

荒田湖林场檫木人工林径级结构和空间分布格局研究

赵昌高¹, 金超², 许元科¹, 王志高^{3*}, 吴初平³, 焦洁洁³, 袁位高³, 廖瑜俊¹, 侯建花⁴

(1. 景宁畲族自治县生态林业发展中心, 浙江景宁 323500; 2. 浙江农林大学林业与生物技术学院, 浙江杭州 311300; 3. 浙江省林业科学研究院, 浙江杭州 310023; 4. 景宁畲族自治县自然资源和规划局, 浙江景宁 323500)

摘要 2017年,在景宁县荒田湖林场的檫木(*Sassafras tzumu*)人工林中建立1个50 m×50 m固定监测样地,进行了群落调查,并在2年后进行了复查。结果表明,共记录到乔木树种6种,分别是檫木、黄檀(*Dalbergia hupeana*)、白栎(*Quercus fabri*)、迎春樱(*Cerasus discoides*)、山合欢(*Albizia kalkora*)和枫香(*Liquidambar formosana*)。从空间结构来看,该样地的林分混交程度差,分化不明显,林分呈均匀分布。通过分析环境因子对檫木胸径生长的影响,发现样地内只有土壤土层厚度对檫木生长有显著影响。为了促进檫木生长,亟需对该林分进行密度调控,并注意加强土壤管理。

关键词 檫木;径级结构;格局分析;空间分布格局

中图分类号 S758.5 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)19-0124-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.19.032



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Diameter Class Structure and Spatial Distribution Pattern of *Sassafras tzumu* Plantation in Huangtianhu Forest Farm

ZHAO Chang-gao¹, JIN Chao², XU Yuan-ke¹ et al (1. Ecological Forestry Development Center of Jingning She Autonomous County, Jingning, Zhejiang 323500; 2. Institute of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Hangzhou, Zhejiang 311300)

Abstract In 2017, we set up one 50 m × 50 m plot in *Sassafras tzumu* plantations of Jingning Huangtianhu forest farm. We conducted a community survey in this plot, and a review was conducted after 2 years. The results showed 6 tree species were recorded, of which the dominant species were *S. tzumu*, *Dalbergia hupeana*, *Quercus fabri*, *Cerasus discoides*, *Albizia kalkora* and *Liquidambar formosana*. The forest stands, lack of dominant species, was an uniform distribution with low mixed degree. Analyses of soil effects on the DBH growth of *S. tzumu* only showed a significant effect of soil layer thickness. In order to promote the growth of *S. tzumu* plantation in Jingning Huangtianhu forest farm, the density of the plantation should be regulated in time, and the soil management should be strengthened.

Key words *Sassafras tzumu*; Diameter class structure; Pattern analysis; Spatial distribution pattern

檫木(*Sassafras tzumu*)又名檫树,主要分布于中国浙江、江苏、安徽等省区,在适生区10~15年即可成材^[1]。檫木作为亚热带常见的阔叶树种,木材优良、耐久且纹理细致,并具有速生和抗病虫害的优点,是优良的造船和上等家具用材树种之一^[2-3]。由于春花黄色和秋叶红色的特性,檫木也作为风景园林树种被致力推广。阔叶林具有改良土壤、保持水土、增加肥力和提高森林资源多样性等优点,故研究檫木人工林的营造具有十分重要的现实意义。

分析森林空间分布格局有助于理解森林群落建立、发展、死亡和演替等生态过程^[4-6],对制定科学合理的森林经营策略具有重要意义^[7]。林分空间结构决定树木之间的竞争情况及生态位,影响林分结构的稳定性、发展的可能性和经营空间大小^[8]。精确的信息在森林可持续经营中起着重要作用,所以空间结构研究显得尤为重要^[9]。近年来,有大量关于空间结构指数的研究^[10-13],并广泛应用于森林空间结构分析^[14-15]。

目前,国内关于檫木的研究主要集中在其生境特征和生态位^[16-18]、混交林培育^[19-21]以及动态变化^[22-23]等方面,但对檫木人工林的径级结构和空间分布格局变化的研究鲜见报道。通过研究浙江省景宁县荒田湖林场檫木人工林的径级结构和空间分布格局2年动态,分析环境因子对檫木生长的

影响,旨在更好地了解其林分结构特征变化,为檫木人工造林及经营提供理论依据。

1 研究地概况与研究方法

1.1 研究地概况 荒田湖林场(119°41'43.89"~119°45'50.36"E, 27°54'21.04"~27°59'02.71"N)位于浙江省景宁畲族自治县南部,场部距景宁县城14 km,海拔750 m,经营总面积1 186 hm²,森林覆盖率98.81%。荒田湖林场地处亚热带季风区,属武夷山系洞宫山脉,整个地貌属于浙南中山区,以深切切割山地为主。土壤为山地土壤,主要是黄壤和红壤两大类,土层与腐殖质层均较深厚。气候属中亚热带季风气候,温暖湿润,雨量充沛,四季分明,光热水气条件良好,年平均气温为12.8℃,年降水量1 918 mm,年平均相对湿度80%以上。

1.2 研究方法 研究地所在檫木人工林位于荒田湖林场分人岙林区6林班2、4小班,面积4.47 hm²,1988年种植,密度975株/hm²,种植后无经营史。2017年,在对檫木人工林进行全面踏查的基础上,设置了一个50 m×50 m的典型固定监测样地,将样地划分为25个10 m×10 m的小样方,进行乔木层(胸径≥5 cm)的调查。对样地内乔木层进行编号和每木调查,记录各树种的种名、胸径、树高、冠幅、枝下高等测树因子,以及每株树的位置坐标(x,y)。同时,利用GPS仪和罗盘仪记录样地的海拔、坡向、坡度、坡位。在每个小样方内,测量土壤深度、凋落物厚度、凋落物盖度和岩石裸露度等生境因子。同时,取0~20、20~40、40~60 cm的混合土500 g,取样重复3次,共计75个土样,测定pH以及全氮、全

基金项目 景宁县科技计划项目“浙西南森林群落特征与森林质量提升技术研究”(2017A01)。

作者简介 赵昌高(1973—),男,浙江景宁人,工程师,从事野生动植物资源保护与管理工作。*通信作者,副教授,博士,从事森林生态学研究。

收稿日期 2020-03-27

磷和有机质等含量。2019 年对该样地进行复查,对样地内原记录物种进行胸径、树高等测定,并记录死亡状况。

1.3 分析方法 利用样地调查的胸径数据进行径级结构分析,并对胸径生长和环境因子进行多元线性回归分析,找出影响檫木生长的主要因素。林分的空间结构分析以空间结构单元为基础,采用混交度、大小比数和角尺度 3 个参数,分别描述树种空间隔离程度、林木大小分化程度和林木水平分布格局^[24]。树种混交度(M)分为 0.00(零度混交)、0.25(弱度混交)、0.50(中度混交)、0.75(强度混交)、1.00(极强度混交)。大小比数(U)分为 1.00(绝对劣势)、0.75(劣势)、0.50(中)、0.25(亚优势)、0.00(优势)。角尺度(W)分为 0.00(绝对均匀)、0.25(均匀)、0.50(随机)、0.75(不均匀)、1.00(集聚)。以上 3 个参数在 forestSAS^[25] 包中计算完成。

表 1 檫木人工林乔木层 2017 年和 2019 年物种组成
Table 1 Species composition of arbor layer of *S. tzumu* forest in 2017 and 2019

树种 Species	密度 Density//株/hm ²		平均胸径 Average breast diameter//cm		重要值 Important value//%	
	2017 年	2019 年	2017 年	2019 年	2017 年	2019 年
檫木 <i>Sassafras tzumu</i>	924	880	17.2	17.5	86.2	85.8
黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	40	40	9.8	11.3	5.5	5.7
白栎 <i>Quercus fabri</i>	16	16	9.7	11.0	3.5	3.6
迎春樱 <i>Cerasus discoidea</i>	16	16	10.0	10.8	2.6	2.6
山合欢 <i>Albizia kalkora</i>	4	4	13.2	14.8	1.1	1.2
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	4	4	7.9	9.3	1.1	1.1
总计 Total	1 004	960	16.6	17.0	100	100

2.2 径级结构变化 由图 1 可知,2 年的檫木种群径级分布并无明显变化,径级>10~20 cm 的个体出现了减少,径级 20 cm 以上的檫木有所增加。整体来看,檫木乔木层的胸径

以上分析均在 R 3.6.0 中进行^[26],且利用 ggplot2^[27] 进行数据可视化。

2 结果与分析

2.1 物种组成 由表 1 可知,调查样地共记录到乔木层植物物种 6 种,2017 年的林分密度为 1 004 株/hm²,平均胸径为 16.6 cm,其中檫木密度为 924 株/hm²,平均胸径为 17.2 cm,占较大的优势(重要值为 86.2%),其次数量较多的是黄檀,密度为 40 株/hm²,平均胸径为 9.8 cm。其余为白栎和迎春樱的 16 株/hm²、山合欢和枫香的 4 株/hm²,重要值分别占 3.5%、2.6%、1.1%和 1.1%。2019 年,檫木的密度下降到 880 株/hm²,平均胸径上升到 17.5 cm,重要值略有下降(85.5%),但檫木依然为优势种。

径级呈现右偏正态型分布,其中,>15~20 cm 径级个体数量最多。相反,檫木以外的树种主要集中在胸径 15 cm 以下,径级>10~15 cm 的个体有所增加。

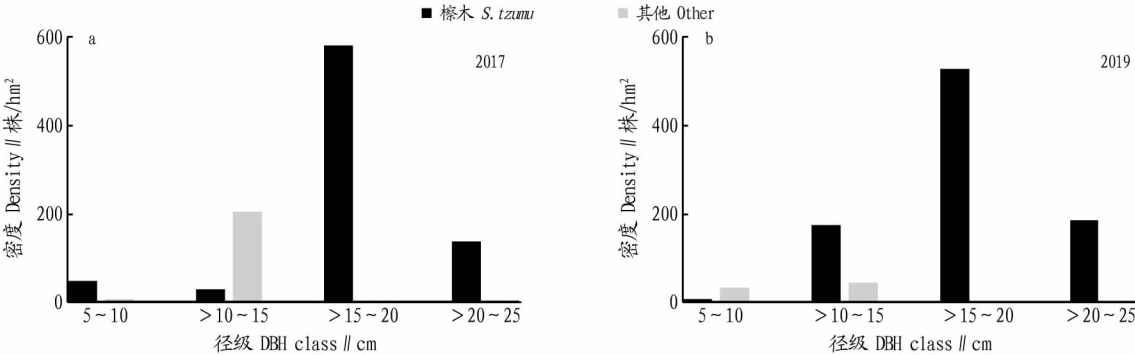


图 1 檫木种群 2017 年和 2019 年的径级分布
Fig.1 DBH class of *S. tzumu* in 2017 and 2019

2.3 空间格局分析 由图 2 可知,2017 年林分的平均混交度为 0.08($\bar{M}=0.08$),林分内零度混交的频度达 82%。林分的平均大小比数($\bar{U}$)为 0.49,频率分布比较平均,林分处于中庸状态。 $\bar{W}=0.50$ 等级的分布频率(51%)最大, $\bar{W}=0$ 和 $\bar{W}=1.00$ 等级的分布频率分别为 2%和 1%, $\bar{W}=0.75$ 和 $\bar{W}=1.00$ 的林木株数比例(14%)低于 $\bar{W}=0$ 和 $\bar{W}=0.25$ 的林木株数比例(35%),林分的平均角尺度($\bar{W}$)为 0.44。2019 年的空间格局分析结果与前一次调查结果并没有明显变化。

2.4 环境因子对檫木生长的影响 表 2 显示环境因子对檫木胸径生长的影响,结果发现除了土层深度对檫木生长有显

著影响外,其他因子对檫木生长影响均不大。

3 结论与讨论

景宁县荒田湖林场檫木人工林乔木层仅有 6 种树种,分别为檫木、黄檀、白栎、迎春樱、山合欢和枫香,檫木占主要优势,重要值为 86.2%。林分结构简单,除檫木是人工种植外,其余均有可能是当地原有树种恢复而来。2 年后的复查结果显示檫木依然占据优势地位(85.5%),群落结构没有明显变化。以上结果说明该人工林在发展过程中保持比较好的稳定性,檫木在成林后对光照条件的竞争具有优势,具有较显著的优势,是主林层的主要树种。

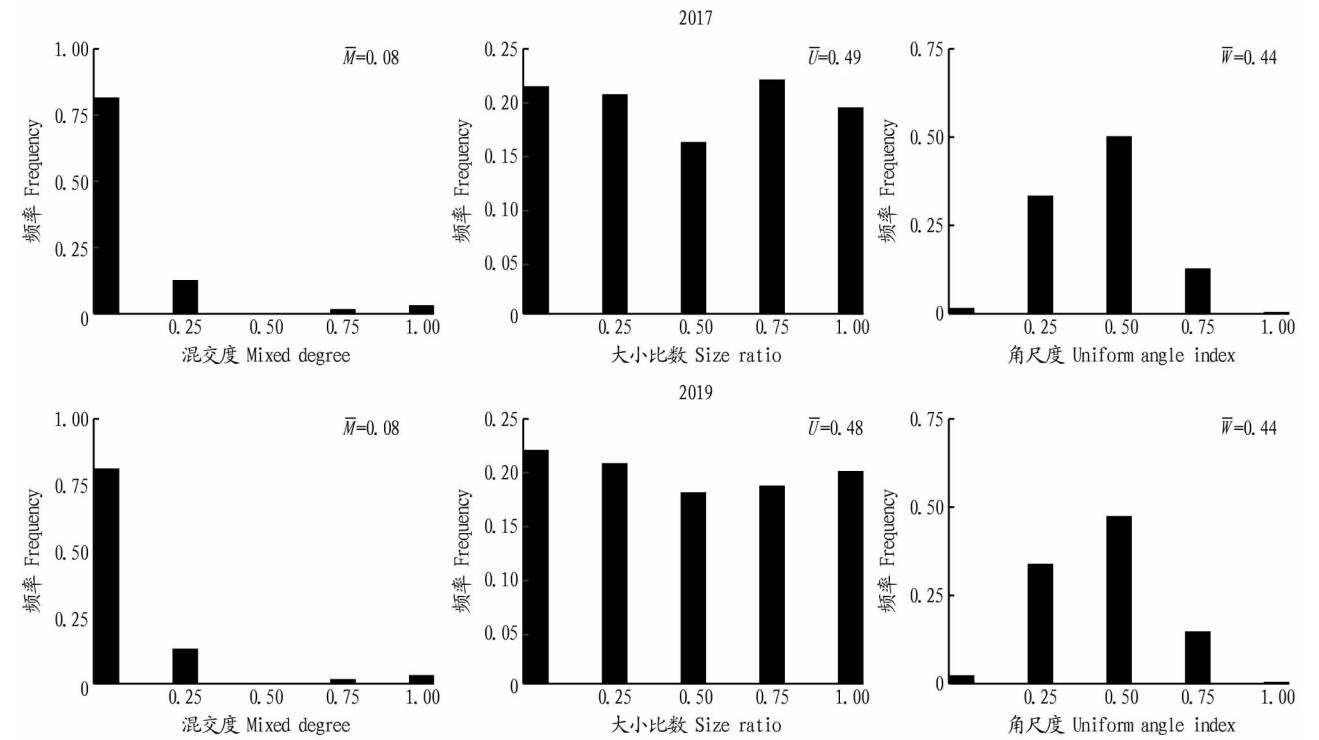


图2 檫木种群 2017 年和 2019 年空间分布格局
Fig. 2 Spatial pattern of *S. tzumu* in 2017 and 2019

表2 环境因子对檫木胸径生长的线性回归分析

Table 2 Linear regression analysis of environmental factors on DBH growth of *S. tzumu*

项目 Item	回归系数 Regression coefficient	标准差 Standard deviation	T	P
全磷 Total phosphorus//g/kg	-44.589	50.124	-0.878	0.326 8
全氮 Total nitrogen//g/kg	27.124	53.629	0.511	0.598 9
有机质 Organic matter//g/kg	-7.849	51.335	-0.169	0.837 7
pH	19.526	49.885	0.391	0.697 5
土层深度 Soil depth//cm	-133.255	49.356	-2.688	0.005 4 * *
凋落物厚度 Litter thickness//cm	13.589	66.268	0.325	0.758 4
凋落物盖度 Litter coverage//%	29.552	62.958	0.455	0.633 5
岩石裸露率 Rock exposure rate//%	14.198	17.596	0.689	0.438 4

注: * * 表示 0.01 水平显著差异
Note: * * represented a significant difference at 0.01 level

该林分在 1988 年种植,密度 975 株/hm²,至 2017 年檫木仍然保留了 924 株/hm²,檫木平均胸径为 17.2 cm,至 2019 年檫木密度为 880 株/hm²,檫木平均胸径为 17.5 cm。研究表明,在江苏高淳丘陵地区 30 年生檫木人工林的平均胸径约为 27.8 cm^[28]。该研究样地檫木胸径生长低于高淳丘陵地区的同龄林分,海拔可能是原因之一。该林地海拔为 1 060 m,远高于高淳丘陵地区(约 200 m),研究表明在海拔 1 000 m 以上山地檫木的胸径和树高生长量显著低于海拔 1 000 m 以下的山地^[17]。该林地种植后无经营史可能是另外一个原因。从檫木密度看,1988—2017 年枯死檫木仅为 51 株/hm²,但最近 2 年枯死的檫木株数达 44 株/hm²。在檫木生长的中前期,树冠宽度随林龄增加而不断增大^[29],该样地近 2 年枯死的檫木株数急剧增加,说明该林分自疏现象^[30]已经非常明显,迫切需要适当间伐给予檫木更多的生长空间。

缺乏经营的影响也体现在该林分的空间结构上。2017 年该林分的平均混交度为零度混交($\bar{M}=0.08$),且林分内 82% 为零度混交,说明样地内林分的混交程度很差。林分的平均大小比数($\bar{U}$)为 0.49,频率分布比较平均,林分处于中庸状态,说明檫木虽然在林分中占优势,但是林木分化较小。角尺度 $\bar{W}=0.50$ 等级的分布频率(51%)最大,说明林分内一半的林木属于随机分布; $\bar{W}=0$ 和 $\bar{W}=1.00$ 等级的分布频率分别为 2% 和 1%,说明绝对均匀和聚集分布的个体都比较少。 $\bar{W}=0.75$ 和 $\bar{W}=1.00$ 的林木株数比例(14%)低于 $\bar{W}=0$ 和 $\bar{W}=0.25$ 的林木株数比例(35%),说明林内均匀分布单元多于不均匀分布结构单元。林分的平均角尺度($\bar{W}$)为 0.44,说明檫木人工林的分布格局基本以均匀分布为主^[24]。人工林最初的造林密度与配置格局等人为因素决定其格局^[31],但对人工林进行密度调控后,其空间分布会由均匀分布变为随机分布^[32]。同时,人工林生长的中后期,邻体竞争、生境

条件等因素也会影响其林分结构^[31]。该檫木人工林的均匀分布格局表明,该林分在未经经营的情况下自然更新对其空间格局配置优化效果甚微。

除了海拔和人工经营史,研究还表明土壤厚度和养分也会影响檫木生长^[16]。通过分析该样地环境因子对檫木胸径生长的影响发现,样地内除土壤厚度外,其他因子如营养元素的含量、pH 及凋落物等对檫木的生长影响不大,说明该片林地立地条件相对较好,在后期檫木人工林的管理过程中,可以适当减少肥料的使用,但是为了促进檫木生长,亟需对该林分进行密度调控,并注意加强土壤管理。

参考文献

[1] 郑万钧. 中国树木志[M]. 北京:中国林业出版社,2004.

[2] 陈喜友. 檫木不同混交方式生长情况研究[J]. 安徽林业科技,2015,41(4):9-11.

[3] 柳江,洪伟,吴承祯,等. 天然更新檫木林竞争规律研究[J]. 江西农业大学学报,2001,23(2):240-243.

[4] HAASE P. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K-function; Introduction and methods of edge correction[J]. Journal of vegetation science, 1995, 6(4): 575-582.

[5] LI H, LAIHO R, BINKLEY D. Spatial pattern analysis in plant ecology[J]. Forest science, 2001, 47(1): 119-121.

[6] LEGENDRE P, FORTIN M J. Spatial pattern and ecological analysis[J]. Vegetatio, 1989, 80(2): 107-138.

[7] 叶芳,彭世揆. 种群空间分布理论的发展历史及其现状[J]. 林业资源管理,1997(6):55-58.

[8] 惠刚盈,胡艳波. 混交林树种空间隔离程度表达方式的研究[J]. 林业科学研究,2001,14(1):23-27.

[9] POMMERENING A. Approaches to quantifying forest structures[J]. Forestry: An international journal of forest research, 2002, 75(3): 305-324.

[10] HEGYI F. A simulation model for managing jack-pine stands[M]//FRIES J. Growth models for tree and stand simulation. Stockholm, Sweden: Department of Forest Yield, Royal College of Forestry, 1974: 74-87.

[11] GADOW K V, BREDEKAMP B V. Forest management[M]. Pretoria: Academic Press, 1992.

[12] 惠刚盈,克劳斯·冯佳多. 森林空间结构量化分析方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,2003.

[13] CRESSIE N. Statistics for spatial data[J]. Terra nova, 1992, 4(5): 613-617.

[14] POMMERENING A. Evaluating structural indices by reversing forest

structural analysis[J]. Forest ecology and management, 2006, 224(3): 266-277.

[15] KINT V, VAN MEIRVENNE M, NACHTERGALE L, et al. Spatial methods for quantifying forest stand structure development: A comparison between nearest-neighbor indices and variogram analysis[J]. Forest science, 2003, 49(1): 36-49.

[16] 孙杰杰,江波,吴初平,等. 浙江省檫木林生境与生态位研究[J]. 生态学报,2019,39(3):884-894.

[17] 孙洪刚,姜景民,万志兵. 海拔和坡向对北亚热带檫木天然次生林生长、空间结构和树种组成的影响[J]. 东北林业大学学报,2017,45(4): 8-13.

[18] 孙杰杰,江波,朱锦茹,等. 应用生态位模型预测檫木在浙江省的潜在适生区与主导环境因子[J]. 东北林业大学学报,2020,48(2):1-6.

[19] 黄文超,黄丽莉,马尾松-木荷混交造林效果的调查研究[J]. 林业科学研究,2004,17(3):316-320.

[20] 刘楠楠,刘佳,张明月,等. 湖南桃源洞国家级自然保护区台湾松+檫木群落特征[J]. 植物资源与环境学报,2017,26(4):84-92.

[21] 吴敏. 杉木二代萌蘖林与檫木混交造林技术初探[J]. 安徽林业科技,2019,45(4):30-32.

[22] 董丽丽,李娜,万志兵,等. 檫木种群数量动态分析[J]. 分子植物育种,2019,17(8):2717-2723.

[23] 周晓平. 人工杉木林内 18a 生檫木生长规律研究[J]. 河北林业科技,2018(3):26-28.

[24] 胡艳波,惠刚盈,戚继忠,等. 吉林蛟河天然红松阔叶林的空间结构分析[J]. 林业科学研究,2003,16(5):523-530.

[25] 柴宗政. 基于相邻木关系的森林空间结构量化评价及 R 语言编程实现:以秦岭中山带典型次生林为例[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2016.

[26] TEAM R C. R: A language and environment for statistical computing[M]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

[27] WICKHAM H. ggplot2[J]. Wiley interdisciplinary reviews: Computational statistics, 2011, 3(2): 180-185.

[28] 孙秀春,梁玉全. 高淳丘陵地区檫木生长过程分析[J]. 江苏林业科技,2018,45(3):30-32,37.

[29] 万志兵,李秀芹,刘成功,等. 不同发育阶段檫木人工林树高、胸径与树冠结构关系的动态关系分析[J]. 基因组学与应用生物学,2017,36(1):331-339.

[30] 蒙鸣涛. 森林自疏过程中密度变化规律的研究[J]. 吉林农业,2014(1):30,32.

[31] PALUCH J G. The spatial pattern of a natural European beech (*Fagus sylvatica* L.)-silver fir (*Abies alba* Mill.) forest: A patch-mosaic perspective[J]. Forest ecology and management, 2007, 253(1/2/3): 161-170.

[32] 胡凌,商侃侃,张庆贵,等. 密度调控对香樟人工林林木生长及空间分布的影响[J]. 西北林学院学报,2014,29(2):20-25.

(上接第 123 页)

开发利用条件进行赋分,最终对该森林公园的风景资源质量等级进行定量化和科学化评定,得到评定结论:九紫省级森林公园符合国家二级森林公园风景资源标准,其风景资源价值和旅游开发价值较高。

评定结论可为该森林公园的开发建设提供有效指导,评分不足之处在规划中应作为重点进行建设。但须认识到,该定量评价方法在指标上仍然主要停留在主观层面,赋分时主观因素起到很大作用,在日后对该森林公园的规划和建设中,应充分结合公园实际情况进行规划,同时在规划前期应充分进行森林公园开发的 SWOT 分析,认清九紫森林公园开发的优劣势以及机遇挑战,并做好市场调查及前景预估,在保证森林公园生态可持续发展的前提下进行保护性开发。

参考文献

[1] 夏冬波三脉斋. 中国秦汉史研究会会长王子今一行来周瑜故里庐江考[EB/OL]. [2020-01-05]. http://blog.sina.com.cn/s/blog_456a70c70

101ngno. html.

[2] 李杨. 澄城尧头窑遗址的保护与发展研究[D]. 西安:西北大学,2013

[3] 王艳. 山岳型森林公园规划建设中的性质定位研究[D]. 泰安:山东农业大学,2007.

[4] 王娜,黎森. 贵港平天山国家森林公园旅游资源评价与分析[J]. 广西农学报,2013,28(3):35-40.

[5] 朱琦,杨建斌. 关山森林公园的风景资源评价与开发[J]. 生物技术世界,2013(2):135-136.

[6] 林昌礼. 枫香彩叶新品种选育及繁殖技术研究推广[D]. 杭州:浙江农林大学,2011.

[7] 王传华. 鄂东南马尾松林枫香林更替过程及其主要影响因素分析[D]. 北京:北京林业大学,2010.

[8] 茹雷鸣,张燕雯,姜卫兵. 榉树在园林绿化中的应用[J]. 广东园林,2007(6):50-52.

[9] 王蕾. 旅游开发对福州国家森林公园自然生态环境的影响及对策研究[D]. 北京:北京林业大学,2004.

[10] 郭艺晨. 庐江县综合示范区景观提升探讨[D]. 合肥:安徽农业大学,2017.

[11] 张理英. 广西阳朔国家森林公园生态旅游开发研究[D]. 桂林:广西师范大学,2007.

[12] 欧阳勵志,廖为明,彭世揆. 论森林风景资源质量评价与管理[J]. 江西农业大学学报,2004,26(2):169-173.