

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41卷 第2期
Vol.41 No.2

2016 2

云南省林业调查规划院
西南地区林业信息中心

林业调查规划

第41卷

第2期

Vol.41 No.2

二〇一六年四月

林业调查规划

LINYE DIAOCHA GUIHUA

(双月刊 1976年创刊)

第41卷 第2期 (总第208期) 2016年4月

Forest Inventory and Planning

(Bimonthly, Started in 1976)

Vol. 41 No. 2 (Sum No. 208) Apr. 2016

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 司志超 艾建林 许易琦 吕树英
华朝朗 俞新华 吴霞 张清 张子翼
张正全 张良实 李东 李建友 李春燕
周远 周小平 杨建祥 胥辉 施化云
胡宗华 秋新选 陶晶 彭华 温庆忠
董建昌 魏小平 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, SI Zhichao, AI Jianlin, XU Yiqi,
LV Shuying, HUA Chaolang, YUN Xinhua, WU Xia,
ZHANG Qing, ZHANG Ziyi, ZHANG Zhengquan,
ZHANG Liangshi, LI Dong, LI Jianyou, LI Chunyan, ZHOU Yuan,
ZHOU Xiaoping, YANG Jianxiang, XU hui, SHI Huayun,
HU Zonghua, QIU Xinxuan, TAO Jin, PENG Hua,
WEN Qingzhong, DONG Jianchang, WEI Xiaoping, 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 罗娅妮 张瑞君
张林艳

Editorial Department of Forest Inventory and Planning

Chief Editor: ZHANG Ziyi

Associate Editor: XU Yiqi

Editor: DENG Yan, LIU Pingshu, XU Yiqi,
XU Chunxia, LUO Yani, ZHANG Ruijun
ZHANG Linyan

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://lydcgh.periodicals.net.cn/>

印 刷 昆明锦润印刷有限公司

订 购 处 《林业调查规划》编辑部

国际标准刊号 ISSN 1671-3168

国内统一刊号 CN 53-1172/S

广告经营许可证号 5300004000093

国内定价 20.00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://lydcgh.periodicals.net.cn/>

Printed by: Kunming Jinrun Printing Co., Ltd.

Order place: Editorial Department of Forest Inventory and Planning

ISSN 1671-3168

CN 53-1172/S

Ad. Licence: 5300004000093

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

林业调查规划

第41卷 第2期

(总第208期)

2016年4月

目次

●森林经理

- 基于森林资源规划设计调查小班数据的林分-蓄积量模型构建 黄国贤,刘苑秋,况水标,等(1)
基于 ArcEngine 的大样地中群团样地的自动生成研究 徐志扬(7)
一种基于概率神经网络的城市用地高分辨率影像信息提取方法 程鹏,岳彩荣,江东,等(10)
基于 Landsat 数据的普洱市土地利用变化动态监测 申晨,岳彩荣,梅鸿刚(17)

●研究与探索

- 重庆市核心区半自然林地群落物种组成及其更新演替研究 徐伟,林立,祝浩翔,等(23)
玉溪尖山河流域不同植被类型坡面产流产沙规律研究 延红卫,杨芳,王克勤(29)
贵州南部桉树人工林生物量及碳储量研究 甘桂春,王伟,王晓宁,等(34)

●原始林研究

- 原始林研究现状与展望 陶晶,温庆忠,华朝朗(38)
KNN 算法在原始林判别中的应用研究 何长斌,邓喜庆,温庆忠,等(43)

●生物多样性

- 巨尾桉工业原料林下植物物种组成及多样性特征研究 张静美(48)
云南省5个自然保护区蝶类多样性与相似性比较研究 王革(51)

●林火研究

- 林火干扰对森林植被碳库影响的研究进展 蒋波,胡青,肖良俊,等(56)
滇中火灾高发区15种木本植物燃烧性研究 李旭,王秋华,张雨瑶(62)

●森林保护

- 寻甸县楚雄腮扁叶蜂生物学特性研究 徐荣,李永和,夏举飞,等(69)
巧家五针松人工繁育种群主要病虫害种类调查及其防治研究 邹球,苏腾伟,伍建榕(73)
东川区桉树枝瘿姬小蜂综合防治初探 朱玉梅,贺永,宋德盟(78)

●森林培育

- 油橄榄花芽分化的形态解剖学特征观测 贺娜,徐田,宁德鲁,等(82)
不同种源华山松育苗试验初报 蒋应召,李江(86)
激素处理对竹节树扦插繁殖的影响试验 杨发余,寸德山(89)

●动物研究

- 浣熊越冬行为模式观察 李潇晗,吴思思(93)
西双版纳勐仑地区不同植被类型鸟类季节变化 段文荣,李正玲,陈明勇(96)
白马雪山自然保护区人工繁养白马鸡放归野外实验 捉布,李新红,江初农布,等(100)

●论坛

- 退耕还林对保护区周边农户收入的影响研究 刘凌宇(105)
山丹县清华园居住区景观设计中意境和地域文化的应用探析 姜蔼玲,王有国(111)
西双版纳印度野牛种群数量、分布及保护现状 张忠员,杨鸿培,罗爱东(115)

●园林规划

- 株洲市集雨型绿地规划建设探析 罗金芳(120)
基于 LID 开发模式的云南工商学院海绵校园规划设计 马竞一,王锦(124)
十笏园造园艺术初探 张蕾,桑国臣,王德法(128)

●产业开发

- 西双版纳州沉香产业发展现状及建议 缪应国,杨南(133)
富源县魔芋产业发展初探 邹秀芬,段晗(138)

●湿地公园

- 汤河国家湿地公园建筑景观设计的地域性尝试 吴明伟(141)
大理州湿地保护管理现状与对策 施雯(145)

- 新疆天池 张子翼摄(封面)
高原地貌 许易琦摄(封底)

Contents

● Forest Management

- Forest Stand and Volume Model Construction Based on Forest Sub-compartment Data of Forest Resources Planning and Design HUANG Guoxian, et al (1)
- Automatic Generation of Cluster in Large Plots Based on ArcEngine XU Zhiyang (7)
- Information Extraction of Urban Land High-resolution Images Based on Probabilistic Neural Network CHENG Peng, et al (10)
- Dynamic Monitoring of Puer Land Use Change Based on Landsat Data SHEN Chen, et al (17)

● Research and Exploration

- Succession and Species Composition of Semi-natural Forest Communities in Core District of Chongqing XU Wei, et al (23)
- Regulation of Runoffs and Sediment Generation in Different Vegetation Types of Jianshanhe Watershed, Yuxi YAN Hongwei, et al (29)
- Biomass and Carbon Storage of *Eucalyptus* Artificial Stand GAN Guichun, et al (34)

● Virgin Forest Research

- Virgin Forest Research Status and Prospects TAO Jing, et al (38)
- Application of KNN Algorithm in the Identification of Virgin Forest HE Changbin, et al (43)

● Bio-diversity

- Undergrowth Vegetation Species Composition and Diversity Character of *Eucalyptus grandis* Industrial Raw Material Forest ZHANG Jingmei (48)
- Diversity and Similarity Comparison Research on Butterfly in Five Nature Reserves of Yunnan Province WANG Ge (51)

● Forest Fire Research

- Effect of Forest Fire on Forest Vegetation Carbon Storage JIANG Bo, et al (56)
- Studies on Combustibility of 15 Woody Plants in the High Fire Risk Area of Central Yunnan LI XU, et al (62)

● Forest Conservation

- Biological Characteristics of *Pamphiliidae cheek* in Xundian County XU Rong, et al (69)
- Investigation and Prevention on Major Diseases and Pests of *Pinus squamata* Artificial Breeding Populations WU Yan, et al (73)
- Comprehensive Prevention and Control of *Leptocybe Invasa* in Dongchuan District ZHU Yumei (78)

● Forest Cultivation

- Observation on Morphological and Anatomical Characteristics of the Flower Bud Differentiation on Olive HE Na, et al (82)
- Preliminary Experiment on Seedling Cultivation of Different *Pinus armandi* Provenance JIANG Yinzhaohao, et al (86)
- Effect Test of Hormone Treatments on Cutting Propagation of *Carallia brachiata* YANG Fayu, et al (89)

● Animal Research

- Observe on Wintering Behavior Pattern of Raccoon LI Xiaohan, et al (93)
- Seasonal Variation of Birds in Different Vegetation Types in Xishuangbanna Menglun Region DUAN Wenrong, et al (96)
- Reintroduction Experiment on Artificial Breeding of Baima Chicken in Baimaxueshan Nature Reserve TI Bu et al (100)

● Forum

- Effects of Sloping Land Conversion Program (SLCP) on Farmers' Income of Nature Reserve Community LIU Lingyu (105)
- Application of Regional Culture and Conception on the Landscape Design for Tsinghua Garden Residential Area in Shandong County JANG Ailing, et al (111)
- Population, Distribution and Conservation Status of Guar (*Bos gaurus*) in Xishuangbanna Prefecture ZHANG Zhongyuan, et al (115)

● Landscape Design

- Planning and Construction of Rainwater Harvesting Green Space in Zhuzhou City LUO Jinfang (120)
- Planning and Design for Sponge Campus of Yunnan Industry and Commerce College Based on LID Development Model MA Jingyi, et al (124)
- Study on Garden Art of Shihu Garden ZHANG Lei, et al (128)

● Industry Development

- Current Situation and Suggestions on Development of Agilawood Industry in Xishuangbanna Prefecture MIAO Yingguo, et al (133)
- Development of *Thaniya Konjac* Industry in Fuyuan County ZOU Xiufen, et al (138)

● Wetland Park

- Regional Trial of Architectural Landscape Design of Tanghe National Wetland Park WU Mingwei (141)
- Protection and Management Status of Wetland and Its Countermeasures in Dali Prefecture SHI Wen (145)

- Tianchi of Xinjiang Photographed by ZHANG Ziyi (Front cover)
- Plateau Landform Photographed by XU Yiqi (Back cover)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.001

基于森林资源规划设计调查小班数据的林分—蓄积量 模型构建

——以江西省永丰县为例

黄国贤¹, 刘苑秋¹, 况水标², 郑吉¹, 刘亮英¹

(1. 江西农业大学园林与艺术学院, 江西 南昌 330045; 2. 江西省林业调查规划研究院, 江西, 南昌 330000)

摘要:以江西省永丰县森林资源调查小班数据为基础数据,主要林分类型为研究对象,利用 6 种通用林分生长模型,以林分平均年龄为变量,构建林分年龄—蓄积方程。结果表明,国外松最适生长模型为 Logistic,混交林和硬阔类最适生长模型为 Richards,马尾松和软阔类最适生长模型为 Gompertz,杉木最适生长模型为 Korf。并结合前人研究成果,就研究中所引用的因子及研究方法进行了讨论。

关键词:蓄积生长模型;森林资源规划设计调查;小班数据;精度评价

中图分类号:S757.27;S758.51 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0001-06

Forest Stand and Volume Model Construction Based on Forest Sub-compartment Data of Forest Resources Planning and Design

——A Case Study of Jiangxi Yongfeng

HUANG Guoxian¹, LIU Yuanqiu¹, KUANG Shuibiao², ZHENG Ji¹, LIU Liangying¹

(1. Landscape Architecture and Art College, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045, China;

2. Jiangxi Institute of Forest Inventory and Planning, Nanchang 330000, Jiangxi, China)

Abstract: Based on the forest resource survey sub-compartment data, and taking the main forest types as the research object, the stand age-accumulation equation was built by using the six kinds of common stand growth model and stand average age as variables. The results showed that the optimal growth model for foreign pine was Logistic, Richards for mixed forest and hardwood class. Optimal growth model for Masson pine and softwood type was Gompertz, Korf for Chinese fir. Combined with the results of previous studies, the factors and research methods cited in the paper was discussed.

Key words: volume growth model; forest resources planning and design; sub-compartment data; accuracy assessment

林木生长和收获模型已经有了近百年的发展
历程,为应对不同条件下林业经营管理要求,林业研

究人员建立了多种林木生长和收获模型^[1]。对于
林分蓄积已有诸多研究,其中利用林分生长模型来

收稿日期:2016-03-21.

基金项目:中国科学院战略性先导科技专项资助(XDA05050205),江西省对外科技合作计划(20133BDH118011).

作者简介:黄国贤(1990-),男,硕士研究生.研究方向:森林培育. Email:1010181843@qq.com

通信作者:刘苑秋(1963-),女,博士,教授.研究方向:森林生态、恢复生态. Email:Liuyq404@163.com

预测估算林分生长和产量的方法已得到普遍应用。唐守正^[3]根据在 1987 年世界林分生长模型和模拟会议上提出的林分生长模型定义,详细地介绍了林分生长模型分类及其发展。林分水平的生长和收获模型多以林木大小、立地条件和林分年龄等为参数因子作为变量来预测林分生长特征,普遍应用的模型方程有 Richards 方程、Logistic 方程、多元回归方程、Kof 方程等。段爱国^[8]利用 6 种生长方程对杉木人工林林分直径结构进行模拟,模拟结果显示其中 5 个模型效果良好,且 3 参数方程的精度较 2 参数的高。戎建涛^[4]以丹清河林场天然次生林为研究对象,利用森林资源规划设计调查(以下简称二类调查)小班数据和 5 种生长方程进行建模,确定了该地区不同林分类型最优的年龄—蓄积量模型。雷相东^[15]基于固定样地长期观测数据,采用混合模型,建立了东北近天然林中主要树种的单木 5 年断面积生长模型。张雄清^[16]基于定期调查数据,利用可变生长率法建立了北京山区油松全林分年生长预测模型,解决了林分生长预测的阶段无偏性。在森林资源规划设计调查中,应用固定样地法调查森林生长量虽然最为准确,但是该调查方法存在工作量大、劳动强度大、成本高等问题,而且应用林分水平的生长方程需要大量基础数据为依据,即该方法限制了林分生长和收获模型的应用和发展。

我国已经进行了多次森林资源调查,有了比较丰富的数据积累。二类调查小班数据包括林分面积、年龄、胸径、树高、蓄积等调查因子,因此可利用小班数据建立林分生长和收获模型。诸多研究表明,林分单位蓄积量的大小不仅与年龄、立地条件、胸径、密度等密切相关,而且林分水平的蓄积量预测模型多以林木大小、立地条件和林分年龄等为变量,这样建立的模型更具应用价值。但本研究是通过构建江西永丰主要林分年龄—蓄积模型,为利用 CBM-CFS3 模型估算江西碳储量提供基础数据。根据 Shaw 等^[17]的研究,CBM-CFS3 模型的数据源是森林调查清单(forest inventory),国内的森林资源二类调查即可满足模型的数据要求。CBM-CFS3 模型基础输入数据文件主要涉及到二类调查数据中的森林类型、林龄、面积、优势树种、蓄积、起源、土壤类型、土层厚度等 15 项调查因子;经过数据处理并编制 7 个子文件(龄级、分类器及分类值、清单、生长及产量、干扰类型、转化规则和干扰事件),最终得到模型的输入文件,其中的生产及产量表(growth and yield)即为本文的主要研究内容:构建年龄—蓄积

生长方程。因此,本文将利用 2009 年江西森林资源二类调查数据研究探讨建立该模型,并以 2009 年永丰县二类调查小班数据为例,根据永丰县主要的林分类型及其年龄和蓄积数据,选择 6 种常用的林分生长和收获方程,建立年龄—蓄积模型。在建模过程中,利用模型检验统计量进行相互比较并验证模型的拟合回归效果。最终确定蓄积量生长的最优方程,以期永丰县主要林分类型生长动态预测和制定森林经营规划方案提供依据,并为碳计量模型 CBM-CFS3 模型提供江西省森林碳储量估算的基础数据。

1 试验区概况

永丰县位于江西省中西部,地处东经 115°17′~115°56′,北纬 26°38′~27°32′。属中亚热带季风湿润气候,具有冬春阴冷,夏热秋燥,初夏多雨,伏秋干旱,光照充足等特点;全市年均温 17.1~18.6℃,年均降雨量 1 350~1 570 mm,年日照时间 1 520~1 800 h,无霜期 285 d 左右。永丰县主要森林类型有针叶林(杉木 *Cunninghamia lanceolata*、马尾松 *Pinus massoniana*、湿地松 *Pinus elliotii* 等)、阔叶林(枫香 *Liquidambar formosana*、栲属 *Castanopsis*、杨树 *Populus* 等)以及针阔混交林。

2 数据与方法

2.1 数据来源

研究所用数据为 2009 年永丰县二类调查的小班数据,主要林分类型为杉木、马尾松、国外松、硬阔类、软阔类及针阔混交林。根据小班优势树种的林龄、面积以及蓄积,建成优势树种年龄—公顷蓄积序列,并分别计算各个林龄段(年龄间隔为 1 a)的公顷蓄积标准差,以标准差的 0.5~2.5 倍进行数据初步筛选。由于各林分类型多为人工林或近自然林,天然林所占比例很小,导致林分林龄在 60 a 以下的占有很大比例。为了更好地利用所有数据,将林龄 100 a 以上数据全部保留(极端数据除外),得到 11 872 个小班数据。每种林分类型随机选取 80% 作为建模数据,剩余 20% 为模型验证数据。表 1 为建模数据基本概况。

2.2 方法

林木的生长特征是呈现逐渐递增式的 S 型曲线型生长,其生长速度一般随年龄的增加表现为慢

表 1 6 种林分类型样本概况
Tab. 1 Six forest stand samples

林分类型	样本数	统计量	最小值	最大值	平均值	标准差
国外松	2265	蓄积/ (v·m ³ ·hm ⁻²)	2.12	217.26	61.20	3.80
		林龄/a	4.00	53.00	15.83	6.22
混交林	1792	蓄积/ (v·m ³ ·hm ⁻²)	3.52	354.42	81.25	5.76
		林龄/a	4.00	180.00	26.37	15.91
软阔类	399	蓄积/ (v·m ³ ·hm ⁻²)	2.05	210.96	19.43	2.92
		林龄/a	6.00	40.00	8.46	4.36
硬阔类	1001	蓄积/ (v·m ³ ·hm ⁻²)	2.08	411.60	89.50	8.59
		林龄/a	5.00	280.00	35.05	27.78
马尾松	2934	蓄积/ (v·m ³ ·hm ⁻²)	3.35	344.12	69.69	4.93
		林龄/a	6.00	180.00	27.13	14.66
杉木	3481	蓄积/ (v·m ³ ·hm ⁻²)	3.27	341.92	112.09	7.63
		林龄/a	4.00	50.00	19.14	7.57

—快—慢的生长过程。因此,能充分反映林分生长过程的数学模型必须具备以下特点^[5,18]:1)当年龄 t = 0 时, y(t) = 0; 2) y(t) 存在一条渐近线 y = A, A 为该类型某调查因子能收敛于一个符合生物学解释的极限值; 3) y(t) 是关于 t 单调非减函数, 即当 t₁ > t₂ 时, y(t₁) ≥ y(t₂); 4) 存在体现曲线变化的拐点; 5) y(t) 是连续且光滑的函数。根据已有的数据散点图以及前人研究成果, 本研究选取基本满足以上要求的 6 种生长理论方程作为本次研究建模候选模型^[2,4-9]:

Richards (R) : y = A(1 - exp(-Kt))^B; Logistic (L) :

$$y = \frac{A}{1 + B \exp(-Kt)}$$

Korf (K) : y = Aexp(-Bt^{-K}); Gompertz (G) : y = Aexp(-Bexp(-Kt));

Mistcherlich (M) : y = A(1 - exp(-Bt)); Schumacher (S) : y = AexpB/t

式中: y—林分每公顷蓄积量; A—树木生长的最大值参数; t—林分年龄; k—生长速率参数; B—与初始值有关的参数。

2.3 模型精度评价和检验

模型通过统计量^[8,10-13,19]决定系数(R²)、总相

对误差(a₁)、均方根误差(a₂)、平均相对误差绝对值(a₃)、平均相对误差(a₄)和预测精度(a₅)进行评价(表 2),并最终得出最优模型。决定系数 R² 的大小决定预测值与实际值相关的密切程度, R² 越接近 1, 表示相关的方程式参考价值越高。总相对误差 a₁ 的大小表示预测值与实测值之间总体差异, 其值最小效果最好, 但是存在总体效果好而个体差异明显的可能。均方根误差 a₂ 则是表示一组数据离散程度的最好的指标, 其值越大, 说明离散程度大, 其值小, 说明数据比较集中, 它是统计描述与统计分析中最常应用的差异量数。平均相对误差绝对值 a₃ 表现预测值与实测值的偏离大小, 平均相对误差 a₄ 可以用来评定其预测准确度的高低。预测精度 a₅ 是指预测模型拟合的好坏程度, 即由预测模型所产生的模拟值与实际值拟合程度的优劣; 预测精度是衡量预测方法是否适用于预测对象的一个重要指标。

表 2 模型检验统计量

Tab. 2 Model test statistics

统计量	公式	理想值
R ²	$R^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2}{y_i^2}$	1
总相对误差	$a_1 = \frac{\sum y_i - \sum \bar{y}_i}{\sum \bar{y}_i}$	0
均方根误差	$a_2 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (y_i - \bar{y}_i)^2}$	0
平均相对误差绝对值	$a_3 = \frac{1}{n} \sum \left \frac{y_i - \bar{y}_i}{\bar{y}_i} \right $	0
平均相对误差	$a_4 = \frac{1}{n} \sum \frac{y_i - \bar{y}_i}{\bar{y}_i}$	0
预测精度	$a_5 = 1 - \frac{t_\alpha \sqrt{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2}}{\bar{y}_i \sqrt{n(n-m)}}$	1

注: y_i 是第 i 个实测值, \bar{y}_i 是第 i 个预测值, t_α 是 α 为 0.05 时 t 分布值, n 是实测值个数, m 是模型参数个数。

3 结果与分析

3.1 蓄积生长模型比较

各林分类型蓄积生长模型统计量基本情况如下: 所有模型拟合回归系数 R² 在 0.711 ~ 0.905 之间, 表明模拟结果良好。

1) 对于国外松, 模型 G、L 和 R 的拟合效果有明显的优势, 6 个统计量较其余 3 个模型结果都要好, 且变动小, 其中决定系数 R^2 均在 0.84 以上。对于混交林, 决定系数 R^2 在 0.776~0.815 之间, 其中模型 R 的总体优势明显, 统计量平均相对误差绝对值 a_3 、平均相对误差 a_4 和预测精度 a_5 均优于其他模型。

2) 对于软阔类, 除了模型 M, 其他模型决定系数 R^2 都在 0.8 以上; 模型 G 和 L 的模拟结果优势明显, 除了决定系数 R^2 稍小于模型 R 之外, 其余 5 个统计量均优于其他模型。

3) 对于硬阔类, 模型决定系数 R^2 在 0.8~0.905 之间, 虽然模型 M 和 S 的模拟结果都不错, 但是模型 R 在整体上更有优势。

4) 对于马尾松, 模型决定系数 R^2 在 0.711~0.809 之间, 模型 G 的模拟结果优势明显, 6 个统计量的结果均表现良好。

5) 对于杉木, 除了模型 M 的决定系数 R^2 为 0.741, 其他模型的决定系数 R^2 都在 0.8 以上; 模型 K 的模拟结果具有非常明显的优势, 除了决定系数 R^2 稍小, 其他统计量均优于其他模型。

根据统计量的理想值, 对所有模型的统计量进行评价并排序, 表 3 为模型统计量评价指标前三名排序表, 根据排序结果选择排序名次为 1 最多的模型为永丰县各森林类型最优模型。对选定的最优模型的建模数据进行残差分析(图 1)。结果表明: 各森林类型预测结果的残差呈正态分布, 所得残差的 95% 以上均在残差置信区间 $-2\sigma < X < 2\sigma$ (σ 为残差标准差), 模拟结果具有可靠性。

各林分类型最终选定模型见表 4。利用剩余 20% 数据对最终选定模型进行精度检验, 结果见表 5。结果表明, 总相对误差 a_1 都在 0.1 以下, 均方根误差 a_2 在 13~20 之间, 平均相对误差绝对值 a_3 在 0.9~0.26 之间, 平均相对误差 a_4 在 -0.03~0.13 之间, 预测精度 a_5 在 0.78~0.86 之间; 其中, 马尾松的预测精度最高, 软阔类最低。

4 结论与讨论

4.1 结论

1) 通过模型检验统计量对比, 以及残差散点图和直方图得出各树种最优模型。结果表明: 国外松

表 3 模型统计量前三排名

Tab. 3 First three rankings of model statistics

林分类型	名次	R^2	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	最优模型
国外松	1	R(0.848)	L(-0.0248)	L(12.1547)	G(0.1348)	G(-0.0351)	L(0.8261)	L
	2	K(0.847)	R(-0.0342)	G(14.048)	R(0.1487)	R(0.0416)	G(0.7964)	
	3	G(0.846)	G(-0.0381)	R(15.3199)	L(0.1823)	L(-0.0903)	R(0.773)	
混交林	1	K(0.818)	L(0.0223)	R(16.2709)	R(0.1836)	G(-0.0569)	R(0.7951)	R
	2	S(0.815)	M(-0.0266)	L(19.7044)	S(0.1872)	K(0.0672)	L(0.7673)	
	3	R(0.811)	R(0.0301)	K(20.6527)	K(0.2002)	R(0.0736)	K(0.7537)	
软阔	1	R(0.807)	L(0.0047)	G(9.8638)	G(0.1284)	L(-0.0106)	G(0.8409)	G
	2	G(0.806)	G(-0.0113)	L(10.4038)	L(0.1309)	G(-0.0198)	L(0.8295)	
	3	L(0.803)	S(-0.0129)	S(11.7448)	K(0.2531)	S(0.0976)	R(0.8266)	
硬阔	1	R(0.905)	M(0.0504)	R(17.2698)	S(0.2329)	M(-0.0449)	R(0.8199)	R
	2	G(0.902)	S(0.0893)	S(21.3704)	L(0.2457)	L(0.0702)	S(0.7831)	
	3	L(0.901)	K(0.0985)	G(25.237)	K(0.2764)	S(0.1135)	L(0.7377)	
马尾松	1	G(0.809)	G(-0.003)	K(18.3624)	G(0.0959)	G(-0.029)	K(0.7866)	G
	2	R(0.809)	R(0.0085)	G(18.8737)	L(0.1398)	K(0.0371)	G(0.7836)	
	3	K(0.808)	K(0.0102)	L(19.3921)	R(0.1052)	R(0.0474)	L(0.7798)	
杉木	1	G(0.803)	K(0.0054)	K(15.9731)	K(0.0755)	K(0.0172)	K(0.8288)	K
	2	L(0.802)	S(-0.0626)	R(17.1188)	R(0.0928)	R(0.044)	G(0.8131)	
	3	R(0.802)	G(0.0094)	G(17.3692)	G(0.1298)	L(-0.0595)	R(0.8151)	

注: G, K, L, M, R, S 分别为模型 Gompertz, Korf, Logistic, Mistcherlich, Richards 和 Schumacher。

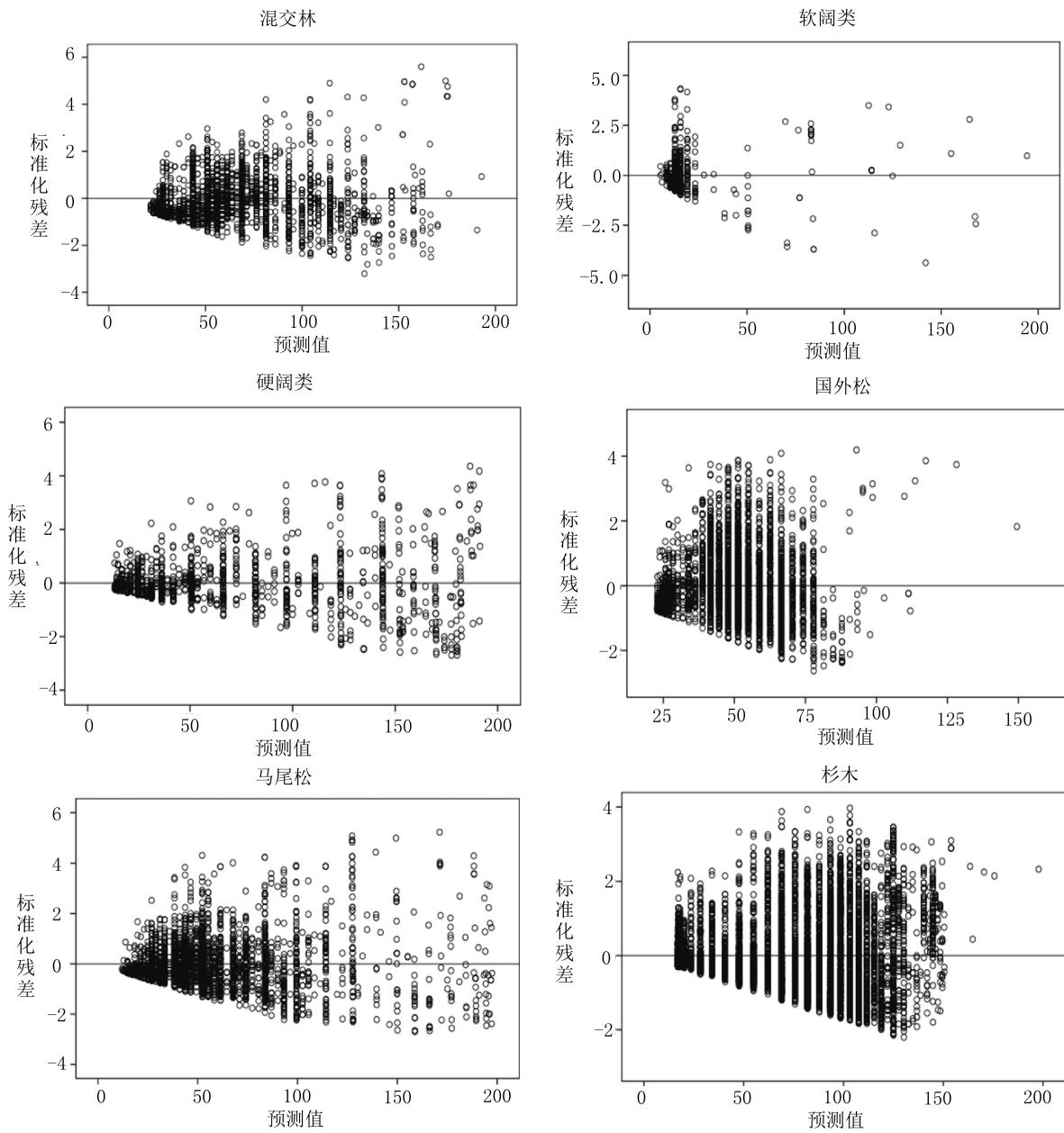


图 1 各林分类型的最优生长模型建模数据的残差散点

Fig. 1 Residuals scatter plot diagram of optimal growth modeling data of various forest stands

表 4 各林分类型最优模型

Tab. 4 Optimal model of various forest stands

林分类型	最优模型	公式
国外松	Logistic	$y = 197.369 / (1 + 36.107 \exp(-0.166 t))$
混交林	Richards	$y = 279.083 (1 - \exp(-0.028 t))^{1.833}$
软阔类	Gompertz	$y = 225.23 \exp(-6.096 \exp(-0.099 t))$
硬阔类	Richards	$y = 264.12 (1 - \exp(-0.041 t))^{3.505}$
马尾松	Gompertz	$y = 265.076 \exp(-4.593 \exp(-0.046 t))$
杉木	Korf	$y = 305.915 \exp(-557.124 t^{-2.156})$

表 5 选定模型的检验样本精度检验结果

Tab. 5 Test results of sample precision for selected model

林分类型	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
国外松	0.0636	19.4804	0.1672	-0.0261	0.8396
混交林	0.0777	15.7117	0.2594	0.1290	0.8308
软阔类	0.0486	13.3567	0.1733	0.0242	0.7825
硬阔类	0.0881	15.7829	0.1339	0.1005	0.8253
马尾松	0.0017	13.4276	0.0987	-0.0175	0.8523
杉木	0.0974	14.2099	0.1371	0.0673	0.8266

最适生长模型为 Logistic, 混交林和硬阔类最适生长模型为 Richards, 马尾松和软阔类最适生长模型为 Gompertz, 杉木最适生长模型为 Korf。

2) 以样本数据对最优模型进行检验, 结果较为理想。就预估精度而言: 马尾松最高, 为 0.852 3; 软阔类最低, 为 0.782 5。

4.2 讨论

林分生长和收获模型是研究森林生长变化规律的基本方法, 也是对整个林分生物量预测的基础手段。对于由单木生长方程向林分水平的推演, 因没有引入林分密度、立地指数等影响因子^[7], 使其就整个林分来说存在着明显的局限性。本文中最终得到的林分蓄积量生长模型能够直接预测林分蓄积量并描述其变化, 还可以派生出连年生长量、平均生长率、生长率等多种描述森林生长的数学模型^[12]。宁镇亚等^[7]以全国森林资源清查提供的蓄积量数据, 在全国尺度上建立了林分蓄积生长模型, 并比较了不同海拔和不同分区的林分平均蓄积和蓄积生长率。

本文研究结果表明, 在永丰县松类(国外松和马尾松)适用模型为 Logistic 和 Gompertz, 杉木的最适模型为 Korf, 而孙世仁^[21]在长白山的红松林研究表明, Richards 和 Gompertz 均有较好的模拟效果; 刘建敏^[22]在广西忻城县的研究表明, 松类和杉类的适用模型均为 Logistic。本文研究表明, 阔叶类(硬阔和软阔)适用模型为 Richards 和 Gompertz, 刘建敏在广西忻城县的研究表明, 阔叶类适用模型为 Richards; 宁镇亚^[7]的研究表明, 栎类的适用模型为 Richards。本文在永丰县的研究表明, 混交林的最适模型是 Richards, 戎建涛^[23]在吉林省金沟岭林场的研究表明, 人工混交林和天然针阔混交林适用模型为 Richards, 而阔叶混交林和针叶混交林适用模型为 Logistic。可见, 在不同地区其林分适用生长模型可能出现不同, 这和所处地理位置、气候带、林分类型等因素相关。

对于以年龄—蓄积量曲线为基础来估算林分碳储量的研究已有文献发表^[12,20]。付甜以三峡库区林分一类调查数据拟合 3 种数学模型得到林分最优年龄—蓄积模型, 并以此为数据基础利用 CBM-CFS3 模型估算其碳储量。冯源基于多次森林连续清查数据和最近一次森林资源二类调查数据拟合 Richards 模型得到最优年龄—蓄积模型, 并通过 CBM-CFS3 模型估算了云南普洱地区碳储量。即在应用 CBM 模型的过程中, 对于林分蓄积生长及产量

模型的构建只考虑以林龄为单因子的年龄—蓄积模型; 但就林分生长模型的构建而言, 还存在诸多问题。因此在类似的后续研究中, 可以引入其他林分影响因子进行研究, 以建立精确性更高的林分蓄积生长模型。

在森林蓄积的研究过程中存在一些不可避免的问题。不同生长方程对于各林分类型的适用性问题, 林分年龄、区域条件、起源以及立地条件等的差异对于林分蓄积预测的影响。因此, 在继续研究的同时, 改进研究方法成为关注点。其中, 解决林分蓄积模型兼容性问题是关注的重点。解聚法的应用在一定程度上减少了林分蓄积量和模型的匹配差异, 但没有在实际上解决问题^[11]。组合预测模型即同时应用单木生长方程和林分生长模型对林分蓄积进行预测, 但是, 由于模型权重系数的稳定性问题, 使该方法也存在局限性。张雄清等^[14]比较分析了几种不同的权重计算方法, 其结果表明, 最优加权法能够去除单项预测模型在组合预测模型中的有偏估计; 但是在他的另一篇论文^[7]中的结果论却没有得到相同的结论。可见, 对于林分蓄积的研究还需研究人员的不懈努力。

参考文献:

- [1] 邓成, 梁志斌. 森林生长收获模型发展中存在的问题及相关建议[J]. 世界林业研究, 2015(1): 92-96.
- [2] VANCLAY J K, SKOVSGAARD J P. Evaluating forest growth models[J]. Ecological Modelling, 1997, 98(1): 1-12.
- [3] 唐守正, 李希菲, 孟昭和. 林分生长模型研究的进展[J]. 林业科学研究, 1993, 6(6): 672-679.
- [4] 戎建涛, 何友均, 应苗苗, 等. 丹清河林场天然次生林林分蓄积量生长模型[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(3): 155-160.
- [5] 付甜, 朱建华, 肖文发, 等. 三峡库区主要森林类型的林分蓄积生长预测[J]. 林业科学研究, 2014, 27(3): 429-434.
- [6] 马丰丰, 贾黎明. 林分生长和收获模型研究进展[J]. 世界林业研究, 2008, 21(3): 21-27.
- [7] 宁镇亚, 相莹莹, 黄麟. 区域尺度碳蓄积研究中的林分蓄积生长模拟——以我国五类主要树种为例[J]. 林业资源管理, 2014(2): 73-82.
- [8] 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.

(下转第 47 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.002

基于 ArcEngine 的大样地中群团样地的自动生成研究

徐志扬

(国家林业局华东林业调查规划设计院,浙江 杭州 310019)

摘要:在大样地群团样地布设中,通过生成大样地中心点并进行点复制平移,得到群团样地的中心点,然后以中心点生成样地正方形,即可完成群团样地布设。文章针对该技术流程,基于 ArcEngine 技术开发 ArcGIS 工具插件,解决按指定边长参数由样地中心点生成样地的技术问题。实践表明,应用该工具插件由样地中心点批量生成样地,可极大地提高工作效率和质量,在样地布设及森林资源监测中具有较高的应用价值。

关键词: ArcEngine; 中心点; 群团样地; 自动生成

中图分类号: S757.21; TP39 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2016)02-0007-03

Automatic Generation of Cluster in Large Plots Based on ArcEngine

XU Zhiyang

(SFA Forest Inventory and Planning Institute, East China, Hangzhou 310019, China)

Abstract: In the layout of cluster in large plot, by generating large plot center point and shifting copy point, get the center of the cluster, and then to generate plot square using the center point, and you can complete the layout of the cluster plot. Aiming at the technical processes, based on ArcEngine technology, ArcGIS tools plug-ins were developed to solve technical problems of cluster plot generation from center of plots in accordance to specified parameters. Practice shows that the application of the tool plug-ins to generate volume plots from the sample plot center, can increase the working efficiency and quality greatly, and it has high application value in the plot layout and forest resource monitoring.

Key words: ArcEngine; center point; cluster plot; automatic generation

为提高全国森林资源监测的时效性,国家林业局于 2015 年开展了全国森林资源宏观监测^[1],即在全国范围内布设 2 km×2 km 的大样地,并在大样地范围内进行群团样地判读和图斑区划判读。群团样地判读需要在已布设完成的大样地中机械布设 25 个群团样地。群团样地形状为正方形,边长为 25.82 m,面积为 0.067 hm²。按照 25 个群团样地的位置关系,在 ArcGIS 平台下可轻而易举地根据已知大样地正方形生成大样地中心点,并通过中心点复

制与移位,得到 25 个群团样地的中心点,剩下的核心问题就是根据群团样地中心点生成群团样地正方形。因此,根据已知大样地多边形生成群团样地即转化为根据群团样地中心点快速准确生成群团样地正方形的问题。本文基于 ArcGIS 10.2 的 ArcEngine 组件技术^[2],以 Visual Studio 2010 为开发工具,运用 C#编程语言,通过编写实用化 ArcGIS 插件工具,将根据已知坐标点生成样地正方形进行程序封装,探讨大样地中群团样地的快速自动生成。

收稿日期:2016-03-18;修回日期:2016-03-29.

作者简介:徐志扬(1981-),男,安徽庐江人,工程师,硕士。从事森林资源监测及 3S 应用。


```

IPoint pt1=new PointClass();
pt1.PutCoords(pt.X - dblLength / 2, pt.Y +
dblLength / 2); //UpperLeft
.....
IPointCollection ptCollection = new PolygonClass
();
ptCollection.AddPoint ( pt2, ref missing, ref
missing);
.....
IFeature polyFeat = polyFeatCS.CreateFeature();
polyFeat.Shape = pPolygon;
polyFeat.Store();
ptFeat = curorFeat.NextFeature();
}
.....
}

```

程序编译成功并安装后,在 ArcGIS 10.2 下添加该工具插件。运行界面如图 1 所示。图 1 所示界面中用户可选择样地中心点图层和样地正方形面图层,并自由设置样地正方形边长。



图 1 群团样地自动生成工具界面

Fig. 1 Clustered plots automatic generating tool interface

2.2 应用举例

以华东监测区 2 452 个群团样地自动生成布设为例,应用 ArcGIS 工具生成大样地中心点图层,并通过坐标点复制与移位,完成 61 300 个群团样地中心点的生成,接下来应用该插件工具自动批量生成 61 300 个群团样地正方形,实际耗时不到 12 min。图 2 和图 3 分别演示的是某省 312 号大样地中 25 个群团样地中心点与自动生成的 25 个群团样地。

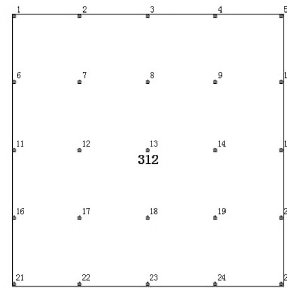


图 2 312 号大样地的群团样地中心点
Fig. 2 Clustered plots' center point of 312's big plot

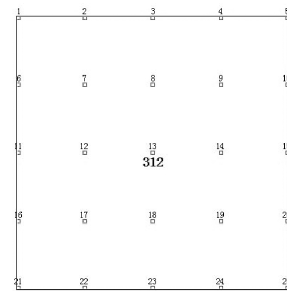


图 3 自动生成 312 号大样地的群团样地
Fig. 3 Automatic generated clustered plots of 312's big plot

3 结语

本文以 Visual Studio 2010 为开发工具,以 ArcEngine 为开发组件,利用 C#语言开发大样地群团样地自动生成工具插件,程序编译成功运行后,在 ArcGIS 10.2 的 ArcMap 中添加该工具插件,实现了根据群团样地中心点批量生成群团样地。实际应用表明,应用该工具能够极大地提高工作效率和工作质量。程序将样地边长参数化,可以根据样地实际大小设置边长,扩大了程序应用范围。该 ArcGIS 工具插件对样地的布设及森林资源监测均具有较为良好的推广意义和应用价值。

参考文献:

- [1] 国家林业局. 全国森林资源宏观监测操作细则 [S]. 2015.
- [2] 邱洪钢,张青莲,陆绍强. ArcGIS Engine 开发从入门到精通[M]. 北京:人民邮电出版社,2010.
- [3] 冯克忠,姜遵锋,徐杨,等. ArcObjects 开发指南(VB 篇) [M]. 北京:电子工业出版社,2007.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.003

一种基于概率神经网络的城市用地高分辨率影像 信息提取方法

程 鹏^{1,2}, 岳彩荣¹, 江 东², 黄耀欢², 刘洋洋¹

(1. 西南林业大学林学院, 云南 昆明 650000; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要:以国产高分辨率遥感影像为主要数据源,在建立城市用地类型体系的基础上,构建了一套结合面向对象的多尺度分割方法和概率神经网络模型优势的城市用地信息提取方法。对唐山市路南区实例验证表明,本研究提出的城市用地信息提取方法和分类结果能够有效地提取包括城市裸地、建筑用地、水体、绿地、道路等城市用地类型,总体分类精度达 86%,kappa 系数达 0.78。

关键词:概率神经网络;多尺度分割;高分辨率影像;城市用地;信息提取;精度评价

中图分类号:S731.2;TP393.07;P283.49 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0010-07

Information Extraction of Urban Land High-resolution Images Based on Probabilistic Neural Network

CHENG Peng^{1,2}, YUE Cairong¹, JIANG Dong², HUANG Yaohuan², LIU Yangyang¹

(1. Forestry College, Southwest Forestry University, Kunming 650000, China;

2. Research Institute of Geographic Sciences and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Taking domestic high-resolution remote sensing image as the primary source of data, and on the basis of the urban land type system, the advantages of object-oriented multi-scale segmentation method combined with probabilistic neural network approach were used to extract urban land high-resolution images of urban land. Tangshan Lunan demonstration showed urban land classification and information extraction method proposed in this study can effectively extract the bare land, building land, water, green space, roads and other types of urban land, the overall classification accuracy was up to 86%, kappa coefficient was 0.78.

Key words: probabilistic neural network; multi-scale segmentation; high-resolution image; urban land; information extraction; accuracy assessment

1 概况

近些年来,随着城市化水平的不断提高,热岛效应、耕地占用、土地利用效率低下等城市生态环境问

题日益受到关注^[1]。城市用地格局和城市发展模式的差异是导致城市生态环境问题的主要原因^[2],因此,快速、准确提取城市用地信息就成为城市生态环境状况监测相关研究的基础性工作。

收稿日期:2016-03-14.

基金项目:国家自然科学基金(31260156)。

作者简介:程 鹏(1991-),男,安徽池州人,硕士研究生。研究方向为资源环境遥感。Email: anhuicp@outlook.com

通信作者:岳彩荣(1964-),男,云南建水人,博士,教授,博士生导师。主要从事林业遥感与 GIS 应用研究。Email: cryue@163.com

遥感地物分类技术已成为城市用地分类和提取的主要方法。传统的基于像素级的分类方法在中低分辨率遥感影像城市用地及变化信息提取中取得较好的应用效果^[3,4]。然而,城市用地具有类型多样、结构复杂、变化较快等特点,传统的单纯依靠光谱特征的像素层次上的分类方法已经不再适合城市用地信息精确提取要求^[5]。随着高空间分辨率遥感影像技术的发展,其丰富的空间结构和纹理信息^[6]使得精确、快速提取城市信息成为可能。如童磊等以高分辨率卫星影像 QuickBird 为数据源,采用面向对象的信息提取技术对惠州市的城市用地信息提取进行了研究^[7]。结果表明,其方法可行,并且利用高分辨率遥感影像的特点,提高了分类精度和分类速度。王冰冰等利用高分一号卫星高分辨率遥感数据,提出一种结合面向对象分类和 GIS 分析技术的城市用地现状分类的处理新模式,实现了城市用地现状的高效分类^[8]。李雪轲等基于 SASI 航空高光谱影像结合多尺度分割的 SVM 分类和多波段分水岭分割 SVM 分类的方法对河北省石家庄市进行了城市用地信息提取^[9],有效地结合了面向对象分类和像元级分类的优势,解决了分类结果类别破碎的问题。虽然上述方法采用面向对象方法有效地实现了高分辨率影像城市用地信息提取,但分割对象的用地分类规则仍依赖于专家的知识及经验,严重影响了最终用地分类精度和方法通用性。

为此,本文在多尺度分割对象的光谱、纹理、形状等特征值计算的基础上,结合概率神经网络技术构建了一种城市用地类型高精度提取算法,以期实现基于高分辨率影像城市用地信息快速精确提取,从而为快速、准确提取城市用地信息提供了理论依据和技术方法途径。

2 研究方法

2.1 城市用地类型分类指标体系

城市用地类型分类指标体系的建立是本研究的前提和关键。在参考《城市用地分类与规划建设用地标准(GB 50137-2011)》^[10]的前提下,充分考虑到城市的实际土地利用情况,以及信息提取的可行性,构建了城市用地类型信息提取的指标体系,包括城市裸地、建筑用地、水体、绿地和道路 5 类指标。城市用地类型分类指标和定义如表 1 所示。

2.2 城市用地信息提取方法流程

以高分一号遥感影像为数据源,运用多尺度分割与概率神经网络相结合的方法对城市用地信息进

表 1 城市用地类型分类指标和定义

Tab. 1 Classification index and definition of urban land use

一类指标	定义
城市裸地 1	城镇、独立用地内部尚未利用的土地
建筑用地 2	建造建筑物的土地,是城乡住宅和公共设施用地,工矿用地,能源、交通、水利、通信等基础设施用地,旅游用地,军事用地等
水体 3	河流、湖泊、水库、坑塘、沟渠、滩涂、冰川及永久积雪
绿地 4	公园绿地、防护绿地等开放空间用地,不包括居住区、单位内部配建的绿地
道路 5	供各种无轨车辆和行人通行的基础设施

行提取,其方法流程如图 1 所示。

2.2.1 数据预处理

首先分别对 8 m 的多光谱和 2 m 的全色数据进行辐射定标;其次,采用 Gram-Schmidt Spectral Sharpening 方法融合 2 m/8 m 高分一号影像生成 2 m 多光谱数据;最后进行几何校正。

2.2.2 影像多尺度分割处理

多尺度分割是自下而上基于区域生长合并的分割方法^[11-12]。多尺度分割中分割参数的设置直接决定分割结果的好坏。在选择了合适的分割尺度、波段比例参数以及形状因子和光谱参数之后对影像进行多尺度分割处理。

2.2.3 对象特征值选择与计算

分割之后的影像会得到众多的特征值,每个特征值都对影像的分类产生影响。影像对象的光谱(如均值、标准差或方差)、形状(如长宽比、面积周长比、分维数)、纹理、拓扑(相邻、包含)等特征参数是分类规则或土地利用类型判定的基本依据^[13]。对于高分辨率遥感图像,可观察到丰富的结构信息,特别是人造地物具有丰富的形状特征和结构特征^[14]。可以根据地类特征组合使用光谱、形状、纹理、拓扑等特征指标选取在概率神经网络中需要参与训练的特征值。所选择的特征值与计算公式如表 2 所示。

2.2.4 概率神经网络的实现

在样本提取的基础上进行概率神经网络分类方法的实现,其中概率神经网络(Probabilistic Neural Networks, PNN)是由 D. F. Specht^[15]在 1990 年提出的。概率神经网络结构如图 2 所示。

概率神经网络通常由 4 层组成。第一层为输入层,每个神经元均为单输入单输出,其传递函数也为

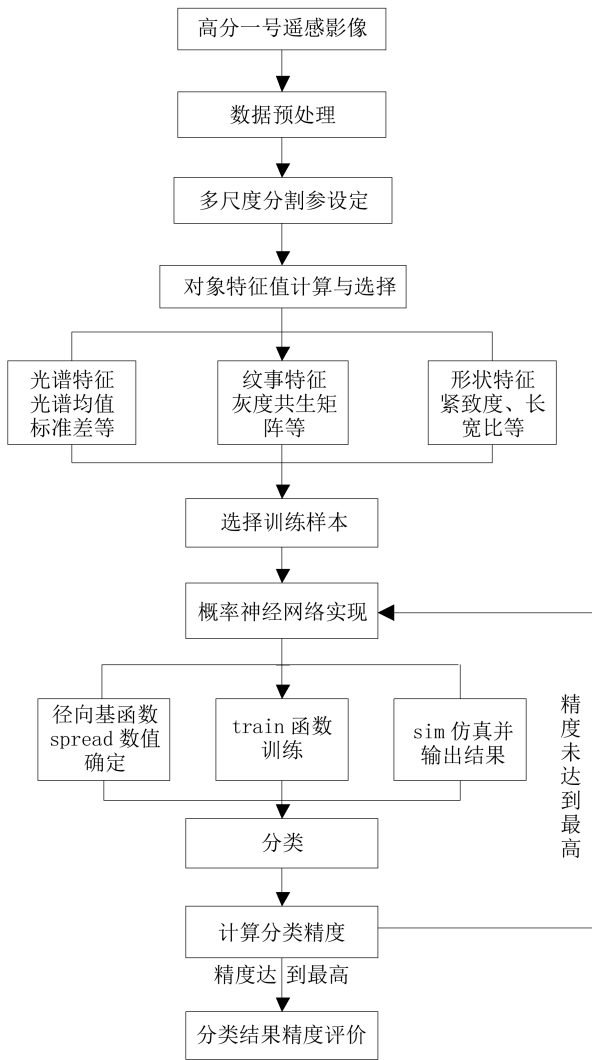


图 1 城市用地信息提取方法流程

Fig. 1 Flowchart of urban land use classification

线性的,这一层的作用只是将输入信号用分布的方式来表示。第二层称之为模式层,它与输入层之间通过连接权值相连接,模式层神经元的传递函数不再是通常的 Sigmoid 函数,而为:

$$g(Z_i) = \exp[(Z_i - 1)/(s \times s)] \quad (1)$$

在进行概率神经网络训练之前需将训练样本数据进行归一化处理。设原始输入矩阵为:

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{m1} & P_{m2} & \dots & P_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

从原始输入矩阵看出,该矩阵的训练样本有 m 个,每一个样本的特征属性有 n 个。在求归一化因子之前,必须先计算 BT 矩阵:

表 2 特征值及其计算公式

Tab. 2 Characteristic value and its calculation formula

特征值	计算公式	
NDVI	$\frac{NIR-R}{NIR+R}$	NIR 为近红外波段, R 为红光波段
标准差	$\sigma_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_{Li} - c_L)^2}{n-1}}$	
亮度	$b = \frac{\sum_{i=1}^{n_L} c_{Li}}{n_L}$	C_{Li} 为第 i 领域对象的图层平均值
平均值	$c_L = \frac{\sum_{i=1}^n c_{Li}}{n}$	
长宽比	$\gamma = \frac{e^2 + ((1-f) * b)^2}{A}$	A 为所有领域对象的总面积, e 为边界长度, b 为边界宽度, f 为填充度
形状指数	$s = \frac{e}{4\sqrt{A}}$	
面积周长比	$\frac{A}{e}$	

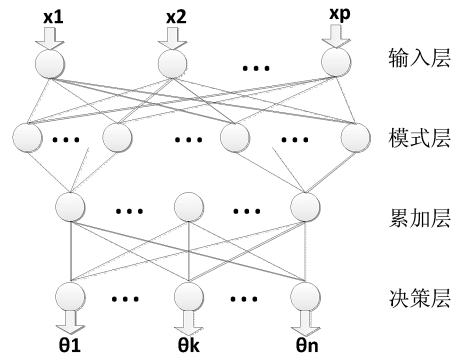


图 2 概率神经网络结构

Fig. 2 Structure of probabilistic neural networks

$$B^T = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_{1k}^2}} & \frac{1}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_{2k}^2}} & \dots & \frac{1}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_{mk}^2}} \end{bmatrix} \quad (3)$$

之后进行归一化处理:

$$Q_{mn} = B_{m \times n} [1 \ 1 \ \dots \ 1]_{1 \times n} \cdot P = \begin{bmatrix} \frac{P_{11}}{\sqrt{M_1}} & \frac{P_{12}}{\sqrt{M_1}} & \dots & \frac{P_{1n}}{\sqrt{M_1}} \\ \frac{P_{21}}{\sqrt{M_2}} & \frac{P_{22}}{\sqrt{M_2}} & \dots & \frac{P_{2n}}{\sqrt{M_2}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{P_{m1}}{\sqrt{M_m}} & \frac{P_{m2}}{\sqrt{M_m}} & \dots & \frac{P_{2mn}}{\sqrt{M_m}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

其次,进行概率神经网络的学习和训练。将归

一化处理后的数据在 matlab 中实现概率神经网络神经元的构建,运用 newpnn 函数可建立概率神经网络函数语句:net=newpnn(p,T,SPREAD)。设 p 为输入样本,T 为目标分类向量,SPREAD 径向基函数的扩展速度,默认值为 1。径向基函数是一个取值仅仅依赖于离原点距离的实值函数,也就是

$$\Phi(x) = \Phi(\|x\|) \quad (5)$$

或者还可以是到任意一点 c 的距离,c 点称为中心点,也就是:

$$\Phi(x,c) = \Phi(\|x-c\|) \quad (6)$$

任意一个满足 $\Phi(x) = \Phi(\|x\|)$ 特性的函数 Φ 都叫做径向量函数,标准的一般使用欧氏距离,其计算公式为:

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n |d_{ik} - c_{jk}|^2} \quad (7)$$

径向基函数的分布密度 SPREAD 对网络的分类性能有着至关重要的影响。当 SPREAD 接近于 0 时,对应的概率神经网络成为一个最邻域的分类器^[16];当 SPREAD 增大后,需要更多地考虑该网络附近的设计问题,所以在网络设计中需要用不同的 SPREAD 值进行尝试,以确定一个最优值。

然后,使用 sim 函数对归一化和维度变换后的用于验证的整幅影像的特征值进行仿真,并且运用 vec2ind 函数使其转换成为类别向量输出^[17]。得到类别向量后,即意味着每个验证数据对应了一种类别,最终完成分类。

3 实例及结果分析

为了验证本文所构建的都市用地信息提取算法的精度,本文以河北省唐山市路南区为实验区进行了算法精度验证。

3.1 数据说明及研究区概况

3.1.1 数据说明

本文采用的数据包括高分一号高空间分辨率遥感数据和边界数据。其中高分一号高空间分辨率影像为 2014 年 9 月 9 号获取的空间分辨率为 2 m 的全色影像和 8 m 的多光谱影像,多光谱影像包含 3 个可见光波段和 1 个红外波段。

3.1.2 研究区概况

唐山市地处渤海湾中心地带,河北省东部,地理坐标为东经 117°31' ~ 119°19',北纬 38°55' ~ 40°28'。唐山市位居燕山南麓,地势北高南低,自西、西北向东及东南趋向平缓,直至沿海。北部和东北部多山,海拔 300~600 m;中部为燕山山前平原,海

拔在 50 m 以下,地势平坦;唐山市陆地总面积 13 472 km²,其中路南区 67 km²。

3.2 参数设定

3.2.1 面向对象分割尺度

本文采用 eCognition 软件对高分一号影像进行多尺度分割,不同的分割尺度会直接影响到后续的分类精度,因此,本文通过设置不同分割参数进行分割处理实验。由于城市地物类型规则平整,建筑物之间有道路相连接,如果分割尺度过大,则会导致道路与建筑物的分割效果不理想,而分割尺度过小,则会导致分割斑块过于破碎。通过反复地实验和研究,多尺度分割的参数设置为:形状因子指数权重 0.1;紧致度因子指数权重 0.5;4 个波段图层权重分别均为 1。图 3 为形状、紧致度、平滑度相同的条件下分割尺度参数不同而导致的分割结果的差异。通过综合考虑分割精度和算法的效率,本文选用分割尺度为 100 的分割结果。并选取了 13 类对象特征值(NDVI、4 波段的标准差和平均值、亮度、长宽比、形状指数、面积周长比)进行后续的概率神经网络分类工作。

3.2.2 基于概率神经网络的对象分类

以分割后的对象为基础实现基于概率神经网络的对象分类,首先需要进行训练样本的选取。由于城市用地中建筑用地居多,其提取精度决定最终的整体用地信息提取精度。因此在选择样本时建筑用地样本多于其他地物类型样本。本研究在唐山市路南区选取的城市裸地、建筑用地、水体、绿地、道路等类型的样本数量分别为 40,50,40,40,40。

其次,进行概率神经网络的学习与训练。将创建的 210×13 的矩阵进行归一化处理,进而在 Matlab 中构建概率神经网络函数进行学习和训练,并进行最后的仿真。经过反复学习和训练,最终确定径向基函数的分布密度 SPREAD,设定 2.5 为本研究区城市用地分类的最优值。

4 分类结果及精度评价

4.1 分类结果

在唐山市路南区研究区,城市建筑和绿地分布广泛且集中,采用概率神经网络方法得到了较好的分类效果。图 4 为影像多尺度分割之后用概率神经网络方法得到的分类结果和影像多尺度分割之后目视解译得到的分类结果。

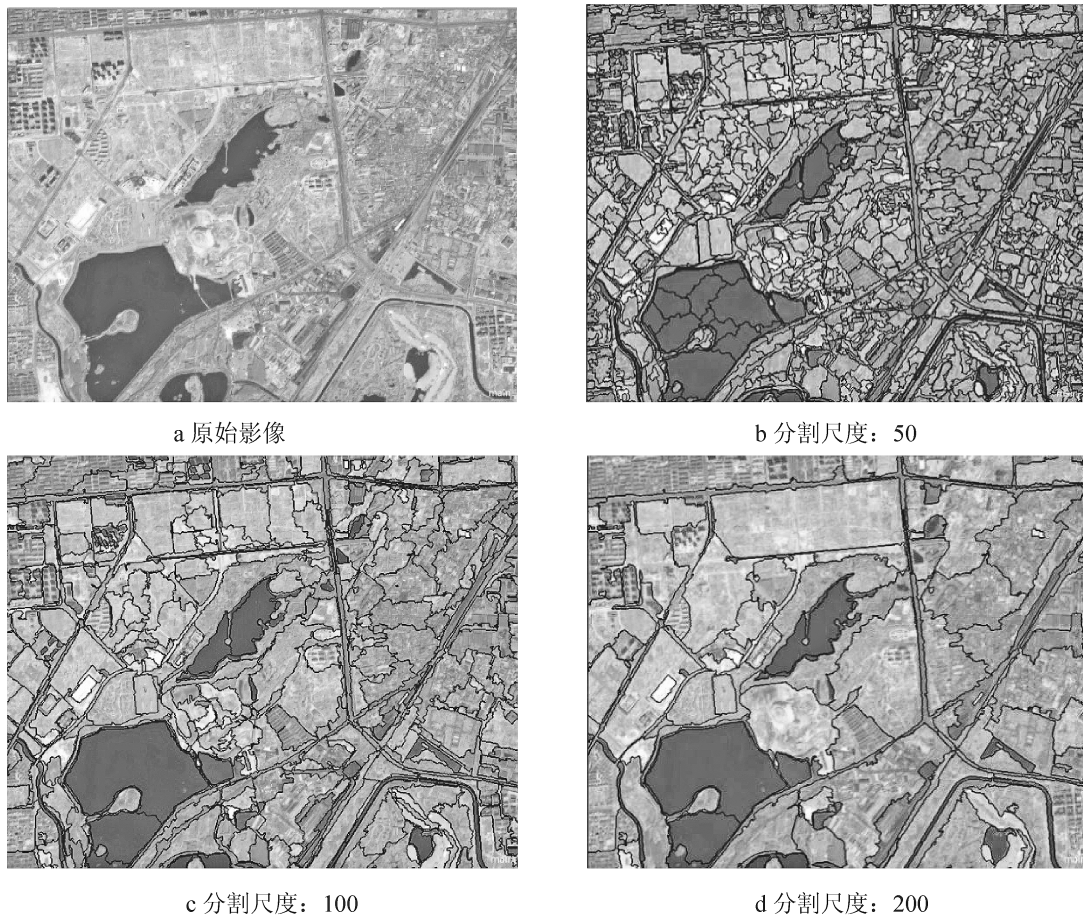


图 3 不同尺度下的分割结果

Fig. 3 Segmentation results of the different scales

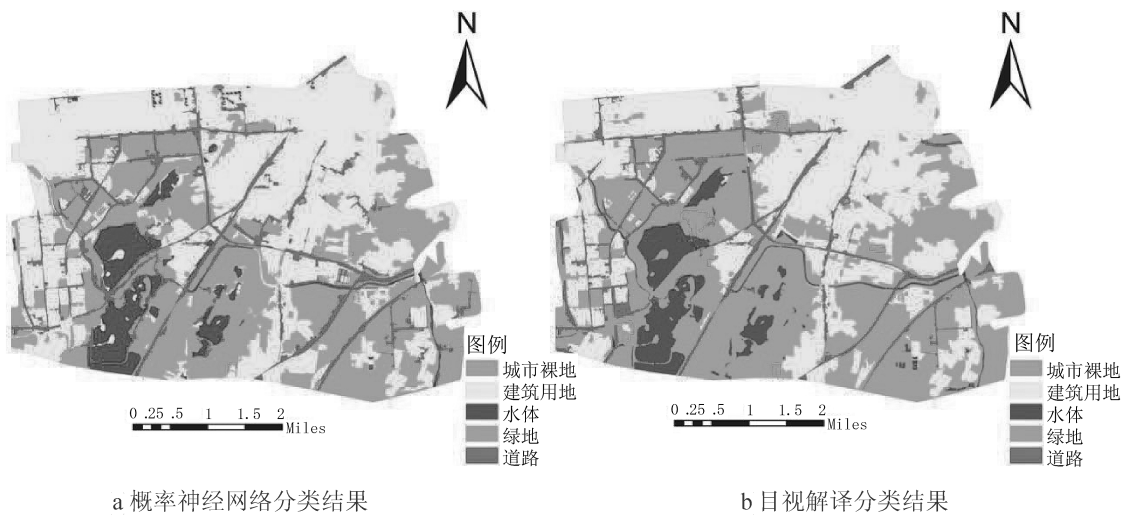


图 4 分类结果

Fig. 4 Results of classification

4.2 精度评价

为了对本文所用方法的精度进行评价以验证提出的方法可行性,本文以基于高分一号遥感影像进

行人工解译土地利用数据作为标准与本文研究的土地利用分类结果进行了比较分析,获得其混淆矩阵如表 3 所示。

表 3 概率神经网络分类与人工解译混淆矩阵

Tab. 3 Confusion matrix of probability neural network classification and artificial interpretation

单位/km ²	概率神经网络分类结果					x+i 总体
	道路	建筑用地	绿地	城市裸地	水体	
道路	2.80	0.59	0.38	0.01	0.00	3.78
建筑用地	0.60	26.24	0.45	0.07	0.19	27.55
绿地	1.53	4.01	25.20	0.14	0.01	30.89
城市裸地	0.05	0.06	0.28	0.36	0.72	1.47
水体	0.44	0.47	0.00	0.00	3.69	4.60
xi+	5.42	31.37	26.31	0.58	4.61	68.29

获取混合矩阵参数后,可以得出各对象类别的分类精度及总体精度(表 4),精度计算公式为:

$$P_c = \sum_{k=1}^m P_k / N \quad (8)$$

式中: P_c 为总体分类精度; P_k 为混淆矩阵对角线元素; N 类别总数。表 4 为各类别分类精度以及总体精度。

表 4 各地物分类精度及总体精度统计

Tab. 4 Statistical table of classification accuracy and overall accuracy of parts %

各地物分类精度					总体精度
道路	建筑用地	绿地	城市裸地	水体	
74	95	82	44	80	86

通过表 4 的分类结果精度可以看出,总体上土地利用类型的自动分类结果和人工解译的结果相差较小。城市的地物类别以建筑用地为主,水域、绿地光谱特征与纹理特征与其他地物差异明显,所以分类精度较高。由于道路的光谱特征与建筑物的光谱特征相类似,而且受到了高层建筑物阴影的影响,所以在建筑物之间的道路分类精度略低,导致整体道路的分类精度略低。由于路南区为唐山市主城区之一,裸地面积较少而且受到部分绿地和建筑用地的影响,所以导致城市裸地的分类精度较低。

为了进一步验证该概率神经网络分类方法的结果精度,本文采用了 Kappa 分析法进行一致性分析。KHAT 统计如下式所示:

$$k_{hat} = \frac{N \sum_1^r x_{ii} - \sum_1^r x_{i+} x_{+i}}{N^2 - \sum_1^r x_{i+} x_{+i}} \quad (9)$$

式中: r 是误差矩阵中总列数(即总的类别数); x_{ii} 是误差矩阵中第 i 行第 i 列上像元数量(即正确分类的数目); x_{i+} 和 x_{+i} 分别是第 i 行和第 i 列的总像元数量; N 是总的用于精度评估的像元数量。

当 2 个分类结果完全一致时,Kappa 值为 1。Kappa 值的范围应该在 0~1 之间,Kappa 值大于等于 0.75 时,两者的一致性较好;Kappa 值大于等于 0.4 并且小于 0.75 时,两者一致性一般;Kappa 值小于 0.4 时,两者一致性差^[18]。本研究得到的 Kappa 系数是 0.78,说明唐山市路南区的土地利用自动分类的结果与人工解译的结果在一致性上是较好的,说明该分类方法和分类结果符合精度要求。

5 结论

城市用地信息提取是个耗时耗力的工作,也是城市用地类型分布相关研究的难点和基础性工作。高分辨率遥感影像相对于中低分辨率影像能够更精确地对城市用地进行信息提取,但如何能够高效率地利用高分辨率遥感影像中丰富的纹理、结构和光谱特征以满足对城市用地类型相关研究的要求是一个难点。本文构建了一套将面向对象多尺度分割与概率神经网络相结合并运用到城市高分辨率遥感影像分类中的信息提取方法,通过对河北省唐山市路南区的用地信息提取,证明本文所构建的城市用地信息提取方法能够有效地提取包括城市裸地、建筑用地、水体、绿地、道路等城市用地类型,总体精度达

到 86%, 信息提取速度和效率较其他方法有较大的提高, 本文构建的结合面向对象方法和概率神经网络的 城市用地信息提取方法, 对高分辨率遥感影像信息利用也较充分, 符合实际应用研究要求, 可为城市生态环境监测等相关研究提供方法支撑。

参考文献:

- [1] 俞孔坚, 韩西丽, 朱强. 解决城市生态环境问题的生态基础设施途径[J]. 自然资源学报, 2007, 22(5): 808-816.
- [2] 彭保发, 石忆邵, 王贺封. 城市热岛效应的影响机理及其作用[J]. 地理学报, 2013, 68(11): 1461-1471.
- [3] 陈志强, 陈健飞. 基于多波段 K-L 变换法的福州市城市用地及其变化信息提取[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2006, 22(3): 100-103.
- [4] 徐涵秋, 杜丽萍. 遥感建筑用地信息的快速提取[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(4): 574-579.
- [5] 严海英. QUICKBIRD 影像用于城市用地信息提取方法[J]. 测绘科学, 2008, 33(2): 216-217.
- [6] 周春艳, 王萍, 张振勇. 基于面向对象信息提取技术的城市用地分类[J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(1): 31-35.
- [7] 董磊, 邹峥嵘. 基于高分辨率卫星影像的城市用地信息提取研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2009, 32(2): 128-130.
- [8] 王冰冰, 杨鹤松, 王军锋. 基于高分遥感影像的城市用地现状信息提取[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(4): 61-63.
- [9] 李雪轲, 王晋年, 张立福. 面向对象的航空高光谱图像混合分类方法[J]. 地球信息科学学报, 2014, 16(6): 941-948.
- [10] GB 50137-2011. 城市用地分类与规划建设用地标准[S]. 2011.
- [11] BENZ U C, HOFMANN P, WILLHAUCK G, et al. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2004, 58(3): 239-258.
- [12] WALKER J, BLASCHKE T. Object-based land-cover classification for the Phoenix metropolitan area: optimization vs. transportability[J]. International Journal of Remote Sensing, 2008, 29(7): 2021-2040.
- [13] 王敬贵, 范建友, 陈丹. 基于面向对象分类技术的小流域土壤侵蚀遥感监测方法研究[J]. 人民珠江, 2012(5): 1-6.
- [14] 胡海旭, 王文, 何厚军. 基于纹理特征与数学形态学的高分辨率影像城市道路提取[J]. 地理与地理信息科学, 2008, 24(6): 46-49.
- [15] SPECHT, DONALD F. Probabilistic neural networks[J]. Neural networks, 1990: 109-118.
- [16] 李海洋, 范文义. 基于概率神经网络的遥感图像分类 MATLAB 实现[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(6): 55-56.
- [17] 喻昕玥, 吴良才. 概率神经网络在 ETM+ 影像分类中的应用[J]. 矿山测量, 2014(6): 30-32.
- [18] BLACKMAN N, KOVAL J. Interval estimation for Cohen's Kappa as a measure of agreement[J]. Statistics in Medicine, 2000, 19: 723-741.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.004

基于 Landsat 数据的普洱市土地利用变化动态监测

申 晨¹, 岳彩荣¹, 梅鸿刚²

(1. 西南林业大学林学院, 云南 昆明 650224; 2. 石林彝族自治县圭山国家森林公园管理处, 云南 石林 652205)

摘要:以普洱市 2005 年和 2014 年 Landsat 数据为数据源, 将研究区分为林地、农地、灌草地、水域、建设用地 5 类, 采用神经网络方法提取 2 个时期的土地利用数据并进行动态监测。最终得出普洱市土地利用变化情况: 林地面积减少 10.83%, 农地面积减少 2.50%, 灌草地面积增加 10.3%, 水域面积减少 0.03%, 建设用地面积增加 0.38%。在土地利用变化结果的基础上, 进一步分析了土地利用覆盖动态以及土地利用变化原因。

关键词:土地利用; 动态监测; 神经网络分类; 土地利用动态度; Landsat 数据; 普洱市

中图分类号: F301.2; TP39 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2016)02-0017-06

Dynamic Monitoring of Puer Land Use Change Based on Landsat Data

SHEN Chen¹, YUE Cairong², MEI Honggang²

(1. College of Forest, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;

2. Guishan National Forest Park Management Office, Shilin Yi Autonomous County, Shilin, Yunnan 652205, China)

Abstract: Based on the Landsat TM images of Puer County in 2005 and the Landsat OLI images of Puer County in 2014, the land type is divided into five types of forest land, arable land, shrub and grass, water area and construction land. By using neural network classification method, the land use data is extracted and monitored. Finally, the land use dynamic changes in Puer are analyzed, results show that forest land decreased by 10.83%, arable land decreased by 2.50%, shrub and grass increased by 10.3%, water area decreased by 0.03%, construction land area increased by 0.38%. Based on the result of land use change, cause of the dynamic degree of land use change has been analyzed.

Key words: land use change; dynamic monitoring; neural network classification; dynamic degree of land use; Landsat data; Puer City

随着全球气候变暖, 人口数量增加以及社会生产力水平提高, 人类对森林资源的掠夺式开发和破坏日益严重, 对森林资源的利用程度远超过其可再生能力, 从而导致森林覆盖面积减小, 森林质量急剧下降, 土地荒漠化严重。普洱市地处我国云南亚热带地区, 自然条件优越, 随着人口和社会经济的快速

发展, 土地利用/土地覆盖 (LUCC) 正发生显著变化。利用遥感数据定量地分析和提取出地物类型、分布状况和变化量, 有利于科研人员和政府工作人员及时了解土地利用类型分布现状和变化趋势, 为森林资源调查、管理及其可持续发展提供科学依据。

收稿日期: 2016-03-31.

基金项目: 国家自然科学基金 (31260156).

作者简介: 申 晨 (1990-), 女, 山西太原人, 硕士研究生. 主要研究方向: 资源环境遥感. Email: 15934139963@163.com

通信作者: 岳彩荣 (1964-), 男, 云南建水人, 博士, 教授, 博士生导师. 从事遥感与 GIS 的教学与研究. Email: cryue@163.com

1 研究区概况与数据源

1.1 研究区概况

普洱市位于云南省西南部,地处北纬 22°27'~23°06',东经 100°19'~101°27',是云南省面积最大的州(市)。普洱境内山地面积占 98.3%,海拔 376~3 306 m,受地形、海拔影响,垂直气候特点明显。普洱市大部分地区常年无霜,冬无严寒,夏无酷暑,年均温 15~20.3℃,年降雨量 1 100~2 780 mm,享有“绿海明珠”、“天然氧吧”之美誉。

1.2 数据来源

主要数据源为 TM 影像,研究区遥感影像数据来源于地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn/>),条带号为 130,行编号为 44。2005 年的 TM 影像为 Landsat 5 数据,传感器为 TM,获取时间为 2005 年 1 月 31 日 3:28:04,云量为 0;2014 年的 OLI 影像为 Landsat 8 数据,传感器为 OLI_TIRS,获取时间为 2014 年 2 月 25 日 3:42:17,云量为 0.07%。

表 1 TM/OLI 数据源

Tab. 1 Data source of TM/OLI

成像时间	影像类型	云量/%	分辨率/m	传感器	地球椭球体
2005/1/31	TM	0	第六波段 120 m, 其余 30 m	TM	Krassovsky 椭球体
2014/2/25	OLI_TIRS	0.07	全色波段 15 m, 其余 30 m	OLI_TIRS	Krassovsky 椭球体

其他数据源主要包括:普洱市 DEM 数据、普洱市森林资源二类调查小班数据、谷歌卫星影像。

1.3 数据预处理

受太阳照射条件、大气散射与吸收、云量、卫星姿态以及传感器性能的影响,遥感影像上常包含着非实际地物变化所引起的“伪信息”。为了消除外在变化对遥感影像真实信息的影响,需要对数据进行裁剪、辐射定标、大气校正、几何校正等数据预处理。由于 Landsat 8 数据和其他 TM 数据类似,发布的数据标示 L1T,已做过地形参与的几何校正,一般情况下不需要进行几何校正。

辐射定标是指建立遥感传感器的数字量化输出值 DN 值与其所对应视场中辐射亮度值之间的定量关系。辐射定标得到的结果是表观反射率,它由地表反射率和大气反射率组成。

大气校正处理是去除云和气溶胶等对数据的影响,得到地表真实的反射率的过程,其结果是地表反射率,可用于光谱特征分析。得到 2005 年和 2014 年普洱市遥感数据大气校正前后光谱曲线如图 1 所示。

在 RGB 真彩色合成显示下,同一像元在表观反射率图像和地表反射率图像上有明显差异,植被像元地表反射率光谱曲线在红色波段(700nm 附近)有更高的反射率,斜率更大,更能反映出植被的特点。

2 研究方法

2.1 技术路线

对已下载影像进行裁剪得到普洱市 TM、OLI 数据;结合普洱市 DEM 数据,对 2 个时期的普洱市 TM 数据进行辐射定标、大气校正;结合土地利用分类标准,确定研究区土地利用类型;结合森林资源二类调查小班数据、谷歌卫星影像分别对 2 个时期的普洱市 TM 数据进行遥感图像信息提取,选取训练样本;基于选取的训练样本,利用神经网络方法进行监督分类、分类后处理、得出精度评价报告并制作土地利用图;结合 2 期分类结果进行动态监测,得出各地类的覆盖面积和变化情况;最后,根据 2 个时期土地利用变化情况做出分析。技术路线如图 2 所示。

2.2 土地利用分类体系

土地分类是指在研究分析各类土地特点及其之间的相同性和差异性的基础上划分土地类型。我国《土地利用现状分类》国家标准采用一级、二级 2 个层次的分类体系,共分 12 个一级类、56 个二级类。其中一级类包括耕地、林地、草地、商服用地、工矿仓储用地、住宅用地、公共管理与公共服务用地、特殊用地、交通运输用地、水域及水利设施用地、其他土地。根据《土地利用现状分类》,结合普洱市土地利用类型的实际情况和数据可分性,最终将普洱市的土地利用划分为林地、农地、水域、灌草地、建设用地 5 类。

2.3 分类方法

2.3.1 神经网络原理和特点

随着人工神经网络理论的快速发展和成熟,神经网络也逐渐成为了遥感图像分类的有效手段。与传统的数理统计方法相比,神经网络遥感图像分类最大的优势在于对训练样本的分类没有严格的限制,即不要求数据正态分布,自适应模拟具有特定拓扑结构的复杂非线性模式的功能。常用的神经网络

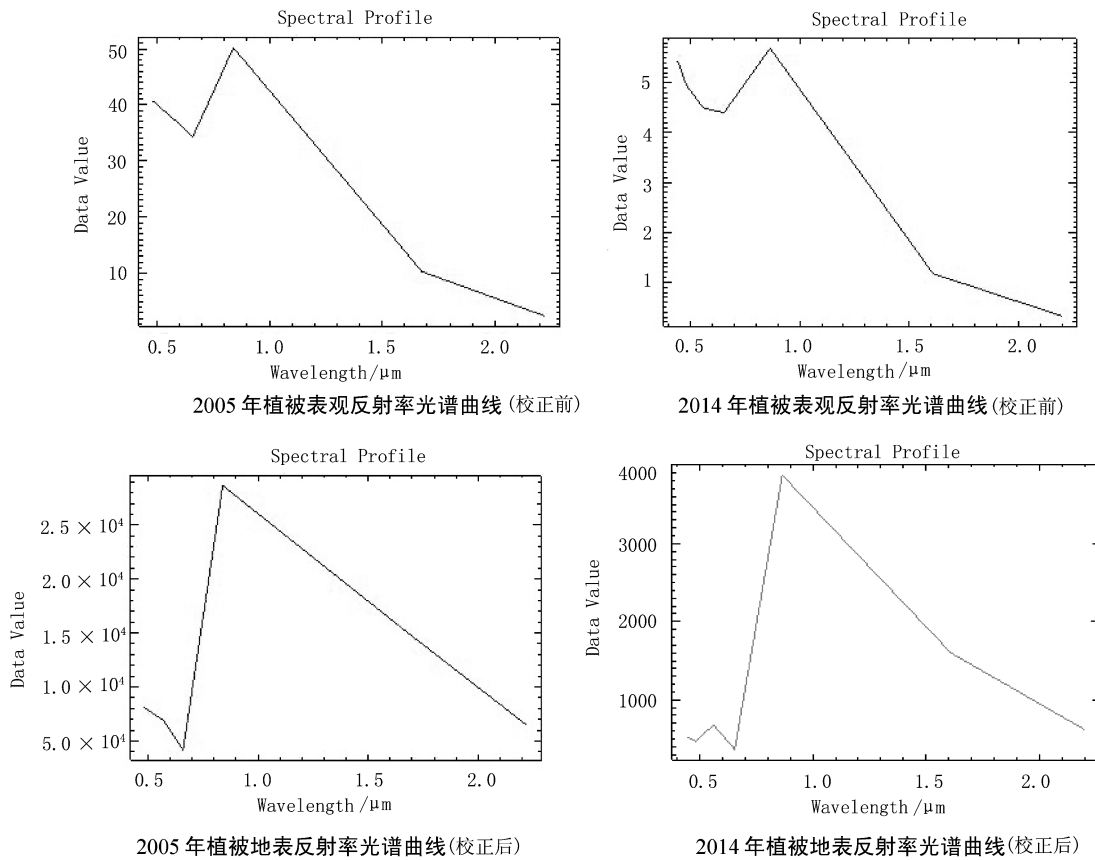


图 1 FLAASH 大气校正前后植被像元光谱曲线变化

Fig. 1 Vegetation spectral values change through atmospheric correction

算法有 BP、RBF、Kohonen 等。

BP 神经网络的结构一般包括输入层、隐层、输出层。隐层可以为一层或多层,而各隐层的神经元个数需要根据实际问题的复杂程度而定。

RBF 网络基本理论是参数化的统计分布模型与非参数化线性感知模型相结合的一种前向神经网络。其本质是非监督分类的聚类方法和有监督分类的单层线形感知器组合而实现非线性映射的神经网络模型。

Kohonen 神经网络结构包括输入层、输出层、以及输入层与输出层之间的权值向量,而且输出层还涉及邻域结构的确定。

2.3.2 训练样本的选择

在监督分类中,训练样本的质量至关重要,直接影响着分类精度。为了能提取出具有代表性的训练样地,影像判读时波段的选择应当具备以下 3 点原则:1)参与合成的波段之间相关性小;2)3 个波段合成的影像中地物光谱差异大;3)参与 RGB 合成波段结合总信息量大。常用的最优波段选取方法为最优

指数法。

为保证训练样本的准确性,将普洱市森林资源二类调查小班数据同时对照 2005 年和 2014 年的普洱市 2 期遥感影像,若某区域在 2 期影像中均为同一地类,则可选为训练样本。最终确定普洱市各类地物目视解译标志统计如表 2 所示。

2.3.3 分类过程

建立好分类所用的训练样本数据后,在 ENVI 下对普洱市 2005 年和 2014 年影像数据进行基于神经网络方法的监督分类,得到土地利用图。由于神经网络方法得到的土地利用图中有较多细小图斑,为去除分类结果中的细小图斑,得到较为理想的土地利用图,对分类结果进行小斑块祛除、聚类处理、过滤处理等分类后处理。经过分类后处理的土地利用图更具有直观性和整体感,有利于对分类结果的判读。

最终得到 2005 年和 2014 年 2 期的普洱市土地利用图(图 3)。

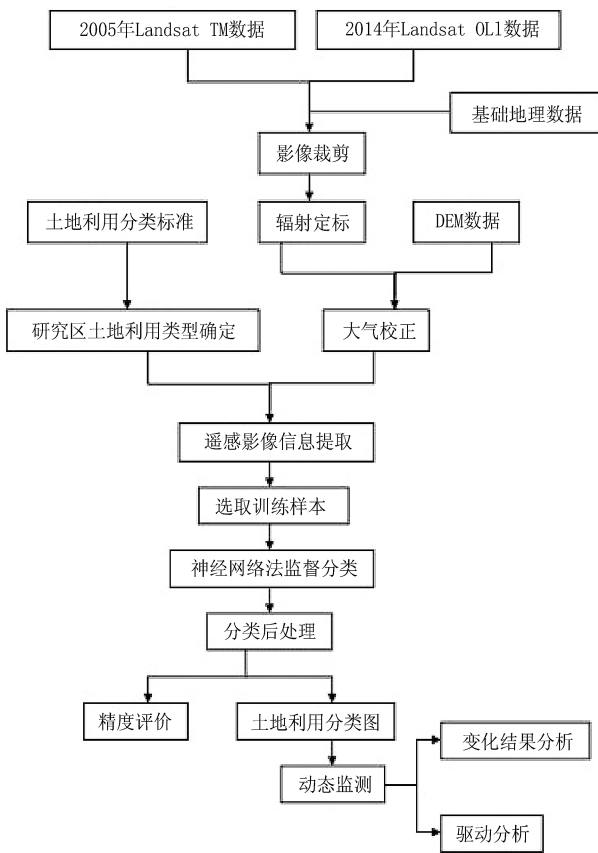


图 2 技术路线

Fig. 2 Technological courses

表 2 各类地物目视解译判读标志

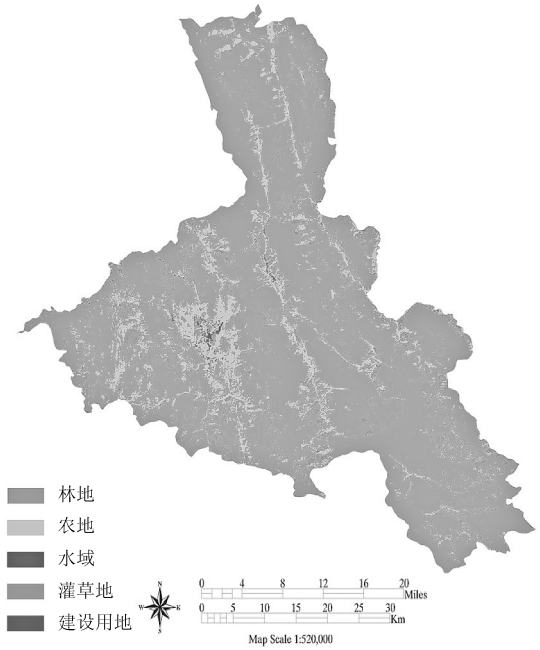
Tab. 2 Various types of visual interpretation

土地利用类型	Landsat 5		Landsat 8	
	波段号 (R G B)	典型影像	波段号 (R G B)	典型影像
林地	432		543	
农地	432		543	
灌草地	541		542	
水域	743		456	
建设用地	743		456	

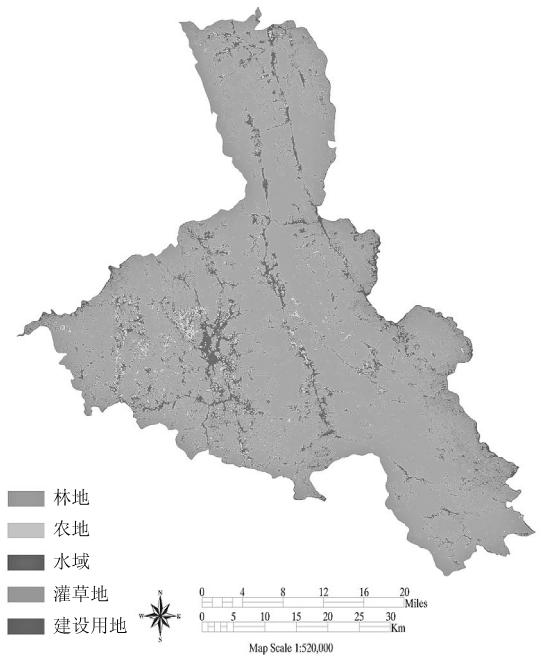
2.3.4 精度评价

为保证精度评价的可靠性,将森林资源二类调

查数据作为样本数据,结合土地利用分类结果,利用混合矩阵进行精度评价,最终得到分类精度评价结果,如表 3 和表 4 所示。



2005年普洱市土地利用图



2014年普洱市土地利用图

图 3 普洱市 2005 年和 2014 年土地利用示意

Fig. 3 Land use map of Puer in 2005 and 2014

由普洱市 2 个时期的神经网络分类精度评价结果可知,2005 年普洱市土地利用分类的总体精度为 96.50%, Kappa 系数为 0.914 4,其中林地、农地、水

表 3 2005 年普洱市土地利用分类精度评价结果

Tab. 3 Accuracy evaluation results of land use classification of Puer in 2005

类型	真实参考总数 (Pixels)	正确分类总数 (Pixels)	生产精度/ %	用户精度/ %
林地	22316	21905	99.20	98.16
农地	4649	4427	97.62	95.22
灌草地	1763	1400	75.19	80.65
水域	476	475	91.88	99.79
建设用地	406	341	58.06	83.99
总体精度: (28548/29583) = 96.5014%			Kappa 系数: 0.9144	

表 4 2014 年普洱市土地利用分类精度评价结果

Tab. 4 Accuracy evaluation results of land use classification of Puer in 2014

类型	真实参考总数 (Pixels)	正确分类总数 (Pixels)	生产精度/ %	用户精度/ %
林地	21983	21523	99.93	99.34
农地	2148	2061	99.93	99.34
灌草地	2633	1627	77.12	92.70
水域	407	392	89.50	92.97
建设用地	2412	1871	80.64	87.72
总体精度: (27474/29583) = 92.8709%			Kappa 系数: 0.8969	

域的生产精度和用户精度均在 90% 以上,精度较高;灌草地的生产精度为 75.19%,用户精度为 80.65%,精度较低。2014 年普洱市土地利用分类的总体精度为 92.87%,Kappa 系数为 0.8969,其中林地和农地的生产精度和用户精度均在 90% 以上,精度较高;灌草地的生产精度为 77.12%,精度较低,建设用地次之。经过对以上验证结果的分析,研究认为,灌草地和建设用地精度较低的主要原因是缺乏样本,另外,研究区位于热带地区,草木茂盛,尽管在光谱特征上灌草地和其他用地的纹理和颜色特征较为典型,但是灌草地和其他用地的分布并不集中,往往镶嵌于林地和农地中,因此容易造成误判。

2.4 基于分类后比较法的动态监测技术

遥感变化监测是利用多时相遥感图像数据,采用多种图像处理 and 模式识别方法提取变化信息,并定量分析和确定地表变化的特征与过程。遥感多光谱影像数据的地类变化监测方法有很多,总体归为

4 类:光谱类型特征分析、光谱变化向量分析、时间序列分析、遥感与 GIS 的综合分析。常用的动态监测方法有图像直接比较法、直接分类法、分类后比较法等。分类后比较法 (post-classification comparison, PCC) 主要基于经过几何配准的不同时相遥感图像的光谱分类,对分类结果进行逐个像元的比较,确定变化信息的分布和类型特征,最终生成变化图像。基于 2005 年和 2014 年普洱市的土地利用分类结果,利用分类后比较法获得 2 个时期普洱市土地利用变化情况。

3 研究结果

3.1 土地利用变化分析

将动态监测结果进行整理,得到普洱市 2005 年和 2014 年土地利用面积统计数据(表 5)。

表 5 普洱市土地利用面积统计

Tab. 5 Land use area statistics of Puer

土地利用类型	2005 年		2014 年	
	面积 /hm ²	比例 /%	面积 /hm ²	比例 /%
林地	282843.54	76.99	252867.86	68.83
农地	33728.93	9.18	24558.90	6.68
灌草地	45723.15	12.45	83568.24	22.75
水域	287.64	0.08	170.10	0.05
建设用地	4793.67	1.30	6211.83	1.69
总计	367376.93	100	367376.93	100

分析土地利用面积统计数据可得到以下结论:

1) 普洱市土地利用类型以林地为主。2005 年普洱市林地面积为 282 843.54 hm²,占全市总面积的 76.99%;2014 年普洱市林地面积为 252 867.86 hm²,占全市总面积的 6.68%。林地面积减少 29 975.7 hm²。

2) 农地面积有所减少。2005 年普洱市农地面积为 33 728.93 hm²,占全市总面积的 9.18%;2014 年普洱市农地面积为 24 558.9 hm²,占全市总面积的 6.68%。农地面积减少 9 170.03 hm²。

3) 灌草地面积有所增加。2005 年普洱市灌草地面积为 45 723.15 hm²,占全市总面积的 12.45%;2014 年普洱市灌草地面积为 83 568.24 hm²,占全市总面积的 22.75%。灌草地面积增加 37 845.09 hm²。

4) 建设用地面积有所增加。2005 年普洱市建

设用地面积为 4 793.67 hm², 占全市总面积的 1.30%; 2014 年普洱市建设用地面积为 6 211.83 hm², 占全市总面积的 1.69%。建设用地面积增加 1 418.16 hm²。

5) 水域面积变化不大。2005 年普洱市水域面积为 287.64 hm², 占全市面积的 0.08%; 2014 年普洱市水域面积为 170.1 hm², 占全市总面积的 0.05%。水域面积减少 117.54 hm²。

3.2 土地利用覆盖动态度

利用单一土地利用动态度公式来计算土地利用的动态度。单一土地利用动态度是分析土地利用变化的重要指标之一, 该公式直接反映 T 时间内某地类变化的幅度和速度(变化速率), 公式为:

$$K = \frac{F_{14} - F_{05}}{F_{05}} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中, F_{05} 、 F_{14} 分别为 2005 年和 2014 年普洱市土地利用类型面积; T 为时间, 单位为“年”; K 为年变化率。动态度统计结果见表 6 所示。

表 6 普洱市土地利用动态度统计

Tab. 6 Dynamic degree of land use in Puer

	林地	农地	灌草地	水域	建设用地
动态度	-1.17	-3.02	9.19	-4.54	3.38

由表 6 可知, 水域减少速度最快, 动态度为 -4.54; 农地次之, 动态度为 -3.02; 森林退化速度为 1.17。灌草地增长速度最快, 动态度为 9.19; 建设用地次之, 动态度为 3.38。

4 结论

利用 2005 年和 2014 年 2 个时期的普洱市 Landsat 遥感影像数据, 基于神经网络方法, 将 2 个时期的土地类型分为林地、农地、灌草地、水域、建设用地 5 类。在土地利用分类的基础上, 绘制 2005 年和 2014 年普洱市土地利用图, 进行土地利用分类动态监测, 并根据动态监测结果分析出土地利用变化情况。经过调查普洱市土地规划的实际情况, 结合土地利用动态监测结果, 得到如下结论:

1) 普洱市 2005 年、2014 年林地占总面积的百分比分别为 79.66% 和 68.83%, 9 年里林地面积减少了 10.83%; 农地占总面积的百分比分别为 9.18% 和 6.68%, 9 年里农地面积减少 2.50%; 灌草地占总面积的百分比分别为 12.45% 和 22.75%, 9

年里灌草地面积增加 10.3%; 建设用地占总面积的百分比分别为 1.30% 和 1.68%, 9 年里建设用地面积增加 0.38%。

2) 林地面积减少的主要原因在于森林的开发利用(如茶叶的种植等)和乱砍滥伐, 单纯依靠自然更新, 重近期利益而轻长远利益。因此, 要把经济效益和生态效益平衡统一起来, 发挥林地的综合效益。

3) 普洱市农作物以水稻和烟叶为主, 农地减少的主要原因在于建设用地、防护林、绿化带对农地的占用。应切实落实农地保护责任, 以“先补后占”为原则, 严格控制农地流失, 加大农地补偿力度, 实现农地占补平衡。

4) 灌草地是普洱市土地利用类型中增长最快的地类。灌草地增加的主要原因在于茶叶种植范围的扩大, 这与普洱市建设“中国茶城”的目标密切相关。

5) 建设用地增加的主要原因在于“以经济建设为中心”的思想指导下的城乡建设、交通水利建设的大力发展。应加强建设用地的集约、节约利用, 合理控制建设用地规模增长, 进一步优化城乡建设用地布局。

综上所述, 在过去的 10 年里, 普洱市的经济得到快速发展, 人均 GDP 逐年增长, 在经济利益的诱惑下, 非法倒卖和私人非法采伐日益严重。因此, 以木材加工为主要产业的经济发展导致森林被大量采伐, 是森林面积下降的主要原因之一。此外, 随着人口的增长, 普洱市的城镇化和工业化水平日益提高, 社会生产力的发展、市场需求等因素都会加快土地开发利用的速度, 从而导致农地、灌草地、建设用地的增加, 进一步加剧了森林面积的减少速度, 使森林资源变得更加脆弱。为推进可持续发展, 实现资源永续利用, 该区域在大力发展林产工业和绿色产业的同时, 应加大措施切实保护森林资源, 优化耕地与基本农田布局, 推进灌草地经济发展, 提高水域治理水平, 合理控制建设用地规模, 在保护与发展之间取得合理平衡, 让绿水青山成为普洱永续发展的 GDP。

参考文献:

[1] 肖鹏峰, 刘顺喜, 冯学智, 等. 中分辨率遥感图像土地利用与覆被分类的方法及精度评价[J]. 国土资源遥感, 2004(4): 41-45.

(下转第 72 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.005

重庆市核心区半自然林地群落物种组成及其更新演替研究

徐伟,林立,祝浩翔,曹冉,唐源英,王海洋

(西南大学园艺园林学院,重庆 400715)

摘要:采用典型样方法,调查重庆市核心区半自然林地的物种组成及群落特征。结果表明,物种共计 150 种,分属于 132 属 74 科;有 5 个植被型,14 个群系,植物群落分布以落叶阔叶林及常绿落叶阔叶混交林为主,分别占调查群落的 36.7% 和 31.6%;生活型谱以高位芽为主,占 48.23%,乔木和常绿落叶树种比为 1:1.1;不同样地多样性指数变化不大,常绿阔叶林多样性指数最低;群落中更新能力较强的树种有香樟、梧桐、女贞、栾树、麻栎等,更新不足的树种有马尾松、刺桐;可推广于城市森林建设的植物有香樟、栾树、梧桐、麻栎、刺槐、胡颓子、黄荆等。并为城市风景林构建和城市生态恢复林构建推荐了优势群落模式。

关键词:半自然林地群落;物种组成;更新演替;多样性指数;城市森林;生态恢复;重庆市核心区

中图分类号:S718.54;S754 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0023-06

Succession and Species Composition of Semi-natural Forest Communities in Core District of Chongqing

XU Wei, LIN Li, ZHU Haoxiang, CAO Ran, TANG Yuanying, WANG Haiyang

(College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: This paper applies plot method to study the species composition and community characteristics of semi-natural communities in core districts of Chongqing. The result shows that there are altogether 150 species belonging to 132 genera and 74 families respectively, 5 vegetation types and 14 plant formations. The distribution of plant communities is dominated by deciduous broad-leaved forest and mixed evergreen-deciduous broad-leaved mixed forest, which accounting for 36.7% and 31.6% respectively of the surveyed communities. The main life form spectrum is Phanerophytes, which accounted for 48.23%. The proportion of *macrophanerophytes* and evergreen-deciduous trees is 1:1.1. The species diversity index in different places has no clear difference, and the species diversity index of the evergreen broad-leaf forest is the lowest of all vegetation types. In the community, species with strong renewable capacity are *Cinnamomum appelianum* Schewe, *Firmiana simplex* (L.) W. Wight, *Ligustrum lucidum* Ait., *Koelreuteria bipinnata* Franch., *Quercus acutissima* Carruth; species which lack of renewable capacity are *Pinus massoniana* Lamb., *Erythrina variegata* Linn.; species can be promoted for urban forest construction include *C. appelianum* Schewe, *K. bipinnata* Franch., *F. simplex* (L.) W. Wight,

收稿日期:2016-01-22.

基金项目:国家林业局年度林业公益性行业科研专项项目(201004064)资助.

作者简介:徐伟(1990-),男,重庆人,硕士研究生.主要从事景观生态学方面的研究. Email: 286250082@qq.com

通信作者:王海洋,教授.从事景观生态学方面的研究.

Q. acutissima Carruth, *Robinia pseudoacacia* Linn., *Elaeagnus pungens* Thunb., *Vitex negundo* Linn., etc.

Key words: semi-natural forest community; species composition; succession; diversity index; urban forest; ecological restoration; core districts of Chongqing

城市森林是指城市内所有木本植物及其伴生种的集合^[1]。城市森林的建设必须以城市周边现有林地组成、结构及其物种多样性调查为基础^[2]。城市植物群落结构及其物种多样性水平对城市森林的功能和健康有较强的影响,同时也会影响到城市森林的可持续发展^[3]。城市森林对城市的综合发展具有举足轻重的地位^[4]。

半自然群落是城市中较为特殊的一类植物群落,是指受人为轻度干扰的自然群落或者是由人工种植后经自然生长、更新和演替所形成的群落^[5]。城市半自然植被是在城市迅速扩张大背景下遗留下来的宝贵自然财富。半自然林地大多数位于城郊或各组团之间,在核心区存在较少。重庆作为山地城市,其开发建设难度为半自然林地的残存创造了条件,核心区中保留有较多的半自然林地。对重庆市核心区残存半自然植被的群落学研究,特别是对于坡地地形上的植物群落研究,可为重庆山地型城市地带性植被研究、城市风景林建设与城市森林的稳定性和可持续发展等方面提供理论依据与实际建议。

1 研究方法 with 内容

1.1 研究地区概况

重庆市核心区位于长江与嘉陵江交汇地带,地貌结构特征复杂,多为低山丘陵^[6],城市中残存有较多半自然林地。本次调查选取核心区林地发育良好、面积较大、植被类型具有代表性且具有一定坡度的半自然林地,共计 4 个样地,即土湾、照母山公园、鸿恩寺公园及歌乐山公园。各样地环境因子如表 1 所示。

1.2 研究方法

实验以核心区内的 4 个具有典型半自然植物群落的地段为研究对象,包括土湾、照母山森林公园、鸿恩寺森林公园和歌乐山森林公园。于 2015 年 6—7 月进行了全面调查。针对每个植被类型设置 4~5 个样方,共计 60 个样方,样方大小为:乔木 10 m×10 m,灌木 5 m×5 m,草本 1 m×1 m。记录样方内植物种类、多度、高度、胸径、覆盖度及生活型等;

表 1 不同样地环境因子

区域	公园名称	林地发育类型	坡度	海拔/m
沙坪坝区	土湾	残存半自然林地	40°~60°	220~380
渝北区	照母山森林公园	生态恢复林地	10°~40°	330~390
江北区	鸿恩寺森林公园	生态恢复林地	20°~60°	310~370
沙坪坝区	歌乐山森林公园	残存半自然林地	30°~60°	240~550

统计各群落乔木层树种的更新苗状况,在 5 个 2 m×2 m 小样方中统计,其中更新苗为高度低于 0.33 m 的乔木幼苗及 0.33~3 m 的乔木幼株。

1.3 数据分析

1.3.1 物种多样性计算

根据野外调查结果,利用 Excel 整理原始数据。丰富度(S): S = 出现的物种数;物种多样性指数采用 Simpson 指数(D)和 Shannon-Wiener 指数(H)计算; $D = 1/\sum(P_i)^2$; $H = -\sum(P_i)\ln(P_i)$ 。

均匀度指数采用 Pielou 指数(J_{sw}):

$$J_{sw} = (-\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i) / \ln(S)$$

式中, P_i 为第 i 种的相对多度, $P_i = N_i/N$, N 为全部物种的总数, N_i 为第 i 个种的个体数^[7]。

1.3.2 生活型谱计算

某一物种生活型的比例计算公式为:

$$L_i = (S_i/S) \times 100\%$$

式中, L_i 为某一种生活型的比例, S_i 为某一种生活型的物种数, S 为物种总数^[8]。

1.3.3 群落更新苗统计

采用 M. E. 特卡钦柯更新评价法,在样方中统计各乔木的更新苗数(健康苗 = 1,衰弱苗 = 0.5),然后将统计结果转换为每公顷的株数。根据换算结果评价各树种的更新情况:更新苗数 > 10 000,表明更新良好;更新苗数为 5 000~10 000,表明更新中等;更新苗数为 2 000~5 000,表明更新不足;更新苗数 < 2 000,表明无更新。更新苗的频度低于 50%,该物种的更新等级则降低一级^[8]。

2 结果与分析

2.1 半自然林地群落类型

根据调查结果显示,研究区域内植被可分为 5 个植被型,共调查 60 个群落样方,具体分布如表 2 所示。研究区域内植物群落可归纳为 24 个群落类型,14 个群系。

表 2 半自然植物群落植被型分布

Tab. 2 Semi-natural plant community distribution

植被型	针阔混交林	常绿阔叶林	落叶阔叶林	阔叶混交林	合计
群落数量	10	9	22	19	60
所占比例	16.7%	15.0%	36.7%	31.6%	100%

由表 2 可知,重庆市核心区半自然群落以阔叶林最为常见,其中:落叶阔叶林最多,占比达 36.7%;常绿落叶阔叶混交林次之,占比为 31.6%;常绿阔叶林最少,仅占 15.0%。主要优势种为香樟、梧桐、构树、栎树及黄葛树,其次为马尾松、楝树、喜树等;针叶林主要分布于歌乐山森林公园,其人为干扰程度最低。

2.2 半自然群落的物种组成

2.2.1 植物种类组成分析

通过对重庆市核心区 4 个半自然林地的调查,结果显示,共记录有物种 150 种,分属于 132 属 74 科。其中蕨类植物有 6 科 8 属 9 种,都是较为常见的地带性蕨类,如海金沙、井栏边草、鳞毛蕨、贯众等,在林下及边坡等范围分布较多,频度较大,其中鳞毛蕨和井栏边草在林下盖度也比较大。种子植物有 68 科 124 属 141 种,其中裸子植物有 3 科 3 属 3 种,分别为马尾松、柏木、杉木。乔木种总计为 42 种,灌木 25 种,草本 78 种,竹类 5 种。

从科植物种类大小顺序上看,有 10 种以上的科只有 2 个,分别为禾本科和菊科;有 5~9 种植物的科有 3 个,分别为蓼科、蔷薇科及桑科;科内有 2~4 种植物的有 25 科;只有 1 种植物的有 43 科。

重庆市核心区半自然林地乔木层上层乔木主要高度为 13~20 m,主要由松科、樟科、梧桐科、无患子科、桑科及蓝果树科等高位芽植物组成,如马尾松、香樟、梧桐、栎树、喜树、黄葛树等,同时也有少量柏木及银毛叶山黄麻群落;亚层植物(3~13 m)较为稀疏,主要物种为刺槐、天竺桂、构树、女贞、朴树等,偶见杜英、秋枫、柞木等。

灌木层(0.9~3 m)在群落中盖度不大,种类相对乔木也较少。主要由乔木层的更新幼苗或幼树组成,不同群落物种差异较大,如香樟、栎树、楝树、女贞、构树等更新良好的物种在各自群落的灌木层中都具有明显优势,部分群落有大面积的金山菜蔬、铁仔及山莓分布。其他较为常见的灌木还有野蔷薇、竹叶花椒、黄荆、菱叶冠毛榕、异叶榕、野牡丹、胡颓子等。

草本层植物盖度随乔木层郁闭度变化有明显区别。在以马尾松、香樟、木荷等为优势物种的群落中,乔木层郁闭度大,地面覆盖有大量枯枝落叶,且阳光稀薄,故而草本盖度比较小,主要为一些耐阴草本,如凹叶景天、浆果薹草、山菅兰及蕨类植物等;在乔木层郁闭度较小的群落中草本盖度较大,主要为求米草、接骨草、野菊、序叶苎麻等。在一些坡度较大的向阳地带分布有大量金发草、芒、斑茅、白茅等禾本科植物。

层间植物的主要物种为香花崖豆藤、三裂叶蛇葡萄、乌莓等木制藤本,海金沙、钮子瓜在层间也较为常见。

2.2.2 生活型谱分析

利用 Raunkiaer C 生活型分类系统对重庆市核心区半自然植物群落生活型谱计算,结果如表 3 所示。

表 3 重庆市核心区半自然群落生活型谱

Tab. 3 Semi-natural communities life form spectrum in Chongqing core area

	高位芽	地上芽	地面芽	隐芽植物	1 年生植物	合计
各植物生活型	68	10	24	13	26	141
所占比例	48.23%	7.09%	17.02%	9.22%	18.44%	100%

由表 3 可知,在重庆市核心区半自然植物群落中,高位芽植物占据绝对优势,占比达 48.23%,多达 68 种;1 年生植物次之,占 18.44%。具体生活型谱排序为:高位芽植物>1 年生植物>地面芽植物>隐芽植物>地上芽植物。

木本植物生活型统计如表 4 所示。

由表 4 可知,半自然林地木本植物乔木种类多于灌木(灌木种类与乔木重叠部分不计),乔木层中落叶树种多于常绿树种,而灌木层则相反,但种类相差不大。

表 4 木本植物生活型统计
Tab. 4 Woody plant life form statistics

生长型	乔木		灌木		合计
	常绿	落叶	常绿	落叶	
物种数	20	22	14	11	67
所占比例	29.85%	32.84%	20.90%	16.41%	100%

2.3 半自然群落植物多样性分析

2.3.1 物种丰富度

选择调查的 4 块区域的半自然林地物种丰富度都比较高,均达到 60 种以上,其中照母山森林公园更高,达到 87 种。各样地植物物种丰富度按大小排序为:歌乐山森林公园>照母山森林公园>土湾>鸿恩寺森林公园(表 5)。歌乐山森林公园位于市郊,属于自然植物群落向城市人工植物群落的过渡性地带,人为干扰较少,因此物种丰富度最高。照母山森林公园属于大型城市综合性开放公园,规模上较另外 2 个区域更大,因此其物种丰富度也比较高。

表 5 不同样地物种丰富度及优势树种状况
Tab. 5 Species richness and dominant tree species status at different sample plot

绿地类型	丰富度	乔木层		灌木层		草本层	
		优势种	重要值	优势种	重要值	优势种	重要值
土湾	68	黄葛树	72.17	女贞	68.21	求米草	47.39
		刺桐	60.53	香樟	42.77	序叶苎麻	31.31
照母山森林公园	81	构树	74.86	朴树	47.34	求米草	51.70
		栾树	52.44	荚蒾	52.62	求米草	34.10
		香樟	47.80	女贞	39.42	凹叶景天	35.56
鸿恩寺森林公园	62	梧桐	61.33	棕榈	31.10	扁竹根	28.40
		刺槐	57.41	构树	49.81	野菊	22.51
歌乐山森林公园	87	马尾松	69.30	木姜子	33.27	苔草	22.85
		香樟	74.18	麻栎	29.30	苔草	41.48

对样地物种丰富度分析显示,4 个样地均显示乔木层物种丰富度最低,其垂直结构顺序为灌木层>草本层>乔木层。灌木层物种丰富度排第一是因为其不仅有灌木种类,还具有大量的乔木幼苗,而草本层则由于乔木的郁闭度较大,生长并不良好,物种相对较少。

2.3.2 物种多样性

1) 不同样地物种多样性分析。4 个样地的 H 多

样性指数均高于 1.9,照母山森林公园和鸿恩寺森林公园较高,歌乐山最低; D 和 J_{sw} 多样性指数 4 个样地相差不大, D 多样性指数在 0.87~0.89 之间波动(图 1), J_{sw} 多样性指数在 0.76~0.80 之间波动。歌乐山森林公园的 3 个指数都最低,是因为歌乐山位于自然林地与半自然林地的过度地带,群落类型区域稳定,乔木覆盖度较大,林下植被较少;而其他 3 个区域的植被多为落叶树种组成先锋植物群落,林下灌木草本丰富,则物种多样性相对较高。总体而言,所选 4 个样地的物种多样性指数比较均衡,没有特别明显的差距。

2) 不同植被类型多样性分析。阔叶混交林植物多样性指数最高,常绿阔叶林和针叶林多样性指数较低。 H 多样性指数波动最为明显,其具体大小次序为:阔叶混交林>针阔混交林>落叶阔叶林>针叶林>常绿阔叶林;常绿阔叶林 D 和 J_{sw} 多样性指数均最低,其它几个植被类型的 D 和 J_{sw} 多样性指数相差不大, D 多样性指数在 0.90~0.92 之间波动(图 2), J_{sw} 多样性指数在 0.81~0.84 之间波动。综合而言,除常绿阔叶林整体多样性指数较低外,其余 4 个植被型的多样性指数波动都不大。原因主要是常绿阔叶林的郁闭度较大,灌木层和草本层发育不良,则林下物种较为稀少。

2.4 半自然群落更新状况

根据群落更新苗统计结果分析,样地内 14 个主要群系类型乔木层树种更新状况如表 6 所示。

由表 6 可见,马尾松及刺桐基本无更新,香樟、梧桐、女贞、木荷、椴树、栾树、山黄麻、喜树更新较为良好,深山含笑、黄葛树、刺槐等更新不足。群落更新状况表明,以马尾松、刺桐为优势种的群落稳定性差,将会经过自然演替,形成以香樟、女贞、构树、栾树、麻栎等为优势种的地带性群落,展现出常绿落叶阔叶混交林的群落特征。

3 讨论及结论

3.1 半自然植物群落优势探讨

研究表明,重庆市核心区半自然植物群落乔木规格较大,高度多为 10~20 m,胸径 25 cm 以上者最多,灌木及草本物种丰富,大多数群落更新良好,群落外貌展现为常绿落叶阔叶混交,季相变化明显,拥有典型的地带性特征。在城市人工植物群落中,乔木以常绿树种为主,高度多集中于 3~6 m,胸径 10~20 cm 的树种最多,灌木和草本物种比较单

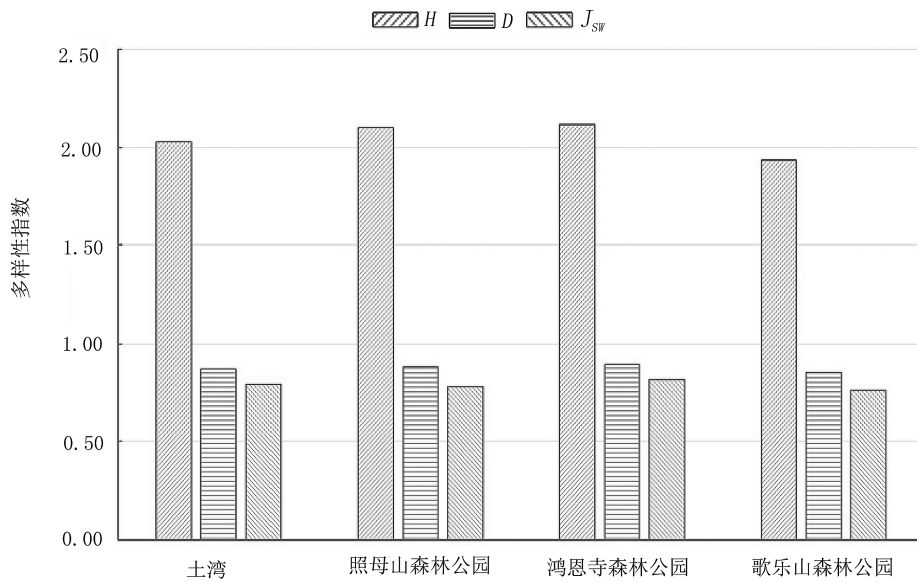


图 1 重庆市核心区不同样地植物多样性分析

Fig. 1 Plants diversity analysis at different sample plot in Chongqing core area

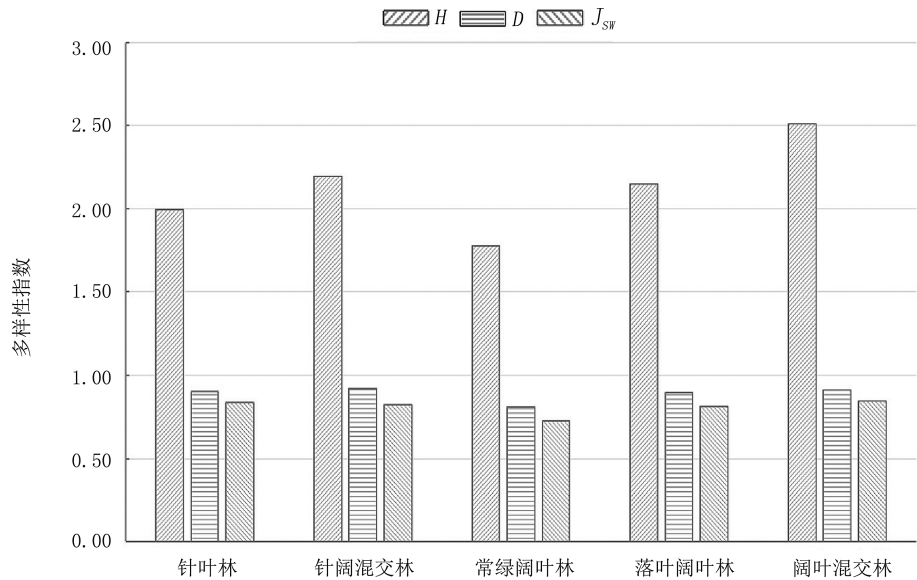


图 2 重庆市核心区不同植被型植物多样性分析

Fig. 2 Vegetation type diversity at different sample plot in Chongqing core area

一,灌木多集中于杜鹃花科、山茶科、木犀科,草本则多集中于禾本科及百合科。由此可见,重庆市人工植物群落的构建脱离了地带性植物群落特征,群落的适应性和稳定性相对较差,常绿乔木占比较大,这将导致群落景观的季相变化少,生物多样性差等问题。

城市残存生境中拥有大量的乡土植物,是城市森林体系中的宝贵财富。将乡土植物应用于城市森

林建设,有利于本土植被多样性保护,最广泛的应用就是最有效的保护;有利于本土文化的传承,乡土植物与当地群众有着千丝万缕的联系,如被称作“摇钱树”的复羽叶栎树,某些地区作为日常香料的木姜子等;有利于抑制外来物种入侵,作为“本地人”,其群落结构稳定,多样性丰富,不会构成生态危害。

在自然生境中,半自然林地也存在不足,乔灌草的配比并不算美观,大多数群落乔木郁闭度较大,林

表 6 群落乔木层树种更新状况

Tab. 6 Community arborous layer tree species status

群系类型	更新良好种	更新中等种	更新不足种	无更新种
马尾松群系	香樟、山黄麻、木姜子	深山含笑	马尾松	
马尾松+香樟群系	香樟	山黄麻、麻栎	马尾松	
木荷群系	木荷	木姜子		
黄葛树群系		黄葛树		
香樟群系	女贞、栎树	香樟		
梧桐群系	梧桐			
刺桐群系	楝树		刺桐	
构树群系	构树	刺槐		
麻栎群系	麻栎	刺槐		
栎树群系	栎树	朴树		
刺槐群系	构树、刺槐	麻栎、泡桐、刺槐		
喜树群系	喜树	梧桐		
楝树群系		天竺桂、楝树		
香樟+栎树群系	栎树	香樟		

下的灌木及草本比较稀疏;其次,半自然植物群落由于缺乏人工管理,长势杂乱,加之乡土植物中多数并不具有良好的景观价值,景观效果较差。所以在城市森林建设中,应结合其功能需求,筛选利用其优势,并通过人工修剪等管理手段优化其景观效果。

3.2 城市森林生态恢复应用前景分析

3.2.1 植物种类探讨

通过对重庆市核心区半自然林地典型植物群落植被区系、群落特征及演替规律等的研究,总结出了具有重庆市典型地带性特征的物种及植物群落,建议将其应用到城市森林建设中。

1) 乔木层以樟科、楝科、壳斗科、桑科、无患子科等植物为代表,主要树种包括香樟、梧桐、女贞、木荷、构树、泡桐、楝树、栎树、山黄麻、喜树、麻栎、黄葛树、木姜子、深山含笑、朴树等。

2) 灌木层以忍冬科、蔷薇科、豆科、紫金牛科、胡颓子科等为代表植物,主要物种有金山菜莲、胡颓子、黄荆、铁仔、山莓、野牡丹、河北木蓝、火棘、小果蔷薇等。

3) 草本层多由禾本科、菊科、苋科、荨麻科及蕨类等植物组成,主要物种有凹叶景天、求米草、接骨

草、序叶苧麻、牛膝、野菊、马兰、柔枝莠竹、金发草等。

4) 藤本植物主要物种有香花崖豆藤、西南菝葜、腹水草、山莓、乌莓、蛇葡萄等。

3.2.2 优势群落模式推荐探讨

半自然植物群落应用于城市森林的构建,按照功能需求,可分为两大类:城市风景林和城市生态恢复林。结合功能需求及立地条件,挑选适合的植物群落作为城市森林建设的整体参考模式。

1) 城市风景林构建。城市风景林注重展示地带性植被特色,强调其景观功能。在植物群落的应用上应采用香樟+山黄麻-泡桐-皱叶狗尾草群落、香樟+女贞-金山菜莲-凹叶景天群落、香樟+栎树-女贞-求米草等。

2) 城市生态恢复林构建。构建此类林地多位于坡度较大,土层较薄,土壤肥力较差的地段,应考虑快速恢复其生态功能,防止水土流失等恶劣影响。推荐应用半自然群落中的先锋群落,其极强的耐瘠薄能力,能够快速地构建出一个较为稳定的群落。然后经过自然演替逐渐形成具有地带性特征的稳定植物群落,如麻栎+刺槐-黄荆-金发草群落、栎树+朴树-胡颓子-求米草群落、构树-盐肤木-柔枝莠竹群落等。

参考文献:

- [1] NOWAK D J. Urban forest structure: the state of Chicago, urban forest [M]. Northeastern Forest Experiment Station, General Technical Report NE-18. DC: USDA, 1994: 3-18.
- [2] 包志毅,罗慧君. 城市街道绿化树种结构量化研究方法[J]. 林业科学, 2004, 40(4): 166-170.
- [3] 何兴元,宁祝华. 城市森林研究进展[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [4] 王伟. 城市森林及其生态恢复研究[D]. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 2005.
- [5] 吴磊. 武汉马鞍山半自然群落的特征及在园林中的应用[J]. 华中农业大学学报, 2008, 27(6): 787-791.
- [6] 四川地理研究室. 四川地理[J]. 西南师范学院学报(自然科学版), 1982(1): 129-130.
- [7] 马克平,黄建辉,于顺利,等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995(3): 268-277.
- [8] 周志翔. 园林生态学试验实习指导书[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.006

玉溪尖山河流域不同植被类型坡面产流产沙规律研究

延红卫¹, 杨芳², 王克勤²

(1. 云南省林业调查规划院营林分院, 云南 昆明 650021; 2. 西南林业大学, 云南 昆明 650224)

摘要:对玉溪市澄江尖山河小流域坡面产流产沙进行定点观测, 分析降雨因子对不同植被类型坡面产流产沙的影响规律, 初步建立了以降雨因子为主的预测径流量和土壤流失量的回归方程, 以及坡面径流量与侵蚀量之间的预测模型。研究表明, 不同植被类型的坡面产流与 P、I、R、 I_{60} 、H 的关系显著; 不同植被类型的坡耕地产沙量与 I_{30} 关系密切, 灌草丛与 I_{10} 关系密切, 其他地类与 I_{60} 密切; 不同植被类型的产流与产沙之间相关性显著。

关键词:植被类型; 降雨特征; 产流产沙量; 预报模型; 尖山河流域

中图分类号: S718.51 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2016)02-0029-05

Regulation of Runoffs and Sediment Generation in Different Vegetation Types of Jianshanhe Watershed, Yuxi

YAN Hongwei¹, YANG Fang², WANG Keqin²

(1. Yinglin Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650021, China;
2. Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: Through the located observation on regulation of runoffs and sediment generation at runoff plot in Jianshanhe watershed of Yuxi city, Yunnan Province, the effects of rainfall factor on the regulation of runoffs and sediment generation in different vegetation types were analyzed, and . Regression equation of forecasting runoff volume and soil loss amount also was set up which according to rainfall factors. The results showed that there was a significant relationship between slope runoff and P, I, R, I_{60} , H in different types of vegetation; Sloping sediment yield in different types of vegetation were closely related to I_{30} , same as shrub grass and I_{10} , other type of soil and 60; The correlation of runoff and sediment generation in different types of vegetation was significant.

Key words: vegetation type; rainfall characteristics; runoff and sediment generation; forecasting model; Jianshan river watershed

珠江流域水土流失最严重的地区是珠江上游南北盘江岩溶地区。岩溶地区由于岩溶发育程度差异导致的岩溶化速度快、成土速度慢、侵蚀严重等特点, 造成了这一地区地表存水艰难、石多土薄、植被群落等级低下、土地石漠化程度高等生态环境特点,

给农业生产和人民生活带来了极大危害。由于地区、土壤、植被、岩性等方面的差异, 土壤侵蚀的特点各不相同, 侵蚀规律差别大。而该地区关于坡面产流产沙的文献较少, 为治理该地区带来极大不便。坡面是水土流失的主要位置, 降雨与坡面径流、土壤

收稿日期: 2016-03-23.

作者简介: 延红卫(1979-), 男, 陕西绥德人, 工程师。从事林业调查规划设计工作。

通信作者: 杨芳(1981-), 女, 重庆万县人, 讲师。从事水土保持、流域生态和经济管理方面的科研。

侵蚀关系密切。本文分析了降雨因子对 4 个不同植被类型坡面径流区的产流产沙的影响规律,并建立了预报模型,为该地区水土流失治理提供一定的理论依据。

1 研究区概况

试验地选择了珠江南北盘江上游岩溶区域的云南省玉溪市澄江县尖山河小流域,为抚仙湖的一级支流。地处北纬 24°32'00"~24°37'38",东经 102°47'21"~102°52'02",海拔 1 722~2 347 m,流域总面积 35.42 km²。尖山河小流域多年平均降雨量 1 050 mm,干湿季分明。6—10 月为雨季,降雨量占全年总降雨量的 75%。11 月上旬至次年 5 月为旱季,降雨量占全年降雨量的 25%。暴雨基本出现在雨季,多年平均洪峰流量为 36 m³/s。年均蒸发量为

900 mm。流域土壤主要是红紫泥土和红壤。流域内林地主要分布在尖山河东西两侧海拔 1 950 m 以上地带,主要乔木树种有云南松、华山松、桉树等。

小流域内主要河道为尖山河,河道长 8.5 km,河床平均比降 $J=0.036$ 。河流泥沙为雨后冲刷形成,年输沙量 4.86 万 t,平均含沙量 0.3 kg/m³,年均输沙模数 1 372 t/km²。年际分布情况为雨季径流量占全年总雨量的 75%,旱季降雨量占全年径流量的 25%,年平均径流深 300 mm。

2 试验小区的布设及试验方法

在自然坡面布设 4 个投影面积为 5 m×20 m 的标准径流泥沙观测小区,分别为云南松天然次生林、桉树人工林、退耕地—灌草丛和坡耕地 4 种地类。径流小区的基本情况见表 1。

表 1 坡面径流小区基本概况
Tab. 1 Basic overview of slope runoff area

小区名称	坡位	坡度/(°)	坡向	土壤类型	主要植物种	海拔/m	盖度/%
灌草丛	坡中下部	20.84	南北向	红紫壤	紫茎泽兰、扭黄茅、鬼针草等	1790	95
人工林	坡中下部	18.58	南北向	红紫壤	云南松、桉树、紫茎泽兰等	1788	65
次生林	坡中下部	24.62	东西向	红紫壤	云南松、紫茎泽兰、扭黄茅等	1787	90
坡耕地	坡中下部	18.58	南北向	红紫壤	种植烟草	1773	

在开挖边界上安装挡水墙,挡水墙露出地面高度为 15~20 cm。小区下方出口处布设集水沉沙池和观测房。集水池容积为 1 m³,其长宽高尺寸分别为 1 m×1 m×1 m。观测房内安装 SW-40 自记水位计,观测集水池内水位,并由此推求径流量。在 4 个小区的中间布设了一个 DSJ2 型虹吸式自记雨量计测定每场降雨的降雨量、降雨历时。降雨结束后,取样用置换法测定泥沙含量。

3 研究结果与分析

3.1 降雨特性与不同植被类型坡面产流产沙之间的关系

在试验地的 4 个坡面径流小区,共收集观测了 39 场产流降雨。

3.1.1 降雨特征与不同植被类型坡面产流的相关关系

地表径流的产生是由于到达地面的净雨强度与土壤渗入强度相互对比的结果,因此影响土壤渗透

性和降雨因子是决定地表径流大小的主要因素^[1]。降雨侵蚀力是降雨引起土壤侵蚀的潜在能力,Wischmeier 和 Smith^[2]发现降雨动能 E 和最大 30min 雨强 I_{30} 的乘积 EI_{30} 与土壤流失量的相关性最好,因此将其作为度量降雨侵蚀力 (R) 的指标,并应用于通用土壤流失方程 USLE 中预报多年平均土壤流失量。降雨动能和雨强组合 EI_{30} 反映了雨滴打击地表和产生的地表径流对土壤侵蚀的综合效应,因而在世界各国得到广泛应用。但是 EI_{30} 计算的是次降雨侵蚀力,需将月或年各次降雨侵蚀力累加得到月或年降雨侵蚀力。由于计算 1 次降雨总动能需要连续记录的降雨数据,数据不易获得,计算过程繁琐,因此不少学者尝试用容易获得的数据计算降雨侵蚀力。谢云等人发现次雨量 P 与 10 min 最大雨强 I_{10} 的乘积 PI_{10} 可以作为我国侵蚀力标准,它定量表述降雨侵蚀力的效果与常用侵蚀力指标 EI_{30} 相当^[3]。本文也选用了用 PI_{10} 替代 EI_{30} 计算降雨侵蚀力 R 。

由于影响坡面径流量和产沙量因素较多,在小区基本情况一致的情况下,选取降雨量、次降雨历时、最大 10 min 雨强、最大 30 min 雨强、最大 60 min

雨强、平均雨强、侵蚀力、前次雨量、距前次降雨的时间等降雨因子与 4 个径流小区地表径流和侵蚀量进行因子相关性分析,相关系数见表 2。

表 2 径流小区径流量、侵蚀量与降水等因子的相关系数

Tab. 2 Correlation coefficient of runoff area, erosion and precipitation factor

径流 小区	次降雨量	平均雨强	侵蚀力	前次雨量	次降雨历时	I ₆₀	I ₃₀	I ₁₀	前次间隔时间	径流量
坡耕地 径流量	0.907	0.449	0.864	-0.017	0.604	0.836	0.731	0.728	-0.161	
灌草丛 径流量	0.826	0.533	0.923	-0.070	0.333	0.866	0.814	0.760	-0.095	
人工林 径流量	0.840	0.630	0.936	-0.201	0.337	0.889	0.805	0.806	-0.068	
次生林 径流量	0.896	0.284	0.788	-0.110	0.681	0.736	0.660	0.690	-0.161	
坡耕地 侵蚀量	0.386	0.623	0.492	-0.138	-0.021	0.466	0.331	0.422	-0.034	0.498
灌草丛 侵蚀量	0.678	0.732	0.899	-0.168	0.120	0.887	0.826	0.776	-0.065	0.797
人工林 侵蚀量	0.635	0.719	0.836	-0.214	0.145	0.844	0.778	0.764	-0.065	0.895
次生林 侵蚀量	0.726	0.326	0.693	-0.206	0.594	0.692	0.643	0.646	-0.171	0.846

在相关性分析表中发现,坡面径流量与次降雨的总降雨量(P)、平均雨强(I)、最大 60 min 雨强(I₆₀)、最大 30 min 雨强(I₃₀)、最大 10 min 雨强(I₁₀)、次降雨历时(H)以及侵蚀力(R)的关系密切,成正相关关系,而与前次雨量和前次间隔时间与坡面径流量成反相关关系。4 个径流小区中,地表径流量与次降雨量的相关性最大,其次是侵蚀力和 I₆₀。这表明地表径流量主要由次降雨量决定,该地区主要是蓄满产流,当地表表面形成临时饱和带,还有降雨时,就会发生饱和地面径流。

由表 2 可看出,4 个径流小区的坡面侵蚀量与坡面径流量(Q)、次降雨的总降雨量(P)、平均雨强(I)、最大 60 min 雨强(I₆₀)、最大 30 min 雨强(I₃₀)、最大 10 min 雨强(I₁₀)、次降雨历时(H)以及侵蚀力(R)的关系密切,成正相关关系。基本与坡面径流量一致,只有坡耕地与次降雨历时成反相关关系。降雨历时小,而雨强很大时,产生的侵蚀量大。此外影响侵蚀量的决定因子不是次降雨量,而是平均雨强,这表明雨滴动能对坡面侵蚀的影响是很大的,当雨强大的时候,坡面侵蚀也随之增大。次降雨量与坡面侵蚀量关系也很大,这表明在雨强很大时,会产生坡面侵蚀;而在雨强较小、但长时间的降雨时,也会发生坡面侵蚀。不过对于次生林小区,次降雨量依然还是主要的决定因子,平均雨强次之。雨强的作用不如其他几个小区的明显,这是由于次生林通过林冠层、枯枝落叶层对大气降雨进行了截留,明显降低了进入林地雨滴的动能,减少了对地表土壤侵

蚀的能力。

在最大雨强中,I₆₀ 与坡面径流量的相关性最强,因此选择坡面径流量与次降雨的总降雨量(P)、平均雨强(I)、最大 60 min 雨强(I₆₀)、次降雨历时(H)以及侵蚀力(R)进行多元回归分析,得到各个径流小区径流量与降雨因子的回归模型表达式(表 3)。

表 3 坡面径流量的回归方程

Tab. 3 Regression equation of slope runoff

小区	径流量与降雨因子的回归方程	R ²	Sig	F
坡耕地	$Q = -2.267 + 0.215P + 0.127I + 0.001R + 0.205I_{60} + 0.9H$	0.853	0.000	38.394
灌草丛	$Q = 0.908 + 0.142P - 0.147I + 0.002R - 0.134I_{60} - 0.723H$	0.879	0.000	47.882
人工林	$Q = -0.099 + 0.188P + 0.172I + 0.005R - 0.31I_{60} - 0.525H$	0.895	0.000	56.106
次生林	$Q = -0.05 + 0.031P - 0.013I + 0.062I_{60} + 0.046H + 0.089R$	0.813	0.000	28.686

从回归模型中可以看出,坡面径流量与 P、I、R、I₆₀、H 的关系显著,R² 与 Sig 均达到了显著相关,其中人工林的复相关系数为 0.895,最为显著。在这 5 个影响因子中,降雨量、降雨侵蚀力与 4 个径流场的径流量都成正相关,表明径流量随着降雨量和降雨侵蚀力的增加而增加。平均雨强与灌草丛和次生林成反相关关系,而与坡耕地和人工林成正相关关系。

灌草丛的草丛和次生林的枯枝落叶层增加了地表覆盖率,极大地减少了雨滴动能,削弱了地表径流强度以及根系固结土壤,提高土壤的抗冲蚀性能。而坡耕地和人工林几乎无枯枝落叶层,地表覆盖率低,坡面径流量随着雨强的增加而增加。 I_{60} 和次降雨历时与灌草丛和人工林成反比,与其它 2 个径流场的径流量都成正比。这表明坡耕地和人工林是由平均雨强和降雨量决定的,而灌草丛和次生林则主要由次降雨量决定。

3.1.2 降雨特征、径流与不同植被类型坡面产沙的相关关系

从表 2 可以看出,坡面产沙量与次降雨的总降雨量(P)、径流量(Q)、平均雨强(I)、最大 60 min 雨强(I_{60})、最大 30 min 雨强(I_{30})、最大 10 min 雨强(I_{10})、侵蚀力(R)的关系密切,成正相关关系,而与前期雨量和前次间隔时间成负相关关系,这与坡面径流一致。坡面产沙量与平均雨强、径流量以及 I_{60} 的相关性最为显著,这表明决定产沙量大小的主要因素是次降雨的平均雨强和径流量、 I_{60} ,随着雨强和径流量的增大而增大。这与李长宝等人对云南省的研究结果较一致,平均雨强、 I_{60} 与土壤侵蚀关系密切^[4]。

坡面径流量与坡面侵蚀关系密切,随着坡面径流的增加,坡面侵蚀量也随之增加,其中人工林的坡

面径流量与坡面侵蚀关系最为密切,相关系数达 0.895,次生林次之,而坡耕地最差,为 0.498。这是因为坡耕地的第一场大暴雨产生的坡面侵蚀量占 4 个月总侵蚀量的 57.54%,由于当时坡耕地植被覆盖率低,土地翻耕过,地表土体疏松,前期土壤干旱,此时的高强度降雨就造成了强烈的坡面侵蚀。

通过逐步回归分析,得到各个径流小区产沙量的回归模型表达式(表 4)。

表 4 坡面产沙量的回归方程

Tab. 4 Regression equation of slope sediment yield

小区	产沙量与降雨因子、径流量的回归方程	R ²	Sig	F
坡耕地	$W = -32.198 - 11.043P + 78.225I - 50.361I_{30} + 24.968Q + 0.395R$	0.699	0.000	15.297
灌草丛	$W = 1.729 - 0.35P + 0.739I + 0.016R - 0.305I_{10} - 0.922Q$	0.926	0.000	82.133
人工林	$W = -4.434 - 0.88P + 0.213I - 0.006R + 1.885I_{60} + 4.03Q$	0.886	0.000	51.396
次生林	$W = 0.07 - 0.037P - 0.008I - 0.0004R + 0.107I_{60} + 2.108Q$	0.756	0.000	20.419

在 4 个径流场中,坡耕地是与 I_{30} 关系密切,灌草丛则与 I_{10} 关系密切,其他的都是与 I_{60} 关系密切。4 个径流场的侵蚀量的回归方程都达到了显著相

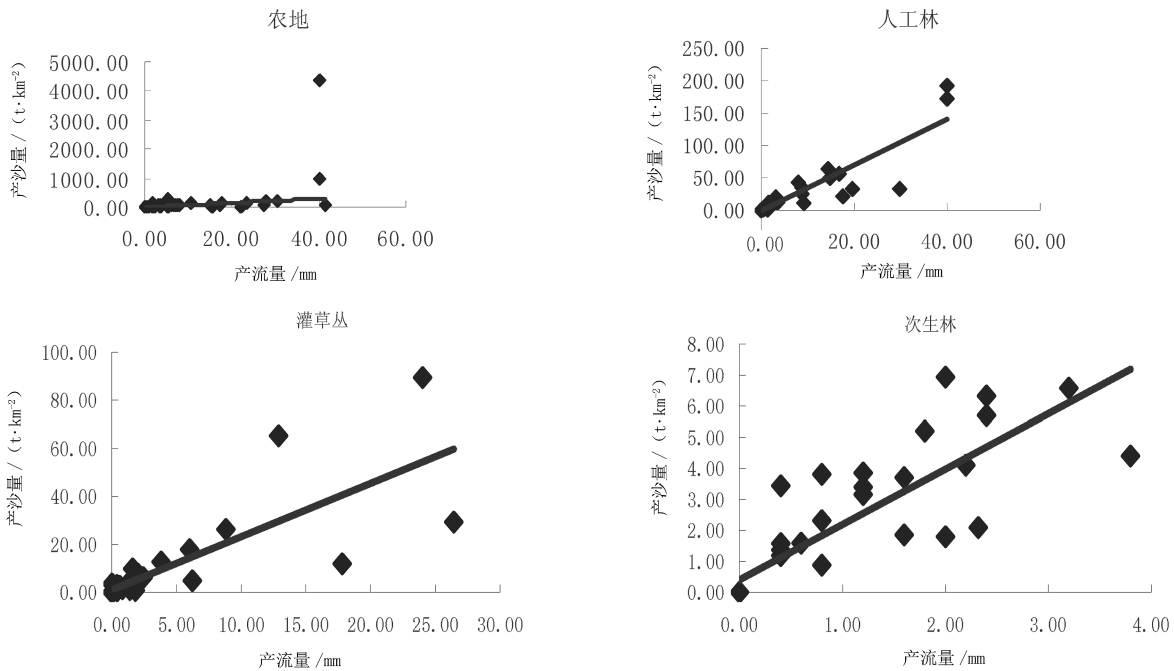


图 1 各径流小区径流深与产沙量的关系曲线

Fig. 1 Curve of each runoff plot and sediment yield

关,灌草丛的复相关关系最大,为 0.926,达到极显著,而坡耕地最小,为 0.699,也达到了显著。这还是由于第一场暴雨引起的侵蚀远远高于其他次侵蚀所造成的。

3.2 不同植被类型坡面产流与产沙的关系

在流域的 4 个小区中,产流量与产沙量都表现出随着产流量的增大而增加的特性,径流和土壤侵蚀是一个多层次的垂直复合系统,而坡面径流是地表水蚀产沙的主要原动力之一。

通过对 4 个小区降雨产流产沙特征值的分析,发现径流量与产沙量之间具有十分明显的线性关系,坡耕地为指数关系(表 5)。

表 5 各径流小区产流产沙之间的相关关系

Tab. 5 Correlation relationship of each runoff plot and sediment yield

小区名称	数学表达式	相关系数 (R^2)	F 值	Sigf 值
坡耕地	$y = 6.456x^{1.029}$	0.644	66.999	0.000
灌草丛	$y = 2.229x + 0.998$	0.633	63.898	0.000
人工林	$y = 3.536x - 1.184$	0.801	149.305	0.000
次生林	$y = 1.786x + 0.393$	0.715	92.945	0.000

4 个径流小区的产沙与产流相关系数都达到了显著相关,人工林地最显著,相关系数达 0.801。

从图 1 可以看出,坡耕地与人工林的产沙量明显地高于次生林和灌草丛。这是由于植被可以阻截部分降雨能量,使土壤表面免于雨滴击溅,对防止溅蚀具有重要意义。植被对地表的保护作用主要取决于植被覆盖率,一般随着覆盖率的增加,侵蚀作用迅速降低,当植被覆盖率超过 60% 后,地表将基本无土壤侵蚀发生。从小区观测结果表明,草灌等低地植物能迅速形成郁闭,切实保护地表,减轻雨滴的击溅破坏作用,增加地表糙率,减缓径流流速,提高土壤抗冲能力,减水减沙作用十分明显。就如次生林植被盖度达到 90%,其产流产沙量要比其他地类减少很多。灌草丛的盖度也达到了 95%,但其综合效

应没有次生林好。原因是该次生林由乔木、灌木、草丛等组成,而灌草丛主要由荒草丛组成,较次生林的结构组成比较单一。因此,产流产沙的作用在该地区是林草结合效果比较好。不同地类的坡面产沙量均随径流深的增加而增加,其中坡耕地与人工林增加速度快,而天然林与灌木林增加速度明显较慢,说明林分结构好的林地水土保持功能明显好于林分结构单一的林地和非林地。

综上所述,不同的径流小区因土地利用方式、植被类型、盖度等因子的不同,使其蓄水保土、调节径流、抗侵蚀的能力有明显的差异,而其中以天然次生林地和退耕地-灌草丛的水土保持功能最好。

4 结论

1) 不同植被类型的坡面产流与 P、I、R、 I_{60} 、H 的关系显著, R^2 与 Sig 均达到了显著相关,其中人工林的复相关系数为 0.895,最为显著。

2) 不同植被类型的坡耕地产沙量与 I_{30} 关系密切,灌草丛则与 I_{10} 关系密切,其他地类都与 I_{60} 关系密切。4 个径流场的产沙量回归方程都达到了显著相关。

3) 不同植被类型的产流与产沙之间具有十分显著的相关关系,相关性显著。不同植被类型的产沙量随着产流量的增加而增加,坡耕地和人工林的增幅明显高于灌草丛和次生林。

参考文献:

- [1] 张建军,朱金兆,魏天兴. 晋西黄土区坡面水土保持林地产流产沙的观测分析. 北京林业大学学报,1996,18(3):14-20.
- [2] WISCHMEIER W H, SMITH DD. Rainfall energy and its relationship to soil loss [J]. Transactions American Geophysical Union, 1958, 39: 285-291.
- [3] 谢云,章文波,刘宝元. 用日雨量和雨强计算降雨侵蚀力 [J]. 水土保持通报,2001,21(6):53-56.
- [4] 李长宝,太史怀远. 降雨特性对土壤侵蚀影响的研究 [J]. 水土保持学报,1990,4(3):63-70.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.007

贵州南部桉树人工林生物量及碳储量研究

甘桂春¹, 王伟², 王晓宁¹, 潘忠松³, 何绍智³

(1. 贵州省林业调查规划院, 贵州 贵阳 550003; 2. 江西省林业调查规划研究院, 江西 南昌 330046;
3. 三都县林业局, 贵州 三都 558100)

摘要:以贵州南部 4 年生桉树人工林为研究对象, 通过样地实测生物量和采用重铬酸钾法测定植物和土壤碳素含量, 建立了桉树林各器官生物量回归方程, 并测定了碳储量及其空间分布特征。结果表明: 桉树林分平均生物量为 160.86 t/hm², 其中乔木层为 157.1 t/hm², 占林分生物量的 97.66%; 桉树林分生态系统各组分碳含量为: 树叶 0.460 2 g/g, 树枝 0.451 5 g/g, 树干 0.478 5 g/g, 树皮 0.375 0 g/g, 树根 0.420 9 g/g, 灌木层 0.427 5 g/g, 草本层 0.407 1 g/g, 枯落物层 0.345 1 g/g; 土壤碳含量随土层深度的增加而减少; 桉树林分生态系统碳总贮量为 172.29 t/hm², 其中乔木层 68.68 t/hm², 占桉树林分生态系统总碳贮量的 39.86%, 灌木层 0.22 t/hm², 占 0.13%, 草本层 0.70 t/hm², 占 0.41%, 枯落物层 0.53 t/hm², 占 0.31%, 林地土壤碳贮量为 102.16 t/hm², 占 59.29%。

关键词: 桉树人工林; 生物量; 碳含量; 碳储量; 贵州南部

中图分类号: S792.39; S718.556 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2016)02-0034-04

Biomass and Carbon Storage of *Eucalyptus* Artificial Stand

GAN Guichun¹, WANG Wei², WANG Xiaoning¹, PAN Zhongsong³, HE Shaozhi³

(1. Guizhou Institute of Forestry Investigation and Planning, Guiyang 550003, China;
2. Jiangxi Forestry Investigation and Planning Institute, Nanchang, Jiangxi 330046, China;
3. Sandu Forestry Bureau of Guizhou Province, Sandu, Guizhou 558100, China)

Abstract: In this study, the biomass, carbon content, carbon storage and their vertical distribution were measured in 4 year old artificial stand of *Eucalyptu*, and the regression equations of eucalyptus forest of Biomass were established. The results showed that: the average biomass of eucalyptus stand is 160.86 t/hm², in which the arbor layer is 157.1 t/hm², accounting for 97.66% of total biomass of eucalyptus stand. the carbon content of leaf, branch, stem, bark, roof, shrub layer, herb layer, litter layer is 0.4602, 0.4515, 0.4785, 0.3750, 0.4209, 0.4275, 0.4071, 0.3451gC/g, respectively; the mean carbon content of soil is 0.0128 gC/g, which reduces gradually with the depth. The total carbon storage of *Eucalyptus* Artificial stand ecosystem is 172.29 t/hm², tree layer accounting for 39.86% (68.68 t/hm²), shrub layer accounting for 0.13% (0.22 t/hm²), herb layer accounting for 0.41% (0.70t/hm²), litter layer accounting for 0.31% (0.53 g t/hm²), soil layer accounting for 59.29% (102.16gt/hm²).

Key words: *Eucalyptus*-artificial stand; biomass; carbon content; carbon storage; South Guizhou

收稿日期: 2016-03-28.

基金项目: 贵州省林业厅青年科技人才培养对象专项基金项目“贵州南部桉树林净生产力及碳储量研究”(黔林科合 J 字[2013]6 号); 贵州省林业厅青年科技人才培养对象专项基金项目“结合地形因子的森林生物量遥感估算研究”(黔林科合 J 字[2013]4 号).

作者简介: 甘桂春(1979-), 男, 江西萍乡人, 工程师, 硕士. 从事林业信息工程、林业调查规划等工作. Email: afdsfddw0128@qq.com

因人类不合理的土地利用方式以及大量化石燃料的燃烧等因素,导致大气中的 CO_2 浓度不断升高,随之而来的气候变暖和碳循环问题已严重威胁到人类的生存和发展,全球碳循环因此成为国内外研究的热点问题之一^[1-3]。森林是陆地生态系统最大的碳储库,在减缓温室效应、调节全球碳平衡等方面具有不可替代的作用。森林生物量是整个生态系统能量流动、物质循环的基础,表征着森林的结构特点、生产力特点及其生态环境,是研究区域生态系统的碳库大小以及评价碳汇功能的基础。土壤是一个巨大的有机碳库,其碳贮量是地上生物量碳贮量的 3 倍左右,且其变化直接影响生态系统碳汇、碳源的性质,因此研究土壤碳贮量及其空间分布特征具有重要意义。

桉树种类多、适应性强、用途广,已成为我国南方主要造林树种。本文基于临时标准地生物量的实测调查,探讨 4 年生桉树人工林的生物量、碳含量和碳储量及其分配特征,有利于制定合理的南方人工林长期林地生产力维持与有效调控措施,并为该区域碳汇林的选择提供理论基础。

1 研究地概况

样地设置于贵州省南部三都水族自治县大河乡怀所村(107°49'18"~108°26'53"E, 25°54'57"~26°6'29"N),为低山地貌类型,海拔 800 m 左右,坡度 15°左右。土壤为黄壤,土层厚度 60~80 cm, pH 值 4.5~5.5,土壤肥力较好。调查区属于亚热带气候,年均温 18℃,年降雨量 1 400 mm。

本研究选择 4 年生桉树人工林,林分生长状况良好,活立木密度为 1 033 株/hm²,郁闭度 0.70,平均胸径 14.0 cm,平均树高 17.4 m。林相整齐,林下灌木较少,主要有白栎(*Quercus fabri*)、川莓(*Rubus setchuenensis*)、猫儿屎(*Decaisnea insignis*)、金银忍冬(*Lonicera maackii*)、珍珠荚蒾(*Viburnum foetidum* var. *ceanothoides*)等,盖度为 5%左右。草本主要有芒(*Miscanthus sinensis*)、芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、蕨(*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*)、大叶竹叶草(*Oplismenus compositus* var. *owatarii*)、蜈蚣草(*Pteris vittata*)等,盖度为 40%左右。

2 研究方法

2.1 乔木层生物量

在桉树林分内选择代表性地段设置 20 m×30 m

样地 3 个,在进行每木检尺的基础上,选取每块样地的标准木,按平均标准木法在各坡向中分别选取 3 株标准木,以 2 m 为区分段进行树干解析,现场分根、干、枝、皮和叶称取鲜重。然后各部分分别取样带回实验室测含水率,由此来推算各部分的干重。利用标准木各器官干重、所有器官的总干重建各器官生物量及总生物量与标准木胸径(D)、树高(H)、胸径的平方乘以树高(D^2H)的回归方程。以样地每木调查结果及相应的回归方程为依据,计算桉树乔木层各个体的生物量,从而得到整个乔木层的总生物量。

2.2 灌木层、草本层和地上凋落物生物量

在样地内按照“品”字型设置 3 个 2 m×2 m 的小样方,调查灌木的种类、株丛数、高度、基径、覆盖度。在每个 2 m×2 m 的样方内设置 1 个 1 m×1 m 的小样方调查草本的种类、株丛数、高度及覆盖度。灌木层和草本层采取全收获法,测定 2 m×2 m 小样方内所有灌木枝、叶、根生物量,测定 1 m×1 m 小样方内草本层、凋落物层生物量,草本层分别测量地上部分和地下部分生物量。

2.3 土壤样品

在样地边界 2~3 m 以内的地方随机挖取 3 个土壤坡面,土壤样品分 0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 3 个层次分别采取。用体积为 100 cm³ 的环刀在各土壤坡面各土层取样,用以测定土壤容重;同时,在各土壤坡面各土层取 300~500 g 左右土样装入贴好标签的样品袋内,用于测定土壤有机碳含量。所有土样贴好标签,带回实验室后认真清除样品中的植物根系、石砾等杂质,在 105℃ 条件下烘干至恒重后备用。

2.4 有机碳

带回的植物样品在 65℃ 下烘干至恒重后粉碎备用;土壤样品则在自然条件下风干后过 0.25 mm 的土壤筛备用。植物样品和土壤样品均采用重铬酸钾-水合加热法测定有机碳含量。

2.5 变异系数计算

变异系数(Coefficient of Variation, CV)是指单位平均水平下标志值的离散程度,是通过变异指标中的全距、平均差或标准差与平均数对比而得到的。标准差变异系数是最常用的变异系数,本文数据处理中的变异系数均指标准差变异系数。

3 结果与分析

3.1 生物量

3.1.1 乔木层生物量回归模型的建立

大量国内外研究表明,乔木层各器官生物量、总生物量与胸径、树高等测树因子之间普遍存在相关关系,且这种相关关系可用数学模型进行拟合^[4-5],其表达式为 $W = ax^b$,式中 x 为自变量,可选用胸径 (D)、树高 (H) 或胸径平方乘以树高 (D^2H) 等测树因子; W 为各器官的生物量或全株生物量; a 、 b 为常数。本文采用多种回归模型进行拟合,发现在胸径、树高和胸径平方乘以树高 (D^2H) 三者中,生物量与胸径平方乘以树高 (D^2H) 之间相关性最为显著。各器官生物量回归模型见表 1。经统计学检验,各器官生物量、总生物量的数学模型的决定系数为 0.751~0.937,且均达到极显著水平 ($P < 0.01$)。其中,总生物量数学模型的决定系数最高,为 0.937,表明模型可以用于对桉树人工林的生物量进行估测。

表 1 桉树人工林生物量估算模型

Tab. Regression models for Eucalyptus artificial stand

器官 Organ	生物量估算模型
树叶 Leaf	$W_L = 5E-05 (D^2H)^{1.3047} (R^2 = 0.836^{**})$
树枝 Branch	$W_B = 3E-09 (D^2H)^{2.682} (R^2 = 0.869^{**})$
树干 Stem	$W_S = 0.1084 (D^2H)^{0.7436} (R^2 = 0.873^{**})$
树皮 Bark	$W_B = 0.0004 (D^2H)^{1.1591} (R^2 = 0.848^{**})$
树根 Root	$W_R = 2E-05 (D^2H)^{1.6173} (R^2 = 0.751^{**})$
全株 Total single-tree	$W_T = 0.0065 (D^2H)^{1.1493} (R^2 = 0.937^{**})$

注: $p < 0.01$

3.1.2 乔木层生物量及其分配

根据建立的各器官生物量、总生物量与胸径平方乘以树高的回归方程,得出桉树人工林乔木层的总生物量为 157.1 t/hm^2 ,各器官生物量占乔木层总生物量的百分比详见表 2。桉树不同器官生物量排列顺序为树干>树枝>树根>树皮>树叶。

3.1.3 灌木层生物量

桉树林相整齐,林下灌木较少且分布不均匀,盖度仅 5% 左右。主要灌木有白栎、川莓、猫儿屎、金银忍冬、珍珠菜等。灌木层生物量为 0.51 t/hm^2 ,其中地上部分为 0.33 t/hm^2 ,地下部分为 0.18 t/hm^2 。

表 2 桉树人工林各器官生物量及分配比例

Tab. 2 Biomass and allocation percentage of organs of Eucalyptus artificial stand $\text{t/hm}^2 (\%)$

树叶 Leaf	树枝 Branch	树干 Stem	树皮 Bark	树根 Root	合计 total
4.26 (2.71)	44.64 (28.42)	72.72 (46.28)	9.64 (6.14)	25.84 (16.45)	157.1 (100)

3.1.4 草本层、枯落物层生物量

桉树林内草本种类较少,主要有芒、芒萁和蕨,平均盖度在 40% 左右。生物量分配见表 3。

表 3 桉树人工林草本层、枯落物层生物量

Tab. 3 Biomass of herb and litter layer of Eucalyptus artificial stand t/hm^2

草本层 Herb layer			枯落物层 Litter layer	合计 Total
地上部分 Aboveground	地下部分 Belowground	总计 Total		
1.028	0.701	1.729	1.523	3.252

3.2 桉树林生态系统中各组分碳含量

3.2.1 桉树林乔木层碳含量

桉树各器官碳含量变化范围为 $0.3750 \sim 0.4785 \text{ g/g}$,其中树干碳含量最大,树叶次之,树皮碳含量最小。各器官碳含量的变异系数排列顺序为树叶>树根>树皮>树枝>树干,变化范围为 $2.78 \sim 7.18$ (表 4)。

表 4 桉树人工林不同器官碳含量

Tab. 4 Carbon contents of different organs of Eucalyptus artificial stand

项目 Item	树叶 Leaf	树枝 Branch	树干 Stem	树皮 Bark	树根 Root	平均 Average
平均值 Average value/ ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	0.4602	0.4515	0.4785	0.3750	0.4209	0.4372
变异系数 Variation coefficient/ %	7.18	3.87	2.78	5.44	6.35	

3.2.2 桉树林下植被及土壤中的碳含量

研究表明,灌木层的碳含量高于草本层,灌木层平均碳含量为 0.4275 g/g ,草本层平均碳含量为

0.407 1 g/g。同时灌木层和草本层地上部分碳含量均高于地下部分(表 5)。

表 5 桉树人工林林下植被碳含量

Tab. 5 Carbon contents of understory in Eucalyptus

artificial stand		g/g
植被 Vegetation	层次 Layer	碳含量 Carbon content
灌木 Shrub	地上部分 Aboveground	0.4427
	地下部分 Belowground	0.4123
	平均 Average	0.4275
草本 Herb	地上部分 Aboveground	0.4126
	地下部分 Belowground	0.4016
	平均 Average	0.4071

枯落物层的碳含量低于乔木层、灌木层、草本层碳含量,可能与部分枯落物已分解或半分解有关。经研究测定,桉树林内枯落物碳含量平均值为 0.345 1 g/g,土壤碳含量平均值为 0.012 8 g/g,并随着土壤深度的增加碳含量逐渐减少(表 6)。

表 7 桉树人工林不同器官生物量及碳贮量

Tab. 7 Biomass and carbon contents of different organs of Eucalyptus artificial stand

树叶 Leaf		树枝 Branch		树干 Stem		树皮 Bark		树根 Root		合计 Total	
生物量	碳贮量	生物量	碳贮量	生物量	碳贮量	生物量	碳贮量	生物量	碳贮量	生物量	碳贮量
4.26	1.96	44.64	20.15	72.72	34.80	9.64	3.62	25.84	10.88	157.1	71.41

3.4 桉树林生态系统碳素库的空间分布

桉树人工林生态系统各组分总碳贮量为 172.29 t/hm²,各组分碳贮量排列顺序为土壤(0 ~ 60 cm) > 乔木层 > 草本层 > 枯落物层 > 灌木层,土壤的碳贮量随着土壤深度的增加而减少(表 8)。

4 结论与讨论

1) 4 年生桉树人工林林分总生物量为 160.86 t/hm²,其中乔木层生物量最大,为 157.1 t/hm²,占林分总生物量的 97.66%;桉树人工林林分各器官生物量之间存在差异,树干生物量最高,为 72.72 t/hm²,占乔木层生物量的 46.28%。

2) 研究表明,4 年生桉树人工林分各层碳含量平均分布为:乔木层 43.72%,灌木层 42.75%,草本

表 6 桉树人工林林下枯落物及土壤碳含量

Tab. 6 Carbon contents of litter and soil under

Eucalyptus artificial stand		g/g
组分 Component	碳含量 Carbon content	
未分解枯落物 Undecomposed litter	0.4122	
半分解枯落物 Semi-decomposed litter	0.3987	
已分解枯落物 Decomposed litter	0.2243	
0 ~ 20 cm 土层 0 ~ 20 cm soil layer	0.0182	
20 ~ 40 cm 土层 20 ~ 40 cm soil layer	0.0109	
40 ~ 60 cm 土层 40 ~ 60 cm soil layer	0.0093	

3.3 桉树林生态系统中各器官碳贮量

桉树各器官和各组分的碳贮量与生物量有着密切的联系,各器官的生物量与相应碳含量的积即各器官的碳贮量。经计算:树干生物量最高,为 72.72 t/hm²,占乔木层生物量的 46.28%,其碳贮量也最高,为 34.80 t/hm²,占乔木层碳贮量的 48.73%;树叶生物量最低,为 4.26 t/hm²,占乔木层生物量的 2.71%,其碳贮量也最低,为 1.96 t/hm²,占乔木层碳贮量的 2.74%(表 7)。

表 8 桉树人工林生态系统碳贮量分布

Tab. 8 Vertical distribution of carbon stock of Eucalyptus artificial stand ecosystem

组分 Component	碳含量 Carbon content/ (g · g ⁻¹)	碳贮量 Carbon stock/ (t · hm ⁻²)
乔木层 Arbor layer	0.4372	68.68
灌木层 Shrub layer	0.4275	0.22
草本层 Herb layer	0.4071	0.70
枯落物层 Litter layer	0.3451	0.53
0 ~ 20 cm 土层 0 ~ 20 cm soil layer	0.0182	46.23
20 ~ 40 cm 土层 20 ~ 40 cm soil layer	0.0109	30.08
40 ~ 60 cm 土层 40 ~ 60 cm soil layer	0.0093	25.85
合计 Total		172.29

(下转第 42 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.008

原始林研究现状与展望

陶 晶,温庆忠,华朝朗

(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:从生态学、基于林分年龄、基于森林动态、社会及文化几方面对原始林的界定,以及关于原始林的生态学研究、社会学研究和资源调查方法来综述原始林的研究现状。并就世界各地对原始林定义存在的争议进行了讨论。指出目前我国对原始林的研究尚处于初始阶段,对原始林资源的调查与评估方面尚属空白,制定我国原始林定义和判别标准,开展原始林资源调查监测具有积极的示范价值。

关键词:原始林;原始林定义;判别标准;原始林资源调查;森林演替

中图分类号:S718.545 文献标识码:B 文章编号:1671-3168(2016)02-0038-05

Virgin Forest Research Status and Prospects

TAO Jing, WEN Qingzhong, HUA Chaolang

(Yunnan Institute of Forestry Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: This paper analyze the virgin forest research status through identification of virgin forest from several aspects of ecology, forest stand age, forest dynamic change and social as well as cultural etc, and also by virgin forest ecology research, social learning research and resources investigation method. The controversy about the definition of virgin forest in the world have been discussed. The conclusion points out that the research on virgin forest currently is at the initial stage in China, and the virgin forest resources survey and evaluation are still in the blank. Therefore, it is important to formulate the definition and criterion of virgin forest, and carried out virgin forest resource survey and monitoring in China.

Key words: virgin forest; definition of virgin forest; criteria; investigation of virgin forest resources; forest succession

原始林是指林龄较大,且没有受到明显人类干扰,天然结构、功能完整的森林。由于人为干扰较少,原始林一般为顶级群落^[1],与分布地的自然环境条件高度适应,具有独特的生态特征,是一个稳定的、自我维持的、成熟的森林群落,也是质量最高的森林。得益于长期稳定的森林环境,原始林往往孕

育着丰富的动植物种类。众多物种及珍稀濒危种类的生存都依赖于原始林为其提供的独特的生态环境条件;原始林也是生物多样性的载体和本地特有物种最重要的栖息地,保存着农业、林业、医药等可持续发展具有重要战略意义的生物基因资源。另外,原始林的生态服务价值包括为人类提供新鲜空气、

收稿日期:2015-12-10.

基金项目:云南省科技惠民计划项目“云南省原始林资源调查监测关键技术研究及应用示范”(2013CA004).

作者简介:陶晶(1966-),男,云南景谷人,正高级工程师.主要从事植物生态学研究. Email:jingt@126.com

通信作者:温庆忠(1968-),男,广东揭西人,正高级工程师.主要从事林业调查监测、森林生态等研究. Email:wengqingzhong5@126.com

清洁水源、固碳、储存营养物质、保持土壤、病虫害控制、调节气候和保存基因库等,其价值可能远远超出其作为原材料库的价值^[2]。由此可见,原始林对于生物多样性保护,对人类社会的生存和可持续发展均有重大意义。

最近几十年来,有关原始林的研究文献大量增加,从近自然森林经营到碳平衡各种研究均把原始林作为研究对象。另外,有关原始林的研究领域、研究方向非常多,内容也十分广泛。本文试图通过对相关文献的收集和整理,分析当前原始林研究方面的现状和不足,以期为我国开展原始林相关研究提供参考。

原始林是生物多样性的重要载体,并具有极高的生态服务价值,对于生物多样性保护和人类社会可持续发展均有重大意义。然而,目前世界各地的研究者对原始林的定义还存在争议,原始林资源调查也没有形成统一的标准和方法。国内目前对原始林调查监测的理论研究和实践几乎还是空白,因此,制定我国的原始林定义和判别标准,开展原始林资源调查监测具有必要性。

1 研究现状

1.1 关于原始林的定义

不同研究论文中对“原始林”的概念目前还存在很大争议,其内涵的差异较大^[3]。产生这些争论和差异的原因是社会对原始林复杂多样的认知和归类方法,不同研究者从不同角度来定义原始林,如从荒野保护、美学价值和精神享受以及经济或工业价值的不同角度,各种概念和定义纠缠不清,至今仍未形成共识。综合收集到的研究文献,从不同的学科和研究者的角度出发,原始林至少有以下儿种定义:

1.1.1 生态学定义

从生态学的角度,原始林通常指具有多层林冠结构,其树种组成、年龄级和树的大小多样性突出,并有“坑”和“丘”的土壤形状以及完善的真菌网的森林^[4]。原始林得益于其结构的多样性,生境的多样性相较于其他演替阶段的林分突出。因此,原始林应该能维持较高的生物多样性,至少其生物多样性水平与其他演替阶段的森林应有显著的不同。原始林突出的特征应包括有大量的枯立木、倒木、粗木质残体(CWD)和保存完整的土壤结构。枯立木为许多类型的有机生物提供食源和生存环境;倒木和粗木质残体直接为土壤提供富碳的有机质,为苔藓、真菌及幼苗提供基层,并通过在森林地表上产生

不同的营养物,从而创造出多样的微生境;保存完整的土壤为许多生命体提供了生存的港湾,未被破坏的土壤通常有精细的剖面层,不同的生命体可能需要依赖特定的土壤层生存,而许多树种的幼苗需要结构良好的土壤才能茁壮成长。

具体到森林的结构和组成,生态学意义上的原始林的群落结构特征包括:多年龄级的林分结构,或存在几个明显可以分辨的年龄组;优势树种的平均年龄达到其最大年龄的一半(大部分耐阴树种为150年以上);少数老树年龄接近其最高年龄(300年以上);出现不同腐烂程度的枯立木、枯倒木以及粗木质废料;优势树种在林隙或腐木上自然更新;种类组成则以生活周期长的耐阴树种为群落的主要成分等。

1.1.2 基于林分年龄的定义

林分年龄也可以用来确定是否为原始林,对于不同的地理区域,林分从受干扰后开始恢复到原始林阶段均有一个平均时间。如:根据调查研究,美国东部的阔叶树在150~500 a的时间发展为原始林;加拿大把内陆地区120~140 a的森林确定为原始林;而沿海地区的热带雨林则要达到250 a以上才被确定为原始林;在澳大利亚,桉树生长很少超过350年。这种方法非常有用,因为这可以快速而客观地确定森林的原始程度。

1.1.3 基于森林动态的定义

从森林演替动态的角度,原始林是演替进程中林下植被恢复阶段后的森林演替阶段^[5],通过对森林演替阶段的回顾,将有助于理解这一概念。森林的动态演替一般包括以下几个阶段:

1) 林分置换阶段:干扰因素造成林分大部分树木死亡。

2) 林分介入阶段:新树种开始在破坏的林地中定居。

3) 林分排除期:随着定居树种长高和冠幅的增大,与相邻植株争夺光照,结果使生长较慢的树木死亡,导致森林密度降低,从而促进活下来的植株长得更大;最终随着林冠层的郁闭,到达林下的光照显著减少,导致除了极耐阴的树种外的林下植被死亡。

4) 林下植被恢复阶段:树木的死亡率处于低水平,主要是风倒和疾病;单个林隙开始出现使更多的光线可以照射到林下地表,因此,一些耐阴树种开始在林下定居生长。

5) 原始林阶段:林冠层的树木随着年龄增长导致更多的植株死亡,产生更多的林窗,由于林窗形成

的时间不同,林下植被的生长阶段也不同。另外,林下每个植株能得到的光线取决于其与林窗的相对位置,因此,林下不同的植株生长的速度也有差异。不同的定居生长时间和生长速度造成林下树木的大小各异。最终,林下的部分树木长到林冠层的高度并把林窗填补,形成原始林典型的特征。

1.1.4 社会及文化定义

很多人认为树大即意味着森林古老,因此,社会及文化角度理解的原始林概念常常和树的年龄、大小以及受到人为干扰的情况相关。具体指标包括:

1) 在林分中拥有许多成熟、古老的树种。

2) 森林本身没有受到人类大规模栖息的影响,景观和生态系统的外貌没有改变。

3) 没有受到采伐影响。

4) 森林按照自然趋势完成内在固有的演替过程。

也有学者从经济学角度判定原始林,主要以森林经济价值为判别指标,因为原始林保存有大量商业价值极高的珍贵木材^[2]。

1.2 原始林相关研究领域和内容

从研究的领域分析,原始林相关研究文献大体可归纳为三大领域:原始林的生态学研究、社会学研究和资源调查方法研究。生态学研究主要集中在分析研究特定森林类型的原始林分的结构特征^[6-9],原始林的种类组成多样性^[10-13],森林演替动态^[14],原始林的碳汇和生物量^[15-16],以及原始林对全球气候的影响^[17-18]等方面。另外,也有少量的研究涉及原始林森林更新^[19]和外来物种入侵情况^[20]。从社会学角度的研究则着重原始林的价值评估^[21-24]。

在原始林资源调查方面,根据目前查阅到的资料,世界各国开展情况不尽相同。欧亚大陆的奥地利、俄罗斯、意大利、波黑、芬兰、德国、希腊、斯洛文尼亚、英国等开展了相关调查;加拿大的安大略省等 3 个省开展了原始林资源现状调查;美国有 33 个州进行了相关的调查工作;中美洲的哥斯达黎加、非洲的埃塞俄比亚、肯尼亚、乌干达以及澳洲的澳大利亚、新西兰等都开展了全国或部分区域的原始林资源的调查工作。其中以北美洲的美国和加拿大开展的调查最为充分。

各国原始林资源的调查方法,根据具体情况有较大的差异。在澳大利亚的维多利亚州首先用 4 a 的时间研究制定了原始林的定义、可以通过标准的制图方法和森林调查技术对大范围原始林进行调查的方法。具体调查工作综合运用了森林生长阶段、

生态植被类(澳大利亚本土植物分类系统)和干扰程度来描述森林的原始程度,并根据明确的基于生态规则森林特征,确定某一类型和区域的森林是否应被划为原始林^[25]。意大利国家公园的原始林资源调查则是通过相异度量分析对森林调查样地的原始度进行分类,来确定森林的相对原始性。具体方法是收集覆盖国家公园全境的 77 个调查样地资料,应用预先制定的一系列相似性/不相似性指数,将其与虚拟对照样地进行比较,确定其相似性/不相似性^[3]。比较的结果表明,通过指数可以精确掌握森林调查样地的原始度,并通过初步筛选排除非原始森林样地。美国俄勒冈和华盛顿州的国有林和国家公园原始林调查,则综合应用遥感数据生成的 GIS 数据库和森林分布图开展原始林资源调查。GIS 数据层包括坡度、坡相、海拔、水文,调查样地位置、林冠盖度、径级/林分结构、物种、现状植被图斑、适于采伐地段、飞行路线图、生境保护区域、森林边界、植被历史分布图和原有原始森林分布图等。具体调查和制图工作结合地面调查数据、航空摄影、陆地卫星专题制图卫星数据等进行^[26]。在加拿大不列颠哥伦比亚省,调查者首先研究确定原始林的定义,基本是采用年龄指标,规定为:海岸森林 250 年以上、内陆森林 140 年以上,美国黑松和其他阔叶林 120 年以上。基于这个定义,通过分析 7 000 多幅 1 : 20 000 的森林覆盖图,结合生物气候带进行分析,得出原始林的分布和数量^[27]。芬兰开展的原始林资源调查,其原始林的定义则主要基于林分的年龄和结构,即:原始林的年龄明显比更新林大、林分中的树木大小各异、树种和林层结构多样、包括大量的活立木和枯倒木等。调查工作综合利用历史上的土地利用数据、林业数据库、森林图和远红外照片进行^[28]。

2 问题和展望

世界各地对原始林的定义还存在很大的争议,迄今未形成统一的共识,而国内有关原始林定义本身以及原始林资源调查方法和实践方面的资料较少,国内学者更是鲜有涉足^[29]。从生态学角度,通过分析森林结构和组成特征来确定原始林,能全面科学反映原始林的特征,但描述原始林的结构和组成特征,需要巨量的生物学特性相关的数据,因此,要确定某种森林是否为原始林是一项耗时费力的工作。而且,基于林分结构特征定义的原始林概念,较适宜针对局部、具体森林地段的研究,而无法应用于

大面积区域的原始林资源空间分布、制图等工作。而研究掌握原始林资源及空间分布状况,恰恰是科学、有效保护原始林的基础。

以年龄来定义原始林,为原始林的判定和界定提供了快速、有用的方法,但这种定义对森林的结构和功能不作任何考虑,因此,界定结果存在诸多问题。例如,有些林分本身具备了原始林的很多特征,但仅因为它的年龄没有达到,不能认定为原始林;相反地,有些森林不具备原始林的特征,但仅仅因为年龄达到判定标准而被确认为原始林。用年龄来确定林分的成熟阶段方法本身也是有问题的,因为人为活动能以不同的方式对森林造成影响。例如,被采伐 30% 树木的森林比被采伐 80% 树木的森林应该能用更短的时间回复到原始林状态,但判断其是否为原始林的时间标准却没有差别。因此,仅仅以年龄划分森林的原始程度,其方法本身就存在问题。

从森林动态来划分原始林,原始林被视为森林演替的终极阶段,通常认为其森林结构或统计特征会保持不变。然而,森林达到原始林状态后,由于树种的演替会使森林的种类组成发生变化,可能导致 3 种结果:1) 森林会受到林分置换阶段的干扰导致大部分树木死亡;2) 森林群落最终形成不利于新树木更新的环境,老树死亡后森林将变成以小树为主的林地;3) 林下更新的树种和主林层的树种不同,这将使森林返回到林分排除期,继而又会返回到林下植被重更新阶段^[30]。因此,用林分演替动态界定原始林更适用于林分的树种组成生活周期长,或者演替进程非常慢的生态系统。

原始林资源调查方面,世界各国都是先明确原始林的定义,根据自己的实际情况采取不同的调查方法,尚未形成统一的标准和方法。澳大利亚的案例通过分析特定区域的生态植被类型及其受干扰程度来确定原始林资源;意大利的案例通过收集调查样地资料,并与虚拟对照样地进行比较来确定原始林资源;美国则综合应用 GIS 数据库和森林分布图开展原始林资源调查;加拿大的研究案例通过分析森林覆盖图,结合生物气候带得出原始林的分布和数量;芬兰则充分利用历史上的土地利用数据、林业数据库、森林图和远红外照片开展调查工作。在我国,关于原始林资源及其保护状况的全面调查研究未见文献报道。

综合以上分析,国内目前对原始林的研究尚处于初始阶段,主要开展了部分典型地段原始林的群落结构、生物多样性等方面的基础研究工作;对于如

何定义原始林,目前还没有相关的研究和探讨,而针对原始林资源的调查与评估方面更是空白。因此,制定我国原始林定义和判别标准,建立适于大尺度调查的原始林判别体系、开展原始林资源及其保护状况的全面调查研究、数据库建设等,对我国原始林研究的开展具有积极示范价值。

参考文献:

- [1] WHITE L D, LLOYD F T. Defining Old Growth: Implications for Management [C]// Eighth Biennial Southern Silvicultural Research Conference, 2009.
- [2] HILBERT J, WIENSCZYK A. Old-growth Definitions and Management: A literature review [J]. BC Journal of Ecosystems and Management, 2007, 8(1): 15 - 31.
- [3] UGO C, LORENZO S, VITTORIO G, et al. Classification of the Oldgrowthness of Forest Inventory Plots with Dissimilarity Metrics in Italian National Parks [J]. European Journal of Forest Research, 2012, 131(5): 1473-1483.
- [4] STAMETS P. Mycelium Running: How Mushrooms Can Help Save the World [M]. Ten Speed Press, 2005.
- [5] CHADWICK D, BRUCE C. Forest Stand Dynamics [M]. Wiley, 1996.
- [6] KENNETH P L, CHARLES J K. Gap-phase structure of a subalpine old-growth forest [J]. Canadian Journal of Forest Research, 1991, 21(12): 1730-1741.
- [7] 李意德. 海南岛尖峰岭热带山地雨林的群落结构特征 [J]. 热带亚热带植物学报, 1997, 5(1): 18-26.
- [8] 杨清伟. 贡嘎山峨眉冷杉原始林及其更新群落凋落物的特征 [J]. 植物资源与环境学报, 2001, 10(3): 35-38.
- [9] DUNWIDDIE P, LEVERETT R. Survey of Old-growth Forest in Massachusetts [J]. Rhodora, 1996, 98(896): 419-444.
- [10] HAMRICK J L, GODT M J W, GONZALES E. Conservation of genetic diversity in old-growth forest communities of the southeastern United States [J]. Applied Vegetation Science, 2006, 9(9): 51-58.
- [11] XIONG W C. Tree Diversity, Carbon Storage, and Soil Nutrient in an Old-Growth Forest at Changbai Mountain, Northeast China [J]. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 2006, 37(3-4): 363-375.
- [12] 边巴多吉, 郭泉水, 次柏等. 西藏冷杉原始林林隙对草本植物和灌木树种多样性的影响 [J]. 应用生态学报, 2004(2): 191-194.
- [13] 任青山. 西藏冷杉原始林群落物种多样性初步研究 [J]. 生态学杂志, 2002, 21(2): 67-70.
- [14] 長池卓男, 松崎誠司. Stand dynamics of a cool-temper-

- ate old-growth forest in the foothills of Mt. Fuji, central Japan[J]. Mount Fuji research, 2010 (4): 9-12.
- [15] YANG F F, LI Y L, ZHOU G Y, et al. Dynamics of coarse woody debris and decomposition rates in an old-growth forest in lower tropical China[J]. Forest Ecology & Management, 2010, 259(8): 1666-1672.
- [16] SPETICH M A, PARKER G R. Distribution of biomass in an Indiana old-growth forest[J]. American Midland Naturalist, 1998, 139(1): 90-107.
- [17] SUCHANEK T H, MOONEY H A, FRANKLIN J F, et al. Carbon Dynamics of an Old-growth Forest[J]. Ecosystems, 2004, 7(5): 421-426.
- [18] DAIL, JIA J, LEWIS B J, et al. Effects of climate change on biomass carbon sequestration in old-growth forest ecosystems on Changbai Mountain in Northeast China[J]. Forest Ecology & Management, 2013, 300(4): 106-116.
- [19] WARD J S, PARKER G R. Spatial Dispersion of Woody Regeneration in an Old-Growth Forest[J]. Ecology, 1989, 70(5): 1279-1285.
- [20] WEBER J S, GIBSON K D. Exotic plant species in old-growth forest in Indiana[J]. Weed Science, 2007, 55(4): 299-304.
- [21] CONNELL D J, SHAPIRO J, LAVALLEE L. Old-Growth Forest Values: A Case Study of the Ancient Cedars of British Columbia[J]. Society & Natural Resources An International Journal, 2015, 28(12): 1-17.
- [22] MOYER J M, DUINKER P N, COHEN F G. Old-growth forest values: A narrative study of six Canadian forest leaders[J]. Forestry Chronicle, 2010, 86(2): 256-262.
- [23] BOOTH D E. Preserving Old-Growth Forest Ecosystems: Valuation and Policy[J]. Environmental Values, 1997, 6(1): 31-48.
- [24] CONRAD J M. On the option value of old-growth forest[J]. Ecological Economics, 1997, 22(2): 97-102.
- [25] WOODGATE P W, PEEL B D, CORAM J E, et al. Old-growth forest studies in Victoria, Australia Concepts and Principles[J]. Forest Ecology & Management, 1996, 85: 79-94.
- [26] CONGALTON R G, GREEN K, TEPLY J. Mapping old-growth forests on national forest and park lands in the Pacific Northwest from remotely sensed data[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1993, 59: 529-535.
- [27] MACKINNON A, VOLD T. Old-growth forests inventory for British Columbia, Canada[J]. Natural Areas Journal, 18(4): 309-318.
- [28] LINDHOIM T. Method of old-growth forest inventory in Finland[C]//Biodiversity and conservation of boreal nature Raimo Heikkil? & Tapio Lindholm (eds). The Finnish Environment, 2003, 485: 50-53.
- [29] 张晓红, 黄清麟, 张超. ITTO 对原始林、退化原始林、次生林和其他热带森林类别的界定[J]. 世界林业研究, 2009(3): 30-35.
- [30] KNEESHAW D, GARTHIER S. Old-growth in the boreal forest: A dynamic perspective at the stand and landscape level[J]. Environmental Reviews, 2003, 11: 99-114.

(上接第 37 页)

层 40.71%, 枯落物层 34.51%; 桉树各器官碳含量在 37.50%~47.85% 之间, 树干碳含量最大, 树皮碳含量最小; 土壤碳含量的平均值为 1.28%, 并随土层深度的增加而逐渐减少。

3) 桉树人工林生态系统各组分总碳贮量为 172.29 t/hm²。其中: 土壤(0~60 cm)的碳贮量最大, 为 102.16 t/hm², 占整个桉树林生态系统碳贮量的 59.30%; 乔木层次之, 碳贮量为 68.68 t/hm², 占 39.86%; 灌木层的碳贮量最小, 仅 0.22 t/hm²。

参考文献:

- [1] 方晰, 田大伦, 项文化, 等. 速生阶段杉木人工林碳含

量、贮量和分布[J]. 林业科学, 2002, 38(3): 14-19.

- [2] 方精云, 朴世龙, 赵淑清, 等. CO₂ 失汇与北半球高纬度陆地生态系统的碳汇[J]. 植物生态学报, 2001, 25(5): 594-602.
- [3] 王效科, 冯宗炜, 欧阳志云. 中国森林生态系统的植物碳储量和碳密度研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 13-16.
- [4] 杜虎, 曾馥平, 王克林, 等. 中国南方 3 种主要人工林生物量和生产力的动态变化[J]. 生态学报, 2014, 34(10): 2712-2724.
- [5] 刘志刚, 马钦彦, 潘向丽. 兴安落叶松天然林生物量及生产力的研究[J]. 植物生态学报, 1994, 18(4): 328-337.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.009

KNN 算法在原始林判别中的应用研究

何长斌,邓喜庆,温庆忠,毕燕玲
(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:以云南省森林资源连续清查样地作为训练样本,选择样地的人为干扰因素、环境因素及其林木采伐率数据,应用 KNN 算法,构建了林分干扰模型,编制云南省林分干扰因子分布图,为云南省原始林的判别提供基本的技术手段和背景数据。有效性分析表明,采用模型能够有效地定位原始林在全省的分布区域,为现地调查指明了目标。

关键词:原始林;K 近邻算法;采伐率;干扰程度

中图分类号:S718.545;S711 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0043-05

Application of KNN Algorithm in the Identification of Virgin Forest

HE Changbin, DENG Xiqing, WEN Qingzhong, BI Yanling
(Yunnan Institute of Forestry Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: Taking Yunnan forest resources continuous inventory plots as training samples, and selecting human disturbance factors, environmental factors and forest harvesting rate data, the study applies the KNN algorithm method to make stand interference model, and prepare Yunnan Province forest disturbance factor distribution map. The results provide basic techniques and background data for identification of virgin forest in Yunnan Province. The validity analysis shows that the model can also effectively locate the original forest in the distribution area, point out the goals for the field investigation.

Key words: virgin forest; K nearest algorithm; cutting rate; disturbance degree

KNN(K Nearest Neighbor)是一个基于相似度的学习算法,由于它在分类和判别的许多领域非常有效而广为应用^[1-3]。原始林或称原生林是指未受到人类或自然干扰,或受到打猎、采集的影响极小,天然结构、功能和动态变化没有明显改变的森林^[4]。由于没有遭到显著的干扰,从而表现出独特的生态特征,并可能被归类为顶极群落,具有稳定的群落结构,能为野生动物提供栖息地,是生态质量最高、生物多样性最丰富的森林生态系统。随着社会经济的发展,导致原始林受到的干扰和影响日趋严重,

当前在生态文明建设的背景下,迫切需要摸清原始林家底,掌握资源状况及分布情况,为划定生态保护红线,制定原始林保护措施提供决策依据。研究者对原始林的定义^[4]、群落结构^[5]、空间格局^[6]等方面开展了大量研究,但对原始林调查监测的理论研究和实践几乎还是空白。以往的森林资源调查未引入植被演替理论,未关注森林是否为原始林,对原始林资源的数量、分布和受干扰、威胁状况尚未查清家底。本研究以现有的森林资源数据为基础,尝试采用 KNN 算法,以森林资源调查数据为出发点,计算

收稿日期:2015-12-27.

基金项目:云南省科技惠民计划项目“云南省原始林资源调查监测关键技术研究及应用示范”(2013CA004).

作者简介:何长斌(1973-),男,云南昆明人,高级工程师.主要从事森林资源软件开发工作. Email:hcb_vict@tom.com

通信作者:邓喜庆(1968-),男,湖南娄底人.主要从事地理信息科技在林业中的应用研究. Email:denxiqing@163.com

出全省范围内可能的原始林分布区域,为掌握原始林资源状况提供基础数据。

1 研究区域概况

云南省位于我国西南,地处东经 $97^{\circ}31'39'' \sim 106^{\circ}11'47''$,北纬 $21^{\circ}8'32'' \sim 29^{\circ}15'8''$,东面与贵州、广西交界,北部和西北一隅与四川、西藏相接,南部与越南、老挝接壤,西部及西南部与缅甸毗邻。云南属青藏高原南延部分,地形以元江谷地和云岭山脉南段的宽谷为界,分为东、西两大地形区。全省海拔高差达 6 000 m,整个地势从西北向东南倾斜,构成 3 个阶梯,具有复杂的多层次切割高原特点,地貌形态结构的多层次形成了不同的植被生境。云南地处低纬度高原,北回归线在其南部穿过,属低纬高原季风气候,大部分地区具冬暖夏凉、四季如春、年温差小、日温差大、降水充沛、干湿分明、分布不均、气候垂直变化明显等特征,有北热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、南温带、中温带和高原气候区共 7 个气候类型。云南特殊的地理位置和复杂的自然环境,为各种生物的起源、演化和繁衍提供了适宜的生存境,拥有高等植物 18 340 种(含种下等级),高等脊椎动物 2 134 种,169 种自然生态系统,均居全国之首,是我国 17 个生物多样性关键地区和全球 34 个物种最丰富的热点地区之一,享有“植物王国”、“动物王国”、“物种基因库”等美誉。云南省森林资源丰富,森林面积达 1 914.19 万 hm^2 ,天然林面积 1 335.98 万 hm^2 *,仍然保存着大片原始森林。

2 研究方法

2.1 研究思路

原始林是未受人为干扰或受到干扰影响极低的森林,干扰是导致森林从原始林向次生林演变的根本原因。当森林的起源、优势树种、林龄等自然属性符合原始林定义的前提下,影响干扰程度的相关因素就成为筛选原始林的重要指标。经实地调查发现,森林斑块与道路、居民点的距离,距耕地、园地的远近,居民点人口的数量等社会属性与森林受干扰程度关系最为密切。人为干扰森林的方式主要包括林木采伐、林下采集、放牧等,其中林木采伐是最强烈、最具破坏性的干扰方式,过高的采伐率直接导致森林从原生演化为次生,甚至导致森林的消失。采伐又包括采薪、择伐、渐伐、皆伐等方式。由此,可用林木采伐率直观反映人为干扰程度,采用林木采伐

率作为原始林的筛选判别条件。

以全省森林资源连续清查样地的人为干扰因素、环境因素及林木采伐率数据作为训练样本,运用最近邻分类(K Nearest Neighbor)作为算法模型,以 ArcGIS 软件作为遥感影像及矢量数据处理平台,建立原始林判别模型,在现有全省森林资源一、二类调查数据的基础上,得到全省原始林资源分布的相关信息。

2.2 数据来源

1) 森林资源连清样地数据;2) 森林资源二类调查数据;3) 矢量道路交通网数据;4) 矢量居民点数据;5) 卫星遥感数据;6) 高程模型;7) 土地利用现状数据。

2.3 数据处理

1) 土地利用现状:从林地向非林地过渡划分为 10 级;

2) 坡度级:按坡度大小划分为 1-6 级;

3) 人口密度:绘制 200 m 分辨率的人口影响指数图;

4) 路网密度:绘制 200 m 分辨率的交通干扰指数图;

5) 林木采伐率:采用了 5 次(1992 年、1997 年、2002 年、2007 年、2012 年)云南省森林资源一类清查的样地数据作为初级样本数据,根据各样地的历年林木被采伐株数变化情况,计算出各样地的林木采伐率。

2.4 建模方法

2.4.1 KNN 算法概况

KNN 算法的基本思想:如果一个样本在特征样本空间中的 K 个最“相似”的样本大多数属于某一个类别,那么则判定此待定样本也属于这个类别。相对于其它靠判别类域的分类方法,KNN 算法能够有效避免类域的交叉或者重叠情况,是一种应用较广泛和成熟的分类方法。但也有缺点:K 值的选取需要反复权衡,如果不对样本的代表性进行甄别,导致样本失衡,模型的估计值就会向有更多代表性的数据类型偏移。KNN 算法计算量很大,特别是在样本空间个数较多时,需要计算每一个样本与待判定向量的“相似”程度。原始林的判定涉及多种不同类型的数据,不同类型的数据间难以通过定量模型来估测相互关系,KNN 方法正好能够通过“比较”两组数据间的相似程度来判定其相互关系,所需要的

* 第八次全国森林资源清查云南省森林资源清查成果(2012)。

是有足够代表性的样本以及恰当的 K 值选取。

2.4.2 方法构建

首先建立计算的数学模型:

记任意数据集 $D = \{X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik} \mid i = 1 \dots n)\}$, 类标记集 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 。存在一个数量为 P 的训练集 $T = \{(X_i, Y_i) \mid i = 1..p\}$, 这里 $Y_i \in C$ 。算法的目标是通过对 T 集合的学习归纳, 产生一个分类器 $Y = F(X)$, 对任意给定的数据 X' , 通过分类器可得到 $Y' = F(X')$ 。

1) 使用全省一类森林资源清查数据计算每块样地的逐年采伐率。

2) 提取每块样地的土地利用指数、坡度级指数、人口影响指数及道路干扰指数, 形成样本矩阵 N, 将各样本点的采伐率作为目标向量。

3) 以 200 m 间隔逐一提取样点的土地利用指数、坡度级指数、人口影响指数、道路干扰指数作为 KNN 模型的输入向量, 计算出该点采伐率。KNN 的计算过程如下: 利用提取出的 4 个指数作 KNN 模型的输入向量, 计算该向量到所有样本的相似度, 根据相似度选择 K 个最相似的样本。在本模型中预设采伐率是一个连续函数, 因此可使用选出的 K 个样本的采伐率, 通过相似度加权作为新点的采伐率预估值。本模型中选择使用高斯函数计算待估测向量与 K 个被选出向量间相似度的权重值(相似度越小的权重值越低, 反之则越高), 通过加权能够获得更准确的估测值。图 1 显示的是 KNN 算法的数据组织结构。

3 结果与分析

3.1 结果

按照上述方法计算得到各样地的 KNN 计算值, 计算的局部数据如表 1。

表 1 KNN 计算数据局部

Tab. 1 KNN calculation of data locality

样地号	样地类型	土地利用指数	人口分布指数	坡度级	道路指数	实际采伐率	KNN 值
...
5412	针叶林型	1.00	13.62	4.000	3.021	12.25	6.470
5431	大田作物型	10.00	5.49	1.000	2.681	100.00	7.862
5450	常绿阔叶林	1.00	6.38	3.000	1.859	9.790	4.189
5469	大田作物型	10.00	7.69	5.000	3.400	100.00	7.650
5489	灌草丛	5.00	17.61	2.000	6.185	0.00	10.538
5508	大田作物型	10.00	4.81	2.000	3.694	100.00	3.235
5527	针叶林型	10.00	6.32	1.000	2.438	5.41	5.501
5546	暖性针叶林	5.00	7.97	2.000	2.429	11.86	10.227
5565	大田作物型	10.00	6.91	1.000	2.317	100.00	5.815
5585	落叶阔叶林	5.00	9.84	4.000	4.378	10.28	14.167
5604	大田作物型	10.00	5.78	2.000	4.155	100.00	10.738
5620	大田作物型	5.00	2.15	4.000	2.311	100.00	8.880
5639	大田作物型	10.00	5.87	2.000	2.416	100.00	6.581
5658	大田作物型	10.00	4.75	3.000	2.685	100.00	6.786
...

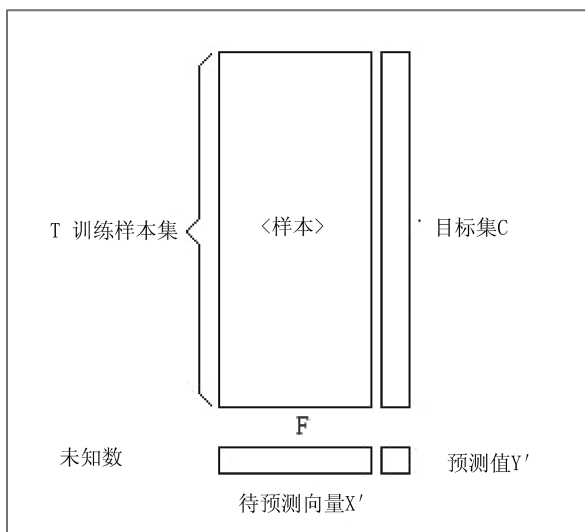


图 1 数据组织结构

Fig. 1 Data organization structure

利用计算得到的采伐率值来表征林分受干扰程度, 可以得到林分干扰分布图。图 2 是以 2 000 m 分辨率为基础生成的林分干扰因子等值线示意图, 等值线以 10 为单位抽取。

图中颜色越深的线所围的区域表示干扰程度越大, 颜色越浅的线围成的区域干扰程度越小。

3.2 有效性分析

1) 在进行计算前, 从原始样本中按每种地类所占样本的比例, 抽取了 5% 的样地作为验证样本, 共计 420 个, 并将这部分样本从 KNN 的特征库中移除, 使用与全省采伐率相同的特征库及算法参数计算这 420 个样本的采伐率。对照样地真实采伐率与模型计算的采伐率, 采用 5% 置信区间进行 T 检验, $t = 0.36618 < T(418) = 1.646714$, 说明采用模型计算的采伐率与真实采伐率方差检验无显著性差异。

2)与最新的公益林区划数据进行比对,共选择 15 371 个国家重点公益林图班进行验证。选择国家级重点公益林作为验证的原因在于:国家级重点公益林在国家政策法规下是完全禁伐的,也就是说如果模型计算的结果有效,那么这些随机选择的国家级重点公益林图班的采伐率一定是很低的。具体验证方法如下:使用新生成的全省采伐率图作背景,用选择的国家级重点公益林图班作为空间过滤条件,得到每个图班的采伐率集合。将全省采伐率按从小到大原则平均划分为 9 级。基于分级数,将每个图班的采伐率集合按加权平均的算法计算出图班整体的分级数。计算公式为:

$$\text{classN} = \frac{\sum_1^k k \times N_k}{\sum_1^k N_k}$$

式中: $k = 1, 2, \dots, 9$; N_k = 采伐率集合中在第 k 个等级中的计数。

计算结果统计如表 2。

表 2 国家重点公益林小班采伐率分级

Tab. 2 Sub compartment harvesting rate classification of national key public forest

分级	图班个数	平均级数
1 级	15287	1.09
2 级	80	2.12
3 级	4	3.05
3 级以上	0	

从表 2 可以看出,占有验证小班 99.45% 的小班的采伐率分级数为 1 级,也就是采伐率最低的一级。说明模型所计算出的采伐率与真实的公益林数据在逻辑上高度一致。考虑到公益林数据与采伐率数据是相互完全独立的数据体系,它们的结果相互得到验证,从实证的角度验证了算法的有效性。

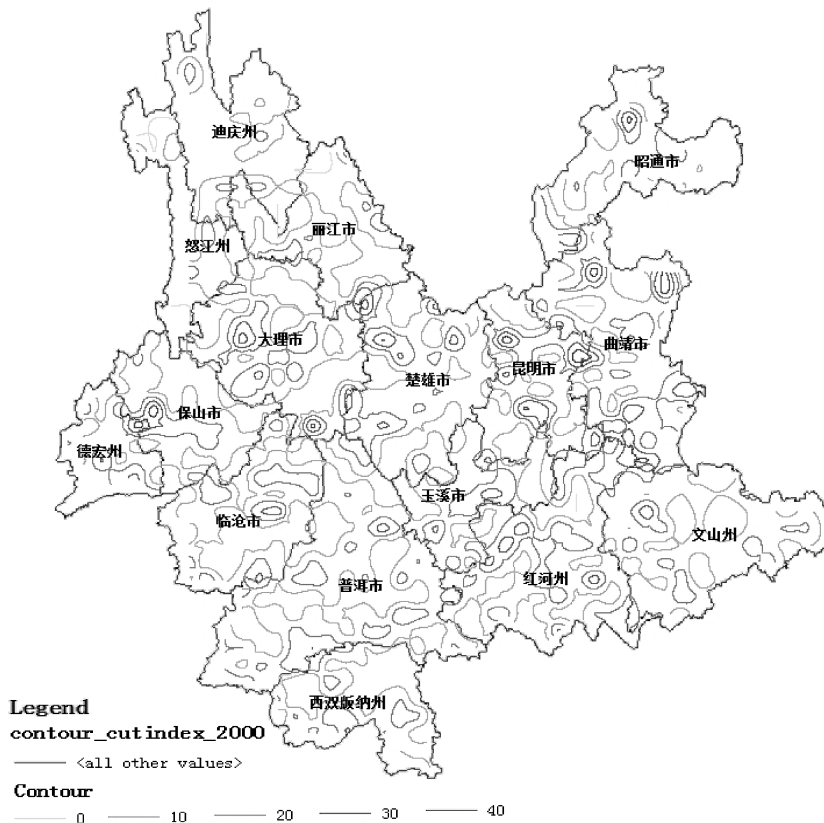


图 2 云南省林分干扰因子等值分布示意

Fig. 2 Disturbance factor equivalent distribution of Yunnan forest schematic

4 结论与讨论

1) 林木株数采伐率是反映林分受到人为干扰最直接、最客观的指标,可以看作是人为干扰的结果,而与人为干扰密切相关的土地利用状况、交通状况、人口密度等则作为产生人为干扰的因素用于样本训练,从而得到反映区域林分受采伐影响程度的干扰分布图,是判断森林受干扰程度的关键信息,可作为原始林筛选的重要背景信息。

2) 在现有森林资源调查数据的基础上,结合森林干扰分布图,可以较好地筛选出不同干扰状况的森林斑块,其中低干扰的森林完全包含了原始林。

3) 从有效性分析结果可以看出,KNN 算法计算出的全省采伐率具有较高的判别精度,能够较好地指示森林受干扰的状况。

参考文献:

- [1] 张著英,黄玉龙,王翰虎. 一个高效的 KNN 分类算法[J]. 计算机科学, 2008, 35(3): 170-172.
- [2] 杨丽华,戴齐,郭艳军. KNN 文本分类算法研究[J]. 微计算机信息, 2006 (07X): 269-270.
- [3] 刘应东,牛惠民. 基于 k-最近邻图的小样本 KNN 分类算法[J]. 计算机工程, 2011, 37(9): 198-200.
- [4] 张晓红,黄清麟,张超. ITTO 对原始林、退化原始林、次生林和其他热带森林类别的界定[J]. 世界林业研究, 2009(3): 30-35.
- [5] 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.
- [6] 徐化成,范兆飞. 兴安落叶松原始林林木空间格局的研究[J]. 生态学报, 1994, 14(2): 155-160.
- [9] 胡晓龙. 长白落叶松林分断面积生长模型的研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(4): 449-452.
- [10] 雷相东,李永慈,向玮. 基于混合模型的单木断面积生长模型[J]. 林业科学, 2009, 45(1): 74-79.
- [11] 张雄清,张建国,段爱国. 基于单木水平和林分水平的杉木兼容性林分蓄积量模型[J]. 林业科学, 2014, 50(1): 82-87.
- [12] 付甜. 基于 CBM-CFS3 模型的三峡库区主要森林生态系统碳计量[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2013.
- [13] 李海奎,宁金魁. 基于树木起源、立地分级和龄组的单木生物量模型[J]. 生态学报, 2012, 32(3): 740-757.
- [14] 张雄清,雷渊才,陈新美. 林分断面积组合预测模型权重确定的比较[J]. 林业科学, 2011, 47(7): 36-41.
- [15] 雷相东,李永慈,向玮. 基于混合模型的单木断面积生长模型[J]. 林业科学, 2009, 45(1): 74-79.
- [16] 张雄清,雷渊才. 基于定期调查数据的全林分年生长预测模型研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2010(4): 69-74.
- [17] SHAW C H, HILGER A B, METSARANTA J, et al. E-valuation of simulated estimates of forest ecosystem carbon stocks using ground plot data from Canada's National Forest Inventory[J]. Ecological Modelling, 2014, 272: 323-347.
- [18] 马鸿,韩国涛,惠淑荣. 日本落叶松林分生长数学模型的建立[J]. 沈阳大学学报(自然科学版), 1998, 4(38): 102-104.
- [19] 赵俊卉,亢新刚,刘燕. 长白山主要针叶树种最优树高曲线研究[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(4): 13-18.
- [20] 冯源. 基于 CBM 模型云南普洱地区森林生态系统碳收支研究[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2014.
- [21] 孙世仁,苏东凯,谢小魁,等. 长白山区人工红松林蓄积量生长模型研究[J]. 林业资源管理, 2013(6): 70-75.
- [22] 刘建敏. 基于小班数据库的忻城县森林优势树种组生长模型研究[J]. 广西科学, 2011, 18(3): 294-297.
- [23] 戎建涛,刘殿仁,林召忠,等. 东北过伐林区主要森林类型林分蓄积量生长模型应用研究[J]. 林业科技开发, 2011, 25(1): 30-34.

(上接第 6 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.010

巨尾桉工业原料林下植物物种组成及多样性特征研究

张静美

(云南林业职业技术学院,云南 昆明 650224)

摘要:采用群落学调查方法,对云南省澜沧县 9 年生巨尾桉林下植物多样性进行研究。结果表明,巨尾桉林下共有维管束植物 78 科、201 属、293 种及变种,其中蕨类植物 5 种,种子植物 288 种。种子植物以菊科、蝶形花科、禾本科、茜草科、蔷薇科为主要优势种。物种丰富度的变化规律是草本层>灌木层,Simpson 指数和 Shannon-wiener 指数的变化规律是灌木层>草本层。

关键词:巨尾桉;工业原料林;植物组成;物种丰富度;物种多样性

中图分类号:S792.39;S759.8;S718 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0048-03

Undergrowth Vegetation Species Composition and Diversity Character of *Eucalyptus grandis* Industrial Raw Material Forest

ZHANG Jingmei

(Yunnan Forestry Vocational and Technical College, Kunming 650224, China)

Abstract: Using community investigation method, the undergrowth vegetation diversity of 9 years old *Eucalyptus grandis* forest in yunnan region has been studied. Results show that the *Eucalyptus grandis* forest has 78 families of vascular plants, which belonged to 201 genera, 293 species and varieties, including 5 kinds of fern, 288 species of seed plants. Seed plants mainly dominated by Leguminosae, Gramineae, Rubiaceae and Rosaceae family. Species richness change law follows as herb layer > shrub layer, Simpson index and Shannon - wiener index as shrub layer > herb layer.

Key words: *Eucalyptus grandis*; industrial raw material forest; plant species; species richness; species diversity

桉树(*Eucalyptus spp.*)是桃金娘科(Myrtaceae)桉属(*Eucalyptus*)近 1 000 种树种的统称^[1]。巨尾桉(*Eucalyptus grandis*×*E. urophylla*)具有适应性强、培育周期短、木材产量高、用途广泛等优点,成为南方速丰林主要树种,在各地广泛栽培。但巨尾桉的大面积人工种植和单一栽培,表现出了一系列的土地退化、生产力下降、生物多样性减少、地下水位下降等生态问题^[2-8]。云南南部是云南省生物多样性

保护极为敏感和重要的地区,物种丰富度高,但同时生境较脆弱,一旦破坏很难恢复。本研究以云南省普洱市澜沧县大面积栽培的巨尾桉人工林为研究对象,采用植物群落学调查法,探讨该地区大面积巨尾桉林下植物物种多样性特征,为云南桉树人工林群落结构的优化和桉树人工林的可持续经营提供理论依据,为桉树大面积人工林的经营管理提供理论基础和科学依据。

收稿日期:2016-03-14.

作者简介:张静美(1969-),女,云南大理人,讲师。主要从事森林资源培育的教学与科研工作。

1 研究区概况

研究地位于云南省普洱市澜沧县(22°31'~23°16'N,99°29'~100°35'E),属南亚热带高原山地季风气候区。研究地林分为 9 年生巨尾桉纯林,本研究调查的为金光集团(APP 中国林务云南事业区)2005 年在澜沧县营造的 2.35 万 hm^2 巨尾桉林,采用随机和典型抽样的方法设置调查样地,调查样地采用巨尾桉扦插苗挖穴整地造林,种植密度为 1 995 株/ hm^2 。未进行割灌除草和施肥等抚育管理,以排除人为干扰对林下植物的影响。巨尾桉林群落结构简单,上层乔木树种为巨尾桉,林下植物种类主要有假朝天罐(*Osbeckia crinita*)、思茅水锦树(*Wendlandia augustinii*)、黄花稔(*Sida acuta*)、蕨(*Pteridium aquilinum var. latiusculum*)、地桃花(*Urena lobata*)、酸藤子(*Embelia laeta*)、白茅(*Imperata cylindrica*)、飞机草(*Eupatorium odoratum*)、青蒿(*Artemisia carvifolia*)、白酒草(*Conyza japonica*)。林地多为中、低山地貌,土壤类型为红壤。

2 研究方法

2.1 样方的建立及调查方法

采用植物群落学调查法,设置 30 个投影面积为 15 m×15 m 的调查样地,并将样地划分为 25 个 3 m×3 m 的样方,并记录每块样地的海拔、土类、坡向、坡度、坡位等因子(表 1)。

2.1.1 乔木层调查

调查 15 m×15 m 的样地内巨尾桉林乔木层的株数、胸径、树高等。

2.1.2 灌木层和草本层调查

在调查样地 4 个角和中心位置设置 3 m×3 m 样方 5 个,记录样方内的植物物种种类、株数/丛数、高度、盖度等。对于野外不能确定的植物物种采集标本并鉴定。

2.2 物种多样性测度

采用物种丰富度(S)、Simpson 指数(D)、Shannon—Wiener 指数(H')来测度和分析群落物种多样性特征^[9,10]。

3 结果与分析

3.1 巨尾桉林下植物组成特征

共调查 9 年生巨尾桉林下植物物种样地 30 块,150 个样方,进行植物群落学调查、标本鉴定和数据

表 1 巨尾桉林下植物物种调查样地概况

Tab. 1 Survey field of *Eucalyptus* understory plant species

样地号	海拔/m	坡位	坡向	坡度/(°)
1	1 762	中	西坡	13
2	1 770	中	西坡	12
3	1 712	中	西坡	14
4	1 800	中	西南坡	10
5	1 780	中	南坡	12
6	1 760	中	南坡	15
7	1 750	中	南坡	17
8	1 770	中	南坡	19
9	1 730	下	南坡	17
10	1 790	下	西坡	23
11	1 780	下	西坡	16
12	1 750	下	西坡	20
13	1 850	中	西坡	15
14	1 830	中	西坡	14
15	1 900	下	西坡	17
16	1 810	下	西南坡	20
17	1 760	下	西南坡	20
18	1 810	下	西坡	19
19	1 830	下	西坡	12
20	1 840	下	西坡	10
21	1 800	中	西南坡	19
22	1 820	中	西南坡	18
23	1 810	中	西坡	15
24	1 840	中	西南坡	18
25	1 900	中	西坡	17
26	1 710	下	西坡	15
27	1 750	中	西坡	17
28	1 830	上	西南坡	15
29	1 820	上	西南坡	19
30	1 800	上	西坡	11

统计分析:9 年生巨尾桉林下植物共有维管束植物 78 科、201 属、293 种及变种,其中蕨类植物 5 种,种子植物 288 种;种子植物 288 种中包括裸子植物 7 种,双子叶植物 246 种,单子叶植物 35 种。对调查结果中的优势科进行分析:巨尾桉林下种子植物中含 10 个种以上的科有 5 个,按种数多少排列分别为菊科 Compositae、蝶形花科 Leguminosae、禾本科 Gramineae、茜草科 Rubiaceae、蔷薇科 Rosaceae。

3.2 巨尾桉林灌木层和草本层物种丰富度分析

统计分析巨尾桉林下灌木层和草本层的物种丰富度。结果表明,物种丰富度的变化规律为草本层>灌木层,灌木层物种丰富度变化范围为 5~16,草本层物种丰富度变化范围为 7~20。调查结果,所调查 30 块样地灌木层平均物种数要小于草本层平均物种数(表 2)。原因主要是人工抚育管理活动(除草、施肥)干扰造成,也即每年进行 1 次除草、砍灌等抚育管理活动对灌木层物种和草本层物种的干扰。其次原因是一些灌木层物种的有性或无性繁殖能力较弱,而草本层物种的有生或无性繁殖能力较强。

3.3 巨尾桉林灌木层和草本层物种多样性分析

由表 2 可知,在所调查的样地中,巨尾桉林下灌木层 Simpson 指数的变化范围为 0.591 9~0.913 6,草本层 Simpson 指数的变化范围为 0.073 4~0.884 2。灌木层 Shannon-wiener 指数的变化范围为 1.122 7~2.235 6,草本层 Shannon-wiener 指数的变化范围为 0.511 4~2.574 6。巨尾桉林下植物物种多样性指数的变化趋势是灌木层>草本层,这与物种丰富度的变化趋势相反(表 2)。主要原因是物种多样性指数不仅受到物种丰富度的影响,而且还受到均匀度指数的影响。其次,不同样地所处的立地条件,以及人为干扰也对巨尾桉林下植物物种多样性产生影响。

4 结论与讨论

本研究主要探讨了巨尾桉工业原料林林下植物组成及物种多样性特征,结果表明,巨尾桉林群落结构单一,乔木层一般就只有桉树一个种,几乎没有层间植物,林下植被结构主要有灌木-草本类型和纯草本类型。而且巨尾桉林下的灌木层种类较少,长势差。林下草本主要以菊科、蝶形花科、禾本科、茜草科、蔷薇科、大戟科植物为主。从优势种的生物学特性来看,巨尾桉林下草本层是以一些较耐旱和繁殖力强的草本植物为主。巨尾桉林下物种丰富度变化趋势是草本层>灌木层, Simpson 指数和 Shannon-wiener 指数的变化趋势是灌木层>草本层。本研究结果与国内许多学者的研究结果基本一致^[11-15]。橡胶、杉木、桉树等大面积连片栽培的人工林对生物多样性存在负面影响,这是人工林的一个普遍现象^[16,17]。对于巨尾桉林下植物多样性动态变化特征及形成原因还有待于更进一步地观测研究。

表 2 巨尾桉林群落物种多样性指数

Tab. 2 Diversity index of Eucalyptus forest community species

样地号	丰富度		Simpson 指数		Shannon-wiener 指数	
	灌木层	草本层	灌木层	草本层	灌木层	草本层
1	9	10	0.8335	0.6236	1.9859	1.7598
2	5	10	0.8219	0.6145	1.7741	1.5437
3	10	11	0.8138	0.6475	2.2356	1.9683
4	9	16	0.6583	0.4295	2.1734	1.7546
5	11	11	0.6493	0.4391	1.6827	1.1123
6	10	19	0.6438	0.4852	1.8524	1.4743
7	13	15	0.8245	0.8842	1.9977	1.5348
8	7	15	0.6872	0.6182	2.1645	1.9842
9	8	12	0.6454	0.1128	1.4385	1.4125
10	9	15	0.8159	0.0734	1.1227	0.5114
11	12	17	0.6643	0.0865	1.5993	0.7683
12	12	10	0.7973	0.4758	1.1279	0.7745
13	8	20	0.7458	0.7257	1.1596	0.8193
14	12	9	0.7725	0.5648	1.1276	0.8292
15	14	15	0.8127	0.5289	1.2725	1.1129
16	6	12	0.6467	0.4835	2.1216	1.4784
17	13	14	0.6936	0.4982	1.9726	1.5583
18	7	15	0.7784	0.5139	2.1308	1.6885
19	14	16	0.8436	0.7238	2.1118	1.9326
20	14	11	0.6372	0.6267	2.0994	1.7954
21	9	12	0.8534	0.5273	2.0145	1.7398
22	9	15	0.7349	0.1962	1.9732	1.7245
23	15	18	0.7654	0.3862	1.8921	0.9629
24	12	16	0.7184	0.7346	2.1117	1.7535
25	13	15	0.8357	0.7293	2.1298	1.8543
26	10	13	0.9123	0.7125	2.1368	2.1246
27	16	19	0.9136	0.5578	1.6589	1.2187
28	9	7	0.8744	0.5183	2.0911	1.7829
29	13	15	0.5919	0.4992	1.9974	1.8315
30	10	12	0.9121	0.7189	2.1528	1.9862

参考文献:

[1] 祁述雄. 中国桉树[M]. 北京:中国林业出版社,1989: 1-20.
 [2] 白嘉雨,甘四明. 桉树人工林的社会、经济和生态问题[J]. 世界林业研究,1996(2): 63-68.
 [3] 王震洪,段昌群,起联春,等. 我国桉树林发展中的生态问题探讨[J]. 生态学杂志,1998(6):64-68.

(下转第 55 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.011

云南省 5 个自然保护区蝶类多样性与相似性比较研究

王 革

(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:在前人综合科学考察、调查研究的基础上,通过科多样性分析、相似性分析、聚类分析等方法,对云南省不同地理位置的 5 个自然保护区蝶类多样性进行比较研究。结果表明,各保护区蝶类种数所占总种数百分比、多样性指数排序均为西双版纳自然保护区最高,文山自然保护区最低;分布均匀度以无量山自然保护区最高,西双版纳自然保护区最低;相似性系数以西双版纳自然保护区与铜壁关自然保护区最高(0.17),铜壁关自然保护区与白马雪山自然保护区最低(0.012 5)。

关键词:蝶类多样性;相似性;物种丰富度;均匀度;聚类分析;自然保护区

中图分类号:S759.9;Q969.432.2;Q16 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0051-05

Diversity and Similarity Comparison Research on Butterfly in Five Nature Reserves of Yunnan Province

WANG Ge

(Yunnan Institute of Forestry Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: Based on the previous comprehensive scientific investigation and research, through diversity and similarity analysis, cluster analysis, the butterfly diversity in different geographic locations of five Nature Reserves in Yunnan Province were compared. The results showed that the percentage of butterfly species number and species diversity indices were the highest in Xishuangbanna Nature Reserve, but the lowest in Wenshan Nature Reserve; Distribution uniformity was the highest in Wuliang Mountain Nature Reserve, but the lowest in Xishuangbanna Nature Reserve; Similarity coefficient was the highest in Xishuangbanna nature Reserve and Tongbiguan nature Reserve (0.17), but the lowest in Baima Snow Mountain nature Reserve (0.012 5).

Key words: butterfly diversity; similarity; species richness; evenness; cluster analysis; Nature Reserve

蝶类昆虫属于昆虫纲(Insecta)鳞翅目Lepidoptera的锤角亚目Rhopalocera,全世界估计有20 000种,分为4个总科,17个科,其中有5科只产于美洲。我国有12科,434属,2 153种,是整个欧洲蝴蝶种类的4倍多^[1]。蝴蝶是大自然的舞姬,被誉为和平、幸福和爱情忠贞的象征,备受人们喜爱。古往今来,作家、诗人、画家都把蝴蝶作为讴歌的对象,写

下了不少脍炙人口的诗篇^[2]。

云南省生物资源极为丰富,动物和植物的种类均占中国总数的一半以上,素有“植物王国”、“动物王国”等美誉。为了保护这些生物资源及其栖息环境,截至2014年底,云南省已建立各类自然保护区159个,总面积283.51万hm²,占全省国土总面积的7.4%,国家级自然保护区20个,其中属于林业部门

收稿日期:2016-03-07.

作者简介:王革(1975-),男,陕西靖边人,工程师.主要从事林业调查规划工作.

主管的国家级保护区达 17 个^[3]。云南省蝴蝶种类丰富, 目前已知 600 多种, 居全国之首, 最为可贵的是在众多的蝴蝶种类中, 其区系组成亦复杂多样, 除有东洋界、古北界的种类之外, 还有特色鲜明的本地特有种和一些古老、原始的种类^[4]。云南省各大自然保护区的专著和科考报告中, 对昆虫部分都有专题考察, 其中包含蝶类的详细名录, 这为研究云南蝶类多样性提供了难得的科学资料。虽然各保护区专著都对蝶类种类、分布特点作了详细记述, 但尚未见云南省主要自然保护区蝶类多样性的系统比较研究, 对全省不同地域保护区蝶类分布、特点等目前也没有专门的对比研究。本研究拟在前人详实的调查基础上, 对云南省主要自然保护区蝶类多样性开展对比研究, 力争找出它们在不同经纬度、海拔等方面的分布规律, 为日后的蝶类资源保护、开发利用提供科学依据。

1 研究区域选择及概况

目前, 云南省自然保护区数量位居全国第 6 位, 面积第 9 位, 其中: 国家级自然保护区 20 个, 面积为 150.96 万 hm^2 ; 省级 38 个, 面积为 67.48 万 hm^2 。由于各主要保护区大都出版过科学考察专著或综合考察报告, 本研究选择地处滇南的西双版纳国家级自然保护区、滇西北白马雪山国家级自然保护区、滇东的文山国家级自然保护区、滇西的铜壁关省级自然保护区和滇中无量山国家级自然保护区。

西双版纳国家级自然保护区位于云南省南部西双版纳傣族自治州境内, 地跨景洪市、勐腊、勐海两县, 地理位置位于北纬 $21^{\circ}10'$ ~ $22^{\circ}24'$, 东经 $100^{\circ}16'$ ~ $101^{\circ}50'$, 海拔 610~2 007 m, 相对高差 1 400 m, 地理位置处于亚热带季风区域内, 气候以热带、亚热带湿润气候为主, 同时四季分明, 年温差小。日温差大, 年均降雨量 1 161~1 515 mm。保护以热带雨林、季雨林和亚热带季风常绿阔叶林森林生态系统的生物多样性及珍稀野生动植物种群和环境为目的的自然生态系统类别, 森林生态类型的国家级自然保护区^[5]。

云南省白马雪山国家级自然保护区位于滇西北横断山脉腹地迪庆藏族自治州德钦县、维西县, 地理坐标为北纬 $27^{\circ}24'$ ~ $28^{\circ}36'$, 东经 $98^{\circ}57'$ ~ $99^{\circ}25'$ 。海拔 1 950~5 429 m, 相对高差 3 480 m, 总面积为 281 640 hm^2 。主要保护对象是滇金丝猴及其栖息的暗针叶林生态环境, 主要植被类型有硬叶常绿阔叶林、落叶阔叶林、暖性针叶林、稀树灌木草丛和草

甸。保护区地处低纬度高山地带, 属高原山地季风气候, 气候主要特点是季风气候突出、干湿季分明; 长冬无夏、冬秋相连; 立体气候显著, 东西坡差异明显^[6]。

云南省文山国家级自然保护区位于滇东南文山壮族苗族自治州的文山县和西畴县境内, 地理坐标为东经 $103^{\circ}53'$ ~ $104^{\circ}10'$ 、 $104^{\circ}41'$ ~ $104^{\circ}52'$, 北纬 $23^{\circ}16'$ ~ $23^{\circ}25'$ 、 $23^{\circ}21'$ ~ $23^{\circ}24'$, 海拔 1 200~2 991 m, 相对高差 1 791 m, 属森林生态系统类型的自然保护区。保护区总面积为 26 867.0 hm^2 。保护区地理位置处于东亚季风与南亚季风过渡转变地区, 气候旱雨季分明, 年温差小, 处于 2 种季风气候界区; 气温低于同纬度哀牢山以西地区, 具有低纬海洋气候特点。保护区是森林生态类型保护区, 主要保护对象是以木兰科植物为标志的滇东南岩溶中山南亚热带季风常绿阔叶林原始类型和亚热带山地苔藓常绿阔叶林原始自然景观以及珍惜濒危动植物种^[7]。

云南省铜壁关省级自然保护区位于滇西德宏傣族景颇族自治州内, 地理坐标为东经 $97^{\circ}31'$ ~ $97^{\circ}46'$, 北纬 $23^{\circ}54'$ ~ $24^{\circ}51'$, 海拔 210~2 590 m, 相对高差 2 385 m。保护区具有我国南方亚热带的西部典型的季风气候特点, 保护区雨量丰沛, 旱雨季分化更甚。保护区低海拔范围是我国热带延伸最北的地区, 具有海洋性过渡气候, 是以保护阿萨姆娑罗双、羯布罗香等为标志的热带雨林和珍稀动植物, 及其生境为目标的热带森林生态系统类型自然保护区^[8]。

云南省无量山国家级自然保护区位于普洱市景东彝族自治县和大理白族自治州南涧彝族自治县的结合部, 地理坐标为东经 $100^{\circ}19'$ ~ $100^{\circ}45'$, 北纬 $24^{\circ}17'$ ~ $24^{\circ}55'$, 海拔 1 700~3 371 m, 相对高差 1 671 m, 保护区总面积达 31 313 hm^2 。基带气候类型为中、北亚热带的过渡带, 具有气候类型复杂, 垂直变化显著, 干湿季分明, 降水集中于雨季, 年温差小, 日温差大等特点, 降水量均在 1 000 mm 以上。以保护国家重点保护野生动物黑冠长臂猿为代表的野生动物类型自然保护区^[10]。

2 研究内容

按照生物多样性研究方法, 本文对云南省 5 个不同地理位置自然保护区的蝶类多样性(多样性指数、均匀度、物种丰富度、相似性)进行评价。

2.1 多样性指数

多样性指数是用来描述一个群落的多样性的统计量。在生态学中被用来描述生态系统中的生物多样性,在经济学中可以用来描述一个地区中经济活动的分布。多样性指数经常被用来估算任何一个群落,每个成员都属于一个独特的群体或物种。在很多情况下,多样性指数的估计量是有偏的,因此相似的值之间往往不能直接比较^[8]。

2.2 均匀度

种的均匀度(Species evenness 或 equitability)是指一个群落或生境中全部物种个体数目的分配状况,它反映的是各物种个体数目分配的均匀程度。它是种的多样性指数其中的一个涵义,另一个是种的数目或丰富度(Species richness)。

2.3 种相似性系数

种相似性系数(Coefficient of similarity of species)或称 Jaccard 系数,是以种来比较不同地区植物区系的相似性程度的数值。即 2 个地区植物区系的共有种(Commenspecies)的数量与种类总数之比。共有种和种类总数中均不含世界种和外来种。Jaccard(1901)首次提出了这一概念和运算关系式,用以研究不同地区间植物区系的亲缘程度。其表达式为 $SJ = C/a+b+C \times 100\%$ 或 $SJ = C/A+B-C \times 100\%$,式中: A 为甲地区全部种数, B 为乙地区全部种数, C 为 2 个地区共有种数, a 为甲地区独有種, b 为乙地区独有種; A 、 B 、 C 中均不含世界种和外来种; SJ 为 Jaccard 系数。

3 数据来源

通过收集、整理 5 个自然保护区公开发行的科学的考察报告和调查科考单位通过评审论证的考察报告,对其中昆虫名录中蝶类进行统计分析研究。

4 数据分析方法

4.1 种数量百分比

不同地理位置保护区蝶类种数的百分数与物种丰富度指数百分数: $P_i = (N_i/S) \times 100\%$
式中: N_i 为第 i 个保护区的物种数, S 为总物种数。

4.2 不同保护区蝶类分科多样性指数

物种多样性分析采用 Shannon-wiener 多样性指数 $H' = -\sum p_i \log p_i$
式中: p_i 为 i 物种占整个群落数的比例。

4.3 均匀度

均匀度指数采用 Pielou 公式计算: $J = h'/\log S$

4.4 不同保护区蝶类种相似性

采用 Jaccard 的二元相似性系数公式: $SI = C/(A+B-C)$

式中, A 、 B 分别为要进行比较的 2 个不同地区的蝴蝶种类数量, C 为 2 个区的共同种类数量, SI 为相似性系数。当 SI 值为 0.00~0.25 时,为极不相似;当 SI 值为 0.25~0.5 时,为中等不相似;当 SI 值为 0.5~0.75 时,为中等相似;当 SI 值大于 0.75 时,为极相似。以此来衡量 5 个自然保护区中蝴蝶种类分布的差异程度。

5 结果分析

5.1 种数的百分比

5 个自然保护区蝶类种数所占总种数百分比见表 1 所示。

表 1 各自然保护区蝶类种数所占总种数百分比

Tab. 1 Percentage of butterfly species accounted of total species number in each Nature Reserve

保护区	西双版纳	白马雪山	文山	铜壁关	无量山	总种数
蝶类种数/个	326	82	32	80	52	445
百分率/%	73.26	18.43	7.19	17.98	11.69	

由表 1 可知,各自然保护区蝶类种数所占总种数百分比排序为:西双版纳自然保护区>白马雪山自然保护区>铜壁关自然保护区>无量山自然保护区>文山自然保护区。

5.2 多样性指数

5 个自然保护区蝶类分布的种数组成及科多样性指数见表 2 所示。

由表 2 可知,各自然保护区蝶类科多样性指数比排序为:西双版纳自然保护区>铜壁关自然保护区>无量山自然保护区>白马雪山自然保护区>文山自然保护区。

5.3 均匀度

由表 2 可知,各自然保护区蝶类分布均匀度排序为:无量山自然保护区>铜壁关自然保护区>白马雪山自然保护区>文山自然保护区>西双版纳自然保护区。

5.4 不同自然保护区蝶类种相似性及聚类分析

5 个自然保护区蝶类种相似性系数见表 3

所示。

由表 3 可知,5 个自然保护区分别进行两两比较,相似性系数 SI 值全部在 0.00~0.25 之间,为极不相似,最高为西双版纳自然保护区与铜壁关自然

表 2 各个自然保护区蝶类分布的种数组成及科多样性指数

Tab. 2 Species composition and family diversity index of butterfly distribution in each Nature Reserve

类群	西双版纳	白马雪山	文山	铜壁关	无量山
凤蝶科 Papilionidae	46	10	3	8	2
粉蝶科 Pieridae	36	18	10	16	9
绢蝶科 Parnasiidae		8			
斑蝶科 Danaidae	13		3	7	3
环蝶科 Amathusiidae	9				
眼蝶科 Danaidae	30	9	3	11	6
蛱蝶科 Nymphalidae	99	26	10	21	16
喙蝶科 Libytheidae	2	1			
蛱蝶科 Riodinidae	11	2		4	7
灰蝶科 Lycaenidae	50	2		4	6
弄蝶科 Hesperidae	28	6	3	9	2
珍蝶科 Acraeidae	2				1
合计	326	82	32	80	52
多样性指数	2.0352	1.8494	1.3927	1.9346	1.9257
均匀度	0.3517	0.4197	0.4019	0.4415	0.4874

表 3 不同自然保护区蝶类相似性系数

Tab. 3 Similarity coefficient of butterflies in different Nature Reserve

	西双版纳	白马雪山	文山	铜壁关	无量山
西双版纳	326	21	20	59	26
白马雪山	0.0543	82	4	2	7
文山	0.0592	0.0364	32	6	7
铜壁关	0.1700	0.0125	0.0566	80	9
无量山	0.0739	0.0551	0.0909	0.0732	52

保护区, SI 值为 0.170 0,最低为铜壁关自然保护区与白马雪山自然保护区, SI 值仅为 0.012 5。

6 结论与讨论

研究自然保护区昆虫区系的相似性系数,有助于说明自然保护区的群落结构及稳定性是否相似。从生物地理学的角度来说,不同的动物分布区系间由于地理屏障及气候差异的存在,昆虫种类和数量

亦有明显的差异,一般区系距离越远,差异也越大,则相似性系数较低^[11]。本次研究选取的云南省不同地理位置自然保护区大都具有良好的植被条件,为蝶类生存提供了较好的条件,使得各保护区蝶类资源丰富,群落结构稳定。通过科多样性分析、相似性分析、聚类分析等方法对各保护区蝶类进行了研究分析,主要结论如下:

1)各保护区蝶类种数所占总种数百分比排序为:西双版纳自然保护区>白马雪山自然保护区>铜壁关自然保护区>无量山自然保护区>文山自然保护区。西双版纳自然保护区高达 326 种,占 73.26%,体现该保护区物种丰富度占有绝对优势。

2)不同地理位置自然保护区蝶类分科多样性分析。各自然保护区蝶类科多样性指数比排序为:西双版纳自然保护区>铜壁关自然保护区>无量山自然保护区>白马雪山自然保护区>文山自然保护区。对应在云南省的不同地理位置,科多样性指数为:滇南>滇西>滇中(偏西)>滇西北>滇东南。具有热带、南亚热带的气候及植被类型的西双版纳、铜壁关 2 个自然保护区排序靠前,与这 2 个自然保护区生物多样性丰富特征相一致。

3)各自然保护区蝶类分布均匀度排序为:无量山自然保护区>铜壁关自然保护区>白马雪山自然保护区>文山自然保护区>西双版纳自然保护区。

4)各自然保护区相似性系数为:西双版纳与铜壁关(0.17)>无量山与文山(0.090 9)>无量山与西双版纳(0.073 9)>无量山与铜壁关(0.073 2)>文山与西双版纳(0.059 2)>铜壁关与文山(0.056 6)>白马雪山与无量山(0.055 1)>白马雪山与西双版纳(0.054 3)>文山与白马雪山(0.036 4)>铜壁关与白马雪山(0.012 5)。

西双版纳国家级自然保护区蝶类多样性指数最高,为 2.035 2,主要是由于保护区所处纬度低、保护区面积大、分布在不同的区域,地理位置处于南亚热带季风区域内,气候以热带、南亚热带湿润气候为主,同时四季分明、年温差小,日温差大,森林植被多样,生物多样性丰富,保护区昆虫区系属东洋区、热带雨林季雨林亚区,不仅森林植物保留有少量北方种类,且在昆虫区系组成上也有一定比例的古北种保留下来。

白马雪山国家级自然保护区蝶类组成及其复杂,主要属于东洋种、古北种、高山特有种和地区特有种,蝶类昆虫的区系垂直带谱属亚热带山地昆虫区系的性质,绝大部分类群的东洋区成分占统治地

位,高山地带为高山种所支配,蝶类分布垂直带谱明显,蝶类分布随海拔高度增加而出现明显变化。分布于高海拔地区森林线以上耐寒能力强的绢蝶科,5 个自然保护区中只有其有分布,并高达 8 种。

文山国家级自然保护区蝶类科多样性指数最低,在 5 个自然保护区分布的 12 科中,只有 6 科分布,且蝶类种数也最少,仅有 32 种。

铜壁关省级自然保护区蝶类种类相当丰富,在 5 个自然保护区分布的 12 科中,有 8 科 80 种分布,但与西双版纳自然保护区相比种群数量较少,区系成分各具特色,与印度和缅甸的区系关系更为密切,与西双版纳区系不尽相同。以蛱蝶科、粉蝶科、眼蝶科最为丰富,其次是凤蝶科、斑蝶科和灰蝶科。具有云南新分布种 7 种。

无量山国家级自然保护区蝶类以东洋区为主,东洋区 44 种,东洋区和古北区种 6 种,其他成分 2 种,特有种 3 种。

参考文献:

- [1] 寿建新,周尧,李宇飞. 世界蝴蝶分类名录[M]. 西安:陕西科学技术出版社,2006.
- [2] 云南省生态经济学会,云南省森林病虫害防治检疫站,中国科学院昆明动物研究所. 云南蝴蝶[M]. 北京:中国林业出版社,1995.
- [3] 云南省林业厅. 云南自然保护区年报[R]. 2014.
- [4] 李昌廉. 云南蝶类调查及其地理分布[J]. 动物学研究,1989,11(4):349-353.
- [5] 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,2006.
- [6] 云南省林业厅. 白马雪山国家级自然保护区[M]. 昆明:云南民族出版社,2003.
- [7] 杨宇明,田昆,和世钧. 中国文山国家级自然保护区[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [8] 西南林学院,云南省林业厅,云南省德宏州林业局. 云南铜壁关自然保护区综合科学考察报告[R]. 2002.
- [9] 云南省林业厅,中荷合作云南省 FCCDP 办公室,云南省林业调查规划院. 无量山国家级自然保护区[M]. 昆明:云南科技出版社,2004.
- [10] <http://zh.wikipedia.org/zh/多样性指数>[EB/LO].
- [11] 丁良凤,刘洋,曾爱萍,等. 湖南省 4 个自然保护区蝶类多样性与相似性研究[J]. 天津农业科学,2012,18(1):96-99.
- [4] 李志辉,沈中潜,朱宁华. 中国桉树人工林的生态经济效益综述[J]. 林业资源管理,1996(3):46-49.
- [5] 郭国华. 再论桉树与环境问题[J]. 桉树科技,2001(1):21-24.
- [6] 黄锦龙,刘有美,林松爆,等. 雷州林业局混林农经营的生态效益研究[M]//曾天勋. 雷州短轮伐期桉树生态系统研究. 北京:中国林业出版社,1995:208-218.
- [7] 余雪标,李维国,王尚明,等. 桉树人工林若干生态问题的研究进展[M]//余雪标. 桉树人工林长期生产力管理研究. 北京:中国林业出版社,1999:19-26.
- [8] 温远光,刘世荣,陈放. 连栽对桉树人工林下物种多样性的影响[J]. 应用生态学报,2005,16(9):1667-1671.
- [9] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I// α 多样性的测度方法(上)[J]. 生物多样性,1994,2(3):162-168.
- [10] 马克平,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II// α 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性,1994,2(4):231-239.
- [11] 余雪标,徐大平,龙腾,等. 连栽桉树人工林生物量及生产力结构的研究[M]//余雪标. 桉树人工林长期生产力管理研究. 北京:中国林业出版社,1999:61-67.
- [12] 温远光,刘世荣,陈放,等. 桉树工业人工林植物物种多样性及动态研究[J]. 北京:林业大学学报,2005,27(4):17-22.
- [13] 李明臣. 桉树林取代马尾松疏林后群落组成结构与土壤理化性质的变化[D]. 南宁:广西大学(博士学位论文),1998:62-63.
- [14] 王世红. 桉树人工林土壤肥力演变特征研究[D]. 南京:南京林业大学,2007:11-27.
- [15] 赵一鹤,杨宇明,杨时宇,等. 桉树人工林生物多样性研究进展[J]. 云南农业大学学报,2005,22(5):741-746.
- [16] 黄志刚,李锋瑞,曹云,等. 南方红壤丘陵区杜仲人工林土壤水分动态[J]. 应用生态学报,2007,18(9):1937-1944.
- [17] 王豁然. 论外来树种人工林的可持续经营//面向 21 世纪的林业—可持续发展全球战略下的林业科学技术[M]. 北京:中国农业科技出版社,1998:121-129.

(上接第 50 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.012

林火干扰对森林植被碳库影响的研究进展

蒋波¹, 胡青², 肖良俊², 杨蔷², 吴涛²

(1. 云南省林业高级技工学校, 云南 昆明 650213; 2. 云南省林业科学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 林火干扰是全球森林生态系统发展的主要动力之一。从研究方法现状、森林植被碳储量、景观尺度等 3 个方面综合论述了林火干扰对森林植被碳库的影响, 以及景观尺度上林火干扰因子对森林碳储量的耦合作用。指出当前林火干扰对森林植被碳储量影响在景观尺度上研究较少、研究因子单一和在不同火烧烈度上对森林碳储量的影响研究不充分等问题, 提出为准确量化林火干扰对森林碳储量的影响, 需要揭示林火干扰特征对森林碳库的影响机制及碳分布格局的变化特征。

关键词: 林火干扰; 森林碳储量; 火烧迹地; 火烧烈度; 耦合作用; 景观格局

中图分类号: S762.32; S718.54 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2016)02-0056-06

Effect of Forest Fire on Forest Vegetation Carbon Storage

JIANG Bo¹, HU Qing², XIAO Liangjun², YANG Qiang², WU Tao²

(1. Yunnan Forestry Senior Technical School, Kunming 650213, China;
2. Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650201, China)

Abstract: Forest fire is the main driver of forest ecosystems development in the worldwide. The paper summarized the effects of forest fire on forest vegetation carbon storage from three aspects of research status, forest vegetation carbon storage, and landscape scale, and the coupling of forest fire disturbance on forest vegetation carbon storage in landscape scale also been studied. The results showed that the research on current forest fire disturbance on forest vegetation stocks at the landscape scale was few. In order to accurately quantify forest fire disturbance on the forest carbon stocks, it is necessary to discover the impact mechanism of forest fire disturbance characteristics on forest carbon stock change, and carbon distribution pattern.

Key words: forest fire disturbance; forest carbon stocks; fire severity; fire intensity; coupling; landscape pattern

温室效应问题是当今国际重大科学研究领域之一, 影响到全球的生存和发展。全球陆地生态系统碳储量总量为 2 500 PgC^[1], 森林植被碳储量占陆地植被碳储量的 77%^[2,3], 森林植被碳库在全球碳循环中发挥着关键作用。林火干扰是影响森林植被碳

库的主要环境因子之一, 林火可以降低碳固定, 减弱生态系统对碳的吸收功能, 导致区域碳储量和空间格局发生明显变化^[4-8]。全球平均每年大约有 1% 的森林遭受火干扰^[9], 全球森林火灾排放的 CO₂、CO 和 CH₄ 的总量分布占全球所有排放量的 45%、

收稿日期: 2016-04-19.

基金项目: 云南省科技计划项目青年项目 (基金编号: 2015FD079).

作者简介: 蒋波 (1976-), 男, 云南昭通人, 讲师. 从事林业、园艺教育教学工作. Email: 1124343979@qq.com

通信作者: 吴涛. Email: ynafwt@126.com

21%和44%^[10,11],林火干扰能瞬间造成陆地碳库的释放,可改变整个生态系统的碳循环过程和分布格局。仅在加拿大每年就有 $3 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 的森林发生火灾,通过大量的碳释放改变森林碳库量^[12]。我国云南省林区单位森林火灾成灾面积释放的 CO_2 为 13.02 mg C/hm^2 ,位居全国各省份 CO_2 排放值前四位,比全国平均值多 5.9 mg C/hm^2 ^[13]。在高海拔地区,林火发生的频率、面积和对碳储量的影响总体上随着气候变化持续增加^[14-16]。而且,预计未来多年,加拿大林火发生的频率将增加 140%^[17];预计到 2050 年,美国的森林火烧面积将增加 175%^[18]。林火发生频率、持续时间和受灾面积等的改变,将会更加长远地改变森林景观格局和植被碳循环动态,从而影响森林碳储量。本研究阐述了林火干扰的定义、研究方法、林火干扰对森林植被碳库的影响,以及景观尺度上林火干扰因子对森林碳储量的耦合作用等研究进展,并指出已有研究的不足,展望林火干扰对森林植被碳储量影响的未来研究方向。

1 林火干扰的定义

森林干扰是普遍的自然现象,对于森林生态系统发展起着主要动力作用。Pickett 等^[19]认为干扰是引起群落或生态系统特性发生基质有效性变化的不连续因素,是时空异质性的不可预知事件^[20]。林火干扰作为森林生态系统中最常见的干扰因素,自然环境发生改变,自然环境动态过程超过正常的演变方向^[21]。按照林火干扰的起源可分为自然林火干扰和人为林火干扰。自然林火干扰是排除人为目的性的在自然环境中发生的干扰现象;人为林火干扰是人为活动改造或建设森林生态所发生的干扰。按照林火干扰的来源,林火干扰属于外部干扰,对森林环境造成生态影响,如林火对森林更新的影响^[22-24]、林火对森林种群稳定性的影响^[25]和林火对生物多样性的影响^[26,27]等。

2 研究方法

2.1 火灾数据分析

火灾分析最根本、最常见的方法是火灾数据分析。火灾数据分析是利用搜集到的历年火灾发生情况,了解火灾相关数据和资料,对林火干扰的地域特征、季节特征、年际特征、间隔期、轮回期、燃烧频率等特征做出准确判断和相关结论,从而对森林火灾发生的预测提供相关判断依据^[28]。其次,也可根据

林火干扰的相关资料推断出火烧迹地的火烧烈度、火烧年份和火烧次数等森林林火干扰历史^[29]。运用遥感技术进行火燃物的分类和空间识别,辨识到的数据做成基础数据导入地理信息系统的火灾空间模拟系统中,对森林火灾进行预测,这种技术为森林火灾预测提供有效技术和科学依据^[30]。同时,也可以通过火烧后的火疤木进行调查,记录下火疤木的方位、所在树种、所在树种的胸径、世代、林龄、火疤的方向、火烧烈度和火烧年代等,结合调查样地的树种林龄情况和林冠层情况综合判断每个调查火烧迹地的火烧次数及火烧年代^[31]。研究表明,这种调查方法是确定火烧迹地的火轮回期的可靠依据^[30]。

2.2 火烧迹地野外调查方法

火烧迹地野外调查方法是基于地面调查的综合火烧指数(Composite Burn Index, CBI)的野外调查方法。CBI 是美国林署进行林火烈度评价的最常用的林火野外调查标准^[32]。

对火烧迹地野外调查样地,根据历史火烧数据确定距离上次火烧时间,采用综合火烧指数(CBI)反映火烧烈度,在调查样地内,按森林垂直结构分 5 个层次进行调查:1)地表可燃物、土壤;2)草本、低矮灌木和 <1 m 高的小树层;3)高大灌木和 1~5 m 的乔木层;4)次林冠层(5~20 m);5)主林冠层(>20 m)。每个样地记录:1)林型、郁闭度(%)、树高或林冠高(cm);2)林木死亡率;3)树冠和树干的破毁程度;4)熏黑高度和地表火烧百分比;5)生物量的消耗;6)土壤和灰烬颜色的变化;7)土壤有机质层的消耗。在火烧程度调查中,每一调查层都有若干个观测变量(取值范围为 0~3,其中 0 代表没有火烧)^[32]。

在火烧烈度计算中,对各层的估测值加以综合,得到整个样地的 CBI 值,各分层 CBI 指数计算公式为:

$$A_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} / n$$

式中: A_i 为第 i 层的 CBI 值; A_{ij} 为第 i 层第 j 个调查因子的 CBI 值; n 为第 i 层中调查因子的总数。

样地总 CBI 值计算公式为:

$$\text{CBI} = \sum_{i=1}^k A_i / k$$

式中:CBI 为样地综合火烧指数; A_i 为第 i 层的 CBI 值; k 为样地的分层数。

通过 CBI 的火烧迹地野外调查方法能够全面反映火干扰对森林组成结构的影响程度,但得到的火烧程度估算结果具有一定的不确定性^[33]。

3 林火干扰对森林植被碳库的影响

林火干扰是全球气候变化的主要结果,也是全

球变化的主要表现之一,林火干扰严重影响森林碳储量和碳分配格局,林火发生后,林分结构和功能均发生改变,从而影响了森林碳循环,改变森林碳动态,促进林分碳源和碳汇互相转化^[34-36]。20 世纪 80 年代以来,加拿大、美国和俄罗斯等国开展了大量的林火干扰研究^[38]。Kasischke 和 Stocks^[36] 在 2000 年出版了《Fire, Climate Change, and Carbon Cycling in the Boreal Forest》一书,介绍了火灾与气候交互作用如何直接和间接影响森林碳循环。目前,国外林火干扰对森林碳库的影响研究主要有以下几方面内容:1) 森林干扰下的碳释放^[37,38];2) 林火干扰对植被和土壤碳储量的影响^[5,36];3) 生态系统碳循环中的碳源和碳汇的相互转化^[39];4) 林火干扰后森林的碳平衡^[40];5) 生态系统恢复过程中森林净初级生产力的变化^[41]。

国内科学家就林火干扰对森林生态系统碳循环过程主要在火干扰对生态系统碳储量^[8]、碳素分布^[7]和碳循环^[42]的影响等方面进行了研究,并探讨了火干扰对森林碳汇^[6,43,44]、森林土壤碳储量^[45]、土壤有机碳含量及其空间分布^[7,46]、森林碳排放^[47,48]以及碳动态^[49]的影响。同时,在我国东北地区开展了林火特征分析^[50,51]、林火干扰的空间格局分析^[52,53]、火烧迹地植被恢复^[54,55]和林火干扰程度调查^[56-58]等方面的前期研究。如王晓莉等^[57]基于 TM 影像和 NBR 指数,对 1986-2010 年大兴安岭呼中林区火烧迹地的林火烈度进行了定量分析。吴志伟等^[51]利用 LANDSAT 影像数据研究了植被、地形对火烧烈度的影响机制。方东明等^[49]基于 CENTURY 模型模拟了火烧对大兴安岭兴安落叶松林碳动态的影响,其研究表明,在林分尺度上生物碳库随着不同火烧强度先降后升。

在现有研究文献中,林火干扰对森林碳储量的影响普遍是从时间和空间范围上分析林火干扰的特征以及火干扰对森林碳储量的影响,即在不同时间、空间及光谱分辨率的遥感数据的基础上,利用卫星遥感技术进行大范围时空尺度上的林火影响估算,分析林火干扰后及不同火烧烈度对森林碳储量影响变化特征^[59-62]。如 Kashian 等^[36]对火后 300 年的碳储量时间序列进行了分析,Kukavskaya 等^[63]研究了不同火烧烈度下西伯利亚中部赤松林的生物量动态。通过这些研究,能比较深入地了解林火干扰对森林碳储量的长期影响。但是,林火干扰对碳储量的影响是一个时间和空间相结合影响的长期过程,森林从空间上存在植物的分层现象,大致分为乔木

层、灌木层、草本层和凋落物层,森林碳储量的存储分层上还包括枯死的立木和倒木,利用这种方法来探讨整个空间上森林碳储量的动态变化轨迹是比较困难的。而且,森林的林分尺度的碳收支变化并不代表整个森林景观格局上的碳收支变化。如,整片森林林龄为成熟林,整个森林碳储量表现为碳汇,其中某个森林类型受林火干扰后树木烧毁,重新生长后的初期林分密度低,生物量少,碳储量可能表现为碳源^[11,41]。

4 景观尺度上林火干扰因子对森林碳储量的耦合作用

林火干扰对森林碳储量的影响是一个非常复杂的过程,不同火烧烈度对碳储量的影响因森林类型、林分密度和景观格局等因子的不同而存在差异,它们耦合作用于森林地上植被碳库变化。低烈度火烧毁大树林下部分的灌木和草本,使乔木对 CO₂ 的净吸收量增加,高烈度火烧毁整片森林,影响森林的空间格局和森林景观结构,从而改变森林碳动态^[41,53,64,65]。植被类型、林龄和林地的地形等立地条件又抑制着林火干扰对碳循环的影响。如,刘志华等^[50]应用空间点格局分析方法进行研究,结果表明,人类活动因子、地形因子和植被因子对林火发生有重要作用。Turner 等^[66]对美国黄石国家森林公园的林火干扰与植被再固碳过程的关系进行研究时发现,林火火烧烈度与各林型的林龄显著相关。经典理论认为,林火干扰初期,林分年龄小、密度低,森林对 CO₂ 的净吸收量大,但碳储量低;随着林分年龄(演替阶段或距离上次火干扰时间)的增加,净初级生产力(NPP, Net Primary Productivity)逐渐增加,到中龄林达到最高,成熟林阶段则显著减少。因此,火烧与植被类型、林龄、林分密度和景观结构等因子的交互作用是林火干扰对森林碳储量估算的影响研究的关键点^[67]。

研究表明,在景观尺度上,量化火烧烈度(低火、中火和重火)与植被、地形的耦合作用对森林碳储量的影响具有重要意义^[68]。我国森林景观大部分呈现不同火烧烈度的嵌入式斑块格局,影响了火后植被更新时的碳库分布和重新固定碳的空间特征^[69]。同时,林火与植被(林分类型、林龄组、疏密度)、地形(海拔、立地条件)、土壤(土壤结构、土壤干燥度)和气候(温度升高)交叉作用,对火烧烈度的空间格局存在正反馈或负反馈作用^[70]。研究表明,林火发生后,复杂地形林火干扰程度变化不大,

而缓坡林地,火烧烈度与不同森林景观类型显著相关。目前,通过遥感数据反演得到的火烧烈度需要野外实测数据进行验证,基于地面调查的综合火烧指数(Composite Burn Index, CBI)是最系统、全面的方法^[32]。CBI 指数能够反映森林不同碳库对林火干扰的响应,已成为美国林署进行火烧烈度评价的野外调查和评价标准,在北美和欧洲得到了广泛应用^[71]。实际应用中,通常将 CBI 指数与遥感影像指数结合,能够很好地反映林火干扰对森林结构组成的影响程度,能量化分析不同火烧烈度对森林生物量和碳储量的影响程度。

5 不足与展望

从现有的研究可以看出,在景观尺度上的林火干扰对森林生态系统碳循环过程的影响的研究较少;研究通常分析火烧历史数据与相应的温度、湿度、林龄等植被数据的交叉作用,较少考虑林火干扰与植被、地形等因子的耦合关系。与国外研究现状相比,国内的差距主要表现在以下几个方面:1) 在景观尺度上研究较少,大部分从生态系统碳循环和样地尺度上开展,在区域景观和空间格局方面欠缺研究;2) 研究因子单一,未考虑植被与地形的耦合作用下林火干扰对森林碳储量的影响;3) 在不同火烧烈度上对森林碳储量的影响研究不充分,未考虑不同林火干扰程度对森林地上部分的研究,如对枯立木、倒木等的影响研究。因此,在气候变化(暖)的形势下,在景观区域尺度上、从不同林火干扰程度下探讨林火干扰-植被-地形耦合作用对森林碳储量的影响机制有重要的指导意义。

同时,我国大多数森林植被碳储量的研究主要集中在植被类型、林分密度等因子对森林碳储量的影响,而林火干扰因子的影响还亟待研究^[72-77]。我国森林植被碳储量估算是在进行实地踏查的基础上,选择林相相对整齐、林分立地条件相似的区域,布设样地、群落调查和植被样品采集,得到样地尺度的各植被类型生物量与蓄积量的关系式,从而结合各区域森林清查数据中的各森林类型的蓄积量推出各区域的森林碳储量^[13,78,79]。在建立各植被类型生物量与蓄积量关系式时,样地为林分立地条件好及相似的区域(未受林火干扰),而没有考虑不同林火干扰程度下(低火、中火、高火烧烈度)分别建立关系式。而且,在我国森林清查时,火烧迹地主要记录幼苗更新情况,由于活立木没有达到疏林地标准而记为无立木林地,实际上,在森林调查中火烧迹地

上有大量的枯死立木和枯死倒木,仍然保留着大量的碳,需要实地调查获取枯死立木和枯死倒木的生物量信息。这些情况在林火发生频率高,火烧强度、面积大的云南森林更不可忽视。因此,通过上述的这种方法估算的火烧迹地森林碳储量没有包括林火干扰的影响,没有区分不同林火干扰程度(火烧烈度)对碳储量的影响,从而影响了森林碳储量的量化精度。

总之,为了准确量化林火干扰对森林碳储量的影响,需要揭示林火干扰特征对森林碳库的影响机制及碳分布格局的变化特征。林火干扰对森林植被的碳储量及其空间分布格局的影响研究,不同林火干扰程度(低火、中火和重火)对植被碳储量的影响机制如何运作,不同林火干扰程度如何与植被、地形等因子耦合作用于森林碳储量等问题的解决,将是未来更精确量化林火干扰对森林植被碳库影响的核心所在。

参考文献:

- [1] PENMAN J, GYTARSKY M, HIRAISHI T, et al. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry[M]. Kanagawa Prefecture: Institute for Global Environmental Strategies, 2003.
- [2] DIXON R K, SOLOMON A M, BROWN S, et al. Carbon pools and flux of global forest ecosystems[J]. Science, 1994, 263:185-190.
- [3] ROGER A, SEDJO. The carbon cycle and global forest ecosystem[J]. Water, Air, and Soil Pollution, 1993, 70: 295-307.
- [4] WANG C K, BOND L B, GOWER S T. Carbon distribution of a well and poorly drained black spruce fire chronosequence. Global Change Biology, 2003, 9(7): 1006-1079.
- [5] GOUGH C M, VOGEL C S, SCHMID H P, et al. Controls on annual forest carbon storage: lessons from the past and predictions for the future[J]. Bioscience, 2008, 58(7): 609-622.
- [6] 高仲亮,周汝良,王军国,等. 计划烧除对森林碳汇的影响分析[J]. 森林防火, 2010(2): 35-38.
- [7] 张懿晗. 火干扰对兴安落叶松土壤有机碳储量及空间分布格局的影响[D]. 哈尔滨:东北林业大学, 2011.
- [8] 牟长城,包旭,卢慧翠,等. 火干扰对大兴安岭兴安落叶松瘤囊苔草湿地生态系统碳储量的短期影响[J]. 林业科学, 2013,49(2): 8-14.
- [9] CRUTZEN P J, HEIDT L E, KRASNEC J P, et al. Biomass burning as a source of atmospheric gases CO, H₂,

- N_2O , NO , CH_3Cl and COS [J]. *Nature*, 1979, 282: 253-256.
- [10] 王效科, 庄亚辉, 冯宗炜. 森林火灾释放的含碳温室气体量的估计[J]. *环境科学进展*, 1998, 6(4): 2-16.
- [11] KASISCHKE E S, HOY E E. Controls on carbon consumption during Alaskan wildland fires [J]. *Global Change Biology*, 2012, 18(2): 685-699.
- [12] FLANNIGAN M, CAMPBELL I, WOTTEON M, et al. Future fire in Canada's boreal forest: paleoecology results and general circulation model-regional climate model simulations[J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 2001, 31(5): 854-864.
- [13] 王效科, 冯宗炜, 庄亚辉. 中国森林火灾释放的 CO_2 、 CO 和 CH_4 研究[J]. *林业科学*, 2001, 37(1): 90-95.
- [14] 姜乃准. 黑龙江省气候变化趋势对森林火灾影响的研究[J]. *森林火灾*, 1995(3): 23-26.
- [15] 赵凤君, 王明玉, 舒立福, 等. 气候变化对林火动态的影响研究进展. *气候变化研究进展*, 2009, 5(1): 50-55.
- [16] SHU Z, DI X Y, HUANG H. Effects to Forest Fire Occurrence of Climate Change in Ta He Forestry Bureau in Great Xing'an Mountain[J]. *Environmental Biotechnology and Material Engineering*, 2011: 135-139.
- [17] WOTTON B M, NOCK C A, FLANNIGAN M D. Forest fire occurrence and climate change in Canada[J]. *International Journal of Wildland Fire*, 2010, 19(3): 253-271.
- [18] SPRACKLEN D V, MICKLEY L J, LLGAN J A. Impacts of climate change from 2000 to 2050 on wildfire activity and carbonaceous aerosol concentrations in the western United States[J]. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 114, D20301, doi: 10.1029/2008JD010966, 2009.
- [19] PICKETT S T. The ecology of natural disturbance and patch dynamics[M]. Academic press, 1985, 472.
- [20] FARINA A. Principles and Method in Landscape Ecology [M]. London: Chapman and Hall, 1998.
- [21] NEILSON R P, WULSTEIN L H. Bio-geography of two southwest American oaks in relations to maintain diversity [J]. *BioScience*, 1983, 33: 700-706.
- [22] BECKAGE B, WILLIAM J P, MATTHEW G. et al. 2003. Influence of the elnino southern oscillation on fire regimes in the florida everglades[J]. *Ecology*, 2003, 84(12): 3124-3130.
- [23] 杨树春, 刘新田, 曹海波, 等. 大兴安岭林区火烧迹地植被变化研究[J]. *东北林业大学学报*, 1998, 26(1): 19-23.
- [24] 王绪高, 李秀珍, 孔繁花, 等. 大兴安岭北坡火烧迹地自然与人工干预下的植被恢复模式初探[J]. *生态学杂志*, 2003, 22(5): 30-34.
- [25] 邱扬. 森林植被的自然火干扰[J]. *生态学杂志*, 1998(1): 54-60.
- [26] 孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 等. 普通生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993: 135-137.
- [27] 罗菊春. 大兴安岭森林火灾对森林生态系统的影响[J]. *北京林业大学学报*, 2002, 24(5/6): 101-107.
- [28] 卢振兰, 刘常梅, 韩国辉. 火生态学研究方法综述[J]. *吉林林业科技*, 2001, 30(6): 4-7.
- [29] 刘广菊, 胡海清, 张海棠. 天然次生林火干扰史的重建方法[J]. *东北林业大学学报*, 2008, 36(5): 75-77.
- [30] 江洪, 张艳丽, JAMES R S. 干扰与生态系统演替的空间分析[J]. *生态学报*, 2003, 23(9): 1861-1876.
- [31] 王秋华, 舒立福, 李世友. 林火生态研究方法进展[J]. *浙江林业科技*, 2009, 29(5): 78-82.
- [32] KEY C H, BENSON N C. Landscape assessment: Sampling and analysis methods//. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station General Technical Report, RMRS-GTR-164-CD[R]. Ogden, UT, 2006.
- [33] 杨达, 吴志伟, 梁宇, 等. 林火烈度的量化指标构建[J]. *林业资源管理*, 2014, 12(6): 140-145.
- [34] WALLENUS T H, KUULUVAINEN T, VANHA-MAJAMAA I. Fire history in relation to site type and vegetation in Vienansalo wilderness in eastern Fennoscandia, Russia[J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 2004, 34(7): 1400-1409.
- [35] BOBY L A, SCHUUR E A G, MACK M C. et al. Quantifying fire severity, carbon, and nitrogen emissions in Alaska's boreal forest [J]. *Ecological Applications*, 2010, 20(6): 1633-1647.
- [36] KASHIAN D M, ROMME W H, TINKER D B, et al. Postfire changes in forest carbon storage over a 300 year chronosequence of *Pinus contorta* dominated forests [J]. *Ecological Monographs*, 2013, 83(1): 49-66.
- [37] VASCONCELOS S S, FEARNESIDE P M, GRACA P M. et al. Forest fires in southwestern Brazilian Amazonia; estimates of area and potential carbon emissions[J]. *Forest Ecology and Management*, 2013, 291: 199-208.
- [38] AMIRO B D, TODD J B, WOTTON B M. et al. Direct carbon emissions from Canadian forest fires, 1959-1999 [J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 2001, 31(3): 512-525.
- [39] NALDER I A, WEIN R W. Long-term forest floor carbon dynamics after fire in upland boreal forests of western Canada[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 1999, 13(4): 951-968.
- [40] CHEN J, CHEN W J, LIU J, et al. Annual carbon balance of Canada's forests during 1895-1996[J]. *Global*

- Biogeochemical Cycles, 2000, 14(3): 839-849.
- [41] TURNER M G, SMITHWICK E A H, TINKER D B. et al. Variation in foliar nitrogen and aboveground net primary production in young postfire lodgepole pine[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2009, 39(5): 1024-1035.
- [42] 吕爱峰,田汉勤,刘永强. 火干扰与生态系统的碳循环[J]. 生态学报, 2005, 25(10): 2734-2743.
- [43] 周振宝. 大兴安岭主要可燃物类型生物量与碳储量的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2006.
- [44] 张瑶. 大兴安岭 26 年间林火对森林植被碳收支的影响[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2009.
- [45] 周文昌,牟长城,刘夏,等. 火干扰对小兴安岭白桦沼泽和落叶松-苔草沼泽凋落物和土壤碳储量的影响[J]. 生态学报,2012, 32(20): 6387-6395.
- [46] 邵帅,韩春兰,王秋兵,等. 大兴安岭天然针叶林不同强度火干扰 10 年后土壤有机碳含量变化[J]. 水土保持学报, 2012, 26(5): 201-205, 210.
- [47] 胡海清,魏书精,金森,等. 森林火灾碳排放计量模型研究进展[J]. 应用生态学报, 2012, 23(5): 1423-1434.
- [48] 魏书精. 黑龙江省森林火灾碳排放定量评价方法研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2013.
- [49] 方东明,周广胜,蒋延玲,等. 基于 CENTURY 模型模拟火烧对大兴安岭兴安落叶松林碳动态的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(9): 2411-2421.
- [50] 刘志华,杨健,贺红土,等. 黑龙江大兴安岭呼中林区火烧点格局分析及影响因素[J]. 生态学报. 2011, 31(6): 1669-1677.
- [51] 吴志伟,常禹,贺红土,等. 大兴安岭呼中林区林火时空分布特征分析[J]. 广东农业科学,2011,(5): 189-193.
- [52] 王绪高,李秀珍,贺红土,等. 大兴安岭北坡落叶松林火后指标演替过程研究[J]. 生态学杂志, 2004, 23(5): 35-41.
- [53] 孔繁花,李秀珍,尹海伟,等. 地形对大兴安岭北坡林火迹地森林景观格局影响的梯度分析[J]. 生态学报, 2004, 24(9): 1863-1871.
- [54] 孙家宝,胡海清. 大兴安岭兴安落叶松林火烧迹地群落演替状况[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(5): 30-33.
- [55] 杨健,孔健健,刘波. 林火干扰对北方针叶林林下植被的影响[J]. 植物生态学报, 2013, 37(5): 474-480.
- [56] 常禹,陈宏伟,胡远满,等. 林火烈度评价及其空间异质性研究进展[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(2): 28-34.
- [57] 王晓莉,王文娟,常禹,等. 基于 NBR 指数分析大兴安岭呼中森林过火区的林火烈度[J]. 应用生态学报, 2013, 24(4): 967-974.
- [58] 杨达,吴志伟,梁宇,等. 林火烈度的量化指标构建[J]. 林业资源管理, 2012, 12(6): 140-145.
- [59] LAW B E, SUN O J, CAMPBELL J. et al. Changes in carbon storage and fluxes in a chronosequence of ponderosa pine[J]. Global Change Biology, 2003, 9(4): 510-524.
- [60] SUN O J, CAMPBELL J, LAW B E, et al. Dynamics of carbon stocks in soils and detritus across chronosequences of different forest types in the Pacific Northwest, USA[J]. Global Change Biology, 2004, 10(9): 1470-1481.
- [61] VARGAS R, ALLEN M F, ALLEN E B. Biomass and carbon accumulation in a fire chronosequence of a seasonally dry tropical forest [J]. Global Change Biology, 2008, 14(1): 109-124.
- [62] SEEDRE M, CHEN H Y H. Carbon dynamics of aboveground live vegetation of boreal mixedwoods after wildfire and clear-cutting[J]. Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere, 2010, 40(9): 1862-1869.
- [63] KUKAVSKAYA E A, IVANOVA G A, CONARD S G, et al. Biomass dynamics of central Siberian Scots pine forests following surface fires of varying severity[J]. International Journal of Wildland Fire, 2014, 23(6): 872-886.
- [64] FOSTER D R, KNIGHT D H, FRANKLIN J F. Landscape patterns and legacies resulting from large, infrequent forest disturbances[J]. Ecosystems, 1998, 1(6): 497-510.
- [65] 王明玉,任云卯,李涛,等. 火烧迹地更新与恢复研究进展[J]. 世界林业研究,2008, 21(6): 49-53.
- [66] TURNER M G, TINKER D B, ROMME W H. et al. Landscape patterns of sapling density, leaf area, and aboveground net primary production in postfire lodgepole pine forests, Yellowstone National Park (USA)[J]. Ecosystems, 2004, 7(7): 751-775.
- [67] WU Z W, HE H S, LIANG Y, et al. Determining relative contributions of vegetation and topography to burn severity from LANDSAT imagery[J]. Environmental Management, 2013, 52(4): 821-836.
- [68] MEIGS G W, DONATO D C, CAMPBELL J L. et al. Forest Fire Impacts on Carbon Uptake, Storage, and Emission: The Role of Burn Severity in the Eastern Cascades, Oregon [J]. Ecosystems, 2009, 12(8): 1246-1267.

(下转第 68 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.013

滇中火灾高发区 15 种木本植物燃烧性研究

李 旭, 王秋华, 张雨瑶

(西南林业大学林学院, 云南 昆明 650224)

摘要:以 15 种木本植物的化学性质和生物生态学特性为评判标准,采用层次分析法对滇中火灾高发区 15 种木本植物的燃烧性进行研究。结果表明,燃烧性由大及小的顺序为:云南松、地盘松、蓝桉、华山松、滇油杉、黑荆、藏柏、旱冬瓜、南烛、厚皮香、矮杨梅、云南含笑、光叶石栎、炮仗花杜鹃、碎米花杜鹃。文章对采用的和摒弃的一些因子做了说明。

关键词:木本植物;化学性质;生物生态学特性;燃烧性

中图分类号:S762.1;S718.43 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0062-07

Studies on Combustibility of 15 Woody Plants in the High Fire Risk Area of Central Yunnan

LI XU, WANG Qiuhua, ZHANG Yuyao

(Forestry College, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: By taking the chemical, biological and ecological characteristics of 15 kinds of woody plants as criteria, and using AHP method, the combustibility of 15 woody plants in the high risk fire area of central Yunnan was studied. The results showed that the relative orders of combustibility from big to small were: *Pinus yunnanensis* Franch. > *Pinus yunnanensis* var. *pygmaea* (Hsueh) Hsueh, > *Eucalyptus globulus* Labill. > *Pinus armandii* Franch. > *Keteleeria evelyniana* Mast. > *Acacia mearnsii* De Wilde > *Cupressus torulosa* D. Don > *Alnus nepalensis* D. Don > *Vaccinium bracteatum* Thunb. > *Ternstroemia gymnanthera* (Wight et Arn.) Beddome > *Myrica nana* A. Cheval > *Michelia yunnanensis* Franch. ex Finet et Gagn. > *Lithocarpus mairei* (Schottky) Rehder > *Rhododendron Pyrostegiaigneae* Franch > *Rhododendron spiciferum* Franch. Some factors of adoption and abandon were also explained in the paper.

Key words: woody plant; chemical properties; biological and ecological characteristics; combustibility

在森林火灾中,森林可燃物是火灾的主要载体,可燃物的燃烧特性和森林火灾发生时的火强度、火烈度以及发生后的火烧迹地恢复有着很大的关系。云南省是我国森林面积覆盖最广的省份之一,覆盖面积达 1 800 万 hm^2 ,森林可燃物丰富。在广袤立体化的森林生态系统中,由森林可燃物组成的燃烧

复合体在林火发生时发挥着巨大的破坏作用,是林火行为的主体。森林可燃物具有一定的特性,其特性是指可燃物的化学性质和外部特性,具体涵盖了粗脂肪抽提物、热值、粗灰分、含水率等指标。这些特性和森林火灾发生时的火强度、火烈度以及发生后的火烧迹地恢复有着很大的关系。我国学者提出

收稿日期:2016-02-04.

作者简介:李旭(1987-),男,江苏南京人,硕士研究生,助教.从事森林保护学(林火生态管理方面)的学习和研究.

了较多的相关研究方法和技巧,一些学者通过研究生物学和生态学特性并结合试验测定法研究植物燃烧性^[1-4]。而大部分学者是依据枝和叶的直接燃烧和间接化学性质测定来确定燃烧性大小^[5-7]。而在确定燃烧性大小和等级的计算方法上,有主成分分析法,层次分析法,专家打分法等方法。在研究尺度和地域上,基本涵盖了从东北到西南的林区 and 火灾高发区,如黑龙江帽儿山地区几种乔木树种^[8],江西井冈山自然保护区和南昌湾里区亚热带季风区不同林型^[9],辽宁东部地区森林地被可燃物及其燃烧性的研究^[10],昆明地区森林木本植物的燃烧性排序和分类^[11-12]。本研究主要采用了昆明地区具有代表性的 15 种木本植物,通过测定化学性质来分析其燃烧性大小。

1 研究区概况

滇中高原地区属于西南横断山区,地势西高东低,北高南低,起伏和缓,高原面保存完好,仅高原面南北缘和沿较大河流两岸地形陡峭,平均海拔 1 700~1 900 m,相对高差在 1 000 m 以下。山地及山间盆地互相交错构成了主要地貌形态。气候主要以亚热带高原季风气候为主,年均温 14.7℃,年温差 10~12℃,年较差 12.1℃^[13]。干湿分明,年均降雨量 1 011.8 mm。12 月至次年 6 月为防火季节,年均相对湿度 74%,日照时间 2 448.7 h/a,年均蒸发量达 1 867.7 mm,其中年均总辐射量达 129.78 kcal/cm²,其中雨季 62.78 kcal/cm²,干季 67 kcal/cm²^[14]。

地形、气候的多样化孕育了丰富的森林资源,云南拥有 1.8 万种高等植物,而滇中地区涵盖了大多数的植物物种。据统计数据表明,森林覆盖率达 19.49%,灌木林地覆盖率为 11.5%,林木蓄积量达 13 648.76 m³^[15]。在如此广袤茂密的森林资源下,也潜在着森林火灾的危险,统计资料表明,1997—2007 年,云南省总共发生森林火灾达 3 884 次,累计过火面积达 117 192.5 hm²,累计受害森林面积达 19 935.21 hm²^[16]。此外,历史上滇中地区各市县一直为森林火灾高发地带,在 1989—1991 年间,安宁市总共发生森林火灾次数 21 起,受灾面积为 179.3 hm²,西山区森林火灾次数为 28 起,受灾面积达 32.1 hm²,晋宁县火灾次数达 68 起,受灾面积达 196.6 hm²^[17],因此,遏制森林火灾强度,减少森林火灾次数将会成为未来林业发展的重要方向之一。

2 研究方法

2.1 采样方法

于防火戒严期进行采样,具体时间为火灾密集发生的 3—5 月,采样地点主要为安宁县街、晋宁昆阳、海口尖山。在同一等高线(2 000 m 左右)上采集滇中 15 种常见木本植物,在同一调查地点,每种树随机选取树龄一致树种,3 次重复,每树种每株采集树冠中上部不同生长方向的小枝、叶,编号后装入密封袋带回实验室。同时,测定并记录 15 种木本植物的生物学和生态学特性相关数据。

表 1 15 种木本植物特性

Tab. 1 Characteristics of 15 woody plants

地点	木本植物	树龄/ a	采集 时间	特性描述
安宁 县街	蓝桉 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	7	2013/03	大乔木,叶纸质,树皮中等厚度,小枝、死枝少,冠型浓密,适应性强,下层林内中等干燥。
	华山松 <i>Pinus armandii</i> Franch.	17	2013/03	大乔木,叶针状,树皮薄,小枝、死枝少,冠型浓密,适应性强,下层林较干燥。
	云南松 <i>Pinus yunnanensis</i> Franch.	15	2013/03	大乔木,叶针状,树皮厚粗糙,小枝、死枝少,冠型浓密,适应性强,下层林内干燥。
晋宁 昆阳	地盘松 <i>Pinus yunnanensis</i> var. <i>pygmaea</i> (Hsueh) Hsueh	15	2013/03	大乔木,叶针状,树皮薄但粗糙,小枝、死枝少,冠型浓密,适应性强,下层林内干燥。
安宁 县街	滇油杉 <i>Keteleeria evelyniana</i> Mast.	19	2013/05	大乔木,叶针状,树皮厚粗糙,小枝多,死枝多,冠型浓密,适应性一般,下层林内中等干燥。
海口 尖山	藏柏 <i>Cupressus torulosa</i> D. Don	11	2013/05	大乔木,叶针状,树皮厚粗糙,死枝多,冠型浓密,适应性强,下层林内中等干燥。
晋宁 昆阳	黑荆 <i>Acacia mearnsii</i> De Wilde	8	2013/05	大乔木,叶羽状,树皮薄,死枝少,冠型浓密,适应性较强,下层林内中等干燥。
安宁 县街	旱冬瓜 <i>Alnus nepalensis</i> D. Don	10	2013/05	大乔木,叶纸质,树皮厚,死枝少,冠型浓密,适应性强,下层林内湿润。
	光叶石栎 <i>Lithocarpus mairei</i> (Schottky) Rehder	10	2013/04	灌木,叶纸质,树皮薄,死枝多,冠型中等浓密,适应性强,下层林内中等干燥。

续表 1

地点	木本植物	树龄/ a	采集 时间	特性描述
安宁 县街	碎米花杜鹃 <i>Rhododendron spiciferum</i> Franch.	6	2013/04	灌木,叶纸质,树皮薄,死枝中等,冠型中等浓密,适应性强,下层林内中等干燥。
	炮仗花杜鹃 <i>Rhododendron Pyrostegiaigneae</i> Franch	6	2013/04	灌木,叶纸质,树皮薄,死枝中等,冠型中等浓密,适应性强,下层林内中等干燥。
	矮杨梅 <i>Myrica nana</i> A. Cheval	5	2013/04	灌木,叶革质,树皮较薄,死冠型中等浓密,适应性中等,下层林内湿润。
	云南含笑 <i>Michelia yunnanensis</i> Franch. ex Finet et Gagn.	6	2013/04	灌木,叶革质,树皮较薄,冠型中等浓密,适应性强,下层林内湿润。
	厚皮香 <i>Ternstroemia gymanthera</i> (Wight et Arn.) Beddome	15	2013/04	小乔木,叶革质,树皮较薄,冠型浓密,适应性中等,下层林内湿润。
	南烛 <i>Vaccinium bracteatum</i> Thunb.	6	2013/04	小乔木,叶革质,树皮较薄,冠型较浓密,适应性强,下层林内湿润。

2.2 实验方法

2.2.1 粗脂肪抽提物测定

粗脂肪抽提物采用索氏残余法,将样品置入 SZF-06 型粗脂肪测定仪,以石油醚为溶剂,在 90℃ 恒温水浴锅内进行 7 h 的抽提。计算公式为:

$$\text{粗脂肪含量}(\%) = \frac{\text{油脂重量}}{\text{样品绝干重量}} \times 100 \quad (1)$$

2.2.2 热值测定

热值采用 XRY-1C 型氧弹式热量测定仪测定,通过计算机智能分析,软件直接得出热值。

2.2.3 粗灰分测定

采用干灰化法,选取粉碎、干燥好的 1 g 左右样品放入氧化铝制坩埚,坩埚已去除重量,后放入马弗炉在 600℃ 温度下,灼烧 4 h,取出后自然冷却,待未完全冷却时称重。

$$\text{粗灰分含量}(\%) = \frac{\text{坩埚加灰分重量} - \text{坩埚重}}{\text{样品绝干重量}} \times 100 \quad (2)$$

2.3 数据处理方法

利用层次分析法及标准化值法对分析结果进行

排序。层次分析法具体流程如下:

1) 判断矩阵的建立:判断矩阵主要摒弃了整体因素相互比较的弊端,采用两两相互比较的方法得出矩阵(表 2)。

表 2 判断矩阵

Tab. 2 Judgment matrix

因素	A1	A2	...	An
A1	A ₁₁	A ₁₂	...	A _{1n}
A2	A ₂₁	A ₂₂	...	A _{2n}
⋮	⋮	⋮	...	
An	A _{n1}	A _{n2}	...	A _{nn}

表 3 标度方法

Tab. 3 Method of the scale

标度	含义
1	重要性相等
3	A _i 比 A _j 稍重要
5	A _i 比 A _j 明显重要
7	A _i 比 A _j 强烈重要
9	A _i 比 A _j 极端重要
2,4,6,8	相邻判断中间值
倒数 Count backwards	若因素 A _i 与 A _j 的重要性之比为 A _{ij} ,那么因素 A _j 与 A _i 的重要性之比为 A _{ji} = $\frac{1}{A_{ij}}$

2) 构造每层的判断矩阵并进行一致性检验,检验遵循式(3)和式(4)并参照 RI 表。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

式 3 中:CI 表示计算一致性指标;λ_{max} 表示矩阵最大特征值;n 表示矩阵阶数。

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

式 4 中:RI 表示平均随机一致性指标;CR 表示随机一致性比率。

3) 计算层次单排序指标权重,采用求和法计算,公式为:

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (5)$$

式 5 中:W_i 表示指标权重。

4)为衡量 CI 的大小和计算 CR 的值,引入随机一致性指标 RI (表 4)。

表 4 RI 值
Tab. 4 Value of RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46

3 结果与分析

3.1 结果

经测定与计算,15 种木本植物化学性质如表 5 所示。

3.2 分析

依据表 5 中 15 种木本植物的化学性质,结合 2.3 层次分析法的思想和算法,得出各类树种的燃烧综合值。其中,准则层和指标层的判断矩阵见表 6 和表 7。

表 5 15 种木本植物化学性质

Tab. 5 Chemical properties of 15 woody plants

木本植物	枝			叶		
	粗脂肪/ %	粗灰分/ %	热值/ ($J \cdot g^{-1}$)	粗脂肪/ %	粗灰分/ %	热值/ ($J \cdot g^{-1}$)
蓝桉	10.15	1.98	20535	11.15	2.11	20287
华山松	10.71	2.08	20668	10.46	1.66	22240
云南松	11.50	1.89	21189	10.03	2.01	20546
地盘松	11.64	2.22	20923	10.04	2.22	20519
滇油杉	10.35	3.84	19438	8.71	3.38	20267
藏柏	8.65	3.40	20665	8.56	3.08	20039
黑荆	8.21	2.18	20192	7.23	2.60	21536
早冬瓜	6.69	2.66	19293	3.83	2.33	19067
光叶石栎	5.60	2.54	17463	5.28	2.43	17994
碎米花杜鹃	5.12	3.54	18759	6.20	2.34	18352
炮仗花杜鹃	4.87	3.47	19617	4.99	2.02	18581
矮杨梅	5.16	2.52	19726	4.25	2.20	18853
云南含笑	6.78	3.43	17107	6.14	2.66	18399
厚皮香	7.27	3.24	18222	6.32	2.10	17811
南烛	6.43	2.11	19536	5.68	2.16	18573

依据上表的矩阵和式 3、式 4 的公式,计算得出 $\lambda_{max} = 2$,故进一步运算得出 $CR = 0 < 0.10$,符合矩

阵一致性要求。燃烧性和生物生态学特性的权

表 6 准则层判断矩阵

Tab. 6 Judgment matrix of sub-criterion layer

	燃烧性	生物生态学特性
燃烧性	1	5
生物生态学特性	1/5	1

表 7 指标层燃烧性判断矩阵

Tab. 7 Judgment matrix of combustion characteristics of index layer

	粗脂肪	粗灰分	热值
粗脂肪	1	3	1
粗灰分	1/3	1	1/3
热值	1	3	1

重依据式 5 分别为:0.833 和 0.167。

依据层次分析法的算法继续单独计算指标层中燃烧性中因子的权重和生物生态学特性中因子的权重(表 8)。

表 8 生物学与生态学特性判断矩阵

Tab. 8 Judgment matrix of biological and ecological characteristics

木本植物	树种类型	叶质	树皮厚度	整枝状况	冠型	林内潮湿度
树种类型	1	3	2	1/2	1	1/3
叶质	1/3	1	2	1/5	1/3	1/9
树皮厚度	1/2	1/2	1	1/5	1/2	1/5
整枝状况	2	5	5	1	2	1/2
冠型	1	3	2	1/2	1	1/3
林内潮湿度	3	9	5	2	3	1

该层指标的最大特征值 $\lambda_{max} = 3$,故计算得 $CR = 0 < 0.10$,符合矩阵一致性要求。粗脂肪、粗灰分和热值的权重分别为 0.432、0.136 和 0.432。

通过运算,上述判断 $\lambda_{max} = 6.15$,故计算得 $CR = 0.038 < 0.1$,符合矩阵一致性要求,故树木性状、叶质、树皮厚度、整枝状况、冠型、下层林潮湿度的

权重分别为 0.127, 0.057, 0.056, 0.244, 0.127, 0.389(表 9)。

表 9 各指标对目标层的权重

Tab. 9 Target layer weight of each indexes

指标层	燃烧性	生物学生态学特性	各指标因子权重
	0.833	0.167	
粗脂肪	0.432		0.360
粗灰分	0.136		0.113
热值	0.432		0.360
树种类型		0.127	0.021
叶质		0.057	0.010
树皮厚度		0.056	0.009
整枝状况		0.244	0.041
冠型		0.127	0.021
林内潮湿度		0.389	0.065

依据层次分析法的思想,准则层对目标层的权重和指标层对上一层的权重已经计算出来,故可进一步延伸计算出各指标的因子对总目标的层次总排

序权重。具体计算结果如下。

依据上述表 9 的计算结果建立化学性质评价方程:

$$y_1 = 0.360 x_1 - 0.113x_2 + 0.360 x_3 + 0.021x_4 + 0.010x_5 + 0.009x_6 + 0.041x_7 + 0.021x_8 + 0.065x_9 \quad (6)$$

式 6 的物理解释和含义为: y_1 表示综合燃烧值, x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 、 x_7 、 x_8 、 x_9 表示粗脂肪标准化值、粗灰分标准化值、热值标准化值、树种类型标准化值、叶质标准化值、树皮厚度标准化值、整枝状况标准化值、冠型标准化值、下层林内潮湿度标准化值。

3.3 数据赋值和标准化处理

对于生物学生态学特性的数据处理采用专家打分法进行评判,再利用平均值数据化处理方法对上表数据进行标准化处理,在最后的燃烧综合值计算中采用了式 6 的公式得出结果(表 13)。

利用表 1 中数据和打分法,对 15 种木本植物的生物学生态学特性的燃烧性等级和标准化值进行处理,计算结果如表 12,在后续的表 13 总燃烧值的计算中,引用了式 6 的公式和表 10 及表 12 的数据,其中表 10 中的 3 种化学性质分别取了枝和叶的平均值。

表 10 15 种木本植物化学性质标准化处理结果

Tab. 10 Standardized treatment results of chemical properties of 15 woody plants and index value

木本植物	枝			叶		
	粗脂肪	粗灰分	热值	粗脂肪	粗灰分	热值
蓝桉	1.28	0.76	1.05	1.54	0.90	1.04
华山松	1.35	0.80	1.06	1.44	0.70	1.14
云南松	1.45	0.72	1.08	1.38	0.85	1.05
地盘松	1.47	0.85	1.07	1.38	0.94	1.05
滇油杉	1.30	1.47	0.99	1.20	1.44	1.04
藏柏	1.09	1.30	1.06	1.18	1.31	1.03
黑荆	1.03	0.84	1.03	1.00	1.10	1.10
旱冬瓜	0.84	1.02	0.99	0.53	0.99	0.98
光叶石栎	0.71	0.97	0.89	0.73	1.03	0.92
碎米花杜鹃	0.64	1.36	0.96	0.85	0.99	0.94
炮仗花杜鹃	0.61	1.33	1.00	0.69	0.86	0.95
矮杨梅	0.65	0.97	1.01	0.59	0.93	0.96
云南含笑	0.85	1.32	0.87	0.85	1.13	0.94
厚皮香	0.92	1.24	0.93	0.87	0.90	0.91
南烛	0.81	0.81	1.00	0.78	0.92	0.95

表 11 生物生态学特性等级标准

Tab. 11 Standards of biological and ecological characteristics

分值等级	树种类型	叶质	树皮厚度	整枝状况	冠型	林内湿度
1	灌木	针叶,羽叶	薄	死枝多	稀疏	干燥,可燃物干燥,丰富
2	小乔木	纸质	中等厚度或较薄	中等	中等浓密	中等,可燃物中等干燥,中等丰富
3	乔木	革质或薄革质	皮厚粗糙	无死枝	浓密	湿润,可燃物湿润,不丰富

表 12 15 种木本植物生物生态学特性赋值结果

Tab. 12 Assignment results by 15 woody Plants of biological and ecological characteristics

木本植物	树种类型	叶质	树皮厚度	整枝状况	冠型	林内湿度
蓝桉	3	3	2	3	3	2
华山松	3	1	3	3	3	1
云南松	3	1	3	3	3	1
地盘松	3	1	3	3	3	1
滇油杉	3	1	3	3	3	1
藏柏	3	1	2	3	3	2
黑荆	3	1	1	2	3	2
早冬瓜	3	1	3	3	3	3
光叶石栎	1	2	3	3	3	2
碎米花杜鹃	1	2	1	2	3	3
炮仗花杜鹃	1	2	1	2	3	3
矮杨梅	1	3	2	2	3	3
云南含笑	1	3	2	3	2	3
厚皮香	2	3	2	3	3	3
南烛	2	3	2	3	3	3

4 结论与讨论

研究表明,在调查地区所采样的 15 种木本植物中,燃烧性由大及小排序结果为:云南松、地盘松、蓝桉、华山松、滇油杉、黑荆、藏柏、早冬瓜、南烛、厚皮香、矮杨梅、云南含笑、光叶石栎、炮仗花杜鹃、碎米花杜鹃。其中云南松、地盘松、蓝桉、华山松、滇油杉粗脂肪含量高,粗灰分含量低,燃烧释放热量高,可列为极易燃类,在滇中历史上有上述 5 种木本植物存在的森林火灾中,也是火灾蔓延燃烧速度最

表 13 15 种木本植物生物生态学特性标准化处理结果及综合值

Tab. 13 Standardized treatment results and comprehensive values by 15 woody plants of biological and ecological characteristics

木本植物	树种类型	叶质	树皮厚度	整枝状况	冠型	林内湿度	总燃烧值
蓝桉	1.36	1.61	0.91	1.10	1.02	0.91	0.93144
华山松	1.36	0.54	1.36	1.05	1.02	0.45	0.91712
云南松	1.36	0.54	1.36	1.05	1.02	0.45	0.96936
地盘松	1.36	0.54	1.36	1.05	1.02	0.45	0.95827
滇油杉	1.36	0.54	1.36	1.05	1.02	0.45	0.79821
藏柏	1.36	0.54	0.91	1.05	1.02	0.91	0.79287
黑荆	1.36	0.54	0.45	0.70	1.02	0.91	0.79396
早冬瓜	1.36	0.54	1.36	1.05	1.02	1.36	0.74261
光叶石栎	0.45	1.07	1.36	1.05	1.02	0.91	0.6224
碎米花杜鹃	0.45	1.07	0.45	0.70	1.02	1.36	0.58504
炮仗花杜鹃	0.45	1.07	0.45	0.70	1.02	1.36	0.59203
矮杨梅	0.45	1.61	0.91	0.70	1.02	1.36	0.66025
云南含笑	0.45	1.61	0.91	1.05	0.68	1.36	0.64951
厚皮香	0.91	1.61	0.91	1.05	1.02	1.36	0.72215
南烛	0.91	1.61	0.91	1.05	1.02	1.36	0.75634

快,受损最严重的木本植物。黑荆、藏柏、早冬瓜、南烛、厚皮香因为粗脂肪含量、粗灰分含量、热值数值均处于中间范围,可列为易燃类。矮杨梅、云南含笑、光叶石栎、炮仗花杜鹃、碎米花杜鹃粗脂肪含量低,粗灰分含量高,热值低,可列为难燃类。

需要进一步探究和讨论的是碎米花杜鹃和炮仗花杜鹃等叶片面积较小和活枝为小径级的小灌木,经常性地为森林火灾性质转变推波助澜,主要原因是喜与易燃乔木形成混生林,在火烈度和火强度较大的实际森林火灾中经常瞬间被引燃,极易为火灾的发展趋势和火灾性质转变提供途径。与此同时,在滇中历史火灾的记录中,地盘松林、云南松林、华山松林因林下密度极大,可燃物丰富,常成为火灾的主要受灾树种。早冬瓜因为叶片较大而薄,极易分解,地表落叶层腐殖层蓄积较少,故在实际火灾来临时很难产生高强度的地表火^[5]。此外,在本文中关于生物学和生态学的特性中加入了林下湿度因子,主要是因为实际的森林火灾和林内小环境及林下可燃物负载量关系极大,火灾性质的转变也和其关系极大,亟待后续的进一步研究。

参考文献:

- [1] 李艳芹,胡海清. 帽儿山主要树种燃烧性分析与排序[J]. 东北林业大学学报,2012,38(5):34-36.
- [2] 陈存及,施小芳,胡晔. 防火林带树种选择的研究[J]. 福建林学院学报,1988,8(1):1-12.
- [3] 顾凤岐,王世江. 大兴安岭主要树种的燃烧性和火性状的 Fuzzy 的综合排序[J]. 森林防火,1995(2):17-20.
- [4] 郭利峰. 北京八达岭林场人工油松林燃烧性研究[D]. 北京:北京林业大学,2007,34-35.
- [5] 田晓瑞,舒立福,乔启宇,等. 南方林区防火树种的筛选研究[J]. 北京林业大学学报,2001,23(5):43-47.
- [6] 吴道圣,张新民,蒋明田. 生物防火适宜树种的综合评定[J]. 林业科技开发,2001,15(1):17-19.
- [7] 徐六一,罗宁,刘桂华,等. 安徽省防火树种的选择及评价研究[J]. 安徽农业大学学报,2005,32(3):349-353.
- [8] 李艳芹,胡海清,冯仲科. 帽儿山地区几种乔木树种燃烧性研究[J]. 北京林业大学学报,2010,38(5):34-36.
- [9] 祝必琴,黄淑娥,田俊,等. 亚热带季风区不同林型可燃物理化性质及燃烧性研究[J]. 江西农业大学学报,2011,33(6):1149-1154.
- [10] 高国平,王月. 辽宁东部地区森林地被可燃物及其燃烧性的研究[J]. 沈阳农业大学学报,2004,35(1):24-28.
- [11] 李世友,马长乐,罗文彪,等. 昆明地区 35 种森林木本植物的燃烧性排序与分类[J]. 生态学杂志,2008,27(6):867-873.
- [12] 李世友,陈宏刚,罗文彪,等. 昆明地区主要造林树种鲜枝叶的燃烧性研究[J]. 西北林学院学报,2008,23(5):148-151.
- [13] 王恒颖,欧晓昆. 昆明西山常见草本植物在不同群落中的关联性研究[J]. 云南大学学报(自然科学版),2008,30(s2):391-397.
- [14] 何永涛,曹敏,唐勇,等. 滇中地区常绿阔叶林树种多样性比较研究[J]. 山地学报,2000,18(4):322-328.
- [15] 林业科学数据中心[DB/OL]. <http://www.forestdata.cn>,2008-05-09.
- [16] 王涛. 中国森林火险调查与区划[M]. 北京:中国林业出版社,2000.
- [17] 李世友,管晓媛,昌尼娜,等. 旱冬瓜不同直径活枝燃烧性的比较[J]. 中南林业科技大学学报,2011,31(12):61-64.
- [69] LECOMTE N, SIMARD M, BERGERON Y. Effects of fire severity and initial tree composition on stand structural development in the coniferous boreal forest of northwestern Quebec, Canada[J]. *Ecoscience*, 2006, 13(2): 152-163.
- [70] HELY C, FLANNIGAN M, BERGERON Y. et al. Role of vegetation and weather on fire behavior in the Canadian mixedwood boreal forest using two fire behavior prediction systems[J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 2001, 31(3): 430-441.
- [71] FRENCH A H, SCHMUGGE T J, RITCHIE J C., et al. Detecting land cover change at the Jornada Experimental Range, New Mexico with ASTER emissivities[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2009, 113(3): 554-562.
- [72] 方精云,陈安平,赵淑清,等. 中国森林生物量的估算:对 Fang 等 Science 一文(Science, 2001, 291: 2320-2322)的若干说明[J]. 植物生态学报,2002, 26(2): 243-249.
- [73] PIAO S L, FANG J Y, CIAIS P. The carbon balance of terrestrial ecosystem in China[J]. *Nature*, 2009, 458(7241): 1009-1013.
- [74] WANG Q K, WANG S L, HUANG Y. Assessing the effects of vegetation types on carbon storage fifteen years after reforestation on a Chinese fir site[J]. *Forest Ecology and Management*, 2009, 258: 1437-1441.
- [75] WU Z, DIJKSTRA P, KOCH G M, et al. Responses of terrestrial ecosystems to temperature and precipitation change: a meta-analysis of experimental manipulation[J]. *Global Change Biology*, 2011, 17(2): 927-942.
- [76] 李海奎,雷渊才,曾伟生. 基于森林清查资料的中国森林植被碳储量[J]. 林业科学, 2011, 47(7): 7-12.
- [77] 包旭. 火烧干扰对大兴安岭落叶松苔草湿地生态系统碳储量的影响[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2013.
- [78] 胡青,汪思龙,陈龙池,等. 湖北省主要森林类型生态系统生物量与碳密度比较[J]. 生态学杂志, 2012, 31(7):1626-1632.
- [79] 焦燕,胡海清. 黑龙江省森林植被碳储量及其动态变化[J]. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2248-2252.

(上接第 61 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.014

寻甸县楚雄腮扁叶蜂生物学特性研究

徐 荣¹, 李永和¹, 夏举飞², 芦俊佳¹, 陈 敏³

(1. 西南林业大学林学院, 云南省森林灾害预警与控制重点实验室, 云南 昆明 650224;

2. 滇中产业聚集区(新区)林业局, 云南 昆明 650212; 3. 西南林业大学生命科学学院, 云南 昆明 650224)

摘要:采用野外调查结合室内饲养观察的方法,研究楚雄腮扁叶蜂生物学特性。该虫在寻甸地区 2 年发生 1 代,以预蛹在土室内越冬,6 月中旬开始化蛹,7—11 月均有成虫出现,其中 8、9 月份是羽化高峰期。成虫交尾时间约 10 min,2~3 头雌虫会聚集在一起产卵。幼虫出现于 7 月下旬,初孵幼虫开始取食带卵枝条周围的针叶,并吐丝做虫巢,虫体隐蔽在虫巢中。直至 11 月,老熟幼虫落地入土做蛹室,幼虫期较长。

关键词:楚雄腮扁叶蜂;生物学特性;形态特征;生活史;生活习性

中图分类号:S763.301 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0069-04

Biological Characteristics of *Pamphiliidae cheek* in Xundian County

XU Rong¹, LI Yonghe¹, XIA Jufei², LU Junjia¹, CHEN Min³

(1. Forestry College, Southwest Forestry University, Yunnan Province Forest Disaster Early Warning and Control Laboratory, Kunming 650224, China; 2. Forestry Bureau of Yunnan Industry Gathering Area (District), Kunming 650212, China;

3. College of Life Sciences, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: Based on the field investigation combined with the observation method in laboratory, the paper studied on the biological characteristics of *Pamphiliidae cheekics*. The worm occurred 1 generation every 2 years in Xundian area. The pre pupa pass winter in the indoor soil, begin to pupate in mid June, adults appear from July to November, August and September are emergence peak. The mating time is about 10 min, 2~3 females will gather together lay eggs. Larvae appear in late July and early larvae began feeding with egg branches around the needle and silk worm nest, the insect body hidden in the hive. Until November, the old larva land for chambers, the period of larval pupae is longer.

Key words: Chuxiong *Pamphiliidae cheekics*; biological characteristics; morphology; life history; life habit

楚雄腮扁叶蜂 *Cephlica chuxiongica* Xiao 属膜翅目 Hymenoptera 广腰亚目 Symphyta 广背叶蜂总科 Megalodontoidea 扁叶蜂科 Pamphiliidae 腮扁叶蜂属 *Cephlica* Panzer^[1], 危害云南松、华山松、云南油杉、雪松等松科植物。受害植株生长势减弱,易遭受小

蠹虫等次期性害虫危害。该虫自 1984 年萧刚柔首次报道记载以来,先后在云南省的 20 个县市和四川会理陆续发生危害。起初危害面积不超过 66.7 hm²,如今仅在云南省楚雄州境内的危害面积就已达 1 333 hm² 以上,造成严重的经济损失^[2-5]。楚雄

收稿日期:2016-03-02.

基金项目:国家自然科学基金项目“楚雄腮扁叶蜂滞育机理研究”(编号:31360156).

作者简介:徐 荣(1990-),女,云南昆明人,硕士研究生.研究方向为病虫害综合管理.

通信作者:李永和(1969-),男,贵州兴仁人,博士,教授.主要从事森林有害生物综合管理工作. Email:swfclh@126.com

腮扁叶蜂飞行能力强,危害严重,若其继续扩散蔓延,将对云南省林业资源的保护、利用及生态建设产生严重影响。研究楚雄腮扁叶蜂的生物学特性,可为其防治技术的开发和预测预警系统的建立提供技术参考,并对保护云南省现有的大量松林具有非常重要的意义。

1 材料和方法

1.1 供试虫源

根据寻甸县森防站提供的相关信息,结合楚雄腮扁叶蜂前人研究中的滞育以及世代重叠现象,于 2012 年 7—10 月在云南省寻甸县大营村采集到各虫态样本,带回实验室饲养。

1.2 研究方法

1.2.1 生物学特性研究

1) 室内饲养观察

卵:从野外采取带卵植株,观察卵的发育和孵化情况。

幼虫:幼虫放入养虫笼饲养。每 3 d 对幼虫进行一次观察,研究其取食、转枝等生活习性。

蛹:将带蛹的土块分成大小相似的 5 块,分别放在长方形的泡沫塑料盒中,用纱布封口,观察其羽化情况。

成虫:把采集到的成虫混养在大烧杯中,喂食水和蜂蜜,观察其交配时间。对实验室羽化的成虫记录下羽化时间后,单头放在烧杯内饲养,每天补充水分和蜂蜜,观察其生活特性。

2) 野外观察

野外观察点设在寻甸县(N25.30°,E103.21°,海拔 1 870 m),调查地为云南松林,内有少量华山松。2012 年起陆续对该观测点的楚雄腮扁叶蜂生活习性进行观察。

1.2.2 形态特征观察

将采集到的成虫、幼虫样本浸泡于 75% 酒精内,在解剖镜下对各虫态的形态特征进行观察和描述。

2 结果与分析

2.1 形态特征

2.1.1 卵

椭圆形,长 1 mm。初产卵黄色,随着时间的推移,卵逐渐变为黄褐色,卵表层包裹着透明黏液。腹

面有小突起,用于卵的固定。

2.1.2 幼虫

初孵幼虫灰绿色,随着虫龄增长逐渐变为橄榄绿色,腹部两侧有黑色小点。头部坚硬,触角丝状,单眼位于触角下方。3 对胸足,无腹足,腹部末端具肛下附器。老熟幼虫呈“C”字型。

2.1.3 蛹

橄榄绿色,羽化前渐渐变为黄色,离蛹,蛹期的复眼明显可见。

2.1.4 成虫

身体扁平,体中型,雌虫体长约 18.48 mm,前翅长 19.30 mm,雄虫体长约 13.30 mm。体黑色,有沥青色光泽。

头部:头部扁宽,雌虫头部红褐色。雄虫单眼区沥青色,其他颜色同雌虫相同。后头后侧向左右两边延伸,近方形。雌虫头宽(过复眼距离)3.96 mm,雄虫头宽 3.23 mm。单眼 3 个,呈倒三角形排列。复眼黑色,卵圆形,较大,位于头部两侧。触角丝状,23 节,细长,呈圆筒状,柄节上具少量细毛。除基节、梗节较粗外,其余各节形态大小相似,向端部渐细,节与节之间的连接处稍微有缢缩,通常触角第 3 节长度大于等于第 4 节与第 5 节之和。雌虫触角柄节比第三节短,触角总长 9.82 mm,柄节长 1 mm,第三节长 1.2 mm,第 4 节加第 5 节长 1 mm。触角侧区平滑而有光泽。口器为咀嚼式口器,上颚黑色,较大,左右不对称,右颚宽大,具三齿;左颚相对狭窄,具两齿。上颚边缘具一系列刚毛。

胸部:有 1 对颈片连接头部和胸部。前胸背板细长,中胸前盾片近三角形,以中缝分隔为左右两部分。后胸盾片上具有一对黑色淡膜叶。雌虫前胸背板,中胸前盾片、盾片、小盾片均为红褐色。雄虫胸部全为沥青色。中胸盾片隆起,中胸前盾片、小盾片、小盾片侧区下凹。

足:3 对足为步行足,足上密布细毛,结构形态相似,由基节、腿节、转节、胫节、附节构成。腿节长 3.05 mm,胫节长 4.54 mm。前足胫节具有 1 对端距和 1 对亚端距,中足胫节具 2 对亚端距。端距和亚端距的前端骨质化,末端膜质。附节 5 节,附节末端有 1 对爪,等大。端距、亚端距的末端和爪均为红褐色。

翅:2 对翅膜质,黑褐色,具青蓝色光泽,翅前缘黑色,翅脉明显可见,后缘膜质,颜色较淡且透明。楚雄腮扁叶蜂的翅较原始,具有亚前缘脉 Sc。前翅 C 脉和 Sc 脉合并;R 脉、M 脉、Cu 脉于翅基部合并;

Rs 脉不分支; 1A 脉紧挨着臀褶, 3A 脉与 2A 脉愈合, 3A+2A 呈波浪状弯曲。后翅具有 Sc2。

腹: 腹部 10 节, 黑褐色, 具青蓝色光泽, 椭圆形, 腹部边缘隆起, 并且内向外逐渐变扁, 背板侧面具气孔。

2.2 生活史

研究地的楚雄腮扁叶蜂 2 年发生 1 代, 以预蛹在土室内越冬, 存在过度滞育现象。6 月中旬开始化蛹, 7—11 月均有成虫出现, 成虫羽化后将卵产云南松针叶上。该虫世代重叠很严重, 7—10 月同时有成虫、卵、幼虫和蛹 4 种虫态存在, 其中 8 月份成虫和卵数量较多, 孵化率较高。幼虫出现于 7 月下旬, 9 月幼虫大量出现。11 月初, 老熟幼虫下树入土做蛹室, 进入滞育期, 幼虫期较长。

2.3 生活习性

2.3.1 幼虫

雌虫产卵后 20 d 左右, 幼虫开始孵化, 孵化时幼虫头部先破壳出, 身体随即慢慢爬出卵壳。初孵幼虫取食带卵枝条周围的针叶, 吐丝形成虫巢。虫巢内包含虫粪和食物碎屑, 具有保护、避暑作用。一个虫巢中共同生活着几十头幼虫, 虫体隐藏在虫巢内, 并在虫巢内吐丝形成通道, 这些错综复杂的通道既能保证幼虫在虫巢中来回穿梭, 又可使幼虫与虫粪和食物碎渣隔绝开来。随着虫龄的增长, 幼虫食量变大, 会不断将针叶从基部咬断拖回虫巢中慢慢食用, 留下叶鞘末端, 并以叶鞘为支架继续构建虫巢。除了取食以外, 如遇高温天气, 幼虫也会爬出虫巢, 但长时间在虫巢外的幼虫会死亡。食物紧缺时, 幼虫存在转枝现象。幼虫取食时间一般为 3 个月左右。受害严重的林木针叶全被食光, 树上挂满虫粪丝网, 形似火烧。老熟幼虫入土做蛹室越冬。土室中老熟幼虫颜色会渐渐变深, 待体色由橄榄绿变为黄绿色时, 开始化蛹。

2.3.2 成虫

成虫喜温暖环境, 刚羽化的成虫会停留在地面、草丛或较低的树枝上展翅。成虫羽化率较高, 为 85.71% (表 1)。羽化后的成虫补充少量水和营养物质便可交尾、野外交尾时间可长达约 30 min, 交尾多在上午进行。室内饲养的成虫交尾时间约 10 min, 且产卵率较低。雌虫在松枝基部产卵, 产卵前雌虫会在针叶上刺一道裂缝以固定卵, 每个云南松枝条上可有 2~3 头雌虫同时产卵。卵在松针上呈双行排列, 少数单行排列。产卵后雌虫并不立刻离开, 而是守候在卵旁边直至死亡。成虫寿命较短, 约为 8 d 左右, 一般不超过 10 d, 雌虫寿命长于雄虫。

表 1 成虫羽化情况

组别	蛹/头	羽化量/头	羽化率/%	备注
1	6	5	83.33	未出土 1 头
2	8	7	87.50	
3	4	3	75.00	
4	4	4	100.00	未出土 1 头
5	6	5	83.33	
合计	28	24	85.71	

3 结论与讨论

张芝娟、刘凌从成虫羽化、产卵、幼虫取食等方面报道了楚雄腮扁叶蜂的生物学特性^[6-8], 不甚全面。2012 年开始笔者针对寻甸地区的楚雄腮扁叶蜂开展室内、野外系统研究, 又对该虫有新的发现和更详尽的了解, 认为还有以下几点需要补充记录和讨论:

昆虫滞育前后体内会发生一系列的生理、生化反应, 有些昆虫在行为方面和表皮也会发生变化^[9-11]。楚雄腮扁叶蜂入土前后发生的变化也十分明显。这些现象目前还未见文献报道。例如, 快要入土时的幼虫偶尔会排除红褐色物质, 入土后的幼虫体壁明显比入土前硬, 幼虫入土后若再次见光, 幼虫的体表颜色会变暗。

楚雄腮扁叶蜂虫态不整齐, 化性不确定。在较早的文献中, 楚雄腮扁叶蜂在楚雄地区为 1 年发生 1 代^[2]。但通过整合近些年来发生情况报道, 实地考察, 结合室内观察, 楚雄腮扁叶蜂在寻甸地区确实是 2 年发生 1 代。据文献查证, 楚雄腮扁叶蜂的化性可能与入土时的土温有关系。老熟幼虫入土时若土温高于 12℃, 则变为预蛹, 蛹再羽化为成虫, 因此 1 年 1 代; 若入土时土温低于 12℃, 则变为前预蛹, 到第二年才变成预蛹、蛹, 再羽化成为成虫, 因此 2 年 1 代^[1]。推测楚雄腮扁叶蜂在不同地方发生的代数有可能会因为环境的不同而有所差异。

楚雄腮扁叶蜂幼虫具有滞育性, 幼虫在土壤中滞育时间长达 21 个月, 这给该虫的防治带来极大的困难。经长期野外观察研究, 幼虫入土后致死的原因主要有以下几点:

1) 少部分幼虫因丧失体液而死亡, 但体液流失的具体原因不明, 以后有待进一步研究。

2) 真菌寄生、虫寄生导致入土幼虫死亡。

3) 天敌捕食造成幼虫死亡。

4) 土室被破坏, 幼虫也会死亡。若滞育中土室遭到破坏, 幼虫滞育过程中的能量无法再支撑其重新构建土室, 失去土室保护的幼虫最终也会自然死亡。

本研究还观察到, 一些幼虫土室离蚂蚁巢穴很近, 但蚂蚁并不取食幼虫, 一旦幼虫土室被破坏, 蚂蚁会拖食入土幼虫。推测楚雄腮扁叶蜂入土后可能产生某些趋避物质, 土室区域内趋避物质浓度高, 一旦土室破坏后, 趋避物质浓度降低, 此时楚雄腮扁叶蜂易遭受蚂蚁攻击。

综上所述, 在今后的防治过程中, 应该加强对其虫生真菌和天敌的研究开发利用。幼虫入土后采用人工挖掘的方式也可对楚雄腮扁叶蜂起到一定的防治效果。另外, 本研究有部分内容是在实验室中完成, 可能与野外的真实情况存在偏差。

参考文献:

- [1] 萧刚柔. 云南森林昆虫(膜翅目:扁叶蜂科)[M]. 昆明:云南科技出版社, 1987:1280-1281.
[2] 毕加勋, 邵维福, 刘鸿滨, 等. 楚雄腮扁叶蜂生物学特性及防治初步研究[C]//当代昆虫学研究——中国昆虫

学会成立 60 周年纪念大会暨学术讨论会论文集, 2004, 729-734.

- [3] 刘凌, 闫大琦, 祁荣频, 等. 楚雄腮扁叶蜂性信息素分泌节律研究[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2015(1):42-46.
[4] 冯璐, 刘建宏, 李永和, 等. 基于 maxent 模型的楚雄腮扁叶蜂潜在分布区预测[J]. 西部林业科学, 2013, 42(2):49-55.
[5] 肖刚柔. 云南腮扁叶蜂亚科两新种(膜翅目:扁叶蜂科)[J]. Entomotaxonomia, 1984(Z1).
[6] 张芝娟, 钱进. 马龙县楚雄腮扁叶蜂危害现状与防控对策[J]. 林业调查规划, 2015, 40(1):42-44.
[7] 刘凌, 闫大琦, 祁荣频, 等. 楚雄腮扁叶蜂羽化和生殖行为观察[J]. 中国森林病虫, 2014, 33(6):5-8.
[8] 成伶俐, 闫大琦, 刘凌, 等. 楚雄腮扁叶蜂产卵寄主选择偏好性的研究[J]. 湖北农业科学, 2014(18):4316-4319.
[9] 王满园. 鞭角华扁叶蜂滞育机理的研究[D]. 南京:南京林业大学, 2000.
[10] 徐卫华. 昆虫滞育研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2008(4):512-517.
[11] 赵章武, 黄永平. 昆虫滞育及其调控机制[J]. 山西大学学报(自然科学版), 1995(1):105-118.

(上接第 22 页)

- [2] 贾明明. 1973~2013 年中国红树林动态变化遥感分析[D]. 北京:中国科学院大学, 2014.
[3] 袁占良, 李强, 牛军庆, 等. 3S 技术在森林资源动态监测中的应用研究[J]. 森林工程, 2008, 24(5):29-31.
[4] 常胜. TM 遥感影像彩色合成最佳波段组合研究——以恩施市土地利用遥感图制作为例[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2010, 28(2):230-232, 235.
[5] 董春山. 基于 ArcGIS 平台上的森林资源动态监测系统应用[J]. 科技致富向导, 2014(1):273.
[6] 冯源. 基于 CBM 模型云南普洱地区森林生态系统碳收支研究[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2014.
[7] 李宁, 岳彩荣. 基于 GIS 与 RS 的肇源县土地利用变化分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(29):224-228.
[8] 段赛仙, 施昆, 卢作英, 等. 基于 SRTM3 的山区遥感影像地形校正研究[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(31):8147-8153.
[9] 李光辉, 习晓环, 岳彩荣, 等. 基于环境小卫星数据的冰川区积雪面积变化及其与温度响应关系研究[J]. 冰川

冻土, 2013, 35(3):630-635.

- [10] 范怀刚, 岳彩荣, 王栋, 等. 基于支持向量机的宜良县遥感分类与土地覆盖变化研究[J]. 林业调查规划, 2014(2):51-56.
[11] 范应龙. 柬埔寨森林覆盖变化遥感监测研究[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2014.
[12] 甘淑, 王人潮, 何大明, 等. 澜沧江流域山区土地覆盖遥感监测分类组织与实施技术研究[J]. 资源科学, 2000, 22(5):78-82.
[13] 纪娅, 丁纪荣. 普洱市矿业发展与环境保护的探讨[J]. 思茅师范高等专科学校学报, 2009, 25(3):29-32.
[14] 韩丽君. 土地利用分类中 TM 影像最佳波段组合选择研究[J]. 太原师范学院学报(自然科学版), 2010, 9(1):126-129.
[15] 岳彩荣. 云南长防林工程区森林植被遥感监测研究[J]. 江西农业大学学报, 2004, 26(1):42-45.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.015

巧家五针松人工繁育种群主要病虫害种类调查 及其防治研究

邬 琰¹, 苏腾伟¹, 伍建榕²

(1. 云南林业职业技术学院生态与环境工程学院, 云南 昆明 650224;

2. 西南林业大学林学院, 云南省高校森林灾害预警控制重点实验室, 云南 昆明 650224)

摘要:对极小种群巧家五针松(*Pinus squamata*)7个引种地和原生地的重点分布区及周边人工种植种群的常见病虫害进行了连续5年调查,共鉴定出7种主要病害和8种主要虫害。病害分别是松梢枯病(*Diplodia pinca* 松色二孢)、松干腐病(*Cytospora pini* Desm)、松落针病(*Lophodermium pinastri*)、松针褐枯病(*Didymosporina* sp. 双孢霉)、松赤枯病(*Pestalotia funerea*);松赤落针病(*Hypoderma desmazieri*);松叶枯病(*Truncatella* sp.)。虫害分别是松褐天牛(*Monochamus alternates* Hope)、松纵坑切梢小蠹(*Tomicus pinioperda* (Linnaeus)、华山松木蠹象(*Sicut pissodes*)、云南松毛虫(*Dendrolimus houi* Lajonquiere)、松毒蛾(*Dasychira axutha* Collenette)、松梢螟(*Dioryctria rubella* Hampson)、华山松球蚜(*Pineus armandixola*)。阐述主要病虫害的发生情况,其中以松落针病、松梢枯病、华山松球蚜和松梢螟较为普遍,以松褐天牛、松纵坑切梢小蠹和华山松木蠹象危害最重。结合生产实际提出了综合防治措施。

关键词:巧家五针松;病虫害种类;危害程度;综合防治措施

中图分类号:S791.24;S763 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0073-05

Investigation and Prevention on Major Diseases and Pests of *Pinus squamata* Artificial Breeding Populations

WU Yan¹, SU Tengwei¹, WU Jianrong²

(1. Department of Ecology and Environmental Engineering, Yunnan Forestry Technological College, Kunming 650224, China;

2. Yunnan Provincial Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: In this paper the common diseases and pests of minimum population of *Pinus squamata* located 7 cultivated regions and surrounding original populations were surveyed and observed for 5 consecutive years. 7 diseases and 8 pests species of *Pinus squamata* were reported in this paper. The diseases were *Diplodia pinca*, *Cytospora pini* Desm, *Lophodermium pinastri*, *Didymosporina* sp, *Pestalotia funerea*, *Hypoderma desmazieri*, *Truncatella* sp. The pests were *Monochamus alternates* Hope, *Tomicus pinioperda*

收稿日期:2016-04-18.

基金项目:云南省高等学校名师工作室省内访问学者项目,云南省重点学科森林保护学(XKZ200905),云南省高等学校森林病虫害综合治理教学团队项目(50126005).

作者简介:邬琰(1979-),女,云南昭通人,讲师,硕士.主要从事森林资源保护、植物病理学相关教学和研究工作. Email:wuyan9852@sina.com

通信作者:伍建榕(1963-),女,福建清流人,教授,博导.主要从事森林保护和森林病理学的教学科研工作. Email:wujianrong63@aliyun.com

(Linnaeus), *Sicut pissodes*, *Dendrolimus houi* Lajonquiere, *Dasychira axutha* Collenette, *Dioryctria rubella* Hampson and *Pineus armandixola*. The paper elaborated the occurrence of main plant diseases and insect pests, the common disease were *Lophodermium pinastri*, *Diplodia pinca*, *Pineus armandixola* and *Dioryctria rubella* Hampson. The heaviest damage was caused by *Monochamus alternates* Hope, *Tomicus pinioperda* and *Sicut pissodes*. The comprehensive control measures are put forward combined with the production practice,

Key words: *Pinus squamata*; pest species; damage degree; comprehensive prevention and control measures

巧家五针松, 中文学名五针白皮松 (*Pinus squamata*) (李乡旺, 1992), 为国家一级保护植物, 濒危等级属于“极危 (CR)”, 现仅存野生植株 35 株, 分布在云南省昭通市巧家县。2012 年, 国际自然保护联盟 (IUCN) 将巧家五针松列入全球 100 种最濒危的物种名录 (李文虎, 2012)。云南省林业厅已将其列为极小种群保护规划的 8 个重点优先保护植物之一 (云南省林业厅, 2007)。其自然更新困难, 种群更新不良, 自 1992 年发现后, 先后在其原生地周边、楚雄禄丰一平浪林场、西南林业大学、昆明植物园和云南省珍稀濒危植物引种繁育中心进行人工繁育种植, 现存活树龄 1~20 a 不等。多年来, 这些人工繁育种群不同程度发生了一些病虫害。本文重点关注极小种群物种保护, 为了控制其病虫害发展, 于 2010—2015 年对各个引种地和原生地周边的人工种植巧家五针松种群进行了连续调查和综合防治研究, 为今后制定巧家五针松新的保护策略和措施提供参考。

1 材料与方法

1.1 调查时间和地点

2010—2015 年, 分 5 次调查巧家五针松各个引种地和原生地周边人工种植种群的病虫害发生情况, 7 个调查地分别为: 楚雄紫溪山风景区、巧家白鹤滩乡复兴村、昆明市金殿森林公园、巧家杨家湾村、西南林业大学校园内、云南省林业科学研究院、楚雄禄丰一平浪林场。每个地方均采用逐株调查, 逐株编号, 分别于 12 月至翌年 4 月、6—8 月、10—11 月重复 3 次调查, 并采集标本, 培养病虫害, 鉴定、统计其种类、数量。

1.2 调查方法

采用踏查和专题调查相结合的方式进行。踏查以采集标本、了解危害程度为主; 专题调查, 每个地点至少随机抽取具有代表性的样方 6 个进行逐株调查, 每个样方的株数不少于 30 株, 对大量发生病虫害的巧家五针松进行病情指数及危害程度调查; 野

外收集标本 250 份, 通过室内保湿和分离培养进行病原及虫害鉴定。病害分级标准见表 1、表 2 所示。

表 1 巧家五针松叶部病害分级标准

Tab. 1 Disease classification standard of *Pinus squamata*

leaves		
病级	发病程度	代表数值
I	无针叶发病	0
II	发病针叶占调查针叶的 20% 以下	1
III	发病针叶占调查针叶的 21%~50%	2
IV	发病针叶占调查针叶的 51%~90%	3
V	发病针叶占调查针叶的 91% 以上或整株死亡	4

表 2 巧家五针松干部病害分级标准

Tab. 2 Disease classification standard of *Pinus squamata*

stem		
病级	发病程度	代表数值
I	少病或几乎不发病	0
II	25% 以下枝干发病	1
III	26%~50% 枝干发病	2
IV	51%~75% 枝干发病	3
V	76%~100% 枝干发病	4

注: 植株发病率 (%) = 病株数 / 调查株数 × 100%; 病情指数 = Σ (各级病株数 × 该级代表数值) / (调查总株数 × 最高级的代表数值) × 100%

2 调查研究结果与分析

2.1 病虫害种类

经调查, 共鉴定出 7 种主要病害和 8 种主要虫害, 分别是松梢枯病 (*Diplodia pinca* 松色二孢)、松干腐病 (*Cytospora pini* Desm)、松落针病 (*Lophodermium pinastri*)、松针褐枯病 (*Didymosporina* sp. 双孢霉)、松赤枯病 (*Pestalotia funerea*)、松赤落针病 (*Hypoderma desmazieri*)、松叶枯病 (*Truncatella* sp.)。虫害分别是松褐天牛 (*Monochamus alternates* Hope)、松纵坑切梢小蠹 (*Tomicus pinioperda* (Linnaeus)、华

山松木蠹象 (*Sicut pissodes*)、云南松毛虫 (*Dendrolimus houi* Lajonquiere)、松毒蛾 (*Dasychira axutha Collette*)、松梢螟 (*Dioryctria rubella* Hampson)、华山松球蚜 (*Pineus armandixola*)。其中以松落针病、松针褐枯病、松梢枯病、华山松球蚜和松梢螟比较普遍,以松褐天牛、松纵坑切梢小蠹和华山松木蠹象危害最重。种植 20 年的巧家五针松松褐天牛、松纵坑切梢小蠹、华山松木蠹象、松落针病和松干腐病为害很严重,种植 10 年的其华山松球蚜、松毒蛾、松梢枯病、松针褐枯病较严重,其他种类次之。7 个种植地中,以楚雄禄丰一平浪林场危害最重,紫溪山风景区次之,巧家 2 个原生地周边种植地的危害最轻。7 个种植地调查结果见表 3 所示。

2.2 主要病虫害的发生情况

2.2.1 松褐天牛

1 年发生 1 代,以老熟幼虫在被害树干木质部的蛀道中越冬。次年 3 月下旬,越冬幼虫开始在虫道末端蛹室中化蛹。4 月中旬成虫开始羽化,多在傍晚和夜间进行,4—6 月被害树木内有幼虫、蛹、成虫同时存在。成虫喜欢在生长衰弱的松树上产卵,尤其是感染线虫的松树上。此虫主要危害西南林业大学校园和楚雄一平浪林场的 20 年生巧家五针松,共出现 7 次,以在一平浪林场危害最严重,已致 2 株树死亡。

2.2.2 松纵坑切梢小蠹

此虫仅在楚雄禄丰一平浪林场出现,导致一株 20 年生植株死亡。该地海拔 1 860 m,阳坡,巧家五针松人工纯林,1 年发生 1 代,以成虫在枝梢内越冬。5—6 月以刚羽化的成虫蛀入当年生嫩梢补充营养(这段时间称为转梢期),危害松梢,造成大量树梢死亡;2—3 月,在树梢上补充营养至性成熟的成虫飞离树梢转至树干上侵蛀繁殖(这段时间称为蛀干危害期),造成树木大面积死亡。3—4 月是小蠹虫在树干上种群数量最多的时期。该虫具有毁灭性,传播速度快,防治难度大。

2.2.3 华山松木蠹象

1 年发生 1 代,世代重叠,多数以老熟幼虫(少数以成虫)越冬。6—7 月产卵入侵林木,仅至 9 月份受侵害的巧家五针松就整株枯死,在受害木主干上部开始有成虫羽化。该虫只危害 15~30 年生的华山松、巧家五针松健康植株,成虫数十至百头集中。取食、产卵均喜欢在表皮较为光滑、水分充足的部位进行。目前已致楚雄一平浪林场 1 株巧家五针

表 3 巧家五针松人工繁育种群病虫害调查统计
Tab. 3 est survey of artificial breeding population of *Pinus squamata*

调查地	病虫害种类	出现次数	危害程度
楚雄紫溪山风景区 (57 株)	华山松球蚜	8	顶芽损失率 14%
	松毒蛾	3	主梢损失率 5%
	云南松毛虫	38	针叶损失率 67%
	松梢枯病	31	主梢损失率 54%
	松落针病	15	针叶损失率 26%
巧家白鹤滩复兴村 (122 株)	松梢螟	39	主梢损失率 32%
	云南松毛虫	6	针叶损失率 5%
	华山松球蚜	12	顶芽损失率 10%
	松针褐枯病	29	针叶损失率 24%
	松落针病	18	针叶损失率 15%
昆明市金殿森林公园 (17 株)	云南松毛虫	5	针叶损失率 29%
	松落针病	1	针叶损失率 6%
	松梢枯病	1	主梢损失率 6%
巧家杨家湾村 (81 株)	松赤枯病	1	主梢损失率 6%
	松梢螟	24	主梢损失率 30%
	华山松球蚜	5	顶芽损失率 6%
西南林业大学校园 (260 株)	松针褐枯病	22	针叶损失率 27%
	松赤落针病	14	针叶损失率 17%
	云南松毛虫	16	针叶损失率 6%
云南省林业科学院 (49 株)	松褐天牛	4	主梢损失率 2%
	松落针病	26	针叶损失率 10%
	松叶枯病	32	针叶损失率 12%
楚雄禄丰一平浪林场 (345 株)	松落针病	13	针叶损失率 27%
	松梢枯病	3	主梢损失率 6%
	松梢螟	2	主梢损失率 4%
	松赤落针病	3	针叶损失率 6%
	松叶枯病	12	针叶损失率 24%
楚雄禄丰一平浪林场 (345 株)	松褐天牛	3	主干损失率 1%, 其中 2 株已死亡
	松纵坑切梢小蠹	1	主干损失率 0.3%, 此株已死亡
	华山松木蠹象	1	主干损失率 0.3%, 此株已死亡
	松干腐病	2	主干损失率 0.6%, 1 株已死亡
	松落针病	12	针叶损失率 3.5%
	松叶枯病	28	叶损失率 8%
	藤本缠绕	13	主干损失率 4%

松整株枯死,因该虫具有“年被害致死递增速度快”的特点,扩散蔓延速度快,所以应尽快采取综合防治

措施。

2.2.4 云南松毛虫

1 年发生 2~3 代,多以 3~4 年生幼虫在树干基部的树皮裂缝内和树干周围的枯枝落叶层、杂草或石块下越冬。越冬幼虫于 4 月上旬开始上树为害,4—5 月为取食盛期,7 月上旬开始羽化,8 月上旬出现秋代幼虫,8—9 月为取食盛期,10 月下树越冬。成虫羽化后,向周围未受害林分迁飞。1~2 年生幼虫有群聚性,先取食卵块周围松针,啃食针叶边缘,成为枯萎卷缩针叶丛(调查秋季幼虫数量的重要标志),这个为害状在楚雄紫溪山风景区种植地最为明显和严重,使 10 年生巧家五针松针叶损失率达 67%。

2.2.5 华山松球蚜

1 年发生 8 代,世代重叠,以成虫、老熟若虫及少量卵在松针及松梢芽苞片内越冬,主要危害巧家原生地周边种植地、楚雄紫溪山的 10 年生及以下巧家五针松顶芽、嫩梢和当年生针叶。2 月上旬越冬雌成虫开始产卵,3 月、8 月雌成虫分别出现 2 次峰。5—6 月天敌大量出现,使蚜种群数量有所下降;7—10 月随雨水增多,蚜种群数量急剧下降。

2.2.6 松梢螟

危害主梢,直接影响树木高生长。1 年 2 代,以幼虫在被害枯梢中越冬,3 月下旬至 4 月初开始活动,继续蛀食被害梢。4 月中旬幼虫迁向当年新梢,从中部蛀入取食,致顶端枯萎弯曲。该虫在巧家原生地周边种植地、云南省林业科学院的 10 年生及以下巧家五针松上,4—6 月份危害最重,主梢危害率分别为 30% 和 32%。

2.2.7 松毒蛾

在 10 年生及以下种植区中偶尔发生,以楚雄紫溪山出现次数最多。1 年发生 3 代,以蛹越冬。次年 4 月中下旬成虫羽化,第 1 代幼虫 5—6 月危害;第 2 代幼虫 7—8 月危害;第 3 代幼虫 9—10 月危害。11 月上、中旬以老熟幼虫在树下皮缝中、杂灌草丛、枝干针叶丛中群集结茧化蛹越冬。幼虫食量大,且取食针叶多,习惯于针叶中部咬食并留 3cm 左右的针叶基部。

2.2.8 松落针病

以 10 年生以下幼树受害较严重,发病后针叶黄化、脱落,甚至病株衰亡。病原菌为松针散斑壳,多侵染 2 年生针叶,受病针叶出现黄绿色小点,扩展为黄色段斑,后变为黄褐色斑。在黄褐色段斑上产生

深褐色圆形小点,即病原菌的分生孢子器。随着病害的发生,针叶变成灰黄色,且逐渐脱落。

2.2.9 松梢枯病

病原菌是松色二孢菌,危害当年生嫩梢。6—8 月均能发病。新梢病后弯曲萎蔫,渐枯死,针叶变褐色。夏季雨量增多、土壤板结、积水,树木生长衰弱易发病,主干梢和侧梢枯萎,甚至整株枯死。几个种植地均有不同程度的巧家五针松梢枯病,8 年生巧家五针松极易发病,以在楚雄紫溪山危害最严重。

2.2.10 松针褐枯病

与松落针病不同,枯死的针叶可留在树上 1 年或多年。病原菌为松针座盘孢菌,在常年多雨的巧家周边区种植地发病严重,气温在 12~28℃ 均可发病。2 年生针叶受病后,出现黄色病斑,随着病程的发展,使针叶变为草绿色,但病斑周围仍保持绿色,并有褐色斑纹。

3 综合防治措施

根据综合调查与防治试验结果,提出巧家五针松主要病虫害防治措施(表 4)。

4 结论与讨论

1) 巧家五针松在 7 个引种地和原生地周边的人工种植种群的主要病虫害有:松褐天牛、松纵坑切梢小蠹、华山松木蠹象、云南松毛虫、松毒蛾、松梢螟、华山松球蚜、松梢枯病、松干腐病、松落针病、松针褐枯病。

2) 各引种地和原生地周边的巧家五针松人工种植种群中危害最大的是松褐天牛、松纵坑切梢小蠹和华山松木蠹象,最普遍的是松落针病、松针枯梢病、华山松球蚜和松梢螟,其他都是危害较轻和比较容易控制的病虫害。

3) 实施营林措施并结合其他综合防治手段(表 4)控制病虫害的发生发展。

4) 巧家五针松人工种植种群综合防治必须从营林措施着手。但是,目前对种植条件、合理的初植密度、间伐强度、科学的抚育管理技术还没有专门的研究,可以作为下一步的研究方向。

5) 目前已在 20 年生巧家五针松人工种植纯林中发现危害严重的病虫害,因此,今后对病虫害的监测、预防和控制技术的进一步研究,是巧家五针松保护工作的一项必要内容。

表 4 巧家五针松人工繁育种群主要病虫害防治措施

Tab. 4 Main pest control measures on artificial breeding populations of *Pinus squamata*

时间	病虫害名称	综合防治措施
12 月至次年 3 月	松纵坑切梢小蠹 云南松毛虫 松毒蛾 松梢螟	2—3 月是小蠹虫梢转干危害的高峰期,是进行生物防治和化学药剂防治的最佳时期。结合云南松毛虫、松毒蛾越冬代调查,施放白僵菌粉剂(每克含 100 亿孢子,用量 7.5 kg/hm ²),在越冬前后放菌效果最好(因这段时间雨水多,林间湿度大,有利于白僵菌繁殖);剪除松梢螟被害松梢,集中烧毁,以消灭越冬幼虫,减轻虫口密度。
4 月	华山松球蚜 云南松毛虫 松纵坑切梢小蠹	防治早春第 1 代若蚜,用 10%吡虫啉可湿性粉剂 1000 倍液,或 50%抗蚜威可湿性粉剂 7000 倍液喷雾。松毛虫越冬前和越冬后是一年之中化学防治最有利的时期,因此时其抗药性最差,因而用药省,效果好。常用药剂有 90%晶体敌百虫 2000 倍液;超低容量喷雾可使用 2.5%溴氰菊酯(15 ml/hm ²),利用早晚无风、气压低时用 20%杀灭菊酯或 20%氰戊菊酯进行烟雾防治。3—4 月小蠹虫在树干上种群数量最多,是蠹害木清理的安全期。
5—6 月	松纵坑切梢小蠹 华山松木蠹象 华山松球蚜 松针褐枯病 松梢枯病	蠹害木每隔 25~30 d,施药 2 次,需连续防治 2~3 年;先使用川宝 1 号或 20%吡虫啉 400 倍液、4.5%的高效氯氰菊酯乳油 400 倍液,用量 15kg/hm ² ,进行化学防治;再使用莱氏野村菌和粉拟青霉菌喷粉进行生物防治。大量人工饲养天敌瓢虫、草蛉等,适时释放。播种时采用 0.1%升汞液浸种 5 min 或用 25%多菌灵可湿性粉剂拌种;造林时苗木根系用有效成分 3%~5%多菌灵的泥浆打浆,预防松针褐枯病的发生。在松梢发芽期,针叶长到一半及全伸展时,分 3 次喷药;对大发生的林分在 5 月下旬至 6 月中旬,每隔 10 d 用 40%多菌灵 400~600 倍液或用 70%甲基托布津 400~600 倍液喷雾,可有效地防止病原菌传播侵染。
6—7 月	松毒蛾 松梢螟 松落针病	6 月上旬,用 20%氰戊菊酯喷烟防治第 1 代松茸毒蛾幼虫;用 20%杀灭菊酯 2000 倍于 6 月上、中旬左右喷洒 2 次防治松梢螟第 1 代幼虫;每隔半月,用 500~800 倍液的 50%退菌特或 70%敌克松,或 1:1:100 波尔多液防止松落针病,下雨天减少喷药次数。
8—9 月	云南松毛虫 松毒蛾	8 月上旬,用 20%氰戊菊酯喷烟防治第 1 代云南松毛虫幼虫和第 2 代松毒蛾幼虫。
10—11 月	松干腐病 松梢枯病 华山松球蚜 松褐天牛 华山松木蠹象	彻底清除病死植株,注意与健康林木的隔离,减少林区放牧;及时将地上带病菌的枯枝落叶收集烧毁或掩埋,去除树上受感染的枝条,从而减轻第 2 年病菌侵染;用 20%氰戊菊酯 3000 倍液喷雾防治,也可在树干基部打孔注射或涂药防治;及时伐除和处理死亡及濒死植株。

参考文献:

- [1] 李乡旺. 云南松属一新系一新种[J]. 云南植物研究, 1992, 14(3):258-260
- [2] 樊国盛,李乡旺,邓莉兰. 五针白皮松林区系特点研究[J]. 中南林学院学报,1996,16(2):23-27.
- [3] 伍建榕,穆丽娇,林梅,等. 滇西地区红花油茶主要病虫害种类调查[J],中国森林病虫,2012(1):22-26.
- [4] 陆素娟,邓莉兰. 五针白皮松的生态条件及其潜在分布区的分析[J]. 西南林学院学报,1994(9):144-148.
- [5] 邬琰,苏腾伟. 巧家五针松育苗阶段病害及防治试验研究[J],中国森林病虫,2012(4):38-40.
- [6] 段兆尧,雷桂林. 华山松木蠹象危害特性的初步研究[J]. 西部林业科技,1998(3):81-85.
- [7] 龙富荣,孙绍芳. 云南松纵坑切梢小蠹生活史及防治[J]. 林业调查规划,2005,30(5):210-211.
- [8] 张理. 云南木蠹象和华山松木蠹象大面积防治技术[J]. 科技园地,2004(5):19-20.
- [9] 关继东. 林业有害生物控制技术[M]. 北京:中国林业出版社,2007.
- [10] 西南林学院,云南省林业厅. 云南森林病害[M]. 昆明:云南科技出版社,1992.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.016

东川区桉树枝瘿姬小蜂综合防治初探

朱玉梅¹, 贺永¹, 宋德盟²

(1. 东川区林业技术推广站, 云南 昆明 654100; 2. 东川区森林病虫害防治检疫站, 云南 昆明 654100)

摘要:介绍桉树枝瘿姬小蜂生物学特性及在东川区的入侵、为害情况。阐述已采取的烧除、化学防治、综合防治措施及进行的调查研究。提出应遵循生态学、经济学理论,从研究该害虫生物学、生态学特性以及危害寄主的特点入手,形成环境友好型防治技术体系的防治建议。

关键词:桉树枝瘿姬小蜂;防治措施;综合防治;虫情调查;东川区

中图分类号:S792.39;S763.3 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0078-04

Comprehensive Prevention and Control of *Leptocybe Invasa* in Dongchuan District

ZHU Yumei¹, HE Yong¹, SONG Demeng²

(1. Dongchuan Forestry Technology Promotion Station, Kunming 654100, China;
2. Dongchuan Forest Pest Control and Quarantine Station, Kunming 654100, China)

Abstract: This paper introduces biological characteristics and invasion status of *Leptocybe invasa* in Dongchuan District, and elaborates the research on the burning, chemical control, comprehensive prevention measures. So as to form an environmental friendly control technology system, the paper also proposed to study the biological, ecological characteristics and host harm characteristics of *Leptocybe invasa* by following ecology and economics theory.

Key words: *Leptocybe invasa*; preventive measures; comprehensive prevention; insect survey; Dongchuan District

桉树枝瘿姬小蜂 (*Leptocybe invasa* Fisher & La Salle) 是国际上高度重视的危害桉属 (*Eucalyptus*) 植物枝叶的重要危险性害虫,具有传播途径多,扩散能力强,防治难度大等特点。主要危害 1~2 年生桉树幼林和苗圃苗木。受害桉树的嫩枝、嫩梢、叶柄及叶片主脉等部位发生肿大、畸形,形成虫瘿,使新生的嫩梢短细、新叶细小,树冠呈丛枝状,生长停滞,严重受害林分连片枯死。该虫最初于 2000 年在中东和

地中海沿岸国家发现,我国于 2007 年在广西东兴县首次发现。近年来,在我国广东、广西及海南部分地区造成严重危害,是云南省补充检疫对象之一。2012 年,昆明市东川区首次发现桉树枝瘿姬小蜂病害。本文阐述东川区防治桉树枝瘿姬小蜂的过程和科研人员开展的相关研究,并对桉树枝瘿姬小蜂的综合防治提出个人见解。

收稿日期:2016-02-22.

作者简介:朱玉梅(1976-),女,云南昆明人,工程师。主要从事林业技术推广工作。

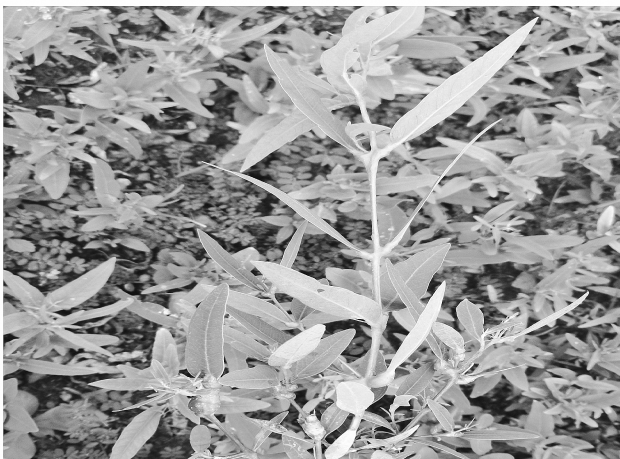
通信作者:贺永(1979-),男,云南东川人,高级工程师。主要从事林业技术推广和种苗管理工作。

1 桉树枝瘿姬小蜂的生物学特性

桉树枝瘿姬小蜂属膜翅目小蜂总科,个体较小;雌性成虫体长为 1.1~1.4 mm,褐色,略带兰绿色金属光泽;头部骨化程度较弱,易皱缩;幼虫白色。该虫在我国广西、海南、广东等南方地区每年发生 2~3 代,世代重叠,以成虫在虫瘿内越冬,翌年 4 月开始羽化。在室温条件下,平均 132.6 d 完成 1 个世代。雌性成虫在提供蜂蜜及水的情况下,平均寿命为 6.5 d。据资料显示,该小蜂孤雌生殖,繁殖能力强,种群密度大,扩散迅速。自然扩散靠成虫飞行,人为携带繁殖材料是远距离传播的主要方式。由于该虫适应能力强,发育适宜温度范围较广,因此当其侵入新地区时,较容易建立种群和定居。

2 桉树枝瘿姬小蜂入侵及为害情况

2012 年 6 月 11 日,东川区林木种苗管理站及森林病虫害防治检疫站在对区内苗圃育苗情况进行检查时,发现一苗圃内赤桉苗叶柄处出现肿样突起,部份叶柄突起处呈褐红色。根据经验判断,该苗圃赤桉苗已受桉树枝瘿姬小蜂侵害。工作人员马上将情况向区林业局及上级森防部门进行汇报,并迅速组织人员在全区桉树适生区进行了全面调查。通过调查统计,受桉树枝瘿姬小蜂危害范围包括各苗圃新育苗木、东川至昆明老公路沿线以及小江周围泥石流荒滩上种植的桉树(图 1,图 2,图 3)。受害桉树面积达 470.6 hm²(386 340 株)。



(苗木叶柄基部受虫瘿感染后增大,对生叶片处形成节状突起,随着虫瘿感染时间的推移,突起老化后呈现浅褐红色)

图 1 苗圃苗木受桉树枝瘿姬小蜂侵害情况

Fig. 1 Infestation of nursery seedlings by *Leptocybe invasa*



(幼树枝条感染虫瘿后,形成不规则突起,营养被虫害吸收后,枝条不再生长)

图 2 幼树受桉树枝瘿姬小蜂侵害枝条

Fig. 2 Infested branch of young tree by *Leptocybe invasa*



(多年生桉树萌发嫩枝受桉树枝瘿姬小蜂侵害后,叶柄基部、枝条均会产生突起并丛生,嫩枝会逐渐失去活力,生长受限)

图 3 老树受桉树枝瘿姬小蜂侵害嫩枝

Fig. 3 Infested young branch of old tree by *Leptocybe invasa*

3 已采取的防治措施

3.1 应急防治

根据东川区桉树枝瘿姬小蜂虫害突发、刚发的实际情况,东川区采取了以清除虫源为主的应急防治措施,具体方法为烧除和化学防治。

3.1.1 苗圃防治

根据区政府相关要求,为防止虫害范围扩大,在

进行虫害宣传教育并做好育苗户思想工作后,林业局森防站对全区范围内所有苗圃培育的赤桉苗下发烧除处理通知书,集体烧除;同时做好其他品种桉树苗木的检疫和虫情感染监测,禁止外调桉树苗木。

3.1.2 行道树切梢处理

统计受桉树枝瘿姬小蜂侵害的公路行道树数量,并按照桉树权属,要求拥有树木所有权的单位伐除出现虫瘿的行道树受害梢头、枝条,集中烧除;对切梢后的行道树加强管理,做好监测。

3.1.3 对每株虫瘿数量 $S>22$ 的林分采取化学防治

对植株地径小于 3cm 的桉树林,采用“虫瘿灵”进行施药。具体方法:以 1:300 倍液喷洒施药,每 30 d 喷药 1 次,需喷药 2~3 次,以控制虫害、保护苗木和新幼林正常生长。针对植株地径 3cm 以上的桉树木,采取刮皮(伤口)涂药法,采用污染小、内吸性好、可向为害部位定向积累的化学复配剂(商品名:达树方),在树干离地面 20~50 cm 间按离地面 35 cm 处造若干个伤口,以树径 6 cm 造伤口 9 个为标准,树径每增加 1 cm 则增加 2 个伤口。伤口的深度约为 2 mm、宽度为横向 1.5 cm 左右。往伤口上涂抹药剂,每株树施药量按树径每厘米施药剂 1 ml 计算(即药剂毫升数等于树径厘米数)。注意事项:该药剂不适合喷雾和土壤埋药使用。以此杀灭隐藏在树内的桉树枝瘿姬小蜂幼虫、蛹,以保护植株嫩梢,使树叶正常生长。

3.2 综合防治

在基本控制了桉树姬小蜂虫害在区内的进一步扩散后,东川区按照“预防为主,科学防控,依法治理,促进健康”的综合防治方针,开展了以下措施:

3.2.1 做好宣传教育,保证知晓率

在全区范围内进行了桉树枝瘿姬小蜂危害特点及防治技术知识的广泛宣传,特别加大对各镇(街道)林业站、造林单位、育苗户的宣传教育,使广大林农能及时掌握桉树枝瘿姬小蜂的危害性,及早做好监测预防,并号召广大造林大户和林农积极参与到桉树枝瘿姬小蜂防控工作中。

3.2.2 做好检疫,阻断虫害传播途径

做好苗木出圃、苗木调运检疫工作,控制虫害蔓延扩散。严禁从国内、省内桉树枝瘿姬小蜂发生区调运寄主材料及从国外发生区进口桉树属植物及其繁殖材料。发现带疫的桉树属植物及运载工具必须进行销毁或除害处理。

3.2.3 虫情调查和监测

继续做好虫情调查和监测,掌握林分受灾情况

及疫情发生动态,并针对受灾情况采取相应的预防或防治措施。

3.2.4 取消桉树造林任务

经报请上级林业部门批准,东川区林业局更改当年涉及桉树的造林设计,选取相应树种代替桉树上山造林。并以正式文件下发通知,在桉树枝瘿姬小蜂防治未取得有效成果之前,东川造林选择树种时不再使用桉树。

3.2.5 开展技术攻关和课题研究

1) 开展桉树枝瘿姬小蜂幼虫空间分布型研究

2012 年 12 月在东川干热河谷沿岸桉树林内进行桉树枝瘿姬小蜂幼虫危害调查,了解桉树枝瘿姬小蜂幼虫的空间分布规律。通过调查分析,桉树枝瘿姬小蜂幼虫种群空间分布型为均匀分布。

2) 开展桉树枝瘿姬小蜂综合防治技术试验

采取“产、学、研”相结合的方式,与中科院昆明植物研究所、西南林业大学联合开展东川干热河谷桉树生理学及桉树枝瘿姬小蜂综合防治技术试验研究,从桉树生理学、药物延展性、防治药品筛选、视觉诱扑等方面进行系统研究,探索有效的防治机理和防治方法,初步形成了一套防治桉树枝瘿姬小蜂的方法,并取得了初步成效,受灾的赤桉也逐渐恢复了生机。

东川对桉树枝瘿姬小蜂的防治研究虽然取得了一定的成效,但还未达到防治标准。需要森防科研人员加强调查研究,做好试验论证和总结,找到科学防治桉树枝瘿姬小蜂的系统方法,从而为桉树产业的可持续发展提供强有力的科学保障,让既能护堤坡、防止水土流失、抵御泥石流,又能创造经济价值的桉树继续为东川人民造福。

4 综合防治建议

在森林生态系统中,树木与周围环境中的生物成分和非生物成分通过食物链紧密地结合起来,形成相互联系、相互依赖和相互制约的自然协调和相对平衡的自然平衡状态。当有害生物和寄主之间,有害生物和天敌之间的自我调控能力超过维持平衡的最大限度时,有害生物种群数量升高,就会危害树木正常生长发育。林业有害生物防治就是从寄主、有害生物和环境条件 3 个方面着手,调节生态系统中各成分的相对数量,创造不利于有害生物滋生繁衍而有利于天敌生存繁衍的生态环境,将植食性昆虫、林木病原微生物、森林鼠(兔)类等有害生物的数量水平控制在生境、经济、社会能允许的范围

从而促进森林的可持续经营。因此,防治林业有害生物的生产活动必须从防治对象、寄主植物、成本核算和环境安全 4 个方面考虑。在防治对象方面,可以允许有一定的种群数量的存在,不赶尽杀绝;在寄主植物方面,应尽可能不对寄主植物生长发育造成影响,不产生药害,不影响产品质量;在成本核算上,经济收益应该大于防治成本;在环境安全方面,要考虑不破坏环境,不伤害天敌,不破坏生物多样性,维持生态系统的功能和结构的稳定性。

综上所述,对桉树枝瘿姬小蜂的综合防治应该遵循生态学、经济学理论,从研究桉树枝瘿姬小蜂形态特征、生物学特性以及危害寄主的特点入手,从安全角度出发,探索环境友好型防治技术体系。这个体系应该包括以抚育管理为主的营林措施,以预测预报和检疫为主的预防措施,以生物防治为主的调控措施,以物理防治为主的辅助措施,以化学防治为主的应急措施。而且该体系必须要确保环境安全,保持生态平衡,促进人与自然、生物、森林的可持续发展。

5 防治研究方向

通过 3 年多的研究,研究人员发现,在东川区引入种植及现保有的桉树品种中,桉树枝瘿姬小蜂主要危害赤桉,直杆桉、柠檬桉、蓝桉均未出现大规模受害;而且,不同海拔、不同生长环境下的赤桉受害

程度也不相同。因此,在今后的防治研究中,可以以此为切入点,探索不同环境条件对桉树枝瘿姬小蜂虫瘿的形成和繁殖后代能力的影响;从桉树无性系之间化学物质成分的差异入手,研究不同无性系桉树化学物质成分与桉树枝瘿姬小蜂虫瘿形成、繁殖能力之间的关系,利用寄主植物自身的化学物质来抑制害虫的生长;还可以研究能否换种对桉树枝瘿姬小蜂有抗性的新的桉树品种等。

致谢:本文在撰写过程中得到云南省林业职业技术学院荣昌鹤老师的帮助和指导,特此致谢!

参考文献:

- [1] 胡云丽. 桉树枝瘿姬小蜂的危害及防治[J]. 农技服务, 2013, 30(3): 258.
- [2] 刘桂安. 桉树枝瘿姬小蜂的发生与综合防控技术研究[J]. 绿色科技, 2011(6): 61-63.
- [3] 谷平, 蒋兴革, 李坦优, 等. 桉树枝瘿姬小蜂研究现状与展望[J]. 江西林业科技, 2012(1): 32-34.
- [4] 陈尚文, 秦勇. 桉树枝瘿姬小蜂雄成虫在中国广西的发现及意义[J]. 科学教育家, 2009(5): 36-39.
- [5] 佟友贵, 张开存, 杨欣, 等. 桉树枝瘿姬小蜂幼虫空间分布型研究[J]. 中国科技信息, 2013(10): 46-95.
- [6] 徐家雄, 任辉, 赵丹阳, 等. 桉树枝瘿姬小蜂发生规律与空间分布格局研究[J]. 广东林业科技, 2008, 24(6): 69-72.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.017

油橄榄花芽分化的形态解剖学特征观测

贺娜^{1,2,3}, 徐田^{1,2,3}, 宁德鲁^{1,2,3}, 马婷^{1,2,3}

(1. 云南省木本油料工程技术研究中心, 云南 昆明 650201; 2. 云南省木本油料研发省创新团队, 云南 昆明 650201;
3. 云南省林业科学院经济林研究所, 云南 昆明 650201)

摘要:采用石蜡切片法对不同品种油橄榄花芽形态分化过程进行形态解剖,并用显微镜进行观察。结果表明:1)油橄榄花芽在云南省楚雄州永仁县的形态分化从1月下旬开始,2月上中旬芽萌动,不同品种的油橄榄花期会有10~15 d的差异,阿斯和鄂植的花期稍长,豆果和柯基的花期稍短;2)花芽各器官分化时期相对集中,各个不同的花芽器官按先后顺序分化,其分化时间互有交错重叠;3)形态分化初期时间较长,从开始到分化高峰约2周,在此之后,各器官的分化期较短。

关键词:油橄榄;花芽分化;外部形态;解剖特征

中图分类号:S565.7;S718.3 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0082-04

Observation on Morphological and Anatomical Characteristics of the Flower Bud Differentiation on Olive

HE Na^{1,2,3}, XU Tian^{1,2,3}, NING Delu^{1,2,3}, MA Ting^{1,2,3}

(1. Yunnan Woody Oil Engineering Technology Research Center, Kunming 650201, China;
2. Yunnan Woody Oil Research Innovation Team, Kunming 650201, China;
3. Forestry Academy of Yunnan Province, Kunming 650201, China)

Abstract: Using the paraffin section method, morphological differentiation process of different varieties of *Olea europaea* flower bud was dissected and observed by microscope. Results showed that: (1) Flower bud morphological differentiation of *Olea europaea* in Chuxiong Yongren County started from late January, and germinated in the middle of February. Usually 10–15 days difference of florescence for varieties of *Olea europaea*. Aspen and Hubei plant flowering were slightly longer, beans, fruit, and Corgi flowering slightly shorter; (2) Flower organs differentiation period were relatively concentrated, the differentiation of different floral organs was followed the sequence of differentiation, the differentiation time were overlapping; (3) Early morphological differentiation stage was longer, the differentiation from beginning to peak was about two weeks, after that, each organ differentiation period was shorter.

Key words: *Olea europaea*; flower bud differentiation; external morphology; anatomical characteristics

油橄榄(*Olea europaea* L.)属木犀科、木犀榄属常绿乔木^[1],原产于小亚细亚,后广栽于地中海地

区^[2],是世界著名的速生、高产、果实含油率高的木本油料树种。云南省从20世纪60年代初期开始进

收稿日期:2016-03-07.

基金项目:云南省应用基础研究计划项目“油橄榄花芽分化期及其叶片内含物变化规律研究”(2012FD080).

作者简介:贺娜(1982-),女,湖北京山人,助理研究员.主要从事经济林栽培和良种选育等研究. Email:370101725@qq.com

通信作者:徐田(1981-),女,新疆玛纳斯人,助理研究员.主要从事经济林良种选育、丰产栽培等方面的研究及推广工作.

行油橄榄引种试验,距今已有 50 多年种植历史。自“十一五”以来,云南省依托得天独厚的自然条件,积极开展油橄榄引种试验、良种繁育、丰产栽培试验示范及基地建设,油橄榄已成为云南省继核桃、油茶、澳洲坚果之后的木本油料产业发展的主要树种之一。

近年来,随着国内对橄榄油消费需求的增大,政府对油橄榄产业扶持力度不断加大,国内油橄榄产业的发展步伐不断加快。在今年“两会”全国政协“一号提案”上,由薛亮等 5 人联名提出的《关于加快发展油橄榄产业的提案》中明确提出,加大对油橄榄产业的扶持力度,这将使得油橄榄产业迎来更大的发展机遇。在我国对油橄榄产业扶持力度不断加大的大背景下,如何进一步增加产量和提高产业化经营水平,将是近年来我国油橄榄产业发展面临的首要任务。

我国油橄榄鲜果产量仅 900~2 250 kg/hm²,远低于国际水平。坐果率低是影响油橄榄产量的重要因素,而花芽分化是有花植物发育过程中最关键的阶段,亦是影响产量高低的重要因子。本试验对不同油橄榄品种花芽进行物候观察和生理解剖,了解其花芽分化阶段形态解剖学特征,以实现针对不同分化时期内进行不同调控措施,提高果实的品质和产量,为生产经营提供技术依据。

1 试验地概况

本试验品种选于云南省楚雄彝族自治州永仁县永定镇糯达试验基地。永仁县地处北纬 25°51'~26°31',东经 101°14'~101°49',位于金沙江上游,属金沙江干热河谷区,平均海拔 1 530~1 700 m,属亚热带季风气候,年均温 17.5℃,年均温差 13.7℃,无霜期 267 d,年均降雨量 868.4 mm。该地区属于中国油橄榄种植区划中的一级适生区。

2 材料与方法

2.1 试验材料与取样

材料采自楚雄州永仁糯达油橄榄基地 10 年生 6 个油橄榄品种的芽:软阿斯、皮瓜儿、柯基、豆果、鄂植、科拉蒂。

每年 10 月开始,每隔 10~15d,从管理条件一致、树龄相同、长势相似且无病虫害油橄榄枝上用刀片取下饱满芽 3~5 个,迅速放入 FAA 固定液中。

2.2 试验方法

将花芽样品采集回实验室,用 FAA 液固定,用番红—固绿对染,采用石蜡制片法制片,并用 Leica 显微镜观察花芽纵切的解剖结构并拍摄照片,记录花芽分化过程中解剖结构的变化特征。

3 结果与分析

3.1 成花物候观测

在云南省楚雄州永仁糯达油橄榄基地的观测结果,1 月中下旬开始形态分化,分化初期所需时间稍长,从开始到分化高峰需 15 d,2 月上中旬芽萌动,此时芽生长点明显伸长加宽,呈不规则的半球形,此后各器官开始分化,随后进入初花期,初花期一般在 3 月中下旬,盛花期在 3 月下旬或 4 月上中旬,终花一般在 4 月上中旬。通常不同品种的油橄榄花期会有 10~15 d 的差异,阿斯和鄂植的花期稍长,豆果和柯基的花期稍短。不同品种油橄榄花期物候见表 1。

表 1 不同品种油橄榄的花期物候^[3]

Tab. 1 Flowering phenology of different olive varieties

品 种	分化开始	芽萌动	初 花	盛 花	终 花
阿 斯	1/17~22	2/4	3/26	3/29	4/19
皮瓜儿	1/27~2/4	2/19~24	3/28	4/7~17	4/17
柯 基	1/27~2/4	2/19~24	3/25	4/4~14	4/7
豆 果	1/22~29	2/10~15	3/15	3/25~4/4	4/4
鄂 植	1/20~27	2/5	3/28	3/31	4/16
科拉蒂	1/22~29	2/8	3/30	4/3~10	4/15

3.2 不同品种的花芽生理解剖结构

油橄榄花芽生理分化发生在当年生长的营养枝上,这一营养枝成为次年春季花芽形态分化的预备枝。油橄榄的芽生长点由营养生长转变为生殖生长形态,再到花芽完全形成,这一过程为花芽的形态分化^[4]。通过对花芽形态观测和生理解剖观察得出,不同油橄榄品种花芽形态分化时间相差不大,均从 1 月中下旬开始,2 月中下旬萌动,3 月初完成分化,3 月上中旬开花。其中阿斯、豆果和鄂植物候稍早,其他品种稍晚(图 1)。

油橄榄花芽形态分化过程分为 3 个时期,即叶芽期、花序原基分化期和性器官成熟期^[4]。

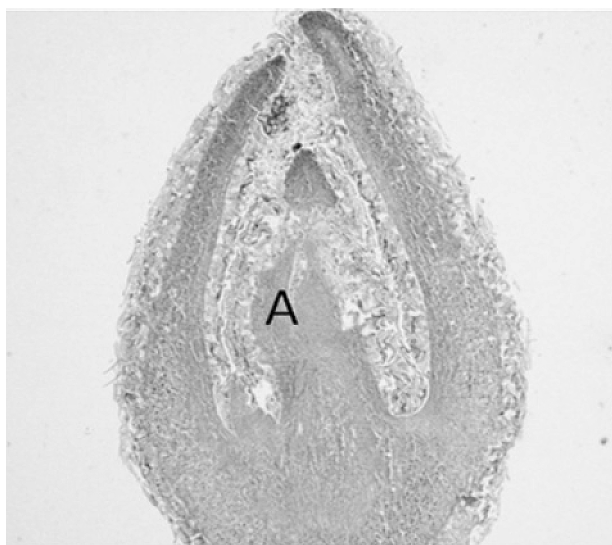
品种	日期				
	1月20日	1月29日	2月18日	3月5日	3月15日
阿斯					
皮瓜儿					
柯基					
豆果					
鄂植					
科拉蒂					

图 1 不同油橄榄品种花芽分化组织结构

Fig. 1 Flower bud differentiation structure of different olive varieties

3.2.1 叶芽期

叶芽期又称为花芽未分化期,此时芽的外观特征是呈长卵形,体小。芽体内具有极短的胚状枝,形成了一定的临界节数及原始叶,这一状态从 10 月中下旬一直持续到次年 1 月中下旬(图 2)。



A. 叶芽生长点

图 2 阿斯花芽未分化

Fig. 2 Undifferentiated Aspen flower buds

3.2.2 花序原基分化期

花序原基分化期即小花分化期,又分为花萼和花蕾形成期,花冠、雄蕊形成期和雌蕊形成期,这一时期为 2 月下旬。

1) 花萼和花蕾形成期

花原基继续膨大,周围形成小的突起为花萼和花蕾原基,继续发育为花萼和花蕾。

2) 花冠和雄蕊形成期

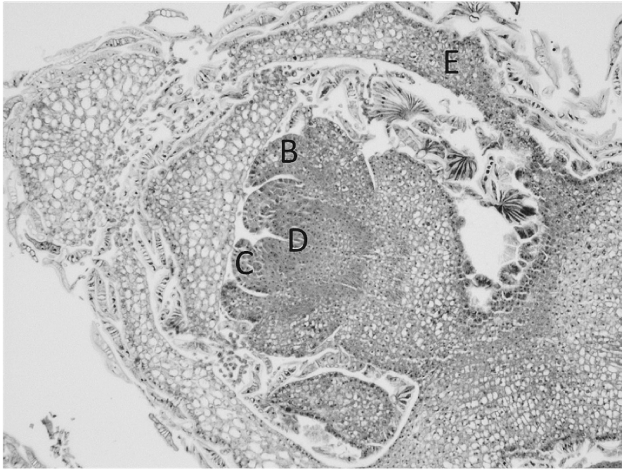
片萼原基出现不久,其内侧紧接着又有新的突起,即花冠原基形成。花冠分化后,花芽分化速度加快,其内侧的分生组织由花轴一裂数瓣分化出雄蕊。从纵切面观察极近似于倒梯形,花冠和雄蕊原基如图 3 所示。

3) 雌蕊形成期

当雄蕊分化基本完成时,花原基的中心基部分生组织开始剧烈分裂,形成 2 片心皮突起,从而分化为雌蕊原基。同时,花萼原基的基部和花冠原基的基部升高,分别形成环状的萼和花冠筒。最初萼片原基形成早于花冠原基,约 1 周后,花冠原基的发育速度增快,超过花萼原基。

3.2.3 性器官形成期

在雌蕊原基出现后的 2 周内,为雌蕊性器官形成期。雌蕊原基迅速发育,基部分化短的花丝,贴生于花冠,上部膨大成花药。性器官完全成熟时间在 3 月上旬左右。



B. 萼原基 C. 花冠原基 D. 雄蕊原基 E. 芽苞片

图 3 花冠和雄蕊分化期

Fig. 3 Differentiation phase of corolla and stamen

从花芽发育整个过程来看,分化初期时间较长,后期各器官发育时间较短,通常花萼、花冠、雄蕊的发育是同步进行的。

4 结论与讨论

1)花芽石蜡切片观察和物候调查结果表明:油橄榄在云南省楚雄州永仁县的花芽形态分化从 1 月下旬开始,2 月上中旬芽萌动,此时芽生长点明显

伸长加宽,呈不规则的半球形,此后各器官开始分化,随后进入初花期,初花期一般在 3 月中下旬,盛花期在 3 月下旬或 4 月上中旬,终花一般在 4 月上中旬。通常不同品种的油橄榄花期会有 10~15 d 的差异,阿斯和鄂植的花期稍长,豆果和柯基的花期稍短。

2)花芽各器官分化时期相对集中,各个不同的花芽器官按分化先后顺序,其分化时间互相交错重叠,但从每个分化阶段来看,则具相对的时间集中性。分化初期时间较长,从开始到分化高峰约 2 周。在此之后,各器官的分化期较短。花萼、花冠、雄蕊的分化在很多情况下是同步进行的。

3)油橄榄花芽从分化到花朵形成的短期内大量消耗营养,此时又逢新梢抽生,更增加了对营养的需求,如果此时养分和水分供应不足,会导致性器官发育不健全,这也是油橄榄虽开花量大,但完全花比例低的缘故。因此,在花芽分化前期加强对树体的水分和营养供给,对提高油橄榄花朵的质量和数量以及增产丰产具有重要意义。

参考文献:

- [1] 宁德鲁,陆斌,杜春花,等. 云南省油橄榄产业发展现状、问题及对策[J]. 经济林研究, 2010, 28(3): 146-149.
- [2] 中国科学院植物研究所. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1992:123.
- [3] 宁德鲁,杨卫明. 油橄榄良种选育与栽培[M]. 昆明:云南科技出版社,2013.
- [4] 邓明全,俞宁. 油橄榄引种栽培技术[M]. 北京:中国农业出版社,2011.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.018

不同种源华山松育苗试验初报

蒋应召¹, 李江²

(1. 隆阳区林业局国有林场, 云南 保山 678000; 2. 普洱市林业局, 云南 思茅 665000)

摘要:对来自昆明、曲靖、楚雄、腾冲、马关的华山松种子开展萌发试验和幼苗生长量对比试验。结果表明,马关种源的华山松种苗在发芽速度、成活率等方面较为优越,而昆明种源的华山松种苗在发芽率、成活率、高径生长等方面表现最佳。

关键词:华山松;种源;育苗试验;发芽率;成活率;幼苗生长量

中图分类号:S791.241;S723.1 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0086-03

Preliminary Experiment on Seedling Cultivation of Different *Pinus armandi* Provenance

JIANG Yinzha¹, LI Jiang²

(1. State-owned Forest Farms, Longyang District Forestry Bureau, Baoshan, Yunnan 678000, China;
2. Puer Forestry Bureau, Simao, Yunnan 665000, China)

Abstract: Experiment on germination and seedling growth volume of *Pinus armandi* provenance which from Kunming, Qujing, Chuxiong, Tengchong and Maguan, have been carried out. Results show that seed germination rate and survival rate of *Pinus armandi* provenances from Maguan are superior, and seed germination rate, survival rate, height and diameter growth of Kunming provenance of *Pinus armandi* are the best than control.

Key words: *Pinus armandi*; provenance; seedling experiment; germination rate; survival rate; seedling growth volume

华山松(*Pinus armandi*)又称白松、青松、果松、五针松、五须松、五叶松等,材质优良,树干可割取树脂,种子可食用,针叶可提炼芳香油^[1],是我国松科(Pinaceae)松属(*Pinus*)中分布最广的一个树种^[2],在深厚且排水良好的酸性土壤上生长较快,喜光、较耐寒,喜温凉而湿润的气候^[3]。华山松在云南省也有着悠久的栽培历史,在滇中、滇东北、滇东南海拔1 600~2 600 m的区域已有较大面积分布,是云南省主要的造林树种之一^[4]。华山松高大挺拔,冠形

优美,针叶苍翠,生长较快,是植树造林和城市绿化的理想树种,具有较高的经济和生态价值^[5]。为加快种质资源培育,提高苗木优质率,应加强对华山松苗木培育技术的研究。因此,本文针对不同种源的华山松开展了种苗培育的对比试验,可为今后华山松的研究与生产提供参考。

1 形态特征

华山松属常绿乔木,高达35 m,胸径1 m,幼树

收稿日期:2016-03-17.

基金项目:中央财政林业科技推广示范资金项目([2013]TK76号);国家林业局林业公益性行业科研专项(201204110).

作者简介:蒋应召(1970-),女,云南保山人,工程师.主要从事森林培育和保护工作. Email:806021200@qq.com

通信作者:李江(1979-),女,云南普洱人,工程师.主要从事林业资源管理工作. Email:349877534@qq.com

皮平滑而薄,灰绿色,老树皮则开裂成方块状,不剥落。小枝绿色,无毛。针叶 5 针一束,长 8~15 cm,树脂道通常为 3 个,背面 2 个边生,腹面 1 个中生。球果圆锥状长卵形,长 10~22 cm,径 5~8 cm,幼时绿色,成熟时种鳞张开,黄褐色,种鳞无毛,鳞脐小。种子扁卵形,淡褐色至黑色,有纵脊,长 1~1.5 cm,径 6~10 mm,无翅或两侧及顶端具棱脊。花期 4—5 月,球果翌年 9—10 月成熟^[1]。

2 试验地概况

试验地位于隆阳区国有林场一碗水林区叉河,地理位置为东经 99°7'26",北纬 25°13'36",海拔 2 685 m,年均温 15.5℃,最热月均温 21℃,绝对最低温 -5℃,绝对最高温 27℃,≥10℃积温 4 904.1℃,年日照时间 2 307.4 h,总辐射量 137.9 千卡/cm²;年降雨量 966.5 mm,年均降雨日数 148.4 d,干季 11 月至翌年 4 月,降水 140 mm,占降水量的 17.6%,雨季 5—10 月,降水量 796.5 mm,占降水量的 82.4%,雨水集中在 6—8 月,降水量 499.6 mm,占年降水量的 51.7%;相对湿度 65%,年无霜期 205 d,生长期 150 d,属温凉山原气候类型。试验地土层平均厚度为 50 cm,以棕壤土壤类型为主,地势平缓,坡度 3°。

3 材料与方 法

3.1 试验材料

本次试验的华山松种子分别采自昆明、曲靖、楚雄、腾冲、马关等地。在育苗前一年 10 月前后选择 15 a 以上生长健壮、干形通直的母树采摘球果,并在阳光下翻晒脱粒,通过净种后,除去杂质及空瘪种子进行阴干,存放在通风干燥的地方储藏备用。

3.2 试验方法

3.2.1 种子处理

种子先用 50℃温水浸种到自然冷却,连续浸泡 3~7 d,2 d 换水 1 次,并进行翻动,待种子吸水膨胀后捞出。种子捞出后,用 0.5%高锰酸甲溶液浸泡 30 min,用清水冲洗后进行播种。

3.2.2 试验设计

试验分为萌发试验、遮阴试验 2 部分。试验设计 3 次重复,营养袋育苗,每袋播种 2~3 粒,3 行 60 株为 1 个小区,每个小区间隔 15 cm。营养袋规格为 10 cm×15 cm。育苗基质为 40%生土+30%腐殖土+10%蛭石+10%细沙+10%珍珠岩。用 1:800 倍

的敌克松药液对基质进行消毒。

第一阶段,观察种子出苗情况,并记录出苗率和苗木出土天数,年终调查幼苗的成活率。

第二阶段,当苗龄分别达到 80 d、100 d、120 d 时,观测不同种源幼苗的高度和地径的生长情况。

3.2.3 苗期管理

播种后,经常观察营养袋的温湿度,做到及时补水。当有苗木少量出土时,喷一次 0.3%的多菌灵水溶液杀菌消毒,防止幼芽病害发生。苗木出齐后,再喷一次 0.5%多菌灵水溶液杀菌消毒,防止幼芽病害发生。

4 结果与分析

4.1 萌发试验

从试验结果来看,昆明种源的发芽率最高,达到 94.3%,其次为腾冲种源,发芽率为 93.9%,楚雄种源发芽率最低,为 92.6%,不同种源华山松幼苗的发芽率排序为:昆明>腾冲>马关>曲靖>楚雄。马关种源仅需 15 d 即可萌发,而曲靖种源需要 20 d 才能萌动,不同种源华山松幼苗的发芽速度排序为:马关>腾冲>楚雄>昆明>曲靖。昆明种源华山松幼苗的年终成活率最高,达到 78.7%,其次为马关种源,为 76.2%,楚雄种源的成活率最低,仅为 74.1%,不同种源华山松幼苗的年终成活率排序为:昆明>马关>曲靖>腾冲>楚雄(表 1)。

表 1 不同种源华山松种子萌发试验

Tab. 1 seed germination test of different provenances of *Pinus armandi*

种源	发芽率/ %	发芽速度/ d	成活率/ %
昆明	94.3	18	78.7
曲靖	93.2	20	75.6
楚雄	92.6	17	74.1
腾冲	93.9	16	74.7
马关	93.5	15	76.2

4.2 生长量对比试验

试验结果表明,昆明种源的华山松幼苗在 80 d、100 d、120 d 苗龄时的生长表现均好于其他种源幼苗。80 d 和 100 d 苗龄时,不同种源华山松幼苗的平均苗高排序为:昆明>楚雄>马关>腾冲>曲靖;120 d 苗龄时,不同种源华山松幼苗的平均苗高排序为:昆明>楚雄>马关>曲靖>腾冲。当苗龄为 80 d 时,

昆明、楚雄、马关种源华山松幼苗的平均地径相等,为 0.13 cm;曲靖、腾冲种源华山松幼苗的平均地径均为 0.12 cm。当苗龄为 100 d 时,昆明种源华山松幼苗的平均地径最大,为 0.16 cm;其次为腾冲种

源,达 0.15 cm;其余种源均为 0.14 cm。当苗龄为 120 d 时,昆明种源华山松幼苗的平均地径已达 0.2 cm;楚雄、马关种源为 0.19 cm;曲靖、腾冲种源为 0.18 cm(表 2)。

表 2 不同种源华山松幼苗生长量对比试验

Tab. 2 growth comparison test of different provenances of *Pinus armandi* seedling

类别	苗龄 80 d		苗龄 100 d		苗龄 120 d	
	苗高/cm	地径/cm	苗高/cm	地径/cm	苗高/cm	地径/cm
昆明	6.72±0.07a	0.13±0.02a	8.44±0.11a	0.16±0.04a	10.21±0.14a	0.20±0.06a
曲靖	5.63±0.06c	0.12±0.01b	7.35±0.08b	0.14±0.02c	9.14±0.10bc	0.18±0.03b
楚雄	6.33±0.07b	0.13±0.01a	7.82±0.10b	0.14±0.03c	9.63±0.12b	0.19±0.04b
腾冲	5.94±0.05c	0.12±0.01b	7.49±0.09b	0.15±0.03b	8.93±0.10c	0.18±0.03b
马关	6.26±0.05b	0.13±0.02a	7.76±0.10b	0.14±0.02c	9.38±0.11b	0.19±0.05b

注:数据为平均值±标准误;表中同一列内字母相同表示差异不显著($P>0.05$),字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

5 结论与讨论

通过 2 个阶段的试验对比发现:1)昆明和马关种源的华山松种苗较为优越,可考虑对其进行优良种源的筛选;2)在 80 d、100 d、120 d 3 个苗龄阶段,对比不同种源华山松幼苗的平均地径,没有发现明确的变化规律,但综合苗高和地径生长情况来看,昆明种源的华山松幼苗表现最佳。

以上只是苗期试验的结果,所得结论有待于在今后开展的相关试验中进一步验证。建议今后可将苗龄的试验时间梯度进一步扩展,以探寻幼苗期华山松的生长特征及规律。

参考文献:

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第

七卷)[M]. 北京:科学出版社,1978.

- [2] 赵菊润,刘勇,蒋习林,等. 齿瓣石斛新品种及良种——龙紫 1 号的选育[J]. 林业调查规划,2014,39(3):111-113.
- [3] 窦春蕊,王思恭,周信忠. 华山松种源苗期试验初报[J]. 陕西林业科技,1996(3):15-17.
- [4] 郭玉红,郎南军,温绍龙,等. 华山松育苗技术研究[J]. 广东农业科学,2011(6):58-59.
- [5] 岳元彦,段成波,李自蕊. 腾冲红花油茶不同无性系嫁接成活率研究[J]. 林业调查规划,2014,39(3):149-154.
- [6] 云南省林业科学研究所. 云南主要树种造林技术[M]. 昆明:云南人民出版社,1985.
- [7] 辛培尧,周军,段安安,等. 我国华山松遗传改良研究进展[J]. 北方园艺,2010(19):210-214.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.019

激素处理对竹节树扦插繁殖的影响试验

杨发余,寸德山

(德宏州野生动物收容救护中心,云南 芒市 678400)

摘要:采用 NAA、GA 和 IAA 为试验因素,探讨激素处理对竹节树插穗各生长性状的影响,采用 3 个水平进行处理(包括空白对照),采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计进行试验。结果表明,各处理组合对根长和根粗影响差异不显著,但有促进作用,对存活率和生根率影响显著。NAA 对存活率和生根率有极显著影响,IAA 对生根率有显著影响,但对存活率影响不显著,理论最优组合为 $A_3B_2C_3$,即 NAA, 1.00 g/L、GA, 0.5 g/L 和 IAA, 0.8 g/L 对竹节树插穗生长影响最显著。

关键词:竹节树;扦插繁殖;激素处理;插穗;生长性状;存活率;生根率

中图分类号:S793;S723.132.1;Q946.885.4 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0089-04

Effect Test of Hormone Treatments on Cutting Propagation of *Carallia brachiata*

YANG Fayu, CUN Deshang

(Dehong Wildlife Rescue Center, Mangshi, Yunnan 678400, China)

Abstract: Taking NAA, GA and IAA as experimental factors, the paper discussed the hormone treatment on growth traits of each *Carallia brachiata* cuttings. Through three levels processing (including blank control) and $L_9(3^4)$ orthogonal design test, the results showed that the effects of treatment combination on root length and root diameter were not significant, but promote the role, the effects on survival and rooting rate were significantly. NAA had significant impacts on survival and rooting rate, IAA also had a significant effect on rooting rate, but not significant effect on survival rate. The optimal combination of theory was $A_3B_2C_3$, namely NAA, 1.00 g/L、GA, 0.5 g/L 和 IAA, 0.8 g/L, which had significant impact on *Carallia brachiata* spike growth.

Key words: *Carallia brachiata*; cutting propagation; hormones treatments; cuttings; growth traits; survival rate; rooting rate

1 概况

竹节树 (*Carallia brachiata*) 是红树科 (Rhizophoraceae) 竹节树属植物, 又称胭脂果、弯心果等^[1,2]。其为常绿乔木, 竹节树枝叶翠绿浓密, 树形优美, 宛若一把巨形的绿伞, 绿化效果好; 其果实可

食用, 口感独特, 也可以发展为特色果品。通过种子培育出的竹节树品质不一, 果实口感差异较大, 有的甘甜可口, 有的则酸涩难咽, 并且存在冠形不一致、花期、果期不同等问题, 影响整体的绿化效果。无性繁殖能保持树种或品种的遗传特性, 拓宽繁殖渠道, 最大限度地提高林木的繁殖系数, 快速、高质、高效

收稿日期: 2016-01-06.

作者简介: 杨发余 (1989-), 女, 云南盈江人, 助理工程师。从事林木良种繁育工作。

通信作者: 寸德山 (1987-), 工程师。从事林木良种繁育工作。

繁殖苗木,调节和利用树木的阶段发育规律^[3]。扦插是用植物的茎或根的一部分作为繁殖材料,促使其发生不定根或者不定芽,培育成根茎兼备、完全独立植株的一种无性繁殖方法^[4],通过采用扦插繁殖,可以获得树体、树形、果实口感整齐划一的竹节树优良无性系。

外源激素属于植物生长调节剂,具有促进植物生根,提高生根率等作用,是提高植物扦插繁殖成活率的有效途径^[5,6]。植物生长调节剂促进插枝生根,已在生产中广泛应用,常用的外源生长素有吲哚乙酸(IAA)、吲哚丁酸(IBA)、萘乙酸(NAA)、赤霉素(GA)等。不同的生根剂种类、浓度等对扦插生根产生的效果不同。外源生长素的诱导效果往往因树种、扦插季节、插穗类型(硬枝或嫩枝)、处理方法等不同而异。在扦插生根过程中,插穗内源激素的分布也会发生变化,插穗基部生长素质量分数增加和顶端细胞分裂素水平的提高为不定根和不定芽的形成提供了物质基础^[7]。植物外源激素的选择应用是提高植物扦插繁殖成活率的关键技术之一^[8]。

通过激素浸泡对竹节树扦插繁殖影响的研究,找到激素浸泡的最优组合,为竹节树扦插繁育提供一定的理论依据,加快发展无性系繁殖,提高种苗质量,从而提高整体绿化效果是本次研究的目的意义所在。

2 试验内容与方法

2.1 试验材料与设计

试验地位于芒市风平镇德宏州林业局中心苗圃内。试验所需穗条来源于德宏州林业局中心苗圃多年生母树上,取健壮、无病、1年生枝条,穗条长度为15~20 cm。试验材料还有 NAA、IAA、GA、电子天平、多菌灵、高锰酸钾、量杯、烧杯、桶、锄头、包装袋、竹签、标签纸。

试验选取 NAA(A)、GA(B)、IAA(C)为试验因素,采用3个水平进行处理(包括空白对照),采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计进行试验(表1)。

根据试验因素水平表,试验选择 $L_9(3^4)$ 正交试验设计表及处理,如表2所示。

试验共9个处理组合,每个处理组合为1小区,每个小区扦插50条插穗,设3次重复,共27个小区,需竹节树插穗1350条。

2.2 试验实施

1) 苗床整理:把苗床等分划分为27个长方形

表 1 试验因素水平

Tab. 1 Levels of experiment factors

水平/(g·L ⁻¹)	A-NAA	B-GA	C-IAA
1	0.00	0.00	0.00
2	0.50	0.50	0.40
3	1.00	1.00	0.80

表 2 正交试验设计表及处理

Tab. 2 Orthogonal design for the experiment and treatment

试验号	1 (A)	2 (B)	3 (C)	处理组合	试验内容
1	1	1	1	A ₁ B ₁ C ₁	NAA0ppm、GA0ppm、AA0ppm
2	1	2	2	A ₁ B ₂ C ₂	GA,0.5 g·L ⁻¹ ;IAA,0.4 g·L ⁻¹
3	1	3	3	A ₁ B ₃ C ₃	GA,1.0 g·L ⁻¹ ;IAA,0.8 g·L ⁻¹
4	2	1	2	A ₂ B ₁ C ₂	NAA,0.5 g·L ⁻¹ ;IAA,0.4 g·L ⁻¹
5	2	2	3	A ₂ B ₂ C ₃	NAA,0.5 g·L ⁻¹ ;GA,0.5 g·L ⁻¹ ;IAA,0.8 g·L ⁻¹
6	2	3	1	A ₂ B ₃ C ₁	NAA,0.5 g·L ⁻¹ ;GA,1.0 g·L ⁻¹
7	3	1	3	A ₃ B ₁ C ₃	NAA,1.0 g·L ⁻¹ ;IAA,0.8 g·L ⁻¹
8	3	2	1	A ₃ B ₂ C ₁	NAA,1.0 g·L ⁻¹ ;GA,0.5 g·L ⁻¹
9	3	3	2	A ₃ B ₃ C ₂	NAA,1.0 g·L ⁻¹ ;GA,1.0 g·L ⁻¹ ;IAA,0.4 g·L ⁻¹

小区,扦插前用高锰酸钾溶液喷洒苗床进行消毒处理。

2) 穗条制备:采集选定母树上健壮、无病、一年生枝条,穗条长度为15~20 cm。扦插前首先对穗条进行消毒处理,再按试验设计对穗条进行分组激素处理(浸泡0.5h),待扦插。

3) 扦插方法:穗条经激素处理好后进行扦插(随采随插),按照不同的处理组合将穗条扦插在对应小区的苗床上,扦插完成后浇透水,覆盖塑料小拱棚,在苗床上方搭建遮阴网遮阴。棚内温度控制在15~28℃,湿度控制在40%~50%,以促进插穗的根生长。

4)后期管理:扦插后加强水肥管理以及病虫杂草的防治。

2.3 数据测定与处理

扦插 60 d 后对穗条进行全面调查,观测插穗的生根数、根长和根粗数据,采用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件进行数据统计、方差分析 (ANVOA) 和多重比较 (Duncan 法)。

3 结果与分析

3.1 不同激素组合的插穗生长及其差异分析

试验处理 60 d 后,对不同激素组合处理的竹节树插穗生长性状进行调查,统计生长性状,并进行方差分析(表 3)。

表 3 竹节树插穗生长性状调查统计

Tab. 3 Growth trait statistics of *Carallia brachiata* cutting slips

生长性状	1	2	3	4	5	6	7	8	9
根长/cm	1.34	2.67	2.21	3.08	3.04	2.79	4.07	10.25	3.17
根粗/cm	0.15	0.16	0.13	0.17	0.18	0.18	0.22	0.47	0.18
存活率/%	2 ^C	11 ^B	10 ^B	9 ^B	13 ^B	17 ^B	25 ^A	17 ^B	0.12 ^B
生根率/%	3 ^C	33 ^{BC}	16 ^{BC}	41 ^{BC}	46 ^{BC}	53 ^{BC}	188 ^A	69 ^B	33 ^{BC}

不同处理组合间平均根长为 1.34 ~ 10.25 cm ($P=0.216>0.05$);平均根粗为 0.15 ~ 0.47 cm ($P=0.508>0.05$);平均存活率为 2% ~ 25% ($P=0.000<0.01$);平均生根率为 3% ~ 188% ($P=0.000<0.01$)。方差分析结果表明,根长、根粗各处理组合间差异不明显,但都有促进作用;存活率、生根率各处理组合间差异都极显著。

3.2 影响插穗生长性状的主次因素及其优水平组合

根据试验因素对竹节树插穗生长影响的大小,采用直观分析法对插穗各生长性状进行分析(表 4)。

表 4 影响因素主次顺序

Tab. Primary and secondary order of influence factor

测量性状	R(极差)值	主次因子	优水平	理论最优处理组合
根长/cm	$R_A = 3.76; R_B = 2.60; R_C = 1.82$	A B C	$A_3B_2C_1$	$A_3B_2C_3$
根粗/cm	$R_A = 0.14; R_B = 0.11; R_C = 0.10$	A B C	$A_3B_2C_1$	
存活率/%	$R_A = 0.10; R_B = 0.02; R_C = 0.05$	A C B	$A_3B_2C_3$	
生根率/%	$R_A = 0.80; R_B = 0.43; R_C = 0.48$	A C B	$A_3B_1C_3$	

鉴于扦插存活为本次研究的主要目的,试验分析结果重点考虑存活率,因此综合各处理组合优水平,采用 $A_3B_2C_3$ 处理组合,即采用 NAA, 1.00 g/L、GA, 0.50 g/L; IAA, 0.80 g/L 处理时插穗生长最佳,这在实际中并未出现,因此建议采取进一步试验,以

证实理论推导的可靠性。

3.3 试验的因素水平对竹节树插穗生长性状的影响

在直观分析的基础上,对各生长性状的因素水平间进行多因素方差分析,以了解各因素不同水平间是否对生长性状具有显著的差异影响,以及探讨生长性状随因素水平变化相应的变化趋势(图 1, 图 2)。结果如下:

1)根长:方差分析结果表明,在 95% 的置信度下,3 种因素对根长的影响都不显著。多重比较(图 1)表明, NAA, 1.00 g/L 对根长影响最大,根长为 5.43 cm; GA, 0.50 g/L 对根长影响最大,根长为 6.32 cm; IAA, 0.00 g/L 对根长影响最大,根长为 6.86 cm。

2)根粗:方差分析结果表明,在 95% 的置信度下,3 种因素对根粗的影响都不显著。多重比较(图 1)表明, NAA, 1.00 g/L 对根粗影响最大,根粗为 0.28 cm; GA, 0.50 g/L 对根粗影响最大,根粗为 0.31 cm; IAA, 0.00 g/L 对根粗影响最大,根粗为 0.34 cm。

3)存活率:方差分析结果表明, NAA 对存活率具有极显著影响 ($P_A = 0.003 < 0.01$),其他因素对存活率影响不显著,说明扦插 60 d 时, NAA 对插穗存活率起决定性作用。

4)生根率:方差分析结果表明, NAA 对生根率有极显著影响 ($P_A = 0.001 < 0.01$), IAA 对生根率有显著影响 ($P_C = 0.028 < 0.05$),仅 GA 对生根率影响差异不显著。说明扦插 60d 时, GA 对插穗生根

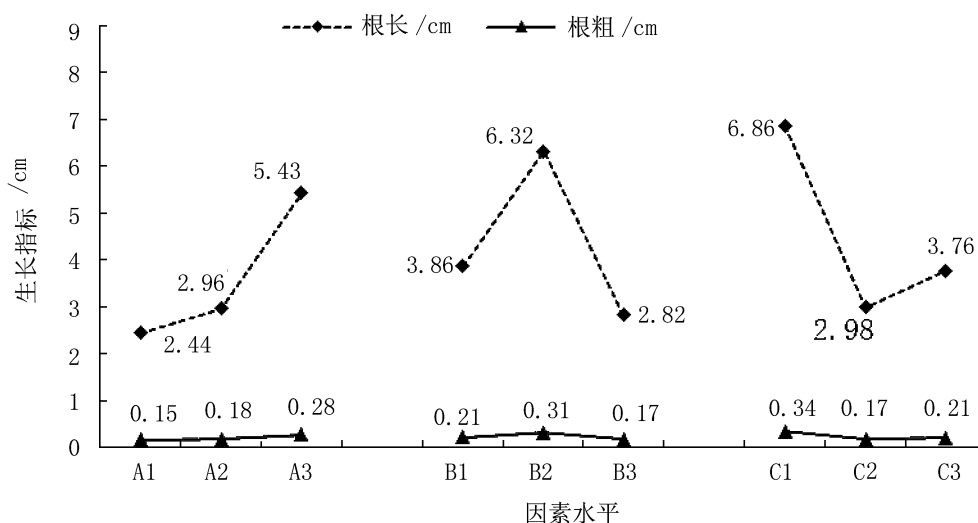


图 1 根长和根粗随因素变化趋势

Fig. 1 Changes of root length and root width with the factorial levels

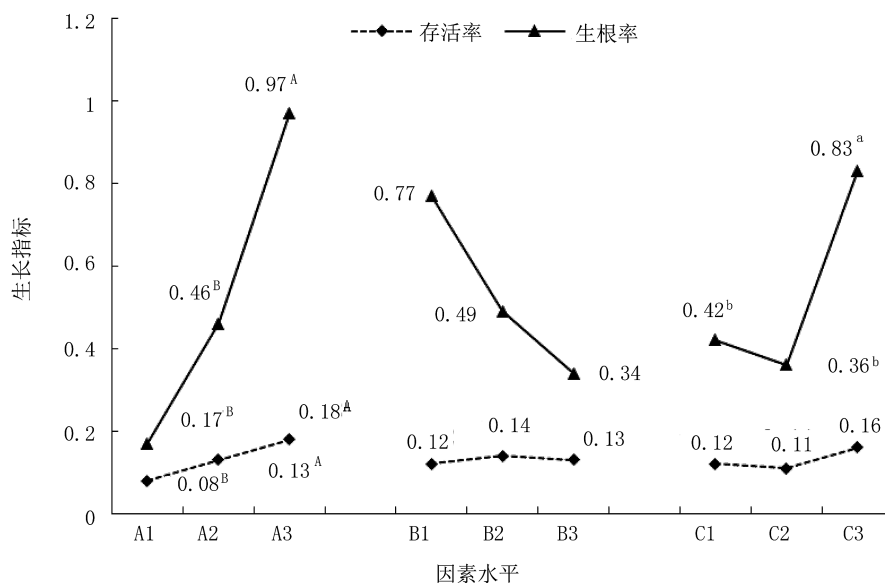


图 2 存活率和生根率随因素变化趋势

Fig. 2 Changes of survival rate and root rate with the factorial levels

率作用不明显。

根据各变化趋势图可知,存活率较其它因素对扦插生长性状具有更重要的影响,综合考虑认为试验最佳组合为 A₃B₂C₃,与直观分析结论一致。

4 结论与讨论

4.1 结论

各处理组合对根长和根粗影响差异不显著,但

有促进作用;对存活率和生根率影响差异极显著。多重比较表明:1) NAA 对存活率有极显著影响。NAA,1.00 g/L 对插穗存活率的影响要高于其他水平,为 18%;2) NAA 对生根率有极显著影响,当 NAA,1.00 g/L 时,对插穗生根率的影响高于其他水平,为 97%。3) IAA 对生根率有显著影响。IAA,0.80 g/L 生根率的影响要明显高于其他水平,为

(下转第 95 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.020

浣熊越冬行为模式观察

李潇晗, 吴思思

(云南林业职业技术学院, 云南 昆明 650224)

摘要:2014 年 11 月至 2015 年 1 月, 采用全事件记录法对云南野生动物园内饲养的 2 头成年浣熊进行冬季行为观察。结果显示, 冬季浣熊的主要行为是休息和摄食, 1 天中休息时间占 68.8%, 其次是运动, 占 18.8%, 摄食行为占 12.4%。越冬期间浣熊以休息作为主要的行为模式, 虽然浣熊没有表现出冬眠行为, 在 1 天中温度较高时, 其活动频率明显增高。虽然人工饲养条件较野生环境好, 浣熊的冬季行为仍然符合哺乳动物越冬行为的常见模式。

关键词:浣熊; 冬季; 行为模式; 环境温度

中图分类号: S959.838; S862 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2016)02-0093-03

Observe on Wintering Behavior Pattern of Raccoon

LI Xiaohan, WU Sisi

(Yunnan Forestry Technological College, Kunming 650224, China)

Abstract: By all occurrence recording method, winter behavior of adult raccoons were observed in Yunnan wild zoo from November, 2014 to January, 2015. The results showed that the main behavior of raccoon was rest and feeding in winter, rest time accounted for 68.8% of daytime, followed by the movement which accounted for 18.8%, feeding behavior accounted for 12.4%. During the winter, raccoon took rest as the main behavior patterns, although raccoons did not exhibit hibernation behavior, when the temperature was higher in the daytime, the activity frequency was increased significantly. Although artificial feeding conditions was much better than the wild environment, winter behaviors of raccoon still conformed to the mammalian behavior of wintering common mode.

Key words: raccoons; winter; behavior pattern; environmental temperature

浣熊原产于北美洲, 生存于北美洲温带、热带地区, 喜欢临水处。国外相关生态学研究多集中于对浣熊种群数量及变化方面的调查。如浣熊是适应性较强的动物, 可以生活在不同的生境环境中, 但其种群扩增仍然受到食物资源的限制 (Justin, 2007)。对北卡罗莱拉州海岸的浣熊研究发现, 虽然海岸鸟类和乌龟还能为现有浣熊种群数量提供足够的食物, 但其低生产率和老化的年龄结构预示着该区的

食物资源已经不能满足浣熊种群扩增的需要 (Arielle et al, 2013)。我国主要关注的是笼养浣熊繁殖成功率的研究, 包括繁殖行为、饲养管理等 (曹菲等, 2013; 吕文其和王行亮, 1996), 对饲养方法亦有涉猎 (何志清, 2013)。但对笼养条件下浣熊的行为报道还很少。浣熊是夜行性动物, 调查其圈养条件下的行为模式, 能够加深对这一物种行为适应性的了解, 同时亦可为浣熊饲养和繁殖提供基础资料。

收稿日期: 2015-12-17.

作者简介: 李潇晗 (1990-), 男, 云南昆明人, 助教. 主要从事林下经济等研究.

1 研究地点与方法

1.1 研究地点

2014 年 11 月~2015 年 1 月,对云南野生动物园内饲养的 2 头成年浣熊进行越冬行为观察。观察对象年龄都为 4 年(分别为 1 号和 2 号),体质良好,无病痛。其笼舍分为室内和室外 2 部分。

1.2 研究方法

2014 年 11 月 5 日至 2015 年 1 月 30 日,以天为统计单位,采用全事件记录法观察动物睡眠、运动与取食 3 种行为,运动包括游走、相互玩耍等行为。记录以上行为发生的时间和持续时间,汇总后采用平均值进行比较分析。夜间行为数据利用监控设备记录。观察时间历经浣熊越冬初期、中期和后期,至

浣熊接近交配期结束。

2 结果与分析

2.1 行为模式

越冬期间浣熊以休息作为主要的行为模式,其次为运动和摄食。观察期间,浣熊表现为白天长时间蜗居在树上或丛林中,并无明显的嬉戏打闹行为,除喂食时间较为活跃外,大多数白天时间都较为平静,但夜晚时浣熊的活动频率明显增加,尤其在 21:30 至次日 2:00 期间会出现频繁的摄食活动,以及四处游走、相互嬉戏玩耍等行为。

冬季浣熊的主要行为是休息和摄食,在 1 天中休息占 68.8%,其次是运动,占 18.8%,摄食行为占 12.4%(表 1)。

表 1 浣熊越冬行为模式观察结果

Tab. 1 Observation results of Raccoon behavior in winter

编号	项目	树上睡眠	树下睡眠	静止休息	游走	玩耍	早上取食	下午取食
1	时长/h	13	3	2.5	1	2	0.5	2
	频率	54.2%	12.5%	10.4%	4.2%	8.3%	2.1%	8.3%
2	时长/h	11	2.5	1	4	2	1	2.5
	频率	45.8%	10.4%	4.2%	16.7%	8.3%	4.2%	10.4%
Average	总时长/h	16.5	4.5	3				
	总频率	68.8%	18.8%	12.4%				

浣熊有间歇性冬眠的习性,本次观察结果显示,笼养浣熊并无该行为。但浣熊 1 天内平均休息时长为 16.5 h,是冬季用时最长的行为,尤其早上 5:00~7:00、10:00~13:00 等时间段的休息行为最为集中,且活动和摄食行为均明显少于其他季节。这种行为分布反映了浣熊对冬季低温的适应模式。

在食物保障的情况下,浣熊通过增加休息时间,降低白天的活动量和晚上的摄食时间来降低体内热量消耗,也是浣熊越冬的行为策略之一。另外,栖息条件可能也是增加浣熊白天休息时长的原因。有研究发现,相对于树穴,地上巢穴能提供更多的热调节(曹菲等,2013)。由于笼舍中没有地上巢穴,2 只浣熊更多地利用树来做为睡眠场所,较低的温度使得浣熊白天活动时长缩短,这一点还需进一步观察。

观察发现,2 只浣熊在活动节律上略有差异。2 号浣熊明显比 1 号浣熊更“活跃”,尤其在观察后期。可能的原因是,随着繁殖期接近,浣熊的行为表

现出个体差异,但这还需进一步研究。

2.2 环境温度对浣熊越冬行为的影响

温度对浣熊越冬行为的变化影响较为显著。白天气温上升后浣熊的活动增多,即使是白天摄食的次数和所用时间也增加。数据显示,浣熊白天活动时间为下午 14:00 和 17:00 2 个时间段(图 1)。通常该时间温度较高,浣熊利用这段时间进行摄食、游走和玩耍。但持续时间不长,之后又进入睡眠。

浣熊是夜行性动物,本次的行为观察结果也显示出这一特征。野生动物园通过模拟动物的野生生境来提高动物对陌生环境的适应能力。尽管如此,与野生条件相比,人工饲养的环境还是发生了一系列改变,如环境的配置、食物的供给等,因此浣熊的行为亦会有所不同。冬眠是动物应对恶劣环境的一种适应性行为,在人工饲养条件下,笼养浣熊通过降低活动量来减少能耗,这种行为同其他哺乳动物的越冬行为相似。但与野生条件相比,其行为的时间

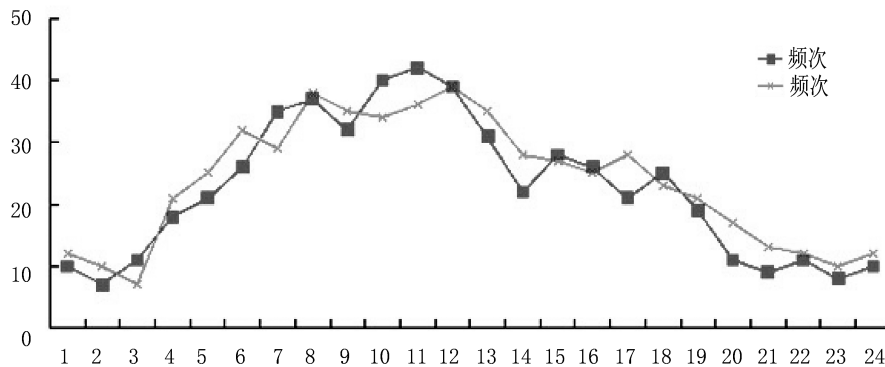


图 1 浣熊 1 天内休息行为的时间特征

Fig. 1 Time characteristic of raccoon resting behavior in daytime

分布是否有所变化,以及变化的生态学适应意义,是需要继续探索的。

参考文献:

- [1] 何志清. 浣熊在甘肃濒危动物保护中心的适应性探讨[J]. 畜牧与饲料科学, 2013(1):68-69.
- [2] 曹菲,夏菊兴,何维光. 北美浣熊的饲养管理和繁殖[J]. 野生动物,2013(2):70-72.
- [3] 吕文其,王行亮. 浣熊的饲养与繁殖[J]. 四川畜牧兽

医,1996(3):20-21.

- [4] AROELLE WP, THEODORE RS, ALLAN FOCL, et al. Demographics, diet, movements, and survival of an isolated, unmanaged raccoon *Procyon lotor* (*Procyonidae*, *Carnivora*) population on the Outer Banks of North Carolina [J]. *Mammalia*, 2013,77(1): 21-30
- [5] JJUSTIN D. ecology of common raccoon (*Procyon lotor*) in western Pennsylvania as related to an oral rabies vaccination program[D]. The Pennsylvania State University,2007.

(上接第 92 页)

83%;IAA 对存活率影响不显著,但 IAA,0.80 g/L 对存活率影响较 IAA,0.00 g/L 和 IAA,0.40 g/L 的大,为 16%。4)GA 对各生长指标影响均不显著,但 GA,0.50 g/L 对根长、根粗和存活率较 GA,0.00 g/L 和 GA,1.00 g/L 大(6.32 cm,0.31 cm 和 14%)。

本研究试验分析结果重点考虑存活率,理论最优组合为 $A_3B_2C_3$,即 NAA,1.00 g/L、GA,0.50 g/L 和 IAA,0.80 g/L 对竹节树插穗生长影响最显著。

4.2 讨论

探讨 3 种不同的植物激素处理组合对竹节树插穗生长的影响,这在国内竹节树扦插育苗研究中尚属首次。NAA,1.00 g/L、GA,0.50 g/L 和 IAA,0.80 g/L 对竹节树插穗生长影响最显著,这在实际试验中并未出现,因此还需进一步研究,以证实理论推导的可靠性。

参考文献:

- [1] 云南省植物研究所. 云南植物志(第 1 卷)[M]. 北京:科学出版社,1977.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第 52 卷第 2 分册)[M]. 北京:科学出版社,1983.
- [3] 赵勇刚,高克姝. 论林木的无性繁殖及其应用[J]. 山西林业科技,1996(3):12-15.
- [4] 森下义郎,大山浪雄. 植物扦插理论与技术[M]. 李云森,译. 北京:中国林业出版社,1988.
- [5] 梁一池. 林木育种原理与方法[M]. 厦门:厦门大学出版社,1997.
- [6] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2001.
- [7] 曹兵,高捍东. 希蒙得木的扦插繁殖技术[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2003,27(4):62-66.
- [8] 梁一池. 林木育种原理与方法[M]. 厦门:厦门大学出版社,1997.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.021

西双版纳勐仑地区不同植被类型鸟类季节变化

段文荣¹, 李正玲², 陈明勇³

(1. 西双版纳国家级自然保护区尚勇管理所, 云南 景洪 666100;

2. 西双版纳国家级自然保护区研究所, 云南 景洪 666100; 3. 云南大学, 云南 昆明 650091)

摘要:2015 年 1—12 月, 分春、夏、秋、冬 4 个季度对勐腊县勐仑镇分布的热带季雨林、石灰山季雨林、热带雨林次生林、人工雨林 4 种植被类型下的鸟类进行调查。结果表明, 从横向看, 第一季度和第二季度热带雨林次生林的鸟种类最多, 第三季度和第四季度热带季雨林的鸟种类最多; 从纵向来看, 除热带季雨林为第四季度鸟种类最多外, 其余 3 个植被类型均是第一季度的鸟种类最多。因此, 受人为干扰少的植被类型鸟的种类和数量较多, 第一季度是鸟类的繁殖季节, 鸟类活动较频繁, 各植被类型下的鸟类被发现的也最多。

关键词: 鸟类; 植被类型; 季节变化; 鸟类多样性; 西双版纳勐仑地区

中图分类号: S718.63 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2016)02-0096-04

Seasonal Variation of Birds in Different Vegetation Types in Xishuangbanna Menglun Region

DUAN Wenrong¹, LI Zhengling², CHEN Mingyong³

(1. Shangyong Management Station, Xishuangbanna National Nature Reserve, Jinghong, Yunnan 666100, China;

2. Research Institute of Xishuangbanna National Nature Reserve, Jinghong, Yunnan 666100, China;

3. Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: From January to December 2015, birds were investigated in the tropical monsoon forest, limestone monsoon forest, tropical rain forest, artificial forest distributed in Menglun town of Mengla county in the four quarters of spring, summer, autumn and winter. The results show that, from the horizontal, most bird species were found in the first quarter and second quarter of Rainforest secondary forests, and in the third quarter and fourth quarter of the tropical monsoon forest; from a vertical perspective, in addition to most bird species found in the tropical monsoon forest for the fourth quarter, most bird species were found in the other three types of vegetation in the first quarter. Thus, less human disturbance vegetation types have a larger number of bird species. The first quarter is the breeding season of birds, and birds act more frequently, and most birds were found under various vegetation types.

Key words: birds; vegetation type; seasonal variation; bird diversity; Xishuangbanna Menglun region

勐仑镇位于西双版纳傣族自治州勐腊县西北部, 面积为 355 km², 该地区的地势为四周群山环

绕, 中间河谷平坝; 年均温 21~22℃; 年均降雨量 1 400~1 800 mm; 最高海拔 1 400 m, 最低海拔 540

收稿日期: 2016-04-14.

作者简介: 段文荣(1967-), 男, 云南勐腊县人, 工程师. 从事保护区建设与管理工. Email: mychen1108@ynu.edu.cn

m;森林覆盖率达 64%。勐仑镇辖区内建设有西双版纳国家级自然保护区勐仑子保护区和中国科学院西双版纳热带植物园 2 个以保护和研究热带动植物为主的机构,为勐仑地区的自然保护做出了重要贡献。本研究选择了 4 种人为影响程度不同的植被类型的样地进行鸟类多样性季节变化研究,分别为西双版纳国家级自然保护区勐仑子保护区西片核心区人为影响弱的热带季节雨林、人为影响中的石灰山片的石灰山季雨林,中国科学院西双版纳热带植物园人为影响较强的沟谷雨林次生林和人为影响强的热带人工林(橡胶林)。

1 研究样地概况

热带季节雨林样地位于西双版纳国家级自然保护区勐仑子保护区西片的核心地带,其植被类型为本地区典型的地带性植被——热带季节雨林。样地位于自然保护区内,植被类型典型,人为干扰和破坏较少,样地周围为保护区内各种热带森林植被。样地面积 100 m×100 m。

石灰山季雨林是西双版纳的另一种地带性原生顶级群落类型,该样地建立在西双版纳国家级自然保护区勐仑子保护区石灰山片内,植被类型为石灰山季雨林,样地周围为保护较好的同一类型的森林。由于石灰山片区的旅游开发,使该区域的动物活动受到了一定程度的人为影响,但由于游客较少,人为影响较弱。样地面积 100 m×100 m。

热带次生林样地为自然恢复的次生热带雨林,现处于建群期的中后期阶段,是热带雨林次生演替过程中的一个重要阶段。与先锋阶段相比,具有更为复杂的群落结构,较高的物种多样性和材积储量。该样地位于中国科学院西双版纳热带植物园内,现作为植物园濒危植物迁地保护区,受保护状况良好,但作为西双版纳热带植物园的主要观赏景点,动物活动受人为影响较强。样地面积 100 m×100 m。

热带人工林(橡胶林)样地位于中国科学院西双版纳热带植物园内,根据热带季节雨林的种类组成和结构特征,人为种植了橡胶、咖啡等热带雨林成分的树种,树种组成较单一,人为影响较大。样地面积 100 m×100 m。

本研究旨在通过调查 4 块样地不同季节的鸟类物种组成,分析不同植被类型、不同人为影响强度、不同季节的鸟类变化特征,为更好地保护热带森林的鸟类提供科学依据,并为今后的监测及调查研究提供参考。

2 研究方法

本研究主要采用样点法,一个样地作为一个样点,样点半径不大于 50 m,调查人员到达样点,宜安静休息 5 min 后,以调查人员所在地为样点中心,观察并记录四周发现的鸟类名称、数量、距离样点中心距离等信息。每个样点的计数时间为 10 min。每个动物只记录一次,即明知是飞出又飞回的鸟不进行计数^[1]。

在 2015 年 2、5、8、11 月不同季度的第二个月对 4 个样地进行样点调查,每个样地每天早上 8:00~12:00 间分别记录 1 次,连续记录 5 d 作为该样地该季度的物种组成。

鸟类分类主要以《中国鸟类野外手册》^[2]和《西双版纳鸟类多样性》^[3]等图鉴为主。

3 研究结果

3.1 不同季节 4 个样地的鸟类调查结果

通过 4 个样地的鸟类监测结果可知,分布的鸟类主要为鹁科、鹎科、太阳鸟科、鸚科、须鸚科、鸚科、翠鸟科、戴胜科、杜鹃科、鸠鸽科、拟啄木鸟科、山椒鸟科、鸚科、文鸟科、绣眼鸟科、啄木鸟科、阔嘴鸟科、雨燕科、鹰科、隼科、黄鹁科、咬鹃科、燕科、山雀科、麻雀科、棕鸟科、鸚科、鸚科的物种,其中以鹁科和鹎科的种类和数量占主要优势。

3.1.1 第一季度 4 个样地鸟类监测结果

通过第一季度对 4 个样地鸟类的调查结果(表 1)发现,热带雨林次生林的种类最多,为 42 种;其他依次是热带季雨林(34 种)>人工雨林(29 种)>石灰山季雨林(18 种)。鸟类数量也是热带雨林次生林最多,共发现 135 只次;其他依次为热带季雨林(101 只次)>人工雨林(64 只次)>石灰山季雨林(58 只次)。

表 1 第一季度鸟类监测结果

Tab. 1 Bird monitoring results in the first quarter

样地名称	目	科	属	种	数量
人工雨林	3	11	23	29	64
热带雨林次生林	4	15	31	42	135
石灰山季雨林	3	8	15	18	58
热带季雨林	5	13	28	34	101
合计	15	47	97	123	358

从第一季度监测结果来看,热带雨林次生林的种类和数量最多,其鸟类多样性较丰富,以鹎科和鹡科物种占主要优势;其他依次是热带季雨林>人工雨林>石灰山季雨林。

3.1.2 第二季度 4 个样地鸟类监测结果

通过第二季度对 4 个样地鸟类的监测结果(表 2)可知,热带雨林次生林的种类最多,为 33 种;其他依次是热带季雨林(28 种)>石灰山季雨林(22 种)>人工雨林(16 种)。观察到的鸟类数量以热带雨林次生林的最多,共观察到 113 只次;其他依次是热带季雨林(106 只次)>石灰山季雨林(46 只次)>人工雨林(41 只次)。

表 2 第二季度鸟类监测结果

Tab. 2 Bird monitoring results in the second quarter

样地名称	目	科	属	种	数量
人工雨林	5	11	14	16	41
热带雨林次生林	5	15	28	33	113
石灰山季雨林	3	11	19	22	46
热带季雨林	6	14	24	28	106
合计	19	51	85	99	306

因此,第二季度,热带雨林次生林的鸟类多样性较其它 3 个样地更为丰富,以鹎科和鹡科物种占主要优势。其它鸟类多样性依次是热带季雨林>石灰山季雨林>人工雨林。

3.1.3 第三季度 4 个样地鸟类监测结果

通过 2010 年 8 月第三季度对 4 个样地鸟类的监测结果(表 3)可知,热带季雨林的种类最多,为 26 种;热带雨林次生林仅次于热带季雨林,为 25 种;其次是石灰山季雨林(17 种)和人工雨林(12 种)。观察到的鸟类数量以热带季雨林的最多,共观察到 67 只次;其他依次是人工雨林(62 只次)>热带雨林次生林(58 只次)>石灰山季雨林(32 只次)。

表 3 第三季度鸟类监测结果

Tab. 3 Bird monitoring results in the third quarter

样地名称	目	科	属	种	数量
人工雨林	3	6	9	12	62
热带雨林次生林	4	10	21	25	58
石灰山季雨林	3	9	14	17	32
热带季雨林	4	12	24	26	67
合计	14	37	68	80	219

因此,第三季度,热带季雨林的鸟类多样性较其他 3 个样地更为丰富,以鹎科物种占主要优势。人工雨林中鸟类数量较多,主要为鹡科的红耳鹡和红臀鹡占主要优势。

3.1.4 第四季度 4 个样地鸟类监测结果

通过第四季度对 4 个样地鸟类的监测结果可知(表 4),热带季雨林的种类最多,为 36 种;热带雨林次生林仅次于热带季雨林,为 24 种;其次是石灰山季雨林(16 种)和人工雨林(10 种)。鸟类数量以热带季雨林的最多,共观察到 110 只次;其他依次是热带雨林次生林(87 只次)>石灰山季雨林(48 只次)>人工雨林(33 只次)。

表 4 第四季度鸟类监测结果

Tab. 4 Bird monitoring results in the fourth quarter

样地名称	目	科	属	种	数量
人工雨林	2	5	8	10	33
热带雨林次生林	3	10	21	24	87
石灰山季雨林	2	7	12	16	48
热带季雨林	6	15	29	36	110
合计	13	37	70	86	278

因此,第四季度,热带季雨林的鸟类多样性较其他 3 个样地更为丰富,以鹎科物种占主要优势。其次为热带季雨林、石灰山季雨林和人工雨林。

综上所述,4 个样地的鸟类物种和数量各季度均呈现出相似的特征,以热带雨林次生林和热带季雨林的多样性较为丰富,其次是石灰山季雨林,人工雨林的鸟类多样性较小。

3.2 勐仑地区 4 个样地鸟类的季节变化分析

3.2.1 热带季雨林

从热带季雨林样地鸟类多样性季节性差异图(图 1)可以看出,第四季度的鸟种类和数量均较其他季度多,其次是第一季度>第二季度>第三季度。

热带季雨林鸟种类季节性差异不明显,鸟类的种类丰富,这可能与该种植被类型中丰富的植物多样性的相关性较大。

3.2.2 石灰山季雨林

从石灰山季雨林样地鸟类多样性季节性差异图(图 2)可知,第一季度的鸟种类和数量均较其他季度多,其次是第二季度>第四季度>第三季度。

石灰山季雨林样地鸟种类的季节性差异不明显,从实际的监测发现,石灰山季雨林的鸟类较热带

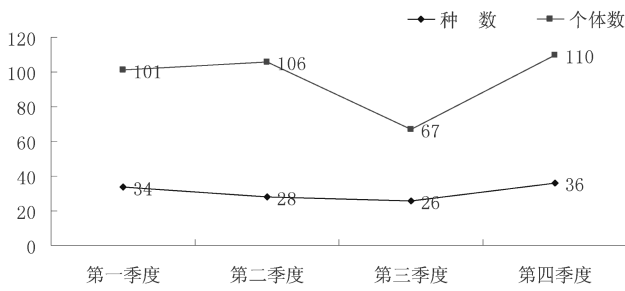


图 1 热带季雨林样地鸟类多样性季节性差异

Fig. 1 Seasonal variations in bird diversity in tropical monsoon forest plots

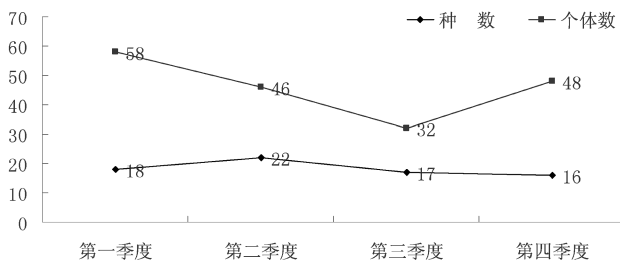


图 2 石灰山季雨林样地鸟类多样性季节性差异

Fig. 2 Seasonal variations in bird diversity in limestone monsoon forest plots

雨林次生林和热带季雨林的少,可能是由于植物物种促成的差异原因,该样地内的物种差异也较小。

3.2.3 热带雨林次生林

从热带雨林次生林样地鸟类多样性季节性差异图(图 3)可知,第一季度的鸟种类和数量均较其他季度多,其次是第二季度>第四季度>第三季度。

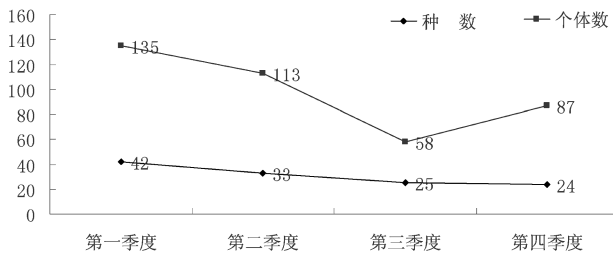


图 3 热带雨林次生林样地鸟类多样性季节性差异

Fig. 3 Seasonal variations in bird diversity in tropical rain secondary forest plots

从种类的多少来看,热带雨林次生林中鸟种类的季节性差异不太明显,鸟的种类多样性较丰富。

但总体上也呈现第一季度较其他季度鸟种类多的特点,其主要原因与人工雨林的差异一致。

3.2.4 人工雨林

从人工雨林样地鸟类多样性季节性差异图(图 4)可以看出,第一季度的鸟种类和数量均较其他季度多,其次是第三季度>第二季度>第四季度。

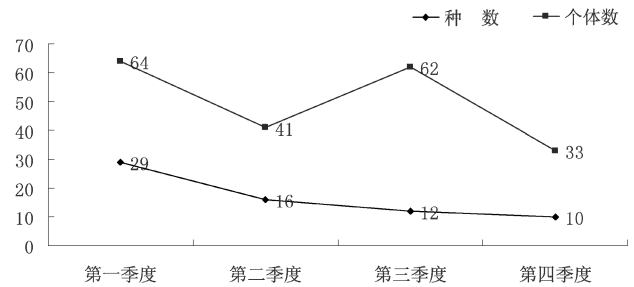


图 4 人工雨林次生林样地鸟类多样性季节性差异

Fig. 4 Seasonal variations in bird diversity in artificial rain secondary forest plots

人工雨林的鸟类多样性具有明显的季节性差异,这与季节和鸟类行为具有密切的关系,首先,第一季度属于春季,属于大多数植物的开花期或发芽期,特别是大量的桑寄生植物开花,吸引了较多的太阳鸟科、鹟科(柳莺属、鹟莺属等)、绣眼鸟科、鹎科的鸟类进行采食,而人工雨林内的部分植物均附生有一些桑寄生植物,因此,这个季节的鸟类较多。另外,春季属于大量鸟类的发情期,各种鸟类的叫声和活动较频繁,利于调查者观察,因此,该季度能够发现的鸟类种数也较多。因此,第一季度较其他季度的鸟种类多。

4 讨论

不同植被类型的鸟种类存在一定程度的差异,其主要原因应归结为鸟类食物的差异。热带雨林次生林和热带季雨林的植物组成和层次结构均较丰富,各种不同类型的植物在样地内及周边地区分布均较多,能够提供的食物也较多,且这 2 种植被类型的季节性差异不明显,因此,其间分布的物种的季节性差异也不明显。而石灰山季雨林和人工雨林具有明显的季节性差异,不同季节的植物物候特征较明显,各种植物的发芽、落叶、开花、结果等存在明显的

(下转第 104 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.022

白马雪山自然保护区人工繁育白马鸡放归野外实验

提 布, 李新红, 江初农布, 木艳春, 都 吉, 斯那此里, 龙 华, 董霞玲
(白马雪山自然保护区管理局德钦分局, 云南 德钦 674500)

摘要:2014 年, 将人工孵化驯养健康成长的白马鸡从海拔 3 200 m 的德钦饲养场搬迁至海拔 3 900 m 的曲宗贡饲养场, 从扩大饲养场至小范围的场外放归实验, 最后利用宗教活动进行野外放归。2 年时间的跟踪监测结果表明, 白马鸡在野外环境下生存状况良好, 虽有些天敌的威胁, 但种群数量逐年增多, 现已完全适应曲宗贡区域的环境, 说明人工繁育白马鸡放归实验取得成功。

关键词:白马鸡; 人工繁育; 放归野外; 跟踪监测; 种群数量; 白马雪山自然保护区

中图分类号: S831.32 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2016)02-0100-05

Reintroduction Experiment on Artificial Breeding of Baima Chicken in Baimaxueshan Nature Reserve

TI Bu, LI Xinhong, JIANGCHU Nongbu, MU Yanchun, DU Ji, SINA Cili, LONG Hua,
DONG Xialing

(Deqin Branch of Baimaxueshan Nature Reserve Management Bureau, Deqin, Yunnan 674500, China)

Abstract: The Baima chickens of artificial Breeding were moved from the altitude of 3 200m, Deqin feeding farm to the altitude of 3 900m, Qu Zonggong farm in 2014. The religious reintroduction experiments on the expansion of farm to a small range of OTC were conducted. Two years of tracking and monitoring results showed that the Baima chickens were in good condition in field environment, although the threat of some natural enemies, but population was increasing year by year, which completely adapted to the environment of Qu Zonggong regional. The reintroduction experiment on artificial breeding of Baima chicken was success.

Key words: white chicken; artificial propagation; reintroduction; monitoring; population; Baimaxueshan Nature Reserve

白马鸡 (*Crossoptilon crossoptilon*) 又叫雪雉, 在滇西北藏区曾被称为藏马鸡, 是中国特产鸟类, 数量稀少, 分布区域狭窄, 已被列入中国国家重点保护野生动物名录, 属国家 II 级保护鸟类。分布于四川、西藏东部、甘肃东南部、青海南部和云南西北部一带。白马鸡为典型的高山雉类, 主要栖息于海拔 3 000~4 000 m 的高山和亚高山针叶林和针阔叶混交林

带, 这里的主要树种有大果红杉、冷杉、云杉、高山栎、高山松; 有时也上到林线上林缘疏林灌丛中活动, 冬季有时可下到海拔 2 800 m 左右的常绿阔叶林和落叶阔叶林带活动; 高山灌丛和草甸是白马鸡垂直分布的上限。白马鸡喜欢集群, 全年大约 2/3 的时间是集群活动, 特别是冬季至春季。白天通常从清晨天亮就开始活动和觅食, 晚上在树上栖息。

收稿日期: 2016-03-15; 修回日期: 2016-03-22.

作者简介: 提布 (1972-), 男, 云南迪庆人, 高级工程师. 从事自然保护工作.

白马鸡善于奔跑,飞行速度慢,遇到威胁时,通常往高处奔跑,紧急时则往低处飞。白马鸡善于用嘴挖土觅食,主要以灌木、乔木和草本植物的嫩叶、幼芽、根、花蕾、果实、种子和野生菌类为食,此外也吃各种昆虫、禽卵和动物腐尸等动物性食物,特别是在繁殖季节。冬季多吃树根和种子,春季以绿色植物的嫩根、嫩叶为主,夏秋季以植物的叶蕾、花、果子为食,幼鸟以昆虫为主。繁殖期为5—7月。据1983—1988年在四川宝兴的调查,种群密度为1.5~2只/km²。1985年3—7月在四川马尔康龙甲山的调查,种群密度为2只/km²,较为常见。但由于对栖息地木材的大量采伐,大片林木被砍光,适宜本物种的栖息地面积正在不断萎缩,使白马鸡丧失了大片赖以生存的栖息环境,从而导致分布区域的缩小和种群数量的减少;加上非法捕猎和天敌威胁,进一步加剧了该物种的逐年减少。

1 背景

白马雪山保护区曲宗贡区域曾经是高山雉类的乐园,是白马鸡的主要栖息地之一,20世纪80年代末,由于放牧、采集林下资源、穿越保护区的国道施工建设和维护等人为干扰和偷猎等违法活动,再加上突降大雪、干旱等极端天气的影响,使得曾经遍布曲宗贡的白马鸡种群锐减,近年来在这一区域已踪迹难觅。针对保护区濒危野生动植物种类多,资源总量不足的现状,就地保护、恢复白马鸡种群在原生栖息地的分布已是迫在眉睫的任务。

2 人工繁养白马鸡

人工繁养白马鸡放归野外实验是一项科研项目,主要由德钦分局负责实施,该局从2010年就开始着手这项工作,在没有前人经验可以借鉴的情况下,分局领导和技术人员克服重重困难,积极探索研究白马鸡的相关习性并进行深入了解,积累了一定的技术经验。于2012年成功繁养白马鸡30多只,为下一步的孵化、扩繁和野外放归试验等工作打下了坚实的基础。到2013年又成功繁养出了白马鸡雏一代12只,于2014年又成功孵化驯养出白马鸡雏二代7只,至2015年孵化出了白马鸡雏三代5只,这是白马鸡人工养殖史上的一个突破和创新。

3 人工繁养白马鸡放归野外

3.1 实验区域生境概况

曲宗贡区域主要生境从上到下依次为高山冰雪

带、高山流石滩疏生植被带(主要植被有各种雪莲、绿绒蒿、紫荆等)、亚高山灌丛草甸带(主要植被有各类杜鹃灌丛、刺红珠灌丛、铺地柏灌丛、报春花、鸢尾等)、寒温性针叶林带(主要植被有大果红杉林、冷杉林、云杉林、高山柏等)、向阳区域的主要生境是硬叶常绿阔叶林,以黄背栎为主,也是白马鸡主要的栖息环境。

3.2 扩大饲养场和饲养场外小范围放养

当初育雏阶段白马鸡雏鸡对饲养场的大小没有明显的反应和太大的压力,随着白马鸡个体逐渐成长变大,所需的活动空间越来越大,感觉到现有的德钦饲养场越来越狭小、拥挤,远远满足不了现存白马鸡的生存需求。狭小、拥挤的饲养场对白马鸡的健康成长影响越来越明显,综合以上诸多因素,无论饲养员如何认真仔细地管养这些白马鸡,还是出现各种疾病,导致白马鸡死亡现象严重。因此,及时在海拔3900m的曲宗贡扩建白马鸡饲养场成为必要。曲宗贡曾经是白马鸡的栖息地,白马鸡从3200m的德钦饲养场搬迁至曲宗贡饲养场后很快就适应了这里的环境,之后就没有出现因环境恶劣产生各种疾病而死亡的现象。

为了能让这些本该属于大自然的小生命能尽快适应自然环境,恢复白马鸡的自然习性,以达到放归野外的目的,工作人员对曲宗贡饲养场内的白马鸡进行了小范围的放养,让它们有更自由的活动空间,白天在异亲鸟的带领下四处觅食,傍晚回到饲养场内的笼舍里休息。这样一来,白马鸡慢慢地适应了野外的生存环境,个体的健康状况也越来越好,并且逐渐学会了躲避天敌,为以后的放归野外奠定了坚实的基础。

3.3 举行宗教仪式放归野外

2014年3月20日,白马雪山保护区曲宗贡生态定位监测站邀请到东竹林寺的四位高僧,为白马鸡的野外放归举行了庄严的放生仪式,将人工繁殖饲养近2年的30只白马鸡在饲养员的指引下走出了曲宗贡饲养场的网笼,放归野外。

此次白马鸡的野外放归,标志着人工饲养白马鸡恢复曲宗贡白马鸡种群的项目已经取得了初步成功。

3.4 跟踪监测

这批白马鸡放归自然后,由专人负责长期跟踪监测其在野外生存的适应能力情况,并认真记录监测数据,直至放归白马鸡完全适应野生环境下的独立生存,以达到人工繁养白马鸡放归野外的目的。

3.4.1 放归的白马鸡在野外分布和种群变化情况

自 2014 年 3 月 20 日放生之日起,工作人员进行了跟踪监测和调查(主要是工作人员不定期巡山监测和访问当地牧民、进山活动人员等信息的收集),起初放归的白马鸡基本以集群活动,活动范围主要以曲宗贡金纽沟为主,活动的距离也不是特别远,最远的也只活动到与饲养场(E005.04.276, N031.35.695,海拔 3 900 m)直线距离大概在 1 600 m 的不里嘎牧场(E005.02.877, N031.35.380,海拔 3 979 m),垂直向上的活动位置到松里贡山脊(E005.03.627, N031.35.783,海拔 4 196 m)。随着时间的推移以及进入繁殖期,放归的白马鸡活动的范围越来越扩大,到 7—8 月份集群时,工作人员发现原来放归的白马鸡群已分为 2 个种群(原来的 A 群和分离出去的 B 群),B 群的活动区域已到了曲宗贡金纽沟粗瓦拉杂牧场(E005.01.024, N031.34.765,海拔 4 028 m),与饲养场的直线距离大约 3 500 m 的区域。到 2015 年集群时,又从 A 群分离出去了一群(C 群),朝珠巴洛河下游的下拉通牧场区域(E005.05.482, N031.34.994,海拔 3 707 m)扩展。至此,人工繁养放归野外的白马鸡在曲宗贡区域分布共有 3 个种群。

3.4.2 在野外各时期觅食情况

经调查发现,白马鸡善于用嘴挖土觅食,放归的白马鸡 3—5 月份在野外主要的食物是大果红杉、黄背栎、各种杜鹃等和草本植物的嫩叶、幼芽、根,在饲养场附近每隔 2 d 工作人员进行食物(本地生产的无任何污染的青稞和小麦)补充。这段时期,补充食物的白马鸡从开始的集中到后来慢慢分群变少,甚至有些活动范围越来越远的就干脆不回来补充食物了。6—10 月份主要的食物是各种乔木、灌丛、花卉和草本植物的嫩叶、花蕾、果实、种子以及大量的野生菌类,各种昆虫、禽卵和动物腐尸等动物性食物,甚至有些白马鸡经常用嘴啄开牛粪吃其中的寄生虫,特别是在带雏季节。这段时期回来补充食物的白马鸡数量不是很多,原因主要是野外的食物特别丰富。11 月至次年的 3 月份为冬季,因曲宗贡属于高海拔区域,冬季相对其它地方较长,这段时期白马鸡的主要食物是各种乔木、灌丛、花卉的果实、种子以及草本植物的根、种子,各种昆虫和牛粪中的寄生虫,这段时期分布在饲养场附近的白马鸡经常回来补充食物,特别是遇到下大雪时,回来补充食物的频率就更高(主要针对 A 群),甚至有些整体就在投食点附近活动。

3.4.3 2014 年放归的白马鸡在野外种群数量变化情况

2014 年 4 月中旬,经观察发现,放归野外的白马鸡群体开始逐渐分散成小群,然后进行配对,到饲养场附近来觅食的通常为一雄配一雌或一雄配多雌,这说明放归野外的白马鸡开始进入了繁殖期。至 5 月初,工作人员在离饲养场 500 m 左右的一棵高山柏树底下发现了一个白马鸡巢,里面有 2 枚卵,标志着放归白马鸡在野外已进入了自然孵化状态。6 月 10 日,工作人员跟踪调查时在野外惊奇地发现 A 群内的 3 只白马鸡带着 3 只只有几天大的雏鸡在林间觅食,证明放归白马鸡已完全适应了野外的生存环境,并已开始繁衍后代。

2014 年 7 月调查统计,工作人员调查发现以及牧民和其他进山活动人员发现,在野外自然孵化带雏的白马鸡共计有 7 窝,共 28 只雏鸡,其中 A 群 5 窝 21 只,B 群 2 窝 7 只。至此 A 群白马鸡成鸡有 20 只,再加上 21 只雏鸡,共计有 41 只白马鸡。而 B 群白马鸡成鸡有 7 只,再加上 8 只雏鸡,共计有 15 只。至此 2 个种群共计有白马鸡 56 只,之前工作人员跟踪调查时,在 A 群有 2 只白马鸡成鸡被金雕猎杀,因此成鸡从原来放归时的 30 只变成了现在的 28 只(表 1)。

表 1 2014 年放归的白马鸡在野外自然孵化带雏数量

种群名称	白马鸡窝数及雏鸡数					合计	总计
	A1	A2	A3	A4	A5		
A 群	3	5	3	6	4	21	28
	B1		B2			7	
B 群	4		3				

放归野外的白马鸡除了适应在野外环境里生存外,更重要的是要学会躲避天敌和被人类猎杀的能力,虽然这些经过宗教活动放生的白马鸡一般不会受到社区居民的猎杀,但野生动物之间弱肉强食的生存规律还是必须要适应的。之后在跟踪调查时发现,白马鸡雏鸡夜晚还不能上树栖息时经常会受到黄鼬的猎杀和威胁,而白天活动时也会受到雀鹰的猎杀和威胁。成鸡一般夜晚栖息到较高的冷杉、大果红杉等树上,所以不会受到威胁,而到了白天还是经常会受到金雕的猎杀和黄喉貂的威胁。到 12 月

中旬下雪时,工作人员对这 2 个种群进行了详细的调查统计发现,A 群白马鸡共计有 29 只,其中成鸡 18 只和亚成体 11 只。B 群白马鸡共计有 11 只,其中成鸡有 8 只和亚成体 3 只。至此 2 个种群健康成活的共计有 40 只(表 2)。

表 2 2014 年放归的白马鸡在野外死亡原因分析

Tab. 2 Death cause of Baima chicken reintroduced in the wild in 2014 只

死亡原因 编号	黄鼬 捕食	雀鹰 捕食	金雕 捕食	黄喉貂 捕食	原因不明 (失踪)	合计
A 成			2		2	22
A1		1				3
A2	2				1	5
A3					2	3
A4	2			1	1	6
A5					1	4
B 成						8
B1		1				4
B2					2	3
合计	4	2	2	1	9	58

据调查分析,白马鸡放归野外后原因不明死亡的比例占总死亡数的 50%,这些原因不明失踪的白马鸡有可能是被天敌猎杀了,或者在某些不易发现的地方发生疾病及意外死亡,也有可能远离曲宗贡区域到更远的栖息地去生活,总之工作人员没有发现其死亡痕迹都列为原因不明失踪。调查发现,白马鸡雏鸡阶段主要的死亡原因是被黄鼬猎杀,占总死亡数的 22%,其次是被雀鹰猎杀,占总死亡数的 11%。而成鸡死亡主要是被金雕猎杀,占总死亡数的 11%,其次是被黄喉貂猎杀的,占总死亡数的 6%。2014 年放归的白马鸡原因不明失踪和死亡总数为 18 只,占白马鸡总数的 31%,而健康成活的有 40 只,成活率为 69%。

3.4.4 2015 年放归的白马鸡在野外种群数量变化情况

2015 年,继续开展放归野外白马鸡跟踪监测工作。4 月份进入繁殖期时,观察发现放归野外的白马鸡群体又开始逐渐分散成小群,但今年它们活动的范围更广,到 7—8 月份集群时,又从 A 群分离出去了一群(C 群),朝珠巴洛河下游的下拉通牧场区域(E005.05.482, N031.34.994,海拔 3 707 m)扩

散。6 月中旬开始,工作人员相继在 A 群和 C 群各发现 1 窝带雏的白马鸡,至 7 月中旬调查统计,3 个种群共计带雏白马鸡有 8 窝,共 31 只雏鸡,其中 A 群 3 窝 12 只 B 群 2 窝 9 只, C 群 3 窝 10 只。至此, A 群白马鸡成鸡有 16 只,再加上 12 只雏鸡,共计有 28 只白马鸡。B 群白马鸡成鸡有 11 只,再加上 9 只雏鸡,共计有 20 只。C 群白马鸡成鸡有 12 只,再加上 10 只雏鸡,共计有 22 只。至此分布在曲宗贡区域的 3 个种群共计有白马鸡 70 只,而 2014 年底成活的 40 只白马鸡成鸡中有 1 只原因不明失踪(表 3)。

表 3 2015 年放归的白马鸡在野外自然孵化带雏数量

Tab. 3 Natural hatching number of Baima chickens reintroduced in the wild in 2015 只

种群 名称	白马鸡窝数及雏鸡数			合计	总合计
	A1	A2	A3		
A 群	5	3	4	12	
B 群	6	3		9	31
C 群	2	5	3	10	

据调查分析,2015 年也和 2014 年一样,白马鸡成鸡和雏鸡都有不同程度的失踪或被猎杀,至 12 月中下旬对这 3 个种群进行调查统计发现,A 群白马鸡共计有 23 只,其中成鸡 15 只和亚成体 8 只。B 群白马鸡共计有 16 只,其中成鸡有 10 只和亚成体 6 只,C 群白马鸡共计有 18 只,其中成鸡有 12 只和亚成体 6 只。至此,3 个种群健康成活的白马鸡共计有 57 只(表 4)。

对表 4 数据分析,2015 年白马鸡放归野外后,不明原因死亡的比例占总死亡数的 54%,比 2014 年增长 4%。这些原因不明失踪的白马鸡有可能是被天敌猎杀了,或者在某些不易被发现的地方发生疾病及意外死亡,也有可能远离曲宗贡区域到更远的栖息地去生活。工作人员调查发现,白马鸡雏鸡阶段的主要死亡原因是被黄鼬猎杀,占死亡总数的 23%,比 2014 年增长 1%;其次是被雀鹰猎杀的,占总死亡数的 8%,比 2014 年减少 4%。而成鸡死亡主要是被金雕猎杀,占总死亡数的 15%,比 2014 年增长 4%;没有发现被黄喉貂猎杀的。2015 年放归的白马鸡原因不明失踪和死亡总数为 13 只,占白马

表 4 2015 年放归的白马鸡在野外死亡原因分析
Tab. 4 Death cause of Baima chicken reintroduced
in the wild in 2015

编号	黄鼬 捕食	雀鹰 捕食	金雕 捕食	原因不明 (失踪)	白马鸡 数量合计
A 成			1		16
A1	1	1			5
A2				1	3
A3				1	4
B 成			1		11
B1				2	6
B2				1	3
C 成					12
C1					2
C2	2				5
C3				2	3
合计	3	1	2	7	70

鸡总数的 19%，比 2014 年减少 12%，而健康成活的有 57 只，成活率为 81%，比 2014 年提高 12%。

4 结论

通过 2 年来的跟踪监测调查，人工繁养放归的白马鸡已逐渐适应了曲宗贡区域的生境，并能够不

断繁衍出生存能力更强的后代。虽然白马鸡在野外生存过程中受到不同程度的威胁和考验，但它们在野生状态下种群数量不断增长，活动范围不断扩大，成活率也有提高，达到恢复白马雪山白马鸡野生种群的目的，促进了白马鸡野外种群的保护工作。通过人工繁养放归野外实验项目的成功实施，将引起更多民众对野生动物的关注和关爱，对维护自然生态平衡，发展经济，拯救濒危物种，开展科学研究，改善和丰富人民物质和文化生活都具有重大意义，最终为生态文明建设做出积极的贡献。

参考文献：

- [1] 提布,肖林,江初农布,等. 白马鸡的人工孵化研究[J]. 林业调查规划,2014(4):42-45.
- [2] 提布. 白马鸡人工驯养初步研究[J]. 林业调查规划,2015(2):126-129.
- [3] 提布. 白马鸡人工孵化与驯养初步研究[J]. 迪庆科技,2015(1):36-39.
- [4] 贾非,王楠,郑光美. 白马鸡繁殖早期栖息地选择和空间分布[J]. 动物学报,2005(3):87-90.
- [5] 王楠,贾非,郑光美. 白马鸡巢址选择的研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2005(2):31-34.
- [6] 张正旺. 国外白马鸡饲养种群的建立及近况[J]. 北京师范大学学报,1990(3):77-81.
- [7] 格玛江初,董德福,龙文祥. 藏马鸡繁殖生态初步研究[J]. 野生动物,1995(6):51-54.

(上接第 99 页)

季节性差异,因此,食物的季节性差异是鸟类物种多样性差异的主要原因。

致谢:感谢中国科学院西双版纳热带植物园和西双版纳国家级自然保护区勐仑管理所各位领导、专家和同事对本研究的大力支持!在此一并致谢!

参考文献：

- [1] 蒋宏,闫争亮. 自然保护区生物多样性监测技术规范[M]. 昆明:云南科技出版社,2008.
- [2] 约翰·马敬能,卡伦·菲利普斯,何芬奇,等. 中国鸟类野外手册[M]. 长沙:湖南教育出版社,2000:1-571.
- [3] 罗爱东,陈明勇,董永华,等. 西双版纳鸟类多样性(上册、下册)[M]. 昆明:云南美术出版社,2016:1-929.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.023

退耕还林对保护区周边农户收入的影响研究

——以陕西省为例

刘凌宇

(北京林业大学经济管理学院,北京 100083)

摘要:选取陕西省大熊猫自然保护区数据,分析退耕还林对保护区周边农户收入的影响。研究发现,户主受教育年限、家庭耕地面积、农业劳动力人数、外出打工人数及是否参与退耕还林几项因素对农户家庭收入增加均呈正向影响。提出了增加保护区农户专业培训、丰富非农就业渠道、提高退耕还林补贴水平等建议。

关键词:退耕还林;农户收入;回归分析;退耕补贴;非农就业

中图分类号:F301.24 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0105-06

Effects of Sloping Land Conversion Program (SLCP) on Farmers' Income of Nature Reserve Community

——Taking Shaanxi for Example

LIU Lingyu

(School of Economic and Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper selected data from Shaanxi giant pandas nature reserve, and analyzed the effect of The Sloping Land Conversion Program (SLCP) on farmers' income of protected areas. The study concluded that several factors of household education, arable land area, agricultural labor force, the number of migrant workers and whether to participate in SLCP have a positive impact on household income increasing. The recommendations on farmers' professional training, enriching non-farm employment channels, improving the level of subsidies and so on are proposed.

Key words: sloping land conversion program; farmers' income; regression analysis; the subsidy for farmland conversion; non-farm employment

一般来说,保护区能够有效保护当地的生物多样性,为珍稀动植物提供良好的生存地。近年来,由于过度放牧、过度樵采等人为干扰因素增加,自然保护区生态环境遭到破坏,严重威胁物种繁衍和生存,退耕还林工程作为我国环境规划的重点工程,是生

态修复绿化的有效途径之一。保护区中实施退耕还林工程普遍且有必要。而在中国,自然保护区多数分布在偏远的山区,尽管城镇化、劳动力流动、农村生产方式转变及保护区共管体制一定程度上提高了当地经济水平,但从长期来看,保护区周边农户仍以

收稿日期:2016-03-24.

项目来源:国家级大学生创新训练项目(201510022039).

作者简介:刘凌宇(1995-),女,陕西人. Email:1926864606@qq.com

粗放型生产方式为主,依赖自然资源。而保护区退耕还林工程的实施,使农户被迫降低对土地资源依赖,农户生计压力依然长期存在。退耕还林工程作为我国环境规划的重点工程,成为解决水土流失、风蚀沙化等生态问题的有效途径,尤其是生态脆弱地区,退耕还林工程成为当地生态恢复保护的基础措施。农户收入问题不仅关系到保护区能否有效协调当地保护与发展的矛盾,更是退耕还林工程有效推进的关键因素,因此,有必要研究退耕还林对保护区周边农户收入的影响及其作用机理。

国内外学者在退耕还林工程实施对农户收入影响方面进行了大量研究,但研究结论迥异。部分学者认为退耕还林工程在提高农户收入、非农就业方面效果并不明显^[1-2]。有学者认为退耕还林工程在农户增收与收入结构调整方面收效甚微,工程补贴政策并未明显提高农户的收入^[3]。同时,也有学者在实证分析中发现,退耕还林工程使农户种植业收入减少,林业收入增加^[4]。从农户的收入整体状况来看,许多学者认为退耕还林工程推动了农户收入的增加,刺激当地产业结构的调整,促进了非农就业^[5-7]。有学者提出工程补贴政策的实施对农民收入增长影响显著^[8]。有研究进一步提到工程补贴针对不同收入层次的农户产生的正向影响也存在差异^[9]。有学者还通过构建退耕农户扩展生产函数,研究发现退耕还林工程总体提高了农户收入,劳动力转移明显提高农户工资性收入^[10]。

目前,退耕还林工程的研究侧重于政策可持续性 & 农户生计问题。农户作为工程实施主体、重要利益相关者,只有在工程实施过程中关注农户生计收入问题,才能保障退耕实施效果及后期延续性。而自然保护区作为生物多样性保护的重要形式之一,保护与发展的矛盾冲突尖锐,如何在生物多样性保护的同时促进农户生计的可持续成为目前研究的重点,退耕还林作为一项重要的林业生态建设举措,不仅会改善生态环境,还会通过转移支付的方式增加农户的收入^[11]。因此,探讨现有的退耕还林政策对保护区周边农户的收入产生的影响,有助于测度保护区周边农户生计状况,改善保护区生态环境,推动保护政策有效实施。鉴于此,基于陕西省典型保护区周边农户的实证调查,通过应用多元线性回归的方法,分析了退耕还林政策对农户家庭收入产生的影响,并探究其影响因素,以期保护区巩固生态环境,提高保护成效提供依据和启示。

1 数据来源、变量提出及样本特征

1.1 数据来源

1999年,退耕还林工程首次在陕西、甘肃以及四川3省建立试点。陕西省作为我国退耕大省,涉及全省10个市,102个县,约有900多万农民参与其中。该地区退耕还林工程实施状况具有重要研究价值。同时,陕西秦岭地区生存有大熊猫、金丝猴等国家珍贵动物,建有多座国家级、省级保护区。本研究选取了陕西省眉县、太白县以及周至县地区的典型自然保护区为研究对象,分析退耕还林工程对农户收入的影响。眉县、太白县以及周至县3地位于陕西关中平原西部、秦岭西部地区,在1999年推行退耕还林工程后,最早开始实施,为国家级退耕还林工程重点实施区^[12]。

采用的数据来自于陕西关中地区2个市7个乡镇农户的实地调查问卷数据。调研区域具体为宝鸡市眉县营头镇、太白县黄柏塬镇、桃川镇、咀头镇、周至县王家河镇、西安市周至县厚畛子镇、板房子镇。调查时间为2015年7-8月,调查样本采用随机原则进行选择,即对调查乡镇下的65个村进行随机抽样,从上述样本框中抽取13个村,每村抽选11户农户,共对143户农户进行实地调查,综合考虑调查地区地理位置、地形地貌、社会经济水平以及退耕还林工程实施状况。问卷调查内容分为3个部分:1)农户户主及其家庭特征,包括家庭人口规模、家庭成员的年龄、民族、教育状况、劳动力配置状况等;2)农户家庭生产经营状况,包括农户家庭耕地状况、利用方式、农业生产基本情况、农户非农收入状况、农户生产经营支出结构及水平;3)农户主观问题,包括退耕还林工程的参与时间、参与面积以及工程满意度、林业经营意愿等。根据实际研究需要,本文进行了相应的问卷筛选,最终有效问卷数量为116份,退耕户为84份,非退耕户为31份。

1.2 变量选取

结合目前学者已有研究,根据本文的研究内容及样本特征,研究将从户主基本特征、家庭经营特征、政府政策特征3个方面探究影响农户收入的因素。

1.2.1 家庭基本特征

户主个人年龄较大,家庭生产方式相对来说更易趋于保守,进行农业生产方式创新、引入新理论新技术可能性较低,对提高家庭收入产生一定负向影响。同时,户主年龄较大,其生产经验更加丰富,农

业生产投资更为稳健,对家庭收入提高也会产生积极影响。故户主年龄这一因素并不确定。受教育水平是人力资本的重要衡量指标。受教育水平越高,越有可能带来更高的家庭收入。家庭平均健康状况是工作和获得高收入的基本保障,大病致贫是现阶段导致我国某些农村家庭贫困的重要原因之一。在其他条件相同时,家庭平均健康水平越高,家庭收入理论上来说也会更高。家庭成员如果有村干部任职,往往会获得更多的社会资源和物质资源,来提升家庭收入水平。同时,区位条件也会对家庭收入产生影响。保护区政策实施,对区内外农户生产生活方式,尤其是自然资源利用产生显著差异。靠近镇市场的农户显然能够更加便捷地获得市场信息、非农就业机会等,生活成本更低,往往也能获得更高的收入。

1.2.2 家庭经营特征

劳动力作为重要生产要素,其数量、质量和结构直接决定农户的收入水平。在一定的耕地面积下,农业劳动力数量可能会对农户的农业收入产生正向影响。而外出打工人数增加,也可能会提高非农业收入。同时,耕地作为农业生产的另一关键因素,在单位产量维持一定水平下,耕地面积是影响农业产量的重要因素。一般来说,随着耕地面积的增加,农业产出水平也会随之上升。除传统的生产要素外,技术也对农业生产起到关键作用,农户能够利用现代农业生产设备,更有利于提高家庭收入。

1.2.3 政策因素

退耕还林政策实施在当地家庭农业收入、非农业收入及转移收入等方面影响农户家庭收入。地区实施退耕还林后,耕地面积明显降低,大量劳动力被“解放”出来进入非农行业,提高家庭非农业收入。同时,家庭林地资源得到充分应用,农户可以发展林业及林下经济,增加家庭林业及畜牧业收入。另外,国家在固定期限内,对参与退耕还林的农户发放补贴,通过财政支付转移方式增加农户收入。

基于上述分析,本文将选取如下表中的变量,探究可能影响农户退耕还林收入的因素(表1)。

1.3 模型构建

以退耕农户的家庭总收入 y 为因变量, X_i ($i=1, 2, 3, \dots, 12$) 分别代表农户受教育年限、村干部任职、非农业生产时间、外出务工人数、人均退耕补贴为自变量构建关于退耕农户家庭总收入的多元回归模型^[13]。

$$\ln y = a_0 + \sum_{i=1}^{12} a_i x_i + u_i$$

式中, a_0 为常数项, u_i 为随机干扰项, $a_i x_i$ ($i=1, 2,$

表1 主要变量说明

Tab.1 Main variables description

变量类型	变量符号	变量类别	变量	说明
因变量	lny		家庭纯收入	家庭总收入对数
自变量	X1	家庭基本特征	户主年龄	户主实际年龄/岁
			户主受教育时间	户主上学年数/a
			平均健康状况	家庭平均健康状况
			地理位置	家庭距城镇市场距离/m
			村干部任职	家庭成员在村一级单位的任职情况
			是否位于保护区	区内=1, 区外=0
	X7	家庭经营特征	家庭耕地面积	水田+旱地+菜园子面积/hm ²
			农业劳动力	家庭从事农业生产的劳动力人数/人
			生产设备	生产机械数量
			外出打工人数	家庭外出打工的劳动力人数/人
			政策特征	是否参与退耕还林
			人均退耕补贴	国家给予退耕户的人均补贴/元

注:户主健康状况用1表示好,2表示一般,3表示较差;村干部任职用3表示正在担任村干部,2表示曾经担任,1表示从未担任;为使模型数据分布更加合理,减少异方差问题,故对因变量取自然对数。

3, ..., 12), a_i 为偏回归系数。

1.4 实证分析

通过建立多元线性回归模型,结合陕西省2015年退耕户调研数据,应用STATA13软件对退耕农户家庭收入的影响因素进行回归分析,数据基本描述见表2所示。

皮尔森相关系数能够比较精确地反映出2个变量之间的线性相关程度,故应用皮尔森系数首先对数据初步相关判断,甄选影响退耕收入比较重要的变量。

皮尔森相关系数的表达式为:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{S_x} \right) \left(\frac{Y_i - \bar{Y}}{S_y} \right)$$

式中:皮尔森相关系数用 r 表示,用以描述2个变量之间线性相关程度, n 为样本量, X_i 、 Y_i 表示变量的观测值, \bar{X} 和 \bar{Y} 为2个观察变量的均值。

其中, r 的绝对值越大,表明变量之间的相关性

越强。计算结果如表 3 所示。

表 2 简单统计量
Tab. 2 Simple statistics

变量	均值	标准差	最大值	最小值
家庭总收入对数	9.712	1.176	12.464	5.481
户主年龄	49.556	11.948	86	26
户主受教育年限	6.461	3.430	15	0
平均健康状况	1.539	0.692	3	1
地理位置	9942.704	17635.82	120000	0
村干部任职	0.326	0.618	2	0
保护区位置	0.487	0.502	1	0
家庭耕地面积	224.563	382.373	2217.1	0
农业劳动力	2.896	1.602	9	0
生产设备	1.191	0.945	5	0
外出打工人数	3.643	1.574	10	1
是否参与退耕还林	0.730	0.446	1	0
人均退耕补贴	319.970	524.333	3450	0

通过皮尔森相关分析可知,变量 X_5 、 X_6 、 X_7 、 X_8 、 X_{10} 在 1% 统计水平上与 Y 存在相关关系, X_3 、 X_9 在 10% 统计水平上与 y 存在相关水平。在相关分析基础上,应用逐步回归方法,建立多元线性回归方程(表 4,表 5)。

2 回归分析

2.1 自变量筛选

由表 3 结果可以看出,自变量间相关系数均小于决定系数 $R^2=0.6939$,由表 5,兼顾 R^2 和 VIF 两方面考虑,满足多元线性回归中无自相关假设,各因素之间不存在严重共线性问题,按 0.05 显著性水平,通过应用逐步回归法,结合表 3 相关系数,本文最终户主受教育年限、家庭耕地面积、农业劳动力、外出打工人数及是否参加退耕还林作为自变量。

表 3 皮尔森相关系数分析

Tab. 3 Pearson correlation coefficient analysis

变量	lny	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
lny	1												
X_1	-0.069 (0.463)	1											
X_2	-0.118 (0.209)	-0.543*** (0.000)	1										
X_3	-0.192* (0.040)	0.699*** (0.000)	-0.473*** (0.000)	1									
X_4	-0.065 (0.492)	0.024 (0.801)	0.092 (0.324)	0.007 (0.945)	1								
X_5	0.454*** (0.000)	-0.033 (0.730)	0.378*** (0.000)	-0.128 (0.174)	-0.064 (0.498)	1							
X_6	-0.389*** (0.000)	-0.042 (0.655)	0.042 (0.658)	-0.156 (0.010)	-0.230*** (0.001)	0.078 (0.411)	1						
X_7	0.427*** (0.000)	0.078 (0.403)	0.054 (0.568)	-0.134 (0.153)	0.045 (0.652)	0.207** (0.025)	-0.336*** (0.002)	1					
X_8	0.721*** (0.000)	0.021 (0.822)	0.028 (0.767)	-0.087 (0.354)	-0.105 (0.263)	0.030 (0.748)	0.042 (0.657)	0.1643 (0.0793)	1				
X_9	0.179* (0.055)	-0.072 (0.442)	0.119 (0.204)	-0.152 (0.104)	-0.065 (0.487)	0.080 (0.395)	-0.134 (0.155)	0.180* (0.054)	0.63*** (0.000)	1			
X_{10}	0.686*** (0.000)	-0.219 (0.019)	0.042 (0.657)	-0.406*** (0.000)	-0.077 (0.413)	0.051 (0.567)	0.278*** (0.003)	0.115 (0.222)	0.132 (0.159)	0.124 (0.185)	1		
X_{11}	0.092 (0.327)	-0.096 (0.306)	0.231*** (0.013)	-0.211 (0.024)	0.077 (0.415)	0.064 (0.500)	0.051 (0.591)	-0.022 (0.812)	-0.198** (0.034)	-0.182* (0.052)	0.372*** (0.000)	1	
X_{12}	-0.008 (0.929)	-0.195** (0.037)	0.140 (0.135)	-0.179 (0.056)	-0.068 (0.471)	0.125 (0.183)	0.153 (0.102)	0.0024 (0.980)	0.338*** (0.000)	0.318*** (0.001)	0.186** (0.0465)	0.056 (0.550)	1

注:表格中注明数字为相关系数及对应 P 值。“*”、“**”、“***”代表 10%、5%、1% 显著性水平。

表 4 逐步回归系数

Tab. 4 Stepwise regression coefficient

变量	回归系数	标准误差	t 值	$p_i > t $
截距	6.759	0.237	28.57	0.000
X_2	0.105	0.029	3.68	0.000
X_7	0.001	0.000	3.36	0.001
X_8	0.218	0.055	3.99	0.000
X_{10}	0.276	0.059	4.70	0.000
X_{11}	0.308	0.148	2.08	0.040

表 5 方差膨大因子 $VIF=1/(1-R^2)$ Tab. 5 Variance expansion factor $VIF=1/(1-R^2)$

变量	X_2	X_7	X_8	X_{10}	$X_{10.9231}$
X_2	1	0.9286	1.667	1.623	0.857
X_7	0.9286	1	1.795	1.795	1.795
X_8	1.667	1.795	1	0.986	0.514
X_{10}	1.623	1.770	0.986	1	0.522
X_{11}	0.857	1.795	0.514	0.522	1

2.2 参数估计

根据表 4 数据,建立多元线性回归模型:

$$y = 6.759 + 0.105X_1 + 0.001X_2 + 0.218X_3 + 0.276X_4 + 0.308X_5$$

2.3 模型检验

模型检验是对模型和所估计的参数加以评判,考察其在理论上的意义以及统计上的可靠性,包括拟合优度检验、显著性检验、假设检验等^[14]。

在参数估计的过程中,对数据同时进行多重共线性和异方差问题检验。根据表 5 结果,模型中未存在多重共线性问题,VIF 数值均符合理论要求。检验过程中应用怀特检验法,发现模型中未存在异方差问题。模型整体良好。

1) 拟合优度检验。通过应用 Stata 软件,对上述变量进行回归。结果显示, $R^2=0.69$,调整后的 $\bar{R}^2=0.68$ 。当置信水平 $\alpha=0.05$ 时,相关系数值为 0.389 9, $\bar{R}^2=0.88>0.3899$,说明回归方程具有较高的拟合度。

2) 回归方程的显著性检验。设多元回归模型检验的原假设为 $H_0:a_1=a_2\cdots=a_5=0$; H_1 :至少有一个 $a_i \neq 0$ 且 $i=1,2,3,4,5$ 。根据回归结果显示,检验统计量 $F=47.15$,F 统计量以 $(k-1, n-k)$ 为自由度下呈 F 分布,在显著性水平 $\alpha=0.05$ 水平下,服从

自由度为 $(5, 110)$ 的可知 F 分布。 $F_{0.05}=109.01$ 。根据上述描述,很显然 $F=47.15 > F_{0.05}=109.01$,则拒绝 $H_0:a_1=a_2\cdots=a_5=0$ 。即说明,方程自变量 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 与因变量 y 之间存在显著的线性关系,且模型整体回归效果良好。

3) 回归系数的显著性检验。设检验的原假设为 $H_0:a_1=a_2\cdots=a_5=0$;模型的备择假设为在 $H_1:a_i \neq 0 (i=1,2,3,4,5)$ 。在 H_0 成立的条件下,统计量 t 服从自由度为 $(n-k)$ 的 t 分布。通过表 4 可知, $t_0=28.57, t_1=3.68, t_2=3.36, t_3=3.99, t_4=4.70, t_5=2.08$ 。相之对应回归系数的 p 值分别为 $P_0=0.000, P_1=0.001, P_2=0.000, P_3=0.000, P_4=0.000, P_5=0.040$,远远小于临界值 0.05,因此拒绝模型原假设,即 $H_0:a_1=a_2\cdots=a_5=0$,自变量 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 分别是因变量 y 的主要影响因素,回归系数是显著的。

2.4 结果分析

从多元回归模型式得出各影响因素对退耕还林农户收入影响:农户受教育水平每增加 1 年,农户的收入平均提高 10.5%。受教育水平与农户收入呈正相关关系,农户受教育水平提高,接受新技术和新思想的能力提升,更易于从事高回报工作,从而带来更多的农户家庭收入。家庭耕地面积每增加 1 亩,农户家庭收入平均增加 0.1%。可以看出,家庭耕地作为传统的自然资本,对农户家庭收入影响正在逐步减少,随着农村从事非农产业的人口增加,农业劳动收入所占比重正在逐步下降。家庭农业劳动力每增加 1 人,家庭年收入平均增加 21.8%,毫无疑问,人力资本仍然是影响家庭收入的重要因素,家庭人力资本取决于人口数量和质量,在家庭平均教育水平相对稳定的情况下,从事农业的人口越多,农业收入越高,农业人口数量对家庭农业收入影响明显。农户外出打工每增加 1 人,家庭收入平均增加 27.6%。农村人口外流是我国城镇化导致的必然结果。一般来说,非农行业报酬普遍高于农业行业。农户外出打工对增加家庭收入贡献较大。参与退耕还林工程,家庭收入平均增加 30.8%。一方面因退耕还林工程实施,使农民失去赖以生存的自然资本,大量劳动力外出打工,获得更高的工资报酬;另一方面,国家对于退耕农户进行长期补贴,使用财政支付转移直接增加农户收入。参与退耕还林工程,从长期来看,确实能够提高农户收入。

3 结论

1) 户主受教育程度、家庭耕地面积、农业劳动

力人数、外出打工人数及是否参与退耕还林是影响退耕还林农户收入的重要因素。

2) 农户受教育水平每增加 1 年, 农户的收入平均提高 10.5%。

3) 家庭耕地面积每增加 1 亩, 农户家庭收入平均增加 0.1%。

4) 家庭农业劳动力每增加 1 人, 家庭年收入平均增加 21.8%。

5) 农户外出打工每增加 1 人, 家庭收入平均增加 27.6%。

6) 参与退耕还林工程, 家庭收入平均增加 30.8%。

4 建议

4.1 加强保护区农户专业培训

退耕地区农户的受教育年限与其家庭收入之间存在显著正相关关系。这充分说明加强农户专业培训, 提升农村教育水平的重要性。人力资本积累对于地区经济发展越来越重要, 尤其对于保护区这类经济贫困地区。因此, 当地管理机构应加强对保护区当地农户的专业培训, 发展集约型农业, 积极转变当地农户的生产方式。

4.2 丰富非农就业渠道

保护区退耕农户能否改变传统生产方式, 实现非农就业是农户家庭的重要生计问题, 是能够保障退耕还林工程可持续性的基础。目前, 一方面我国的劳动力需求接近饱和, 经济危机的冲击使得非农就业受到影响, 对劳动力技能素质要求不断提高, 就业形势越来越严峻。另一方面, 我国劳动力就业市场仍然存在信息不对称问题, 劳动力有效匹配问题尚待解决。在这样的背景下, 当地政府应将重点放在拓宽劳动力就业渠道上, 保证农户能够顺利融入现代劳动力市场, 减少信息不对称带来的劳动力供需不对称问题。同时, 政府应该努力营造一个良好的劳动力就业市场氛围, 帮助转变农户固有的就业观念, 发挥政策优势, 拉动劳动力市场内需, 丰富非农就业渠道。

4.3 适当提高补贴水平

退耕还林政策实施以来, 国家财政对退耕农户进行了 2 轮退耕补贴。学者们针对退耕补贴是否有效帮助农户提高生活水平, 转变生产结构进行了大量讨论。很多学者认为国家退耕还林无法长期帮助农户提高收入水平, 发挥作用有限。本文结果发现,

补贴对农户收入发挥了一定的积极作用, 可能会影响农户在种植业生产的积极性, 对退耕还林工程持续性提供帮助^[15]。退耕还林规模越大的农户, 由于解放了过多的农业剩余劳动力, 更倾向于减少农业生产支出, 使得非农就业收入占家庭收入比重得到提升^[16], 从这个角度看, 适当提高农户的退耕补贴水平确实有利于提高农户的收入水平。但需要注意的是, 补贴的提高可能会带来农户的高依赖性, 反而不利于农户自身的长期发展^[17], 可能会对非农业产业发展起到负面的抑制作用。故适当提高补贴, 结合农户的实际需求最为重要。

参考文献:

- [1] 易福金, 徐晋涛, 徐志刚. 退耕还林经济影响再分析[J]. 中国农村经济, 2006(10): 28-36.
- [2] 韩洪云, 史中美. 中国退耕还林工程经济可持续性分析——基于陕西省眉县的实证研究[J]. 农业技术经济, 2010(4): 85-91.
- [3] 徐晋涛, 陶然, 徐志刚. 退耕还林: 成本有效性、结构调整效应与经济可持续性——基于西部三省农户调查的实证分析[J]. 经济学(季刊), 2004(4): 139-162.
- [4] DUAN W, LANG Z G, WEN Y L. The Effects of the Sloping Land Conversion Program on Poverty Alleviation in the Wuling Mountainous Area of China [J]. Small-scale Forestry, 2015(14): 331-350.
- [5] 刘璨, 张巍. 退耕还林政策选择对农户收入的影响——以我国京津风沙源治理工程为例[J]. 经济学(季刊), 2007, 6(1): 273-290.
- [6] 李卫忠, 吴付英, 吴宗凯, 等. 退耕还林对农户经济影响的分析——以陕西省吴起县为例[J]. 中国农村经济, 2007(S1): 108-111, 116.
- [7] 朱长宁, 王树进. 退耕还林对西部地区农户收入的影响分析[J]. 农业技术经济, 2014(10): 58-66.
- [8] 支玲, 杨明, 卿向阳, 等. 西部退耕还林工程可持续发展能力评价——以云南省鹤庆县、贵州省织金县和四川省朝天区为例[J]. 林业科学, 2010(5): 161-168.
- [9] 李桦, 姚顺波, 郭亚军. 退耕还林对农户经济行为影响分析——以全国退耕还林示范县(吴起县)为例[J]. 中国农村经济, 2006(10): 37-42.
- [10] 邢祥娟. 退耕还林对农户收入的影响研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.
- [11] 马奔, 施展艺, 侯一蕾, 等. 农户视角下林业生态工程实施可持续性评价——基于甘肃、广西、宁夏与云南四省的调查数据[J]. 干旱区资源与环境, 2015(11): 79-85.

(下转第 114 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.024

山丹县清华园居住区景观设计中意境和地域文化的应用探析

姜蔼玲,王有国

(云南农业大学园林园艺学院,云南昆明650201)

摘要:以甘肃省山丹县清华园居住区为例,利用现代景观设计语言及古今转换的手法,把诗情画意的园林意境及山丹地域文化的美学理念引入现代居住区园林景观设计中。同时寻找古典园林和现代园林的切合点,通过园林意境与地域文化相协调,使二者能够融合,构建兼具诗情画意与地方特色的居住区。

关键词:居住区景观设计;园林意境;地域文化;古典园林;山丹县清华园

中图分类号:S731.5;TU986.1 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0111-04

Application of Regional Culture and Conception on the Landscape Design for Tsinghua Garden Residential Area in Shandan County

JANG Ailing, WANG Youguo

(College of Landscape and Horticulture, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201)

Abstract: Taking Shandan County Tsinghua garden residential area as an example, the use of modern landscape design language and ancient and modern converting techniques, the concept of poetic landscaping conception and Shandan regional culture were brought into a modern residential landscape design. At the same time, finding the relevant points of classical gardens and modern gardens coordinated with landscaping conception and regional culture, so that the Tsinghua garden residential area was built with broth of poetic landscaping conception and local characteristics

Key words: residential area landscape design; garden conception; regional culture; ancient garden; Tsinghua garden of Shandan County

园林是传统中国文化中的一种艺术形式^[1],造园追求“生境”、“画境”、“意境”3种艺术境界,而又以“意境”为最终目标。“意境”就是情景交融,是主观感情与客观外在的有机统一^[2]。在现代居住区景观设计中,很大程度上具有浓厚的地域风格和意境表达。随着现代景观的不断发展,园林设计也向多元化的方向发展,不再局限于实用性能,而是更加

注重意境带来的感受。这也能够更好地体现中国古典园林的继承性和提升居住区的环境品质。

研究项目位于历史悠久的山丹县(即甘肃省河西走廊中部),它集物质、文化、资源为一体。旨在既有的地域文化的地位基础上,运用“诗情画意”的古典园林景观形式,营造出具有独特地域文化和意境的居住区景观。

收稿日期:2016-03-23.

作者简介:姜蔼玲(1992-),女,硕士研究生.主要从事风景园林规划设计研究. Email:839372352@qq.com

通信作者:王有国(1970-),男,博士,硕士生导师,副教授.主要从事风景园林规划设计研究. Email:wyg9988@sohu.com.

1 项目概况

清华园居住区项目占地 88 044 m², 位于山丹县艾黎大道西侧, 毗邻艾黎纪念体验园。项目区周围 500 m 范围内云集了规划中的新政府大楼及市政广场、清泉九年义务学校、县妇幼保健站、政府及其他机构等配套资源, 交通十分便利, 配套设施丰富(图 1)。



图 1 清华园居住区区位示意

Fig. 1 Tsinghua residential distribution schematic

2 设计理念

中国古典园林追求“天人合一, 师法自然”的哲学内涵, 注重意境的表达。本次设计的主旨注重“诗情画意”和独具特色的地域文化的表达。对整个居住区采用意境渲染的设计手法, 在考虑自然生态的同时, 集地域文化和意境感官为一体。提取诗词、画意等江南古典园林景观意境元素, 营造出儒雅的居住氛围。

2.1 清华园居住区的意境提取

中国传统文化博大精深, 古典园林景观历史悠久, 源远流长。传统园林意境包罗万象, 其中最具代表的就是江南古典园林的意境内涵。

2.1.1 诗词——孕育园林的意境内涵

江南古典园林意境的创造, 通过诗词意境进行点景, 渲染环境氛围和主题, 赋予文化内涵, 借诗词

孕育园林意境。如苏州网师园, 寓“渔隐”之意。网中“月到风来亭”, 取自唐代诗人韩愈的“晚年将秋至, 长风送月来”。亭宜于秋季赏月, 暗含“月到天心, 风来水面”的意境^[3]。

2.1.2 画意——园林意境的表达

传统绘画注重写意, 贵神似, 通过对客观事物的描绘表达画家的主观情思。在江南园林的造景中, 源自绘画意境的造景比比皆是, 通过动静烘托、虚实相生、藏露结合等手法展现的江南园林无疑是一副山水画卷。

1) 动静烘托

园林往往给人幽静的感觉, 园林中建筑等常与“流水”、“飞鸟”等动景相互衬托, 动景与静景相互结合, 勾画出一副清秀淡雅的画卷, 给人以“枯藤老树昏鸦, 小桥流水人家”的诗情画意的意境感受。

2) 虚实相生

古典园林中也常常借助虚实关系来创造意境, 如以远景为虚, 近景为实; 山为实, 水为虚; 倒影为虚, 景物为实。李商隐的“留得残荷听雨声”就形象地道出了实景与虚景的关系^[4]。

3) 藏露结合

山水画善于通过“藏”与“露”的技法表现悠远、恬淡、空灵的意境, 而古典园林的营造也讲究“先藏后露”、“欲扬先抑”的含蓄手法进行布局, 如假山、漏窗、亭廊、景墙等。

4) 不曲不深

“文似高山不喜平”, 作画也有起伏曲折, 造园也亦是如此。采取曲折变换来进行景点的分割和引导, 从而达到曲径通幽的效果。

5) 疏密有度

山水画常用疏密的变化来表达景物的主次, 园景设计时也应注重疏密的不同, 从而形成生动丰富的空间^[5]。

2.2 山丹地域文化的提取

2.2.1 明汉长城

明汉长城在山丹县境内绵延一百多公里, 修筑于不同的朝代, 明长城在南侧, 汉长城在其外侧, 长度相同, 走向一致, 是国内保存较为完整的一段古长城, 被专家誉为“露天长城博物馆”。

2.2.2 丝绸之路

山丹县位于“河西走廊”中段, 古代丝绸之路的咽喉要道, 古代商贸交易都要经过山丹。欧洲等地对中国陶瓷的喜爱, 使得山丹马家陶文化产生和发

展,形成了独具特色的陶瓷文化。

2.2.3 民间艺术

山丹因独特的地理位置,悠久的历史背景,产生了众多具浓厚地域特色的民间艺术产品,如剪纸艺术、烙画、石雕等。

3 清华园居住区景观设计

居住区景观为“一轴多点”的格局^[6],由贯通居住区的一条主干道路为主要景观轴线,景点遍布居住区内,整体犹如一幅山水画卷展示于人们的眼前。其中以居住区中心的一条联通的水景为主要景观,由“生命之水”、“乐活之水”和“灵动之水”共同构成“三水之华”的水体景观^[7]。水面的处理有聚有分,有的地方水面开阔,有烟波浩淼之趣,有的地方又曲折萦回,富有溪涧探幽之兴(图2)。



图2 清华园居住区总平面布置

Fig. 2 Layout of Tsinghua residential

3.1 生命之水——和谐自然的生态环境

利用有限的场地创造出丰富的空间,主要是借用古典园林景观“虚实相生”的手法和“天人合一,师法自然”的理念来营造出静谧、自然的生态环境。在居住区的中心设置了湖面平静的湖,湖面上的倒影为虚,湖边的景物为实,虚实相生,如同一副自然山水画卷展现在居民的眼前。并在湖的一侧设计了小型的叠石流瀑和木质的古亭,供居民休憩和游览,能够将自然融入到居民的生活之中,也是为生活在都市的居民提供接近自然的途径(图3)。

3.2 乐活之水——静态生息的生活之水

山丹是丝绸之路上重要的一站,而中国的传统文化也是经由此路传向欧洲乃至世界的。中国江南

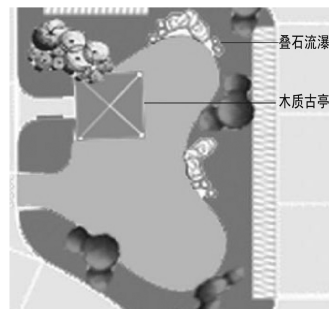


图3 生命之水

Fig. 3 Water of life

古典园林作为中国古代最具代表性的园林之一,向世界展示了中国园林的美丽,也在世界园林中占据了一定的地位。因此,在此处结合高差设计了具有古典园林特色的旱溪景观来链接两处主要水景。缓慢流动的溪水如同流逝千年的时间,仿佛山丹2000多年的历史徐徐地流淌在人们心间。在旱溪旁即远离道路的一侧放置了代表山丹民间艺术的石雕景墙,景墙上雕刻有古代丝绸之路商队行进和贸易交易的场景,使居民仿佛回到了丝绸之路那热闹的场景之中,体会当时的繁华(图4)。

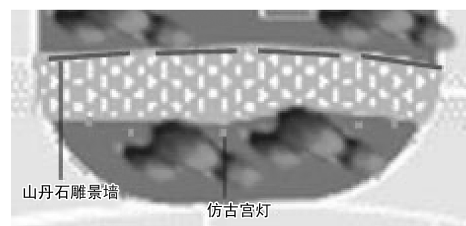


图4 乐活之水

Fig. 4 Water of happy living

3.3 灵动之水——创造灵动跳跃的休闲环境

运用中国山水画“动静烘托”的表达手法,在靠近居民区东南侧的湖中设计了代表“灵动跳跃”的涌泉和缓缓转动的水车,在湖的一侧设置了代表“静”的木亭和景墙。《园冶》中就曾给亭子下了这样的定义:“亭者停也。”所以,在此处设置亭子也有希望居民在此停留观赏的意思。而景墙上放置有代表马家陶文化的陶罐作为装饰,在展现马家陶文化的同时,也将建筑和景观间隔开来,为居住区的景观增添一份趣味性和私密性(图5)。

3.4 涵香园

在“灵动之水”与居住区停车场间,采用江南古

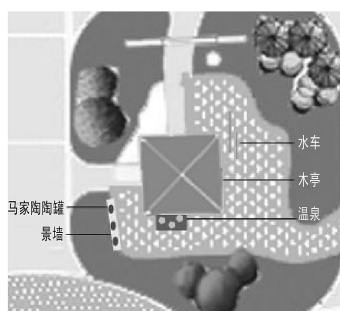


图 5 灵动之水

Fig. 5 Smart Water

典园林景门的形式,运用月洞门、景墙、植物等元素形成院门的感觉,从而将景观和停车场分割开来,穿过景门,使游人产生“山重水复疑无路,柳暗花明又一村”的感受。中间设置月洞门,用门起到框景的作用,犹如把一副山水画刻画在景墙之上。藏,不是让人看不到,而是不让人一览无余,也就是说,藏是为了更好地露,通过一藏一露,将景物进行遮挡和分割,使得景与意境变得更加深远。

3.5 寓教于乐

居住区的设计既要具有实用性能又要兼具意境感受,以提升居民生活环境品质为主要内容。在居民区的主干路旁设置了表现地域文化和教育意义的文化展板。其上绘有剪纸形式或山丹烙画形式的明汉长城和丝绸之路上具有代表性的飞天壁画,反映与山丹人民息息相关的传统文化,为居民提供一处舒适的文化交流空间。

3.6 飘香花带

在园路旁种植具有地域特色的植物,如山丹丹花、郁金香、百合等,形成花带,在景观中形成了鲜明的季节特色,充分体现了花繁叶茂、时时有景的视觉效果以及人与自然和谐相处的生态特色,给居民温馨舒适的自在氛围。

4 结语

通过将“诗情画意”的园林意境的营造方法以及地域文化的提取应用到现代居住区景观设计中,从而营造出一个兼具实用性能与文化意境的现代多元化地域性居住环境,就是本文所揭示的山丹县清华园居住区的设计理念和内涵。

参考文献:

- [1] 吴隽宇,肖艺. 从中国传统文化观看中国园林[J]. 中国园林,2001,17(3):85-87.
- [2] 盛光明. 简析中国古典园林与书法之关联[J]. 山东工业技术,2003(10):128.
- [3] 孙俊桥,苏洋. 江南古典园林的诗画意境美解析[J]. 浙江农业科学,2003(4):429-432.
- [4] 孙大力. 中国古典园林的山水画情节[J]. 学术交流,2007(3):191-193.
- [5] 蔡燕歆,路秉杰. 中国建筑艺术[M]. 北京:五洲传播出版社,2006.
- [6] 刁文研,王志楠. 从济南槐花园看现代居住区民俗传统意境的营造[J]. 园林科技,2012(1):35-38.
- [7] 张文婷. 郑州洞林湖生态公园[J]. 园林,2014(12):52-56.

(上接第 110 页)

- [12] 李树苗,梁义成,MARCUSW. FELDMAN,等. 退耕还林政策对农户生计的影响研究——基于家庭结构视角的可持续生计分析[J]. 公共管理学报,2010(2):1-10,122.
- [13] 宋淑丽,齐伟娜. 基于多元线性回归的农村剩余劳动力转移研究——以黑龙江省为例[J]. 农业技术经济,2014(4):104-110.
- [14] 汪阳洁,姜志德,王晓兵. 退耕还林(草)补贴对农户

种植业生产行为的影响[J]. 中国农村经济,2012(11):56-68,77.

- [15] 韩洪云,喻永红. 退耕还林的环境价值及政策可持续性——以重庆万州为例[J]. 中国农村经济,2012(11):44-55.
- [16] 韩洪云,喻永红. 退耕还林生态补偿研究——成本基础、接受意愿抑或生态价值标准[J]. 农业经济问题,2014(4):64-72,112.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.025

西双版纳印度野牛种群数量、分布和保护现状

张忠员, 杨鸿培, 罗爱东

(西双版纳国家级自然保护区科研所, 云南 景洪 666100)

摘要:印度野牛是西双版纳热带森林生态系统的代表性物种,历史上印度野牛广布于西双版纳,在过去的30年间,随着人口增加,人类干扰的加剧,印度野牛生境破碎化和丧失严重,其种群面临灭绝。为了解印度野牛在西双版纳现有分布区域和数量情况,于2013年1月至2014年8月,采用访问调查法对西双版纳州印度野牛分布范围及种群数量开展调查。结果表明,印度野牛分布于勐腊县上中良村,勐腊自然保护区南贡山,尚勇保护区南满村、河图二组;勐海县帕迫村、中纳包村、南罕上寨、星火山村,曼派村,曼麻榜村,纳京六组,南双岭村、贺建八组、纳板河自然保护区,曼兴梁村;景洪市勐养镇勐养自然保护区澜沧江沿线、龙帕村、巴来村、巴卡老寨区域。印度野牛的分布区域在逐渐萎缩,数量在逐渐减少,由1988年的605~712头减少到目前的152~167头,前景堪忧。建议加强对印度野牛的基础研究与保护。

关键词:印度野牛;种群数量;分布;生境破碎化;西双版纳

中图分类号:S863 文献标识码:B 文章编号:1671-3168(2016)02-0115-05

Population, Distribution and Conservation Status of Guar (*Bos gaurus*) in Xishuangbanna Prefecture

ZHANG Zhongyuan, YANG Hongpei, LUO Aidong

(Scientific Research Institute of Xishuangbanna National Nature Reserve, Jinghong, Yunnan 666100, China)

Abstract: *Bos gaurus* is one of the keystone species of the tropical forest ecosystem in Xishuangbanna, Southeast China. It historically occurred throughout Xishuangbanna Prefecture, with the rapidly increase of the human population over the past 30 years in this region, however, the habitat of *Bos gaurus* was dramatically lost and fragmented. The *Bos gaurus* is threatened by various anthropogenic factors and now at the edge of extinction in Xishuangbanna. We conducted interview and field survey during January 2013 to August 2014 in order to understand current population and conservation status of *Bos gaurus*. The results show that *Bos gaurus* are mainly distributed in Shangzhonglang village of Mengla County, Nangong mountain of Mengla Nature reserve area; Nanmang village and Hetu village of Shangyong Nature reserve; Papo village, Zhongnabao village, Nanhan village, Xinghuoshan village, Manmabang village, Mangpai village, Najingliuzhu village, nanshuangling village, Hejianerzhu village, Nabanriver Nature reserve area, Mangxinglang village of Menghai County; Along the lancang river in Mengyang Nature reserve area,

收稿日期:2015-12-28.

作者简介:张忠员(1983-),男,工程师.从事野生动物保护与利用. Email:yavxin126.com

通信作者:杨鸿培. Email:13887905138@163.com

Longpa village, Balai village, Bakai old village area of Jinghong city; The distribution area of *Bos gaurus* are gradually shrinking. The number of species also decreased from 605–712 individuals in 1988 down to 152–167 individuals in 2014. Therefore, we suggest that more effective conservation and basic research on *Bos gaurus* need to be implemented in the futures.

Key words: *Bos gaurus*; population quantity; distribution; habitat fragmentation; Xishuangbanna

印度野牛 (*Bos gaurus*) 隶属偶蹄目 (Artiodactyla)、牛科 (Bovidae)、牛属 (*Bos*), 属国家一级重点保护动物, 世界自然保护联盟 (IUCN) 易危种, 中国濒危动物红皮书将其列为濒危种, 同时也是濒危动植物种国际贸易公约 (CITES) 附录 I 物种。它体型巨大, 是世界上现生野牛中体型最大的种类。体毛深暗褐色、近似黑色, 身肩高约 2 m, 体重 1 500 kg, 个头比家牛大 (汤发兴, 2010)。因四肢膝盖以下的毛白色, 故被当地人称为“白袜子” (杨德华等, 1988)。

印度野牛常栖息于沟谷雨林、山地雨林、竹林混交林和南亚热带季风常绿阔叶林 (甘宏协, 胡华斌, 2008), 于凌晨和黄昏时活动, 每年 11—12 月发情交配, 怀孕期约为 9 个多月, 每胎产 1 仔。初生的幼仔体色为淡褐色或赤褐色, 2~4 岁性成熟, 寿命为 20~30 a。

印度野牛主要分布于南亚次大陆至马来半岛的热带地区, 包括印度、尼泊尔、不丹、孟加拉国、缅甸、泰国、中国、越南、老挝、马来西亚等 (李明阳等, 2009)。云南省特殊的地理气候孕育了区域内极其丰富的生物多样性资源, 印度野牛在云南省内分布于西双版纳、普洱 (澜沧河) 和高黎贡山区域。印度野牛作为西双版纳热带森林系统中代表性物种之一, 近几十年来, 随着人类活动范围的不断扩大, 野生动物栖息地大面积消失, 或日趋破碎化, 最适生境总面积逐渐减少, 残留生境斑块面积还在进一步缩小, 各生境斑块之间的距离逐渐增大 (张洪亮等, 2000), 生存条件在逐渐恶化, 其面临着绝迹的危险。通过调查访问西双版纳州印度野牛分布及种群数量状况, 了解其现有分布区域、数量情况、生境状况及面临的威胁, 可为西双版纳州境内现存印度野牛种群保护提出针对性的策略。

1 研究方法

1.1 研究地概况

西双版纳傣族自治州位于云南省南部边缘, 东西面与江城、普洱市相连; 西北面与澜沧县为邻; 东南部、南部和西南部分别与老挝、缅甸山水相连。

西双版纳州辖 1 个县级市、2 个县即景洪市、勐海县、勐腊县, 面积 19 125 km² (图 1)。因其独特的地理位置、地貌形态和气候条件, 使之成为地球上热带雨林最北端分布区, 同时也是我国生物多样性荟萃地 (张洪亮等, 1999)。全境地处长东经 99°54′~101°58′, 北纬 21°26′~22°32′ 范围。州内降水丰富, 以热带、南亚热带湿润气候为主, 区内生境类型有热带雨林、热带季雨林、苔藓常绿阔叶林、落叶阔叶林、暖性针叶林、竹林、灌木丛、草丛等。分布仅有云南特有的珍稀物种如亚洲象 (*Elephas maximus indicus*)、印度野牛、印支虎 (*Panthera tigris corbetti*)、麂鹿 (*Tragulus javanicus williamsoni*)、白颊长臂猿 (*Hylobates leucogenys*) 等。

1.2 调查方法

通过访问调查法对保护区工作人员及林业站工作人员进行访问, 初步确定印度野牛现有分布区域。对区域内的村寨入户访问调查, 集中访问村内经常到林下采集林产品的人员, 结合随机访问村寨其它人员, 了解村寨附近有林地区域内印度野牛分布区域情况及数量状况。以访问调查表的形式记录访问内容, 获取印度野牛野外分布信息。

1.3 数据分析

利用 ArcGIS 软件将访问到的印度野牛分布点数据导入和叠加。对调查访问获取到的数据、信息进行汇总, 同一区域内相连村寨访问到的印度野牛实体数或痕迹, 通过询问村寨内经常到林内放牧或采集林产品的人员了解区域内分布的实体或痕迹确定是否是同一群体, 并以区域内分布的最多个体作为群体数量, 初步分析确定区域内印度野牛的数量、分布及栖息地现状。

2 结果

印度野牛历史上分布于勐腊县象明、勐满、尚勇、瑶区、麻木树、勐伴、勐捧; 勐海县勐满、勐往、勐阿、打落、布朗山; 景洪市基诺山、勐养、勐龙、大渡岗、允景洪、景糯 (杨德华等, 1988)。调查组于 2013 年 1 月至 2014 年 8 月对西双版纳全州境内进行了印度野牛访问调查。此次调查涉及到勐腊县象明

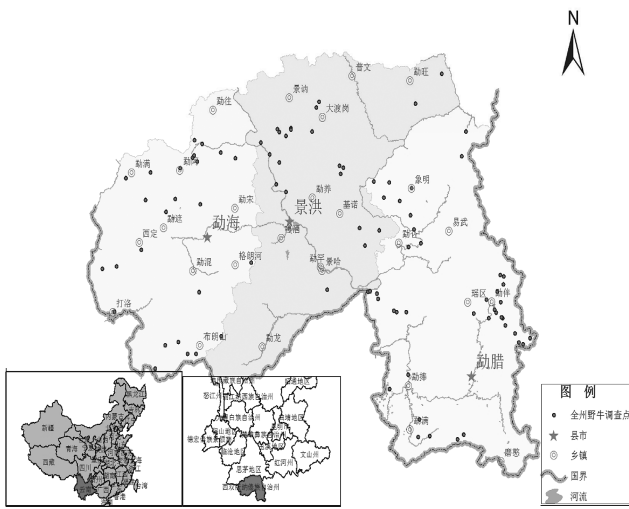


图 1 研究地概况

Fig. 1 Study site situation

乡、勐捧镇、勐伴镇、关累镇、打洛镇,尚勇镇、勐满镇、瑶区乡;勐海县勐满、勐阿镇、布朗山乡;景洪市勐养镇、普文镇、勐龙镇、景哈乡、大渡岗乡、景讷乡。调查共涉及 16 个乡镇 89 个村小组,11 个林业基层管理站,6 个国家级自然保护区管理所,共收集到调查问卷 162 份。

通过访问调查得知,现有印度野牛分布于以下几个区域,勐腊县勐满镇上中良村区域,勐腊自然保护区南贡山区域 (N 21. 7696° E 100. 4109°/海拔 1 073 m),尚勇镇尚勇保护区南满村 (N21°15' 55. 9" E101°30' 06. 9" /881 m)、河图二组 (N21°15' 55. 9" E101°30' 06. 9" /881 m) 区域;勐海县勐满镇帕迫村 (N22°08' 09. 4" E100°13' 20. 0"/1 821 m)、中纳包村 (N22°14' 19. 8" E100°22' 83. 8"/1 436 m)、南罕上寨 (N22°10'51. 9"E100°12'24. 6"/1 366 m);勐海县星火山村 (N22° 05' 09. 5" E100° 11' 04. 9"/1 476 m),勐海镇曼派村 (N22°04' 20"E100° 25' 01"/1 180 m);勐阿镇纳京六组 (N22° 11' 40"E100° 19' 52"/1 071 m);勐遮镇南双岭村 (N22°05'07. 38"E100° 18'55. 49"/1 143 m)、贺建乡贺建八组 (N22°14'58" E100°30'12"/1 104 m);纳板河自然保护区 (N22° 15'54. 6"E100°35'44. 2"/690 m),勐海县曼兴梁区域 (N22°04'50"E100°36'57"/1 268 m)。景洪市勐养镇勐养自然保护区西片区澜沧江沿线 (N22°08'23" E100° 44' 11"/607 m)、基诺乡龙帕村 (N21° 59' 25. 44" E101°05' 16. 68"/1 224 m)、巴来村 (N21°55'

48. 35" E101° 06' 40. 86"/869 m)、巴卡老寨 2 队 (N21°58' 57. 47" E101° 10' 19. 99"/1 065 m) 区域 (图 2)。

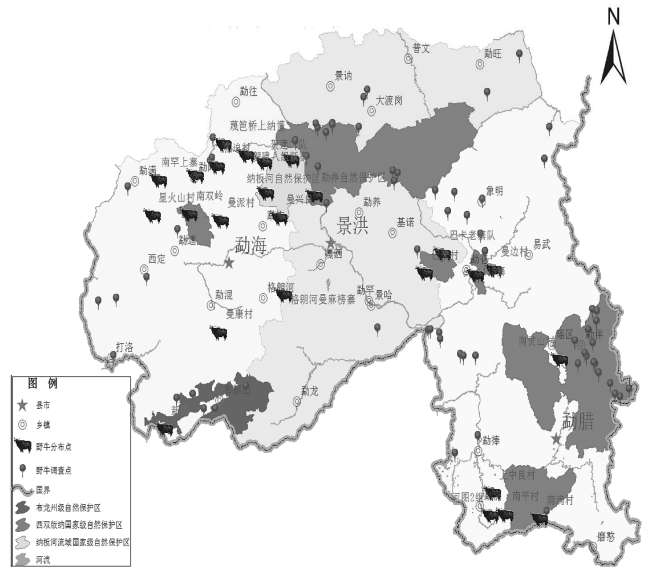


图 2 西双版纳州印度野牛分布示意

Fig. 2 Distribution of *Bos gaurus* in Xishuangbanna

印度野牛生存和发展需要适宜的栖息地,好的栖息地应包含有足够的水源、食物、庇护区、草地、灌丛、硝塘等供印度野牛活动的要素;历史上西双版纳州印度野牛分布较为广泛,从印度野牛适宜的生境分布看,现今很多区域被开发成为经济作物地或农耕地。西双版纳地区在 20 世纪 50 年代人口只有 30 多万,森林覆盖率达 65%;2004 年人口增加到 80 多万,森林覆盖率减至约 30%;据 1990—1993 年 1:50 万土地详查和遥感资料,包括橡胶林和其它人工林在内,森林覆盖率虽然达到了 64. 2%,但约有 1/2 是人工林;1996—1998 年,根据全国水土流失评估的 TM 影像数据计算,包括人工林在内,该地区的森林覆盖率仅 44. 2%,减少最多的是自然森林(许再富,2004)。近十多年来,由于区域内橡胶和茶叶价格均有起色,很多适宜栽培的生境被大量地开发,印度野牛的栖息地大面积丧失。

据 1988 年记载,西双版纳州境内分布的印度野牛数量为 605~712 头(杨德华等,1988),而现阶段印度野牛数量约 152~167 头(表 1),说明其种群数量在急剧减少。

通过此次访查得知,历史上(20 世纪 80—90 年代)曾有印度野牛分布的区域内种群数量正在逐渐减少或消失。在这些区域内,印度野牛仅老年人见

表 1 西双版纳州印度野牛种群数量分布

乡镇	村寨或区域	年份	月份	实体或痕迹数量	被访问者姓名
尚勇镇	南满村	2010	9	足迹 (9~10)	李忠云
尚勇镇	南满村	2012	6	足迹(1)	李转秀
尚勇镇	尚勇保护区 (冷山)	2012		足迹(1)	王利繁
尚勇镇	尚勇保护区 (大包包山)	2012	10、12	足迹(1)	飘优
尚勇镇	河图二组	2009		足迹(1)	单飘
尚勇镇	下保山村	2012	10	足迹(1)	张万青
尚勇镇	南平村(半坡老寨)	2012	7	足迹(5)	赵金珠
尚勇镇	南平村(南满河岔河)	2011		足迹(3)	金宝塘
尚勇镇	南平村(南满河岔河)	2011		足迹(1)	赵静清
勐腊县	上中良村	2012	8	足迹(5)	三八
勐腊县	南贡山	2007		足迹(1)	朱胜忠
勐腊县	勐远办事处曼康	2011	3	足迹(1)	董永华
勐腊县	勐仑保护区	2005		足迹 (2~3)	曾嵘
勐腊县	曼边寨	2010		足迹(1)	岩温
勐海勐满镇	中纳包	2013	1	实体(5)	石玉
勐海勐满镇	帕迫村	2013	全年	实体(14)	杨胚荣
勐海勐满镇	帕迫村	2013	5	实体(17)	石有林
勐海勐满镇	中纳包	2011	6	实体(5)	黄有发
勐海勐满镇	中纳包	2013	1	实体(5)	李成周
勐海勐满镇	南罕上寨	2012	5、7	实体(12)	李红高
勐海勐满镇	南罕大寨	2012	2	实体(10)	刀红兵
勐海勐满镇	南罕上寨	2012	5	实体(10)	罗李四
勐海勐满镇	南罕上寨	2012	5	实体(13)	张四
勐海勐满镇	星火山村	2012	9	足迹(1)	白发兴
勐海勐满镇	星火山村	2012	4	足迹 (7~8)	周二
勐海勐满镇	星火山村	2012	8	足迹(10)	王四保
勐海勐遮镇	南双岭村	2013	全年	实体(3)	李聪
勐海县	曼稿保护区	2008	3	足迹 (4~5)	董永华
勐海县	曼派村	2013	4	实体(3)	岩三总
勐海县	勐阿镇纳京山	2012		足迹 (6~7)	苏瑞
勐海县	勐阿镇贺建八组	2014	全年	实体(10)	李常明

续表 1

乡镇	村寨或区域	年份	月份	实体或痕迹数量	被访问者姓名
勐海县	勐阿镇贺建二组	2014	全年	实体(10)	李云真
勐海县	勐阿镇贺建上纳懂村	2014	5	实体(10)	护林员
勐海县	布朗山新因村	2013		足迹(1)	岩尖叫
勐海县	格朗河乡曼麻榜村	2015	3	实体(1)	柔三
勐海县	纳版河保护区	2013	6	实体 (50~60)	曹光宏
勐海县	勐宋乡曼兴良	2015	全年	实体(10)	普文才
景洪市	麻疯寨	2013	2	足迹(1)	董永华
景洪市	巴来村	2012	8	足迹(1)	沙白
景洪市	龙帕村	2012		足迹(2)	君宝
景洪市	巴卡老寨二队	2011		足迹(1)	村民
景洪市	勐养保护区	2014	12	足迹 (2~3)	董永华

过或听过(40岁及以上被访者见到野牛较多),很多年轻人并没有听说过在区域内有印度野牛分布。

3 讨论

3.1 印度野牛种群数量分布及面临现状

调查结果表明,印度野牛历史分布区域内还存留有少数种群个体,但个体数量较为稀少,西双版纳州印度野牛种群数量从1958年的近千头至1988年的605~712头(寿振黄,蔡希陶,1958),再到现有数量152~167头,其种群数量在急剧减少。初步分析导致印度野牛种群数量减少的主要原因有以下几个方面:1)印度野牛分布区为少数名族居住地,而少数民族有狩猎的习俗,历史上野生动物是村寨主要的蛋白质来源,现今当地的村民还保留有打猎的习俗;很多老猎人曾猎捕过印度野牛,现今还保留有用印度野牛角做的火药桶。2)历史原因。为了保卫边境,民兵配备枪支,期间导致大量大型野生动物被捕杀,包括印度野牛。3)现如今猎杀印度野牛除做为肉类食用外,人们普遍认为印度野牛的角及胆囊是治疗肝炎最有效的消炎药,在黑市上印度野牛的相关产品售价极高,一对印度野牛角和一个印度野牛胆囊售价可达3.6万元人民币。这样就催生了不法分子为了获取高额利润,铤而走险猎杀印度野牛,加速现有印度野牛灭绝的速度。4)生境斑块破碎化也是导致印度野牛消失的另一个主要原因。近几

十年来人类活动范围在不断扩大,野生动物赖以生存的环境大面积消失,生境日趋破碎化,最适生境总面积逐渐减少,残留生境斑块面积还在进一步缩小且生境斑块之间的距离逐渐增大(魏辅文等,1988)。Steinmetz也认为在亚洲东南部老挝野牛急剧减少的原因有打猎、生境破碎化(Robert Steinmetz,2004)等。

3.2 印度野牛分布区域生境特征

印度野牛种群需要依托良好的自然资源而生存。印度野牛喜好较为宽阔的林缘空间作为主要栖息环境,而不喜欢郁闭度大、森林茂密的原生森林(李明阳等,2009),其栖息地范围内应存留有大量的荒山草坡。通过印度野牛实体分布区域的初步观察,与其它区域相像,印度野牛在夏季出现在荒山草坡较频繁,而秋冬季节对树林选择较多(K Sankar et al.,2013)。这些区域为印度野牛提供了躲避危险的场所、充足的食物来源及充足水源。而这些区域很多都是处在交通状况较差、生产条件较为落后的边远地区。现今这些区域由于橡胶、茶叶的大面积推广,印度野牛的生境发生了巨大改变,片段化、孤岛化使区域内的印度野牛种群分离成小种群,对印度野牛种群非常有害(Paulj. Conry,1989)。

4 保护意见及建议

云南省属我国西南部不发达地区,科技文化和经济水平相对落后,贫困面较广,加之市场经济条件下经济利益的驱使,人类争夺野生动物栖息地甚至猎杀珍稀濒危野生动物的现象,加剧了物种丧失与生物多样性衰减。区内受地域及气候条件的影响,经济发展呈现不平衡状态。印度野牛现存情况也不尽相同,很多历史广泛分布区,现今已不再见到或听到印度野牛这一物种,目前存留的少量种群及个体仅分布在高海拔、经济落后的高山区域,但种群一直处在濒临灭绝的境地。为了保护现存的印度野牛种群,提出以下建议:

1) 印度野牛是国家一级重点保护动物,做好印度野牛保护宣传工作,使全社会都认识到其在生态系统中的重要性。

2) 基于印度野牛栖息分布区域特征,社区的参与保护显得尤为重要,因此在印度野牛分布区划该物种的保护区或保护小区,并积极推行退耕还草或退林还草等政策,为印度野牛提供充足的食物及隐蔽场所。

3) 加强枪支的收缴动员工作及对印度野牛分布区域的监控,禁止在区域内狩猎。

4) 边境区域是野生动物交易的集散地,很多边境市场上随处可以见到售卖的珍稀濒危野生动物,在边境市场和饭店均能见到作为装饰挂在墙上的野生动物头骨。应加强野生动物保护相关立法工作,加强相关部门联合执法,加强边境联合保护。

致谢: 本研究工作得到西双版纳国家级自然保护区科研院所杨正斌、赵建伟及勐腊管理所、尚勇管理所、勐养管理所、布龙管理所及各乡镇林业管理站工作人员的大力支持,在数据处理中得到布龙管理所李德以及黄志旁、孙文莫的帮助,论文撰写过程中还得到了北京师范大学张立教授的指导和帮助,在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] 甘宏协,胡华斌. 基于野牛生境选择的多样性保护廊道设计:来自西双版纳的案例[J]. 生态学杂志,2008,27(12):2153-2158.
- [2] 李明阳,巨云为. 濒危野生动物潜在生境空间建模方法-以印度野牛(*Bos gaurus*)为例[J]. 东北林业大学学报,2009,37(5):88-91.
- [3] 寿振黄,蔡希陶. 云南西双版纳发现的野牛[J]. 科学通报,1958(4):112-113.
- [4] 汤发兴. “白袜子”—野牛[J]. 云南林业,2010,31(2):50.
- [5] 魏辅文,冯祚建,王祖望. 野生动物对生境选择的研究概况[J]. 动物学杂志,1998,33(4):48-52.
- [6] 许再富. 亚洲象与竹/蕉分离隔离的生态效果及其保护对策探讨[J]. 生态学杂志,2004,23(4):131-134.
- [7] 杨德华,张家银,李纯. 云南野牛的数量分布[J]. 动物学杂志,1988,23(1):36-54.
- [8] 张洪亮,李芝喜,王人潮. 应用多元统计技术和GIS技术进行印度野牛生境定量分析-以西双版纳纳板河流域生物圈保护区为例[J]. 热带地理,2000,20(1):152-155.
- [9] K SANKAR, H S PABLA, C K PATIL. Home range, habitat use and food habits of re-introduced gaur (*Bos gaurus gaurus*) in Bandhavgarh Tiger Reserve, Central India[J]. Tropical Conservation Science, 2013, 6(3):50-69.
- [10] PAULJ. Conry. Gaur *Bos gaurus* and development in malaysia[J]. Biological conservation. 1989,1(49):47-65.
- [11] ROBERT STEINMETZ. Gaur (*Bos gaurus*) and Banteng (*B. javanicus*) in the lowland forest mosaic of Xe Pian Protected Area, Lao PDR: abundance, habitat use, and conservation[J]. Mammalia, 2004, 68:141-157.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.026

株洲市集雨型绿地规划建设探析

罗金芳

(株洲市规划设计院,湖南 株洲 412000)

摘要:发展集雨型绿地是解决城市雨水排水问题,缓解城市雨水管网排水压力,实现雨洪资源利用的重要途径。对株洲市降水情况进行分析,结合集雨型绿地的构成及特点,阐述雨水滞留、渗透、净化、蓄积的主要方法途径,提出株洲市集雨型绿地的规划建议,并以万丰湖景观工程集雨型绿地规划设计为例作了说明。

关键词:集雨型绿地;海绵城市;雨水收集;雨水净化;规划设计;株洲市

中图分类号:S731.2;TU985.12 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0120-04

Planning and Construction of Rainwater Harvesting Green Space in Zhuzhou City

LUO Jinfang

(Planning and Design Institute of Zhuzhou, Zhuzhou, Hunan 412000, China)

Abstract: The development of rainwater harvesting green is an important mechanism for solving the problems of urban rainwater drainage, which alleviating the pressure of urban rainwater drainage pipe network, and realizing of rain flood resources utilization. Through the analysis of precipitation in Zhuzhou City, combined the structure and characteristics of rainwater harvesting green, the paper summarized effective way for water retention, permeability, purify and accumulation. Furthermore, planning and construction suggestions of rainwater harvesting green were proposed in Zhuzhou City, which providing guidance for effective instruction to build rainwater harvesting green.

Key words: rainwater harvesting green; sponge city; rainwater collection; rainwater purification; planning and design; Zhuzhou City

随着城市化速度的加快,绿地在改善城市生态环境、维持城市生态平衡方面的功能逐渐受到全社会的重视。雨水作为地表水的主要来源,在水循环系统中占据着重要地位,利用雨水的收集及生态净化,既可以减轻城市排水和防洪压力,也可以解决污染和堵塞问题^[1]。因此,发展集雨型绿地对于维持城市可持续发展具有重要意义。然而,在城市规划建设过程中往往缺乏有效的收集利用途径,导致雨

水资源的浪费。本文以株洲市为研究对象,提出集雨型绿地收集雨水的有效途径,为解决城市雨水排水问题,缓解城市雨水管网排水压力的工程实践提供指导。

1 株洲市降水情况

株洲市属于亚热带季风性湿润气候,气候温暖

收稿日期:2016-03-25;修回日期:2016-04-05.

作者简介:罗金芳(1985-),女,湖南株洲人,硕士,工程师。从事景观规划设计工作。

湿润,雨水量充沛。一年之中,3—7月初的春雨和梅雨降水量十分丰富;7—9月以晴热天气为主,干旱而少雨;10月—翌年2月降水量最少。根据株洲市水文站年实测降水资料的分析,暴雨在3—11月均会出现,但多在4—8月发生,尤其以5—6月为甚。年最大一日的暴雨量 ≥ 100 mm的年份占35%, ≥ 50 mm的年份占97.5%。由于株洲市雨水量较为充足,因此利用绿地进行雨水收集,实现雨水资源化利用是十分有必要的。

2 集雨型绿地的构成及特点

集雨型绿地主要是利用下凹式绿地、透水地面、雨水花园等绿地集水设施收集雨水,达到节约利用雨水资源、减轻雨水收集和输送压力、保障城市雨水生态安全的目的。与传统的雨水管道、泵等快速收集排放不同^[2],集雨型绿地可以使渗水面得以增加,实现雨水科学渗透保留。汇集的雨水进入地下渗水井,可以增加地下水资源以及雨水的二次利用。集雨型绿地还具有过滤和截留污染物的特点,利用土壤、植物等的过滤、渗透、净化作用,可以实现减少径流量、净化水质的目的。集雨型绿地同时还能改善生物多样性和营造多功能景观。当集雨型绿地规模较大时,可以修复“降水—下渗—径流—滞蓄—蒸腾”的城市水循环链^[3],使水质得到有效控制,地下水水位得以恢复。

3 集雨型绿地收集利用雨水的主要方法途径

由于城市集雨型绿地具有强化雨水下渗、净化水质、减少径流外排等特点,根据株洲市降水情况,利用绿地的优势,探索集雨型绿地的收集和利用技术,充分发挥集雨型绿地的功能作用,是缓解株洲城市防洪排涝压力、实现雨水资源化利用的一个有效方法途径。目前,雨水利用过程可概括为雨水滞留、渗透、蓄积、净化利用。雨水利用方法很多,常用的主要有透水地面、汇水洼地、下凹式绿地等。

3.1 雨水滞留、渗透和蓄积

3.1.1 地形设计

地形设计是集雨型绿地设计的重要内容。因地制宜,利用现状的地形地势,低处形成水面,高处形成坡地,平地进行微地形处理,构建丰富多样的地形骨架,有效地组织雨水的分流、汇流,为雨水排水和汇集创造有利的地形条件。有条件的地方也可以将地形设置成梯田形式,利用梯田层层截流和蓄积雨

水。坡底设置成带状汇水洼地,收集暴雨时未下渗的雨水,有效地将坡面雨水的流失降到最小。通过有效的地形处理达到减慢雨水径流速度,防止雨水冲刷,减少水土流失的目的。

3.1.2 汇水洼地设计

汇水洼地也是集雨型绿地的组成部分。汇水洼地一般设置在绿地的低洼处和道路边缘,其底面标高一般低于道路标高0.4~0.7 m,使得绿地和周边道路中大部分雨水能汇集于汇水洼地之中,减少外排量。同时,汇水洼地与绿地蓄水池相连,其底面标高高于蓄水池水面标高0.8~2.0 m,以保证暴雨时期洼地中多余的雨水能够顺畅地流至蓄水池中。为使洼地能最大限度地蓄水,同时保证洼地中水生植物的生长,将每块绿地中的带状汇水洼地分段,通过片石等处理措施进行拦截,以保证雨水在不同标高段可以得到最长时间的蓄积。

3.1.3 下沉式绿地设计

下沉式绿地是集雨型绿地的重要组成部分,有狭义和广义之分。狭义的下沉式绿地又称为低势绿地、下凹式绿地,其典型结构为绿地高程一般低于周围地面高程5~25 cm,在绿地中或绿地和硬化地面交界处设有雨水溢流口,雨水溢流口高程高于绿地高程且低于硬化地面高程^[4];广义的下沉式还包括洼地、雨水花园、雨水塘、雨水湿地、多功能调蓄等生态雨水设施。本文的研究对象是指狭义的下沉式绿地。

下沉式绿地是形式最简单的一种雨水蓄渗设施,应用广泛,道路、广场、停车场等周围均可设置。下沉式绿地是一个天然的“蓄水池”,其利用下凹空间蓄集雨水,雨水慢慢渗入地下,不仅补充地下水,而且可以削减径流量、减轻排水压力,是从中间过程防止城市洪涝灾害、控制城市雨水径流污染的有效措施。

从使用功能和观赏效果来看,目前下沉式绿地的设计形式比较单一。下沉式绿地可以与人工湿地、雨水花园、雨水塘等相结合,增强下沉式绿地的观赏性和实用性。在植物种植方面,可以优先选择耐涝性较强的乡土植物。下沉式绿地的下沉深度需根据不同区域的渗透性合理确定。对于砂土等渗透性能较好的地区,下沉深度可增大至150~300 mm。对于黏土等渗透性较差的地区,下沉深度不宜大于100 mm,使得下沉绿地集蓄的雨水能够在24h内完全下渗。

3.1.4 生态型铺装设计

生态型铺装一方面能直接使雨水渗入地下,补充地下水。另一方面,经透水地面下渗的雨水可以慢慢蒸发,从而增加城市的湿润度和舒适感。生态型透水地面还具有方法简单、花费少、铺设快等特点,因此在很多城市中已得到广泛应用。生态型铺装一般以渗水性地砖、孔型混凝土砖、透水混凝土、孔型砖加碎石植草砖等^[5]为面层,以及配砂石作为基层,实现透水性设计。

3.1.5 屋顶花园雨水收集

建筑屋顶一般也可以采用暗渠收集雨水^[6],即将屋面、墙面、阳台及散水等地方的雨水引入滤水槽,再进入蓄水池,或者经过汇水管与地面绿化植物的种植槽相连,以用于浇灌植物。雨水量较大时,雨水顺着浅沟进入渗渠继续下渗,未渗透的雨水再排入集水水塘或人工湖,最后被收集到不同的区域发挥作用。

3.2 雨水净化过程

污染物如沉积物、营养物和重金属等一般会随着降雨径流进入雨水水流中,而集雨型绿地中的植物可以吸收净化雨水径流中存在的多种污染物。与传统的工程净化措施相比,利用植物来去除污染物,具有成本低、不影响生态环境、不引起二次污染等优点。因此,利用植物净化修复水体是一种重要途径。常见的净化功能较强的植物种类包括菖蒲、茭白、慈姑、中华萍蓬草等。

3.3 雨水资源化利用

经过绿地净化的雨水不再具有污染性,收集的雨水可以汇入地面生物容纳池,再逐渐渗入地下,以用来补充地下水源或蒸发进入城市大气。也可以将经过生态净化的雨水继续储存在地下雨水容纳设施中,用于冲洗厕所、补充景观水面、日常养护植物、道路洒水、洗车等多种城市用水需求,缓解城市水资源紧缺压力,实现城市雨水资源的再利用。

综上所述,区域高差较大、绿地范围及规模较大的区域,可设计起伏变化的地形增强绿地集雨功能;线性绿地适合在道路边缘或绿地的边缘设置汇水洼地进行汇水;块状绿地适合设计下沉式绿地进行雨水的收集利用,可以在道路、广场、停车场等周围设置;园路、广场等铺装比较集中的区域适合设计生态型铺装,使雨水下渗;有条件的屋顶可设置屋顶花园来收集利用雨水。

4 株洲市集雨型绿地的规划建设

目前,集雨型绿地建设已成为株洲市海绵城市建设的迫切需求。集雨型绿地集设计、管理、协调于一体,需要进行多层次、多方面的综合考虑与统筹。

4.1 从规划层面上考虑集雨型绿地的需求

绿地规划是城市规划的重要内容,建设集雨型绿地首先需要从规划层面上进行控制。在控制性详细规划阶段,一方面要根据绿地的标高确定其是否具有集雨作用,在有的前提下才能结合排水规划以及周边地块与该绿地的关系,确定其接纳雨水的能力。另一方面,结合城市标高情况,选择地势较低的区域作为集雨型绿地。在修建性详细规划阶段,在出具规划意见书以及核发建设工程规划许可证时,不仅要对建设项目中的绿地提出雨水收集利用的要求,而且需要明确周边建设项目的排水规划要求。

4.2 在实施阶段需要多方进行协同配合

项目实施涉及到多个部门,不同职能部门在项目建设中发挥不同的作用。相关部门在出让、划拨国有土地时,应当在招、拍、挂标书中明确绿地周边建设项目的雨水控制要求。而在项目立项时,相关部门应当协同配合,保证建设项目的时序一致,做到绿地建设和周边项目建设同时进行、同步建设,以避免集雨型绿地的雨水收集利用和建设项目的雨水控制利用存在脱节现象。集雨型绿地建设目前还没有统一的造价标准,相关部门应当根据株洲市的人工、材料等价格情况,确定集雨型绿地建设的费用标准,防止资金上产生标准不一的现象。在集雨型绿地的施工阶段,相关部门应当将雨水收集利用纳入重要项目进行监督。

4.3 完善相关技术规范,促进海绵城市建设

为促进株洲市海绵城市建设,在对公园、道路广场、居住区绿化等绿地规划设计方案的审查过程中,落实集雨型绿地的功能要求,完善集雨型绿地的各项技术,积极推行集雨型绿地设计。在项目建设报批阶段将雨水利用的技术要求作为强制性规范,促进集雨型绿地建设。同时,结合株洲市的地域特点,加快能影响海绵城市规划建设的技术规范编制,对相关国家标准《城市道路工程设计规范》、《城市排水工程规划规范》等进行修订,鼓励建设集雨型绿地。

5 案例研究——以万丰湖景观工程为例

万丰湖景观工程总面积约 118 hm²,全长约 4.5

km,其中水体面积约 53 hm²,该项目充分结合现有场地,因地制宜,通过合理规划和适度调整,设计两级行道,保证汛期和非汛期都有完整的慢行系统供市民使用。

该项目开发初期,由于项目场地地形复杂多变、缺乏水环境整体规划,面临着排水内涝压力大、耗水量及费用高、景观差等多重问题。为满足开发商的雨水利用、节约成本的需求,并与景观、市政等专业设计人员有效沟通和协调,对不同方案进行了技术经济比较,最终优化方案:以景观湖为核心,以截污截流、生态修复、生态循环为主要技术手段(图 1~图 2),以防洪排涝、雨污水资源利用、景观效果为目标,通过植草沟、生态驳岸、下凹式绿地、渗透铺装、

渗透管渠等不同方式,既缓解下游城区水涝压力,也有效减少了污染物的排放,同时通过种植本土水生植物、设置人工湿地等净化区改善生态环境,最终将其建设成一个供株洲市民休闲游憩的市级湿地生态公园。

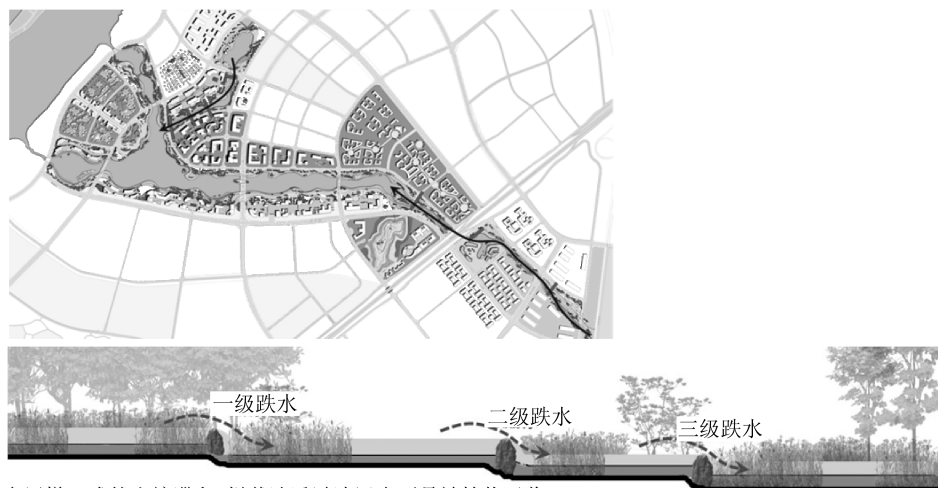
6 结语

集雨型绿地规划建设是一个庞大的工程,在自然的基础上进行规划,以水脉为切入点,结合绿地深入到城市、街道、居住区等各个角落,涉及生物、地理、植物、建筑、景观等各个方面,如何更好地多学科结合,通过滞水、渗水、蓄水、净水等途径,留住多余



图 1 雨水收集及有机污染物拦截断面

Fig. 1 Blocking section of rainwater collection and organic contaminants



多层梯田式的土壤滞留,拦截渗透过滤污水不易被植物吸收的有机组织体,同时增加暴氧量

图 2 梯田式绿地截流和蓄积雨水断面

Fig. 2 Terraced greenland interception and rainwater section

(下转第 144 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.027

基于 LID 开发模式的云南工商学院海绵校园规划设计

马竞一, 王 锦

(西南林业大学, 云南 昆明 650224)

摘要:以充分利用水资源,高度重视水系连贯性,结合校园总体规划设计,应用多种技术措施,作为科研和环境教育场所为原则,对位于云南省嵩明县杨林镇的云南工商学院公寓楼前的 L 形地块进行了海绵体规划设计。主要内容有对原场地地形、植被和文化景观的保护和利用,雨水收集及利用,中水净化及循环利用,低维护植被设计等方面。

关键词:海绵校园;LID 开发模式;规划设计;雨水净化;云南工商学院

中图分类号:S731.9;G48 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0124-04

Planning and Design for Sponge Campus of Yunnan Industry and Commerce College Based on LID Development Model

MA Jingyi, WANG Jin

(Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: in order to make full use of water resources, attach great importance to water continuity, combined with the overall planning and design of campus, using a variety of technical measures, taking scientific research and environmental education site as principle, the paper carried out a planning and design for L-shaped plots in front of Yunnan Industry and Commerce College apartment building located in Yanglin Town, Yunnan Songming. The main contents of the planning and design including the original site topography, protection and utilization of vegetation and cultural landscape, rainwater collection and utilization, water purification and recycling, low maintenance of vegetation design, etc.

Key words: sponge campus; LID development model; planning and design; rainwater purification; Yunnan Industry and Commerce College

由于传统城市开发建设与排水设计存在广泛的弊端,引发一系列城市雨洪问题和环境生态问题,为解决雨洪问题带来的城市安全隐患,国家提出了建设海绵城市的要求^[1]。依据《海绵城市建设技术指南》和《海绵城市建设试点城市申报指南》,低影响开发雨水系统构建是当前海绵城市建设的重要内容,能够应对当前城市内涝灾害,雨水径流污染,水资源短缺等突出问题,有利于修复城市水生态环

境^[2]。高校校园具有面积大、绿地比例高、教学科研活动丰富等特点,适合开展以绿色基础设施为主体的低影响雨水系统构建。纵观国内外,不少高校校园都开展了雨水控制利用规划和示范项目建设,如:哈佛大学、麻省理工学院在校园改造过程中建设生态雨水景观;沈阳建筑大学将稻田景观引入学校,雨水收集与农业生产完美地结合^[3]。本文借鉴及运用国内外高校雨洪控制利用规划设计经验,对云

收稿日期:2016-03-21;修回日期:2016-04-08.

作者简介:马竞一(1990-),女,山东济宁人,硕士研究生. 主要研究方向为风景园林规划设计. Email:786954654@qq.com

通信作者:王 锦(1966-),女,北京人,教授. 主要研究方向为风景园林生态.

南工商学院校园进行低影响开发规划设计,以期为昆明海绵城市及海绵校园建设提供理论依据与案例实践。

1 基本原则

基于 LID 开发模式的海绵校园,在规划设计中基本原则包括:

1) 充分利用水资源

水资源规划设计是海绵校园的重要部分,通过收集雨水来冲洗道路、停车场,浇灌绿地和景观水体补水,可以减少校园对传统水资源的消耗,缓解校园内涝积水现象,改善水生态环境,促进生态校园建设。

2) 高度重视水系连贯性

建设海绵校园,其积极作用不仅仅局限于校园,同时也对所在流域水循环产生积极的影响,减少整个城市缺水现象,促进地方水域健康循环。

3) 结合校园总体规划设计

在校园建设初期,通过将绿色基础设施与校园开放空间、道路、建筑和水景观进行整体性规划设计,能够在保障校园各项基础功能的基础上,大幅减少雨水设施的占地面积和成本,提高雨水系统的总体效益,在已建成的校园,可利用改造契机“见缝插针”地引入绿地基础设施,丰富校园水景观。

4) 应用种类多样的技术措施

校园内绿地面积比例较高,屋顶、广场、停车场面积较大,不少校园内还有景观水体。因此,通过合理的规划设计,采取多样化的非工程和工程措施,可以实现雨洪控制目标,同时提高低影响开发措施的丰富度和展示度。

5) 作为科研和环境教育场所

充分利用校园雨水示范项目,展开课程设计、实验检测、生态实习和科普教育,让学生在日常环境中亲密观察,接触雨水,感受生态雨水景观的魅力,是校园雨洪管理的独特功能。

2 研究地概况

云南工商学院位于云南省嵩明县杨林镇职教基地。全镇地形由东南向西北倾斜,东南部是山岳地带,有 3 条主要河流,境内气候受大陆和海洋的影响,具有“四季无寒暑”“有雨便成冬”的特点,年均温 14.1℃,日照 1 971.2 h,年降雨量 866.7 mm,雨水集中在 5—10 月^[4]。云南工商学院校园占地 53.6 hm²,建筑面积 27.52 万 m²,绿化面积 21.46

万 m²,绿地率 40%。昆明市作为一个缺水城市,水生态环境一直以来存在很多问题,与中国其它城市一样,旱季无水可用,雨季水淹成害,对城市居民的生产与生活、社会稳定、经济繁荣产生负面影响。

3 设计场地概况

设计场地位于云南工商学院公寓楼前的 L 形地块,范围 8 335 m²,其中东西长约 157 m,南北宽约 50 m(图 1)。如何使该地块成为海绵体,收集雨水,利用雨水,与校园景观相结合,成为本次规划设计的难点与关键点。



图 1 场地现状

Fig. 1 Field situation

4 海绵场地规划

海绵场地规划集中体现在对原地形的地形、植被和文化景观的保护和利用,雨水收集和利用,中水的净化及循环利用,低维护植被的设计等方面(图 2)。

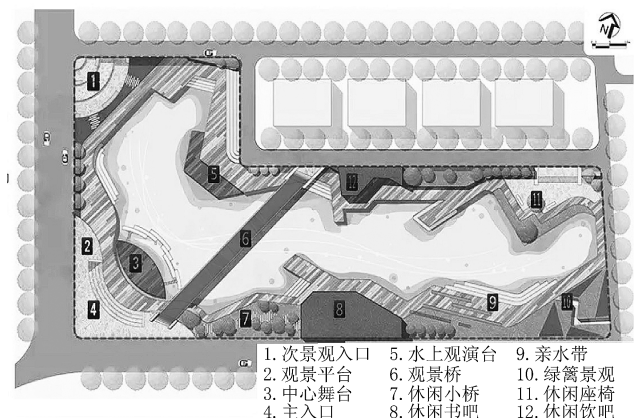


图 2 海绵场地规划

Fig. 2 Sponge site planning

场地中原有一块低洼水塘的地形且自然植被得到完好的保留,并作为雨水汇集区,对雨水汇集区的水岸线进行切割,运用一些现代设计元素对其优化设计,营造丰富多样的湿生栖息地。该雨水汇集区面积大约 4 000 m²,每年可以收集净化雨水 10 t 左右。汇集区的周边设计了观景平台、亲水带、中心舞台等,并巧妙地将北部与南部用廊架联系,形成整体的景观骨架,加强师生之间的互动。在步行木栈道上分布着多处草坪,由于坡地草坪会使雨水快速流出,因此采用波浪形草坪,不仅从形式上提供了不一样的视觉感受,在功能上加强雨水下渗时间,不会引起积水或者流速过快(图 3)。

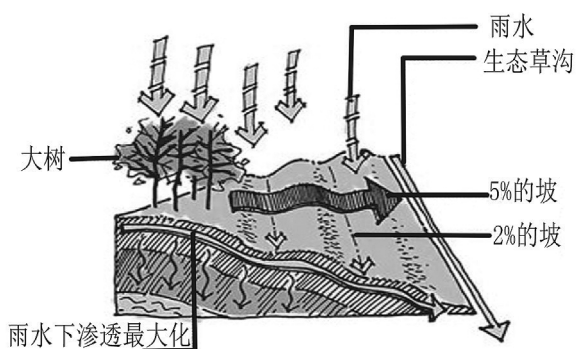


图 3 波形草地

Fig. 3 Waveform grassland

5 雨水景观设计

5.1 雨水传输带

场地临道路的四周分布有 6 条宽 0.5~1.0 m 的雨水传输带。石条、金属板、原木座椅和植物共同构成了丰富的浅沟,起到了收集周边建筑、道路、广场雨水的作用。石材全部采用废弃石块或再生石材,它们既象征着雨水流动方向,同时也丰富视觉体验效果(图 4)。

5.2 雨水净化流程

地面、屋顶的雨水,存在杂质多、污染源复杂的问题,在弃流和粗略过滤后,通过渗滤沟进行进一步地沉淀,利用卵石、碎石等空隙为雨水提供滞蓄空间,在地面设卵石沟或卵石槽导引地表径流至卵石间的孔隙,然后通过金属坡道排入蓄水系统。雨水汇集成下沉式雨水花园,雨水经过收集运输后在这里不断地进行曝氧处理,实现初级处理,然后通过植物进行集中净化。在下沉绿地的上方,搭建木质平

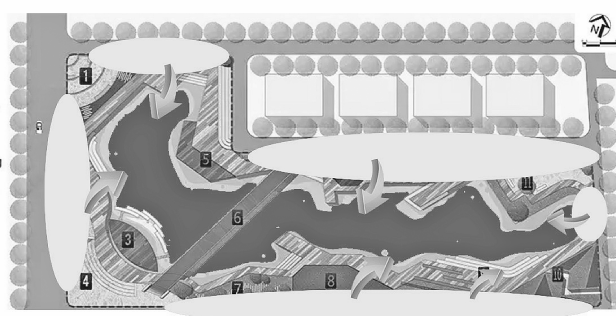


图 4 雨水传输带

Fig. 4 Rainwater transmission belt

台,供师生行走和活动。别具特色的雨水花园兼具调节校园小气候的功能(图 5)。

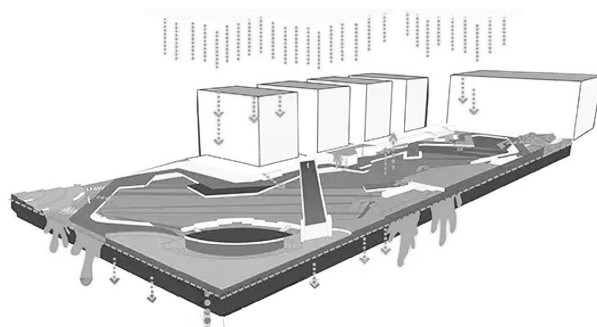


图 5 雨水净化流程

Fig. 5 Rainwater purification process

5.3 可渗透铺装

整个绿地的路面铺装材料为灰色透水砖,还大量应用了碎石、花岗岩石块、木条铺装材料,增加了可渗透铺装的比例和雨水的渗透能力,通过透水砖和原有材料的对比,以及不同颜色的石块拼搭出几何线形,增强景观视觉效果(图 6)。

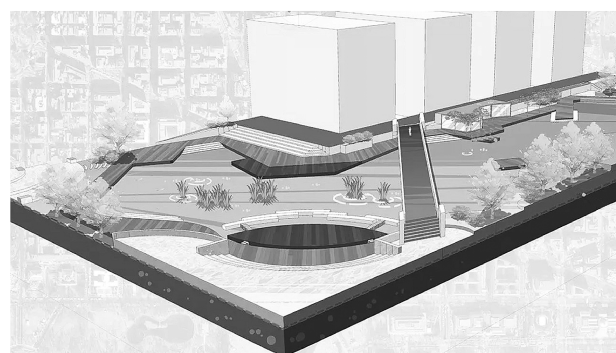


图 6 可渗透铺装

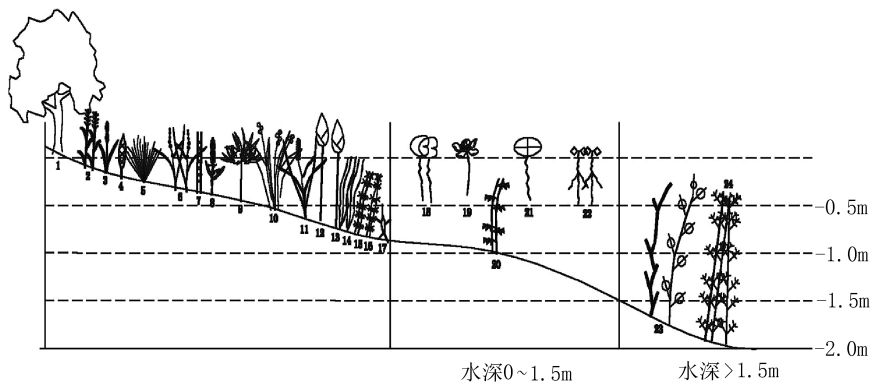
Fig. 6 Permeable paving

6 植物景观设计

为减少建设和维护成本,大量使用西南乡土植物,以水生植物为重点,形成芦苇群落、挺水植物、浮水植物为主体的植物景观(图 7)。通过水生植物群落的阻滤、沉降、吸附等物理作用,达到对校园雨水净化的效果,实际就是体会将“死水”变成“活水”的过程^[5]。

7 结语

本规划设计从云南工商学院的实际出发,借鉴海绵校园规划设计的理念,将雨水作为一项宝贵资源,应用种类多样的技术措施,对校园内学生公寓楼的 L 形地块进行低影响开发的海绵体规划设计。可为海绵校园的营建提供新的案例,也可为其它海绵校园的规划设计提供借鉴与参考。



1 垂柳 2 芦苇 3 香蒲 4 菖蒲 5 席草 6 黑三棱 7 水葱 8 千屈菜 9 伞草 10 黄花鸢尾
11 梭鱼草 12 红花建莲 13 白桦建莲 14 苦草 15 伊乐藻 16 黑藻 17 金鱼藻
18 睡莲 19 萍蓬草 20 菹草 21 荇草 22 野菱 23 眼子菜属 24 穗花虎尾藻

图 7 植物景观设计

Fig. 7 Plant landscape design

参考文献:

- [1] 仇宝兴. 海绵城市(LID)内涵、途径与展望[J]. 建设科技, 2015(1): 11-18.
- [2] 潘安军, 张书函, 陈建刚, 等. 城市雨水综合利用技术研究与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.
- [3] 俞孔坚. 生存的艺术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社.
- [4] 陈永涛. 昆明旅游气候舒适度与客流量相关性分析[J]. 云南民族大学学报(自然科学版), 2013, 22(5): 382-386.
- [5] 俞孔坚, 李迪华, 孟亚凡. 湿地及其在高科技园区中的营造[J]. 中国园林, 2001(2): 26-30.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.028

十笏园造园艺术初探

张 蕾, 桑国臣, 王德法

(西安理工大学土木建筑工程学院, 陕西 西安 710048)

摘要:十笏园位于山东省潍坊市,其造园风格受到南北方园林设计手法、中国传统书画艺术等方面的影响,整体风格独特,虽方寸之地,却意境幽深。对十笏园的整体布局、营造手法等方面进行分析,解读其独特的艺术魅力。

关键词:古典园林;空间布局;造园手法;风格特征;十笏园

中图分类号:S731.2;TU986.1 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0128-05

Study on Garden Art of Shihu Garden

ZHANG Lei, SANG Guochen, WANG Defa

(School of Civil Engineering, Xi'an Technology University, Xi'an 710048, China)

Abstract: Shihu garden is located in Weifang City, Shandong Province, the overall garden style is unique which is influenced by North and South garden design technique, traditional Chinese painting and calligraphy art, although inch of land, but the mood is deep and serene. The paper analyzed the overall layout, construction skills of Shihuyuan, and its unique artistic charm also been interpreted.

Key words: classical garden; spatial layout; gardening technique; style feature; Shihu garden

1 建园历史

十笏园位于山东省潍坊市胡家牌坊街,占地面积约 2 000 m²。“笏”,为古时大臣上朝时拿着的狭长形手板,多用玉、象牙或竹片制成。因为这座园林占地极小,比喻其只有十个板笏那么大,因而得名。潍坊处于南方和北方的交界地,在清代商业繁华,这里的商人、文人既可南下苏杭,又可北上京都,南北园林的精华在这里交融,使得这座园林同时具有北方园林和南方园林的特征,有“鲁东明珠”之称。

十笏园始建于明代,园中的砚香楼原是明朝嘉靖年间刑部郎中胡邦佐的故宅。清光绪十一年(公元 1885 年)被潍县首富丁善宝以重金购得,在砚香

楼的基础上建了整座园林,因此十笏园也被称作“丁家花园”。

园主丁善宝,字黻臣,号六斋,在咸丰年间因输巨款而捐得举人和内阁中书之衔。他作为潍坊四大豪绅之一,能诗能文,还著有《耕云囊霞》等文集。他游历了大江南北,对南北园林均有所了解,在购买胡邦佐旧宅后,就延请了他的文友蒯菊畦、刘子秀、于敬斋 3 人设计,历时 8 个月竣工。

2 整体布局

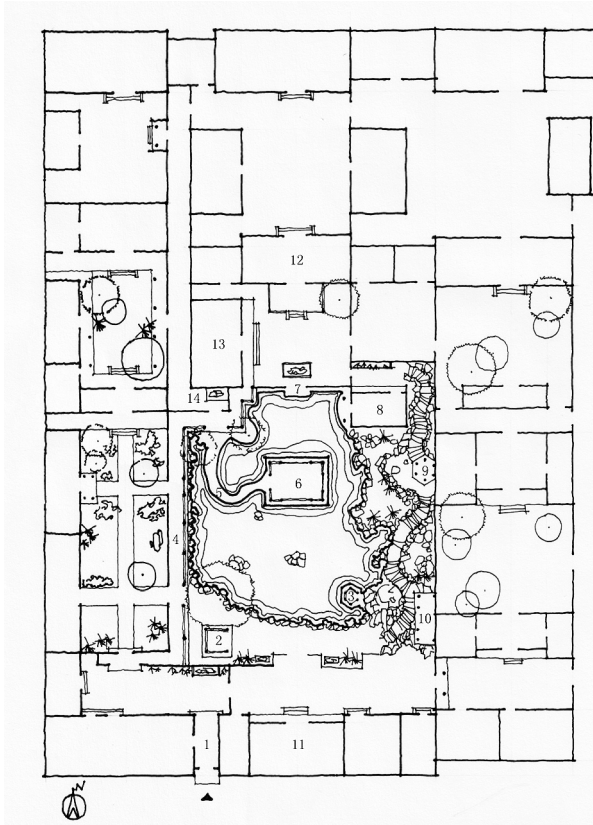
十笏园平面呈长方形,由东、中、西三跨院落组成,坐北朝南。东跨是园主丁善宝的居所,西跨是客房以及私塾,都是较为疏朗的园林式庭院。中跨是

收稿日期:2016-02-24.

基金项目:2013 年度陕西公办普通高等学校教学改革研究项目(重点)(13BZ24). 地方院校围绕实验室建设提高教学质量的改革研究.

作者简介:张蕾(1978-),女,安徽肖县人,硕士,讲师. 研究方向:建筑历史与理论.

自然式山水园林。三跨并行,中跨辟园,这一点与江南园林的后院式、别院式有所不同(图1)。



- 1.入口 2.小沧浪 3.漪岚亭 4.游廊 5.曲桥 6.四照亭 7.鸢飞鱼跃
8.稳如舟 9.蔚秀亭 10.落霞亭 11.十笏草堂 12.砚香楼 13.春雨楼
14.哑叭院

图1 十笏园总平面布置

Fig. 1 General layout of Shihu garden

中跨是十笏园的精华所在,布局上从南到北共有三进院落,形成明显的中轴线,在这一点上具有北方私家园林的特征。最南端第一进院落是整个园林的核心景区。

东跨院有单独的出入口,中跨和西跨共用一个。在中跨与西跨之间的最南端辟门,为单开间硬山门屋,屋顶略高于两侧的倒座房。穿过漆黑狭窄高耸的门屋,首先映入眼帘的是一处小景,一块太湖石,几棵修竹,简单而雅致。这里是一个横长方形的封闭小院,东侧有月洞门可进入中跨主景区,北面偏西为进入西跨院的垂花门。

穿过月洞门就进入了中跨院最南端第一进院落。靠西北侧布置有一个形状不规则的水池,约占这进院落面积的1/2。池岸以叠石为主,局部靠近建筑的部分也有采用条状或块状石头砌成的驳岸。

在水池中心靠北侧布置有四照亭,以曲桥与陆地相连,并将水面一分为二,北面小,南面大,这是大园水景的处理手法,如拙政园的中岛,在小园设计中并不多见。四照亭,四面都是三开间,明间大,稍间小,呈南北窄,东西宽的横长方形平面,卷棚歇山顶,南北两坡由3层檐相叠而成。名虽为亭,其实应属水榭,四面设美人靠,任人凭望。所谓四照,即四面可观。东观山亭,西观曲桥长廊,北赏砚香楼,南眺十笏草堂。

水池东侧为假山,山高约10m,南北长约30m,几乎占满园子的整面东墙,由太湖石堆成。山间植有松柏草木,四时常青。山势北高南低,北峰有蔚秀亭,南岭有落霞亭。南北两亭随山体紧靠东墙,登上蔚秀亭,全园美景尽收眼底。

水池的东南角有一亭子,六边形平面,三面临水,三面靠山,因而得名“漪岚亭”,“漪”意为水波动荡,“岚”为山间云雾,亭子位于山水之间,凝聚山水之灵气,左顾可观池鱼,右盼可赏山亭,虽方寸之地,置身其中,别有一番情趣。

水池南面为十笏草堂,位于中轴线上,与四照亭相对,面阔三间,硬山顶,朴实无华,正配“草堂”之名。

水池西南角,有一亭名为小沧浪,源于《孟子·离娄上》的“沧浪之水清兮,可以濯吾缨。沧浪之水浊兮,可以濯吾足。”亭平面方形,四根立柱采用原木制作,木瘤可见,屋顶为攒尖式茅草顶,淡雅古朴,富有野趣。

水池西侧是游廊。游廊以直为主,是西跨院与中跨院的分界。廊东面开敞,设美人靠椅,西面封闭,由于园主酷爱郑板桥书画,因此将这里设计成一道画廊,墙上除有两处洞门与西跨院相连外,镶嵌着数幅郑板桥的书画石刻作品。一面观赏湖光山色,一面欣赏郑板桥名作,其间隐约可见西跨院中竹木扶疏。一实一虚,一开一闭,形成鲜明对比。廊在北端向东折,南与曲桥相连,向北则进入下一进院落。

水池北侧为一道砖砌花墙,中间开八角形门洞,门洞上有硬山式屋顶,门与墙为青砖砌成,整面墙均由青砖拼成图案。正对门口立有太湖石作为对景,再向北就是砚香楼。

水池的东北角有船舫一座,因三面着陆,一面临水,故名“稳如舟”。舫东、北、南三面与东山余脉相接,北出门可寻道登山,西面伸入水面一半圆形平

台,可临水观鱼。

穿过北面的花墙,进入第二进院落,此院全为硬质铺地,为北方式院落。该院的正房是“砚香楼”,系明代建筑,楼前有月台,凭栏俯视,园中山水亭榭尽收眼底,是园主藏书和读书之所,故名“砚香”。院子西侧为春雨楼,共二层,一层出檐廊与前院游廊相连。院东侧另有一个跨院,可通往东跨院。院墙为龙墙,粉墙青瓦,漏窗圆门。

3 造园手法

十笏园面积虽小,但设计精巧,在有限的空间里,能呈现自然山水之美,含蓄曲折,引人入胜。中国著名园林专家陈从周教授在他的著作《说园》中赞誉说:“潍坊十笏园、清水一池、轩榭浮波……北国小园,能饶水石之胜者,以此为最。”笔者将从下面几个方面分析十笏园的造园手法。

3.1 空间序列与空间的对比

在园林设计中,空间序列的组织有多种方式:环形闭合式、串联式、辐射式等,十笏园的空间序列是由环形闭合式与串联式结合而形成的。中跨的核心景区由一个环形闭合式路线组织空间,以水池为中心,建筑物沿园子的周边布置,这样就能形成一个较大、较集中的空间,建筑物多面向水池布置,造成一种向心、内聚的感觉,符合我国传统的审美心理。与北面的另外两进院落是由一条沿中轴线的串联式路线组织起来的(图 2)。

当人们从一个小空间进入一个大空间时,由于两者的对比衬托,将会使人们产生大空间更大的感受,十笏园在设计时也充分利用了这一点。在组织空间序列时始终贯穿着空间的对比。十笏园的入口位于园子一角,A、B 处是序列的开始。为了避免主景区一览无余,从入口首先进入一个横长的封闭小院,布置简单,是进入主要景区前的铺垫,可起到收束视野的作用。通过东侧的月洞门到达 C 处时,视野豁然开朗,主景区一览无遗。这是第一次的空间对比,使空间具有一种扩大感。试想,如果没有前面的对比空间,而是一进门就直接看到主景区,则过于直白,缺乏含蓄之美。采用这种欲扬先抑的方法来组织空间序列,为主景区增色不少。

主景区的空间序列采用环形封闭路线进行组织。从西侧进入游廊,人们从刚才开敞的空间,再次进入一个半封闭、半开敞的空间,形成鲜明的对比,既将人们引入纵深处,同时又可欣赏东侧园景(图 3)。走至尽头向东一拐,通过曲桥,来到四照亭(E),

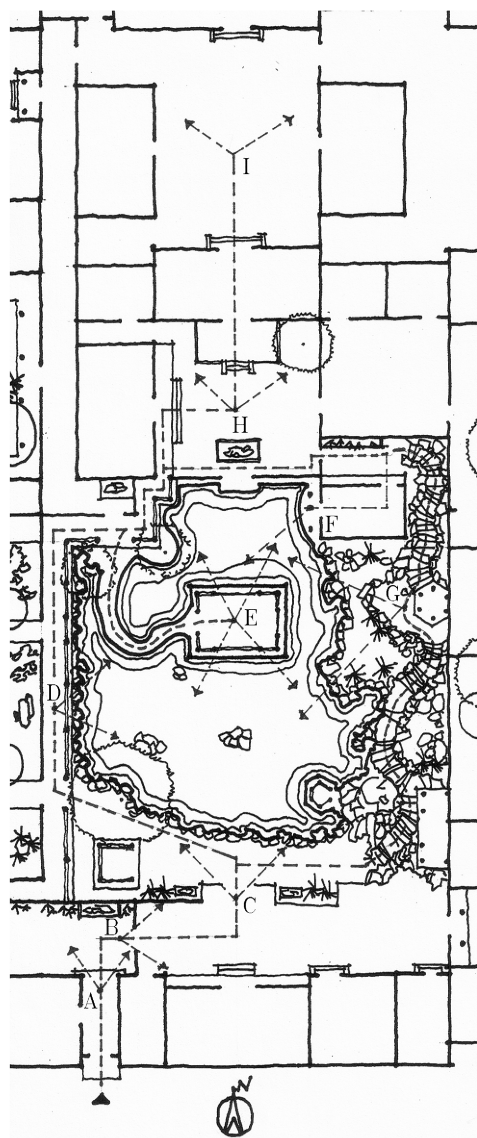


图 2 空间序列示意
Fig. 2 Spatial sequence diagram layout

这时的空间再次开敞,举目四眺,美景尽收眼底,从而形成高潮。离开四照亭,穿过花墙,向东进入稳如舟(F)。稳如舟外的平台由于四照亭的阻隔,视野受到束缚,是高潮后的一个收束。从稳如舟东侧的蹬道拾级而上,来到东侧假山之中(G)。在这里视野有了高度的变化,全园美景一览无余,再一次形成高潮。顺着东侧假山向南行进,最终又回到十笏草堂前,形成封闭的游赏路线。这一圈下来已从不同的方向、不同的高度欣赏到园中美景,是游赏的核心部分。

再顺着西侧游廊进入第二进砚香楼小院(H)。与第一进相比,院落面积缩小很多,景观布置上也较

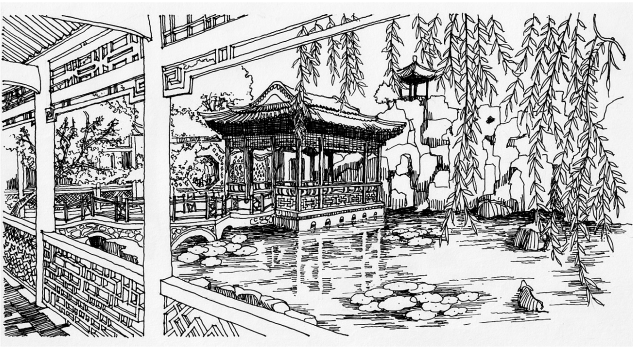


图 3 从 D 点欣赏园中美景
Fig. 3 Enjoy the garden views from D

为简单,是进入高潮后的收尾阶段。再继续向北进入第三进院落(I)。建筑体量较第二进院落的缩小很多,形成收尾的空间感受。通过这样一个富于变化的空间序列,仿佛欣赏一首优美的旋律,从序曲逐渐进入高潮,从高潮再到收尾,跌宕起伏,耐人寻味。

3.2 看与被看

园林中的建筑物或“景”,一般都同时满足两方面的要求:一是看,一是被看,即同时作为观景和景观两方面内容的存在,十笏园也不例外。由于其面积较小,主要景区空间有限,为弥补这一天然的缺陷,在设计时,一亭一榭的布置均十分巧妙地考虑了“看”与“被看”的关系,在总平面上看似毫无规律的布置,其实都是按照视觉关系作为潜在规则的(图 4)。

例如,漪岚亭的布置位于水池的东南角,位置看

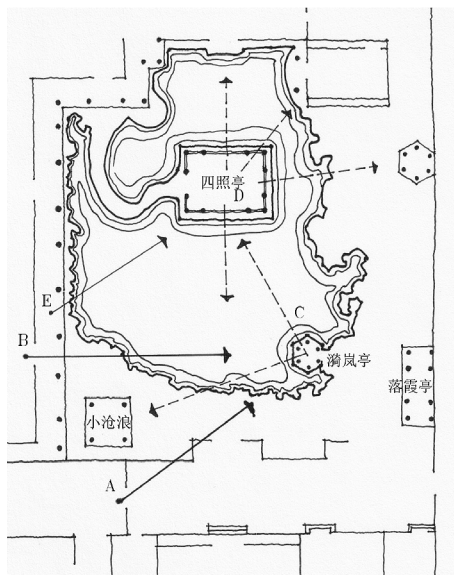


图 4 “看”与“被看”视线分析
Fig. 4 Sight analysis of "see" and "be seen"

似很随意,其实这个位置的选择很有意思:1)通过进入主景区之前的圆洞门一看(图 5),漪岚亭就成为映入人们眼帘的第一道风景。坐在小沧浪亭中向东望去,漪岚亭和落霞亭一上一下、一宽一窄,共同组成一道风景。从长廊靠南面的圆洞门向东望去(图 6),漪岚亭又一次成为构成景观的中心。在“被看”的同时,漪岚亭也具有“看”的功能——它三面临水,通过瘦长的开间分别向西北、西、西南望去,又可看到不同的美景(图 7)。漪岚亭的平面尺寸以及整个外形比例,大都是为满足看与被看的需求来设计的。当从西南角的圆洞门看时,如果漪岚亭设计得再宽一点或者再高一点,那么这个圆洞门恐怕就装不下它了。

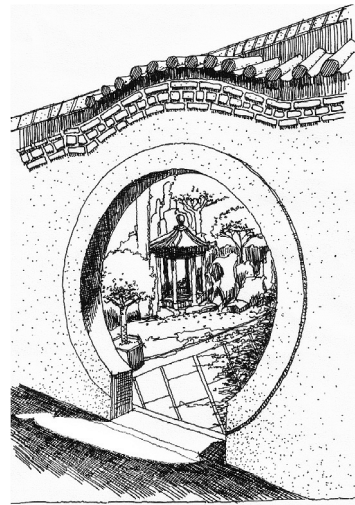


图 5 从 A 看漪岚亭
Fig. 5 Look at Yilan pavillaon from A

四照亭是十笏园的主要点景建筑,在“看”与“被看”的关系上,既可作为被观赏的对象,又可提供合适的角度去观赏别的景物。由于四照亭位于水池中央靠北的位置,因此,可以从园中的多个地点来欣赏不同角度的四照亭。当人们来到四照亭中,四面临空,环视一周,仿佛一幅展开的天然画卷。

从游廊上向东望,一个个开间仿佛成为一个个天然的取景框,四照亭、假山、漪岚亭、蔚秀亭、落霞亭,随着人们的移动,形成一系列不断变化的美景,真正做到步移景异。

在这样一个小园子中,通过对几组建筑的巧妙安排,形成了丰富的景观效果。

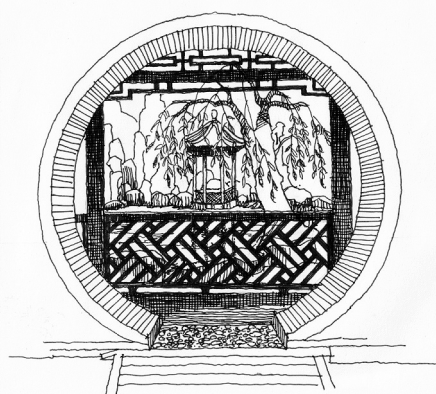


图 6 从 B 看漪岚亭

Fig. 6 Look at Milan pavilion from B



图 7 从 C 看四照亭

Fig. 7 Look at Sizhao pavilion from C

3.3 仰视与俯视

《园冶》中说：“高方欲就亭台”，因此，建于高处的亭，可取得仰视的效果，这样的亭不仅外轮廓线十分突出，翼角起翘也更为轻巧灵动。十笏园东面的假山堆砌时北面为峰，较高耸，南面成岭，稍平缓，再加上平地，就形成了三个不同的视高(图 8)，在平地上可仰视落霞亭和蔚秀亭，站在南岭上的落霞亭，既可向下俯视园景，又可向上仰视蔚秀亭；来到北峰上的蔚秀亭，就来到全园的至高点，可俯瞰全园，一览无遗。《园冶》中所说：“楼阁之基，依次定在厅堂之后，何不立半山半水之间，下望上是楼，山半拟为平屋，更上一层楼，可穷千里目也。”这段话所说的，正是这种因为视高的变化而产生的不同视觉效果。

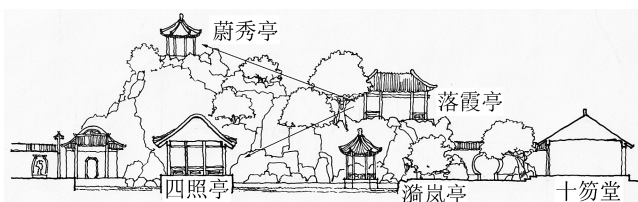


图 8 纵轴线剖面示意

Fig. 8 Sectional schematic of longitudinal axis

3.4 渗透与层次

十笏园空间有限，因此，在设计时十分注意渗透与层次，巧妙地运用各种手段来进行空间的分隔，同时又使被分隔的空间之间相互渗透，以形成丰富的空间变化，产生深远的感觉。主要采用下面几种方式：1)在中跨院的中轴线上，四照亭和曲桥将水面一分为二，但四照亭四面通透，人们的视线仍可透过四照亭欣赏远处的风景，在空间上是相互渗透的。再往北面，花墙分隔第一和第二进院落，但花墙本身是镂空的砖墙，还开有一个八角形门洞。如此一来，空间上虽有分隔，但仍然相互渗透。继续向北，砚香楼分隔了第二和第三进院落，这一次分隔得较为清楚，但透过砚香楼开敞的大门，可看到最后一进院落中的假山。在这条中轴线上，完全透空的门洞、窗口使被分隔的空间互相连通、渗透，从而加深了空间的距离层次感，大大加强景的深远感。2)在一些地方使用“哑叭院”(图 1)，这些小院一般是不能进入的，但在视线关系上却向前延伸，加强了空间的深远感。小院中多点缀有特点的山石或者花木，并且以特殊形状的门或窗框作为分隔，仿佛画框一般。

4 风格特征

十笏园既具有北方园林的特点，同时又兼具江南园林的风格：

1)轴线与对称。整个园林采用较为规整的三跨院落并进，并且有明显的中轴线，具有北方园林的特征。中轴上由南到北分别为十笏草堂、四照亭、花墙、砚香楼等。第一进院落以十笏草堂为倒座主厅，左右出耳房。耳房间数、大小不一，以此打破严格对称。第二进院落以砚香楼为主厅，左右出耳房，再配以厢房。但是，东厢一层，西厢二层，东耳两间，西耳一间，故意打破对称的格局，形成富于变化的空间形态。

2)单体建筑。十笏园中的建筑多采用江南园林建筑的梁架形式，但使用了斗拱，翼角起翘也较为

(下转第 137 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.029

西双版纳州沉香产业发展现状及建议

缪应国¹, 杨南²

(1. 西双版纳州林业调查规划院, 云南 景洪 666100; 2. 西双版纳自然保护区勐养管理所, 云南 景洪 666100)

摘要:介绍沉香功用及极高的市场价值。阐述西双版纳州沉香树木种植、天然结香、人工结香及沉香产业发展状况。对病虫害防治, 科技支撑不足, 产品得不到质量认证, 缺乏产业发展规划, 缺乏强有力的营销团队, 发展方式有待改进, 产业发展后劲不足等沉香产业发展中存在的问题和面临的困难进行分析。藉此提出相关建议。

关键词:沉香; 产业发展; 沉香种植; 人工结香; 虫害防治; 西双版纳州

中图分类号: S792; S757.2; F316.23 文献标识码: B 文章编号: 1671-3168(2016)02-0133-05

Current Situation and Suggestions on Development of Agilawood Industry in Xishuangbanna Prefecture

MIAO Yingguo¹, YANG Nan²

(1. Xishuangbanna Prefecture Forestry Investigation and Planning Institute, Jinghong, Yunnan 666100, China;
2. Mengyang Management Office, Xishuangbanna Nature Reserve, Jinghong Yunnan 666100, China)

Abstract: This paper introduces function and high market value of the agilawood, and also elaborates agilawood planting, natural incense, artificial incense, development status of agilawood industry. Problems and difficulties such as insufficient support on prevention and control of diseases and insect pests, scientific and technological, lack of industrial development planning and products quality certification, lack of strong marketing team, development needs to be improved, industrial development drag behind are analyzed. So relevant suggestions are put forward.

Key words: agilawood; industrial development; agilawood planting; artificial incense; pest control; Xishuangbanna Prefecture

沉香, 又名“沉水香”, “水沉香”, 古语写作“沈香”(沈, 同沉), 是瑞香科(Thymelaeaceae)植物受到外伤或真菌感染刺激后大量分泌带有浓郁香味的树脂。在世界上很多地方, 沉香木是珍贵的香料, 被用作熏香、香料提取、酒中添加剂, 也可直接雕刻成装饰品。国际华盛顿公约组织 2005 年 1 月将沉香属所有物种列入管制并加以保护。其中白木香和云南土沉香为我国特有植物, 白木香主要分布在我国华

南、云南、海南岛等地。

古语“沉檀龙麝”之“沉”, 沉香香品高雅, 而且十分难得, 自古以来即被列为众香之首。既是古人供养佛部的专用香品, 也是基督教、天主教、伊斯兰教宗教仪式上的必用之物。沉香的药用价值极高, 是我国沿用历史悠久的珍贵中药。在我国传统中医学、印度传统医学、藏医学里, 将沉香入药已有几千年的历史。沉香也是十大南药之一, 有非常高的药

收稿日期: 2016-03-16.

作者简介: 缪应国(1979-), 男, 西双版纳景洪人, 工程师。从事林业调查规划设计工作。

通信作者: 杨南(1983-), 女, 西双版纳景洪人, 工程师。从事自然保护工作。

用价值,可用于行气镇痛、温中止呕、纳气平喘,在逾百种中成药的组方中均有应用,如沉香化滞丸、沉香养胃丸、沉香化气丸、八味沉香片等。沉香作为一种珍贵香料和中药材,如今已成为收藏市场的新贵,被誉为“植物中的钻石”。2014年5月11日下午,春拍现场,2件难得一见的中国本土沉香在沪首次举槌开拍,拍品全部成交,总成交价高达6000多万元。不少拍品的成交价都是起拍价上浮6成左右,有的价格翻倍。

1 市场前景

中国台湾野生生物贸易调查委员会指出,1997年国际贸易的容水沉香树产量约700t,马来西亚和印尼是主要出口国;1995—1997年,印尼共出口920t,而马来西亚(沙劳越除外)出口340t。此外,单沙劳越在1998年就出口近530t。因过度使用沉香,台湾曾被国际组织点名。目前,国际上有8个沉香属的植物已经被列为IUCN红皮书中“受威胁”等级,其中有6个种群因人类过度采收而面临灭绝威胁。1995年,容水沉香树被华盛顿公约组织(CITES)列入附录二的保育种,但也正由于以上因素而面临重重困难。

据有关资料介绍,2013年,世界沉香产品的贸易额达1000亿美元以上,其中与中国有关的贸易就达到400亿美元以上。国际间贸易的沉香主要来自于越南、印尼及马来西亚。国际贸易市场上的沉香大部分都被送到远东及中东地区,2008—2013年主要的目的地是沙特阿拉伯、阿联酋、日本、中国香港、中国大陆以及中国台湾地区。近年来,国内沉香产品,特别是沉香工艺品的价格一路攀升而且还具有极大升值空间,因此对沉香的收藏就成为很多人的首选。由于这种供不应求的关系导致了国内沉香价格“日新月异”,这反过来也导致了沉香的收藏热。随着国外实施资源保护,进口沉香出现供不应求的局面,价格不断攀升。

据有关市场调查和综合分析,目前全国对沉香的年需求量为1000t以上,而国内的产量仅为200t左右,约80%需依靠进口。特级沉香价格达21万美元/kg,一级11万美元/kg,二级5万美元/kg。由于近年货源奇缺,国内众多以沉香为原料的高档制香企业都处于停产状态。而药用市场也同样做着以人工加油沉香冒充优质沉香的饮鸩止渴的事情。更不用说是用量庞大的中东市场,世界各个产区现有产量即便算在一起也根本无法满足其需求。

2 沉香种植情况

2.1 全国沉香种植情况

目前,全国人工种植沉香的省份主要是广东、广西、海南、福建和云南5省。其中,广东通过近几年的推广,种植沉香约1万 hm^2 ,是目前种植规模最大的省份;广西可种植区域有限,约种植沉香4000 hm^2 ;海南虽然全境都适合沉香种植,但由于受土地属性等因素的制约,可种植的区域也很少,目前种植也约有4000 hm^2 ;福建全省范围内适宜种植沉香的区域较小,约种植667 hm^2 。云南省可种植沉香的区域主要有西双版纳大部、普洱南部部分区域、临沧、保山、德宏部分区域和怒江干热河谷等地,除西双版纳州有一定规模种植外,其他州市均还处于试种阶段。

2.2 西双版纳州沉香种植情况

西双版纳是云南省发展种植沉香较早的州市之一。西双版纳州内沉香种植最初是由科研机构进行引、试种,民间有少许种植。如中国科学院西双版纳热带植物园、西双版纳药用植物研究所和云南省林业科学院普文实验林场均分布有早期栽培的较大的沉香树。本世纪初开始,沉香的国际市场价格暴涨,加之西双版纳州本就天然生长有沉香,州内企业如西双版纳青松林业有限公司等开始涉足沉香的规模种植。自2005年开始,该企业陆续在景洪市景讷乡、嘎洒镇南雾河,勐海县勐宋乡、宾房电站旁等区域进行沉香连片种植。随后有更多的企业和个人参与到沉香种植中,如广顺生物科技有限责任公司在曼金山种植40 hm^2 ,在勐海县西定乡曼勒种植沉香和降香黄檀20 hm^2 。同时,在政府的大力推动下,农户也积极参与到其中,采取四旁种植、小块状种植与茶叶套种等方式发展种植。通过近10年的发展,目前全州种植沉香4400 hm^2 ,其中6年以下的有1600 hm^2 ,6年以上的有2133 hm^2 ,10年以上的有667 hm^2 。西双版纳州在全省乃至全国是发展种植沉香较早的地区之一,但种植规模还较小,种植主体以企业为主,面积较大的是广顺生物科技有限责任公司在勐海县西定乡曼勒的种植基地和青松林业有限公司在南雾河的沉香基地,其他均为小面积种植和四旁种植。

3 沉香结香情况

3.1 天然结香情况

沉香主要是以瑞香科树种树木为生成基础,在

自然界中因遭受雷击、风折、虫害感染或人畜为害等各种伤害,自身会分泌树脂以修补受伤部位。但某些由于真菌感染,受伤的部位很难完成真正意义上的愈合,因此开启了为治愈创伤持久、奇妙的沉香制造与累积过程。甚至要经过数百年漫长岁月,才能诞生珍稀优质的沉香。由于年数短的香树树脂腺不足,一般只有数十年以上的香树才可能形成沉香,而且从结香到成熟又需要很多年,所以上品天然沉香为无价之宝。

就大多数沉香而言,其颜色越深,质地越密实,品质也越好。但这只是一般性的标准,由于沉香成因复杂,成香年数的长短、含油的多少、活树还是枯树等很多因素都直接影响香的质量,所以仅靠外观和物理指标都不足以作出鉴别,最好的办法还是熏燃之后靠鼻子和经验去判断。

天然沉香的产量受限,现在多用人工栽培香树。常在成熟香树的树干上切开或钻出一些“伤口”,或是注射一些真菌,一年或几年之后就会在伤口附近结出沉香,而且年头越长,香的质量越好。但即使是人工栽培,一般也要10年以上的香树才能结香。

3.2 人工结香情况

经过西双版纳州内企业的不断摸索和研究,人工结香在沉香种植6~7年,胸径15 cm时即可进行。但树龄愈大,树脂凝结时间愈长,沉香质量愈好。人工结香是指人为使木材受伤后,由于某种真菌的侵入而使其薄壁组织细胞内的淀粉产生一系列化学变化,最后形成香脂,凝结于木材内,即是沉香。目前州内人工结香的技术主要包括化学结香和物理结香2类。

3.2.1 化学结香

化学结香即是在沉香树干内采取输液的方式注入专门配制的化学试剂(试剂配方企业保密),在树干内循环后,通过化学作用,加速香脂的形成。结香过程由外而内,从树干外侧向干心内结香。结香时间短,见效快,结香率极高,如时间长可使整个树干木质部内均结香。但化学结香成本高(每棵树需800元,可结3—4年,结的时间越长香越多,越纯),且其产品市场认可度低,所发出的香味与天然沉香的香味差异较大,很多人持怀疑态度。

3.2.2 物理结香

物理结香即通过人为干预使沉香树干受伤,而后通过树木自身新陈代谢进行结香。也可在伤口内塞入菌种加速结香。物理结香目前有砍伤法、半断干法、凿洞法等。物理结香相较于化学结香而言时

间长、见效慢、结香率低,但香品较纯,且就自然结香而言见效快而显著。

西双版纳州已进行人工结香的林地面积仅40 hm²,全部为化学结香,物理结香还只是企业在进行实验性的探索。根据目前的结香情况来看,化学结香可产沉香达600 kg/hm²,按收购价2万元/kg,40 hm²沉香的产值达4.8亿元。

4 沉香产业发展状况

目前全国的沉香产业发展还处于初级阶段,人工栽培的沉香还处于产品研发、资格认证阶段,没有大量的系列产品上市。发展较早的广东省除了药用,沉香保健品、日用品的开发也越来越多,如:沉香茶、沉香空气清新剂、沉香牙膏、香皂、洗发精、酒类添加剂等。

西双版纳州内企业也在借鉴台湾和广东等地的经验,开始研发沉香附加产品。目前州内具有加工能力的企业有西双版纳青松林业有限公司、西双版纳广顺生物科技有限责任公司、西双版纳华夏沉香开发有限公司。各企业已用沉香树叶、树枝、树干等研究开发出了保健茶、沉香酒、沉香膏、沉香精油,以及宗教用品,如沉香线香、盘香、佛珠、手链等。虽然开发出了一系列的产品,但大部分产品还没有获得QS等一系列的认证,销售对象仅限于小众人群,难以在市场上正常推广销售。目前3家企业由于受原料不足和市场低迷的影响,均处于半停产状态。另有红木销售企业大部分从境外购买沉香,主要生产沉香烟条、手链和摆件等。

5 制约西双版纳州沉香规模种植的主要问题及面临的困难

5.1 主要问题

通过近10年的栽培,西双版纳州境内种植的沉香已小有规模,但大部分受虫害的影响较为严重,尤其是集中连片种植和茶地内套种的沉香受害最为严重。目前主要的虫害是钻心虫和黄野螟。钻心虫主要是吃沉香的主干,尤其是对3~4年生的沉香树影响较大,严重时导致树木死亡,但发生面积较小。黄野螟是目前沉香最普遍的虫害,可以把整棵沉香的叶子吃光,影响沉香的成长并最终导致死亡。

5.2 面临的困难

5.2.1 科研力量薄弱,对沉香产业化发展难以提供强有力的科技支撑

沉香人工种植是一个新生事物,没有成功的经

验可以借鉴。在西双版纳州虽然种植较早,但都是企业自身在摸索中前行,难以组织强有力的科研团队对规模化、产业化发展进行系统的科学研究,尤其是对目前面临的虫害综合防治、结香技术等方面均缺乏强有力的科技支撑。

5.2.2 产品得不到质量认证,产品推广难度大

目前在发展种植的基础上研发出了一系列的产品,但产品几乎都得不到质量认证,国内对沉香也缺乏一套完善的质量认证体系。由于没有得到相应的质量认证,尤其是如何使沉香达到药用标准一直未得到突破。人们对沉香产品还持有怀疑态度,同时也导致产品难以在市场上进行推广,难以形成沉香的产业化和标准化。

5.2.3 缺乏科学合理的沉香规划对沉香产业发展的指导

目前,西双版纳州内就今后如何发展沉香产业,种植多大规模,采取什么种植模式和产业发展模式等还没有进行专项规划,产业发展缺乏方向。

5.2.4 缺乏强有力的营销团队进行宣传和推广

西双版纳州沉香种植主要是企业自发种植,各个企业也是在自己种植过程中摸着石头过河,产品研发也是各自为政。虽然州内成立了沉香协会和个别专业合作社,但都没起到应有的作用。尤其是对产品的营销没有形成合力。目前对沉香的价值、用途有认识的还仅是少部分人群,没有整合州内企业组成一个强有力的营销团队对市场营销进行有效的交流和筹谋。

5.2.5 发展方式有待改进

目前,西双版纳州沉香的发展种植依然是采取由企业探索出一定的经验后带动农户种植,农户种植后由企业回收原材料,而后对材料进行加工。由于缺乏对整个种植过程的有效监管,使加工出的产品难以通过一系列认证。其原因:1)目前企业没有一套有效的从种植到抚育、病虫害防治等方面流程,难以对农户进行有效的指导,企业底气不足,不敢盲目发展;2)州内目前发展种植的企业资金不够雄厚,对于种植业的长期持续投资估计不足,加之人工种植的沉香在发展过程中碰到的难题较多,产品市场认可度低,企业无力在推广和技术研发上做文章。

5.2.6 产业发展后劲不足,缺乏龙头企业带动

近年来沉香产品销量大幅下降,有价无市。由于受整体经济下行的影响,沉香系列产品作为一种奢侈品销量自去年以来持续下滑。虽然目前市场上沉香的价格依然较高,但都叫好不叫座,销售出去的

沉香产品很少,使州内沉香种植和加工企业压力倍增;对种植的沉香管养需要费用,加工厂的运营也需费用来支撑,运营已极其困难。随之而来的是整个产业的停滞和农户对沉香的舍弃,急需实力雄厚的企业注入资金,帮助州内企业渡过“冬歇期”。

6 沉香产业发展建议

6.1 组建西双版纳沉香产业发展科技攻关小组,加大科技支撑力度

沉香产业作为一个新兴产业,市场前景广阔,发展潜力巨大,对山区农户而言可形成一个新的经济来源。如何使沉香真正成为农户的“摇钱树”,当务之急是尽快组建沉香产业发展科技攻关小组。可采取政府组织、企业参与,联合州内州外相关科技机构的形式,对目前发展沉香产业过程中遇到的问题进行技术攻关。

1)尽快解决虫害的防治问题。在目前对黄野螟虫害的防治已取得重大突破的基础上,尽快组织进行大田实验。另要对钻心虫和根腐病等病虫害进行技术攻关,研究出一整套切实可行的综合防治措施。

2)对人工结香进行技术攻关。目前采取的化学结香虽然已有产品,但产品的质量得不到检验和认可。物理结香得到市场的普遍认可,但也只是企业在进行试验,产量较低。需要攻关小组就物理结香进行技术研发,提高物理结香的单产量。

6.2 建立强有力的组织来统筹和引领沉香产业发展

为彻底改变目前沉香企业“各吹各打”的局面,需要政府牵头招商引资,引进实力雄厚的企业,聘请国内沉香种植和产业发展的能人,组织州内企业代表,组建“西双版纳州沉香产业发展协会”,切实发挥协会应有的职能,对沉香产业发展进行认真总结和共同谋划,建立沉香产业发展协调统一机制。

1)充分发挥沉香产业的前沿优势,充分利用企业力量,完善沉香产品质量认证体系,不求规模最大,但可通过体系的建立使沉香产业做得最好、最优。

2)着手建立西双版纳州沉香产品公信平台,以协会的方式对产品质量进行统一和保证,消除消费者对沉香真假难辨的顾虑。

3)组建沉香产品营销团队,制定营销策略,拓宽营销市场。

4)聘请有关人员组织编制沉香产业发展规划,

为今后各级政府发展沉香产业提供决策参考。

5)“走出去”,积极到广东等沉香发展规模较大的省市学习,在病虫害防治、产业培植、产品开发和营销等方面借鉴好的经验和做法,结合州内实际探索到一条适宜沉香产业化发展之路。

6.3 转变发展方式,引进实力雄厚的企业助推沉香产业发展

以建立沉香深加工企业为龙头,以科技为手段,主要采用现代庄园制、GAP 基地模式、托管经营制等沉香产业发展方式。

1)现代庄园制:是以委托代理经营为机制发展沉香产业,有利于实现将沉香种植、加工、旅游、休闲、养生融为一体,使沉香三产融合发展,有效加快沉香财富的积累。

2)GAP 基地模式:要真正实现沉香的产业化,最终必须将沉香打入药用市场,形成沉香稳定的销售市场。对此,需根据《中药材生产质量管理规范》(GAP),引进国内大的制药厂,建立沉香 GAP 基地。严格按照国家中药材 GAP 标准,实现药用沉香规范化种植,并按照规范要求严格把控人工结香技术,把沉香打造成为西双版纳的优势中药品种,为现代中药产业发展提供优质原料。

3)托管经营制:为提高沉香种植的集约化经营、规模化种植和社会化服务水平,企业可以“菜单

式”托管、“全程服务”托管、“收益”托管等多种模式为沉香种植农户提供服务,带动沉香项目区林业产业结构的调整,实现沉香产业经济效益、社会效益、生态效益共赢的局面。

7 展望

总体而言,目前西双版纳州沉香种植已小有规模,也积累了一定的经验,但也同时存在虫害防治困难,产品认知度、认可度低,科技支撑不够,缺乏强有力的企业和资金来推动等问题。但由于沉香适宜种植地区少,价格高昂,市场需求量大,经济效益十分可观(种植 4 年后每年每株即可产生 1 000 元的效益)。西双版纳州具有种植和发展沉香得天独厚的条件(大部门地区适宜种植、静风区、土壤肥沃、起步较早、有一定的经验可循),如果解决好存在的问题,通过大规模发展种植,沉香产业在为当地农户带来增收的同时,完全有能力在全国引领整个产业的发展,执全国沉香产业之牛耳。

参考文献:

- [1] 梅全喜,李汉超,汪科元. 南药中山沉香的产地考证与发展构想[J]. 时珍国医国药,2007(8):56-59.
- [2] 田耀华,原慧芳,倪书邦,等. 沉香属植物研究进展[J]. 热带亚热带植物学报,2009(1):83-87.

(上接第 132 页)

平缓,装饰风格浑厚,这些都是北方园林的典型特征。例如,四照亭中使用了一斗三升,正是受了北方园林的影响。但是,在栏杆做法上,采用美人靠的样式,做得低矮、轻盈,有几分江南园林建筑气息。

3)叠山理水与建筑布局。十笏园的池岸多采用驳岸的做法,与江南园林无异。东山的耸秀,孤石的玲珑;亭楼的高居,廊舫的依水,都是江南园林的格局。但是这个山水格局是统一在轴线格局之下的,可说是同时具有南北方园林的特征。

5 结语

十笏园同时兼具南北方园林的风格特征,虽方

寸之地,却极富变化,形成丰富的空间格局。随着游赏线路,可说是步移景异,处处皆是美景,不愧“鲁东明珠”之称。如果能从中获得造园的灵感,并将之用在现代景观设计中,营造出令人流连忘返的美景,可说是真正继承和发扬了传统造园文化。

参考文献:

- [1] 彭一刚. 中国古典园林分析[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1986.
- [2] 计成. 园冶[M]. 重庆:重庆出版社,2009.
- [3] 陈从周. 中国园林鉴赏辞典[M]. 上海:华东师范大学出版社,2001.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.030

富源县魔芋产业发展初探

邹秀芬, 段 晗

(云南林业职业技术学院, 云南 昆明 650224)

摘要:介绍富源县适宜种植魔芋的气候、土壤及森林植被等环境条件。对生产基地有保障, 科技推广有支撑, 产品有市场, 有科学栽培方法等富源县魔芋产业发展优势进行阐述。分析了种植规模较小, 市场秩序不够规范, 加工企业处于起步阶段等目前存在的问题, 并提出了相关发展建议。

关键词:魔芋; 产业发展; 种植规模; 科学栽培; 病害防治; 市场环境; 富源县

中图分类号: S632.9; F323.2 文献标识码: B 文章编号: 1671-3168(2016)02-0138-03

Development of *Thaniya Konjac* Industry in Fuyuan County

ZOU Xiufen, DUAN Han

(Yunnan Forestry Technological College, Kunming 650224, China)

Abstract: This paper introduces the suitable environmental conditions of climate, soil and forest vegetation type for planting *Thaniya Konjac* in Fuyuan County, and elaborates the industry development superiorities of production base, a supporting promotion of science and technology, market, scientific cultivation methods. The problems existing in the development e. g. small planting scale, non-standardized market order, and the processing enterprises in the initial stage, are analyzed in the paper. The relevant development suggestions are put forward.

Key words: *Thaniya Konjac*; industrial development; planting scale; scientific cultivation; disease control; market environment; Fuyuan County

魔芋是天南星科魔芋属的多年生草本植物, 全世界大约有 170 种, 主要分布在亚洲和非洲。我国魔芋资源丰富, 有 20 多种。云南省共有魔芋品种 17 个, 占全国魔芋属种质资源的 63%。而富源县以花魔芋为主, 产品种类多, 品质好、色泽佳, 被魔芋界视为精品, 曾创下每公顷产量高达 165 t/hm² 的纪录。

1 富源县独特的气候环境

富源县山高坡陡谷深, 地势北高南低, 坡陡流急, 境内最高海拔 2 749.9 m。由于峡谷的遮蔽和

云雾的影响, 部分地区全年日照少, 长年多毛雨浓雾。全年降水多集中在 5—10 月, 空气及土壤湿润。而 5—10 月正是魔芋生长的季节, 且雨热同季, 充分满足了魔芋生长的需求。10 月至次年 4 月, 日照强烈, 空气、土壤干燥, 形成突出的半年湿、半年干的气候特点。在此气候条件下, 魔芋在每年 5—9 月充分生长, 10 月倒苗, 在土壤中留下球茎进入休眠, 以低营养及低水分度过旱季延续物种。复杂的森林资源条件也为魔芋的生长提供了丰富的有机质和生长环境条件。

在富源县, 魔芋主要生长在高山冷凉地区。因

收稿日期: 2016-02-15.

作者简介: 邹秀芬(1963-), 女, 云南昆明人, 讲师。从事植物学等教学与研究工作。

为魔芋生长期长,干物质积累多,加工出的魔芋精粉比例高。加之富源县广泛分布的红壤含有较为丰富的矿物质,所以增加了魔芋的矿物质含量。另外,由于富源县特有的气候,延长了魔芋的加工期(全国其他地方每年加工的时间大约为 3 个月,而富源县可达 4~6 个月);同时,天然的“大冷库”(夏无酷暑,最热月均温 18.3℃),也使加工出来的产品贮藏时间延长,保证了产品质量。同样是精粉的产品,外省必须在 4~6 个月内销售完,而在富源县可以存放 1 年以上不变质。

2 魔芋的生态特征

“富源魔芋”叶柄长 30~60 cm,表面有不规则墨绿色斑块;叶片为大型复叶,掌状全裂;地下块茎近球形,直径为 3~10 cm;块茎薯肉为白色。

3 富源县栽培魔芋的优势

3.1 生产基地有保障

富源县是魔芋的最适生长区之一,全县有 2.1 万 hm^2 耕地适宜魔芋种植,占全县总耕地面积的 64.9%。富源县是中国魔芋之乡,“全国魔芋种植基地重点县(14 个)”和“全国魔芋原料加工基地重点县”,且已经成为全国魔芋良种繁育基地和产品集散中心。从 2004 年召开的第三届全国魔芋种植基地建设经验交流暨经贸洽谈会以来,富源县委、县政府结合绿色经济战略目标要求和魔芋生产的特点,把发展魔芋产业作为增加农民收入的一大特色产业来培育,制定落实扶持发展政策,魔芋种植面积不断扩大(2004 年种植 2 400 hm^2),2009 年有种植面积 6 783 hm^2 ,实现产值 3.01 亿元。

3.2 科技推广有支撑

富源县与云南农科院采用县院共建方式建立了云南省农科院富源魔芋研究所,还与云南农业大学植保学院、云南省植物重点病理实验室、云南师范大学生物所等单位开展了广泛的技术合作,现已有部分自主知识产权可用于魔芋生产与科研。魔芋种芋软腐病防治研究获 2003 年度曲靖市农业局科技推广成果一等奖。已有 4 项研究成果获市政府和曲靖市科技局、云南省农业厅的科技成果和推广成果奖,例如《魔芋防病栽培技术应用研究》、《两年制垄作免耕栽培技术》、《生物多样性保种技术》等。

3.3 产品有市场

富源县魔芋产品种类多,有芋种、干片、魔芋精

粉、魔芋微粉、魔芋胶、魔芋膳食纤维、魔芋胶囊、魔芋片剂、魔芋素食、魔芋仿生食品等,品质较好。魔芋胶和魔芋精粉 2 个产品已通过中华人民共和国绿色食品发展中心的绿色食品验证。

3.4 科学栽培有方法

富源县人民在长期的生产实践中充分掌握了魔芋的生长习性,常将魔芋在房前屋后或竹林下零星种植,充分满足魔芋喜阴蔽、温暖、湿润环境条件及土质、水肥要求。通过选择最适生长区栽培,采用轮作,培育无病小型整薯作芋种,推广无公害魔芋栽培技术、有机魔芋栽培技术、2 年制栽培技术,集中连片的大田种植技术,形成了富源魔芋甘聚糖含量高,富含氨基酸及多种营养物质,综合性状好、抗病性强、抗倒伏性较好、块茎膨大、产量高等优良特点。

4 魔芋产业发展现状

4.1 基本建设稳步发展

富源县从当地实际出发,积极探索市场牵龙头、龙头带基地、基地联农户的经营模式,努力提高规模效益。魔芋种植逐渐向老厂、富村等优势产区集中,已初步形成“一乡一业、一村一品”的格局。全县种植魔芋上千亩的有富村镇的水井村委会、亦佐村委会,老厂乡的黑克村委会、迤得黑村委会等,形成了一批魔芋种植专业村。

4.2 龙头企业建设步伐加快

富源县境内有总投资 1 340 万元的光华魔芋开发有限公司(下设富村魔芋加工厂和东堡脱硫精粉厂)。该公司拥有初加工、深加工 3 条生产线,年产加工干片 2 100 t、普通精粉 1 300 t、纯化粉及魔芋胶粉 600 t,可消化商品芋 17 000 t。产品主要销往广州、上海、深圳、台湾等地。

4.3 病害防治能力明显提高

据 2002 年调查数据,富源县魔芋综合发病率为 35.4%,综合损失率为 21.5%,严重制约了魔芋产业发展和农民的增收。因此,从 2002 年下半年开始,富源县植保站针对魔芋软腐病进行了大量的调查,立项研究并通过市级专家论证。魔芋防病栽培技术研究项目经过一年多的时间,初步掌握了魔芋软腐病的发生规律和防治办法,并及时指导农户进行有效防治,将其发病率控制在预期目标以下。2003 年 9 月 3 日,由富源县科技局主持,邀请市、县农业部门的有关专家和领导对第一阶段工作进行田间验收,认为该项目有一定创新性和实用性,魔芋病害综

合防治技术在曲靖市居领先地位,填补了全市魔芋软腐病防治的空白,经过采取生物防治、化学防治等综合技术措施,最终防治效果达 80.6%。

5 魔芋产业发展存在的问题

5.1 种植规模较小,商品芋基地建设困难多

除老厂乡、富村镇魔芋连片种植多,种植面积也较大外(两乡镇种植面积约为 1 600 hm²,占全县种植面积的 75%),其它乡镇基本处于零星种植状态。

5.2 市场培育不力,缺乏有序的原料市场

在富源县至今没有一个成规模、运作有序的高规格交易市场,市场调节作用未能有效发挥。受前年、去年全国性阴雨寡照气候影响,魔芋产量大幅度下滑,原料供应严重不足,引发了多年来少有的原料争购热潮,有约 70%~80%的干芋片流出市外(主要流入四川、湖南等),且价格上扬,鲜芋由 2001 年平均 0.8 元/kg 猛涨至 2003 年平均 1.8 元/kg,干芋片由 2001 年的 8 元/kg 涨到 2003 年的 15 元/kg。富源县对于原料的抢购认识不足,未能及时出台相关政策加以防范,结果由于外地客商大量进入抢购,一度造成哄抬价格、本地企业与外地企业争夺原料、小芋烤片等混乱现象。

5.3 加工企业处于起步阶段

企业流动资金不足,贷款困难,生产处于不饱和状态;加工产品仍以初级原料为主,产品单一;魔芋产业招商引资成效不大。富源县现有的 1 家魔芋加工企业(光华公司)成立于 1997 年,当时投资 200 多万元,虽经 5 年的发展,但企业总资产增幅不到 50%,现在的总资产仅有 250 万元。

6 发展建议

6.1 扩大种植规模

要改变种植规模比较零星的格局,应加大投入科学技术含量,做到种植规模、水平与产业发展要求相适应。

6.2 形成有序的市场环境

避免原材料外流,加强对原材料的采购认识,及

时出台相关政策加以防范,以免出现大量抢购,造成哄抬价格、本地企业与外地企业争夺原料、小芋烤片等混乱现象。

6.3 以魔芋种植带动经济发展

随着社会的进步及人民物质生活水平的提高,人们对食品的消费更注重绿色营养保健。魔芋具有低热、低脂肪的特点,联合国卫生组织把魔芋食品认定为“宝贵的天然保健食品”。随着魔芋食用、药用及工业用途的深入研究开发,魔芋产品不但未来市场前景广阔,而且近年来一直供不应求,价格不断上涨。农民种植魔芋平均产值在 52 500 元/hm² 左右,纯收入 30 000 余元,其经济效益远高于种植玉米、烤烟等其它作物。魔芋产业是富源县的优势产业,种植魔芋已成为农村脱贫致富的一条有效途径,农民积极性高,基础好,产业发展后劲足。

7 小结

魔芋产业是富源县具有带动山区农民致富和极具开发前景的特色产业。在魔芋产区芋农增收致富的示范带动下,广大农民种植魔芋的积极性越来越高,全县魔芋基地建设呈现良好的发展势头,魔芋产业成为农民增收致富的又一支柱产业。

富源县魔芋产业虽然有了较好发展,农民得到了较多实惠,但也还存在着轮作周期较长、病害防治困难、种源退化、科技含量不高、产业投入不足、发展后劲不强、市场培育滞后、产品效益偏低等困难和问题。在今后的工作中,应深入研究魔芋产业可持续发展问题,在种植轮作、品种选育、病害防治、龙头带动、市场开拓等方面狠下功夫,努力把魔芋产业做大做强,促进农民持续增收。

参考文献:

- [1] 黄明荣. 魔芋栽培技术[J]. 农家科技旬刊, 2014(10): 32-33.
- [2] 牛义, 张盛林, 王志敏, 等. 中国魔芋资源的研究与利用[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2005(5): 56-60.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.031

汤河国家湿地公园建筑景观设计的地域性尝试

吴明伟

(国家林业局昆明勘察设计院,云南 昆明 650216)

摘要:通过对山东省汤河国家湿地公园科普宣教系统详细规划中建筑景观设计的总结,以设计实例阐述了既能反映地域文化气息,又能与湿地环境有机结合的建筑设计理念。将建筑景观设计与传统地域文化有机结合,使湿地建筑具有地域文化特征。

关键词:湿地公园;建筑景观设计;地域文化;汤河国家湿地公园

中图分类号:S759.91;TU986.2;Q178.513 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2016)02-0141-04

Regional Trial of Architectural Landscape Design of Tanghe National Wetland Park

WU Mingwei

(Kunming Institute of survey and Design, State Forestry Bureau, Kunming 650216, China)

Abstract: Through the detailed planning of science education system in the construction of landscape design in Shandong Tanghe National Wetland Park, the paper describes architecture design concept not only reflected the regional culture, but also combined with the wetland environment. The design of architectural landscape combined with the traditional regional culture can make the wetland architecture full of regional culture characteristics

Key words: Wetland Park; architectural landscape design; regional culture; Tanghe National Wetland Park

湿地公园的建筑,其最根本的目的主要是通过建筑造型以及建筑室内外空间的设计向公众展示湿地生态环境,同时还向公众宣传保护湿地生态环境的重要性与必要性。湿地公园内的建筑作为湿地的一部分,不但承担着其“建筑”所特有的功能,同时还应发挥出湿地建筑的人文景观功能。也就是说,建筑其实也是湿地公园另一层面上的景观。成功的湿地建筑设计,将会为湿地公园增添别具特色的靓丽景观。

1 我国湿地公园建筑设计成功典范借鉴

目前,我国湿地公园建筑设计中已经或正在实

践的大部分建筑,均是从建筑的生态性方面入手,也就是建筑与湿地环境的有机融合。其共同点都是强调建筑与自然环境的自然协调性,即建筑的生态属性。其中最具代表性的实践就是已建成的杭州西溪湿地科普研究展示中心。该建筑以其先进的设计理念使之成为湿地建筑设计的成功典范,对我国湿地建筑的设计具有较好的示范作用。该设计将建筑所依附的整个山丘山体作为拟建建筑的载体,几乎将整个科普研究展示中心的建筑主体完全“埋”入自然形状的山丘之中,让人很难从外观上看出其建筑的痕迹,整个建筑与湿地地貌融为一体,体现了建筑景观与湿地的自然和谐,体现了建筑的生态性特征。

收稿日期:2016-03-02.

作者简介:吴明伟(1972-),男,高级工程师。主要从事建筑设计及自然保护区规划设计等工作。

2 汤河国家湿地公园建筑景观设计的地域性尝试

湿地公园的建筑设计,除了需要注重自然生态属性之外,还应该注重地域性的结合。一般广义上所说建筑的地域性,是指建筑与其所处地域环境的地形、地貌及气候等自然环境相适应的一种特性,它与建筑所在地的自然环境、社会环境和文化环境存在密切的关联性。建筑的地域性不仅仅体现在建筑要满足环境的需求,同时还需满足不同人群的物质需求和精神需求,不同文化和时代发展的需求,建筑技术和建筑材料的需求等。

本文所讨论的建筑地域性,则主要是通过建筑体现其所处地域的文化特质而实现的。

2.1 设计背景概况

本文主要是围绕山东汤河国家湿地公园科普宣教系统详细规划来展开的。山东汤河国家湿地公园位于山东省临沂市,距离临沂市约 21 km,距离汤河镇政府约 3 km。湿地公园南面邻接沭河,北面距 342 省道(程子河大桥)1 km。汤河国家湿地公园科普宣教系统详细规划用地范围沿汤河西岸,全长约 8.3 km。规划用地面积为 183.2 hm²。用地现状为水体、林地、滩涂、农业用地、建设用地、公路用地。周边有多个村庄沿河建设,河岸外以农田为主。湿地资源丰富,类型多样。湿地类型为三大类、五小型,以河流湿地为主,人工及沼泽湿地为辅。湿地公园内植物种类丰富,山东银莲花和宽蕊地榆是山东特有种。动物资源丰富,鸟类众多。

汤河国家湿地公园科普宣教系统详细规划方案主要分为 3 个区域,即生态汤河展示区、“汤河之眼”展示区和运河胜景展示区(图 1)。

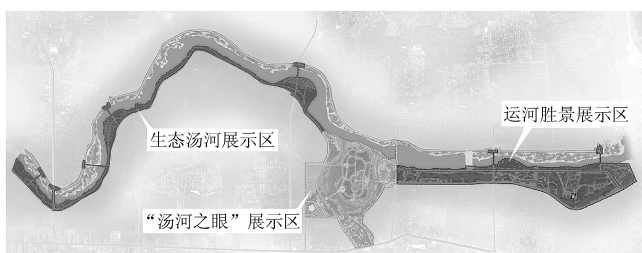


图 1 规划布局

Fig. 1 Planning layout

生态汤河展示区依托汤河原有植物群落、天然

河道、芦苇丛生的沙洲、森林茂密的三角洲、土壤肥沃的滩涂,以展示汤河自然风貌为主;总面积 37.5 hm²。“汤河之眼”展示区通过人工模拟建设,将不同湿地类型集中在此地进行展示,结合临沂海棠,形成自身特色文化,是湿地公园的展示窗口;总面积 82.6 hm²。“运河胜景”展示区结合场地中人工池塘、净化池、水产养殖场、农田、苗圃等展示人工湿地,设置户外活动、露营、采摘等场所,增强参与性;总面积 77.1 m²。

本文中建筑景观设计的地域性尝试内容包含海棠博物馆、游客管理中心及主入口大门、小品建筑等,均为“汤河之眼”展示区中的建设内容。

2.2 湿地公园建筑景观地域性设计

2.2.1 海棠博物馆设计

文化是建筑的根源和灵魂所在,建筑设计要有意识地在地域性文化中寻找灵魂及元素,寻求建筑设计与地域文化的有机结合,有了文化内涵的充实才能让湿地建筑具有灵魂和精神。沂州海棠是沂蒙地区特有的花卉精品,以其历史悠久、文化底蕴深厚、花期长、花色艳而美享誉中外。据史志记载,临沂市在明清时期即有沂州海棠的栽植,经过多年种植培育,利用本地特有的木瓜嫁接而成了沂州海棠。该花花期长,从现蕾到凋落可达 1 月有余。花姿潇洒,艳丽动人,为花中之最。其色、态、香俱佳,为历代文人墨客所青睐。也正是因为沂州海棠在沂蒙地区的广泛分布及其较大的影响力,沂州海棠成为了山东省临沂市的市花。

海棠博物馆规划位置处于汤河湿地公园主入口广场前端,位置较突出,是整个公园景观视线的起点,也是重要的聚焦点。博物馆设计的灵感正是来自沂州海棠优美的花瓣花姿(图 2)。

造型设计将博物馆设计为花瓣形状,博物馆的平面形状犹如一朵盛开在汤河湿地环境中的海棠花。博物馆整个平面为 2 个同心圆,内圆为中心大厅兼展厅,可以组织及引导人流。外圆 5 个花瓣形的空间为主题展厅,分别为海棠文化展厅、湿地展厅和多媒体宣教中心等空间。设计充分利用临沂市海棠文化对汤河湿地公园的巨大影响力,同时考虑到湿地中水环境对建筑的影响,采用了大量的幕墙结构,让整个花瓣建筑呈现出晶莹剔透的感觉(图 3)。

白天,湿地水面将博物馆建筑多姿多彩的身影倒映在水中,让建筑犹如水中花摇曳在清澈的水中。

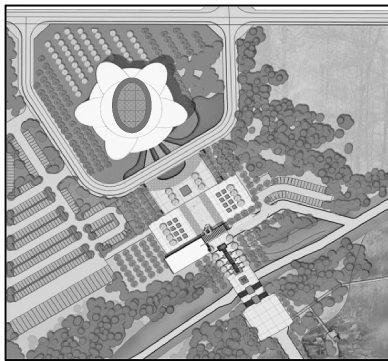


图 2 海棠博物馆

Fig. 2 Haitang Museum

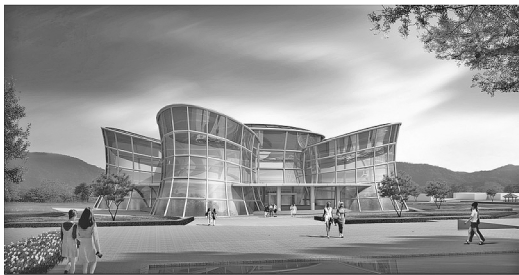


图 3 博物馆造型

Fig. 3 Museum modeling

淡蓝色的玻璃,以及四周如画般优美的自然风景在建筑玻璃镜子中的映像,起伏变化的建筑体型,恍若湿地绿色中若隐若现的海市蜃楼。夜幕降临时,博物馆像一个晶莹剔透的玻璃花瓣,在多彩灯光的映衬下,发射出奇异的光芒,美轮美奂。自然的湖面是建筑物天然的背景,而建筑却是湿地的一道亮丽风景。这也正是湿地建筑体现地域文化而产生的巨大魅力,而地域文化则赋予湿地建筑无穷无尽的生命力。海棠博物馆建筑设计通过对文化的诠释,使得建筑本身极其自然地拥有了地域性特征。

2.2.2 游客管理中心及主入口设计

一般来说,公园的主入口是连接内外空间体系的重要部分,是整个公园各个环境空间体系的开端,也是公园内外相邻两个环境空间的过渡点和承接点。它具有明显的引导和提示作用。因此,醒目也就成为了入口的特征。

由于湿地公园入口区域承担着湿地公园的服务功能、管理功能、交通集散功能,因此设计将入口大门、游客管理中心以及入口集散广场结合起来,使其具备较明显的整体感与开阔感(图 4)。

主入口区域围绕着整个湿地公园管理服务功能



图 4 公园入口

Fig. 4 Park entrance

而展开,体现出公园内外部交通便利性以及管理服务功能便捷性。设计通过在入口岗亭采用海棠花瓣造型处理,使之与博物馆造型形成自然呼应,并紧扣临沂海棠文化主题,进一步强化建筑的地域性特征(图 5)。

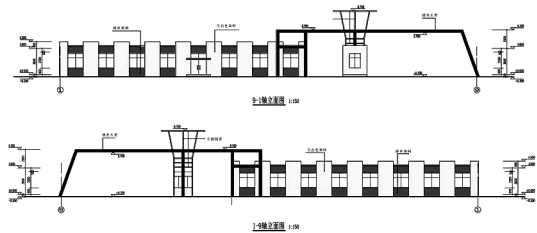


图 5 入口岗亭

Fig. 5 Watch house entrance

游客管理中心是湿地公园的信息中心,集宣传教育、导游服务、集散换乘、咨询投诉、医疗安保、演艺购物、监控监管等功能于一体。建筑外墙立面采用当地土墙的色彩及肌理,让建筑具有明显的地域特征。而游客管理中心及入口大门前的广场则作为连接湿地公园及海棠博物馆的过渡空间,承担着游客集散及引导功能。

2.2.3 小品建筑景观设计

湿地公园中的小品建筑景观的地域性设计成功与否,在很大程度上取决于建筑小品能否体现出自然、生态及地域文化特征。而要体现出地域文化特征,在小品建筑景观设计时,首先需要着重考虑当地民居建筑普遍使用的材料等硬件性物质文化对小品建筑设计的影响。同时,还要有选择地灵活运用地方民居建筑材料,使小品建筑能有机融入当地环境中而不会显得突兀。这样设计出来的小品建筑,一方面能体现节能环保的原则,同时还能够让地域文化在湿地建筑设计中得以充分释放与展示。

在汤河国家湿地公园内部卫生间等小型建筑设

计时,在建筑墙体及屋顶材料、色彩的选择上,采用与当地独具特色的民居相一致的材料,就地取材,外墙为环保自然的土坯墙,屋顶敷设茅草,具有较强的地方特色(图 6)。



图 6 小型建筑设计

Fig. 6 Small architectural design

在电瓶车停靠站设计时,积极响应节能环保的号召,尝试采用从其他拆除建筑中挑选出可用木材,经过防腐处理后作为框架材料,然后采用当地民居

使用的茅草作为屋顶装饰覆盖材料。这样使得小品建筑在湿地公园环境中不但显得自然协调,同时通过废物利用,较好地体现了节约能源和清洁环保的设计理念。显然,在湿地公园小型建筑及小品建筑的设计中,通过将地域文化与建筑设计的有机结合,使小品建筑不但充满浓郁的地域色彩,还能为湿地公园增添新的建筑文化景观。

3 结语

通过对山东汤河国家湿地公园科普宣教系统详细规划中建筑景观设计的地域性尝试,进一步强调了建筑地域文化与湿地自然环境的关联性与共生性。建筑中地域文化的体现,从精神上给人以较强的归属感。建筑的地域性是建筑赖以生存的根基,而地域性的体现则依赖于文化内涵。如果建筑师在湿地建筑的设计中能够把地域文化与建筑设计有机结合起来,让地域文化赋予湿地建筑精神食粮,就能设计出具有地域特色的湿地建筑,为湿地增添光彩。

参考文献:

- [1] 王升. 建筑文化的地域性[J]. 安徽建筑,2006(2): 22-24.
- [2] 何镜堂. 百家讲坛: 建筑设计中的地域、文化和时代特性[Z].
- [3] 国家林业局昆明勘察设计院. 山东汤河国家湿地公园科普宣教系统详细规划[Z].

(上接第 123 页)

的雨水,增加水资源量,最大程度地实现雨水二次利用显得尤为重要。目前,在公园道路、广场铺装等铺设生态型透水材料在株洲市已得到较普遍应用。今后应致力于探索更多的集雨型绿地雨水收集利用途径,努力实现雨水的循环利用。这一目标的实现,将是株洲市园林绿化建设的又一里程碑。

参考文献:

- [1] 李俊奇,车伍. 城市雨水问题与可持续发展对策[J]. 城市环境与城市生态,2005,18(4):59.

- [2] 李惊,徐析. 分散式城市雨水生态管理景观策略研究[J]. 建筑与文化,2014(10):103-105.
- [3] 闫攀,车伍,赵杨,等. 绿色雨水基础设施构建城市良性水文循环[J]. 风景园林,2013(2):32-38.
- [4] 苏义敬,王思思,车伍,等. 基于“海绵城市”理念的下沉式绿地优化设计[J]. 南方建筑,2014(3):39-43.
- [5] 张伟,车伍,王建龙,等. 利用绿色基础设施控制城市雨水径流[J]. 中国给水排水,2011,17(4):22-27.
- [6] 胡倩,孙静,曹礼昆. 城市雨水景观设施的建设与改造[J]. 中国园林,2007,23(10):66-72.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2016.02.032

大理州湿地保护管理现状与对策

施 雯

(大理州湿地保护管理中心,云南 大理 671000)

摘要:介绍云南省大理州湿地保护管理现状。对面积萎缩和破碎化,污染严重、管理机制不健全、资金投入不足、保护与开发间矛盾突出等湿地保护管理中存在的相关问题进行分析。藉此提出认真落实湿地保护建设的各项法规政策,健全湿地管理体制和保护体系,开展环境综合整治,实施湿地污染治理,加大经费投入力度等对策与建议。

关键词:湿地;保护管理;管理体制;保护体系;污染治理;合理利用;大理州

中图分类号:S750;Q178.513 文献标识码:B 文章编号:1671-3168(2016)02-0145-04

Protection and Management Status of Wetland and Its Countermeasures in Dali Prefecture

SHI Wen

(Wetland Protection and Management Center of Dali Prefecture, Dali, Yunnan 671000, China)

Abstract: This paper introduces the current status of wetland conservation and management in Dali Prefecture, Yunnan Province. The existing problems in the management of wetland protection, such as wetland area shrinking and fragmentation, serious pollution, unsound management mechanism, inadequate funding, contradictions between protection and development and other related issues are analyzed in the paper. Countermeasures and suggestions to conscientiously implement the laws and regulations on wetland protection and construction, sound system of wetland management and protection system, carry out comprehensive environmental remediation, control wetland pollution, increase funds and so on also been put forward.

Key words: wetland; protection and management; management system; protection system; pollution control; rational utilization; Dali Prefecture

1 基本情况

大理州地处云南省西北部,湿地数量多、分布广,区域差异显著,生物多样性十分丰富。云南省六大国际国内河流中,有金沙江、澜沧江、怒江和红河四大河流横穿境内,其支流漾濞江、弥苴河、漾弓江、雪山河等大小河流 160 多条,呈羽状分布在全州 12

个县市境内,区位极为重要,有着较高的国际、国家生态地位。根据全省第二次湿地资源调查,大理州湿地总面积为 59 639.14 hm²,占国土面积的 2.0%。其中自然湿地 45 816.12 hm²,占总面积的 76.8%,位居云南省各州(市)第二位(表 1)。

据统计,全州自然湿地受保护面积 29 214 hm²,自然湿地保护率达 63.76%,保护率高于全省

收稿日期:2016-03-09.

作者简介:施雯(1971-),女,云南大理人,工程师。从事资源林政及湿地保护管理工作。

表 1 大理州湿地资源概况

湿地类	河流 湿地	湖泊 湿地	沼泽 湿地	人工 湿地	合计
面积	16602.1	28620.37	593.65	13823.02	59639.14
占比/%	27.8	48.0	1.0	23.2	100

平均水平。在保护湿地中,海拔 1 800 m 以上的高原湿地面积为 27 502.12 hm²,占湿地总面积的 46%,主要有洱海、剑湖、茈碧湖、海西海、西湖、草海、云龙天池等主要高原湖泊。大理州湿地动植物资源丰富。根据调查,有湿地高等植物 606 种;记录有湿地动物 300 多种。

2 湿地保护管理现状

2.1 依法依规开展湿地保护管理

《云南省大理白族自治州湿地保护条例》在 2012 年 10 月 1 日颁布施行,是云南省第一家州(市)级湿地保护条例,《云南省大理白族自治州洱海保护管理条例(修订)》2014 年 6 月 1 日施行,将洱海管理范围从湖区保护延伸到整个径流区,扩大了洱海保护范围;科学制定湿地保护规划,先后制定《大理州湿地保护规划(2015—2025 年)》、《洱源县湿地保护总体规划》、《洱源西湖国家湿地公园总体规划》、《鹤庆草海湿地保护总体规划》、《剑湖省级湿地自然保护区总体规划》、《宾川县上沧海生态湿地恢复保护及开发建设总体规划》,为湿地保护管理提供科学依据。

2.2 保护管理工作不断得到增强

加强了保护管理机构建设,大理州成立湿地保护管理中心,洱源县、鹤庆县、剑川县相继成立湿地保护管理局,大理市成立洱海保护管理局,建立了洱海国家重要湿地,申报了洱源西湖和鹤庆东草海 2 个国家湿地公园试点。洱源西湖国家湿地公园经过 5 年试点建设,于 2015 年 12 月正式通过国家林业局试点验收,这是继红河哈尼梯田国家湿地公园之后,云南省第二个通过验收的国家湿地公园。建立了剑川剑湖省级湿地自然保护区。大理市招聘湿地管理人员 1 366 名,负责洱海滩地和入湖河道的常年管护,洱源县在洱河流域 6 乡镇成立了环保工作站。

2.3 切实加大湿地保护宣传

利用“洱海保护月”“世界湿地日”、“爱鸟周”、

“野生动物保护宣传”等开展多种形式的宣传教育活动。从 2009 年起,州委、州政府把每年 1 月定为洱海保护月,在洱海流域共入户宣传 18.84 万户,发放宣传资料 57.91 万份,参与人数达 19.39 万人次,投入资金 979.28 万元。洱源县在每年九月“保护西湖·洁净家园”活动周,组织干部群众参加疏挖河道、清运垃圾等活动,制作 30 多块永久性宣传标牌,发放宣传册 13.5 万册,并与当地农户签订《生态文明建设责任书》6.8 万份。印发《幸福大理 美丽湿地》5 万册,扎实开展湿地保护教育进校园、进家园活动,全州校园共播放广播 1 107 次,校园网刊登湿地信息 37 条,办黑板报 23 012 期次、宣传栏 2 317 期次,制作标语 1 001 条。举办“苍山情洱海缘”为主题的“爱鸟周”野生鸟类摄影作品展,参展的作品有 72 幅,近 2 000 余人次观展。增强了全社会了解湿地、保护湿地的生态意识。

2.4 切实加大保护资金投入

“十一五”以来,大理州累计投入湿地保护建设资金 20 多亿元,实施了大理洱海、洱源西湖、剑川剑湖、鹤庆草海等湿地的保护与恢复项目。投入 2.8 亿元,实施了洱海湿地公园恢复建设、湖滨带生态修复、罗时江入湖河口湿地恢复、环湖污染源综合治理等项目。投入 1 亿多元实施了洱源茈碧湖饮用水源地湿地建设及湖滨带修复工程等项目。投入 5 500 万元实施了鹤庆草海湿地恢复、农业湿地管护区建设、草海湿地范围界定、清淤开挖、湿地绿化提升等项目。剑川县建成污水处理厂一座,集中处理和净化入湖的城镇生活污水,并配套建设 4 km² 的人工湿地,保护剑湖水质。大理市积极探索湿地生态补偿机制,每年安排 300 多万元,对 4 000 余名渔民进行生活补助。积极向上争取洱海湿地建设中央资金 1 157 万元,洱源西湖建设中央资金 950 万元,鹤庆县东草海建设中央资金 800 万元,剑川剑湖湿地建设中央资金 619 万元。

3 存在的问题

3.1 面积萎缩和破碎化

1) 天然湿地转变成农用耕地。如宾川县鸡足山镇上沧海湿地,由于居住在周边的群众进行围湖造田而导致面积剧减,由历史上控制水面 400 余 hm² 到现在湖心区仅剩 30 余 hm²,减少了 92%。

2) 湿地生态系统结构遭到破坏。如剑湖出水口的海尾河,由于湿地生态结构遭到破坏,造成湿地的大量缩减。

3)水土流失导致湿地面积缩减。如鹤庆草海湿地四周都是山地,石漠化问题较为严重。

4)城市化建设房地产开发挤压湿地面积。如洱海天域、国际生态城、洱海龙湾等项目,其他县也有类似情况,且日趋严重。

3.2 污染严重

农业面源、养殖业、渔业、小手工、旅游以及村落污染为大理州湿地的主要污染来源。相关资料显示,剑川县剑湖流域四周每年施用农药化肥数量为 3 230 万 t,使剑湖水水质富营养化;鹤庆草海湿地的面源污染主要原因是草海附近农田施用化肥,以及银饰品加工产生的废水。洱源县是全州养殖大县,有乳牛 6.6 万头,乳牛养殖一年产生的粪便达 60 多万 t。另外,湿地区域客栈修建、游船和游客产生的大量垃圾造成严重的旅游污染。村庄垃圾、生活污水经各种途径最终进入湿地,湿地污染较为严重。

3.3 管理机制不健全

大理州目前除了洱源、鹤庆、剑川外,其他县(市)林业主管部门均未成立湿地保护管理机构。其次,湿地在管理中存在多个部门都同时管理情况,湿地管护涉及林业、环境保护、水务、农业、科技等相关部门,部门与部门之间的配合、协调依然不够,到现在还没有形成有效的协调机制和数据资源共享机制;加之各部门在各自职责范围内开展湿地保护相关工作,职责不清,职能交叉的情况依然存在,难以按照湿地生态系统完整性、系统性管理的要求有序推进湿地保护工作。

3.4 保护建设资金投入不足

中央财政湿地保护补助项目覆盖面小,保护区难以有长期的资金支持作为保障。省级层面的保护补助资金量也不足。由于州、县财力有限,而湿地保护与治理是长期的过程,治理好转后还须要有有效的保护措施,要有大量专项资金作保障。据统计,目前大理州的湿地保护管理资金没有按规定列入县级财政预算,州级财政预算每年也只有 100 万元。湿地建设资金缺乏。

3.5 保护与开发之间矛盾突出

国土、农业划定的基本农田红线在历史上曾经是湿地区域或者湿地缓冲区以内,是全州湿地难以开展退化湿地修复的重要原因之一。如宾川上沧海因为周边群众围垦,整个湖区已经减少了 92%;西草海州级自然保护区没有缓冲区,造成湖区与农地短兵相接的情况。湿地周边人口密集、开发利用强度高,工农业生产、交通建设、电力设施、围垦、生态

旅游等,导致湿地环境破碎,对水禽栖息、迁徙构成威胁。加之湿地多头管理,湿地开发利用呈现一种无序状态。此外,大理州属少数民族聚居地,生产力水平总体偏低,湿地保护和开发之间矛盾突出。

4 对策与建议

4.1 认真落实湿地保护建设的各项法规政策

进一步加快法规与制度建设。认真贯彻落实国家林业局《湿地保护管理规定》、《云南省湿地保护条例》、《云南省大理白族自治州湿地保护条例》、《云南省大理白族自治州洱海保护管理条例》、《云南省大理白族自治州洱海海西保护条例》、《云南省巍山彝族回族自治县红河源保护管理条例》、《鹤庆县草海湿地自然保护区管理办法》、《剑川县剑湖保护管理规定》等法律法规和规章制度,加强湿地立法和执法力度,完善大理州湿地保护法规体系。科学划定湿地保护红线,明确具体的保护范围和界线,建立、健全湿地生态红线管制原则和管理措施,建立湿地生态补偿制度,逐步在大理市、洱源县、鹤庆县和剑川县开展湿地生态补偿试点、退耕还湿试点,适时制订出台湿地生态补偿办法。

4.2 科学区划湿地生态功能,健全完善全州湿地保护体系

科学区划湿地生态功能,将全州划分为:中北部高原湖泊湿地生物多样性保育区,包含大理、洱源、剑川、鹤庆 4 县(市);西部河流湿地水源涵养与生态系统保护与恢复区,包含永平、云龙、漾濞 3 个县;南部河流湿地源头水土保持与综合治理区,包含南涧、巍山 2 个县;东部库塘湿地保护与综合利用区,包含宾川、弥渡、祥云 3 个县,加强区内湿地资源的保护和利用规划,促进天然湿地的恢复。

健全完善全州湿地保护体系,开展洱海湿地申报国际重要湿地,剑湖省级重要湿地申报国家重要湿地,洱源茈碧湖、鹤庆草海州级保护区申报省级保护区等相关湿地申报工作。湿地公园方面,做好洱源西湖、鹤庆东草海 2 个国家湿地公园建设工作;配合省级重要湿地认定,启动一般湿地认定工作,制定一般湿地认定标准,设立湿地界标。

4.3 实施湿地污染治理,开展环境综合整治

入湖河流污染治理主要采取河流生态廊道建设和治理、退田还湿、缓冲带构建等措施。生活污染治理主要通过农村环境综合整治工程,建设环卫站、污水处理系统等,从源头上解决水质污染问题。对农业面源污染主要通过推行生态农业,调整种植结构

等进行控制。深入实施洱海生态环境保护试点项目,为河道治理探索出一条清水产流新机制。切实进行洱海流域村庄‘两污’治理,建设村落污水收集处理系统、截污管网系统、户用小型“三格式”人畜粪便处理系统。开展环境综合整治,对重要区域如洱海、西湖、剑湖等重要湿地实施网格化管理。

4.4 理顺管理体制,提升管理提升

根据《大理州湿地保护条例》规定,州、县(市)人民政府林业主管部门负责组织、指导和监督本行政区域内的湿地保护管理工作。除已成立湿地管理局的洱源、鹤庆、剑川 3 县外,其他县市要建立相关湿地保护管理机构,整合州级和县市湿地保护管理职能职责。林业、环保、水务、农业、科技等部门要加强部门间配合、协调,形成有效的协调机制和数据资源共享机制,有序推进湿地保护管理工作。

4.5 建立资金保障机制,加大湿地保护经费投入力度

依据《云南省人民政府关于加强湿地保护工作的意见》(云政发[2014])44 号),按照分级负责的原则,各级政府要将湿地保护工程建设资金纳入各级财政预算。多方筹资,通过争取中央和省级财政湿地保护补助资金、生态补偿性财政转移支付、建立湿地保护专项资金等方式,加大湿地保护的资金投入力度。创新管理体制,积极探索社会参与湿地保护的投入机制,大理州引入四川桃花源基金会在鹤庆西草海建立全国首家湿地社会公益型保护地,积极引导社会公益资金,拓宽投入湿地建设的融资渠道,建立多方参与的管理体系,探索政府监督、社会组织参与管理的创新保护模式,建成由社会公益资金支持的全国可示范的湿地社会公益型保护示范项目。这个项目不仅是云南湿地保护模式的一种新尝试,更有潜力成为云南、西南地区、甚至国家层面上湿地保护的示范。

4.6 正确处理好保护与合理利用的关系

针对大理州湿地系统的特点,兼顾生物多样性

等因素,以保护好湿地为前提,开展合理利用。通过建设湿地型的自然保护区、国家湿地公园等方式把湿地资源保护好。积极推动建立湿地生态效益补偿制度,在恢复其环境,修复其水体、生态及生物链的基础上予以合理利用。出台湿地开发利用的相关规范,结合发展湿地生态经济,总结一套行之有效的可持续利用的有效模式。开展生态水产养殖、高效生态农业、农牧渔综合利用试验、湿地生态旅游等可持续利用示范区,创新资源利用方式,发展相关的水文化创意旅游,提升其吸引力和利用效益。

5 结语

实践证明,只有切实加强湿地资源保护管理,将保护湿地法制化,健全完善湿地保护管理体系,全州的湿地资源才能得以巩固、发展、壮大,才可以稳定增长,在改善好民生的同时更好地保护好现有的湿地。

参考文献:

- [1] 国务院. 国务院办公厅关于加强湿地保护管理的通知[Z]. 2004.
- [2] 国家林业局. 湿地保护管理规定[Z]. 2013.
- [3] 云南省人民政府. 云南省湿地保护条例[S]. 2002.
- [4] 大理州人民政府. 云南省大理白族自治州湿地保护条例[S]. 2012.
- [5] 大理州林业局. 云南省大理州湿地资源调查报告[R]. 2014.
- [6] 大理州林业局. 大理白族自治州湿地保护规划(2015-2025)[Z]. 2014.
- [7] 何辉,王锦,王楠,等. 和顺湿地生态适宜性评价[J]. 林业调查规划,2015,40(2):54-58.
- [8] 耿满,李玥,马国强. 鹤庆国家湿地公园建设的意义[J]. 林业调查规划,2015,40(2):59-61.

《林业调查规划》投稿指南

《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。

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4 000~8 000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: 作者署名不超过5人,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200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:hm²、m²、dm²、cm²;体积单位:m³、l、ml;质量单位:t、kg、g、mg;时间单位:a、d、h、min、s。

1.9 数字的写法: 凡是可以使用阿拉伯数字且很得体的地方,均应使用阿拉伯数字;公历世纪、年代、年、月、日均用阿拉伯数字。年代不能简写。

1.10 参考文献: 只列出作者直接阅读过并已公开发表的主要文献,未发表的著作、论文集、内部资料不列入参考文献范围。采用顺序编码制,即按文中出现的顺序连续编号,并用阿拉伯数字加方括号标于文中适当位置的右上角,并与文末参考文献序号对应一致。著录格式如下:①期刊:[序号]

作者(3人以上须满足3人后加等)。篇名[J]。刊名,年,卷(期);起止页码。②图书:[序号]作者。书名[M]。出版地:出版单位,出版年;起止页码。③论文集:[序号]作者。篇名[A]。编著者。论文集名[C]。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[A],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>)认真阅读本刊投稿指南中的各项说明,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。另外,来稿所在当期期刊出版后,本刊将寄赠作者2册。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。

7)编辑部地址:650051,云南省昆明市盘龙区人民东路289号,云南省林业调查规划院《林业调查规划》编辑部(电话:0871-63318347;Email:ynfip@vip.163.com;传真:0871-63318347)。

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”



峡谷地貌



国内定价：20.20元（全年120.00元）
Price(abroad): 5.00 dollars(30.00 dollars yearly)

广告经营许可证号：5300004000093

ISSN 1671-3168

