

GIS支持下的会稽山区香榧种群生境特征

王小明¹, 周本智¹, 曹永慧¹, 王珂^{2*}, 林国新³

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 浙江大学 农业遥感与信息技术应用研究所, 浙江 杭州 310029; 3. 福建省尤溪县林业局, 福建 尤溪 365100)

摘要:香榧为我国特有的珍贵经济树种,是近年来发展较快、经济效益最好的经济林树种之一。以RS、GIS技术为工具,利用研究区高分辨率IKONOS遥感影像、数字高程模型、土壤图和实地调查等资料,探索会稽山区香榧种群生境特征。结果表明,香榧分布对地形因子的选择性强,96.2%的香榧分布在300~600 m高度带上,93.6%分布区坡度介于10°~30°;香榧对光照需求较高,74.4%分布于阳坡和半阳坡。香榧分布区母岩类型主要为酸性凝灰岩,香榧对土壤肥力要求较高,75.2%的分布区土壤有机质含量大于2%,61.6%的分布区土层厚度大于70 cm,最适宜的土壤类型为山地黄泥土和黄泥土。通过香榧核心区和对照区气候资料的对比分析,阐明香榧核心区的气候特征与分配模式,证实香榧核心区的小气候与香榧生长发育关键时期的气候需求的高度匹配。研究结果为香榧的引种、扩种和区划提供理论依据,对其产业化发展和可持续利用具有重要意义。

关键词: GIS; DEM; 香榧; 空间格局; 会稽山区

中图分类号: S791.53; S718.54⁺2 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2010)03-0523-05

A GIS - based Study on the Habitat Characteristics of Chinese torreyia in Kuaiji Mountains

WANG Xiao-ming¹, ZHOU Ben-zhi¹, CAO Yong-hui¹, WANG Ke^{2*}, LIN Guo-xin³

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry Sciences, Fuyang 311400, China; 2. Institution of Remote Sensing & Information System Application, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 3. Forest Bureau of Youxi County, Fujian Province, Youxi 365100, China)

Abstract: *Chinese torreyia* (*Torreyia grandis* cv. *Merrillii*) is a rare economic tree in China, which is extended rapidly and has significant economic value. The habitat characteristics of *Chinese torreyia* in Kuaiji Mountains were analyzed with a series of data, such as IKONOS imagery, Digital Elevation Model (DEM), soil and field survey data based on GIS. The results showed that *Chinese torreyia* exhibited high selectivity of topographical factors, 96.2% occurred at the elevation belts between 300~600 m, 93.6% grew on the slopes between 10°~30° and 74.4% belonged to sunny or half-sunny slopes. The parent rock type of the distribution area was mainly acidic tuff. *Chinese torreyia* had a high requirement for soil fertility and the most suitable soil type was mountain yellow earth and yellow earth. The distribution area with soil organic matter content higher than 2% accounted for 75.2% of the total area and 61.6% of soil thickness was larger than 70 cm. By comparing the analysis of climate data between core area and control area, the climatic characteristics and distribution

收稿日期: 2010-01-21 修回日期: 2010-03-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30671212)、国家“十一五”科技支撑重大项目(2006BAD03A1806)和中国林科院中央级公益性科研专项(CAFYBB2008006)

作者简介: 王小明(1978-),男,助理研究员,硕士,主要从事GIS应用和植物生态学研究, E-mail: rsfys@126.com;

*通讯作者: 王珂,研究员,博士生导师, E-mail: kwang@zju.edu.cn

pattern of core region were clarified, which indicated that the micro-climate characteristics in core region matched with its climate demands in several critical growth periods. These results have the potential value to provide guide information for its planting, zoning and sustainable development.

Key words: GIS; DEM; *Chinese torrea*; spatial pattern; Kuaiji Mountains

由于环境因素(如地貌、气候、土壤等)分布的不规则性和复杂性,导致植被分布的空间异质性。长期以来,通过生境因子差异来研究植被的空间分布规律,了解和掌握各种因素对植被的影响,成为国际上自然地理学、生态学等领域的重点研究方向之一^[1-3]。在我国,许多学者针对植被分布空间格局及其与环境因子之间的关系开展一系列的研究工作,并提出多种模式和解释性假说^[4-5],为科学认识植被空间分布及其对生境的选择策略提供科学依据。但对于广大山区来说,环境异质性强,各种生境因子空间变异很大,植被生境的定量研究受到空间定位、取样尺度和样本量等方面的影响,导致研究结果精度有限。近年来,GIS技术的出现为植被生境分析提供新的手段和方法。基于GIS技术支持下的环境梯度分析方法,使景观水平上的植被制图和生境特征定量研究有很大进展^[6-8]。珍稀植物是在特定的气候、地形、土壤等自然环境因子组合下形成的,其适宜生境特征具有高度的特异性。与一般性的植被生境研究相比较,由于其适生环境范围窄,生境选择与环境因子相互关系的定量研究需要更细化、更有特异性。

香榧(*Torreya grandis* cv. *Merrillii*)是我国特有的珍稀果树,属裸子植物红豆杉科榧属常绿乔木,是我国近年来发展较快、经济效益最好的名特优果树之一^[9]。近年来,研究人员对香榧高产优质与栽培管理、施肥、土壤和气候因子之间的关系开展一系列的研究工作^[9-12],这为香榧生境特征的定量研究提供了理论基础。本研究在GIS支持下,以地学数据库为基础,利用遥感数据、数字高程模型以及土壤、气象和实地调查等资料对会稽山区香榧种群生境及其与环境之间的关系进行分析。

1 研究区概况

会稽山位于浙江省东北部,跨绍兴、嵊州、诸暨等市,是浦阳江、曹娥江的分水岭。山体呈南西—北东走向,境内长约 90 km,宽约 30 km,地形起伏较大,平均海拔约 500 m,主峰东白山海拔 1 195 m,属亚热带季风气候区,年平均气温 16℃,年平均日照时数 1 900 h,年平均降水量 1 200 mm。土壤以地带性红壤和山地黄壤为主。研究区赵家镇位于会稽山西麓,东与绍兴县、嵊州市接壤,北纬 29°42′,东经 121°30′,是一个传统的农业大镇,也是著名“枫桥香榧”的主产地,香榧产量、质量均居全国首位,是全国香榧种质资源的自然保存中心^[9,13]。

2 数据与方法

2.1 研究数据

(1)空间数据。由于偏远山区的高分辨率遥感存档数据很少,本研究所用的遥感数据为 1999 年 12 月 29 日的高分辨率 IKONOS 遥感影像(全色波段 1 m,多光谱波段 4 m)。由于研究区香榧树均为高龄古树(平均树龄 200 年以上),长期以来生长缓慢而且空间分布很稳定^[13],因此采用 1999 年的遥感影像可以反映研究区香榧资源现状分布。其它空间数据包括研究区的 1:1 万地形图、1:5 万 DEM 和 1:5 万土壤图。(2)野外调查数据,2007 年 4—6 月对香榧集中分布区进行典型样地生境调查,分别记录每个香榧林地分布区的 GPS 坐标和地形地貌,并进行归档处理。(3)土壤数据。考虑到采样分布的均匀性和不同土壤类型上的均匀分布,于 2007 年 5 月在研究区典型地段共采集表层(0~20 cm)的土壤样品 36 个,各采样点均采用 GPS 定位并记录土层厚度。每个土样以一个取土点为中心,在 10 m 半径内取 5 点混合而成。样品自然风干,剔除样品中的植物根系、有机残渣以及可见侵入体,用木质工具捻碎并用玛瑙研钵研磨,分别过 20 目和 100 目尼龙筛。土壤有机质含量用重铬酸钾容量法测定^[14]。(4)气象数据,利用全自动小气候观测仪连续观测香榧核心产区(赵家镇钟家岭,海拔 400.0 m)2005—2007 年的小气候特征,以诸暨市国家级标准气象站气候资料(海拔 39.1 m)为对照,利用一元回归订正法将短时间序列的气象数据订正为长时间序列的气象数据^[15]。

2.2 研究方法

2.2.1 遥感影像处理和香榧分布制图 利用遥感图像处理软件 PCI, 首先用 PANSHARP 方法对全色和多光谱波段进行融合; 以研究区 1:1 万地形图作为参考数据, 选取均匀分布的 12 个控制点, 采用二阶双线性内插值法对 IKONOS 影像进行几何纠正, 纠正误差 (RMS) 小于 0.5 个像元。采用目视解译方法对融合后的 IKONOS 遥感影像进行香榧分布信息提取; 并选取不同的地被覆盖类型共 63 个实地对照点进行解译与精度检验。其中, 20 个点用于建立目视解译标志, 43 个点用于对分类结果进行符合性检验, 符合率达 89.6%, 在此基础上完成研究区香榧分布制图 (图 1)。

2.2.2 指标数据的空间提取 通过多年的研究表明, 影响香榧空间分布的因子有气温、降雨量、海拔高度、日照、土壤和坡向等^[9-12]。按照各主要生态因子对优质香榧生长的作用关系和作用程度, 本研究选取对香榧生长影响大、稳定性强的主导因子进行研究。

(1) 海拔分布图: 从研究区 1:5 万 DEM 直接获取香榧分布区的高程信息。

(2) 坡度、坡向分布图: 利用 GIS 的空间分析功能, 从 DEM 中获取坡度和坡向信息。并对坡向分 3 类 (取正北方为 0°, 按顺时针方向增加): 平地 (无坡向)、阳坡及半阳坡 (90°~270°)、阴坡及半阴坡 (0°~90°; 270°~360°)。

(3) 土壤类型图: 研究区土壤图是在 ArcGIS 支持下数字化获得, 分为 4 种类型: 黄泥土、山地黄泥土、石砂土和其他。

(4) 有机质含量、土层厚度分布图: 根据采样点数据, 运用普通 Kriging 插值方法, 获得研究区土壤有机质含量和土层厚度空间分布图。

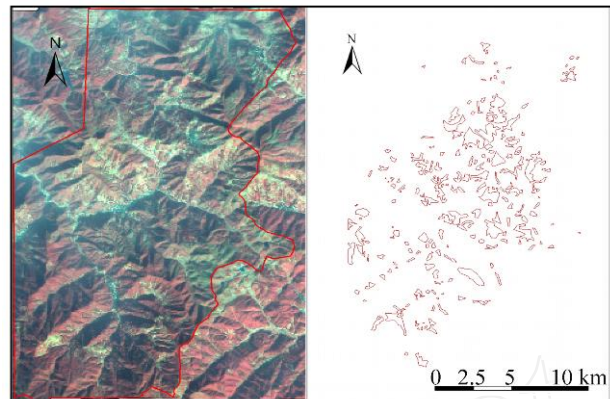
(5) 母岩类型图: 研究区地质图是在 ArcGIS 支持下数字化获得, 分为 3 种类型: 酸性凝灰岩、英安玢岩和脉岩。

2.2.3 空间叠置分析 将香榧分布图层与坡度图层、坡向图层、高程图层等生境因子分别两两叠置, 应用 GIS 中的空间分析功能, 研究香榧分布与生境因子的关系, 对香榧分布的生境特征进行统计 (表 1)。

3 结果分析

3.1 香榧生境分布的地形分异

海拔、坡度和坡向是衡量地形的 3 个主要属性特征, 也是决定植被生境其他要素分异 (如土壤、小气候和水文等) 的主导因子。利用香榧分布图和 DEM 数据进行分析, 建立起研究区内香榧在高程、坡度和坡向上的分布系列, 以期真实反映香榧地形分异特征。结果表明, 研究区香榧分布的高程梯度较为明显, 香榧自然分布海拔范围为 200~800 m, 其中 300~600 m 是其分布最集中的高度带, 占总数的 96.2%, 300 m 以下和 600 m 以上的高度带香榧分别占总数的 1.6% 和 2.2%, 平均高程为 476 m。地貌形态特征如坡度、坡向和各单元的组合情况与环境因子的形成及分布有着密切的相互关系。从表 1 可知, 香榧种群坡度分布范围是 6°~41°, 其中 93.6% 的香榧分布在坡度 10°~30°; 平均坡度为 22°。从坡向分布情况来看, 阳坡和半阳坡占总数的 74.4%, 表明香榧对光照要求较高。在会稽山区, 南坡日照比北坡更充足, 更易于满足植被开花授粉和果实膨大期要求有充足光照的条件; 南方上来的暖湿气流在南坡上抬升后更容易形成降水, 故温、湿条件也比北坡更好。从野外调查情况来看, 南坡香榧比北坡香榧



(a) IKONOS 影像 (b) 目视解译方法提取的香榧空间分布图
(a) IKONOS image (b) Spatial distribution map resulted from visual interpretation
图 1 研究区香榧空间分布

Fig 1 Spatial distribution of *Chinese torryea* in the study area

生长得更好,南坡比北坡更适宜于香榧分布。由此可见,香榧分布区坡度较缓,光照条件较好,加上会稽山区植被茂盛,生物作用强而流失作用弱,土层较深厚,土壤肥力发展快,养分保存多,有利于满足香榧对土壤肥力的需求。

3.2 香榧分布与土壤及母岩性状的关系分析

将栅格化的香榧分布图与栅格化土壤性状分布图进行叠加分析,计算香榧在每种土壤类型上的分布数量,以每种土壤香榧分布百分比表示该土壤的生长适宜程度。结果表明,香榧分布区的土壤主要类型为山地黄泥土、黄泥土和石砂土,三者共占总数的 93.9%。其中山地黄泥土和黄泥土母质为凝灰岩风化物,全土层 50~80 cm 厚,土壤肥力好,有机质含量高,两者占总数的 57.0%,是最适宜香榧生长的土壤类型。石砂土母岩为各种岩石风化残积体,处于丘陵山地的陡坡,侵蚀严重,全土层不足 30 cm,酸性强,重石质土,占总数的 36.9%,这类土壤对香榧的生长有一定的不利影响。香榧对土壤肥力要求较高,75.2%的香榧分布区土壤有机质含量 2%以上,61.6%的香榧分布区土层厚度大于 70 cm。香榧最适宜的母岩类型为酸性凝灰岩(88.9%),其次为英安玢岩(10.7%)。研究结果表明,香榧的分布与土壤和母岩性状密切相关。

3.3 香榧分布区小气候特征分析

为了分析研究香榧适宜生态条件,我们对研究区不同地域的气象条件进行全面考察和综合分析。利用多年气象数据分析比较香榧核心区与对照区在香榧生长发育的关键阶段包括开花授粉期(4月11日—4月30日)、速生膨果期(5月1日—6月30日)和内部充实期(7月1日—8月31日)的小气候特征,香榧生物学特性研究表明,4—6月为香榧的开花授粉和生理落果期,要求气候温暖,少雨足照,气候温暖。7—9月为果实充实期和雄花芽分化期,要求气候温凉,降水偏多,忌高温干旱危害^[9-13]。由表 2 可知,在香榧生长的关键期,核心区和对照区两地小气候因子的分配模式差异显著。和对照区相比,香榧分布核心区小气候特征表现为常年空气湿度大、夏季温凉多雨、2—3月份降水偏多、4—6月份降水偏少的小气候特征,尤其是 7—8月份期间 >35 的高温天数比对照区少 31 d。研究结果证实香榧核心区的小气候与香榧生长发育关键时期的气候需求高度匹配,这也是长期以来香榧在此集中分布的重要原因之一。

表 1 香榧种群分布的生境特征

Tab 1 Habitat characteristics of Chinese torreyia in study area

地形因子 Topographical variables	分级标准 Classification standard	香榧面积比例 / % Chinese torreyia area ratio
海拔高度 / m Altitude	< 300	1.6
	300 ~ 600	96.2
	> 600	2.2
坡度 / Slope	< 10	3.9
	10 ~ 30	93.6
	> 30	2.5
坡向 Aspect	平地	0.1
	阳坡 / 半阳坡	74.4
	阴坡 / 半阴坡	25.5
土壤类型 Soil type	黄泥土	19.4
	山地黄泥土	37.6
	石砂土	36.9
	其他	6.1
母岩类型 Parent rock type	凝灰岩	88.9
	英安玢岩	10.7
	脉岩	0.4
土层厚度 / cm Soil depth	< 30	14.7
	30 ~ 70	23.7
	> 70	61.6
土壤有机质 / % Soil organic matter	< 1	4.3
	1 ~ 2	20.5
	> 2	75.2

表 2 香榧不同生长阶段关键时期的气候需求

Tab 2 Climate requirements of Chinese torreyia in several critical growth stages

生长阶段 Growth stage	气象指标 Meteorological index	统计 Statistics	
		核心区 Core area	对照区 Control area
开花授粉期 Flowering and pollination period	日平均温度 >15	11	16
	雨量 /mm	65	93
速生膨果期 Fast - growing period	雨量 /mm	289	332
	内部充实期 Internal substantial period	日平均温度 >15	7
	雨量	156	146

4 结 论

利用 RS、GIS对会稽山区香榧的生境特征及其统计规律进行定量研究,初步总结研究区内香榧种群在海拔、坡度和土壤等因子上的分布规律,阐明香榧的适生坡向、坡度、海拔等空间特征,将传统上对香榧空间分布规律的定性理解转为定量描述。结果表明,香榧分布对地形因子的选择性强,96.2%的香榧分布在 300~600 m高度带上,93.6%分布区坡度界于 10° ~ 30° ;74.4%分布于阳坡和半阳坡。香榧分布对土壤肥力要求较高,75.2%的分布区土壤有机质含量大于 2%,61.6%的分布区土层厚度大于 70 cm,最适宜的土壤类型为山地黄泥土和黄泥土。通过香榧核心区和对照区气候资料的对比分析,阐明香榧核心区的气候特征与分配模式,研究结果证实香榧核心区的小气候与香榧生长发育关键时期的气候需求高度匹配。

参考文献:

- [1] Hirsch B. Modelling the spatial distribution of montane and subalpine forests in the central Alps using digital elevation models [J]. Ecological Modelling, 2003, 168 (3): 267 - 282
- [2] Claessens L, Verburg P H, School J M, et al. A contribution of topographically based landslide hazard modelling to the analysis of the spatial distribution and ecology of kauri (*Agathis australis*) [J]. Landscape Ecology, 2006, 21 (1): 63 - 76
- [3] Garcia - Aguirre M C, Ortiz M A, Zamorano J J, et al. Vegetation and landform relationships at Ajusco volcano Mexico, using a geographic information system (GIS) [J]. Forest Ecology and Management, 2007, 239 (1 - 3): 1 - 12
- [4] 沈泽昊,张新时,金义兴. 三峡大老岭森林物种多样性的空间格局分析及其地形解释 [J]. 植物学报, 2000, 42 (6): 620 - 627.
- [5] 章晓秋,李先华,罗庆州,等. 基于 RS、GIS的天目山自然保护区植被空间分布规律研究 [J]. 生态学杂志, 2003, 22 (6): 21 - 27.
- [6] 刘秋锋,康慕谊,刘全儒. 中条山东段森林乔木树种分布的环境梯度分析与种组划分 [J]. 生态学杂志, 2006, 25 (11): 1306 - 1311.
- [7] 张翠萍,牛建明,董建军,等. 基于 IKONOS数据的植被制图与植被空间格局——以五分地沟试验区为例 [J]. 生态学报, 2006, 26 (2): 449 - 456
- [8] 黄晓霞,江源,刘全儒,等. 小五台亚高山草甸与生境关系分析 [J]. 植物生态学报, 2007, 31 (3): 437 - 444.
- [9] 薛宁林,王东辉. 香榧栽培技术 [M]. 北京:中国农业出版社, 2006: 53 - 60
- [10] 戴文圣,黎章矩,程晓建,等. 香榧林地土壤养分状况的调查分析 [J]. 浙江林学院学报, 2006, 23 (2): 140 - 144.
- [11] 何勇. 浅析枫桥香榧(细榧)产量与气象因子的关系 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36 (17): 7231 - 7232, 7237.
- [12] 王小明,王珂,秦遂初. 香榧适生环境研究进展 [J]. 浙江林学院学报, 2008, 25 (3): 382 - 386
- [13] 孟鸿飞,金国龙,翁仲源. 诸暨市香榧古树资源调查 [J]. 浙江林学院学报, 2003, 20 (2): 134 - 136
- [14] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤物理化学分析 [M]. 上海:上海科学技术出版社, 1983: 132 - 136
- [15] 李军. 基于 GIS的气候要素空间分布研究和中国植被净第一性生产力的计算 [D]. 杭州:浙江大学, 2006