共有 99 种,占总物种数的 61.49%,如棕头鸦雀(*Paradoxornis webbianus*)、棕颈钩嘴鹛(*Pomatorhinus ruficollis*)、白颊噪鹛(*Garrulax sannio*);古北界鸟类有 50 种,占 31.06%,如燕雀(*Fringilla montifringilla*)、斑鸫(*Turdus naumanni*)、黄腰柳莺(*Phylloscopus proregulus*);广布种鸟类有 12 种,占 7.45%,如喜鹊(*Pica pica*)、珠颈斑鸠(*Streptopelia chinensis*)等。可见,公园鸟类群落区系组成以东洋界为主,与其所属动物地理区划相符,但同时兼有向西部山地高原亚区过渡的特征。

按居留类型划分,留鸟 99 种,占总物种数的 61.49%;夏候鸟 31 种,占 19.25%;冬候鸟 23 种,占 14.29%;旅鸟 8 种,占 4.97%。

3.2 不同季节鸟类群落结构与物种多样性

根据不同季节记录,鸟类物种数为春季>秋季>夏季>冬季;鸟类数量为春季>秋季>冬季>夏季(表 1)。

表 1　湖南夹山国家森林公园不同季节鸟类群落结构与物种多样性统计

Tab. 1　Statistics of avian community structure and species diversity of Jiashan National Forest Park in different seasons

统计指标	春季	夏季	秋季	冬季
种数/种	130	98	104	88
个体数/只	4899	3988	4486	4026
优势种/种	4	4	7	3
常见种/种	47	36	35	36
稀有种/种	79	58	62	49
多样性指数	3.928	3.685	3.642	3.504
均匀度指数	0.462	0.445	0.433	0.422
优势度指数	0.971	0.964	0.961	0.952

在各月记录的鸟类物种数,以 5 月最多(97 种),12 月最少(61 种);在各月记录的鸟类数量,以 3 月最多(1 791 只),8 月最少(1 152 只)(图 2)。

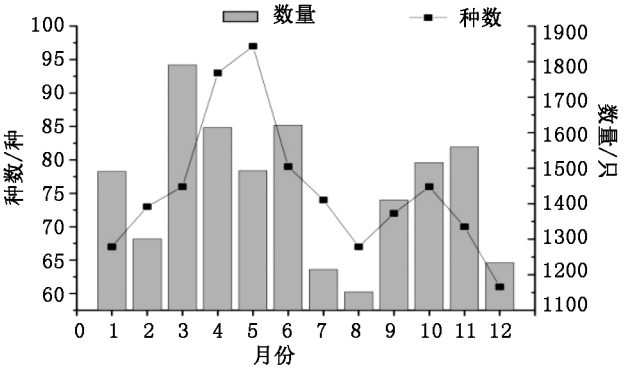


图 2　湖南夹山国家森林公园不同月份鸟类个体数量与物种总数

Fig. 2　Number of individual birds and total species of Jiashan National Forest Park in different months

根据鸟类的遇见率,就全年而言,夹山森林公园鸟类群落优势种共有 18 种,即大山雀(*Parus major*)、白头鹎(*Pycnonotus sinensis*)、黄腹山雀、白颊噪鹛、丝光椋鸟(*Spodiopsar sericeus*)、棕头鸦雀、红嘴蓝

鹊(*Urocissa erythroryncha*)、暗绿绣眼鸟(*Zosterops japonicus*)、喜鹊、黑脸噪鹛(*Garrulax perspicillatus*)、灰眶雀鹛(*Alcippe morrisonia*)、乌鸫(*Turdus mandarinus*)、麻雀(*Passer montanus*)、画眉(*Garrulax canorus*)、金翅雀(*Chloris sinica*)、领雀嘴鹎(*Spizixos semitorques*)、绿翅短脚鹎(*Ixos mcclellandii*)、红头长尾山雀(*Aegithalos concinnus*)、强脚树莺(*Horornis fortipes*)、金腰燕(*Cecropis daurica*)、红头穗鹛(*Cyanoderma ruficeps*)、珠颈斑鸠、白鹡鸰(*Motacilla alba*)、棕颈钩嘴鹛、灰头鸦雀(*Psittiparus gularis*)、松鸦(*Garrulus glandarius*)、栗耳凤鹛(*Yuhina castaniceps*)、小鳽鹬(*Tachybaptus ruficollis*)等;常见种有 49 种,如灰眶雀鹛、乌鸫、麻雀、画眉、绿翅短脚鹎等;稀有种有 83 种,如雀鹰、白颈鸦、黑领噪鹛(*Garrulax pectoralis*)、灰翅鸫(*Turdus boulboul*)等。不同季节鸟类群落中的优势种、常见种、稀有种不同,其中优势种以秋季最多,为 7 种,即黄腹山雀、白头鹎、大山雀、暗绿绣眼鸟、白颊噪鹛、红嘴蓝鹊、棕头鸦雀;春季和夏季次之,为 4 种,分别为大山雀、黄腹山雀、白头鹎、白颊噪鹛和大山雀、丝光椋鸟、白头鹎、白颊噪鹛;冬季最少,为 3 种,即黄腹山雀、白头鹎、大山雀。

不同季节鸟类群落多样性指数从高至低依次为春季>夏季>秋季>冬季,春季最高(3.927 6),冬季最低(3.503 6)。均匀度指数依次为春季>夏季>秋季>冬季,春季最高(0.462 2),冬季最低(0.422 1)。优势度指数为春季>夏季>秋季>冬季,春季最高(0.970 8),夏季和秋季相差不大。可见,多样性指数、均匀度指数和优势度指数春季均最高,冬季最低。

3.3 不同生境鸟类群落结构与物种多样性

不同生境鸟类物种数与数量排序均为森林>农田>集镇。根据不同生境鸟类的遇见率,不同生境优势种共有 15 种,其中森林中鸟类优势种有棕头鸦雀、灰眶雀鹛、暗绿绣眼鸟、画眉、白头鹎、绿翅短脚鹎、大山雀、黄腹山雀、红头长尾山雀、强脚树莺、金翅雀、灰头鸦雀、领雀嘴鹎、红嘴蓝鹊、白颊噪鹛等 15 种;农田中鸟类优势种有白头鹎、黄腹山雀、大山雀、红嘴蓝鹊、白颊噪鹛、黑脸噪鹛、喜鹊、乌鸫、丝光椋鸟等 9 种;集镇中鸟类优势种有白头鹎、丝光椋鸟、麻雀、大山雀等 4 种(表 2)。

由表 2 可知,不同生境鸟类多样性指数从高至低依次为森林>农田>集镇;均匀度指数依次为农田>森林>集镇;优势度指数依次为森林>农田>集镇。结果表明,森林中鸟类多样性较高,意味着群落物种间的相互关系更为复杂,鸟类群落更为稳定。

表 2 湖南夹山国家森林公园不同生境鸟类群落结构与物种多样性统计

Tab. 2 Statistics of avian community structure and species diversity of Jiashan National Forest Park in different habitats

统计指标	森林	农田	集镇
物种数/种	127	107	81
个体数/只	9057	5823	2520
优势种/种	15	9	4
常见种/种	38	38	15
稀有种/种	72	77	63
多样性指数	3.701	3.594	3.181
均匀度指数	0.407	0.415	0.406
优势度指数	0.963	0.959	0.933

3.4 鸟类群落间相似性

根据不同季节鸟类群落间的相似性系数测算,两两季节间鸟类群落属中度相似的分别为:春季与秋季(0.607)、秋季与冬季(0.600)、春季与夏季(0.576)、夏季与秋季(0.530)、春季与冬季(0.528),而夏季与冬季相似性系数最小(0.442),属于中度不相似。根据不同生境鸟类群落间的相似性系数测算,两两生境间鸟类群落属中度相似的分别为:森林与农田(0.586)、集镇与农田(0.530)、森林与集镇(0.515)。

4 讨论与建议

4.1 森林鸟类群落特征

一个地区的鸟类和数量已成为评价其生态环境质量的重要指标[32]。夹山国家森林公园地处武陵山脉东段,属于我国鸟类多样性热点区域之一,历来受到众多鸟类学者的关注。开展该区域鸟类群落及物种多样性研究工作,有利于填补武陵山脉鸟类资源调查空缺,促进当地鸟类保护工作。从鸟类群落组成分析,夹山国家森林公园共记录到鸟类 161 种,鸟类物种多样性较高,森林鸟类占明显优势(占总物种数的 78.88%),以雀形目鸟类为主,喜居森林的优势种有大山雀、黄腹山雀、灰眶雀鹛、暗绿绣眼鸟、画眉、绿翅短脚鹎、灰头鸦雀、红头长尾山雀等 15 种,表明夹山森林公园鸟类群落具有典型的森林

生态系统群落特征。森林鸟类对于维护森林生态系统平衡与健康具有至关重要的作用[12,37],尤其是猛禽与食虫鸟类,其在夹山国家森林公园资源较为丰富,说明该地区森林生态系统平衡维持得很好,鸟类资源保护价值较高。

4.2 鸟类群落组成季节性变化

季节性变化是生物多样性在时间尺度上的基本变化之一,对于全面认识生物群落结构具有重要意义[34]。夹山国家森林公园位于我国中部鸟类迁徙通道,春季处于鸟类迁徙期,迁入和过境鸟类抵达该地区,加上春季后期(5 月下旬)部分繁殖鸟类已孵化出幼鸟,所以记录鸟类种类和数量均最多。秋季也因候鸟再次迁入和当年繁殖鸟的加入,鸟类种类和数量均大幅度增加,因此春季与秋季相似性系数最大。夏季因进入公园登山、旅游和敬香等人为活动增多,对部分鸟类取食、筑巢和繁殖等具有较大影响,限制了鸟类的活动空间,且夏季鸟类进入孵卵和育雏期,求偶现象减弱或停止,加上夏季林木郁闭度增加,鸟类不易被发现,故夏季记录鸟类数量最少。冬季公园内植被景观多样性降低,食物来源减少,但有部分集群性冬候鸟迁入,如燕雀、树鹨(*Anthus hodgsoni*)、小鸦等,因此记录鸟类种类最少但数量相对较多。这说明鸟类迁徙和人为活动是影响该地区鸟类种类和数量季节性变化的主要因素。

4.3 鸟类多样性影响因子

自然因子对生物多样性和群落结构格局有着极大的影响,其生境异质性较高,带来了食物和栖息地多样化,导致鸟类多样性和丰富度高[35-36]。夹山国家森林公园生境以森林为主,兼有灌丛、农田、人工湖泊、居民区、寺院、溪流等,为鸟类繁殖、觅食和隐藏提供了良好条件,鸟类多样性相对较高。春季公园中的森林植被空间组成多样,加上处于候鸟迁徙期鸟类活跃,故春季鸟类多样性指数、均匀度和优势度指数出现高峰。冬季由于生境单一,植被景观多样性减少,夏候鸟迁走,故冬季鸟类多样性指数、均匀度和丰富度指数均最低。由于夹山国家森林公园地处丘陵地区,林农交错,森林为鸟类提供了良好的隐蔽、取食、筑巢场所,对鸟类起到保护作用,因此,森林多样性指数和优势度指数最高,均匀性指数较农田相对较低。因林农交错产生的“边缘效应”作用[24],农田均匀度最高,多样性指数和优势度指数次之。集镇生境单一,人为活动相对较多,城镇化建设对鸟类多样性产生了较大影响,因此集镇鸟类多样性指数、均匀度和优势度指数均最低。这说明生境多样性、季节变化及候鸟迁徙是影响该公园鸟类多样性变化的主要因素,这与 Stein 的观念即“物种丰富度与环境异质性之间呈显著关系”是相一致的[37]。

4.4 干扰因素

夹山国家森林公园以十九峰山为主体,通过加强生态保护,森林资源得到很好保护,对于维持本地区生物多样性具有重要意义,但随着国家生态文明建设的深入推进,公园在科学建设与管理,尤其是鸟类生存空间保护方面仍存在一些较为突出的干扰因素。如公园 4A 级景区创成以后,旅游产业得到较好发展,园内及周边农家乐和家庭旅馆不断兴起,目前发展近 30 多家,加上夹山寺位于公园内,每天前来旅游、敬香和食宿的人员倍增,平均每天入园人数约 1 000 人次,游客大声喧哗或追赶,影响繁殖鸟类的亲鸟行为,缩短取食时间,影响鸟的繁殖力,阻碍鸟类在空间尺度上的运动。同时,由于公园周边居住着大量的居民随意进入园区采伐林木和捡拾林下渣草等人为干扰活动导致鸟类栖息地质量下降,影响了鸟类的生息繁衍。另外,目前公园开展的生态旅游主要是登山、观景、赏花等内容,观鸟旅游仍处于空白,园区生物资源本底不太清楚,科研监测工作尚未开展,宣传教育重旅游轻保护,这些均应加以规范管理。

4.5 建设与管理建议

为更好地保护夹山国家森林公园生物多样性,建议采取以下措施:(1)开展生物资源本底调查,弄清公园生物多样性现状,为后期保护管理决策提供科学依据,促进公园建设与管理健康有序发展。(2)加强对森林公园内的野生动植物栖息地保护,适度控制旅游入园人数,保护园区植被,严禁林木采伐和林下渣草清理等人为活动,降低人为活动干扰程度,为鸟类提供良好的生存空间。(3)加强栖息地改造,如夹山寺庙广场前的人工湖湿地,应栽植一些挺水植物,如芦苇(*Phragmites australis*),这样可以增加隐蔽性,更有利于黑水鸡(*Gallinula chloropus*)、红脚田鸡(*Zapornia akool*)、小鹍鹏等水鸟的栖息繁衍;改造局部区域的人工纯林,增加公园内小生境类型,使生境水平结构复杂化,提高森林公园的生态水平。(4)加强宣传教育,对入园的游客和当地社区居民开展保护动植物资源宣传教育,普及生物多样性保护知识,尝试性地开展观鸟旅游,吸引公众自觉加入观鸟、爱鸟、护鸟队伍中,降低其它旅游活动对自然生态的负面影响。(5)加强科研交流与合

作,把科研监测纳入公园管理的议事日程,制订科研监测计划,加强与科研机构和高校的合作,开展野生动植物资源监测等基础性科研活动,为管理决策提供科学依据,进一步提升公园资源管理与利用能力。

致谢:中南林业科技大学杨道德老师对论文进行了悉心指导和修改,研究生张冰和丁向运在论文写作过程中提出了宝贵的意见,湖南壶瓶山国家级自然保护区张延祥、唐甲和志愿者王爱迪同志参与了鸟类调查,壶瓶山镇林业站李子杰协助制作了鸟类调查样线分布图,在此一并致谢!

参考文献:

[1] 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.

[2] 林丽丽,董建文,刘兴诏,等. 森林公园生态系统服务功能评估综述[J]. 林业资源管理 ,2017(1):19-26.

[3] 杨云仙,杨建远,杨期勇. 江西省天花井国家森林公园森林资源价值评估分析[J]. 生态经济,2017,33(11):162-166.

[4] 党维华,侯雅萍. 太白山国家森林公园生态文化建设规划探讨[J]. 林业调查规划,2016 ,41(3):56-62.

[5] 郑茹敏,梅林,付占辉,等. 中国国家森林公园时空演变特征及其影响因素分析[J]. 资源与环境,2019,35(2):197-202.

[6] 李华兵,王德良. 湖南天门山国家森林公园夏季鸟类资源调查及其多样性分析[J]. 江西农业学报 ,2008,20(6):101-104.

[7] 姚金雨 ,许娜子,朱宁华,等. 张家界国家森林公园生物多样性监测与森林可持续旅游对策[J]. 中南林业科技大学学报,2011,31(3):192-196.

[8] 刘云,上官铁梁,李帅,等. 太岳山国家森林公园生物多样性现状及保护对策[J]. 环境与可持续发展,2012,(3):87-91.

[9] 刘松,段洁琼. 湖南排牙山国家森林公园两栖动物及爬行动物资源调查[J]. 湖南林业科技,2017,44(4):52-63.

[10] BRADLEY C A,ALTIZER S. Urbanization and the ecology of wildlife diseases[J]. Trends in Ecology & Evolution,2007,22(2):95-102.

[11] LEE D,KIM E,CHOI J,et al. The effects of development on forest-patch characteristics and bird diversity in Suji, South Korea[J]. Landscape and Ecological Engineering, 2010,6(2):171-179.

[12] 薄顺奇,唐思贤,王军馥,等. 浙江天童国家森林公园鸟类区系和群落特征[J] . 动物学杂志,2010,45(5):86-94.

[13] 邓娇,晏玉莹,张志强,等. 城市化对长沙市区城市公园繁殖期鸟类物种多样性的影响[J] . 生态学杂志,2014,33(7):1853-1859.

[14] 康祖杰,刘美斯,伍登云,等 . 常德河洑国家森林公园秋末冬初鸟类多样性初步研究[J]. 野生动物学报,2018,39(2):317-322.

[15] 丁平 . 中国鸟类生态学的发展与现状[J]. 动物学杂志,2002,37(3):71-78.

[16] 吕岩 . 浙江天童国家森林公园鸟类种间关系分析[D]. 上海:华东师范大学,2016.

[17] Thongsoulin Phutpasong(王正平). 鸟类多样性与栖息地类型之间的关系研究—以老挝 PKK 国家公园为例[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2019.

[18] GONZALEZ O. Trends in the Ecology and Evolution of Birds[J]. Trends in Ecology & Evolution,2019,39(10):879-880.

[19] 付蓉,王曼娜,杨鹏,等 . 洞庭湖观鸟旅游发展现状及对策[J]. 经济地理,2008,28(3):523 -526.

[20] 肖乾丽,杨建,BASNET D. 国内观鸟旅游研究综述[J]. 河北旅游职业学院学报,2019,24(1):33-38.

[21] LAZARICH M,RAMOS-GIL A,GONZÁLEZ-PÉREZ J L. Prehistoric Bird Watching in Southern Iberia? The Rock Art of Tajo de las Figuras Reconsidered[J]. Environmental Archaeology,2019,24(4):387-399.

[22] 盛和林,王歧山 . 脊椎动物学野外实习指导[M]. 北京:高等教育出版社,1987.

[23] 钱迎倩,马克平 . 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,1994.

[24] 孙儒泳 . 动物生态学原理[M]. 北京:北京师范大学出版社,2001.

[25] 郑光美 . 中国鸟类分类与分布名录[M]. 3 版 . 北京:科学出版社,2017.

[26] 约翰 · 马敬能,卡伦 · 菲利普斯 . 中国鸟类野外手册[M]. 何芬奇译 . 长沙:湖南教育出版社,2000.

[27] 郭冬生,张正旺 . 中国鸟类生态大图鉴[M] . 重庆:重庆大学出版社,2015.

[28] 邓学建,王斌,钟福生 . 湖南动物志 · 鸟纲雀形目[M]. 长沙:湖南科学技术出版社 ,2013.

[29] 康祖杰,张延祥,杨道德,等 . 壶瓶山鸟类图鉴[M]. 昆明:云南民族出版社,2018.

[30] 张荣祖 . 中国动物地理[M]. 北京:科学出版社,1999.

[31] 蒋志刚,江建平,王跃招,等 . 中国脊椎动物红色名录[J]. 生物多样性,2016,25(5):500-551.

[32] MÖRTBERG U M. Resident bird species in urban forest remnants:landscape and habitat perspectives[J]. Landscape Ecology,2001,16(3):193-203.

(下转第 196 页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 034

基于使用后评价 POE 的遗址公园研究

——以隋唐洛阳城国家遗址公园为例

张雯倩,王梦瑶,杨芳绒
(河南农业大学风景园林与艺术学院,河南 郑州 450000)

摘要:采用使用后评价(post occupancy evaluation,POE)方法,以隋唐洛阳城国家遗址公园为研究对象,选取具有代表性的研究项,以问卷调查和访谈的形式进行调研和信息反馈。通过使用者特征分析、因子分析、逐步回归分析提出隋唐洛阳城国家遗址公园的规划建议。其中以隋唐景观色彩、开花植物数量、园林小品、园路铺装、游览路线规划这 5 个研究项可以解释游客整体满意度的 57. 0% 变化原因,针对这 5 个研究项对应的 3 个因子分别提出植物景观、遗址文化展示和园路设计优化建议。

关键词:使用后评价;游客满意度;植物景观;遗址文化展示;园路设计;隋唐洛阳城国家遗址公园

中图分类号:S759. 91;N945. 16 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-3168(2021)03-0191-06

引文格式:张雯倩,王梦瑶,杨芳绒. 基于使用后评价 POE 的遗址公园研究——以隋唐国家遗址公园为例[J]. 林业调查规划,2021,46(3):191-196. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 034

ZHANG Wenqian, WANG Mengyao, YANG Fangrong. Post Occupancy Evaluation of Heritage Park——A Case Study of Suitang Luoyang National Heritage Park [J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(3): 191-196. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 034

Post Occupancy Evaluation of Heritage Park

——A Case Study of Suitang Luoyang National Heritage Park

ZHANG Wenqian, WANG Mengyao, YANG Fangrong
(College of Landscape Architecture and Art, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: The paper used the method of post occupancy evaluation (POE) to study the Suitang Luoyang National Heritage Park by selecting representative research items, and conducted investigation and information feedback in the form of questionnaire and interview. Through the analysis of user characteristics, factor analysis and stepwise regression analysis, the planning suggestions of Suitang Luoyang National Heritage Park were put forward. The five research items of landscape color, flowering plants, garden sketches, garden road pavement and tour route planning could explain 57. 0% of the total satisfaction of tourists. This paper put forward optimization suggestions for plant landscape, cultural display of site and optimization of garden road design for the three factors corresponding to these five research items.

收稿日期:2020-12-28.

基金项目:河南科技智库调研课题(HNKJZK-2020-01C);河南农业大学 2019 年高等教育科学研究立项课题(20190209).

第一作者:张雯倩(1994-),女,河南洛阳人,硕士研究生. 研究方向为风景园林规划设计. Email:522172566@ qq. com

责任作者:杨芳绒(1963-),女,河南灵宝人,教授,硕士生导师. 主要从事风景园林规划设计的教学与研究. Email:1140344807@ qq. com

Key words: post occupancy evaluation; tourist satisfaction; plant landscape; display of site culture; garden road design; Suitang Luoyang National Heritage Park

遗址公园承载着一个城市的历史变迁与文明发展,同时具有遗址保护、休闲娱乐、历史科普、美化环境的作用。我国对遗址公园设计的研究尚处于探索阶段,应用于其他类型公园的设计方法很难满足具有特殊文化资源的遗址公园的综合需求[1]。藉此,本研究采用使用后评价方法,以我国第一批国家遗址公园之一的隋唐洛阳城国家遗址公园为例展开调查研究。

1 隋唐洛阳城国家遗址公园概况

隋唐洛阳城国家遗址公园坐落于洛阳市定鼎路与中州路交汇处,占地 9.67 万m^2。1977 年考古工作者在定鼎路以东、唐宫路以南区域考古发掘时,发现了历史上记载的唐代神都宫城区[2]。2008 年 3 月至 2010 年 9 月对宫城中心区遗址进行了科学考古发掘工作。在这一区域,先后发掘清理出明堂和天堂遗址等。2012 年隋唐洛阳城遗址公园核心区建设完毕,于 2013 年 4 月正式开放,建成至今,已成为洛阳市的地标性公园,园中的天堂与明堂两座遗址保护建筑也成为洛阳市的地标建筑。因隋唐洛阳城应天门遗址、九州池遗址与核心区域天堂遗址、明堂遗址为分离状态,之间被定鼎北路与中州中路隔开,各自成园,分开收门票。且九州池遗址只建设了一期,面积较小;应天门遗址以博物馆的形式建设,室外空间为开放的广场。故此次使用后评价研究范围仅包含天堂遗址与明堂遗址所在的核心园区。也是对 8 年间使用状况的评价,同时可为以后设计和营建提供指导。

2 使用后评价研究方法的理论基础

POE(post occupancy evaluation)使用后评价研究法始于 20 世纪 60 年代的欧美地区,是在建筑建造和使用一段时间后,对建筑进行系统的严格评价过程,形成让设计更完善的良性反馈。20 世纪 70 年代该技术趋于成熟,80 年代后适用目标开始放大,并且适用于城市公共开放空间。POE 研究在国外运用较为成熟,已有了相关的专业和职业,但在我国一直处于初级阶段,仅用于部分学科的调查研究,无专门的学科和专门的行业进行 POE 的实施运用。故存在一些建设工程无一个良性的反馈机制,导致出现一些规划设计并不合理的情况[3]。

对隋唐洛阳城国家遗址公园进行 POE 研究,分析目前该公园建设的优劣势,结合使用者的问卷结果形成 POE 评价报告[4-7]。希望对公园的下一步建设起到良性的反馈,以期为同类型的遗址公园提供可参考的设计建议。

2.1 调查方法

以隋唐洛阳城国家遗址公园为调查地点,以来访游客为调查对象。在问卷调查与访谈的基础上进行数据收集[8-9]。经过 EXCEL 表格软件与 SPSSAU 在线数据统计分析软件计算分析。最终得出隋唐洛阳城国家遗址公园目前使用者的评价结果,并为同类型遗址公园进行优化指导。

2.2 问卷设计

问卷由两部分组成:第一部分是游客基本情况与行为特征;第二部分包括使用者对园区的各研究项进行评价。研究项的选择为公园管理方面、自然景观植物配置方面、可以体现遗址历史文化的展示方面、园路设计方面等。研究项目均采用李克特 5 分量表进行测量并分别打分[10],非常不满意、不满意、一般、满意、非常满意,分别为 1、2、3、4、5 分。

2.3 数据来源

为保证数据来源样本的有效性,在园区中各功能区分别随机发放问卷,当场填写当场收回。本次调研共传发问卷 380 份,回收有效问卷 355 份,有效率为 93.42%。

2.4 问卷信度及效度检验

在结束调研之后,使用 SPSSAU 对收集的问卷结果进行数据检验。分析 Cronbach α 系数,若此值高于 0.8,则说明信度高;若此值介于 0.7~0.8,则说明信度较好;若此值介于 0.6~0.7,则说明信度可接受;若此值小于 0.6,说明信度不佳。分析 KMO 值,若此值高于 0.8,则说明效度好;若此值介于 0.7~0.8,则说明效度较好;若此值介于 0.6~0.7,则说明效度一般;若此值小于 0.6,说明效度较差[11]。

检验结果,信度系数 α 值为 0.742,说明数据信度较好。从表 1 可知,KMO 值为 0.921,意味着数据具有高效度。

3 结果分析

3.1 样本分布

从第一部分问卷调查来看,样本的基本信息和行为特征如表 2 所示。

表 1　因子分析与效度分析

Tab. 1　Factor analysis and validity analysis

研究项	因子载荷系数				均值	共同度(公因子方差)
	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4		
门票价格				0.638	3.33	0.571
卫生环境				0.864	3.86	0.788
公共设施				0.667	3.83	0.639
开花植物数量		0.549			3.58	0.570
绿化面积		0.775			3.87	0.713
植物种类		0.768			3.77	0.768
植物色彩		0.797			3.77	0.771
古建筑风貌	0.632				4.13	0.601
园林小品	0.619				3.87	0.620
遗址科普氛围	0.759				3.83	0.742
隋唐文化景观	0.809				3.95	0.790
隋唐景观色彩	0.689				3.92	0.768
游览路线规划			0.799		3.73	0.779
标识系统			0.833		3.80	0.780
园路铺装			0.667		3.94	0.609
特征根值(旋转前)	7.179	1.359	1.095	0.875		-
方差解释率/%(旋转前)	47.860	9.060	7.302	5.831		-
累积方差解释率/%(旋转前)	47.860	56.920	64.222	70.053		-
特征根值(旋转后)	3.021	2.883	2.580	2.024		-
方差解释率/%(旋转后)	20.138	19.220	17.200	13.495		-
累积方差解释率/%(旋转后)	20.138	39.357	56.557	70.053		-
KMO 值			0.921			-
巴特球形值			2910.904			-
df			105			-
p 值			0			-

表 2　使用者基本信息与行为特征分析

Tab. 2　Analysis of user's basic information and behavior characteristics

调查项目	调查内容	占比/%
性别	男	49.01
	女	50.99
年龄/a	20 以下	30.14
	20~30	22.25
	30~40	23.10
	40~50	13.80
	50~60	5.63
	60 以上	5.07
停留时长	1 h 以内	7.61
	1~2 h	44.23
	2~3 h	32.39
	3 h 以上	15.77
游玩频率	仅 1 次	57.46
	每年 1~2 次	30.70
	每季度 1~2 次	5.92
	每月 1~2 次	5.92
主要目的	历史科普教育	43.10
	欣赏优美风景	32.68
	约会交友	1.69
	休闲娱乐	18.59
	其他	3.94
结伴方式	与家人一起	74.08
	自由结伴	14.37
	与同事一起	7.04
	独自一人	1.97
	其他	2.54
居住地	洛阳老城区	11.55
	洛阳市内(非老城区)	36.34
	河南省内(非洛阳市)	37.75
	河南省外	14.37
主要消费	纪念品	14.37
	饮料小吃	17.46
	古装摄影	5.92
	娱乐体验	14.65
	不消费	47.61
安全隐患	存在	12.39
	不存在	43.10
	不清楚	44.51

由表 2 可以看出,游客中男游客占比为 49.01%,女游客占比为 50.99%,比例基本持平。40 岁以下游客占比为 75.49%,说明青年人是游园的主力军。入园后有 44.23%的游客选择停留 1~2 h,32.39%的游客选择停留 2~3 h,得出此园的建议游玩时长为 2 h 左右。43.1%的游客来此园的主要

目的是历史科普教育,32.68%的游客是欣赏优美风景,说明本园的历史科普教育价值较高,且风景优美。74.08%的游客选择与家人一起出行来此,说明大部分游客是家庭组织出游。省外游客仅占14.37%,说明河南省游客较多。47.61%的游客表示入园后不消费,消费的游客中对饮料小吃类商品的消费较多。

3.2 因子特征分析

采用 SPSSAU 中的最大方差旋转法(varimax)提取因子[12]。从表 1 可知,各研究项的共同度值均大于 0.5,得到 4 个因子。因子 1 为遗址文化展示因子、因子 2 为植物景观因子、因子 3 为园路设计因子、因子 4 为管理服务因子。

根据李克特量表计算总体均值为 3.81,说明游客对隋唐洛阳城国家遗址公园比较满意[12],但仍抱有更高的期望。各因子评价得分均值为:遗址文化展示为 3.94 分、植物景观为 3.75 分、园路设计为 3.82 分、管理服务为 3.67 分。其中游客对遗址文化展示较为满意,管理服务方面还有提升空间。

管理服务因子中,门票得分最低,为 3.33 分。据现场访谈结果得知,部分全票游客则认为 120 元的门票价格过高,给门票打了较低的分数,但作为洛阳市本地拥有旅游年票的游客认为门票价格合理。

遗址文化展示因子中古建筑风貌均值最高,为 4.13 分,说明游客对园区内天堂、明堂遗址保护仿古建筑的样式与造型最为满意。在访谈中得知,部分无导游服务的游客会误以为遗址保护建筑为天堂、明堂的复原建筑,所以认为建筑有现代化痕迹,不符合历史,对于这一问题应该做出进一步指引与标识。大部分游客认为园中遗址保护建筑作为保护遗址的外壳,不仅展示了隋唐时期经济的繁荣,而且在造型上契合了盛唐时期的建筑。

3.3 逐步回归分析

逐步回归分析的实施过程是每一步都要对已引入回归方程的变量计算其偏回归平方和[13](表 3)。

表 3 逐步回归分析结果(n=355)

Tab.3 Results of stepwise regression analysis (n=355)

研究项(自变量)	非标准化系数		标准化系数	t	p	VIF	R^2	调整 R^2	F
	B	标准误	Beta						
常数	−0.002	0.183	−	−0.01	0.992	−	0.57	0.564	$F(5,349)=92.482$, $p=0.000$
开花植物数量	0.226	0.041	0.239	5.573	0.000**	1.488			
园林小品	0.166	0.047	0.162	3.543	0.000**	1.697			
隋唐景观色彩	0.227	0.055	0.215	4.160	0.000**	2.175			
游览路线规划	0.097	0.047	0.097	2.076	0.039*	1.759			
园路铺装	0.290	0.053	0.253	5.49	0.000**	1.722			

因变量:整体满意度 D-W 值:1.764 * p<0.05 **p<0.01

将门票价格、卫生环境、公共设施、开花植物数量、绿化面积、植物种类、植物色彩、古建筑风貌、园林小品、遗址科普氛围、隋唐文化景观、隋唐景观色彩、游览路线规划、标识系统、园路铺装作为自变量,而将游客整体游玩满意度作为因变量进行逐步回归分析,经过模型自动识别,最终余下开花植物数量、园林小品、隋唐景观色彩、游览路线规划、园路铺装共 5 项在模型中,R 方值为 0.570,意味着开花植物数量、园林小品、隋唐景观色彩、游览路线规划、园路铺装可以解释游客整体满意度的 57.0%变化原因。本模型通过 F 检验($F=92.482$, $p=0.000<0.05$),说明模型有效,模型公式为:

游客整体满意度 = −0.002+0.226×开花植物数量+0.166×园林小品+0.227×隋唐景观色彩+0.097×游览路线规划+0.290×园路铺装。

最终具体分析可知:开花植物数量的回归系数值为 0.226($t=5.573$, $p=0.000<0.01$);园林小品的回归系数值为 0.166($t=3.543$, $p=0.000<0.01$);隋唐景观色彩的回归系数值为 0.227($t=4.160$, $p=0.000<0.01$);游览路线规划的回归系数值为 0.097($t=2.076$, $p=0.039<0.05$);园路铺装的回归系数值为 0.290($t=5.490$, $p=0.000<0.01$)。

总结分析可知:开花植物数量,园林小品,隋唐景观色彩,游览路线规划,园路铺装会对游客整体满

意度产生显著的正向影响。

4 基于使用后评价对遗址公园优化建议

由逐步回归分析得知,开花植物数量、园林小品、隋唐景观色彩、游览路线规划、园路铺装这 5 个研究项可以解释游客整体满意度的 57.0%变化原因,说明这 5 个研究项可作为公园优化提升的 5 个重要方向。

4.1 植物景观优化建议

园区内风景优美,但是目前遮阴大乔木较少,树阵广场乔木冠幅也很小,基本起不到遮阴作用,影响了树阵广场部分功能。由上文分析得知,植物配置中影响游客满意度最大的是开花植物数量,呈显著正向影响关系,解释为开花植物数量越多,则游客整体游玩满意度越高。我国古典园林常用花卉“玉棠春富贵”中,园区较为明显种植的有牡丹与玉兰,其余的桂花、迎春、海棠配置较少。重点突出洛阳历史文化多配置牡丹是可取的,比如姚黄、魏紫等具有皇室象征的品种。此外,还可以结合我国十大名花中其他开花植物来做植物配置,不仅可以提高植物景观的丰富性,还可以烘托景区的古典意境。

4.2 遗址文化展示优化建议

分析结果表明,遗址文化展示中园林小品与隋唐景观色彩两个方面对于游客整体满意度影响最大,呈显著的正向影响关系,解释为园林小品与隋唐景观色彩设计越合理,则游客整体游玩满意度越高。

4.2.1 园林小品优化建议

园区室外空间中园林小品较缺少。休息类的园林小品中缺乏凉亭等休憩类的构筑物[14];装饰类的园林小品缺少景墙等可以展示遗址历史文化并具有美化功能的构筑物;服务类的园林小品缺少饮水池、洗手池等满足游客饮水清洁需求的构筑物。可以在空间规划允许的情况下,在室外空间增加具有隋唐古典风情的凉亭与景墙,加强景区隋唐文化与遗址文化的科普与展示,另外,在户外休息区附近可增添饮水池与洗手池,其设计可结合隋唐漆器的样式,不仅满足了游客在园区户外游览赏景时的饮水与清洁需求,还展示了隋唐文化风采。

4.2.2 隋唐景观色彩优化建议

隋唐时期是中国古代的繁荣时期,隋唐时期的建筑艺术也达到了更高的水平[15]。对比南禅寺、五台山佛光寺、敦煌莫高窟等唐朝时期存留的建筑与文化遗产配色,总结出隋唐时期喜用朱砂、土红、赭石、靛青、石青、石绿、墨色、金色等矿物颜料。园中遗址保护建筑配色基本符合盛唐之境,但除建筑外其余的构筑物与设施并不符合隋唐时期的景观色彩搭配。可以在园林小品等构筑物优化提升的同时,注意景观的色彩搭配要符合隋唐时期的色彩搭配,从而进行园区中的景观色彩优化设计。

4.3 园路设计优化建议

由上文分析出园路设计中游览路线规划与园路铺装两个方面对于游客整体满意度影响最大,呈显著的正向影响关系,解释为游览路线规划与园路铺装设计越合理,则游客整体游玩满意度越高。

4.3.1 游览线路规划优化建议

园区内部游览道路较为杂乱,道路分级不明显,虽然有较为清晰的轴线设计,但贯穿全园的主园路与次路、游步道等在规划中线路不清晰,宽窄不明确,不能明显体现出主园路、次路、游步道的区别。可以将园区中车行道、人行道用指示牌标示,主园路、次路、游步道等宽窄作出更合理的设计,再结合铺装的改变,使园路级别更加清晰,游客游览路径更加顺畅。

4.3.2 园路铺装优化建议

目前园区内道路有着大面积的水泥路,作为一座展示隋唐文化历史的遗址公园,此设计有失美感,也使得道路分级更加模糊,主要园路作为引导游客游览公园的功能也受到了影响。在优化设计中可以保留车行道与主园路的现有铺装,无障碍通道在设计时也要注意铺装的安全性与平整度。其余道路则可采用其他的铺装设计。天堂在历史上是武则天礼佛的圣地,园中次路可用带有宝相纹的方砖,寓意“步步生莲”,此纹路多用于寺庙、宫廷、大户人家。游步道还可以用不同色彩的卵石(碎石)拼接出隋唐时期的纹饰花样,如仕女图、鸟兽(练鹊、鸳鸯、鹭鹚等)、团花(牡丹、宝相花、变相宝相花、菊、忍冬等),与景区古典风格相呼应。

5 结语

本研究主要通过问卷与访谈的形式,从使用者的游览感受出发,对洛阳隋唐城国家遗址公园进行使用后评价研究。

从使用者行为特征来看,青年人是游园的主力军,主要目的是历史科普教育,侧面反映出年轻人对我国历史的传承较为感兴趣,也是当代年轻人对我国文化越来越自信的一个体现。

从因子分析来看,园区中建筑风貌是游客较为满意的方面,但关于管理服务的一些方面有待提高,

如:票价、讲解器配置、园区流浪动物问题等。

从回归分析结果看,开花植物数量、园林小品、隋唐景观色彩、游览路线规划、园路铺装这 5 个方面对游客游玩感受影响最大,同类型的遗址公园可对这些方面进行重点提升优化。

在总体分析之后,着重对隋唐遗址公园的植物景观、遗址文化展示、园路设计提出了优化建议,说明遗址公园中这 3 方面对游客最为重要。本次调查研究为隋唐洛阳城国家遗址公园的提升优化带来了积极意义,也为同类型遗址公园的设计营造提供了借鉴。

参考文献:

[1] 陈思. 城市中心区遗址公园保护与展示规划探索——以郑州商都历史文化区遗址公园规划为例[J]. 中外建筑,2019(12):129-132.

[2] 张渊博. 国家考古遗址公园视野下隋唐洛阳城明堂、天堂旅游开发研究[D]. 郑州:河南大学,2017.

[3] 赵东汉. 使用后评价 POE 在国外的发展特点及在中国的适用性研究[J]. 北京大学学报(自然科学版),2007(6):797-802.

[4] 王琳,白艳. 基于网络点评的城市公园使用后评价研究——以合肥大蜀山森林公园为例[J]. 中国园林,2020,36(6):60-65.

[5] 张志斌,曹琦. 城市山体公园使用后评价——以兰州五泉山公园为例[J]. 西北师范大学学报(自然科学版),2010,46(5):114-119.

[6] 高禹诗,周波,杨洁. 城乡统筹背景下的田园型绿道使用后评价——以成都锦江 198LOHAS 绿道为例[J]. 中国园林,2018,34(2):116-121.

[7] 吕慧,赵红红,林广思. 居住区水景使用后评价(POE)及水景设计改进策略研究[J]. 中国园林,2016,32(11):58-61.

[8] 张文彤,董伟. SPSS 统计分析高级教程[M]. 北京:高等教育出版社,2004:364-365.

[9] 周俊. 问卷数据分析—破解 SPSS 的六类分析思路[M]. 北京:电子工业出版社,2017.

[10] 贾新明. 高校软环境的评价量表设计——基于学生感知的视角[J]. 黑龙江高教研究,2012,30(10):19-24.

[11] 林麒琦,徐斌,张亚平. 大城市近郊田园综合体使用后评价[J]. 浙江农林大学学报,2020,37(5):999-1005.

[12] 郑丽晖,邢国用,姚健琪,等. 基于非参数核回归的福州市 PM_(2.5)实证研究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版),2020,36(2):42-48.

[13] 周力行,黄瑛. 基于相关性分析的住区修整探索[J]. 建材与装饰,2020(6):73-74.

[14] 宋妍. 园林绿地中园林建筑小品的探讨[J]. 现代园艺,2017(16):115.

[15] 陈振旺,彭艳萍. 隋唐莫高窟建筑形制的变化和藻井图案语义变迁[J]. 艺术家,2019,35(1):161-166,196.

责任编辑:许易琦
校　　对:张林艳　许易琦

(上接第 190 页)

[33] 张志强,杨道德,张正旺. 红嘴相思鸟(*Leiothrix lutea*)的研究与保护现状[C]//第七届全国野生动物生态与资源保护学术研究会论文摘要集. 北京:中国生态学会动物生态专业委员会,2011.

[34] 邱宝鸿,梁丽琴,郎志娟. 长白山红松阔叶林鸟类多样性季节格局的初步研究[J]. 吉林林业科技,2003,32(4):1-4.

[35] DAVIES T J,BUCKLEY L B,GRENYER R,et al. The influence of past and present climate on the biogeography of modern mammal diversity[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences,2011,366(1577):2526-2535.

[36] 舒实. 湖北省广水市大贵寺国家森林公园鸟类群落多样性研究[D]. 武汉:华中师范大学,2011.

[37] STEIN A,GERSTNER K,KREFT H,et al. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa,biomes and spatial scales[J]. Ecology Letters,2014,17(7):866-880.

责任编辑:杨焌焓
校　　对:张林艳　杨焌焓

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 035

贵州省地方级湿地公园发展对策

蒲应春,曾 辉
(贵州省林业调查规划院,贵州 贵阳 550003)

摘要:介绍贵州省地方级湿地公园的分布、面积、湿地类型等基本情况,分析其区位重要、生态脆弱、面积较小、分布不均,保护与发展矛盾凸显等特点。基于管理机构不健全、建设不规范、与其它自然保护地重叠、宣教功能不强、科研监测缺失、资金投入不足等现状,提出相应对策。

关键词:地方级湿地公园;保护体系;生态旅游;管理机构;贵州省

中图分类号:Q178. 5;S759. 91 **文献标志码**:B **文章编号**:1671-3168(2021)03-0197-04

引文格式:蒲应春,曾辉. 贵州省地方级湿地公园发展对策[J]. 林业调查规划,2021,46(3):197-200. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 035

PU Yingchun,ZENG Hui. Development Countermeasures of Local Wetland Parks in Guizhou Province[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(3):197-200. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2021. 03. 035

Development Countermeasures of Local Wetland Parks in Guizhou Province

PU Yingchun, ZENG Hui
(Guizhou Forestry Investigation and Planning Institute, Guiyang 550003, China)

Abstract: This paper introduced the distribution, area and wetland types of local wetland parks in Guizhou Province, which had the characteristics of important location, fragile ecology, small area, uneven distribution, and prominent contradiction between protection and development. Based on the current situation of imperfect management organization, nonstandard construction, overlapping with other nature reserves, weak propaganda and education function, lack of scientific research and monitoring, and insufficient capital investment, this paper put forward the corresponding countermeasures.

Key words: local wetland park; protection system; ecotourism; management organization; Guizhou Province

贵州地处长江、珠江上游,是两江上游重要的生态屏障,生态区位极为重要,而境内多为喀斯特岩溶地貌,生态环境极为脆弱。根据《贵州省第二次湿地资源调查报告》,全省湿地总面积为 20. 97 万hm^2(不包括稻田湿地),湿地面积仅为国土面积的 1. 19%,但生物多样性却很丰富,生态价值较为突出,是重要的物种基因库。贵州湿地类型多样,永久性河流湿地、库塘湿地较多,但斑块面积较小;喀斯特溶洞湿地广布,极具科研价值[1]。湿地公园是有效保护湿地资源,稳定湿地生物多样性、维护湿地生态系统平衡的重要载体,对改善区域生态状况,促进社会经济发展,实现人与自然和谐共处具有十分重

收稿日期:2020-06-15;**修回日期**:2021-02-25.

第一作者:蒲应春(1979-),男,贵州遵义人,高级工程师. 从事风景园林规划设计工作.

要的意义[2]。截至 2020 年底,全省共建有各级湿地公园 54 处(含试点),其中国家级 45 处,地方级 9 处。

根据国家对自然保护地优化整合的要求,结合贵州省地方级湿地公园保护利用价值评价工作的开展,通过对地方级湿地公园实地调研、统计分析,总结出地方级湿地公园特点、存在问题及发展对策,为全省湿地公园建设及管理提供参考。

1 地方级湿地公园概况

截至 2020 年底,贵州省地方级湿地公园(以下简称“地方级湿地公园”)共有 9 处,总面积 2 245.28 hm^2,其中省级 4 处,面积 1 149.98 hm^2;市级 5 处,面积 1 095.30 hm^2。省级湿地公园分布在 3 个市,即遵义市 2 处、铜仁市及安顺市各 1 处;市级湿地公园均分布在毕节市(表 1)。

表 1 地方级湿地公园基本情况

Tab. 1 Basic situation of local wetland parks

序号	名称	级别	市	县(区)	面积/hm^2	批建时间
1	铜仁市石阡小龙河省级湿地公园	省级	铜仁市	石阡县	538.85	2014 年 12 月
2	遵义市凤冈蒲水河省级湿地公园	省级	遵义市	凤冈县	228.16	2014 年 12 月
3	遵义兴隆省级湿地公园	省级	遵义市	播州区	192.51	2014 年 12 月
4	安顺市虹山湖省级湿地公园	省级	安顺市	西秀区	190.46	2015 年 12 月
	小计				1149.98	
5	毕节织金绮陌河市级湿地公园	市级	毕节市	织金县	451.10	2014 年 12 月
6	毕节七星关干堰塘市级湿地公园	市级	毕节市	七星关区	378.83	2014 年 12 月
7	毕节金沙西洛河市级湿地公园	市级	毕节市	金沙县	134.00	2014 年 12 月
8	毕节威宁海舍市级湿地公园	市级	毕节市	威宁县	81.17	2014 年 12 月
9	毕节纳雍白水河市级湿地公园	市级	毕节市	纳雍县	50.20	2014 年 12 月
	小计				1095.30	
	合计				2245.28	

据调查统计,全省地方级湿地公园包括河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地和人工湿地 4 个湿地类,含永久性河流、洪泛平原、喀斯特溶洞、永久性淡水湖、草本沼泽、藓类沼泽、库塘湿地、稻田湿地等 8 个湿地型。全省地方级湿地公园保护的湿地面积为 982.40 hm^2,面积占比排在前三位的分别为稻田湿地 314.08 hm^2,占 32.0%;库塘湿地 271.77 hm^2,占 27.7%;永久性河流 236.19 hm^2,占 24.0%;其余 5 个湿地型面积共计 160.33 hm^2,面积占比相对较小,仅为 16.3%(表 2)。

表 2 地方级湿地公园湿地类型统计

Tab. 2 Statistics of wetland types in local wetland parks

湿地类	湿地型	面积/hm^2	百分比/%
河流湿地	永久性河流	236.19	24.0
	洪泛平原	4.02	0.4
	喀斯特溶洞湿地	0.04	
湖泊湿地	永久性淡水湖	28.70	2.9
沼泽湿地	藓类沼泽	5.60	0.6
	草本沼泽	122.00	12.4
人工湿地	稻田湿地	314.08	32.0
	库塘湿地	271.77	27.7
合计		982.40	100.0

注:以各湿地公园总体规划或可行性研究报告为依据统计。

2 地方湿地公园主要特点

2.1 区位重要、生态脆弱

贵州省地方级湿地公园数量不多,但多数交通便捷、生态环境良好,是开展湿地科普宣教的自然课堂。

多数地方级湿地公园及其周边区域均为喀斯特岩溶地貌,自我恢复能力弱,生态系统非常脆弱,湿地资源一旦被破坏,要恢复其生态功能极其困难。

2.2 面积较小、分布不均

贵州省地貌多为山地,地形落差较大,加之喀斯特岩溶地貌广布,地表保水性能较差,导致大型河流、湖泊相对较少,因此,地方级湿地公园规划面积普遍偏小。在现有的 9 个地方级湿地公园中,除石阡小龙河省级湿地公园外,其余 8 个湿地公园均在 500 hm^2 以下。

由于各市州对湿地公园认知度不一,建立湿地公园积极性存在差异,导致地方级湿地公园分布不均、发展不平衡;在全省 9 个市(州)中,除安顺、铜

仁、遵义、毕节 4 个市建立有地方级湿地公园外,其余 5 个市(州)均没有地方级湿地公园分布,地方湿地公园示范带动效应不明显。

2.3 保护与发展矛盾凸显

湿地公园是自然保护地的一种类型,属于自然公园。由于各地政府对自然保护地认识不到位,认为地方级湿地公园作为自然保护地纳入生态红线后,就成了禁建区,导致各地不愿再申请新建湿地公园;即便是已成立的地方级湿地公园,当地政府在组织建设过程中也存在畏手畏脚、担心触碰生态红线等情况,保护与发展矛盾依然突出。基于上述因素,全省地方级湿地公园发展陷入了瓶颈。

3 主要建设成效

3.1 恢复了湿地资源

通过建立地方级湿地公园,有效保护了公园区域内包括喀斯特溶洞湿地、天然湖泊和自然河流湿地等类型的湿地资源;同时,通过人工干预,采取近自然方式实施湿地保育和修复措施,有效遏制了区域性的生态破坏及湿地退化,生态环境得到一定改善,野生动植物数量明显增加,湿地生态系统更加稳定,为湿地资源保护提供了一定的借鉴。

3.2 完善了湿地保护体系

湿地公园是湿地保护体系的重要组成部分。加强湿地公园建设是在当前形势下扩大湿地保护面积的有效途径,对改善区域生态状况,促进社会经济可持续发展,实现人与自然和谐共生具有十分重要的意义[4]。截至目前,贵州已经建立多处湿地类型自然保护区及国家湿地公园。地方级湿地公园建设在一定程度上完善了湿地保护体系。

3.3 彰显了湿地生态旅游价值

地方级湿地公园建设使湿地景观与周边自然景观相互映衬,自然湿地与人工湿地镶嵌组合、相得益彰,山、水、林、田、湖、草相互交融,使得湿地公园湿地景观价值得以提升,美学价值更加突出[3]。如安顺虹山湖省级湿地公园,现已成为了安顺城区开展湿地科普宣教及生态旅游的窗口,成为了安顺市绿色发展新的生态名片。

3.4 带动了当地社区发展

地方级湿地公园在实现区域生物多样性保护的同时,兼顾水利防汛、农业生产和生态旅游的需求,最大限度地发挥湿地生态系统多种功能和效益,流域生态系统得到良性发展[5]。周边社区可持续利用湿地资源,通过多种手段和策略,展示湿地生态功能,从而带动了周边社区经济发展。

3.5 增强了公众湿地保护意识

通过地方级湿地公园建设,开展科普宣教和社区共管等活动,使周边社区群众参与湿地公园管理,认识到保护湿地公园就是保护自己的家园,积极主动地进行保护[6]。如安顺市虹山湖省级湿地公园在周边社区聘请了 60 余人参与到公园护林、保洁、维修维护和绿化美化中来,取得了良好的管理效果,当地群众保护湿地公园意识明显增强。

4 存在的问题

4.1 管理机构不健全

管理机构重叠或不健全对地方级湿地公园建设十分不利。地方级湿地公园普遍存在管理机构不健全的问题。即使是管理相对较好的安顺虹山湖省级湿地公园,也存在管理机构重叠和管理职能不明晰的问题。而市级湿地公园均由县林业局兼管,没有专门的管理机构,实际处于无人员管理状态。

4.2 建设不规范

多数地方级湿地公园虽然有矢量边界,但基本未开展勘界立标工作,实际保护界限不明,功能分区边界不清楚,不利于湿地公园的保护和管理。此外,地方级湿地公园在建设中普遍忽视了《湿地公园总体规划》的重要性,导致部分湿地公园湿地资源保护及修复成效不明显,湿地生态旅游效应未能充分体现。

4.3 与其它自然保护地交叉重叠

据调查统计分析,贵州省 9 处地方级湿地公园中,有 2 处与其它自然保护地重叠,重叠保护地类型为森林公园,其中一处为毕节金沙西洛河市级湿地公园,与贵州金沙冷水河国家森林公园重叠面积为 108.87 hm^2,重叠面积占湿地公园总面积的 81.2%;另一处为遵义蒲水河省级湿地公园,与凤冈县万佛山森林公园重叠面积为 14.53 hm^2,重叠面积占湿地公园总面积的 6.4%。地方级湿地公园与其他自然保护地重叠,一定程度上影响了湿地公园的有效管理。

4.4 宣教功能不强

由于多数地方级湿地公园没有设置专门的宣教场所,更没有配备专职的宣讲人员,开展宣教活动少,宣教力度明显不够,人们大多把湿地公园当作一般的休闲场所,对其改善生态环境的作用知之甚少,尚未形成全社会关心、支持湿地公园建设的氛围。

4.5 科研监测缺失

目前,贵州省地方级湿地公园科研监测工作基本处于空白状态,即使如安顺虹山湖省级湿地公园和遵义凤冈蒲水河省级湿地公园等有较好本底资源的湿地公园,也未对湿地资源进行定期动态监测,导致湿地公园本底资源数据不清,不能为湿地公园保护与管理提供可靠依据。

4.6 资金投入不足

现有的 9 处地方级湿地公园中,将保护管理经费纳入地方财政预算的地方级湿地公园仅有安顺虹山湖省级湿地公园和遵义凤冈蒲水河省级湿地公园 2 处,而且现有预算经费也不能满足保护和管理的需求。其余湿地公园虽然都有一些基础设施建设,资金主要来源于水利部门、扶贫资金或社会投资,但投入量少、不稳定,实施时也未严格按湿地公园建设技术要求进行,其生态价值功能未能充分体现,科普宣教作用不明显。

5 相关建议

5.1 强化湿地公园建设管理

建议各区县将地方级湿地公园纳入自然公园统一管理,提升管理效能;把地方级湿地公园发展纳入地方国民经济与社会发展规划和地方生态文明建设的考核指标;把湿地公园建设、管护经费列入地方财政预算,以保障基础设施和生态保护建设资金的投入。同时,要重视湿地公园总体规划在湿地公园建设中的作用,按照湿地公园相关规程、规范,从规划、申报、审批、建设等阶段进行严格管理,以确保地方级湿地公园的建设成效[7]。

5.2 切实开展湿地科研监测

在保护与修复地方级湿地公园湿地资源的同时,建立完善的湿地科研监测体系,定期开展湿地资源、湿地健康和野生动植物资源的科研监测,实现科研监测数据信息化管理,全面掌握湿地动态变化,为湿地公园管理、科学研究、有效管控和合理利用提供及时、准确的参考资料,为全省湿地科研监测提供模式借鉴。

5.3 合理利用湿地公园开展科普宣教

在有效保护湿地公园资源的基础上,合理利用湿地资源开展生态旅游,充分发挥地方级湿地公园的多重效应,提升当地百姓生态福祉,助力地方经济发展,从而增强地方政府对申报和建设地方湿地公园的积极性[8]。同时,因地制宜地利用地方级湿地公园开展科普宣教,让公众在湿地体验的同时增强对湿地的认知和保护意识;鼓励多渠道、多层次、多形式筹集资金投入湿地公园科普宣教及生态旅游项目建设,做到在保护中利用、在利用中保护,促进地方级湿地公园可持续发展。

参考文献:

[1] 国家林业局. 湿地保护管理规定(国家林业局令第 48 号)[S]. 2017.
[2] 贵州省林业厅. 贵州省湿地保护发展规划(2014—2030 年)[Z]. 2014.
[3] 刘慧媛. 对湿地旅游资源的探讨[J]. 重庆工商大学学报,2007,22(2):18-20.
[4] 陈克林. 湿地公园建设管理问题的探讨[J]. 湿地科学,2005(4):226-228.
[5] 汪勇翔. 城市湿地公园设计初探[D]. 北京:北京林业大学,2011.
[6] 崔心红,钱又宇. 湿地公园[J]. 中国园林,2004,20(4):60-61.
[7] 陈兰兰. 城市湿地生态修复与景观规划研究进展[J]. 农业与技术,2013(10):137-138.
[8] 崔丽娟,王义飞. 国家湿地公园建设规范探讨[J]. 林业资源管理,2009(9):61-64.
[9] 吝成旺,杨延基,禹水,等. 郑州黄河国家湿地公园使用特征及满意度研究[J]. 林业调查规划,2020,45(1):72-78.

责任编辑:刘平书
校 对:张林艳 刘平书

《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。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,最后一个词不加标号。

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^2、m^2、dm^2、cm^2; 体积单位:m^3、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码对应一致。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、论文集中析出的文献,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,投稿后请电话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)来稿发表后,文章著作权归作者所有,文责自负,其编辑版权属本刊所有。

5)为拓宽学术交流渠道,本刊已加入“中国期刊全文数据库”和“数字化期刊群”等期刊数据库,作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付,不再另行发放。作者如不同意文章入编,投稿时敬请说明。

6)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”



云南高黎贡山森林地貌

ISSN 1671-3168
0 5>
9 771671 316219

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